

แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุสำหรับทางหลวงในเขตภูเขา

นางสาวเมษา ทิพเวช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2555

**ACCIDENT PREDICTION MODEL FOR HIGHWAYS
IN MOUNTAINOUS AREAS**

Mesa Thipwet

**A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Transportation Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2012**

แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุสำหรับทางหลวงในเขตภูเขา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร.รัฐพล ภู่อุปถัมภ์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.ศิริพล ศิริธร)

กรรมการ

(ผศ. ดร.อำพล การุณสุนทวงศ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

เมษา ทิพเวช : แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุสำหรับทางหลวงในเขตภูเขา (ACCIDENT
PREDICTION MODEL FOR HIGHWAYS IN MOUNTAINOUS AREAS)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.รัฐพล ภูบุบผาพันธ์, 104 หน้า.

องค์ประกอบของการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดขึ้นในอิตินนอกจากจะประกอบไปด้วย ลักษณะภูมิประเทศ ปัจจัยทางด้านเรขาคณิตและความลาดชันของแต่ละช่วงถนนย่อย ๆ ที่พิจารณาแล้วสำหรับบริเวณถนนที่มีความลาดชันนั้นยังอาจจะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านอื่น ๆ จากช่วงถนนที่อยู่ติดกันด้วย เช่นความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากจะทำการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ของในช่วงถนนเองแล้วยังได้นำความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมาพิจารณาในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต รวมถึงพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ โดยอาศัยข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและข้อมูลปริมาณจราจรย้อนหลัง 6 ปี ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพของถนน ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนนและความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน การศึกษาได้ทดลองใช้แบบจำลองการถดถอยแบบพหุคูณและแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบปรากฏว่า แบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบมีความเหมาะสมต่อการทำนายจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงมากที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนนและความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงทั้งหมด ส่วนปัจจัยทางด้านเรขาคณิตมีเพียงรัศมีโค้งราบต่ำสุดที่ส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุและไม่รุนแรงถึงจำนวนผู้บาดเจ็บและผู้เสียชีวิต

สาขาวิชา วิศวกรรมขนส่ง

ปีการศึกษา 2555

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

MESA THIPWET : ACCIDENT PREDICTION MODEL FOR HIGHWAYS
IN MOUNTAINOUS AREAS. THESIS ADVISOR : RATTAPHOL
PHUEBOOBPAPHAN., Ph.D., 104 PP.

POISSON REGRESSION MODEL/NEGATIVE BINOMIAL MODEL/
GRADIENT/ACCIDENT AND SEVERITY/ROAD GEOMETRY

In addition to the topography, road geometry and gradient, road accidents and severities may be contributed by other factors such as gradient from adjacent road sections.

Not only did this study consider factors in the section where accidents occurred, but it also took into account adjacent gradient section in analyzing factors contributing number of accidents, injuries and fatalities. An accident prediction model was developed using historical accidents and traffic data during the last six years. The variables comprised traffic volume, road physical characteristics and vertical gradient of the studied section and adjacent stretches. Poisson regression model and Negative binomial regression model were calibrated and compared. Between the two, the negative binomial regression model was found to be more capable of predicting the total accidents, injuries and fatalities.

The study found that vertical gradient of the studied section and the adjacent ones had strong contribution to total number of accidents and severities. Meanwhile minimum vertical radii were the only geometric factor contributing to the number of accidents, but did not show any influence to number of injuries and fatalities.

School of Transportation Engineering

Academic Year 2012

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ได้รับ จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์และชี้แนะจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห อาจารย์ ดร.ศิริศร ศิริธร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำพล การุณสุนทวงศ์ ที่ได้ชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหางานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ ลิมานนท์ ที่ได้ให้คำปรึกษา กำลังใจและชี้แนะถึงแนวทางการศึกษางานวิจัย

ขอขอบคุณ ท่านอดีตผู้อำนวยการแขวงทางหลวงปราจีนบุรี นายเสรี สิงห์การ เจ้าหน้าที่ธุรการ นางบังอร เอี่ยมไพฑูรย์ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่หมวดการทางกบินทร์บุรีและเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความเมตตาและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณวันเพ็ญ สืบสาย เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ที่ให้กำลังใจและจัดการอำนวยความสะดวกในการดำเนินการเอกสารทุกประการ

ขอขอบคุณ คุณศาสตราจารย์ พลบูรณ์ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท ที่ให้กำลังใจ กำลังกายให้คำปรึกษาและคำแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเจ้าของเอกสาร บทความ ตำรา หนังสือทุกท่านที่ผู้วิจัยใช้ในการสืบค้นข้อมูลที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

ท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนศิษย์มาตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

เมษา ทิพเวช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 คำถามการวิจัย	2
1.4 สมมติฐานการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.6 ขั้นตอนในการวิจัย	3
1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 คำนิยามพื้นฐาน	5
2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ	6
2.3 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	12
2.4 ทฤษฎีและแบบจำลองอุบัติเหตุ	15
2.4.1 การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ	15
2.4.2 การเลือกใช้แบบจำลอง	16
2.5 การประมาณค่าพารามิเตอร์	18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3	วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1	พื้นที่ศึกษา	22
3.2	การจัดเก็บข้อมูลและรวบรวมข้อมูล	23
3.2.1	ข้อมูลอุบัติเหตุ	23
3.2.2	ข้อมูลปริมาณการจราจร	24
3.2.3	ข้อมูลทางเรขาคณิต	24
3.2.4	ข้อมูลด้านความลาดชันของช่วงถนน	25
3.2.5	ข้อมูลด้านความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน	26
4	การสร้างและประยุกต์ใช้แบบจำลอง	30
4.1	การกำหนดรูปแบบจำลอง (Model Formulation)	30
4.1.1	การกำหนดตัวแปร	31
4.1.2	การวิเคราะห์สหสัมพันธ์	33
4.2	การปรับเทียบผลของแบบจำลอง (Model Calibration)	41
4.2.1	การประมาณค่าพารามิเตอร์	41
4.2.2	การทดสอบ Goodness of Fit	42
4.3	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) กรณีไม่พิจารณา ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน	43
4.3.1	จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด (Accidents)	44
4.3.2	จำนวนผู้บาดเจ็บ (Injury)	46
4.3.3	จำนวนผู้เสียชีวิต (Fatality)	48
4.4	ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) กรณีพิจารณา ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน	51
4.4.1	จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด (Accidents)	52
4.4.2	จำนวนผู้บาดเจ็บ (Injury)	53
4.4.3	จำนวนผู้เสียชีวิต (Fatality)	55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5	การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation)	
	และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสม.....	57
4.5.1	การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง	
	(Model Validation).....	58
4.5.2	การคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสม.....	61
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	68
5.1	การรวบรวมข้อมูล.....	68
5.2	การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration).....	69
5.3	การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation)	
	และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด.....	72
5.3.1	การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง	
	(Model Validation).....	72
5.3.2	การคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสม.....	73
5.4	สรุป.....	74
5.5	ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยต่อไป	75
	รายการอ้างอิง.....	76
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองและทดสอบแบบจำลอง.....	78
	ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองจากโปรแกรม SPSS Version 16.0.....	91
	ภาคผนวก ค. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	96
	ประวัติผู้เขียน.....	104

สารบัญตาราง

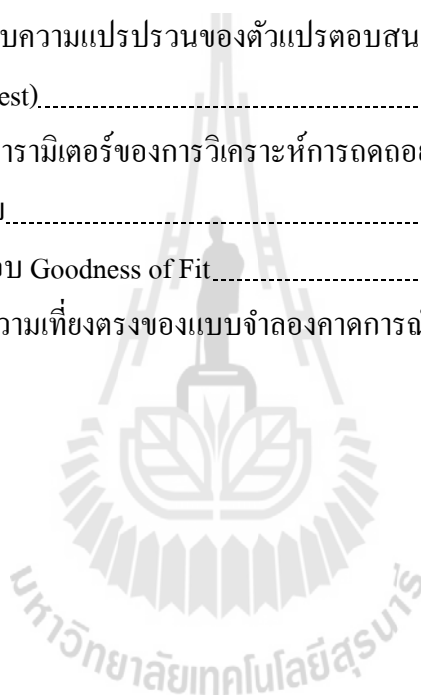
ตารางที่		หน้า
2.1	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาที่ผ่านมา.....	13
3.1	ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554.....	23
3.2	ปริมาณจราจรและสัดส่วนรถหนัก.....	24
3.3	ความเร็วที่ปลอดภัยในสถานการณ์ต่าง ๆ.....	25
4.1	ความหมายของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และพัฒนาแบบจำลอง.....	32
4.2	ค่าสถิติของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ.....	32
4.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ.....	34
4.4	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรอิสระ กับตัวแปรอิสระ.....	37
4.5	ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ.....	40
4.6	ความหมายของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และพัฒนาแบบจำลอง กรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	44
4.7	ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุของ ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนน ที่อยู่ติดกัน.....	45
4.8	ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนน ที่อยู่ติดกัน.....	46
4.9	ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุของ ของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	47
4.10	ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวของ ของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	49
4.12 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	50
4.13 ความหมายของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และพัฒนาแบบจำลอง กรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	51
4.14 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวของ ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่ อยู่ติดกัน.....	52
4.15 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนน ที่อยู่ติดกัน.....	53
4.16 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวของ ของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	54
4.17 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	55
4.18 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวของ ของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	56
4.19 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน.....	57
4.20 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากข้อมูลแยกทดสอบ.....	59
4.21 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บ จากข้อมูลแยกทดสอบ.....	60
4.22 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิต จากข้อมูลแยกทดสอบ.....	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.23 ตารางเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาและไม่พิจารณาถึง ถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน โดยวิธีการวิเคราะห์แบบทวินามเชิงลบ.....	62
4.24 ผลการคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด.....	64
4.25 ค่าElasticity.....	65
5.1 แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Over dispersion Test).....	70
5.2 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ และค่าสถิติทดสอบ.....	70
5.3 แสดงค่าสถิติทดสอบ Goodness of Fit.....	71
5.4 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์ทุกกลุ่ม.....	73



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 พื้นที่ศึกษา.....	3
2.1 หาความลาดชันเฉลี่ยระหว่างความสูงจากระดับน้ำทะเลของช่วงถนน และทุก 1 ถึง 5 กิโลเมตรก่อนช่วงถนน.....	7
2.2 หาระยะการเปลี่ยนแปลงของแนวทางตั้งข้อมูลสถิติอุบัติเหตุปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554.....	9
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงจากแบบก่อสร้าง.....	23
3.2 วิธีหาค่าระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางตั้ง.....	26
3.3 ความลาดชันเฉลี่ยที่อยู่ติดกันทางด้านหน้าและหลังช่วงถนนที่ระยะทาง 100 ถึง 500 เมตร.....	27
3.4 วิธีหาค่าความลาดชันเฉลี่ยที่อยู่ติดกันทางด้านหน้าและหลังช่วงถนน.....	27
3.5 ความลาดชันก่อนช่วงถนนที่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น.....	28
3.6 ความลาดชันก่อนช่วงถนนที่ไม่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น.....	28
3.7 ความลาดชันหลังช่วงถนนที่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น.....	29
3.8 ความลาดชันหลังช่วงถนนที่ไม่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น.....	29
4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา.....	66

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Accidents	=	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด
Injury	=	จำนวนผู้บาดเจ็บ
Fatality	=	จำนวนผู้เสียชีวิต
AADT	=	ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี
HV	=	ร้อยละรถหนัก
LANE	=	จำนวนช่องจราจร
DS	=	ความเร็วออกแบบสูงสุด
RAHC	=	รัศมีโค้งราบต่ำสุด
HC	=	จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร
VC	=	จำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตร
VG	=	ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน
MAXVG	=	ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน
DIFFVG	=	ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่ง
BFVG1	=	ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนน 100 เมตร
BFVG2	=	ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนน 200 เมตร
BFVG3	=	ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนน 300 เมตร
BFVG4	=	ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนน 400 เมตร
BFVG5	=	ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนน 500 เมตร
AFVG1	=	ความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนน 100 เมตร
AFVG2	=	ความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนน 200 เมตร
AFVG3	=	ความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนน 300 เมตร
AFVG4	=	ความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนน 400 เมตร
AFVG5	=	ความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนน 500 เมตร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กวี (2545) กล่าวว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุสามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม คือคนยานพาหนะถนนและสิ่งแวดล้อมซึ่งอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในประเทศไทยส่วนใหญ่ล้วนเกิดจากปัจจัยทางด้านถนน เช่น ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขา เส้นทางจะมีความลาดชันสูง เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าบริเวณที่มีความลาดชันสามารถเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย (ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย, 2551) ทำการศึกษาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุของรถประจำทางกว่าบริเวณรอยต่อระหว่างอุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ มีลักษณะเส้นทางลาดชันลงเนินเขา การจราจรสองช่องทางไม่ระบุทิศทาง ในการเกิดอุบัติเหตุครั้งนี้ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตถึง 21 คน ผู้บาดเจ็บสาหัส 17 คนและบาดเจ็บเล็กน้อยอีก 10 คน การวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานที่เกิดเหตุจริงและสัมภาษณ์ผู้บาดเจ็บเล็กน้อยแล้วผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง พบว่า การขับขึ้นลงทางลาดชันด้วยความเร็ว และพยายามลดความเร็วลงอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ระบบห้ามล้อและเครื่องยนต์เสียหาย แม้ว่าจากคำบอกกล่าวของผู้เกี่ยวข้องว่า ผู้ขับขี่มีความชำนาญต่อเส้นทางนี้เป็นอย่างดีก็ตาม

องค์ประกอบของการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าไม่เพียงแต่ความลาดชันบริเวณช่วงถนนที่เกิดเหตุเท่านั้น ยังพบอีกว่าความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน ประกอบกับปัจจัยทางด้านเรขาคณิตของเส้นทาง ก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงอีกด้วย ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางลาดชันในครั้งนี้จะพิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดขึ้นบนถนนทางหลวงในเขตภูเขา

1.2.2 เพื่อทดสอบว่าความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันสามารถส่งผลต่ออุบัติเหตุบนทางหลวงในเขตภูเขาได้หรือไม่

1.3 คำถามการวิจัย

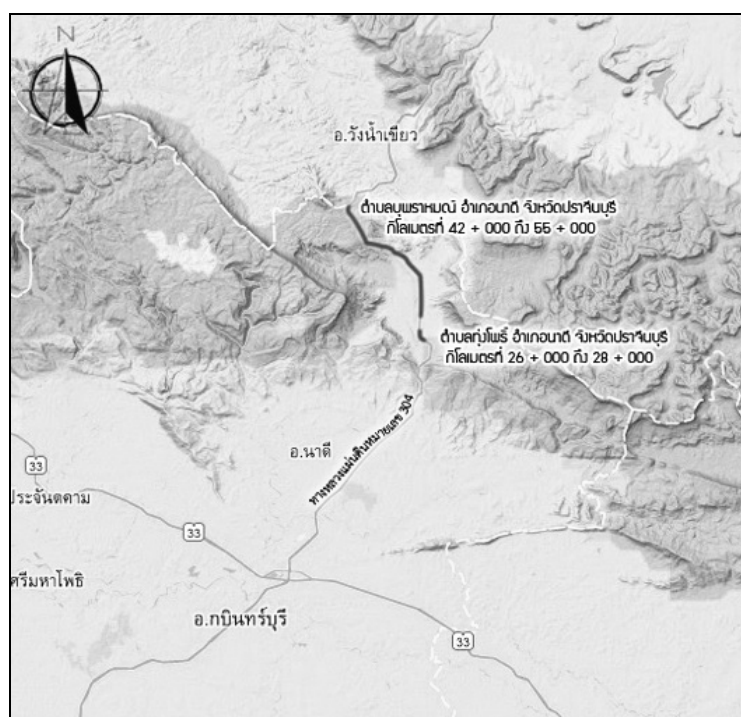
- 1.3.1 ปัจจัยทางด้านปริมาณจราจรและความเร็ว ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุมากน้อยเพียงใด
- 1.3.2 ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงอย่างไรบ้าง
- 1.3.3 แบบจำลองการถดถอยพหุของหรือแบบจำลองทวินามเชิงลบ แบบจำลองรูปแบบใดสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.4 สมมติฐานการวิจัย

ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน ประกอบกับปัจจัยทางด้านเรขาคณิต ในบริเวณเขตภูเขาที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งที่สูง ส่งผลให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงมีค่าเพิ่มขึ้น

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงกับปัจจัยทางด้านถนนโดยพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ เพื่อทำนายถึงจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต บริเวณเขตภูเขา ที่มีลักษณะเป็นทางลาดชันและการจราจรมีทิศทางสวนทางกันบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 บริเวณตำบลทุ่งโพธิ์ อำเภอนาคู จังหวัดปราจีนบุรีตั้งแต่กิโลเมตรที่ 26 + 000 ถึงกิโลเมตรที่ 28 + 000 และตำบลบุพราหมณ์อำเภอนาคู จังหวัดปราจีนบุรีตั้งแต่กิโลเมตรที่ 42 + 000 ถึงกิโลเมตรที่ 55 + 000 รวมระยะทางทั้งสิ้น 15 กิโลเมตรใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและข้อมูลปริมาณจราจรย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554 รวมทั้งสิ้น 6 ปีซึ่งข้อมูลทั้งหมดถูกรวบรวมโดยสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง แขวงทางหลวงปราจีนบุรี หมวดการทางกบินทร์บุรีและสถานีตำรวจภูธรวังขนายแดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษา

1.6 ขั้นตอนในการวิจัย

แนวทางการศึกษาเริ่มต้นจากทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุและการพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อแสดงความสำคัญของปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์และพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

1.6.1 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมา โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุรวมถึงสาเหตุที่เกี่ยวข้อง และทบทวนเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองอุบัติเหตุ

1.6.2 ศึกษาสถิติการเกิดอุบัติเหตุจราจรบริเวณที่มีลักษณะลาดชันในอดีต ระหว่างปี 2549 ถึง 2554 ซึ่งใช้ข้อมูลรวบรวมไว้โดยสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง แขวงการทางปราชินบุรี และสถานีตำรวจภูธรวังขอนแดงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุจากผลการศึกษาที่ผ่านมา ปริมาณจราจรและข้อมูลสายทางศึกษาจากแบบแปลนและระดับก่อสร้าง (Plan and Profile) จากหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งได้แก่ หมวดการทางกบินทร์บุรี แขวงการทางปราชินบุรี สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง และสถานีตำรวจภูธรวังขอนแดง

1.6.3 ทำการวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มจากหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation) จากนั้นทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธี

รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัซซอง (Poisson Regression Model) และทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) หากพบว่าตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง ในการพัฒนาแบบจำลองจะใช้รูปแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)

1.6.4 เปรียบเทียบค่าการทดสอบ Goodness of fit เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

1.6.5 สรุปผลการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1.7.1 ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง บริเวณทางลาดชัน

1.7.2 ทราบถึงแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุดต่อการทำนายจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิตเพื่อนำไปใช้ในการประเมินหรือตัดสินใจ เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุหรือการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตเมื่อมีการออกแบบหรือปรับปรุงทางบริเวณทางลาดชัน



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันปัญหาอุบัติเหตุจากการจราจรเพิ่มสูงขึ้นทั้งด้านปริมาณและความรุนแรง การศึกษานี้จึงได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ และพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์เพื่อทำนายความเสี่ยงที่อาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุ การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะกล่าวดังต่อไปนี้

2.1 คำนิยามพื้นฐาน

สำนักอำนวยการความปลอดภัยทางหลวง ได้กำหนดคำนิยามต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงดังนี้

2.1.1 อุบัติเหตุ (Traffic Accident) หมายถึงอุบัติเหตุเกิดขึ้นบนทางหลวงอาจมีคนตาย/บาดเจ็บหรือเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน

2.1.2 อุบัติเหตุที่เกิดคนตาย (Fatal Accident) หมายถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้เกิดคนตายอาจมีคนบาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหายด้วยก็ได้เช่นอุบัติเหตุเกิดขึ้นแล้วครั้งหนึ่งมีคนตาย10คนบาดเจ็บ 12คนถือว่าเป็นอุบัติเหตุที่เกิดความตายเพียงหนึ่งครั้ง

2.1.3 อุบัติเหตุที่เกิดคนบาดเจ็บ (Injury Accident) หมายถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้คนบาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหาย

2.1.4 อุบัติเหตุที่เกิดการเสียหาย (Damage Accident) หมายถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้ทรัพย์สินเสียหายเท่านั้น

2.1.5 อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate) หมายถึง จำนวนรายการเกิดอุบัติเหตุต่อตัวแปรต่าง ๆ ที่นิยมมาเปรียบเทียบกับหลักสากล เช่น จำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดในช่วงระยะเวลาพิจารณา

2.1.6 ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (Average Annual daily Traffic : AADT) หมายถึงจำนวนยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดหนึ่งจุดใดหรือทางตอนหนึ่งตอนใดตลอดปีหารด้วยจำนวนวันในปีนั้น

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ

Kihberg and Tharp (1968) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุกับปัจจัยทางด้านเรขาคณิตของถนนนอกเมือง โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) พบว่าเมื่อปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

วนิดา ลิ่มม้น และ อิงศรีสว่าง (2552) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการจราจรทางถนน โดยใช้ตัวแบบ Generalized Estimating Equations and Generalized Linear Mixed Models ผลการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นส่งผลให้การเกิดอุบัติเหตุมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

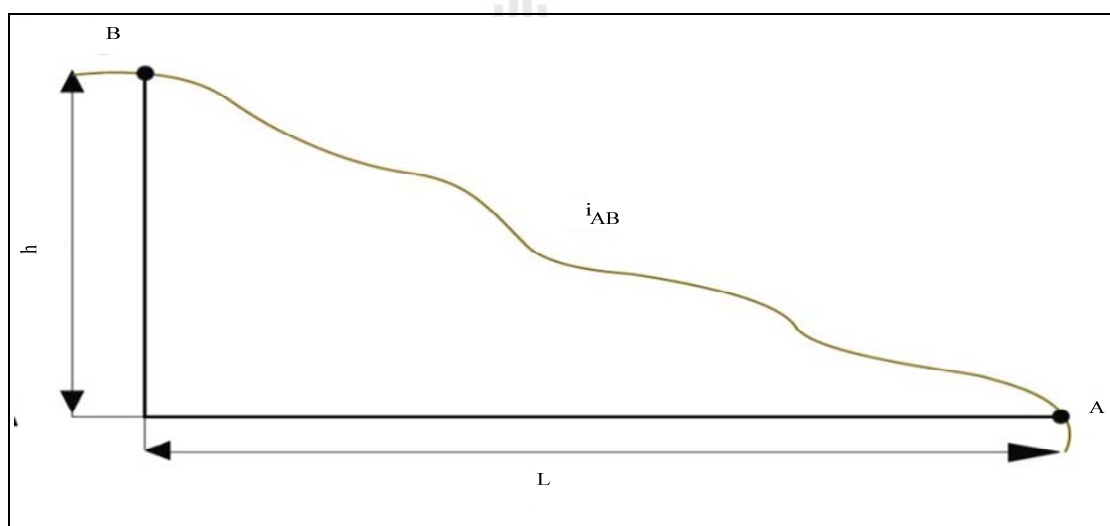
กฤษณ์ (2546) ศึกษาปัญหาความปลอดภัยบริเวณทางโค้งของประเทศไทย พบว่า อุบัติเหตุร้อยละ 65 เกิดขึ้นบริเวณทางโค้ง ส่วนใหญ่เป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถคันเดียวและเกิดในลักษณะไถลออกนอกถนน โดยสันนิษฐานว่าเกิดจากการขับเร็วเกินกำหนด และผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความปลอดภัยบนถนน โดยสำรวจกายภาพของถนน พบว่ามี 6 ปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุโดยตรงของอุบัติเหตุ ได้แก่ ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบไม่สอดคล้องกับความเร็วใช้งานของยานพาหนะ ตำแหน่งของทางเชื่อมอยู่ในระยะมองเห็นปลอดภัยไม่เพียงพอ สภาพผิวทางเส้นทางเชื่อมบริเวณโค้งมีความลาดชัน ช่วงก่อนถนนเข้าโค้งมีลักษณะเป็นทางตรงมีความลาดลงเป็นระยะยาว และโค้งในแนวราบที่มีรัศมีโค้งสั้นอยู่บริเวณจุดต่ำสุดของโค้งดังกล่าว

ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (2551) ได้สืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ กรณีอุบัติเหตุรถโดยสารพลิกคว่ำ ทางหลวงหมายเลข 304 กิโลเมตรที่ 44+800 อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นครั้งที่ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิต 21 ราย บาดเจ็บสาหัส 17 รายและบาดเจ็บเล็กน้อย 10 ราย ในการค้นหาสาเหตุที่แท้จริง เริ่มต้นจากสำรวจสถานที่เกิดเหตุสัมภาษณ์ผู้ประสบอุบัติเหตุที่โรงพยาบาลและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่น ๆ จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุที่เกิดอุบัติเหตุ พบว่าผู้ขับขี่ขับรถลงทางลาดชันด้วยความเร็วจึงได้ใช้ช่องทางเบรครถฉุกเฉิน แต่เนื่องจากสภาพภูมิประเทศเป็นเชิงเขา สภาพภูมิอากาศที่มีฝนตก ทำให้ช่องเบรครถฉุกเฉินไม่สามารถหยุดรถดังกล่าวได้และเบรคที่นั้งกับตัวรถโดยสารไม่ยึดกับตัวรถ ทำให้อุบัติเหตุครั้งนี้มีความรุนแรงมาก

Fu, Guo, Yuan, Feng, and Ma (2011) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้พื้นที่ศึกษาลักษณะเป็นทางลาดลงบริเวณเขตภูเขาในประเทศจีน โดยแบ่งความยาวช่วงถนนจากปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) แบ่งความยาวออกเป็น 6 ช่วง ช่วงละ 13 8.75 6.88 8.80 14.80 และ 33.20 กิโลเมตร ตามลำดับ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ความยาวช่วงถนน ความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนน ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน จำนวนอุบัติเหตุของแต่ละช่วงถนนและอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่อปีต่อกิโลเมตร จากนั้นนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากระดับน้ำทะเลและจำนวนอุบัติเหตุเปรียบเทียบกับระยะทางใน

แต่ละช่วงถนนเพื่อดูการกระจายตัวของการเกิดอุบัติเหตุ พบว่ามีจำนวนอุบัติเหตุมีความสัมพันธ์กับความสูงจากระดับน้ำทะเล คือ เมื่อผู้ขับขี่ขับรถไปในระยะทางที่เพิ่มขึ้น จำนวนอุบัติเหตุก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงได้ทำการหาค่าความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนทั้งหมด 6 ช่วง และในแต่ละช่วงถนนได้ทำการหาความลาดชันเฉลี่ยในทุก ๆ 1 2 3 4 และ 5 กิโลเมตร ก่อนช่วงถนนที่มีการเกิดอุบัติเหตุด้วยสามารถหาได้จากสมการที่ 2.1

$$i_{AB} = \frac{|h|}{L_i} \quad (2.1)$$



รูปที่ 2.1 หาค่าความลาดชันเฉลี่ยระหว่างความสูงจากระดับน้ำทะเลของช่วงถนนและทุก 1 ถึง 5 กิโลเมตรก่อนช่วงถนน

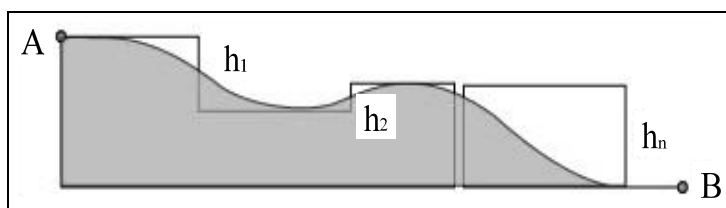
ผลการศึกษาพบว่า ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนนที่ 2 และ 3 กิโลเมตรของทั้ง 6 ช่วงถนนมีค่าสูงสุดและจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุและความลาดชันเฉลี่ยโดยใช้การพยากรณ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและทำการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สัน ทำให้ทราบว่าถ้าความลาดชันเฉลี่ยมีค่ามากจะส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้นด้วย

Shankar, Mannering, and Barfield (1995) ศึกษาปัจจัยด้านเรขาคณิตของถนนและสภาพอากาศที่ส่งผลกระทบต่อความถี่การเกิดอุบัติเหตุในรูปแบบการชนต่าง ๆ โดยทำการศึกษาลำดับถนน Interstate 90 ในประเทศอเมริกา ระยะทางทั้งสิ้น 61 กิโลเมตร แบ่งช่วงถนนโดยใช้วิธีแบบจำกัด (fixed-length) ออกเป็น 10 ช่วงเท่า ๆ กัน ช่วงละ 6.1 กิโลเมตร การศึกษานี้ได้อาศัยแบบจำลอง

ทวินามเชิงลบ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดอุบัติเหตุในรูปแบบการชนต่าง ๆ กับปัจจัยทางด้านเรขาคณิตและสภาพอากาศ จากการศึกษาพบว่าจำนวนโค้งราบที่ออกแบบความเร็วระหว่าง 80.45 ถึง 96.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลทำให้อุบัติเหตุลักษณะชนด้านข้างและการชนท้ายเพิ่มขึ้น แต่ลักษณะชนรถที่จอดอยู่ (Parked vehicle) ลดลง จำนวนโค้งราบที่ออกแบบความเร็วระหว่าง 96.5 ถึง 112.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จำนวนโค้งในแต่ละช่วงถนน และความชันสูงสุดมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุทุกรูปแบบการชน รัศมีโค้งราบที่ต่ำสุดในช่วงถนน มีผลทำให้การชนด้านข้างเพิ่มขึ้นแต่ทำให้รถพลิกคว่ำลดลง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเพิ่ม พบว่า ถ้ามีหิมะตกบริเวณที่มีความลาดชัน จะส่งผลให้ความถี่อุบัติเหตุลดลงทุกรูปแบบ เนื่องจากผู้ขับขี่มีความระมัดระวังมากขึ้น ถ้าหิมะตกบริเวณโค้งจะทำให้การชนด้านข้างและการชนท้ายเพิ่มขึ้น และถ้าฝนตกบริเวณทางโค้งจะทำให้เกิดความถี่อุบัติเหตุในลักษณะชนท้าย พลิกคว่ำและรถออกนอกถนน (Fixed Object) เพิ่มขึ้นด้วย

สำรวจ (2543) ศึกษาความสัมพันธ์ด้านอุบัติเหตุของรถบรรทุกขนาดใหญ่กับปัจจัยด้านเรขาคณิตของทางหลวงประเทศไทย ผลจากการศึกษาข้อมูลกลุ่มปัจจัยแต่ละตัวแปร พบว่าการเปลี่ยนแปลงแนวโค้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือการเปลี่ยนแปลงแนวทางราบ ความกว้างผิวทาง และจำนวนทางแยก และเมื่อนำกลุ่มปัจจัยที่เป็นตัวสนับสนุนการเกิดอุบัติเหตุมาวิเคราะห์ร่วมกัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงแนวโค้งและความกว้างผิวทาง เป็นกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวโค้งและความกว้างผิวทาง เป็นกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกขนาดใหญ่บนถนนทางหลวง 2 ช่องจราจรบริเวณนอกเมืองอย่างมีนัยสำคัญมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกขนาดใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลักษณะของทางหลวง มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งลดลง ในขณะที่เดียวกันทางหลวงที่มีความกว้างผิวทางแคบก็ส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุของรถบรรทุกขนาดใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจะมีแนวโน้มลดลงในกรณีที่ทางหลวงมีความกว้างผิวทางเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด โดยสามารถหาค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแนวทางโค้งของเส้นทางที่ศึกษาดังรูปที่ 2.2 และสมการที่ 2.2



รูปที่ 2.2 หาระยะการเปลี่ยนแปลงของแนวทางโค้ง

$$\text{ค่าเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงแนวทาง} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{D} \quad (2.2)$$

โดยที่ $h_1 \dots h_n$ คือ ระยะจากจุดสูงสุดโค้งตั้งถึงจุดต่ำสุดโค้งหาย (เมตร)

D คือ ช่วงระยะทางที่ใช้ในการศึกษาจากจุด A ถึง B

วัชรังค์ (2549) ได้อ้างอิงงานของ Zegeer, et al., ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะของทางโค้งว่ามีผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนสองช่องจราจรและประเมินเพื่อปรับปรุงลักษณะทางด้านเรขาคณิตของถนนเพื่อเพิ่มความปลอดภัย พบว่า จำนวนผู้บาดเจ็บและผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุ จะเกิดมากบริเวณทางโค้งมากกว่าทางตรงที่มีความกว้างผิวทางเท่ากัน และคณะผู้วิจัยสรุปว่า การขยายช่องจราจรหรือไหล่ทางบริเวณทางโค้งสามารถลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางโค้งได้มากถึงร้อยละ 33

Caliendo, Guida, and Parisi (2007) สร้างแบบจำลองทำนายจำนวนการเกิดอุบัติเหตุและจำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส บริเวณทางตรงและทางโค้งบนทางด่วน 4 ช่องจราจรที่มีเกาะกลางในประเทศอิตาลี ระยะทาง 46.6 กิโลเมตร โดยอาศัยรูปแบบ Negative Multinomial Regression Model, Poisson Regression Model และ Negative Binomial Regression Model เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดจากค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) พบว่า บริเวณทางตรง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุและจำนวนผู้บาดเจ็บสาหัสในเชิงบวก คือ ความยาวช่วงถนน การมีทางแยกและปริมาณจราจร ในบริเวณทางโค้ง จำนวนการเกิดอุบัติเหตุและจำนวนผู้บาดเจ็บสาหัสจะเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวโค้งแคบลง จำนวนทางโค้งต่อกิโลเมตรและปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาพบว่า Negative Multinomial Regression Model เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) ในการพัฒนาแบบจำลองทำนายจำนวนการเกิดอุบัติเหตุและจำนวนผู้บาดเจ็บสาหัสของทั้งทางตรงและทางโค้ง

Abdel-Aty and Radwan (2000) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยทำการศึกษานบนช่วงถนน SR 50 ในรัฐฟลอริดา ระยะทางรวมทั้งสิ้น 227 กิโลเมตร แบ่งช่วงถนนตามลักษณะพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายกันมีทั้งสิ้น 566 ช่วง การศึกษานี้ได้อาศัยแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันต่อช่องจราจร รางศาโค้งราบและจำนวนช่องจราจรมีค่าสูงส่งผลทำให้การเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความกว้างไหล่ทาง ความกว้างของช่องจราจรและความกว้างเกาะกลางมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้การเกิดอุบัติเหตุมีค่าลดลง

Wang, Quddus, and Ison (2009) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วน M25 ในประเทศอังกฤษ แบ่งช่วงถนนได้ 70 ช่วง โดยแบ่งช่วงถนนจากทางเชื่อม (ทางแยก) หนึ่งถึงทางเชื่อม (ทางแยก) หนึ่ง โดยศึกษา 2 กรณี กรณีแรกศึกษาถึงจำนวนผู้เสียชีวิตรวมถึงผู้บาดเจ็บสาหัสด้วย ส่วนอีกกรณี ศึกษาถึงจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย การศึกษานี้ได้อาศัยแบบจำลองพัชของ ผลการศึกษาพบว่า ความยาวช่วงถนน จำนวนช่องจราจร รัศมีโค้งต่ำสุดและความลาดชัน เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตหรือจำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส และจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย

Lalita (2008) พัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุบนทางหลวงในประเทศไทย ใช้ข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 7 ปี ข้อมูลทางจราจรและข้อมูลทางกายภาพ โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ ปริมาณจราจร เพอร์เซ็นต์รถบรรทุก ข้อมูลทางเรขาคณิต (จำนวนช่องจราจร ชนิดเกาะกลางไหล่ทาง (มี/ไม่มี) จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร จำนวนทางแยกต่อกิโลเมตร จำนวนทางโค้งต่อกิโลเมตร ปริมาณน้ำฝน) เดือนเกิดเหตุ (เดือนเมษายน/อื่น ๆ) ในการวิเคราะห์ได้ใช้รูปแบบจำลองการถดถอยพัชของและแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อคาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวนผู้บาดเจ็บและมูลค่าการเสียหาย ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าแบบจำลองการถดถอยพัชของเหมาะสมกับการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและมูลค่าการเสียหาย ส่วนแบบจำลองทวินามเชิงลบ เหมาะสมกับการคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตความเหมาะสมของแบบจำลองทดสอบจากค่า Goodness of fit จากผลการศึกษาพบว่ากรณีไหล่ทางส่งผลให้มีจำนวนอุบัติเหตุลดลงมากที่สุด ในช่วงเดือนเมษายนส่งผลให้มีจำนวนผู้เสียชีวิตและจำนวนผู้บาดเจ็บสูงส่วนชนิดเกาะกลางมีอิทธิพลต่อมูลค่าการเสียหายมากที่สุด

Dinu and Veeraragavan (2011) พัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนสองช่องจราจรบนทางหลวง ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุย้อนหลัง 3 ปี เพื่อทำนายจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ การศึกษานี้ใช้การถดถอยแบบพัชของมาวิเคราะห์ข้อมูล แบบจำลองที่ได้มี 2 แบบจำลอง คือแบบจำลองเพื่อทำนายจำนวนอุบัติเหตุช่วงกลางวันและแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุในช่วงกลางคืน โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้คือ ปริมาณจราจร ความยาวช่วงถนน สัดส่วนรถประจำทาง สัดส่วนรถยนต์ สัดส่วนของรถ 2 ล้อ สัดส่วนรถบรรทุกทุกความหนาแน่นทางเชื่อมความกว้างไหล่ทาง จำนวนโค้งราบต่อความ

ยาวช่วงถนน จำนวนโค้งดังต่อความยาวช่วงถนน จากการศึกษาพบว่า ถ้าสัดส่วนรถยนต์ ปริมาณการจราจร สัดส่วนของรถ 2 ล้อ และจำนวนโค้งราบต่อความยาวช่วงถนนมีค่าสูงจะส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุในช่วงกลางวันเพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในช่วงกลางคืนจะเพิ่มขึ้นเมื่อ ปริมาณการจราจร สัดส่วนรถยนต์ สัดส่วนรถบรรทุกความและหนาแน่นทางเชื่อมมีค่าสูง

ปฎิวัติ (2550) พัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนสองช่องจราจร รวบรวมข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจำนวน 3 ปีโดยพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดผู้บาดเจ็บ และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดผู้เสียชีวิต ในการศึกษาได้อาศัยแบบจำลองถดถอยพหุคูณ โดยแบ่งความยาวช่วงถนนละ 1 กิโลเมตร มีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ งบค่าโค้งราบเฉลี่ยต่อกิโลเมตร ร้อยละทางลาดชันเฉลี่ย ความกว้างไหล่ทาง ความกว้างผิวทาง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร การมีทางแยก ความเร็วออกแบบ และระยะมองเห็น ไม่เพียงพอ ผลการวิจัยพบว่า จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร มีอิทธิพลสูงสุดต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด ร้อยละทางลาดชันมีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต และความกว้างผิวทางที่แคบ มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

เสริมศักดิ์ (2545) พัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนสองช่องจราจรในเขตนอกเมืองโดยสัมพันธ์กับลักษณะทางเรขาคณิต รวบรวมข้อมูลสถิติจำนวน 3 ปีจากแบบบันทึกรายงานอุบัติเหตุ (ส.3-02) ของกรมทางหลวงการศึกษาได้แบ่งระดับความรุนแรงเป็น 3 กลุ่มและอีก 1 รูปแบบการชน คือ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดคนบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดคนตาย และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดกรณีรถออกนอกถนน การวิจัยได้ทดลองใช้รูปแบบการถดถอยพหุคูณ แบบจำลองการถดถอยแบบถดถอยพหุคูณ แบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบและแบบจำลองการถดถอยแบบลอการิธึม การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพหุคูณโดยจำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตรมีอิทธิพลสูงสุดในแบบจำลองจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดคนบาดเจ็บ, จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดคนตายส่วนแบบจำลองของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดกรณีรถออกนอกถนนมีแนวทางราบและแนวทางโค้งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด

จาก ปฎิวัติ (2550) และ เสริมศักดิ์ (2545) หาร้อยละทางลาดชันเฉลี่ยดังนี้

ร้อยละทางลาดชันเฉลี่ยถ้านช่วงที่ i มีความยาว L_i สมมติว่า ในช่วงความยาวดังกล่าวมีทางลาดจำนวน G ช่วง ($g = 1, 2, 3, 4, G$) แต่ละช่วงย่อย ๆ มีความยาวเท่ากับ $L_{i,g}$ และร้อยละทางลาดชัน $\omega_{i,g}$ ค่า $\omega_{i,g}$ จะมีค่าเป็นบวกกรณีทางลาดชันขึ้น มีค่าเป็นลบกรณีทางลาดชันลง และมีค่าเป็นศูนย์เมื่อเป็นทางราบร้อยละทางลาดชันเฉลี่ย ดังนี้

$$VG_i = \frac{(\sum_{g=1}^G l_{i,g} |\omega_{i,g}|)}{l_i} \quad (2.3)$$

Poul (2003) พัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ โดยอาศัยการวิเคราะห์ในรูปแบบการถดถอยแบบพหุคูณ เพื่อคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงในเมืองประเทศอิตาลี ใช้ข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 10 ปี กำหนดตัวแปรอิสระมาพัฒนาแบบจำลอง ดังนี้คือ ปริมาณการจราจร ความเร็วจำกัด ความกว้างถนน จำนวนช่องจราจร ฯลฯ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการจราจรมีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดรองลงมาเป็น ความเร็วจำกัด การใช้ประโยชน์พื้นที่และจำนวนทางเชื่อม ตามลำดับ

เอกนรินทร์ (2547) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออุบัติเหตุจราจรบริเวณสามแยกและพัฒนาแบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุบริเวณสามแยก สำหรับทางหลวง 2 ช่องจราจรในเขตนอกเมือง โดยมีปริมาณจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของทางแยกเป็นตัวร่วมในการพัฒนาแบบจำลอง จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดผู้บาดเจ็บและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดผู้เสียชีวิต ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองถดถอยแบบพหุคูณและแบบจำลองถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ปรากฏว่า แบบจำลองการถดถอยพหุคูณเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดเมื่อนำมาใช้อธิบายเหตุการณ์อุบัติเหตุซึ่งมักไม่ค่อยเกิด ข้อมูลไม่มีการต่อเนื่องและข้อมูลไม่มีการกระจายกระจาย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดผู้บาดเจ็บได้แก่ปริมาณจราจรบนถนนสายหลักและแนวทางราบ ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดผู้เสียชีวิตได้แก่ ปริมาณจราจร ความเร็วออกแบบ ความกว้างไหล่ทาง ทางเชื่อมและช่องจราจรเลียวซ้ายจากถนนสายหลัก

2.3 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุและการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาที่ผ่านมา

ผู้วิจัย	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ	ทฤษฎีที่ใช้ศึกษา
(Kihberg and Tharp, 1968)	▪ ปริมาณจราจร	▪ การวิเคราะห์แบบถดถอย (Regression Analysis)
(วนิดา ลีมนั่น และ อิงศรีสว่าง, 2552)	▪ ปริมาณจราจร	▪ Generalized Estimating Equations ▪ Generalized Linear Mixed Models
(ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย, 2551)	▪ ทางลาดชัน ▪ ความเร็ว	▪ วิเคราะห์จากสถานที่เกิดเหตุและสัมภาษณ์ผู้บาดเจ็บ
(Fu, Guo, Yuan, Feng, and Ma, 2011)	▪ ความลาดชันเฉลี่ยก่อนหน้าจุดที่เกิดอุบัติเหตุ ▪ ความลาดชันสูงสุด	▪ ความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล
(Poul, 2003)	▪ ปริมาณจราจร ▪ ความเร็วจำกัด ▪ ความกว้างถนน ▪ จำนวนช่องจราจร	▪ แบบจำลองการถดถอยแบบพหุของ
(เอกราณินทร์, 2547)	▪ ปริมาณจราจร ▪ ความเร็วออกแบบ ▪ ความกว้างไหล่ทาง ▪ จำนวนทางเชื่อม	▪ แบบจำลองถดถอยแบบพหุของ ▪ แบบจำลองทวินามเชิงลบ
(Shankar, et al., 1995)	▪ ความชัน ▪ ความเร็วออกแบบ ▪ รัศมีโค้งราบต่ำสุด ▪ จำนวนโค้งราบต่อช่วงถนน	▪ แบบจำลองทวินามเชิงลบ

ตารางที่ 2.1 แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาที่ผ่านมา (ต่อ)

ผู้วิจัย	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
(ตำราวล, 2543)	▪ ความลาดชัน ▪ รัศมีโค้งราบ ▪ ปริมาณจราจร ▪ จำนวนทางโค้งราบ ▪ จำนวนทางโค้งดิ่ง ▪ การเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่ง	▪ วิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย (Simple Linear Regression)
(วัชรพงศ์, 2549) ได้อ้างอิงงานของ Zegeer	▪ ทางโค้งความกว้างผิวทาง	-
(Caliendo, et al., 2007)	▪ ปริมาณจราจร ▪ ความยาวโค้ง ▪ จำนวนทางโค้งต่อกิโลเมตร	▪ Negative Multinomial Regression Model
(Abdel-Aty and Radwan, 2000)	▪ องศาโค้งราบ ▪ จำนวนช่องจราจร ▪ ความกว้างไหล่ทาง ▪ ความกว้างช่องจราจร ▪ ความกว้างเกาะกลาง	▪ แบบจำลองทวินามเชิงลบ
(Wang, et al., 2009)	▪ ความชัน ▪ ความยาวช่วงถนน ▪ จำนวนช่องจราจร ▪ รัศมีโค้งราบต่ำสุด	▪ แบบจำลองถดถอยแบบพัวซอง
(Lalita, 2008)	▪ การมีไหล่ทาง ▪ ชนิดเกาะกลาง ▪ เดือนเมษายน	▪ แบบจำลองถดถอยแบบพัวซอง ▪ แบบจำลองทวินามเชิงลบ

ตารางที่ 2.1 แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาที่ผ่านมา (ต่อ)

ผู้วิจัย	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
(Dinu and Veeraragavan, 2011)	▪ ปริมาณจราจร ▪ สัดส่วนรถยนต์ ▪ สัดส่วนรถ 2 ล้อ ▪ สัดส่วนรถบรรทุก ▪ จำนวนโค้งราบต่อความยาวช่วงถนน	▪ การถดถอยแบบพหุของ
(ปฐวิติ, 2550)	▪ ร้อยละความลาดชัน ▪ ความกว้างผิวจราจร ▪ จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร	▪ แบบจำลองการถดถอยแบบพหุของ
(เสริมศักดิ์, 2545)	▪ องศาโค้งราบเฉลี่ย ▪ ร้อยละความลาดชัน ▪ จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร ▪ ระยะมองเห็นไม่ปลอดภัย/ร้อยละห้ามแซง	▪ แบบจำลองการถดถอยแบบพหุของ

2.4 ทฤษฎีและแบบจำลองอุบัติเหตุ

2.4.1 การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

การเลือกใช้ตัวแปรในการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยจะต้องทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระก่อน ถ้าตัวแปรอิสระใด ๆ มีความสัมพันธ์กันสูง จะไม่นำตัวแปรนั้นมาใช้ในแบบจำลอง

- การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) หรือบางครั้งเรียกว่า สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) โดยใช้สัญลักษณ์ r ข้อมูลหรือระดับการวัดของตัวแปรแต่มาตราอันตรภาค ถึง มาตราอัตราส่วน โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นมักจะใช้สัญลักษณ์ของตัวแปรเป็นตัวแปร X และ Y โดยค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) สามารถหาได้จากสมการที่ 2.4

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}} \quad (2.4)$$

จะมีคุณสมบัติ ดังนี้

- ถ้า r เป็นการวัดความสัมพันธ์เชิงเส้น
- ถ้า r จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1
- ถ้า r จะมีลักษณะเหมือนความชันของเส้นการถดถอย
- ถ้า r จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อตัวแปรอิสระ (x) และตัวแปรตาม (y) เปลี่ยนไปแบบเดียวกัน
- ถ้า r จะไม่เปลี่ยนแปลงถ้าค่าสเกล (scale) ของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนไป (ค่าของตัวแปร x หรือ y)
- ถ้า r มีการแจกแจงแบบเดียวกันกับ t (Student t distribution)

ทิศทางของความสัมพันธ์ได้ มีลักษณะความสัมพันธ์ 3 แบบ คือ

1) สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Correlations) ซึ่งหมายความว่าเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มหรือลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย

2) สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative Correlations) หมายถึงเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงข้ามเสมอ

3) สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero Correlations) หมายถึงตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในความสัมพันธ์เชิงเส้น แต่อาจมีความสัมพันธ์กันในลักษณะอื่น ๆ

2.4.2 การเลือกใช้แบบจำลอง

ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (2552) ได้อ้างอิงวิจัยของ Chueh (2540) ซึ่งทำการพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุที่โดยอาศัยวิธีการแบบ Multi linear regression โดยนำปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ประเภทเกาะกลางถนน ระดับถนน ความเร็วเฉลี่ย โค้งแนวราบมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้น อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ตัวแปรตาม ซึ่งหมายถึง จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จะอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า มีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งในกรณีของการเกิดอุบัติเหตุขึ้นไม่ได้มีลักษณะเป็นไปตามการกระจายตัวแบบดังกล่าว นอกเหนือจากนั้น แบบจำลองนี้ ยังให้ผลลัพธ์ ของจำนวนอุบัติเหตุที่เป็นค่าลบ รวมไปถึงผลลัพธ์ที่มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่า จะไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในช่วงถนนนั้นอย่างแน่นอน จึงสรุปว่า แบบจำลองสถิติที่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ แบบจำลองถดถอยแบบพัชซองและแบบจำลองถดถอยแบบทวินามเชิงลบ

- แบบจำลองการถดถอยแบบพัชซอง (Poisson Regression Model)

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบพัชซอง เป็นการแจกแจงที่อธิบายถึงจำนวนครั้งของเหตุการณ์ หรือจำนวนสิ่งที่สนใจที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดหรือขอบเขตที่กำหนด เช่น จำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุ นอกจากนี้ยังเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับเหตุการณ์ของอุบัติเหตุที่มักไม่ค่อยเกิดขึ้น แบบจำลองการถดถอยพัชซอง ตั้งอยู่บนข้อสมมติฐานที่ว่า ความน่าจะเป็น

เป็นของอุบัติเหตุ (Y_i) จะอยู่ในรูปการกระจายแบบพัวซอง ที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนอุบัติเหตุ ($E(y)$) เท่ากับค่าความแปรปรวน ($VAR(Y)$) คือ λ_i ในกรณีนี้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ณ ช่วงถนน i และมีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุเท่ากับ n ตัวแปร รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(Y_i) = \frac{\exp^{(-\lambda_i)} (\lambda_i)^{(Y_i)}}{Y_i!} \quad (2.5)$$

$$E(y) = \lambda$$

$$VAR(y) = \lambda$$

โดยที่ $\lambda_i = \text{EXP}(\beta X_i)$

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$) สามารถประมาณได้จากวิธี Maximum Likelihood ดังสมการดังนี้

$$L(\beta) = \prod_i \frac{\text{EXP}[-\text{EXP}(\beta X_i)] \text{EXP}(\beta X_i)^{y_i}}{y_i!} \quad (2.6)$$

เมื่อ $L(\beta)$ คือ Likelihood function

- แบบจำลองทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)

เนื่องจากจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอาจมีค่าเฉลี่ย ($E(Y)$) และความแปรปรวน ($VAR(Y)$) ไม่เท่ากัน โดยที่ค่าเฉลี่ยนั้นอาจจะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าความแปรปรวนก็ได้ ดังนั้น การใช้แบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจในการวิเคราะห์ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยแสดงรูปแบบแบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบดังสมการที่ 2.7

$$P(Y_i) = \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(\frac{1}{\alpha}) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{y_i} \quad (2.7)$$

เมื่อ α คือ ตัวแปรทางสถิติเนื่องจากการกระจายมากเกินไป (Overdispersion Parameter)

Y_i คือ จำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุ มีการกระจายแบบทวินามเชิงลบ โดยที่ λ_i เป็นค่าเฉลี่ยของการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงถนนที่พิจารณา i และมีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลทำให้เกิดอุบัติเหตุเท่ากับ n ตัวแปร ดังนั้นความสัมพันธ์ของ λ_i สามารถเขียนได้ดังรูปแบบเช่นเดียวกับการกระจายตัวแบบพัชอง ดังนี้ $\lambda_i = \text{EXP}(\beta X_i + \varepsilon_i)$

α คือ ตัวแปรทางด้านสถิติเนื่องจากการกระจายมากเกินไป (Overdispersion Parameter) โดยมีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนดังสมการ (2.8)

$$\text{VAR}(y) = E[y_i] + aE[y_i]^2 \quad (2.8)$$

เมื่อ $\text{VAR}(Y)$ คือ ความแปรปรวน (Variance) ของข้อมูล

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n)$ สามารถประมาณได้จากวิธี Maximum Likelihood ดังสมการดังนี้

$$L(\lambda_i) = \prod_i \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(\frac{1}{\alpha}) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{y_i} \quad (2.9)$$

เมื่อ $L(\lambda_i)$ คือ Likelihood function

2.5 การประมาณค่าพารามิเตอร์

ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (2552) ได้อาศัยแบบจำลองการถดถอยแบบพัชองและแบบจำลองถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ในการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอิสระจะถูกประมาณค่าโดยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยพิจารณาการทดสอบ Goodness of Fit ซึ่งเป็นค่าทางสถิติสามารถนำมาใช้เพื่อทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) ได้อีกด้วย ดังนี้

- **Deviance**

ค่า Deviance ใช้สำหรับทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองค่า Deviance เท่ากับ 2 เท่าของผลต่างระหว่างค่า Log Likelihood ของแบบจำลองที่ประมาณขึ้น (fitted model) กับค่า Log Likelihood ของแบบจำลองลดรูป (Reduce or Simple model)

$$D^m = 2(L^f - L^m) \quad (2.10)$$

โดยที่ D^m คือ ค่า Deviance ของแบบจำลอง

L^f คือ ค่า Log Likelihood ของแบบจำลองที่ประมาณขึ้น (fitted model)

L^m คือ ค่า Log Likelihood ของแบบจำลองลดรูป (Reduce or Simple model)

ถ้าค่า Deviance มีค่าสูง หมายถึง ความคลาดเคลื่อนซึ่งเกิดจากการกระจายตัวของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง ทำให้ตัวแบบจำลองคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมาก แบบจำลองจึงไม่สามารถอธิบายข้อมูลได้ดี การบ่งบอกว่าตัวแบบคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมากหรือน้อย ทำได้โดยการนำค่า Deviance หารด้วย Degree of Freedom ถ้าพบว่ามีค่าเกิน 1 หมายถึงตัวแบบจำลองเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Effect)

$$\frac{D^m}{DF} = \frac{D^m}{N - K} \quad (2.11)$$

ค่า Degree of Freedom (DF) สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างจำนวนค่าสังเกต (Observation : N) กับจำนวนพารามิเตอร์ในแบบจำลอง (K)

- **Pearson Chi-Square**

ค่า Pearson Chi-Square ใช้สำหรับทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยที่

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - u_i)^2}{u_i} \quad (2.12)$$

การบ่งบอกตัวแบบคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมากหรือน้อยทำโดยการนำค่า Pearson Chi-Square หารด้วย Degree of Freedom (DF) ถ้าพบว่ามีค่ามากกว่า 1 หมายถึงตัว

แบบจำลองเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการกระจายตัวของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Effect)

$$\frac{x^2}{DF} = \frac{x^2}{N - K} \quad (2.13)$$

ค่า Degree of Freedom (DF) สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างจำนวนค่าสังเกต (Observation, N) กับจำนวนพารามิเตอร์ในแบบจำลอง (K)

- **Log Likelihood (LL)**

การทดสอบ Goodness of Fit ของตัวแปรเชิงเส้นที่วางนัยทั่วไป (Generalized Linear Model) โดยอาศัยค่า Log Likelihood ให้พิจารณาว่าถ้าค่า Log Likelihood มีค่าสูงสุด แสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณามากที่สุด

จากงานวิจัยที่ผ่านมา (ปฏิวัติ, 2550) ได้อ้างงานวิจัยของ (Miaou et. al., 1992; Miaou and Lum, 1993) พบว่า ไม่มีข้อกำหนดที่แน่นอนในการพิจารณาค่า Log Likelihood ของตัวแปรเชิงเส้นแบบวางนัยทั่วไป (Generalized Linear Model) ว่าค่าใดจึงเหมาะสมที่จะนำมาอ้างอิงเป็นมาตรฐาน แต่มีการสรุปโดยอ้างอิงค่า Log Likelihood กล่าวคือแบบจำลองที่สามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้มากที่สุด คือแบบจำลองที่มีค่า Log Likelihood สูงสุด นั่นคือยิ่งค่า Log Likelihood มากยิ่งสามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้มากที่สุด

- **Akaike's Information Criterion (AIC)**

การพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการทำนายมีส่วนเกี่ยวข้องที่สำคัญ ในการพัฒนาแบบจำลอง Akaike's Information Criterion (AIC) เป็นเกณฑ์หนึ่งที่สามารถใช้ในการคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด แบบจำลองยังมีค่า AIC น้อย ๆ จะมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้สูงสุด การหาค่า AIC สามารถหาได้จาก

$$ACE = -2 \times ML + 2 - K \quad (2.14)$$

โดยที่ ML คือ ค่า $\log_e$ [Maximum Likelihood]

K คือ จำนวนพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

AIC เป็นตัวสถิติที่ช่วยในการจัดอันดับความเหมาะสมของแบบจำลองโดยไม่มีการพิจารณาระดับนัยสำคัญ (Level of Significant) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักที่ต้องการให้แบบจำลองการถดถอยมีตัวแปรอิสระน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากความแปรปรวนของตัวแปรตามจะมากขึ้นถ้าจำนวนตัวแปรอิสระมีมาก นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นของตัวแปรอิสระทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลมากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นวิธีการหาจำนวนตัวแปรอิสระที่เหมาะสมจะทำให้การคำนวณค่าตัวแปรตามมีความแม่นยำ และในขณะเดียวกันจะไม่ทำให้เกิดความแปรปรวนของตัวแปรตามเนื่องจากแบบจำลองมีตัวแปรอิสระมากเกินไป



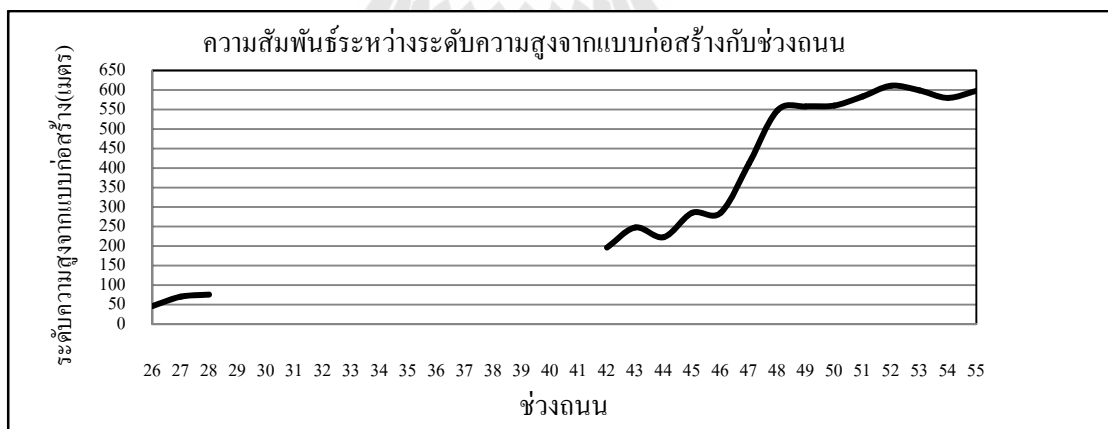
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุและพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้น

ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาเส้นทางบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 ที่มีลักษณะเป็นทางลาดชัน การจราจรมีทิศทางสวนทางกัน สภาพทางกายภาพมีลักษณะเป็นภูเขาและไม่มีแหล่งชุมชนบริเวณตำบลทุ่งโพธิ์อำเภอหาดใหญ่จังหวัดปรางค์บุรีตั้งแต่กิโลเมตรที่ 26 + 000 ถึงกิโลเมตรที่ 28 + 000 และบริเวณตำบลบุพราหมณ์อำเภอหาดใหญ่จังหวัดปรางค์บุรีตั้งแต่กิโลเมตรที่ 42 + 000 ถึงกิโลเมตรที่ 55 + 000 รวมระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 15 กิโลเมตรดังรูปที่ 3.1 พบว่าช่วงถนนมีระดับความสูงจากแบบแปลนและแบบก่อสร้างกับแต่ละช่วงถนนมีค่าที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณที่มีความลาดชันโดยทิศทางการจราจรดังรูปที่ 3.1 มีทิศทางการจราจรจากจังหวัดปรางค์บุรีมุ่งหน้าสู่จังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงจากแบบก่อสร้างกับช่วงถนน

3.2 การจัดเก็บข้อมูลและรวบรวมข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลอุบัติเหตุ

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจากการรวบรวมของสำนักอำนวยการความปลอดภัยทางหลวง แขวงทางหลวงปราชญ์บุรี หมวดการทางกบินทร์บุรีและสถานีตำรวจวังขอนแดง ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2549 จนถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2554 รวมทั้งสิ้น 6 ปี พื้นที่ศึกษา 15 กิโลเมตร แบ่งความยาวช่วงถนนที่เท่ากันยาวช่วงละ 1 กิโลเมตร พบว่ามีข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งสิ้น $15 \times 6 = 90$ ชุด โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือข้อมูล 75 ชุดนำไปเพื่อหาปัจจัยและพัฒนาแบบจำลอง (Model Calibration) และข้อมูลอีก 15 ชุดเป็นข้อมูลเพื่อใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Validation Model) ข้อมูลอุบัติเหตุจะถูกนำมาเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุและพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ โดยข้อมูล 75 ชุดจะนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและแยกข้อมูลทดสอบ 15 ชุดเพื่อทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง รูปแบบของอุบัติเหตุในการศึกษาได้จำแนกตามความรุนแรงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- 1) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (Accidents) คือ จำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดในช่วงถนนโดยไม่คำนึงถึงผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต
- 2) จำนวนผู้บาดเจ็บ (Injury) คือ จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุที่เกิดอาการบาดเจ็บที่เกิดเหตุทั้งหมดในช่วงถนน
- 3) จำนวนผู้เสียชีวิต (Fatality) คือ จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุที่เสียชีวิต ณ ที่เกิดเหตุทั้งหมดในช่วงถนน

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสถิติอุบัติเหตุปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554

ปี	จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ (ครั้ง)	จำนวนผู้บาดเจ็บ (ราย)	จำนวนผู้เสียชีวิต (ราย)
2549	3	2	2
2550	12	126	10
2551	11	68	46
2552	39	152	8
2553	28	98	28
2554	44	135	11

3.2.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร

รวบรวมจากสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง แขวงการทางป्राจีนบุรี และหมวดการทางกบินทร์บุรี

- ปริมาณจราจร (พันคันต่อวัน) คือปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี
- ปริมาณรถหนัก (ร้อยละ) คือปริมาณรถโดยสารขนาดกลางและขนาดใหญ่ รถบรรทุกขนาด 2 เพลา และขนาด 3 เพลา รถบรรทุกพ่วงและรถบรรทุกกึ่งพ่วง

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณจราจรและสัดส่วนรถหนัก

ปี	ปริมาณการจราจร (พันคัน/วัน)		สัดส่วนรถบรรทุก (เปอร์เซ็นต์)	
	ช่วงกิโลเมตรที่ 26+000 ถึง 28+000	ช่วงกิโลเมตรที่ 42+000 ถึง 55+000	ช่วงกิโลเมตรที่ 26+000 ถึง 28+000	ช่วงกิโลเมตรที่ 42+000 ถึง 55+000
2549	17.336	7.722	23.03	34.59
2550	12.705	7.993	30.83	34.68
2551	18.244	8.008	19.82	34.14
2552	18.119	9.175	21.41	33.66
2553	15.469	6.576	25.15	33.06
2554	22.534	4.893	35.24	35.15

3.2.3 ข้อมูลทางเรขาคณิต

รวบรวมข้อมูลจากแบบก่อสร้างจากแขวงการทางปราชินบุรีเส้นทางที่ใช้ศึกษา มีทั้งสิ้น 15 กิโลเมตร ทิศทางการจราจรมีลักษณะสวนทางกัน ในช่วงกิโลเมตรที่ 43+900 ถึง 47+900 มี 3 ช่องจราจร นอกเหนือจากนั้นมีช่องจราจร 2 ช่องจราจรในการรวบรวมข้อมูล ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแบบแปลนและแบบก่อสร้างดังนี้

- จำนวนช่องจราจร (ช่องจราจร) คือ จำนวนช่องจราจรเฉลี่ยใน 2 ทิศทางของช่วงถนนเนื่องจากช่วงกิโลเมตรที่ 43+900 ถึง 47+900 ระยะทาง 4 กิโลเมตรเป็นถนนที่ได้ทำการปรับปรุงเป็น 3 ช่องจราจร นอกนั้นเป็น 2 ช่องจราจรทั้งหมด เพื่อความสะดวกในการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยนี้จึงใช้จำนวนช่องจราจรเฉลี่ยมาพิจารณา ดังนี้

$$\text{จำนวนช่องจราจรเฉลี่ย} = \frac{\sum (\text{จำนวนช่องจราจร} \times \text{ระยะความยาวช่องจราจร})}{\text{ความยาวช่วงถนน}} \quad (3.1)$$

- รัศมีโค้งราบต่ำสุด (เมตร) คือ รัศมีของโค้งราบที่มีค่าน้อยที่สุดในช่วงถนนหรือรัศมีของโค้งราบที่แคบที่สุดในระยะทาง 1 กิโลเมตร
- จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร⁻¹) คือ จำนวนโค้งราบทั้งหมดที่อยู่ในช่วงความยาวถนนหรือจำนวนโค้งราบใน 1 กิโลเมตร
- จำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร⁻¹) คือ จำนวนโค้งดิ่งทั้งหมดที่อยู่ในช่วงความยาวถนนหรือจำนวนโค้งดิ่งใน 1 กิโลเมตร
- ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบสูงสุด (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) คือความเร็วที่ใช้ออกแบบสูงสุดของช่วงถนน รวบรวมข้อมูลจากทั้งทางโค้งและทางตรง โดยบริเวณทางโค้งรวบรวมจากข้อมูลโค้ง (Curve Data) ในส่วนความเร็วที่ใช้บริเวณทางตรง (ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย, 2552) จะใช้ค่าความเร็วออกแบบสูงสุดคือ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากถนนที่ใช้ในการศึกษามีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุชนประสาธนาแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความเร็วที่ปลอดภัยในสถานการณ์ต่าง ๆ

ประเภทถนน/พื้นที่	ความเร็วที่ปลอดภัย (กม./ชม.)
ถนนที่ประกอบด้วยรถยนต์และกลุ่มผู้ใช้รถที่ไม่มีการป้องกัน (unprotected road users) เช่น คนเดินเท้า รถจักรยาน เป็นต้น	30
ทางแยกที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุชนด้านข้าง	50
ถนนที่ไม่มีการป้องกันวัตถุอันตรายข้างทาง เช่น เสาดินไม้	50
ถนนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุชนประสาธนา	70
ถนนที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุชนประสาธนาหรือชนด้านข้างเลย	มากกว่า 100

อ้างอิง : โครงการวิจัยโดยใช้ความเร็วในการขับปีปลอดภัยของศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย

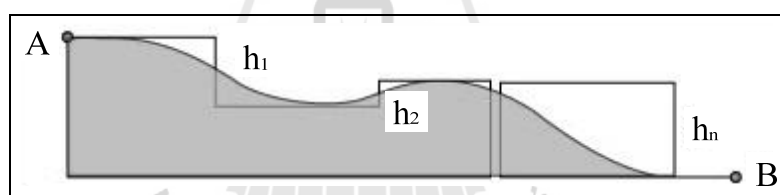
3.2.4 ข้อมูลด้านความลาดชันของช่วงถนน

- ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์) คือความลาดชันที่มีค่าสูงที่สุดในช่วงถนน

- ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์) คือ ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน ซึ่งจะไม่คำนึงถึงเครื่องหมายบวกของความลาดชัน เนื่องจาก ในช่วงถนนหนึ่ง ๆ อาจมีค่าความลาดชันที่ชันขึ้น (+) และความลาดชันที่ลาดลง (-) ดังนั้น ถ้าความลาดชันที่ชันขึ้นและความลาดชันที่ลาดลงมีค่าเท่ากัน เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จะพบว่าความลาดชันของช่วงถนนนั้น ๆ มีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือ ช่วงถนนนั้น ๆ จะมีลักษณะเป็นทางราบ ไม่มีความลาดชันเกิดขึ้น โดยความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน} = \frac{\sum |\text{เปอร์เซ็นต์ความชัน} \times \text{ความยาวของความชันนั้น}|}{\text{ความยาวช่วงถนน}} \quad (3.2)$$

- ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง (เมตร) คือ ค่าระยะทางที่เปลี่ยนไปในแนวโค้ง จากจุดสูงสุดโค้งตั้งถึงจุดต่ำสุดโค้งของทุกโค้งในช่วงถนนหรือ 1 กิโลเมตรดังรูปที่ 3.3 และสมการที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงวิธีหาค่าการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง

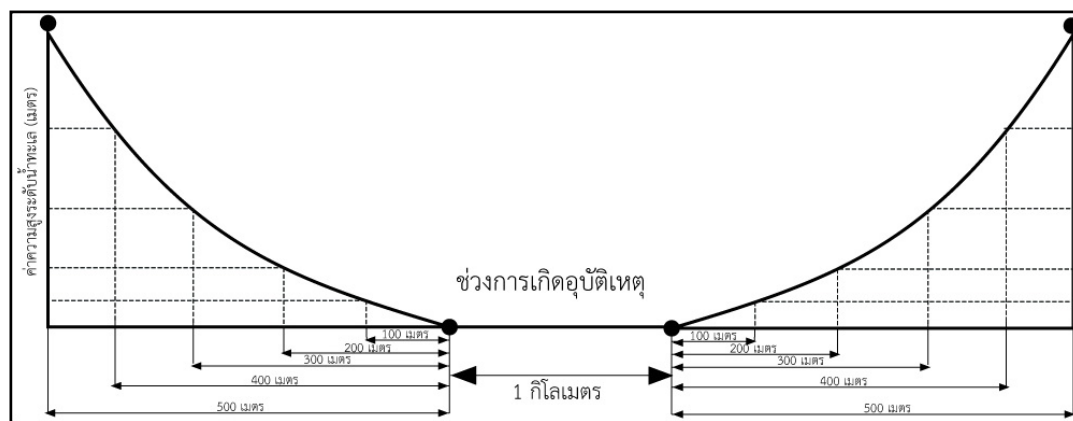
$$\text{ระยะเปลี่ยนแปลงแนวโค้ง} = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (3.3)$$

โดย $h_1 \dots h_n$ คือ ระยะจากจุดสูงสุดโค้งตั้งถึงจุดต่ำสุดโค้งของทุกโค้ง (เมตร)

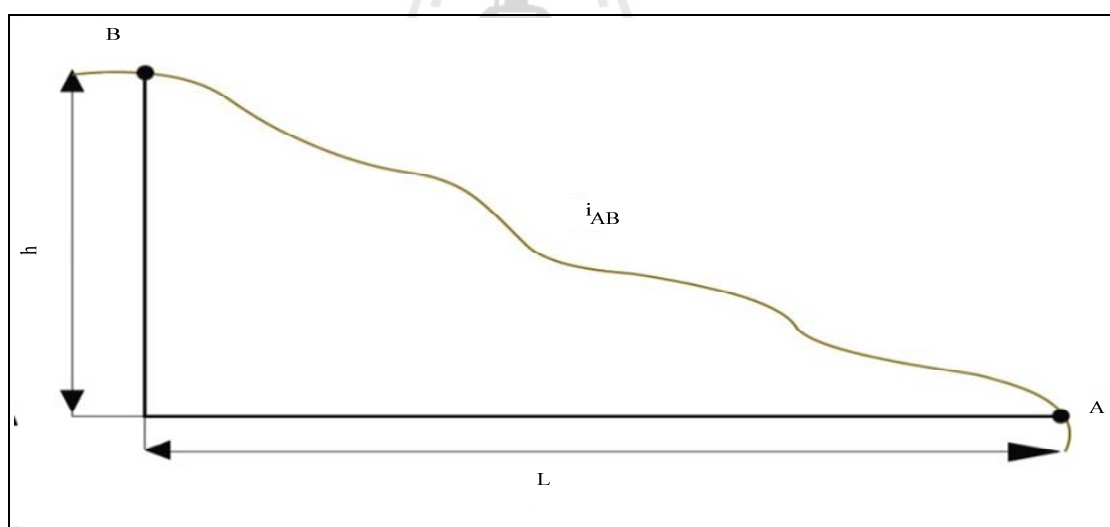
3.2.5 ข้อมูลด้านความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา (ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย, 2551) พบว่า ปัจจัยทางด้านการลาดชันที่เป็นทางลาดลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง ดังนั้นข้อมูลในส่วนนี้จะพิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนนที่มีแนวโน้มต่อการเกิด

อุบัติเหตุและความรุนแรงของช่วงถนนเท่านั้น นั่นคือ ความลาดชันที่มีลักษณะลาดลงสู่ช่วงถนนที่
 ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงความลาดชันเฉลี่ยก่อนหน้าและหลังช่วงถนนที่ระยะทาง 100 -500 เมตร

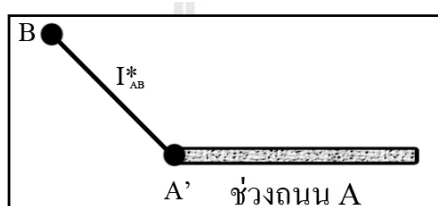


รูปที่ 3.4 แสดงวิธีหาค่าความลาดชันเฉลี่ยก่อนหน้าและหลังช่วงถนน

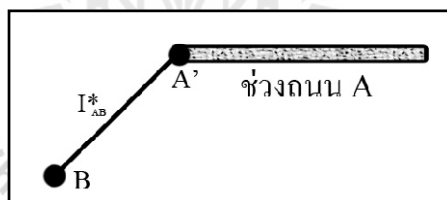
$$\text{ความลาดชัน } (i_{AB}) = \frac{\text{ค่าแตกต่างของความสูงจากระดับน้ำทะเล (h)}}{\text{ความยาวของแต่ละช่วงถนน } L_i} \quad (3.4)$$

โดย i_{AB} คือ ความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละความยาวช่วงถนน (L) (ร้อยละ)
 h คือ ค่าแตกต่างของความสูงระดับน้ำทะเลของจุด A และ B (เมตร)
 L_i คือ ความยาวของแต่ละช่วงถนน ($L_i = 100, 200, 300, 400, 500$) (เมตร)

- ความลาดชันเฉลี่ยก่อนหน้าช่วงถนน (ร้อยละ) คือ ความลาดชันเฉลี่ยก่อนถึงช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุ โดยรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ระยะ 100 เมตรถึง 500 เมตร โดยจะพิจารณาแนวโน้มความลาดชันที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณช่วงถนนดังรูปที่ 3.5 และ 3.6



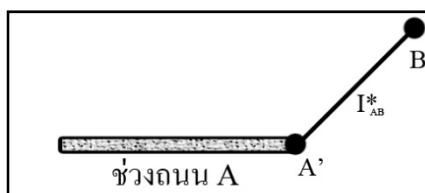
รูปที่ 3.5 ความลาดชันก่อนช่วงถนนที่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น



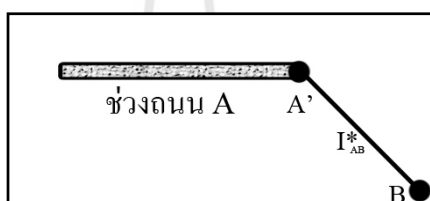
รูปที่ 3.6 ความลาดชันก่อนช่วงถนนที่ไม่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

ถ้าความลาดชันมีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุดังรูปที่ 3.5 ลักษณะความลาดชันที่ลาดลงแบบนี้ จะมีแนวโน้มต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง จากสมการที่ 3.4 จะพบว่าค่าความลาดชันเฉลี่ยมีค่าเป็นลบ $[(A'-B)/L]$ ในการรวบรวมข้อมูลเราจะแทนค่าความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุที่มีค่าที่ไม่ติดลบหรือใช้ค่าสัมบูรณ์ของความลาดชันเฉลี่ยที่ได้ ($I_{AB} = |i_{AB}|$) แต่ถ้าความลาดชันมีลักษณะเป็นทางที่ลาดชันขึ้นสู่ช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุดังรูปที่ 3.6 ลักษณะความลาดชันที่ขึ้นสู่ช่วงถนนจะไม่มีแนวโน้มส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงถึงช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุ เราจะแทนค่าความลาดชันเฉลี่ยที่มีลักษณะชันขึ้นก่อนถึงช่วงถนนค่าเป็นศูนย์ ($I_{AB} = 0$)

- ความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนน (ร้อยละ) คือความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุ โดยรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ระยะ 100 เมตรถึง 500 เมตร โดยจะพิจารณาแนวโน้มความลาดชันที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณช่วงถนนดังนี้



รูปที่ 3.7 ความลาดชันหลังช่วงถนนที่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น



รูปที่ 3.8 ความลาดชันหลังช่วงถนนที่ไม่มีแนวโน้มส่งผลให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

ถ้าความลาดชันมีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุดังรูปที่ 3.7 ลักษณะความลาดชันที่ลาดลงแบบนี้ จะมีแนวโน้มต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง จากสมการที่ 3.4 จะพบว่าค่าความลาดชันเฉลี่ยมีค่าเป็นบวก $[(B - A')/L]$ ในการรวบรวมข้อมูลเราจะแทนค่าความลาดชันเฉลี่ยหลังช่วงถนนที่ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุมีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.4 ($I_{AB} = I_{AB}^*$) แต่ถ้าความลาดชันมีลักษณะเป็นทางที่ลาดชันขึ้นสู่ช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุดังรูปที่ 3.8 ลักษณะความลาดชันที่ขึ้นสู่ช่วงถนนจะไม่มีแนวโน้มส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงถึงช่วงถนนที่เกิดอุบัติเหตุ เราจะแทนค่าความลาดชันเฉลี่ยที่มีลักษณะชันขึ้นก่อนถึงช่วงถนนค่าเป็นศูนย์ ($I_{AB} = 0$)

บทที่ 4

การสร้างและประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ในการศึกษานี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงบริเวณทางลาดชัน โดยเลือกพื้นที่ศึกษาที่เป็นพื้นที่เสี่ยง (Black Spot) เนื่องจากความลาดชันที่ลาดลงอาจส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง ในการศึกษานี้ จึงสร้างแบบจำลองออกเป็น 2 กรณี คือ แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุที่พิจารณาเพียงความลาดชันของช่วงถนนและแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุที่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันด้วยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

- 1) การกำหนดรูปแบบจำลอง (Model Formulation)
- 2) การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)
- 3) ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) กรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
- 4) ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) กรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
- 5) การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation) และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสม

4.1 การกำหนดรูปแบบจำลอง (Model Formulation)

ในการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุได้กำหนดให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิต เป็นตัวแปรตาม และตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ จะถูกแสดงในตารางที่ 4.1 โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระได้ดังสมการที่ 4.1

$$Y = \text{Exp}(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n) \quad (4.1)$$

โดยที่ Y คือ จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตรจำนวนผู้บาดเจ็บเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตรและจำนวนผู้เสียชีวิตเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตร

β_0 คือ ค่าคงที่ของตัวแบบจำลอง

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

$X_1, X_2, \dots, X_n$ คือ ตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองและแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ กล่าวคือเมื่อค่าเฉลี่ยของจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงมีค่าเท่ากับค่าความแปรปรวน จะวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง (Poisson Regression Model) แต่เมื่อค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงไม่เท่ากันหรือค่าความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) จะวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แบบจำลองทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model)

4.1.1 การกำหนดตัวแปร

ในการศึกษาครั้งนี้ มีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความหมายของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และพัฒนาแบบจำลอง

ตัวแปร	ความหมาย
ตัวแปรตาม	
Accidents	จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด (ครั้งต่อปีต่อกิโลเมตร)
Injury	จำนวนผู้บาดเจ็บ (รายต่อปีต่อกิโลเมตร)
Fatality	จำนวนผู้เสียชีวิต (รายต่อปีต่อกิโลเมตร)
ตัวแปรอิสระ	
AADT	ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (พันคันต่อปี)
HV	สัดส่วนรถหนัก (เปอร์เซ็นต์)
DS	ความเร็วออกแบบสูงสุด (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
LANE	จำนวนช่องจราจร (ช่องจราจร)
HC	จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร ⁻¹)
VC	จำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร ⁻¹)
RAHC	รัศมีโค้งราบต่ำสุด (เมตร)
VG	ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์)
MAXVG	ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 4.1 ความหมายของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และพัฒนาแบบจำลอง (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย
ตัวแปรอิสระ	
DIFVG	ระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง (เมตร)
BFVG1	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 100 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG2	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 200 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG3	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 300 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG4	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 400 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG5	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 500 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG1	ความลาดชันหลังช่วงถนน 100 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG2	ความลาดชันหลังช่วงถนน 200 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG3	ความลาดชันหลังช่วงถนน 300 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG4	ความลาดชันหลังช่วงถนน 400 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG5	ความลาดชันหลังช่วงถนน 500 เมตร (เปอร์เซ็นต์)

ลักษณะของตัวแปรที่ได้จากการเก็บและรวบรวมข้อมูล ในการศึกษาที่ใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุย้อนหลัง 6 ปีโดยใช้พื้นที่ศึกษาที่เป็นจุดเสี่ยงของอุบัติเหตุมีระยะทางทั้งสิ้น 15 กิโลเมตร แบ่งความยาวช่วงถนนเท่า ๆ กัน ยาวช่วงละ 1 กิโลเมตร จะได้ข้อมูลทั้งหมด $6 \times 15 = 90$ ชุดแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ใช้เปรียบเทียบแบบจำลอง 75 ชุดและทดสอบแบบจำลอง 15 ชุด โดยค่าสถิติสำหรับตัวแปรจากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS V.16 ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสถิติของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

ตัวแปรตาม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Accidents	0	12	1.45	2.825
Injury	0	75	6.51	15.946
Fatality	0	33	1.05	4.223
ตัวแปรอิสระ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
AADT	4.893	22.534	8.790	3.853
HV	19.820	35.240	33.149	3.451

ตารางที่ 4.2 ค่าสถิติของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ (ต่อ)

ตัวแปรอิสระ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
DS	70.00	100.00	76.530	10.966
LANE	2.00	3.00	2.093	2.093
HC	0.000	7.000	3.067	1.727
VC	0.000	1.000	0.227	0.421
RAHC	0.000	633.453	249.450	184.432
VG	1.399	6.594	3.728	1.711
MAXVG	2.014	8.910	5.651	1.963
DIFVG	10.070	136.430	42.905	35.165
BFVG1	0.000	5.655	0.617	1.415
BFVG2	0.000	5.300	1.028	1.603
BFVG3	0.000	5.500	0.869	1.372
BFVG4	0.000	9.400	0.751	1.829
BFVG5	0.000	6.850	0.720	1.531
AFVG1	0.000	7.100	2.386	2.650
AFVG2	0.000	7.600	0.608	1.920
AFVG3	0.000	7.700	2.991	2.767
AFVG4	0.000	7.338	2.685	2.849
AFVG5	0.000	7.300	2.540	2.782

พบว่า พื้นที่ศึกษาในช่วง 6 ปี มีการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตรประมาณ 1.45 ครั้ง ส่งผลให้มีผู้บาดเจ็บ 6.51 รายและผู้เสียชีวิตจำนวน 1.05 ราย

4.1.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

กัลยา (2545) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ และเป็นการทดสอบว่าตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยการทดสอบจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาพิจารณาว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อย

ในการศึกษานี้จึงอาศัยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงกับปัจจัยเสี่ยงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) มีนัยสำคัญทางสถิติจะถือว่าตัวแปรนั้นเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ 1 และ -1 หมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันสูงในทางเชิงบวกและเชิงลบ ตามลำดับ แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเป็น 0 นั่นคือ ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กัน แสดงดังตารางที่ 4.3

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันยังสามารถใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ หากพบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ระหว่างกันสูง จะส่งผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรในแบบจำลอง ทำให้ตัวแปรไม่มีนัยสำคัญหรือเครื่องหมายพารามิเตอร์ของตัวแปรตรงข้ามกับความเป็นจริง โดยผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน แสดงดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระ \ ตัวแปรตาม	Accidents	Injury	Fatality
AADT	-0.146(0.212)	-0.168(0.148)	-0.095(0.420)
HV	0.125(0.284)	0.1278(0.278)	0.061(0.604)
DS	-0.263(0.023)**	-0.166(0.155)	-0.081(0.492)
LANE	0.217(0.061)*	-0.015(0.899)	-0.023(0.848)
HC	0.293(0.011)**	0.218(0.060)*	0.332(0.004)**
VC	0.230(0.047)**	0.258(0.025)**	0.016(0.892)
RAHC	-0.178(0.126)	-0.126(0.280)	-0.096(0.412)
VG	0.536(0.000)**	0.485(0.000)**	0.244(0.000)**
MAXVG	0.418(0.000)**	0.397(0.000)**	0.226(0.000)**
DIFVG	0.464(0.000)**	0.287(0.013)**	0.185(0.111)

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ (ต่อ)

ตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระ	Accidents	Injury	Fatality
BFVG1	0.126(0.283)	-0.073(0.533)	-0.054(0.643)
BFVG2	0.338(0.003)**	0.428(0.000)**	0.010(0.932)
BFVG3	0.323(0.005)**	0.441(0.000)**	0.001(0.996)
BFVG4	0.301(0.009)**	0.422(0.000)**	-0.013(0.909)
BFVG5	0.282(0.014)**	0.447(0.000)**	-0.017(0.885)
AFVG1	0.556(0.000)**	0.475(0.000)**	0.317(0.006)**
AFVG2	0.015(0.900)	0.232(0.045)*	0.261(0.024)*
AFVG3	0.493(0.000)**	0.467(0.000)*	0.256(0.026)**
AFVG4	0.483(0.000)**	0.478(0.000)**	0.277(0.016)**
AFVG5	0.525(0.000)**	0.530(0.000)**	0.302(0.008)**

หมายเหตุ : *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อแสดงถึงแนวโน้มที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 90% และ 95% พบว่า

ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปีและสัดส่วนรถหนัก พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงเนื่องจากข้อมูลปริมาณจราจรในอดีตไม่สอดคล้องกับข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดขึ้น คือ ข้อมูลปริมาณการจราจรในปี 2553-2554 มีแนวโน้มที่ลดลง (ดังตารางที่ 3.2) ในขณะที่ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุมีแนวโน้มที่สูงขึ้น (ดังตารางที่ 3.1) ปัจจัยทางด้านปริมาณจราจรจึงไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงในทางเชิงเส้น

ความเร็วออกแบบสูงสุด มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในเชิงลบ หมายความว่าเมื่อความเร็วออกแบบมีค่าต่ำส่งผลให้มีการเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้น เป็นไปได้ว่าผู้ขับขี่ไม่สามารถขับขี่ได้ตามความเร็วที่ออกแบบไว้ จึงขับขี่ด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วออกแบบดังนั้นปัจจัยทางด้านความเร็วจึงมีความสัมพันธ์ต่อจำนวนอุบัติเหตุ

จำนวนช่องจราจร มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนอุบัติเหตุในทางเชิงบวก หมายความว่าเมื่อจำนวนช่องจราจรมีค่ามากขึ้น อุบัติเหตุก็จะเกิดมากขึ้นด้วย เป็นไปได้ว่าเมื่อจำนวนช่องจราจร

มากผู้ขับขี่จึงเกิดความสะอึกส่ายและขาดความระมัดระวัง ดังนั้นจำนวนช่องจราจรจึงส่งผลให้มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดเพิ่มมากขึ้น

จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนอุบัติเหตุและทุกความรุนแรงส่วนจำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตร มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บแต่ไม่รุนแรงถึงจำนวนผู้เสียชีวิต พบว่าเมื่อมีจำนวนโค้งมาก ผู้ขับขี่จึงอาจเกิดการประมาทหรือไม่สามารถมองเห็นรถที่วิ่งสวนมาได้ จึงส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น

รัศมีโค้งราบต่ำสุด ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงเนื่องจากเมื่อผู้ขับขี่ขับรถมาพบกับบริเวณโค้งที่มีลักษณะแคบ จึงเกิดความระมัดระวังมากขึ้น ส่งผลให้อุบัติเหตุไม่เกิดขึ้น

ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนน พบว่าความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนและความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงทั้งหมด ส่วนระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่ง มีความสัมพันธ์ต่อจำนวนอุบัติเหตุและผู้บาดเจ็บแต่ไม่รุนแรงถึงจำนวนผู้เสียชีวิต พบว่า เมื่อความลาดชันเฉลี่ย ความลาดชันสูงสุดและระยะการเปลี่ยนแปลงแนวดิ่งมีค่ามาก ส่งผลให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงเพิ่มขึ้นด้วย

ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน พบว่าความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหน้าของช่วงถนนส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุและจำนวนผู้บาดเจ็บแต่ไม่รุนแรงถึงจำนวนผู้เสียชีวิต ส่วนความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังจะส่งผลให้เกิดผู้บาดเจ็บและรุนแรงถึงจำนวนผู้เสียชีวิตด้วย

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ

	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
AADT	1	-0.671**	-0.214	-0.171	0.084	-0.216	-0.399**	-0.319**	-0.314**	-0.250*
HV	-0.671**	1	0.184	0.066	-0.058	0.164	0.268*	0.257*	0.261*	0.179
DS	-0.214	0.184	1	-0.201	-0.304**	0.202	0.913**	-0.350**	-0.199	-0.342**
LANE	-0.171	0.066	-0.201	1	-0.047	0.127	0.057	0.456*	0.329**	0.639**
HC	0.084	-0.058	-0.304**	-0.047	1	-0.251*	-0.182	0.394**	0.233*	0.390**
VC	-0.216	0.164	0.202	0.127	-0.251*	1	0.203	0.279*	0.419**	0.165
RAHC	-0.339**	0.268*	0.913**	0.057	-0.182	0.203	1	-0.154	-0.049	0.122**
VG	0.319**	0.257*	-0.350**	0.456**	0.279*	0.279*	-0.154	1	0.847**	0.799**
MAXVG	-0.314**	0.261*	-0.199	0.329**	0.233*	0.419**	-0.049	0.847**	1	0.748**
DIFVG	-0.250*	0.179	-0.342**	0.639*	0.390**	0.165	-0.122	0.799**	0.748**	1
BFVG1	-0.056	0.025	-0.111	0.523**	-0.015	-0.117	0.021	0.234*	0.074	0.354**
BFVG2	-0.125	0.095	-0.082	0.226	0.038	0.232*	0.007	0.363**	0.241*	0.252*
BFVG3	-0.141	0.113	-0.054	0.188	0.016	0.259*	0.035	0.357**	0.234*	0.233*
BFVG4	-0.141	0.115	-0.033	0.218	0.024	0.249*	0.088	0.406**	0.265*	0.289*
BFVG5	-0.147	0.1127	-0.016	0.148	-0.003	0.218	0.064	0.345**	0.157	0.238*

หมายเหตุ : *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ (ต่อ)

	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
AFVG1	-0.334**	0.271*	-0.373**	0.400**	0.424**	0.380**	-0.172	0.585**	0.796**	0.813**
AFVG2	-0.076	0.125	-0.191	-0.107	0.346**	-0.173	-0.131	0.430**	0.239*	0.212
AFVG3	-0.396**	0.333**	-0.059	0.332**	0.344**	0.451**	0.103	0.897**	0.796**	0.722**
AFVG4	-0.343**	0.287*	0.085	0.165	0.290*	0.345**	0.209	0.773**	0.567**	0.441**
AFVG5	-0.320**	0.268	-0.049	0.171	0.333**	0.269*	0.077	0.813**	0.583**	0.483**
	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
AADT	-0.056	-0.125	-0.141	-0.141	-0.147	-0.334**	-0.076	-0.396**	-0.343**	-0.320**
HV	0.025	0.095	0.113	0.115	0.127	0.271*	0.125	0.333**	0.287*	0.268*
DS	-0.111	-0.082	-0.054	-0.033	-0.016	-0.373**	-0.191	-0.059	0.085	-0.049
LANE	0.523**	0.226	0.188	0.218	0.148	0.400**	-0.107	0.332**	0.165	0.171
HC	-0.015	0.038	0.016	0.024	0.003	0.424**	0.346**	0.344**	0.290*	0.333**
VC	-0.117	0.232*	0.259*	0.249*	0.218	0.380**	-0.173	0.451**	0.345**	0.269*
RAHC	0.021	0.007	0.035	0.088	0.064	-0.172	-0.131	0.103	0.209	0.077
VG	0.234*	0.363**	0.357**	0.406**	0.345**	0.858**	0.430**	0.897**	0.773**	0.813**
MAXVG	0.074	0.241*	0.234*	0.265*	0.157	0.796**	0.239	0.796**	0.567**	0.583**

หมายเหตุ : *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ(ต่อ)

	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
DIFVG	0.354**	0.252*	0.233**	0.289*	0.238*	0.813**	0.212	0.722**	0.441**	0.483**
BFVG1	1	0.541**	0.500**	0.539*	0.437**	0.259*	-0.069	0.190	0.232*	0.225
BFVG2	0.541**	1	0.993**	0.952**	0.925**	0.369**	-0.035	0.305**	0.347**	0.365**
BFVG3	0.500**	0.993**	1	0.964**	0.955**	0.376**	0.005	0.321**	0.367**	0.380**
BFVG4	0.539**	0.952**	0.965**	1	0.955**	0.431**	0.113	0.377**	0.419**	0.416**
BFVG5	0.437**	0.925**	0.955**	0.955**	1	0.375**	0.145	0.352**	0.398**	0.410**
AFVG1	0.259*	0.369**	0.376**	0.431**	0.375**	1	0.295*	0.863**	0.670**	0.697**
AFVG2	-0.069	-0.035	0.005	0.113	0.145	0.295*	1	0.414**	0.438**	0.478**
AFVG3	0.190	0.305**	0.321**	0.377**	0.352**	0.863**	0.414**	1	0.889**	0.884**
AFVG4	0.232*	0.347**	0.367**	0.419**	0.398**	0.670**	0.438**	0.889**	1	0.983**
AFVG5	0.225	0.365**	0.380**	0.416**	0.410**	0.697**	0.478**	0.884**	0.983**	1

หมายเหตุ : *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ

ตัวแปร	ความสัมพันธ์เชิงบวก	ความสัมพันธ์เชิงลบ
AADT	-	-
HV	-	-
DS	RAHC	-
LANE	-	-
HC	-	-
VC	-	-
VG	MAXVG, DIFVG	-
BFVG1	BFVG2, BFVG3, BFVG4, BFVG5	-
AFVG1	AFVG2, AFVG3, AFVG4, AFVG5	-

จากตารางที่ 4.5 แสดงถึงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรอิสระและตัวแปรอิสระแสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงจะไม่นำมาพิจารณาพร้อมกัน โดยจะเลือกพิจารณาเพียงตัวแปรที่มีผลทำให้แบบจำลองมีความเหมาะสมมากที่สุด สามารถอธิบายได้ ดังนี้

- ความเร็วออกแบบสูงสุดสัมพันธ์เชิงบวกกับรัศมีความโค้งเนื่องจากการออกแบบโค้งจะเริ่มจากการกำหนดความเร็วเพื่อนำมาออกแบบรัศมีความโค้งคือ เมื่อความเร็วออกแบบมีค่าสูง รัศมีความโค้งก็จะมีค่ากว้างมากขึ้นด้วย
- ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนสัมพันธ์กับความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนและระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งเนื่องจากความลาดชันเฉลี่ย ความลาดชันสูงสุดและระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งเป็นตัวแปรความลาดชันที่มีความสัมพันธ์กันของช่วง เมื่อทำการสร้างแบบจำลอง จะไม่พิจารณาตัวแปร 3 ตัวนี้พร้อมกัน แต่จะเลือกตัวแปรที่ทำให้แบบจำลองมีความเหมาะสมมากที่สุด
- ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันในระยะก่อนหน้า 100 เมตร มีความสัมพันธ์กับความลาดชันเฉลี่ยในระยะก่อนหน้าที่ 200 300 400 และ 500 เมตรเนื่องจากการรวบรวมข้อมูลความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันในทุก ๆ ความยาว จะยึดค่าระดับความสูง

จากแบบแปลนและแบบก่อสร้างของช่วงถนนเพียงจุดเดียว (ดังรูปที่ 3.4) ทำให้ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันในทุก ๆ ระยะทางมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง ตัวแปรความลาดชันเฉลี่ยของช่วงที่อยู่ติดกันในระยะก่อนหน้าช่วงถนนจะไม่นำมาพิจารณาพร้อมกัน แต่จะเลือกเพียงระยะทางที่ส่งผลให้แบบจำลองมีความเหมาะสมมากที่สุดและความลาดชันที่อยู่ติดกันของช่วงถนนในระยะหลังช่วงถนนก็เช่นเดียวกัน

- ผลจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรอิสระและตัวแปรอิสระแสดงดังตารางที่ 4.4 ยังพบอีกว่าความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันที่อยู่ก่อนและหลังช่วงถนนมีความสัมพันธ์กับตัวแปรความลาดชันของช่วงถนน จากงานวิจัยของ (Fu, Guo, Yuan, Feng, and Ma, 2011) พบว่าความลาดชันที่อยู่ติดกันในระยะก่อนหน้า 2 และ 3 กิโลเมตร ส่งผลให้มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด ในการวิจัยครั้งนี้ จึงไม่คำนึงถึงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความลาดชันของช่วงถนนกับความลาดชันที่อยู่ติดกันในระยะก่อนหน้าและหลังช่วงถนน

4.2 การเปรียบเทียบผลของแบบจำลอง (Model Calibration)

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิต จะใช้รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง (Poisson Regression Model) และแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ (Negative Binomial Regression Model) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์

ในการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิต ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอิสระจะถูกประมาณค่าโดยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.050 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 16.0 ซึ่งมีกระบวนการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ไม่เลือกตัวแปรอิสระเข้าแบบจำลองเลยและเก็บค่า Log-Likelihood ไว้เป็นค่าเริ่มต้น
- 2) นำตัวแปรอิสระเข้าแบบจำลองครั้งละ 1 ตัว พิจารณาค่า Log-Likelihood เปรียบเทียบกับค่า Log-Likelihood เริ่มต้น ค่า Log-Likelihood ที่ไม่เลือกตัวแปรอิสระใดเลยเข้าแบบจำลอง) ถ้าหากตัวแปรอิสระตัวใดทำให้ค่า Log-Likelihood มีค่าสูงขึ้น (ติดลบน้อยลง) อย่างมีนัยสำคัญ ให้เก็บตัวแปรอิสระนั้นไว้ แต่ถ้าตัวแปรอิสระตัวใดทำให้ค่า Log-Likelihood มีค่าลดลง (ติดลบมากขึ้น) ให้ตัดตัวแปรอิสระนั้นออก โดยจะไม่นำตัวแปรนั้นมาพิจารณาในการคัดเลือกเพื่อสร้างแบบจำลองอีก

3) คัดเลือกตัวแปรอิสระที่ทำให้ค่า Log-Likelihood มีค่าสูงขึ้น (จากข้อ 2) นำเข้าเพื่อสร้างแบบจำลอง โดยค่อย ๆ ใส่ตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นทีละคู่ พิจารณาว่า Log-Likelihood ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P - \text{value} < 0.100$) แล้วค่อยใส่ตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นหรือลดไปเรื่อย ๆ จนทำให้แบบจำลองเหมาะสมที่สุด คือมีค่า Log-Likelihood มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

4) พิจารณาเครื่องหมายของพารามิเตอร์ว่าสอดคล้องกับความเป็นจริงหรือไม่ เช่น การประมาณค่าพารามิเตอร์พบว่า จำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตรมีค่าสัมประสิทธิ์ติดลบ หมายถึงถ้ามีจำนวนโค้งน้อยจะทำให้เกิดอุบัติเหตุมากขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง โดยทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีเครื่องหมายไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงออกแล้วทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่อีกครั้ง

4.2.2 การทดสอบ Goodness of Fit

ในการทดสอบภาวะสารูปสถิติ จะพิจารณาจากค่าสถิติ Deviance, Pearson Chi-Square, Log-Likelihood and Akaike's Information Criterion (AIC) เพื่อทดสอบความคลาดเคลื่อนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การประยุกต์ใช้แบบจำลองและตรวจสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Effect) ดังนี้

- **Deviance** ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการกระจายตัวแปรตอบสนองมีค่าสูงทำให้แบบจำลองคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมาก แบบจำลองจึงไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี เมื่อค่า Deviance มีค่าสูงและค่า Deviance หารด้วย Degree of Freedom มีค่ามากกว่า 1 หมายถึงแบบจำลองเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการกระจายตัวของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Effect)

$$\frac{D^m}{DF} = \frac{D^m}{N - K} \quad (4.2)$$

ค่า Degree of Freedom (DF) สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างจำนวนค่าสังเกต (Observation, N) กับ จำนวนพารามิเตอร์ (K)

- **Pearson Chi-Square** ค่าที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง แสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนของการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต่างจากความเป็นจริงมากหรือน้อยทดสอบได้โดยการนำค่า Pearson Chi-Square หารด้วย Degree of Freedom หากพบว่ามีค่ามากกว่า 1 หมายถึง รูปแบบจำลองเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการกระจายตัวของตัวแปร

ตอบสนอง (Overdispersion Effect) หรือ รูปแบบจำลองไม่เหมาะสมต่อการนำมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

$$\frac{x^2}{DF} = \frac{x^2}{N - K} \quad (4.3)$$

ค่า Degree of Freedom (DF) สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างจำนวนค่าสังเกต (Observation, N) กับ จำนวนพารามิเตอร์ (K)

- **Log-Likelihood** ค่าที่แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้มากหรือน้อยเพียงใด ถ้าค่า Log-Likelihood มีค่าสูง หมายถึงแบบจำลองมีความสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี (ปฐวิติ, 2550) ได้อ้างงานวิจัยของ (Miau et. Al, 1992) ว่า ไม่มีข้อกำหนดที่แน่นอนว่าค่า Log Likelihood ค่าใดที่เหมาะสมต่อการนำมาเป็นค่ามาตรฐาน แต่มีการสรุปโดยอ้างอิงค่า Log-Likelihood กล่าวคือแบบจำลองที่สามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้มากที่สุดคือแบบจำลองที่มีค่า Log-Likelihood สูงสุด นั่นคือ ยิ่งค่า Log-Likelihood มากยิ่งสามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้มากที่สุด

- **Akaike's Information Criterion (AIC)** ตัวสถิติที่ช่วยในการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยไม่มีการพิจารณาระดับนัยสำคัญ (Level of Significances) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักที่ต้องการให้แบบจำลองการถดถอยมีตัวแปรอิสระน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากความแปรปรวนของตัวแปรตามจะมากขึ้นถ้าจำนวนตัวแปรอิสระมีมาก ดังนั้นวิธีการหาจำนวนตัวแปรอิสระที่เหมาะสมจะทำให้การคำนวณค่าตัวแปรตามมีความแม่นยำและในขณะเดียวกันจะไม่ทำให้เกิดความแปรปรวนของตัวแปรตามเนื่องจากแบบจำลองมีตัวแปรอิสระมากเกินไปแบบจำลองยังมีค่า AIC น้อย ๆ จะมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้สูงสุด

4.3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) กรณีไม่พิจารณา

ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

การเปรียบเทียบแบบจำลองกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมีตัวแปรที่ใช้สร้างแบบจำลองดังตารางที่ 4.6 โดยนำตัวแปรมาวิเคราะห์รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพหุคูณเพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงบริเวณทางลาดชัน

ตารางที่ 4.6 ความหมายของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และพัฒนาแบบจำลองกรณีไม่
พิจารณาความลาดชันช่วงถนน

ตัวแปร	ความหมาย
ตัวแปรตาม	
Accidents	จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด (ครั้งต่อปีต่อกิโลเมตร)
Injury	จำนวนผู้บาดเจ็บ (รายต่อปีต่อกิโลเมตร)
Fatality	จำนวนผู้เสียชีวิต (รายต่อปีต่อกิโลเมตร)
ตัวแปรอิสระ	
AADT	ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี(พันคันต่อปี)
HV	สัดส่วนรถหนัก (เปอร์เซ็นต์)
DS	ความเร็วออกแบบสูงสุด (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
RAHC	รัศมีโค้งราบต่ำสุด (เมตร)
LANE	จำนวนช่องจราจร (ช่องจราจร)
HC	จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร ⁻¹)
VC	จำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร ⁻¹)
VG	ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์)
MAXVG	ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์)
DIFVG	ระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่ง (เมตร)

4.3.1 จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด (Accidents)

เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ มาวิเคราะห์ รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพหุคูณเพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดบริเวณทางลาดชัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Poisson Regression Model
Intercept	0.070 (0.857)
RAHC	-0.003 (0.044)
DIFVG	0.017 (0.000)
Deviance	216.617
Degree of Freedom (DF)	72
Deviance/ Degree of Freedom (DF)	3.009
Pearson Chi-Square	257.896
Log-Likelihood	-149.645
Akaike's Information Criterion (AIC)	3.50290

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองเพื่อคาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดบริเวณทางลาดชัน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนการเกิด ได้แก่ ระยะเวลาเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง (DIFVG) ส่งผลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในเชิงบวกและรัศมีโค้งราบต่ำสุด (RAHC) ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุในเชิงลบซึ่งเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ว่าเมื่อช่วงถนนที่ศึกษามีระยะเวลาเปลี่ยนแปลงแนวโค้งมาก ส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุมากขึ้น และเมื่อโค้งราบมีรัศมีที่แคบ จะทำให้อุบัติเหตุเกิดขึ้นสูงแต่เมื่อรัศมีโค้งมีความกว้าง จะส่งผลให้อุบัติเหตุลดน้อยลงด้วย

จากการทดสอบค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองการถดถอยพัวซองพบว่าค่าสถิติ Deviance/DF เท่ากับ 3.009 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองไม่มีความเหมาะสมกับข้อมูล คือ เกิดปัญหาเนื่องจากการกระจายของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้ อาจเกิดการคลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุจึงเลือกใช้รูปแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อทำนายจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Negative Binomial Regression Model
Intercept	-0.528(0.236)
VC	0.890(0.028)
RAHC	-0.003(0.040)
DIFVG	0.021(0.000)
Deviance	86.550
Pearson Chi-Square	93.515
Log-Likelihood	-105.526
Akaike's Information Criterion (AIC)	219.051

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.8 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อคาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดบริเวณทางลาดชัน พบว่าจำนวนโค้งดิ่ง (VC) ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่ง (DIFVG) และรัศมีโค้งราบต่ำสุด (RAHC) เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุ เมื่อช่วงถนนมีจำนวนโค้งดิ่งเป็นจำนวนมาก ประกอบกับช่วงถนนนั้นมีรัศมีโค้งราบที่แคบและยังมีระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่งที่สูงส่งผลให้มีจำนวนอุบัติเหตุสูงขึ้นด้วย โดยแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด แสดงดังนี้

$$Y_{Accident, NB} = \text{Exp}(-0.528 + 0.890VC - 0.003RAHC + 0.021DIFVG) \quad (4.4)$$

4.3.2 จำนวนผู้บาดเจ็บ (Injury)

เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ มาวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองเพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์ จำนวนผู้บาดเจ็บบริเวณทางลาดชันโดยไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัซซองของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Poisson Regression Model
Intercept	0.401 (0.782)
LANE	-1.520 (0.012)
VC	0.771 (0.011)
VG	0.902 (0.000)
Deviance	793.457
Degree of Freedom (DF)	71
Deviance/ Degree of Freedom (DF)	11.175
Pearson Chi-Square	1347
Log-Likelihood	-445.132
Akaike's Information Criterion (AIC)	898.264

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.9 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัซซองเพื่อคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บบริเวณทางลาดชัน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บได้แก่ จำนวนช่องจราจร (LANE) ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน (VG) และจำนวนโค้งดิ่ง (VC) โดยจำนวนช่องจราจรส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุในเชิงลบ คือเมื่อมีจำนวนช่องจราจรที่จำนวนช่องจราจรที่น้อย ส่งผลให้เกิดจำนวนผู้บาดเจ็บมากขึ้น และจำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตรกับความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน ยังส่งผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บในเชิงบวก นั่นคือ เมื่อโค้งดิ่งมีจำนวนมากและความลาดชันเฉลี่ยมีค่าสูง ทำให้จำนวนผู้บาดเจ็บมากขึ้นด้วย

จากผลค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองการถดถอยพัซซอง พบว่า ค่าสถิติ Deviance/DF เท่ากับ 11.175 ซึ่งมีความมากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองการถดถอยแบบพัซซองไม่เหมาะสมกับข้อมูลเนื่องจากตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้ อาจเกิดการคลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บจึงเลือกใช้รูปแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อทำนายจำนวนผู้บาดเจ็บ มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Negative Binomial Regression Model
Intercept	-2.971(0.000)
VG	0.995(0.000)
Deviance	158.779
Pearson Chi-Square	416.296
Log-Likelihood	-157.871
Akaike's Information Criterion (AIC)	319.742

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บบริเวณทางลาดชัน พบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวที่ส่งผลให้เกิดจำนวนผู้บาดเจ็บ คือ ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน (VG) เมื่อความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนมีค่าสูง ทำให้วิสัยทัศน์ในการมองเห็นของผู้ขับขี่ในทิศทางการจราจรตรงกันข้ามลดลง เป็นไปได้ว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการแซงหรือชนท้ายซึ่งส่งผลให้มีจำนวนผู้บาดเจ็บมากขึ้นด้วย โดยแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บแสดงดังนี้

$$Y_{Injury,NB} = \text{Exp}(-2.971 + 0.995VG) \quad (4.5)$$

4.3.3 จำนวนผู้เสียชีวิต (Fatality)

เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ มาวิเคราะห์รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองเพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตบริเวณทางลาดชันโดยไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Poisson Regression Model
Intercept	-5.775(0.0000)
MAXVG	0.574(0.005)
HC	0.475(0.000)
Deviance	232.645
Degree of Freedom(DF)	72
Deviance/ Degree of Freedom(DF)	3.231
Pearson Chi-Square	485.195
Log-Likelihood	-135.815
Akaike's Information Criterion (AIC)	277.630

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซอง เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตบริเวณทางลาดชัน พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้เสียชีวิต ได้แก่ ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) และจำนวนโค้งราบทั้งหมด (HC) เมื่อเส้นทางมีจำนวนโค้งราบมากและความลาดชันสูงสุดของช่วงนั้นมีค่าสูง ทำให้ผู้ขับขี่ที่ไม่ชำนาญในเส้นทางขาดความระมัดระวังและประสบอุบัติเหตุรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้

จากผลค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองการถดถอยพัวซอง พบว่าค่าสถิติ Deviance/DF เท่ากับ 3.231 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองไม่มีความเหมาะสมกับข้อมูล เนื่องจากตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้ อาจเกิดการคลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บจึงเลือกใช้รูปแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อทำนายจำนวนผู้เสียชีวิต มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Negative Binomial Regression Model
Intercept	-7.023(0.000)
MAXVG	0.825(0.000)
HC	0.356(0.000)
Deviance	84.465
Pearson Chi-Square	201.551
Log-Likelihood	-72.324
Akaike's Information Criterion (AIC)	150.648

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อคาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดบริเวณทางลาดชัน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้เสียชีวิต ได้แก่ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) และจำนวนโค้งราบทั้งหมด (HC) ในช่วงถนน เมื่อเส้นทางมีจำนวนโค้งราบมากและความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนนั้นมีค่าสูง ส่งผลให้จำนวนผู้เสียชีวิตมีมากขึ้นด้วย การวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ได้ประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงได้ดังแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตดังนี้

$$Y_{Fatality, NB} = \text{Exp}(-27.023 + 0.825\text{MAXVG} + 0.356\text{HC}) \quad (4.6)$$

4.4 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) กรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

ตารางที่ 4.13 ความหมายของตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และพัฒนาแบบจำลองกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

ตัวแปร	ความหมาย
ตัวแปรตาม	
Accidents	จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด (ครั้งต่อปีต่อกิโลเมตร)
Injury	จำนวนผู้บาดเจ็บ (รายต่อปีต่อกิโลเมตร)
Fatality	จำนวนผู้เสียชีวิต (รายต่อปีต่อกิโลเมตร)
AADT	ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (พันคันต่อปี)
HV	สัดส่วนรถหนัก (เปอร์เซ็นต์)
DS	ความเร็วออกแบบสูงสุด (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
RAHC	รัศมีโค้งราบต่ำสุด (เมตร)
LANE	จำนวนช่องจราจร (ช่องจราจร)
HC	จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร ⁻¹)
VC	จำนวนโค้งดิ่งต่อกิโลเมตร (กิโลเมตร ⁻¹)
VG	ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์)
MAXVG	ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (เปอร์เซ็นต์)
DIFVG	ระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางดิ่ง (เมตร)
BFVG1	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 100 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG2	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 200 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG3	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 300 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG4	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 400 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
BFVG5	ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 500 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG1	ความลาดชันหลังช่วงถนน 100 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG2	ความลาดชันหลังช่วงถนน 200 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG3	ความลาดชันหลังช่วงถนน 300 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG4	ความลาดชันหลังช่วงถนน 400 เมตร (เปอร์เซ็นต์)
AFVG5	ความลาดชันหลังช่วงถนน 500 เมตร (เปอร์เซ็นต์)

4.4.1 จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด (Accidents)

เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ มาวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองเพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดบริเวณทางลาดชัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Poisson Regression Model
Intercept	-0.968(0.024)
RAHC	-0.003(0.019)
DIFVG	0.014(0.000)
AFVG5	0.317(0.000)
Deviance	135.829
Degree of Freedom(DF)	71
Deviance/ Degree of Freedom(DF)	1.913
Pearson Chi-Square	135.123
Log-Likelihood	-109.251
Akaike's Information Criterion (AIC)	226.502

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.14 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองเพื่อคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ ความลาดชันเฉลี่ยที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนนในระยะ 500 เมตรระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง (DIFVG) และรัศมีโค้งราบต่ำสุด (RAHC) เมื่อรัศมีโค้งราบมีค่าต่ำหรือโค้งมีลักษณะแคบ ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวโค้งและความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังในระยะ 500 เมตรมีค่าสูงส่งผลให้จำนวนอุบัติเหตุมีค่าสูงขึ้น

จากผลค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองการถดถอยพัวซอง พบว่าค่าสถิติ Deviance/DF เท่ากับ 1.913 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองไม่มีความเหมาะสมกับข้อมูล เนื่องจากตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้ อาจเกิดการคลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบจำลองคาดการณ์จำนวน

อุบัติเหตุทั้งหมดจึงเลือกใช้รูปแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อทำนายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Negative Binomial Regression Model
Intercept	-1.145(0.100)
RAHC	-0.003(0.026)
DIFVG	0.014(0.002)
AFVG5	0.316(0.000)
Deviance	65.276
Pearson Chi-Square	62.519
Log-Likelihood	-94.889
Akaike's Information Criterion (AIC)	197.778

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.15 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อคาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดบริเวณทางลาดชัน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ ความลาดชันเฉลี่ยที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนนในระยะ 500 เมตร ระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง (DIFVG) และรัศมีโค้งราบต่ำสุด (RAHC) เช่นเดียวกับรูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัชองโดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ได้ประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงได้ดังแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุดังนี้

$$Y_{Accidents, NB} = \text{Exp}(-1.145 - 0.003RAHC + 0.01DIFVG + 0.316AFVG5) \quad (4.7)$$

4.4.2 จำนวนผู้บาดเจ็บ (Injury)

เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ มาวิเคราะห์รูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัชองเพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บบริเวณทางลาดชัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Poisson Regression Model
Intercept	-5.542(0.000)
MAXVG	0.754(0.000)
AFVG5	0.439(0.000)
Deviance	683.451
Degree of Freedom(DF)	72
Deviance/ Degree of Freedom(DF)	9.492
Pearson Chi-Square	1106
Log-Likelihood	-390.129
Akaike's Information Criterion (AIC)	786.259

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.16 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซอง เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บบริเวณทางลาดชันที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงด้วย พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บสูงสุด ได้แก่ ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) และความลาดชันเฉลี่ยที่อยู่ติดกับทางด้านหลังช่วงถนนในระยะ 500 เมตร (AFVG5) นั่นคือเมื่อความลาดชันเฉลี่ยของเส้นทางหลังช่วงถนนที่อยู่ติดกันมีลักษณะลาดลงสู่ช่วงถนนอย่างต่อเนื่องที่ระยะ 500 เมตรมีค่าสูง ประกอบกับมีค่าความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนมีค่าสูง ส่งผลให้มีผู้จำนวนผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้นด้วย

จากผลค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองการถดถอยพัวซอง พบว่า ค่าสถิติ Deviance/DF เท่ากับ 9.492 ซึ่งมีความมากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองไม่มีความเหมาะสมกับข้อมูลเนื่องจากตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้ อาจเกิดการคลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บจึงเลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อทำนายจำนวนผู้บาดเจ็บ มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบของจำนวนผู้บาดเจ็บกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Negative Binomial Regression Model
Intercept	-4.055(0.000)
MAXVG	0.519(0.003)
AFVG5	0.494(0.000)
Deviance	119.450
Pearson Chi-Square	229.094
Log-Likelihood	-138.206
Akaike's Information Criterion (AIC)	282.413

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.17 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บบริเวณทางลาดชัน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ ได้แก่ ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) และความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังที่ระยะ 500 เมตร (AFVG5) เช่นเดียวกับรูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง โดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ได้ประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงได้ดังแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บดังนี้

$$Y_{Injury, NB} = \text{Exp}(-4.055 + 0.519 \text{MAXVC} - 0.494 \text{AFVG5}) \quad (4.8)$$

4.4.3 จำนวนผู้เสียชีวิต (Fatality)

เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ มาวิเคราะห์รูปแบบจำลองถดถอยแบบพัวซองเพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตบริเวณทางลาดชัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Poisson Regression Model
Intercept	-6.138(0.002)
MAXVG	0.664(0.011)
AFVG4	0.360(0.003)
Deviance	251.396
Degree of Freedom(DF)	72
Deviance/ Degree of Freedom(DF)	3.492
Pearson Chi-Square	527.724
Log-Likelihood	-145.191
Akaike's Information Criterion (AIC)	296.381

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.18 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบพัวซองเพื่อคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตบริเวณทางลาดชัน พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลให้ผู้ประสบอุบัติเหตุเสียชีวิตได้แก่ ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) และความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังในระยะ 400 เมตร (AFVG4) เมื่อความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังมีลักษณะลาดลงสู่ช่วงถนนอย่างต่อเนื่องที่ระยะทาง 400 เมตรอีกทั้งในช่วงถนนเองยังมีความลาดชันที่สูงปัจจัยดังกล่าวจึงส่งผลให้เกิดจำนวนผู้เสียชีวิตที่เพิ่มมากขึ้น

ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองการถดถอยพัวซอง พบว่าค่าสถิติ Deviance/DF เท่ากับ 3.492 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองไม่มีความเหมาะสมกับข้อมูล เนื่องจากตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้ อาจเกิดการคลาดเคลื่อน ดังนั้นแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บจึงเลือกใช้รูปแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อทำนายจำนวนผู้เสียชีวิต มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบของจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

Variable \ Model	Negative Binomial Regression Model
Intercept	-7.357(0.000)
MAXVG	0.796(0.002)
AFVG4	0.414(0.000)
Deviance	81.068
Pearson Chi-Square	186.121
Log-Likelihood	-70.625
Akaike's Information Criterion (AIC)	147.250

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.19 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตทั้งบริเวณทางลาดชัน พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลให้ผู้ประสบอุบัติเหตุเสียชีวิตได้แก่ ค่าความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) และความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังในระยะทาง 400 เมตร (AFVG4) เช่นเดียวกับรูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองโดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ ได้ประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงดังแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตดังนี้

$$Y_{Fatality, NB} = \text{Exp}(-7.357 + 0.796 \text{MAXVG} + 0.414 \text{AFVG4}) \quad (4.9)$$

4.5 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation)

และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสม

ในการคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมระหว่างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตที่ไม่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันและพิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนนที่อยู่ติดกัน โดยเปรียบเทียบจากค่าสถิติทดสอบ Goodness of Fit

4.5.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation)

แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ หลังจากที่ผ่านมากระบวนการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) เรียบร้อยแล้ว จะนำมาประเมินความเที่ยงตรงของแบบจำลองโดยการศึกษา จะทำการตรวจสอบจากข้อมูลแยกทดสอบในการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลทั้งสิ้น 90 ชุด โดยข้อมูลในการสร้างแบบจำลองมี 75 ชุด และแยกข้อมูลทดสอบไว้ 15 ชุด จากข้อมูลที่แยกทดสอบ มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นทั้งหมด 28 ครั้ง จำนวนผู้บาดเจ็บ 93 รายและจำนวนผู้เสียชีวิต 26 ราย ในการทดสอบนี้ทำได้โดย แทนค่าข้อมูลที่แยกทดสอบ แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายและค่าของข้อมูลจริง โดยผลของตัวแปรตามจะมีค่าเป็นค่าเฉลี่ย ดังนั้นการทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง จึงเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยดังนี้

จากตารางที่ 4.19 แสดงผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 1.867 ครั้ง แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.808 ครั้ง ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.008 ครั้ง

จากตารางที่ 4.20 แสดงผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 6.200 ราย แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 10.332 ราย ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 6.644 ราย

จากตารางที่ 4.21 แสดงผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 1.733 ราย แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.737 ราย ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.485 ราย

จากการตรวจสอบความเที่ยงตรงของทุกแบบจำลองพบว่า แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด และจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีที่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน มีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลองกรณีที่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันแต่ในส่วน of แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บนั้นกรณีที่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน มีความแม่นยำ น้อยกว่ากรณีที่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

ตารางที่ 4.20 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น
ทั้งหมดจากข้อมูลแยกทดสอบ

ที่	จำนวนอุบัติเหตุ ที่เกิดขึ้นจริง	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดจากการทำนาย	
		พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่ อยู่ติดกัน	ไม่พิจารณาความลาดชัน ของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
1	2	0.317	0.669
2	5	1.627	0.710
3	2	0.366	0.762
4	4	4.438	1.598
5	1	0.168	0.350
6	1	7.174	3.694
7	1	0.366	0.729
8	1	0.305	0.400
9	3	3.203	1.284
10	2	1.960	0.405
11	0	0.250	0.662
12	1	3.203	1.284
13	5	3.170	0.980
14	0	0.324	0.933
15	0	0.250	0.662
ค่าเฉลี่ย	1.867	1.808	1.008

ตารางที่ 4.21 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บจาก
ข้อมูลแยกทดสอบ

ที่	จำนวนผู้บาดเจ็บ ที่เกิดขึ้นจริง	จำนวนผู้บาดเจ็บที่เกิดจากการทำนาย	
		พิจารณาความลาดชันของช่วงถนน ที่อยู่ติดกัน	ไม่พิจารณาความลาดชันของ ช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
1	0	0.108	0.706
2	36	9.714	4.110
3	4	0.196	0.427
4	8	42.115	40.105
5	1	0.073	0.059
6	0	17.338	5.719
7	0	0.217	0.641
8	2	0.160	0.065
9	2	19.328	14.064
10	0	27.422	9.603
11	0	0.049	0.025
12	6	19.328	14.064
13	34	18.809	9.993
14	0	0.073	0.059
15	0	0.049	0.025
ค่าเฉลี่ย	6.200	10.332	6.644

ตารางที่ 4.22 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตจาก
ข้อมูลแยกทดสอบ

ที่	จำนวน ผู้เสียชีวิตที่ เกิดขึ้นจริง	จำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดจากการทำนาย	
		พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่ อยู่ติดกัน	ไม่พิจารณาความลาดชัน นอกช่วงถนน
1	0	0.011	0.097
2	0	1.355	0.553
3	0	0.023	0.075
4	6	7.556	4.110
5	1	0.006	0.026
6	0	2.961	0.702
7	0	0.031	0.049
8	1	0.011	0.019
9	2	3.614	5.599
10	13	4.018	1.022
11	0	0.003	0.014
12	0	3.614	5.599
13	3	2.846	4.371
14	0	0.006	0.026
15	0	0.003	0.014
ค่าเฉลี่ย	1.733	1.737	1.485

4.5.2 การคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสม

จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง สรุปได้ว่า แบบจำลองการถดถอยแบบพหุคูณ ไม่เหมาะสมต่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งกรณี queพิจารณาและไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน เนื่องจากเกิดปัญหาค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยหรือการกระจายของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Over dispersion Effect) จึงได้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ มาคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งกรณี queพิจารณาและไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันแสดงดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ตารางเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาและไม่พิจารณาถึงความ
ลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน โดยวิธีการวิเคราะห์แบบทวินามเชิงลบ

	พิจารณาความลาดชันของช่วงถนน ที่อยู่ติดกัน			ไม่พิจารณาความชันของช่วงถนน ที่อยู่ติดกัน		
	Accidents	Injury	Fatality	Accidents	Injury	Fatality
Intercept	-1.145 (0.100)	-4.055 (0.000)	-7.357 (0.000)	-0.528 (0.236)	-2.971 (0.000)	-7.023 (0.000)
VC	-	-	-	0.890 (0.028)	-	-
HC	-	-	-	-	-	0.356 (0.000)
RAHC	-0.003 (0.026)	-	-	-0.003 (0.040)	-	-
VG	-	-	-	-	0.995 (0.000)	-
MAXVG	-	0.519 (0.003)	0.796 (0.002)	-	-	0.825 (0.000)
DIFVG	0.014 (0.002)	-	-	0.021 (0.000)	-	-
BFVG1	-	-	-	-	-	-
AFVG4	-	-	0.414 (0.000)	-	-	-
AFVG5	0.316 (0.000)	0.494 (0.000)	-	-	-	-
Deviance	65.276	119.450	81.068	86.515	158.779	84.465
Pearson Chi-Square	62.519	229.094	186.121	93.515	416.296	201.551
Log-Likelihood	-94.889	-138.206	-70.625	-105.526	-157.871	-72.324
AIC	197.778	282.413	147.250	219.051	319.742	150.648

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

จากตารางที่ 4.23 ตารางเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาและไม่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันโดยวิธีการวิเคราะห์แบบทวินามเชิงลบ โดยผลการทดสอบ Goodness of Fit พบว่า

- ค่า Deviance คือ ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวแปรตอบสนองมาก ทำให้แบบจำลองคลาดเคลื่อนจากค่าความเป็นจริงมาก จากการเปรียบเทียบพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมีค่าน้อยกว่าหรือคลาดเคลื่อนน้อยกว่า แบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
- ค่า Person Chi-Square ค่าที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง แสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกับค่า Deviance จากการเปรียบเทียบพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมีค่าน้อยกว่าหรือคลาดเคลื่อนน้อยกว่า แบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
- ค่า Log Likelihood ค่าแสดงที่ทำให้ทราบว่า แบบจำลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้ดีเพียงใด ถ้าค่า Log Likelihood มีค่าสูง แสดงว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่ามากกว่าหรือ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
- ค่า Akaike's Information Criterion (AIC) คือ ค่าการพิจารณาแบบจำลองที่ประยุกต์ใช้ในการทำนาย ถ้าแบบจำลองมีค่า AIC น้อย ๆ แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้สูงสุด จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน มีค่า AIC น้อยกว่า หรือ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน ดังนั้นแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันจึงเหมาะสมต่อการนำไปคาดการณ์

การคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่าสถิติที่ได้จาก Goodness of Fit สรุปได้ว่า แบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน คือ แบบจำลองที่เหมาะสมต่อการทำนายจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.24 ผลการคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด

	Negative Binomial Regression Model		
	Accidents	Injury	Fatality
Intercept	-1.145 (0.100)	-4.055 (0.000)	-7.357 (0.000)
RAHC	-0.003 (0.026),	-	-
MAXVG	-	0.519 (0.003)	0.796 (0.002)
DIFVG	0.014 (0.002)	-	-
AFVG4	-	-	0.414 (0.000)
AFVG5	0.316 (0.000)	0.494 (0.000)	-
Deviance	65.276	119.450	81.068
Pearson Chi-Square	62.519	229.094	186.121
Log-Likelihood	-94.889	-138.206	-70.625
AIC	197.778	282.413	147.250

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ () คือ ค่า P-value

ตารางที่ 4.25 แสดงค่า Elasticity

	Elasticity		
	Accidents	Injury	Fatality
RAHC	-0.748	-	-
MAXVG	-	2.940	4.051
DIFVG	0.602	-	-
AFVG4	-	-	1.112
AFVG5	0.803	1.256	-

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการคัดเลือกแบบจำลองที่มีเหมาะสมมากที่สุดจากการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองและค่าสถิติทดสอบ Goodness of Fit และตารางที่ 4.25 แสดงค่า Elasticity โดยแสดงแบบจำลองคาดการณ์ได้ดังนี้

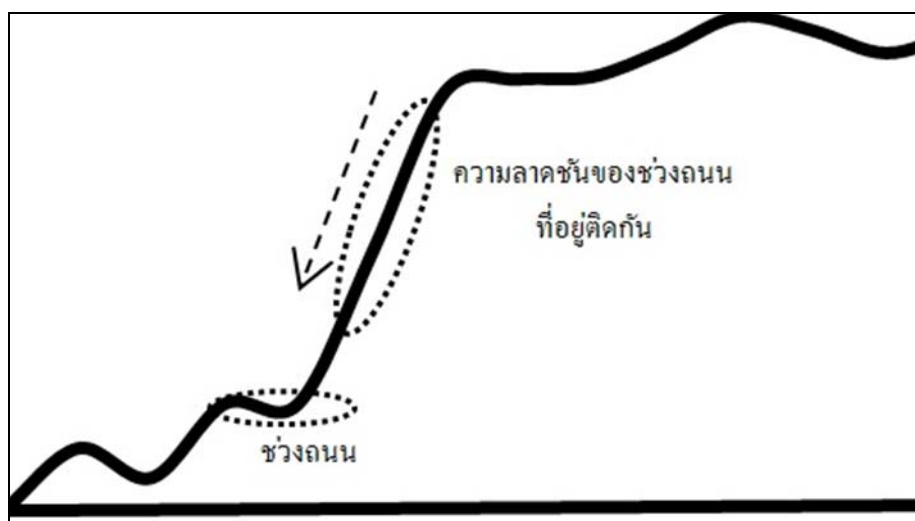
- แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด

$$Y_{Accident, NB} = Exp(-1.145 - 0.003RAHC + 0.014DIFVG + 0.316AFVG5) \quad (4.10)$$

ค่า Elasticity จากตารางที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่า เมื่อรัศมีโค้งราบเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้จำนวนอุบัติเหตุมีจำนวนลดลง 0.748 เปอร์เซ็นต์ ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งและความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังในระยะ 500 เมตรเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้จำนวนอุบัติเหตุมีจำนวนเพิ่มขึ้น 0.602 และ 0.803 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงที่สุด ได้แก่ ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนนในระยะ 500 เมตร (AFVG5) รองลงมาคือรัศมีโค้งราบต่ำสุด (RAHC) และระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง (DIFVG) ตามลำดับ เมื่อรัศมีโค้งมีค่าต่ำหรือโค้งมีลักษณะแคบ ประกอบกับระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งและความลาดชันเฉลี่ยที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนนมีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนที่ระยะ 500 เมตรมีค่าสูงส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุสูงขึ้นด้วยเมื่อนำปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับลักษณะทางกายภาพของเส้นทางศึกษา พบว่า ในทิศทางการจราจรจากจังหวัดนครราชสีมามุ่งสู่จังหวัดปราจีนบุรี เส้นทางมีลักษณะเป็นทางลาดลงอย่างต่อเนื่อง (ดังรูปที่ 4.1) และเป็นไปตามการคาดการณ์ของแบบจำลองคือ ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนนมีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนอย่างต่อเนื่องที่ระยะทาง 500 เมตร มีความสัมพันธ์ต่อการเกิด

จำนวนอุบัติเหตุ ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่าจำนวนอุบัติเหตุจึงมีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาจริง



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา (จังหวัดปราจีนบุรีมุ่งสู่ศูนย์ราชการสีมา)

- แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บ

$$Y_{Injury, NB} = \text{Exp}(-4.055 + 0.519 \text{MAXVG} + 0.494 \text{AFVG5}) \quad (4.11)$$

ค่า Elasticity จากตารางที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่า ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน และความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังในระยะ 500 เมตรเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้จำนวนผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้น 2.940 และ 1.256 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บสูงสุด ได้แก่ ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) รองลงมาคือความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนนในระยะ 500 เมตร (AFVG5) นั่นคือ เมื่อความลาดชันเฉลี่ยของเส้นทางหลังช่วงถนนมีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนในระยะ 500 เมตรและในช่วงถนนยังมีค่าความลาดชันสูงสุดที่มีค่ามากส่งผลให้เกิดจำนวนผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อนำปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับลักษณะทางกายภาพของเส้นทางศึกษา พบว่า เส้นทางมีลักษณะเป็นทางลาดลงอย่างต่อเนื่องและเป็นไปตามการคาดการณ์ของแบบจำลองคือ ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนน มีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนอย่างต่อเนื่องที่ระยะทาง 500 เมตร

มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดจำนวนผู้บาดเจ็บ ดังนั้นผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ มีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาจริง

- แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิต

$$Y_{Fatality,NB} = Exp(-7.357 + 0.796 MAXVG + 0.414 AFVG4) \quad (4.12)$$

ค่า Elasticity จากตารางที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่า ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน และความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังในระยะ 400 เมตรเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้จำนวนผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้น 4.051 และ 1.112 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลให้ผู้ประสบอุบัติเหตุเสียชีวิตสูงที่สุดได้แก่ ค่าความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน (MAXVG) รองลงมาคือความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนน ในระยะ 400 เมตร (AFVG4) เมื่อความลาดชันเฉลี่ยของเส้นทางหลังช่วงถนนมีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนที่ระยะ 400 เมตรและในช่วงถนนยังมีค่าความลาดชันสูงสุดที่มีค่ามาก ส่งผลให้เกิดจำนวนผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อนำปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับลักษณะทางกายภาพของเส้นทางศึกษา พบว่า เส้นทางมีลักษณะเป็นทางลาดลงอย่างต่อเนื่อง และเป็นไปตามการคาดการณ์ของแบบจำลองคือ ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนน มีลักษณะเป็นทางลาดลงสู่ช่วงถนนอย่างต่อเนื่องที่ระยะทาง 400 เมตร มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดจำนวนผู้เสียชีวิต ดังนั้นผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนอุบัติเหตุมีความสอดคล้องกับลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษาจริง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากจะทำการพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ของในช่วงถนนเองแล้ว ยังได้นำความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมาพิจารณาในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต รวมถึงพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ โดยอาศัยข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและข้อมูลปริมาณจราจรย้อนหลัง 6 ปี ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพของถนน ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนนและความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุของและทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) พบว่า ตัวแปรตอบสนองมีการกระจายที่สูง (Overdispersion Effect) ส่งผลให้ข้อมูลอุบัติเหตุไม่เหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ มาสร้างแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาเพียงความลาดชันของช่วงถนนกับแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน โดยใช้ค่าการทดสอบ Goodness of Fit เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ปรากฏว่า แบบคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนนและความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน ส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงทั้งหมด ส่วนปัจจัยทางด้านเรขาคณิต มีเพียงรัศมีโค้งราบต่ำสุดที่ส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุและไม่รุนแรงถึงจำนวนผู้บาดเจ็บและผู้เสียชีวิต

5.1 การรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจากสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง แขวงทางหลวงปราชญ์บุรีและสถานีตำรวจภูธรวังขนาย ข้อมูลปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี แบบแปลนและแบบก่อสร้างจากแขวงทางหลวงปราชญ์บุรีและหมวดการทางกบินทร์บุรี ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2554 รวมระยะเวลา 6 ปีซึ่งพื้นที่ศึกษาได้เลือกเส้นทางบนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 บริเวณที่มีลักษณะทางลาดชันมีระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 15 กิโลเมตร

5.2 การปรับเทียบแบบจำลอง(Model Calibration)

ในการศึกษานี้ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองอยู่ 2 กรณีคือ กรณีแรกพิจารณาเพียงความชันของช่วงถนน และกรณีที่สองพิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน มีขั้นตอนในการปรับเทียบแบบจำลองดังนี้ คือ ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ หาแนวโน้มปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง พบว่า ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี สัดส่วนรถหนัก และรัศมีโค้งราบต่ำสุดไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง ส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดได้แก่ ปัจจัยทางด้านความลาดชัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันยังถูกทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ หากพบว่าตัวแปรอิสระใด ๆ มีความสัมพันธ์กันสูงจะไม่นำตัวแปรนั้นมาพิจารณาพร้อมกัน เนื่องจากถ้านำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงอาจส่งผลให้แบบจำลองมีค่าประมาณพารามิเตอร์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือเครื่องหมายหน้าพารามิเตอร์ไม่ตรงกับความเป็นจริง ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่า ความเร็วสัมพันธ์กับรัศมีโค้งราบ ปัจจัยที่มีความลาดชันของช่วงถนนมีความสัมพันธ์กัน และความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นในการพิจารณาตัวแปรเพื่อพัฒนาแบบจำลองจึงไม่นำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงเข้าพิจารณาพร้อมกัน แต่จะเลือกตัวแปรที่ทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1) สร้างแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุและความรุนแรงของทั้ง 2 กรณี เริ่มจากสร้างแบบจำลองโดยใช้รูปแบบการถดถอยแบบพหุคูณและทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนองมี (Overdispersion Test) พบว่า การกระจายของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) รูปแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เหมาะสมต่อการนำมาคาดการณ์อุบัติเหตุและความรุนแรง ผลการทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง

(Over dispersion Test)

ข้อมูล	พิจารณาความชันนอกช่วงถนน			ไม่พิจารณาความชันนอกช่วงถนน		
	Accidents	Injury	Fatality	Accidents	Injury	Fatality
Deviance	135.829	683.451	251.396	216.617	793.457	232.645
Degree of Freedom (DF)	71	72	72	72	71	72
Deviance/ Degree of Freedom (DF)	1.913	9.492	3.492	3.009	11.175	3.231

จากตารางที่ 5.1 พบว่า ค่าทดสอบ Deviance/ Degree of Freedom (DF) มีค่ามากกว่า 1 ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการถดถอยแบบพัวซองไม่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจากการกระจายตัวของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) แนวทางแก้ปัญหา คือ นำรูปแบบทวินามเชิงลบมาพัฒนาแบบจำลองแทน

2) สร้างแบบจำลองโดยใช้รูปแบบการถดถอยแบบทวินามเชิงลบและวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดสอบ Goodness of Fit เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุดดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบและค่าสถิติทดสอบ

Data	Negative Binomial Regression Model		
	Accidents	Injury	Fatality
Intercept	-1.145 (0.100)	-4.055 (0.000)	-7.357 (0.000)
VC		-	-
HC	-	-	-

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบและ
ค่าสถิติทดสอบ (ต่อ)

ข้อมูล	พิจารณาความชันนอกช่วงถนน			ไม่พิจารณาความชันนอกช่วงถนน		
	Accidents	Injury	Fatality	Accidents	Injury	Fatality
RAHC	-0.003 (0.002)	-	-	-0.003 (0.040)	-	-
VG	-	-	-	-	0.995 (0.000)	-
MAXVG	-	0.519 (0.003)	0.796 (0.002)	-	-	0.825 (0.000)
DIFVG	0.014 (0.002)	-	-	0.021 (0.000)	-	-
BFVG1	-	-	-	-	-	-
AFVG4	-	-	0.414 (0.000)	-	-	-
AFVG5	0.316 (0.000)	0.494 (0.000)	-	-	-	-

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าสถิติทดสอบ Goodness of Fit

ข้อมูล	พิจารณาความชันนอกช่วงถนน			ไม่พิจารณาความชันนอกช่วงถนน		
	Accidents	Injury	Fatality	Accidents	Injury	Fatality
Deviance	65.276	119.450	81.068	86.515	158.779	84.465
Pearson Chi-Square	62.519	229.094	186.121	93.515	416.296	201.551
Log-Likelihood	-94.889	-138.206	-70.625	-105.526	-157.871	-72.324
AIC	197.778	282.413	147.250	219.051	319.742	150.648

จากตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบภาวะสารูปสนิทธิ (Goodness of Fit) พบว่า

- ค่า Deviance และ ค่า Person Chi-Square คือ ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวแปรตอบสนองมาก ทำให้แบบจำลองคลาดเคลื่อนจากค่าความเป็นจริงมาก จากการเปรียบเทียบพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมีค่าน้อยกว่าหรือคลาดเคลื่อนน้อยกว่า แบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
- ค่า Log Likelihood ค่าแสดงที่ให้ทราบว่า แบบจำลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้ดีเพียงใด ถ้าค่า Log Likelihood มีค่าสูง แสดงว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่ามากกว่าหรือ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน
- ค่า Akaike's Information Criterion (AIC) คือ ค่าการพิจารณาแบบจำลองที่ประยุกต์ใช้ในการทำนาย ถ้าแบบจำลองมีค่า AIC น้อย ๆ แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้สูงสุด จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน มีค่า AIC น้อยกว่า หรือ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน ดังนั้นแบบจำลองที่พิจารณาถึงความชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันจึงเหมาะสมต่อการนำไปคาดการณ์

5.3 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation)

และคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

5.3.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง (Model Validation)

จากผลปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) จึงทำการประเมินความเที่ยงตรงของแบบจำลองโดยการศึกษาจะทำการตรวจสอบจากข้อมูลแยกทดสอบในการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลทั้งสิ้น 90 ชุด โดยข้อมูลในการสร้างแบบจำลองมี 75 ชุด และแยกข้อมูลทดสอบไว้ 15 ชุด จากข้อมูลที่แยกทดสอบแบบจำลองคาดการณ์สามารถทำนายได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์ทุกกลุ่ม

	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดจากการทำนาย	
		พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน	ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน
ค่าเฉลี่ย	1.867	1.808	1.008
	จำนวนผู้บาดเจ็บที่เกิดขึ้นจริง	จำนวนผู้บาดเจ็บที่เกิดจากการทำนาย	
		พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน	ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน
ค่าเฉลี่ย	6.200	10.332	6.644
	จำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวนผู้เสียชีวิตที่เกิดจากการทำนาย	
		พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน	ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน
ค่าเฉลี่ย	1.733	1.737	1.485

จากการตรวจสอบความเที่ยงตรงของทุกแบบจำลองพบว่า แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด และจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีพิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันมีความแม่นยำ มากกว่าแบบจำลองกรณีที่ไม่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันแต่ในส่วน of แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บนั้นกรณีที่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน มีความแม่นยำ น้อยกว่ากรณีที่พิจารณาความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน

5.3.2 การคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

ในการคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด สามารถทำได้โดยเปรียบเทียบจากการทดสอบ Goodness of Fit แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนนเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ดังนี้

$$Y_{Accident,NB} = \text{Exp}(-1.145 - 0.003RAHC + 0.014DIFVG + 0.316AFVG5)$$

$$Y_{Injury,NB} = \text{Exp}(-4.055 + 0.519MAXVG + 0.494AFVG5)$$

$$Y_{Fatality,NB} = \text{Exp}(-7.357 + 0.796MAXVG + 0.414AFVG4)$$

ปัจจัยทางด้านการลาดชันของช่วงถนนและความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกัน ส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงทั้งหมด ส่วนปัจจัยทางด้านเรขาคณิต มีเพียงรัศมีโค้งราบต่ำสุดที่ส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุและไม่รุนแรงถึงจำนวนผู้บาดเจ็บและผู้เสียชีวิต

จากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 4.1) แสดงให้เห็นว่า ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังช่วงถนนมีลักษณะเป็นทางลาดลงอย่างต่อเนื่องนั่นคือเมื่อผู้ขับขี่ขับรถ

ลงเขาหรือลงเนินสูง ความเร็วของรถจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ มากกว่าปกติ เส้นทางที่มีความลาดชัน จึงเป็นพื้นที่ที่มีความอันตรายสูงและส่งผลให้มีจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวน ผู้เสียชีวิตได้สูงกว่าเส้นทางปกติ

5.4 สรุป

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษา สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรง สามารถสรุปได้ดังนี้

- รัศมีโค้งราบมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อจำนวนอุบัติเหตุ คือเมื่อผู้ขับขี่ขับรถมาบนเส้นทาง ดังกล่าว เมื่อถึงบริเวณทางโค้งที่มีลักษณะแคบ ประกอบกับลักษณะพื้นที่เป็นเขตภูเขา ทำให้ผู้ขับขี่ ขาดความระมัดระวังในการขับขี่ลักษณะดังกล่าวจึงเพิ่มให้มีจำนวนอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น

- ความลาดชันของช่วงถนน ได้แก่ ระยะเวลาเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งและความลาดชัน สูงสุดของช่วงถนนมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อจำนวนอุบัติเหตุคือ เมื่อผู้ขับขี่ขับรถไปบนเส้นทาง ที่มีระยะเวลาเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งหรือมีความลาดชันที่สูง วิสัยทัศน์ในการมองเห็นของทิศทาง การจราจรตรงกันข้ามจะลดลง และเมื่อมีการแซงเกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าว จึงส่งผลให้อุบัติเหตุ สามารถเกิดขึ้นได้ง่าย

- ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังของช่วงถนน มีความสัมพันธ์ ต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงถึงจำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตในเชิงบวก คือ เมื่อความ ลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังของช่วงถนนมีค่าสูงขึ้น จำนวนอุบัติเหตุและ ความรุนแรงทั้งหมดจะมีค่าสูงขึ้นด้วยอีกทั้งยังสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาจริง เมื่อผู้ขับขี่มาจากนครราชสีมามุ่งสู่จังหวัดปราจีนบุรี จะพบว่าเส้นทางมีลักษณะเป็นทางลาดลงอย่าง ต่อเนื่อง ความเร็วของรถจะเร็วขึ้นกว่าปกติ ส่งผลให้อุบัติเหตุและความรุนแรงเกิดได้ง่ายขึ้นอีกด้วย ดังนั้นผู้ขับขี่ควรมีความระมัดระวังอย่างยิ่งขึ้นเมื่อได้ขับขึ้นบนเส้นทางลักษณะดังกล่าว

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณจราจรเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุอยู่ บ่อยครั้ง ซึ่งไม่ได้เป็นไปตามคาดหมาย อย่างไรก็ตามสามารถอธิบายได้ว่า อาจมีข้อบกพร่อง ทางด้านข้อมูลปริมาณจราจรในอดีตคือ ปริมาณจราจรมีแนวโน้มที่ลดลง ในขณะที่จำนวนอุบัติเหตุ และความรุนแรงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ

2) ความลาดชันของช่วงถนนที่อยู่ติดกันส่งผลต่ออุบัติเหตุบนทางหลวงในเขตภูเขาอย่างไร

ในการศึกษานี้พบว่าความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังของช่วง ถนน มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงถึงจำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตในเชิง บวก คือ เมื่อความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนนที่อยู่ติดกันทางด้านหลังของช่วงถนนมีค่าสูงขึ้น จำนวน อุบัติเหตุและความรุนแรงทั้งหมดจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อผู้ขับขี่ขับรถลงเขาหรือลงเนินสูง

ความเร็วของรถจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ มากกว่าปกติ เส้นทางที่มีความลาดชันจึงเป็นพื้นที่ที่มีความอันตรายสูงและส่งผลให้มีจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตได้สูงกว่าเส้นทางปกติ

5.5 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยต่อไป

การพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุในการศึกษานี้ ยังคงประกอบไปด้วยข้อจำกัดหลายประการที่ยังต้องการการศึกษาต่อไป ดังนี้

1) การศึกษานี้ได้ถูกจำกัดทางด้านข้อมูลอุบัติเหตุ เนื่องจากได้ใช้ข้อมูลจากสถิติอุบัติเหตุจากสถานีตำรวจ ซึ่งในการเก็บข้อมูลของเจ้าหน้าที่ตำรวจจะบอกรายละเอียดอย่างคร่าว ๆ และเก็บทุกความรุนแรงที่เกิดอุบัติเหตุ ทำให้ได้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง ในส่วนของกรมทางหลวงจะเก็บข้อมูลที่มีรายละเอียดครบถ้วน แต่จะคำนึงถึงอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงเท่านั้น ดังนั้นในอนาคตถ้าต้องการให้มีการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ กรมทางหลวงควรจะมีมือกับตำรวจ หรือกรมทางหลวงควรมีการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุที่แม่นยำมากกว่านี้

2) แบบจำลองคาดการณ์ถูกจำกัดทางด้านทิศทางการจราจร หมายถึง แบบจำลองนี้สามารถทำนายจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงได้เพียงทิศทางการจราจรเดียว แต่ไม่สามารถทำนายจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงในทิศทางที่สวนกลับกันได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรพัฒนาแบบจำลองที่สามารถทำนายจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงได้ทั้งสองทิศทาง

3) ในการพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ ควรมีการแยกช่วงเวลาในการศึกษา เช่น พัฒนาแบบจำลองในช่วงเวลากลางวัน แบบจำลองในช่วงเวลากลางคืน แบบจำลองแต่ละรูปแบบการชน หรือแบบจำลองเฉพาะวันหยุด ซึ่งปัจจัยที่มีแนวโน้มต่อการเกิดอุบัติเหตุอาจแตกต่างกัน

4) ในการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์ควรเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ เข้าไปอีก เช่น มูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น ปริมาณน้ำฝน หรือ ประเภทของผิวถนน

รายการอ้างอิง

- กฤษณ์ เจ็ดวรรณะ (2546). ปัญหาความปลอดภัยบริเวณทางโค้งอันตรายในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- กัลยา วาณิชบัญชา (2545). หลักสถิติ. คณะพาณิชยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 414-415.
- ปฎิวัติ ฤทธิเดช (2550). แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุและจัดลำดับการปรับปรุงถนนบนถนน 2 ช่องจราจรในเขตนอกเมือง กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- วัชรพงศ์ ย่องบุตร (2549). พฤติกรรมผู้ขับขี่บริเวณทางโค้ง. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กวี เกื้อเกษมบุญ (2545). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุจราจรทางถนน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (2551). การสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ กรณีอุบัติเหตุรถโดยสารพลิกคว่ำ ทางหลวงหมายเลข 304 กิโลเมตรที่ 44+800.
- ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (2552). การพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ. โครงการต่อเนื่องศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย เพื่อพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนน.
- ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย (2552). โครงการการวิจัยการใช้ความเร็วในการขับขี่ปลอดภัย. โครงการต่อเนื่องศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย เพื่อพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนน.
- สำราญ สุขแสวง (2543). ความสัมพันธ์ด้านอุบัติเหตุของรถบรรทุกขนาดใหญ่กับปัจจัยทางด้านเรขาคณิตของทางหลวงขนาด 2 ช่องจราจร : กรณีศึกษาทางหลวงหมายเลข 304. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เสริมศักดิ์ พงษ์เมษา (2545). แบบจำลองอุบัติเหตุสำหรับถนนสองช่องจราจรในเขตนอกเมือง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เอกนรินทร์ จันทะวงศ์ (2547). แบบจำลองอุบัติเหตุบริเวณสามแยกบนทางหลวงสองช่องจราจรนอกเมือง. วิศวกรรมมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วนิดา ลิ้มมัน และ อิงศรีสว่าง ลีลี (2552). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการจราจรทางถนน โดยใช้ตัวแบบ Generalized Estimating Equations and Generalized Linear Mixed Models The Study of Factors Influencing Road Traffic Accidents by using

Generalized Estimating Equations and Generalized Linear Mixed Models วารสารวิชาการ
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- Abdel-Aty, Mohamed A., and Radwan, A. Essam. (2000). **Modeling traffic accident occurrence and involvement.** Accident Analysis & Prevention, 32(5), 633-642. doi: 10.1016/s0001-4575(99)00094-9
- Caliendo, Ciro, Guida, Maurizio, and Parisi, Alessandra. (2007). **A crash-prediction model for multilane roads.** Accident Analysis & Prevention, 39(4), 657-670. doi: 10.1016/j.aap.2006.10.012
- Dinu, R. R., and Veeraragavan, A. (2011). **Random parameter models for accident prediction on two-lane undivided highways in India.** Journal of Safety Research, 42(1), 39-42. doi: 10.1016/j.jsr.2010.11.007
- Fu, Rui, Guo, Yingshi, Yuan, Wei, Feng, Hongyun, and Ma, Yong. (2011). **The correlation between gradients of descending roads and accident rates.** Safety Science, 49(3), 416-423. doi: 10.1016/j.ssci.2010.10.006
- Lalita, Thakali. (2008). **Development of accident prediction models for the highway of Thailand.** Asian Institute of Technology
- Poul, Greibe. (2003). **Accident prediction models for urban roads.** Accident Analysis & Prevention, 35(2), 273-285. doi: 10.1016/s0001-4575(02)00005-2
- Shankar, Venkataraman, Mannering, Fred, and Barfield, Woodrow. (1995). **Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies.** Accident Analysis & Prevention, 27(3), 371-389. doi: 10.1016/0001-4575(94)00078-z
- Wang, Chao, Quddus, Mohammed A., and Ison, Stephen G. (2009). **Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England.** Accident Analysis & Prevention, 41(4), 798-808. doi: 10.1016/j.aap.2009.04.002
- Kihberg, J K, and Tharp, K J. (1968). **ACCIDENT RATES AS RELATED TO DESIGN ELEMENTS OF RURAL HIGHWAYS.** Transportation Research Board.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองและทดสอบแบบจำลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2549

Year	Accidents	Injury	Fatality	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
2549	0	0	0	17.336	23.030	70.000	2.000	2.000	0.000	84.155	1.897	4.512	84.632
	0	0	0	17.336	23.030	70.000	2.000	5.000	0.000	89.199	2.636	3.525	10.070
	0	0	0	7.722	34.590	70.000	2.000	2.000	1.000	112.344	5.043	7.540	15.600
	3	2	2	7.722	34.590	70.000	2.000	7.000	0.000	181.442	6.300	7.580	62.963
	0	0	0	7.722	34.590	70.000	2.000	7.000	0.000	93.927	5.300	7.280	37.600
	0	0	0	7.722	34.590	70.000	2.000	5.000	0.000	174.109	6.100	6.900	27.620
	0	0	0	7.722	34.590	70.000	2.000	3.000	0.000	238.732	6.500	7.245	16.246
	0	0	0	7.722	34.590	70.000	2.000	5.000	0.000	135.595	4.000	8.060	18.200
	0	0	0	7.722	34.590	70.000	2.000	0.000	0.000	0.000	3.141	4.869	17.800
	0	0	0	7.722	34.590	100.000	2.000	2.000	1.000	633.453	3.045	5.476	24.250
	0	0	0	7.722	34.590	100.000	2.000	2.000	0.000	598.577	3.185	6.340	18.750
	0	0	0	7.722	34.590	70.000	2.000	3.000	0.000	249.112	2.947	6.020	51.650
	0	0	0	7.722	34.590	80.000	2.000	3.000	0.000	287.892	1.399	2.780	62.963
	0	0	0	7.722	34.590	80.000	2.000	2.000	0.000	256.644	1.892	2.858	61.338
	0	0	0	7.722	34.590	80.000	2.000	3.000	0.000	319.303	1.472	2.014	51.110

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2549 (ต่อ)

Year	Accidents	Injury	Fatality	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
2549	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	5.350	0.000	6.283	6.038	5.970
	3	2	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.200	0.000	6.400	6.300	6.240
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.000	6.200	6.000	6.300	6.500
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.400	6.000	6.000	6.200	6.300
	0	0	0	0.000	5.300	5.500	5.800	6.000	7.100	7.600	7.700	7.200	7.300
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.170	0.000	4.690	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	3.500	3.000	2.350	1.700	2.000	0.000	4.167	4.612	2.820
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.867	3.375	3.120
	0	0	0	3.500	3.150	2.283	1.200	0.220	1.830	0.000	0.160	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	2.800	2.800	2.650	0.000	2.120	0.100	0.000	1.200	1.425	1.500
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.575	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2550

Year	Accidents	Injury	Fatality	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
2550	0	0	0	12.705	30.830	70.000	2.000	2.000	0.000	84.155	1.897	4.512	84.632
	0	0	0	12.705	30.830	70.000	2.000	5.000	0.000	89.199	2.636	3.525	10.070
	0	0	0	7.993	34.680	70.000	2.000	2.000	1.000	112.344	5.043	7.540	15.600
	1	6	0	7.993	34.680	70.000	2.000	7.000	0.000	181.442	6.300	7.580	62.963
	5	34	3	7.993	34.680	70.000	2.000	7.000	0.000	93.927	5.300	7.280	37.600
	0	0	0	7.993	34.680	70.000	2.000	5.000	0.000	174.109	6.100	6.900	27.620
	3	54	0	7.993	34.680	70.000	2.000	3.000	0.000	238.732	6.500	7.245	16.246
	1	1	0	7.993	34.680	70.000	2.000	5.000	0.000	135.595	4.000	8.060	18.200
	0	0	0	7.993	34.680	70.000	2.000	0.000	0.000	0.000	3.141	4.869	17.800
	0	0	0	7.993	34.680	100.000	2.000	2.000	1.000	633.453	3.045	5.476	24.250
	1	30	7	7.993	34.680	100.000	2.000	2.000	0.000	598.577	3.185	6.340	18.750
	1	1	0	7.993	34.680	70.000	2.000	3.000	0.000	249.112	2.947	6.020	51.650
	0	0	0	7.993	34.680	80.000	2.000	3.000	0.000	287.892	1.399	2.780	62.963
	0	0	0	7.993	34.680	80.000	2.000	2.000	0.000	256.644	1.892	2.858	61.338
	0	0	0	7.993	34.680	80.000	2.000	3.000	0.000	319.303	1.472	2.014	51.110

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2550 (ต่อ)

Year	Accidents	Injury	Fatality	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
2550	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	5.350	0.000	6.283	6.038	5.970
	1	6	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.200	0.000	6.400	6.300	6.240
	5	34	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.000	6.200	6.000	6.300	6.500
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.400	6.000	6.000	6.200	6.300
	3	54	0	0.000	5.300	5.500	5.800	6.000	7.100	7.600	7.700	7.200	7.300
	1	1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.170	0.000	4.690	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	3.500	3.000	2.350	1.700	2.000	0.000	4.167	4.612	2.820
	1	30	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.867	3.375	3.120
	1	1	0	3.500	3.150	2.283	1.200	0.220	1.830	0.000	0.160	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	2.800	2.800	2.650	0.000	2.120	0.100	0.000	1.200	1.425	1.500
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.575	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ ก.3 ตารางข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2551

Year	Accidents	Injury	Fatality	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
2551	0	0	0	18.244	19.820	70.000	2.000	2.000	0.000	84.155	1.897	4.512	84.632
	0	0	0	18.244	19.820	70.000	2.000	5.000	0.000	89.199	2.636	3.525	10.070
	1	1	0	8.008	34.140	70.000	2.000	2.000	1.000	112.344	5.043	7.540	15.600
	0	0	0	8.008	34.140	70.000	2.000	7.000	0.000	181.442	6.300	7.580	62.963
	7	47	33	8.008	34.140	70.000	2.000	7.000	0.000	93.927	5.300	7.280	37.600
	1	20	0	8.008	34.140	70.000	2.000	5.000	0.000	174.109	6.100	6.900	27.620
	2	0	13	8.008	34.140	70.000	2.000	3.000	0.000	238.732	6.500	7.245	16.246
	0	0	0	8.008	34.140	70.000	2.000	5.000	0.000	135.595	4.000	8.060	18.200
	0	0	0	8.008	34.140	70.000	2.000	0.000	0.000	0.000	3.141	4.869	17.800
	0	0	0	8.008	34.140	100.000	2.000	2.000	1.000	633.453	3.045	5.476	24.250
	0	0	0	8.008	34.140	100.000	2.000	2.000	0.000	598.577	3.185	6.340	18.750
	0	0	0	8.008	34.140	70.000	2.000	3.000	0.000	249.112	2.947	6.020	51.650
	0	0	0	8.008	34.140	80.000	2.000	3.000	0.000	287.892	1.399	2.780	62.963
	0	0	0	8.008	34.140	80.000	2.000	2.000	0.000	256.644	1.892	2.858	61.338
	0	0	0	8.008	34.140	80.000	2.000	3.000	0.000	319.303	1.472	2.014	51.110

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2551 (ต่อ)

Year	Accidents	Injury	Fatality	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
2551	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.170
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	1	0	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	5.350	0.000	6.283	6.038	5.970
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.200	0.000	6.400	6.300	6.240
	7	47	33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.000	6.200	6.000	6.300	6.500
	1	20	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.400	6.000	6.000	6.200	6.300
	2	0	13	0.000	5.300	5.500	5.800	6.000	7.100	7.600	7.700	7.200	7.300
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.170	0.000	4.690	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	3.500	3.000	2.350	1.700	2.000	0.000	4.167	4.612	2.820
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.867	3.375	3.120
	0	0	0	3.500	3.150	2.283	1.200	0.220	1.830	0.000	0.160	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	2.800	2.800	2.650	0.000	2.120	0.100	0.000	1.200	1.425	1.500
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.575	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2552

Year	Accidents	Injury	Fatality	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
2552	2	0	0	18.119	21.410	70.000	2.000	2.000	0.000	84.155	0.019	0.045	24.250
	2	0	0	18.119	21.410	70.000	2.000	5.000	0.000	89.199	0.026	0.035	18.750
	4	15	0	9.175	33.660	70.000	2.000	2.000	1.000	112.344	0.050	0.075	51.650
	5	13	2	9.175	33.660	70.000	2.100	7.000	0.000	181.442	0.063	0.076	115.500
	11	79	3	9.175	33.660	70.000	2.000	4.000	1.000	134.569	0.066	0.085	62.450
	5	36	0	9.175	33.660	70.000	3.000	3.000	0.000	382.418	0.061	0.065	63.470
	8	3	0	9.175	33.660	70.000	3.000	3.000	0.000	272.189	0.065	0.068	126.250
	1	4	2	9.175	33.660	70.000	2.900	2.000	1.000	222.015	0.056	0.089	136.430
	0	0	0	9.175	33.660	70.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.049	10.070
	0	0	0	9.175	33.660	100.000	2.000	2.000	1.000	633.453	0.030	0.055	15.600
	1	2	1	9.175	33.660	100.000	2.000	2.000	0.000	598.577	0.032	0.063	37.600
	0	0	0	9.175	33.660	70.000	2.000	3.000	0.000	249.112	0.029	0.060	27.620
	0	0	0	9.175	33.660	80.000	2.000	3.000	0.000	287.892	0.014	0.028	16.246
	0	0	0	9.175	33.660	80.000	2.000	2.000	0.000	256.644	0.019	0.029	18.200
	0	0	0	9.175	33.660	80.000	2.000	3.000	0.000	319.303	0.015	0.020	17.800

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2552 (ต่อ)

Year	Accidents	Injury	Fatality	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
2552	2	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
	2	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	4	15	0	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.053	0.000	0.063	0.060	0.060
	5	13	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.000	0.064	0.063	0.062
	11	79	3	0.000	0.373	0.228	0.118	0.109	0.063	0.000	0.064	0.063	0.069
	5	36	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000	0.058	0.060	0.060
	8	3	0	0.566	0.258	0.147	0.094	0.069	0.069	0.000	0.069	0.073	0.069
	1	4	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.047	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.035	0.030	0.023	0.017	0.020	0.000	0.042	0.046	0.028
	1	2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.034	0.031
	0	0	0	0.035	0.032	0.022	0.012	0.002	0.018	0.000	0.002	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.028	0.028	0.027	0.000	0.021	0.001	0.000	0.012	0.014	0.015
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2553

Year	Accidents	Injury	Fatality	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
2553	2	4	0	18.119	21.410	70.000	2.000	2.000	0.000	84.155	0.019	0.045	24.250
	0	0	0	18.119	21.410	70.000	2.000	5.000	0.000	89.199	0.026	0.035	18.750
	7	64	10	9.175	33.660	70.000	2.000	2.000	1.000	112.344	0.050	0.075	51.650
	8	8	11	9.175	33.660	70.000	2.100	7.000	0.000	181.442	0.063	0.076	115.500
	4	8	6	9.175	33.660	70.000	2.000	4.000	1.000	134.569	0.066	0.085	62.450
	2	8	0	9.175	33.660	70.000	3.000	3.000	0.000	382.418	0.061	0.065	63.470
	0	0	0	9.175	33.660	70.000	3.000	3.000	0.000	272.189	0.065	0.068	126.250
	2	3	0	9.175	33.660	70.000	2.900	2.000	1.000	222.015	0.056	0.089	136.430
	1	0	0	9.175	33.660	70.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.049	10.070
	1	2	0	9.175	33.660	100.000	2.000	2.000	1.000	633.453	0.030	0.055	15.600
	0	0	0	9.175	33.660	100.000	2.000	2.000	0.000	598.577	0.032	0.063	37.600
	0	0	0	9.175	33.660	70.000	2.000	3.000	0.000	249.112	0.029	0.060	27.620
	1	1	1	9.175	33.660	80.000	2.000	3.000	0.000	287.892	0.014	0.028	16.246
	0	0	0	9.175	33.660	80.000	2.000	2.000	0.000	256.644	0.019	0.029	18.200
	0	0	0	9.175	33.660	80.000	2.000	3.000	0.000	319.303	0.015	0.020	17.800

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2553 (ต่อ)

Year	Accidents	Injury	Fatality	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
2553	2	4	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	7	64	10	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.053	0.000	0.063	0.060	0.060
	8	8	11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.000	0.064	0.063	0.062
	4	8	6	0.000	0.373	0.228	0.118	0.109	0.063	0.000	0.064	0.063	0.069
	2	8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000	0.058	0.060	0.060
	0	0	0	0.566	0.258	0.147	0.094	0.069	0.069	0.000	0.069	0.073	0.069
	2	3	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.047	0.000	0.000
	1	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	2	0	0.000	0.035	0.030	0.023	0.017	0.020	0.000	0.042	0.046	0.028
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.034	0.031
	0	0	0	0.035	0.032	0.022	0.012	0.002	0.018	0.000	0.002	0.000	0.000
	1	1	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.028	0.028	0.027	0.000	0.021	0.001	0.000	0.012	0.014	0.015
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2554

Year	Accidents	Injury	Fatality	AADT	HV	DS	LANE	HC	VC	RAHC	VG	MAXVG	DIFVG
2554	2	0	0	18.119	21.410	70.000	2.000	2.000	0.000	84.155	0.019	0.045	24.250
	2	1	0	18.119	21.410	70.000	2.000	5.000	0.000	89.199	0.026	0.035	18.750
	12	29	2	9.175	33.660	70.000	2.000	2.000	1.000	112.344	0.050	0.075	51.650
	11	42	3	9.175	33.660	70.000	2.100	7.000	0.000	181.442	0.063	0.076	115.500
	4	42	3	9.175	33.660	70.000	2.000	4.000	1.000	134.569	0.066	0.085	62.450
	6	17	2	9.175	33.660	70.000	3.000	3.000	0.000	382.418	0.061	0.065	63.470
	1	0	0	9.175	33.660	70.000	3.000	3.000	0.000	272.189	0.065	0.068	126.250
	2	0	0	9.175	33.660	70.000	2.900	2.000	1.000	222.015	0.056	0.089	136.430
	1	0	0	9.175	33.660	70.000	2.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.049	10.070
	0	0	0	9.175	33.660	100.000	2.000	2.000	1.000	633.453	0.030	0.055	15.600
	0	0	0	9.175	33.660	100.000	2.000	2.000	0.000	598.577	0.032	0.063	37.600
	0	0	0	9.175	33.660	70.000	2.000	3.000	0.000	249.112	0.029	0.060	27.620
	1	0	0	9.175	33.660	80.000	2.000	3.000	0.000	287.892	0.014	0.028	16.246
	1	2	1	9.175	33.660	80.000	2.000	2.000	0.000	256.644	0.019	0.029	18.200
	1	2	0	9.175	33.660	80.000	2.000	3.000	0.000	319.303	0.015	0.020	17.800

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลที่ใช้สร้างและทดสอบแบบจำลองปี 2554 (ต่อ)

Year	Accidents	Injury	Fatality	BFVG1	BFVG2	BFVG3	BFVG4	BFVG5	AFVG1	AFVG2	AFVG3	AFVG4	AFVG5
2554	2	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
	2	1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	12	29	2	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.053	0.000	0.063	0.060	0.060
	11	42	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.000	0.064	0.063	0.062
	4	42	3	0.000	0.373	0.228	0.118	0.109	0.063	0.000	0.064	0.063	0.069
	6	17	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000	0.058	0.060	0.060
	1	0	0	0.566	0.258	0.147	0.094	0.069	0.069	0.000	0.069	0.073	0.069
	2	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.047	0.000	0.000
	1	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0	0	0	0.000	0.035	0.030	0.023	0.017	0.020	0.000	0.042	0.046	0.028
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.034	0.031
	0	0	0	0.035	0.032	0.022	0.012	0.002	0.018	0.000	0.002	0.000	0.000
	1	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	1	2	1	0.028	0.028	0.027	0.000	0.021	0.001	0.000	0.012	0.014	0.015
	1	2	0	0.000	0.000	0.000	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองจากโปรแกรม SPSS Version 16.0

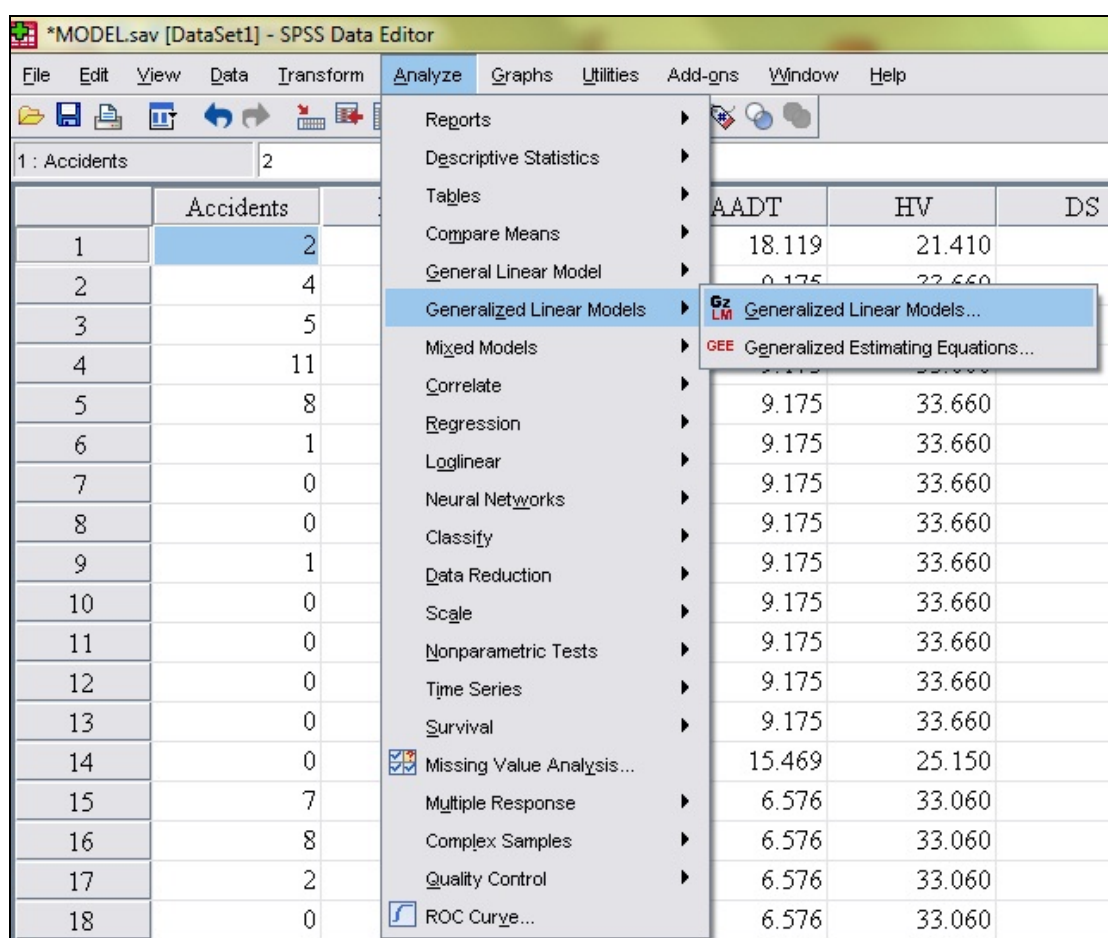
SPSS Data Editor

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	Accidents	Numeric	8	0		None	None	8	Right	Scale
2	Injury	Numeric	8	0		None	None	8	Right	Scale
3	Fatality	Numeric	8	0		None	None	8	Right	Scale
4	AADT	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
5	HV	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
6	DS	Numeric	8	0		None	None	8	Right	Scale
7	LANE	Numeric	8	1		None	None	8	Right	Scale
8	HC	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
9	VC	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
10	RAHC	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
11	VG	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
12	MAXVG	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
13	BFVG1	Numeric	9	3		None	None	8	Right	Scale
14	BFVG2	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
15	BFVG3	Numeric	9	3		None	None	8	Right	Scale
16	BFVG4	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
17	BFVG5	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
18	AFVG1	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
19	AFVG2	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
20	AFVG3	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
21	AFVG4	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
22	AFVG5	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
23	DIFVG	Numeric	8	3		None	None	8	Right	Scale
24										
25										
26										

Data View Variable View

รูปที่ ข.1 ตัวอย่างการสร้างตัวแปรในโปรแกรม SPSS Version 16.0





รูปที่ ข.2 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง

Generalized Linear Models

Choose one of the model types listed below or specify a custom combination of distribution and link function.

Type of Model | Response | Predictors | Model | Estimation | Statistics | EM Means | Save | Export

Scale Response

- ☐ Linear
- ☐ Gamma with log link

Ordinal Response

- ☐ Ordinal logistic
- ☐ Ordinal probit

Counts

- ☒ Poisson loglinear
- ☐ Negative binomial with log link

Binary Response or Events/Trials Data

- ☐ Binary logistic
- ☐ Binary probit
- ☐ Interval censored survival

Mixture

- ☐ Twweedie with log link
- ☐ Twweedie with identity link

Custom

- ☐ Custom

Distribution: Normal Link function: Identity

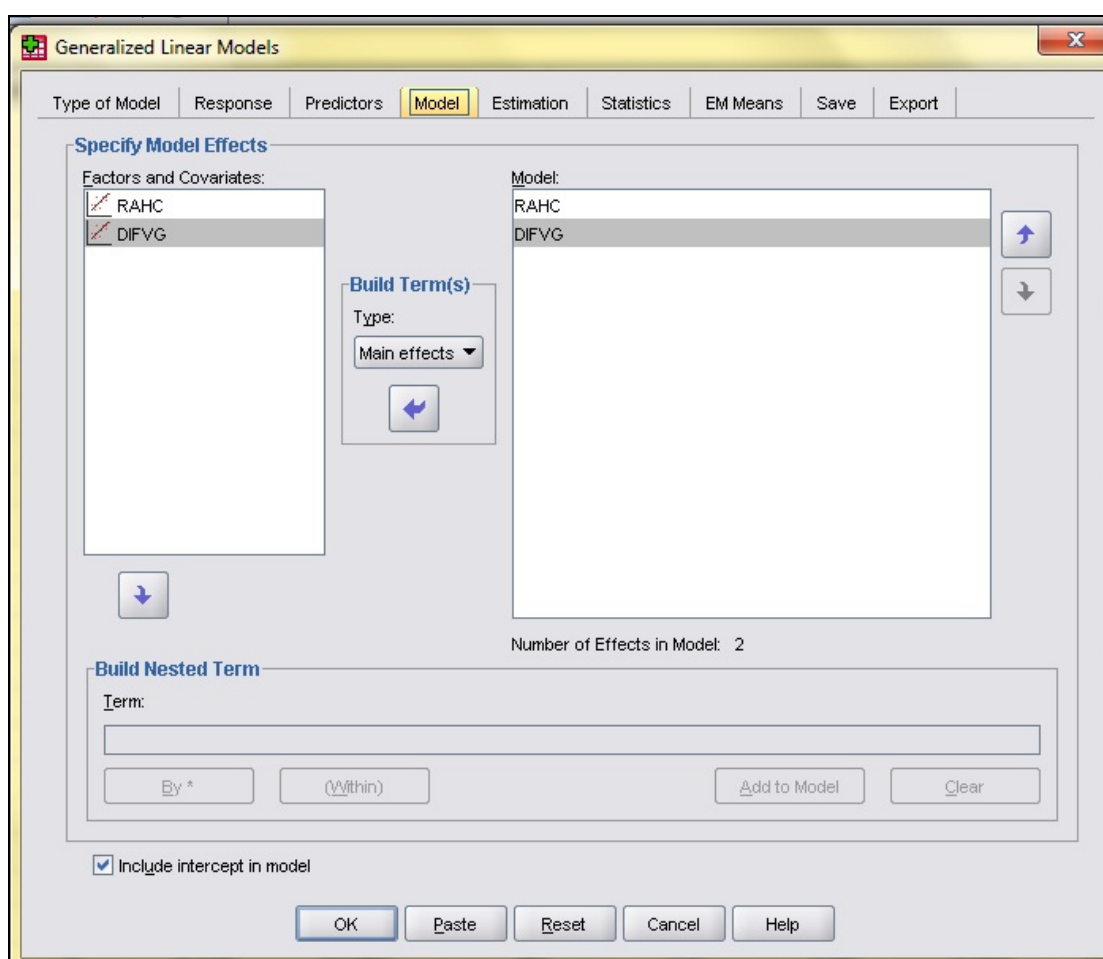
Parameter

- ☒ Specify value
 - Value: 1
- ☐ Estimate value

Power:

OK Paste Reset Cancel Help

รูปที่ ข.2 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)



รูปที่ ข.2 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

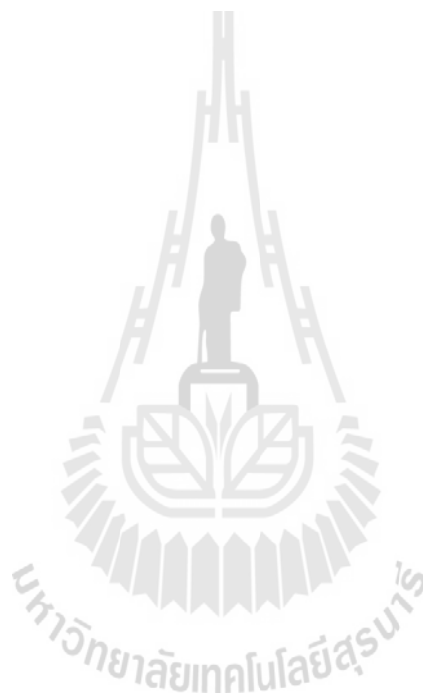
ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

เมษา ทิพเวช และ รัฐพล ภู่นูปผาพันธ์ (2555) แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณที่ลาดชัน.
การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 สมาคมวิจัยวิทยาการขนส่งแห่งเอเชีย, การขนส่งเพื่อชีวิตที่
ดีกว่ากับการเตรียมตัวเข้าสู่การรวมประชาคมอาเซียน 24-25 สิงหาคม 2555, โรงแรม
อิมพีเรียลควีนส์ปาร์ค, กรุงเทพมหานคร



แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบริเวณที่ลาดชัน

ACCIDENT PREDICTION MODEL IN MOUNTAINOUS AREAS

หมายเลขบทความ: SCS12-035

เมษา ทิพเวช¹, รัฐพล ภูบุบผพันธ์²

Mesa Thipwet, Rattaphol Pueboobpaphan

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

E-mail: Mayzatopping@gmail.com

² สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

E-mail: Rattaphol@su.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตและพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ โดยใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุและข้อมูลปริมาณจราจรย้อนหลัง 6 ปี โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณจราจร ลักษณะทางกายภาพของถนน ปัจจัยทางด้านความลาดชันของช่วงถนนและปัจจัยทางความลาดชันก่อนและหลังช่วงที่เกิดอุบัติเหตุ ในการศึกษาที่ใช้รูปแบบจำลองการถดถอยพัวซองและทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง(Overdispersion Test) พบว่า ตัวแปรตอบสนองมีการกระจายที่สูง(Overdispersion Effect) ส่งผลให้ข้อมูลอุบัติเหตุไม่เหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ครั้งนี้จึงใช้แบบจำลองทวินามเชิงลบทวินามเชิงลบ มาสร้างแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองอุบัติเหตุที่พิจารณาเพียงความลาดชันของช่วงถนนกับแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน โดยใช้ค่าทดสอบภาวะสารูปสนิทธิ(Goodness of Fit)และค่าการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง(Model Validation) เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ผลการศึกษาพบว่าแบบคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตที่พิจารณาถึงความลาดชันภายนอกช่วงถนน เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ความลาดชันหลังช่วงถนน 500 เมตร รองลงมาคือระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งและรัศมีโค้งรอบต่ำสุดตามลำดับ ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ ได้แก่ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนและความลาดชันก่อนถึงช่วงที่เกิดอุบัติเหตุ 100 เมตรและปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิต ได้แก่ ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนและความลาดชันหลังช่วงถนน 400 เมตร

คำสำคัญ: แบบจำลองการถดถอยแบบพัวซอง, แบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ, ทางลาดชัน, การกระจายของตัวแปรตอบสนอง, การทดสอบภาวะสารูปสนิทธิ

Abstract

The purpose of this study is to study what are the possibility factors that can cause accidents which included injuries and fatal accidents in order to develop the predicting the workplace injuries by referring the accident statistic records in the last six years. The study will contain extensive related to the possibility factors that can cause accidents. The dependent variable are total accident, injury and fatality independent variable composes AADT, road geometry, vertical grade of section and vertical grade out of section.

The Poisson Regression Model were developed accident prediction model and Overdispersion Test. The results of Overdispersion Test was the dependent variable that is Overdispersion Effect. The Negative Binomial Regression Model was selected for developing accident prediction model in case interested vertical grade of section and vertical grade out of section. Goodness of Fit and Model Validation used for fit Model.

According to the study, the possibility factors that can cause accidents It was that accident prediction model interested vertical grade out of section. After vertical grade out of section 500 Meters, the differences of vertical alignment and radius of horizontal curve that affects the total accident. The Maximum vertical grade and radius of horizontal curve which were affect the Injury and Maximum vertical grade, vertical grade out of section 400 Meters was caused the fatality.

Keywords: Poisson Regression Model, Negative Binomial Regression, Mountainous areas, Overdispersion, Goodness of Fit

1. บทนำ

องค์ประกอบของการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดขึ้นบริเวณทางลาดชันในอดีต นอกจากลักษณะภูมิประเทศ ปัจจัยทางด้านเรขาคณิตและความลาดชันของจุดเกิดเหตุ ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงแล้ว เส้นทางที่มีลักษณะเป็นทางลาดลงอย่างต่อเนื่องก่อนถึงจุดเกิดเหตุ อาจเป็นแนวโน้มที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงอีกด้วย การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางลาดชันในครั้งนี้ จึงพิจารณาถึงความลาดชันที่ลาดลงต่อเนื่องก่อนถึงจุดเกิดเหตุด้วย

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

(ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย, 2552) ได้อ้างงานวิจัยของ Chueh ซึ่งทำการพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุโดยอาศัยวิธีการแบบ Multi linear regression โดยนำปัจจัยต่างๆ ซึ่งได้แก่ ประเภทเกาะกลางถนน ระดับถนน ความเร็วเฉลี่ย โค้งแนวราบมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้น อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ตัวแปรตาม ซึ่งหมายถึง จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จะอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า มีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งในกรณีของการเกิดอุบัติเหตุ นั้น ไม่ได้มีลักษณะเป็นไปตามการกระจายตัวแบบดังกล่าว นอกเหนือจากนั้น แบบจำลองนี้ยังไม่ได้ผลลัพธ์ของจำนวนอุบัติเหตุที่เป็นค่าลบ รวมไปถึงผลลัพธ์ที่มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่า จะไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในช่วงถนนนั้นอย่างแน่นอน ดังนั้น Chueh จึงสรุปว่า แบบจำลองสถิติที่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ แบบจำลองถดถอยแบบพัวซองและแบบจำลองถดถอยแบบพัวซองเชิงลบ

(ปฐวิทย์, 2550) พัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนสองช่องจราจร รวบรวมข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจำนวน 3 ปี โดยพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดผู้บาดเจ็บ ในการศึกษานี้ได้อาศัยแบบจำลองถดถอยพัวซอง โดยแบ่งความยาวช่วงถนนละ 1 กิโลเมตร มีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ องศาโค้งราบเฉลี่ยต่อกิโลเมตร ร้อยละทางลาดชันเฉลี่ย ความกว้างไหล่ทาง ความกว้างผิวทาง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร การมีทางแยก ความเร็วออกแบบ และระยะมองเห็นไม่เพียงพอ ผลการวิจัยพบว่า จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร มีอิทธิพลสูงสุดต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด ร้อยละทางลาดชัน มีผลต่อ

จำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต และความกว้างผิวทางที่แคบ มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

(กฤษณ์, 2546) ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความปลอดภัย พบว่าอุบัติเหตุร้อยละ 65 เกิดขึ้นบริเวณทางโค้ง ส่วนใหญ่เป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับรถคันเดียวและเกิดขึ้นในลักษณะ ไถลออกนอกเส้นทาง โดยสันนิษฐานว่าเกิดจากการขับเร็วเกินกำหนด และผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความปลอดภัยบนถนน โดยสำรวจสภาพของถนน พบว่า มี 6 ปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุโดยตรงของอุบัติเหตุได้แก่ ได้แก่ ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ ไม่สอดคล้องกับความเร็วใช้งานของยานพาหนะ ตำแหน่งของทางเชื่อมอยู่ในระยะมองเห็นปลอดภัยไม่เพียงพอ สภาพผิวทางลื่น ทางเชื่อมบริเวณโค้งมีความลาดชัน ช่วงถนนก่อนเข้าโค้งมีลักษณะเป็นทางตรงที่มีความลาดลงเป็นระยะทางยาว และโค้งในแนวราบที่มีรัศมีโค้งสั้นอยู่บริเวณจุดต่ำสุดของโค้งแนวโค้งทาง

(Fu, Guo, Yuan, Feng, & Ma, 2011) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้พื้นที่ศึกษาลักษณะเป็นทางลาดลงบริเวณเขตภูเขาในประเทศจีน โดยแบ่งความยาวช่วงถนนจากปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี(AADT) แบ่งความยาวออกเป็น 6 ช่วง ช่วงละ 13 8.75 6.88 8.80 14.80 และ 33.20 กิโลเมตรตามลำดับ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ความยาวช่วงถนน ความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนน ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน จำนวนอุบัติเหตุของแต่ละช่วงถนนและอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่อกิโลเมตร จากนั้นนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากระดับน้ำทะเลและจำนวนอุบัติเหตุเปรียบเทียบกับระยะทางในแต่ละช่วงถนนเพื่อดูการกระจายตัวของการเกิดอุบัติเหตุ พบว่ามีจำนวนอุบัติเหตุมีความสัมพันธ์กับความสูงจากระดับน้ำทะเล คือ เมื่อผู้ขับขึ้นรถไปในระยะทางที่เพิ่มขึ้น จำนวนอุบัติเหตุก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงได้ทำการหาความลาดชันเฉลี่ยของแต่ละช่วงถนนทั้งหมด 6 ช่วง และในแต่ละช่วงถนนทำการหาความลาดชันเฉลี่ยในทุกๆ 1 2 3 4 และ 5 กิโลเมตรก่อนช่วงถนนที่มีการเกิดอุบัติเหตุด้วย ผลการศึกษาพบว่า ความลาดชันเฉลี่ยก่อนช่วงถนนที่ 2 และ 3 กิโลเมตรของทั้ง 6 ช่วงถนนมีค่าสูงสุดและจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุและความลาดชันเฉลี่ยโดยใช้การพยากรณ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและทำการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สัน ทำให้ทราบว่าค่าความลาดชันเฉลี่ยมีค่ามากจะส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้นด้วย

(Wang, Quddus, & Ison, 2009) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วน M25 ในประเทศอังกฤษ แบ่งช่วงถนนได้ 70 ช่วง โดยแบ่งช่วงถนนจากทางเชื่อม(ทางแยก)หนึ่งถึงทางเชื่อม(ทางแยก)หนึ่งโดยศึกษา 2 กรณี กรณีแรกศึกษาถึงจำนวนผู้เสียชีวิตรวมถึงผู้บาดเจ็บสาหัสด้วย ส่วนอีกกรณี ศึกษาถึงจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย การศึกษานี้ได้อาศัยแบบจำลองพัชของ ผลศึกษาพบว่า ความยาวช่วงถนน จำนวนช่องจราจร รัศมีโค้งต่ำสุดและความลาดชัน เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตหรือจำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส และจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย

3. วัตถุประสงค์

- 3.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางลาดชัน
- 3.2 เพื่อพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิต
- 3.3 เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุดโดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงกับแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน

4. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจากการรวบรวมของสำนักงานความปลอดภัย กรมทางหลวง แขวงทางหลวงปราชญ์ บุรี วัฒนาการทางกบินทร์บุรีและสถานีตำรวจชนแดน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2549 จนถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2554 รวมทั้งสิ้น 6 ปี พื้นที่ศึกษา 15 กิโลเมตร แบ่งความยาวช่วงถนนที่เท่ากันยาวช่วงละ 1 กิโลเมตร พบว่ามีข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งสิ้น $15 \times 6 = 90$ ชุด โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือข้อมูล 75 ชุดนำไปเพื่อหาปัจจัยและพัฒนาแบบจำลอง(Model Calibration)และข้อมูลอีก 15 ชุดเป็นข้อมูลเพื่อใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง(Validation Model) ข้อมูลอุบัติเหตุจะถูกนำมาเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุและพัฒนาเป็นแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ โดยข้อมูล 75 ชุดจะนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและแยกข้อมูลทดสอบ 15 ชุดเพื่อทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง

5. หลักการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและตัวแปรที่ใช้ศึกษา

5.1 หลักการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุได้กำหนดให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บ และจำนวนผู้เสียชีวิตเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุจะถูกแสดงในตารางที่ 1 โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระได้ดังสมการที่ 1

$$Y = \text{Exp} (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n) \quad (1)$$

โดยที่

Y – จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตร จำนวนผู้บาดเจ็บเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตรและจำนวนผู้เสียชีวิตเฉลี่ยต่อปีต่อกิโลเมตร

β_0 – ค่าคงที่ของตัวแบบจำลอง

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อ

ตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองการถดถอยแบบพัชของและแบบจำลองการถดถอยแบบทวินามเชิงลบ กล่าวคือ เมื่อค่าเฉลี่ยของจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงมีค่าเท่ากับความแปรปรวนจะวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลองการถดถอยแบบพัชของ(Poisson Regression Model) แต่เมื่อค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงไม่เท่ากันหรือค่าความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง(Overdispersion Effect) จะวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แบบจำลองทวินามเชิงลบ(Negative Binomial Regression Model)

5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

5.2.1 ตัวแปรตาม

- ACC – จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด(ครั้งต่อปีต่อกิโลเมตร)
- INJ – จำนวนผู้บาดเจ็บ(รายต่อปีต่อกิโลเมตร)
- FATA – จำนวนผู้เสียชีวิต(รายต่อปีต่อกิโลเมตร)

5.2.1 ตัวแปรอิสระ

- AADT – ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดทั้งปี (พันคันต่อปี)
- HV – สัดส่วนรถหนัก(เปอร์เซ็นต์)
- DS – ความเร็วออกแบบสูงสุด(กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
- RAHC – รัศมีโค้งราบต่ำสุด(เมตร)
- LANE – จำนวนช่องจราจร(ช่องจราจร)
- HC – จำนวนโค้งราบต่อกิโลเมตร(กิโลเมตร-1)
- VC – จำนวนโค้งค้งต่อกิโลเมตร(กิโลเมตร-1)
- VG – ความลาดชันเฉลี่ยของช่วงถนน(เปอร์เซ็นต์)
- MAXVG – ความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน(เปอร์เซ็นต์)
- DIFVG – ระยะเปลี่ยนแปลงแนวทางค้ง(เมตร)
- BFVG_{12,3,4,5} – ความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 100 เมตรถึง 500 เมตร(เปอร์เซ็นต์)
- AFVG_{12,3,4,5} – ความลาดชันหลังช่วงถนน 100 เมตรถึง 500 เมตร(เปอร์เซ็นต์)

6. ผลการศึกษา

6.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์สหสัมพันธ์

ในการศึกษานี้จึงอาศัยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรอิสระ หากพบว่าตัวแปรอิสระใดมีความสัมพันธ์กันสูง จะไม่นำตัวแปรนั้นมาพิจารณาพร้อมกัน เนื่องจากถ้าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงอาจส่งผลให้แบบจำลองมีค่าประมาณพารามิเตอร์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่แม่นยำสำคัญทางสถิติหรือเครื่องหมายพารามิเตอร์ไม่ตรงกับความเป็นจริง ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่า ความเร็วสัมพันธ์กับรัศมีโค้งรอบ บังคับที่มีความลาดชันของช่วงถนนมีความสัมพันธ์กัน และความลาดชันนอกช่วงถนนมีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นในการพิจารณาตัวแปรเพื่อพัฒนาแบบจำลอง จึงไม่นำตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงเข้าพิจารณาพร้อมกัน แต่จะเลือกตัวแปรที่ทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด

6.2 การทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test)

ในการพัฒนาแบบจำลอง เริ่มจากการพัฒนารูปแบบจำลองการถดถอยแบบพัวของและทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง (Overdispersion Test) พบว่า การกระจายของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง (Overdispersion Effect) รูปแบบการถดถอยแบบพัวของไม่เหมาะสมต่อการนำมาคาดการณ์อุบัติเหตุและความรุนแรงของทั้ง 2 กรณีคือแบบจำลองคาดการณ์ที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนและไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน ผลการทดสอบการกระจายของตัวแปรตอบสนอง(Overdispersion Test) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง(Overdispersion Test)

	พิจารณาความชันนอกช่วงถนน			ไม่พิจารณาความชันนอกช่วงถนน		
	ACC	INJ	FAT	ACC	INJ	FAT
Deviance	135.82	683.45	206.66	216.61	793.45	232.64
DF	71	72	71	72	71	72
Deviance/DF	1.91	9.49	2.91	3.00	11.17	3.23

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าทดสอบ Deviance/ Degree of Freedom(DF) มีค่ามากกว่า 1 ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการถดถอยแบบพัวของไม่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจาก

การกระจายตัวของตัวแปรตอบสนองมีค่าสูง(Overdispersion Effect) แนวทางแก้ปัญหาคือ นำรูปแบบจำลองทวินามเชิงลบมาพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุแทนแบบจำลองการถดถอยแบบพัวของ

6.3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

สร้างแบบจำลองโดยใช้รูปแบบการถดถอยแบบทวินามเชิงลบและวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดสอบภาวะสารูปดี(Goodness of Fit) เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าสถิติทดสอบภาวะสารูปสนิทธิ(Goodness of Fit)

	พิจารณาความชันนอกช่วงถนน			ไม่พิจารณาความชันนอกช่วงถนน		
	ACC	INJ	FAT	TOF	INJ	FAT
Deviance	65.276	150.892	81.068	86.515	160.632	84.465
Pearson Chi-Square	62.519	222.088	186.121	93.515	295.848	201.551
Log-Likelihood	-94.889	-153.92	-70.625	-105.52	-158.79	-72.324
AIC	197.778	313.855	147.250	219.051	321.594	150.648

Deviance และ ค่า Person Chi-Square คือ ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวแปรตอบสนองมาก ทำให้แบบจำลองคลาดเคลื่อนจากค่าความเป็นจริงมาก จากการเปรียบเทียบพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่าน้อยกว่าหรือคลาดเคลื่อนน้อยกว่า แบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน

ค่า Log Likelihood ค่าแสดงที่ให้ทราบว่า แบบจำลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พิจารณาได้ดีเพียงใด ถ้าค่า Log Likelihood มีค่าสูง แสดงว่าแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่ามากกว่าหรือ สามารถอธิบาย

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วง

ค่า Akaike's Information Criterion (AIC) คือ ค่าการพิจารณาแบบจำลองที่สูงที่สุดในการทำนาย ถ้าแบบจำลองมีค่า AIC น้อยๆ แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้สูงสุด จากการเปรียบเทียบทั้ง 3 กลุ่มแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน มีค่า AIC น้อยกว่า หรือ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน ดังนั้นแบบจำลองที่พิจารณาถึงความชันนอกช่วงจึงเหมาะสมต่อการนำไปคาดการณ์

6.4 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง(Model Validation)

ในการทดสอบนี้ทำได้โดย แทนค่าข้อมูลที่แยกทดสอบ แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายและค่าของข้อมูลจริง โดยผลของตัวแปรตามจะมีค่าเป็นค่าเฉลี่ย ดังนั้นทดสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองจึงเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต

แบบจำลอง	ค่าเฉลี่ยข้อมูลทดสอบ	ผลการทำนาย	
		พิจารณา	ไม่พิจารณา
Accident	1.867	1.808	1.008
Injury	6.200	6.688	6.607
Fatality	1.733	1.737	1.485

ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 1.867 ครั้ง แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.808 ครั้ง ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.008 ครั้ง

แสดงผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 6.200 ราย แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 6.688 ราย ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 6.607 ราย

แสดงผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิตพบว่า จำนวนอุบัติเหตุของข้อมูลทดสอบมีค่าเฉลี่ย 1.733 ราย แบบจำลองที่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน

ทำนายได้เฉลี่ย 1.737 ราย ส่วนแบบจำลองที่ไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนนทำนายได้เฉลี่ย 1.485 ราย

จากการตรวจสอบความเที่ยงตรงของทุกแบบจำลองพบว่าแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีพิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน มีความแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงของข้อมูลแยกทดสอบมากกว่าแบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตกรณีไม่พิจารณาความลาดชันนอกช่วงถนน

7. สรุปผลการศึกษา

การคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมจะพิจารณาจากผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง(Model Validation) และค่าสถิติที่ได้จากการทดสอบภาวะสารูปสมมติ(Goodness of Fit) สรุปได้ว่าแบบจำลองที่พิจารณาถึงความลาดชันนอกช่วงถนน คือ แบบจำลองที่เหมาะสมต่อการทำนายจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามเชิงลบ แสดงได้ดังนี้

แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด

$$Y_{(ACC,NB)} = \text{Exp}^{(-1.145-0.003RAHC+0.014DIFVG+0.316AFVG5)} \quad (2)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนอุบัติเหตุสูงสุดที่สุดคือ ความลาดชันหลังช่วงถนน 500 เมตร รองลงมาคือ ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งและรัศมีโค้งราบต่ำสุดตามลำดับ จากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยความลาดชันนอกช่วงถนน มีอิทธิพลมากกว่าปัจจัยทางความลาดชันของช่วงถนน คือ ระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้ง จากปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนอุบัติเหตุ สรุปได้ว่า ทิศทางการจราจรที่มุ่งหน้าสู่จังหวัดปราจีนบุรี ที่ระยะ 500 เมตรก่อนถึงช่วงถนนเส้นทางมีลักษณะเป็นทางที่ลาดลงก่อนเข้าสู่ช่วงถนน ประกอบกับ ในช่วงถนนมีระยะการเปลี่ยนแปลงแนวทางโค้งที่มีการเปลี่ยนแปลงมากและโค้งมีลักษณะที่แคบจึงส่งผลให้เกิดจำนวนอุบัติเหตุในช่วงถนนมากขึ้นด้วย

แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้บาดเจ็บ

$$Y_{(Injury,NB)} = \text{Exp}^{(-5.495 + 1.084MAXVG - 0.422BFVG1)} \quad (3)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บที่สูงที่สุดคือ ความลาดชันสูงสุดในช่วงถนน รองลงมาคือ คือความลาดชันก่อนช่วงถนน 100 เมตร พบว่าปัจจัยในช่วงถนนส่งผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บมากกว่า สรุปได้ว่า ทิศทางการจราจรที่มุ่งสู่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อความลาดชันก่อนถึง

ช่วงถนน 100 เมตร มีค่าต่ำจนกระทั่งติดลบ หมายถึง ความลาดชันมีลักษณะเป็นทางลาดลง ประกอบกับความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนที่มีค่าสูง ทั้งความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 100 เมตรและความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน จึงส่งผลให้จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุเกิดการบาดเจ็บมากขึ้นด้วย

แบบจำลองคาดการณ์จำนวนผู้เสียชีวิต

$$Y_{(Fatal,NB)} = \text{Exp}^{(-7.357 + 0.796MAXVG + 0.414AFVG4)} \quad (4)$$

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตที่สูงที่สุดคือ ความลาดชันสูงสุดในช่วงถนน รองลงมาคือ คือความลาดชันหลังช่วงถนน 400 เมตร พบว่าปัจจัยในช่วงถนนส่งผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตมากกว่า สรุปได้ว่าทิศทางการจราจรที่มุ่งสู่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อความลาดชันก่อนถึงช่วงถนน 400 เมตร มีค่าสูง ส่งผลให้ในทิศทางที่มุ่งหน้าสู่จังหวัดปราจีนบุรีมีค่าต่ำจนกระทั่งติดลบ หมายถึง ความลาดชันมีลักษณะเป็นทางลาดลง ประกอบกับความลาดชันสูงสุดของช่วงถนนที่มีค่าสูง ทั้งความลาดชันก่อนหน้าช่วงถนน 400 เมตรและความลาดชันสูงสุดของช่วงถนน จึงส่งผลให้จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุเสียชีวิตในช่วงถนนมากขึ้นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1]ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย. (2552). การพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ. โครงการต่อเนื่องศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทย เพื่อพัฒนาและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านความปลอดภัยทางถนน.
- [2]ปฎิวัติ, ฤทธิเดช. (2550). แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุและจัดลำดับการปรับปรุงถนนบนถนน 2 ช่องจราจรในเขตนอกเมือง กรณีศึกษา จังหวัดนครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [3]กฤษณ์, เชื้อวรรณ. (2546). ปัญหาความปลอดภัยบริเวณทางโค้งอันตรายในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4]Fu, Rui, Guo, Yingshi, Yuan, Wei, Feng, Hongyun, & Ma, Yong. (2011). The correlation between gradients of descending roads and accident rates. *Safety Science*, 49(3), 416-423. doi: 10.1016/j.ssci.2010.10.006

- [5]Wang, Chao, Quddus, Mohammed A., & Ison, Stephen G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 798-808. doi: 10.1016/j.aap.2009.04.002

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเมษา ทิพเวช เกิดเมื่อวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2531 เริ่มเข้าศึกษาในระดับประถมศึกษาที่ชั้นปีที่ 1 ถึง 3 ที่โรงเรียนมารีย์ธงชัย ระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 5 ถึง 6 และระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 ที่โรงเรียนมารีย์วิทยา นครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2552

ปี พ.ศ.2553 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้ทำหน้าที่ผู้ช่วยสอนรายวิชา (Teaching Assistant) และผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ วิชาปฏิบัติการวัสดุการทาง (Highway Material Testing) เป็นเวลา 2 ภาคการศึกษา

ผลงานวิจัย ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 8 ประจำปี พ.ศ. 2555 เรื่องแบบจำลองพฤติกรรมรถบรรทุกเต็มคันบรรทุก กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

