



کاربرد شاخص خطر برای شناسایی بخش‌های مستعد تصادف راه‌ها بر اساس بازرسی ایمنی راه

علی اصغر صادقی، دانشجوی دکتری، مرکز تحقیقات فنی و اقتصادی ایمنی جاده‌ای، دانشگاه
فردوسی مشهد¹

اسماعیل آیتی استاد، مرکز تحقیقات فنی و اقتصادی ایمنی جاده‌ای، دانشگاه فردوسی مشهد²

¹ Ali.sadeghi@stu-mail.um.ac.ir ، ۰۵۱۱-۸۸۳۷۸۱۸

² E_ayati@yahoo.com ، ۰۵۱۱-۸۸۳۷۸۱۸

چکیده

به دلیل نقص کلی داده‌های قابل اعتماد در مورد تصادفات جاده‌ای و گاهی به دلیل کم بودن اطلاعات در مورد تصادفات قابل پیشگیری، بازرسی ایمنی راه¹ در بسیاری کشورها مورد توجه واقع شده است. شاخص‌های متفاوتی نیز برای کمی کردن مفهوم خطر و شناسایی نقاط مستعد تصادف تعریف شده است. در کشور ما روشی مدون برای نحوه بازرسی و یک شاخص عددی که قطعات مختلف راه‌ها را با یکدیگر مقایسه نماید وجود ندارد. هدف از این مقاله معرفی چنین شاخصی برای راه‌های دوخطه دوطرفه می باشد. این شاخص از ترکیب نتایج حاصل از بازرسی راه، ارزیابی سازگاری طرح هندسی راه و میزان در معرض خطر قرارگیری کاربر بدست می‌آید. در این مقاله با استفاده از یک مطالعه موردی، شاخص معرفی شده با روش موجود شناسایی نقاط حادثه‌خیز مقایسه شده و مورد آزمون قرار گرفته است. اعتبار سنجی مدل با استفاده از تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین رتبه‌های شاخص پیشنهادی و روش معمول ادارات راه وجود ندارد. استفاده از این شاخص بویژه در راه‌هایی که داده‌های قابل اعتماد از تصادفات گذشته وجود ندارد توصیه می‌شود.

کلید واژه: بازرسی ایمنی راه، شاخص خطر، نقاط حادثه خیز، راه دوطرفه.

¹ Road Safety inspection



1 - مقدمه

بطور کلی شناسایی بخش های مستعد تصادف راهها (یا نقاط حادثه خیز) به دو شیوه انجام می شود:

1- شیوه مبتنی بر استفاده از اطلاعات تصادفات پیشین که تاریخچه تصادفات گذشته را بعنوان یک داده ورودی در نظر می گیرد.

2- شیوه پیشگیری که بر بررسی مشخصات فیزیکی و بهره برداری راه برای معرفی نواقص ایمنی راههای موجود تکیه می کند.

در شناسایی نقاط حادثه خیز روش اول مورد تاکید بیشتر محققین قرار گرفته است و توانایی آن برای شناخت نقاط صحیح بیشتر می باشد. اما روش اول نیازمند اطلاعات تصادف می باشد. متأسفانه در بسیاری از کشورهای کمتر توسعه یافته اهمیت ثبت دقیق تصادفات برای استفاده های آتی تبیین نشده و بانک اطلاعات تصادف آنها دارای نواقص بسیاری است. در کشور ما با طول زیاد راهها و حضور کمتر پلیس در راههای با درجه اهمیت پایین تر و از همه مهمتر عدم ثبت بسیاری از تصادفات که شاکی ندارد (عموماً تصادفات تک وسیله ای) باعث می شود تا در بسیاری از راهها اطلاعات مناسب برای شناسایی نقاط حادثه خیز با روش اول وجود نداشته باشد. این مسائل اهمیت استفاده از بازرسی های ایمنی را پررنگ تر می سازد.

در شیوه پیشگیری (بازرسی ایمنی راه، ویژگی هایی از راه که پتانسیل خطر را دارند بررسی و اندازه گیری می شوند. از دهه 1960 برای کمک به شناسایی نقاط حادثه خیز راهنماهایی نظیر آشو² 1967 [1] و آشو³ 1974 [2] منتشر شده است. در پایان دهه 1980 نیز فرآیند ممیزی ایمنی راه⁴ معرفی شد. این فرآیند چارچوب ساختاری شناسایی نواقص ایمنی پروژه های جدید یا راههای موجود را بر اساس تحلیل ویژگی های آنها ارائه می کند. موضوع تخصیص بودجه بین اقدامات قبل و بعد از وقوع تصادف بحث مهمی برای متولیان ایمنی جاده های شده است. بازرسی ها بعنوان یک ابزار موثر در بسیاری از ادارات راه در جهان پذیرفته شده و بکار برده می شود. تحقیقات اخیر در ایتالیا [3] و کانادا [4] نشان داده است که ارزیابی ایمنی راه همانند روش های دیگر شناسایی نقاط حادثه خیز می تواند موثر باشد.

در کشور ما چنین روش هایی که بصورت مدون نحوه بازرسی را شرح دهد و یک شاخص عددی برای مقایسه فراهم نماید وجود ندارد. هدف از این مقاله معرفی چنین شاخصی برای شناسایی بخش های مستعد تصادف راه های دو خطه دوطرفه می باشد.

² AASHO (American Association of State Highway and Officials)

³ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

⁴ Road Safety Audit



2 - معرفی شاخص خطر

کافیسو⁵ و همکارانش (2005 و 2007) [5, 6] یک پروسه ارزیابی کمی ایمنی برای شناسایی و رتبه بندی قطعات راه را ارائه کرده اند. آنها نشان دادند که با وجود ماهیت ذهنی و شخصی بودن بازرسی های ایمنی، بین رتبه بندی نقاط بر اساس شاخص خطر تعریف شده با رتبه بندی نقاط به روش بیزین تجربی از نظر آماری سطح معنی دار هماهنگی وجود دارد. در این روش بازرسی ها با استفاده از چک لیست های مربوط به ویژگی های اصلی راه انجام می شود. چک لیست ها برای دو جهت راه و معمولاً در گام های 200 متری پر می شوند.

شاخص خطر (HI^6) از سه مولفه کلی خطر شامل در معرض خطر قرار گرفتن کاربران راه، احتمال درگیر شدن در تصادف (شاخص فراوانی تصادف) و شرایط منتهجه از تصادف (شاخص شدت تصادف) تشکیل می شود:

$$(1) \quad HI = \text{شاخص شدت تصادف} \times \text{شاخص فراوانی تصادف} \times \text{شاخص میزان در معرض خطر قرارگیری}$$

در زیر بخش های مختلف این شاخص شرح و فرمول بندی شده است.

2-1 - شاخص میزان در معرض خطر قرارگیری⁷

هرچه تعداد وسایل نقلیه و طول یک قطعه راه بیشتر باشد ریسک تصادف برای کاربر راه و در نتیجه تعداد تصادفات محتمل در آن قطعه بیشتر می شود. شاخص میزان در معرض خطر قرارگیری توسط رابطه زیر تعیین می شود:

$$(2) \quad \text{شاخص در معرض خطر قرارگیری} = L \times AADT$$

که در آن L طول قطعه راه (کیلومتر) و $AADT$ متوسط سالیانه ترافیک روزانه (بر حسب 1000 وسیله در روز) می باشد.

2-2 - شاخص فراوانی تصادف

شاخص فراوانی تصادف بستگی به ویژگی های قطعه دارد و بصورت زیر محاسبه می شود:

$$(3) \quad \text{شاخص فراوانی تصادف} = RSI AF \times GD AF$$

که در آن $RSI AF$ فاکتور فراوانی تصادف ناشی از بازرسی ایمنی راه و $GD AF$ فاکتور فراوانی تصادف ناشی از ارزیابی سازگاری طرح هندسی می باشد که بصورت زیر محاسبه می شوند:

$$(4) \quad RSI AF = \prod_{j=1}^l AF_j$$

$$(5) \quad AF_j = 1 + WS_j \times \Delta AF_j \times P_j$$

⁵ Cafiso

⁸ Hazard Index

⁹ Exposure





$$WS_j = \frac{1}{2 \times n \times m_j} \times \sum_{i=1}^{m_j} \sum_{k=1}^{2 \times n} S_{ik} \quad (6)$$

که در آن:

S_{ik} = امتیاز زیربخش مشکل ایمنی i در واحد بازرسی k ،

n = تعداد واحدهای بازرسی که یک قطعه را تشکیل می دهند

m_j = تعداد زیربخش های مشکل ایمنی j ،

2 = نشان دهنده دو جهت بازرسی

WS_j = امتیاز وزن دار مشکل ایمنی j

AF_j = فاکتور فراوانی تصادف مربوط به مشکل ایمنی j ،

ΔAF_j = افزایش نسبی تخمین زده شده در ریسک تصادف در اثر مشکل ایمنی j ،

P_j = سهم انواع تصادفاتی از کل تصادفات که توسط عامل j تحت تاثیر قرار می گیرند.

l = تعداد مشکلات ایمنی (در این مدل برابر با 8)

کافیسو و همکارانش (2007) [5] با بررسی وسیعی از سوابق تحقیقات انواع مشکلات و سهم آن ها را بصورت جداول 1 و 2 معرفی کرده اند. در این روش مشکلات ایمنی با سه نوع امتیاز، 1 برای "سطح بالای مشکل ایمنی"، 5/0 برای سطح پایین مشکل ایمنی" و صفر برای عدم وجود اشکال نمره دهی می شوند.

در یک طرح سازگار راه المان های متوالی راه طوری هماهنگ هستند که عملکرد یکنواخت راننده را در طول راه ایجاد می کنند. طرح هندسی راه با ناسازگاری های زیاد موجب می شود که رانندگان دائماً سرعت خود را تغییر دهند تا در المان های خاص فرارگیری⁸ راه (قوس یا مسیر مستقیم) بصورت ایمن رانندگی کنند. بدین ترتیب اهمیت تعریف ناسازگاری های راه و سهم آن در ایمنی راه بعنوان یک ویژگی مهم در طرح هندسی راه مشخص می شود.

برای کنترل سازگاری قوس ها یک مقیاس ایمنی⁹ تعریف می شود [7,8]. این مقیاس ایمنی سه ضابطه ایمنی را با سه کلاس طرح ترکیب می کند که این سه ضابطه عبارتند از:

1- سازگاری طرح مربوط به اختلاف بین سرعت عملکردی (سرعت 85 درصد V_{85}) و سرعت طرح مقطع راه (V_d)

2- سازگاری سرعت عملکردی مربوط به اختلاف در سرعت عملکردی (V_{85}) بین دو المان هندسی متوالی

3- سازگاری دینامیک رانندگی، که بر حسب اختلاف بین اصطکاک جانبی مفروض (f_{RA}) و مورد نیاز (f_{RD}) بسته به سرعت عملکردی) روی یک قوس افقی مشخص

⁸ Alignment

⁹ Safety Module





برای ارزیابی مقیاس ایمنی طرح خوب با فاکتور وزن دهی "1+"، طرح متوسط با فاکتور "0" و طرح ضعیف با فاکتور "1-" کلاس بندی می شود. با محاسبه میانگین برای سه ضابطه مقیاس ایمنی (x) بدست می آید. اگر $x \geq 5/0$ کلاس طرح خوب است، اگر $5/0 > x > -5/0$ کلاس طرح متوسط و اگر $x \leq -5/0$ باشد کلاس طرح ضعیف می باشد.

جدول 1: مسائل مربوط به بازرسی ایمنی راه [9, 5]

مشکل ایمنی	زیربخش های مشکل ایمنی	ضابطه برای معرفی مشکلات سطح بالا ($S_{ik} = 1$)	ضابطه برای معرفی مشکلات سطح متوسط ($S_{ik} = 5/0$)
دسترسی ها	خطرناکی دسترسی ها	موقعیت روی قوس های افقی، روی قله قوس قائم گنبدی، در نقاط با نمایانی ضعیف، نزدیک به تقاطعات بزرگ	دسترسی های بدون روکش، دسترسی های باریک
مقطع عرضی	چگالی دسترسی ها	سه دسترسی یا بیشتر در یک قطعه 200 متری	یک یا دو دسترسی در یک قطعه 200 متری
	عرض خط حرکت	$W_L < 75/2 \text{ m}$, $W_L > 5/4 \text{ m}$	$75/2 \leq W_L < 25/3 \text{ m}$ $75/3 \leq W_L < 50/4 \text{ m}$
	عرض شانه	$W_S < 3/0 \text{ m}$	$3/0 \leq W_L < 0/1 \text{ m}$
مشخص سازی ¹⁰	علائم V شکل	نبود علائم V شکل در قوس های تند، جانمایی یا نمایانی ضعیف علائم V شکل	نبود علائم V شکل در قوس های متوسط، نبود علائم V شکل تیره شده یا با انعکاس کم
خط کشی ها	علائم راهنما ¹¹ و بازتابنده های نرده و گاردریل	نبود علائم راهنما، نبود بازتابنده روی علائم راهنما یا گاردریلها یا دیواره های کنار راه	ارتفاع متغیر بازتابنده ها در طول راه، بازتابندگی کم علائم راهنما، عدم پیوستگی موضعی علائم راهنما
	خطوط لبه	عدم خط کشی لبه راه یا خط کشی به شدت کم رنگ شده	خط کشی لبه نسبتاً کم رنگ شده
روسازی	خط وسط	عدم خط کشی وسط راه یا خط کشی به شدت کم رنگ شده	خط کشی وسط راه نسبتاً کم رنگ شده
	اصطکاک	سنگدانه ها صیقلی شده، قیرزدگی، راولینگ، کم بودن یافت درشت دانه	تعریف نشده (اصطکاک بصورت مشکل کامل یا بدون مشکل تعریف می شود)
کناره راه	ناهمواری	حفره ها، شیارشدگی ¹² ، وصله ها و موجدار شدن روی قوس یا نزدیک به تقاطع	حفره های کوچک، موجدار شدگی کم، وصله ها و راتینگ در مسیر مستقیم
	خاکریزها	خاکریزها با شیب زیاد و بدون حفاظ ($h > 3 \text{ m}$) $(i \geq 3/2)$	خاکریزها با شیب متوسط و بدون حفاظ (m) $(3/1 \leq i \leq 3/2, h > 3)$
	پل ها و آبروها	نرده غیر موثر	نرده ضعیف اگر پل از روی راه یا راه آهن عبور می کند
	دماغه ورودی و ناحیه انتقال گاردریلها	انتهای باز (بدون دم ماهی شکل یا دفن شدگی در زمین)	اتصال نامناسب بین حفاظ های فولادی

¹⁰ Delineation

¹¹ Guideposts

¹² Rutting





درختان با قطر زیاد یا دیگر موانع صلب به فاصله 3 تا 8 متری سواره‌رو	درختان با قطر زیاد یا دیگر موانع صلب به فاصله کمتر از 3 متری سواره‌رو	درختان، پایه خطوط برق ... و دیگر موانع صلب	
قنوه‌های دوزنقه‌ای یا مستطیلی به فاصله 3 تا 5 متری سواره‌رو	قنوه‌های دوزنقه‌ای یا مستطیلی به فاصله کمتر از 3 متری سواره‌رو	قنوها	
فاصله دید بیشتر از 50 متر اما کمتر از فاصله دید استاندارد	فاصله دید کمتر از 50 متر	فاصله دید نامناسب در قوس‌های افقی	فاصله دید
فاصله دید بیشتر از 50 متر اما کمتر از فاصله دید استاندارد	فاصله دید کمتر از 50 متر	فاصله دید نامناسب در قوس‌های قائم	فاصله دید
علائم هشدار قوس افقی یا قائم کم‌رنگ یا نمایانی ضعیف	نبود علائم هشدار قوس افقی یا قائم	علائم دستوری، علائم هشداردهنده	علائم

جدول 2: اثرات مسائل ایمنی [10، 11]

مشکل ایمنی	تصادفات مربوطه	ΔAF (%)
دسترسی‌ها	همه تصادفات	135
مقطع عرضی	تصادفات خروج از راه، شاخ به شاخ، پهلو به پهلو	100-15 $f(AADT)$
مشخص‌سازی	همه تصادفات	30
خط‌کشی	همه تصادفات	20
روسازی	همه تصادفات	10
کناره راه	تصادفات خروج از مسیر	0
فاصله دید	همه تصادفات	50
علائم	همه تصادفات	20

جدول 3: دامنه‌های کمی برای ضوابط ایمنی 1 تا 3 و کلاس طرح خوب، متوسط و ضعیف [7، 8]

کلاس طرح			ضابطه ایمنی
ضعیف	متوسط	خوب	
$ V_{85i} - V_d > 20 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85i} - V_d \leq 20 \text{ km/h}$	$ V_{85i} - V_d \leq 10 \text{ km/h}$	1
$ V_{85i} - V_{85i+1} \geq 20 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85i} - V_{85i+1} \leq 20 \text{ km/h}$	$ V_{85i} - V_{85i+1} \leq 10 \text{ km/h}$	2
$f_{RA} - f_{RD} < -04/0$	$-04/0 \leq f_{RA} - f_{RD} < + 01/0$	$f_{RA} - f_{RD} \geq + 01/0$	3

سرعت عملکردی می‌تواند با استفاده از مدل‌های رگرسیونی یا تجربی محاسبه شود. با توجه به اینکه رفتار راننده و سرعت عملکردی تحت تاثیر فاکتورهای محیطی و فرهنگی می‌باشد باید هر سازمان مدل مربوط به خود را شناسایی کند بعنوان مثال لام و همکارانش [7] روابط زیر برای راه‌های دوخطه



برون شهری معرفی کرده‌اند:

$$V_{85} = 99.31 - 0.51 \times CD \quad (7)$$

$$V_{85} = 82.76 - 0.45 \times CD \quad (8)$$

$$CD = \frac{360 \times 100}{2 \times \pi \times R} \quad (9)$$

که در آن CD درجه انحنای صدقسمتی و R شعاع قوس بر حسب متر می‌باشد. با توجه به نگرانی‌های ایمنی در رابطه با بخش‌های مستقیم طویل و کوتاه این موارد نیز باید سازگاری آن کنترل شود. برای جلوگیری از خستگی و خیرگی ناشی از چراغ وسایل نقلیه روبرو در شب استانداردها یک ماکزیمم طول مستقیم معادل 22 برابر سرعت طرح (km/h) بر حسب متر را پیشنهاد می‌کنند. حداقل طول مستقیم نیز معمولاً بر اساس سرعت طرح تعریف می‌شود. بعنوان مثال استاندارد ایتالیا مقادیر حداقلی 50، 90 و 150 متر را برای سرعت طرح 60، 80، و 100 کیلومتر بر ساعت تعریف کرده است [5].

فاکتور فراوانی تصادف مربوط به طرح هندسی (GD AF) بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$GD AF = 1 + WS_{GD} \times \Delta AF_{GD} \times P_{GD} \quad (10)$$

که در آن:

WS_{GD} = امتیاز وزنی مربوط به مشکلات طرح هندسی

ΔAF_{GD} = افزایش نسبی در خطر تصادف بر اثر مشکلات طرح هندسی

P_{GD} = نسبت تصادفات تحت تاثیر مشکل طرح هندسی

برای یک مقطع راه با V المان طرح هندسی، امتیاز وزنی از طریق یک متوسط وزنی بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$WS_{GD} = \frac{\sum_{l=1}^v GDS_l \times L_l}{\sum_{l=1}^v L_l} \quad (11)$$

که در آن:

L_l = طول المان هندسی l

GDS_l = امتیاز طرح هندسی المان l

هر GDS_l بین (صفر و یک) با تحلیل افزایش نرخ تصادف با توجه به کلاس طرح برای المان‌های قوسی و کنترل استاندارد طول بیشینه و کمینه برای مسیر مستقیم طبق جدول (4) تخمین زده شده است.

در مطالعات گذشته [7] افزایش خطر تصادف در قوس‌ها در مقایسه با مسیرهای مستقیم (ΔAF_{GD}) 700 درصد ذکر شده است.



جدول (4): امتیازات طرح هندسی (GDS_i) [5]

اجزای قوسی راه		اجزای مسیر مستقیم		تصادفات مربوطه
خوب	2/0	استاندارد	0/0	خروج از راه
متوسط	5/0	طول بیش از بیشینه	1/0	شاخ به شاخ (50%)
ضعیف	0/1	طول کمتر از کمینه	1/0	پهلوی به پهلوی هم جهت یا جهات مختلف (50%)

2-3 - عامل شدت تصادف:

شدت تصادف به عنوان یک معیار نسبت بین تعداد تصادفات شدید (جرحی و فوتی) و تعداد کل تصادفات در نظر گرفته می‌شود. شاخص شدت تصادف با ترکیب دو عامل سرعت عملکردی و خطر کناره راه بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{فاکتور شدت تصادف} = \left(\frac{V_{85}}{V_d}\right) \times RSI AS_{roadside} \quad (12)$$

$$RSI AS_{roadside} = 1 + WS_{roadside} \times P_{roadside} \times \Delta AS_{roadside} \quad (13)$$

$$WS_{roadside} = \frac{\sum_{k=1}^{2 \times n} \max_i (score_{ik} \times Weight_i)}{2 \times n \times 5} \quad (14)$$

که در آن:

$$V_{85} = \text{متوسط سرعت 85 درصد در طول قطعه}$$

$$V_d = \text{سرعت طرح (برای راه‌های دوخطه برون شهری برابر با 90 km/h)}$$

$$RSI AS_{roadside} = \text{فاکتور شدت تصادف کناره راه برای قطعه راه}$$

$$WS_{roadside} = \text{امتیاز وزندار مشکل ایمنی کنار راه}$$

$$P_{roadside} = \text{نسبت تصادفاتی که با خطرات کناره راه ارتباط دارند (نسبت تصادفات خروج از راه به کل تصادفات)}$$

$$\Delta AS_{roadside} = \text{افزایش نسبی تخمینی در شدت تصادف (برابر با 2 فرض می‌شود)} [12, 13]$$

$$Score_{ik} = \text{امتیاز آیتم } i \text{ ایمنی کناره راه در بازرسی واحد } k \text{ (جدول (4))}$$

$$Weight_i = \text{وزن نسبی آیتم } i \text{ ایمنی کناره راه (3 برای خاکریزها، 5 برای پلها، 2 برای دماغه}$$

$$\text{ورودی و ناحیه انتقال گاردریل، 2 برای درختان و دیگر موانع صلب و 1 برای قنوها)} [13]$$

3 - مطالعه موردی

3-1 - جمع آوری اطلاعات

بخشی از راه دوخطه دوطرفه مشهد-کلات نادری به طول 17 کیلومتر جهت مطالعه موردی در نظر گرفته شد. بدین منظور، این مسیر بر اساس ترکیبی از میزان در معرض خطر قرارگیری، شرایط





هندسی، سازگاری و متغیرهای مفهومی مربوط به عملکرد ایمنی به روش شرح داده شده توسط صادقی و همکاران [14] قطعه بندی شد. در ادامه راه مذکور توسط کارشناسان خبره در زمینه ایمنی ترافیک، بازرسی و عوامل معرفی شده خطر بر طبق مقیاس جدول (2) ارزیابی شده است. مشخصات پلان مسیرها با استفاده از مد حرکتی دستگاه GPS برداشت شده است.

اطلاعات تصادفات در محور مذکور از اداره حمل و نقل و پایانه‌های استان خراسان رضوی و پلیس راه استان خراسان تهیه گردید. متأسفانه تنها در سال‌های 1384 تا 1385 اطلاعات تصادفات محورهای استان بر حسب موقعیت (کیلومترژ) و شدت حادثه (جرحی، فوتی و خسارتی) تهیه شده بود و در سال‌های بعد چنین اطلاعاتی به تفکیک کیلومترژ محل وقوع سانحه وجود نداشت.

3-2 - اعتبار سنجی مقایسه با روش موجود

اداره راه و ترابری استان خراسان برای شناسایی نقاط حادثه خیز از روش شاخص همسنگ خسارت مالی¹³ (EPDO) استفاده می کند. در این روش به تصادفات بر حسب شدت‌شان (فوتی، جرحی، خسارتی) وزنی (5، 3، 1) اختصاص داده می‌شود تا یک امتیاز ترکیبی از فراوانی و شدت تصادفات برای هر مکان بدست آید. قسمت‌های با امتیاز بالاتر به عنوان نقاط حادثه‌خیز شناخته می‌شوند. برای آزمودن روش شاخص خطر مقایسه ای بین نتایج آن و نتایج روش معمول انجام می شود. جدول (5) نتایج رتبه‌بندی بر اساس دو روش را نشان می‌دهد.

آزمون همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن¹⁴ برای تعیین سطح همبستگی رتبه‌های حاصل از دو روش استفاده می‌شود. آزمون همبستگی اسپیرمن یک آزمون ناپارامتری است و نیاز به فرض خاصی در خصوص توزیع دو نمونه ندارد. آزمون اسپیرمن با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود:

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^n d_i^2}{n \times (n^2 - 1)} \quad (15)$$

که در آن:

ρ_s = ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن

d_i = اختلاف بین رتبه‌ها در دو روش

n = تعداد اعضای نمونه (در اینجا 10)

می‌باشد. ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برابر 1 بهترین همبستگی و امتیاز برابر صفر عدم وجود همبستگی را نشان می‌دهد [15]. در این مطالعه ضریب همبستگی برابر 0/83 بدست آمده است. نتایج تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین رتبه‌های روش شاخص خطر و روش معمول در سطح اطمینان 99% (P-value = 0/003) وجود ندارد. بنابراین می‌توان از روش پیشنهادی

¹³ Equivalent property damage only

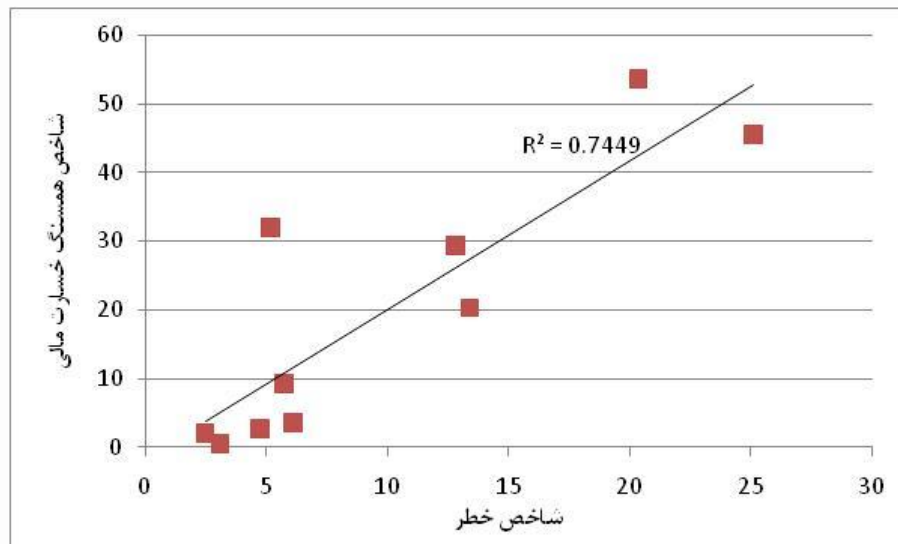
¹⁴ Spearman

در راه‌هایی که آمار قابل اطمینانی برای تصادفات وجود ندارد استفاده کرد. همچنین شکل (1) میزان شاخص خطر را در مقابل شاخص همسنگ خسارت مالی نشان می‌دهد. همانطور که در شکل نشان داده شده است دو شاخص با یکدیگر رابطه خطی دارند. بیشترین اختلاف در مقطع شماره یک است که به ابتدای مسیر بوده و به دلیل مجاورت به شهر میزان بالاتری از تصادفات را دارد. از آنجا که به علت وجود کاربری‌های متمرکز و مختلف صنعتی و تفریحی در حاشیه مسیرها در نزدیکی شهرها عوامل حواس‌پرتی، حجم جریان و آشفتگی ترافیکی بیشتر است، لذا شماری از تحقیقات [16، 17] نشان می‌دهند که میزان وقوع تصادفات با فاصله از شهر نسبت عکس دارد. در صورت حذف این مقطع میزان همبستگی بین دو شاخص بسیار بیشتر می‌شود ($R^2=0/91$).

جدول 5: مقایسه بین دو روش رتبه‌بندی

شماره قطعه	ضریب در معرض خطر قرارگیری	ضریب فراوانی تصادف	ضریب شدت تصادف	شاخص خطر	رتبه بر اساس شاخص خطر	شاخص همسنگ خسارت مالی	رتبه بر اساس شاخص همسنگ خسارت مالی
1	1/5	2/77	1/24	5/15	7	32	3
2	5/1	2/68	1/49	20/36	2	53/6	1
3	2/4	3/21	1/66	12/80	4	29/4	4
4	1/35	2/18	1/60	4/71	8	2/7	8
5	1/5	2/80	1/36	5/70	6	9/3	6
6	7/5	2/59	1/29	25/10	1	45/5	2
7	0/75	3/22	1/02	2/46	10	2/1	9
8	1/035	4/80	1/23	6/11	5	3/6	7
9	3/465	2/82	1/37	13/40	3	20/3	5
10	0/9	3/07	1/11	3/07	9	0/5	10





شکل ۱: مقادیر شاخص خطر در مقابل شاخص همسنگ خسارت مالی (EPDO).

4 - نتیجه گیری

کمی کردن عوامل کیفی خطر تصادف با استفاده از بازرسی و امتیازدهی توسط کارشناس در ترکیب با قوانین تئوری از جمله روش‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری می‌باشد. نتایج مناسب بدست آمده از این روش‌ها در مواردی که اطلاعات کافی از تصادفات گذشته وجود ندارد باعث گرایش بیشتر به استفاده از آنها شده است. در این مقاله شاخصی به منظور شناسایی قطعات حادثه‌خیز بر اساس مشخصات ترافیکی، نتایج بازرسی ایمنی راه و ارزیابی سازگاری طرح هندسی ارائه شده است. شاخص خطر (HI) از سه مولفه کلی خطر شامل در معرض خطر قرار گرفتن کاربران راه، احتمال درگیر شدن در تصادف (شاخص فراوانی تصادف) و شرایط منتهجه از تصادف (شاخص شدت تصادف) تشکیل می‌شود. مطالعه موردی نشان می‌دهد که نتایج این شاخص همبستگی بالایی با رتبه‌بندی حاصل از دیگر روش‌های موجود دارد. استفاده از این شاخص بویژه در راه‌هایی که داده‌های قابل اعتماد از تصادفات گذشته وجود ندارد توصیه می‌شود. در راه‌هایی که اطلاعات تصادف مناسب وجود دارد نیز از این روش به موازات روش‌های مبتنی بر داده‌های تصادفات و بویژه شناسایی عوامل موثر بر تصادفات استفاده کرد.

با توجه به اینکه در شاخص شرح داده شده از مدل‌های رگرسیونی سرعت عملکردی و اطلاعات اثرات عوامل خطر بر افزایش تصادفات در دیگر کشورها استفاده شده است تهیه و استخراج چنین مدل‌ها و اطلاعاتی برای متناسب تر شدن شاخص معرفی شده با توجه به شرایط کشور پیشنهاد می‌شود.



- 1- AASHO,1967. "Highway design and operational practices related to highway safety, A report of special AASHO traffic safety committee". Washington, DC.
- 2- AASHTO,1997. "Highway safety design and operation guide". Washington, DC
- 3- Montella, A.,2005. "Safety reviews of existing roads: Quantitative safety assessment methodology " Transportation Research Record, vol. 1922, pp. 62-72.
- 4- Leur, P. d. and Sayed, T.,2002. "Development of a road safety risk index," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1784, pp. 33-42.
- 5- Cafiso, S., Cava, G., and Montella, A.,2007. "Safety index for evaluation of two-lane rural highways," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 2019, pp. 136-145.
- 6- Cafiso, S., La Cava, G., Leonardi, S., Montella, A., and Pappalardo, G.,2005. "Operative procedures for road safety inspections," Warsaw, Poland.
- 7- Lamm, R., B. Psarianos, T. Mailaender, E.M. Choueiri, R.Heger, and R. Steyer.Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook. McGraw-Hill, New York, N.Y., 1999.
- 8- Lamm, R., Psarianos, B., and Cafiso, S.,2002. "Safety evaluation process for two-lane rural roads: A 10-year review," Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, vol. 1796, pp. 51-59.
- 9- Cafiso, S., La Cava, G., Leonardi, S., Montella, A., and Pappalardo, G.,2006. "The safety inspection operative manual. Annex of Mid Term Research Report, ". Catania, Italy: European Union DG TREN Project-03-ST-S07.31286.
- 10- Hauer, E.,1997. "Observational before-after studies in road safety: Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety". Tarrytown, NY: Pergoman Press.
- 11- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Highway Safety Manual. Washington, DC, 2010.
- 12- Elvik, R. and Truls, V.,2004. "The handbook of road safety measures". Oxford, UK: Elsevier science.
- 13- AASHTO,1996. "Roadside design guide", Second ed. Washington, DC.
- 14- صادقی، ع، آیتی، ا، پیرایش نقاب، م، " شناسایی و اولویت بندی قطعات حادثه خیز راه با رویکرد قطعه بندی مسیر و تحلیل پوششی داده ها"، مجله مهندسی حمل و نقل، سال سوم، شماره اول، ص 55-68.
- 15- Montella, A., 2005. reviews of existing roads: quantitative safety assessment methodology. Journal of Transportation Research Record 1922, 67-72.
- 16- آیتی، ا. (1371). "تصادفات جاده‌ای ایران (تجزیه و تحلیل، مقایسه و محاسبه هزینه)"، ایران: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره 126.
- 17- Samuel, C., Keren, N., Shelley, M.C., Freeman S.A., (2009) "Frequency analysis of hazardous material transportation incidents as a function of distance from origin to incident location", Journal of Loss Prevention in the Process Industries 22, pp. 783-790.



Application of hazard index for identifying of accident prone sections based on road safety inspection

Aliasghar Sadeghi, Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad,Iran
Esmaeel Ayati, Professor, Techno-Economic Road Safety Research Center,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad,Iran

Abstract

Nowadays, road safety inspection is considered in many countries because of a defect in reliable accident and lack of information about preventable accidents. Also, different indices are defined to quantify the risk concept and identify the accident-prone sections. In Iran there is not a systematic method of road safety inspection and a numeric index for comparing of different road sections. This paper aims to introduce a hazard index for the two-way two-lane roads. This index combines the exposure of road users, the results of inspections and the evaluation of road design consistency. Described index is tested and compared with the equivalent property damage method using a case study. The results from the correlation analysis provide validation for the index which indicates that there is no significant difference between ranking of hazard index and EPDO method. Particularly, use of this index is recommended for the roads without the reliable accident data.

