แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

นายสุทธิชัย งามจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2553

ACCIDENT PREDICTION MODELS FOR EXPRESSWAYS: CASE STUDIES OF THE FIRST AND THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEMS

Suttichai Ngamchan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Transportation Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(รศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อ. ดร.ศิรดล ศิริธร)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

_____

(อ. ดร.วุฒิ ด่านกิตติกุล)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สุทธิชัย งามจันทร์ : แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) (ACCIDENT PREDICTION MODELS FOR EXPRESSWAYS: CASE STUDIES OF THE FIRST AND THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEMS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์, 99 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ และพัฒนาแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ 5 ปี ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2552 สำหรับตัวแปรอุบัติเหตุที่วิเคราะห์ในการศึกษามี 5 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต จำนวนรายผู้เสียชีวิตและจำนวนรายผู้บาดเจ็บ ตัวแปรอิสระประกอบด้วย ความกว้างของผิวทาง ความกว้างของไหล่ทาง องศาโค้งราบ ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งขึ้น ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งลง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักและช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การสร้างแบบจำลองการถดถอยทวินามแบบลบ

ผลการศึกษาพบว่าอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณทางเชื่อมต่อต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นกรณีทางแยกต่างระดับ จำนวนทางเชื่อมต่อ หรือจุดทางเข้าออก ซึ่งพบว่ามีนัยสำคัญสูงสุดในแบบจำลองส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุทั้งแบบไม่รุนแรง และแบบรุนแรง ดังนั้นเพื่อยกระดับความปลอดภัยบนโครงข่ายทาง ผู้ออกแบบควรออกแบบคุณลักษณะทางกายภาพ และติดตั้งอุปกรณ์เสริมอย่างรอบคอบไม่ว่าจะเป็นระยะการมองเห็นป้ายบอกทาง ระยะของทางเบี่ยงเข้าออก อุปกรณ์บังคับรถให้อยู่ในช่องทางหรือแสงไฟฟ้าส่องสว่าง ฯลฯ

สาขาวิชาวิศวกรรรมขนส่ง ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SUTTICHAI NGAMCHAN : ACCIDENT PREDICTION MODELS FOR EXPRESSWAYS: CASE STUDIES OF THE FIRST AND THE SECOND STAGE EXPRESSWAY SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THIRAYOOT LIMANOND, Ph.D., 99 PP.

TRAFFIC ACCIDENT / FATAL ACCIDENT / INJURY ACCIDENT / DAMAGE ACCIDENT / ACCIDENT RATE

The objectives of this research are to investigate the factors that influence accident occurrences, and to develop accident prediction models for the first and second-staged expressway systems. The study analyzed the 5-year historical accident data between 1 January 2005 and 31 Decembers 2009. Several dependent variables were analyzed in this study, including the total number of accidents, injury accidents, and fatal accidents, as well as the total number of injuries and fatalities. The independent variables are primarily geometric characteristics of the freeways, composing of pavement and shoulder width, degree of the horizontal curve, vertical gradient, the number of connecting off-ramps and on-ramps, whether the section is an interchange, the section before an interchange, the section after the interchange, the section before an on-ramp, and the section after an off-ramp. This study used negative binomial regression modeling technique for investigation.

The study found that the accidents mainly occur at connection locations such as an interchange, the number of connecting off-ramps and on-ramps, the section off-ramps and on-ramps since these variables are found to be significant to the models. It resulted in both severe and mild accidents. Therefore to enhance road

safety on the expressway net word, the designers should design the physical characteristics and install proper equipments at these locations including sight distance to see traffic sing, taper length for on-ramp and off-ramp or lighting, etc.

School of Transportation Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2010 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับกำลังใจและความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างดียิ่ง อาทิเช่น

ผศ. ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อ. ดร.ศิรดล ศิริธร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

คุณวันเพ็ญ สืบสาย เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป (วิศวกรรมขนส่ง)

ขอบคุณเพื่อนบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจตลอดมา

ขอบคุณกองทุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขอขอบคุณบุคคลท่านอื่นที่ไม่ได้เอ่ยนาม ได้แก่ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือต่าง ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือตลอดจนอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ จนผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ให้การเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้โอกาสทางการศึกษา และเป็นผู้ที่คอยชื่นชมในความสำเร็จของผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุทธิชัย งามจันทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 2

2 ปริทรรศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 คำนิยามพื้นฐาน 3

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย 5

2.3 ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ 9

2.4 การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

2.5 สรุปการศึกษาและงานวิจัยที่ผ่านมา 16

3 วิธีดำเนินการวิจัย 17

3.1 ขั้นตอนการศึกษา 17

3.2 พื้นที่ศึกษา 18

3.2.1 ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) 18

3.2.2 ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 20
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 22
3.4.1 รายงานรับแจ้งอุบัติเหตุ 22
3.4.2 ตัวแปรทางเรขาคณิตและปริมาณการจราจร 22
3.4.3 ตัวแปรด้านอุบัติเหตุ 24
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบการถดถอยทวินามแบบลบ 24
3.5.1 การหาค่าพารามิเตอร์ 25
3.5.2 วิธีการคัดเลือกตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบที่เหมาะสม 27
4 ผลการทดลองและอภิปรายผล 30
4.1 ข้อมูลอุบัติเหตุและลักษณะทางเรขาคณิตของทางด่วน 31
4.1.1 สถานการณ์อุบัติเหตุ 31
4.1.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร และลักษณะทางเรขาคณิตของถนน 32
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุบนทางพิเศษ 36
4.2.1 ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทิศทาง A และ B 36
4.2.2 ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B 39
4.2.3 อุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1)
และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B 44
4.3 การทดสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเรขาคณิต
และปริมาณการจราจรต่อจำนวนอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร
(ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) 49
4.3.1 ปริมาณการจราจร (VOL) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ 50
4.3.2 จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ 50
4.3.3 ช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับ (IN)
ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ 51
4.3.4 ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS)
ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ 51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.5 ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ 52
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 53
5.1 การรวบรวมข้อมูล 53
5.2 การศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วน ขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 54
5.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง 56
5.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB) 57
5.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) 57
5.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC12AB) 57
5.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ (INJ12AB) 57
5.4 ข้อเสนอแนะ 58
รายการอ้างอิง 59
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression 61
ภาคผนวก ข. แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression และการวิเคราะห์ทางสถิติ 66
ภาคผนวก ค. ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลอง จากตัวแปรอุบัติเหตุ 70
ภาคผนวก ง. ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลอง จากตัวแปรเรขาคณิต 77
ภาคผนวก จ. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา 88
ประวัติผู้เขียน 99

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแบบจำลองจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น 25
3.2 ตัวอย่างการคัดเลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (|P[|Z|>z]) สูงสุดออก 27
3.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ น้อยกว่า 0.10 (|P[|Z|>z]) 28
4.1 ชื่อ ความหมาย และหน่วยของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์สร้างแบบจำลอง 31
4.2 ข้อมูลอุบัติเหตุทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทิศทาง A และ B 33
4.3 ข้อมูลอุบัติเหตุทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B 34
4.4 ข้อมูลอุบัติเหตุทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1)
และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B 35
4.5 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร 36
4.6 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร 37
4.7 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนทางพิเศษศรีรัช 39
4.8 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บบนทางพิเศษศรีรัช 40
4.9 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตบนทางพิเศษศรีรัช 42
4.10 แบบจำลองทำนายจำนวนรายผู้บาดเจ็บบนทางพิเศษศรีรัช 43
4.11 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร
และทางพิเศษศรีรัช 44
4.12 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร
และทางพิเศษศรีรัช 46
4.13 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตบนทางพิเศษ
เฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช 47
4.14 แบบจำลองทำนายจำนวนรายผู้บาดเจ็บบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร
และทางพิเศษศรีรัช 48
4.15 ปริมาณการจราจร (VOL) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด
และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ 50
4.16 จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) ที่มีผลต่อจำนวนรายผู้เสียชีวิต 50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.17 ช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับ (IN) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ 51
4.18 ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด 51
4.19 ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต 52
5.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 54
5.2 แสดงค่าร้อยละของการเกิดอุบัติเหตุเมื่อปัจจัยด้านปริมาณจราจรและเรขาคณิตเปลี่ยนแปลง 56
ก.1 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A 62
ก.2 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B 62
ก.3 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A 63
ก.4 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B 63
ก.5 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A และ B 64
ก.6 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A และ B 64
ก.7 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 และ 2 ทิศทาง A และ B 65
ข.1 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A และ B ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ 67
ข.2 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A และ B ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ 68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ข.3 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 และ 2 ทิศทาง A และ B ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ 69
ค.1 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A 71
ค.2 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B..... 72
ค.3 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A1 73
ค.4 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A2 74
ค.5 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B1..... 75
ค.6 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B2..... 76
ง.1 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A1 78
ง.2 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A2 79
ง.3 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B1..... 80
ง.4 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B2..... 81
ง.5 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A1 82
ง.6 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A2 83
ง.7 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A3 84
ง.8 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B1..... 85
ง.9 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B2..... 86
ง.10 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B3..... 87

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 18

3.2 พื้นที่การศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) 21

3.3 การประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบ 28

4.1 การกระจายตัวของจำนวนลักษณะการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด กับจำนวนช่วงถนน 32

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

1AB	=	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทิศทาง A และ B
2AB	=	ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B
12AB	=	ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และ ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B
A_i	=	จำนวนอุบัติเหตุบนช่วงถนนที่ *i* ต่อปี
AADT	=	ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (Annual Average Daily Traffic)
AR	=	อัตราอุบัติเหตุบนช่วงถนนที่ *i* (Accident Rate)
E(Yi)	=	ค่าคาดหวังของตัวแปลตาม *Yi* (Expected value of *Yi*)
FATACC	=	จำนวนอุบัติเหตุที่มีการสูญเสียชีวิต (Fatal Accidents)
GLM	=	ตัวแบบเชิงเส้นที่วางนัยทั่วไป (Generalized Linear Model)
HC	=	องศาโค้งราบ (Degree of Horizontal Curve)
i	=	ช่วงถนนที่วิเคราะห์ (Analytical section)
IN	=	การมี/ไม่มีทางแยก (Intersection)
INJACC	=	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (Injury Accidents)
J	=	ลำดับที่ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวในแบบจำลอง
L_i	=	ความยาวช่วงถนนที่ i (กิโลเมตร)
MAX	=	ค่าสูงสุด (Maximum Value)
MED	=	ค่ามัธยฐาน (Median)
MEAN	=	ค่าเฉลี่ย (Mean)
MIN	=	ค่าต่ำสุด (Minimum Value)
PR	=	แบบจำลองการถดถอยปัวซอง (Poisson Regression Model)
PW	=	ความกว้างผิวทาง (Pavement Width)
RC	=	จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (Number of Road Connection)
STDV	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
SW	=	ความกว้างไหล่ทาง (Shoulder Width)
TOTACC	=	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (Total Accidents)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

VEX_i	=	ปริมาณการใช้รถ (Vehicle Exposure) ในช่วงเวลา 1 ปีบนช่วงถนน i
VG	=	ร้อยละทางลาดชัน (Percent of Vertical Grade)
H_{ij}	=	ค่าสูงสุดของ F_{ij}
L_{ij}	=	ค่าต่ำสุดของ F_{ij}
R_j	=	ผลต่างระหว่างค่าสูงสุดของ F_{ij} กับค่าต่ำสุดของ F_{ij}
S_i	=	ค่า Score กับ Alternative ถนนช่วงที่ i
W_j	=	ค่าของน้ำหนักของ CRITERIA ตัวที่ j
π_j	=	ค่าแฟคเตอร์ของ CRITERIA ที่ j
x_i	=	ค่าตัวแปรอิสระ (Independent Variables)
x_{ij}	=	ค่าตัวแปรอิสระตัวที่ j ในกลุ่มตัวแปรอิสระ x_i
y_i	=	ค่าตัวแปรตาม (Dependent Variables)
Y_i	=	ค่าตัวแปรตามบนถนนช่วงที่ i ในช่วงเวลา 1 ปี
β_i	=	สัมประสิทธิ์การถดถอยตัวที่ j
λ_i	=	จำนวนอุบัติเหตุที่คาดว่าจะเกิดต่อคัน - กิโลเมตร เรียกว่า Rate function
$\theta_{i,k}$	=	องศาโค้งราบบนถนนช่วงที่ i ลำดับโค้งราบที่ k
$\sum \mu_t$	=	จำนวนอุบัติเหตุจริงบนช่วงถนนที่แยกข้อมูลไว้ทดสอบ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การเดินทางและการขนส่งมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จึงก่อให้เกิดรูปแบบการเดินทางและโครงข่ายการขนส่ง เพื่อรองรับความต้องการและอำนวยความสะดวกในการเดินทาง ถ้าโครงข่ายการขนส่งมีประสิทธิภาพ ผู้เดินทางได้รับความสะดวก รวดเร็ว และมีความปลอดภัย แต่หากโครงข่ายการขนส่งมีปัญหา เช่น เกิดอุบัติเหตุจราจร เหตุการณ์ยวดยานขัดข้อง ผิวจราจรมีความเสียหายหรือมีน้ำท่วมขัง ฝนตกหรือมีหมอก เป็นต้น เหตุการณ์เหล่านั้นทำให้ผู้ใช้ทางต้องใช้เวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้น ซ้ำไปกว่านั้นหากผู้ใช้ทางเป็นผู้ประสบเหตุเอง อาจเกิดการสูญเสียทรัพย์สิน ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตด้วย

อุบัติเหตุทางถนนเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมของโลก ในทุก ๆ ปี จะมีผู้เสียชีวิตและได้รับบาดเจ็บเป็นจำนวนมาก รวมถึงมูลค่าความเสียหายของทรัพย์สินที่เกิดจากอุบัติเหตุทางถนนก็มีมูลค่ามหาศาล ประเทศไทยซึ่งเป็นหนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีมูลค่าความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุทางถนนทั้งทางเศรษฐกิจและทางสังคมที่มีมูลค่ามหาศาลเช่นเดียวกัน การพัฒนาทางเศรษฐกิจที่รวดเร็วกลับทำให้ปัญหาอุบัติเหตุทางถนนทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ปัญหาเหล่านี้ย่อมส่งผลโดยตรงต่อปัญหาทางสาธารณสุขศาสตร์และเศรษฐศาสตร์โดยภาพรวมของประเทศ จากสถิติพบว่าประชากรไทยเสียชีวิตประมาณ 130,000 คน จากอุบัติเหตุทางถนนในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา และมากกว่า 500,000 คนได้รับบาดเจ็บหรือกลายเป็นบุคคลทุพพลภาพจากปัญหาดังกล่าว (Sweroad, 1997) อุบัติเหตุทางถนนจึงกลายเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเสียชีวิต จากการรายงานของกระทรวงสาธารณสุข เนื่องจากปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นปัญหาที่สร้างความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้งมีแนวโน้มที่ทวีความรุนแรงขึ้น

อุบัติเหตุจราจรนับว่าเป็นปัญหาที่มีผลต่อการสูญเสียทรัพยากรของประเทศอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2539 พบว่าอุบัติเหตุจราจรเป็นสาเหตุการบาดเจ็บและการตายที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย (ชไมพันธุ์ สันติกาญจน์, 2541) ซึ่งปัญหาอุบัติเหตุจราจรก่อให้เกิดปัญหาต่อเนื่องในด้านต่าง ๆ เช่น ปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม ปัญหาด้านการแพทย์และการรักษาพยาบาล ปัญหาด้านการจราจร ฯลฯ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงมุ่งศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติการณ์จราจร และเพื่อสร้างแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษในกรุงเทพมหานคร ทำให้ทราบถึงคุณลักษณะทางกายภาพของถนนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ อันเป็นประโยชน์ใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ และวางแผนจัดการบริเวณจุดเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยด้านเรขาคณิตที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)
2. เพื่อสร้างแบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยนี้มุ่งศึกษาบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) เท่านั้น
2. การวิจัยในส่วนของการศึกษาปัจจัยทางเรขาคณิต ที่มีผลต่อการเกิดอุบัติการณ์จราจร โดยศึกษาเฉพาะเหตุการณ์ยวดยานที่เกิดอุบัติเหตุทางจราจรจากฐานข้อมูลของแผนกสื่อสาร กองสื่อสารการทางพิเศษแห่งประเทศไทย
3. การศึกษานี้เพื่อสร้างแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) เท่านั้น
4. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แบบจำลองทางสถิติ (Statistical models) ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองถดถอยทวินามแบบลบ อธิบายถึงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางเรขาคณิตตัวใดบ้างโดยไม่ครอบคลุมถึงวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนาโดยอาศัยตารางหรือแผนภาพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)
2. สามารถนำไปวิเคราะห์แก้ไขจุดอันตรายบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้น

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการทบทวนทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน การสร้างแบบจำลองด้วยวิธีการถดถอยทวินามแบบลบ (Negative Binomial Regression) เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเอกสารและงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 คำนิยามพื้นฐาน

กองวิศวกรรมจราจร กรมทางหลวง ได้กำหนดนิยามต่าง ๆ เหล่านี้ไว้ในเอกสารสถิติอุบัติเหตุ ปี 2541 ซึ่งมีคำดังต่อไปนี้

1) อุบัติเหตุ (Traffic Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงอาจมีคนตาย บาดเจ็บ หรือเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน

2) อุบัติเหตุที่มีการสูญเสียชีวิต (Fatal Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้คนตาย อาจมีคนบาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหายด้วยก็ได้ เช่น อุบัติเหตุเกิดขึ้นแล้วครั้งหนึ่งมีคนตาย 10 คน บาดเจ็บ 12 คน ถือว่าเป็นอุบัติเหตุที่เกิดความตายเพียง 1 ราย

3) อุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (Injury Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้คนบาดเจ็บอาจมีทรัพย์สินเสียหายด้วยก็ได้ แบ่งได้ 2 กลุ่ม

- บาดเจ็บสาหัส (Severe Injury Accident) หมายถึง ผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุดังกล่าว ไม่สามารถรักษาให้หายได้ภายใน 3 สัปดาห์
- บาดเจ็บเล็กน้อย (Slightly Injury Accident) หมายถึง ผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุ ดังกล่าวสามารถรักษาให้หายได้ภายในเวลาอันสั้น หรือไม่นาน

4) อุบัติเหตุที่เกิดการเสียหาย (Damage Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้ทรัพย์สินเสียหายเท่านั้น

5) อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate : AR) หมายถึง จำนวนรายการเกิดอุบัติเหตุต่อตัวแปรต่าง ๆ ที่นิยมมาเปรียบเทียบตามหลักสากล เช่น อัตราการเกิดอุบัติเหตุเทียบกับปริมาณการใช้รถใช้ถนนที่บริเวณทางหลวงนั้น ๆ ซึ่งมีหน่วยเป็นล้านคัน-กิโลเมตร และเรียกค่าของอัตราการเกิดอุบัติเหตุนั้นว่า จำนวนอุบัติเหตุต่อล้านคัน-กิโลเมตร หรือ

$$AR = (A_1 \times 1000000) / (365 \times AADT \times L_1) \quad (2.1)$$

เมื่อ AR = อัตราอุบัติเหตุบนช่วงถนนที่ I (อุบัติเหตุต่อล้านคัน-กิโลเมตร)

A_1 = จำนวนอุบัติเหตุบนช่วงถนนที่ I ต่อปี

$AADT$ = ประมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (คันต่อวัน : vpd)

L_1 = ความยาวช่วงถนนที่ I (กิโลเมตร : km)

6) ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (Annual Average Daily Traffic : AADT) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่วิ่งผ่านจุดหนึ่งจุดใดตลอดปีหารด้วยจำนวนวันในปีนั้น

7) ตัวแบบ (Model) หมายถึง สมการหรือตัวแบบเชิงสถิติ เช่น ตัวแบบการถดถอย ตัวแบบการถดถอยปัวซองและตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ เป็นต้น

8) ตัวแปรที่ศึกษา หมายถึง ตัวแปรตามในตัวแบบเชิงสถิติ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุโดยยานพาหนะ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2537 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2546

9) ตัวแปรที่แทนปัจจัยต่าง ๆ หมายถึง ตัวแปรอิสระในตัวแบบเชิงสถิติ ได้แก่ ช่วงเวลา จำนวนวันหยุดพิเศษ จำนวนประชากรและจำนวนยานพาหนะ

10) ตัวแปรหุ่น (Dummy Variables) หมายถึง ตัวแปรที่สร้างขึ้นเพื่อระบุกลุ่มหรือชุดที่ค่าสังเกตนั้นอยู่ จะกำหนดค่าของตัวแปรหุ่นเป็น 1 เป็น 0 ซึ่งตัวแปรหุ่นจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อค่าสังเกตนั้นอยู่ในกลุ่มที่สนใจ และมีค่าเป็น 0 เมื่อค่าสังเกตนั้นไม่อยู่ในกลุ่มที่สนใจ กรณีที่แบ่งข้อมูลได้เป็น k กลุ่ม จะสร้างตัวแปรหุ่นจำนวน k-1 ตัว

11) การแจกแจงปัวซอง (Poisson Distribution) หมายถึง การแจกแจงที่อธิบายจำนวนครั้งของเหตุการณ์หรือจำนวนสิ่งที่สนใจที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดหรือพื้นที่ที่กำหนด เช่น จำนวนผู้เสียชีวิตของการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยในช่วงเวลา 1 เดือน

12) การแจกแจงทวินามแบบลบ (Negative Binomial Distribution) หมายถึง การแจกแจงที่เกิดจากการผสมระหว่างการแจกแจงปัวซองกับการแจกแจงแกมมานั้นคือ ตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปัวซองที่มีค่าเฉลี่ยเป็น λ ซึ่ง λ มีการแจกแจงแกมมากรณีพิเศษที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 ดังนั้นการแจกแจงส่วนริมของตัวแปรสุ่มจะมีการแจกแจงทวินามแบบลบ หรือการแจกแจงที่เกิดจากการทดลองแบบแบร์นูลลี (Bernoulli Trials) ซ้ำ ๆ กันเรื่อย ๆ อย่างเป็นอิสระกันจนกว่าจะประสบความสำเร็จ k ครั้งจึงหยุด

13) จำนวนยานพาหนะ หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ประสบอุบัติเหตุจากการขนส่งทางบกโดยยานพาหนะ ได้แก่ รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ รถสามล้อ รถสามล้อเครื่อง รถยนต์นั่ง รถตู้ รถปิกอัพ รถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุก 6 ล้อ 10 ล้อหรือมากกว่า รถอีแต๋น รถแท็กซี่ เป็นต้น

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้สร้างแบบจำลองทางสถิติโดย การวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามแบบลบ (Negative Binomial Regression) มีการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยที่ตัวแปรศึกษาหรือตัวแปรตามเป็นตัวแปรจำนวนนับที่มีการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Regression) ที่มีค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติฐานเบื้องต้นของตัวแบบปัวซอง ส่วนตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพหรือตัวแปรเชิงปริมาณ โดยนำเสนอการแจกแจงทวินามแบบลบ ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) การแจกแจงทวินามแบบลบ

Cameron and Trivedi (1998) ได้เสนอฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินามแบบลบ (Negative Binomial Distribution : NB) เป็นการแจกแจงที่เกิดการการผสมระหว่างการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution) และการแจกแจงแบบแกมมา (Gamma Distribution) ดังนี้

จากตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปัวซองที่มีค่าเฉลี่ยเป็น λ ซึ่ง λ มีการแจกแจงแบบแกรมมากรณีพิเศษที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 ดังนั้นการแจกแจงส่วนริมของตัวแปรสุ่มจะมีการแจกแจงทวินามแบบลบให้ Y เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปัวซอง โดยที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็นดังสมการที่ 2.2

$$f(y;\lambda) = \frac{\exp(-\lambda)\lambda^{y}}{y!} \quad ; \; y = 0,1,2,3,... \tag{2.2}$$

เมื่อ E(y) = λ

V(y) = λ

พิจารณาค่าเฉลี่ยของตัวแบบถดถอยปัวซองดังสมการที่ 2.3

$$\begin{aligned}\lambda &= \exp\left(X_i\beta + \varepsilon\right) \\ &= \exp(X_i\beta) + \exp(\varepsilon) \\ &= \mu\nu\end{aligned} \tag{2.3}$$

เมื่อ μ = $\exp(\underset{\sim}{X}_i\underset{\sim}{\beta})$

V = $\exp(\underset{\sim}{\varepsilon})$

การแจกแจงส่วนริม (Marginal Distribution) ของ Y ดังสมการที่ 2.4

$$\begin{aligned}h(y|\mu) &= \int f(y|\mu,\nu)g(\nu)d\nu \\ &= E_\nu\left\lfloor f(y|\mu,\nu)\right\rfloor\end{aligned} \tag{2.4}$$

เมื่อพิจารณาการแจกแจงของ ν จะมีการแจกแจงแกมมาเขียนแทนด้วย $\nu = \text{Gamma}(\delta,\varphi)$ โดยมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นดังสมการที่ 2.5

$$g(\nu;\delta,\phi) = \frac{\delta^\phi}{\Gamma(\delta)}\nu^{\delta-1}\exp(-\nu\phi) \quad ;\delta>0,\phi>0 \tag{2.5}$$

เมื่อ E (v) = $\dfrac{\delta}{\phi}$

V (v) = $\dfrac{\delta}{\phi^2}$

ภายใต้การแจกแจงแกมมาที่มีพารามิเตอร์ 1 พารามิเตอร์ $(\delta=\phi)$ จะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นดังสมการที่ 2.6

$$g(\nu;\delta) = \frac{\delta^\delta}{\Gamma(\delta)}\nu^{\delta-1}\exp(-\nu\delta) \quad ;\delta>0 \tag{2.6}$$

เมื่อ E (v) = 1

V (v) = $\frac{1}{\delta} = \alpha$

ใช้เทคนิคการแปลงตัวแปร (Transformation variable technique) จาก V เพื่อหาฟังก์ชันการแจกแจงของ λ จาก $\lambda = \mu\nu$ จะได้ดังสมการที่ 2.7

$$\nu = \frac{\lambda}{\mu} \tag{2.7}$$

โดยที่ Jacobian ใช้สูตรคำนวณ $\frac{\partial \nu}{\partial \lambda} = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{\mu}$ จะได้ฟังก์ชันความหนาแน่นของ λ ดังสมการที่ 2.8

$$\begin{aligned} g(\lambda;\mu,\phi) &= \frac{1}{\mu}\frac{\delta^{\delta}}{\Gamma(\delta)}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{\delta-1}\exp(-\frac{\lambda}{\mu}\delta) \\ &= \left(\frac{\delta}{\mu}\right)^{\delta}\frac{\lambda^{\delta-1}}{\Gamma(\delta)}\exp(-\frac{\lambda}{\mu}\delta) \end{aligned} \tag{2.8}$$

ดังนั้นการแจกแจงส่วนริมของ Y ดังสมการที่ 2.9

$$\begin{aligned} f(y|\mu,\delta) &= \int_0^{\infty}\frac{\exp(-\lambda)\lambda^{y}}{y!}\left(\frac{\delta}{\mu}\right)^{\delta}\frac{\lambda^{\delta-1}}{\Gamma(\delta)}\exp(-\frac{\lambda}{\mu}\delta) \\ &= \frac{(\delta/\mu)^{\delta}}{y!\Gamma(\delta)}\int_0^{\infty}\lambda^{y+\delta-1}\exp\left(-\lambda(1+\frac{\delta}{\mu})\right)d\lambda \\ f(y|\mu,\delta) &= \frac{(\delta/\mu)^{\delta}}{y!\Gamma(\delta)}\left(1+\frac{\delta}{\mu}\right)^{-(y+\delta)}\Gamma(y+\delta) \end{aligned} \tag{2.9}$$

และจาก $\alpha = \frac{1}{\delta}$ จะได้สมการที่ 2.10

$$f(y|\mu,\delta) = \frac{\Gamma(y+\alpha^{-1})}{\Gamma(y+1)\Gamma(\alpha^{-1})}\left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu}\right)^{\alpha^{-1}}\left(\frac{\mu}{\alpha^{-1}+\mu}\right)^{y} \tag{2.10}$$

จะเห็นว่ามุมแปรสุ่ม Y จะเป็นรูปแบบหนึ่งของการแจกแจงทวินามแบบลบที่มีค่าความแปรปรวนเป็นฟังก์ชันพหุนามกำลังสองของค่าเฉลี่ย (Quadratic mean-variance negative binomial model : NB2) ดังนั้นถ้าสุ่มตัวแปร Y มีการแจกแจงทวินามแบบลบที่มีค่าเฉลี่ย μ และค่าพารามิเตอร์ดิสเพอชัน (Dispersion Parameter) α เขียนแทนด้วย $Y = \text{NB}(\mu, \alpha)$ โดยมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นอยู่ในรูปของ

$$f(y|\mu,\delta)=\begin{cases}\dfrac{\Gamma(y+\alpha^{-1}\mu^{2-p})}{\Gamma(y+1)\Gamma(\alpha^{-1}\mu^{2-p})}\left(\dfrac{\alpha^{-1}\mu^{2-p}}{\alpha^{-1}\mu^{2-p}+\mu}\right)^{\alpha^{-1}\mu^{2-p}}\left(\dfrac{\mu}{\alpha^{-1}\mu^{2-p}+\mu}\right)^{y} ; \alpha\geq 0, y=0,1,2,... \\ 0 \qquad\qquad otherwise\end{cases} \quad (2.11)$$

เมื่อ E (Y) = μ

V (Y) = $\mu + \alpha\mu^{p}$

เมื่อ p เป็นสเกลที่แสดงฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของการแจกแจงทวินามแบบลบ และถ้าค่า $\alpha = 0$ จะลดเป็นการแจกแจงปัวซอง

การแจกแจงทวินามแบบลบมีหลายรูปแบบตามลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน แต่รูปแบบที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป มากที่สุดได้แก่

1) ตัวแบบ NB1

เมื่อ $p = 1$ ตัวแปรสุ่ม Y มีการแจกแจงทวินามแบบลบเขียนแทนด้วย $Y = NB1(\mu,\alpha)$ โดยมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นอยู่ในรูปของ

$$f(y|\mu,\delta)=\begin{cases}\dfrac{\Gamma(y+\alpha^{-1}\mu)}{\Gamma(y+1)\Gamma(\alpha^{-1}\mu)}\left(\dfrac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+1}\right)^{\alpha^{-1}\mu}\left(\dfrac{1}{\alpha^{-1}+1}\right)^{y} ; \alpha\geq 0,\ y=0,1,2,... \\ 0 \qquad\qquad otherwise\end{cases} \quad (2.12)$$

เมื่อ E (Y) = μ

V (Y) = $\mu + \alpha\mu$

นั่นคือตัวแปรแบบ NB1 มีความแปรปรวนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าเฉลี่ย (Linear mean-variance negative binomial model : NB1)

2) ตัวแบบ NB 2

เมื่อ $p=2$ ตัวแปรสุ่ม Y มีการแจกแจงทวินามแบบลบเขียนแทนด้วย $Y = NB2(\mu,\alpha)$ โดยมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นอยู่ในรูปของ

$$f(y|\mu,\delta)=\begin{cases}\dfrac{\Gamma(y+\alpha^{-1})}{\Gamma(y+1)\Gamma(\alpha^{-1})}\left(\dfrac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu}\right)^{\alpha^{-1}}\left(\dfrac{\mu}{\alpha^{-1}+\mu}\right)^{y} & ;\alpha\geq 0,\ y=0,1,2,... \\ 0 & otherwise\end{cases} \qquad (2.13)$$

เมื่อ E (Y) = μ

V (Y) = $\mu + \alpha\mu^2$

นั่นคือตัวแปรแบบ NB2 มีความแปรปรวนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าเฉลี่ย (Quadratic mean-variance negative binomial model : NB2)

2.3 ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบเป็นตัวแปรที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกรณีที่ตัวแปรตามเป็นข้อมูลจำนวนนับที่มีลักษณะการแจกแจงปัวซองที่มีค่าความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้นของตัวการถดถอยปัวซอง ตัวแปรการถดถอยทวินามแบบลบมีหลายรูปแบบตามลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน และตัวแปรที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

ถ้ามีตัวแปรอิสระ p ตัว $(X_1, X_2,..., X_p)$ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y โดยที่ความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น เมื่อตัวแปรตามเป็นจำนวนนับที่มีการแจกแจงทวินามแบบลบ นั่นคือจากข้อมูล :

$(Y_1,\ X_{11}, X_{12},..., X_{1p})$
$(Y_2,\ X_{21}, X_{22},..., X_{2p})$
.
.
$(Y_n,\ X_{n1}, X_{n2},..., X_{np})$

เมื่อ $Y = NB(\mu, \alpha)$ ดังนั้น ตัวอย่างขนาด n สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y ที่มีการแจกแจงทวินามแบบลบกับตัวแปรอิสระ p ตัว ด้วยตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบดังนี้

$$\mu_1 = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{12} + ... + \beta_p X_{1p})$$
$$\mu_2 = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{21} + \beta_2 X_{22} + ... + \beta_p X_{2p})$$
$$\vdots$$
$$\mu_n = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{n1} + \beta_2 X_{n2} + ... + \beta_p X_{np})$$

เขียนความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังสมการที่ 2.14

$$\underset{\sim}{\mu} = \exp(X \underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}) \qquad (2.14)$$

เมื่อ $\underset{\sim}{\mu}$ = เวกเตอร์แถวตั้ง ขนาด n ของค่าคาดหวังตัวแปรตาม μ_i เมื่อ $i = 1, 2, ..., n$

X = เมทริกซ์ของค่าตัวแปรอิสระ ขนาด n แถว และ $p+1$ หลัก

$\underset{\sim}{X}_i$ = เวกเตอร์แถวนอนของค่าตัวแปรอิสระขนาด $p+1$

$\underset{\sim}{\beta}$ = เวกเตอร์แถวตั้งของค่าพารามิเตอร์ ขนาด $p+1$ ที่มีสมาชิกที่ i เป็น β_i

$\underset{\sim}{\varepsilon}$ = เวกเตอร์แถวตั้งของค่าความคลาดเคลื่อนขนาด n ที่มีสมาชิกที่ i เป็น ε_i

กำหนดให้ $\mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix}$ ขนาด $n \times 1$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \ldots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{21} & \ldots & X_{2p} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ 1 & X_{n1} & X_{n1} & \ldots & X_{np} \end{bmatrix}$$ ขนาด $n \times (p+1)$

$$X_i = \begin{bmatrix} 1 & X_{i1} & X_{i2} & \ldots & X_{ip} \end{bmatrix}$$ ขนาด $1 \times (p+1)$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ . \\ . \\ . \\ \beta_p \end{bmatrix}$$ ขนาด $(p+1) \times 1$

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ . \\ . \\ . \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$ ขนาด $(p+1) \times 1$

จาก $Y = NB(\mu, \alpha)$ และ $E(Y_i = \mu_i ; i = 1,2,3,...,n)$ จะได้ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบดังสมการที่ 2.15

$$\underset{\sim}{\mu} = \exp(X \underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}) \tag{2.15}$$

และสมการพยากรณ์ของการถดถอยทวินามแบบลบดังสมการที่ 2.16

$$\underset{\sim}{\hat{\mu}} = \exp(X \underset{\sim}{\hat{\beta}}) \tag{2.16}$$

จากสมการ 2.15 และ 2.16 สามารถจัดอยู่ในรูปเชิงเส้นได้ดังนี้ ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบในรูปแบบเชิงเส้นในสมการที่ 2.17

$$\ln \underset{\sim}{\mu} = X \underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon} \tag{2.17}$$

และสมการพยากรณ์ของการถดถอยทวินามแบบลบในรูปแบบเชิงเส้นดังสมการที่ 2.18

$$\ln \hat{\underset{\sim}{\mu}} = X \hat{\underset{\sim}{\beta}} \tag{2.18}$$

จะได้

$$\begin{bmatrix} \ln \hat{\mu}_1 \\ \ln \hat{\mu}_2 \\ . \\ . \\ . \\ \ln \hat{\mu}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \ldots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{21} & \ldots & X_{2p} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ 1 & X_{n1} & X_{n1} & \ldots & X_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ . \\ . \\ . \\ \hat{\beta}_p \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\ln \hat{\mu}$ = ฟังก์ชันเชิงเส้นค่าเฉลี่ยของตัวแบบ $\mu_i = E(Y_i) = \exp(\underset{\sim}{X}_i \underset{\sim}{\beta})$

$X \hat{\underset{\sim}{\beta}}$ = ฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าพารามิเตอร์

2.4 การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชูเกียรติ ผุดพรมราช (2547) ได้ทำการศึกษาลักษณะของการวิเคราะห์การถดถอยปัวซองปัญหาอุบัติการณ์ที่มีการแจกแจงแบบปัวซองและศึกษาประสิทธิภาพของการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบต่าง ๆ โดยประยุกต์กับข้อมูลอุบัติเหตุจากการขนส่งทางบกของประเทศไทยในแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2537 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2545 จากการประยุกต์การถดถอยปัวซองกับข้อมูลอุบัติเหตุของประเทศไทย พบว่าช่วงเวลา (เดือน) จำนวนวันต่อเดือน จำนวนวันหยุดพิเศษต่อเดือน จำนวนประชากรต่อเดือน และจำนวนยานพาหนะต่อเดือนส่งผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจากการขนส่งทางบกของประเทศไทย และเกิดปัญหาที่ค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมติของตัวแบบ

มานัดถุ์ คำกอง (2550) การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหากรณีที่การวิเคราะห์การถดถอยปัวซองเกิดปัญหาค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย (Overdispersion) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้นของตัวแบบการถดถอยปัวซอง จากการประยุกต์ใช้ตัวแบบการถดถอยปัวซองกับข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจากการขนส่งทางบกของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2537 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2546 พบว่าค่าสถิติ Deviance/df มากกว่าหนึ่งเกิดปัญหา Overdispersion นั้นคือ ตัวแบบการถดถอยปัวซองไม่เหมาะสมกับข้อมูล ดังนั้นจึงประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบกับข้อมูล

เอกรินทร์ จินทะวงศ์ (2544) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทวินามลบกับแบบจำลองการถดถอยปัวซอง พบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรอุบัติเหตุที่มีข้อมูลต่อเนื่องกับตัวแปรทางเรขาคณิตของถนนคือแบบจำลองการถดถอยปัวซอง ผลการศึกษาพบปัจจัยที่มีผลกับการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด คือปริมาณการจราจรและแนวทางราบ ส่วนปัจจัยที่มีผลกับอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต คือปริมาณการจราจร ความกว้างของไหล่ทาง จำนวนทางเชื่อมและจำนวนช่องการจราจรที่เลี้ยวซ้ายจากถนนหลัก

เสริมศักดิ์ พงษ์เมษา (2545) ได้ศึกษาพัฒนาแบบจำลองคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงแผ่นดินประเภทสองช่องจราจรนอกเมืองที่สัมพันธ์กับลักษณะทางเรขาคณิตของทางหลวง โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุระหว่างปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2541 รวมทั้งสิ้น 3 ปี การวิจัยได้ทดลองใช้รูปแบบจำลองการถดถอยพหุคูณ แบบจำลองการถดถอยปัวซอง แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบ และแบบจำลองการถดถอยลอกนอมอล ปรากฏว่าแบบจำลองการถดถอยปัวซองเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้อธิบายเหตุการณ์อุบัติเหตุซึ่งมีลักษณะไม่ต่อเนื่องและมีข้อมูลกระจัดกระจาย จากการศึกษา พบว่าตัวแปรที่มีนัยสำคัญในการอธิบายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่มีการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่มีการตายและอุบัติเหตุที่รถออกนอกถนน ได้แก่ ปริมาณการใช้รถ ความกว้างผิวทางและไหล่ทาง ความเร็วออกแบบแนวทางราบและแนวทางดิ่ง เขตห้ามแซงและจำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร

Belmont (1954) ทำการศึกษาผลของความกว้างไหล่ทางต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนทางตรงสองช่องจราจรในเขตเมืองที่มีปริมาณจราจรน้อย ถนนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษายาว 533 ไมล์ ซึ่งมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น 1,333 อุบัติเหตุ ความยามกว้างไหล่ทางแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ น้อยกว่า 6 ฟุต เท่ากับ 6 ฟุต และมากกว่า 6 ฟุต พบว่าบนช่วงถนนท่ามีความกว้างไหล่ทาง 6 ฟุต มีอัตราอุบัติเหตุต่ำกว่าช่วงถนนที่มีความกว้างไหล่ทางน้อยกว่า 6 ฟุต และบนช่วงถนนที่มีความกว้างไหล่ทาง 6 ฟุต ในช่วงปริมาณจราจรมากว่า 5,000 คันต่อวันมีอัตราอุบัติเหตุต่ำกว่าช่วงถนนที่มีความกว้างไหล่ทางเกิน 6 ฟุต ผลที่ได้จากการศึกษาดังกล่าวแตกต่างจากผลในทางทฤษฎี (ไหล่ทางที่กว้างขึ้น

จะทำให้มีอัตราอุบัติเหตุน้อยลง) เขาสันนิษฐานตามความจริงที่ว่า ในกรณีที่ไหล่ทางน้อยกว่า 3 ฟุต จะทำให้พื้นที่บนไหล่ทางไม่เพียงพอที่จะมีการแซง (Inadequate shoulder maneuver room) และไหล่ทางแคบทำให้ยานพาหนะมีการแล่นออกจากเลนที่กำหนดทิศทางเพิ่มมากขึ้น และกรณีที่ความกว้างไหล่ทางมากกว่า 6 ฟุต จะทำให้ผู้ขับขี่บนไหล่ทางเกิดความประมาทและมีโอกาสที่จะชนรถที่จอดอยู่ได้

Caliendo et al. (2007) ได้พัฒนาแบบจำลองอุบัติเหตุสำหรับถนนหลายช่องจราจรในประเทศอิตาลีจากข้อมูลสถิติ 5 ปี แบบจำลองอุบัติเหตุแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างพื้นฐาน กระแสการจราจร และปัจจัยสภาพแวดล้อม โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป ในรูปแบบของแบบจำลองการถดถอยปัวซอง,แบบจำลองการถดถอยทวินามแบบลบ และแบบจำลองเชิงกลุ่มแบบลบ ทุกอุบัติเหตุตัวแปรจะรวมถึงความยาวของช่วงถนน ปริมาณจราจร แนวโค้ง ระยะการมองเห็นสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ความลาดชันตามแนวยาว และตำแหน่งของทางแยก ซึ่งจากการศึกษา พบว่าตัวแปรเช่น ความยาวของช่วงถนน แนวโค้ง และปริมาณจราจร เป็นตัวแปรที่มีผลโดยตรงสำหรับแบบจำลองอุบัติเหตุบริเวณทางโค้งเท่านั้น ส่วนแบบจำลองอุบัติเหตุบริเวณช่วงก่อนทางโค้ง ตัวแปรที่มีผลคือ ความยาวของช่วงทางถนน ปริมาณจราจร และตำแหน่งของทางแยก

Chueh (2007) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุโดยอาศัยวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณโดยนำปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ประเภทเกาะกลางถนน ระดับถนน ความเร็วเฉลี่ย โค้งแนวราบมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้น อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ ตัวแปรตามซึ่งหมายถึงจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น จะอยู่ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งในกรณีของการเกิดอุบัติเหตุนั้น ไม่ได้มีลักษณะเป็นไปตามการกระจายตัวแบบดังกล่าว นอกเหนือจากนั้น แบบจำลองนี้ยังได้ให้ผลลัพธ์ของจำนวนอุบัติเหตุที่เป็นค่าลบ รวมไปถึงผลลัพธ์ที่มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่าจะไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นที่ช่วงถนนนั้นอย่างแน่นอน สรุปได้ว่าแบบจำลองทางสถิติที่มีความเหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ข้อมูล คือ แบบจำลองการถดถอยปัวซองและแบบจำลองการถดถอยทวินามแบบลบ

Eisenberg (2004) ได้พัฒนาแบบจำลองอุบัติเหตุสำหรับรัฐแคลิฟอร์เนีย โดยใช้การวิเคราะห์ แบบจำลองการถดถอยทวินามแบบลบ อุบัติเหตุส่วนใหญ่จะถูกจำลองในรูปแบบของการเสียชีวิต การบาดเจ็บ และความเสียหายของทรัพย์สิน สำหรับช่วงเวลาแต่ละวันและเดือน โดยรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝนและหิมะเข้ากับแบบจำลอง ซึ่งจากการศึกษา พบว่าการเพิ่มความของความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาแต่ละวันและเดือนดังกล่าวเป็นผลทำให้การเกิดอุบัติเหตุลดน้อยลง

Greibe (2003) ได้พัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ โดยอาศัยการวิเคราะห์แบบ Poisson regression เพื่อคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงพิเศษและทางแยกในพื้นที่เขตเมือง ในประเทศอิตาลี โดยมีพื้นที่การศึกษายาว 142 กิโลเมตร ตัวแปรที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ความเร็วจำกัด ปริมาณจราจร ความกว้างถนน จำนวนช่องจราจร มาตรการลดความเร็ว ความเป็นเมืองศูนย์กลาง จุดจอดรถสาธารณะ การใช้ประโยชน์พื้นที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ใช้รถใช้ถนน ผลจากการศึกษา พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงที่สุด คือ ปริมาณจราจร รองลงมา ได้แก่ ความเร็วจำกัดการใช้ประโยชน์พื้นที่ และจำนวนทางสายรองในบริเวณนั้น ตามลำดับ

Jacobs (1976) จากการศึกษาเรื่องอัตราอุบัติเหตุบนถนนในเขตนอกเมืองประเทศเคนยาและจาไมกา และใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราอุบัติเหตุกับลักษณะทางเรขาคณิตของทาง พบว่าในประเทศจาไมกาที่ระดับนัยสำคัญ 5% ความกว้างถนนและจำนวนจุดต่อเชื่อมต่อกิโลเมตรเป็นตัวแปรมีความสัมพันธ์ต่ออัตราอุบัติเหตุมากที่สุด และอัตราอุบัติเหตุของทั้ง 2 ประเทศมีความสัมพันธ์กับปริมาณจราจร กล่าวคือ อัตราอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นตามปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้น

Kinberg et al. (1968) ทำการศึกษาเรื่องอัตราอุบัติเหตุสัมพันธ์กับการออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิตของถนนในเขตนอกเมือง ได้อ้างอิงงานวิจัยหลายการศึกษา (Vey, 1937; Belmont, 1953; Raff, 1933; Schoppert, 1957) ที่มีผลยืนยันว่าอัตราอุบัติเหตุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณจราจรบนทางหลวง กล่าวคือเมื่อปริมาณจราจรเพิ่มอัตราอุบัติเหตุจะเพิ่มขึ้นด้วย

Mcgee et al. (1995) แนะนำว่าทางลาดชันมีอิทธิพลต่ออัตราอุบัติเหตุบนโค้งราบ กล่าวคือโค้งราบในช่วงลาดลง (downgrade) มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าโค้งราบที่ตั้งอยู่บนที่ราบ

Shankar et al. (1995) ได้พัฒนาแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุ โดยมุ่งเน้นที่ลักษณะทางกายภาพของถนน เช่น โค้งแนวราบ โค้งแนวดิ่ง รวมไปถึงปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตก จำนวนวันที่หิมะตก โดยมีขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษาบนช่วงถนนระหว่างรัฐหมายเลข 90 เมืองซีแอทเทิล ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งสภาพภูมิอากาศบริเวณถนนดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งตลอดทั้งปี ยกเว้นเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม การศึกษานี้ได้อาศัยการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยทวินามแบบลบซึ่งผลจากการศึกษา พบว่าการเพิ่มขึ้นของปัจจัยดังกล่าวมีส่วนสำคัญทำให้การเกิดอุบัติเหตุ เพิ่มมากขึ้น แบบจำลองนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการประเมินมาตรการด้านความปลอดภัย เช่น ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ

Wang (1997) อ้างงานวิจัยของ Chapman (1973) อธิบายแนวคิดที่สำคัญในการวิเคราะห์อุบัติเหตุ คือ แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณการใช้รถ (Concept of exposure) แนวคิดนี้เพื่อเลี่ยงการตีความหมายผิดเกี่ยวกับสถานะของอุบัติเหตุ (Accident situations) เพราะจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นสูงไม่ได้

หมายความถึงความน่าจะเป็น (Probability) สำหรับการเกิดอุบัติเหตุสูง โดยใช้คำจำกัดความของปริมาณการใช้รถเป็นจำนวนโอกาส (Opportunities) สำหรับการเกิดอุบัติเหตุที่ต้องเกิดขึ้นแน่นอนในช่วงเวลาและพื้นที่ศึกษาที่กำหนด

Wang (1997) ใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ และแบบจำลองการถดถอยปัวซอง มาทำการศึกษาเปรียบเทียบและพัฒนาแบบจำลอง ทำนายจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิต ที่สัมพันธ์กับปัจจัยทางเรขาคณิตที่เกี่ยวข้องบนถนนซูนยาทเซน ประเทศไต้หวัน จากการศึกษาวิจัย พบว่าร้อยละทางลาดชันเป็นตัวแปรตามที่มีนัยสำคัญกับทุกแบบจำลอง โดยจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและจำนวนผู้เสียชีวิตจะเพิ่มขึ้นตามทางลาดชัน ช่วงลาดลง (downgrade slope) และจะลดลงตามทางลาดชันช่วงลาดขึ้น (upgrade slope)

Zegeer and Deacon (1998) ทำการศึกษาผลทางด้านความปลอดภัยของทางหลวงในการออกแบบความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทางและประเภทไหล่ทาง พบว่าเมื่อเพิ่มความกว้างช่องจราจรและความกว้างไหล่ทางจะทำให้อัตราอุบัติเหตุลดลง การขยายความกว้างช่องจราจรมีผลทางด้านความปลอดภัยมากกว่าการเพิ่มความกว้างไหล่ทาง

2.5 สรุปการศึกษาและงานวิจัยที่ผ่านมา

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่ศึกษามีทฤษฎีสนับสนุนการสร้างแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) สรุปคือ การพัฒนาแบบจำลอง ทำนายอุบัติเหตุมีความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจร และปัจจัยทางเรขาคณิตของถนน เช่นความกว้างของไหล่ทาง จำนวนช่องการจราจร หรือจำนวนทางเชื่อม ฯลฯ

การศึกษาการวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบ ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เป็นตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ เพื่อใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรที่ศึกษา เช่น การศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุโดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบมีความเหมาะสมกับการสร้างแบบจำลองที่ตัวแปรตามมีการกระจายตัวสูง และตัวแปรอิสระ เช่น ปัจจัยทางเรขาคณิต ปริมาณการจราจร จำนวนประชากร ความแตกต่างทางด้านสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น โดยการวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบพิจารณาจากตัวแปรอุบัติเหตุเป็นจำนวนเต็มไม่มีจุดทศนิยม และตัวแปรปัจจัยทางเรขาคณิตและปริมาณการจราจร หรือตัวแปรอิสระที่มีการแจกแจงแบบปัวซองมีค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติฐานเบื้องต้นของการสร้างแบบจำลองการถดถอยปัวซอง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 จากศูนย์แจ้งอุบัติเหตุการทางพิเศษ กองออกแบบการทางพิเศษ กองซ่อมบำรุงการทางพิเศษและสำนักงานสถิติการทางพิเศษ โดยวิเคราะห์ว่าปัจจัยทางเรขาคณิตตัวใดบ้างที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและทำการสร้างแบบจำลองใช้วิเคราะห์ตัวแปรอุบัติเหตุ ซึ่งแบ่งเป็น 5 กลุ่มคือ (1) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (2) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (3) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต (4) จำนวนรายผู้เสียชีวิต และ (5) จำนวนรายผู้บาดเจ็บ แบบจำลองมีการเปรียบเทียบและการตรวจสอบความเที่ยงตรงเพื่อการคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

1) ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วนในประเทศไทย

2) เก็บข้อมูลอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) จากศูนย์แจ้งอุบัติเหตุการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

3) เก็บข้อมูลทางกายภาพของบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) จากแบบก่อสร้างทางกองออกแบบการทางพิเศษแห่งประเทศไทยเพื่อทำการวัดและอ่านข้อมูลจากแบบจริง

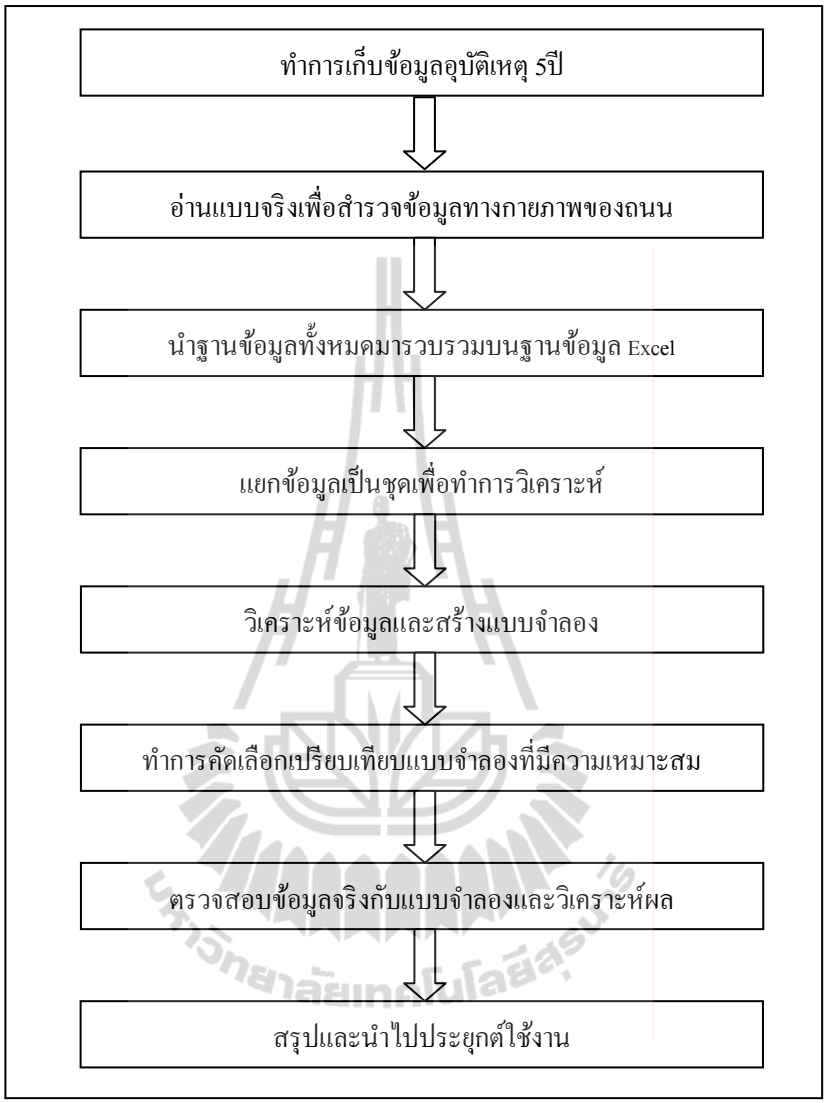
4) นำข้อมูลทั้งหมดมารวบรวมในรูปแบบฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Excel

5) ทำการแยกข้อมูลเป็นชุดลำดับตามหลักกิโลเมตรของถนน

6) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามชุดข้อมูลที่ลำดับไว้และสร้างแบบจำลอง

7) คัดเลือกและเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุด

8) ทำการวิเคราะห์สรุปผลและนำไปประยุกต์ใช้งาน



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 พื้นที่ศึกษา

3.2.1 ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1)

จากปัญหาการจราจรติดขัดในเขตกรุงเทพมหานครก่อให้เกิดความสูญเสียเศรษฐกิจอย่างมาก การทางพิเศษแห่งประเทศไทยจึงได้ดำเนินการก่อสร้างทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ตามแผนแม่บทสำหรับแก้ไขปัญหาการจราจรโดยมีจุดประสงค์เพื่อเชื่อมโยงทางหลวงแผ่นดินสายประธานจากภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเข้าด้วยกัน เพื่อลดเวลาใน

การเดินทางจากภาคหนึ่งไปยังอีกภาคหนึ่ง โดยไม่ต้องเสียเวลากับการจราจรติดขัดในใจกลางเมือง ประกอบด้วยเส้นทาง 3 สาย ระยะทางรวม 30.1 กิโลเมตร แต่ละเส้นทางมีรายละเอียดดังนี้

- สายดินแดง-ท่าเรือ มีระยะทาง 8.9 กิโลเมตร ประกอบด้วยทางยกระดับและทางบนพื้นราบมีจำนวนจุดเข้าและจุดออก 7 แห่ง จัดการจราจรโดยแบ่งช่องจราจรเป็น 4 ช่องทาง กว้างโดยเฉลี่ยช่องทางละ 3.10 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร เปิดให้บริการในปี 2525
- สายบางนา-ท่าเรือ ระยะทาง 9.9 กิโลเมตร ประกอบด้วยทางยกระดับและทางบนพื้นราบมีจำนวนจุดเข้าและจุดออก 15 แห่ง จัดการจราจรโดยแบ่งช่องจราจรเป็น 4 ช่องทาง กว้างโดยเฉลี่ยช่องทางละ 3.10 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร เปิดให้บริการในปี 2526
- สายดาวคะนอง-ท่าเรือ ระยะทาง 11.3 กิโลเมตรมีจำนวนจุดเข้าและจุดออก 9 แห่ง จัดการจราจรเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเริ่มจากถนนพระราม 2 ถึงบริเวณถนนสุขสวัสดิ์แบ่งช่องจราจรเป็น 2 ช่องทาง กว้างช่องทางละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร และช่วงที่สองเริ่มจากบริเวณถนนสุขสวัสดิ์จนถึงทางแยกต่างระดับท่าเรือแบ่งช่องจราจรเป็น 3 ช่องทาง กว้างช่องทางละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร เปิดให้บริการในปี 2530

3.2.2 ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

จากความสำเร็จของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทำให้การทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้วางแผนดำเนินการโครงการทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยมีแนวทางเชื่อมต่อกับทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและรองรับปริมาณจราจรและสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมที่คาดว่าจะขยายตัวในอนาคตโดยกระทรวงมหาดไทยได้กำหนดนโยบายให้การทางพิเศษแห่งประเทศไทยพิจารณาหาแนวทางให้เอกชนมีส่วนร่วมเข้ามาลงทุนการทางพิเศษแห่งประเทศได้พิจารณาเห็นควรเปิดโอกาสให้เอกชนร่วมลงทุนในรูปแบบของสัมปทานและคัดเลือกบริษัททางด่วนกรุงเทพจำกัดมหาชนเป็นผู้ได้รับสัมปทานทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ระยะเวลา 30 ปี ประกอบด้วยเส้นทาง 4 สาย ระยะทางรวม 39.2 กิโลเมตรแต่ละเส้นทางมีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนเอ (จากถนนรัชดาภิเษกถึงถนนพระราม 9) ระยะทาง 12.4 กิโลเมตร เป็นทางยกระดับมีจำนวนจุดเข้าและจุดออก 21 แห่ง จัดการจราจรโดยแบ่งช่องจราจรเป็น 3 ช่องทาง กว้างช่องทางละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร เปิดให้บริการในปี 2536
- ส่วนบี (จากถนนพระราม 3 ถึงทางแยกต่างระดับพญาไท) ระยะทาง 9.4 กิโลเมตร เป็นทางยกระดับมีจำนวนจุดเข้าและจุดออก 17 แห่ง จัดการจราจรโดยแบ่งช่องจราจรเป็น 3 ช่องทาง กว้างช่องทางละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร เปิดให้บริการในปี 2539

- ส่วนซี (จากถนนรัชดาภิเษกถึงถนนแจ้งวัฒนะ) ระยะทาง 8.0 กิโลเมตร เป็นทางยกระดับมีจำนวนจุดเข้าและจุดออก 7 แห่ง จัดการจราจรโดยแบ่งช่องจราจรเป็น 3 ช่องทาง กว้างช่องทางละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร เปิดให้บริการในปี 2536
- ส่วนดี (ถนนพระราม 9 ถึงถนนศรีนครินทร์) ระยะทาง 9.4 กิโลเมตร เป็นทางยกระดับมีจำนวนจุดเข้าและจุดออก 12 แห่ง จัดการจราจรโดยแบ่งช่องจราจรเป็น 3 ช่องทาง กว้างช่องทางละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.00 เมตร เปิดให้บริการในปี 2541

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

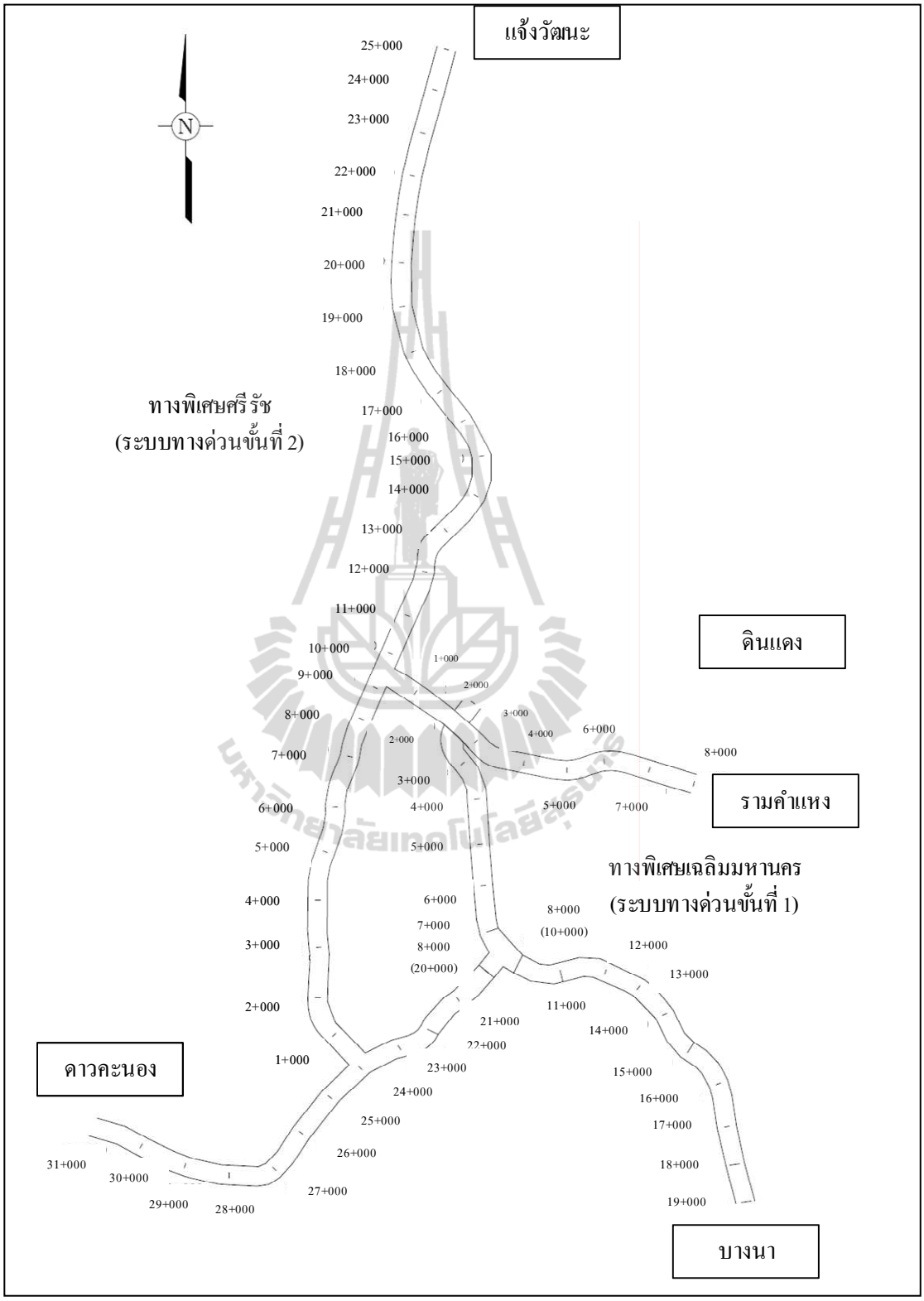
1) ข้อมูลรูปแบบและอัตราการเกิดอุบัติการณ์การจราจรจากการรวบรวมรายงานการรับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552

2) ข้อมูลจุดที่เกิดอุบัติเหตุจากการรวบรวมรายงานการรับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2552

3) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนนจากแบบก่อสร้างของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

4) ข้อมูลการจราจรจากการบันทึกสถิติของสำนักงานสถิติการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.2 พื้นที่การศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการศึกษานี้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือการเก็บฐานข้อมูลจากหน่อยงานย่อยต่าง ๆ ของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยและวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลอง

- รายงานการรับแจ้งอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) จากศูนย์รับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ใช้เป็นข้อมูลอุบัติเหตุ
- แบบทางสถาปัตย์ที่ใช้ก่อสร้างจริงของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) จากกองออกแบบของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ใช้เป็นข้อมูลทางกายภาพของถนน
- ฐานข้อมูลจากสำนักงานสถิติการทางพิเศษแห่งประเทศไทยใช้เป็นข้อมูลการตรวจสอบ
- คอมพิวเตอร์และโปรแกรมต่าง ๆ ใช้ในการแยกข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.4.1 รายงานรับแจ้งอุบัติเหตุ

รายงานรับแจ้งอุบัติเหตุนี้เป็นรายงานรับแจ้งจากจุดเกิดเหตุที่เกิดบนทางด่วนทุกจุดจะรับแจ้ง 2 วิธี คือ โดยการบันทึกในแบบโดยตรงและการบันทึกผ่านวิทยุสื่อสารแล้วนำมาบันทึกในรูปฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์อีกครั้งมีรายระเอียดครบถ้วนชัดเจน ฐานข้อมูลอุบัติเหตุจราจรเป็นการบันทึกรายละเอียดทั่วไปของอุบัติเหตุจราจรมีข้อมูลดังนี้ วันที่เกิดเหตุ ลักษณะและสาเหตุ ชื่อโครงการ เวลารับแจ้งเหตุ สายทางและสถานที่เกิดเหตุ เวลาเข้าถึงที่เกิดเหตุ ลักษณะและสาเหตุของอุบัติเหตุจราจร จำแนกเพศผู้บาดเจ็บหรือผู้เสียชีวิต การดำเนินการ และเวลาแล้วเสร็จ

3.4.2 ตัวแปรทางเรขาคณิตและปริมาณการจราจร

เป็นตัวแปรที่ได้จากแบบทางกายภาพของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ที่ใช้ทำการก่อสร้างจริง ปัจจุบันใช้ในการออกแบบปรับปรุงและเพิ่มเติมเพื่อไขจุดอันตรายซึ่งมีรายระเอียดดังนี้

1) ความกว้างของผิวทางมีหน่วยเป็นเมตร หมายถึงความกว้างผิวการจราจร 1 ทิศทาง ซึ่งในบางช่วงของถนนทิศทาง A และทิศทาง B อาจมีความกว้างของผิวทางอาจไม่เท่ากัน สามารถวัดได้จากแบบโดยตรงตามมาตราส่วนที่แบบกำหนด

2) ความกว้างของไหล่ทางมีหน่วยเป็นเมตร หมายถึงความกว้างจากผิวการจราจรถึงขอบถนน 1 ทิศทาง ซึ่งในบางช่วงของถนนทิศทาง A และทิศทาง B อาจมีความกว้างของไหล่ทางอาจไม่เท่ากัน สามารถวัดได้จากแบบโดยตรงตามมาตราส่วนที่แบบกำหนด

3) องศาโค้งราบมีหน่วยเป็นองศา หมายถึงระยะทางที่สั้นที่สุดบนผิวทรงกลมที่ไม่ใช่เส้นตรงบนถนนทำการวัดโดยลากเส้นสัมผัสตัดกันแล้วใช้จานองศาวัดมุมถ้าในช่วงใดมีหลายโค้งจะวัดเป็นมุมสะสม สามารถวัดได้จากแบบโดยตรงตามมาตราส่วนที่แบบกำหนด

4) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวขึ้นมีหน่วยเป็นร้อยละ หมายถึงค่าร้อยละผลต่างของความลาดชันของทางขึ้นเนิน (มีค่าเป็นบวก) จากช่วงถนนจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งเป็นค่าสะสม ซึ่งสามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

5) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวลงมีหน่วยเป็นร้อยละ หมายถึงค่าร้อยละผลต่างของความลาดชันของทางลงเนิน (มีค่าเป็นลบ) จากช่วงถนนจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งเป็นค่าสะสม ซึ่งสามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

6) จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตรมีหน่วยเป็นทาง หมายถึงทางที่เชื่อมต่อกับทางพิเศษหรือทางที่เชื่อมต่อกับทางสายหลัก นับจุดรวมทั้งทางเข้าและทางออก ซึ่งสามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

7) ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ หมายถึงบริเวณทางแยกต่างระดับกับทางแยกต่างระดับตัดกัน โดยมากจะเป็นทางด่วนสองเส้นตัดกันมีหน่วยคือ ใช่ = 1 และ ไม่ใช่ = 0 ซึ่งสามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

8) ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ หมายถึงช่วงถนนที่ศึกษาอยู่ในระยะ 1 กิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับมีหน่วย คือใช่ = 1 และ ไม่ใช่ = 0 ซึ่งสามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

9) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ หมายถึงช่วงถนนที่ศึกษาอยู่ในระยะ 1 กิโลเมตรหลังออกจากทางแยกต่างระดับมีหน่วย คือ ใช่ = 1 และ ไม่ใช่ = 0 ซึ่งสามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

10) ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (off-ramp) หมายถึงช่วงถนนที่ศึกษาอยู่ในระยะ 1 กิโลเมตรก่อนถึงทางออกจากทางพิเศษมีหน่วย คือ ใช่ = 1 และไม่ใช่ = 0 สามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

11) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp) หมายถึงช่วงถนนที่ศึกษาอยู่ในระยะ 1 กิโลเมตรหลังทางเข้าทางพิเศษมีหน่วย คือใช่ = 1 และไม่ใช่ = 0 สามารถอ่านได้จากแบบโดยตรง

12) ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีมีหน่วยเป็นล้านคันต่อวัน หมายถึงปริมาณการจราจรในช่วง 1 กิโลเมตรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีของทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชเป็นตัวแปรอิสระที่ได้จากแบบจำลองการจราจรของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

3.4.3 ตัวแปรด้านอุบัติเหตุ

1) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีหน่วยเป็นครั้งต่อ 5 ปีต่อกิโลเมตร หมายถึง จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วง 1 กิโลเมตรเฉลี่ยต่อ 5 ปี ของทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช เป็นตัวแปรตามที่ได้จากรายงานรับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

2) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บมีหน่วยเป็นครั้งต่อ 5 ปีต่อกิโลเมตร หมายถึงจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บขึ้นในช่วง 1 กิโลเมตรเฉลี่ยต่อ 5 ปี ของทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช เป็นตัวแปรตามที่ได้จากรายงานรับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

3) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตมีหน่วยเป็นครั้งต่อ 5 ปีต่อกิโลเมตร หมายถึงจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตขึ้นในช่วง 1 กิโลเมตรเฉลี่ยต่อ 5 ปี ของทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชเป็นตัวแปรตามที่ได้จากรายงานรับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

4) จำนวนรายผู้เสียชีวิตมีหน่วยเป็นรายต่อ 5 ปีต่อกิโลเมตร หมายถึงจำนวนรายผู้เสียชีวิตที่เกิดขึ้นในช่วง 1 กิโลเมตรเฉลี่ยต่อ 5 ปีของทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช เป็นตัวแปรตามที่ได้จากรายงานรับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

5) จำนวนรายผู้บาดเจ็บมีหน่วยเป็นรายต่อ 5 ปีต่อกิโลเมตร หมายถึงจำนวนรายผู้บาดเจ็บที่เกิดขึ้น ในช่วง 1 กิโลเมตรเฉลี่ยต่อ 5 ปีของทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช เป็นตัวแปรตามที่ได้จากรายงานรับแจ้งอุบัติเหตุของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อความสะดวกในการอธิบายผล จึงขอใช้สัญลักษณ์เพื่อแทนความหมายต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

β	แทน	ค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบ
SE.	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบ
b/St.Er.	แทน	ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์
TOTACC	แทน	จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด (Y)
PW	แทน	ความกว้างของผิวทาง
VOL	แทน	ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (ล้านคันต่อวัน)
SW	แทน	ความกว้างของไหล่ทาง
HC	แทน	องศาโค้งราบ

VCU แทน ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวขึ้น

VCD แทน ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวลง

RC แทน จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร

IN แทน ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ

BKIN แทน ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ

FKIN แทน ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ

BKS แทน ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)

FKS แทน ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (off-ramp)

3.5.1 การหาค่าพารามิเตอร์

จากการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบจากข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดกับตัวแปรทางเรขาคณิตและปริมาณการจราจร ดังนั้นจะมีวิธีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบใช้ระดับนัยสำคัญที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 และระดับนัยสำคัญที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ผลการวิเคราะห์ดังตัวอย่างนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดของแบบจำลองจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

Variable	Coefficient (β)	Standard Error (SE.)	b/St.Er.	|P[|Z|>z]
Constant	2.411	0.372	6.473	0.000
PW	-0.011	0.023	-0.509	0.611
VOL	0.427	1.823	0.234	0.815
HC	-0.004	0.004	-1.152	0.250
VCU	-0.007	0.051	-0.140	0.889
VCD	-0.010	0.032	-0.300	0.764
RC	0.046	0.105	0.444	0.657
IN	0.608**	0.223	2.728	0.006
BKIN	0.133	0.213	0.625	0.532
FKIN	0.143	0.240	0.594	0.552
BKS	0.185	0.166	1.118	0.264
FKS	0.224*	0.150	1.496	0.100

หมายเหตุ : * หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)

** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการถดถอยทวินามแบบลบเพื่อพยากรณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด พบว่ามีตัวแปรบางตัวที่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแบบจำลองได้ คือ ความกว้างของผิวถนนมีค่าเป็นลบขัดแย้งกับการศึกษาของ Zegeer and Deacon (1998) กล่าวไว้ว่า ผลความปลอดภัยในการออกแบบ พบว่าเมื่อเพิ่มความกว้างช่องจราจรและไหล่ทางจะทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุลดลง โดยร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่ง (ขึ้น-ลง) มีค่าเป็นลบขัดแย้งกับการศึกษาของ Wang (1997) ทางลาดชันเป็นตัวแปรตามที่มีนัยสำคัญกับทุกแบบจำลอง โดยจำนวนอุบัติเหตุจะเพิ่มขึ้นตามทางลาดชัน และองศาโค้งราบมีค่าเป็นลบขัดแย้งกับการศึกษาของ Hedman (1990) โค้งราบมีผลกับระยะการมองเห็นเมื่อโค้งราบมีองศามากจะทำให้ระยะการมองเห็นลดน้อยลง ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่ายกว่าโค้งราบที่มีองศาน้อย ส่วนปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร กิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับกิโลเมตรหลังถึงทางแยกต่างระดับและกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (นับกิโลเมตรจากด้านหน้าทางเข้า) พบว่ามีนัยสำคัญน้อยกว่า 0.10 (Sig @ $\alpha < 0.10$) ซึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ของแบบจำลอง จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ ให้ค่าแตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ $\alpha < 0.10$) จะได้สมการพยากรณ์ดังสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$\text{Ln}\ \hat{\mu} = 2.411 + 0.608\text{ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ} + 0.224\text{กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก} \quad (3.1)$$

$$\hat{\mu} = \exp[2.411 + 0.608\text{ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ} + 0.224\text{กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก}] \quad (3.2)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับมีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.608 หมายถึง ถ้ามีช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.37 โดยที่ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักมีค่าคงที่

ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักมีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.224 หมายถึง ถ้ามีช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักจะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 12.51% โดยที่ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับมีค่าคงที่

3.5.2 วิธีการคัดเลือกตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบที่เหมาะสม

การพิจารณาตัวแบบที่เหมาะสมของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบพิจารณาจากค่านัยสำคัญที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 (|P[|Z|>z]) โดยจะคัดเลือกเอาค่าที่มากที่สุดออกไปครั้งละตัว แล้วทำการคำนวณใหม่เมื่อคัดเลือกตัวแปรออกไปทุกครั้ง

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการคัดเลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (|P[|Z|>z]) สูงสุดออก

ตัวแบบของสมการ TOTACC ในโปรแกรม Limdep	ตัวแปรที่ถูกคัดออก
1. negbin;lhs=totacc;rhs=one,pw,vol,hc,vcu,vcd,rc,in,bkin,fkin,bks,fks$	vcd
2. negbin;lhs=totacc;rhs=one,pw,vol,hc,vcd,rc,in,bkin,fkin,bks,fks$	vol
3. negbin;lhs=totacc;rhs=one,pw,hc,vcd,rc,in,bkin,fkin,bks,fks$	vcd
4. negbin;lhs=totacc;rhs=one,pw,hc,rc,in,bkin,fkin,bks,fks$	rc
5. negbin;lhs=totacc;rhs=one,pw,hc,in,bkin,fkin,bks,fks$	pw
6. negbin;lhs=totacc;rhs=one,hc,in,bkin,fkin,bks,fks$	bkin
7. negbin;lhs=totacc;rhs=one,hc,in,fkin,bks,fks$	fkin
8. negbin;lhs=totacc;rhs=one,hc,in,bks,fks$	hc
9. negbin;lhs=totacc;rhs=one,in,bks,fks$*	bks
10. negbin;lhs=totacc;rhs=one,in,fks$**	-

หมายเหตุ : * หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)

** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

```
+--------------------------------------------+
| Negative Binomial Regression               |
| Maximum Likelihood Estimates               |
| Dependent variable              TOTACC     |
| Weighting variable                 ONE     |
| Number of observations             136     |
| Iterations completed                18     |
| Log likelihood function       -463.9717    |
| Restricted log likelihood     -635.9159    |
| Chi-squared                    343.8884    |
| Degrees of freedom                    1    |
| Significance level             .0000000    |
+--------------------------------------------+
+---------+-------------+----------------+--------+---------+----------+
|Variable | Coefficient | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z] | Mean of X|
+---------+-------------+----------------+--------+---------+----------+
 Constant   2.410582186      .37242008       6.473   .0000
   PW       -.1146585785E-01  .22541025E-01    -.509   .6110  12.666176
   VOL       .4272463859     1.8228290         .234   .8147  .11619141
   HC       -.4492871549E-02  .39013164E-02   -1.152   .2495  16.902941
   VCU      -.7070814533E-02  .50506318E-01    -.140   .8887  .83963971
   VCD      -.9756808342E-02  .32491310E-01    -.300   .7640  .85155147
   RC        .4643088096E-01  .10465928         .444   .6573  .65441176
   IN        .6083529798      .22298957        2.728   .0064  .15441176
   BKIN      .1332040285      .21296582         .625   .5317  .12500000
   FKIN      .1425989705      .23999914         .594   .5524  .12500000
   BKS       .1854028431      .16584855        1.118   .2636  .31617647
   FKS       .2241294362      .14978473        1.496   .1346  .35294118
```

รูปที่ 3.3 การประมวลผลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

จากตารางที่ 3.2 ในการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่มีระดับนัยสำคัญมากที่สุดออกครั้งละตัว แล้วประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จะได้ค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ น้อยกว่า 0.10 (|P[|Z|>z])

Variable	Coefficient (β)	Standard Error (SE.)	b/St.Er.	|P[|Z|>z]
Constant	2.279	0.091	25.162	0.000
IN**	0.506	0.155	3.261	0.001
BKS*	0.240	0.138	1.744	0.081
FKS*	0.264	0.139	1.899	0.058

หมายเหตุ : * หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)

** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

จากตารางที่ 3.3 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ของการถดถอยทวินามแบบลบ เพื่อพยากรณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด พบว่าจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับกรณีของช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักและช่วงกิโลเมตร

หลังจากทางเข้าถนนหลักของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ ให้ค่าแตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ $\alpha < 0.10$) จะได้สมการพยากรณ์ดังสมการที่ 3.3 และ 3.4

$$\begin{aligned} \text{Ln } \hat{\mu} &= 2.279 + 0.506 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ} \\ &\quad + 0.240 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก} \\ &\quad + 0.264 \text{ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก} \end{aligned} \tag{3.3}$$

$$\begin{aligned} \hat{\mu} &= \exp [2.279 + 0.506 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ} \\ &\quad + 0.240 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก} \\ &\quad + 0.264 \text{ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก}] \end{aligned} \tag{3.4}$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

กรณีของช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.506 หมายถึง ถ้ามีช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับ จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 16.59% โดยที่จำนวนช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักและช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักมีค่าคงที่ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักมีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.240 หมายถึง ถ้ามีช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 12.71% โดยที่ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับและช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักมีค่าคงที่จำนวนช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.264 หมายถึงจำนวนช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 13.02% โดยที่ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับและช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักมีค่าคงที่

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์ปัจจัยทางเรขาคณิตของทางด่วนและปริมาณการจราจรที่มีอิทธิพลต่อจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่มีเสียชีวิต จำนวนผู้เสียชีวิตและจำนวนผู้บาดเจ็บในช่วงระยะเวลา 5 ปี ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลและแยกข้อมูลออกเป็นช่วงของถนนโดยแยกช่วงละ 1 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 2 ทิศทาง แบ่งรายการคำนวณออกเป็น 3 ชุดข้อมูลดังนี้

1) ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทิศทาง A และ B แบ่งออกเป็น 6 เส้นทาง คือ สายดินแดงถึงแยกท่าเรือ แยกท่าเรือถึงบางนา แยกท่าเรือถึงดาวคะนอง แยกท่าเรือถึงสายดินแดง บางนาถึงแยกท่าเรือและดาวคะนองถึงแยกท่าเรือ (1AB)

2) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B แบ่งออกเป็น 8 เส้นทาง คือ (1) ถนนรัชดาภิเษกถึงถนนพระรามเก้า (2) แยกสะพานต่างระดับพญาไทยถึงถนนพระรามสาม (3) ถนนรัชดาภิเษกถึงถนนแจ้งวัฒนะ (4) ถนนพระรามเก้าถึงถนนศรีนครินทร์ (5) ถนนพระรามเก้าถึงถนนรัชดาภิเษก (6) ถนนพระรามสามถึงแยกสะพานต่างระดับพญาไทย (7) ถนนแจ้งวัฒนะถึงถนนรัชดาภิเษก และ (8) ถนนศรีนครินทร์ถึงถนนพระรามเก้า (2AB)

3) ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) รวมทางพิเศษทั้ง 2 เส้นทาง (12AB)

โดยมีตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ตัวแปรอุบัติเหตุ 5 ตัวแปร และมีตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ ตัวแปรปริมาณการจราจรและตัวแปรทางเรขาคณิตจำนวน 12 ตัวแปร ดังตารางที่ 4.1

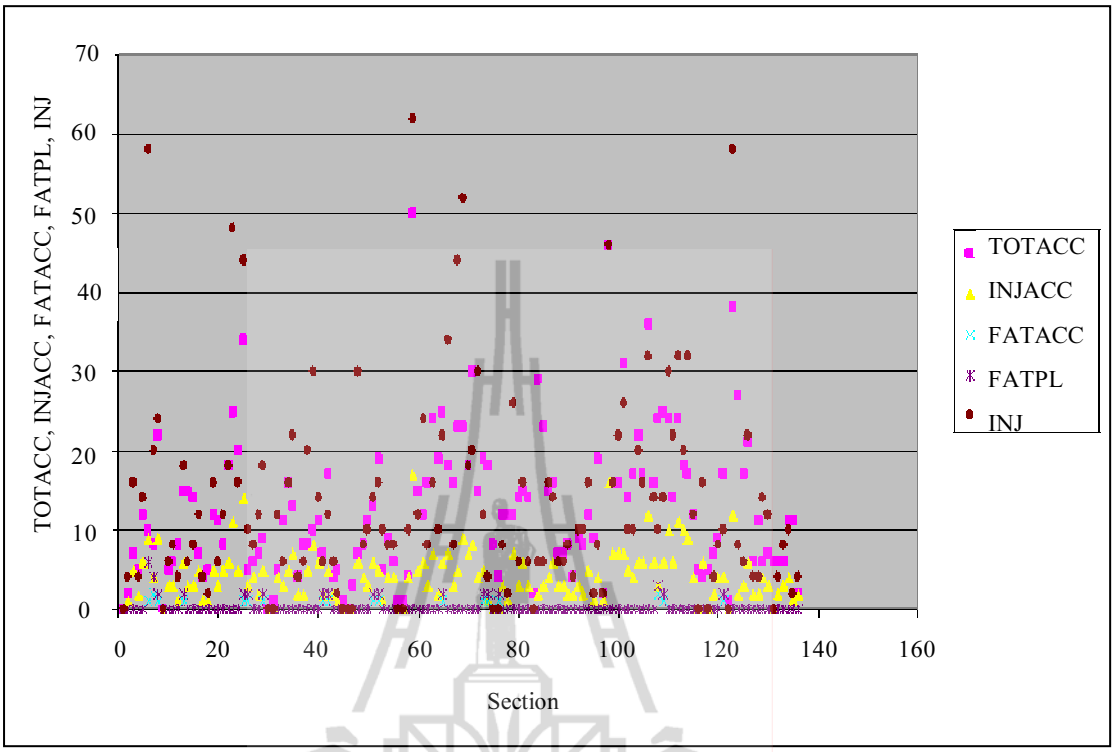
ตารางที่ 4.1 ชื่อ ความหมาย และหน่วยของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์สร้างแบบจำลอง

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
ตัวแปรอุบัติเหตุ		
TOTACC	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด	ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร
INJACC	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ	ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร
FATACC	จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต	ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร
FATPL	จำนวนรายผู้เสียชีวิต	ราย/5ปี/กิโลเมตร
INJ	จำนวนรายผู้บาดเจ็บ	ราย/5ปี/กิโลเมตร
ตัวแปรเรขาคณิต		
PW	ความกว้างของผิวทาง	เมตร
VOL	ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี	ล้านคัน/วัน
SW	ความกว้างของไหล่ทาง	เมตร
HC	องศาโค้งราบ	องศา
VCU	ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวขึ้น	ร้อยละ
VCD	ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวลง	ร้อยละ
RC	จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร	ทาง
IN	ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ	ใช่=1, ไม่ใช่=0
BK IN	ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ	ใช่=1, ไม่ใช่=0
FK IN	ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ	ใช่=1, ไม่ใช่=0
BKS	ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก	ใช่=1, ไม่ใช่=0
FKS	ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก	ใช่=1, ไม่ใช่=0

4.1 ข้อมูลอุบัติเหตุและลักษณะทางเรขาคณิตของทางด่วน

4.1.1 สถานการณ์อุบัติเหตุ

จากข้อมูลอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ในระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นทั้งหมด 1,722 ครั้ง อุบัติเหตุที่มีการบาดเจ็บจำนวน 570 ครั้ง อุบัติเหตุมีการเสียชีวิตจำนวน 20 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิต 43 ราย และจำนวนผู้บาดเจ็บ 1,818 ราย



รูปที่ 4.1 การกระจายตัวของจำนวนลักษณะการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดกับจำนวนช่วงถนน

4.1.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร และลักษณะทางเรขาคณิตของถนน

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือตัวแปรที่ใช้อธิบายสมการ ได้แก่ ปริมาณการจราจร ความกว้างของผิวทาง ความกว้างของไหล่ทาง องศาโค้งราบ ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวขึ้น ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวลง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตรช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก เป็นต้น โดยตารางที่ 4.2 ถึง 4.4 แสดงค่าทางสถิติที่อธิบายลักษณะเฉพาะกลุ่มของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและผลรวมค่าตัวแปร

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอุบัติเหตุทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Sum
TOTACC	8.759	7.500	6.697	0.000	34.000	508.000
INJACC	3.690	3.500	2.909	0.000	14.000	214.000
FATACC	0.207	0.000	0.450	0.000	2.000	12.000
FATLP	0.483	0.000	1.143	0.000	6.000	28.000
INJ	11.828	9.000	11.724	0.000	58.000	686.000
PW	11.476	12.400	2.309	7.000	18.600	665.600
SW	1.931	2.000	0.368	0.000	2.000	112.000
HC	22.500	21.000	24.173	0.000	77.000	1,305.000
VCU	1.222	0.400	2.315	0.000	11.890	70.880
VCD	1.250	0.400	2.310	0.000	11.890	72.500
RC	0.534	0.000	0.681	0.000	2.000	31.000
IN	0.190	0.000	0.395	0.000	1.000	11.000
BKIN	0.155	0.000	0.365	0.000	1.000	9.000
FKIN	0.155	0.000	0.365	0.000	1.000	9.000
FKS	0.310	0.000	0.467	0.000	1.000	18.000
BKS	0.190	0.000	0.395	0.000	1.000	11.000
VOL	0.148	0.153	0.041	0.058	0.221	8.596

หมายเหตุ : Mean คือ ค่าเฉลี่ย (Mean)

Median คือ ค่ามัธยฐาน (Median)

Std. Deviations คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviations)

Minimum คือ ค่าต่ำสุด (Minimum Value)

Maximum คือ ค่าสูงสุด (Maximum Value)

Sum คือ ผลรวมค่าของตัวแปร

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลอุบัติเหตุทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Sum
TOTACC	15.564	15.000	9.637	1.000	50.000	1,214.000
INJACC	4.564	4.000	3.474	0.000	17.000	356.000
FATACC	0.103	0.000	0.345	0.000	2.000	8.000
FATLP	0.192	0.000	0.625	0.000	3.000	15.000
INJ	14.513	10.000	13.385	0.000	62.000	1,132.000
PW	13.551	10.500	4.235	10.500	21.000	1,057.000
SW	2.000	2.000	0.000	2.000	2.000	156.000
HC	12.741	9.000	13.461	0.000	51.500	993.800
VCU	0.555	0.300	0.731	0.000	3.300	43.311
VCD	0.555	0.300	0.731	0.000	3.300	43.311
RC	0.744	1.000	0.711	0.000	2.000	58.000
IN	0.128	0.000	0.336	0.000	1.000	10.000
BKIN	0.103	0.000	0.305	0.000	1.000	8.000
FKIN	0.103	0.000	0.305	0.000	1.000	8.000
FKS	0.385	0.000	0.490	0.000	1.000	30.000
BKS	0.410	0.000	0.495	0.000	1.000	32.000
VOL	0.092	0.096	0.045	0.020	0.188	7.207

หมายเหตุ : Mean คือ ค่าเฉลี่ย (Mean)

Median คือ ค่ามัธยฐาน (Median)

Std. Deviations คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviations)

Minimum คือ ค่าต่ำสุด (Minimum Value)

Maximum คือ ค่าสูงสุด (Maximum Value)

Sum คือ ผลรวมค่าของตัวแปร

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลอุบัติเหตุทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และ
ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Sum
TOTACC	12.662	11.000	9.128	0.000	50.000	1,722.000
INJACC	4.191	4.000	3.263	0.000	17.000	570.000
FATACC	0.147	0.000	0.395	0.000	2.000	20.000
FATLP	0.316	0.000	0.892	0.000	6.000	43.000
INJ	13.368	10.000	12.728	0.000	62.000	1,818.000
PW	12.666	11.450	3.680	7.000	21.000	1,722.600
SW	1.971	2.000	0.242	0.000	2.000	268.000
HC	16.903	13.000	19.327	0.000	77.000	2,298.800
VCU	0.840	0.300	1.636	0.000	11.890	114.191
VCD	0.852	0.300	1.636	0.000	11.890	115.811
RC	0.654	1.000	0.703	0.000	2.000	89.000
IN	0.154	0.000	0.363	0.000	1.000	21.000
BKIN	0.125	0.000	0.332	0.000	1.000	17.000
FKIN	0.125	0.000	0.332	0.000	1.000	17.000
FKS	0.353	0.000	0.480	0.000	1.000	48.000
BKS	0.316	0.000	0.467	0.000	1.000	43.000
VOL	0.116	0.106	0.051	0.020	0.221	15.803

หมายเหตุ : Mean คือ ค่าเฉลี่ย (Mean)
Median คือ ค่ามัธยฐาน (Median)
Std. Deviations คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviations)
Minimum คือ ค่าต่ำสุด (Minimum Value)
Maximum คือ ค่าสูงสุด (Maximum Value)
Sum คือ ผลรวมค่าของตัวแปร

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุบนทางพิเศษ

การวิเคราะห์ข้อมูล และสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านสถิติ โดยใช้วิธีแบบถดถอยทวินามแบบลบ เพื่อพัฒนาแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษ สรุปได้ดังนี้โดยสมการเริ่มต้นมีรูปแบบดังนี้

$$\begin{aligned} Y = \exp(\beta_0 + \beta_1 PW + \beta_2 VOL + \beta_3 HC + \beta_4 VCU + \beta_5 VCD + \\ \beta_6 RC + \beta_9 FKIN + \beta_7 IN + \beta_8 BKIN + \beta_{10} BKS + \beta_{11} FKS + \varepsilon \end{aligned} \quad (4.1)$$

4.2.1 ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทิศทาง A และ B

จากข้อมูลของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทิศทาง A และ B แบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 58 ชุด (ชุดละ 1 กิโลเมตร) สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

1) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC1AB) มีหน่วยเป็น ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบ ด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.5 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	2.076	0.119	17.489	0.000**	-
FKS	0.390	0.224	1.738	0.082*	0.310

หมายเหตุ : FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด (TOTACC1AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 1 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร มีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = 2.076 + 0.390 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)} \quad (4.2)$$

$$\hat{\mu} = \exp [2.076 + 0.390 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)}] \quad (4.3)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.390 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.77 โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.071$
- จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC1AB) มีหน่วยเป็น ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบ ด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.6 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	1.209	0.135	8.985	0.000**	-
FKS	0.444	0.230	1.927	0.054*	0.310

หมายเหตุ : FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC1AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 1 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร มีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = 1.209 + 0.444 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)} \quad (4.4)$$

$$\hat{\mu} = \exp [\ 1.209 + 0.444 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)}] \quad (4.5)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.444 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp) จะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.59 โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.085$

- จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต (FATACC1AB) มีหน่วยเป็นครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์ไม่พบตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตของทางพิเศษเฉลิมมหานครที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 (Sig @ α < 0.10)

- จำนวนรายผู้สูญเสียชีวิต (FATPL1AB) มีหน่วยเป็น ราย/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์ไม่พบตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามจำนวนรายผู้สูญเสียชีวิตของทางพิเศษเฉลิมมหานครที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 (Sig @ α < 0.10)

- จำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ1AB) มีหน่วยเป็น ราย/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์ไม่พบตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ กับตัวแปรตามจำนวนรายผู้บาดเจ็บของทางพิเศษเฉลิมมหานครที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 (Sig @ α < 0.10)

4.2.2 ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B

จากข้อมูลของทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B แบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 78 ชุด (ชุดละ 1 กิโลเมตร) สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำเร็จรูปทางสถิติ

1) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC2AB) มีหน่วยเป็น ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.7 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	1.932	0.150	12.915	0.000**	-
VOL	7.475	1.608	4.650	0.000**	0.092
IN	0.432	0.138	3.139	0.002**	0.128

หมายเหตุ : VOL หมายถึง ปริมาณการจราจร (ล้านคัน/วันตลอดปี)
IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด (TOTACC2AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 2 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = 1.932 + 7.475 \text{ ปริมาณการจราจร (VOL)} + 0.432 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ(IN)} \quad (4.6)$$

$$\hat{\mu} = \exp [1.932 + 7.475 \text{ ปริมาณการจราจร (VOL)} + 0.432 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ(IN)}] \quad (4.7)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ปริมาณการจราจร (VOL) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 7.475 หมายความว่า ถ้ามีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นล้านคัน จะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.76 โดยที่ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับมีค่าคงที่ โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.354$
- ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.432 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.40 โดยที่ปริมาณการจราจรมีค่าคงที่
- จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC2AB) มีหน่วยเป็น ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.8 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บบนทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	0.943	0.223	4.226	0.000**	-
VOL	5.164	2.370	2.179	0.029**	0.092
IN	0.452	0.204	2.212	0.027**	0.128

หมายเหตุ : VOL หมายถึง ปริมาณการจราจร (ล้านคัน/วันตลอดปี)
IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ $\alpha < 0.10$)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ $\alpha < 0.05$)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC2AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 2 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = 0.943 + 5.164 \text{ ปริมาณการจราจร (VOL)} + 0.452 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ(IN)} \quad (4.8)$$

$$\hat{\mu} = \exp[0.943 + 5.164 \text{ ปริมาณการจราจร (VOL)} + 0.452 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ(IN)}] \quad (4.9)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ปริมาณการจราจร (VOL) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 5.164 หมายความว่าถ้ามีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นล้านคันจะมีแนวโน้มจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.75 โดยที่ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับมีค่าคงที่ โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.145$
- ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.452 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.72 โดยที่ปริมาณการจราจรมีค่าคงที่
- จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC2AB) มีหน่วยเป็นครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.9 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตบนทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	-3.178	0.750	-4.238	0.000**	-
FKS	1.569	0.863	1.817	0.069*	0.385

หมายเหตุ : FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)

Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์

b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)

P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic

Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)

* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)

** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (FATACC2AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 1 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = -3.178+1.569 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)} \quad (4.10)$$

$$\hat{\mu} = \exp[-3.178+1.569 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)}] \quad (4.11)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 1.569 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp) จะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.02 โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.050$
- จำนวนรายผู้สูญเสียชีวิต (FATPL2AB) มีหน่วยเป็น ราย/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์ไม่พบตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามจำนวนรายผู้สูญเสียชีวิตของทางพิเศษศรีรัชที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 (Sig @ α < 0.10)

- จำนวนผู้บาดเจ็บ (INJ2AB) มีหน่วยเป็น ราย/5ปี/กิโลเมตรโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.10 แบบจำลองทำนายจำนวนรายผู้บาดเจ็บบนทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	1.688	0.266	6.339	0.000**	-
VOL	8.690	2.800	3.103	0.002**	0.092
IN	0.643	0.298	2.159	0.031**	0.128

หมายเหตุ : VOL หมายถึง ปริมาณการจราจร (ล้านคัน/วันตลอดปี)
IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนผู้การบาดเจ็บ (INJ2AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 2 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = 1.688 + 8.690 \text{ ปริมาณการจราจร (VOL)} + 0.643 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN)} \quad (4.12)$$

$$\hat{\mu} = \exp[1.688 + 8.690 \text{ ปริมาณการจราจร (VOL)} + 0.643 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ(IN)}] \quad (4.13)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ปริมาณการจราจร (VOL) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 8.690 หมายความว่า ถ้ามีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้นล้านคันจะมีแนวโน้มจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.94 โดยที่ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับมีค่าคงที่ โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.250$
- ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.643 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.02 โดยที่ปริมาณการจราจรมีค่าคงที่

4.2.3 อุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B

จากข้อมูลของทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช(ระบบทาง ด่วนขั้นที่ 2) ทิศทาง A และ B แบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 136 ชุด (ชุดละ 1 กิโลเมตร) สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

1) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB) มีหน่วยเป็น ครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.11 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดบนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	2.279	0.091	25.162	0.000**	-
IN	0.506	0.155	3.261	0.001**	0.154
BKS	0.240	0.138	1.744	0.812*	0.316
FKS	0.264	0.139	1.899	0.058*	0.353

หมายเหตุ : FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
BKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (off-ramp)
IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ $\alpha < 0.10$)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ $\alpha < 0.05$)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด (TOTACC12AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 3 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\begin{aligned}\text{Ln } \hat{\mu} &= 2.279 + 0.506 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN)} \\ &\quad + 0.240 \text{ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS)} \\ &\quad + 0.264 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)} \end{aligned} \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned}\hat{\mu} &= \exp[2.279 + 0.506 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN)} \\ &\quad + 0.240 \text{ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS)} \\ &\quad + 0.264 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)} \end{aligned} \quad (4.15)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.506 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะมีแนวโน้มการเกิดจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.59 โดยที่ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักและช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักมีค่าคงที่ โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.114$
- ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.240 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักจะมีแนวโน้มการเกิดจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.71 โดยที่ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักและช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับมีค่าคงที่
- ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.264 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.02 โดยที่ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักและช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับมีค่าคงที่
- จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) มีหน่วยเป็นครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.12 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	1.271	0.083	15.399	0.000**	-
IN	0.407	0.175	2.329	0.020**	0.154
FKS	0.292	0.148	1.973	0.049**	0.353

หมายเหตุ : FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ $\alpha < 0.10$)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ $\alpha < 0.05$)

จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนน ได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 2 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ $\alpha < 0.10$) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = 1.271 + 0.407 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN)} + 0.292 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)} \quad (4.16)$$

$$\hat{\mu} = \exp [1.271 + 0.407 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN)} + 0.292 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)}] \quad (4.17)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.407 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.02 โดยที่ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักมีค่าคงที่ โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.076$
- ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.292 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.39 โดยที่ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลักมีค่าคงที่
- จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต (FATACC12AB) มีหน่วยเป็นครั้ง/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.13 แบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตบนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	-2.280	0.327	-6.975	0.000**	-
FKS	0.807	0.478	1.689	0.091*	0.353

หมายเหตุ : FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

สรุปการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต (FATACC12AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 1 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\text{Ln } \hat{\mu} = -2.280 + 0.807 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)} \quad (4.18)$$

$$\hat{\mu} = \exp [-2.280 + 0.807 \text{ ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS)}] \quad (4.19)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.807 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp) จะมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.41 โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.023$

- จำนวนรายผู้สูญเสียชีวิต (FATPL12AB) มีหน่วยเป็น ราย/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์ไม่พบตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามจำนวนรายผู้สูญเสียชีวิตของทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 (Sig @ $\alpha < 0.10$)

- จำนวนรายผู้สูญเสียชีวิต (INJ12AB) มีหน่วยเป็น ราย/5ปี/กิโลเมตร โปรแกรม สำเร็จรูปทางสถิติจะประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของถดถอยทวินามแบบลบด้วยวิธีการ MLE ผลการวิเคราะห์จะได้แบบจำลองที่เหมาะสมมีดังนี้

ตารางที่ 4.14 แบบจำลองทำนายจำนวนรายผู้บาดเจ็บบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช

ตัวแปร	ค่า สัมประสิทธิ์	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
ค่าคงที่	2.341	0.128	18.227	0.000	-
RC	0.233	0.134	1.738	0.082	0.654
IN	0.618	0.252	2.452	0.014	0.154

หมายเหตุ : RC หมายถึง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร
IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ
Standard Error หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์
b/St.Er. หมายถึง ค่า Standard Error หารค่าสถิติ t (t-statistic)
P[|Z|>z] หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นที่ค่า t-statistic
Mean of X หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระแต่ละตัว (Mean of X)
* หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ $\alpha < 0.10$)
** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ $\alpha < 0.05$)

สรุปการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยแบบการถดถอยทวินามแบบลบของจำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ12AB) กับปริมาณการจราจรและลักษณะทางเรขาคณิตของถนนได้ของตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ พบว่ามีตัวแปร 2 ตัวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) ดังนั้นแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชมีสมการดังนี้

$$\text{Ln}\ \hat{\mu} = 2.341 + 0.233 \text{ ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC)} + 0.618 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN)} \quad (4.20)$$

$$\hat{\mu} = \exp[12.341 + 0.233 \text{ ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC)} + 0.618 \text{ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN)}] \quad (4.21)$$

จากสมการพยากรณ์ที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.233 หมายความว่าถ้ามีทางเชื่อมต่อกิโลเมตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 จำนวนรายผู้บาดเจ็บจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.62 โดยที่ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ มีค่าคงที่ โดยสมการมีค่า $r^2 = 0.079$
- ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าพารามิเตอร์เป็นบวก 0.618 หมายความว่า ถ้าเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจะมีแนวโน้มของจำนวนรายผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.55 โดยที่ทางเชื่อมต่อกิโลเมตรมีค่าคงที่

4.3 การทดสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเรขาคณิตและปริมาณการจราจรต่อจำนวนอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

จากแบบจำลองคาดคะเนการเกิดอุบัติเหตุที่ได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาศึกษาวิเคราะห์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต จำนวนรายผู้เสียชีวิตและจำนวนรายผู้บาดเจ็บที่เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยปริมาณการจราจรและปัจจัยทางเรขาคณิตที่มีนัยสำคัญต่อแบบจำลอง ได้แก่ ปริมาณการจราจร จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร ช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับ ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักและช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก

4.3.1 ปริมาณการจราจร (VOL) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ

ปริมาณการจราจร (VOL) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ $\alpha < 0.10$) กับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บและจำนวนรายผู้บาดเจ็บที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยพบว่าเมื่อปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น 1% จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 10.78 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 10.53 และจำนวนรายผู้บาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 10.91 ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการจราจร (VOL) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

กลุ่มอุบัติเหตุ	ทางพิเศษ	ผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ
TOTACC (2AB)	ศรีรัช	+10.776%
INJACC (2AB)	ศรีรัช	+10.530%
INJ (2AB)	ศรีรัช	+10.908%

4.3.2 จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ

จำนวนทางเชื่อม (RC) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ $\alpha < 0.10$) กับจำนวนรายผู้บาดเจ็บที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยพบว่าเมื่อจำนวนทางเชื่อมเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 จำนวนรายผู้บาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 12.63 ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) ที่มีผลต่อจำนวนรายผู้เสียชีวิต

กลุ่มอุบัติเหตุ	ทางพิเศษ	ผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ
INJ (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+12.629%

4.3.3 ช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับ (IN) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ

ช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับ (IN) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) กับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บและจำนวนรายผู้บาดเจ็บที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยพบว่าเมื่อเป็นช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับบนทางพิเศษศรีรัช จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 15.40 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 15.72 และจำนวนรายผู้บาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 19.02 และเมื่อเป็นช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับบนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัช จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 16.60 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 15.02 และจำนวนรายผู้บาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 18.55 ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับ (IN) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

กลุ่มอุบัติเหตุ	ทางพิเศษ	ผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ
TOTACC (2AB)	ศรีรัช	+15.403%
INJACC (2AB)	ศรีรัช	+15.715%
INJ (2AB)	ศรีรัช	+19.022%
TOTACC (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+16.603%
INJACC (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+15.023%
INJ (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+18.552%

4.3.4 ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ

ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) กับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยพบว่าเมื่อเป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลักจำนวนรายผู้บาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 12.71 ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด

กลุ่มอุบัติเหตุ	ทางพิเศษ	ผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ
INJ (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+12.712%

4.3.5 ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) ที่มีผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ

กรณีมีกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.10 (Sig @ α < 0.10) กับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตที่เกิดขึ้นบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โดยพบว่าเมื่อเป็นช่วงถนนในตำแหน่งที่มีทางแยกต่างระดับบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 14.77 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 15.59 บนทางพิเศษศรีรัชจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 47.99 บนทางพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชเพิ่มขึ้นจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 13.02 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บมีจำนวนเพิ่มเป็นร้อยละ 13.38 และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิตมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.41 ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) ที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บและจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต

กลุ่มอุบัติเหตุ	ทางพิเศษ	ผลต่อตัวแปรอุบัติเหตุ
TOTACC (1AB)	เฉลิมมหานคร	+14.770%
INJACC (1AB)	เฉลิมมหานคร	+15.589%
FATACC (2AB)	ศรีรัช	+47.999%
TOTACC (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+13.021%
INJACC (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+13.384%
FATACC (12AB)	เฉลิมมหานคร / ศรีรัช	+22.412%

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอุบัติเหตุมีความสำคัญในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางด่วน แบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองทางสถิติ (Statistical Model) ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอุบัติเหตุกับลักษณะทางเรขาคณิตของทางด่วนและปริมาณการจราจร อันจะนำไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางด่วนและเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ประกอบการพิจารณาปรับปรุงทางพิเศษให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้น

5.1 การรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยฉบับนี้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุจากการรายงานอุบัติเหตุบนทางด่วนของศูนย์แจ้งอุบัติเหตุการทางพิเศษแห่งประเทศไทยตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 รวมเป็นเวลา 5 ปีเต็ม การศึกษามี 2 เส้นทาง คือ ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ระยะทางรวม 30.1 กิโลเมตร และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ระยะทางรวม 39.2 กิโลเมตร โดยแยกข้อมูลอุบัติเหตุช่วงละ 1 กิโลเมตร และทิศทางไป (A) ทิศทางกลับ (B) รวมทั้งหมด 136 ชุดข้อมูล กลุ่มข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุมีทั้งหมด 3,245 เหตุการณ์ แยกเป็น 5 ประเภทได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) 1,745 ราย จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC) 584 ราย จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC) 20 ราย จำนวนรายผู้เสียชีวิต (FATPL) 43 คน และจำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ) 1,870 คน ตัวแปรอิสระเป็นกลุ่มข้อมูลทางเรขาคณิตของถนน ได้แก่ ความกว้างของผิวทาง (PW) ความกว้างของไหล่ทาง (SW) องศาโค้งราบ (HC) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวขึ้น (VCU) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวลง (VCD) จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ (BKIN) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ (FKIN) ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (FKS) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (BKS) และปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (VOL)

5.2 การศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วนขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2

อิทธิพลที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วนขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2

ตัวแปร	B	VOL	RC	IN	BKS	FKS
เฉลิมมหานคร						
จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด	2.076**	-	-	-	-	0.390*
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ	1.209**	-	-	-	-	0.444*
ศรีรัช						
จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด	1.932**	7.475**	-	0.432**	-	-
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ	0.943**	5.164**	-	0.452**	-	-
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต	-3.178**	-	-	-	-	1.569*
จำนวนรายผู้บาดเจ็บ	1.688**	8.690**	-	0.643*	-	-
เฉลิมมหานครและศรีรัช						
จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด	2.279**	-	-	0.506**	0.240*	0.264*
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ	1.271**	-	-	0.407**	-	0.292**
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต	-2.280**	-	-	-	-	0.807*
จำนวนรายผู้บาดเจ็บ	2.341**	-	0.233*	0.618**	-	-

หมายเหตุ : * หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)

** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

B หมายถึง ค่าคงที่ (Coefficient)

VOL หมายถึง ปริมาณการจราจร

RC หมายถึง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร

IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ

BKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (off-ramp)

FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) โดยพิจารณาจากระดับนัยสำคัญที่ 0.10 คือ ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) และปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (VOL) ตามลำดับ จากจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นพบมากในทางแยกของทางด่วนไม่ว่าจะเป็นสะพานต่างระดับและจำนวนทางเข้าถนนหลักและปริมาณการจราจร

สาเหตุเนื่องจากการจราจรในบริเวณนั้นมีจำนวนรถที่มีปริมาณมากและมีการสัญจรหลายทิศทาง ผู้ไม่ชำนาญทางหรือไม่ได้วางแผนการเดินทางอาจเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC) โดยพิจารณาจากระดับนัยสำคัญที่ 0.10 คือ การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN) กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) และปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (VOL) ตามลำดับ จากจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเกิดขึ้น พบมากมีสาเหตุเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดคือมีปัจจัยที่เกี่ยวกับทางแยกและปริมาณการจราจร เนื่องจากการจราจรที่หนาแน่นและทางเข้าทางออกที่มีมาก ถ้ามีการตัดสินใจในการขับขี่ผิดอาจเกิดอุบัติเหตุได้ง่ายช่วงนี้ปริมาณการจราจรสูงและมีจำนวนทางเชื่อมมาก ทำให้รถใช้ความเร็วต่ำอุบัติเหตุจึงไม่เกิดอุบัติเหตุที่มีความรุนแรง เพราะฉะนั้นการเดินทางควรศึกษาเส้นทางและวางแผนการเดินทางก่อนการเดินทาง

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC) โดยพิจารณาจากระดับนัยสำคัญที่ 0.10 เป็นอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงเกิดจากสาเหตุเดียว คือช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) อุบัติเหตุที่มีความรุนแรงสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการขับรถเร็ว เนื่องจากกรณีทางเข้าซึ่งโดยส่วนมากจะเป็นทางทางตรงและใช้ความเร็วสูงและไม่ได้ระวังรถที่แล่นเข้าทางและเปลี่ยนเลนจึงทำให้เกิดอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงได้สูง

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ (INJ) โดยพิจารณาจากระดับนัยสำคัญที่ 0.10 มี ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (VOL) ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) มีความสำคัญเท่า ๆ กัน และจำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) เนื่องจากสาเหตุคล้ายปัจจัยของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นปริมาณการจราจรที่หนาแน่นและจำนวนทางแยกที่มีมากทำให้การตัดสินใจยาก ถ้ามีการตัดสินผิดพลาดอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายความรุนแรงน้อยเนื่องจากความเร็วในช่วงนี้ต่ำ เพราะรถต้องการเปลี่ยนทิศทาง

ไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อจำนวนผู้เสียชีวิต (FATPL) โดยพิจารณาจากระดับนัยสำคัญที่ 0.10 เนื่องจากจำนวนผู้เสียชีวิตเกิดขึ้นน้อยและมีค่าความแปรปรวนสูง เช่น กิโลเมตรที่ 17-18 ของทางพิเศษศรีรัช เกิดอุบัติเหตุ 4 ครั้งใน 5 ปี อุบัติเหตุครั้งเดียวมีผู้เสียชีวิต 2 ราย แต่ไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บเลย กิโลเมตรที่ 0-1 ของทางพิเศษศรีรัชเกิดอุบัติเหตุ 46 ครั้ง 5 ปี ไม่มีผู้เสียชีวิต แต่มีผู้ได้รับบาดเจ็บ 46 ราย และกิโลเมตรที่ 25-26 ของทางพิเศษศรีรัชเกิดอุบัติเหตุครั้งเดียวมีผู้บาดเจ็บ 22 ราย แต่ไม่มีผู้เสียชีวิตเลย

กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ คือ (1) ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ (IN) (2) การจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (VOL) (3) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (FKS) ตามลำดับ

และทางลาดชันในแนวลง (VCD) จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางแยกต่างระดับ (FKIN) ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (BKS) มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุมีความสำคัญเท่า ๆ กัน

5.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ร้อยละของการเกิดอุบัติเหตุเมื่อปัจจัยด้านปริมาณจราจรและเรขาคณิตเปลี่ยนแปลง การสร้างแบบจำลองถดถอยทวินามแบบลบ สามารถไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าร้อยละของการเกิดอุบัติเหตุเมื่อปัจจัยด้านปริมาณจราจรและเรขาคณิตเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร	VOL	RC	IN	BKS	FKS
เฉลิมมหานคร					
จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด	-	-	-	-	14.77%*
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ	-	-	-	-	15.59%*
ศรีรัช					
จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด	10.78%**	-	15.40%**	-	-
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ	10.53%**	-	15.72%**	-	-
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต	-	-	-	-	48.00%*
จำนวนรายผู้บาดเจ็บ	10.91%**	-	19.02%*	-	-
เฉลิมมหานครและศรีรัช					
จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด	-	-	16.60%**	12.71%*	13.02%*
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ	-	-	15.02%**	-	13.38%**
จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต	-	-	-	-	22.41%*
จำนวนรายผู้บาดเจ็บ	-	12.63%*	18.52%**	-	-

หมายเหตุ : * หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 90% (Sig @ α < 0.10)

** หมายถึง ระดับนัยสำคัญ มากกว่า 95% (Sig @ α < 0.05)

B หมายถึง ค่าคงที่ (Coefficient)

VOL หมายถึง ปริมาณการจราจร

RC หมายถึง จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร

IN หมายถึง ช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ

BKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก (off-ramp)

FKS หมายถึง ช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก (on-ramp)

5.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB)

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากเป็นถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ ทำให้มีแนวโน้มจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเกิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.580

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากเป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก ทำให้มีแนวโน้มจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเกิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.716

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากเป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก ทำให้มีแนวโน้มจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.662

5.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB)

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ ทำให้มีแนวโน้มจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.020

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากเป็นช่วงกิโลเมตรก่อนถึงทางออกถนนหลัก ทำให้มีแนวโน้มจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.384

5.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC12AB)

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากเป็นช่วงกิโลเมตรหลังจากทางเข้าถนนหลัก ทำให้มีแนวโน้มจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.407

5.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ (INJ12AB)

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาดเจ็บ (INJ12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยจำนวนทางเชื่อมเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 ในช่วงถนนนี้ ทำให้มีแนวโน้มจำนวนผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.629

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาทเจ็บ (INJ12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับ ทำให้มีแนวโน้มจำนวนผู้บาทเจ็บเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.556

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาแบบจำลองครั้งนี้เป็นแบบจำลองระหว่างอุบัติเหตุกับลักษณะทางกายภาพของถนนและปริมาณการจราจร แต่การเกิดอุบัติเหตุมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องอีกมากมาย ในการศึกษาครั้งต่อไปควรหาข้อมูลและตัวแปรต่าง ๆ เพิ่มมากกว่านี้ จากแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) พบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดบริเวณทางเชื่อมต่อต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงถนนที่เป็นทางแยกต่างระดับจำนวนทางเชื่อมต่อหรือช่วงถนนที่อยู่บริเวณทางเข้าออกล้วนมีผลให้เกิดอุบัติเหตุแบบไม่รุนแรงและแบบรุนแรง ในการออกแบบหรือปรับปรุงโครงการควรพิจารณาถึงจุดเหล่านี้อย่างรอบคอบไม่ว่าจะเป็นเครื่องหมายจราจร เส้นแบ่งทิศทางการเดินรถ ระยะป้ายบอกทาง ระยะของทางเบี่ยงเข้าออก อุปกรณ์บังคับรถให้อยู่ในช่องทางหรือแสงไฟฟ้าส่องสว่าง ฯลฯ

การศึกษาแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนพิเศษเฉลิมมหานครและทางพิเศษศรีรัชไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางสายอื่นได้ เนื่องจากมีการออกแบบที่เป็นเอกลักษณ์ทางเรขาคณิตของทางพิเศษและปริมาณการจราจรที่มีลักษณะแตกต่างจากทางอื่น

ลักษณะการออกแบบทางเรขาคณิตของทางพิเศษมีการสำรวจออกแบบที่สมบูรณ์ถูกต้องและเหมาะสมในด้านความปลอดภัยสูง เช่น ระยะการมองเห็นที่ปลอดภัย การเปลี่ยนแนวโค้งราบโค้งดิ่ง ความลาดชันของถนน และรัศมีโค้ง เป็นต้น ส่งผลให้ทางพิเศษมีความปลอดภัยสูงมาก ตัวแปรด้านเรขาคณิตจึงไม่แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่ามีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต จำนวนรายผู้เสียชีวิตหรือจำนวนรายผู้บาดเจ็บ แต่อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการตอบสนองและการรับรู้ของผู้ขับขี่เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากการตัดสินใจต่อสิ่งมองเห็นจะส่งผลต่อความปลอดภัยบนท้องถนนของผู้ขับขี่เองและผู้ใช้ถนนร่วมกัน ผู้ขับขี่ก่อนที่จะใช้ทางควรตรวจสอบสภาพร่างกาย สภาพยานพาหนะ แผนการเดินทางและเคารพกฎจราจร ก็จะสามารถลดการเกิดอุบัติเหตุได้

รายการอ้างอิง

กรมทางหลวงชนบท. (2549). **คู่มือการปรับปรุงแก้ไขจุดอันตราย.**

กรมทางหลวงชนบท. (2549). **คู่มือการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน.**

โกวิท รังษีสุริยะชัย. (2550). **การประเมินเส้นทางอันตรายเพื่อใช้จัดลำดับความสำคัญ กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา**. สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

ชาญณรงค์ จันทร์ศักดิ์ศรี. (2543). **รูปแบบและผลกระทบต่อการจราจรของอุบัติเหตุบนทางด่วน**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ชูเกียรติ ผุดพรมราช. (2547). **แนวคิดเชิงทฤษฎีการวิเคราะห์การถดถอยปัวซองและการประยุกต์**. วิทยาศาสตร์สถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บุญชม ศรีสะอาด. (2544). **วิธีทางสถิติสำหรับงานวิจัย**: 1-26.

บุญพล มีไชโย และปรีดา นิชยาพันธ์. (2548). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความเร็วของยานพาหนะต่างๆ ของเครื่องมือควบคุม การจราจรบนถนนในเขตชุมชนตำบลหัวรอ**.

ประเสริฐ ดำรงชัย. (2540). **การวางแผนระบบสายทางวิกฤต**: 1-7.

ปฏิวัติ ฤทธิเดช. (2550). **แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุและการจัดลำดับการปรับปรุงถนนสองช่องจราจรในเขตนอกเมือง กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา**. สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา

มานัดถุ์ คำกอง. (2550). **แนวคิดเชิงทฤษฎีการวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบและการประยุกต์**. วิทยาศาสตร์สถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ชาติไทย ชูชัย. (2549). **ปัจจัยที่มีผลต่อการบังคับใช้ป้ายห้ามจอดยานพาหนะในเขตเทศบาลเชียงใหม่**.

วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์.(2552). **Advanced Excel**: 1-30.

ศุภวรรณ งามวรรณากร. (2542). **การประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงทวินามลบแบบทั่วไป**. พาณิชยศาสตร์และการบัญชีสถิติศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ โปติประดิษฐ์. (2548). **การเปรียบเทียบความเหมาะสมของการบูรณะทางหลวง ระหว่างวิธีเดิมและวิธีใหม่**.

สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ. (2546). **สถิตินันพาราเมติก**: 1-11.

เสริมศักดิ์ พงษ์เมษา. (2545). **แบบจำลองอุบัติเหตุสำหรับถนนสองช่องจราจรในเขตนอกเมือง**. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

เอกรินทร์ จินทะวงศ์. (2544). **แบบจำลองอุบัติเหตุบริเวณสามแยกบนทางหลวงสองช่องจราจรในเขตนอกเมือง**. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Jacob, G. D. (1976). A Study of Accident Rates on Rural Road in Developing countries. Department of the Environment Department of Transport. **Transport and Road Research Laboratory**. Crowthorne.

Wang, S. C. (1998). Modeling Traffic Accidents: A Case Study of Sun Yat-Sen National Freeway. **Taiwan. Master Thesis**, Asian Institute of Technology, Bangkok.

Zegeer, C. V., and Deacon, J.A. (1988). Effect of Lane Width Shoulder Width and Shoulder Type on Highway Safety. **Transportation Research Board.**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression

ตารางที่ ก.1 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	1.9476	-	-	-	-	0.1652	-	0.7866	-	0.5587	-	-
INJACC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATACC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.2 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJACC	-1.0872	-	14.1759	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATACC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	-0.3046	-	16.2227	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.3 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	1.8822	-	6.4618	-	-	-	-	0.4713	-	-	-	-
INJACC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATACC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	1.4193	-	8.9969	-	-	-	-	0.7038	-	-	-	-

ตารางที่ ก.4 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	1.093	-	20.9652	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJACC	0.2326	-	17.7653	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATACC		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	0.9393	-	22.2571	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.5 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	2.0763	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3899
INJACC	1.209	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.444
FATACC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ ก.6 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	1.9315	-	7.4754	-	-	-	-	0.4317	-	-	-	-
INJACC	0.9427	-	5.1636	-	-	-	-	0.4523	-	-	-	-
FATACC	-3.1781	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5686
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	1.6882	-	8.6897	-	-	-	-	0.6425	-	-	-	-

ตารางที่ ก.7 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 และ 2 ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	2.2787	-	-	-	-	-	-	0.5056	-	-	0.2403	0.2636
INJACC	1.2714	-	-	-	-	-	-	0.4068	-	-	-	0.2915
FATACC	-2.2801	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8068
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	2.3411	-	-	-	-	-	0.2334	0.6182	-	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression และการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ข.1 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	2.076**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.390*
	(17.489)											(1.738)
INJACC	1.209**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.444*
	-8.985											-1.927
FATACC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FATPL												
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ ( ) หมายถึง t - statistic

* หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ น้อยกว่า 0.90 (Sig @ $\alpha < 0.10$)

** หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ น้อยกว่า 0.95 (Sig @ $\alpha < 0.05$)

ตารางที่ ข.2 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A และ B

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	1.932**	-	7.475**	-	-	-	-	0.432**	-	-	-	-
	-12.915		-4.65					-3.139				
INJACC	0.943**	-	5.164**	-	-	-	-	0.452**	-	-	-	-
	-4.226		(2.179)					(2.212)				
FATACC	-3.178**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.569*
	(-4.238)											(1.817)
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	1.688**	-	8.690**	-	-	-	-	0.643**	-	-	-	-
	(6.339)		(3.103)					(2.159)				

ตารางที่ ข.3 แบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomail Regression ทำนายอุบัติเหตุของทางด่วนขั้นที่ 1 และ2 ทิศทาง A และB

ตัวแปร	β_0	β_{1PW}	β_{2VOL}	β_{3HC}	β_{4VCU}	β_{5VCD}	β_{6RC}	β_{7IN}	β_{8BKIN}	β_{9FKIN}	β_{10BKS}	β_{11FKS}
TOTACC	2.279**	-	-	-	-	-	-	0.506**	-	-	0.240*	0.264*
	(25.16)							(3.261)			(1.744)	(1.899)
INJACC	1.271**	-	-	-	-	-	-	0.407**	-	-	-	0.292**
	(15.399)							(2.329)				(1.973)
FATACC	-2.280**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.807*
	(-6.975)											(1.689)
FATPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INJ	2.341**	-	-	-	-	-	0.233*	0.618**	-	-	-	-
	(18.227						-1.738	(2.452)				

ภาคผนวก ค

ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลอง จากตัวแปรอุบัติเหตุ

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร Y				
จาก	ถึง		TOTACC	INJACC	FATACC	FATPL	INJ
0	1000	1	0	0	0	0	0
1000	2000	2	2	1	0	0	4
2000	3000	3	7	5	0	0	16
3000	4000	4	5	2	0	0	4
4000	5000	5	12	6	0	0	14
5000	6000	6	10	9	1	6	58
6000	7000	7	8	4	2	4	20
7000	8000	8	22	9	1	2	24
10000	11000	11	6	3	0	0	8
11000	12000	12	16	8	0	0	20
12000	13000	13	12	9	0	0	38
13000	14000	14	8	1	0	0	4
14000	15000	15	15	6	1	2	18
15000	16000	16	15	3	0	0	6
16000	17000	17	14	3	0	0	8
17000	18000	18	7	5	0	0	12
18000	19000	19	4	1	0	0	4
19000	20000	20	5	1	0	0	2
20000	21000	21	12	5	0	0	16
21000	22000	22	11	3	0	0	6
22000	23000	23	8	5	0	0	12
23000	24000	24	18	6	0	0	18
24000	25000	25	25	11	0	0	48
25000	26000	26	20	5	0	0	16
26000	27000	27	34	14	1	2	44
27000	28000	28	5	3	1	2	10
28000	29000	29	6	4	0	0	8
29000	30000	30	7	2	0	0	12
30000	31000	31	9	5	1	2	18

หมายเหตุ : TOTACC = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด

INJACC = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

FATPL = จำนวนรายผู้เสียชีวิต

INJ = จำนวนรายผู้บาดเจ็บ

FATACC = จำนวนอุบัติเหตุที่มีการสูญเสียชีวิต

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร Y				
จาก	ถึง		TOTACC	INJACC	FATACC	FATPL	INJ
0	1000	1	0	0	0	0	0
1000	2000	2	1	0	0	0	0
2000	3000	3	5	4	0	0	12
3000	4000	4	11	3	0	0	6
4000	5000	5	16	5	0	0	16
5000	6000	6	13	7	0	0	22
6000	7000	7	4	2	0	0	4
7000	8000	8	8	2	0	0	6
10000	11000	11	8	5	0	0	20
11000	12000	12	10	8	0	0	30
12000	13000	13	11	6	0	0	14
13000	14000	14	7	2	1	2	6
14000	15000	15	17	5	1	2	12
15000	16000	16	4	2	0	0	6
16000	17000	17	5	1	0	0	2
17000	18000	18	1	0	0	0	0
18000	19000	19	0	0	0	0	0
19000	20000	20	3	0	0	0	0
20000	21000	21	7	6	0	0	30
21000	22000	22	8	4	0	0	8
22000	23000	23	11	3	0	0	10
23000	24000	24	13	6	1	2	14
24000	25000	25	19	5	1	2	16
25000	26000	26	5	1	0	0	10
26000	27000	27	9	4	0	0	8
27000	28000	28	6	4	0	0	8
28000	29000	29	1	0	0	0	0
29000	30000	30	1	0	0	0	0
30000	31000	31	4	4	0	0	10

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A1

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร Y				
จาก	ถึง		TOTACC	INJACC	FATACC	FATPL	INJ
0	1000	1	0.23842	0.08106	0	0	0.29564
1000	2000	2	0.07153	0.02384	0	0	0.05722
2000	3000	3	0.05722	0.02861	0	0	0.11444
3000	4000	4	0.07789	0.0146	0	0	0.03894
4000	5000	5	0.11683	0.03408	0	0	0.07789
5000	6000	6	0.09249	0.00974	0	0	0.04868
6000	7000	7	0.08621	0.02069	0.00345	0.0069	0.07586
7000	8000	8	0.05458	0.02123	0	0	0.1031
8000	9000	9	0.04852	0.0091	0	0	0.02426
9000	10000	10	0.08197	0.01782	0	0	0.15682
10000	11000	11	0.06864	0.02686	0	0	0.15519
11000	12000	12	0.05372	0.02089	0	0	0.05372
12000	13000	13	0.08755	0.02335	0	0	0.05837
13000	14000	14	0.04911	0.01309	0	0	0.09821
14000	15000	15	0.0622	0.01637	0.00327	0.00655	0.03928
15000	16000	16	0.05893	0.00327	0.00327	0.00655	0.01309
16000	17000	17	0.02706	0	0	0	0
17000	18000	18	0.02072	0	0.00518	0.01036	0
18000	19000	19	0.06215	0.01554	0	0	0.04144
19000	20000	20	0.06215	0.00518	0	0	0.01036

ตารางที่ ค.4 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A2

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร Y				
จาก	ถึง		TOTACC	INJACC	FATACC	FATPL	INJ
20000	21000	21	12	7	0	0	26
21000	22000	22	14	3	0	0	6
22000	23000	23	15	6	0	0	16
23000	24000	24	14	3	0	0	6
24000	24500	25	2	0	0	0	0
0	1000	26	29	2	0	0	6
1000	2000	27	23	3	0	0	6
2000	3000	28	15	4	0	0	16
3000	4000	29	16	6	0	0	14
4000	5000	30	7	3	0	0	6
5000	6000	31	7	3	0	0	6
6000	7000	32	8	2	0	0	8
7000	8000	33	4	2	0	0	4
8000	9000	34	9	3	0	0	10
9000	10000	35	8	2	0	0	10
10000	11000	36	12	5	0	0	16
11000	12000	37	9	1	0	0	2
12000	13000	38	19	4	0	0	8
13000	13500	39	2	1	0	0	2

ตารางที่ ค.5 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B1

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร Y				
จาก	ถึง		TOTACC	INJACC	FATACC	FATPL	INJ
0	1000	1	46	16	0	0	46
1000	2000	2	16	7	0	0	16
2000	3000	3	16	7	0	0	22
3000	4000	4	31	7	0	0	26
4000	5000	5	14	5	0	0	10
5000	6000	6	17	4	0	0	10
6000	7000	7	22	6	0	0	20
7000	8000	8	17	6	0	0	16
8000	9000	9	36	12	0	0	32
9000	10000	10	16	6	0	0	14
10000	11000	11	24	3	2	3	10
11000	12000	12	25	6	1	2	14
12000	13000	13	24	10	0	0	30
13000	14000	14	14	6	0	0	22
14000	15000	15	24	11	0	0	32
15000	16000	16	18	10	0	0	20
16000	17000	17	17	9	0	0	32
17000	18000	18	12	4	0	0	12
18000	19000	19	5	0	0	0	0
19000	20000	20	4	6	0	0	16

ตารางที่ ค.6 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B2

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร Y				
จาก	ถึง		TOTACC	INJACC	FATACC	FATPL	INJ
20000	21000	21	5	0	0	0	0
21000	22000	22	7	2	0	0	4
22000	23000	23	9	4	0	0	8
23000	24000	24	17	4	1	2	10
24000	24500	25	1	0	0	0	0
0	1000	26	38	12	0	0	58
1000	2000	27	27	2	0	0	8
2000	3000	28	17	3	0	0	6
3000	4000	29	21	6	0	0	22
4000	5000	30	6	2	0	0	4
5000	6000	31	11	2	0	0	4
6000	7000	32	6	4	0	0	14
7000	8000	33	7	3	0	0	12
8000	9000	34	6	0	0	0	0
9000	10000	35	6	2	0	0	4
10000	11000	36	6	3	0	0	8
11000	12000	37	11	4	0	0	10
12000	13000	38	11	1	0	0	2
13000	13500	39	2	2	0	0	4

ภาคผนวก ง

ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลอง จากตัวแปรเรขาคณิต

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A1

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
0	1,000	1	6,369	10.5	0	0.00	0.370	0.000	1	0	0	0	1	0
1,000	2,000	2	6,369	10.5	2	21.00	4.000	0.370	0	0	1	0	0	0
2,000	3,000	3	6,369	12.4	2	65.00	1.210	0.000	0	1	0	0	0	0
3,000	4,000	4	6,807	12.4	2	77.00	2.990	0.000	1	0	0	1	1	0
4,000	5,000	5	6,807	12.4	2	0.00	0.350	4.000	1	0	0	0	1	0
5,000	6,000	6	6,178	12.4	2	0.00	0.300	0.000	1	0	0	0	1	0
6,000	7,000	7	6,178	12.4	2	0.00	4.148	0.485	0	0	1	0	0	0
7,000	8,000	8	5,814	18.6	2	39.00	11.890	0.000	0	1	0	0	1	0
10,000	11,000	11	9,205	12.4	2	41.00	1.400	0.000	1	0	0	1	1	0
11,000	12,000	12	9,203	12.4	2	33.00	0.700	0.750	2	0	0	0	1	1
12,000	13,000	13	9,203	12.4	2	0.00	0.900	0.400	0	0	0	0	0	0
13,000	14,000	14	8,549	12.4	2	17.00	0.400	0.700	0	0	1	0	0	0
14,000	15,000	15	8,823	12.4	2	27.00	0.240	0.000	0	1	0	0	1	0
15,000	16,000	16	8,823	12.4	2	43.00	0.260	0.000	1	1	0	0	0	0

หมายเหตุ : PW = ความกว้างของผิวทาง
VOL = ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี
SW = ความกว้างของไหล่ทาง
HC = องศาโค้งราบ
VCU = ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่ง (ขึ้น)
VCD = ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่ง (ลง)
RC = จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร
IN = การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ
BK IN = กิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ
FK IN = กิโลเมตรหลังถึงทางแยกต่างระดับ
BKS = กิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก
FKS = กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A2

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
16,000	17,000	17	7,600	12.4	2	0.00	0.080	0.000	0	0	0	1	1	0
17,000	18,000	18	7,600	12.4	2	0.00	0.000	0.080	2	0	0	0	0	0
18,000	19,000	19	7,600	12.4	2	65.00	0.000	1.200	1	0	0	0	1	0
19,000	20,000	20	7,600	12.4	2	75.00	2.500	0.000	0	0	0	0	0	0
20,000	21,000	21	5,016	12.4	2	11.00	0.700	0.350	0	0	0	1	1	0
21,000	22,000	22	5,016	12.4	2	42.00	0.400	1.670	1	0	0	0	1	0
22,000	23,000	23	3,986	12.4	2	24.00	0.757	0.400	1	0	1	0	1	0
23,000	24,000	24	3,986	10.5	2	0.00	4.910	0.000	0	1	0	0	0	0
24,000	25,000	25	3,986	10.5	2	26.00	5.040	0.000	0	0	0	1	0	0
25,000	26,000	26	3,986	10.5	2	0.00	0.000	10.000	0	0	0	0	0	0
26,000	27,000	27	4,285	10.5	2	0.00	0.000	5.000	1	0	0	0	1	0
27,000	28,000	28	4,285	7.0	2	22.00	0.000	0.400	0	0	0	0	0	0
28,000	29,000	29	4,285	7.0	2	18.00	0.700	0.700	0	0	0	0	0	0
29,000	30,000	30	2,412	7.0	2	0.00	0.400	0.400	0	0	0	0	0	0
30,000	31,000	31	2,412	7.0	2	21.00	0.450	0.550	2	0	0	0	1	0

ตารางที่ ง.3 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B1

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
0	1,000	1	6,361	10.5	0	0.00	0.000	0.370	0	0	0	0	0	0
1,000	2,000	2	6,361	10.5	2	21.00	0.370	4.000	0	0	0	1	0	0
2,000	3,000	3	6,361	12.4	2	65.00	0.000	1.210	0	1	0	0	0	0
3,000	4,000	4	7,312	12.4	2	77.00	0.000	2.990	1	0	1	0	0	0
4,000	5,000	5	7,312	12.4	2	0.00	4.000	0.350	0	0	0	0	1	0
5,000	6,000	6	6,619	12.4	2	0.00	0.000	0.300	1	0	0	0	0	1
6,000	7,000	7	6,619	12.4	2	0.00	0.485	4.148	1	0	0	1	0	0
7,000	8,000	8	6,886	18.6	2	39.00	0.000	11.890	0	1	0	0	1	0
10,000	11,000	11	8,523	12.4	2	41.00	0.000	1.400	1	0	1	0	0	1
11,000	12,000	12	8,546	12.4	2	33.00	0.750	0.700	2	0	0	0	1	1
12,000	13,000	13	8,546	12.4	2	0.00	0.400	0.900	0	0	0	0	0	0
13,000	14,000	14	7,474	12.4	2	17.00	0.700	0.400	0	0	0	1	0	0
14,000	15,000	15	6,171	12.4	2	27.00	0.000	0.240	0	1	0	0	0	0
15,000	16,000	16	6,171	12.4	2	43.00	0.000	0.260	1	1	0	0	0	1

ตารางที่ ง.4 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง B2

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
16,000	17,000	17	4,367	12.4	2	0.00	0.000	0.080	1	0	1	0	0	1
17,000	18,000	18	4,367	12.4	2	0.00	0.080	0.000	0	0	0	0	0	1
18,000	19,000	19	4,367	12.4	2	65.00	1.200	0.000	2	0	0	0	0	0
19,000	20,000	20	4,367	12.4	2	75.00	0.000	2.500	0	0	0	0	0	0
20,000	21,000	21	6,770	12.4	2	0.00	0.350	0.700	1	1	0	0	0	1
21,000	22,000	22	6,770	12.4	2	24.00	0.000	0.350	0	0	1	0	0	0
22,000	23,000	23	5,675	12.4	2	24.00	0.400	0.757	1	0	0	0	0	1
23,000	24,000	24	5,675	10.5	2	0.00	0.000	4.910	0	0	0	1	0	0
24,000	25,000	25	5,675	10.5	2	26.00	0.000	5.040	0	1	0	0	0	0
25,000	26,000	26	5,675	10.5	2	0.00	10.000	0.000	0	0	1	0	0	0
26,000	27,000	27	6,515	10.5	2	0.00	5.000	0.000	0	0	0	0	0	0
27,000	28,000	28	6,515	7.0	2	22.00	0.400	0.000	1	0	0	0	0	1
28,000	29,000	29	6,515	7.0	2	18.00	0.700	0.700	0	0	0	0	0	0
29,000	30,000	30	3,438	7.0	2	0.00	0.400	0.400	0	0	0	0	0	0
30,000	31,000	31	3,438	7.0	2	21.00	0.550	0.450	2	0	0	0	0	1

ตารางที่ ง.5 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A1

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
0	1,000	1	4,788	17.5	2	13.0	0.300	0.000	0	1	0	0	0	0
1,000	2,000	2	4,788	10.5	2	13.0	0.300	0.000	0	0	1	0	0	1
2,000	3,000	3	4,788	10.5	2	18.9	0.000	0.900	2	0	0	0	1	1
3,000	4,000	4	4,690	10.5	2	8.5	0.300	0.000	0	0	0	0	1	0
4,000	5,000	5	4,690	10.5	2	6.0	0.300	0.600	2	0	0	0	1	1
5,000	6,000	6	4,690	10.5	2	6.0	0.600	0.000	1	0	0	0	1	1
6,000	7,000	7	6,621	10.5	2	19.5	1.661	0.000	0	0	0	0	1	0
7,000	8,000	8	7,529	10.5	2	51.5	1.600	0.000	2	0	0	0	0	1
8,000	9,000	9	7,529	14	2	0.0	0.000	1.116	1	0	0	1	1	0
9,000	10,000	10	6,406	14	2	0.0	0.000	0.000	0	1	0	0	0	0
10,000	11,000	11	7,650	14	2	0.0	0.000	0.000	2	0	1	0	1	1
11,000	12,000	12	7,650	10.5	2	0.0	0.000	0.331	0	0	0	0	1	1
12,000	13,000	13	7,823	10.5	2	22.0	0.300	0.300	2	0	0	0	0	1
13,000	14,000	14	6,974	10.5	2	13.0	0.300	0.300	1	0	0	0	0	1
14,000	15,000	15	6,974	10.5	2	29.0	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ง.6 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A2

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
15,000	16,000	16	6,974	10.5	2	33.0	0.880	0.800	0	0	0	0	0	1
16,000	17,000	17	6,750	10.5	2	14.0	0.300	0.300	1	0	0	0	0	1
17,000	18,000	18	4,408	21	2	0.0	0.300	0.300	1	0	0	0	1	0
18,000	19,000	19	4,408	10.5	2	23.0	0.600	0.300	0	0	0	0	0	1
19,000	20,000	20	4,408	21	2	0.0	3.300	0.600	1	0	0	0	0	1
20,000	21,000	21	4,408	21	2	13.0	0.000	0.300	1	0	0	0	1	0
21,000	22,000	22	4,408	10.5	2	0.0	0.900	0.300	0	0	0	0	1	0
22,000	23,000	23	4,408	10.5	2	7.0	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0
23,000	24,000	24	841	10.5	2	8.0	0.300	0.300	0	0	0	0	0	1
24,000	24,500	25	841	21	2	0.0	1.859	0.000	1	0	0	0	0	0
0	1,000	26	6,406	21	2	0.0	0.000	2.300	1	1	0	0	1	0
1,000	2,000	27	6,406	21	2	43.5	0.000	2.705	1	0	1	1	0	1
2,000	3,000	28	5,898	17.5	2	38.5	0.000	2.300	1	1	0	0	0	0
3,000	4,000	29	5,898	10.5	2	0.0	0.300	0.300	1	0	0	1	1	1
4,000	5,000	30	2,758	10.5	2	0.0	1.500	1.500	1	0	0	0	1	0

ตารางที่ ง.7 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A3

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
5,000	6,000	31	2,758	10.5	2	21.0	0.000	0.300	0	0	0	0	0	0
6,000	7,000	32	2,758	17.5	2	18.5	0.300	0.300	1	0	0	1	0	1
7,000	8,000	33	2,064	17.5	2	0.0	0.600	0.000	0	1	0	0	0	0
8,000	9,000	34	2,064	10.5	2	0.0	1.704	0.000	0	0	0	1	0	0
9,000	10,000	35	2,064	10.5	2	9.0	0.922	1.933	0	0	0	0	1	0
10,000	11,000	36	2,064	10.5	2	29.0	0.600	0.000	1	0	0	0	0	0
11,000	12,000	37	2,064	10.5	2	18.0	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0
12,000	13,000	38	2,064	17.5	2	21.0	0.600	0.000	2	0	0	0	0	0
13,000	13,500	39	2,064	21	2	0.0	2.500	0.000	1	0	0	0	1	1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.8 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B1

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
0	1,000	1	4,413	17.5	2	13.0	0.000	0.300	0	1	0	0	1	0
1,000	2,000	2	4,413	10.5	2	13.0	0.000	0.300	1	0	0	1	1	0
2,000	3,000	3	4,413	10.5	2	18.9	0.900	0.000	2	0	0	0	0	1
3,000	4,000	4	4,124	10.5	2	8.5	0.000	0.300	0	0	0	0	0	0
4,000	5,000	5	4,124	10.5	2	6.0	0.600	0.300	2	0	0	0	1	1
5,000	6,000	6	4,124	10.5	2	6.0	0.000	0.600	1	0	0	0	0	1
6,000	7,000	7	4,742	10.5	2	19.5	0.000	1.661	1	0	0	0	1	1
7,000	8,000	8	4,013	10.5	2	51.5	0.000	1.600	1	0	0	0	0	1
8,000	9,000	9	4,013	14	2	0.0	1.116	0.000	1	0	1	0	0	1
9,000	10,000	10	3,495	14	2	0.0	0.000	0.000	0	1	0	0	1	0
10,000	11,000	11	3,980	14	2	0.0	0.000	0.000	2	0	0	1	1	1
11,000	12,000	12	3,980	10.5	2	0.0	0.331	0.000	0	0	0	0	1	0
12,000	13,000	13	3,980	10.5	2	22.0	0.300	0.300	2	0	0	0	0	0
13,000	14,000	14	2,751	10.5	2	13.0	0.300	0.300	1	0	0	0	1	0
14,000	15,000	15	2,977	10.5	2	29.0	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ง.9 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B2

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
15,000	16,000	16	2,977	10.5	2	33.0	0.800	0.880	0	0	0	0	0	0
16,000	17,000	17	2,977	10.5	2	14.0	0.300	0.300	1	0	0	0	1	0
17,000	18,000	18	2,477	21	2	0.0	0.300	0.300	1	0	0	0	0	0
18,000	19,000	19	1,745	10.5	2	23.0	0.300	0.600	0	0	0	0	0	1
19,000	20,000	20	1,745	21	2	0.0	0.600	3.300	2	0	0	0	1	0
20,000	21,000	21	1,745	21	2	13.0	0.300	0.000	1	0	0	0	0	1
21,000	22,000	22	1,745	10.5	2	0.0	0.300	0.900	0	0	0	0	0	0
22,000	23,000	23	1,745	10.5	2	7.0	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0
23,000	24,000	24	1,745	10.5	2	8.0	0.300	0.300	0	0	0	0	1	0
24,000	24,500	25	1,313	21	2	0.0	0.000	1.859	1	0	0	0	0	0
0	1,000	26	4,265	21	2	0.0	2.300	0.000	1	1	0	0	0	1
1,000	2,000	27	4,265	21	2	43.5	2.705	0.000	1	0	1	1	1	0
2,000	3,000	28	4,429	17.5	2	38.5	2.300	0.000	1	1	0	0	0	0
3,000	4,000	29	4,429	10.5	2	0.0	0.300	0.300	1	0	1	0	0	1
4,000	5,000	30	2,399	10.5	2	0.0	1.500	1.500	1	0	0	0	0	1

ตารางที่ ง.10 ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้สร้างแบบจำลองของทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง B3

ระยะ (เมตร)		NO	ตัวแปร X											
จาก	ถึง		Vol	PW	SW	HC	VCU	VCD	RC	IN	BKIN	FKIN	FKS	BKS
5,000	6,000	31	2,399	10.5	2	21.0	0.300	0.000	0	0	0	0	0	0
6,000	7,000	32	2,399	17.5	2	18.5	0.300	0.300	1	0	1	0	1	0
7,000	8,000	33	1,880	17.5	2	0.0	0.000	0.600	0	1	0	0	0	0
8,000	9,000	34	1,880	10.5	2	0.0	0.000	1.704	0	0	1	0	0	0
9,000	10,000	35	1,880	10.5	2	9.0	1.933	0.922	0	0	0	0	0	1
10,000	11,000	36	1,880	10.5	2	29.0	0.000	0.600	1	0	0	0	0	0
11,000	12,000	37	1,880	10.5	2	18.0	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0
12,000	13,000	38	1,880	17.5	2	21.0	0.000	0.600	2	0	0	0	0	0
13,000	13,500	39	1,880	21	2	0.0	0.000	2.500	1	0	0	0	1	1

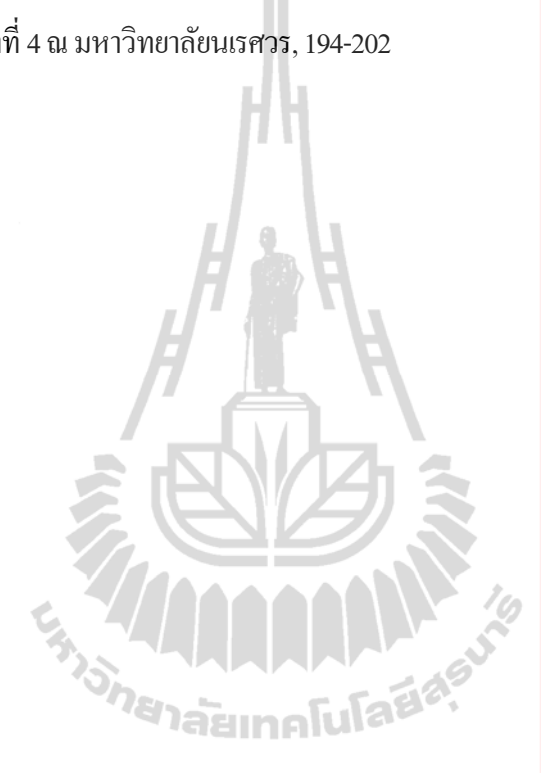
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

สุทธิชัย งามจันทร์ (2550) **แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผลงานวิจัยศึกษาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 4 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 194-202



© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)

Suttichai Ngamchan

Suranaree University of Technology

suttichai.p@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ และสร้างแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช โดยใช้แบบทางเรขาคณิตและข้อมูลอุบัติเหตุตั้งแต่ วันที่ 1 ม.ค. 2548 ถึง วันที่ 31 ธ.ค. 2552 รวม 5 ปี สำหรับแบบจำลองตัวแปรตามคือ จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการสูญเสียชีวิต จำนวนรายผู้เสียชีวิตและจำนวนรายผู้บาดเจ็บ ตัวแปรอิสระประกอบด้วย ความกว้างของผิวทาง ความกว้างของไหล่ทาง องศาโค้งราบ ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งขึ้น ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งลง จำนวนทางเข้าคูณต่อกิโลเมตร ทางแยกต่างระดับ กิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ กิโลเมตรหลังถึงทางแยกต่างระดับ กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก และกิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การสร้างแบบจำลองการถดถอยแบบ Negative Binomial Regression โดยใช้โปรแกรม Limdep เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยงานด้านการวิเคราะห์สถิติเป็นโปรแกรมที่ที่ได้รับการยอมรับมากสำหรับนักวิเคราะห์และนักวิจัยในด้านความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือ ผลการศึกษาสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิต และสามารถนำไปวิเคราะห์แก้ไขจุดอันตรายบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช ให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้น

Abstract

The objectives of this research are to investigate the factors that influence accident occurrences, and develop accident prediction models for the first and second-staged expressways systems, focusing on the freeway geometry and historical accident data of 1 January 2005 to 31 Decembers 2009, totaling 5 years. The dependent variables analyzed in this study include a total number of accidents, injury accidents, and fatal accidents, as well a total number of injuries and fatalities. The independent variables compose of pavement and shoulder width, degree of the horizontal curve, vertical gradient, number of connecting off-ramps and on-ramps, whether the section is an interchange, a section before an off-ramp, a section after the on-ramp, the on-ramp section, the off-ramp section. This study will use Negative binomial regression modeling technique for investigation. It is expected that the developed accident prediction model will be able to predicts accidents, injuries, and fatalities, and use to analyze accident-prone locations on the first and second expressways systems for the enhanced safety of freeway users.

คำสำคัญ

อุบัติเหตุ (Traffic Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงอาจมีคนตาย บาดเจ็บ หรือเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน, อุบัติเหตุที่มีการสูญเสียชีวิต (Fatal Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้คนตาย อาจมีคนบาดเจ็บหรือทรัพย์สินเสียหายด้วยก็ได้ เช่น อุบัติเหตุเกิดขึ้นแล้วครั้งหนึ่งมีคนตาย 10 คน บาดเจ็บ 12 คน ถือว่าเป็นอุบัติเหตุที่เกิดความตายเพียง 1 ราย, ที่เกิดการบาดเจ็บ (Injury Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้คนบาดเจ็บ, อุบัติเหตุที่เกิดการเสียหาย (Damage Accident) หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นแล้วทำให้ทรัพย์สินเสียหายเท่านั้น, อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate, AR) หมายถึง จำนวนรายการเกิดอุบัติเหตุต่อตัวแปรต่างๆ ที่นิยมมาเปรียบเทียบตามหลักสากล เช่น อัตราการเกิดอุบัติเหตุเทียบกับปริมาณการใช้รถใช้ถนนที่บริเวณทางหลวงนั้นๆ ซึ่งมีหน่วยเป็นล้านคัน-กิโลเมตร,

1. บทนำ

การเดินทางและการขนส่งมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จึงก่อให้ เกิดรูปแบบการเดินทางและโครงข่ายการขนส่ง เพื่อรองรับความต้องการและจำนวนความสะดวกในการเดินทาง ถ้าโครงข่ายการขนส่งมีประสิทธิภาพ ผู้เดินทาง

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

ได้รับความสะดวก รวดเร็ว และ มีความปลอดภัย แต่หากโครงข่ายการขนส่งมีปัญหา เช่น เกิดอุบัติเหตุจราจร เหตุการณ์ยวดยานขัดข้อง ผิวจราจรมีความเสียหายหรือมีน้ำท่วมขัง ฝนตกหรือมีหมอก เป็นต้น เหตุการณ์เหล่านั้นทำให้ผู้ใช้ทางมีเวลาการเดินทางเพิ่มขึ้น ซ้ำร้ายหากผู้ใช้ทางเป็นผู้ประสบเหตุเองอาจมีทรัพย์สิน เสียหาย ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งมี ผลกระทบต่อสังคมส่วนรวม

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

อุบัติเหตุทางถนนเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมของโลก ในทุกๆ ปี จะมีผู้เสียชีวิตและได้รับบาดเจ็บเป็นจำนวนมาก รวมถึงมูลค่าความเสียหายของทรัพย์สินที่เกิดจากอุบัติเหตุทางถนนก็มีมูลค่ามหาศาล ประเทศไทยซึ่งเป็นหนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีมูลค่าความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุทางถนนทั้งทางเศรษฐกิจและทางสังคมที่มีมูลค่ามหาศาลเช่นเดียวกัน การพัฒนาทางเศรษฐกิจที่รวดเร็ว กลับทำให้ปัญหาอุบัติเหตุทางถนนทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งรวมถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณยานพาหนะ ปัญหาเหล่านี้ย่อมส่งผลโดยตรงต่อปัญหาทางสาธารณสุขศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ โดยภาพรวมของประเทศ จากสถิติพบว่า ประชากรไทยเสียชีวิตประมาณ 130,000 คนจากอุบัติเหตุทางถนนในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา และมากกว่า 500,000 คนได้รับบาดเจ็บหรือกลายเป็นบุคคลทุพพลภาพจากปัญหาดังกล่าว (Sweroad, 1997) อุบัติเหตุทางถนนจึงกลายเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเสียชีวิต จากการรายงานของกระทรวงสาธารณสุข เนื่องจากปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นปัญหา ที่สร้างความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง มีแนวโน้มที่ทวีความรุนแรงขึ้น

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กรณีการศึกษาเป็นการทดสอบสร้างแบบจำลอง 2 วิธีคือ การวิเคราะห์การถดถอยแบบ ปัวซอง (Poisson Regression) และการวิเคราะห์การถดถอยแบบทวินามแบบลบ (Negative Binomial Regression) เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยที่ตัวแปรศึกษาหรือตัวแปรตามเป็นตัวแปรจำนวนนับที่มีการแจกแจง ปัวซอง (Poisson Regression) ที่มีค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติฐานเบื้องต้นของตัวแบบส่วนตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ หรือตัวแปรเชิงปริมาณโดยนำเสนอการแจกแจงทวินามแบบลบ ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.1 ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบ เป็นตัวแปรที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกรณีที่ตัวแปรตามเป็นข้อมูลจำนวนนับที่มีลักณษะการแจกแจงปัวซองที่มีค่าความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้นของตัวการถดถอยปัวซอง ตัวแปรการถดถอยทวินามแบบลบมีหลายรูปแบบตามลักณษะของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน และตัวแปรที่ใช้กันทั่วๆ ไปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ถ้ามีตัวแปรอิสระ p ตัว $(X_1, X_2, ..., X_p)$ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y โดยที่ความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น เมื่อตัวแปรตามเป็นจำนวนนับที่มีการแจกแจงทวินามแบบลบ นั่นคือ

จากข้อมูล:

$$(Y_1, \ X_{11}, X_{12}, ..., X_{1p})$$
$$(Y_2, \ X_{21}, X_{22}, ..., X_{2p})$$
$$\vdots$$
$$(Y_n, \ X_{n1}, X_{n2}, ..., X_{np})$$

โดยที่ $Y \sim NB(\mu, \alpha)$

ดังนั้น ตัวอย่างขนาด n สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y ที่มีการแจกแจงทวินามแบบลบกับตัวแปรอิสระ p ตัว ด้วยตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ ดังนี้

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

$$\mu_1 = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{12} + ... + \beta_p X_{1p})$$
$$\mu_2 = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{21} + \beta_2 X_{22} + ... + \beta_p X_{2p})$$
$$\vdots$$
$$\mu_n = \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{n1} + \beta_2 X_{n2} + ... + \beta_p X_{np})$$

เขียนความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\underset{\sim}{\mu} = \exp(X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon})$$

โดยที่ $\underset{\sim}{\mu}$ เป็นเวกเตอร์แถวตั้ง ขนาด n ของค่าคลาดหวังตัวแปรตาม μ_i เมื่อ $i = 1,2,...,n$

X เป็นเมทริกซ์ของค่าตัวแปรอิสระ ขนาด n แถว และ $p+1$ หลัก

$\underset{\sim}{X_i}$ เป็นเวกเตอร์แถวนอนของค่าตัวแปรอิสระ ขนาด $p+1$

$\underset{\sim}{\beta}$ เป็นเวกเตอร์แถวตั้งของค่าพารามิเตอร์ ขนาด $p+1$ ที่มีสมาชิกที่ i เป็น β_i

และ $\underset{\sim}{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์แถวตั้งของค่าความคลาดเคลื่อน ขนาด n ที่มีสมาชิกที่ i เป็น ε_i

กำหนดให้ $\mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ . \\ . \\ . \\ \beta_n \end{bmatrix}$ ขนาด $n \times 1$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & ... & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{21} & ... & X_{2p} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ 1 & X_{n1} & X_{n1} & ... & X_{np} \end{bmatrix}$$ ขนาด $n \times (p+1)$

$$X_i = \begin{bmatrix} 1 & X_{i1} & X_{i2} & ... & X_{ip} \end{bmatrix}$$ ขนาด $1 \times (p+1)$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ . \\ . \\ . \\ \beta_p \end{bmatrix}$$ ขนาด $(p+1) \times 1$ และ $\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ . \\ . \\ . \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$ ขนาด $(p+1) \times 1$

จาก $Y \sim NB(\mu, \alpha)$

และ $E(Y_i = \mu_i ; i = 1,2,3,...,n)$

จะได้ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบ

$$\underset{\sim}{\mu} = \exp(X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon}) \quad ..... (3.1)$$

และสมการพยากรณ์ของการถดถอยทวินามแบบลบ

$$\underset{\sim}{\hat{\mu}} = \exp(X\underset{\sim}{\hat{\beta}}) \quad .....(3.2)$$

จากสมการ (2.1) และ (2.2) สามารถจัดอยู่ในรูปเชิงเส้นได้ดังนี้

ตัวแบบการถดถอยทวินามแบบลบในรูปแบบเชิงเส้น

$$\ln \underset{\sim}{\mu} = X\underset{\sim}{\beta} + \underset{\sim}{\varepsilon} \quad .....(3.3)$$

และสมการพยากรณ์ของการถดถอยทวินามแบบลบในรูปแบบเชิงเส้น

$$\ln \underset{\sim}{\hat{\mu}} = X\underset{\sim}{\hat{\beta}} \quad .....(3.4)$$

จะได้

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

$$\begin{bmatrix} \ln\hat{\mu}_1 \\ \ln\hat{\mu}_2 \\ . \\ . \\ . \\ \ln\hat{\mu}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \ldots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{21} & \ldots & X_{2p} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ 1 & X_{n1} & X_{n1} & \ldots & X_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ . \\ . \\ . \\ \hat{\beta}_p \end{bmatrix}$$

โดยที่ $\ln\hat{\mu}$ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นค่าเฉลี่ยของตัวแบบ

นั่นคือ $\mu_i = E(Y_i) = \exp(\underset{\sim}{X}_i\underset{\sim}{\beta})$

และ $\underset{\sim}{X}\underset{\sim}{\hat{\beta}}$ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าพารามิเตอร์

3.2 การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[1] การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหากรณีที่การวิเคราะห์การถดถอยปัวซองเกิดปัญหาค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย (Overdispersion) ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้นของตัวแบบการถดถอยปัวซอง จากการประยุกต์ใช้ตัวแบบการถดถอยปัวซองกับข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจากการขนส่งทางบกของประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2537 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2546 พบว่า ค่าสถิติ Deviance/df มากกว่าหนึ่งเกิดปัญหา Overdispersion นั้นคือ ตัวแบบการถดถอยปัวซองไม่เหมาะสมกับข้อมูล ดังนั้นจะประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบกับข้อมูล

[2] การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงทวินามลบทั่วไป พบว่า วิธีประมาณแบบสองโมเมนต์แรกและสัดส่วนศูนย์จะให้ค่า MSE ต่ำสุด ส่วนวิธีประมาณแบบความควรจะเป็นสูงสุดและวิธีประมาณแบบไคกำลังสองต่ำสุด จะให้ค่า MSE ที่ใกล้เคียงกัน

[3] การศึกษาพัฒนาแบบจำลองคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุบนทางหลวงแผ่นดินประเภทสองช่องจราจรนอกเมืองที่สัมพันธ์กับลักษณะทางเรขาคณิตของทางหลวงโดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุระหว่างปี พ.ศ.2539 ถึง พ.ศ.2541 รวมทั้งสิ้น 3 ปี การวิจัยได้ทดลองใช้รูปแบบจำลองการถดถอยพหุคูณ แบบจำลองการถดถอยพัวซอง แบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบและแบบจำลองการถดถอยลอกนอมอล ปรากฏว่าแบบจำลองการถดถอยปัวซองเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้อธิบายเหตุการณ์อุบัติเหตุซึ่งมีลักษณะไม่ต่อเนื่องและมีข้อมูลกระจัดกระจายจากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีนัยสำคัญในการอธิบายจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่มีการบาดเจ็บ จำนวนอุบัติเหตุที่มีการตายและอุบัติเหตุที่รถออกนอกถนน ได้แก่ ปริมาณการใช้รถความกว้างผิวทางและไหล่ทาง ความเร็วออกแบบ แนวทางราบและแนวทางดิ่ง เขตห้ามแซงและจำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร

[4] การศึกษาเรื่องอัตราอุบัติเหตุบนถนนในเขตนอกเมืองประเทศเคนยาและจาไมกา และใช้วิธี Multiple Linear Regression อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราอุบัติเหตุกับลักษณะทางเรขาคณิตของทาง พบว่าในประเทศจาไมกาที่ระดับนัยสำคัญ 5% ความกว้างถนนและจำนวนจุดต่อเชื่อมต่อกิโลเมตรเป็นตัวแปรมีความสัมพันธ์ต่ออัตราอุบัติเหตุมากที่สุด

[5] อ้างงานวิจัยของ Chapman(1973) อธิบายแนวคิดที่สำคัญในการวิเคราะห์อุบัติเหตุ คือ แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณการใช้รถ (Concept of exposure) แนวคิดนี้เพื่อเลี่ยงการตีความหมายผิดเกี่ยวกับสถานะของอุบัติเหตุ(Accident situations) เพราะจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นสูงไม่ได้หมายความถึงความน่าจะเป็น (Probability) สำหรับการเกิดอุบัติเหตุสูง เขาใช้คำจำกัดความของปริมาณการใช้รถเป็นจำนวนโอกาส (Opportunities) สำหรับการเกิดอุบัติเหตุที่ต้องเกิดขึ้นแน่นอนในช่วงเวลาและพื้นที่ศึกษาที่กำหนด

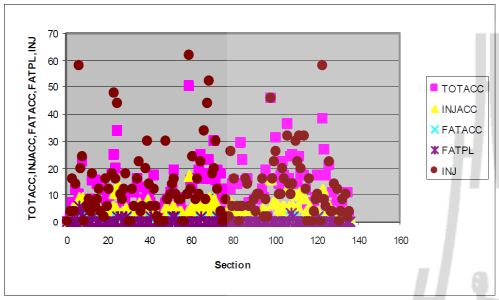
[6] การศึกษาผลทางด้านความปลอดภัยของทางหลวงในการออกแบบความกว้างช่องจราจร ความกว้างไหล่ทางและประเภทไหล่ทาง พบว่าเมื่อเพิ่มความกว้างช่องจราจรและความกว้างไหล่ทางจะทำให้อัตราอุบัติเหตุลดลง การขยายความกว้างช่องจราจรมีผลทางด้านความปลอดภัยมากกว่าการเพิ่มความกว้างไหล่ทาง

4. ผลการศึกษา

จากข้อมูลอุบัติเหตุบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร(ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) เป็นเวลา 5 ปี ตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม 2548 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2552 มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นทั้งหมด 1,722ครั้ง อุบัติเหตุเกิดการ

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

บาดเจ็บ 570 ครั้ง อุบัติเหตุเกิดการเสียชีวิต 20ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิต 43ราย และจำนวนผู้บาดเจ็บ 1,818 ราย



รูปที่4.1การกระจายตัวของจำนวนลักษณะการเกิดอุบัติเหตุที่ เกิดขึ้นทั้งหมด กับจำนวนช่วงถนน

4.1 การการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Limdep

จากข้อมูลของทางพิเศษ ศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่2) ทิศทาง AและB แบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 136 ชุด (ชุดละ 1 กิโลเมตร) สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Limdep โดยการพิมพ์คำสั่งใน Command Bar และCommand Document โดยคำสั่งมาตรฐานจะสั่งให้โปรแกรม Limdep ประมาณค่าสัมประสิทธ์ของแบบจำลอง Negative Binomial Regression คือและทำการตัดตัวแปรจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.10 (|P [|Z|>z]) โดยจะคัดเลือกเอาค่าที่มากที่สุดออกไปที่ละตัว

4.1.1 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC12AB) มีหน่วยคือ ครั้ง/ปี/กิโลเมตรจะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = *exp* [2.279+0.506กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN) +0 .240กิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก (BKS)+0.264กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก(FKS)]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ(IN) มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.506หมายถึง ถ้ามีกรณี มีทางแยกต่างระดับ (IN) เพิ่มจะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 16.586% โดยที่ กิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก (BKS) และกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าคงที่

กิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก(BKS) มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.240หมายถึง ถ้ามีกิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก (BKS) เพิ่มจะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 12.712% โดยที่ กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN) และกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าคงที่

กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก(FKS) มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.264หมายถึง ถ้ามีกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) เพิ่มจะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 13.021% โดยที่ กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN) และกิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก (BKS) มีค่าคงที่

4.1.2 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) มีหน่วยคือ ครั้ง/ปี/กิโลเมตร จะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = *exp* [1.271+0.407กรณีการมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN)+0.292กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS)]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ(IN) มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.407หมายถึง ถ้ามีกรณี มีทางแยกต่างระดับ (IN) เพิ่มจะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 15.023% โดยที่กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าคงที่

กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.292หมายถึง ถ้ามีทางแยกต่างระดับ จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 13.391% โดยที่กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าคงที่

4.1.3 จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC12AB) มีหน่วยคือ ครั้ง/ปี/กิโลเมตร จะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = *exp* [-2.280+0.807กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS)]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก(FKS)มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ0.807หมายถึง ถ้ามีทางแยกต่างระดับ จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 22.412%

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

4.1.4 จำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ12AB) มีหน่วยคือ ราย/ปี/กิโลเมตร จะได้สมการแบบจำลองดังนี้

$\hat{\mu}$ = exp [12.341+0.233ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC)+0.618กรณีการมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ(IN)]

จากสมการพยากรณ์ที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร(RC) มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.233 หมายถึง ถ้ามีจำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) เพิ่ม 1 ทาง จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 12.624% โดยที่กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN) มีค่าคงที่

กรณี การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ(IN) มีค่าประมาณพารามิเตอร์เท่ากับ 0.618 หมายถึง ถ้ามีกรณี มีทางแยกต่างระดับ (IN) เพิ่มจะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น 18.552% โดยที่ทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) มีค่าคงที่

4.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ตารางที่4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดอุบัติเหตุเมื่อมีปัจจัยของปริมาณจราจรและเรขาคณิตเกิดเพิ่มขึ้นบนทางด่วนขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2

ตัวแปร	VOL %	RC %	IN %	BKS %	FKS %
TOTACC	-	-	16.603	12.712	13.021
INJACC	-	-	15.023	-	13.384
FATACC	-	-	-	-	22.412
INJ	-	12.629	18.522	-	-

จากตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดอุบัติเหตุเมื่อมีปัจจัยของปริมาณจราจรและเรขาคณิตเกิดเพิ่มขึ้นบนทางด่วนขั้นที่ 1 และ ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองถดถอย Negative Binomial Regression สามารถไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช อันจะทำการวิเคราะห์โครงการที่มีความถูกต้อง สมบูรณ์และน่าเชื่อถือเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้น

4.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10โดยถ้าหากมีทางออกในช่วงถนนนี้จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดเพิ่มขึ้น12.662% โดยที่ จำนวนทางแยกต่างระดับและทางเข้าไม่มีผลกระทบกับจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด

4.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากมีทางออกในช่วงถนนนี้จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บเพิ่มขึ้น 13.384%โดยที่จำนวนทางแยกต่างระดับไม่มีผลกระทบกับจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ

4.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้ามีทางเข้าในช่วงถนนนี้จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต เพิ่มขึ้น 22.407%

4.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนผู้บาทเจ็บ (INJ12AB) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 โดยถ้าหากมีทางแยกต่างระดับในช่วงถนนนี้ จะทำให้จำนวนผู้บาดเจ็บเพิ่มขึ้น18.556% โดยที่จำนวนทางเชื่อมไม่มีผลกระทบกับจำนวนผู้บาดเจ็บ

5. สรุปผลการศึกษา

การสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอุบัติเหตุมีความสำคัญในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางด่วน แบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองทางสถิติ (Statistical model) ที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางด่วนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางเรขาคณิตของทางด่วนและปริมาณการจราจร อันจะนำไปใช้ในการคาดคะเนจำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิตบนทางด่วน เพื่อทำการวิเคราะห์ปรับปรุงโครงการที่มีความถูกต้อง สมบูรณ์และน่าเชื่อถือ ให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางมากขึ้นการวิเคราะห์ในงานวิจัยฉบับนี้ได้สรุปหัวข้อผลการศึกษาและข้อเสนอแนะซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือปัจจัยด้านเรขาคณิตที่มีอิทธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วน และสร้างแบบจำลองทำนายจำนวนอุบัติเหตุบนทางด่วน

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

5.1 สภาพพื้นที่การศึกษาในการสร้างแบบจำลอง

งานวิจัยฉบับนี้ใช้ข้อมูลอุบัติเหตุจากการรายงานอุบัติเหตุบนทางด่วนของศูนย์แจ้งอุบัติเหตุการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 รวมเป็นเวลา 5 ปีเต็ม การศึกษามี 2 เส้นทางคือทางพิเศษเฉลิมมหานคร ระยะทางรวม 30.1 กิโลเมตร และทางพิเศษศรีรัช ระยะทางรวม 39.2 กิโลเมตร โดยแยกข้อมูลอุบัติเหตุช่วงละ 1 กิโลเมตร และทิศทางไป (A) ทิศทางกลับ (B) รวมทั้งหมด 136 ชุดข้อมูล

กลุ่มข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุมีทั้งหมด 3,245 เหตุการณ์ แยกเป็น 5 ประเภทได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) 1,745 ราย จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC) 584 ราย จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC) 20 ราย จำนวนรายผู้เสียชีวิต (FATPL) 43 คน และจำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ) 1,870 คน

กลุ่มข้อมูลทางเรขาคณิตของถนน ได้แก่ความกว้างของผิวทาง (PW) ความกว้างของไหล่ทาง (SW) องศาโค้งราบ (HC) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งขึ้น (VCU) ร้อยละสะสมของทางลาดชันในแนวดิ่งลง (VCD) จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร (RC) การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ (IN) กิโลเมตรก่อนถึงทางแยกต่างระดับ (BKIN) กิโลเมตรหลังถึงทางแยกต่างระดับ (FKIN) กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก (FKS) กิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลัก (BKS) และปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (VOL)

5.2 ผลการสร้างแบบจำลองและการวิจารณ์ผล

การศึกษาแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุกรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษศรีรัช จำแนกเป็น 5 กลุ่ม คือจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด (TOTACC) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ (INJACC) จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการเสียชีวิต (FATACC) จำนวนรายผู้เสียชีวิต (FATPL) และจำนวนรายผู้บาดเจ็บ (INJ) แต่ละกลุ่มใช้วิธีการสร้างแบบจำลองถดถอย Negative Binomial Regression

5.2.1) Model ทางด่วนขั้นที่ 1 ทิศทาง A และB

TOTACC(1)*Ln*Y=2.076+0.390FKS

INJACC(1) *Ln*Y=1.209+0.444FKS

กิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก มีอิธิพลสูงสุดต่อการเกิดอุบัติเหตุใน 2 กลุ่ม ได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด และจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ การออกแบบทางเข้าถนนอาจมีระยะทางเข้าที่กระชันชิด หรือป้ายบอกทางที่อาจสังเกตยากสำหรับผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยกับเส้นทาง ในการออกแบบโครงการควรมีการพิจารณาถึงจุดเข้าออกเป็นสำคัญ

5.2.2) Model ทางด่วนขั้นที่ 2 ทิศทาง A และB

TOTACC(2)*Ln*Y=1.932+7.475VOL+0.432IN

INJACC(2) *Ln*Y=0.943+5.1636VOL+0.453IN

FATACC (2) *Ln*Y=-3.178+1.569FKS

INJ (2) *Ln*Y=1.688+8.690VOL+0.643IN

ปริมาณการจราจร และการมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ มีอิธิพลสูงสุดต่อการเกิดอุบัติเหตุใน 3 กลุ่ม ได้แก่ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนผู้บาดเจ็บ ส่วนกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลัก มีอิธิพลสูงสุดต่ออุบัติเหตุที่มีการสูญเสียชีวิต เส้นทางสายนี้มีอุบัติเหตุเนื่องจากมีการจราจรหนาแน่น มีทางเข้าและออกกระชั้นชิดกันมาก ส่วนส่วนกิโลเมตรที่มีทางเข้าถนนหลักทำให้อุบัติเหตุมีความรุนแรง การออกแบบโครงการควรมีการพิจารณาถึงปริมาณการจราจรให้มีความสัมพันธ์กับสะพานต่างระดับและการออกแบบควรคำนึงถึงจุดออกจากทางเพื่อลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ

5.4.3) Model ทางด่วนขั้นที่ 1 และ2 ทิศทาง A และB

TOTACC(12)*Ln*Y=2.279+0.506IN+0.240BKS+0.264FKS

INJACC(12) *Ln*Y=1.271+0.407IN+0.292FKS

FATACC(12)*Ln*Y=-2.280+0.807FKS

INJ(12) *Ln*Y=2.341+0.233IN+0.618RC

การมี/ไม่มีทางแยกต่างระดับ มีอิธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุใน 3 กลุ่ม ได้แก่จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนผู้บาดเจ็บ กิโลเมตรที่มีทางเข้า ถนนหลัก มีอิธิพลต่อการเกิดอุบัติเหตุ

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

ใน 3 กลุ่ม จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดการบาดเจ็บ และจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต ส่วนกิโลเมตรที่มีทางออกถนนหลักมี อิธิพลต่อ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด และจำนวนทางเชื่อมมีอิธิพลต่อ จำนวนผู้บาดเจ็บ จากแบบจำลองนี้พบว่า จุดเชื่อมต่อบนทางด่วนมีส่วนสำคัญทำให้เกิดทั้งรุนแรงและไม่รุนแรง การคดกแาา โครงการควรคำนึงถึงจุดเชื่อมต่อเป็นปัจจัยสำคัญ

6. บทสรุปและเสนอแนะ

ในการศึกษาแบบจำลองครั้งนี้เป็นแบบจำลองระหว่างอุบัติเหตุกับลักษณะทางกายภาพของถนนและปริมาณการจราจร แต่การเกิดอุบัติเหตุมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องอีกมากมายในการศึกษาครั้งต่อไปควรหาข้อมูลและตัวแปรต่างๆเพิ่มมากกว่านี้ จากแบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) พบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดบริเวณทางเชื่อมต่อต่างๆไม่ว่าจะเป็นกรณีสะพานต่างระดับ จำนวนทางเชื่อมต่อ หรือทางเข้าออกล้วนมีผลให้เกิดอุบัติเหตุไม่รุนแรงและรุนแรง ในการออกแบบหรือปรับปรุงโครงการควรพิจารณาถึงจุดเหล่าอย่างรอบคอบไม่ว่าจะเป็น เครื่องหมายจราจร เส้นแบ่งทิศทางการเดินรถ ระยะป้ายบอกทาง ระยะของทางเบี่ยงเข้าออก อุปกรณ์บังคับรถให้อยู่ในช่องทางหรือแสงไฟฟ้าส่องสว่างฯลฯ

ลักษณะการคดกแาาทางเรขาคณิตของ ทางพิเศษมีการสำรวจออกแบบที่สมบูรณ์ถูกต้องและเหมาะสมในด้านความปลอดภัยสูง เช่น ระยะการมองเห็นที่ปลอดภัย การเปลี่ยนแนวโค้งราบโค้งดิ่ง ความราดชันของถนน และรัศมีโค้ง เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการตอบสนองและการรับรู้ของผู้ขับขี่เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการตัดสินใจต่อสิ่งมองเห็นจะส่งผลต่อความปลอดภัยบนทองถนนของผู้ขับขี่เองและผู้ใช้ถนนร่วมกัน ผู้ขับขี่ก่อนที่จะใช้ทางควรตรวจสอบ สภาพร่างกาย สภาพยานพาหนะ แผนการเดินทาง และเครารพกฎจราจร ก็สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุได้

7. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

- ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนสนับสนุนในงานวิจัยนี้

- ขอขอบคุณการทางพิเศษแห่งประเทศไทยที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูลของงานวิจัยนี้

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

- ขอขอบพระคุณครูอาจารย์ในอดีตและปัจจุบันทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้

- ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ที่มีอุปการะทุกคนที่ให้การอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

8. เอกสารอ้างอิง

[1] มานัดฌ์ คำกอง. (2550). "แนวคิดเชิงทฤษฎีการวิเคราะห์การถดถอยทวินามแบบลบและการประยุกต์" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์ (สถิติประยุกต์) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] ศุภวรรณ งามวรรณากร (2542). "การประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงทวินามลบแบบทั่วไป" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต พาณิชยศาสตร์และการบัญชี (สถิติศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] สมศักดิ์ โปติประดิษฐ์. (2548). การเปรียบเทียบความเหมาะสมของการบูรณะทางหลวง ระหว่างวิธีเดิมและวิธีใหม่.

[4] Jacob, G.D. (1976). A Study of Accident Rates on Rural Road in Developing countries. Department of the Environment Department of Transport,

© ECTI-CARD 2011, May' 5-6, Bangkok, Thailand. ISBN: 978-974-350-301-6

Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.

[5] Wang, S.C.(1998). **Modeling Traffic Accidents: A Case Study of Sun Yat-Sen National Freeway. Taiwan. Master Thesis**, Asian Institute of Technology, Bangkok:

[6] Zegeer, C.V., and Deacon, J.A. (1988). **Effect of Lane Width Shoulder Width and Shoulder Type on Highway Safety**. Transportation Research Board:

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายสุทธิชัย งามจันทร์ เกิดเมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2515 เริ่มเข้าศึกษาในระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง 6 ที่โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย มัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนบุญเหลือวิทยานุสรณ์ จังหวัดนครราชสีมา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างสำรวจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จังหวัดนครราชสีมา จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2549

ผลงานวิจัย : ได้เสนอบทความผลงานวิจัยศึกษาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 4 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อวันที่ 16-18 มกราคม 2554 ในหัวข้อเรื่อง**แบบจำลองทำนายอุบัติเหตุบนทางด่วน กรณีศึกษาทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) และทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2)** มีรายละเอียดดังปรากฏในภาคผนวก จ.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี