



การพัฒนดัชนึประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง

(Road Assessment Index : RAI)

Development of Road Assessment Index

For Highway Network in Thailand

เกษม ชูจารุกุล^{1*} เกริกฤทธิ์ ศรีรุ่งวิริยะ² จิตติชัย รุจนกนกนาฏ³ วิศณุ ทรัพย์สมพล⁴
พญาดา ประพงษ์เสนา⁵ สุจิน มั่งนิมิตรอานนท์⁶ และอานนท์ เหลืองบริบูรณ์⁷

^{1,2,3,4} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร

^{5,6,7} สำนักอำนวยการความปลอดภัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

บทคัดย่อ

ลักษณะกายภาพของสายทางเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุทางถนน นอกเหนือจากปัจจัยด้านผู้ขับขี่ซึ่งเป็นสาเหตุหลัก องค์ประกอบและอุปกรณ์ของสายทางจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุทางถนน หรือยกระดับความปลอดภัยบนสายทางนั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันปัญหาแบบเชิงรุก (Proactive Approach) กรมทางหลวง โดยสำนักอำนวยการความปลอดภัย ได้พัฒนดัชนึประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง (Road Assessment Index : RAI) จากลักษณะกายภาพและองค์ประกอบของสายทาง สำหรับใช้ในการวางแผนการก่อสร้างถนนในอนาคต เพื่อพัฒนาระดับความปลอดภัยด้านกายภาพของถนน ดัชนีดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้น โดยอาศัยค่าร้อยละของการลดจำนวนอุบัติเหตุ (Accident Reduction Factor, ARF) เพื่อแสดงถึงผลกระทบขององค์ประกอบสายทางต่อความปลอดภัยทางถนน และพิจารณาร่วมกับความรุนแรงของอุบัติเหตุต่อรูปแบบของอุบัติเหตุลักษณะต่าง บทความนี้แสดงถึงแนวคิด และขั้นตอนในการพัฒนดัชนึประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง รวมไปถึงการแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ความปลอดภัยทางถนน, ร้อยละของการลดจำนวนอุบัติเหตุ, ดัชนึประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง

Abstract

Roadway characteristic factor is one of causes of road accident, other than human factor, which is the main cause of road accident. Road characteristics and components are the key factor influence with

* ผู้เขียนผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding author)

E-mail address: kerkritt.s@gmail.com

prevention of road accidents by enhance road safety. Although a proactive approach to road safety prevention, bureau of highway safety, department of highway developed index for evaluated road safety call Road Assessment Index or RAI. RAI is a number can be calculated from a summation of scores associated with each road safety factor such as road geometry and road components. RAI is developed to continuously monitor and evaluate the road safety levels for developing a road safety plan. This index can be derived by applying the accident reduction factor (ARF) and collision severity to weight score of each road safety factor indicates the importance of each factor to an accident on the road. This article explain the concept and methodology for the development of RAI along with suggestion for the future research.

Keywords: Road Safety, Accident Reduction Factor, Road Assessment Index

1. คำนำ

กรมทางหลวง โดยสำนักอำนวยการความปลอดภัย ร่วมกับสถาบันการขนส่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้พัฒนดัชนึประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง (Road Assessment Index: RAI) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการติดตามและพัฒนาระดับความปลอดภัยด้านกายภาพของถนนได้อย่างต่อเนื่อง ดัชนี RAI สามารถสะท้อนลักษณะความปลอดภัยของทางหลวง ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ของสายทางรวมถึงลักษณะพื้นที่ของสายทางนั้นๆ

ดัชนึ RAI เป็นค่าที่พัฒนาจากกระบวนการ และขั้นตอนที่กรมทางหลวงได้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันเพื่อใช้ตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน อันได้แก่ การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit,

RSA) สำหรับถนนที่เปิดใช้งานแล้ว และการตรวจสอบและแก้ไขจุดอันตราย (Black Spot Improvement) ร่วมกับแนวทางในการบ่งชี้ระดับความปลอดภัยบนสายทางที่มีการใช้งานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น [1] IRAP [2] EuroRAP และ [3] AusRAP

2. งานศึกษาในอดีต

2.1 การประเมินความปลอดภัยทางถนนของกรมทางหลวง

กระบวนการและขั้นตอนที่กรมทางหลวงได้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันเพื่อใช้ตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนใน 3 ช่วงของโครงการ ได้แก่ ช่วงระหว่างการก่อสร้าง (During Construction Stage) ช่วงก่อนการเปิดการจราจร (Pre-opening to Traffic) และช่วงหลังการเปิดการจราจรแล้ว (Existing Roads) สำหรับการศึกษาที่มุ่งเน้นการประเมินระดับความปลอดภัยทางถนนของกรมทางหลวงในช่วงของการเปิดการจราจรแล้ว เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit, RSA) อีกทั้งตรวจสอบและแก้ไขจุดอันตราย (Black Spot Improvement)

2.2 กระบวนการในต่างประเทศ ที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัยทางถนน

2.2.1 Star Rating Roads For Safety

The EuroRAP Methodology เป็นระบบให้คะแนนความปลอดภัยทางถนน ซึ่งพิจารณาความสมบูรณ์ขององค์ประกอบของสายทางที่สัมพันธ์กับโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุทางถนนและความรุนแรงของอุบัติเหตุ และแบ่งคะแนนความปลอดภัยของถนนออกเป็น 5 ระดับ โดยเรียงลำดับจากระดับความปลอดภัยน้อยที่สุดไปจนถึงมีระดับความปลอดภัยสูงสุด

2.2.2 Australian Road Assessment Program (AusRAP)

ถูกสร้างมาให้มีมาตรฐานเทียบเท่ากับยุโรป โดยใช้ EuroRAP มาประยุกต์ในออสเตรเลีย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทราบความเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมบนถนนและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจราจรขับขี่อันจะก่อให้เกิดความสูญเสีย

2.2.3 United States Road Assessment Program (usRAP)

พื้นฐานแนวคิดของ [4] usRAP ได้ใช้ 3 ตัวชี้วัดเพื่อเสริมสร้างการบริหารความปลอดภัยทางหลวง ได้แก่ 1) แผนที่ความเสี่ยง (Risk Mapping) 2) การติดตามผลการดำเนินงาน (Performance Tracking) และ 3) การให้ระดับดาว (Star Ratings)

2.2.4 International Road Assessment Program (iRAP)

ถูกจัดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2004 (พ.ศ. 2547) เพื่อจัดหาความร่วมมือระหว่างนานาชาติสำหรับโปรแกรมการประเมินทางถนน iRAP รองรับหลายองค์กรที่อยู่ภายใต้ความร่วมมือกัน ได้แก่ AusRAP, EuroRAP และ usRAP การทดสอบเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับ Canadian Road Assessment Program (CamRAP) อยู่ระหว่างการพิจารณา โครงการ iRAP ใช้ปรับปรุงความปลอดภัยในประเทศกำลังพัฒนาที่รายได้ต่ำหรือปานกลางอยู่ในแผนดำเนินการ ซึ่งโครงการนี้มีการดำเนินการอย่างรวดเร็วเป็น Pilot Projects

ในทวีปเอเชีย แอฟริกา และลาตินอเมริกา การให้คะแนนของ iRAP จะขึ้นอยู่กับ การตรวจสอบสภาพรายละเอียดองค์ประกอบพื้นฐานของถนน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Drive-Through กับ Video-Based โดยความหมายของการออกแบบองค์ประกอบโครงสร้างพื้นฐานของถนนถูกกำหนดโดยอ้างอิงจาก EuroRAP และ AusRAP และงานวิจัยในปัจจุบันที่สามารถบอกระดับความเสี่ยงต่อการเสียหายในองค์ประกอบ โครงสร้างพื้นฐานบนถนนได้ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบใน โครงสร้างพื้นฐานของถนนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ 1) มีเครื่องหมายและสัญญาณเตือนอันตรายบนถนนที่เพียงพอ โดยทำให้ผู้ใช้ทางสามารถมองเห็นได้ชัดเจน และ 2) ไม่มีเครื่องหมายและสัญญาณเตือนอันตรายบนถนน อีกทั้งยังไม่สามารถอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้นาน

ผู้วิจัยได้สรุปตารางเปรียบเทียบ Road Assessment Program ทั้ง 4 แบบได้ ดังตารางที่ 1 โดยสามารถสรุปแนวคิดได้ดังนี้

- ต้นแบบ (Template) EuroRAP นับว่าเป็นต้นแบบในการพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขให้เข้ากับความเหมาะสมในแต่ละทวีป เช่น AusRAP usRAP และ iRAP เป็นต้น โดยที่ iRAP จะนำเอาแบบของ AusRAP มาใช้ในการปรับปรุง
- ประเภทของการชน (Crash Type) ใน EuroRAP usRAP และ iRAP จะมี 3 ประเภทการชน คือ ชนประสานงา (Head-on) หลุดออกข้างทาง (Run-off Road) และชนทางแยก (Intersection) ส่วน AusRAP จะมี 6 ประเภทการชน คือ ชนประสานงา (Head-on) ชนท้าย (Rear End) หลุดออกข้างทางบนโค้ง (Run-off-road on curve) หลุดออกข้างทางบนทางตรง (Run off road on straight) ทางแยก (Intersection) และอื่นๆ (Other) ที่เกี่ยวข้องกับการถลันรถ (U-turns) การจอดรถ (Parking) คนเดินเท้า (Pedestrians) คนขี่จักรยาน (Cyclists)

ตารางที่ 1 สรุปกระบวนการประเมินความปลอดภัยในต่างประเทศ

รายการ	ต้นแบบ	ตัวชี้วัด
EuroRAP	-	3 ตัวชี้วัด (แผนที่ความเสี่ยง, การให้ระดับดาว, การติดตามผลดำเนินงาน)
AusRAP	EuroRAP	2 ตัวชี้วัด (แผนที่ความเสี่ยง, การให้ระดับดาว)
usRAP	EuroRAP	3 ตัวชี้วัด (แผนที่ความเสี่ยง, การให้ระดับดาว, การติดตามผลดำเนินงาน)
iRAP	EuroRAP, AusRAP	3 ตัวชี้วัด (แผนที่ความเสี่ยง, การให้ระดับดาว, การติดตามผลดำเนินงาน)

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัยของสายทาง

เพื่อกำหนดปัจจัยและค่าน้ำหนักที่ใช้ในการประเมินระดับความปลอดภัยบนทางหลวง ผู้วิจัยได้ทบทวนคำร้อยละการลดจำนวนอุบัติเหตุ (ARF) เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงอัตราส่วนของอุบัติเหตุที่ลดลงหลังจากที่ได้ดำเนินกิจกรรมอำนวยความสะดวก ซึ่งเป็นแนวคิดกระบวนการประเมินความปลอดภัยทางถนนที่ได้มีการดำเนินการในต่างประเทศ

ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้ค่า ARF จากการทบทวนการศึกษาต่างๆ ในอดีต ประกอบด้วย การศึกษาของ [5] Kenneth R. A. et al. (1996) ในรัฐ Kentucky สหรัฐอเมริกา การศึกษาของ [6] Elvik R. et al. (2009) [7] Gan et al. (2005) [8] Fitzpatrick et al. (2008) [9] Schoon and van Minnen (1994) [10] Mauga and Kaseko (2010) [11] Rodegerdts et al. (2004) [12] Park, Y.-J. and Saccomanno, F.F. (2005) ซึ่งได้รวบรวมการศึกษาเกี่ยวกับอุบัติเหตุทางถนนทั่วโลก และตลอดจนการพิจารณาของผู้วิจัยจึงสรุปค่า ARF ของปัจจัยที่อาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางถนน โดยพิจารณาจากการปรับปรุงปัจจัยต่างๆ

ค่าการลดจำนวนอุบัติเหตุ (ARF) เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงระดับการลดลงของอุบัติเหตุ โดยพิจารณาจากสัดส่วนของจำนวนอุบัติเหตุหลังการปรับปรุงเปรียบเทียบกับจำนวนอุบัติเหตุก่อนการปรับปรุงซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขการปรับปรุงเดียวกัน ดังแสดงตามสมการที่ (1) โดยปกติแล้วค่าการลดจำนวนอุบัติเหตุต้องมีค่าน้อยกว่า 1.00 ส่วนค่าน้ำหนักถ่วงของปัจจัยด้านวิศวกรรม (a_i) คำนวณได้ตามสมการที่ (2)

$$ARF = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \quad (1)$$

โดยที่

N_1 = จำนวนอุบัติเหตุก่อนการปรับปรุง (ครั้ง)

N_2 = จำนวนอุบัติเหตุหลังการปรับปรุง (ครั้ง)

$$a_i = \frac{1}{(1 - ARF)} \quad (2)$$

โดยที่

a_i = ค่าน้ำหนักถ่วงของปัจจัยด้านวิศวกรรม i ที่พิจารณา

ARF = ค่าการลดจำนวนอุบัติเหตุ

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัย

ผู้วิจัยกำหนดกระบวนการประเมินถนนด้านความปลอดภัย โดยพิจารณาข้อมูลจากแนวทางการดำเนินงานในต่างประเทศ ซึ่งผู้วิจัยจะใช้เกณฑ์การประเมินที่สามารถพิจารณาได้จากฐานข้อมูลที่มีอยู่แล้วของกรมทางหลวง ประกอบกับภาพถ่ายต่อเนื่องจากระดสำรวจ และใช้ข้อมูลน้ำหนักความปลอดภัยของปัจจัยต่างๆ พิจารณาร่วมกับความความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุลักษณะต่างๆ จากผลการศึกษาในต่างประเทศ

แนวคิดเบื้องต้นของเกณฑ์การประเมินระดับความปลอดภัยทางถนนสรุปได้ดังนี้

การบริหารความปลอดภัยทางถนนให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการประเมินองค์ประกอบของสายทางที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของสายทางที่ถูกต้องครบถ้วนและมีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาค่าดัชนีการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวงซึ่งใช้เป็นค่าในการเปรียบเทียบระดับความปลอดภัยของถนนจากการประเมิน ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเกณฑ์การประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง โดยใช้ชื่อเรียกว่าดัชนีการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง (Road Assessment Index, RAD) โดยดัชนีดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการติดตามและพัฒนาระดับความปลอดภัยของถนนได้อย่างต่อเนื่องและยังสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการก่อสร้างถนนในอนาคต นอกจากนี้ดัชนีดังกล่าวยังสามารถบ่งบอกถึงระดับความปลอดภัยของถนนทั้งโครงข่าย

ดัชนีการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง (Road Assessment Index, RAD) สามารถคำนวณได้จากค่าความปลอดภัยของแต่ละปัจจัย โดยค่าคะแนนแต่ละปัจจัยนั้นต้องทำการถ่วงน้ำหนักความสำคัญในแต่ละปัจจัย ซึ่งจะพิจารณาจากค่าความรุนแรง (Severity) ของลักษณะการชนที่เกิดจากปัจจัยดังกล่าว และค่าร้อยละของการลดจำนวนอุบัติเหตุ (Accident Reduction Factor, ARF)

การเกิดอุบัติเหตุมีลักษณะการชนแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ประกอบด้วย การพลิกคว่ำ/ตกข้างทาง (Run-off) การชนประสานงา (Head-on) การชนเป็นมุมที่ทางแยก (Angle Collision) การชนด้านข้าง (Side-slip) และการชนท้าย (Rear-end) สำหรับปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุหรือเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมีหลายประการ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่าปัจจัยที่จะนำมาพิจารณาในการประเมินสภาพความปลอดภัยของถนนแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) แนวทางและรูปตัดถนน 2) แนวทางโค้ง 3) ทางแยกและจุดตัดทางรถไฟ 4) ผิวทาง 5) ลักษณะพื้นที่ของถนน โดยในแต่ละกลุ่มจะมีประเด็นพิจารณาย่อยลงไปอีกทั้งสิ้น 12 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัย

ลำดับที่	ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุ	ค่า ARF (%)	แหล่งอ้างอิง
1	ความกว้างช่องจราจรเหมาะสม	25	Kenneth R. A. et al. (1996)
2	ความกว้างผิวไหล่ทาง	20	Kenneth R. A. et al. (1996)
3	สภาพข้างทาง	30	Kenneth R. A. et al. (1996)
4	ช่องจราจร	20 - 25	Gan et al. (2005), Elvik, R. and Vaa, T. (2004), Kenneth R. A. et al. (1996)
5	เส้นจราจรมองเห็นได้ชัดเจน	24	Elvik R. et al. (2009)

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความปลอดภัย

ลำดับที่	ปัจจัยที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุ	ค่า ARF (%)	แหล่งอ้างอิง
6	ประเภททางโค้ง การติดตั้งราวกันอันตรายในโค้ง	28 - 63	Elvik, R. and Vaa, T. (2004)
7	ทางเชื่อม	21	Fitzpatrick et al (2008)
8	ประเภททางแยก	20 - 65	Elvik, R. and Vaa, T. (2004), Schoon and van Minnen (1994), Kenneth R. A. et al. (1996)
9	ความยาวช่องทางรอลีี้ยว	15	Kenneth R. A. et al. (1996)
10	จุดกลับรถบริเวณเกาะกลางถนน	32 - 51	Mauga and Kaseko (2010), Rodegerdts et al. (2004)
11	จุดตัดทางรถไฟ	66 - 94	Park, Y.-J. and Saccomanno, F.F. (2005)
12	ผิวทางหรือระดับความเสียหายของผิวทาง	25	Kenneth R. A. et al. (1996)

เพื่อให้สะท้อนความรุนแรงจากการชนรูปแบบต่างๆ ผู้วิจัยได้พิจารณาคะแนนความรุนแรงจาก สถิติการเกิดอุบัติเหตุที่รวบรวมโดยกรมทางหลวง ตลอดจนการทบทวนงานวิจัยในต่างประเทศ สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3 เนื่องจากไม่สามารถหาค่าอัตราความรุนแรงทุกลักษณะการชนจากแหล่งที่มาเพียงแห่งเดียว จึงจำเป็นต้องใช้ที่มาจากแหล่งอื่น ซึ่งตัวเลขดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคตโดยใช้สถิติอุบัติเหตุของกรมทางหลวงเอง หากมีการบันทึกข้อมูลอุบัติเหตุที่เพียงพอ

ตารางที่ 3 ค่าคะแนนความรุนแรงของอุบัติเหตุตามลักษณะการชน

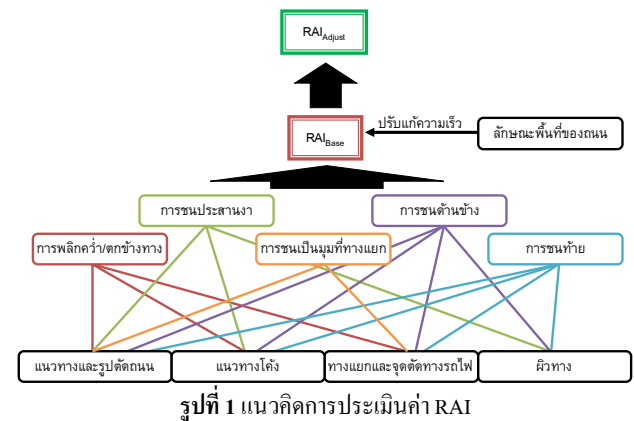
ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุ	ร้อยละค่าถ่วงน้ำหนัก
การพลิกคว่ำ/ตกข้างทาง (Run-off)	30
การชนประสานงา (Head-on)	15
การชนเป็นมุมที่ทางแยก (Angle Collision)	35
การชนด้านข้าง (Side-slip)	10
การชนท้าย (Rear-end)	10

4. การกำหนดกระบวนการประเมินระดับความปลอดภัย

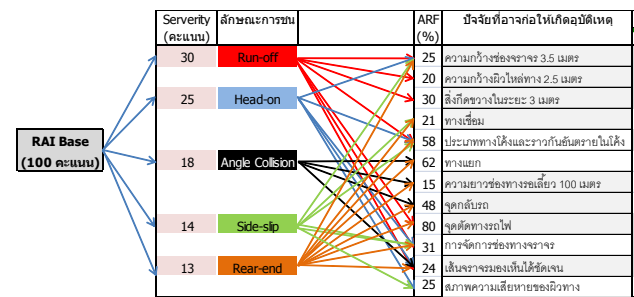
4.1 แนวคิดการพัฒนาระบบประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง (Road Assessment Index: RAI) โดยแนวคิดในการคำนวณค่า RAI จากปัจจัยด้านความปลอดภัยของสายทางที่เชื่อมโยงกับลักษณะการชน และรูปแบบของ

สภาพพื้นที่สายทาง ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งในการหา RAI_{Base} นั้นจะพิจารณาจากค่าความรุนแรง (Severity) ของลักษณะการชนที่เกิดจากปัจจัยดังกล่าว และค่าร้อยละของการลดจำนวนอุบัติเหตุ (Accident Reduction Factor, ARF) การเกิดอุบัติเหตุมีลักษณะการชนแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ประกอบด้วย การพลิกคว่ำ/ตกข้างทาง (Run-off) การชนประสานงา (Head-on) การชนเป็นมุมที่ทางแยก (Angle Collision) การชนด้านข้าง (Side-slip) และการชนท้าย (Rear-end) ดังแสดงแนวคิดการคำนวณค่า RAI_{Base} ดังรูปที่ 2 และสมการที่ (3) ก่อนที่จะนำมาปรับแก้ค่าความเร็วจากลักษณะพื้นที่ของถนน



รูปที่ 1 แนวคิดการประเมินค่า RAI



รูปที่ 2 แนวคิดการคำนวณค่า RAI_{Base}

ทั้งนี้การคำนวณค่าคะแนนของการชนประเภทต่างๆ จะได้จากวิธีคำนวณค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต โดยพิจารณาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องของต่อรูปแบบการชนแต่ละประเภท ดังแสดงในสมการที่ (4) ถึง สมการที่ (5)

$$RAI_{Base} = \text{Run off score} + \text{Head on score} + \text{Angle collision score} + \text{Slide slip score} + \text{Rear end score} = 100 \text{ คะแนน}$$

โดยที่

$$\text{Run off score} = \left\{ \prod_{i=1}^7 X_i^{a_i} \right\}$$

คะแนนการชนแบบ Run off

$$\text{Head on score} = \left\{ \prod_{i=1}^5 X_i^{a_i} \right\}$$

คะแนนการชนแบบ Head on

$$\text{Angle collision score} = \left\{ \prod_{i=1}^4 X_i^{a_i} \right\} \quad (6)$$

คะแนนการชนแบบ Angle collision

$$\text{Side slip score} = \left\{ \prod_{i=1}^6 X_i^{a_i} \right\} \quad (7)$$

คะแนนการชนแบบ Side slip

$$\text{Rear end score} = \left\{ \prod_{i=1}^9 X_i^{a_i} \right\} \quad (8)$$

คะแนนการชนแบบ Rear end

เมื่อ

i = บัญชีด้านวิศวกรรมที่มีผลต่อความปลอดภัยทางถนน

a_i = ค่าถ่วงน้ำหนักของบัญชีด้านวิศวกรรม i ที่พิจารณา

$$= 1/[1-(ARF/100)]$$

X_i = ค่าคะแนนความปลอดภัย (ค่าฐาน) ของบัญชีด้านวิศวกรรม i

4.2 การปรับแก้ค่าดัชนีประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง

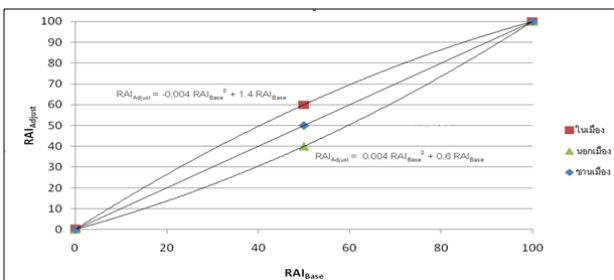
การคำนวณค่า RAI_{Base} มีพื้นฐานว่าถนนที่พิจารณาเป็นถนนในเขตชานเมือง ซึ่งใช้ความเร็วปานกลาง ดังนั้น RAI ที่ถูกต้องจะต้องถูกปรับแก้ (RAI_{Adjust}) โดยมีแนวคิดว่าถนนที่ใช้ความเร็วต่ำหรือถนนในเมืองจะมีความปลอดภัยมากกว่าถนนชานเมืองซึ่งใช้ความเร็วสูงกว่า และถนนที่ใช้ความเร็วสูงหรือถนนนอกเมืองจะมีความปลอดภัยน้อยกว่าถนนชานเมืองซึ่งใช้ความเร็วต่ำกว่า ประกอบกับความรุนแรงของการชนขึ้นอยู่กับความเร็วในการชนยกกำลังสอง และที่ค่า RAI_{Base} เป็น 0 ค่า RAI_{Adjust} ก็ควรเป็น 0 ในขณะที่ค่า RAI_{Base} เป็น 100 ค่า RAI_{Adjust} ก็ควรเป็น 100 เช่นกัน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสมการยกกำลังสองที่มีความสัมพันธ์ในลักษณะดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยใช้ค่าปรับแก้ RAI สูงสุดเท่ากับ 10 ทำให้ได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 3 และสามารถปรับแก้ค่า RAI_{Base} โดยใช้สมการที่ (9) ถึงสมการที่ (11) เพื่อให้การคำนวณค่าดัชนี RAI สอดคล้องกับสภาพทางที่กรมทางหลวงดูแลรับผิดชอบ จึงได้ปรับ ค่า RAI_{Base} ให้เหมาะสมกับสภาพถนน (พิจารณาจากความเร็วของรถ) เป็น 3 บริเวณ คือ ถนนชานเมือง ถนนในเมือง และถนนนอกเมือง

$$\text{ถนนชานเมือง } RAI_{Adjust} = RAI_{Base} \quad (9)$$

$$\text{ถนนในเมือง } RAI_{Adjust} = -0.004RAI_{Base}^2 + 1.4 RAI_{Base} \quad (10)$$

$$\text{ถนนนอกเมือง } RAI_{Adjust} = 0.004RAI_{Base}^2 + 0.6 RAI_{Base} \quad (11)$$



รูปที่ 3 การปรับแก้ RAI_{Base} ไปเป็น RAI_{Adjust}

เพื่อให้ค่าดัชนี RAI สามารถแสดงถึงระดับความปลอดภัยของสายทาง ผู้วิจัยได้จำแนกความหมายของ RAI_{Adjust} ในเบื้องต้นแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ F, D, C, B และ A เรียงลำดับระดับความปลอดภัยจากน้อยไปมาก หรือมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงมากไปผู้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุต่ำมาก ดังแสดงในตารางที่ 4

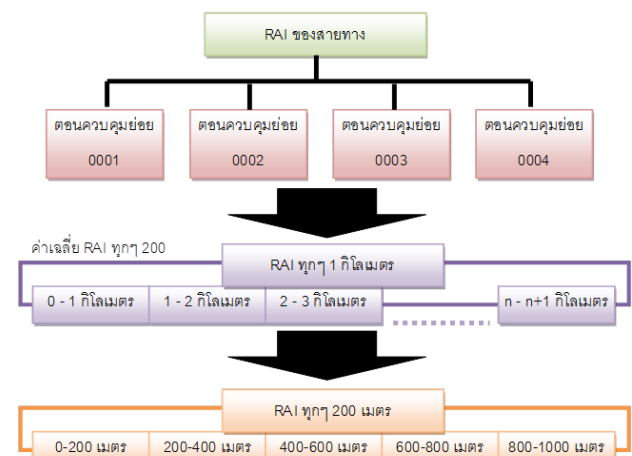
ตารางที่ 4 ความหมายของ RAI_{Adjust}

ระดับความปลอดภัยกายภาพทางหลวง	$RAI_A = RAI_{Adjust}$
F (ต่ำมาก)	$0 \leq RAI_A < 60$
D (ต่ำ)	$60 \leq RAI_A < 70$
C (ปานกลาง)	$70 \leq RAI_A < 80$
B (สูง)	$80 \leq RAI_A < 90$
A (สูงมาก)	$90 \leq RAI_A < 100$

5. การประเมินดัชนีความปลอดภัยกายภาพสายทาง

5.1 การประเมินดัชนีความปลอดภัยกายภาพสายทาง

ผู้วิจัยได้นำเกณฑ์การประเมินค่าดัชนี RAI ไปทดลองใช้ในการประเมินสายทางที่คัดเลือก โดยอาศัยภาพถ่ายต่อเนื่องของสายทาง และนำข้อมูลสายทางมาประเมินเป็นช่วง ช่วงละ 200 เมตร คำนวณออกมาเป็นค่า RAI_A มาทุกๆ 200 เมตร จากนั้นใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) ในการคำนวณค่า RAI_A เฉลี่ยในทุกๆ 1 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 จากนั้นจึงนำมาแสดงผลเป็นค่าระดับความปลอดภัย (A, B, C, D และ F) ซึ่งผลการประเมินสายทางประมาณ 7,065 กิโลเมตร (ถนน 2 ช่องจราจรจะประเมินเพียงทิศทางเดียว ส่วนถนน 4 ช่องจราจรขึ้นไป จะประเมินสองทิศทาง ขาไป-ขากลับ) สรุปได้ดังตารางที่ 5 ตารางที่ 6 และรูปที่ 5



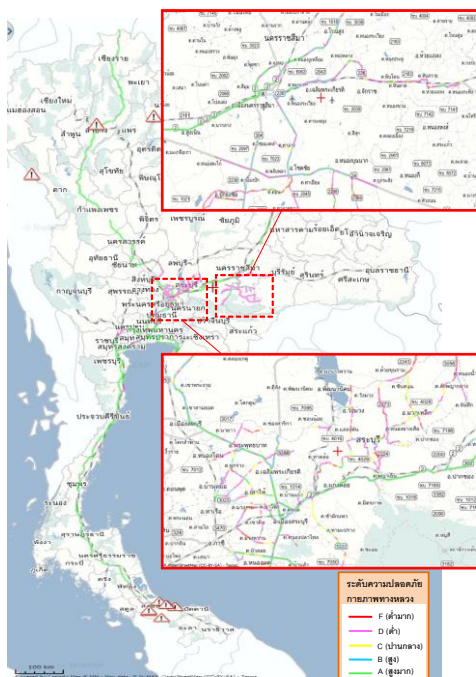
รูปที่ 4 รูปแบบการประเมินค่า RAI ในแต่ละสายทาง

ตารางที่ 5 สรุปสายทางที่ทำการประเมินและตรวจสอบ

ลำดับที่	รายละเอียด	ระยะทาง (กม.)	RAI _A
1	ทางหลวงหมายเลข 1	1,913	89
2	ทางหลวงหมายเลข 2	923	93
3	ทางหลวงหมายเลข 3	573	92
4	ทางหลวงหมายเลข 4	1,192	89
5	ทางหลวงหมายเลข 7	91	90
6	ทางหลวงหมายเลข 9	243	87
7	ทางหลวงหมายเลข 31	59	89
8	ทางหลวงหมายเลข 34	112	96
9	ทางหลวงหมายเลข 35	158	84
10	ทางหลวงหมายเลข 37	95	82
11	ทางหลวงหมายเลข 41	578	91
12	แขวงทางหลวงสระบุรี	525	76
13	สำนักงานบำรุงทางนครราชสีมาที่ 3	604	72
รวม		7,065	87.3

ตารางที่ 6 สรุปผลการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง

ช่วงคะแนน (RAI _A)	ระดับความปลอดภัย	ระยะทาง (กม.)	ร้อยละ
$0 \leq RAI_A < 60$	F	64.2	0.9
$60 \leq RAI_A < 70$	D	312.7	4.4
$70 \leq RAI_A < 80$	C	1,050.2	14.9
$80 \leq RAI_A < 90$	B	2,187	31.0
$90 \leq RAI_A < 100$	A	3,451	48.9
รวม		7,065	100.0

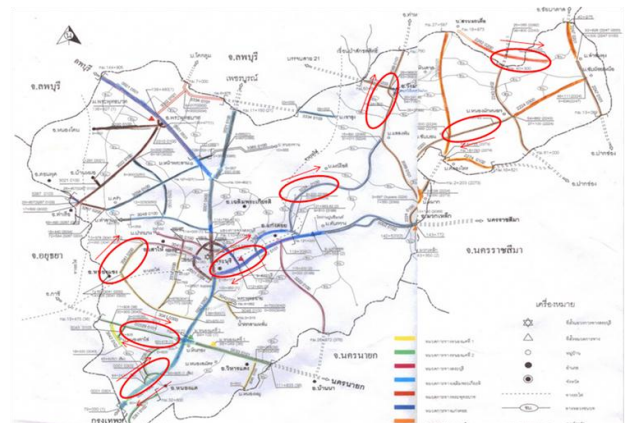


รูปที่ 5 โครงข่ายทางหลวงที่ได้รับการประเมินค่า RAI

5.2 การประเมินการรับรู้ค่า RAI

เพื่อให้ค่าดัชนี RAI สามารถสื่อถึงระดับความปลอดภัยของสายทางทั้งในด้านกายภาพ และการรับรู้ของผู้ขับขี่ ผู้วิจัยได้ประเมินการเปรียบเทียบค่า RAI กับการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวงหน้างาน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนนเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวงสระบุรีและผู้ที่มีประสบการณ์ขับขี่ รวมทั้งสิ้นจำนวน 8 ท่าน นั่งบนยานพาหนะ และขับไปบนสายทางที่คัดเลือกไว้เพื่อจำลองการขับขี่ และให้ผู้ประเมินทุกคนให้ความเห็นว่า สายทางนั้นๆ มีความปลอดภัยอยู่ในระดับใด โดยประเมินทุกๆ 1 กิโลเมตร ลงในแบบฟอร์มการประเมิน

ผู้วิจัยได้คัดเลือกสายทางของแขวงทางหลวงสระบุรีเป็นพื้นที่ในการประเมิน โดยพิจารณาจากความหลากหลายของค่าดัชนีการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง (RAI) เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพของถนนที่แตกต่างกัน โดยสายทางที่คัดเลือกได้แก่ สายทางหมายเลข 1, 2, 3224, 2089, 2224, 0329, 3041 และ 2282 (รวมระยะทาง 50 กิโลเมตร) ตำแหน่งและรายละเอียดสายทางแสดงดังรูปที่ 6

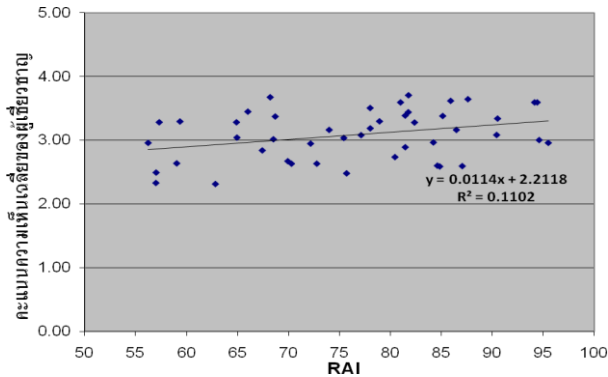


รูปที่ 6 ตำแหน่งสายทางที่คัดเลือก

จากผลการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวงในภาคสนาม ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์กับคะแนนความปลอดภัยสายทาง (RAI) ที่ทีมประเมินได้พิจารณาจากข้อมูลภาพถ่ายต่อเนื่อง ทั้งนี้ได้ทำการปรับระดับการให้คะแนนของผู้ประเมินในภาคสนามแต่ละบุคคลให้อยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน ได้กราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 7

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้มีความสอดคล้องไปกับทิศทางเดียวกันกับค่าดัชนีการประเมินความปลอดภัยกายภาพทางหลวง(RAI) กล่าวคือ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสายทางมีความปลอดภัยต่ำ ค่า RAI ในสายทางนั้นก็มีความต่ำ ส่วนกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสายทางมีความปลอดภัยสูง ค่า RAI ในสายทางนั้นก็มีความสูงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตพบว่าข้อมูลความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะที่เกาะกลุ่มกันทำให้ไม่สามารถแปลความหมายของ RAI ได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจำนวนสาย

ทางที่เลือกใช้ในการประเมินอาจน้อยเกินไป รวมถึงจำนวนผู้เชี่ยวชาญมีน้อยเกินไป เนื่องจากสายทางที่ประเมินมีความใกล้เคียงกัน ดังนั้น การศึกษาในเรื่องการเปรียบเทียบค่า RAI กับการประเมินความปลอดภัย ภายภาคทางหลวงหน่วยงาน เป็นประเด็นที่ควรจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เพื่อให้ค่า RAI ที่ได้สามารถแทนความเสี่ยงอันตรายของการขับขี่บนถนน ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 7 ได้เปรียบเทียบค่าคะแนนความปลอดภัยสายทาง (RAI) กับการรับรู้ของผู้ขับขี่

6. บทสรุป และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาที่ได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักเกณฑ์ที่สามารถสะท้อนระดับความปลอดภัยของสายทางในเชิงกายภาพ โดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมจราจร ซึ่งได้นำเสนอขั้นตอนในการกำหนดตัวแปรด้านสายทางที่เกี่ยวข้องต่อการเกิดอุบัติเหตุ และแนวคิดในการคำนวณค่าคะแนน หรือค่าดัชนีประเมินความปลอดภัยภายภาคทางหลวง (RAI) ซึ่งสามารถปรับแก้ค่าดัชนีให้มีความสอดคล้องกับสภาพสายทางที่ยานพาหนะมีการใช้ความเร็วในการขับขี่แตกต่างกัน จากนั้น ผู้วิจัยได้ประเมินการรับรู้เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า RAI กับการประเมินระดับความปลอดภัยของสายทางโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยทางถนน ซึ่งผลที่ได้นั้น แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะที่เกาะกลุ่มกันทำให้ไม่สามารถแปลความหมายของ RAI ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการศึกษาในเรื่องการเปรียบเทียบค่า RAI กับการประเมินความปลอดภัยภายภาคทางหลวงหน่วยงาน เป็นประเด็นที่ควรจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป โดยออกแบบการทดสอบอย่างเป็นระบบ (Systematic Experimental Design) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี RAI กับการรับรู้ความปลอดภัยของผู้ขับขี่/ผู้ใช้ทางที่มีประสบการณ์ในการขับขี่ และปรับปรุงเกณฑ์ที่ใช้แบ่งระดับความปลอดภัยทางถนนตามค่าคะแนน RAI เพื่อให้สอดคล้องกับการรับรู้ความปลอดภัยของผู้ขับขี่/ผู้ใช้ทางที่มีประสบการณ์ในการขับขี่

ค่าดัชนีประเมินความปลอดภัยภายภาคทางหลวง (RAI) ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้ปัจจัยทางกายภาพของสายทาง ซึ่งอาศัยค่าร้อยละการลดลงของอุบัติเหตุ (ARF) เป็นตัวแปรในการหาค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยด้านวิศวกรรม (a) โดยค่า ARF เป็นค่าที่ได้จากการทบทวนงานวิจัยใน

ต่างประเทศ ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมด้านความปลอดภัยบนโครงข่ายในประเทศไทย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษา ทบทวน วิเคราะห์ ค่า ARF โดยอาศัยข้อมูลบนโครงข่ายทางหลวง

ทั้งนี้การบ่งชี้ระดับความปลอดภัยโดยอาศัยค่า RAI เป็นเพียงข้อมูลภายใต้มุมมองปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (สายทาง) เท่านั้น ยังไม่ได้สะท้อนถึงปัจจัยด้านพฤติกรรมของผู้ขับขี่ และปัจจัยด้านยานพาหนะ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ขาดต่อการคาดการณ์ ดังนั้นเพื่อให้งานวิจัยด้านการบ่งชี้ความปลอดภัยของสายทางมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้ศึกษาจะต้องคำนึงถึงปัจจัยทั้ง 2 ด้านเพิ่มเติม อาทิเช่น ความเร็วของยานพาหนะ อัตราการแซง ปริมาณรถขนาดใหญ่ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันการขนส่ง และหน่วยปฏิบัติการวิจัยการจัดการโครงสร้างพื้นฐาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับสนับสนุนและเสนอแนะในงานวิจัย สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรทุกคนในสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงานวิจัยนี้มาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

- [1] iRAP (The International Road Assessment Programme). England & Wales, UK.
- [2] EuroRAP (European Road Assessment Programme). EuroRAP AISBL, UK.
- [3] AusRAP (2006) Star Ratings: Australia's National Network of Roads. Australian Automobile Association Available from www.ausrap.org.
- [4] usRAP (United State Road Assessment Program). AAA Foundation for Traffic Safety, US.
- [5] Kenneth R., Agent, Nikiforos Stamatiadis, and Samantha Jones. Development of Accident Reduction Factors. Lexington: University of Kentucky, 1996.
- [6] Elvik, R., et al. (2009). The handbook of road safety measures. 2 ed., Emerald Group Publishing Limited, Bingley, UK.
- [7] Gan, A., J. Shen, and A. Rodriguez. Update of Florida Crash Reduction Factors and Countermeasures to Improve the Development of District Safety Improvement Projects. Florida Department of Transportation, 2005.
- [8] Fitzpatrick et al. (2008). "Potential Driveway Density Accident Modification Factors for Rural Highways Using Texas Data." TRB 87th Annual Meeting Compendium of Papers CD-ROM. Washington, D.C., 2008.
- [9] Schoon, C. and van Minnen, J., "The Safety of Roundabouts in The Netherlands." Traffic Engineering & Control, Vol. 35, No. 3,

London, United Kingdom, Hemming Information Services, (1994)
pp. 142-148.

- [10] Mauga, T. and Kaseko, M., "Modeling and Evaluating the Safety Impacts of Access Management (AM) Features in the Las Vegas Valley." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2171, pp. 57-65, 2010.
- [11] Rodegerdts, L. A., Nevers, B., and Robinson, B., "Signalized Intersections: Informational Guide." FHWA-HRT-04-091, (2004)
- [12] Park, Y.-J. and Saccomanno, F.F., "Collision Frequency Analysis Using Tree-Based Stratification", *Transportation Research Record* 1908, pp. 121-129, 2005.