



การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินการด้านความปลอดภัยบนทางหลวง ECONOMIC EVALUATION OF HIGHWAY SAFETY IMPROVEMENT PROGRAMS

เบญจพร แก้วหนองแสง^{1*}, พงศธร เหลืองเพิ่มพูล² และภาวัด ไชยชาวนาวาทิก³

¹นักศึกษา, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

²วิศวกรโยธาชำนาญการ, สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

*Corresponding authors, E-mail: benjaporn.kae@kbu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการติดตามการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการปรับปรุงด้านความปลอดภัยบนทางหลวงของกรมทางหลวงที่ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว ในปี พ.ศ.2560 จำนวน 8 โครงการ ซึ่งประกอบด้วยงาน 4 ประเภท คือ 1.งานปรับปรุงทางหลวง 2.งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง 3.งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่ และ 4.งานการปรับปรุงการแบ่งทิศทางจราจรเพื่อความปลอดภัย ประเภทงานละ 2 โครงการ การศึกษาเริ่มจากการทบทวนการศึกษาการประเมินด้านความคุ้มค่าของกรมทางหลวงในอดีตพร้อมทั้งทำการปรับปรุงข้อมูลสถิติอุบัติเหตุให้เป็นปัจจุบันและมีความสมบูรณ์มากขึ้น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าโครงการก่อสร้างและปรับปรุงด้านความปลอดภัยบนทางหลวงทั้งหมดยังคงมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์และมีความเหมาะสมที่จะลงทุน โดยมีอัตราผลตอบแทนต่อเงินลงทุนอยู่ที่ระหว่าง 2.66 - 68.95 เท่า สำหรับโครงการที่มีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) สูงสุด คือ โครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางจราจรเพื่อความปลอดภัย ทล.12 ตอน 502 กม. 319+523 ถึง 321+418 จังหวัดพิษณุโลก รองลงมาคือ งานปรับปรุงทางหลวง ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา และโครงการยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่ ทล.33 ตอน 501 กม. 114+965 จังหวัดนครนายก ซึ่งมีค่า EIRR เท่ากับร้อยละ 534.08, 73.61 และ 63.54 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวง; การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์; กรมทางหลวง

ABSTRACT

This paper shows continuing assessment on economic evaluation of Highway Safety Improvement (HSI) programs of 8 study areas from the completed HSI projects since 2017 by the Department of Highways (DOH). The selected projects consist of 4 program types which are 1. Highway Improvement Program, 2. Black Spots and Hazardous Location Improvement Program, 3. Highway Safety Enhancement at Large Intersection Program, and 4. Safety Improvement of Directional Median Program. Each

Benjaporn Kaewnongsaeng^{1*}, Pongsatorn Lueangpoempul² and Bhawat Chaichannawatik³

¹Student, Department of Engineering Management, Graduate School, Kasem Bundit University, Thailand.

²Civil Engineer, Professional Level Bureau of Highway Safety Department of Highway, Thailand.

³Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, Thailand.

program was included of 2 case studies. This study started from reviewing the past studies of economic evaluation of HIS and updating accident data of the selected highway sections prior economic analysis. The benefit cost ratio were between 2.66 - 68.95 times. The results showed that all HIS case studies were still feasible while the highest Economical Interest Rate of Return (EIRR) was the Safety Improvement of Directional Median Program at HW.12 Sec.502 at KM. 319+300 to 321+418 in Phitsanulok Province. The followers were the Highway Improvement Program at HW.205 Sec.402 at KM. 216+300 to 217+172 in Nakhon Ratchasima Province, and Highway Safety Enhancement at Large Intersection Program at HW.33 Sec.501 at KM. 114+965 in Nakhon Nayok Province, with EIRR of 534.08%, 73.61% and 63.54%, respectively.

KEYWORDS: Highway Safety Improvement Program; Economic Evaluation; Department of Highways

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอัตราการเสียชีวิตที่เกิดจากอุบัติเหตุจราจรทางถนนสูงมาก โดยในปี พ.ศ.2562 ที่ผ่านมามีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรทางถนน [1] ได้จัดลำดับให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงเป็นอันดับ 9 ของโลก โดยมีคนไทยเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรทางถนน จำนวนทั้งสิ้น 22,491 ราย คิดเป็นอัตราเท่ากับ 32.7 คนต่อประชากร 1 แสนคน โดยจากสถิติอุบัติเหตุจราจรที่เกิดขึ้นบนทางหลวงแผ่นดินที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง ในปี 2563 มีจำนวนเท่ากับ 19,806 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 21 ของจำนวนอุบัติเหตุจราจรทั้งหมดที่รวบรวมโดยศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ [2]

หนึ่ง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ได้ดำเนินการปรับปรุงด้านความปลอดภัยบนทางหลวงอย่างต่อเนื่อง และได้เคยศึกษาและประเมินความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวงในกลุ่มงานก่อสร้างที่ได้ดำเนินการปรับปรุงแล้วเสร็จ ในปีงบประมาณ 2560 จำนวน 8 โครงการ จำแนกเป็น 4 ประเภทงาน ๆ ละ 2 โครงการ ได้แก่ 1.งานปรับปรุงทางหลวง 2.งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง 3.งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่ 4.งานการปรับปรุงการแบ่งทิศทางจราจรเพื่อความปลอดภัย [3]

อย่างไรก็ตาม การศึกษาข้างต้นยังมีจำนวนข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจราจรภายหลังการปรับปรุงค่อนข้างน้อยเพียงไม่เกิน 7 เดือน ซึ่งอาจไม่เพียงพอในการระบุถึงผลประโยชน์จากการดำเนินการปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวง ได้อย่างชัดเจน ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการติดตามการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยทำการปรับปรุงข้อมูลสถิติอุบัติเหตุภายหลังจากการปรับปรุงความปลอดภัยทางถนนที่มีอยู่ให้เป็นปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาค่าเดิมที่กรมทางหลวงได้เคยศึกษาไว้ทำให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาไปสู่การยกระดับความปลอดภัยที่คุ้มค่าและเหมาะสมกับงบประมาณสำหรับการดำเนินงานของกรมทางหลวงต่อไป

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประเมินความปลอดภัยทางถนนเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาเพื่อออกแบบและให้บริการของทางหลวง [4, 5] อย่างไรก็ตามการประเมินผลการปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวงเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เนื่องจากจะต้องมีการบันทึกและเก็บข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาและวิจัยที่ยาวนาน [6] สำหรับประเทศไทย การประเมินดังกล่าวยังทำได้ยาก เนื่องจากมักจะไม่มีการเก็บบันทึกข้อมูลสถิติเหล่านี้ไว้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินผลประโยชน์ของโครงการ

โดยทั่วไปการประเมินผลประโยชน์ของโครงการเป็นการพิจารณาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระหว่างกรณีที่มีโครงการ และไม่มีโครงการ เพื่อให้ทราบผลประโยชน์ภายหลังจากเมื่อมีโครงการ สำหรับการประเมินผลการปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวงจะพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่สามารถประหยัดได้ 3 ด้าน [4, 7, 8] ประกอบด้วย

2.1.1 มูลค่าของการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้รถ

การปรับปรุงโครงการด้านทางหลวงมีผลประโยชน์ต่อผู้ใช้เส้นทางในหลายด้าน เช่น เพิ่มความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรได้มากขึ้น มีความคล่องตัวสูงขึ้น ช่วยกระจายปริมาณการจราจรส่วนหนึ่ง จากถนนสายอื่นมาใช้เส้นทางโครงการ และเดินทางบนเส้นทางที่มีมาตรฐานที่ดีขึ้น [9] ทำให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้รถ ประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าสึกหรอของยางรถ ค่าซ่อมบำรุงรถ ค่าเสื่อมราคา เป็นต้น ซึ่งมูลค่าของการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้รถ ($BVOC_{Saving}$) จะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างมูลค่าของค่าใช้จ่ายในการใช้รถระหว่างกรณีไม่มีโครงการกับกรณีมีโครงการ ดังสมการที่ 1

$$BVOC_{Saving} = (VOC_i \times VKT_{wo}) - (VOC_j \times VKT_w) \quad (1)$$

โดยที่

- $BVOC_{Saving}$ = มูลค่าผลประโยชน์จากการประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้รถ: บาท
- VOC_i, VOC_j = ค่าใช้จ่ายในการใช้รถตัวแทน ณ สภาพการจราจรใน (i,j) ขณะนั้น: บาท/คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-กม.
- VKT_{wo} = ระยะทางรวมที่ผู้ใช้บริการเดินทางกรณีไม่มีโครงการ: คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-กม.
- VKT_w = ระยะทางรวมที่ผู้ใช้บริการเดินทางกรณีมีโครงการ: คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-กม.

2.1.2 มูลค่าของการประหยัดเวลาในการเดินทาง

หมายถึง มูลค่าที่เทียบเท่ากับเงินที่ต้องสูญเสียไปในการเดินทาง ซึ่งหากสามารถนำเวลาในการเดินทางดังกล่าวไปทำกิจกรรมอื่นจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจได้ โดยคำนวณจากระยะเวลาของระบบ (Vehicle Hours Travelled: VHT) ที่เปลี่ยนไปคูณกับมูลค่าด้านเวลาของผู้เดินทาง (VOT) ทั้งนี้มูลค่าของการประหยัดเวลาในการเดินทาง ($BVOT_{Saving}$) จะเท่ากับผลต่างระหว่างมูลค่าที่เกิดจากการประหยัดเวลาในการเดินทางระหว่างกรณีไม่มีโครงการกับกรณีมีโครงการ ดังสมการที่ 2

$$BVOT_{Saving} = VOT (VHT_{wo} - VHT_w) \quad (2)$$

- $BVOT_{Saving}$ = มูลค่าผลประโยชน์จากการประหยัดเวลาในการเดินทาง, บาท
- VOT = มูลค่าเวลาของผู้เดินทางในพื้นที่ศึกษา, บาท/คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-ชม
- VHT_{wo} = ระยะเวลาของระบบที่ผู้ใช้บริการเดินทางกรณีไม่มีโครงการ, คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-ชม.
- VHT_w = ระยะเวลาของระบบที่ผู้ใช้บริการเดินทางกรณีมีโครงการ, คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-ชม.

2.1.3 มูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุ

การประเมินผลประโยชน์ในด้านการลดค่าใช้จ่ายจากอุบัติเหตุเนื่องจากกรณีโครงการฯ นั้น สามารถคำนวณได้จาก การหา อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนถนนประเภทต่าง ๆ แล้วนำไปพิจารณาพร้อมกับมูลค่าความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุในกรณีต่าง ๆ และ ปริมาณจราจรที่เกิดขึ้น ณ ปีต่าง ๆ โดยเทียบกันระหว่างกรณีที่มีโครงการและไม่มีโครงการจะทำให้ได้มูลค่าผลตอบแทนทาง เศรษฐกิจที่เกิดขึ้นเนื่องจากการลดลงของความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น ดังสมการที่ 3

$$BACC_{saving} = ACC (VKT_{wo} - VKT_w) \quad (3)$$

$BACC_{saving}$ = มูลค่าผลประโยชน์จากการลดความสูญเสียจากอุบัติเหตุ, บาท

ACC = มูลค่าความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุต่อปริมาณการเดินทางล้านคัน-กม. บาท/ล้านคันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-กม.

VKT_{wo} = ปริมาณการเดินทางรวมของระบบที่ผู้ใช้บริการเดินทางกรณีไม่มีโครงการ, คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-กม.

VKT = ปริมาณการเดินทางรวมของระบบที่ผู้ใช้บริการเดินทางกรณีมีโครงการ, คันรถยนต์นั่งส่วนบุคคล-กม.

ในการศึกษาครั้งนี้ได้อ้างอิงมูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุ กรณีผู้เสียชีวิต และกรณีผู้ได้รับบาดเจ็บ ณ ปี 2560 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5,963,000 และ 173,000 บาทต่อคน ตามลำดับ [10]

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นส่วนสำคัญของการตัดสินใจลงทุนในโครงการภาครัฐ ซึ่งใช้หลัก การวิเคราะห์ต้นทุนผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) โดยพิจารณาทั้งต้นทุนทางตรง เช่น เงินลงทุนในโครงการ และต้นทุน ทางอ้อมที่ไม่ได้เป็นตัวเงิน ประกอบด้วย ค่าเสียโอกาส รวมทั้ง ผลประโยชน์ที่ทางตรง ผลประโยชน์ทางอ้อม เช่น เวลาในการ เดินทางที่ลดลง จำนวนอุบัติเหตุที่ลดลง เป็นต้น แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ ประกอบกัน ดังนี้ [11, 12]

2.2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์และต้นทุนของ โครงการ

2.2.2 อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C ratio) หมายถึง อัตราส่วนของมูลค่า ปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของโครงการ

2.2.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) หมายถึง อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของ ผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

2.3 การทบทวนการศึกษาโครงการจ้างที่ปรึกษาประจำเพื่อยกระดับความปลอดภัยทางหลวง [3]

กรมทางหลวงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขจุดที่มีอุบัติเหตุหรือจุดเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุอย่างต่อเนื่อง โดยการปรับปรุงสามารถ จำแนกออกเป็น 2 กลุ่มประเภทงาน คือ 1) กลุ่มประเภทงานอุปกรณ จำนวน 7 ประเภทงาน และ 2) กลุ่มประเภทงานก่อสร้าง จำนวน 5 ประเภทงาน ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้ในปี 2561 กรมทางหลวงได้ทำการศึกษาการประเมินความพึงพอใจและความ คุ้มค่าโครงการด้านอำนวยความสะดวกบนทางหลวง โดยได้คัดเลือกโครงการจากประเภทงานก่อสร้างที่แล้วเสร็จใน ปีงบประมาณ 2560 จำนวน 4 ประเภท ๆ ละ 2 โครงการ รวมเป็น 8 สายทาง ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดัง แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ประเภทโครงการดำเนินการด้านความปลอดภัยบนทางหลวงของกรมทางหลวง [3]

ลำดับที่	ประเภทงานอุปกรณ์	ประเภทงานก่อสร้าง
1.	งานเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง	โครงการปรับปรุงความปลอดภัยบริเวณหน้าโรงเรียน
2.	งานป้ายจราจร	งานปรับปรุงทางหลวง
3.	งานเครื่องหมายนำทาง	งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตราย
4.	งานไฟฟ้าแสงสว่าง	โครงการยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่
5.	งานไฟสัญญาณจราจร	โครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย
6.	งานราวกันอันตราย	
7.	กิจกรรมเพิ่มประสิทธิภาพป้ายและเครื่องหมายจราจรรองรับทางหลวงอาเซียน	

ตารางที่ 2 ความคุ้มค่าของการดำเนินงานด้านความปลอดภัยบนทางหลวง [3]

จุดที่	ประเภทงาน	ช่วงทางหลวง	งบประมาณ (ล้านบาท)	NPV (ล้านบาท)	B/C	%EIRR
1	งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่	ทล.1 ตอน 403 กม. 116+014 ถึง 116+554 จังหวัดสระบุรี	16.25	376.43	25.32	54.97
2	งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่	ทล.33 ตอน 501 กม. 114+965 จังหวัดนครนายก	19.57	79.02	3.59	41.12
3	งานปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย	ทล.12 ตอน 502 กม. 319+523 ถึง 321+418 จังหวัดพิษณุโลก	4.80	212.48	51.30	397.79
4	งานปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย	ทล.226 ตอน 100 กม. 22+000 ถึง 26+610 จังหวัดนครราชสีมา	23.64	75.30	4.62	29.96
5	งานปรับปรุงทางหลวง	ทล.116 ตอน 101 กม.13+966.300 จังหวัดลำพูน	24.56	96.97	5.49	25.38
6	งานปรับปรุงทางหลวง	ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา	24.92	364.37	17.62	40.94
7	งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง	ทล.112 ตอน 100 กม. 5+318 จังหวัดกำแพงเพชร	19.57	12.83	1.74	18.79
8	งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง	ทล.219 ตอน 301 กม.119+575 ถึง 120+655 จังหวัดบุรีรัมย์	24.45	181.48	9.44	32.23

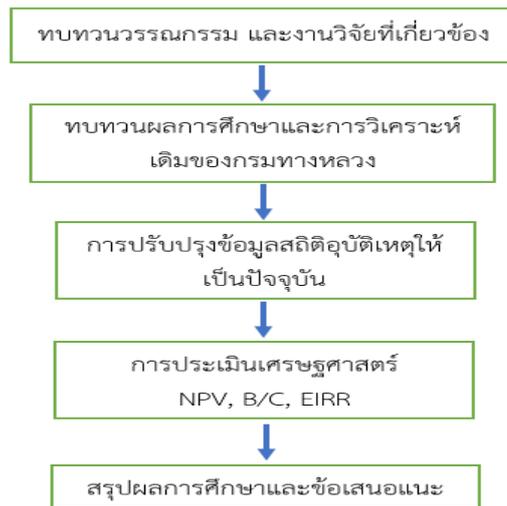
จากการทบทวนพบว่า การศึกษาดังกล่าวยังมีข้อมูลภายหลังการปรับปรุงเพียงไม่เกิน 7 เดือน เนื่องจากข้อจำกัดในด้านการศึกษาของโครงการฯ

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาดังต้นชี้ให้เห็นว่า การดำเนินงานด้านความปลอดภัยบนทางหลวงทั้ง 8 โครงการ มีความคุ้มค่าในการลงทุน

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาเพื่อติดตามการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการดำเนินการด้านความปลอดภัยบนทางหลวงในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้เริ่มทำการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทางการวิเคราะห์และประเมินความคุ้มค่าด้าน

เศรษฐศาสตร์ และทำการปรับปรุงข้อมูลสถิติอุบัติเหตุจากผลการศึกษาเดิมของกรมทางหลวงให้มีความเป็นปัจจุบันและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งในการศึกษาเดิมมีข้อจำกัดด้านระยะเวลาเพียง 4-7 เดือน โดยในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์และประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จากการลงทุนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยบนทางหลวงภายหลังที่ได้ปรับปรุงข้อมูลให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นแล้ว โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้พื้นที่ศึกษาจากรูปแบบประเภทงานปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวง ทั้งหมด 4 ประเภทงาน ประเภทงานละ 2 โครงการ จำนวน 8 โครงการ ตามที่กรมทางหลวงได้เคยศึกษาไว้เดิม [3] ครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสระบุรี จังหวัดนครนายก จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดลำพูน จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดบุรีรัมย์ โดยมีรายละเอียดประเภทงานและงบประมาณการดำเนินการด้านความปลอดภัย ดังแสดงในตารางที่ 2

3.2 ผลประโยชน์ของโครงการ

การศึกษานี้ได้ทำการปรับปรุงผลประโยชน์จากการลดอุบัติเหตุ โดยการปรับปรุงข้อมูลสถิติอุบัติเหตุให้เป็นปัจจุบัน สำหรับการคำนวณอื่น ๆ เช่น มูลค่าของเวลาที่ประหยัดได้ ($BVOT_{Saving}$) และมูลค่าของการใช้รถที่ประหยัดได้ ($BVOC_{Saving}$) ได้อ้างอิงข้อมูลตามรายงานการศึกษาเดิมของกรมทางหลวง โดยในการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราของอุบัติเหตุระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงประกอบด้วย ข้อมูลอัตราผู้เสียชีวิตต่อปี อัตราผู้บาดเจ็บต่อปี และอัตรามูลค่าทรัพย์สินเสียหายต่อปี (ทรัพย์สินทางราชการเท่านั้น)

สำหรับข้อมูลสถิติอุบัติเหตุ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ 1) ช่วงก่อนดำเนินการก่อสร้าง โดยใช้สถิติข้อมูลอุบัติเหตุย้อนหลัง 3 ปี นับจากวันที่ดำเนินการก่อสร้าง และ 2) ช่วงหลังดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ ใช้สถิติข้อมูลอุบัติเหตุ นับจากวันที่ก่อสร้างแล้วเสร็จถึงปัจจุบัน (1 เมษายน 2563) ซึ่งทำให้การศึกษานี้มีข้อมูลอุบัติเหตุภายหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จที่มากกว่าการศึกษาเดิมถึง 13 เดือน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่อไป รายละเอียดของสถิติอุบัติเหตุก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สถิติอุบัติเหตุก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง [13]

จุดที่	ประเภทงาน	ช่วงทางหลวง	สถิติอุบัติเหตุก่อนปรับปรุงย้อนหลัง 3 ปี			สถิติอุบัติเหตุภายหลังการปรับปรุง*		
			ผู้เสียชีวิต (ราย)	ผู้บาดเจ็บ (ราย)	มูลค่าทรัพย์สิน เสียหาย (บาท)	ผู้เสียชีวิต (ราย)	ผู้บาดเจ็บ (ราย)	มูลค่าทรัพย์สิน เสียหาย (บาท)
1	งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่	ทล.1 ตอน 403 กม. 116+014 ถึง 116+554 จังหวัดสระบุรี	1	36	4,553,091	1	26	2,320,592
2	งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่	ทล.33 ตอน 501 กม. 114+965 จังหวัดนครนายก	5	20	993,045	1	5	501,342
3	งานปรับปรุงการแบ่งทิศทางจราจรเพื่อความปลอดภัย	ทล.12 ตอน 502 กม. 319+523 ถึง 321+418 จังหวัดพิษณุโลก	22	111	523,675	7	98	335,108
4	งานปรับปรุงการแบ่งทิศทางจราจรเพื่อความปลอดภัย	ทล.226 ตอน 100 กม. 22+000 ถึง 26+610 จังหวัดนครราชสีมา	10	97	1,301,030	3	50	579,436
5	งานปรับปรุงทางหลวง	ทล.116 ตอน 101 กม.13+966.300 จังหวัดลำพูน	1	24	3,889,249	0	12	206,177
6	งานปรับปรุงทางหลวง	ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา	16	50	514,044	6	39	618,079
7	งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง	ทล.112 ตอน 100 กม. 5+318 จังหวัดกำแพงเพชร	7	25	417,276	2	13	291,147
8	งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง	ทล.219 ตอน 301 กม.119+575 ถึง 120+655 จังหวัดบุรีรัมย์	4	23	251,370	2	5	30,000

หมายเหตุ : *ข้อมูล ถึง วันที่ 1 เมษายน 2563

3.3 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ภายหลังจากการปรับปรุงข้อมูลอุบัติเหตุจราจรทางถนนของโครงการปรับปรุงด้านความปลอดภัยของกรมทางหลวงให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การประเมินด้านความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ดัชนีชี้วัดประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

สำหรับสมมติฐานในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง “กรณีมีโครงการ” และ “กรณีไม่มีโครงการ” ด้วยวิธี Cost-Benefit Analysis โดยมีสมมติฐานโดยรวม [3, 10] ดังนี้

- 1) อัตราคิดลด (Discount Rate) สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจใช้อัตราร้อยละ 12.00 ต่อปี
- 2) การประมาณการต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการจะมีการปรับมูลค่าทางการเงินให้เป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยการคูณด้วยตัวปรับค่า (Conversion Factor: CF) ดังนี้
 - ค่าชดเชยข้อสังหาริมทรัพย์/ ค่าออกแบบรายละเอียดและค่าควบคุมงานก่อสร้าง/ ค่าบำรุงรักษา/ ค่าใช้จ่ายการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม CF = 0.92
 - ค่าก่อสร้าง CF = 0.88
 - ค่าที่ดิน ค่าจ้าง/เงินเดือน CF = 1.00

3) มูลค่าซากของทรัพย์สินเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการวิเคราะห์ จะใช้สมมติฐานว่ามูลค่าซากเป็นส่วนเดียวกับอายุการใช้งาน โดยกำหนดให้อายุการใช้งานของโครงสร้างต่าง ๆ ทั้งนี้มูลค่าที่ดินปีสุดท้ายกำหนดให้เท่ากับราคาที่ดินปีแรกหรือไม่มีค่าเสื่อมสำหรับสมมติฐานของอายุการใช้งานของงานก่อสร้าง เพื่ออำนวยความสะดวกยบนทางหลวงทั้ง 4 ประเภท กำหนดไว้ดังนี้

- งานปรับปรุงทางหลวง (ผิวลาดยาง/คอนกรีต) 15/20 ปี
- งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตราย (ผิวลาดยาง/คอนกรีต) 15/20 ปี
- โครงการยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่ 20 ปี
- โครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย 20 ปี

4) การคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ใช้ราคาคงที่ปัจจุบัน กำหนดให้ปี พ.ศ. 2560 เป็นปีเริ่มการวิเคราะห์โครงการ และในปี พ.ศ. 2559-2561 ดำเนินการก่อสร้างโครงการ โดยสามารถเปิดให้บริการได้ในปี พ.ศ. 2562

5) การคำนวณมูลค่าทางความสูญเสียจากอุบัติเหตุจราจรทางถนนใช้ค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุจราจรในระดับประเทศ ซึ่งเป็นผลการศึกษาของกรมทางหลวง กำหนดให้ปี พ.ศ. 2560 มาทำการคำนวณ

โดยมีผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio) และอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) ภายหลังจากการปรับปรุงข้อมูลสถิติอุบัติเหตุใหม่แล้ว พบว่า

ทุกโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) > 0 โดยพบว่า งานปรับปรุงทางหลวง ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมากที่สุด เท่ากับ 1,021.56 ล้านบาท รองลงมา คือ โครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย ทล.12 ตอน 502 กม. 319+523 ถึง 321+418 จังหวัดพิษณุโลก มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ เท่ากับ 287.03 ล้านบาท

อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio) พบว่า ทุกโครงการมีค่า B/C > 1 โดยโครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย ทล.12 ตอน 502 กม. 319+523 ถึง 321+418 จังหวัดพิษณุโลก มีค่า B/C ของโครงการมากที่สุด เท่ากับ 68.95 เท่า รองลงมา คือ งานปรับปรุงทางหลวง ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา มีค่า B/C ของโครงการ เท่ากับ 47.59 เท่า

สำหรับอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) พบว่า ทุกโครงการมีค่า EIRR > ร้อยละ 12 โดยโครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย ทล.12 ตอน 502 กม. 319+523 ถึง 321+418 จังหวัดพิษณุโลก มีค่า EIRR สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 534.08 รายละเอียดของผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 8 โครงการ

จุดที่	ประเภทงาน	ช่วงทางหลวง	NPV (ลบ.)			B/C			%EIRR		
			จากงานวิจัยที่ผ่านมา*	การศึกษาใหม่	ร้อยละ	จากงานวิจัยที่ผ่านมา*	การศึกษาใหม่	ร้อยละ	จากงานวิจัยที่ผ่านมา*	การศึกษาใหม่	ร้อยละ
1	งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่	ทล.1 ตอน 403 กม. 116+014 ถึง 116+554 จังหวัดสระบุรี	376.43	23.73	-93.70	25.32	2.66	-89.50	54.97	20.54	62.63
2	งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่	ทล.33 ตอน 501 กม. 114+965 จังหวัดนครนายก	79.02	82.11	+3.92	3.59	5.77	+60.73	41.12	63.54	54.52
3	งานปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย	ทล.12 ตอน 502 กม. 319+523 ถึง 321+418 จังหวัดพิษณุโลก	212.48	287.03	+35.09	51.30	68.95	+34.40	397.79	534.08	34.26
4	งานปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย	ทล.226 ตอน 100 กม. 22+000 ถึง 26+610 จังหวัดนครราชสีมา	75.30	254.27	+237.68	4.62	13.22	+186.23	29.96	62.29	107.88
5	งานปรับปรุงทางหลวง	ทล.116 ตอน 101 กม.13+966.300 จังหวัดลำพูน	96.97	241.06	+148.60	5.49	12.15	+121.51	25.38	34.26	34.98
6	งานปรับปรุงทางหลวง	ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา	364.37	1021.56	+180.36	17.62	47.59	+170.12	40.94	73.61	79.80
7	งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง	ทล.112 ตอน 100 กม. 5+318 จังหวัดกำแพงเพชร	12.83	94.98	+640.58	1.74	6.52	+273.43	18.79	52.80	181.00
8	งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง	ทล.219 ตอน 301 กม.119+575 ถึง 120+655 จังหวัดบุรีรัมย์	181.48	191.43	+5.48	9.44	9.90	+4.90	32.23	32.87	1.97

หมายเหตุ : *ผลการวิเคราะห์จากโครงการจ้างที่ปรึกษาประจำเพื่อยกระดับความปลอดภัยทางหลวง, กรมทางหลวง

4.2 การเปรียบเทียบประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ภายหลังจากการปรับปรุงข้อมูลกับผลการศึกษาดเดิม

ผลการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างงานวิจัยที่ผ่านมา และจากการศึกษาในครั้งนี้ (ดูตารางที่ 4 ประกอบ) พบว่า 7 จาก 8 โครงการข้างต้นมีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่สูงขึ้น โดยจุดที่ 7 งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง ทล.112 ตอน 100 กม. 5+318 จังหวัดกำแพงเพชร มีการเปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากที่สุด รองลงมาคือ จุดที่ 4 โครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย ทล.226 ตอน 100 กม. 22+000 ถึง 26+610 จังหวัดนครราชสีมา และจุดที่ 6 งานปรับปรุงทางหลวง ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละความแตกต่าง เท่ากับ +640.58, +237.68 และ +180.36 ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio) พบว่า จุดที่ 7 งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง ทล.112 ตอน 100 กม. 5+318 จังหวัดกำแพงเพชร มีการเปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C) มากที่สุด รองลงมาคือ จุดที่ 4 โครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย ทล.226 ตอน 100 กม. 22+000 ถึง 26+610 จังหวัดนครราชสีมา และจุดที่ 6 งานปรับปรุงทางหลวง ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมา ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น ร้อยละความแตกต่าง เท่ากับ +273.43, +186.23 และ +170.12 ตามลำดับ

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) พบว่า จุดที่ 7 งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง ทล.112 ตอน 100 กม. 5+318 จังหวัดกำแพงเพชร มีการเปลี่ยนแปลงอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (EIRR) มากที่สุด รองลงมาคือ จุดที่ 4 โครงการปรับปรุงการแบ่งทิศทางการจราจรเพื่อความปลอดภัย ทล.226 ตอน 100 กม. 22+000 ถึง 26+610 จังหวัดนครราชสีมา และจุดที่ 6 งานปรับปรุงทางหลวง ทล.205 ตอน 402 กม. 216+300 ถึง 217+172 จังหวัดนครราชสีมาตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละความแตกต่าง เท่ากับ +188.00, +107.88 และ +79.80 ตามลำดับ

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาโครงการเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาดังเดิม คือ โครงการงานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่ ทล.1 ตอน 403 กม. 116+014 ถึง 116+554 จังหวัดสระบุรี โดยมีการเปลี่ยนแปลง NPV, B/C, EIRR เท่ากับร้อยละ -93.70, -89.50 และ -62.63 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวทำให้ทราบว่าภายหลังจากการปรับปรุงข้อมูลอุบัติเหตุในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นของโครงการด้านความปลอดภัยบนทางหลวงทั้ง 8 จุด ยังคงมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เหมาะสมที่จะลงทุนและยังคงมีความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับงบประมาณที่ดำเนินการก่อสร้างไป

5. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

ในอดีตการศึกษาและประเมินความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุงด้านทางหลวงมีความยุ่งยากอย่างมาก เนื่องจากจะต้องมีการติดตามผลการดำเนินการอย่างต่อเนื่องยาวนานและต้องมีการบันทึกและเก็บข้อมูลสถิติอุบัติเหตุทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงเพื่อนำมาทำการศึกษาและวิเคราะห์ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการติดตามการประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการปรับปรุงด้านความปลอดภัยบนทางหลวงของกรมทางหลวง โดยปรับปรุงข้อมูลอุบัติเหตุใหม่ให้เป็นปัจจุบันมากยิ่งขึ้นและทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ได้จัดทำไว้เดิมของกรมทางหลวงใน 8 โครงการ ประกอบด้วย งาน 4 ประเภท ได้แก่ 1) งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่ 2) งานปรับปรุงการแบ่งทิศทางจราจรเพื่อความปลอดภัย 3) งานปรับปรุงทางหลวง 4) งานปรับปรุงจุดเสี่ยงและบริเวณอันตรายบนทางหลวง

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio) และอัตราผลตอบแทนภายใน (EIRR) จะเห็นว่าทุกโครงการมีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นกว่าการศึกษาเดิม ยกเว้นโครงการที่ 1 งานยกระดับความปลอดภัยบริเวณทางแยกขนาดใหญ่ ที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ลดน้อยลงแต่ก็ยังคงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คิดเป็น EIRR เท่ากับร้อยละ 20.54 > 12

อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลการวิเคราะห์จะชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการดำเนินการด้านความปลอดภัยบนทางหลวง (HIS) จะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าและเหมาะสมในการลงทุน แต่การศึกษาครั้งนี้ยังเป็นเพียงจุดเริ่มต้นและยังมีจำนวนตัวอย่างที่นำมาศึกษาเพียง 8 โครงการจากงาน 4 ประเภท ซึ่งยังไม่ครอบคลุมโครงการปรับปรุงความปลอดภัยบนทางหลวงทุกรูปแบบและไม่กระจายทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ ดังนั้นในอนาคตควรมีการศึกษาในจุดอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ทราบมูลค่าความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์หลังจากการปรับปรุงด้านทางหลวงที่ครบถ้วนสมบูรณ์ต่อไป

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ที่ได้มอบทุนการศึกษาพัฒนาบุคลากรและขอขอบคุณสำนักอำนวยความสะดวก กรมทางหลวงที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษานี้

References

- [1] World Health Organization. *Global status report on road safety*. World Health Organization, Geneva, 2018.
- [2] Bureau of Highway Safety. Department of Highways, 2020. *Accident Statistics Data*. Available from: <http://trso.thairoads.org/statistic/national/N-SPI-A/N-SPI-A1/N-SPI-A1-01>. [Accessed 5 May 2020].
- [3] สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. รายงานผลการประเมินความพึงพอใจและความคุ้มค่าโครงการด้านอำนวยความปลอดภัยบนทางหลวง. กรุงเทพฯ: กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. 2562. หน้า 4-6.
- [4] Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel. *Traffic and Highway Engineering*, 3rd ed., Thomson Learning, US. 2002.
- [5] Yang, H., et al. Application of Simulation-Based Traffic Conflict Analysis for Highway Safety Evaluation In: *12th World Conference on Transport Research Society*, Lisbon, Portugal, 11-15 July 2010.
- [6] Ogden K. W. *Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering*. Institute of Transport Studies, Department of Civil Engineering, Monash University, Melbourne, Australia, 1996.
- [7] จิรพัฒน์ คงศรีแก้ว. วิศวกรรมการทาง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2549.
- [8] กรมทางหลวง. แผนแม่บทการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์โลจิสติกส์ของกรมทางหลวง. กรุงเทพฯ: กรมทางหลวง. 2551. หน้า 4-70.
- [9] วัชรินทร์ วิทย์กุล. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมการทาง. กรุงเทพฯ: พิสิกส์เซ็นเตอร์. 2537
- [10] Bureau of Highway Safety. Department of Highways. *Traffic Engineering Statistics, Department of Highways (small volume), Academic report*, 2018. Available from: http://bhs.doh.go.th/files/download/sum_enstat.pdf. [Accessed 5 May 2020].
- [11] ยาวเรศ ทับพันธุ. การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2551
- [12] Rune, E. and Truls, V. *The Handbook of Road Safety Measures*. in *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2004.
- [13] สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. ข้อมูลสถิติปริมาณจราจร. รายงานสรุปสถิติอุบัติเหตุบนทางหลวง ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2558 - 1 เมษายน 2563. ระบบการจัดการข้อมูลอุบัติเหตุบนทางหลวง. กรุงเทพฯ: กรมทางหลวง. 2563.

