

โครงการศึกษาความสัมพันธ์และคาดการณ์ระหว่างความเร็ว
และอุบัติเหตุสำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์ในประเทศไทย
Speed-Crash Relationship and Prediction for
Expressways and Motorways in Thailand

รายงานการศึกษานี้ฉบับสมบูรณ์
Final Report

นำเสนอ
มูลนิธิไทยโรดส์

คณะผู้วิจัย
ดร. วศิน เกียรติโกมล
นางสาว อรุณโรจน์ พูลสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ บางมด
ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

ตุลาคม 2557

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

โครงการวิจัย “การศึกษาศึกษาความสัมพันธ์และคาดการณ์ระหว่างความเร็วและอุบัติเหตุสำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์ในประเทศไทย” เป็นโครงการที่ได้รับจัดสรรงบประมาณประจำปี 2557 จากมูลนิธิไทยโรดส์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอุบัติเหตุ รวบรวมรายละเอียดของขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ รวมทั้งข้อสรุปด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความเร็วบนท้องถนนต่อการเกิดอุบัติเหตุตามความรุนแรงประเภทต่างๆ เช่น การเสียชีวิตและบาดเจ็บ และพัฒนาแบบจำลองทางสถิติเพื่อช่วยในการคาดการณ์อุบัติเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เพื่อเป็นแนวทางการวางกรอบนโยบายด้านการบริหารจัดการความเร็วบนถนนประเภททางด่วน และมอเตอร์เวย์

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์เชิงสถิติของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุและความแตกต่างระหว่างความเร็วที่ลำดับ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ และลำดับ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์ รวมถึงการจัดทำ Crash Modification Factors (CMFs) เพื่อใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของอุบัติเหตุบนถนนประเภทควบคุมการเข้าออกจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวบรวมจากทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 และถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9 เนื่องจากยังไม่เคยมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วจำกัดบนถนนที่ทำการศึกษาดังกล่าว การศึกษานี้ได้ใช้วิธีทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ให้ผลสอดคล้องกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงความเร็วจำกัด ผลการศึกษาพบว่าความแตกต่างระหว่างความเร็วลำดับที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ และลำดับที่ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยความแตกต่างความเร็วที่มากขึ้นจะมีผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้นตามไปด้วย การกำหนดความเร็วสูงสุดและต่ำสุดบนถนนประเภทดังกล่าวจะสามารถช่วยลดความแตกต่างความเร็วลง ซึ่งจะทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลต่างความเร็วที่มีความเหมาะสมจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าการลดความเร็วจราจรลำดับ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ลงด้วยอัตราตั้งแต่ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือมากกว่านั้น จะทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนทางด่วนและมอเตอร์เวย์มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า CMF เฉลี่ยอยู่ในช่วงไม่เกิน 0.5

นอกจากนี้ งานศึกษายังได้พัฒนาแบบจำลองทางสถิติแบบถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ เพื่อใช้คาดการณ์ค่า CMF สำหรับในกรณีต่างๆ กัน ซึ่งสามารถนำไปใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทความรุนแรงต่างๆ โดยพบว่าค่า CMF จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่สำคัญคือ ความเร็วลำดับที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ การเปลี่ยนแปลงอัตราความเร็ว ความเร็วจำกัด และสัดส่วนรถบรรทุก แบบจำลองดังกล่าวสามารถใช้คาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดและประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

การศึกษานี้ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงความเร็วบนถนนประเภททางด่วนและมอเตอร์เวย์ไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย เนื่องจากอุบัติเหตุประเภทดังกล่าวมีแนวโน้มการเกิดในกรณีที่ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วไม่มาก ดังนั้นจึงควรพิจารณาปัจจัยอื่นร่วมกับการปรับเปลี่ยนความเร็วเพื่อสามารถลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

รายงานการศึกษานี้ฉบับสมบูรณ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอรายละเอียดวิธีการศึกษา สรุปผลข้อมูลและผลการศึกษาวิจัย รวมทั้งข้อเสนอแนะแนวทางการปรับเปลี่ยนความเร็วจำกัดสำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์ คณะผู้วิจัยหวังว่า รายงานการศึกษานี้ฉบับนี้จะประโยชน์ต่อการวางแผนจัดการด้านความเร็วบนถนนประเภททางด่วนและมอเตอร์เวย์ในประเทศไทย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นในอนาคต

คณะนักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สารบัญ

1. ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
2. วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
3. ขอบเขตการดำเนินงานของโครงการ.....	2
4. การทบทวนและสังเคราะห์องค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
4.1 การคาดการณ์การเกิดอุบัติเหตุ	3
4.1.1 แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ (Safety Performance Function)	4
4.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (Crash Modification Factor)	5
4.2 การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความเร็วและอุบัติเหตุ	9
4.2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนอุบัติเหตุจากการเพิ่มหรือลดความเร็ว	9
4.2.2 การศึกษาเกี่ยวกับเกณฑ์สำหรับการกำหนดความเร็วที่เหมาะสม	11
4.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษาความเร็วและอุบัติเหตุ	12
4.3.1 วิธีทางสถิติที่ใช้เปรียบเทียบความเร็ว.....	12
5. วิธีการศึกษา.....	14
5.1 พื้นที่ศึกษา.....	14
5.1.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา (Study Corridor).....	14
5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	18
5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	19
5.3.1 ข้อมูลอุบัติเหตุ	19
5.3.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร.....	19
5.3.3 ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ	19
5.3.4 ข้อมูลทางกายภาพของถนน (Geometric Data)	22
5.4 การจัดเรียงข้อมูล	22
5.4.1 การแบ่งช่วงบนถนนทางพิเศษกาญจนาภิเษกบางพลี-บางขุนเทียน	22
5.4.2 แสดงการแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 7	23
5.4.3 การแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 9	24
5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	26
5.5.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ.....	26
5.5.2 การวิเคราะห์ Crash Modification Factor (CMF).....	26

6. ผลการศึกษา.....	27
6.1 การวิเคราะห์ความเร็ว 85 และ 15 เปอร์เซ็นไทล์.....	29
6.2 การวิเคราะห์อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Rate).....	30
6.3 กลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วมากและน้อย.....	31
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความเร็วกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุ.....	32
6.4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์.....	32
6.5 การวิเคราะห์ค่า CMF.....	33
6.5.1 การจัดกลุ่มตัวอย่างระหว่าง Treatment และ Comparison Group.....	34
6.5.2 ผลการคัดเลือก Treatment และ Comparison Group.....	36
6.5.3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมระหว่าง Treatment และ Comparison Group.....	37
6.5.4 ผลการคำนวณค่า CMF.....	38
6.6 การนำค่า CMF ไปประยุกต์ใช้งาน.....	46
6.6.1 ตัวอย่างการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว.....	48
6.6.2 ตัวอย่างการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว.....	48
6.6.3 ตัวอย่างการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว.....	48
6.7 การสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ค่า CMF ของทางด่วนและมอเตอร์เวย์.....	48
6.7.1 การสร้างแบบจำลองในการคาดการณ์ค่า CMF.....	48
6.7.2 การวิเคราะห์แบบจำลอง.....	49
6.7.3 การวิเคราะห์แบบจำลองคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด.....	49
6.7.4 การวิเคราะห์แบบจำลองคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต.....	50
6.7.5 การวิเคราะห์แบบจำลองคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย.....	52
6.7.6 การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้งาน.....	53
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	53
7.1 สรุปผล.....	53
7.2 การเปรียบเทียบผลกระทบด้านความปลอดภัยของผลต่างความเร็วกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุสำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์.....	54
7.2.1 ผลเปรียบเทียบระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุทุกประเภทกับผลต่างความเร็วบนช่วง ถนน.....	54
7.2.2 ผลเปรียบเทียบระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุแยกประเภทตามระดับความรุนแรงกับผลต่างความเร็วบนช่วงถนน.....	54
7.3 แนวทางในการกำหนดนโยบายหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการจำกัดความเร็วบนทางด่วนและมอเตอร์เวย์.....	54

7.4 การคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุหลังจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่ระดับต่าง ๆ สำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์.....	54
7.4.1 การคาดการณ์ค่า CMF ของทางด่วนและมอเตอร์เวย์	55
7.5 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา.....	55
7.6 ข้อจำกัดของการศึกษา	55
8. เอกสารอ้างอิง.....	56

สารบัญภาพ

รูปที่ 1 กราฟแนวนอน Time Series ของ Treatment Group และ Comparison Group.....	6
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะการตอบสนองและระยะในการหยุดรถ	11
รูปที่ 3 โครงข่ายทางพิเศษทั้งหมดในประเทศไทย.....	15
รูปที่ 4 ถนนกาญจนาภิเษกส่วนใต้	16
รูปที่ 5 สายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7	17
รูปที่ 6 ถนนวงแหวนรอบกรุงเทพมหานคร	18
รูปที่ 7 ตำแหน่งกล้อง IDS	20
รูปที่ 8 ตำแหน่งกล้อง RTMS G4 บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7	21
รูปที่ 9 ตำแหน่งกล้อง RTMS G4 บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 9	21
รูปที่ 10 การแบ่งช่วงของทางพิเศษกาญจนาภิเษกบางพลี-บางขุนเทียน	23
รูปที่ 11 การแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 7	24
รูปที่ 12 การแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 9	25
รูปที่ 13 ความเร็วในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี.....	27
รูปที่ 14 ปริมาณจราจรในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี.....	28
รูปที่ 15 อัตราการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี.....	28
รูปที่ 16 ร้อยละอัตราการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี.....	29
รูปที่ 17 สรุปความเร็วที่ 15 และ 85 เปอร์เซ็นไทล์ทั้ง 3 สาย.....	29
รูปที่ 18 อัตราการเกิดอุบัติเหตุที่ผลต่างความเร็วระดับต่าง ๆ	31

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ของกลุ่ม Comparison Group.....	7
ตารางที่ 2 ตัวแปรสำหรับ CMF ด้วยวิธี Empirical Bayes Before-After Studies.....	9
ตารางที่ 3 เส้นทางที่ใช้ในการศึกษา.....	18
ตารางที่ 4 จำนวนปีที่รวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุ	19
ตารางที่ 5 รายละเอียดข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนนแต่ละสาย.....	22
ตารางที่ 6 สรุปช่วงถนนและความยาวแต่ละช่วงถนนที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	25
ตารางที่ 7 อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงถนนแยกตามประเภทความรุนแรง	30
ตารางที่ 8 กลุ่มตัวอย่างแบ่งตามผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นไทล์	32
ตารางที่ 9 กลุ่มตัวอย่างแบ่งตามผลต่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ	32
ตารางที่ 10 ค่าสถิติของอัตราการเกิดอุบัติเหตุระหว่างกลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและน้อย (ช่วงเวลาตลอดวัน)	33
ตารางที่ 11 ค่าสถิติของอัตราการเกิดอุบัติเหตุระหว่างกลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและน้อย (ช่วงเวลา 15.00 – 10.00 น.)	33
ตารางที่ 12 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ค่า CMF	34
ตารางที่ 13 อัตราการเกิดอุบัติเหตุของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละสายทางที่แบ่งตามปัจจัยผลต่างความเร็ว	35
ตารางที่ 14 ความเร็วและจำนวนอุบัติเหตุของ Treatment และ Comparison Group ทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน	36
ตารางที่ 15 ความเร็วและจำนวนอุบัติเหตุของ Treatment และ Comparison Group มอเตอร์เวย์หมายเลข 7	36
ตารางที่ 16 ความเร็วและจำนวนอุบัติเหตุของ Treatment และ Comparison Group มอเตอร์เวย์หมายเลข 9	37
ตารางที่ 17 ผลทดสอบ Odds Ratio ของแต่ละสายทาง.....	38
ตารางที่ 18 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน	39
ตารางที่ 19 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน	40
ตารางที่ 20 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน	41
ตารางที่ 21 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7.....	42
ตารางที่ 22 ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7.....	43
ตารางที่ 23 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7.....	43
ตารางที่ 24 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9.....	44
ตารางที่ 25 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9	45
ตารางที่ 26 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9.....	45
ตารางที่ 27 ค่า CMF สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก (AADT 70K-80K, Truck <10%, Speed Limit 90 Kph) .	46
ตารางที่ 28 ค่า CMF สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก (AADT 70K-90K, Truck 15-25%, Speed Limit 120 Kph)	47
ตารางที่ 29 ค่า CMF สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก (AADT 30K-50K, Truck 20-30%, Speed Limit 120 Kph)	47
ตารางที่ 30 ข้อมูลสถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด.....	49
ตารางที่ 31 การวิเคราะห์รูปแบบของแบบจำลองคาดการณ์ CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด	50
ตารางที่ 32 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด.....	50
ตารางที่ 33 ข้อมูลสถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต	51
ตารางที่ 34 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต	51
ตารางที่ 35 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต	52

ตารางที่ 36 ข้อมูลสถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย	52
ตารางที่ 37 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย.....	52

1. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัญหาอุบัติเหตุจราจรบนท้องถนนของประเทศไทยก่อให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาพบว่า มีอุบัติเหตุการจราจรเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยมากถึงปีละ 95,000 ราย โดยมีการเสียชีวิตมากกว่า 11,000 ราย และบาดเจ็บกว่า 63,000 ราย คิดเป็นมูลค่าความเสียหายถึงปีละ 2,500 ล้านบาท (กรมทางหลวง, 2555) การใช้ความเร็วที่เกินความเหมาะสมกับประเภทถนนของผู้ขับขี่ถือเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุจราจรที่เป็นสัดส่วนมากที่สุดในจำนวนสาเหตุต่างๆ จากข้อมูลการศึกษาของสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง พบว่าอุบัติเหตุทางถนนที่เกิดจากการขับรถเร็วเกินอัตราที่กฎหมายกำหนด คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 65.7 (พญาดา ประพงค์เสนา และคณะ, 2555)

ในปัจจุบัน ประเทศไทยได้กำหนดความเร็วสูงสุดของรถแต่ละประเภท ซึ่งเป็นไปตามพระราชบัญญัติจราจรทางบก หรือพระราชบัญญัติทางหลวง ซึ่งการกำหนดความเร็วบนถนนประเภทต่างๆจะอยู่ภายใต้อำนาจหน้าที่ของหน่วยงานที่รับผิดชอบถนนสายนั้นๆ พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ.2522 (กระทรวงมหาดไทย, 2522) และพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ.2535 (กระทรวงคมนาคม, 2542) ได้กำหนดให้รถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ขับขี่ได้ไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในเขตเทศบาลเมืองพัทยา กรุงเทพมหานคร และบนทางหลวงชนบท และไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับนอกเขตดังกล่าว ส่วนทางหลวงพิเศษ จะอนุญาตให้รถยนต์ส่วนบุคคลขับขี่ได้ไม่เกิน 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมงบนทางหลวงพิเศษ เช่น ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และหมายเลข 9 ถึงแม้ว่าจะมีกฎหมายกำหนดการใช้ความเร็วบนท้องถนนดังกล่าว สถานการณ์ของการเกิดอุบัติเหตุที่มีสาเหตุจากการใช้ความเร็วที่เกินอัตราที่กำหนดยังคงทวีความรุนแรงและสร้างความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างต่อเนื่อง

ถนนประเภทจำกัดการเข้าออก (Controlled-Access Road) เป็นถนนที่มีปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันสูง และมีการใช้ความเร็วโดยเฉลี่ยสูงกว่าถนนลำดับรองประเภทอื่น เนื่องจากการจำกัดการเข้าออกของยานพาหนะด้วยทางเชื่อมเฉพาะ (Ramps) ซึ่งมีความถี่ในการรบกวนกระแสจราจรในทางหลักน้อยกว่าถนนประเภทอื่น จากปัจจัยการออกแบบที่เอื้ออำนวยต่อการใช้ความเร็วบนถนนประเภทนี้ ทำให้อุบัติเหตุส่วนใหญ่บนถนนประเภทนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการใช้ความเร็ว ปัจจุบันในหลายประเทศได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาวิจัยโดยเฉพาะด้านความปลอดภัยของถนนประเภทนี้ สำหรับประเทศไทย ถนนประเภทจำกัดการเข้าออกซึ่งรวมถึงทางด่วน และทางหลวงพิเศษ (มอเตอร์เวย์) ยังมีจำนวนไม่มากเมื่อเทียบกับถนนประเภทอื่น จึงทำให้ยังไม่มีการศึกษาวิจัยด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความเร็วบนถนนประเภทนี้เท่าที่ควร

สำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์ในประเทศไทยนั้น ได้มีการคาดการณ์ถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นทั้งจำนวนและความยาวของสายทางของถนนประเภทนี้ อีกทั้งยังเป็นประเภทถนนที่สำคัญในโครงข่ายถนนของประเทศที่สามารถเชื่อมต่อการเดินทางภายในและระหว่างภูมิภาค รวมทั้งการเดินทางระหว่างประเทศ (กระทรวงคมนาคม, 2555) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอุบัติเหตุและการคาดการณ์อุบัติเหตุบนถนนประเภทนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาเพื่อกำหนดแนวทางการจำกัดความเร็วของระบบโครงข่ายถนนประเภทดังกล่าวเพื่อให้มีประสิทธิภาพทั้งด้านการจราจรและความปลอดภัย งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและสรุปผลด้านความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ โดยทำการเปรียบเทียบการเกิดอุบัติเหตุที่ระดับความเร็วต่างๆของถนนที่มีลักษณะทางกายภาพโดยรวมคล้ายคลึงกัน

งานวิจัยนี้ยังได้ทำการศึกษาจัดทำ Crash Modification Factor (CMF) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดอุบัติเหตุจากการปรับเปลี่ยนความเร็วจำกัด และสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ CMF สำหรับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงความเร็วต่างๆ โดยเครื่องมือที่ได้จากงานศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้ในการประเมินผลได้หลายรูปแบบ เช่น การเปรียบเทียบผลกระทบด้านความปลอดภัยของแต่ละโครงการ การตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานในการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์ และการคาดการณ์ผลกระทบด้านความปลอดภัยจากการปรับเปลี่ยนการจำกัดความเร็วหรือแนวนโยบายด้านความเร็ว

รายงานการศึกษานี้ประกอบด้วยเนื้อหาซึ่งแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ที่มาและความสำคัญของโครงการ
2. วัตถุประสงค์ของโครงการ
3. ขอบเขตการดำเนินงานของโครงการ
4. การทบทวนและสังเคราะห์องค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและการเกิดอุบัติเหตุ
5. วิธีการศึกษาวิเคราะห์
6. ผลการศึกษา
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์หลักของโครงการ มีดังนี้

1. เพื่อศึกษารายละเอียดของขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ รวมทั้งข้อสรุปด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความเร็วบนท้องถนนต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยแบ่งเป็นความรุนแรงประเภทต่างๆ เช่น การเสียชีวิต และบาดเจ็บ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอุบัติเหตุบนถนนประเภททางด่วน และมอเตอร์เวย์
3. เพื่อจัดทำเครื่องมือช่วยวิเคราะห์ (CMF) เพื่อใช้ในการคาดการณ์ความเปลี่ยนแปลงของอุบัติเหตุที่ใช้ความเร็วระดับต่างๆ และสร้างแบบจำลองคาดการณ์ CMF สำหรับสถานการณ์การปรับเปลี่ยนความเร็วต่างๆ

3. ขอบเขตการดำเนินงานของโครงการ

การดำเนินงานของโครงการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ทบทวนและสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงระดับต่างๆ

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งในแง่ของวิธีการศึกษา และผลการศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาแนวทางการศึกษาที่เหมาะสม โดยมุ่งเน้นทบทวนงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วบนท้องถนนและการเกิดอุบัติเหตุแยกตามระดับความรุนแรงต่างๆ เพื่อหาข้อสรุปด้านผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว นอกจากนี้ ยังรวมถึงการทบทวนวิธีการและทฤษฎีต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ เช่น วิธีการเก็บข้อมูลจราจรและอุบัติเหตุ ตัวชี้วัดอัตราการเกิดอุบัติเหตุ การวิเคราะห์ทางสถิติต่างๆที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

2. พิจารณาแนวทางการศึกษาและเลือกสถานที่ทำการการศึกษาที่เหมาะสม

ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสถานที่ทำการการศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์เวย์ และทางพิเศษ โดยเลือกช่วงถนนที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและเก็บบันทึกข้อมูลจราจรประเภทต่างๆแบบอัตโนมัติ ที่สามารถเก็บและบันทึกข้อมูลในช่วงเวลา 3 ปีล่าสุด ซึ่งระบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติจะสามารถเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งปี โดยประเภทข้อมูลที่เก็บจากมอเตอร์เวย์ และทางพิเศษ จะประกอบไปด้วยข้อมูลปริมาณจราจร ความเร็ว และอุบัติเหตุจากการพิจารณาปัจจัยต่างๆดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกเก็บข้อมูลจาก 3 สายทาง (ระยะทางรวม 180.5 กิโลเมตร) ซึ่งมีอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่และสามารถใช้ในการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ได้

3. เก็บรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล

หลังจากการพิจารณาคัดเลือกสถานที่ทำการศึกษาได้แล้วนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจราจรและอุบัติเหตุจากสายทางต่างๆ รวมทั้งข้อมูลการออกแบบของถนนที่ทำการศึกษา เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์และจัดทำ CMF ในขั้นตอนต่อไป โดยในขั้นตอนนี้ได้รวมถึงการจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้

4. กำหนดแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และจัดทำ CMF

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาผลการสังเคราะห์การศึกษาที่ผ่านมาเพื่อใช้เป็นแนวทางการวิเคราะห์ประเภทต่างๆ เช่น การแบ่งประเภทความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุและการเปลี่ยนแปลงความเร็วการขับขี่ แนวทางการปรับเปลี่ยนความเร็ว แนวทางการบังคับใช้การจำกัดความเร็ว

สำหรับข้อมูลที่เก็บรวบรวมในขั้นตอนก่อนหน้านี้นั้น ผู้วิจัยได้นำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะประกอบด้วยการวิเคราะห์ดังนี้

- การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ โดยได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วและอุบัติเหตุของแต่ละช่วงถนนในบริเวณพื้นที่ศึกษา และได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติของการเกิดอุบัติเหตุระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วสูง และกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วต่ำบนช่วงถนนและในทิศทางจราจรเดียวกัน ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในลำดับต่อไป
- การวิเคราะห์เพื่อจัดทำ Crash Modification Factor (CMF) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของอุบัติเหตุที่ระดับความเร็วต่างๆกัน โดยค่า CMF สามารถหาได้จากอัตราส่วนของการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงความเร็วจาก a ไป b ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในลำดับต่อไป
- สร้างแบบจำลองทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง CMF กับตัวแปรต่างๆที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุ

4. การทบทวนและสังเคราะห์องค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการทบทวนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและการเกิดอุบัติเหตุ รวมทั้งการสรุปทฤษฎีที่เป็นประโยชน์และสาระสำคัญจากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเร็วและการเกิดอุบัติเหตุบนถนน นอกจากนี้ยังรวมถึงการทบทวนแนวทางการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษา การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล และข้อเสนอแนะจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยในส่วนแรก จะเป็นการทบทวนการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานของโครงการนี้ และส่วนที่สองจะเป็นการทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การคาดการณ์การเกิดอุบัติเหตุ

การคาดการณ์อุบัติเหตุ (Crash Prediction) โดยทั่วไปจะใช้วิธีแบบจำลองทางสถิติร่วมกับวิธีปรับแก้จำนวนอุบัติเหตุหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานการณ์การใช้งาน เช่นการวางแผนระยะยาว การแก้ปัญหาระยะสั้น วิธีทางสถิติที่ใช้ในแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุจะประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ส่วนที่ใช้ประมาณจำนวนอุบัติเหตุ (Expected Crash)

เฉลี่ยที่บริเวณใดๆ โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของถนน ปริมาณจราจร ภูมิศาสตร์ของถนน และรูปแบบการควบคุมจราจรที่เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด โดยส่วนนี้จะถูกเรียกว่า Safety Performance Function (SPF) และส่วนที่ 2 คือ ส่วนปรับแก้จำนวนอุบัติเหตุ (Crash Modification Factor) ซึ่งจะประมาณการเปลี่ยนแปลงจำนวนอุบัติเหตุสำหรับกรณีที่องค์ประกอบต่างๆของถนนไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดในส่วน SPF จำนวนอุบัติเหตุที่คาดการณ์อาจจะเป็นค่าอุบัติเหตุทั้งหมด หรือแบ่งตามประเภทความรุนแรงหรือตามประเภทของอุบัติเหตุก็ได้ ส่วน SPF จะให้ค่าเฉลี่ยของ Expected Crash ($N_{expected}$) จากแบบจำลองทางสถิติซึ่งสร้างขึ้นจากข้อมูลจากบริเวณที่มีองค์ประกอบต่างๆคล้ายคลึงกัน แบบจำลองจะคำนวณโดยใช้สถานะแวดล้อมที่เฉพาะสำหรับบริเวณนั้นๆ และยังมีการใช้ Empirical Bayes (EB) Method เพื่อประเมินร่วมกับแบบจำลองทางสถิติสำหรับจำนวนอุบัติเหตุที่บริเวณใดๆ มีการใช้ปัจจัยค่าน้ำหนัก (Weighting Factor) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง แต่จะไม่นำ EB มาใช้เมื่อหาค่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

4.1.1 แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ (Safety Performance Function)

แบบจำลองคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ (SPF) เป็นแบบจำลองทางสถิติพื้นฐานที่ใช้เพื่อประมาณจำนวนอุบัติเหตุเฉลี่ย โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของสมการ regression ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เช่น AADT และความยาวของแต่ละช่วงถนน รวมถึงอาจมีการใช้ปัจจัยอื่นๆ เช่น ความกว้างของเลน มาคำนวณด้วยก็ได้ ตัวอย่างสมการ SPF สำหรับ Rural Two-Lane Highways เป็นดังสมการที่ 1 (AASHTO, 2010)

$$N_{SPF_{rs}} = (AADT) \times (L) \times (365) \times 10^{(-6)} \times e^{(-0.4865)} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ

$N_{SPF_{rs}}$ = ค่า Predicted ของจำนวนอุบัติเหตุเฉลี่ยที่หาจาก SPF ที่บริเวณ Rural Two-Lane Highways (ครั้ง/ปี)

AADT = จำนวนรถต่อวันในหนึ่งปีที่บริเวณ Rural Two-Lane Highways (คัน/วัน)

L = ความยาวของช่วงถนน (ไมล์)

สมการ SPF จะถูกใช้เพื่อหาค่าเฉลี่ยของจำนวนอุบัติเหตุ โดยสามารถแยกตามประเภทความรุนแรงหรือชนิดของอุบัติเหตุ คู่มือ Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) ได้เสนอแนะรูปแบบสมการ SPF สำหรับถนน 3 ประเภทด้วยกันคือ Rural Two-Lane Two-Way Roads, Rural Multilane Highways และ Urban and Suburban Arterials รวมถึงทางแยกประเภทต่างๆ เช่น สี่แยกที่มีสัญญาณไฟจราจร สี่แยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น โดยสมการ SPF สำหรับถนนประเภท Freeways กำลังอยู่ในขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบสมการ SPF โดยทั่วไปจะต้องใช้ข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ เพื่อหารูปแบบของถนนและหาค่า SPF ที่ใช้กับถนนประเภทนั้น ๆ ได้
2. รายละเอียดการออกแบบลักษณะถนนและการควบคุมจราจร
3. AADT สำหรับประเมินช่วงที่ผ่านมาแล้วหรือใช้เพื่อคาดการณ์ล่วงหน้า

สมการ SPF ใช้แบบจำลองทางสถิติเข้ามาช่วยหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอุบัติเหตุและลักษณะทางกายภาพต่างๆของถนน รวมทั้งปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน โดยแบบจำลองทางสถิติที่นิยมใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบจำลองประเภท Negative Binomial (NB) ซึ่งมีข้อจำกัดน้อยกว่าแบบจำลองประเภท Poisson Regression ที่มีข้อจำกัดว่าข้อมูลจะต้องมีความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยเท่ากัน ซึ่งเกิดขึ้นได้ยากสำหรับข้อมูลประเภทอุบัติเหตุ โดยส่วนใหญ่ ข้อมูลอุบัติเหตุมักจะมีค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยหรือที่เรียกว่า Overdispersed การใช้แบบจำลอง NB จึงเหมาะสมกับข้อมูลอุบัติเหตุมากกว่า โดยมีการใช้ Overdispersed Parameter ร่วมด้วย และค่านี้ยังใช้สำหรับหา Weight Factor ในการคำนวณแบบ EB ได้อีกด้วย

4.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (Crash Modification Factor)

ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) เป็นสัดส่วนของประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยของถนนที่สภาวะใดๆ เปรียบเทียบกับอีกสภาวะหนึ่งที่มีความแตกต่างกันทางกายภาพ ซึ่งวิธีนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อปรับแก้จำนวนอุบัติเหตุที่คาดการณ์จาก SPF หรือปรับแก้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงเพื่อหาความแตกต่างของการเกิดอุบัติเหตุระหว่างก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพหรือการปรับปรุงการจราจร ดังนั้น CMF จึงมีความเหมาะสมในการใช้เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบหรือประสิทธิภาพของการปรับปรุงทางกายภาพแวล้อมต่างๆ โดย CMF จะสามารถหาได้จากสมการที่ 2 (AASHTO, 2010)

$$CMF = \frac{[Expected_average_crash_frequency_withcondition'b]}{[Expected_average_crash_frequency_withcondition'a]} \quad \text{สมการที่ 2}$$

ตัวอย่างการนำ CMF ไปใช้ เช่น สำหรับถนน 2 เลน ในเขตนอกเมืองที่มีจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บ 10 ครั้งต่อปี จากการศึกษาพบว่า ถ้ามีการติดตั้งเครื่องจับความเร็ว จะทำให้มีอุบัติเหตุ (ที่มีผู้บาดเจ็บ) ลดลง 17% (หรือ CMF = 0.83) ดังนั้น ถ้าปัจจัยอื่นไม่มีการเปลี่ยนแปลง จำนวนอุบัติเหตุ (ที่มีผู้บาดเจ็บ) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจะเท่ากับ $0.83 \times 10 = 8.3$ หรือ ประมาณ 9 ครั้งต่อปี

ค่า CMF ที่น้อยกว่า 1.0 ชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงมีแนวโน้มที่จะสามารถช่วยลดค่าเฉลี่ยจำนวนอุบัติเหตุเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง ส่วนค่า CMF ที่มากกว่า 1.0 ชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มค่าเฉลี่ยจำนวนอุบัติเหตุเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง ความสัมพันธ์ของ CMF และค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงอุบัติเหตุจะเป็นไปตามสมการที่ 3

$$\text{Percent Reduction in Accidents} = 100 \times (1.00 - CMF) \quad \text{สมการที่ 3}$$

โดยสรุป CMF จะสามารถนำไปใช้ในกรณีต่างๆกัน ดังนี้

1. การใช้ CMF กับจำนวนอุบัติเหตุพื้นฐาน (Base Conditions) ที่ประมาณด้วย SPF เพื่อหาค่า Predicted Crash สำหรับแต่ละบริเวณซึ่งอาจจะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ในกรณีนี้จะสามารถใช้ CMF ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนอุบัติเหตุระหว่างบริเวณต่างๆดังกล่าว
2. การใช้ CMF กับจำนวนอุบัติเหตุที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Expected Crash) สำหรับถนนที่มีอยู่เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจากการปรับปรุงทางกายภาพ (Treatment) สำหรับกรณีที่ไม่สามารถใช้สมการ SPF ได้ เช่น การเปลี่ยนจากไฟจราจรเป็นวงเวียนสำหรับทางแยกที่ไม่มีข้อมูลอุบัติเหตุ
3. การใช้ CMF กับจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง (Observed Crash) สำหรับบริเวณที่มีอยู่เพื่อพิจารณาการปรับปรุงทางกายภาพ (Treatment) เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง สำหรับกรณีที่ไม่สามารถใช้สมการ SPF ได้

การหาค่า CMF สำหรับการปรับปรุงทางกายภาพต่างๆจะสามารถคำนวณด้วยวิธีต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1.2.1 Before-After with Comparison Group Studies

วิธี Before-After เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา (Treatment Group) กับกลุ่มเปรียบเทียบ (Comparison Group) เป็นการใช้กลุ่มเปรียบเทียบ (Untreated) จากบริเวณซึ่งมีลักษณะเหมือนกับกลุ่มศึกษา (Treated) เช่น ทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มปริมาณการจราจรเหมือนกัน หรือช่วงเวลาเร่งด่วนคล้ายกัน เป็นต้น กลุ่มเปรียบเทียบจะถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณหาสัดส่วนของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุงทางกายภาพ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุงนั้นจะถูกใช้เพื่อเป็นค่าประมาณจำนวนอุบัติเหตุของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาขณะที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุง (Treatment) จากนั้นค่าที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง เพื่อประเมินผลกระทบต่อความปลอดภัยที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการปรับปรุง (Treatment) ตัวอย่าง เช่น ในการศึกษาอุบัติเหตุที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการจำกัด

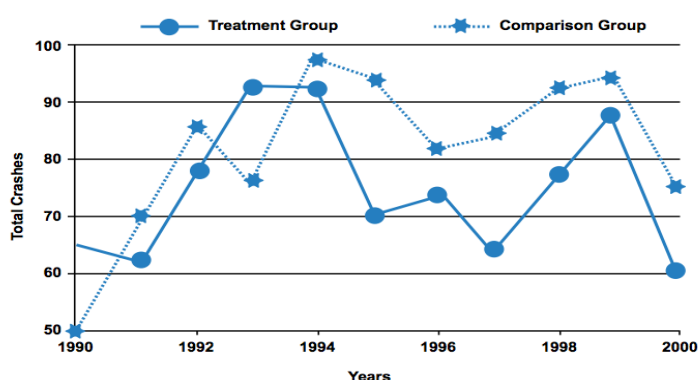
ความเร็ว ควรเลือกถนนที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็น Treatment Group และถนนที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เป็น Comparison Group โดยที่ทั้งถนนทั้งสองเส้นมีลักษณะทางกายภาพต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน หรือเป็นถนนที่มีทุกอย่างเหมือนกันยกเว้นความเร็ว จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกันแล้วหาเป็นสัดส่วนระหว่างกลุ่มที่สองกลุ่มเพื่อเป็นค่าประมาณจำนวนอุบัติเหตุไปใช้ต่อไป

Comparison Group ที่ใช้ควรมีรูปแบบอยู่ในขอบเขตเดียวกันกับ Treatment Group ในแง่ของลักษณะทางกายภาพหรือลักษณะการใช้งาน เป็นต้น แต่ความยุ่งยากที่เกิดขึ้นจะเป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่สามารถนำมาใช้เป็น Comparison Group เพราะกลุ่มตัวอย่างเดียวกันนี้จะต้องไม่ได้รับ Treatment หรือไม่ได้รับผลกระทบจากการปรับปรุงเลย ตัวอย่าง เช่น การใช้ Red Light Camera อาจส่งผลกระทบไปยังบริเวณที่ Untreated ได้ โดยปกติแล้ววิธีนี้จะไม่ได้อาศัย Regression-to-the-Mean มาคำนวณ ยกเว้นกรณีที่ Treatment Group และ Comparison Group นั้นมีจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในช่วง Before Period ใกล้เคียงกัน หรือมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่อปีใกล้เคียงกัน เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้เป็นการยากที่จะสามารถหา Treatment Group และ Comparison Group ที่สมบูรณ์ตามทฤษฎี เพื่อที่จะนำมาใช้คำนวณ ดังนั้นการศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธีคำนวณที่ง่ายและไม่ซับซ้อนโดยเป็นไปตามเกณฑ์ต่อไปนี้

1. จำนวนอุบัติเหตุที่ไม่นับได้ถูกพิจารณาในการเลือกบริเวณสำหรับศึกษา Safety Treatment
2. Treatment Group ที่ใช้มีความครอบคลุมและสามารถใช้กับบริเวณต่าง ๆ ที่ศึกษาได้ และใช้การสุ่มเลือก Treatment Group เพื่อไม่ให้เกิดความโน้มเอียงในการพิจารณา

สำหรับ Comparison Group ที่เหมาะสม คือ กลุ่มตัวอย่างที่ให้สัดส่วนของ Expected Crash ของ After Period และ Before Period เท่ากัน และเท่ากับ Treatment Group ขณะที่ยังไม่ได้รับ Treatment ตัวอย่าง เช่น ถ้า Expected Crash ของ Treatment Group เพิ่มขึ้น 10% ใน After Period ที่ยังไม่ได้รับ Treatment ดังนั้น Comparison Group ก็ควรมีค่า Expected Crash เพิ่มขึ้น 10% ด้วยเช่นกัน เนื่องจากการหาค่า Expected Crash ของ Treatment Group ใน After Period ที่ยังไม่ได้รับ Treatment มีความเป็นไปได้ยาก ดังนั้น การหา Comparison Group ที่เหมาะสมจึงมีความเป็นไปได้น้อย

เนื่องจากความไม่แน่นอนดังกล่าว ความเหมาะสมของ Comparison Group จะสามารถประเมินได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของการเปรียบเทียบกับ Treatment Group (Hauer, 1997) โดยจะเปรียบเทียบโดยใช้ Time Series ของ Target Crash และ Comparison Group ที่สนใจ ในช่วงก่อนที่จะมีการให้ Treatment จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าแนวโน้มของจำนวนอุบัติเหตุของทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน จึงจัดได้ว่า Comparison Group นี้มีความเหมาะสม



รูปที่ 1 กราฟแนวโน้ม Time Series ของ Treatment Group และ Comparison Group
(Gross, 2010)

Hauer (1997) ได้เสนอการใช้วิธี Sample Odds Ratios เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของ Comparison Group ตามสมการที่ 4 โดยที่ค่า Sample Odds Ratio ที่ใกล้เคียง 1.0 และมีช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่า 1.0 จะถือว่ามีความเหมาะสมในการใช้เปรียบเทียบ

$$\text{Sample odds ratio} = \frac{(Treatment_{before} Comparison_{after}) / (Treatment_{after} Comparison_{before})}{1 + \frac{1}{Treatment_{after}} + \frac{1}{Comparison_{before}}} \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ, $Treatment_{before}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดกับ treatment group ในปี i
 $Treatment_{after}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดกับ treatment group ในปี j
 $Comparison_{before}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดกับ comparison group ในปี i
 $Comparison_{after}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมดกับ comparison group ในปี j

นอกจากนี้ Hauer (1997) ยังได้แนะนำการเลือกใช้ Comparison Group ซึ่งรวมถึงข้อกำหนดต่อไปนี้

1. ช่วง Before และ After Period ของ Treatment และ Comparison Group ต้องเป็นช่วงเดียวกัน
2. การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นๆ ต้องส่งผลกระทบต่อ Treatment Group และ Comparison Group เหมือนกัน
3. ข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุต้องมีปริมาณมากพอ

ค่า CMF สามารถประมาณหรือคำนวณได้จากค่าอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับ Treatment Group และ Comparison Group ในช่วง Before และ After Period โดยใช้สัญลักษณ์ตัวแปรตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ของกลุ่ม Comparison Group

Time Period	Treatment Group	Comparison Group
Before	$N_{observed,T,B}$	$N_{observed,C,B}$
After	$N_{observed,T,A}$	$N_{observed,C,A}$

เมื่อ, $N_{observed,T,B}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในช่วง Before Period ของ Treatment Group
 $N_{observed,T,A}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในช่วง After Period ของ Treatment Group
 $N_{observed,C,B}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในช่วง Before Period ของ Comparison Group
 $N_{observed,C,A}$ = จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในช่วง After Period ของ Comparison Group

การเปรียบเทียบสัดส่วนของ Comparison Group ชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ และจำนวน Expected Crash ของ Treatment Group ซึ่งจะเกิดในช่วง After Period โดยไม่มีการให้ Treatment สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$N_{expected,T,A} = N_{observed,T,B} (N_{observed,C,A} / N_{observed,C,B}) \quad \text{สมการที่ 5}$$

ถ้า Comparison Group ที่ใช้มีความเหมาะสมจากการทดสอบโดยใช้ Odds Ratio ความแปรปรวนของ $N_{expected,T,A}$ สามารถหาได้จากสมการที่ 6

$$Var(N_{expected,T,A}) = N_{expected,T,A}^2 (1/N_{observed,T,B} + 1/(N_{observed,C,B} + 1/N_{observed,C,A})) \quad \text{สมการที่ 6}$$

การคำนวณข้างต้นนั้นใช้กับ Comparison Group ที่มีคุณลักษณะตามข้อกำหนด การนำไปใช้จึงต้องมีความระมัดระวังและควรหาค่าความแปรปรวน นอกจากนี้ยังควรตระหนักว่าการประเมินค่านี้เป็น การประเมินแบบ Conservative Approximation ค่า CMF และค่าความแปรปรวนของ CMF จะสามารถหาได้จากสมการที่ 7 และ สมการที่ 8

$$CMF = (N_{observed,T,A} / N_{expected,T,A}) / (1 + (Var(N_{expected,T,A}) / N_{expected,T,A}^2)) \quad \text{สมการที่ 7}$$

และสามารถหาช่วงความเชื่อมั่นจากค่าความแปรปรวนในสมการที่ 8 ถ้าช่วงความเชื่อมั่นไม่เกิน 1 ค่าของ CMF สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีนัยสำคัญ

$$\text{Variance}(CMF) = \frac{CMF^2[(1/N_{\text{observed},T,A}) + (\text{Var}(N_{\text{expected},T,A})/N_{\text{expected},T,A}^2)]}{[1 + \text{Var}(N_{\text{expected},T,A})/N_{\text{expected},T,A}^2]^2} \quad \text{สมการที่ 8}$$

วิธีการประเมิน Before-After ด้วย Comparison Group จำเป็นจะต้องเกิดการเปลี่ยนแปลงของการเกิดอุบัติเหตุที่มากพออย่างมีนัยสำคัญเพื่อให้สามารถนำมาใช้ทดสอบทางสถิติได้ การมีนัยสำคัญทางสถิติของ CMF หมายถึงการที่กำหนดให้มีระดับนัยสำคัญในช่วงความเชื่อมั่นสำหรับ CMF ที่มีค่าครอบคลุม 1.0 ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่

1. ขนาดของ Treatment Group ในแง่ของจำนวนอุบัติเหตุใน Before Period
2. ความสัมพันธ์ของช่วง Before-After
3. แนวโน้มของค่า CMF
4. ขนาดของ Comparison Group ในแง่ของจำนวนอุบัติเหตุใน Before และ After Period

4.1.2.2 Empirical Bayes Before-After Studies

วิธี Empirical Bayes (EB) ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อการคำนวณ $N_{\text{expected},T,A}$ ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยจะประเมินค่าความปลอดภัยโดยการเปรียบเทียบผลรวมของ $N_{\text{expected},T,A}$ ในทุก Treatment Sites กับ จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงในช่วง After Period ข้อดีของการใช้วิธี EB คือ มีความแม่นยำในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังได้รับ Treatment

วิธี EB มีความเหมาะสมกับ Regression-to-the-Mean สำหรับการคำนวณการเปลี่ยนแปลงจำนวนอุบัติเหตุที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ จำนวนอุบัติเหตุที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ในช่วงก่อนการเปลี่ยนแปลง (Before Period) ของ Treatment Group ($N_{\text{expected},T,B}$) นั้นเป็นค่าเฉลี่ยน้ำหนักความน่าเชื่อถือของ $N_{\text{observed},T,A}$ และ $N_{\text{predicted},T,B}$ การหาค่าเฉลี่ยและจำนวนอุบัติเหตุของ Reference Site มีลักษณะเหมือนกับการใช้ Comparison Group ในวิธีก่อนหน้านี้ แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่จะได้จาก Reference Site นั้นจะต้องผ่านการประเมินด้วย SPF ซึ่งจะหาค่าเฉลี่ยของจำนวนอุบัติเหตุเพื่อใช้สำหรับการคำนวณ EB

สมการที่ 9 และ สมการที่ 10 เป็นตัวอย่างของการใช้ EB ร่วมกับ SPF สำหรับช่วงถนน (Road Segments) และ ทางแยก (Intersections)

SPF สำหรับช่วงถนน

$$\text{Crashes per year} = \alpha (\text{segment length})(\text{AADT})^\beta \quad \text{สมการที่ 9}$$

SPF สำหรับทางแยก

$$\text{Crashes per year} = \alpha (\text{Major road entering AADT})^{\beta_1} (\text{Minor road entering AADT})^{\beta_2} \quad \text{สมการที่ 10}$$

เมื่อ AADT = ปริมาณจราจร (คัน/วัน)
 α β β_1 และ β_2 = ค่าที่เกิดขึ้นในขณะประเมิน SPF

สำหรับการประเมิน EB ของค่า $N_{expected,T,B}$ หาได้จากตัวอย่างสมการที่ 11

$$N_{expected,T,B} = SPFWeight(N_{predicted,T,B}) + (1 - SPFWight)(N_{observed,T,B}) \quad \text{สมการที่ 11}$$

เมื่อผ่านการประเมินของ SPF และ EB ผลที่ได้จะสามารถนำไปใช้ประเมินเพื่อหาค่า CMF โดยมีตัวแปรต่างๆตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรสำหรับ CMF ด้วยวิธี Empirical Bayes Before-After Studies

Time Period	Treatment Group	SPE Prediction (SPFs Developed from Reference Group)
Before	$N_{observed,T,B}$	$N_{predicted,T,B}$
After	$N_{observed,T,A}$	$N_{predicted,T,A}$

การใช้ CMF มีข้อควรระวัง คือ การเปลี่ยนแปลงของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอาจไม่ได้เกิดจาก Treatment ที่สนใจเพียงอย่างเดียว ปัจจัยอื่นที่อาจมีผลและทำให้ผลการวิเคราะห์เกิดการโน้มเอียง (Bias) ได้แก่

1. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจร
2. อุปสรรคทางด้านสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ
3. ผลจากการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุด้วยวิธี Regression-to-the-Mean ที่ไม่ชัดเจน

สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆดังกล่าวข้างต้น สามารถป้องกันได้จากการคำนวณความสัมพันธ์จาก SPF ส่วนการเกิด Spill-Over ที่ได้อธิบายในข้างต้น จะสามารถใช้วิธี Comparison Group ในการหาตัวปรับแก้ (Annual Multiplier) ในระยะแรกหลังจาก Treatment

สำหรับวัตถุประสงค์การศึกษานี้จะไม่เน้นการคาดการณ์ในรูปแบบของ SPF แต่จะสนใจค่าปัจจัย CMF เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงเกิดอุบัติเหตุหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขด้านความเร็ว และจากปัจจัยและข้อจำกัดต่างๆ การศึกษานี้ใช้วิธี Before-After with Comparison Group ซึ่งมีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

4.2 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับความเร็วและอุบัติเหตุ

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ได้มีการศึกษาผลกระทบด้านการเกิดอุบัติเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วจำกัดบนถนน ซึ่งมีทั้งการเพิ่มความเร็วจำกัด และการลดความเร็วจำกัด โดยทั่วไปการเพิ่มหรือลดความเร็วจำกัดบนถนนจะมีผลกระทบโดยตรงต่อความจุและระดับการให้บริการของถนน โดยส่วนใหญ่งานวิจัยที่เกี่ยวกับการกำหนดความเร็วจำกัดหรือการเปลี่ยนแปลงความเร็วจำกัดบนถนนทั้งสายหลักสายรองจะมีเป้าหมายเพื่อศึกษาผลกระทบด้านความปลอดภัยบนถนน

4.2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนอุบัติเหตุจากการเพิ่มหรือลดความเร็ว

Wagenaar, et al. (1990) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มความเร็วจาก 55 เป็น 65 ไมล์ต่อชั่วโมง ที่เกิดขึ้นต่อการเกิดอุบัติเหตุประเภทบาดเจ็บและการตาย โดยใช้ Time-Series เพื่อเปรียบเทียบระหว่างถนนที่มีการเพิ่มความเร็วจำกัดและถนนที่มีความเร็วจำกัดเท่าเดิม พบว่าจะทำให้อุบัติเหตุที่มีการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.2 อุบัติเหตุร้ายแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 38.9 อุบัติเหตุบาดเจ็บปานกลางเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.2 และได้ข้อสรุปจากการศึกษาว่า การเพิ่มความเร็วจำกัดอาจส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของอุบัติเหตุที่รุนแรง นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มความเร็วจำกัดจาก 50 เป็น 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บนถนน 19 สายในเขตเมืองฮ่องกง พบว่า การเพิ่มความเร็วจำกัดดังกล่าวทำให้จำนวนอุบัติเหตุที่ไม่ร้ายแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ

ละ 15 และจำนวนอุบัติเหตุที่ร้ายแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 และเมื่อเพิ่มความเร็วจาก 70 เป็น 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุที่ร้ายแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 18 และจำนวนอุบัติเหตุที่ร้ายแรงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 36 (Wong, et al., 2004)

ในปี 1999 Farmer และคณะ ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการเสียชีวิตของผู้ขับขี่หลังจากมีการยกเลิกข้อกฎหมายเกี่ยวกับความเร็วจำกัดในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยให้มีการเพิ่มความเร็วจำกัดจากความเร็ว 55 ไมล์ต่อชั่วโมงที่ใช้กันทั่วไปในหลายรัฐบนถนนนอกเขตเมืองเป็น 65 ไมล์ต่อชั่วโมง หลังจากที่ได้สถานการณ์ขาดแคลนพลังงานคลี่คลายลง โดยให้มีการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความเร็วจำกัดนี้อย่างใกล้ชิด จากผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วจำกัดส่งผลให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วมากขึ้น มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 อย่างมีนัยสำคัญ บนถนนประเภท free-ways หรือ interstates

จากรายงานการรวบรวมข้อมูลการจัดการความเร็วของ department for transport ประเทศอังกฤษ ได้แสดงให้เห็นถึงแนวทางการจัดการความเร็วบนถนนมอเตอร์เวย์หรือ dual carriageways ซึ่งเป็นถนนที่มีการใช้ความเร็วสูง แต่ก็มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุสูงเช่นกัน แม้ว่าจะมีบางองค์ที่ต้องการเพิ่มความเร็วบนถนนประเภทนี้ที่ใช้อยู่เดิม 70 ไมล์ต่อชั่วโมงให้เป็น 80 ไมล์ต่อชั่วโมงเพื่อความเร็วในการเดินทาง แต่การใช้ความเร็วต่ำก็ไม่ได้หมายถึงการเสียเวลาในการเดินทางมากเสมอไปหากมีการควบคุมระบบการจราจรให้มีความเหมาะสม และจากงานวิจัยของ Farmer และคณะที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นก็ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าการเพิ่มความเร็วจำกัดเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นจึงเห็นว่าความเร็วจำกัดที่ 70 ไมล์ต่อชั่วโมงมีความเหมาะสมแล้ว

ส่วนการศึกษผลกระทบด้านความปลอดภัยจากความพยายามในการลดความเร็วจำกัด พบว่า จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุมีแนวโน้มลดลง เช่น การลดความเร็วจำกัดในประเทศเบลเยียมจาก 90 เป็น 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บนถนนจำนวนทั้งหมด 61 สาย (รวมระยะทางกว่า 116 กิโลเมตร) ทำให้มีอัตราการชนกันลดลงร้อยละ 5 และมีอัตราการชนที่รุนแรงลดลงร้อยละ 9 โดยแยกวิเคราะห์เป็นการเกิดอุบัติเหตุที่บริเวณทางแยก และการเกิดอุบัติเหตุที่ช่วงถนนระหว่างแยก (Pauw, et al., 2012)

กรณีศึกษาในประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่รุนแรงมีผู้เสียชีวิต 31% และอุบัติเหตุประเภทมีผู้บาดเจ็บสาหัสร้อยละ 17 ในปี 2002 และจากการศึกษาคาดการณ์การเกิดอุบัติเหตุ เมื่อลดความเร็วลง 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะสามารถลดจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิตได้ถึงร้อยละ 15 และลดจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บสาหัสได้ถึงร้อยละ 8 (Frith, et al., 2005)

จากรายงานการศึกษากิจการความเร็วของโครงการ Managing Speeds of Traffic on European Roads แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบของความเร็วในด้านการเกิดอุบัติเหตุ แม้การขับขึ้นบนถนนจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุด้วยกันทั้งสิ้น แต่เห็นได้ชัดว่าการขับด้วยความเร็วเกินกว่าความเร็วเฉลี่ยบนถนนก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุที่มากกว่าทั้งเรื่องจำนวนและความรุนแรง และการลดความเร็วเฉลี่ยลง 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถลดจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บเล็กน้อยได้ 2-3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การเพิ่มระดับความเร็วส่งผลต่อระดับความรุนแรงทำความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นเกือบ 2.5 เท่าอีกด้วย

จากการศึกษาในหลายๆประเทศสำหรับความสัมพันธ์ของจำนวนอุบัติเหตุกับการกำหนดเพิ่ม หรือ ลด ระดับความเร็วผลที่ปรากฏออกมาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ อัตราการเกิดอุบัติเหตุที่ร้ายแรงที่เกิดการเสียชีวิตและบาดเจ็บสาหัสบนถนนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการกำหนดระดับความเร็วเพิ่มขึ้นและอุบัติเหตุร้ายแรงที่เกิดจากการเสียชีวิตและบาดเจ็บจะลดลงเมื่อมีการกำหนดระดับความเร็วลดลง

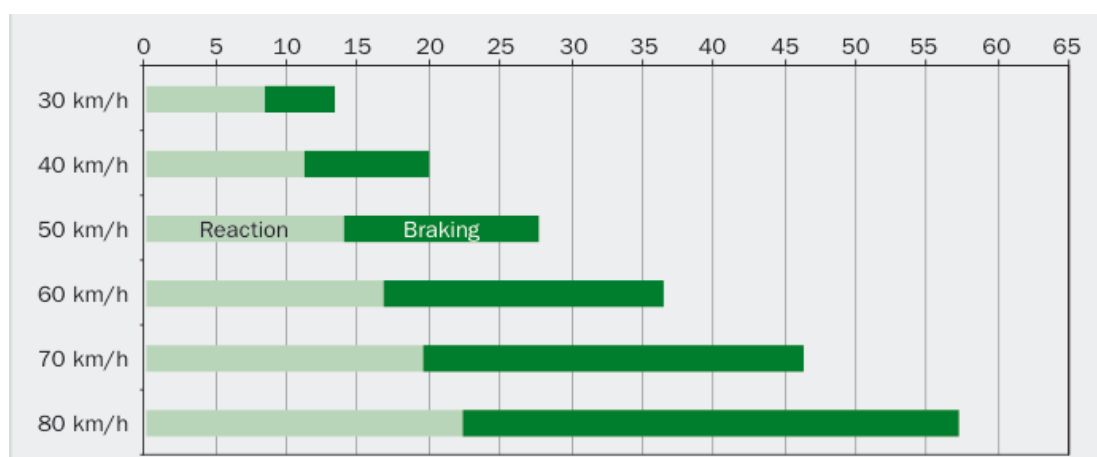
นอกจากการศึกษผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วจำกัดดังกล่าวข้างต้นมีการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับองค์ประกอบทางกายภาพของถนนโดย Lu, et al. (2003) ทำการวิจัยเพื่อหาเกณฑ์ที่เหมาะสมในการกำหนดอัตราความเร็วในรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้ความเร็วในการขับขี่ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้ความเร็วที่ระดับต่างกันจะเป็นปัจจัยทางกายภาพของถนน ซึ่งพบว่า จะขึ้นอยู่กับประเภทของถนน ความหนาแน่นของทางเข้าออก ความกว้างของไหล่ทาง ความกว้างของช่องจราจร และทางแยกสัญญาณไฟ

จากรวบรวมผลงานวิจัยจากการศึกษาในหลายประเทศไม่ว่าจะเป็นออสเตรเลีย อังกฤษ เดนมาร์ก และสหรัฐอเมริกา โดย Aarts และ Schagen ในปี 2006 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วบนถนนส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้านด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นความกว้างของถนน ปริมาณการจราจร หรือรูปแบบการจราจร และที่สำคัญคือประเภทของถนนที่ใช้ความเร็ว ข้อมูลที่ใช้วิธีวิเคราะห์แบบ case-control สามารถควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อ การเกิดอุบัติเหตุได้ จากการวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มความเร็วบนถนนประเภท minor road หรือ urban road ส่งผลให้อัตรา การเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นเร็วกว่าบนถนนประเภท major road หรือ rural road และยังไม่พบว่าการใช้ความเร็วที่ต่ำกว่า ความเร็วส่วนใหญ่ที่ใช้บนถนนขณะนั้นส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าถนนที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ ความเร็วสูงสามารถรองรับการขับขี่ด้วยความเร็วมากกว่าถนนประเภทอื่น และการขับขี่ด้วยความเร็วที่ลดลงไม่ส่งผลกระทบ ต่อความปลอดภัยทางถนน

4.2.2 การศึกษาเกี่ยวกับเกณฑ์สำหรับการกำหนดความเร็วที่เหมาะสม

Abeysekara, et al. (2012) จากประเทศศรีลังกา ได้ทำการศึกษาเกณฑ์สำหรับกำหนดความเร็วจำกัดของรถแต่ละประเภท โดยใช้วิธีเปรียบเทียบค่าความเร็วที่ 85 Percentile ของรถประเภทต่างๆบนถนนกับความเร็วจำกัดที่กฎหมายกำหนดไว้เดิม และสำรวจความคิดเห็นของผู้ขับขี่ และได้เสนอแนะว่า ความเร็วจำกัดของรถสามล้อและรถบัสสามารถเพิ่มขึ้นได้อีกประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถเพิ่มความเร็วจำกัดของรถจักรยานยนต์ และรถยนต์อื่นๆ ได้อีกเล็กน้อย ส่วนความเร็ว จำกัดของรถบรรทุกที่ใช้อยู่แล้วมีความเหมาะสมแล้ว สำหรับความเร็วจำกัดตามกฎหมายที่ใช้อยู่เดิมในศรีลังกา คือ รถจักรยานยนต์ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถสามล้อ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถยนต์รถตู้ 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถบัสและ รถบรรทุก 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ผลกระทบของความเร็วที่มีต่อการเกิดอุบัติเหตุ ได้ถูกอธิบายไว้อย่างชัดเจนในคู่มือความปลอดภัยในการจัดการความเร็ว ปี 2008 ได้ชี้ให้เห็นว่าการกำหนดความเร็วเป็นสิ่งที่สำคัญมากต่อความปลอดภัยทางถนน ส่งผลโดยตรงต่อการตัดสินใจและ พฤติกรรมของผู้ขับขี่ โดยแสดงข้อมูลการรับรู้และระยะทางการหยุดรถในกรณีที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุไว้ในรูปที่ 2 (ข้อมูล จาก Australian Transport Safety Bureau)



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะการตอบสนองและระยะในการหยุดรถ

จากการทบทวนการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การศึกษาผลกระทบด้านความปลอดภัยจากการกำหนดความเร็วจำกัดบนถนน ประเภททางด่วนหรือมอเตอร์เวย์ยังมีไม่มาก ซึ่งทำให้มีข้อจำกัดในการศึกษาเปรียบเทียบสำหรับถนนประเภทดังกล่าว และ จากการศึกษามีอยู่ สามารถสรุปโดยรวมได้ว่า การเพิ่มอัตราความเร็วจำกัดจะส่งผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุที่ระดับความ รุนแรงรูปแบบต่างๆเพิ่มขึ้น และเมื่อลดอัตราความเร็วจำกัดลง จะส่งผลทำให้การเกิดอุบัติเหตุลดลงตามลำดับ และในการ

พิจารณาเพื่อกำหนดอัตราความเร็วจำกัดของถนนใดๆ ควรคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบของถนนเป็นหลัก ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการเลือกใช้ความเร็วของผู้ขับขี่

4.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษาความเร็วและอุบัติเหตุ

ในส่วนนี้จะเป็นการทบทวนและสังเคราะห์ทฤษฎีอื่นๆ ที่นิยมนำมาใช้ในการศึกษาด้านความเร็วและอุบัติเหตุ โดยจะรวมถึงหลักเกณฑ์ในการสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณจราจร การสำรวจและวิเคราะห์ความเร็ว การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงสถิติระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 วิธีทางสถิติที่ใช้เปรียบเทียบความเร็ว

ในการศึกษาวิจัยที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง จะสามารถใช้วิธีทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานและหาข้อสรุปถึงการเปลี่ยนแปลง วิธีทางสถิติที่ใช้โดยทั่วไปมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะและประเภทของข้อมูล และจากปัจจัยต่างๆ งานวิจัยนี้ได้ใช้การทดสอบไคแควร์ซึ่งมีความเหมาะสมในการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจำนวนอุบัติเหตุ

4.3.1.1 การทดสอบไคแควร์

การทดสอบด้วยวิธีไคแควร์ (แทนด้วยสัญลักษณ์ χ^2) ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อใช้ทดสอบสมมติฐานที่ว่าด้วยความถี่ที่ได้รับจากการศึกษาเท่ากับความถี่ที่คาดหวังจากทฤษฎี โดยใช้กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 1 กลุ่มขึ้นไป หรือตัวแปรตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป โดยที่ข้อมูลจัดอยู่ในมาตรานามบัญญัติหรือมาตราเรียงอันดับ การทดสอบแบบนี้ไม่ต้องระบุข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูลในประชากร (กัลยา, 2552)

4.3.1.1.1 การทดสอบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (Simple Classification)

การทดสอบ χ^2 ในกรณีกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเป็นการทดสอบตัวแปรเพียงด้านเดียวเพื่อต้องการทราบว่าความถี่ที่ได้จากการสังเกต (Observed Frequency) จากกลุ่มตัวอย่าง เป็นไปตามความถี่ที่คาดหวัง (Expected Frequency) ไว้หรือไม่ตามนัยสำคัญที่กำหนด การทดสอบโดยใช้สูตรคำนวณในสมการที่ 12

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{สมการที่ 12}$$

เมื่อ χ^2 = ค่าสถิติไคแควร์

O_i = ความถี่ที่ได้จากการสังเกต (Observed Frequency)

E_i = ความถี่ที่คาดหวัง (Expected Frequency) ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนข้อมูลคูณด้วยสัดส่วนที่คาดหวัง

K = จำนวนกลุ่มตัวแปร กรณี $df = K - 1$

4.3.1.1.2 การทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม (Two-Way Classification)

การทดสอบในกรณีตัวแปรสองตัวนี้เป็นการทดสอบเพื่อดูว่า ตัวแปรสองตัวนี้มีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้าไม่สัมพันธ์กันหมายความว่า เป็นอิสระจากกัน ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกว่า การทดสอบความเป็นอิสระ (The χ^2 - Test for

Independence) ข้อมูลที่ได้จะอยู่ใน ระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) ซึ่งอาจเป็นจำนวนความถี่ สัดส่วน ร้อยละ ก็ได้ โดยแต่ละ ตัวแปรจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม หรือประเภทขึ้นไป เช่น เพศ (ชาย-หญิง) กับวุฒิการศึกษา (ป.ตรี ป.โท ป.เอก) จะได้ รูปแบบเป็น 2 x 3 ดังนั้นรูปแบบการวิเคราะห์อาจเป็นได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มของแต่ละตัวแปร (เช่น 2 x 2, 2 x 4, 3 x 2 เป็นต้น) สูตรที่ใช้ในการทดสอบแสดงในสมการที่ 13

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad \text{สมการที่ 13}$$

เมื่อ χ^2 = ค่าสถิติไคสแควร์

O_{ij} = ความถี่ที่ได้จากการสังเกต (Observed Frequency) ในแถว i คอลัมน์ที่ j

E_{ij} = ความถี่ที่คาดหวัง (Expected Frequency) ในแถว i คอลัมน์ที่ j

R = จำนวนแถว

C = จำนวนคอลัมน์

โดยที่ χ^2 มีองศาความเป็นอิสระเท่ากับ $(r-1)(c-1)$

การหาค่าความคาดหวัง จะสามารถหาได้จากสมการที่ 14

$$E_{ij} = \frac{r_i \times c_j}{N} \quad \text{สมการที่ 14}$$

เมื่อ r_i = ผลรวมความถี่แถว i

c_j = ผลรวมความถี่แถว j

ในการที่จะเลือกใช้วิธีทางสถิติเพื่อทดสอบกลุ่มตัวอย่างนั้น จะต้องตรวจสอบข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ว่าข้อมูลนั้นเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นแบบใดมีการแจกแจงของข้อมูลแบบใดถึงจะเลือกใช้สถิติในการทดสอบสมมติฐานนั้น

5. วิธีการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้เป็น 5 ส่วนหลัก คือ 1) เลือกพื้นที่ที่ศึกษา 2) พิจารณาข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 3) เก็บรวบรวมข้อมูล 4) จัดเรียงข้อมูล และ 5) วิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดสำหรับส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.1 พื้นที่ศึกษา

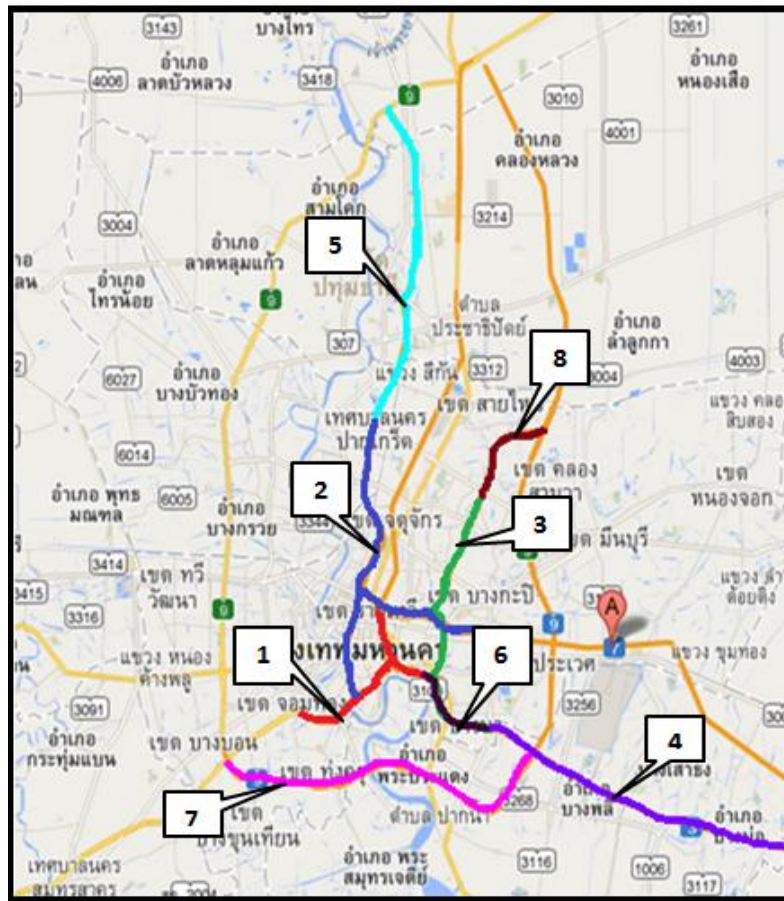
5.1.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา (Study Corridor)

พื้นที่ศึกษาที่ถูกพิจารณาสำหรับงานวิจัยนี้เป็นระบบโครงข่ายถนนที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยได้คัดเลือกเฉพาะประเภทของถนนที่มีการจำกัดการเข้าออกอย่างเป็นระบบและเป็นถนนมีการออกแบบให้ใช้ความเร็วสูงได้ ถนนประเภทนี้ได้แก่ ทางหลวงพิเศษ (Motorway) และทางพิเศษ (Expressway) ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

5.1.1.1 ทางพิเศษ (Expressway)

ทางพิเศษ หรือ ทางด่วน คือถนนที่สร้างโดยรัฐบาลหรือเอกชนซึ่งผู้ใช้เส้นทางจำเป็นจะต้องจ่ายค่าผ่านทางหรือค่าธรรมเนียม ค่าผ่านทางนี้เปรียบเสมือนภาษีที่รัฐจัดเก็บมาจากผู้ใช้โดยนำไปก่อสร้างหรือทำนุบำรุงทางพิเศษ หน่วยงานที่ดูแลทางพิเศษในประเทศไทยคือ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ในส่วนของโครงข่ายถนนทางพิเศษ ที่มีอยู่ในประเทศไทยทั้งหมดในปัจจุบันเปิดให้ใช้งานมี 8 เส้นทาง ดังนี้ (รูปที่ 3)

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. ทางทางพิเศษเฉลิมมหานคร | 5. ทางพิเศษอุดรรัถยา |
| 2. ทางพิเศษศรีรัช | 6. ทางพิเศษสาย S1 |
| 3. ทางพิเศษฉลองรัช | 7. ทางพิเศษสายบางพลี-สุขสวัสดิ์ |
| 4. ทางพิเศษบูรพาวิถี | 8. ทางพิเศษสายรามอินทรา-วงแหวนรอบนอก (ทางพิเศษฉลองรัชส่วนต่อขยาย) |



รูปที่ 3 โครงข่ายทางพิเศษทั้งหมดในประเทศไทย

งานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาบนทางพิเศษสายบางพลี-บางขุนเทียน (ถนนกาญจนาภิเษกส่วนใต้หรือวงแหวนรอบนอกใต้) ซึ่งได้เปิดใช้เมื่อ พ.ศ. 2550 โดยก่อสร้างเป็นทางยกระดับขนาด 6-8 ช่องจราจร (3-4 ช่องจราจรต่อทิศทาง) ระยะทางรวม 37.5 กิโลเมตร และประกอบด้วย 2 ช่วง คือ

1. ทางพิเศษกาญจนาภิเษกช่วงบางสุขสวัสดิ์-ขุนเทียน ระยะทางรวม 15 กิโลเมตร
2. ทางพิเศษกาญจนาภิเษกช่วงสุขสวัสดิ์-บางพลี ระยะทางรวม 22.5 กิโลเมตร

งานวิจัยนี้เลือกเส้นทางทั้งสองช่วงในการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4 ในแต่ละช่วงของสายทางมีลักษณะองค์ประกอบถนนต่างกัน คือ เส้นทางจราจรหลัก หรือช่วงบางขุนเทียน-สุขสวัสดิ์ซึ่งมีทางเดินรถ 8 ช่องจราจร (4 ช่องจราจรต่อทิศทาง) และช่วงสุขสวัสดิ์-บางพลี ซึ่งมีเส้นทางเดินรถ 6 ช่องจราจร (3 ช่องจราจรต่อทิศทาง) และมีการจำกัดความเร็วในการเดินทางที่ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับรถบรรทุก เส้นทางนี้รองรับการเดินทางของรถบรรทุกถึงร้อยละ 10-12 ของจำนวนรถบรรทุกทั้งหมดในประเทศไทย เส้นทางนี้เป็นเส้นทางที่มีจำนวนรถบรรทุกสูง อาจมีความแตกต่างระหว่างความเร็วที่ใช้ในแต่ละทิศทางจราจร ซึ่งอาจมีผลกระทบด้านความปลอดภัยของถนน การศึกษาครั้งนี้จะทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรและความเร็วจาก 10 สถานี ที่บันทึกด้วยกล้อง Image Processing Detector (IDS) ตลอดสาย รายละเอียดของตำแหน่งสถานีต่างๆ จะแสดงอยู่ในส่วนการรวบรวมข้อมูล



รูปที่ 4 ถนนกาญจนาภิเษกส่วนใต้

รูปที่ 4 แสดงเส้นทางของถนนกาญจนาภิเษกส่วนใต้ ประกอบด้วยสองช่วง คือ 1) เส้นสีแดงแสดงทางพิเศษกาญจนาภิเษกช่วงสุขสวัสดิ์-บางพลี 2) เส้นประแสดงทางพิเศษกาญจนาภิเษกช่วงบางสุขสวัสดิ์-ขุนเทียน

5.1.1.2 ทางหลวงพิเศษ (Motorway)

ทางหลวงพิเศษ คือ ทางหลวงประเภทที่ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการจราจรที่ใช้ความเร็วสูงได้อย่างปลอดภัย และผู้ใช้เส้นทางต้องจ่ายค่าผ่านทางหรือค่าธรรมเนียมคล้ายกับทางพิเศษ ทางหลวงพิเศษจะสร้างเพื่อใช้สำหรับการเดินทางระหว่างเมือง และมีการกำหนดความเร็วสูงสุด (Maximum Speed) สูงกว่าทางด่วนเนื่องจากทางด่วนในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในเขตเมืองและเป็นทางยกระดับจึงใช้ความเร็วได้ต่ำกว่า หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบดูแลและควบคุมตั้งแต่การก่อสร้างจนถึงการบำรุงรักษาเป็นหน้าที่ของกรมทางหลวง ตามแผนโครงการ ทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองสายหลักที่เชื่อมระหว่างกรุงเทพมหานครไปยังแต่ละภาคของประเทศมีจำนวนทั้งสิ้น 5 สายทาง ดังนี้

1. ทางหลวงพิเศษหมายเลข 5 จากกรุงเทพมหานครไปยังภาคเหนือ
2. ทางหลวงพิเศษหมายเลข 6 จากกรุงเทพมหานครไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันคือโครงการเส้นทางมอเตอร์เวย์บางปะอิน-นครราชสีมา
3. ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 จากกรุงเทพมหานครไปยังภาคตะวันออกปัจจุบันคือเส้นทางมอเตอร์เวย์ กรุงเทพ-ชลบุรี
4. ทางหลวงพิเศษหมายเลข 8 จากกรุงเทพมหานครไปยังภาคใต้
5. ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 เป็นถนนวงแหวนรอบกรุงเทพมหานครปัจจุบันคือถนนกาญจนาภิเษก

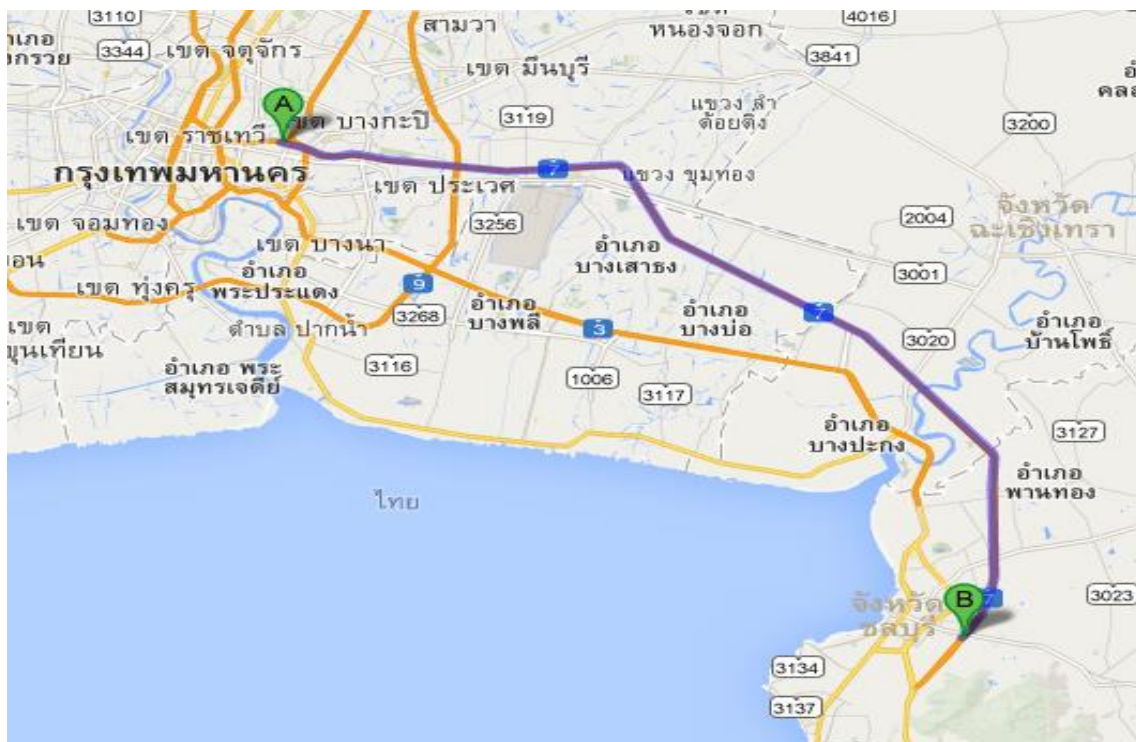
ในปัจจุบันทางหลวงพิเศษได้เปิดใช้อยู่ 2 สายทางได้แก่ ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 และทางพิเศษหมายเลข 9 ซึ่งเป็นสายทางที่เลือกศึกษาในงานวิจัยนี้ ส่วนทางหลวงพิเศษหมายเลข 5 หมายเลข 6 และหมายเลข 8 ปัจจุบันยังเป็นโครงการทางหลวงพิเศษที่จะดำเนินการก่อสร้างในอนาคต

ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 หรือถนนกรุงเทพ-ชลบุรี เป็นทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองสายแรกของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 5 มีระยะทางประมาณ 126 กิโลเมตร มีขนาด 4-8 ช่องจราจร (2-4 ช่องจราจรต่อทิศทาง) เริ่มต้นจากถนนศรีนครินทร์

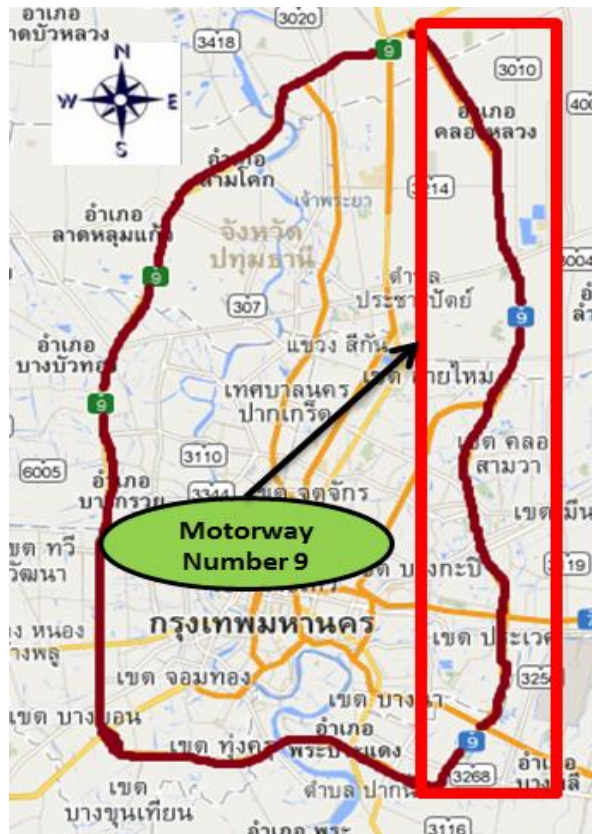
และไปบรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 36 (เมืองพญา-ระยอง) ที่จังหวัดชลบุรี เริ่มเปิดการจราจรตลอดสายในปี พ.ศ. 2541 ทางสายนี้ถือว่าเป็นโครงข่ายทางหลวงที่มีความสำคัญในการพัฒนาเส้นทางขนส่งกับพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 หรือถนนกาญจนาภิเษก (ถนนวงแหวนรอบกรุงเทพมหานคร) เป็นถนนสายสำคัญที่มีเส้นทางเชื่อมต่อกันเป็นวงแหวนล้อมรอบตัวเมืองกรุงเทพมหานคร ดังแสดงในรูปที่ 6 ตลอดทั้งสายมีสะพานข้ามแม่น้ำทั้งหมด 2 แห่ง ได้แก่ สะพานเชียงรากจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และสะพานกาญจนาภิเษกจังหวัดสมุทรปราการ ทางหลวงหมายเลข 9 ถูกสร้างขึ้นเพื่อไขปัญหาการจราจรที่ติดขัดในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และใช้เป็นทางเลี่ยงเมืองกรุงเทพฯ เพื่อเป็นตัวเลือกไปสู่ทุกภาคของประเทศ มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 168 กิโลเมตร ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันออก (บางปะอิน-บางพลี) เป็นทางขนาด 6-8 ช่องจราจร (3-4 ช่องจราจรต่อทิศทาง) ระยะทางประมาณ 65 กิโลเมตร เริ่มต้นจากถนนพหลโยธินกิโลเมตรที่ 55 อำเภอบางปะอิน สิ้นสุดที่ถนนบางนา-บางปะกง เชื่อมกับทางพิเศษสายบางพลี-สุขสวัสดิ์และทางพิเศษบูรพาวิถี
2. ถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันตก เป็นทางขนาด 4-6 ช่องจราจร (2-3 ช่องจราจรต่อทิศทาง) ระยะทางประมาณ 68 กิโลเมตรเริ่มตั้งแต่ทางแยกต่างระดับบางขุนเทียน เขตบางขุนเทียน ไปบรรจบถนนพหลโยธิน และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 32 ที่กิโลเมตรที่ 52-53
3. ถนนกาญจนาภิเษกด้านใต้ (บางพลี-บางขุนเทียน) เป็นทางยกระดับขนาด 6-8 ช่องจราจร (3-4 ช่องจราจรต่อทิศทาง) ระยะทาง 34 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงบางขุนเทียน-สุขสวัสดิ์ เริ่มจากถนนพระรามที่ 2 (ทางแยกต่างระดับบางขุนเทียน) ไปจนเข้าเขตอำเภพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการและช่วงสุขสวัสดิ์-บางพลี เริ่มจากถนนสุขสวัสดิ์ (ทางแยกต่างระดับสุขสวัสดิ์) ไปบรรจบกับถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันออก ที่ถนนบางนา-บางปะกง



รูปที่ 5 สายทางหลวงพิเศษหมายเลข 7



รูปที่ 6 ถนนวงแหวนรอบกรุงเทพมหานคร

รูปที่ 6 แสดงเส้นทางของถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร เส้นทางหลวงหมายเลข 9 ที่เลือกใช้ในการศึกษานี้จะแสดงอยู่ในกรอบสีแดง ซึ่งประกอบด้วยส่วนถนนกาญจนาภิเษกด้านตะวันออก (บางปะอิน-บางพลี)

โดยสรุปเส้นทางที่ใช้ในการศึกษานี้มีทั้งหมด 3 เส้นทาง ซึ่งแสดงในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 เส้นทางที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ชื่อสายทาง	ระยะทาง (กม.)	จำนวนทางเชื่อมต่อกิโลเมตร	จำนวนโค้งราบ
1	ทางพิเศษกาญจนาภิเษกช่วงบางพลี-บางขุนเทียน	37.5	0.16	7
2	ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7	78	0.13	4
3	ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9	65	0.12	5

หมายเหตุ: โค้งราบ คือ รัศมีโค้งไม่น้อยกว่า 240 เมตร

5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการศึกษานี้ คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (Expressway Authority of Thailand)

เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบการเก็บบันทึกข้อมูล ปริมาณจราจร ความเร็วยานพาหนะ อุบัติเหตุบนทางพิเศษ รวมทั้งเป็นแหล่งข้อมูลทางด้านลักษณะทางกายภาพของถนนที่ทำการศึกษา

กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองกรมทางหลวง (Inter City Motorway Division Department of Highways)

เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบการเก็บสถิติการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละปี ปริมาณจราจรผ่านด่าน ความเร็วยานพาหนะ รวมทั้งเป็นแหล่งข้อมูลทางด้านลักษณะทางกายภาพของทางหลวงพิเศษ

บริษัท นิวเทรนด์ ดีเวลอปเม้นท์ จำกัด (New Trend Development)

เป็นหน่วยงานเอกชนที่เกี่ยวข้องในเก็บบันทึกข้อมูล ปริมาณจราจร และความเร็วของยานพาหนะ บนทางหลวงพิเศษ หมายเลข 7 และทางหลวงพิเศษหมายเลข 9

5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.3.1 ข้อมูลอุบัติเหตุ

ในการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลอุบัติเหตุย้อนหลัง 3 ปี โดยจำแนกจำนวนอุบัติเหตุตามประเภทความรุนแรง ซึ่งได้แก่ อุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและผู้เสียชีวิต และอุบัติเหตุที่มีเพียงทรัพย์สินความเสียหาย โดยข้อมูลอุบัติเหตุทั้งหมดได้ถูกนำมาคัดเลือกเพื่อหาอุบัติเหตุที่มีสาเหตุเกิดจากการขับรถด้วยความเร็วสูงเกินกว่ากฎหมายกำหนดและเลือกในบริเวณช่วงที่เป็นทางตรงเท่านั้น เนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากความเร็วสูงส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นบริเวณทางตรงจำนวนข้อมูลอุบัติเหตุดังกล่าวสรุปในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนปีที่รวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุ

ลำดับที่	ชื่อสายทาง	จำนวน (ปี)	Fatal and Injury	PDO
1	ทางพิเศษกาญจนาภิเษกช่วงสุขสวัสดิ์-บางพลี	3	264	475
2	ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7	3	97	164
3	ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9	3	220	172

5.3.2 ข้อมูลปริมาณการจราจร

ข้อมูลปริมาณจราจรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ถูกรวบรวมจากอุปกรณ์ตรวจวัดประเภทกล้องและเรดาร์ ซึ่งถูกติดตั้งบนสายทางที่เลือกศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

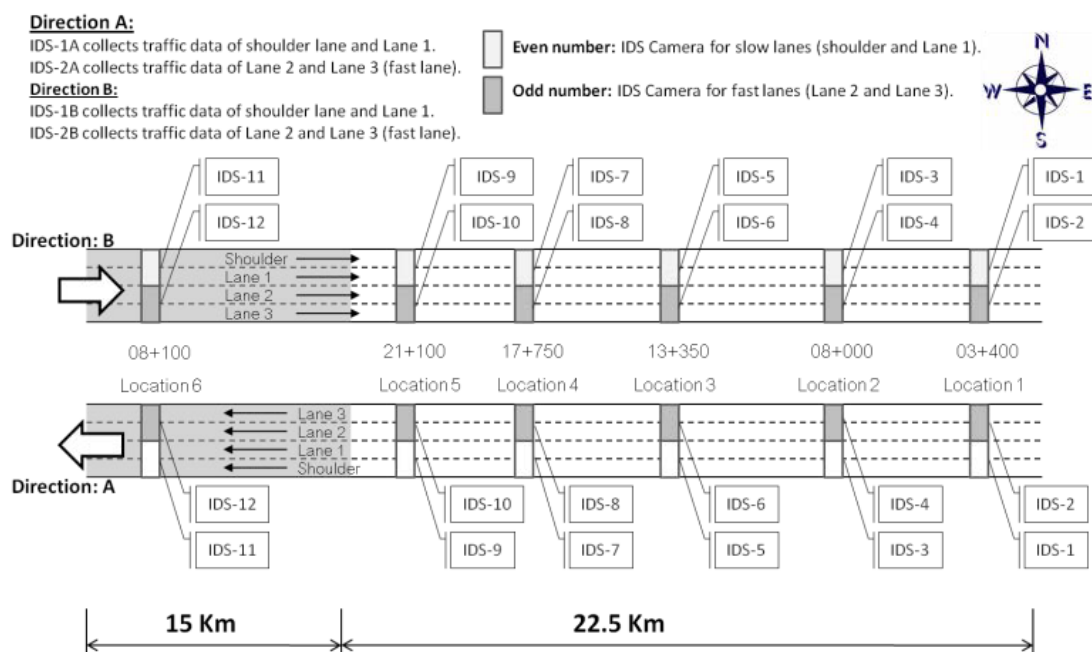
1. ข้อมูลจากกล้อง IDS มีการบันทึกข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง โดยจะบันทึกข้อมูลของยานพาหนะที่วิ่งผ่านทุกๆ วินาทีในการบันทึกค่าจะแสดงข้อมูลของรถหนึ่งคันประกอบด้วย วันที่ เวลา ตำแหน่งเลนที่รถวิ่ง ความเร็ว และประเภทของยานพาหนะ
2. ข้อมูลจากอุปกรณ์เรดาร์ Remote Traffic Microwave Sensor 4th Generation (RTMS G4) มีการบันทึกข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง โดยแสดงการบันทึกข้อมูลปริมาณจราจรทุกๆ 5 นาที แยกเป็นแต่ละเลนรวมถึงรายละเอียดประกอบด้วย วันที่ เวลา ความเร็ว และประเภทยานพาหนะ

5.3.3 ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ

ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะเป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกโดยกล้อง IDS และ อุปกรณ์เรดาร์ RTMS G4 เช่นเดียวกันเนื่องจากอุปกรณ์ทั้งสองแบบสามารถบันทึกข้อมูลจราจรได้หลายแบบ อาทิเช่น ความเร็ว ปริมาณ และทิศทางการเคลื่อนตัวของจราจร นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกประเภทของรถได้อีกด้วย สำหรับกล้อง IDS ความเร็วที่บันทึกได้จะเป็นความเร็วของรถแต่ละคันที่วิ่งผ่านกล้องในขณะนั้น แต่ความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ RTMS G4 จะเป็นความเร็วเฉลี่ยของรถที่วิ่งผ่านกล้องทุกๆ 5 นาที

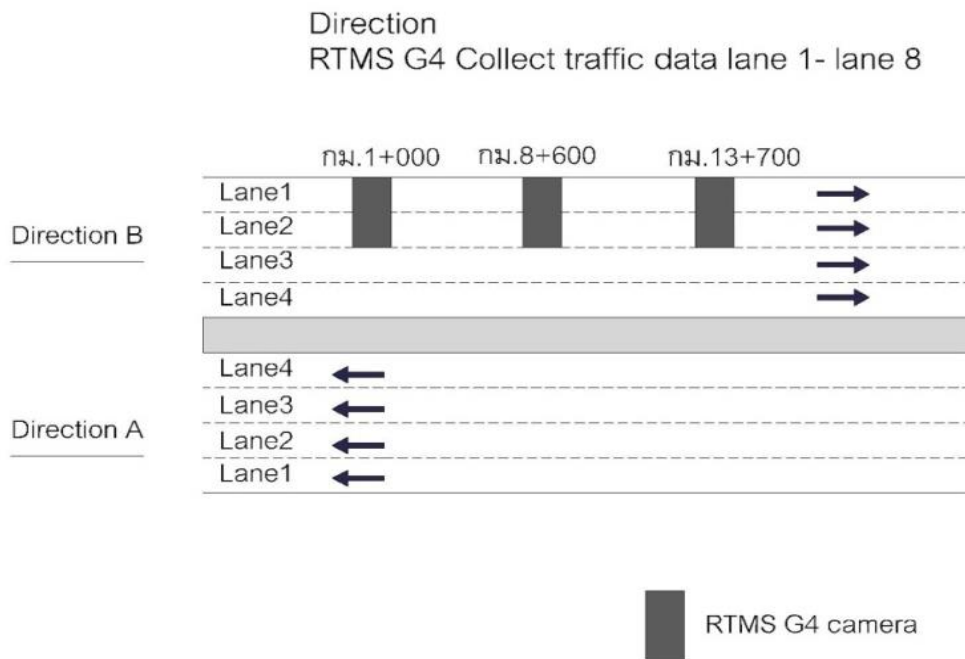
ทั้งนี้หน่วยที่ใช้ในการเก็บข้อมูลความเร็วเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อให้่ายต่อการศึกษานี้ การจำแนกประเภทจะแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ รถยนต์ส่วนบุคคล (ความยาวน้อยกว่า 6 เมตร) และรถบรรทุก (ความยาวรถ 6-12 เมตร หรือมากกว่า 12 เมตร)

ตำแหน่งกล้อง IDS จะติดตั้งอยู่บนทางพิเศษสายบางพลี-สุขสวัสดิ์ ซึ่งมีทั้งหมด 5 ตำแหน่ง ส่วนตำแหน่งที่ 6 (IDS-11 และIDS-12) จะติดตั้งอยู่บนทางพิเศษกาญจนาภิเษกช่วงบางขุนเทียน-สุขสวัสดิ์ ทั้ง 6 ตำแหน่งจะมีจำนวนกล้องรวมกันทั้งหมด 24 ตัว (แสดงดังรูปที่ 7) โดยมีจำนวน 12 ตัว ติดตั้งในทิศทางฝั่งตะวันตก (Direction A) และจำนวน 12 ตัว ติดตั้งในทิศทางฝั่งตะวันออก (Direction B) โดยกล้องแต่ละตัวสามารถจับภาพได้ทั่วทุกช่องจราจรในแต่ละทิศทาง เนื่องจากข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลด้วยกล้องบันทึก ในกรณีที่มีการใช้ไหล่ทางทั้ง 2 ข้างของถนน ข้อมูลความเร็วบนไหล่ทางจะไม่ถูกเก็บหรือประมวลผลด้วยกล้องบันทึก การศึกษานี้จึงไม่พิจารณาข้อมูลจราจรในช่องไหล่ทางดังกล่าว

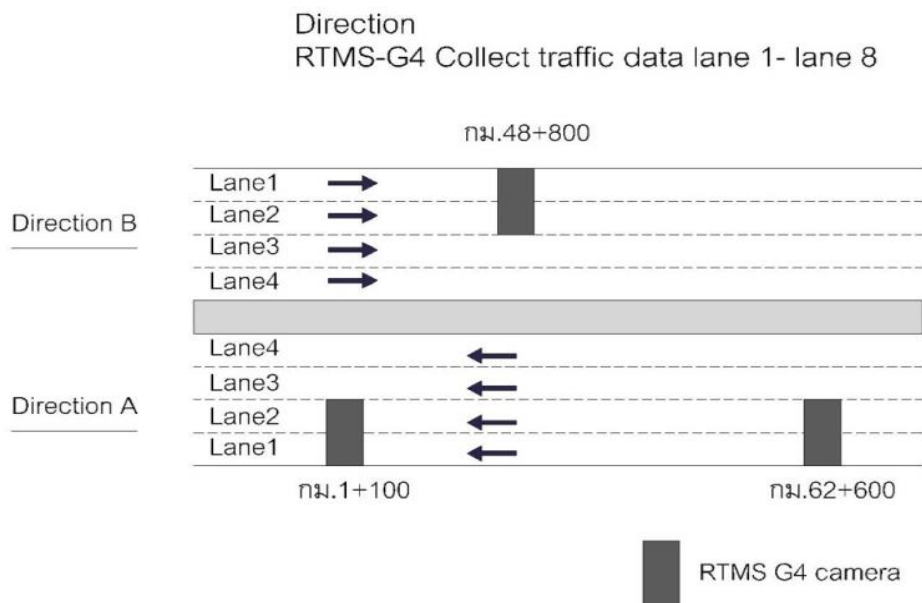


รูปที่ 7 ตำแหน่งกล้อง IDS
(ที่มา Sakda et.al ,2553)

สำหรับกล้อง RTMS G4 ได้ใช้ติดตั้งอยู่บนทางหลวงพิเศษหรือมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 และหมายเลข 9 มีจำนวนทั้งหมด 6 ตัว แบ่งเป็นสายทางละ 3 ตัว บนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 ติดตั้งบนทิศทางฝั่งขาออกไปชลบุรี 3 ตัว บนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9 ติดตั้งบนทิศทางฝั่งขาออกไปอยุธยา 2 ตัว และทิศทางฝั่งขาเข้ากรุงเทพฯ 1 ตัว โดยกล้องจะสามารถจับการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้ทั้งหมด 8 ช่องจราจร แสดงตำแหน่งในรูปที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 ตำแหน่งกล้อง RTMS G4 บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 7



รูปที่ 9 ตำแหน่งกล้อง RTMS G4 บนทางหลวงพิเศษหมายเลข 9

5.3.4 ข้อมูลทางกายภาพของถนน (Geometric Data)

ข้อมูลทางกายภาพประกอบด้วย ข้อมูลทางเรขาคณิต จำนวนช่องจราจร ความกว้างของช่องทางและไหล่ทาง ความยาวของสายทาง ที่มีการเก็บรวบรวมไว้ แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายละเอียดข้อมูลลักษณะทางกายภาพของถนนแต่ละสาย

ชื่อสายทาง	จำนวนช่องจราจร ต่อหนึ่งทิศทาง	ความกว้างช่องทาง (เมตร)	ความกว้างไหล่ทาง (เมตร)	ความยาวสายทาง (เมตร)
บางพลี-สุขสวัสดิ์	3	3.5	1.2	22.5
สุขสวัสดิ์-บางขุนเทียน	4	3.5	1.2	15
มอเตอร์เวย์หมายเลข 7	4	3.5	2.8	78
มอเตอร์เวย์หมายเลข 9	4	3.5	2.8	65

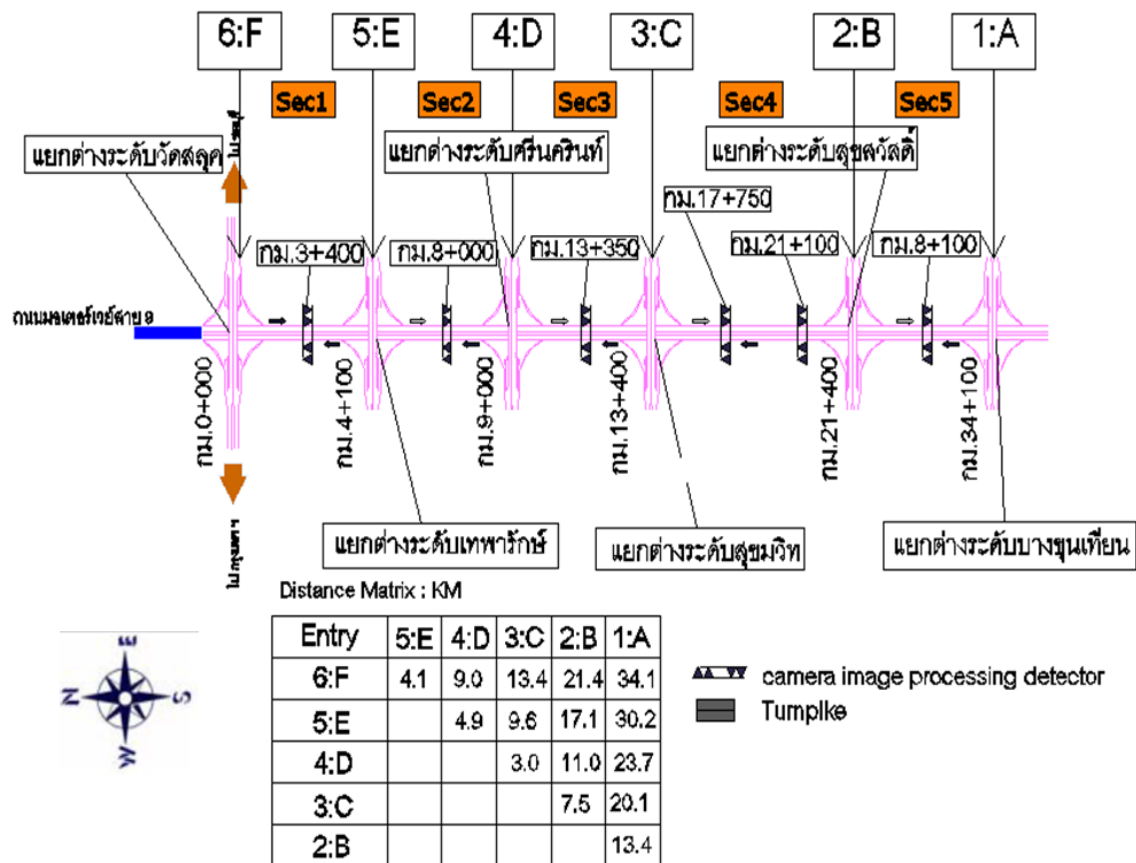
5.4 การจัดเรียงข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ในหัวข้อ 5.3 เป็นฐานข้อมูลของแต่ละหน่วยงาน มีรูปแบบในการบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ผล จะต้องทำการจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มข้อมูลบนถนนทั้งสามสายจากการแบ่งช่วง (Section) บนถนนแต่ละสายดังแสดงในรูปที่ 10 สำหรับถนนบางพลี-บางขุนเทียน (KBT) ซึ่งสามารถทำการแบ่งได้ทั้งหมด 5 ช่วง โดยในแต่ละช่วงนั้นจะตัดแบ่งตามตำแหน่งทางเข้าออก (Ramps) หรือทางแยกยกระดับต่างๆ และจะเลือกจัดเรียงข้อมูลเฉพาะกลุ่มที่มีการติดตั้งกล้อง IDS เท่านั้นในส่วนของการมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 (M7) และมอเตอร์เวย์หมายเลข 9 (M9) จะสามารถแบ่งได้เป็น 5 ช่วง แต่จะเลือกจัดเรียงข้อมูลเฉพาะช่วงที่มีการติดตั้งอุปกรณ์เรดาร์ RTMS G4 ดังแสดงในรูปที่ 11 และรูปที่ 12 ดังนั้นจะได้กลุ่มตัวอย่างบนถนนทั้งหมด 11 ช่วง จากถนนทั้ง 3 สายทาง

5.4.1 การแบ่งช่วงบนถนนทางพิเศษกาญจนาภิเษกบางพลี-บางขุนเทียน

รูปที่ 10 แสดงการแบ่งช่วงบนถนนทางพิเศษกาญจนาภิเษกบางพลี-บางขุนเทียน ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ช่วง โดยแต่ละช่วงจะแบ่งตามตำแหน่งของกล้อง IDS ที่อยู่ระหว่างทางแยกดังนี้

1. ช่วงที่ 1 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับวัดสลุดและแยกต่างระดับเทพารักษ์
2. ช่วงที่ 2 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับเทพารักษ์และแยกต่างระดับศรีนครินทร์
3. ช่วงที่ 3 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับศรีนครินทร์และแยกต่างระดับสุขุมวิท
4. ช่วงที่ 4 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับสุขุมวิทและแยกต่างระดับสุขสวัสดิ์
5. ช่วงที่ 5 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับสุขสวัสดิ์และแยกต่างระดับบางขุนเทียน

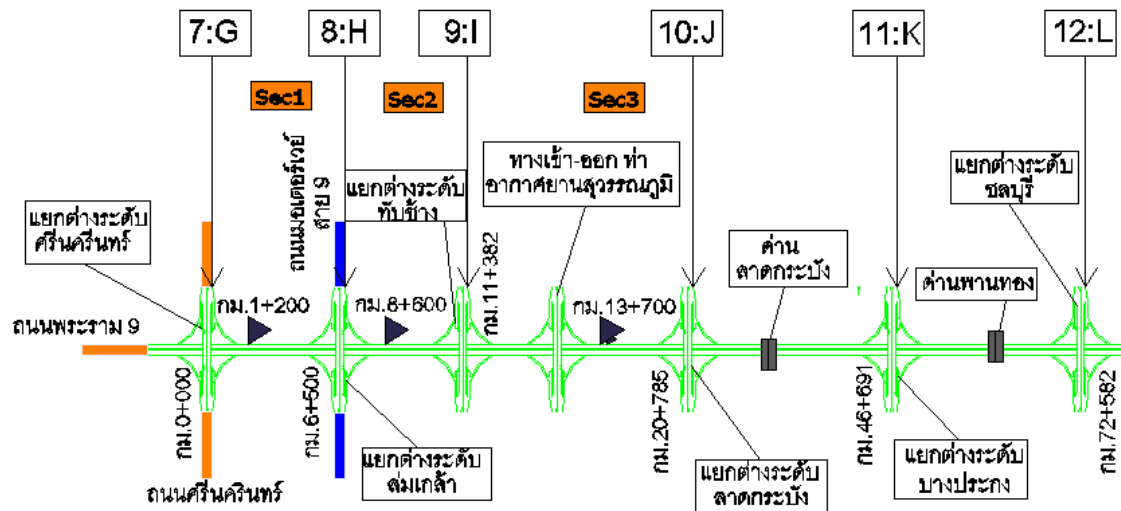


รูปที่ 10 การแบ่งช่วงของทางพิเศษกาญจนาภิเษกบางพลี-บางขุนเทียน

5.4.2 แสดงการแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 7

รูปที่ 11 แสดงการแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 7 ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ช่วง โดยแต่ละช่วงจะแบ่งตามตำแหน่งของกล้อง RTMS G4 และด่านเก็บค่าผ่านทางที่อยู่ระหว่างแยกดังนี้

1. ช่วงที่ 1 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับศรีนครินทร์และแยกต่างระดับทับช้าง
2. ช่วงที่ 2 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับทับช้างและแยกต่างระดับลุ่มเกล้า
3. ช่วงที่ 3 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับลุ่มเกล้าและแยกต่างระดับลาดกระบัง
4. ช่วงที่ 4 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับลาดกระบังและแยกต่างระดับบางปะกง
5. ช่วงที่ 5 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับบางปะกงและแยกต่างระดับชลบุรี



Distance Matrix : KM

Entry	8:H	9:I	10:J	11:K	12:L
7:G	6.5	11.3	20.7	46.6	72.5
8:H		4.8	14.2	40.1	66.0
9:I			9.4	35.5	61.2
10:J				25.9	51.8
11:K					25.9

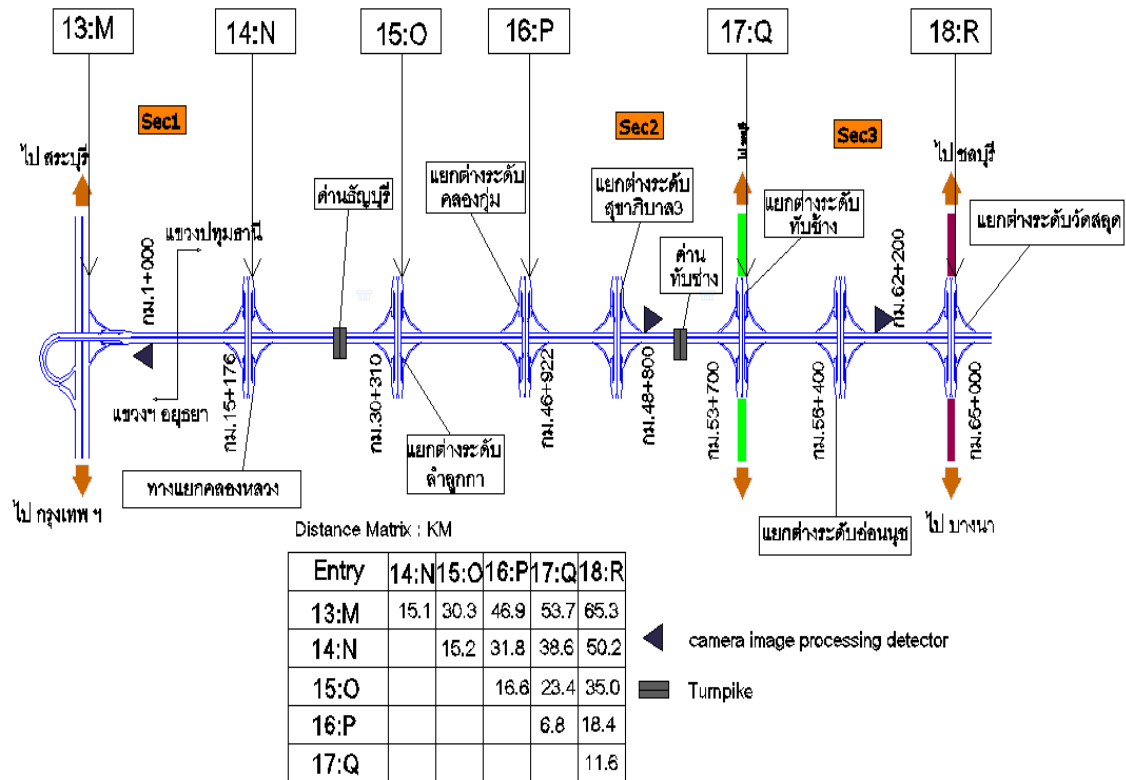
◀ camera image processing detector
 █ Tumpike

รูปที่ 11 การแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 7

5.4.3 การแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 9

รูปที่ 12 แสดงการแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 9 (บางปะอิน-บางพลี) ซึ่งแบ่งเป็นทั้งหมด 5 ช่วง โดยแต่ละช่วงจะแบ่งตามตำแหน่งของกล้อง RTMS G4 และด่านเก็บค่าผ่านทางที่อยู่ระหว่างแยกดังนี้

1. ช่วงที่ 1 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับบางปะอินและแยกต่างระดับคลองหลวง
2. ช่วงที่ 2 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับคลองหลวงและแยกต่างระดับลำลูกกา
3. ช่วงที่ 3 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับลำลูกกาและแยกต่างระดับคลองกุ่ม
4. ช่วงที่ 4 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับคลองกุ่มและแยกต่างระดับทับช้าง
5. ช่วงที่ 5 อยู่ระหว่างแยกต่างระดับทับช้างและแยกต่างระดับวัดสลุด



รูปที่ 12 การแบ่งช่วงบนทางหลวงหมายเลข 9

การแบ่งช่วงถนนที่ทำการศึกษาดังที่กล่าวไว้ข้างต้นสามารถสรุปได้ตามประเภทที่จะนำไปวิเคราะห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 6 สรุปช่วงถนนและความยาวแต่ละช่วงถนนที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์	ถนน	ช่วงที่ 1 (km)	ช่วงที่ 2 (km)	ช่วงที่ 3 (km)	ช่วงที่ 4 (km)	ช่วงที่ 5 (km)
การวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ	KBT	4.10	4.90	3.00	7.50	13.40
	M7	6.50	4.80	8.00	-	-
	M9	15.10	5.80	8.60	-	-
การวิเคราะห์ CMF	KBT				3	3
	M7	3	3	3	-	-
	M9				-	-

*หมายเหตุ; KTB = ถนนกาญจนาภิเษก บางพลี-บางขุนเทียน, M7 = ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7, M9 = ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9, CMF = สัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ, (-) = ไม่มี

จากตารางที่ 6 วิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิตินั้นสามารถใช้ช่วงถนนที่แตกต่างกันได้เนื่องจากการวิเคราะห์จะใช้อัตรา การเกิดอุบัติเหตุ (Crash Rate) ซึ่งวิธีนี้จะใช้ปริมาณจราจรในการพิจารณาควบคู่ไปด้วยจึงตัดปัญหาเรื่องความยาวแต่ละช่วง ถนน ส่วนวิธีการวิเคราะห์ CMF นั้นจะใช้จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นช่วงกลางระหว่างและห่างจากทางเข้าออก เพื่อให้ความเร็ว ที่วัดได้ไม่มีความแปรปรวนจากการจราจรบริเวณทางเข้าออก ดังนั้นจึงใช้ช่วงความยาวแต่ละช่วงเท่ากับ 3 กิโลเมตร ภายใน บริเวณ 1.5 กิโลเมตร ของทั้งสองฝั่งของกล้องตรวจจราจร

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.5.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ

จะใช้การทดสอบด้วยวิธีไคสแควร์ (χ^2) ถูกใช้เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดอุบัติเหตุกับผลต่างความเร็วของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วสูง และกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วต่ำ โดยความเร็วที่ใช้พิจารณาคือผลต่างของ ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ และความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นไทล์ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. ตั้งสมมติฐานทางสถิติ โดยที่สมมติฐานพื้นฐานคืออัตราการเกิดอุบัติเหตุไม่มีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็ว

$$H_0 : R = 0 \text{ (อัตราการเกิดอุบัติเหตุไม่มีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็ว)}$$

$$H_1 : R \neq 0 \text{ (อัตราการเกิดอุบัติเหตุมีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็ว)}$$

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้โปรแกรม SPSS โดยกำหนดจำนวนกลุ่มของตัวแปรในรูปแบบตารางการจราจร (Contingency Table) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรสองกลุ่มโดยพิจารณาว่าระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ของสถิติทดสอบไคสแควร์
3. พิจารณาว่าระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ของสถิติทดสอบไคสแควร์ถ้ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ แสดงว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือยอมรับสมมติฐาน H_0
4. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองกลุ่ม

5.5.2 การวิเคราะห์ Crash Modification Factor (CMF)

จากที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น Crash Modification Factor (CMF) เป็นค่าที่ใช้สำหรับประมาณค่าความถี่หรือจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงคุณภาพของถนนหรือการเปลี่ยนแปลงการใช้นโยบายเกี่ยวกับการเพิ่มหรือลดความเร็วจำกัดบนถนน (Gross, 2010) ในการศึกษานี้จะทำการพัฒนาค่า CMF เพื่อประมาณจำนวนอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มหรือลดความเร็วในการขับยานพาหนะบนถนนประเภทควบคุมการเข้าออก

เนื่องด้วยในการศึกษานี้ข้อมูลอุบัติเหตุที่ไม่ได้เกิดขึ้นจากการดำเนินนโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการเพิ่มหรือลดความเร็วจำกัด ดังนั้นจึงไม่มีกลุ่มศึกษา (Treatment Group) แต่การศึกษานี้จะประยุกต์ใช้วิธีเปรียบเทียบกลุ่มศึกษา ก่อนและหลัง (Before-After) โดยประเมินผลกระทบต่อนความปลอดภัยที่เกิดขึ้นจากการลดความเร็วบนถนนประเภทควบคุมการเข้าออก โดยจำลองให้ Treatment Group ในช่วงก่อนการเปลี่ยนแปลง (Before Period) เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความเร็วสูง และ Treatment Group ในช่วงหลังการเปลี่ยนแปลง (After Period) เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความเร็วต่ำ สำหรับกลุ่มเปรียบเทียบ (Comparison Group) ผู้วิจัยได้เลือก Before และ After Period เป็นกลุ่มที่มีความเร็วและจำนวนอุบัติเหตุใกล้เคียงกันโดยรายละเอียดในแต่ละข้อจะสรุปไว้ในหัวข้อถัดไปโดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

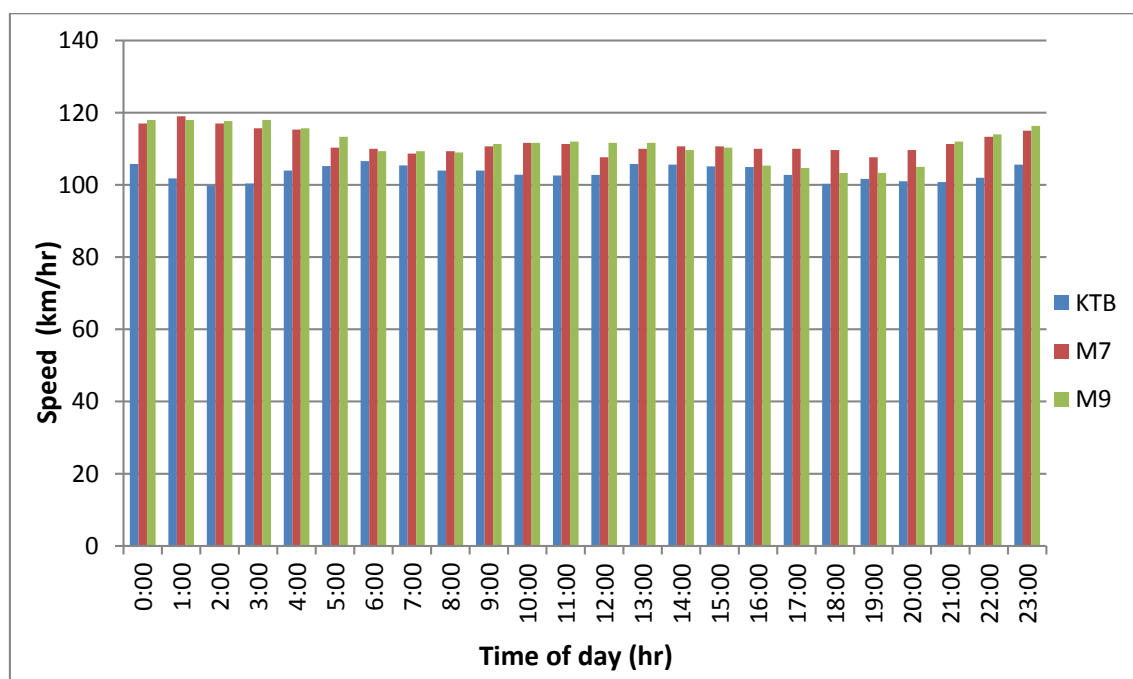
1. จำแนกลักษณะของกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ของถนนแต่ละสายที่ทำการศึกษาที่มีองค์ประกอบของถนนคล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น จำนวนช่องจราจร ปริมาณการจราจร ปริมาณรถบรรทุก และความยาวของช่วงถนน เป็นต้น
2. คัดเลือกกลุ่มศึกษา (Treatment Group) และกลุ่มเปรียบเทียบ (Comparison Group) บนช่วงถนนแต่ละสายทางที่มีการติดตั้งกล้องและอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็ว โดยให้ความยาวแต่ละช่วงเท่ากับ 3 กิโลเมตร เพื่อนำไปใช้สำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วน CMF เพื่อประเมินผลกระทบด้านความปลอดภัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว โดยที่ Treatment Group ในช่วงเวลาก่อนการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (Before Period) จะคัดเลือกช่วงถนนที่มีความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์สูง และช่วงเวลาหลังการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (After Period) จะคัดเลือกช่วงถนนที่มีความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ต่ำกว่าช่วง Before Period

3. พิจารณาความเหมาะสมระหว่าง Treatment และ Comparison group โดยการทดสอบค่าอัตราส่วนของจำนวนอุบัติเหตุในช่วง Before Period ของทั้งสองกลุ่มดังกล่าว ด้วยวิธี sample odds ratios ของ Hauer (1997) จากสมการที่ 4 เพื่อพิจารณาความเหมาะสมสำหรับ Comparison group ถ้ามีค่าใกล้เคียง 1.0 และช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่า 1.0 ถือว่ามีความเหมาะสม
4. วิเคราะห์อัตราส่วน CMF ของถนนแต่ละสาย โดยเงื่อนไขของการเปรียบเทียบจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว a ไป b
5. สรุปค่า CMF เพื่อใช้สำหรับคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของถนนทั้งสามสาย

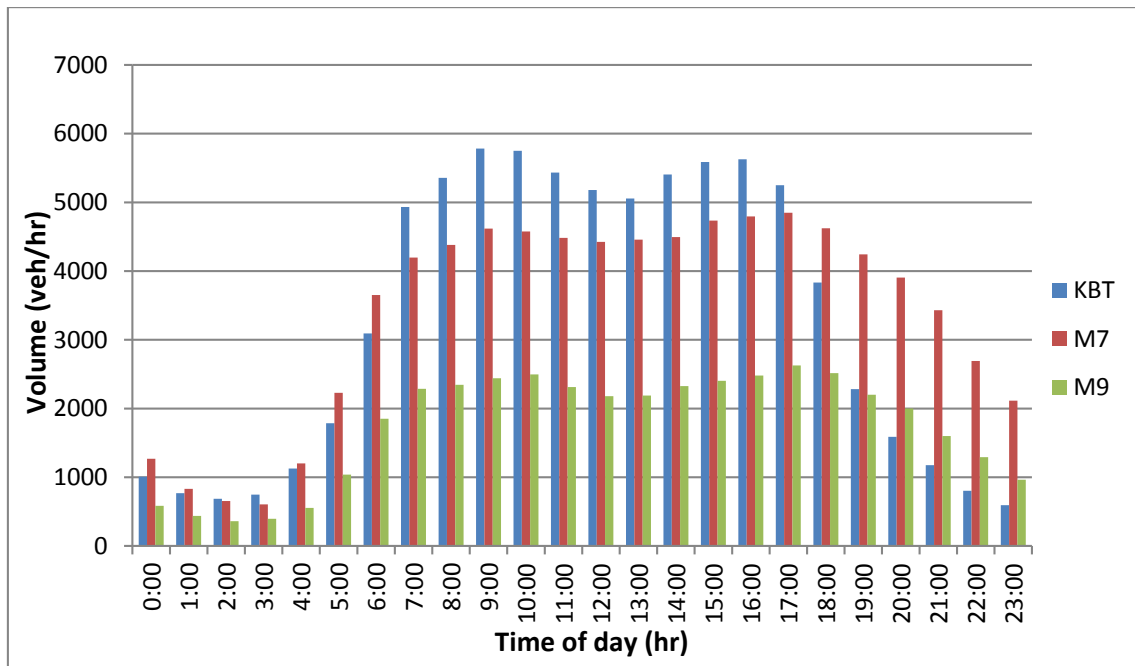
6. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนข้างต้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ส่วน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์ 2) การวิเคราะห์อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Rate) 3) การจัดกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วมากและน้อย 4) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความเร็วกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุ 5) การวิเคราะห์ค่า CMF 6) การนำค่า CMF ไปประยุกต์ใช้งาน และ 7) การสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ค่า CMF ที่ระดับความเร็วต่างๆ

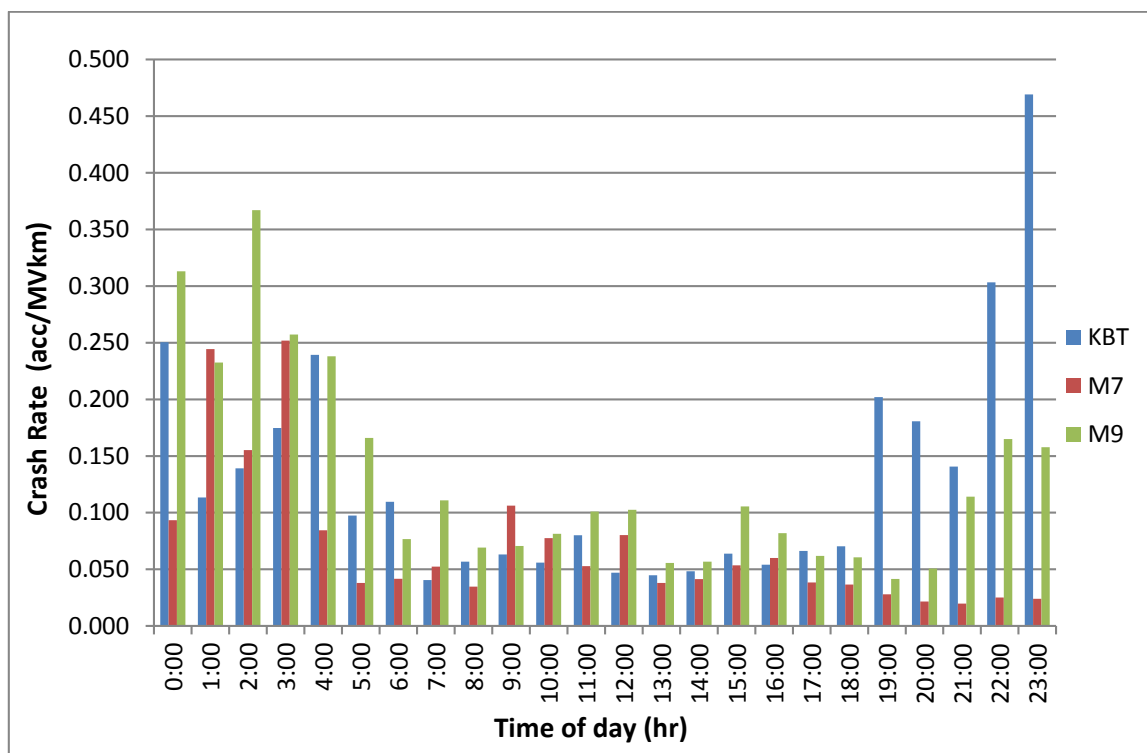
ข้อมูลจราจรที่เก็บรวบรวมจากทั้ง 3 สายทาง สามารถนำมาสรุปเป็นความเร็วเฉลี่ย ปริมาณจราจรเฉลี่ย อัตราการเกิดอุบัติเหตุเฉลี่ย และร้อยละของอัตราการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 13 ถึง รูปที่ 16 ทั้ง 3 สายทางที่ทำการศึกษา พบว่า ความเร็วโดยเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้มีค่าค่อนข้างสูง คือเกินกว่า 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีค่าใกล้เคียง 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสำหรับมอเตอร์เวย์ทั้ง 2 สาย สำหรับปริมาณจราจร พบว่า มอเตอร์เวย์หมายเลข 9 มีปริมาณจราจรเฉลี่ยตลอดวันต่ำกว่าอีก 2 สายทาง ในขณะที่ทางด่วนสายบางพลี-บางขุนเทียนและมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 มีปริมาณจราจรต่อชั่วโมงมากกว่า 4,000 คัน ในช่วงเวลากลางวัน และจากการวิเคราะห์อัตราการเกิดอุบัติเหตุและร้อยละอัตราการเกิดอุบัติเหตุ พบว่า ทั้ง 3 สายทางมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าช่วงเวลากลางวัน โดยมีค่ามากกว่า 0.2 ครั้งต่อล้านคัน-กิโลเมตร



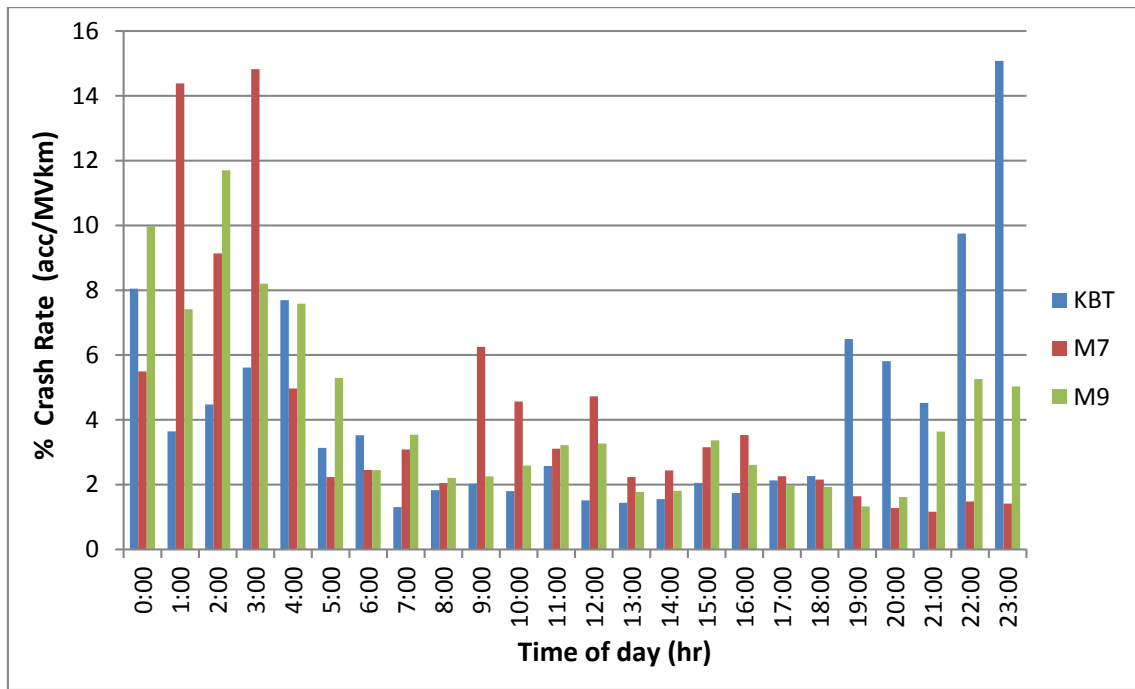
รูปที่ 13 ความเร็วในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี



รูปที่ 14 ปริมาณจราจรในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี



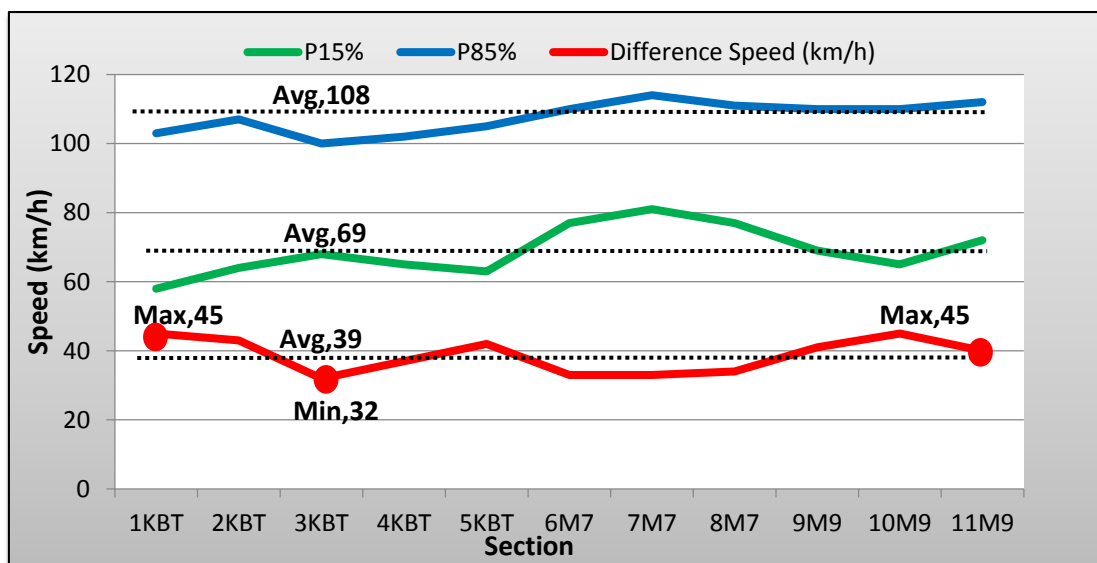
รูปที่ 15 อัตราการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี



รูปที่ 16 ร้อยละอัตราการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ย 3 ปี

6.1 การวิเคราะห์ความเร็ว 85 และ 15 เพอร์เซ็นต์ไทล์

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มถนนทั้ง 3 เส้นทาง ออกเป็นทั้งหมด 11 กลุ่มโดยตัดช่วงบนถนนแต่ละเส้นทาง สำหรับหลักเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อการจัดเรียงข้อมูล สามารถสรุปค่าของผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เพอร์เซ็นต์ไทล์ดังรูปที่ 17 จากการเปรียบเทียบ พบว่า ค่าผลต่างของระดับความเร็วระหว่าง 85 และ 15 เพอร์เซ็นต์ไทล์ (Speed Difference) สูงสุดมีสองช่วงคือช่วงที่ 1 และ 10 บนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียนและมอเตอร์เวย์หมายเลข 9 ที่ผลต่างความเร็ว 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สำหรับค่าผลต่างความเร็วต่ำสุดอยู่บนช่วงที่ 3 บนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียนที่ผลต่างความเร็ว 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากทั้งหมด 11 กลุ่มความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าผลต่างความเร็วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยค่าความเร็วในส่วนนี้จะเป็นการใช้ความเร็วเฉลี่ยต่อวันของแต่ละช่วงถนน



รูปที่ 17 สรุปความเร็วที่ 15 และ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ทั้ง 3 สาย

6.2 การวิเคราะห์อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Crash Rate)

การจัดลำดับความปลอดภัยของถนนประเภทต่าง ๆ โดยทั่วไปจะใช้การพิจารณาเปรียบเทียบการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นซึ่งอยู่ในรูปตัวชี้วัดของอัตราการเกิดอุบัติเหตุ วิธีทางสถิติที่นิยมใช้เป็นตัวชี้วัดมีหลายวิธี เช่น วิธีความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Frequency Method) วิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate Method) หรือวิธีควบคุมคุณภาพของการเกิดอุบัติเหตุ (Rate Quality Control Method) ทุกวิธีต่างก็เป็นการบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ในการเกิดของอุบัติเหตุ แต่ในการนำมาใช้ในการเปรียบเทียบจะพบว่า วิธีความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุจะพิจารณาเพียงจำนวนอุบัติเหตุ ความยาวของช่วงถนน และระยะเวลาที่พิจารณา ซึ่งไม่คำนึงถึงปริมาณจราจร วิธีนี้จึงไม่เหมาะสมในการเปรียบเทียบในกรณีที่มีปริมาณจราจรแตกต่างกัน ส่วนวิธีควบคุมคุณภาพของการเกิดอุบัติเหตุ นั้น เป็นการทดสอบค่าทางสถิติว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่หามาได้นั้น สูงกว่าช่วงถนนอื่นที่มีลักษณะคล้ายกันอย่างไร จึงไม่เหมาะสมเช่นกัน เพราะการศึกษานี้เป็นการศึกษาบนช่วงต่าง ๆ ของถนน ซึ่งมีปริมาณจราจรโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Accident Rate Method) ในการศึกษา โดยใช้ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุ ปริมาณจราจร และความยาวของช่วงถนนมาพิจารณา

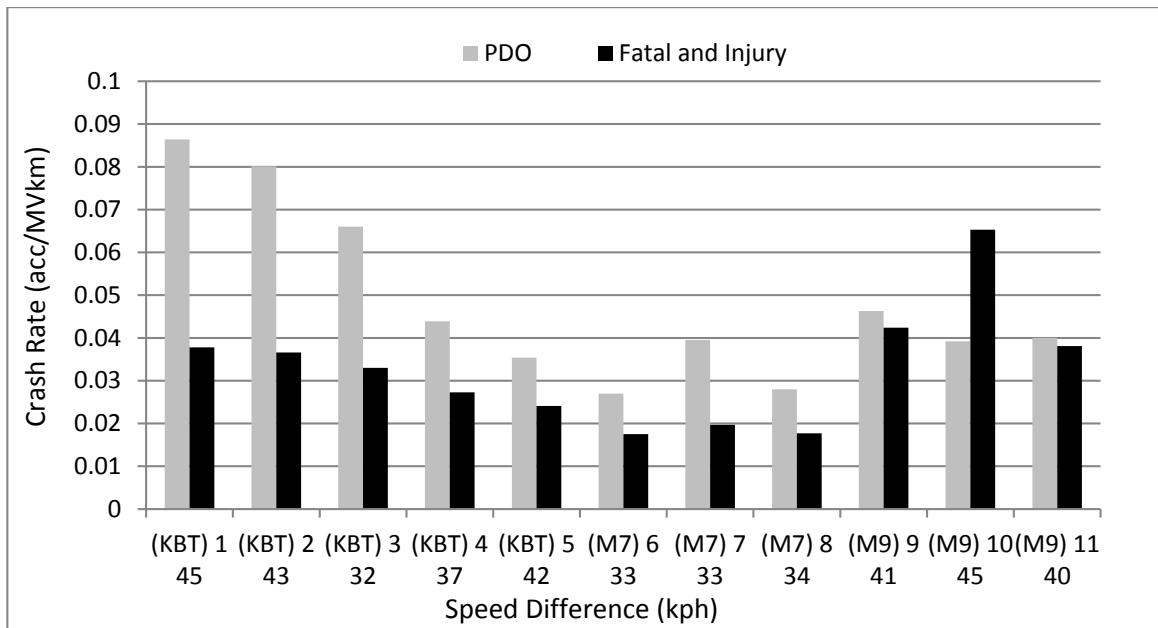
อัตราการเกิดอุบัติเหตุ

อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงต่าง ๆ ของทั้ง 3 สายทาง สามารถสรุปได้ในตารางที่ 7 จากข้อมูลดังกล่าว พบว่า ค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดอยู่บนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน ช่วงกิโลเมตรที่ (0+000)-(4+100) โดยมีค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดเท่ากับ 0.1260 ครั้งต่อล้านคัน-กิโลเมตร และค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำที่สุดอยู่ที่ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 ช่วงกิโลเมตรที่ (0+000)-(6+500) โดยมีค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดเท่ากับ 0.0456 ครั้งต่อล้านคัน-กิโลเมตร

ตารางที่ 7 อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนช่วงถนนแยกตามประเภทความรุนแรง

Location	Section Length (Km)	AADT	No. of Crashes	No. of Years	Crash Rate (acc/MVkm)	Fatal and Injury Rate (acc/MVkm)	PDO Rate (acc/MVkm)
KBT	4.10	82525	47	3	0.1260	0.0378	0.0864
KBT	4.90	81485	51	3	0.1166	0.0366	0.0801
KBT	3.00	83009	27	3	0.1002	0.0330	0.0660
KBT	7.50	80420	47	3	0.0717	0.0273	0.0439
KBT	13.4	84763	74	3	0.0595	0.0241	0.0354
M7	6.50	88349	29	3	0.0456	0.0175	0.0270
M7	4.80	86797	27	3	0.0599	0.0197	0.0395
M7	8.00	77459	31	3	0.0457	0.0177	0.0280
M9	15.10	31360	58	3	0.1112	0.0424	0.0463
M9	5.80	36178	27	3	0.1190	0.0653	0.0392
M9	8.60	55725	46	3	0.0870	0.0381	0.0400

*หมายเหตุ: KBT = ถนนกาญจนาภิเษก บางพลี-บางขุนเทียน, M7 = ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7, M9 = ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9



รูปที่ 18 อัตราการเกิดอุบัติเหตุที่ผลต่างความเร็วระดับต่าง ๆ

จากรูปที่ 18 พบว่า ค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดสำหรับอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตอยู่บนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9 ช่วงกิโลเมตรที่ (48+500)-(53+700) โดยมีค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุเท่ากับ 0.0653 ครั้งต่อล้านคัน-กิโลเมตร เนื่องจากช่วงถนนนี้มีผลต่างความเร็วค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับช่วงอื่น ๆ จึงส่งผลกับการเกิดอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงกว่า และค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำที่สุดอยู่บนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 ช่วงกิโลเมตรที่ (0+000)-(6+500) โดยมีค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุเท่ากับ 0.0175 ครั้งต่อล้านคัน-กิโลเมตร เนื่องจากช่วงถนนนี้มีผลต่างความเร็วค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับช่วงอื่น ๆ จึงเป็นผลทำให้มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำกว่าช่วงถนนอื่น และค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดสำหรับอุบัติเหตุที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายอยู่บนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน ช่วงกิโลเมตรที่ (0+000)-(4+100) โดยมีค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุเท่ากับ 0.0864 ครั้งต่อล้านคัน-กิโลเมตร เนื่องจากช่วงถนนนี้มีผลต่างความเร็วค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับช่วงอื่น ๆ จึงส่งผลกับอุบัติเหตุที่รุนแรงกว่า และค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำที่สุดอยู่ที่ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 ช่วงกิโลเมตรที่ (0+000)-(6+500) มีค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุเท่ากับ 0.0270 ครั้งต่อล้านคัน-กิโลเมตร เนื่องจากช่วงถนนนี้มีผลต่างความเร็วค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับช่วงอื่น ๆ จึงเป็นผลทำให้อุบัติเหตุต่ำกว่าช่วงถนนอื่น

6.3 กลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วมากและน้อย

จากการแบ่งกลุ่มถนนทั้ง 3 เส้นทางออกเป็นทั้งหมด 11 กลุ่ม ทำให้ได้ค่าของผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์ และค่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุตามประเภทความรุนแรง ก่อนนำค่าดังกล่าวไปวิเคราะห์ทางสถิตินั้น ผู้วิจัยได้นำผลเบื้องต้นดังกล่าวมาทำการจัดกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม โดยแบ่งตามผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่มีค่ามากและน้อย ดังแสดงในตารางที่ 8 เพื่อนำไปทดสอบหาความเหมือนหรือความต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดอุบัติเหตุของทั้งสองกลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีค่าผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยอยู่ในช่วง 31-38 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 กลุ่มที่ 2 มีค่าผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์สูงกว่าค่าเฉลี่ย โดยอยู่ในช่วง 39-47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 8 กลุ่มตัวอย่างแบ่งตามผลต่างระหว่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์

Group	Interquartile Range (Km/h)	Speed Differential (Km/h)	Crash Rate	Fatal and Injury Rate (acc/MVkm)	PDO Rate (acc/MVkm)
1	31-38	32	0.1002	0.0330	0.0660
		33	0.0456	0.0175	0.0270
		33	0.0599	0.0197	0.0395
		34	0.0457	0.0177	0.0280
		37	0.0717	0.0273	0.0439
2	39-47	40	0.0870	0.0381	0.0400
		41	0.1112	0.0424	0.0463
		45	0.1260	0.0378	0.0864
		45	0.1190	0.0653	0.0392
		46	0.1166	0.0366	0.0801
		47	0.0595	0.0241	0.0354

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความเร็วกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ จะใช้วิธีวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติในรูปแบบไคสแควร์(χ^2) ซึ่งทำการทดสอบระหว่างสองกลุ่มคือ 1) กลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วมาก 2) กลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างความเร็วน้อย เพื่อหาความเป็นอิสระ (test of in dependence) หรือความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองกลุ่มว่ามีอัตราการเกิดอุบัติเหตุเหมือนกันหรือไม่

จากการกำหนดจำนวนกลุ่มของตัวแปรในรูปแบบตารางแจกแจงความถี่สามารถสรุปค่าความถี่ของอัตราการเกิดอุบัติเหตุในตารางที่ 9 โดยกลุ่มที่มีผลต่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุระดับต่ำมีจำนวนร้อยละ 80 กลุ่มที่มีผลต่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุระดับสูงมีจำนวนร้อยละ 20 กลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและอัตราการเกิดอุบัติเหตุระดับต่ำมีจำนวนร้อยละ 16.7 และกลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและอัตราการเกิดอุบัติเหตุระดับสูงมีจำนวนร้อยละ 83.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 กลุ่มตัวอย่างแบ่งตามผลต่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุ

กลุ่มตัวอย่าง	ความถี่	ร้อยละ
กลุ่มที่มีผลต่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำ	3	80.0
กลุ่มที่มีผลต่างความเร็วและอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูง	1	20.0
รวม	4	100
กลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำ	1	16.7
กลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูง	6	83.3
รวม	7	100

6.4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบไคสแควร์

เมื่อพิจารณาค่าไคสแควร์สำหรับอัตราการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมด ที่ค่านัยสำคัญ (Sig. = 0.036) ซึ่งมีความน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จะสามารถสรุปได้ว่า อัตราการเกิดอุบัติเหตุมีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็ว โดยที่อัตราการเกิดอุบัติเหตุในกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างของความเร็วมากกว่าจะสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างของความเร็วต่ำกว่า

เมื่อพิจารณาค่าไคสแควร์สำหรับอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต (Fatal and Injury) ที่ค่านัยสำคัญ (Sig. = 0.036) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จากสมมติฐานข้างต้น จะสามารถสรุปได้ว่า อัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต มีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็ว โดยที่อัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในกลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างของความเร็วมากกว่า จะสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีผลต่างของความเร็วต่ำกว่า

สำหรับอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย (PDO) เมื่อพิจารณาค่าไคสแควร์ที่ค่านัยสำคัญ (Sig. = 0.621) ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายไม่มีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็วระหว่างทั้งสองกลุ่ม แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าสถิติของอัตราการเกิดอุบัติเหตุระหว่างกลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและน้อย (ช่วงเวลาตลอดวัน)

Type of Accident	Chi-Square	Df	Sig.
All Types	4.412	1	0.036
Fatal and Injury	4.412	1	0.036
PDO	0.244	1	0.621

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้แยกพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างความเร็วที่ 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไทล์กับอัตราการเกิดอุบัติเหตุเฉพาะช่วงเวลาที่มีค่าร้อยละของอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูง จากข้อมูลในรูปที่ 16 พบว่า ช่วงเวลาที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุโดยเฉลี่ยต่อชั่วโมงสูงเมื่อเทียบกับจำนวนอุบัติเหตุโดยเฉลี่ยตลอดทั้งวัน จะอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 15.00-10.00 น. โดยมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุรวมคิดเป็นร้อยละ 90 ของทั้งวัน เมื่อพิจารณาค่านัยสำคัญในตารางที่ 11 พบว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตมีค่านัยสำคัญซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ ซึ่งสรุปได้ว่า อัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในช่วงเวลาดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็ว โดยอัตราการเกิดอุบัติเหตุของกลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากจะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ากลุ่มที่มีผลต่างความเร็วต่ำ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการพิจารณาช่วงเวลาตลอดวัน สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดและอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย เมื่อพิจารณาค่านัยสำคัญ พบว่า อัตราการเกิดอุบัติเหตุทั้งสองประเภทไม่มีความสัมพันธ์กับผลต่างความเร็วระหว่างทั้งสองกลุ่มที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ตารางที่ 11 ค่าสถิติของอัตราการเกิดอุบัติเหตุระหว่างกลุ่มที่มีผลต่างความเร็วมากและน้อย (ช่วงเวลา 15.00 – 10.00 น.)

Type of Accident	Chi-Square	Df	Sig.
All Types	1.061	1	0.122
Fatal and Injury	5.238	1	0.022
PDO	1.061	1	0.819

6.5 การวิเคราะห์ค่า CMF

ดังที่กล่าวในข้างต้นของรายงาน คือ การคาดการณ์อุบัติเหตุโดยทั่วไป จะใช้วิธีซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ใช้ประมาณจำนวนอุบัติเหตุ (Expected Crash) และส่วนค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (Crash Modification Factor) โดยการหาค่า CMF จะใช้วิธีทางสถิติได้ 2 วิธี คือ

- 1) การเปรียบเทียบกลุ่มศึกษา ก่อนและหลัง (Before-After with Comparison Group Studies)
- 2) วิธีเอมพิริคัลเบย์กับกลุ่มศึกษา ก่อนและหลัง (Empirical Bayes Before-After Studies)

การวิเคราะห์ด้วยวิธี Before-After with Comparison Group Studies เป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไปเนื่องจากสามารถใช้จำนวนอุบัติเหตุในกลุ่มที่ศึกษา (Treatment Group) และในกลุ่มเปรียบเทียบ (Comparison Group) เพื่อหาค่า CMF ตามเงื่อนไขได้ ในขณะที่วิธี Empirical Bayes Before- After Studies จะใช้การวิเคราะห์ EB ร่วมกับ SPFs โดยจะต้องคาดการณ์

จำนวนอุบัติเหตุของกลุ่มเปรียบเทียบก่อนได้รับการปรับปรุงที่สภาวะใด ๆ ก่อนนำมาหาค่าปัจจัยของ CMF ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการศึกษามาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Before-After with Comparison Group Studies

6.5.1 การจัดกลุ่มตัวอย่างระหว่าง Treatment และ Comparison Group

การคัดเลือกกลุ่ม Treatment และ Comparison Group เป็นการจำแนกลักษณะของถนนแต่ละสายที่ทำการศึกษาที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกันของถนนคือ จำนวนช่องจราจร ปริมาณการจราจร ปริมาณรถบรรทุก และความยาวของช่วงถนน เพื่อความเหมาะสมในการเปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนช่วงถนน โดยข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์จะมีหน่วยเป็นค่าเฉลี่ยต่อวัน เช่น ความเร็วเฉลี่ยต่อวัน และอุบัติเหตุเฉลี่ยต่อวัน เป็นต้น เนื่องจากการเลือกใช้ข้อมูลที่จะเจาะจงเฉพาะช่วงเวลาจะทำให้จำนวนข้อมูลน้อยและทำให้การหากลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเป็นไปได้ยาก และเพื่อให้มีกลุ่มตัวอย่างมากพอสำหรับการวิเคราะห์หา CMF ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างแยกเป็นรายปีเพื่อเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มต่าง ๆ ถูกเลือกมาจากช่วงบนถนนที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็ว โดยใช้ช่วงความยาวของแต่ละช่วงเท่ากับ 3 กิโลเมตร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์หา CMF สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หา CMF

ลำดับ	ชื่อสายทาง	ปี2553 (กลุ่ม)	ปี2554 (กลุ่ม)	ปี2555 (กลุ่ม)	รวม
1	ทางด่วนกาญจนาภิเษกช่วงบางพลี-บางขุนเทียน	5	5	5	15
2	ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7	3	3	3	9
3	ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9	3	3	3	9
รวม					33

หลังจากที่ได้ทำการจัดกลุ่มให้แก่ช่วงถนนต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มโดยใช้ปัจจัยความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ (ความเร็ว 85 เปอร์เซนต์ไทล์ที่ต่ำและความเร็ว 85 เปอร์เซนต์ไทล์ที่สูง) เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขสำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็วในช่วงเวลาก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลง และใช้ค่าเฉลี่ยของความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์เป็นค่ากลางในการแบ่งกลุ่ม โดยแยกพิจารณาตามประเภทอุบัติเหตุได้แก่ อุบัติเหตุทั้งหมด อุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต และอุบัติเหตุที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนถนน ดังแสดงผลในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 อัตราการเกิดอุบัติเหตุของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละสายทางที่แบ่งตามปัจจัยผลต่างความเร็ว

Roadway	Group	85th Percentile Speed Range (Km/h)	85th Percentile Speed (Km/h)	Accident Total (acc/3km)	Fatal and Injury (acc/3km)	PDO Rate (acc/3km)
ทางด่วน บางพลี- บางขุน เทียน	1	97-102	97	11	3	8
			98	13	4	9
			99	15	5	10
			101	20	9	11
			101	23	7	16
			102	23	10	13
	2	103-109	104	25	8	16
			104	28	12	17
			105	19	7	12
			105	27	11	17
			106	29	13	16
			106	25	14	15
			107	25	13	12
			108	81	43	38
			109	23	9	14
มอเตอร์เวย์ หมายเลข 7	1	105-112	105	9	1	8
			105	13	2	11
			110	15	5	10
			112	19	7	12
	2	113-117	113	21	9	12
			114	24	10	14
			115	23	4	16
			115	20	6	17
มอเตอร์เวย์ หมายเลข 9	1	103-109	103	10	6	4
			107	12	5	7
			109	13	8	5
			109	15	9	6
	2	111-116	111	24	10	14
			113	22	12	10
			114	27	15	12
			115	25	14	11
			116	23	16	7

หมายเหตุ: กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มความเร็วต่ำ กลุ่มที่ 2 คือ ความเร็วสูง

6.5.2 ผลการการคัดเลือก Treatment และ Comparison Group

จากการจัดกลุ่มตัวอย่างที่มีความเร็วต่ำและกลุ่มตัวอย่างที่มีความเร็วสูงดังที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้สามารถเลือกกลุ่ม Treatment Group ในช่วง Before และ After Period ของแต่ละสายทาง สรุปได้ว่า ทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียนสามารถเลือก Treatment Group ได้ 5 กลุ่ม ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 และถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9 เลือกได้ สายละ 4 กลุ่ม สำหรับ Comparison Group ที่ใช้เปรียบเทียบจะใช้สายละ 1 กลุ่ม เท่านั้น โดยข้อมูลที่คัดเลือกจะแสดงในตารางที่ 14 ถึง ตารางที่ 16

1. ทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน

ตารางที่ 14 ความเร็วและจำนวนอุบัติเหตุของ Treatment และ Comparison Group ทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน

Treatment	Speed		No. of Crashes			No. of Crashes		
	Before	After	Before	Before	Before	After	After	After
	(Km/h)	(Km/h)	Total	Fatal and Injury	PDO	Total	Fatal and Injury	PDO
1	109	97	23	9	14	11	3	8
2	107	98	25	13	12	13	4	9
3	106	99	29	14	15	15	5	10
4	105	101	27	11	17	20	7	16
5	104	102	28	12	16	23	10	13
Comparison	Before	After	Before	Before	Before	After	After	After
	(Km/h)	(Km/h)	Total	Fatal and Injury	PDO	Total	Fatal and Injury	PDO
1	106	107	25	14	17	25	13	16

2. มอเตอร์เวย์หมายเลข 7

ตารางที่ 15 ความเร็วและจำนวนอุบัติเหตุของ Treatment และ Comparison Group มอเตอร์เวย์หมายเลข 7

Treatment	Speed		No. of Crashes			No. of Crashes		
	Before	After	Before	Before	Before	After	After	After
	(Km/h)	(Km/h)	Total	Fatal and Injury	PDO	Total	Fatal and Injury	PDO
1	117	105	25	7	18	9	1	8
2	115	105	23	6	16	13	2	11
3	113	110	24	10	14	15	5	10
4	114	112	21	9	12	19	7	12
Comparison	Speed		No. of Crashes			No. of Crashes		
	Before	After	Before	Before	Before	After	After	After
1	115	117	23	9	17	25	10	18

3. มอเตอร์เวย์หมายเลข 9

ตารางที่ 16 ความเร็วและจำนวนอุบัติเหตุของ Treatment และ Comparison Group มอเตอร์เวย์หมายเลข 9

Treatment	Speed		No. of Crashes			No. of Crashes		
	Before	After	Before	Before	Before	After	After	After
	(Km/h)	(Km/h)	Total	Fatal and Injury	PDO	Total	Fatal and Injury	PDO
1	116	103	23	16	7	10	6	4
2	115	107	25	14	11	12	5	7
3	114	109	27	15	12	13	8	5
4	113	109	22	12	10	15	9	6
Comparison	Before	After	Before	Before	Before	After	After	After
	(Km/h)	(Km/h)	Total	Fatal and Injury	PDO	Total	Fatal and Injury	PDO
1	115	116	25	15	12	23	14	11

6.5.3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมระหว่าง Treatment และ Comparison Group

เพื่อตรวจสอบว่า Comparison Group มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับ Treatment Group ได้จะต้องพิจารณาความเหมาะสมระหว่าง Treatment และ Comparison group โดยทดสอบค่าอัตราส่วนของจำนวนอุบัติเหตุในช่วง Before Period แต่ละกลุ่ม ด้วยวิธี Sample Odds Ratios ของ Hauer (1997) จากตารางที่ 14 ถึง ตารางที่ 16 จะใช้จำนวนอุบัติเหตุของ Treatment และ Comparison Group คำนวณค่า odds Ratios ตามสมการที่ 4 คำนวณเทียบระหว่างกลุ่มตามลำดับดังนี้ คือ กลุ่มที่ 1-2, 2-3, 3-4 ตามลำดับ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าความเชื่อมั่นได้ และเมื่อค่าเฉลี่ย Odds Ratios ใกล้เคียง 1.0 และช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่า 1.0 ถือว่ามีความเหมาะสม

จากการทดสอบ Sample Odds Ratios ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนจำนวนอุบัติเหตุระหว่าง Treatment และ Comparison Group ในช่วง Before Period ทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดเท่ากับ 0.89 สำหรับอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตเท่ากับ 0.83 และอุบัติเหตุที่ไม่มีผู้บาดเจ็บเท่ากับ 0.87 ทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดเท่ากับ 0.98 สำหรับอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตเท่ากับ 0.77 และอุบัติเหตุที่ไม่มีผู้บาดเจ็บเท่ากับ 1.01 และทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดเท่ากับ 0.95 สำหรับอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตเท่ากับ 0.97 และอุบัติเหตุที่ไม่มีผู้บาดเจ็บเท่ากับ 0.69 สามารถสรุปได้ว่า Treatment และ Comparison Group ของถนนทั้งสามสายนั้นมีความเหมาะสมกัน เนื่องจากค่าเฉลี่ยดังกล่าวมีค่าใกล้เคียง 1.0 และช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุม 1.0 จึงสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อคำนวณค่า CMF ได้ต่อไป

ตารางที่ 17 ผลทดสอบ Odds Ratio ของแต่ละสายทาง

Name Roat	Type of Accident	Odds Ratio (Treatment & Comparison Group Before)					Confident limit	
		1-2	2-3	3-4	4-5	Mean	lower	Upper
KBT	All Crash Rate	0.85	0.80	0.99	0.89	0.89	0.68	1.10
	Fatal and Injury	0.60	0.81	1.09	0.79	0.83	0.63	1.02
	PDO	1.02	0.71	0.78	0.94	0.87	0.66	1.07
M7	All Crash Rate	1.00	0.88	1.04	-	0.98	0.74	1.21
	Fatal and Injury	0.91	0.495	0.909	-	0.77	0.59	0.96
	PDO	0.95	1.07	1.02	-	1.01	0.77	1.26
M9	All Crash Rate	0.85	0.86	1.13	-	0.95	0.72	1.17
	Fatal and Injury	1.00	0.82	1.09	-	0.97	0.74	1.20
	PDO	0.54	0.79	0.74	-	0.69	0.53	0.85

*หมายเหตุ; KBT = ถนนกาญจนาภิเษก บางพลี-บางขุนเทียน, M7 = ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7, M9 = ถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9

6.5.4 ผลการคำนวณค่า CMF

เมื่อได้กลุ่ม Treatment และ Comparison Group ที่เหมาะสมและเป็นไปตามข้อจำกัดต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้ถูกนำไปใช้เพื่อคำนวณค่า CMF โดยใช้ค่าอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับ Treatment และ Comparison Group ในช่วง Before และ After period บนช่วงต่าง ๆ ของถนนที่ทำการศึกษา ค่า CMF สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบระหว่าง Treatment Group ที่มีการปรับปรุงโดยการลดความเร็วที่ระดับต่าง ๆ กับ Comparison Group ที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว โดยจะแยกวิเคราะห์ถนนแต่ละสาย และประเภทความรุนแรงของอุบัติเหตุ ค่า CMF ที่น้อยกว่า 1.0 ซึ่งให้เห็นว่าการปรับปรุงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดค่าเฉลี่ยจำนวนอุบัติเหตุเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง ส่วนค่า CMF ที่มากกว่า 1.0 ซึ่งให้เห็นว่าการปรับปรุงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มค่าเฉลี่ยจำนวนอุบัติเหตุเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง โดยค่าความสัมพันธ์ของ CMF และค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงอุบัติเหตุคำนวณได้จากสมการที่ 3 และสมการที่ 7 และสามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.5.4.1 ทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน

จากตารางที่ 18 สรุปได้ว่าที่ความเร็วระดับต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง การลดความเร็วลงมากกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และมีอัตราการลดลงที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการลดความเร็วโดยรวม ซึ่งค่า CMF ที่มีนัยสำคัญจะอยู่ในช่วง 0.340 ถึง 0.536 ตัวอย่าง เช่น กลุ่มตัวอย่างที่มีความเร็ว 109 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อทำการลดความเร็วลงในช่วง 11-12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุมีแนวโน้มลดลงโดย

เฉลี่ยร้อยละ 52 อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับความเร็วที่ 107 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ส่วนการลดความเร็วลงในอัตราที่น้อยกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า ไม่ได้ทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

และเมื่อแยกพิจารณาตามประเภทความรุนแรง จะพบว่า การลดความเร็วด้วยอัตราที่มากกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะสามารถลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกรณีที่พิจารณาอุบัติเหตุทุกประเภทโดยรวม ซึ่งค่า CMF ที่มีนัยสำคัญจะอยู่ในช่วง 0.189 ถึง 0.473 นอกจากนี้ยังพบว่า การลดความเร็วของกลุ่มตัวอย่างไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภททรัพย์สินเสียหายในเกือบทุกกรณี สำหรับกลุ่มตัวอย่างนี้ ค่า CMF ที่คำนวณได้สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต และสำหรับอุบัติเหตุประเภททรัพย์สินเสียหาย แสดงอยู่ในตารางที่ 19 และ ตารางที่ 20 ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δv (Kph)	CMF	Treatment
Full Access Control	3	70,000 - 80,000	7-10 %	109	-7	0.890	Not effective
					-8	0.774	Not effective
					-10	0.580	Not effective
					-11	0.503	effective
					-12	0.462	effective
				107	-5	0.821	Not effective
					-6	0.714	Not effective
					-8	0.536	effective
					-9	0.464	effective
					-10	0.393	effective
				106	-4	0.763	Not effective
					-5	0.619	Not effective
					-7	0.464	effective
					-8	0.402	effective
					-9	0.340	effective
				105	-3	0.763	Not effective
					-4	0.663	Not effective
					-6	0.497	effective
					-7	0.431	effective
					-8	0.365	effective
				104	-2	0.736	Not effective
					-3	0.640	Not effective
					-5	0.480	effective
					-6	0.416	effective
					-7	0.352	effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 90 kph							

ตารางที่ 19 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δv (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	3	70,000 - 80,000	7-10 %	109	-7	0.950	Not effective
					-8	0.665	Not effective
					-10	0.475	Not effective
					-11	0.380	effective
					-12	0.285	effective
				107	-5	0.676	Not effective
					-6	0.473	effective
					-8	0.338	effective
					-9	0.207	effective
					-10	0.203	effective
				106	-4	0.631	Not effective
					-5	0.441	effective
					-7	0.315	effective
					-8	0.252	effective
					-9	0.189	effective
				105	-3	0.790	Not effective
					-4	0.553	Not effective
					-6	0.395	effective
					-7	0.316	effective
					-8	0.237	effective
				104	-2	0.729	Not effective
					-3	0.510	Not effective
					-5	0.364	effective
					-6	0.291	effective
					-7	0.219	effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 90 kph							

ตารางที่ 20 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	ΔV (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	3	70,000 - 80,000	7-10 %	109	-7	0.827	Not effective
					-8	0.700	Not effective
					-10	0.636	Not effective
					-11	0.573	Not effective
					-12	0.509	Not effective
				107	-5	0.955	Not effective
					-6	0.808	Not effective
					-8	0.735	Not effective
					-9	0.661	Not effective
					-10	0.588	Not effective
				106	-4	0.775	Not effective
					-5	0.656	Not effective
					-7	0.596	Not effective
					-8	0.537	Not effective
					-9	0.477	effective
				105	-3	0.688	Not effective
					-4	0.583	Not effective
					-6	0.503	Not effective
					-7	0.477	effective
					-8	0.424	effective
				104	-2	0.729	Not effective
					-3	0.617	Not effective
					-5	0.561	Not effective
					-6	0.505	effective
					-7	0.449	effective
V = initial mean travel speed ; ΔV = change in mean travel speed *Speed Limit = 90 kph							

6.5.4.2 มอเตอร์เวย์หมายเลข 7

ค่า CMF สำหรับถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7 สามารถสรุปได้คล้ายกับกรณีของทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน คือ อัตราการเกิดอุบัติเหตุโดยรวมจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการลดความเร็วลงเกินกว่า 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งค่า CMF ที่มีนัยสำคัญจะอยู่ในช่วง 0.360 ถึง 0.532 ดังแสดงในตารางที่ 21 ตัวอย่างเช่น ที่ความเร็วตั้งต้น 117 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อลดอัตราความเร็วลง 7-12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้มีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 57 อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาตามประเภทความรุนแรงของอุบัติเหตุ จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดอุบัติเหตุก่อนข้างมีความสัมพันธ์กับการลดอัตราความเร็วลง โดยค่า CMF ที่มีนัยสำคัญสำหรับอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจะอยู่ในช่วง 0.114 ถึง 0.378 (ตารางที่ 22) และค่า CMF ที่มีนัยสำคัญสำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย จะอยู่ในช่วง 0.426 ถึง 0.474 (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 21 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δ v (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	4	70,000 - 90,000	15-25 %	117	-5	0.622	Not effective
					-7	0.491	effective
					-12	0.360	effective
				115	-3	0.674	Not effective
					-5	0.532	effective
					-10	0.390	effective
				114	-2	0.647	Not effective
					-4	0.511	effective
					-9	0.375	effective
				113	-1	0.503	Not effective
					-3	0.581	Not effective
					-8	0.427	effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 120 kph							

ตารางที่ 22 ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δv (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	4	70,000 - 90,000	15-25 %	117	-5	0.665	Not effective
					-7	0.475	Not effective
					-12	0.143	effective
				115	-3	0.762	Not effective
					-5	0.544	Not effective
					-10	0.164	effective
				114	-2	0.481	Not effective
					-4	0.343	effective
					-9	0.103	effective
				113	-1	0.529	Not effective
					-3	0.378	effective
					-8	0.114	effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 120 kph							

ตารางที่ 23 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 7

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δv (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	4	70,000 - 90,000	15-25 %	117	-5	0.538	Not effective
					-7	0.448	effective
					-12	0.426	effective
				115	-3	0.568	Not effective
					-5	0.474	effective
					-10	0.450	effective
				114	-2	0.683	Not effective
					-4	0.569	Not effective
					-9	0.455	effective
				113	-1	0.789	Not effective
					-3	0.657	Not effective
					-8	0.625	Not effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 120 kph							

6.5.4.3 มอเตอร์เวย์หมายเลข 9

สำหรับถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9 จะพบว่า การลดอัตราความเร็วลงเกินกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีแนวโน้มทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุโดยรวมและตามประเภทความรุนแรงต่าง ๆ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญซึ่งอยู่ในช่วง 0.250 ถึง 0.549 ดังแสดงในตารางที่ 24 ถึง ตารางที่ 26

ตารางที่ 24 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δv (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	4	30,000 - 50,000	20-30 %	116	-7	0.545	effective
					-9	0.503	effective
					-13	0.419	effective
				115	-6	0.503	effective
					-8	0.464	effective
					-12	0.387	effective
				114	-5	0.503	effective
					-7	0.431	effective
					-11	0.359	effective
				113	-11	0.359	effective
					-4	0.656	Not effective
					-6	0.525	effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 120 kph							

ตารางที่ 25 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δv (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	4	30,000 - 50,000	20-30 %	116	-7	0.474	effective
					-9	0.279	effective
					-13	0.335	effective
				115	-6	0.537	Not effective
					-8	0.464	effective
					-12	0.380	effective
				114	-5	0.474	effective
					-7	0.431	effective
					-11	0.356	effective
				113	-4	0.622	Not effective
					-6	0.525	effective
					-10	0.439	effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 120 kph							

ตารางที่ 26 ค่า CMF สำหรับจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนถนนมอเตอร์เวย์หมายเลข 9

Level of Access Control	Number Of lane Per Direction	AADT	percent Truck	V (Kph)	Δv (kpk)	CMF	Treatment
Full Access Control	4	30,000 - 50,000	7-10 %	116	-7	0.651	Not effective
					-9	0.828	Not effective
					-13	0.473	Not effective
				115	-6	0.470	Not effective
					-8	0.549	effective
					-12	0.314	effective
				114	-5	0.398	effective
					-7	0.509	effective
					-11	0.289	effective
				113	-4	0.250	effective
					-6	0.438	effective
					-10	0.344	effective
V = initial mean travel speed ; Δv = change in mean travel speed *Speed Limit = 120 kph							

6.6 การนำค่า CMF ไปประยุกต์ใช้งาน

ค่า CMF ที่ได้จากในกรณีต่างๆ สามารถนำไปใช้คาดการณ์จำนวนการเกิดอุบัติเหตุหลังจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วไปอยู่ที่ระดับต่าง ๆ โดยสามารถนำไปใช้คาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุได้กับอุบัติเหตุทั้ง 3 ประเภทได้แก่ อุบัติเหตุทั้งหมด อุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต และอุบัติเหตุที่มีทรัพย์สินเสียหาย ผลการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถนำค่า CMF ที่มีนัยสำคัญมาสรุปเป็นเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน อัตราร้อยละของรถบรรทุก และความเร็วจำกัด ซึ่งทำให้ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 27 ถึง ตารางที่ 29

ตารางที่ 27 ค่า CMF สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก (AADT 70K-80K, Truck <10%, Speed Limit 90 Kph)

V (Kph)	ΔV (Kph)	CMF		
		Total	Fatal and Injury	PDO
109	-11	0.503	0.380	N/S
	-12	0.462	0.285	N/S
107	-6	N/S	0.473	N/S
	-8	0.536	0.338	N/S
	-9	0.464	0.207	N/S
	-10	0.393	0.203	N/S
106	-5	N/S	0.441	N/S
	-7	0.464	0.315	N/S
	-8	0.402	0.252	N/S
105	-9	0.340	0.189	0.477
	-6	0.497	0.395	N/S
	-7	0.431	0.316	0.477
	-8	0.365	0.237	0.424
104	-5	0.480	0.364	N/S
	-6	0.416	0.291	0.505
	-7	0.352	0.219	0.449
*Under Condition Level of Access Control Full Access Control Number Of lane Per Direction 3 AADT 70000-80000 percent Truck 7-10 % Speed Limit = 90 kph			Note V = initial mean travel speed ΔV = change in mean travel speed N/S = Not Significant	

ตารางที่ 28 ค่า CMF สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก (AADT 70K-90K, Truck 15-25%, Speed Limit 120 Kph)

V (Kph)	ΔV (Kph)	CMF		
		Total	Fatal and Injury	PDO
117	-7	0.491	N/S	0.448
	-12	0.360	0.143	0.426
115	-5	0.532	N/S	0.474
	-10	0.390	0.164	0.450
114	-4	0.511	0.343	0.477
	-9	0.375	0.103	N/S
113	-3	N/S	0.378	N/S
	-8	0.427	0.114	0.455
*Under Conditoin Level of Access Control Full Access Control Number Of lane Per Direction 4 AADT 70000-90000 percent Truck 15-25 % Speed Limit = 120 kph			Note V = initial mean travel speed Δv = change in mean travel speed N/S = Not Significant	

ตารางที่ 29 ค่า CMF สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก (AADT 30K-50K, Truck 20-30%, Speed Limit 120 Kph)

V (Kph)	ΔV (Kph)	CMF		
		Total	Fatal and Injury	PDO
116	-7	0.545	0.474	N/S
	-9	0.503	0.279	N/S
	-12	0.419	0.335	N/S
115	-6	0.503	N/S	N/S
	-8	0.464	0.464	0.549
	-12	0.387	0.380	0.314
114	-5	0.503	0.474	0.398
	-7	0.431	0.431	0.509
	-11	0.359	0.356	0.289
113	-4	N/S	N/S	0.250
	-6	0.525	0.525	0.438
	-10	0.438	0.439	0.344
*Under Conditoin Level of Access Control Full Access Control Number Of lane Per Direction 4 AADT 30000-50000 percent Truck 20-30 % Speed Limit = 120 kph			Note V = initial mean travel speed Δv = change in mean travel speed N/S = Not Significant	

6.6.1 ตัวอย่างการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

ตัวอย่างการใช้ค่า CMF เพื่อหาจำนวนอุบัติเหตุหลังการลดความเร็วของทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน เป็นถนนประเภทควบคุมการเข้าออก มีช่องจราจร 3 ช่องต่อทิศทาง ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) ประมาณ 70,000 – 80,000 คัน และปริมาณรถบรรทุกเฉลี่ยร้อยละ 7-10 และมีจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด 23 ครั้งต่อปี ถนนสายนี้มีลักษณะทางกายภาพและการจราจรภายใต้เงื่อนไขในตารางที่ 27 ในกรณีที่มีการลดความเร็วของถนนสายนี้ลง 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากความเร็วตั้งต้นที่ 109 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้อุบัติเหตุทั้งหมดลดลงประมาณร้อยละ 54 ($CMF = 0.462$) ดังนั้น จำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังการลดความเร็วลงจะเท่ากับ $0.462 \times 23 = 10.6$ หรือประมาณ 11 ครั้งต่อปี

6.6.2 ตัวอย่างการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

ตัวอย่างการใช้ค่า CMF เพื่อคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน เป็นถนนประเภทควบคุมการเข้าออก มีช่องจราจร 3 ช่องต่อทิศทาง ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวัน (AADT) ประมาณ 70,000 – 80,000 คัน มีปริมาณรถบรรทุกเฉลี่ยร้อยละ 7-10 และมีจำนวนอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต 9 ครั้งต่อปี ถนนสายนี้มีลักษณะทางกายภาพและการจราจรภายใต้เงื่อนไขในตารางที่ 27 ในกรณีที่มีการปรับความเร็วลดลง 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากความเร็วเดิมที่ 109 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตลดลงร้อยละ 72 ($CMF = 0.285$) ดังนั้น จำนวนอุบัติเหตุประเภทดังกล่าวที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจะเท่ากับ $0.285 \times 9 = 2.5$ หรือประมาณ 3 ครั้งต่อปี

6.6.3 ตัวอย่างการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

ตัวอย่างการใช้ค่า CMF เพื่อคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายบนทางด่วนบางพลี-บางขุนเทียน ซึ่งเป็นถนนประเภทควบคุมการเข้าออก มีช่องจราจร 3 ช่องต่อทิศทาง ปริมาณจราจร (AADT) 70,000 – 80,000 คันต่อวัน มีปริมาณรถบรรทุกเฉลี่ยร้อยละ 7-10 และมีจำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย 14 ครั้งต่อปี ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขในตารางที่ 27 ถ้ามีการพยายามลดความเร็วถนนสายนี้ลง 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากความเร็วเดิมที่ 105 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะทำให้จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายลดลงร้อยละ 52 ($CMF = 0.477$) ดังนั้น จำนวนอุบัติเหตุประเภทดังกล่าวที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจะเท่ากับ $0.477 \times 14 = 6.6$ หรือประมาณ 7 ครั้งต่อปี

6.7 การสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ค่า CMF ของทางด่วนและมอเตอร์เวย์

เนื่องจากรูปแบบค่า CMF ที่คำนวณได้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้เป็นค่าที่เฉพาะเจาะจงสำหรับกรณีตามเงื่อนไขต่าง ๆ และครอบคลุมความเร็วตั้งต้นได้ไม่ครบทุกค่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำค่า CMF ดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า CMF และตัวแปรปัจจัยต่างๆ โดยจะใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ซึ่งจะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระต่างๆ

6.7.1 การสร้างแบบจำลองในการคาดการณ์ค่า CMF

การสร้างแบบจำลองเริ่มจากการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองในรูปแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง แล้วคัดเลือกตัวแปรโดยพิจารณาจากค่าทางสถิติ แล้วจึงนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการศึกษานี้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติชื่อว่า Statistical Package for the Social Science (SPSS) ช่วยในการคัดเลือกตัวแปรสำหรับการสร้างแบบจำลองการคาดการณ์ค่า CMF

6.7.2 การวิเคราะห์แบบจำลอง

สำหรับแบบจำลอง CMF ที่สร้างขึ้นในการศึกษานี้ จะเป็นไปตามเงื่อนไขและขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะต้องเป็นการนำข้อมูลจากตัวแปรที่ทำการศึกษามาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่สามารถบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์โดยใช้แผนภาพเส้นตรงแทนได้
2. วิธีการเลือกตัวแปรเข้าแบบจำลองเลือกวิธีวิเคราะห์แบบ Stepwise ซึ่งเป็นการเลือกตัวแปรเพิ่มเข้าไปในการวิเคราะห์ทีละตัว โดยจะทำการทดสอบตัวแปรพยากรณ์ที่เข้าสมการไปแล้วทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรใหม่เข้าสมการว่าส่งผลกระทบต่อตัวแปรบางตัวแปรในสมการก่อนหน้าแล้วหรือไม่ โดยตัวแปรที่อยู่ก่อนสามารถถูกตัดออกจากสมการได้ หากพบว่าไม่มีความสำคัญในการพยากรณ์
3. วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองพิจารณาขั้นตอนที่มีการนำตัวแปรอิสระเข้าในระบบสมการเพื่อให้เห็นการเพิ่มของค่า R และ R^2 ในทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรอิสระเข้าแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่า R^2 ต้องมีค่ามากที่สุด และตัวแปรอิสระต้องมีค่า Significance น้อยกว่า 0.05 เท่านั้น

6.7.3 การวิเคราะห์แบบจำลองค่าการถดถอย CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด

ในการศึกษานี้ต้องการสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการคาดการณ์ค่า CMF ซึ่งเป็นตัวแปรตาม โดยเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบแนวโน้มของข้อมูลจากตัวแปรต่าง ๆ เพื่อดูความเหมาะสมในการใช้รูปแบบความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในการวิเคราะห์ จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ โดยกำหนดตัวแปรตาม (Y) คือ CMF ส่วนตัวแปรอิสระ (X) ที่ศึกษา ได้แก่ ความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ (V85) ผลต่างจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (V85-V) ความเร็วจำกัดของถนน (Vlimit) และร้อยละรถบรรทุก (P_Truck) โดยค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรทุกตัวสามารถแสดงผลในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ข้อมูลสถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด

Statistics		V85	V85-V	P_Truck	Vlimit	CMF
N	Valid	32	32	32	32	32
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		110.91	8.16	17.34	106.88	.44588
Median		113.00	8.00	20.00	120.00	.45000
Mode		114	7	10	120	.503
Std. Deviation		4.686	2.288	6.837	15.120	.061243
Range		13	8	15	30	.205
Minimum		104	4	10	90	.340
Maximum		117	12	25	120	.545

การเลือกตัวแปรเข้าแบบจำลอง จะใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Stepwise ซึ่งเป็นการเลือกตัวแปรเพิ่มเข้าไปในการวิเคราะห์ทีละตัว โดยใช้โปรแกรม SPSS เป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์รูปแบบของแบบจำลองที่เป็นไปได้ ซึ่งแสดงในตารางที่ 31 พบว่าผลต่างจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เป็นตัวแปรแรกที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ค่า CMF ได้ ต่อมาเป็นความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ ความเร็วจำกัดของถนน และร้อยละรถบรรทุก ตามลำดับ ดังนั้นแบบจำลองที่สามารถพยากรณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดได้ดีที่สุด โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณสูงสุดคือแบบจำลองที่ 4 เท่ากับ 0.803 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสามารถพยากรณ์ค่า CMF ได้ร้อยละ 68.9 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการคาดการณ์ เท่ากับ ± 0.037

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์รูปแบบของแบบจำลองคาดการณ์ CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด

แบบจำลอง	ตัวแปร	R	R ²	SE _{est}	F	Sig.
1	V85-V	.505	.255	.054	10.259	.003
2	V85-V,V85	.591	.350	.051	7.801	.002
3	V85-V,V85,Vlimit	.782	.612	.040	14.732	.000
4	V85-V,V85,Vlimit,P_Truck	.830	.689	.037	14.973	.000

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์โดยไม่คิดเครื่องหมาย (ตารางที่ 32) พบว่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ และผลต่างจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว สามารถคาดการณ์ค่า CMF ได้สูงสุดและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนดิบ และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน (b, β) เป็น 0.031 กับ 2.387 และ 0.025 กับ 0.917 ตามลำดับ รองลงมาเป็นความเร็วจำกัดโดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนดิบ และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน (b, β) เป็น 0.013 กับ 3.095 ส่วนร้อยละรถบรรทุกสามารถคาดการณ์ค่า CMF ได้น้อยที่สุด โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนดิบ และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน เป็น 0.009 กับ 1.042

สมการคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดของทางด่วนและมอเตอร์เวย์ เป็นดังนี้

$$Y = (-1.627) + 0.031(V85-V) + (-0.025)(V85) + 0.009(Vlimit) + (-0.013)(P_Truck)$$

สมการที่ 15

ตารางที่ 32 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด

ตัวแปร	b	β	t	Sig.
V85-V	-.025	-.917	-7.193	.000
V85	.031	2.387	5.730	.000
Vlimit	-.013	-3.095	-5.104	.000
P_Truck	.009	1.042	2.588	.015
ค่าคงที่ -1.627 ; SEest .037				
R = .830 ; R ² = .689 ; F 14.973 ; Sig. = .000				

6.7.4 การวิเคราะห์แบบจำลองคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

จากการตรวจสอบแนวโน้มของข้อมูลจากตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต ทำให้สามารถสรุปค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรทุกตัวซึ่งแสดงผลในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ข้อมูลสถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

		V85	V85-V	Vlimit	P_Truck	CMF
N	Valid	32	32	32	32	32
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		110.2500	8.0313	105.0000	16.5625	.3221
Median		111.0000	8.0000	105.0000	15.0000	.3365
Mode		114.00	7.00	90.00	10.00	.38
Std. Deviation		4.54369	2.45586	15.24002	6.89056	.11492
Range		13.00	9.00	30.00	15.00	.42
Minimum		104.00	3.00	90.00	10.00	.10
Maximum		117.00	12.00	120.00	25.00	.53

จากวิธีการเลือกรูปแบบจำลองด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Stepwise ดังแสดงในตารางที่ 34 พบว่า ผลต่างจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เป็นตัวแปรแรกที่สามารถคาดการณ์ค่า CMF ได้อย่างเหมาะสม ต่อมาเป็นร้อยละรถบรรทุก ความเร็วจำกัดของถนน และความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ตามลำดับ ดังนั้นแบบจำลองที่สามารถคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมดได้ดีที่สุด โดยพิจารณาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์พหุคูณสูงสุดคือแบบจำลองที่ 4 เท่ากับ 0.862 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสามารถคาดการณ์ค่า CMF ได้ร้อยละ 74.3 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการคาดการณ์ เท่ากับ ± 0.062

ตารางที่ 34 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

แบบจำลอง	ตัวแปร	R	R ²	SE _{est}	F	Sig.
1	V85-V	.386	.149	.107	5.242	.029
2	V85-V, P_Truck	.523	.274	.101	5.465	.010
3	V85-V, P_Truck, Vlimit	.818	.669	.069	18.833	.000
4	V85-V, Vlimit, P_Truck, V85	.862	.743	.062	19.559	.000

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์โดยไม่คิดเครื่องหมาย (ตารางที่ 35) พบว่าร้อยละรถบรรทุก และผลต่างจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว สามารถคาดการณ์ค่า CMF ได้สูงสุดและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนดิบ และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน (b, β) เป็น 0.047 กับ 2.826 และ 0.034 กับ 0.721 ตามลำดับ รองลงมาเป็นความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์โดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนดิบ และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน (b, β) เป็น 0.028 กับ 1.102 ส่วนความเร็วจำกัดสามารถคาดการณ์ค่า CMF ได้น้อยที่สุด โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนดิบ และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน เป็น .027 กับ 3.561

สมการคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตของทางด่วนและมอเตอร์เวย์ เป็นดังนี้

$$Y = (-0.442) + (-0.034)(V85-V) + 0.028(V85) + (-0.027)(Vlimit) + 0.47(P_Truck) \quad \text{สมการที่ 16}$$

ตารางที่ 35 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

ตัวแปร	b	β	t	Sig.
V85-V	-.034	-.721	-5.808	.000
V85	.028	1.102	2.806	.000
Vlimit	-.027	-3.561	-6.585	.000
P_Truck	.047	2.826	7.233	.009
ค่าคงที่ -.442 ; SEest .062 R = .862 ; R ² = .743 ; F 19.559 ; Sig. = .000				

6.7.5 การวิเคราะห์แบบจำลองค่าการณค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย

จากการตรวจสอบแนวโน้มของข้อมูลจากตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต ทำให้สามารถสรุปค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรทุกตัวซึ่งแสดงผลในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ข้อมูลสถิติเบื้องต้นของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย

		V85	V85-V	Vlimit	P_Truck	CMF
N	Valid	19	19	19	19	19
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		111.8421	7.6842	112.1053	19.4737	.42911
Median		114.0000	7.0000	120.0000	20.0000	.44900
Mode		113.00	7.00	120.00	25.00	.477
Std. Deviation		4.59786	2.47325	13.57242	6.21261	.078372
Range		13.00	8.00	30.00	15.00	.299
Minimum		104.00	4.00	90.00	10.00	.250
Maximum		117.00	12.00	120.00	25.00	.549

แบบจำลองค่าการณค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย จากวิธีการวิเคราะห์รูปแบบของแบบจำลองด้วยวิธี Stepwise พบว่า ไม่มีตัวแปรที่เหมาะสมอยู่ในสมการ ดังแสดงในตารางที่ 37 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสถิติ (t) และค่าความน่าจะเป็น (Sig.) ของทุกตัวแปรไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองค่าการณค่าสำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายไม่สามารถนำไปใช้ในการค่าการณค่าได้

ตารางที่ 37 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย

ตัวแปร	b	β	t	Sig.
V85-V	-.009	-.291	-1.168	.262
V85	.015	.889	.799	.438
Vlimit	-.002	-.432	-.274	.788
P_Truck	-.009	-.747	-.995	.337
ค่าคงที่ -.732 ; SEest .074 R = .552 ; R ² = .304 ; F 1.531 ; Sig. = .247				

6.7.6 การนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้งาน

แบบจำลองที่ได้สามารถนำมาคาดการณ์เพื่อหาค่า CMF จากการเปลี่ยนแปลงความเร็วตามข้อจำกัดต่าง ๆ ในรูปแบบสมการ จากผลการสร้างแบบจำลองสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้ 2 รูปแบบ ประกอบด้วยแบบจำลองคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด และแบบจำลองคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต ดังนี้

เมื่อ	V	= ความเร็วที่ต้องการเพิ่มหรือลดจากความเร็วเฉลี่ยที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์
	V85	= ความเร็วเฉลี่ยที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์
	Vlimit	= ความเร็วจำกัดของถนน
	P_Truck	= ร้อยละรถบรรทุกบนถนน

6.7.6.1 การคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด

เมื่อต้องการคาดการณ์ค่า CMF ของถนนที่มีความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์เฉลี่ย (V85) เท่ากับ 110 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยต้องการลดความเร็วลงจากความเร็วเฉลี่ยที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ (V) เป็น 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และถนนมีความเร็วจำกัด (Vlimit) เท่ากับ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ร้อยละรถบรรทุก (P_Truck) เท่ากับ 10 เพอร์เซ็นต์ จะสามารถคาดการณ์ค่า CMF โดยใช้สมการที่ 15 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{จะได้ค่า } (V85 - V) &= 10, V85 = 110, Vlimit = 90, P_Truck = 10 \\ CMF &= (-1.627) + 0.031(10) + (-0.025)(110) + 0.009(90) + (-0.013)(10) \\ &= 0.453\end{aligned}$$

6.7.6.2 การคาดการณ์ค่า CMF สำหรับอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต

เมื่อต้องการคาดการณ์ค่า CMF ของถนนมีความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์เฉลี่ย (V85) เท่ากับ 110 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยต้องการลดความเร็วลงจากความเร็วเฉลี่ยที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ (V) เป็น 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และถนนมีความเร็วจำกัด (Vlimit) เท่ากับ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ร้อยละรถบรรทุก (P_Truck) เท่ากับ 10 เพอร์เซ็นต์ จะสามารถคาดการณ์ค่า CMF โดยใช้สมการที่ 16 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{จะได้ค่า } (V85 - V) &= 10, V85 = 110, Vlimit = 90, P_Truck = 10 \\ CMF &= (-0.442) + (-0.034)(10) + 0.028(110) + (-0.027)(90) + 0.47(10) \\ &= 0.338\end{aligned}$$

7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผล

การศึกษาความสัมพันธ์และคาดการณ์ระหว่างความเร็วและอุบัติเหตุสำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์ในประเทศไทยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการจำกัดความเร็ว การปรับเปลี่ยนความเร็วจำกัด หรือการผ่อนผันการตรวจจับความเร็วบนถนนที่ใช้ความเร็วสูง และยังสามารถนำแบบจำลองคาดการณ์การจำนวนอุบัติเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วไปใช้สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก เนื้อหาและสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาสามารถสรุปเป็นหัวข้อดังนี้

7.2 การเปรียบเทียบผลกระทบด้านความปลอดภัยของผลต่างความเร็วกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุสำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์

7.2.1 ผลเปรียบเทียบระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุทุกประเภทกับผลต่างความเร็วบนช่วง ถนน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า กลุ่มที่มีความแตกต่างความเร็วระหว่าง 85 และ 15 เปอร์เซ็นต์ไพล์ต่ำจะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำ และอัตราการเกิดอุบัติเหตุจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีความแตกต่างกันของความเร็วระหว่างรถเร็วและรถช้าบนช่วงถนนใด ๆ เพิ่มมากขึ้น

7.2.2 ผลเปรียบเทียบระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุแยกประเภทตามระดับความรุนแรงกับผลต่างความเร็วบนช่วงถนน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ถนนช่วงที่มีผลต่างความเร็วระหว่าง 85 เปอร์เซ็นต์ไพล์กับ 15 เปอร์เซ็นต์ไพล์ต่ำ จะมีอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตเกิดขึ้นน้อยกว่าช่วงถนนที่มีความแตกต่างความเร็วสูง โดยถนนที่มีผลต่างความเร็วแตกต่างกันมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายไม่ต่างกัน เห็นได้ว่าการกำหนดความเร็วสูงสุดและต่ำสุดสามารถช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่จำนวนอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหายไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเป็นประเภทอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ความเร็วไม่มาก จึงไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่ระดับความเร็วสูง

7.3 แนวทางในการกำหนดนโยบายหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการจำกัดความเร็วบนทางด่วนและมอเตอร์เวย์

จากผลการเปรียบเทียบความแตกต่างความเร็วบนช่วงถนนต่อการเกิดอุบัติเหตุ พบว่าการขับด้วยความเร็วที่ช้าและเร็วเกินไป จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเร็วมาก โดยการขับที่ช้าเกินไปจะทำให้เกิดการกีดขวางการจราจรและก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ขับด้วยความเร็วปกติ ดังนั้นแนวทางในการกำหนดนโยบายหรือปรับเปลี่ยนรูปแบบการจำกัดความเร็วสำหรับถนนดังกล่าวคือ ควรมีการกำหนดความเร็วขั้นต่ำเพิ่มเติม โดยสามารถใช้เกณฑ์ความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นต์ไพล์ และกำหนดความเร็วขั้นต่ำตามประเภทของยานพาหนะให้สัมพันธ์กับความเร็วจำกัดสูงสุดของรถประเภทนั้น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม การกำหนดความเร็วขั้นต่ำเพียงอย่างเดียว อาจไม่เพียงพอในการลดอุบัติเหตุ การบังคับใช้กฎหมายอย่างเคร่งครัดสำหรับการจำกัดความเร็วสูงสุดเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรทำควบคู่ไปด้วยเพื่อควบคุมระดับความแตกต่างของความเร็วโดยรวม จากผลการศึกษา พบว่า ผลต่างของความเร็วที่มีความเหมาะสมจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

7.4 การคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุหลังจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่ระดับต่าง ๆ สำหรับทางด่วนและมอเตอร์เวย์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนอุบัติเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่ระดับต่าง ๆ แยกตามประเภทอุบัติเหตุ พบว่า เมื่อมีการลดความเร็วลงจากความเร็วเริ่มต้นมากจะส่งผลทำให้แนวโน้มของจำนวนอุบัติเหตุทุกประเภทลดลงเป็นจำนวนมากตามไปด้วย สำหรับถนน 3 เลนภายใต้ข้อจำกัดที่มีปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันอยู่ในช่วง 70,000-80,000 คัน ปริมาณรถบรรทุกร้อยละ 7-10 และความเร็วจำกัดเท่ากับ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อลดอัตราการความเร็วลง 5-12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะส่งผลให้อุบัติเหตุทั้งหมดลดลงเฉลี่ยร้อยละ 56 อุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตลดลงเฉลี่ยร้อยละ 69 และอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 53 สำหรับถนน 4 เลนภายใต้ข้อจำกัดที่มีปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันอยู่ในช่วง 70,000-90,000 คัน ปริมาณรถบรรทุกร้อยละ 15-25 และความเร็วจำกัดเท่ากับ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อลดความเร็วลงตั้งแต่ 3-12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะส่งผลให้อุบัติเหตุทั้งหมดลดลงเฉลี่ยร้อยละ 56 อุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตลดลงเฉลี่ยร้อยละ 79 และอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 55 และถนน 4 เลนภายใต้ข้อจำกัดที่มีปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันอยู่ในช่วง 30,000-50,000 คัน ปริมาณรถบรรทุกร้อยละ 20-30 และความเร็วจำกัดเท่ากับ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อลดความเร็วลงตั้งแต่ 4-12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะส่งผลให้อุบัติเหตุทั้งหมด

ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 54 อุบัติเหตุประเภทที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตลดลงเฉลี่ยร้อยละ 58 และอุบัติเหตุประเภทที่มีเพียงทรัพย์สินเสียหาย ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 61 ตามลำดับ

7.4.1 การคาดการณ์ค่า CMF ของทางด่วนและมอเตอร์เวย์

การศึกษาพบว่าแบบจำลอง Multiple Linear Regression สามารถนำมาใช้คาดการณ์ค่า CMF ได้ โดยมีความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับอุบัติเหตุทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 68.9 โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อแบบจำลองมากที่สุดคือ ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ และความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับอุบัติเหตุที่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต คิดเป็นร้อยละ 74.3 โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อแบบจำลองมากที่สุดคือ สัดส่วนรถบรรทุก

7.5 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

1. สำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออกซึ่งเป็นถนนที่มีการใช้ความเร็วสูง ควรมีการกำหนดความเร็วต่ำสุดควบคู่ไปกับการกำหนดความเร็วสูงสุด เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุที่เป็นผลมาจากความแตกต่างความเร็วสูง
2. การปรับเปลี่ยนความเร็วจำกัดบนถนนประเภทต่างๆ ควรเป็นไปตามแนวทางการศึกษาด้านวิศวกรรมจราจร โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับความเร็วที่มีการใช้จริงและสถานการณ์ความปลอดภัย และติดตามผลการปรับเปลี่ยนความเร็วจำกัดเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง
3. เพื่อให้การใช้วิธีการจำกัดความเร็วสามารถช่วยลดอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ควรมีการนำมาตรการที่มีประสิทธิภาพมาปรับใช้ในการบังคับการใช้ความเร็ว โดยเฉพาะสำหรับถนนประเภทควบคุมการเข้าออก โดยควรเป็นมาตรการที่สามารถบังคับความเร็วได้อย่างแม่นยำและครอบคลุมถนนตลอดเส้น และควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้เกี่ยวกับการบังคับการใช้ความเร็วให้ผู้ขับขี่เกิดความตื่นตัวและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด
4. ควรมีการศึกษาผลกระทบด้านการเกิดอุบัติเหตุจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วสำหรับถนนประเภทอื่นๆ ทั้งในเขตชุมชนเมืองและนอกเมือง เพื่อให้การจัดการด้านความปลอดภัยจากการใช้ความเร็วเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมสำหรับถนนทุกประเภท

7.6 ข้อจำกัดของการศึกษา

1. ข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์มีจำนวนไม่มากจึงทำให้ผลที่ได้อาจไม่แสดงผลที่ชัดเจนเพียงพอ เนื่องจากการเก็บข้อมูลจราจรในประเทศไทยเพิ่งเริ่มดำเนินการไม่กี่ปีที่ผ่านมา ทำให้มีข้อมูลจราจรที่สมบูรณ์เพียง 3 ปีก่อนเริ่มทำการศึกษ
2. เนื่องจากยังไม่เคยมีการดำเนินนโยบายในการปรับเปลี่ยนความเร็วจำกัดสำหรับถนนที่มีการควบคุมการเข้าออกในประเทศไทย ผลการวิเคราะห์ค่า CMF ที่ได้ในการศึกษานี้ไม่ใช่ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงจากการปรับเปลี่ยนความเร็วบนช่วงถนนใดๆ แต่เป็นเพียงการจำลองสถานการณ์และเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดสอบในสถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

8. เอกสารอ้างอิง

1. AASHTO, Highway Safety Manual, 1st Edition, 2010
2. Gross, F., Persaud, B., and Lyon, C., A Guide to Developing Quality Crash Modification Factors, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 2010
3. Hauer, E., Observational Before-After Studies in Road Safety, Pergamon Press, UK, 1997
4. Pauw, E.D., Daniels, S., Melssa T., and Brijs, T., Safety effects of restricting the speed limit from 90 to 70 km/h, International Co-operation on Theories and Concepts in Traffic Safety (ICTCT), volume 25, pp.478-488, 2012
5. Wagenaar, A. C., Streff, F. M., and Schultz, R. H., Effects of the 65 MPH speed limit on injury morbidity and mortality, Accident Analysis and Prevention, Volume 22, No. 6, pp.571-585, 1990
6. Wong, S. C., Sze, N. N., Lo, H. K., Hung, W. T., Loo, B. P. Y., Would relaxing speed limits aggravate safety A case study of Hong Kong, Accident Analysis and Prevention, Volume 37, pp.377-388, 2004
7. กรมทางหลวง, รายงานประจำปีอุบัติเหตุจราจรทางหลวงแผ่นดินปี 2555, สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม, 2555
8. กรมทางหลวง, อุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดิน, เอกสารวิชาการ, สำนักอำนวยความปลอดภัย, กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, 2553
9. กระทรวงคมนาคม, กฎกระทรวง ฉบับที่ 3 พ.ศ.2542 ออกตามความในพระราชบัญญัติจราจรทางหลวง 2535
10. กระทรวงคมนาคม, โครงข่ายทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง, กองทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, 2555
(http://www.motorway.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=189:2011-03-22-09-16-41&catid=17:2011-12-16-16-36-28&Itemid=59)
11. กระทรวงมหาดไทย, กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 พ.ศ.2522 ออกตามความในพระราชบัญญัติจราจรทางบก 2522
12. กัลยา วานิชย์บัญชา, การทดสอบข้อมูลที่อยู่ในรูปของความถี่, พิมพ์ครั้งที่11, บริษัทธรรมสาร จำกัด, กรุงเทพมหานคร, หน้า 361-387, 2552
13. ณรงค์ กุหลาบ, วิศวกรรมจราจร, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2556
14. ทวีศักดิ์ ตะกระโทก, การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วของรถยนต์กับองค์ประกอบทางถนนในเขตเทศบาล, การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, วันที่ 2-4 พฤษภาคม 2550, โรงแรมอมรินทร์ลากูน, หน้า 126, 2550
15. ยอดพล ธนาภิบุรณ์, วิศวกรรมจราจร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548
16. สุเมศวร์ พิริยะวัชร, 2553, วิศวกรรมจราจร, [online], Available : www.surames.com/images/column_1227454933/hapter%204%20traffic%20engineering.pdf [22 พฤษภาคม 2555]