ارزیابی تاثیر ایمنی بهبود خط‌کشی در تصادفات راه‌های برونشهری (مطالعه موردی: محور شهرضا- سمیرم)

مقاله علمی – پژوهشی

حامد سیفی*، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hamedsaify@pnu.ac.ir

دریافت: ۱٤۰٤/۰۱/۲۲- پذیرش: ۱٤۰٤/۰۵/۰۱
صفحه ۳۸٤-۳۷۷

چکیده

بهبود خط کشی راه که در واقع احیا و رنگ آمیزی مجدد آن است یکی از اقدامات ایمن سازی شناخته شده و موثر در کاهش تصادفات است. با این حال تا کنون مطالعه ای برای تخمین تاثیر عددی آن در کشور انجام نشده است. لذا تحقیق حاضر به منظور تعیین تاثیر عددی بهبود خط کشی در کاهش تصادفات راه‌های برونشهری انجام گرفته است. بدین منظور محور شهرضا – سمیرم در استان اصفهان به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و از روش بیزتجربی برای تحلیل داده های جمع آوری شده و تخمین تاثیر بهبود خط کشی در کاهش تصادفات استفاده شده است. داده‌های مورد تحلیل در محور مورد مطالعه شامل حجم ترافیک و فراوانی تصادفات طی سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ برای دوره قبل و ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ برای دوره بعد از منابع و مراجع ذی ربط جمع آوری گردید. با اعمال روش بیزتجربی مشخص شد که بهبود خط کشی توانسته است که فراوانی تصادفات را به میزان ٤۷ درصد کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی راه، بهبود خطکشی، تصادفات، راه‌های برونشهری

۱- مقدمه

تصادفات جاده‌ای یکی از علل اصلی مرگ‌ومیر در جهان هستند (WHO, 2018) به گونه‌ای که تقریبا هر ساله حدود ۱,۱۹ میلیون نفر در سوانح رانندگی در سراسر جهان کشته می‌شوند (WHO, 2023). این آمار شوکه کننده نشان می‌دهد که علی‌رغم تلاش‌های زیادی که از دیرباز برای ارتقای ایمنی راه در سراسر دنیا صورت گرفته است، بهبود ایمنی و رسیدن به وضعیتی ایمن به کندی پیش می‌رود. این کندی تا حدی به ماهیت پویا و پیچیده ترافیک راه مربوط می‌شود و عملکرد ایمنی به عوامل مرتبط با محیط راه، وسیله نقلیه و کاربران راه بستگی دارد (HSM, 2010). با توجه به تمایل به خطا، مدت‌هاست که رانندگان به عنوان یکی از عوامل اصلی تصادفات جاده‌ای در نظر گرفته می‌شوند (هرچند که عوامل خارجی معمولاً به خطای راننده کمک می‌کنند). ویژگی‌های راه، همچنین خود وسیله نقلیه، می‌توانند موجب خطای راننده شوند و بنابراین علت اصلی تصادف باشند. لذا استراتژی‌های فعلی ایمنی راه و در راس آنها رویکرد سیستم ایمن، به‌وضوح بین عواملی که واقعاً باعث تصادفات جاده‌ای می‌شوند (چه کاربر راه، محیط راه، مرتبط با راه و غیره) تمایز قائل شده و بر رویکرد چندرشته‌ای و جامع برای حل این مشکل تمرکز می‌کنند. هدف چنین رویکردی اقدام هم‌زمان پیشگیرانه برای بهبود زیرساخت راه، سیستم‌های ایمنی وسیله نقلیه، قوانین و رفتار کاربران راه است (Piarc, 2019). یکی از مفاهیم مدرن مرتبط با زیرساخت‌های راه، مفهوم "راه‌های خودمعرف" است. این مفهوم که برای اولین بار در هلند پیاده‌سازی شد، رانندگان را ترغیب می‌کند تا به‌طور طبیعی رفتاری متناسب با طراحی راه اتخاذ کنند (Teeuwes, 1998). هدف این مفهوم ارائه اطلاعات به رانندگان درباره وضعیت پیش

رو به شیوه‌ای آسان و شهودی با اقدامات مختلف و موثر از جمله خط‌کشی و تابلوگذاری است (Mosbock & Burghardt, 2016; European Comission, 2019; European Road Federation, 2014; Miller, 1992).

به‌طور کلی، به عنوان بخشی از طرح کنترل ترافیک، خط‌کشی راه، با استفاده از خطوط، نوشتار و نمادها راهنمای بصری برای کاربران راه فراهم کنند (Babic et al, 2016). اولین استفاده از خط‌کشی راه در سال ۱۹۱۱ در کنار جاده ترنتون ریور در میشیگان ثبت شده است (Industrial Commercial Striping, 2015). از آن زمان، خط‌کشی به بخشی مهم و غیرقابل‌تفکیک از زیرساخت‌های راه تبدیل شده و یکی از عناصر ایمنی رایج در سراسر جهان است (Li, 2017). توسعه بیشتر و استفاده گسترده‌تر آن در اواسط دهه ۱۹٦۰ به فعالیت‌های علمی در زمینه مسائل مختلفی مانند تأثیر ایمنی خط‌کشی منجر شد و مطالعات متعددی در این خصوص در دنیا انجام گرفت. یکی از اولین مطالعات در سال ۱۹۸۱ با هدف تحلیل تأثیر بهبودهای خط‌کشی بر ایمنی راه انجام شد. بهبود خط‌کشی به معنای افزودن خطوط وسط و یا خطوط لبه بر روی راه بود. پس از مقایسه تعداد تصادفات جاده‌ای قبل و بعد از بهبود خط‌کشی که منجر به آسیب یا مرگ و میر شده بودند، نتیجه‌گیری شد که تعداد آن‌ها به‌طور قابل توجهی بین ۳ تا ۱٦ درصد بسته به روش بهبود خط‌کشی کاهش یافته است (FHWA, 1981). ال‌ماسیید و سینها (Al-Masaeid & Sinha, 1994) تأثیر ایمنی خط‌کشی راه را بر روی ۱۰۰ راه برونشهری جدانشده در ایالت ایندیانا ارزیابی کردند. این تحلیل بر اساس تعیین نسبت نرخ تصادفات مورد انتظار بر اساس عوامل کاهش تصادف انجام شد. به‌منظور حذف اثر رگرسیون به میانگین، نویسندگان از روش بیزتجربی برای تخمین نرخ‌های تصادف مورد انتظار در دوره‌های قبل و بعد استفاده کردند. نتیجه ارزیابی، سطح قابل توجهی از کاهش تصادفات را نشان داد. تسیگانوف و همکاران (Tsyganov et al, 2006) یک ارزیابی قبل و بعد از افزودن خطوط لبه بر ایمنی راه در یک راه دوخطه در تگزاس انجام دادند. نویسندگان نتیجه‌گیری کردند که تصادفات در راه‌های بدون خطوط لبه ۱۱ درصد بیشتر از راه‌های دارای خطوط لبه است. پارک و همکاران (Park et al, 2012) تأثیر عرض خط‌کشی بر ایمنی راه را در راه‌های برونشهری دوخطه در مناطق میشیگان، کانزاس و ایلینویز با استفاده از تحلیل قبل و بعد ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که خطوط لبه عریض‌تر، تصادفات فوتی و جرحی را در مناطق فوق به ترتیب ۳٦,۵، ۱۵,٤ و ۳۷,۷ درصد کاهش داده اند. در مطالعه‌ای که بر اساس تحلیل قبل و بعد بیزتجربی انجام شد، پارک و همکاران (Park et al., 2019) دریافتند که خط‌کشی راه در شرایط بارانی می تواند تأثیرات ایمنی مثبتی بر تصادفات جاده‌ای در شب‌های بارانی دارد. در مطالعاتی نیز که برای تاثیر ایمنی بازتابندگی (احیای) خط‌کشی بر تصادفات جاده‌ای شبانه انجام شد (NCHRP, 2002; Smadi, 2010; Carlson et al., 2013; Avelar & Carlson, 2014; Aldemir-Bektas et al., 2016) نتایج نشان از ارتباط معنادار بازتابندگی بهتر خط‌کشی و کاهش تصادفات داشت. همانگونه که بررسی شد مطالعات متعددی در سطح دنیا برای تاثیر ایمنی خط کشی راه انجام شده و می توان نتایج آن را از لحاظ علمی به کار بست. اما نکته مهم این است که میزان تاثیر عددی این اقدام در نقاط مختلف دنیا متفاوت است که به رفتار متفاوت رانندگان مربوط می‌شود. لذا، متولیان ایمنی راه در هر کشور می‌بایست از مقدار عددی آن در کشور خود آگاه باشند تا بتوانند در مواقع لزوم و به ویژه در اولویت بندی اقدامات ایمن سازی با توجه به هزینه موجود تصمیم درست را اتخاذ نمایند. به همین دلیل با توجه به اینکه تا کنون در ایران مطالعه ای در این خصوص انجام نشده است، هدف مطالعه حاضر تعیین میزان تاثیر عددی خط کشی راه در کاهش تصادفات در شرایط محلی کشور است و بدین منظور با انتخاب محور برونشهری "شهرضا- سمیرم" در استان اصفهان به عنوان مطالعه موردی، این هدف دنبال شده است.

۲- روش تحقیق

روش بیزتجربی که توسط هائر برای تخمین ایمنی توسعه داده شده است (Koohi & Saffarzadeh, 2022) به مشکلاتی مانند عوامل خارجی موثر در محاسبه مانند حجم ترافیک و همچنین پدیده رگرسیون به میانگین رسیدگی کرده و بر آنها فائق می آید (Khan et al., 2015) که سبب تخمینی دقیق‌تر و قابل اطمینان می‌شود. روش بیزتجربی روشی است که به این نکته توجه دارد که شمار تصادفات، تنها معیار ایمنی یک راه نیست و تعداد تصادفات مورد انتظار در محلی که در آن اقدام ایمن سازی اجرا شده است به گونه ای در محاسبات به کار می گیرد که با برآورد تصادفات در صورتی که اقدام ایمن سازی اجرا نمی‌شد

مقایسه شود (Persaud et al. 2010; Khan et al. 2015). روش تحلیل بیزتجربی رایج‌ترین و پذیرفته‌شده‌ترین رویکرد آماری برای ارزیابی‌های قبل و بعد اقدامات ایمن سازی راه است (Kitali & Sando 2017). در حالی که این روش در ابتدا توسط هائر پیشنهاد شد، راهنمای ایمنی راه (AASHTO 2010) روش پذیرفته‌شده‌ای را برای به‌کارگیری روش EB برای ارزیابی و تخمین اثربخشی ایمنی یک اقدام اصلاحی ارائه می‌دهد. این روش توسط کوهی و شعبانی (Koohi & Shabani, 2024) و کوهی و صفارزاده (Koohi & Saffarzadeh, 2022) به خوبی و به شرح زیر معرفی شده است.

۲-۱- روش بیزتجربی

به گفته کوهی و شعبانی (Koohi & Saffarzadeh, 2022)، تاثیر ایمنی اقدامات ایمن سازی در روش EB مطابق معادله (۱) محاسبه می‌شود.

$$\text{تاثیر ایمنی} = O_A/E_A \quad (۱)$$

که E_A فراوانی تصادفات موردانتظار در دوره بعد و O_A فراوانی تصادفات مورد انتظار در دوره قبل هستند.

۲-۱-۱- مدل پیش‌بینی تصادف

شروع محاسبات در روش بیزتجربی بکارگیری یک مدل پیشبینی تصادف مناسب برای وضع موجود است. مدل پیش بینی تصادف در اشتو برای راه‌های برونشهری مطابق معادله (۲) معرفی شده است.

$$N_{spf} = N_{spf\,rs} \times C_r \times CMF \quad (۲)$$

که

$$N_{spf\,rs} = AADT \times L \times 365 \times 10^{-6} \times e^{(-0.312)} \quad (۳)$$

که N_{spf} فراوانی پیش‌بینی شده تصادفات است، $N_{spf\,rs}$ فراوانی پیش بینی شده تصادفات برای شرایط پایه است، C_r عامل کالیبره کردن مدل برای وضعیت محل است که از نسبت تصادفات مشاهده به پیش‌بینی شده به دست می‌آید، CMF ضریب بهبود تصادف است که در اشتو برای خطکشی راه مقدار ۰/۷٦ ارائه شده است، AADT متوسط حجم ترافیک روزانه در سال بر حسب وسیله نقلیه در روز و L طول راه بر حسب کیلومتر است. این مدل، برای پیش‌بینی تصادفات دوره‌های قبل (P_B) و بعد (P_A) در مراحل بعدی فرآیند استفاده می‌شود.

۲-۱-۲- محاسبه فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره قبل

مرحله بعدی تخمین فراوانی تصادف موردانتظار مطابق معادله (٤) در محلی است که اقدام ایمن سازی اجرا شده است (کوهی و شعبانی، ۱٤۰۳).

$$E_B = w_1 \times O_B + w_2 \times P_B \quad (٤)$$

که:

$$w_1 = \frac{P_B}{P_B + 1/k} \quad (۵)$$

و

$$w_2 = \frac{1}{k(P_B + 1/k)} \quad (٦)$$

که:

E_B فراوانی تصادفات موردانتظار دوره قبل؛

O_B فراوانی تصادفات مشاهده شده دوره قبل؛

P_B فراوانی تصادفات پیش بینی شده دوره قبل؛ و

K پارامتر بیش پراکندگی توزیع دوجمله‌ای منفی است. مقدار این پارامتر برای قطعه راه به‌صورت $k = 0.236/l$ (l طول راه) است (AASHTO, 2010).

۲-۱-۳- محاسبه فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره بعد (در صورت اجرانشدن اقدام ایمن سازی)

فراوانی تصادفات موردانتظار دوره بعد بدون اجرای اقدام ایمن سازی مطابق معادله (۷) محاسبه می‌شود.

$$E_A = E_B \times R \quad (۷)$$

که :

E_A فراوانی تصادفات دوره بعد؛

E_B فراوانی تصادفات موردانتظار دوره قبل؛ و

R عامل تنظیم برای تفاوت دوره‌های قبل و بعد مطابق معادله (۸) است.

$$R = \frac{P_A}{P_B} \quad (۸)$$

که:

P_B فراوانی تصادفات پیش بینی شده دوره قبل؛ و

P_A فراوانی تصادفات پیش بینی شده دوره بعد است.

۲-۱-٤- تعیین تاثیر اقدام ایمن سازی

در نهایت مطابق معادله (۹)، تاثیر ایمنی اقدام اصلاحی محاسبه می‌شود.

$$OR' = O_A/E_A \qquad (۹)$$

که:

OR' تاثیر ایمنی اقدام ایمن سازی؛

E_A فراوانی تصادفات موردانتظار در دوره بعد؛ و

O_A فراوانی تصادفات مورد انتظار در دوره قبل هستند.

در صورتی که مقدار OR' کمتر از ۱ باشد، اقدام ایمن سازی سبب کاهش تصادفات و در صورتیکه بیش از ۱ باشد، سبب افزایش تصادفات شده است. از آنجا که نتیجه معادله (۹) قابل اطمینان نیست (AASHTO, 2010)، اشتو معادلات (۱۰) تا (۱۲) را به کار گرفته تا تاثیر ایمنی قابل اطمینان برای اقدام ایمن سازی محاسبه گردد.

$$OR = \frac{OR'}{1+\left[\frac{Var(E_A)}{E_A^2}\right]} \qquad (۱۰)$$

$$Var(E_A) = R^2 \times E_B \times (1-w_1) \qquad (۱۱)$$

$$\theta = 100 \times (1-\theta) \qquad (۱۲)$$

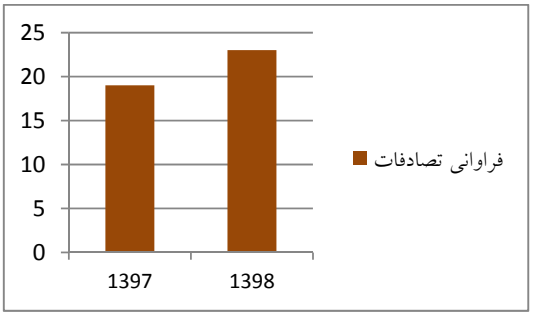
که :

$Var(E_A)$ واریانس تصادفات موردانتظار دوره بعد؛ و θ درصد کاهش تصادفات ناشی از اقدام ایمن‌سازی مورد نظر برای شرایط محلی مورد تحلیل است.

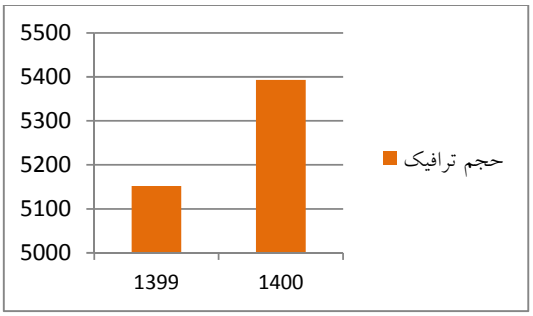
۳- مطالعه موردی

محور شهرضا – سمیرم به طول ۸۱ کیلومتر برای بررسی تاثیر ایمنی خط کشی انتخاب شده است که موقعیت مکانی آن در شکل (۱) مشخص شده است. داده‌های تصادفات قبل و بعد از احیای خط کشی از پلیس راه شهرستان شهرضا و داده‌های حجم ترافیک از سایت مدیریت راه کشور (سامانه ۱٤۱) جمع‌آوری شد. این داده‌ها در شکل‌های (۲) تا (۵) ارائه شده اند. بهبود خط کشی در انتهای سال ۱۳۹۸ انجام شده و دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به عنوان دوره قبل و دو سال ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ به عنوان دوره بعد انتخاب شده است. علت انتخاب دو سال برای دوره قبل این است که خط کشی در اوج ضعف خود قرار داشته و دو سال برای دوره بعد این است که خط کشی در اوج کارایی و بازتابندگی قرار داشته است.

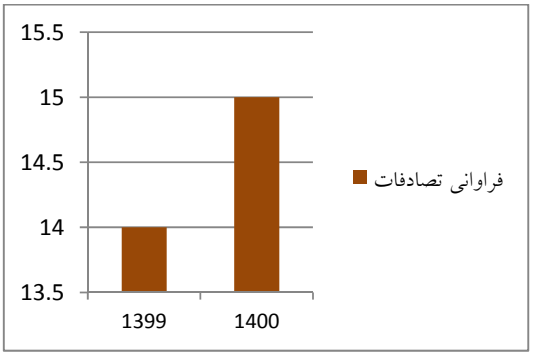
شکل ۱. محور مورد مطالعه (شهرضا- سمیرم)



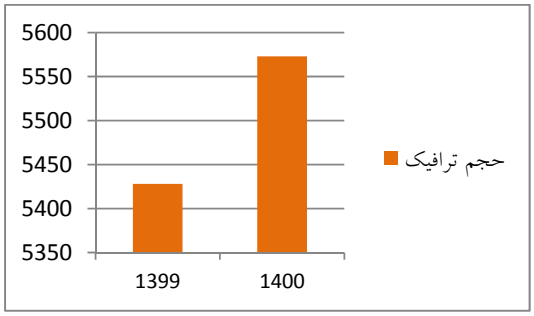
شکل ۲. فراوانی تصادفات دوره قبل از بهبود خط‌کشی



شکل ۳. حجم ترافیک دوره قبل از بهبود خط‌کشی



شکل ٤. فراوانی تصادفات دوره بعد از بهبود خط‌کشی



شکل ۵. حجم ترافیک دوره بعد از بهبود خط‌کشی

٤- نتایج

با بکارگیری روش EB و اعمال گام به گام معادلات (۱) تا (۱۲) اقدامات زیر انجام و مقادیر مربوطه محاسبه شد که در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

-پیش‌بینی فراوانی تصادفات در هر سال از دوره قبل و بعد با استفاده از داده‌های جدول (۱) و معادلات (۲) و (۳)؛

-محاسبه فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره قبل با استفاده از معادله (٤)؛

-محاسبه عامل تنظیم تفاوت دوره‌های قبل و بعد با استفاده از معادله (۸)؛

-محاسبه فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره بعد با استفاده از معادله (۷)؛

-محاسبه تاثیر ایمنی اولیه (دارای اطمینان کم) بهبود خط کشی با استفاده از معادله (۹)؛ و

-محاسبه ضریب بهبود تصادف (تاثیر ایمنی با اطمینان زیاد) برای بهبود خط کشی.

نتایج موارد فوق در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. فراوانی تصادفات پیشبینی‌شده دوره مطالعه

سال	فراوانی
۱۳۹۷	۱٤
۱۳۹۸	۱۸
۱۳۹۹	۱۱
۱٤۰۰	۱۱

جدول ۳. نتایج محاسبات روش *EB*

پارامتر	نتیجه
تصادفات مورد انتظار دوره قبل	۳۵
عامل تنظیم تفاوت در حجم ترافیک	۰,٦۷
تصادفات مورد انتظار دوره بعد	٤۹
OR'	۰,٦
$\boldsymbol{\theta}$ **یا** CMF	۰,۵۷
کاهش تصادفات	٤۳ درصد

۵-نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به منظور محاسبه ضریب بهبود تصادف برای اقدام این سازی بهبود خط کشی در راه‌های برونشهری کشور انجام شد. مطالعه موردی استفاده شده برای رسیدن به این هدف، محور شهرضا – سمیرم واقع در استان اصفهان بود. داده‌های حجم ترافیک و فراوانی تصادفات در دو سال قبل و دو سال بعد از بهبود خط کشی جمع آوری و با استفاده از روش بیز تجربی (EB) مورد تحلیل قرار گرفت. تعداد دو سال برای دوره‌های قبل و بعد به این علت انتخاب شد که خط کشی در قبل از بهبود در اوج ضعف و پس از بهبود در اوج کارایی قرار دارد. نتیجه به دست آمده برای CMF مقدار ۰,۵۷ بود که نشان دهنده ٤۳ درصد کاهش تصادفات است. این نتیجه با پیشینه موضوع نیز مطابقت دارد که مقدار بدست آمده را تایید می‌نماید.

٦- مراجع

-کوهی، محمد و شعبانی، شاهین (۱٤۰۳). ارزیابی اثربخشی حفاظ ایمنی در کاهش شدت تصادفات خروج از راه. *پژوهشنامه حمل و نقل*، سال بیست و یکم، دوره چهارم، شماره ۸۱، ۱۷۰-۱٦۱.

-کوهی، محمد و صفارزاده، محمود (۱٤۰۱). اثربخشی اجرای همزمان اقدامات اصلاحی در نقاط پرتصادف (مطالعه موردی: محور ملایر جوکار). *پژوهشنامه حمل و نقل*، سال نوزدهم، دوره دوم، شماره ۷۱، ۱٦۰-۱٤۹.

-Li, Z., (2017). Incorporating traffic control and safety hardware performance functions into risk-based highway safety analysis. *Promet - Traffic & Transportation*, Vol. 29, No. 2, 143–153.
-Miller, T. (1992). Benefit–cost analysis of lane marking," Transportation Research Record, vol. 1334, 38–45.
-Mosbock, H., Burghardt, T. E., (2016). Importance of road ¨ markings for road safety and modern traffic management. *In Proceedings of the 1st European Road Infrastructure Congress*, Leeds, UK, October.
-National Cooperative Highway Research Program, (2002). Longterm pavement marking practices chapter four: traffic crashes and pavement markings. Report, Washington DC, USA.
-Park, E. S., Carlson, P. J., Pike, A., (2019). Safety effects of wet weather pavement markings. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 133, Article ID 105271.
-Park, E. S., Carlson, P. J., Porter, R. J., Andersen, C. K., (2012). Safety effects of wider edge lines on rural, two-lan, Vol. 48, No. 9, 317–325.
- Persaud, B, Lan, B, Lyon, C & Bhim, R., (2010). Comparison of empirical Bayes and full Bayes approaches for before–after road safety evaluations. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 1, 38-43.
-PIARC (2019). Road Safety Manual: A Guide for Practitioners.
-Smadi, O., (2010). Pavement markings and safety. *Report, p. 70, Center for Transportation Research and Education*, IA, USA.
-Teeuwes, J., (1998). Self-explaining roads: subjective categorisation of road environments. Self-explaining roads: subjective categorisation of road environments. In Vision in Vehicles VI, G. Gale, I. D. Brown, C. M. Haslegrave, and S. P. Taylor, Eds., North-Holland, Netherlands.
-Tsyganov, A. R., Machemehl, R., Warrenchuk, N. M., Wang, Y., (2006). Before-after comparison of edgeline effects on rural two-lane highways. Report, p. 105, *Texas Department of Transportation*, Austin, USA.
-World Health Organization, (2023). Global status report on road safety 2023.
-World Health Organization, (2018). Geneva, Switzerland.
-AASHTO (2010). Highway safety manual, 1 edn, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
-Aldemir-Bektas, B., Gkritza, K., Smadi, O., (2016). Pavement marking retroreflectivity and crash frequency: segmentation, line type, and imputation effects. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 142, No. 8, Article ID 04016030.
-Al-Masaeid, H. R., Sinha, K. C., (1994). Analysis of accident reduction potentials of pavement markings. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 120, No. 5, 723–736.
-Avelar, R. E., Carlson, P. J., (2014). Characterizing the association between nighttime crashes and retroreflectivity of edgelines and centerlines on Michigan rural two-lane highways. *In Proceedings of the 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Record*, Washington, DC, USA.
-Babic, D., cukanec, S., Babi, D., (2016). Determining the ´ correlation between daytime and night-time road markings visibility. *7e Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, Vol. 11, No. 4, 283–290.
-Carlson, P., Park, E. S., Kang, D. H., (2013). Investigation of longitudinal pavement marking retroreflectivity and safety. *Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2337, 59–66.
-European Comission, Mobility and Transport, (2019). Promising road safety measures based on cost-benefit analyses.
-European Road Federation, (2014). Marking the way towards a safer future: an ERF position paper on how road markings can make our road safer. *European Road Federation*, Bruxelles, Belgium.
-Federal Highway Administration, (1981). Department of Transportation, Highway Safety Stewardship Report, Vol. 107 Report, Washington DC, USA.
-Industrial Commercial Striping, (2015). A Brief History of Road Surface Marking and Striping, Industrial Commercial Striping, New Hudson, MI, USA.
- Khan, M, Abdel-Rahim, A & Williams, CJ (2015). 'Potential crash reduction benefits of shoulder rumble strips in two-lane rural highways. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 75, No. C, 35-42.
-Kitali, AE & Sando, PET, (2017). A full Bayesian approach to appraise the safety effects of pedestrian countdown signals to drivers. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 106, 327- 35.

Evaluation of the Impact of Road Marking Improvement on Crashes on Rural Roads (Case Study: Shahreza – Semirom)

Hamed Saify, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran.

E-mail: hamedsaify@pnu.ac.ir

Received: May 2025- Accepted: August 2025

ABSTRACT

Improving road markings, which essentially involves restoring and repainting them, is a well-known and effective safety measure for reducing crashes. However, to date, no study has been conducted to estimate its numerical impact in the country. Therefore, this research aims to determine the numerical impact of improved road markings on the reduction of crashes on rural roads. For this purpose, the Shahreza - Semirom route in Isfahan province was selected as a case study. The Bayes method was used to analyze the collected data and estimate the impact of road marking improvement on crashes reduction. The analyzed data for the study area included traffic volume and accident frequency during the years 1397 and 1398 for the pre-improvement period and 1399 and 1400 for the post-improvement period, gathered from relevant sources. By applying the EB method, it was determined that road marking improvements have reduced the frequency of crashes by 47%.

Keywords: Road Safety, Marking Improvement, Crashes, Rural Roads