

اثرسنجی مسیرنمایی طولی در کاهش فراوانی تصادفات انحرافی در راه‌های چندخطه برون‌شهری

مائده بحیرایی^۱، حمیدرضا بهنود^{۲*}، علی عبدی کردانی^۲ و حسین ریسیان‌زاده^۳

^۱ کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین

^۲ استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین

^۳ کارشناسی ارشد، اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای خراسان رضوی

(دریافت: ۹۷/۱/۱۱، پذیرش: ۹۸/۴/۲۳، نشر آنلاین: ۹۸/۴/۲۳)

چکیده

تصادفات انحرافی بخش عمده‌ای از کل تصادفات جاده‌ای برون‌شهری را تشکیل می‌دهد. هدف از انجام این پژوهش اثرسنجی مسیرنمایی طولی با استفاده از خط‌کشی طولی و تلفیق آن با بازتاب‌های چشم‌گرمه‌ای و در پی آن تفکیک اثر هرکدام از انواع تجهیزات بر فراوانی تصادفات جاده‌های برون‌شهری و ارائه ضریب اصلاح تصادف با توجه به مطالعه قبل و بعد از اقدامات اصلاحی می‌باشد. در این پژوهش با توجه به اقدامات مسیرنمایی انجام شده در سال ۱۳۹۳ در محورهای استان خراسان رضوی، داده‌های ترافیکی و تصادفات انحرافی و سایر داده‌های موردنیاز برای اثرسنجی به روش بیز تجربی جمع‌آوری شد. در این مطالعه، مقدار اثربخشی نهایی برای خط‌کشی طولی و همچنین تلفیق آن با بازتاب‌های چشم‌گرمه‌ای در شب به ترتیب برابر با ۳۶ و ۴۳/۵ درصد به‌دست آمد که معادل با ضرایب اصلاح تصادف ۰/۶۴ و ۰/۵۶۵ می‌باشد. نتایج این تحلیل نشان‌دهنده تأثیر معنادار تجهیزات مسیرنمایی بر تصادفات انحرافی در شب می‌باشد. همچنین معناداری اثرات اقدامات ترکیبی این تجهیزات به مراتب بیشتر از استفاده صرف از هرکدام از آن‌ها است. درنهایت، تأثیر معناداری برای کاهش تصادفات انحرافی در طول شبانه‌روز (شامل ساعات روشن روز) برای اقدام خط‌کشی طولی مشاهده نشد ولی خط‌کشی طولی در تلفیق با بازتاب چشم‌گرمه‌ای تأثیری با معناداری بیشتر برای تصادفات انحرافی در طول روز داشته است.

کلیدواژه‌ها: مسیرنمایی طولی، اثرسنجی ایمنی، بیز تجربی، ضریب اصلاح تصادف.

۱- مقدمه

طولی با استفاده از خط‌کشی طولی و تلفیق آن با بازتاب‌های چشم‌گرمه‌ای و در پی آن تفکیک اثر هرکدام از انواع تجهیزات بر فراوانی تصادفات جاده‌های برون‌شهری و ارائه ضریب اصلاح تصادف^۳ با توجه به مطالعه قبل و بعد از اقدامات اصلاحی می‌باشد. در نهایت مدل اثرسنجی برای برآورد ضریب اصلاح تصادف استفاده می‌شود که این ضرایب برای استفاده در تحلیل‌های بعدی همچون تحلیل اقتصادی و ارزیابی گزینه‌های ایمن‌سازی راه کاربرد فراوانی دارد.

در این پژوهش با توجه به اقدامات مسیرنمایی انجام شده در سال ۱۳۹۳ در محورهای استان خراسان رضوی، داده‌های ترافیکی و تصادف و سایر داده‌های موردنیاز برای اثرسنجی به روش بیز^۴

تصادفات انحرافی^۱ شامل تصادفات واژگونی، خروج از مسیر و برخورد با موانع کناری راه، بخش عمده‌ای از کل تصادفات جاده‌ای برون‌شهری را تشکیل می‌دهد. از آن جایی که مسیرنمایی^۲ مناسب تأثیر بسزایی در ایمن کردن راه‌ها دارد و نظر به تعدد شیوه و انواع ترمیم‌ها از یک‌سو و محدودیت بودجه و امکانات از سوی دیگر و با توجه به آثار متفاوت هرکدام از ترمیم‌ها، انجام مطالعات اثرسنجی برای انتخاب ترمیم بهینه اجتناب‌ناپذیر است.

هدف از اثرسنجی اقدامات ایمنی تخمین تأثیر بهبود ایمنی راه و تعیین میزان موفقیت اقداماتی نظیر به‌کارگیری تجهیزات مسیرنمایی است. هدف از انجام این پژوهش اثرسنجی مسیرنمایی

3. Crash Modification Factor (CMF)
4. Empirical Bayesian

1. Run-Off-Road Crashes
2. Delineation

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۲۸-۳۳۹۰۱۱۴۸

آدرس ایمیل: 72maedeh@gmail.com (م. بحیرایی)، behnood@eng.ikiu.ac.ir (ح. ر. بهنود)، aliabdi@eng.ikiu.ac.ir (ع. عبدی کردانی)، hraisian@yahoo.com (ح. ریسیان‌زاده).

کالیبراسیون محلی می‌باشد. برای روش بیز تجربی، حداقل ۱۰ الی ۲۰ سایت اقدامی، ۳ تا ۵ سال از داده‌های حجم ترافیک و تصادف برای دوره قبل و بعد از اقدام ترمیم و نیز تابع عملکرد ایمنی برای انواع سایت‌های اقدامی موردنیاز است (National Research Council، ۲۰۱۰).

Farid و همکاران (۲۰۱۶) در مورد قابلیت کاربرد تابع عملکرد ایمنی به عنوان یک قضاوت محلی در سطح یک مدل ملی تحقیق کرد. آن‌ها در کنار تحقیق در مورد تأثیر انتقال‌پذیری این تابع، مدل‌های راه‌های چندخطه جداشده در ایالات کالیفرنیا، اوهایو و فلوریدا را آزمایش کردند و داده‌های ترافیکی، طرح هندسی و تصادفات را در این سه ایالت توسط مدل دوجمله‌ای منفی به کار بردند. آن‌ها برای پی بردن به این‌که کدام مدل کفایت انتقال به دیگر مناطق را دارد، پارامتر شاخص انتقال را برآورد کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که وقتی از مجموع داده‌ها (داده‌های دو یا سه ایالت) استفاده می‌شود، شاخص انتقال افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده قابلیت بیشتر انتقال‌پذیری مدل می‌باشد. درنهایت، آن‌ها یک بیز تجربی اصلاح شده برای ارزیابی انتقال مدل پیشنهاد دادند که ضریب کالیبراسیون ویژه قطعات برای انتقال تابع عملکرد ایمنی به حوزه محلی را فراهم می‌کرد.

Ariën و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه بر روی دو نوع علامت-گذاری روسازی در قوس‌های افقی به ارزیابی تأثیر نوار لرزاننده عرضی و الگوی جناقی برعکس به‌وسیله شبیه‌ساز رانندگی پرداختند که نتایج تفاوت بین سرعت و کنترل جانبی را در قوس‌ها نشان داد. معلوم شد که این دو نوع ترمیم روی سرعت میانگین و شتاب کاهنده و افزاینده میانگین تأثیر دارد ولی روی کنترل جانبی بی‌تأثیر است. آن‌ها همچنین در مقایسه اثرات این دو ترمیم مشاهده کردند که نوار لرزاننده عرضی بیش از الگوی جناقی در کاهش پایدار سرعت مؤثر است.

Charlton (۲۰۰۷) در تحقیقی آزمایشگاهی و با پیش‌فرض تأثیر سرعت بر ایمنی راه با استفاده از شبیه‌سازی به مقایسه تأثیر علائم پیش‌آگاهی، مسیرنمایی و علائم راه در کاهش سرعت رانندگان در قوس‌های افقی پرداخت و دریافت که تأثیر به‌کارگیری هم‌زمان تابلوهای شورو و فلش‌های تکرارشونده و علائم هشداردهنده بیش از تأثیر استفاده صرف از علائم هشداردهنده است.

Montella (۲۰۰۹) به تحقیقی با هدف ارزیابی تأثیر ایمنی ترمیم در مسیرنمایی قوس افقی در دسته‌بندی‌های متفاوت شامل تصادفات کل، شبانه، روزانه، بارانی، غیربارانی، راه زهکشی شده، راه بدون زهکشی، جرحی و خسارتی اقدام نمود. وی قوس‌هایی با

تجربی جمع‌آوری شد. از آنجا که مسیرنمایی عموماً بر تصادفات انحرافی تأثیرگذارند، داده‌های مربوط به این تصادفات مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب ابتدا تابع عملکرد ایمنی مربوط به این محورهای به‌دست آمد و تحلیل به روش بیز تجربی برای اثرسنجی اقدام خط‌کشی طولی و نیز اقدامات توأمان خط‌کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای انجام شد.

۲- پیشینه تحقیق

غالب اطلاعاتی که رانندگان به‌منظور کنترل یک وسیله استفاده می‌کنند، بصری است. به‌طور کلی تجهیزات مسیرنمایی متعددی در حال استفاده وجود دارند که در دو دسته علامت-گذاری‌های راه و تجهیزات کنارجاده‌ای جای می‌گیرند. از جمله علامت‌گذاری‌های رویه راه می‌توان به خطوط مرکز و حاشیه‌ای راه، بازتاب‌های چشم‌گره‌ای، تجهیزات لرزاننده^۵ و از جمله تجهیزات کنار جاده‌ای می‌توان به پست‌های راهنما و مسیرنماهای نصب شده بر روی آن‌ها، شوروها^۶، علائم تنظیم قوس، تابلوهای جهت‌نما و تابلوهای پیام متغیر اشاره کرد (Ogden، ۱۹۹۶).

یک وظیفه اصلی در ارزیابی پروژه، اندازه‌گیری شرایط شامل اندازه‌گیری عملکرد در قبل و بعد از تغییر است. نکته چالش‌برانگیز تخمین تغییرات اقدام عملکردی بدون ترمیم است. از آنجا که نرخ تصادفات سال به سال می‌تواند متفاوت باشد، تخمین‌ها مستعد به رگرسیون به میانگین (RTM)^۷ هستند.

به‌طور کلی سه نوع اساسی اثرسنجی که برای اندازه‌گیری ارتقای ایمنی استفاده می‌شود عبارت‌اند از مطالعات مشاهده‌ای قبل و بعد، مطالعات مشاهده‌ای مقطع عرضی، مطالعات تجربی قبل و بعد (Herbel و همکاران، ۲۰۱۰). روش بیز تجربی به صورت گسترده به‌عنوان یک ابزار آماری موجه اثرسنجی ایمنی در مطالعات مشاهده‌ای قبل و بعد پذیرفته شده است (Park و همکاران، ۲۰۱۰). این روش جامع‌ترین روش مطالعه قبل و بعد و دارای مبانی نظری قوی بوده و توسط هائر در سال ۱۹۷۷ توسعه داده شده است. از مزایای این روش حذف اثر رگرسیون به میانگین و از معایب آن امکان عدم کفایت داده‌های تصادف برای سایت‌های مرجع می‌باشد (Shen و همکاران، ۲۰۱۶). این روش تجربه دوره قبل از تصادف در محل‌های اصلاح شده در رابطه با یک مدل پیش‌بینی برخورد برای محل‌های مرجع اصلاح نشده استفاده می‌شود تا تعداد برخوردهایی را که ممکن است بدون هیچ اصلاحی رخ دهد، برآورد کند (Persaud و همکاران، ۲۰۰۹). از اجزای این روش تابع عملکرد ایمنی^۸، ضرایب اصلاح تصادف، ضریب

7. Regression-To-The-Mean

8. Safety performance factor (SPF)

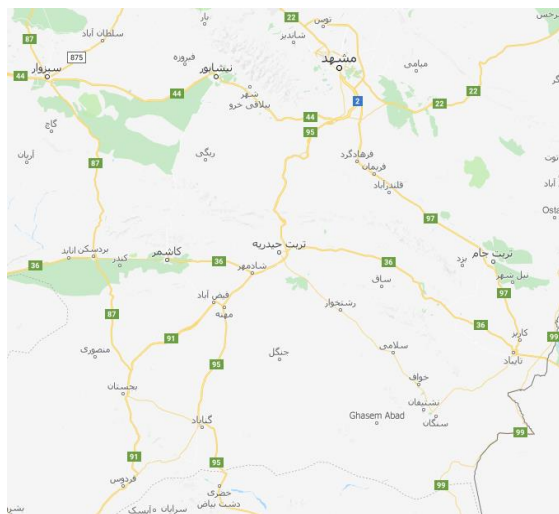
5. Rumbel devices

۶. Chevrons

مؤثری بر سیستم جاده‌ای دارد. لذا محققان بسیاری اثر ایمنی انواع مختلف این تجهیزات در شرایط گوناگون جاده‌ای با روش‌های متفاوتی بررسی کرده و نتایجی را ارائه داده‌اند. از آنجا که مطالعات Elvik (۲۰۰۸) نشان داد که روش بیز تجربی تقریباً همیشه پیش-بینی‌های بهتری نسبت به روش‌های سنتی ارائه می‌کند و نیز این روش منجر به حذف اثر خطاهای احتمالی مانند رگرسیون به میانگین می‌شود، بیشتر تمرکز این مقاله به اثرسنجی ایمنی این تجهیزات به روش بیز تجربی می‌باشد.

۳- داده‌ها و روش تحقیق

در این مقاله، دو نوع اقدام ترمیمی مسیرنمایی طولی در سال ۱۳۹۳ در جاده‌های استان خراسان رضوی (شکل (۱)) یعنی خط-کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای در نظر گرفته شده است. خط‌کشی‌های طولی به رانندگان اجازه می‌دهند که وسیله نقلیه خود را به صورت جانبی بر روی مسیر جاده مکان‌یابی کنند و بنابراین به اجتناب از برخورد با اشیای کنار جاده و وسایل نقلیه مقابل کمک می‌کنند. آنها به طور ویژه در شرایطی از قابلیت رؤیت ضعیف از قبیل شرایط شب یا در مه و باران کمک می‌کنند. بازتاب‌های چشم‌گره‌ای، منشورهای شیشه‌ای رنگی هستند که در آسفالت فرو رفته و منعکس کننده نور از چراغ‌های جلوی اتومبیل می‌باشند و معمولاً در جاده‌هایی به کار گرفته می‌شوند که در آن‌ها راهنمای بصری اهمیت زیادی دارد. آن‌ها همچنین در زمان شب مسیرنمایی بهتری نسبت به خطوط وسط و خطوط حاشیه‌ای راه به‌خصوص تحت شرایط آب و هوایی نامناسب فراهم می‌کند. طبق گزارش‌های پزشکی قانونی، آمار کشته‌ها و مصدومان ناشی از حوادث رانندگی ارجاعی به این مراکز طی سال‌های ۹۰ تا ۹۵ به شرح جدول (۱) در استان خراسان رضوی آورده شده است.



شکل ۱- نقشه راه‌های استان خراسان رضوی

شعاع کوچک، زاویه انحنای بزرگ، فاصله دید کوچک‌تر از فاصله دید توقف و برابندی کم‌تر از مقدار موردنیاز را با انواع ترمیم تابلوهای شورون، نصب علائم هشدار قوس و تابلوهای شورون، و نصب علائم هشدار قوس، تابلوهای شورون، و چراغ چشمک‌زن دائمی مورد ارزیابی قرار داد. نتیجه این ارزیابی‌ها که بر پایه بیز تجربی در یک مطالعه تجربی قبل و بعد بود ۳۹/۴ درصد کاهش در تصادفات مجموع را نشان داد و بیشترین کاهش تصادفات مربوط به استفاده هم‌زمان از ترمیم‌های نصب علائم هشدار قوس علائم شورون و چراغ چشمک‌زن ممتد در طول قوس بود که کاهش ۴۹/۷ درصدی از تصادفات مجموع را نشان می‌داد.

Charlton (۲۰۰۷) طی تحقیقی روی خط‌کشی مسیر سه-خطه در شش سایت مختلف سبقت به بررسی چندین شکل از مسیرنمایی خطوط سبقت و علائم راه در محیط شبیه‌سازی شده پرداخت. وی دریافت که در محل‌هایی که دید روبه‌جلو به دلیل هندسه راه یا توپوگرافی محدود است تفاوت مشخصی در محل خط راننده، سرعت و تعداد وسیله سبقت گیرنده وجود دارد. Patel و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از روش بیز تجربی به مطالعه بر روی برآورد مزایای ایمنی نوار لرزاننده شانه راه در راه‌های دوخطه فرعی در ۲۳ مکان اقدامی پرداختند که کاهش ۱۳ درصدی در تمام تصادفات انحرافی تک وسیله‌ای و کاهش ۱۳ درصدی در تصادفات انحرافی تک وسیله‌ای جرحی را نشان داد. Horberry و همکاران (۲۰۶۶) طی مقاله‌ای با استفاده از شبیه‌سازی رانندگی به بررسی منافع ممکن از بهبود خط‌کشی طولی راه تحت شرایط رانندگی شبانه در سطح راه مرطوب پرداختند. داده‌های عینی و ذهنی جمع‌آوری شد و نشان داد که شرکت-کننده‌ها در صورت بهبود خط‌کشی بهتر از خط‌کشی عادی می‌توانند موقعیت و سرعت خود را حفظ کنند. همین‌الگو برای داده-های ذهنی برقرار است.

در ایران نیز طی مطالعاتی به بررسی اثر خط‌کشی‌های طولی و عرضی پرداخته شده است. رضوی و همکاران (۱۳۹۶) به‌مرور مطالعات صورت گرفته در خصوص خط‌کشی‌های مورد استفاده در آرام‌سازی جریان ترافیک پرداختند.

حقیقی و همکاران (۱۳۹۴) نیز با استفاده از آزمون t به بررسی میزان تأثیرگذاری خط‌کشی عرضی روسازی بر آرام‌سازی ترافیک پرداختند. در این مطالعه میزان تأثیرگذاری این خط‌کشی بر کاهش سرعت، به وسیله مقایسه آماری میانگین سرعت‌های وسایل نقلیه در مراحل قبل و بعد از اجرای خط‌کشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت. تایج این مطالعه نشان داد که بیشترین کاهش، به میزان ۵/۴۹ کیلومتر بر ساعت، در میانگین سرعت مربوط به وسایل نقلیه در حالت شب در مطالعه زود هنگام بعد نسبت به همین حالت در مطالعه قبل بوده است.

به‌طور کلی مسیرنمایی یک اهمیت حیاتی در ایمنی و عملکرد

اطلاعات اداره کل راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استان خراسان رضوی در چندین محور این استان خط‌کشی طولی در سال ۱۳۹۳ انجام شده است که با توجه به محدودیت در سایر داده‌ها، ۲۳ قطعه از بعضی از آن محورها به عنوان سایت‌های اقدامی برای خط‌کشی طولی انتخاب شدند. عرض خطوط راه، شانه و میانه و نیز وضعیت روشنایی و محل قرارگیری دوربین‌های کنترل سرعت و نظارت تصویری در هریک قطعات مورد بررسی قرار گرفت که با استفاده از اطلاعات حاصل از ادارات راهداری مربوط به هر حوزه از محورهای اقدامی، ضرایب اصلاح تصادف (CMF)^{۱۰} به شرح جدول (۲) از راهنمای ایمنی راه‌ها به دست آمد.

جدول ۲- حاصل ضرب کلیه ضرایب CMF مورد استفاده برای

سایت‌های اقدامی	
نام محور	حاصل ضرب ضرایب اصلاح تصادف
فریمان - تربت جام	۱/۰۲
فریمان - مشهد	۱/۰۲
تربت حیدریه - شادمهر	۰/۹۷۹۲
شادمهر - مهنه	۱/۰۵۴۵
مهنه - گناباد	۰/۸۰۴۲

در جدول (۳) داده‌های مربوط به ۲۳ سایت اقدامی ارائه شده است. همچنین ۱۴ سایت ابتدایی آن برای اثرسنجی تلفیق دو اقدام خط‌کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گیره‌ای استفاده شدند. در نهایت، اطلاعات مربوط به حجم تردد روزانه در محورها (مستخرج از سایت سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای) و اطلاعات کلیه تصادفات انحرافی در شب در هر سه سطح شدت فوتی، جرحی و صرفاً خسارتی برای سایت‌های اقدامی در هر دو دوره قبل و بعد (حاصله از داده‌های تصادف پلیس راهور) آورده شده است. تصادفات انحرافی به این دلیل که تصادفات مرتبط با مسیرنمایی- اند، در این مطالعه مورد استفاده واقع شده‌اند. در این مطالعه، بر اساس مجموعه داده‌های تصادف موجود در استان، نسبت تصادفات شب به کل تصادفات شبانه‌روز ۰/۳۷ و نیز میانگین نسبت تصادفات انحرافی به کل تصادفات برابر با ۰/۲۵ ثبت شده است.

۳-۳- مراحل تحلیل به روش بیز تجربی

با استفاده از تعداد تصادف به دست آمده از تابع عملکرد ایمنی (SPF)، تعداد تصادف پیش‌بینی شده با استفاده از رابطه (۱) به- دست می‌آید (National Research Council, ۲۰۱۰):

جدول ۱- آمار کشته‌ها و مصدومان ناشی از حوادث رانندگی در

سال‌های مورد مطالعه در استان خراسان رضوی		
سال	تعداد کشته‌ها در تصادفات جاده‌های برون‌شهری	تعداد کلیه مصدومان در کلیه تصادفات رانندگی
۹۰	۸۸۸	۲۸۴۹۲
۹۱	۶۷۹	۳۰۰۴۵
۹۲	۷۴۰	۳۰۵۰۸
۹۳	۶۹۶	۲۴۸۵۲
۹۴	۷۶۰	۲۵۲۸۵
۹۵	۶۲۲	۲۷۶۳۲

۳-۱- سایت‌های مرجع و تابع عملکرد ایمنی

پیش‌نیاز شروع بررسی، انتخاب مجموعه‌ای از سایت‌ها است که طبق راهنمای ایمنی راه‌ها، قطعات راه به عنوان سایت‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. مجموعه‌ای از سایت‌هایی که در آن‌ها اقدامات ترمیمی صورت نگرفته ولی از لحاظ ویژگی‌های هندسی، ترافیکی و آب و هوایی و غیره مشابه سایت‌های مورد مطالعه اقدامی‌اند، تحت شرایط پایه انتخاب می‌شوند که به آن‌ها سایت‌های مرجع گفته می‌شود و برای برازش تابع عملکرد ایمنی (SPF) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در این پژوهش، ۴۶ قطعه به عنوان سایت مرجع در محورهای چهارخطه استان خراسان رضوی طبق شرایط پایه انتخاب شدند. لازم به ذکر است شرایط پایه سایت‌های مرجع برای راه‌های چهارخطه جدا شده عبارت است از عرض خط ۱۲ فوت، عرض شانه ۸ فوت، عرض میانه ۳۰ فوت، عدم وجود روشنایی و عدم کنترل سرعت با دوربین (National Research Council, ۲۰۱۰) تابع عملکرد ایمنی (SPF) مدل رگرسیونی برای تخمین متوسط تعداد تصادفات پیش‌بینی شده برای قطعات منفرد راه یا تقاطع‌ها تحت شرایط پایه خاص در سال مدنظر است. توابع SPF مشابه تمامی مدل‌های رگرسیونی مقدار یک متغیر وابسته را به عنوان تابعی از یک مجموعه متغیرهای مستقل، تخمین می‌زنند. بدین ترتیب، تابع SPF توسط متغیرهای مستقل AADT^۹ برای قطعه راه یا تقاطع و نیز طول قطعه راه، متوسط تعداد تصادفات پیش‌بینی شده برای یک قطعه راه یا تقاطع تحت شرایط پایه برآورد می‌کند.

۳-۲- سایت‌های اقدامی

سایت‌های اقدامی، قطعاتی هستند که در سال مدنظر در مطالعه، در آن‌ها اقدام ایمنی خاصی انجام شده باشد. براساس

$$OR = \frac{OR'}{1 + \frac{var[\sum_{all\ site} N_{exp,A}]}{[\sum_{all\ site} N_{exp,A}]^2}} \quad (9)$$

$$OR' = \frac{\sum_{all\ site} N_{obs,A}}{\sum_{all\ site} N_{exp,A}} \quad (10)$$

$$var[\sum_{all\ site} N_{exp,A}] = \sum_{all\ site} [(r_i)^2 \times N_{exp,B} \times (1 - w_{i,B})] \quad (11)$$

سپس واریانس اثربخشی ایمنی غیرجهت دار و خطای استاندارد نرخ احتمال و خطای استاندارد اثربخشی ایمنی با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$var(OR) = \frac{(OR')^2 \left[\frac{1}{N_{obs,A}} + \frac{var[\sum_{all\ site} N_{exp,A}]}{[\sum_{all\ site} N_{exp,A}]^2} \right]}{1 + \frac{var[\sum_{all\ site} N_{exp,A}]}{[\sum_{all\ site} N_{exp,A}]^2}} \quad (12)$$

$$SE(OR) = \sqrt{var(OR)} \quad (13)$$

$$SE(Safety\ effectiveness) = 100 \times \frac{SE(OR)}{SE(OR)} \quad (14)$$

زمانی که «قدرمطلق نسبت اثربخشی ایمنی به خطای استاندارد آن»، کمتر از ۱/۷ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که اثر اقدام صورت گرفته در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار نیست و زمانی که این نسبت بزرگ‌تر یا مساوی ۱/۷ باشد، می‌توان گفت اثر اقدام صورت گرفته در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار می‌باشد. همچنین اگر این نسبت بزرگ‌تر یا مساوی ۲ باشد، اثر اقدام صورت گرفته در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

۴- نتایج عددی

تابع عملکرد ایمنی توسط متغیرهای مستقل، متوسط تعداد تصادفات پیش‌بینی شده برای یک قطعه راه یا تقاطع تحت شرایط پایه برآورد می‌کند. از آنجایی که تعداد تصادفات یک متغیر گسسته با پراکندگی بسیار زیاد است، مدل دوجمله‌ای منفی برای به دست آوردن این تابع استفاده می‌شود که متداول‌ترین مدل برای برازش داده‌های شمارشی با ویژگی فرایپراکندگی (پارامتر k) می‌باشد. بدین ترتیب تابع برازش شده توسط نرم‌افزار SPSS، به صورت رابطه (۱۵) حاصل شد. مطابق با نتایج جدول (۴)، مدل دوجمله‌ای منفی در جاده‌های چهارخطه بین متغیر طول مقطع با تعداد تصادفات ارتباط معنی‌داری وجود ندارد ($p\text{-value} > 0.05$).

$$N_{spf} = e^{(8.245 \times 10^{-5})AADT}, \quad k = 2.23 \quad (15)$$

با استفاده از تعداد تصادفات به‌دست آمده از تابع SPF، تعداد تصادفات پیش‌بینی شده و متوسط تعداد تصادفات مورد انتظار هر

$$N_{pre} = N_{spf} \times CMFs \times C \times rates \quad (1)$$

در این رابطه N_{pre} تعداد متوسط تصادفات پیش‌بینی شده، N_{spf} تعداد متوسط تصادفات به‌دست آمده از تابع SPF، و CMFها ضرایب اصلاح تصادفات هستند. C ضریب کالیبراسیون برای اصلاح SPF برای تناسب با شرایط محلی است که در اینجا به دلیل این که تابع SPF را خودمان به دست آورده‌ایم، برابر با یک می‌باشد. مقدار rates، نسبت تصادفات انحرافی به تصادفات کل و نیز سهم تصادفات شب از کل تصادفات شبانه‌روز می‌باشد که از اطلاعات تصادفات هر سال استخراج می‌شود.

در مرحله بعد، با استفاده از رابطه زیر متوسط تعداد تصادفات مورد انتظار هر سایت در دوره قبل از اقدام به‌دست می‌آید:

$$N_{exp,B} = w_{i,B} N_{pre} + (1 - w_{i,B}) N_{obs,B} \quad (2)$$

در این رابطه $N_{obs,B}$ متوسط تعداد تصادفات مشاهده شده در دوره قبل از اقدام و $w_{i,B}$ یک ضریب وزنی اصلاحی برای دوره قبل از اقدام می‌باشد که با استفاده از پارامتر فرایپراکندگی تابع عملکرد ایمنی (k) و متوسط تعداد تصادفات پیش‌بینی شده دوره قبل، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w_{i,B} = \frac{1}{1 + k \times \sum_{before} N_{pre}} \quad (3)$$

سپس از رابطه زیر متوسط تعداد تصادفات مورد انتظار هر سایت در دوره بعد، بدون انجام اقدام اصلاحی به‌دست می‌آید:

$$N_{exp,A} = r_i \times N_{exp,B} \quad (4)$$

در این رابطه r_i ضریب اصلاحی برای در نظر گرفتن تفاوت مدت زمانی و حجم ترافیک مابین دوره‌های قبل و بعد از اقدام در هر سایت می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$N_{exp,A} = r_i \times N_{exp,B} \quad (5)$$

برای تعیین میزان اثربخشی ایمنی اقدام انجام شده در هر سایت از یک نرخ احتمال OR_i به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$Safety\ effectiveness = 100 \times (1 - OR_i) \quad (6)$$

$$OR_i = \frac{N_{obs,A}}{N_{exp,A}} \quad (7)$$

سپس برای به‌دست آوردن اثربخشی ایمنی کلی اقدام انجام شده برای کلیه سایت‌ها از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$Safety\ effectiveness = 100 \times (1 - OR) \quad (8)$$

که در آن برای به‌دست آوردن نرخ احتمال اصلاحی نهایی (OR) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

توأمان بیشتر از میانگین تصادفات انحرافی در شب در دوره بعد از این اقدامات می باشد ($H_0: \bar{y}_b > \bar{y}_a$).

به همین ترتیب، با محاسبات مشابهی برای تصادفات شبانه-روز، مقادیر ضریب اصلاح تصادف نهایی برای خط کشی طولی و تلفیق خط کشی و چشم‌گره‌ای به ترتیب برابر با ۱/۲۹ و ۰/۷۵ به دست آمد. همچنین، قدرمطلق نسبت اثربخشی ایمنی به خطای استاندارد آن برای اقدام خط کشی طولی ۱/۲۶ شد که با توجه به اختلاف زیاد با معیار ۱/۷ می توان گفت در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار نیست، ولی این نسبت برای تلفیق دو اقدام خط-کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای ۱/۶۷ شد که با توجه به اختلاف کم آن با معیار ۱/۷ می توان معناداری آن در سطح اطمینان ۹۰ درصد را پذیرفت. در نهایت، مجموعه نتایج در این مطالعه را می توان به شرح جدول (۶) خلاصه نمود.

جدول ۵- پارامترهای حاصله برای اثربخشی ایمنی کلی اقدام خط کشی طولی و نیز اقدامات ترکیبی خط کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای در شب برای کلیه سایت‌ها

نام و نماد پارامترهای اثربخشی	مقدار برای اقدام خط-کشی طولی	مقدار برای اقدامات ترکیبی
نرخ احتمال جهت‌دار	OR'	۰/۶۵۳۷۳
نرخ احتمال اصلاحی نهایی	OR	۰/۵۸۰۵۷۰
اثربخشی ایمنی نهایی	safety effectiveness	۳۶/۰۳۵۶
واریانس اثربخشی ایمنی	Var (OR)	۰/۰۴۱۳۷
خطای استاندارد نرخ احتمال	SE (OR)	۰/۲۰۴۶۱۵
خطای استاندارد اثربخشی ایمنی	SE (safety effectiveness)	۲۰/۳۴۰۸

جدول ۶- مقادیر به‌دست آمده CMF برای حالت‌های مختلف و مقادیر نسبت اثربخشی به خطای استاندارد

نوع اقدام	پارامترها	تصادفات	تصادفات
		انحرافی	انحرافی
		شبانه	شبانه‌روز
اقدام خط کشی طولی	ضریب CMF	۰/۶۴	۱/۲۹
	نسبت اثربخشی به خطای استاندارد	۱/۷۷۲	۱/۲۶
تلفیق خط کشی طولی و بازتاب چشم‌گره‌ای	ضریب CMF	۰/۵۶۵	۰/۷۵
	نسبت اثربخشی به خطای استاندارد	۲/۱۲۶	۱/۶۷

سایت در دوره قبل و بعد از اقدام محاسبه شدند. درصد اثربخشی ایمنی اقدام خط کشی طولی در سال ۱۳۹۳ بر تصادفات انحرافی شب برای هر سایت به‌طور جداگانه محاسبه و به دنبال آن نتیجه نهایی برای کلیه سایت‌ها به دست آمد که نتایج آن در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۴- نتایج برازش مدل دو جمله‌ای منفی برای راه‌های چهار خطه

متغیر	ضریب	انحراف معیار	معناداری
مقدار ثابت	۰/۲۳۷	۰/۶۹۲۸	۰/۷۳۳
حجم ترافیک	$10^{-5} \times 8/245$	$10^{-5} \times 4/2325$	۰/۰۵۱
طول مقطع	$10^{-5} \times 1/628$	۰/۰۰۰۲	۰/۳۶۱

مقدار ضریب اصلاح تصادف نهایی که نسبت تعداد تصادفات مشاهده شده به مورد انتظار در دوره بعد از اقدام می‌باشد، با استفاده از رابطه (۹) برای اقدام خط کشی طولی در شب و برای تصادفات انحرافی برابر با ۰/۶۴ به دست آمد و از آنجایی که کم‌تر از ۱ می‌باشد، نشان‌دهنده اثر کاهشی خط کشی طولی بر تعداد تصادفات انحرافی در شب می‌باشد.

با توجه به این که قدرمطلق نسبت اثربخشی ایمنی به خطای استاندارد آن ۱/۷۷۲ حاصل شد و بزرگ‌تر یا مساوی ۱/۷ می‌باشد، می‌توان گفت اثر اقدام خط کشی طولی در شب در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار می‌باشد.

نتایج اثربخشی برای تأثیر اقدامات ترکیبی خط کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای در شب برای کلیه سایت‌ها نیز در جدول (۵) نشان داده شده است. با استفاده از رابطه (۹) مقدار ضریب اصلاح تصادف نهایی برای این اقدامات ترکیبی و برای تصادفات انحرافی در شب برابر با ۰/۵۶۵ به دست آمده است و از آنجایی که کم‌تر از ۱ می‌باشد، نشان‌دهنده اثر کاهشی دو اقدام خط کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای بر تعداد تصادفات انحرافی در شب می‌باشد.

با توجه به این که قدرمطلق نسبت اثربخشی ایمنی به خطای استاندارد آن ۲/۱۲۶ حاصل شد و بزرگ‌تر از ۲ می‌باشد، می‌توان گفت اثر تلفیق دو اقدام خط کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می‌باشد.

در آزمون t انجام شده بر روی این ۱۴ سایت ترمیمی ترکیبی، فرض H_0 ، برابری میانگین‌های تصادفات انحرافی در شب در دوره-های قبل و بعد از ترمیم‌ها در نظر گرفته شد ($H_0: \bar{y}_b = \bar{y}_a$) و از آنجا که آماره $t_{0.05,68} = 1.671$ از $t_0 = 3.32842$ بزرگ‌تر می-باشد فرض H_0 رد شده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که میانگین تصادفات انحرافی در شب در دوره قبل از اقدام

۵- نتیجه گیری

... (به صورت منفرد یا کاربرد توأمان چند نوع تجهیزات مسیری نمایی) انجام شود.

در مطالعاتی با توجه به گستره تجهیزات مسیرنمایی و هم-چنین دیگر ترمیم‌ها با یک مطالعه اقتصادی فایده- هزینه^{۱۱} در (حالت کلی یا نمونه موردی) ترمیم‌های مناسب توصیه شود. با استفاده از روش بیز تجربی اصلاح شده و شاخص انتقال پذیری توابع عملکرد ایمنی مطالعاتی برای تکمیل این توابع در سطح ملی انجام گردد.

۷- مراجع

حقیقی ف ر، یوسفی ح، یوسفی ف، "بررسی میزان تأثیرگذاری خط‌کشی عرضی روسازی بر آرام‌سازی ترافیک با استفاده از آزمون t (مطالعه موردی: ورودی شهر ایزدشهر)"، مهندسی زیرساخت‌های حمل‌ونقل، ۱۳۹۴، ۱ (۴)، ۷۹-۹۱.

رضوی س م س، حقیقی ف ر، شیخ‌فرد ع، حق‌نژاد م، "مطالعات صورت گرفته در خصوص خط‌کشی‌های طولی و عرضی راه‌ها به منظور کاهش احتمال وقوع تصادفات"، اولین کنفرانس ملی مهندسی راه و ترابری، رشت، دانشگاه گیلان، ۱۳۹۶.

Ariën C, Brijis K, Vanroelen G, Ceulemans W, Jongen EM, Daniels S, Brijis T, Wets G, "The effect of pavement markings on driving behaviour in curves: a simulator study", *Ergonomics*, 2017, 60 (5), 701-713.

Charlton SG, "The role of attention in horizontal curves: A comparison of advance warning, delineation, and road marking treatments", *Accident Analysis & Prevention*, 2007a, 39 (5), 873-885.

Charlton SG, "Delineation effects in overtaking lane design", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2007b, 10 (2), 153-163.

Elvik R, "The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety", *Accident Analysis and Prevention*, 2008, 40, 1964-1969.

Farid A, Abdel-Aty M, Lee J, Eluru N, Wang, J, "Exploring the Transferability of Safety Performance Functions", *Accident Analysis and Prevention*, 2016, 94, 143-152.

Hauer E, Harwood D, Council F, Griffith M, "Estimating safety by the empirical Bayes method: a tutorial", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (1784), 2002, 126-131.

Herbel S, Laing L, McGovern C, "Highway Safety Improvement Program Manual", US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Safety, 2010.

Horberrry T, Anderson J, Regan MA, "The possible safety benefits of enhanced road markings: a driving simulator evaluation", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2006, 9 (1), 77-87.

Ogden KW, "Safer Roads: A Guide to Road Safety

عزم جدی بر کاهش خسارات یا به عبارت دیگر تلفات ناشی از تصادفات جاده‌ای از یک‌سو و تأثیر شگرف تجهیزات مسیرنمایی بر ارتقای ایمنی جاده‌ها موجب شده این تجهیزات به‌طور قابل-توجهی موردتوجه پژوهشگران قرار بگیرند و از آنجا که این تجهیزات به‌طور متعدد در حال استفاده‌اند، لزوم اثرسنجی به-کارگیری آن‌ها و انتخاب گزینه‌ای بهینه را اجتناب‌ناپذیر می‌کند که به نوعی هدف از انجام این پژوهش بود. با توجه به توصیه‌های راهنمای ایمنی راه از روش بیز تجربی برای اثرسنجی استفاده شد که این روش تمایل رگرسیون به میانگین را جبران می‌کند.

در این پژوهش از محورهای استان خراسان رضوی استفاده شد و در این راستا سایت‌های مرجع بر اساس شرایط پایه برای تشکیل تابع عملکرد ایمنی انتخاب شدند و نیز سایت‌های اقدامی جداگانه‌ای برای بررسی اثر اقدام خط‌کشی طولی و نیز برای اثرسنجی ایمنی دو اقدام خط‌کشی طولی و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای-ای که در سال ۹۳ انجام شده، مشخص گردید. سپس، داده‌های تصادف و ترافیکی و سایر اطلاعات موردنیاز جمع‌آوری و تحلیل بیز تجربی انجام شد.

همان‌طور که ملاحظه شد، اقدام خط‌کشی طولی شامل خطوط میانی و لبه سواره‌رو به‌ویژه در تلفیق با بازتاب‌های چشم-گره‌ای اثر مطلوبی بر کاهش تصادفات انحرافی و خروج از مسیر در شب دارد که این نتیجه در مطالعات بررسی شده در پیشینه تحقیق نیز مشاهده شده است و می‌توان آن را بر اثر ایجاد کنتراست مناسب در تاریکی شب تفسیر نمود. همچنین، تأثیر معناداری برای کاهش تصادفات انحرافی در طول شبانه‌روز (شامل ساعات روشن روز) برای اقدام خط‌کشی طولی مشاهده نشده است که این نتیجه منطقی از تأثیر نه‌چندان زیاد خط‌کشی در ایجاد کنتراست در سطح راه در طول روز ناشی می‌شود. ملاحظه می‌شود که خط‌کشی طولی در تلفیق با بازتاب چشم‌گره‌ای تأثیری با معناداری بیشتر برای تصادفات انحرافی در طول روز داشته است. قابل‌ذکر است که نتایج تست t نیز مؤید این موضوع است به طوری که در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که میانگین تصادفات انحرافی در شب در دوره قبل از اقدام توأمان خط‌کشی طولی و بازتابنده‌های چشم‌گره‌ای بیشتر از میانگین تصادفات انحرافی در شب در دوره بعد از این اقدامات می‌باشد.

۶- پیشنهادات

مطالعات اثرسنجی برای برآورد تأثیر ایمنی دیگر تجهیزات مسیر نمایی همانند تابلوهای شورون و بازتاب‌های چشم‌گره‌ای و

- Engineering", Ashgate Publishing Company, Burlington, United States, 1996.
- Montella A, "Safety evaluation of curve delineation improvements: empirical Bayes observational before-and-after study", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (2103), 2009, 69-79.
- National Research Council (US). Transportation Research Board. Task Force on Development of the Highway Safety Manual and Transportation Officials. Joint Task Force on the Highway Safety Manual, 2010, Highway safety manual (Vol. 1). AASHTO.
- Park ES, Park J, Lomax TJ, "A fully Bayesian multivariate approach to before-after safety evaluation", Accident Analysis & Prevention, 2010, 42 (4), 1118-1127.
- Patel R, Council F, Griffith M, "Estimating safety benefits of shoulder rumble strips on two-lane rural highways in Minnesota: empirical Bayes observational before-and-after study", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2019, 1, 205-211.
- Persaud B, Lan B, Lyon C, Bhim R, "Comparison of empirical Bayes and full Bayes approaches for before-after road safety evaluations", Accident Analysis & Prevention, 2010, 42 (1), 38-43.
- Shen J, Gan A, "Development of crash reduction factors: methods, problems, and research needs", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1840, 1, 50-56.

جدول ۳- جزئیات سایت‌های اقدامی و اطلاعات ترافیکی و تصادف مربوطه

شماره قطعه	نام محور	طول قطعه (متر)	حجم تردد ترافیک در دوره قبل از اقدام (veh/day)	حجم تردد ترافیک در دوره بعد از اقدام (veh/day)	تعداد تصادف مشاهده‌ای انحرافی در شب در دوره قبل از اقدام (crashes/sites/year)	تعداد تصادف مشاهده‌ای انحرافی در شب در دوره بعد از اقدام (crashes/sites/year)
۱	فریمان- تربت جام	۲۲۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۹۰	۹۴
۲		۴۰۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۰	۲
۳		۳۰۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۰	۰
۴		۳۷۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۰	۲
۵		۳۵۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۱	۳
۶		۲۰۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۰	۱
۷		۲۱۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۰	۱
۸		۲۲۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۰	۳
۹		۱۵۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۰	۱
۱۰		۱۵۰۰	۸۱۹۰	۹۴۸۵	۱	۰
۱۱	مشهد- فریمان	۱۵۰۰	۱۵۶۲۵	۱۶۳۰۵	۰	۱
۱۲		۲۲۰۰	۱۵۶۲۵	۱۶۳۰۵	۰	۱
۱۳		۲۰۰۰	۱۵۶۲۵	۱۶۳۰۵	۱	۳
۱۴		۵۰۰۰	۱۵۶۲۵	۱۶۳۰۵	۱	۱
۱۵	تربت حیدریه - شادمهر	۲۸۰۰	۱۰۵۵۴	۱۱۰۵۴	۱۱۹۳۴	۰
۱۶	شادمهر- مهنه	۳۵۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۰
۱۷	مهنه - گناباد	۵۰۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۱
۱۸		۳۵۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۰
۱۹		۲۵۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۱
۲۰		۲۵۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۱
۲۱		۵۰۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۱
۲۲		۲۳۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۰
۲۳		۲۰۰۰	-	۴۳۲۶	۶۰۷۳	۰

در دسترس
نیست

در دسترس
نیست

EXTENDED ABSTRACT

Effectiveness Evaluation of Longitudinal Delineation in Reducing the Run-Off Crashes in Rural Multi-Lane Roads

Maedeh Bahiraei ^a, Hamid Reza Behnood ^{a,*}, Ali Abdi Kordani ^b

^a Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

^b Khorasan Razavi Provincial Department of Road Maintenance Transportation

Received: 01 April 2018, Accepted: 15 July 2019

Keywords:

Longitudinal delineation, Safety effectiveness evaluation, Empirical bayesian, Crash modification factor.

1. Introduction

Run-Off-the-Road crashes (including: overturning, outgoing or fixed object crashes) form a considerable part of all rural road crashes and delineation generally affects them. This study aims at evaluating longitudinal delineation using pavement markings and its combination with the road pavement raised markers in the reduction of rural road crashes. Thereafter, the crash modification factor (CMF) will be found applying the before-after study on several treatment sites. In order to, traffic and crash data and the other required data for evaluating with empirical Bayes method gathered in Khorasan Razavi province in year 2014 as the treatment year for delineation activities.

2. Methodology

The three basic types of evaluations used to measure a safety improvement are:

1. Observational before/after studies;
2. Observational cross-sectional studies; and
3. Experimental before/after studies (Herbel et al., 2010).

The empirical Bayes (EB) approach nearly always provides better predictions of the number of accidents than the traditional approach of assuming that the recorded number of accidents is an unbiased estimator of the expected number of accidents (Elvik, 2008).

In this approach, the before period crash experience at treated sites is used in conjunction with a crash prediction model for untreated reference sites to estimate the expected number of crashes that would have occurred without treatment (Persaud et al., 2009).

This approach can compensate for regression-to-the-mean bias. The components of this method are the safety performance function (SPF), crash modification factor (CMFs), and a Local calibration factor. The SPF (which is a statistical regression model based on observed crash data for a set of similar sites) determines the predicted average crash frequency for a site with the base conditions (i.e., a specific set of geometric design and traffic control features). The minimum data requirements for this method are 10 to 20 treatment sites, 3 to 5 years of crash and volume data from before and after treatment, and also SPF for treatment site types (National Research Council, 2010).

3. Results and discussion

According to the 46 selected reference sites, the safety performance function for the rural four-lane roadway of Khorasan Razavi province has been fitted as a negative binomial function (1) by SPSS software:

* Corresponding Author

E-mail addresses: behnood@eng.ikiu.ac.ir (Hamid Reza Behnood), aliabdi@eng.ikiu.ac.ir (Ali Abdi Kordani), maedehbahiraei@yahoo.com (Maedeh Bahiraei).

$$N_{spf} = e^{(8.245 \times 10^{-5}) AADT^k}, k=2.23 \quad (1)$$

Then 23 treatment sites for longitudinal alignment measure and also 14 treatment sites for combined longitudinal alignment and raised reflective pavement markers measures were done in 2014 in Khorasan Razavi province, were selected to evaluate with empirical bays method. Results of the analysis for the nocturnal run of the road crashes for that 23 treatment sites and 14 treatment sites are presented in Table 1 and Table 2 respectively.

Table 1. Results for the overall safety evaluation of Longitudinal alignment measure at night for 23 sites

Name and symbol of safety evaluation parameters		Value
biased odds ratio	OR'	0.653731041
final adjusted odds ratio	OR	0.639643519
Overall unbiased safety effectiveness	safety effectiveness	36.03564813
variance of the unbiased safety effectiveness	Var (OR)	0.041375206
standard error of OR	SE (OR)	0.203408963
standard error of safety effectiveness	SE (safety effectiveness)	20.3408963
abs [(safety effectiveness)/SE(safety effectiveness)]		1.772 >1.7*
CMF		0.6537

*Conclude that the treatment effect is significant at the (approximate) 90-percent confidence level.

Table 2. Results for the overall safety evaluation of combined longitudinal alignment and raised reflective pavement markers measures at night for 14 sites

Name and symbol of safety evaluation parameters		Value
biased odds ratio	OR'	0.580570187
final adjusted odds ratio	OR	0.564950812
Overall unbiased safety effectiveness	safety effectiveness	43.50491881
variance of the unbiased safety effectiveness	Var (OR)	0.041867504
standard error of OR	SE (OR)	0.204615502
standard error of safety effectiveness	SE (safety effectiveness)	20.46155019
abs [(safety effectiveness)/SE(safety effectiveness)]		2.126 >2*
CMF		0.581

*Conclude that the treatment effect is significant at the (approximate) 95-percent confidence level.

It should be noted that absolute value of safety effectiveness to standard error ratio for the run of the road crashes in day and night in longitudinal alignment treatment be 1.26 and due to the large difference with the 1.7 criterion we could say it is not meaningful in 90% confidence level but this ratio for combination of cognitional alignment with pavement raised markers is 1.67 that have low difference with the 1.7 criterion so it could be accepted its meaningful in 90% confidence level. Finally, the results obtained in this study can be summarized in Table 3.

Table 3. Results of CMF value for different states and safety effectiveness to it's standard error ratio

Type treatment	Parameters	Run of the road crashes at night	Run of the road crashes at day and night
Longitudinal alignment measure	CMF	0.64	1.29
	abs [(safety effectiveness)/SE (safety effectiveness)]	1.772	1.26*
combined longitudinal alignment and raised reflective pavement markers measures	CMF	0.565	0.75
	abs [(safety effectiveness)/ SE (safety effectiveness)]	2.126	1.67

*Conclude that the treatment effect is not significant at the (approximate) 90-percent confidence level.

4. Conclusions

In this case study, longitudinal alignment measures including lane lines and edge lines especially in a joint application with raised reflective pavement markers have a desirable effect on reducing run off crashes at night. This result has been observed in studies in literature review and we can attribute it to suitable contrast in the darkness of night and for longitudinal no meaningful reduction of the run of the road crashes (in daylight hours)

were observed. That rational consequence is the obvious result of the low effect of longitudinal alignment on creating contrast. It can be observed that longitudinal alignment in a joint application with raised reflective pavement markers has a more meaningful effect for a run of crashes. It can be noted the result of T. test is approved of this result. Such we can say at 95% confidence level the average of run of nocturnal crashes for before the period of treatment is more than the average of run of nocturnal crashes after the period of treatment.

5. References

- Elvik R, "The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety", *Accident Analysis and Prevention*, 2008, 40 (6), 1964-1969.
- Herbel S, Laing L, McGovern C, "Highway Safety Improvement Program Manual", US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Safety, 2010.
- National Research Council (US), Transportation Research Board. Task Force on Development of the Highway Safety Manual and Transportation Officials. Joint Task Force on the Highway Safety Manual, 2010, Highway safety manual (Vol. 1), AASHTO.
- Persaud B, Lan B, Lyon C, Bhim R, "Comparison of empirical Bayes and full Bayes approaches for before-after road safety evaluations", *Accident Analysis & Prevention*, 2010, 42 (1), 38-43.