# การประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยจากค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุ ในโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ด้วยวิธีเบย์เชิงประจักษ์

# Safety Effectiveness Evaluation of School Safety Project by Crash Modification Factor using Empirical Bayes method

**นายชลชาติ จีนประสม[1] นายมูบีน เล็งฮะ[2] และ ศ. ดร. เกษม ชูจารุกุล[3]**

*[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

## บทคัดย่อ

โครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” เป็นโครงการที่ถูกจัดตั้งขึ้นโดยกรมทางหลวงชนบท โดยสำนักอำนวยความปลอดภัย เพื่อยกระดับความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียน ซึ่งโครงการนี้ได้ทำการติดตั้งมาตรการต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นจราจรเพื่อชะลอความเร็ว, ป้ายเขตโรงเรียน, ป้ายจำกัดความเร็ว, เสาไฟส่องสว่าง, หมุดไฟกระพริบ, ทางม้าลาย และวัสดุเคลือบผิวต้านการลื่นไถล เนื่องจากการวิจัยในอดีตนั้นเป็นการประเมินประสิทธิภาพความปลอดภัยโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ของแต่ละมาตรการ และเป็นของถนนในต่างประเทศ อีกทั้งยังไม่เคยมีการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ของโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้จัดทำได้ทำการประเมินประสิทธิผลของความปลอดภัยด้วยวิธี Empirical Bayes เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ของโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” โดยแบ่งตามระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ (Total Crashes, Fatal Crashes, Injury Crashes และ Fatal+Injury Crashes) จากการคำนวณผลปรากฏว่าการติดตั้งมาตรการอำนวยความปลอดภัยภายใต้โครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” สามารถทำให้อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณโรงเรียนลดลงได้ในทุกระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถลดอุบัติเหตุที่มีเฉพาะการเสียชีวิต (Fatal Crashes) ได้ถึงระดับความเชื่อมั่นที่ 90

คำสำคัญ: ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ, ความปลอดภัยบนถนน, วิธีเบย์เชิงประจักษ์

## Abstract

The school safety project was established by Bureau of Traffic Safety of Department of Rural Roads to raise the level of road safety in front of the school. This project has implemented various countermeasure which consists of centerline and shoulder rumble strips, variable speed limit signs, illumination, raised pavement markers, crosswalks, and pavement friction. Since past studies only have evaluated the safety effectiveness by determining crash modification factor (CMF) in each countermeasure and the school safety project of Department of Rural Roads has not been evaluated the safety effectiveness. So, this study has evaluated the safety effectiveness by using Empirical Bayes method to determine crash modification factor (CMF) of this project. Evaluation of safety effectiveness was divided by the severity of the accident, including Total Crashes, Fatal Crashes, Injury Crashes, and Fatal+Injury Crashes. The result suggests that the installation countermeasures of this project can reduce the number of accidents especially it was able to reduce fatal crash statically significant at the 90th-percentile confidence level

Keywords: Crash Modification Factor, Road Safety, Empirical Bayes Method

## 1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนท้องถนนนั้นก่อให้เกิดความสูญเสียไปทั่วโลก และปัญหานี้ถือเป็นหนึ่งในสาเหตุของการตายหลักๆ ของคนไทย จากฐานข้อมูลอุบัติเหตุบนถนนปี 2556 ขององค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่าประเทศไทยมีอัตราผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงถึง 26,000 คน หรือคิดเป็นอัตราตาย 38.1 คนต่อประชากรแสนคน ซึ่งอยู่ที่อันดับ 3 ของโลก จาก 182 ประเทศทั่วโลก และอยู่ในอันดับ 1 ของอาเซียน

กรมทางหลวงชนบท โดยสำนักอำนวยความปลอดภัยตระหนักถึงสถานการณ์ดังกล่าว จึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขบริเวณเสี่ยงอันตรายอย่างต่อเนื่องเพื่อลดปัจจัยและความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนทางหลวงชนบท ซึ่งหนึ่งในพื้นที่เสี่ยงที่สำคัญคือบริเวณหน้าโรงเรียน จากข้อมูลของศูนย์วิจัยเพื่อสร้างเสริมความปลอดภัยและป้องกันการบาดเจ็บในเด็ก ระบุว่าอุบัติเหตุทางถนนเป็นสาเหตุการตายอันดับสองในเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี และจากสถิติ ระบุว่าอุบัติเหตุคนเดินเท้าเกิดมากที่สุดในกลุ่มเด็กอายุต่ำกว่า 10 ปี สูงถึง 28.3% โดยจะเกิดอุบัติเหตุสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 – 18.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาเลิกเรียน เนื่องด้วยปัจจัยของสภาพถนนและสิ่งอำนวยความปลอดภัยสำหรับคนเดินเท้าที่ไม่เพียงพอต่อการเอื้ออำนวยให้เด็กเดินและข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย กรมทางหลวงชนบท จึงได้ดำเนินการจัดตั้งโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ขึ้นเพื่อยกระดับความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียนให้แก่นักเรียนและพ่อแม่ผู้ปกครองได้อุ่นใจในการเดินทางไปและกลับจากโรงเรียน โดยโครงการนี้มีการดำเนินการติดตั้งมาตรการอำนวยความปลอดภัยต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นจราจรเพื่อชะลอความเร็ว, ป้ายเขตโรงเรียน, ป้ายจำกัดความเร็ว, เสาไฟส่องสว่าง, หมุดไฟกระพริบ, ทางม้าลาย และวัสดุเคลือบผิวต้านการลื่นไถล

เนื่องจากการวิจัยที่ผ่านมานั้นเป็นการประเมินประสิทธิภาพความปลอดภัยโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ของแต่ละมาตรการ และเป็นของถนนในต่างประเทศ อีกทั้งยังไม่เคยมีการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ของโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ผู้จัดทำจึงต้องการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ของโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ว่าส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยบนถนนบริเวณหน้าโรงเรียนอย่างไร และมีความสอดคล้องหรือแตกต่างกับค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุของมาตรการที่มีการติดตั้งในต่างประเทศอย่างไรบ้าง

## 2. การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

*2.1 การคาดการณ์อุบัติเหตุ*

[1] คู่มือมาตรฐานผู้ตรวจสอบความปลอดภัยงานทางระดับอาวุโส กรมทางหลวงชนบท (2563) ได้อธิบายการคาดการณ์อุบัติเหตุ (Predictive Method) ว่าเป็นวิธีการที่จะช่วยในการประเมินประสิทธิภาพความปลอดภัยทางถนนจากการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุโดยเฉลี่ยบน สายทาง ซึ่งสามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่

1. การคาดการณ์อุบัติเหตุด้วยจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง (Observed Crash Frequency) เป็นวิธีที่ใช้ข้อมูลสถิติอุบัติเหตุย้อนหลังของพื้นที่นั้นๆ ในอดีตเพื่อเป็นตัวแทนในการคาดการณ์อุบัติเหตุในอนาคต โดยถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในพื้นที่

2. การคาดการณ์อุบัติเหตุด้วยจำนวนการเกิดอุบัติเหตุจากการคาดการณ์ (Predicted Crash Frequency) เป็นวิธีที่ใช้แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ (Safety Performance Function หรือ SPF) ในการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุ โดยพิจารณาถึงความผันผวนของข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละปี

3. การคาดการณ์อุบัติเหตุด้วยค่าความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุคาดหวัง (Expected Crash Frequency) หาได้จาก การถ่วงน้ำหนักจำนวนการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง (Observed Crash) และจำนวนการเกิดอุบัติเหตุจากการคาดการณ์ (Predicted Crash) เพื่อคาดการณ์อุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ใช้สำหรับในกรณีที่จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละปีมีความผันผวน

*2.2 แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ (Safety Performance Function หรือ SPF)*

แบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ (SPF) คือ แบบจำลองทางสถิติที่ใช้ในการประมาณจำนวนอุบัติเหตุเฉลี่ยของช่วงถนน รวมถึงทางแยกต่างๆ เป็นฟังก์ชันของค่าปริมาณจราจรเฉลี่ยตลอดปี ความยาวช่วงถนน และปัจจัยอื่นทางถนน โดย [2] AASHTO (2010) ได้พัฒนาแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุขึ้นจากการรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง (Observed Crash data) ตามรูปแบบและลักษณะพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุ โดยได้เสนอรูปแบบสมการ SPF สำหรับถนน 3 ประเภท ได้แก่ Rural Two-Lane Roads, Rural Multilane Highways และ Urban และ Suburban Arterial Highways ซึ่งในแต่ละประเภทจะกำหนดในพื้นที่ถนนต่างๆ เช่น ช่วงถนน สามแยก สี่แยก เป็นต้น

สมการแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ SPF ที่ถูกพัฒนาโดย [2] AASHTO (2010) นั้นมีการกำหนดให้จำนวนอุบัติเหตุมีการแจกแจงแบบทวินามลบ (Negative Binomial Distribution) ซึ่งมีความเหมาะสมกว่าการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poisson Distribution) เนื่องจากการแจกแจงแบบปัวส์ซองจะเหมาะสมกับข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนเท่ากัน ข้อมูลที่มีค่าความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ยถือว่ามีการกระจายมากเกินไป (Overdispersion) ซึ่งข้อมูลอุบัติเหตุโดยทั่วไปมีค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย การแจกแจงแบบทวินามลบ(Negative Binomial Distribution) จึงมีความเหมาะสมมากกว่า ระดับการกระจายมาเกินไป (Overdispersion) ในแบบจำลองของ โดย [2] AASHTO (2010) จะแสดงด้วย overdispersion parameter จะถูกใช้ในการประมาณร่วมกับสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย

*2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (Crash Modification Factor)*

ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) คือ อัตราส่วนของประสิทธิภาพความปลอดภัยของถนนที่สภาวะใดๆเทียบกับอีกสภาวะหนึ่งที่มีความแตกต่างกันทางกายภาพ ใช้ในการคาดการณ์จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นหลังจากการติดตั้งมาตรการด้านความปลอดภัยในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของถนนเปลี่ยนแปลงไป เพื่อหาความแตกต่างของ

จำนวนอุบัติเหตุระหว่างก่อนและหลังการติดตั้งมาตรการ โดยหากค่า CMF เท่ากับ 1 แสดงว่ามาตรการที่เกิดขึ้นไม่มีผลต่อจำนวนอุบัติเหตุที่คาดการณ์, หากค่า CMF น้อยกว่า 1 แสดงว่ามาตรการที่เกิดขึ้นส่งผลให้จำนวนอุบัติเหตุที่คาดการณ์ลดลง และหากค่า CMF มากกว่า 1 แสดงว่ามาตรการที่เกิดขึ้นส่งผลให้จำนวนอุบัติเหตุที่คาดการณ์ลดลง

*2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุ (CMF) สำหรับถนนชนบท 2 ช่องจราจร*

ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุ (CMF) สำหรับช่วงถนน (Roadway Segments) ถนนชนบท 2 ช่องจราจร ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นสัมประสิทธิ์ปรับแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุที่ถูกพัฒนาโดย [2] AASHTO (2010) สำหรับถนนสภาพพื้นฐาน (Base Condition) ให้สอดคล้องกับสภาพถนนจริง (Real Condition) เพื่อให้มีความแม่นยำในการคาดการณ์อุบัติเหตุมากขึ้น

ถนนสภาพพื้นฐาน (Base condition) สำหรับช่วงถนน (Roadway Segments) ถนนชนบท 2 ช่องจราจรที่กำหนดโดย AASHTO (2010) มีลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความกว้างช่องจราจา 3.6 เมตร, ความกว้างไหล่ทาง 1.8 เมตร, ชนิดไหล่ทางเป็นแบบลาดยาง (Paved), ความหนานแน่นทางเชื่อม 5 ทางเชื่อมต่อไมล์, ไม่มีทางโค้งในแนวราบและแนวดิ่ง, ไม่มีแถบสันระนาดบนเส้นแบ่งช่องจราจร (Central Rumble Strips), ไม่มีช่องจราจรสำหรับแซง (Passing Lane), ไม่มีช่องจราจรสำหรับรถรอเลี้ยว (TWLTL), ไม่มีไฟฟ้าส่องสว่าง, ไม่มีกล้องตรวจจับความเร็วอัตโนมัติ (Automated Speed Enforcement) และความชัน 0 % ดังนั้นในกรณีที่สภาพจริงของถนน (Real condition) ไม่ตรงกับถนนสภาพพื้นฐาน (Base condition) สำหรับช่วงถนนชนบท 2 ช่องจราจร สามารถปรับแก้แบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) โดยอ้างอิงจากค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุสำหรับถนนชนบท 2 ช่องจราจรจาก [2] AASHTO (2010)

*2.5 การประเมินประสิทธิผลความปลอดภัย (Safety Effectiveness Evaluation)*

[1] คู่มือมาตรฐานผู้ตรวจสอบความปลอดภัยงานทางระดับอาวุโส กรมทางหลวงชนบท (2563) ได้แบ่งการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยโดยการศึกษาด้วยการสังเกตก่อน/หลัง (Observation Before/After Studies) ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. วิธีการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยโดยการสังเกตก่อน/หลังแบบง่าย

2. วิธีการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยโดยการสังเกตก่อน/หลังโดยใช้แบบจำลองคาดการณ์ SPF และวิธี Empirical Bayes

3. วิธีการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยโดยการสังเกตก่อน/หลังเพื่อประเมินการเปลี่ยนของสัดส่วนรูปแบบของอุบัติเหตุ

4. การประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยโดยการสังเกตก่อน/หลังด้วยวิธี Comparison-Group

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยในแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2-1

**ตารางที่ 2-1** ข้อมูลที่ต้องการในการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัย

| ข้อมูลที่ต้องการ | วิธีการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัย | | |
|---|---|---|---|
| | สังเกตก่อน/หลัง ด้วยวิธี Empirical Bayes | สังเกตก่อน/หลังด้วยวิธีกลุ่มเปรียบเทียบ | สังเกตก่อน/หลังและการเปลี่ยนของสัดส่วนรูปแบบของอุบัติเหตุ |
| พื้นที่ที่มีการปรับปรุง 10-20 แห่ง | ✓ | ✓ | ✓ |
| พื้นที่เปรียบเทียบที่ไม่มีการปรับปรุง 10-20 แห่ง | | ✓ | |
| ข้อมูลอุบัติเหตุขั้นต่ำ 650ครั้งในพื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง (Non-treatment sites) | | ✓ | |
| ข้อมูลอุบัติเหตุและจราจร “ก่อน” 3-5ปี | ✓ | ✓ | ✓ |
| ข้อมูลอุบัติเหตุและจราจร “หลัง” 3-5ปี | ✓ | ✓ | ✓ |
| SPF สำหรับพื้นที่ที่มีการปรับปรุง | ✓ | ✓ | |
| SPF สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง | | ✓ | |
| ประเภทอุบัติเหตุที่เจาะจง | | | ✓ |

*2.5 ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) สำหรับมาตรการความปลอดภัย*

ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) สำหรับมาตรการความปลอดภัยที่ติดตั้งเฉพาะในโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ได้ถูกรวบรวมไว้เป็นฐานข้อมูลที่ได้รับการยอมรับเช่น CMF Clearinghouse, Austroads, Road Safety Toolkit และ PIARC เป็นต้น ดังตารางที่ 2-2

**ตารางที่ 2-2** ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ตามมาตรการที่มีการติดตั้งในโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท”

| มาตรการ | CMF | CRF (%) | Crash Severity | Area type | Study |
|---|---|---|---|---|---|
| เส้นจราจรเพื่อชะลอความเร็ว | 0.8 | 20 | All | All | [3] Persaud et al. (2015) |
| ป้ายเตือนเขตโรงเรียน | - | - | - | - | - |
| ป้ายจำกัดความเร็ว | 0.92 | 8 | All | Urban | [4] Bham et al. (2010) |
| เสาไฟส่องสว่าง | 0.23 | 74 | Fatal | Rural | [5] Elvik R. and Vaa T. (2004) |
| หมุดไฟกระพริบ LED | 0.81 | 19 | All | Rural | [6] Sun and Das (2013) |

| มาตรการ | CMF | CRF (%) | Crash Severity | Area type | Study |
|---|---|---|---|---|---|
| ทางม้าลาย | 0.63 | 37 | All | Urban | [7] Feldman et al. (2010) |
| วัสดุเคลือบผิวต้านการลื่นไถลสีแดง | 0.76 | 24 | All | All | [8] Harkey et al. (2008) |

## 3. ระเบียบวิธีการวิจัย

*3.1 การสำรวจข้อมูล*

ข้อมูลประกอบการวิจัยได้มาจากการขอความอนุเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ [9] รายงานสรุปรายละเอียดอุบัติเหตุ ปี พ.ศ.2554-2563 [10] รายงานข้อมูลปริมาณจราจร โครงข่ายทางหลวงชนบทปี 2558-2563 และ [11] แผนงานอำนวยความปลอดภัย และปรับปรุงแก้ไขบริเวณเสี่ยงอันตราย ปีงบประมาณ พ.ศ.2560 จากกรมทางหลวงชนบท โดยข้อมูลลักษณะทางกายภาพอื่นๆ เช่น ช่องจราจร พื้นผิวจราจร ความกว้างไหล่ทาง และอื่นๆ สามารถค้นหาจากระบบบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงชนบท

*3.2 พื้นที่ศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง*

กลุ่มตัวอย่างจะคัดเลือกจากระบบโครงข่ายถนนในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท 2 ช่องจราจรที่มีการติดตั้งโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ในปี พ.ศ. 2560 และมีรายงานอุบัติเหตุบริเวณโครงการ และเพื่อให้สะท้อนประสิทธิผลความปลอดภัยของชุดมาตรการจึงกำหนดขอบเขตกลุ่มตัวอย่างเป็นสายทางที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบริเวณโครงการก่อนหรือหลังการติดตั้งมาตรการอย่างน้อย 1 ครั้ง ในช่วงเวลาการศึกษา ปี พ.ศ.2558 - 2563 พบว่าโครงข่ายถนนในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท ที่มีการติดตั้งโครงการ มีจำนวน 475 สายทาง และมีสายทางที่มีรายงานอุบัติเหตุเกิดขึ้นบริเวณโครงการในช่วง พ.ศ.2558-2563 จำนวน 34 สายทาง ดังนี้

**ตารางที่ 3-1** สายทางที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัย

| สายทาง | โรงเรียน | อำเภอ/จังหวัด |
|---|---|---|
| ชน.4013 | โรงเรียนวัดเด่นใหญ่ | อ.หันคา จ.ชัยนาท |
| ชบ.1003 | โรงเรียนเขาชีจรรย์ | อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี |
| ชบ.1032 | โรงเรียนบ้านบ่อวิน | อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี |
| ชม.3024 | โรงเรียนบ้านถ้ำ | อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ |
| นค.5027 | โรงเรียนบ้านโนนนกหอ | อ.สร้างคอม จ.อุดรธานี |
| นน.4020 | โรงเรียนบ้านม่วงตื๊ด | อ.ภูเพียง จ.น่าน |
| พล.2001 | โรงเรียนบ้านเข็ก | อ.วังทอง จ.พิษณุโลก |
| สค.4015 | โรงเรียนวัดหนองสองห้อง | อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร |
| สต.3011 | โรงเรียนบ้านวังสายทอง | อ.ละงู จ.สตูล |
| ขก.1001 | โรงเรียนเทศบาลลำน้ำพอง | อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น |
| ชบ.4017 | โรงเรียนบ้านคลองตาเพชร | อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี |
| ชบ.4090 | โรงเรียนบ้านธรรมรัตน์ | อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี |
| ชบ.4099 | โรงเรียนวัดตโปทาราม | อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี |
| ชบ.5100 | โรงเรียนบ้านห้วยไข่เน่า | อ.บางละมุง จ.ชลบุรี |
| ชม.3003 | โรงเรียนบ้านต้นผึ้ง | อ.เวียงหนองล่อง จ.ลำพูน |
| ชม.3018 | โรงเรียนวัดศรีดอนชัย | อ.สารภี จ.เชียงใหม่ |
| นค.4013 | โรงเรียนบ้านหนองแอก | อ.โพนพิสัย จ.หนองคาย |
| นว.3104 | โรงเรียนวัดหัวถนน | อ.เมือง จ.นครสวรรค์ |
| นว.4029 | โรงเรียนวัดใหม่สามัคคี | อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์ |
| พบ.1010 | โรงเรียนห้วยทรายประชาสรรค์ | อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี |
| พบ.1031 | โรงเรียนอนุบาลแก้วปัญญา | อ.เขาย้อย จ.เพชรบุรี |
| พบ.5020 | โรงเรียนวัดโพธิ์กรุ | อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี |
| พล.2002 | โรงเรียนวัดสุวรรณประดิษฐ์ | อ.เมือง จ.พิษณุโลก |
| มค.2034 | โรงเรียนบ้านปอพานหนองโน | อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม |
| มค.3006 | โรงเรียนอนุบาลกันทรวิชัย | อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม |
| มค.3066 | โรงเรียนบ้านตาลอก | อ.พยัคฆภูมิพิสัย จ.มหาสารคาม |
| มส.4014 | โรงเรียนอนุบาลปางมะผ้า | อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน |
| รบ.3012 | โรงเรียนวัดหนองเสือ | อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี |
| รอ.4065 | โรงเรียนบ้านขว้างใหญ่ | อ.ทุ่งเขาหลวง จ.ร้อยเอ็ด |
| ลป.5006 | โรงเรียนสบต๋ำวิทยา | อ.เกาะคา จ.ลำปาง |
| ลย.3002 | โรงเรียนบ้านกกบก | อ.วังสะพุง จ.เลย |
| ลย.3003 | โรงเรียนบ้านน้ำแคม | อ.ท่าลี จ.เลย |
| อด.3001 | โรงเรียนบ้านเลื่อม | อ.เมือง จ.อุดรธานี |

ตารางที่ 3-2 แสดงสรุปจำนวนอุบัติเหตุที่บันทึก ($N_{observed}$) บนสายทางที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัย โดยแบ่งตามระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์กรมทางหลวงชนบท โดยแบ่งเป็นช่วงก่อนติดตั้งมาตรการ ($N_{observed,before}$) (ปี 2558 – 2560) และช่วงหลังติดตั้งมาตรการ ($N_{observed,after}$) (ปี 2561 – 2563)

**ตารางที่ 3-2** สรุปจำนวนอุบัติเหตุที่บันทึก ($N_{observed}$) แบ่งตามระดับความรุนแรง (Severity)

| ปี / Severity | $N_{observe,before}$ | | | | $N_{observe,after}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2558 | 2559 | 2560 | รวม | 2561 | 2562 | 2563 | รวม |
| Fatal | 2 | 3 | 1 | 6 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| Total Injury | 10 | 11 | 7 | 28 | 5 | 3 | 3 | 11 |
| Fatal+Injury | 14 | 16 | 8 | 38 | 8 | 4 | 6 | 18 |
| Total | 16 | 18 | 11 | 45 | 12 | 4 | 6 | 22 |

*3.3 การประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยด้วยวิธี Empirical Bayes*

แนวทางในประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยของโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” จะใช้วิธี Empirical Bayes และใช้ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) เป็นตัวชี้วัดความปลอดภัย โดยมีสมมุติฐานว่าชุดมาตรการที่ใช้ในโครงการทุกโครงการเหมือนกัน และสอดคล้องกับแบบแนะนำมาตรการความปลอดภัยหน้าโรงเรียน ซึ่งกำหนดโดยกรมทางหลวงชนบท โดยการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัย จะจำแนกความรุนแรงเป็นระดับต่างๆ (Total Crashes, Fatal Crashes, Injury Crashes และ Fatal+Injury Crashes) มีขั้นตอนหลักๆ ในแต่ละระดับความรุนแรง 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนที่ 1: การคำนวณจำนวนอุบัติเหตุคาดการณ์ ($N_{predicted}$) ก่อนและหลังติดตั้งมาตรการ

3.4.2 ขั้นตอนที่ 2: การคำนวณจำนวนอุบัติเหตุคาดหวัง ($N_{expected}$) ก่อนและหลังติดตั้งมาตรการ

3.4.3 ขั้นตอนที่ 3: การประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยด้วยค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุ (CMF)

3.4.4 ขั้นตอนที่ 4: การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุ (CMF)

ทั้งนี้สมการที่ใช้ในการคาดการณ์อุบัติเหตุ รวมถึงการปรับแก้แบบจำลองอุบัติจะอ้างตาม [2] AASHTO (2010) และสมการที่ใช้ในประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยด้วยวิธี Empirical Bayes จะอ้างอิงตาม [12] Hauer (1997)

## 4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการดำเนินการ ตารางที่ 4-1 แสดงจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงก่อนติดตั้งมาตรการ และหลังติดตั้งมาตรการในกลุ่มตัวอย่าง 34 สายทางที่มีการติดตั้งโครงการอำนวยความปลอดภัยหน้าโรงเรียน พบว่าจำนวนอุบัติเหตุรวมในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด มีจำนวนอุบัติเหตุรวมหลังติดตั้งมาตรการลดลงในทุกประเภทของอุบัติเหตุ

**ตารางที่ 4-1** เปรียบเทียบอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงก่อนและหลังติดตั้งมาตรการในช่วงปี พ.ศ.2558-2563

| Crash severity | จำนวนอุบัติเหตุก่อนติดตั้งมาตรการ (พ.ศ.2558-2560) | จำนวนอุบัติเหตุหลังติดตั้งมาตรการ (พ.ศ. 2561-2563) |
|---|---|---|
| Fatal Crashes | 6 | 4 |
| Total Injury Crashes | 28 | 11 |
| Fatal+Injury Crashes | 38 | 18 |
| Total Crashes | 45 | 22 |

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยด้วยค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุ (CMF) รวมถึงช่วงความเชื่อมั่นเชื่อมั่นที่ 90%, 95% และ 99% ของอุบัติเหตุในแต่ละความรุนแรงของอุบัติเหตุ โดยหากค่าในช่วงความเชื่อมั่นไม่มี 1 อยู่ด้วย จะถือว่าค่า CMF นั้นมีนัยสำคัญในช่วงความเชื่อมั่นนั้น

**ตารางที่ 4-2** ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละอุบัติเหตุ (CMF) และช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ของค่า CMF ที่ 90%, 95% และ 99%

| Crash severity | CMF | SD | Confidence Interval | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 90% | 95% | 99% |
| Fatal Crashes* | 0.525 | 0.266 | 0.087-0.962 | 0.003-1.046 | 0 -1.21 |
| Total Injury Crashes | 0.681 | 0.211 | 0.335-1.028 | 0.268-1.094 | 0.139-1.224 |
| Fatal+Injury Crashes | 0.729 | 0.18 | 0.433-1.026 | 0.376-1.083 | 0.265-1.194 |
| Total Crashes | 0.748 | 0.169 | 0.470-1.025 | 0.417-1.078 | 0.313-1.182 |

*Statically significant at the 90$^{th}$-percentile confidence level.

## 5. สรุปผล

*5.1 สรุปผลการวิจัย*

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพความปลอดภัยของโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” โดยมีการติดตั้งมาตรการซึ่งประกอบไปด้วย เส้นจราจรเพื่อชะลอความเร็ว, ป้ายเตือนเขตโรงเรียน, ป้ายจำกัดความเร็ว, เสาไฟส่องสว่าง, หมุดไฟกระพริบ LED, ทางม้าลาย และวัสดุเคลือบผิวต้านการลื่นไถลสีแดง โดยเลือกใช้วิธีการประเมินประสิทธิผลด้วยวิธี Empirical Bayes เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ หรือ Crash Modification Factor (CMF) ในการชี้วัดประสิทธิผลความปลอดภัย ในงานวิจัยชิ้นนี้นั้นได้ทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) โดยแบ่งประเภทตามระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ 4 ประเภท ได้แก่ อุบัติเหตุที่มีเฉพาะการเสียชีวิต (Fatal Crashes), อุบัติเหตุที่มีเฉพาะการบาดเจ็บ (Total Injury Crashes), อุบัติเหตุที่มีทั้งการเสียชีวิตและการบาดเจ็บ (Fatal+Injury Crashes) และอุบัติเหตุทั้งหมด (Total Crashes)

จากการรวบรวมข้อมูลของสายทางจากระบบโครงข่ายถนนในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท 2 ช่องจราจรที่มีการติดตั้งโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างในการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยของชุดมาตรการ คือ สายทางที่มีการติดตั้งชุดมาตรการอำนวยความปลอดภัยหน้าโรงเรียนในปี พ.ศ.2560 และมีรายงานอุบัติเหตุบริเวณโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2563 พบว่ามีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 34 สายทาง

จากการนำกลุ่มตัวอย่างสายทางที่มีการติดตั้งโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ทั้ง 34 สายมาทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยด้วยค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ในแต่ละประเภทของอุบัติเหตุ ผลปรากฏว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ในแต่ละประเภทอุบัติเหตุ ได้แก่ อุบัติเหตุทั้งหมด (Total Crashes) มีค่า 0.748, อุบัติเหตุที่มีเฉพาะการเสียชีวิต (Fatal Crashes) มีค่า 0.525, อุบัติเหตุที่มีเฉพาะการบาดเจ็บ (Total Injury Crashes) มีค่า 0.681 และอุบัติเหตุที่มีทั้งการเสียชีวิตและการบาดเจ็บ (Fatal+Injury Injury Crashes) มีค่า 0.729 ซึ่งทั้งหมดมีค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) น้อยกว่า 1 หรือกล่าวได้ว่าชุดมาตรการที่ใช้ในโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” สามารถลดจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้ในทุกประเภทความรุนแรงของอุบัติเหตุ หากพิจารณาอุบัติเหตุที่มีเฉพาะการเสียชีวิต (Fatal Crashes) สามารถลดจำนวนอุบัติเหตุหลังการติดตั้งชุดมาตรการที่ช่วงความเชื่อมั่น 90% ได้ โดยหากนำไปเปรียบเทียบกับกับการศึกษาในอดีตของค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ในแต่ละมาตรการดังตารางที่ 2-2 พบว่าผลการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยด้วยค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือมีค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) น้อยกว่า 1 สามารถลดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งมาตรการได้

จากค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (CMF) ที่ได้จากการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยของชุดมาตรการความปลอดภัย แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งมาตรการอำนวยความปลอดภัยภายใต้โครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” สามารถช่วยทำให้อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนถนนบริเวณหน้าโรงเรียนลดลงได้

*5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย*

1. ข้อจำกัดด้านข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณจราจรที่มีจำกัดเพียงปี พ.ศ.2558-2563 ทำให้สามารถประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยของชุดมาตรการความปลอดภัยในโครงการ “หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ได้เพียงปี พ.ศ.2560 และข้อมูลมาตรการในแต่ละพื้นที่ของโครงการที่ไม่สามารถให้รายละเอียดมาตรการที่ใช้จริงๆ ของได้แต่ละพื้นที่ได้

2. ข้อจำกัดด้านการสำรวจ เนื่องจากมีการแพร่ระบาดของโรคระบาดโควิด-19 ทำให้ไม่สามารถเดินทางเพื่อสำรวจชุดมาตรการในโครงการ“หน้าโรงเรียนปลอดภัย...อุ่นใจใช้ทางหลวงชนบท” ในพื้นที่จริงได้

*5.3 ข้อเสนอแนะ*

1. เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยของชุดมาตรการในโครงการ นอกเหนือจากมาตรการที่ติดตั้งในปี พ.ศ.2560

2. ลงพื้นที่ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพจริงๆ ของพื้นที่โครงการเพื่อความครบถ้วนของข้อมูลในการปรับแบบจำลองคาดการณ์อุบัติเหตุ

3. ประเมินประสิทธิผลความปลอดภัยของชุดมาตรการด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ เช่น วิธีสังเกตก่อน/หลัง ด้วยวิธีกลุ่มเปรียบเทียบ เป็นต้น

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของ รศ.ดร. เกษม ชูจารุกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการทำโครงงานวิจัยชิ้นนี้เป็นอย่างมาก รวมถึงช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย

และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือกันตลอดการศึกษาเล่าเรียน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ช่วยสนับสนุนทั้งด้านทุนการศึกษา และคอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน รวมไปถึงให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอดจนกระทั่งจบการศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทางหลวงชนบท, คู่มือมาตรฐานผู้ตรวจสอบความปลอดภัยงานทางระดับอาวุโส, สำนัก ตรวงสอบความปลอดภัยงานทาง, กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม, 2563

[2] AASHTO, Highway Safety Manual, 1st Edition, 2010

[3] Persaud, B., C. Lyon, K. Eccles, and J. Soika. "Safety Evaluation of Centerline Plus Shoulder Rumble Strips". Presented at the 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Paper No. 15-4996, Washington, D.C. (2015).

[4] Bham, G. H., Long, S., Baik, H., Ryan, T., Gentry, L., Lall, K., Arezoumandi, M., Liu, D., Li, T., and Schaeffer, B., "Evaluation of Variable Speed Limits on I-270/I-255 in St. Louis." RI08-025, Missouri University of Science and Technology, Rolla, MO., (2010).

[5] Elvik, R. and Vaa, T., "Handbook of Road Safety Measures." Oxford, United Kingdom, Elsevier, (2004)

[6] Sun, X. and S. Das. "Developing Louisiana Crash Reduction Factors", Lousiana DOT Final Report, FHWA/LA.12/506, October 2013

[7] Feldman, M., J. Manzi, and M. Mitman. "An Empirical Bayesian Evaluation of the Safety Effects of High-Visibility School (Yellow) Crosswalks in San Francisco." TRB 89th Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM. Washington, D.C. 2010.

[8] Harkey, D.L., R. Srinivasan, J. Baek, F. Council, K. Eccles, N. Lefler, F. Gross, B. Persaud, C. Lyon, E. Hauer, and J. Bonneson. National Cooperative Highway Research Report 617: Accident Modification Factors for Traffic Engineering and ITS Improvements, NCHRP, Transportation Research Board, Washington, DC, 2008.

[9] กรมทางหลวงชนบท, รายงานสรุปรายละเอียดอุบัติเหตุปี 2558-2563, สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงชนบท, กระทรวงคมนาคม, 2563

[10] กรมทางหลวงชนบท, รายงานข้อมูลปริมาณจราจร โครงข่ายทางหลวงชนบทปี 2558-2563, สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงชนบท, กระทรวงคมนาคม, 2563

[11] กรมทางหลวงชนบท, แผนงานอำนวยความปลอดภัย และปรับปรุงแก้ไขบริเวณเสี่ยงอันตราย ปีงบประมาณ พ.ศ.2560, สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวงชนบท, กระทรวงคมนาคม, 2560

[12] E.Hauer. Observational Before-After Studies in Road Safety: Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety.Emerald Group Publishing Limited, Bingley, UK (1997)