ارزیابی اثربخشی حفاظ ایمنی در کاهش شدت تصادفات خروج از راه

مقاله علمی – پژوهشی

محمد کوهی*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
شاهین شعبانی، دانشیار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.koohhi@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹– پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۳۰
صفحه ۱۷۰-۱۶۱

چکیده

یکی از انواع مهم تصادفات در راه‌های برونشهری، تصادفات خروج از راه هستند. این نوع از تصادفات سهم عمده‌ای در تصادفات راه‌های برونشهری دارند. ایمنسازی حاشیه راه می تواند فراوانی و شدت تصادفات خروج از راه را کاهش دهد. یکی از تجهیزات مهم و کاربردی برای جلوگیری خروج وسیله نقلیه از راه، حفاظ ایمنی است. حفاظ ایمنی می تواند با جلوگیری از خروج وسیله نقلیه از مسیر، عواقب آن که می تواند فوت یا جراحات شدید باشد را کاهش دهد. تعیین میزان عددی تاثیر این اقدام در کاهش شدت تصادفات می‌تواند متولیان ایمنی راه را برای ارزیابی اقتصادی مبتنی بر کاهش شدت و مقایسه با سایر اقدامات ایمنسازی و نهایتا تصمیم برای اجرای آن یا انتخاب سایر گزینه‌های بهینه، یاری نماید. بدین منظور پژوهش حاضر برای تعیین میزان عددی تاثیر حفاظ ایمنی در کاهش شدت تصادفات خروج از راه، یک محور برونشهری در استان ایلام را برای مطالعه انتخاب و داده‌های تصادفات ۲ سال قبل از اجرای حفاظ و ۳ سال بعد از آن را با استفاده از روش قبل و بعد بیزتجربی تحلیل کرده است. نتیجه پژوهش نشان می‌دهد که حفاظ ایمنی می‌تواند تصادفات فوتی را ٤١ درصد و تصادفات جرحی را ٤٢ درصد کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی راه، حفاظ ایمنی، تصادفات خروج از راه

۱- مقدمه

تصادفات خروج از راه یکی از مهمترین علل مرگ و میر جاده ای در سراسر جهان است (UNECE, 2021). برای مثال در استرالیا، تصادفات خروج از راه تقریباً دو سوم تصادفات شدید و مرگبار را تشکیل می‌دهند (FHWA, 2019; TMR, 2018). بر اساس تحقیقات جلایر و ژو (۲۰۱٦)، حدود ٦۲٪ تصادفات مرگبار در ایالات متحده به دلیل خروج از راه رخ می‌دهند، زیرا ویژگی‌های حاشیه راه بگونه ای است که معمولاً با خروج وسیله نقلیه از راه، خسارت شدیدی به آن وارد شده که نهایتاً سبب آسیب شدید به سرنشینان آن نیز خواهد شد. با توجه به این موضوع، بسیاری از مطالعات ایمنی در دنیا بر تصادفات خروج از راه متمرکزند (Chen & Chen, 2010; Khan & Vachal, 2020). بخشی از این مطالعات به مدلسازی تصادفات خروج از راه می پردازند، بخشی به دنبال شناسایی اقدامات ایمن‌سازی راه برای تصادفات خروج از راه هستند و بخشی نیز بر تعیین تاثیر اقدامات ایمن سازی بر کاهش فراوانی و شدت تصادفات خروج از راه متمرکزند. بطور معمول ایمن سازی راه‌ها با اجرای اقدامات اصلاحی انجام می‌شود. اجرای اقدام اصلاحی کار چندان مشکلی نیست، اما تصمیم برای اینکه چه اقدام اصلاحی باید انتخاب شود، مشکل اصلی مسئولان ذی‌صلاح در کشور است. دلیل مشکل بودن این تصمیم، محدود بودن منابع مالی برای

سازمان‌های مربوط به ایمنی از جمله سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای است. در واقع یک مدیر ارشد در زمان انتخاب یک اقدام اصلاحی با سوالات زیادی مواجه است. آیا انتخاب این اقدام اصلاحی در میان گزینه‌های مختلف، انتخاب درستی است؟ آیا این اقدام اصلاحی تصادفات را کاهش خواهد داد؟ میزان کاهش تصادفات در نتیجه این اقدام اصلاحی چقدر خواهد بود؟ در تمام دنیا این گونه سوالات را می توان به راحتی با مراجعه به ضرایب بهبود تصادف مربوط به اقدامات اصلاحی پاسخ داد. ضریب بهبود تصادف[۲] (CMF)، عددی است که میزان کاهش تصادف ناشی از اجرای اقدام اصلاحی را نشان می‌دهد. مدیران ارشد و تصمیم گیرندگان در زمان تصمیم برای اینکه چه اقدام اصلاحی را باید انجام دهند، با مراجعه به ضرایب بهبود تصادف و با توجه به محدودیت‌های منابع می‌توانند به راحتی بهترین گزینه اصلاحی را در بین گزینه‌های مختلف انتخاب کنند. این کار علاوه بر اینکه روشی علمی و مورد پذیرش در تمام دنیاست، از هدررفت سرمایه ملی نیز جلوگیری می‌کند. به عنوان یک اقدام اصلاحی برای کاهش شدت تصادفات خروج از راه، حفاظ‌های ترافیکی از دهه ۱۹۵۰ به شکلی گسترده توسط متولیان ایمنی راه در سرتاسر دنیا استفاده می‌شوند. با این حال، حفاظ‌های ترافیکی اگر طراحی مناسب و ابعاد مناسب نداشته باشند، ممکن است به طور کارآمد عمل نکنند. به عنوان مثال، آمارها نشان می‌دهد که حفاظ‌های ترافیکی در سال ۲۰۱۰ تأثیر مستقیمی بر حدود ۱۰۰۰ مورد فوت جاده‌ای در ایالات متحده داشته‌اند (NHTSA, 2012). همچنین در ایالت وایومینگ، حفاظ‌های ترافیکی در ۳۸٪ از تمام تصادفات مرگبار برخورد با شیء ثابت، دخیل بوده اند (Mehrara Molan et al. 2020). لذا پژوهش حاضر به دنبال تعیین CMF یا به بیان دیگر، تاثیر ایمنی حفاظ های ترافیکی کناری (گاردریل) در کاهش شدت تصادفات خروج از راه متمرکز است.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- تاثیر اقدامات ایمنسازی برتصادفات خروج از راه

پژوهش‌های متعددی در دنیا به منظور ارزیابی تاثیر ایمنی اقدامات ایمنسازی مختلف صورت گرفته است. بیشتر این مطالعات به روش بیزتجربی[۴] (EB) انجام شده‌اند. برای مثال هیمز و همکاران (۲۰۱۷) طی پژوهشی برای ارزیابی تاثیر نوار لرزاننده در کاهش تصادفات خروج از راه برای ایالات کنتاکی و اوهایو با استفاده از روش بیزتجربی دریافتند که اجرای این اقدامات اصلاحی توانسته تصادفات شبانه خروج از راه در کنتاکی و اوهایو را به ترتیب ۲۵ درصد و ۲۹ درصد کاهش دهد. نتایج پژوهش زنگ و شراک (۲۰۱۳) که با استفاده از روش بیزتجربی انجام شده، نشان داده است که بهبود شانه‌ها، سبب کاهش تصادفات در زمستان به میزان ۱۳ تا ۲۵ درصد شده است. درعین حال نتایج همین پژوهش نشان داده که تصادفات جرحی در طول زمستان ۴۰ تا ۵۸ درصد کاهش یافته است. در ایران نیز در سال‌های اخیر چندین مطالعه برای تخمین عددی تاثیر اقدامات اصلاحی انجام شده که اکثر آنها نیز به روش بیرتجربی و بر روی یک اقدام اصلاحی خاص متمرکز بوده‌اند. کوهی و شعبانی (۱۳۹۹) طی پژوهشی به ارزیابی اثربخشی ایجاد روشنایی در کاهش تصادفات شبانه راه‌های برونشهری پرداخته‌اند. در این تحقیق از روش مطالعه قبل و بعد با گروه مقایسه استفاده شده است. نتایج به دست آمده این تحقیق، کاهش ۲۸ درصدی فراوانی تصادفات شبانه پس از ایجاد روشنایی را نشان می‌دهد. شعبانی و کوهی (۱۴۰۰) در پژوهشی به ارزیابی تاثیر بهسازی شانه راه بر تصادفات راه‌های برونشهری پرداخته اند. در این تحقیق نیز روش بیزتجربی برای تخمین تاثیر اقدام ایمن سازی بکار گرفته شده است. نتایج این تحقیق نشان داده که تعریض و رویه دار کردن شانه‌ها تاثیر ایمنی قابل توجهی بر تصادفات وابسته به شانه در فصول سرد سال با کاهش ۵۸ درصدی و تصادفات فوتی و جرحی با کاهش ۲۸ درصدی دارد. همچنین می‌تواند باعث بهبود ۱۲ درصدی کل تصادفات فصول سرد سال گردد. کوهی و صفارزاده (۱۴۰۱) پژوهشی را به منظور ارزیابی تاثیر ایمنی اجرای اقدامات ایمن سازی در راه‌های برونشهری انجام دادند. در این پژوهش محور ملایر- جوکار به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد و روش بیزتجربی برای تخمین عددی تاثیر ایمنی اجرای مجموعه‌ای از اقدامات استفاده شد. اقداماتی که در طول سه ماه در این محور اجرا شده بودند شامل نصب نیوجرسی، نصب تابلوی محدودیت سرعت، احداث سرعت‌گیر آسفالتی، نصب چراغ چشمک زن، نصب دوربین کنترل سرعت، نصب انواع تابلوی جهت نما و مسیرنما، اجرای شیار لرزاننده، احداث پل عابر پیاده، نصب انواع تجهیزات روشنایی، آسفالت‌کردن شانه خاکی راه، بهبود و رنگ آمیزی علائم افقی و احداث خاکریز کنار پل‌ها بوده‌اند. داده‌های تصادفات به دو دوره زمانی قبل (۱۹ ماه قبل از اجرای اولین

اقدام) و دوره بعد (۱۹ ماه بعد از اجرای آخرین اقدام اصلاحی) تقسیم و مرتب شده‌اند. داده‌های تصادفات محور از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا انتهای ۱۳۹۵ گردآوری و در نظر گرفته شده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که مجموعه این اقدامات سبب کاهش ٤ درصدی تصادفات محور شده‌اند. به گفته پژوهشگران این مقدار کم کاهش تصادفات، همانگونه که نوع برخوردهای ثبت شده پلیس در دوره بعد از اجرای اقدامات نشان می‌داد، به احتمال زیاد به این دلیل است که برخی از اقدامات سبب شده‌اند در دوره بعد، نوع خاصی از تصادفات کاهش و نوع خاص دیگری افزایش یابند.

۲-۲- تاثیر ایمنی حفاظ کناری

چندین پژوهش در خصوص ارزیابی تاثیر ایمنی حفاظ‌های کناری در راه‌ها انجام شده است. الویک (۱۹۹۵) یک تحلیل متاآنالیز بر روی ۳۲ پژوهش ارزیابی تاثیر ایمنی حفاظ در طول لبه راه با لحاظ کردن ۲۳۲ تخمین را انجام داد. وی نتیجه گرفت که حفاظ ایمنی جراحات منجر به فوت ناشی از تصادفات را تا ٤٥ درصد و جراحات ماندگار را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. همچنین در این پژوهش نتیجه گرفته شد که تاثیر حفاظ ایمنی بر کاهش شدت تصادفات به مراتب موثرتر از تاثیر آن بر کاهش فراوانی تصادفات است. پارک و همکاران (۲۰۱٦) پژوهشی برای ارزیابی تاثیر ایمنی سیستم‌های حفاظ در کاهش فراوانی و شدت تصادفات آزادراه‌ها را انجام دادند. پژوهشگران تاثیر ایمنی انواع حفاظ را در نظر گرفتند. تعداد سال‌های دوره مطالعه از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱٤ در محدوده ریچموند ایالت ویرجینیا آمریکا بود. نتیجه پژوهش، تخمین ٤۰ تا ٤٥ درصدی کاهش تصادفات فوتی و جرحی شدید برای راه‌هایی بود که دارای حفاظ کناری بودند. لای و همکاران (۲۰۱۷) یک مطالعه قبل و بعد را برای ارزیابی تاثیرات ایمنی انواع ترکیبات حفاظ کناری در آزادراه‌ها بر روی سطوح شدت و انواع مختلف تصادفات بر اساس نوع وسیله نقلیه، خصوصیات راننده، شرایط آب و هوایی و تغییرات زمان انجام دادند. داده های این پژوهش مربوط به دوره ۹ ساله ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ ایالت فلوریدا آمریکا است که سه سال مربوط به دوره قبل از نصب و چهار سال مربوط به دوره بعد از نصب بود. روش بیزتجربی برای تخمین تاثیر ایمنی بکار گرفته شد. به طور کلی پژوهشگران نتیجه گرفتند که حفاظ ایمنی کناری در کاهش شدت تصادفات برای تمام انواع و تصادفات خروج از راه موثر است.

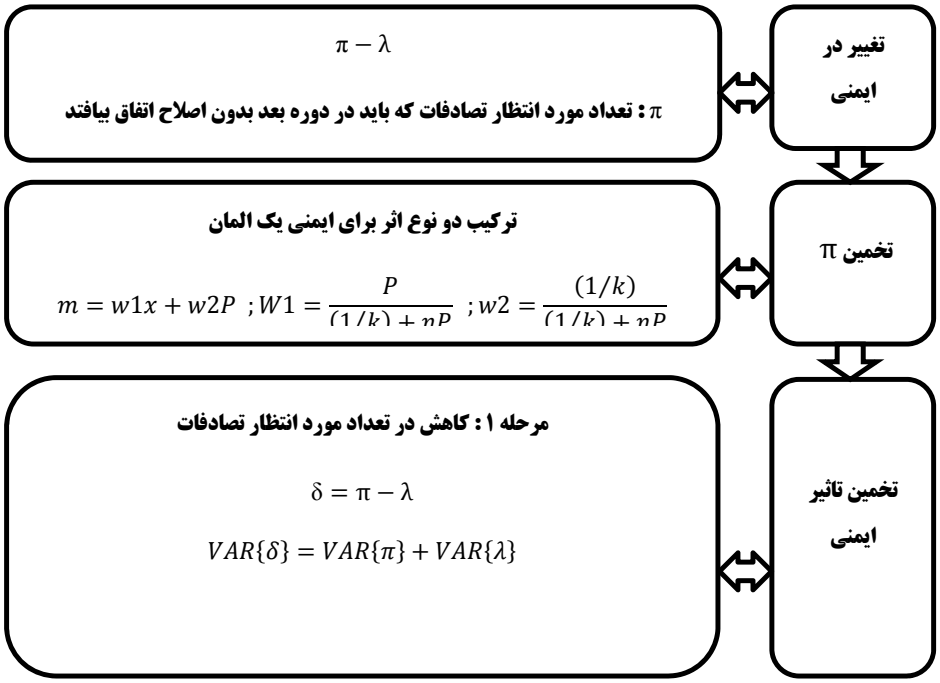
۳- روش تحقیق

۳-۱- روش های قبل و مشاهده‌ای

مهمترین روش‌های ارزیابی تاثیر ایمنی اقدام یا اقدامات اصلاحی، روش‌های قبل و بعد مشاهده‌ای هستند که به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند (AASHTO, 2010).

-قبل و بعد ساده
-قبل و بعد با گروه مقایسه
-قبل و بعد بیز تجربی

از بین سه روش فوق، متداولترین روش در دنیا، روش بیز تجربی است (کوهی و شعبانی، ۱٤۰۱) زیرا روش قبل و بعد ساده دارای مشکلاتی همچون رگرسیون به میانگین و عدم در نظرگیری حجم ترافیک و روندهای زمانی بوده و قبل و بعد گروه مقایسه نیز نیازمند محل‌های شبیه به محل هدف اما بدون اقدام اصلاحی است که در صورت آشنا نبودن محقق با اصول کار می‌تواند نتایج تحقیق را تحت تاثیر قرار دهد (AASHTO, 2010). شکل (۱) روش بیزتجربی را در سه مرحله کلی نشان می‌دهد.



شکل ۱. مراحل کلی روش بیزتجربی

۳-۲- روش بیزتجربی

در حالی که این روش ابتدا توسط هائر در سال ۱۹۹۷ پیشنهاد شده بود، راهنمای ایمنی راه (AASHTO, 2010) روش گام به گام و مورد استفاده توسط تمام محققان دنیا را ارائه داده است. اثربخشی ایمنی یک اقدام اصلاحی با محاسبه تفاوت بین تعداد تصادفات مورد انتظار/ پیش‌بینی شده بدون اجرای اقدام اصلاحی، $N_{expected,T,A}$ (یا به طور ساده EA) و مجموع تصادفات مشاهده شده/ واقعی در دوره پس از اجرای اقدام اصلاحی، $N_{observed,T,A}$ (یا OA) محاسبه می‌شود.

$$\text{تاثیر ایمنی} = N_{expected,T,A} - N_{observed,T,A} = E_A - O_A \quad (۱)$$

با این حال، بیشتر به آن به عنوان نسبتی از تعداد تصادفات مشاهده شده پس از اجرای اقدام اصلاحی نسبت به تعداد مورد انتظار در صورت عدم اجرای اقدام اصلاحی، اشاره می‌شود. در تخمین تعداد تصادفاتی که در صورت عدم اجرای اقدام اصلاحی مورد انتظار است، روش بیزتجربی استفاده می‌شود.

۳-۲-۱- داده ها و توابع عملکرد ایمنی

ابتدا، نیاز به داده‌هایی از یک گروه مرجع که شبیه به محل هدف هستند، وجود دارد. سپس، یک مدل رگرسیونی بر داده‌های گروه مرجع با هدف محاسبه تابع عملکرد عملکرد ایمنی[۳] (SPF) برای متغیرهایی مانند حجم ترافیک که ممکن است بر فراوانی تصادفات تأثیر بگذارند، تنظیم می‌شود. برای تبدیل فراوانی تصادفات سالانه به مدل استاندارد، از توزیع منفی دوجمله‌ای با پیوند لوگ به یک مدل خطی تعمیم‌یافته استفاده می‌شود (AASHTO, 2010). این فرایند با عنوان کالیبراسیون شناخته می‌شود. تخمین‌های پارامتر SPF حاصل، به عنوان ضرایب در یک SPF برای هر نوع تصادف استفاده می‌شوند. SPF کالیبره شده که به صورت کلی با فرمول (۲) نشان داده می‌شود، یک مدل ریاضی است که می‌تواند برای محاسبه فراوانی متوسط تصادفات برای یک قطعه بر اساس محل‌های قابل مقایسه استفاده شود. برای در نظر گرفتن عوامل اضافی در قطعات اصلاح شده که ممکن است بر فراوانی تصادفات تأثیر بگذارند (مانند کاهش محدودیت سرعت)، ضرایب بهبود تصادف معتبر از منابع معتبر نیز ممکن است در مدل در نظر گرفته شوند. مدل‌های SPF کالیبره شده منبع اطلاعات اضافی را برای فرایند EB فراهم

می‌کنند تا به مرتفع شدن پدیده رگرسیون به میانگین، روند زمانی و تغییرات AADT کمک کنند (Gross et al. 2010). مدل‌های SPF، تعداد تصادفات در قطعات اصلاح شده ($N_{spf,rs}$) در صورتی که اصلاح نمی‌شدند را بر اساس جامعه آماری، تخمین می‌زنند. در واقع جامعه آماری، برای توسعه مدل پیشبینی تصادف در محل اصلاح شده (دارای اقدام اصلاحی) به کار گرفته می‌شود.

$$N_{spf,rs} = CMF \times e^{[\alpha+(\beta_1\times L)+(\beta_2\times AADT)]} \quad (۲)$$

که L طول قطعه و α، β_1 و β_2 ضرایب رگرسیونی هستند.

این مقادیر برای هر سال جمع شده و برای تعیین دوره‌های پیش‌بینی شده قبل ($N_{predicted,T,B}$) و بعد ($N_{predicted,T,A}$) در مراحل بعدی فرآیند استفاده می‌شوند. برای سادگی، به این مقادیر به ترتیب به عنوان P_B و P_A اشاره می‌شود.

۳-۲-۲- تخمین بیزتجربی از فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره قبل

P_B برای تعیین تعداد تصادفات مورد انتظار وزن شده در محل اصلاحی در دوره قبل ($N_{expected,T,B}$ یا E_B) استفاده می‌شود. این کار با ضرب ضرایب وزن دهی (w_1 و w_2) در تعداد تصادفات مشاهده شده در محل اصلاحی ($N_{observed,T,B}$ یا O_B) و P_B انجام می‌شود (معادله ۳).

$$E_B = w_1 \times O_B + w_2 \times P_B \quad (۳)$$

که $w_1 = \frac{P_B}{P_B+1/k}$ و $w_1 = \frac{1}{k(P_B+1/k)}$ و k پارامتر بیش پراکندگی توزیع دوجمله ای منفی است که در طول فرآیند کالیبراسیون SPF در مدل رگرسیونی ایجاد می‌شود.

۳-۲-۳- تخمین بیزتجربی از فراوانی تصادفات مورد انتظار دوره بعد (بدون اجرای اقدام اصلاحی)

عامل تنظیم (R) که نسبت تخمین‌های P_A و P_B است، برای لحاظنمودن تاثیر تفاوت در طول دوره‌های قبل و بعد در متغیرهای مربوطه غیرزمانی مانند حجم ترافیک، محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{P_A}{P_B} \quad (٤)$$

سپس تعداد تصادفات مورد انتظار بدون انجام اقدام اصلاحی ($N_{expected,T,A}$ یا E_A) با استفاده از معادله (۵) محاسبه می‌شود.

$$E_A = E_B \times R \quad (۵)$$

۳-۲-٤- اثربخشی اقدام اصلاحی

اثربخشی کلی اقدام اصلاحی را می توان به شکل یک نسبت شانس تعداد تصادفات مشاهده شده در مقایسه با تعداد مورد انتظار بصورت معادله (٦) محاسبه نمود. بهبود ایمنی (کاهش تعداد یا شدت تصادفات) مقداری کمتر از ۱ را فراهم می نماید.

$$OR' = O_A/E_A \quad (٦)$$

از آنجا که این تخمین بصورت بالقوه جهت دار است (AASHTO, 2010) یک روش تنظیم بصورت معادله (۷) تخمینی قابل اطمینان از اثربخشی را حاصل می‌نماید (AASHTO, 2010).

$$\theta = \frac{OR'}{1+\left[\frac{Var(E_A)}{E_A^2}\right]} \quad (۷)$$

که $Var(E_A) = R^2 \times E_B \times w_1$ است.

سپس اثربخشی کلی قابل اطمینان (CMF) را می‌توان بصورت درصد تغییر در فراوانی تصادفات محاسبه نمود (معادله ۸).

$$CMF = 100 \times (1-\theta) \quad (۸)$$

۳-۲-۵- تخمین دقت اثربخشی اقدام اصلاحی

این مرحله که مرحله نهایی است مطابق معادلات (۹) تا (۱۱) برای اهمیت آماری CMF استفاده می‌شود.

$$Var(\theta) = \frac{\theta^2\left[\frac{1}{O_A}+\frac{Var(E_A)}{E_A^2}\right]}{1+\left[1+\frac{Var(E_A)}{E_A^2}\right]} \quad (۹)$$

سپس

$$SE(\theta) = \sqrt{Var(\theta)} \quad (۱۰)$$

سپس

$$SE(CMF) = 100 \times SE(\theta) \quad (۱۱)$$

٤- مطالعه موردی

اکثر راه‌های برونشهری در استان ایلام از نوع دوخطه دوطرفه هستند. برای این پژوهش محور دره شهر- ایلام به طول ۱۳۰ کیلومتر برای ارزیابی تاثیر ایمنی حفاظ گاردریل انتخاب شد. موقعیت جغرافیایی این محور در شکل (۲) نشان داده شده است. داده‌های تصادفات قبل و بعد از نصب حفاظ در قطعاتی که دارای تصادفات خروج از راه بوده اند از پلیس راه شهرستان دره شهر اخذ و داده‌های حجم ترافیک از سایت سازمان راهداری کشور گردآوری شد. این داده‌ها در جدول (۱) ارائه شده‌اند. نصب حفاظ در قطعات مذکور در انتهای سال ۱۳۹۲ انجام شده است. دو سال ۹۱ و ۹۲ به عنوان دوره قبل و سه سال ۹۳ تا ۹۵ به عنوان دوره بعد در نظر گرفته شده است.

شکل ۲. محور مورد مطالعه (دره شهر- ایلام)

جدول ۱. داده‌های تصادفات خروج از راه، قبل و بعد از نصب حفاظ کناری گاردریل

		دوره قبل		دوره بعد		
سال		۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥
AADT		٤۲۳٥	٤۲۱۳	٤٦٥۸	٤٥٥٦	٤۷۳۹
شدت	فوتی	۲	٤	۲	۱	۱
	جرحی	۱۲	۱٥	۹	۷	۸
	کل	۲٦	۲۸	۲۱	۲۲	۲٤

تحلیل داده‌ها و نتایج

شروع محاسبات در روش بیزتجربی برای این پژوهش، پیشبینی فراوانی تصادفات در هر سال با استفاده از AADT و مدل پیشبینی مناسب برای قطعات راه برونشهری است. داده‌های AADT محور موردنظر برای دوره مطالعه به تفکیک هر سال در جدول (۱) ارائه شده است.

اشتو، مدل مناسب برای پیشبینی تصادفات سالیانه در قطعات راه برونشهری دوخطه دوطرفه را بصورت معادله (۱۲) ارائه داده است.

$$N_{spf} = N_{spf\,rs} \times C_r \times CMF \qquad (۱۲)$$

$$N_{spf\,rs} = AADT \times L \times 365 \times 10^{-6} \times e^{(-0.312)} \qquad (۱۳)$$

که N_{spf} فراوانی تصادفات پیش بینی شده، $N_{spf\,rs}$ فراوانی تصادف پیشبینی شده برای شرایط پایه قطعه راه، عامل کالیبراسیون مدل برای شرایط محلی که از نسبت تصادفات مشاهده به پیشبینی شده محاسبه می‌شود، CMF ضریب بهبود تصادف برای حفاظ ایمنی است که اشتو بصورت ۰/۷ بیان می‌کند، AADT متوسط حجم سالانه ترافیک روزانه (وسیله نقلیه در روز) و L طول راه (کیلومتر) است. با بکارگیری معادله (۱۲)، تعداد پیشبینی شده هر سطح شدت تصادف برای دوره مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. تعداد تصادفات پیشبینی‌شده برای هر سطح شدت در دوره مطالعه

سال	فوتی	جرحی
۱۳۹۱	۱/٤٤	۸/٤
۱۳۹۲	۲/۷۷	۱۰/۲۹
۱۳۹۳	۱/٤	٦/۳٥
۱۳۹٤	۰/۷	٤/۹
۱۳۹٥	۰/۷	٥/٦

پس از محاسبه تصادفات پیشبینی‌شده دوره‌های قبل و بعد، با اعداد بدست آمده، فراوانی تصادفات مورد انتظار در دوره قبل با معادله (۱٤) محاسبه می‌شود.

$$N_{expected,B} = w_{i,B} N_{predicted} + (1 - w_{i,B})\, N_{observed,B} \qquad (۱٤)$$

که وزن، $w_{i,B}$، بصورت معادله (۱٥) تعریف می‌شود.

$$w_{i,B} = \frac{1}{1 + k\sum_{\text{دوره قبل}} N_{predicted}} \quad (۱۵)$$

که $N_{expected,B}$: فراوانی تصادفات مورد انتظار برای کل دوره قبل، N_{spf}: فراوانی تصادفات پیشبینی‌شده که با SPF مناسب تعیین می‌شود، $N_{observed,B}$: فراوانی کل تصادفات مشاهده‌شده برای کل دوره قبل و k : پارامتر بیش پراکندگی که برای قطعه راه به‌صورت $k = 0.236/l$ (l طول راه) (AASHTO, 2010) است. در اینجا وزن برابر ۰/۹۹ محاسبه شد. برای محاسبه تفاوت بین حجم ترافیک دوره‌های قبل و بعد، از نسبت تصادفات پیشبینی‌شده دوره بعد به دوره قبل استفاده کرده و یک عامل تنظیم بدست می‌آوریم. سپس این عامل تنظیم برای محاسبه تصادفات مورد انتظار در دوره بعد به کار می‌رود. در واقع تصادفات مورد انتظار دوره بعد، از حاصل‌ضرب تصادفات مورد انتظار دوره قبل با عامل تنظیم بدست می‌آید. مقادیر بدست آمده برای این محاسبات در جدول (۳) ارائه شده است. محاسبه اثربخشی کل بهبود ایمنی نصب حفاظ بصورت نسبت تصادفات مشاهده شده دوره بعد به تصادفات مورد انتظار دوره بعد تعریف شده و با نماد OR' نمایش داده می‌شود. این عامل برای تنظیم یک نسبت شانس تنظیم شده به کار می‌رود. برای بدست آوردن تخمین بدون جهت از اثربخشی بهبود ایمنی، یک نسبت شانس تنظیم شده، OR، مورد نیاز است که طبق معادله (۱۶) محاسبه می‌شود.

$$OR = \frac{OR'}{1 + \frac{Var(E_A)}{(E_A)^2}} \quad (۱۶)$$

که E_A تصادفات مورد انتظار دوره بعد است. واریانس این تصادفات بصورت معادله (۱۷) تخمین زده می‌شود:

$$Var(E_A) = \sum[(r_i)^2 \times E_{i,B} \times (1 - w_{i,B})] \quad (۱۷)$$

که $w_{i,B}$ وزن و r_i عامل تنظیم تفاوت حجم ترافیک بین دوره‌های قبل و بعد است. سپس برای محاسبه کل اثربخشی بهبود ایمنی بدون جهت بعنوان درصد تغییر فراوانی تصادفات، θ، بصورت معادله (۱۸) عمل می شود.

$$\theta = 100 \times (1 - OR) \quad (۱۸)$$

یک تخمین مثبت از θ کاهش در تصادفات را نشان داده و یک نتیجه منفی، افزایش در تصادفات را نشان خواهد داد. نتایج بدست آمده در مرحله سوم در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. تصادفات مورد انتظار و عامل تنظیم تفاوت بین حجم ترافیک دوره‌های قبل و بعد

تصادفات مورد انتظار دوره قبل	فوتی	۱۰/۱۷۸
	جرحی	٤٥/٥١
عامل تنظیم تفاوت در حجم ترافیک	فوتی	۰/٦٦٥
	جرحی	۰/۹۰۲
تصادفات مورد انتظار دوره بعد	فوتی	٦/۷۷
	جرحی	٤١/۰٥
OR'	فوتی	۰/٥۹۱
	جرحی	۰/٥٨٥
OR	فوتی	۰/٥٨٨
	جرحی	۰/٥٨۰
θ	فوتی	٪٤١
	جرحی	٪٤٢

مقدار عددی θ نشان می‌دهد که حفاظ ایمنی توانسته است تصادفات فوتی را ٤١ درصد و تصادفات جرحی را ٤٢ درصد کاهش دهد.

۵-نتیجه‌گیری

این پژوهش برای دستیابی به تاثیر عددی حفاظ ایمنی در کاهش تصادفات خروج از راه در راه‌های برونشهری انجام شد. بدین منظور داده‌های تصادفات قبل و بعد از نصب حفاظ در قطعاتی از محور مورد مطالعه که دارای تصادفات خروج از راه بوده‌اند از پلیس راه شهرستان مربوطه اخذ و داده‌های حجم ترافیک از سایت سازمان راهداری کشور گردآوری شد. برای تحلیل داده‌ها، روش بیزتجربی به کار رفته شد. این روش به شکلی گسترده توسط پژوهشگران مختلف در سطح دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج تحلیل نشان داد که حفاظ ایمنی توانسته است تصادفات فوتی را ٤١ درصد و تصادفات جرحی را ٤٢ درصد کاهش دهد. این نتیجه با نتایج سایر پژوهشگران در نقاط مختلف دنیا همخوانی دارد که تاییدی بر نتیجه بدست آمده است.

٦-پانویس‌ها

1. Run-Off Road
2. Crash Modification Factor
3. Safety Performance Function
4. Empirical Bayes

۷- مراجع

-کوهی، محمد و شعبانی، شاهین (۱۳۹۹). ارزیابی اثربخشی ایجاد روشنایی در کاهش تصادفات شبانه راه‌های برونشهری. *فصلنامه جاده*، دوره ۲۸، شماره ۱۰٤.

-شعبانی، شاهین و کوهی، محمد (۱٤۰۰). تخمین ضریب بهبود تصادف برای بهسازی شانه راه با توسعه مدل پیشبینی تصادف به روش بیزتجربی. *پژوهشنامه حمل و نقل*، دوره ۱۸، شماره ٤.

-کوهی، محمد و صفارزاده، محمود (۱٤۰۱). اثربخشی اجرای همزمان اقدامات اصلاحی در نقاط پرتصادف (مطالعه موردی: محور ملایر- جوکار). *پژوهشنامه حمل و نقل*، دوره ۱۹، شماره ۲.

-کوهی، محمد و شعبانی، شاهین (۱٤۰۱). ارزیابی تاثیر ایمنی میدان در کاهش تصادفات تقاطع. *پژوهشنامه حمل و نقل*، سال نوزدهم، دوره اول، شماره ۷۰.

-AASHTO (2010). Highway safety manual, 1 edn, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

-Hauer, E.,(1997,) Observational Before-After Studies in Road Safety. *Pergamon Publication*, England.

-Gross, F, Persaud, B & Lyo, C. (2010). A guide to developing quality crash modification factors, *U.S. Department of Transportation*, Washington, DC.

-Elvik, R. (1995). The safety value of guardrails and crash cushions: A meta-analysis of evidence from evaluation studies. *Accident Analysis & Prevention*, 523-549.

-Park, J., M. Abdel-Aty, and J. Lee. (2016). Evaluation of the Safety Effectiveness of Installing Roadside Barriers with Different Driver, Vehicle, Weather and Time of Day Conditions. *TRB 95th Annual Meeting. amonline.trb.org*.

-Li, N., and lambert, J. Park B. (2017). Effect of guardrail in reducing fatal and sever inhuries on freeways: Real-world crash data analysis and performance assessment. *Journal of Transportation Safety and Security*, 455-470.

UNECE, 2021. Statistics of Road Traffic Accidents in Europe and North America. *United Nations Economic Commission for Europe*.

-Van Petegem, J., Wegman, F., (2014). Analyzing road design risk factors for run-off-road crashes in the Netherlands with crash prediction models. *Journal of Safety Research 49*, 121–127.

-Tmr, 2018. Summary Road Crash Report. Department of Transport and Main Roads, *Queensland,* Australia.

-FHWA. 2019. Roadway Departure Safety. Federal Highway Administration, U.S. *Department of Transportation*.

-Jalayer, M., Zhou, H., 2016. Overview of Safety Countermeasures for Roadway Departure Crashes. *Journal Institute of Transportation Engineers 86 (2)*, 39–46.

-Chen, S., Chen, F., 2010. Simulation-Based Assessment of Vehicle Safety Behavior under Hazardous Driving Conditions. *Journal of Transportation Engineering 136 (4)*, 304–315.

-Khan, I.U., Vachal, K., 2020. Factors affecting injury severity of single-vehicle rollover crashes in the United States. *Traffic Injury Prevention 21 (1)*, 66–71.

-Mehrara Molan, A., Rezapour, M., Ksaibati, K., 2020. Investigating the relationship between crash severity, traffic barrier type, and vehicle type in crashes involving traffic barrier. J. Traff. Transp. Eng. (English Version) 7 (1), 125–136.
doi. org/10.1016/j.jtte.2019.03.004

-National Highway Traffic Safety Administration, 2016. Motor Vehicle Traffic Crashes as a Leading Cause of Death in the United States, 2012-2014. U.S. *Department of Transportation*.

-Himes, S., Gross, F.B., Persaud, B., Eccles, K., (2017). Safety Evaluation of Edge-Line Rumble Stripes on Rural Two-Lane Horizontal Curves, United States, *Federal Highway Administration*.

Zeng, H., Schrock, S.D., (2013). Safety Effectiveness of Various Types of Shoulders on Rural Two-Lane Roads in winter and Non-winter Periods. *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting Transportation Research Board*.

Effectiveness Evaluation of Safety Barriers in Reducing the Severity of Run-off Road Crashes

Mohammad Koohi, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Payam Noor University (PNU), Tehran, Iran.

Shahin Shabani, Associate Professor, Department of Civil Engineering, Payam Noor University (PNU), Tehran, Iran.

E-mail: m.koohhi@gmail.com

Received: June 2024- Accepted: September 2024

ABSTRACT

One of the important types of crashes on rural roads is run-off way crashes. These types of crashes have a significant share in rural road crashes. Roadside safety improvements can greatly reduce the frequency and severity of run-off Road crashes. One important and practical equipment to prevent vehicle departure from the road is safety barriers. Safety barriers can reduce the consequences of vehicle departure, which can be fatal or result in severe injuries. Determining the quantitative impact of this countermeasure on reducing crashes severity can assist road safety authorities in economically evaluating it based on severity reduction, comparing it with other safety countermeasures, and ultimately deciding to implement it or choose other optimal options. Accordingly, the present study selects a rural axis in Ilam province to determine the quantitative impact of safety barriers on reducing the severity of run-off Road crashes, and analyzes the crashes data from 2 years before the installation of barriers and 3 years after using the before-after Bayesian analysis method. The research findings show that safety barriers can reduce fatal crashes by 41% and injury crashes by 42%.

Keywords: Road Safety, Safety Barriers, Run-Off Way Crashes