فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۳، شماره ۱، پاییز ۱٤۰۰، ص. ۱۱۷۸-۱۱٦۳
مقاله پژوهشی

اثرسنجی ایمنی اجرای پروژه‌های روشنایی در راه‌های برون‌شهری

علی حافظی، کارشناسی ارشد، راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
حمیدرضا بهنود (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین
Email: Behnood@eng.ikiu.ac.ir
علی عبدی، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰٦ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱٦

چکیده

یکی از عوامل تاثیرگذار در تصادفات، مساله روشنایی راه در ساعات شب است. هدف نهایی این مطالعه تعیین ضریب کاهش تصادف در شب در پی نصب سیستم‌های روشنایی در راه‌های برون‌شهری است. در این مطالعه با مقایسه داده‌های مربوط به فراوانی تصادفات قبل و بعد از اقدام بکارگیری تجهیزات روشنایی در مقاطعی از راه که مورد مطالعه قرار گرفته است، میزان تأثیرگذاری روشنایی در راه‌های برون شهری بر روی فراوانی تصادفات جاده‌ای به صورت مطالعات قبل و بعد با استفاده از روش بیز تجربی انجام شده و ضریب کاهش تصادف برای اجرای اقدام تامین روشنایی تعریف گردید. بر اساس اطلاعات سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، در چند محور واقع در سه استان گیلان، گلستان و سمنان در سال ۱۳۹۳ تیرهای روشنایی نصب شده است که با توجه به طول محورهایی که عملیات روشنایی در آنها صورت پذیرفته، ۳۵ قطعه از محورهای چهارخطه و ۱۲ قطعه از محورهای دوخطه دوطرفه به عنوان سایت‌های اقدامی انتخاب شدند. طی تحلیل به روش بیز تجربی، ضریب تعدیل تصادف آن در سطح معناداری ۹۵ درصد در راه‌های چهارخطه برابر با ۰/۲۲۶ و در راه‌های دوخطه دوطرفه برابر با ۰/٤٤۵ به دست آمد. این تاثیر قابل توجه پروژه‌های نصب روشنایی را می‌توان فقط برای تصادفات شبانه و آن هم در موقعیت‌هایی از راه جستجو نمود که در آن به دلایل آثار شرایط نامساعد جوی (مانند گردنه‌های مه‌گیر) و محدودیت دید در شب، قطعه راه به عنوان موقعیت واجد شرایط نصب روشنایی شناخته شده است.

کلمات کلیدی: راه‌های برون‌شهری، روشنایی، اثرسنجی ایمنی، مطالعات قبل و بعد، ضریب اصلاح تصادف

۱. مقدمه

با افزایش روز افزون تعداد وسایل نقلیه و همچنین افزایش تعداد مسافرت‌های درون شهری و برون شهری و به تبع آن افزایش میزان تصادفات جرحی و فوتی، موضوع ایمنی راه‌ها و مطالعات مربوطه به آن دارای اهمیتی روز افزون گشته است. یکی از عوامل تاثیرگذار در تصادفات، مساله روشنایی راه در ساعات شب است. روشنایی راه عاملی است که در زندگی روزمره انسان‌ها بسیار حائز اهمیت بوده و بر آسایش آنها در محیط راه تاثیر می‌گذارد [Markvica et al., 2019]. معمولا سهم کمتری از سفرها در ساعات تاریک شب انجام می‌شود ولی همین ساعات سهم زیادی از تصادفات جاده‌ای را شامل می‌شود. هدف از این پژوهش این است که با استفاده از داده‌های ثبت شده سوانحی که در زمان تاریکی در راه‌های دوخطه و چهارخطه برون شهری به وقوع پیوسته است، بررسی نماییم که آیا تامین روشنایی راه‌های برون‌شهری می‌تواند نقشی در کاهش فراوانی تصادفات جاده‌های برون‌شهری در سوانح شب هنگام داشته باشد یا خیر. هدف نهایی این مطالعه تعیین ضریب کاهش تصادفات در شب در پی نصب سیستم‌های روشنایی در راه‌های برون‌شهری است. در این مطالعه با مقایسه داده‌های مربوط به فراوانی تصادفات قبل و بعد از اقدام بکارگیری تجهیزات روشنایی با استفاده از روش بیز تجربی (EB)[1] در مقاطعی از راه که مورد مطالعه قرار گرفته است، میزان تأثیرگذاری روشنایی در راه‌های برون شهری بر روی فراوانی تصادفات جاده‌ای به صورت مطالعات قبل و بعد انجام شده و ضریب کاهش تصادف (CMF)[2] برای اجرای اقدامات بهسازی تعریف گردیده است.

۲. پیشینه تحقیق

تاثیر روشنایی راه بر فراوانی تصادفات شبانه توسط محققین در گذشته در مطالعات مختلف بررسی شده است. به طور کلی، رانندگی در ساعات تاریکی خطرناک‌تر است. تنها یک چهارم سفرها در ساعت ۷ غروب تا ۸ صبح می‌باشد ولی این زمان ۴۰ درصد سوانح فوتی و جرحی را شامل می‌شود [ROSPA,2017]. روشنایی خیابان به عنوان یک اقدام متقابل ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش در فراوانی تصادف و حدود ٦٥ درصد کاهش در تصادفات جرحی را نشان داده است [TAC, 2004]. مطالعه‌ای که در طی پنج سال انجام شد [Geepidally, 2009]، کاهش ١٦ درصدی تصادفات مشاهده شده را در قطعات آزادراهی شهری با روشنایی پیوسته، با جریان ترافیک مشابه و یکسانی سایر عوامل به دست آورد. در تحقیقی که بر اساس ۷۳٦,۰۰۰ سانحه جرحی و ۳/۳ ملیون سانحه خسارتی بین سال-های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰٦ در کشور هلند انجام شد، کاهش ۵۰ درصدی سوانح شب هنگام به دلیل تامین روشنایی ملاحظه گردید [Wanvik, 2009]. در مطالعه‌ای دیگر، کاهش ۳۷ درصدی تعداد برخورد در صورت وجود روشنایی نشان داده شده است [Isebrands et al, 2010]. گراس و دونل [Gross and Donnell, 2011] در مطالعه‌ای به عدد ۰/۸۳٦ برای فاکتور تعدیل تصادف روشنایی رسیدند. بنا بر پژوهشی که در کشور نیوزلند صورت گرفت، بهبود روشنایی و یا ایجاد روشنایی ۳۵ درصد کاهش تصادف را نشان داد [Jackett and Frith, 2014]. یانیس و همکاران [Yannis et al., 2013] نیز نشان دادند که وجود نور در راه می‌تواند موجب کاهش تعداد تصادف، به ویژه تلفات و تصادفات شدید در راه‌های درون‌شهری و برون-شهری شود.

در صورت در اختیار داشتن داده‌های تصادف برای یک دوره چندساله قبل از احداث یا ارتقای پروژه‌های روشنایی می‌توان از روش‌های اثرسنجی مشاهده‌ای قبل-بعد استفاده کرد. الویک و همکاران [Elvik et al., 2004] روش مطالعاتی قبل – بعد را برای اثر سنجی روشنایی بکار بردند که فاکتور تعدیل تصادف (CMF) ۰/۷۲ و اثربخشی ۲۸ درصدی روشنایی را به دست آورند. در مطالعه‌ایی دیگر در فنلاند [Makela and KARKI, 2004]، اثر روشنایی قبل و بعد از نصب در ۲۳٦ قطعه راه مورد بررسی قرار گرفت. طی این مطالعه، اثر نهایی کاهش ۱۷ درصدی سوانح در طول ٢٤ ساعت شبانه روز و ۵۱ درصد در ساعات شب براورد شد. هاروود و همکاران [Harwood et al.,

[2007 با مطالعه بر روی خیابان‌های شریانی و با استفاده از روش قبل – بعد به عدد قابل توجه ۰/۹۶ برای فاکتور تعدیل تصادف (CMF) و اثربخشی ٤ درصدی روشنایی دست یافتند.

در صورت عدم دسترسی به داده‌های قبل و بعد پروژه، می‌توان از روش مقطع عرضی[3] برای اثرسنجی پروژه‌های روشنایی راه استفاده کرد. ساسیداران و دونل [Sasidharan and Donnell, 2013] نیز با استفاده از روش مقطع عرضی در خیابان‌های شریانی شهری عدد ۰/۹۵ را برای فاکتور تعدیل تصادف (CMF) به دست آوردند. حیدری [Heydari, 2016] نیز با استفاده از روش مقطع عرضی فاکتور تعدیل تصادف ۰/٦٥ و اثر بخشی ۳۵ درصدی را به دست آورد. تاثیر تامین روشنایی در شب بر کاهش شدت تصادف در ساعات شب نیز نشان داده شده است (حقیقی و شهبازی، ۱۳۹۵).

۳. روش تحقیق

سایت‌های مرجع قطعاتی از راه است که در آنها اقدامات ترمیمی صورت نگرفته ولی از لحاظ ویژگی‌های هندسی، ترافیکی، آب و هوایی و غیره مشابه سایت‌های مورد مطالعه اقدامی (قطعاتی که در آنها اقدام اصلاحی صورت گرفته است) می‌باشند. این سایت‌ها تحت شرایط پایه انتخاب شده و از آنها برای برازش تابع عملکرد ایمنی استفاده می‌شود.

با توجه به این‌که این پژوهش بر روی راه‌های دوخطه و چهارخطه استان‌های سمنان، گلستان و گیلان متمرکز شده است، برای راه-های دوخطه ٤٨ سایت مرجع و برای راه‌های چهارخطه ۱۲۵ سایت مرجع بر اساس شرایط پایه انتخاب گردید. بر اساس توصیه‌های مشروح در راهنمای ایمنی راه (HSM) [NRC, 2010]، 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. همچنین شرایط پایه سایت‌های مرجع برای راه‌های دوخطه عبارت است از عرض خط ۱۲ فوت، عرض شانه ۸ فوت، شانه دارای روسازی آسفالتی، شاخص خطر کناره راه (RHR)[4] برابر ۳، تراکم دسترسی کمتر از ۵ دسترسی در هر مایل، عدم وجود قوس افقی، عدم وجود قوس قائم، عدم وجود نوارهای لرزاننده در محور مسیر، عدم وجود خط سبقت سربالایی، عدم وجود شیب طولی، عدم وجود روشنایی و عدم کنترل سرعت.

توابع عملکرد ایمنی (SPF)[5]، مدل‌های رگرسیونی برای تخمین متوسط تعداد تصادف پیش‌بینی شده برای قطعات منفرد راه یا تقاطع‌ها تحت شرایط پایه خاص در سال مدنظر هستند. هرگاه نتوان متغیرهایی را که نقش عمده‌ای در ریسک تصادف دارند حذف نمود، توابع عملکرد ایمنی می‌توانند ضرایب تعدیل تصادف قابل اطمینانی را ایجاد نمایند. همچنین شکل تابع مورد استفاده در تحلیل رگرسیون نقش بسیار مهمی را در تحلیل‌ها ایفا می‌نماید [Ligato&Dominique, 2017]. این توابع مشابه تمامی مدل‌های رگرسیونی مقدار یک متغیر وابسته به عنوان تابعی از یک مجموعه از متغیرهای مستقل را تخمین می‌زنند. بدین ترتیب، تابع SPF توسط ویژگی‌های رویارویی شامل متغیرهای مستقل تعداد تردد متوسط سالانه (AADT)[6] برای قطعه راه یا تقاطع و نیز طول قطعه راه، متوسط تعداد تصادف پیش‌بینی شده برای یک قطعه راه یا تقاطع تحت شرایط پایه را براورد می‌کند. از آنجایی که تعداد تصادف یک متغیر گسسته بوده و معمولا مقدار واریانس آن بیشتر از میانگین می‌باشد، مدل دوجمله‌ای منفی برای براورد تابع عملکرد ایمنی استفاده می‌شود که متداول‌ترین مدل برای برازش داده‌های شمارشی با ویژگی فراپراکندگی[7] (پارامتر k) است [NRC, 2010]. مدل‌های شمارشی مانند رگرسیون دوجمله‌ای منفی روش‌های آماری پرکاربردی در تجزیه و تحلیل ایمنی راه می‌باشند [Thomas&Andrew, 2019]. شکل کلی مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی در روابط زیر نشان داده شده است [Pulido et al., 2016]:

$$E(y_i) = \lambda_i = EXP(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (۱)$$

در این رابطه EXP (εi) برابر است با خطای توزیع گاما با میانگین ۱ و واریانس α۲. در مدل دوجمله‌ای منفی تفاوت بین میانگین و واریانس به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$V[y_i] = E[y_i] + \alpha E[y_i]^2 \quad (۲)$$

$$E[y_i] = U \quad (۳)$$

$$V[U] = U + \alpha U^2 \quad (٤)$$

که در آن $V[y_i]$ نشان‌دهنده واریانس و $E[y_i]$ برابر با میانگین است و مقدار α هم ضریب بیش‌پراکندگی مدل دوجمله‌ای منفی را نشان می‌دهد. شکل معمول مدل دوجمله‌ای منفی به صورت رابطه (۵) است که در آن Γ تابع گاما است (Hilbe, 2011):

$$P(y_i) = \frac{\Gamma((\alpha^{-1})+y_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})y_i!}\left[\frac{\alpha^{-1}}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right]^{\alpha^{-1}}\left[\frac{\lambda_i}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right]^{y_i} \quad (۵)$$

برای برآورد مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی از روش بیشینه احتمال[۱۵] استفاده می‌گردد. رابطه زیر تابع احتمال این مدل را برای این روش نمایش می‌دهد:

$$L(\lambda_i) = \prod_i \frac{\Gamma((\alpha^{-1})+y_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})y_i!}\left[\frac{\alpha^{-1}}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right]^{\alpha^{-1}}\left[\frac{\lambda_i}{(\alpha^{-1})+\lambda_i}\right]^{y_i} \quad (٦)$$

سایت‌های اقدامی، قطعاتی از راه هستند که در سال مورد مطالعه (سال ۱۳۹۳)، در آنها اقدام ایمنی خاص یعنی نصب روشنایی انجام شده است. این قطعات نقاط حادثه خیزی بوده اند که به علت فقدان روشنایی و کاهش دید تعداد تصادفات بالایی داشته اند. بر اساس اطلاعات سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور، در چند محور واقع در سه استان گیلان، گلستان و سمنان در سال ۱۳۹۳ تیرهای روشنایی نصب شده است که با توجه به طول محورهایی که عملیات روشنایی در آنها صورت پذیرفته، ۳۵ قطعه از محورهای چهارخطه و ۱۲ قطعه از محورهای دوخطه دوطرفه به عنوان سایت‌های اقدامی انتخاب شدند. اطلاعات سایت‌های اقدامی در راه‌های چهارخطه دو طرفه و راه-های دوخطه دوطرفه و همچنین اطلاعات تصادفات شب سایت‌های اقدامی در راه‌های چهارخطه و راه‌های دوخطه در جداول پیوست ارائه گردیده است. چراغ های روشنایی به کار برده شده در تمامی قطعات به صورت همسان با پایه بتنی و ارتفاع ۱۰ متر بوده است که آرایش آن ها در راه های دوخطه دو طرفه به صورت نصب در یک طرف و در راه‌های چهارخطه به صورت نصب در وسط اجرا شده‌اند که صرفا جهت تامین دید کافی در نقاط حادثه خیز ایجاد شدند.

با توجه به خصوصیات کنترل ترافیک و طرح هندسی راه‌ها، به منظور تصحیح تعداد متوسط تصادف براورد شده توسط تابع عملکرد ایمنی، ضرایب تعدیل تصادف (CMF) به کار می‌روند. برای هر خصوصیت مشابه شرایط پایه، ضریب CMF مربوطه برابر یک در نظر گرفته می‌شود، ضرایب CMF بزرگتر از یک نشان‌دهنده شرایطی هستند که متوسط تعداد تصادف در آنها بیشتر از متوسط تعداد تصادف در شرایط پایه است و بالعکس. ضرایب CMF تاثیرگذار در براورد فراوانی تصادف در راه‌های چهارخطه، مطابق با راهنمای ایمنی راه‌ها عبارت است از عرض خط، عرض شانه، عرض میانه، وضعیت روشنایی و محل قرارگیری دوربین‌های کنترل سرعت. در هر یک از سایت‌های اقدامی با استفاده از اطلاعات حاصله، حاصل‌ضرب مجموعه ضرایب تعدیل تصادف در راه‌های چهارخطه به شرح جدول (۱) با استفاده از راهنمای HSM به دست آمد. همچنین، نسبت تصادفات شب هنگام به کل تصادفات شبانه روز در راه‌های چهارخطه برابر با ۰/۳٦ بوده است.

ضرایب CMF تاثیرگذار بر براورد تعداد تصادف در راه‌های دو خطه دوطرفه نیز مطابق با راهنمای HSM عبارت‌اند از عرض خط، عرض شانه، نوع روسازی شانه، قوس افقی، بربلندی، شیب طولی، تراکم دسترسی‌ها، نوارهای لرزاننده، خطوط سربالایی، نوع کناره مسیر، وضعیت روشنایی و محل قرارگیری دوربین‌های کنترل سرعت. در هر یک از سایت‌های اقدامی با استفاده از اطلاعات حاصله، حاصل‌ضرب مجموعه ضرایب تعدیل تصادف راه‌های دو خطه دو طرفه به شرح جدول (۲) به دست آمد. همچنین نسبت تصادفات شب هنگام به کل تصادفات شبانه روز در راه‌های دو خطه دو طرفه برابر با ۰/۳۲ بوده است.

با استفاده از تعداد تصادف بدست آمده از تابع عملکرد ایمنی (SPF)، تعداد تصادف پیش‌بینی شده با استفاده از رابطه (۷) بدست می‌آید [NRC, 2010]:

$$N_{pre} = N_{spf} \times CMFs \times C \times rates \quad (۷)$$

جدول ۱. حاصل‌ضرب مجموعه ضرایب تعدیل تصادف در قطعات راه چهارخطه

نام محور	حاصل‌ضرب ضرایب CMF
لاهیجان – لنگرود	۱
لنگرود – لاهیجان	۱
آستارا – لوندویل	۱
لوندویل – آستارا	۱
لنگرود – رودسر	۱
رودسر – لنگرود	۱
علی آباد – فاضل آباد	۱
سمنان –گرمسار (برج نوری صید آباد)	۱
سمنان –گرمسار (برج نوری دوربرگردان سرخه)	۱
سمنان –دامغان (برج نوری چاشت خوران)	۱
سمنان –دامغان (برج نوری ابزار مهدی)	۱
دامغان–سمنان (برج نوری تقاطع تویه دروار)	۰/۹٤
گرمسار–سمنان (برج نوری صید آباد)	۰/۹٤
گرمسار– سمنان (برج نوری دوربرگردان سرخه)	۱
دامغان – سمنان (برج نوری چاشت خوران)	۱
دامغان – سمنان (برج نوری تقاطع سوکان)	۱

در این رابطه N_{pre} تعداد متوسط تصادف پیش‌بینی شده، N_{spf} تعداد متوسط تصادف بدست آمده از تابع SPF، و CMFها ضرایب اصلاح تصادف هستند. ضریب C ضریب کالیبراسیون برای اصلاح SPF برای تناسب با شرایط محلی است که در این‌جا به دلیل این‌که تابع SPF را خودمان به دست آورده‌ایم، برابر با یک می‌باشد. مقدار rates، نسبت تصادفات شبانه به تصادفات کل می‌باشد.

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

$$N_{exp,B} = w_{i,B}\, N_{pre} + \left(1 - w_{i,B}\right) N_{obs,B} \qquad (۸)$$

جدول ۲. حاصل‌ضرب مجموعه ضرایب تعدیل تصادف در قطعات راه دوخطه

نام محور	حاصل‌ضرب ضرایب CMF
آزادشهر – خوشییلاق (تقاطع فارسیان)	۰/۹٥٤
آزادشهر – خوشییلاق (گردنه خوشییلاق)	۰/۹٥٦
سیاهکل – دیلمان	۲/۳۳۷
دامغان – دیباج (تقاطع چشمه علی)	۰/۹٥۹
میامی –جاجرم (تقاطع بکران)	۰/۹٥٤

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 فراپراکندگی تابع عملکرد ایمنی (k) و متوسط تعداد تصادف پیش‌بینی شده در دوره قبل، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w_{i,B} = \frac{1}{1+k\times\sum_{before} N_{pre}} \qquad (۹)$$

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

$$N_{exp,A} = r_i \times N_{exp,B} \qquad (۱۰)$$

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:

$$N_{exp,A} = r_i \times N_{exp,B} \qquad (۱۱)$$

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

$$Safety\ effectiveness = 100 \times (1 - OR_i) \qquad (۱۲)$$

$$OR_i = \frac{N_{obs,A}}{N_{exp,A}} \qquad (۱۳)$$

که در آن برای به دست آوردن نرخ احتمال اصلاحی نهایی (OR) از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$OR = \frac{OR'}{1+\frac{var\left[\sum_{all\ site} N_{exp.A}\right]}{\left[\sum_{all\ site} N_{exp.A}\right]^2}} \qquad (۱٤)$$

$$OR' = \frac{\sum_{all\ site} N_{obs.A}}{\sum_{all\ site} N_{exp.A}} \quad (۱۵)$$

$$var\left[\sum_{all\ site} N_{exp.A}\right] = \sum_{all\ site}\left[(r_i)^2 \times N_{exp,B} \times \left(1 - w_{i,B}\right)\right] \quad (۱۶)$$

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

$$var(OR) = \frac{(OR')^2\left[\frac{1}{N_{obs,A}} + \frac{var\left[\sum_{all\ site} N_{exp.A}\right]}{\left[\sum_{all\ site} N_{exp.A}\right]^2}\right]}{1 + \frac{var\left[\sum_{all\ site} N_{exp.A}\right]}{\left[\sum_{all\ site} N_{exp.A}\right]^2}} \quad (۱۷)$$

$$SE(OR) = \sqrt{var(OR)} \quad (۱۸)$$

$$SE(Safety\ effectiveness) = 100 \times SE(OR) \quad (۱۹)$$

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.

٤. نتایج تحلیل

در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS و اطلاعات سایت‌های مرجع، نتایج برازش مدل دوجمله‌ای منفی برای براورد تابع SPF در راه‌های چهارخطه مطابق جدول (۳) به دست آمد.

جدول ۳. نتایج برازش مدل دوجمله‌ای منفی برای راه‌های چهارخطه

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	معناداری
مقدار ثابت	۰/٦٤١	۰/٤۰۱۹	۰/۱۱۱
حجم ترافیک	۰/۰۰۰۰۹۷۹۸	۰/۰۰۰۰٤٤۹۰۸	۰/۰۲۹

مطابق با نتایج مدل دوجمله‌ای منفی در راه‌های چهارخطه بین متغیر مقدار ثابت با تعداد تصادفات ارتباط معناداری وجود ندارد. از این رو تابع عملکرد ایمنی برای راه‌های چهار خطه مطابق رابطه (۲۰) به دست آمد.

$$N_{SPF} = e^{\left(9.798\times10^{-5} AADT\right)} \quad (۲۰)$$

همچنین نتایج برازش مدل دوجمله‌ای منفی برای راه‌های دوخطه به شرح جدول (٤) است.

جدول ٤. نتایج برازش مدل دوجمله‌ای منفی برای راه‌های دوخطه

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	معناداری
مقدار ثابت	۲/۲۸۲	۰/٤۸۱٥	۰/۰۰۰۰۰۲۱٤۲
حجم ترافیک	۰/۰۰۰۱۸۷۷	۰/۰۰۰۰۹٤۲۰٥	۰/۰٤٦

مطابق با نتایج مدل دوجمله‌ای منفی در راه‌های دوخطه دوطرفه، تابع عملکرد ایمنی مطابق رابطه (۲۱) است.

$$N_{SPF} = e^{(2.282 - 1.877\times10^{-4}AADT)} \quad (۲۱)$$

همچنین پارامتر فراپراکندگی بر اساس تعداد سوانح قطعات سایت‌های مرجع برای راه‌های چهارخطه مقدار k=۱/۲۰۷٦ و برای راه‌های دوخطه مقدار k=۱/۰٥۳٥۳ به دست آمد.

با استفاده از فراوانی تصادف براورد شده توسط تابع عملکرد ایمنی (SPF)، تعداد تصادف پیش‌بینی شده و متوسط تعداد تصادف مورد انتظار هر سایت در دوره قبل و بعد از اقدام محاسبه شد. درصد اثربخشی ایمنی اقدام انجام شده در سال ۹۳ برای هر سایت به طورجداگانه محاسبه و به دنبال آن نتیجه نهایی برای کلیه سایت‌ها انجام شد که نتایج آن در جدول‌های (٥) و (٦) آورده شده است.

ضریب تعدیل تصادف راه‌های دوخطه دوطرفه از رابطه (۲۲) حاصل می‌شود و از آنجایی که مقدار آن ۰/٤٤٥ وکمتر از ۱ است، نشان دهنده اثرکاهش ٥٥ درصدی تعداد تصادف در شب می‌باشد.

$$CMF = \frac{N_{observed,A}}{N_{expected,A}} = \frac{14}{31.46} = 0.445 \quad (۲۲)$$

با توجه به این که نسبت اثربخشی ایمنی به خطای استاندارد آن بزرگتر از ۲ است، می‌توان گفت اثر اقدام اصلاحی نصب روشنایی در راه‌های دوخطه دوطرفه در سطح اطمینان ۹٥ درصد معنادار می‌باشد.

جدول ٥. نتایج نهایی اثربخشی ایمنی کلیه قطعات در راه‌های دوخطه

نام پارامتر اثرسنجی	نماد	مقدار
نرخ احتمال جهت‌دار	OR′	۰/٤٤٤۹۹۱
نرخ احتمال اصلاحی نهایی	OR	۰/٤۳٤۳۹۷
اثربخشی ایمنی نهایی	Safety Effectiveness	٥٦/٥٦۰۲٥۱
واریانس اثربخشی ایمنی	Var (OR)	۰/۰۱۸٥۲۱
خطای استاندارد نرخ احتمال	SE (OR)	۰/۱۳٦۰۹۳
خطای استاندارد اثربخشی ایمنی	SE (Safety Effectiveness)	۱۳/٦۰۹۳۲٥
اثربخشی ایمنی تخمین زده شده	Abs	٤/۱٥٥۹۹۲

جدول ٦. نتایج نهایی اثربخشی ایمنی کلیه قطعات در راه‌های چهارخطه

نام پارامتر اثرسنجی	نماد	مقدار
نرخ احتمال جهت‌دار	OR′	۰/۲۲٥۸۱۲
نرخ احتمال اصلاحی نهایی	OR	۰/۲۲٤٦٦٥
اثربخشی ایمنی نهایی	Safety Effectiveness	۷۷/٥۳۳٤٦۰
واریانس اثربخشی ایمنی	Var (OR)	۰/۰۰۱٤۳۹
خطای استاندارد نرخ احتمال	SE (OR)	۰/۰۳۷۹۳۲
خطای استاندارد اثربخشی ایمنی	SE (Safety Effectiveness)	۳/۷۹۳۱٦٦
اثربخشی ایمنی تخمین زده شده	Abs	۲۰/٤٤۰۲۹۹

همچنین، ضریب تعدیل تصادف راه‌های چهارخطه از رابطه (۲۳) حاصل می‌شود و از آنجایی که مقدار آن ۰/۲۲٦ و کمتر از ۱ است، نشان دهنده اثر کاهش ۷۷ درصدی فراوانی تصادف در شب می‌باشد.

$$CMF = \frac{N_{observed,A}}{N_{expected,A}} = \frac{43}{190.42} = 0.226 \quad (۲۳)$$

در اینجا نیز با توجه به این که نسبت اثربخشی ایمنی به خطای استاندارد آن بزرگتر از ۲ است، می‌توان گفت اثر اقدام اصلاحی

نصب روشنایی در راه‌های چهارخطه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

این پژوهش بر روی اثربخشی ایمنی نصب روشنایی در دو نوع راه چهارخطه و دوخطه دوطرفه برون‌شهری در سه استان سمنان، گلستان و گیلان متمرکز گردید. در این راستا برای تعیین تابع عملکرد ایمنی در راه‌های چهار خطه ۱۲۵ سایت مرجع و در راه‌های دوخطه دوطرفه ٤٨ سایت مرجع بر اساس شرایط پایه معرفی شده در راهنمای ایمنی راه (HSM) انتخاب گردید. با توجه به این که اقدام اصلاحی مورد نظر (نصب روشنایی) در برخی از محورهای این سه استان در سال ۱۳۹۳ انجام شده بود، برای راه‌های چهارخطه، ۳۵ سایت اقدامی و برای راه‌های دو خطه دوطرفه، ۱۲ سایت اقدامی تعیین گردید. سپس، داده‌های تصادف و داده‌های ترافیکی و سایر اطلاعات مورد نیاز جمع آوری و تحلیل بیز تجربی انجام شد. تعداد تصادف مشاهده شده در شب برای ۳۵ سایت در راه‌های چهارخطه مورد مطالعه برای بررسی اثر اقدام نصب روشنایی در دوره قبل از اقدام، ۲۱٦ تصادف و در دوره بعد از آن ٤۳ تصادف بوده است. طی تحلیل به روش بیز تجربی، ضریب تعدیل تصادف آن در سطح معناداری ۹۵ درصد، برابر با ۰/۲۲٦ به دست آمد که نشان دهنده اثر کاهش ۷۷ درصدی تعداد تصادفات در شب در راه‌های چهارخطه می‌باشد. همچنین، تعداد تصادف مشاهده شده در شب برای ۱۲ سایت در راه‌های دو خطه مورد مطالعه برای بررسی اثر اقدام نصب روشنایی در دوره قبل از اقدام، ۳۰ تصادف و در دوره بعد از آن ۱٤ تصادف بوده است. با استفاده از تحلیل قبل و بعد به روش بیز تجربی، ضریب تعدیل تصادف آن در سطح معناداری ۹۵ درصد، برابر با ۰/٤٤٥ به دست آمد که نشان دهنده اثر کاهش ۵۵ درصدی تعداد تصادف در شب در راه‌های دوخطه دوطرفه می‌باشد. این تاثیر قابل توجه پروژه-های نصب روشنایی را می‌توان فقط برای تصادفات شبانه و آن هم در موقعیت‌هایی از راه جستجو نمود که در آن به دلایل آثار شرایط نامساعد جوی (مانند گردنه‌های مه‌گیر) و محدودیت دید در شب، قطعه راه به عنوان موقعیت واجد شرایط نصب روشنایی شناخته شده است. در غیر این صورت، این حد از اثر کاهش تصادف شاید برای مقاطع راه در شرایط عادی دید در شب کمی دست بالا به نظر برسد.

پیشنهاد می‌گردد تحلیل اثرسنجی با استفاده از روش مقطع عرضی نیز برای بررسی اثربخشی روشنایی در کاهش تصادفات شبانه مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن با نتایج این تحقیق مورد مقایسه قرار گیرد. استفاده از این تحلیل در شرایط عدم دسترسی به داده‌های قبل از نصب روشنایی می‌تواند سودمند باشد. همچنین، پیشنهاد می‌شود این تحقیق در سطح کلان ملّی مورد بررسی قرار گرفته و دسته‌بندی بین استان‌ها از نظر تاثیر روشنایی بر کاهش تصادف در راه‌های برون‌شهری صورت پذیرد. توصیه می‌شود در تحقیقی مستقل، اثر خنثی کننده نصب تیرهای روشنایی شامل احتمال برخورد وسایل نقلیه با پایه آنها مورد مطالعه قرار گیرد.

٦. پی‌نوشت‌ها

1. Crash Modification Factor
2. Empirical Bayesian
3. Cross Section Study
4. Roadside Hazard Rating
5. Safety Performance Function
6. Average Annual Daily Traffic
7. Overdispersion

۷. منابع

- حقیقی، فرشیدرضا، شهبازی، شروین، ۱۳۹۵. "مدل ارزیابی شدت تصادفات در میدان‌ها (مطالعه موردی شهر تهران)". مهندسی حمل‌ونقل. دوره ۷، شماره ۳، ص. ٤۳۵-٤٤٨.

- Geedipally, S. R., Lord, D., & Park, B. J. (2009) "Analyzing different parameterizations of the varying dispersion parameter as a function of segment length". *Transportation research record 2013*, No. 1, pp.108-118.

factors. Accident Analysis and Prevention 102 (2017) 123–135.

- Makela, O., & KARKI, J. (2004) "Impact of road lighting on road safety and driving speeds". TIEHALLINNON SELVITYKSIA, FINNRA REPORTS, (18).

- Markvica, K. Richter., & Lenz, G. (2019). Impact of urban street lighting on road users' perception of public space and mobility behavior. Building and Environment 154 (2019) 32–43.

- National Research Council (US). Transportation Research Board. Task Force on Development of the Highway Safety Manual, & Transportation Officials. Joint Task Force on the Highway Safety Manual. (2010). Highway safety manual (Vol. 1). AASHTO.

- Pulido, J., Barrio, G., Hoyos, J., Jiménez-Mejías, E., del Mar Martín-Rodríguez, M., Houwing, S., & Lardelli-Claret, P. (2016). The role of exposure on differences in driver death rates by gender and age: results of a quasi-induced method on crash data in Spain. Accident Analysis & Prevention, 94, 162-167.

- ROSPA (2017) "Street Lighting and Road Safety". Royal Society for the Prevention of Accidents.

- Sasidharan, L., Donnell, E.T. (2013) "Application of Propensity Scores and Potential Outcomes to Estimate Effectiveness of Traffic Safety Countermeasures: Exploratory Analysis using Intersection Lighting Data", *Accident Analysis and Prevention*. 50, pp. 539-553.

- TAC, 2004 "The Canadian Guide to in service Road Safety Reviews". Transportation Association of Canada. Ottawa.

- Gross, F., & Donnell, E. T. (2011) "Case–control and cross-sectional methods for estimating crash modification factors: Comparisons from roadway lighting and lane and shoulder width safety effect studies". *Journal of safety research*, Vol. 42, No. 2, pp. 117-129.

- Elvik, R., Amundsen, F. H., & Hofset, F. (2004) Road safety effects of bypasses. *Transportation Research Record 1758*, No. 1, pp. 13-20.

- Harwood, D.W., Bauer, K.M., Richard, K.R., Gilmore, D.K., Graham, J.L., Potts, I.B., Torbic, D.J., Hauer, E. (2007) "Methodology to Predict the Safety Performance of Urban and Suburban Arterials", NCHRP Web-only Document 129, TRB, Washington, DC.

- Heydari, M. (2016) "Justifying and Prioritizing Roadway Lighting: A Case Study of Quebec Highways (Doctoral dissertation, Concordia University).

- Hilbe, J.M., (2011). Negative binomial regression. Cambridge University Press.

- Isebrands, H. N., Hallmark, S. L., Li, W., McDonald, T., Storm, R., & Preston, H. (2010) "Roadway lighting shows safety benefits at rural intersections". *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 136, No. 11, pp.949-955.

- Jackett, M., & Frith, W. (2014) "Quantifying the impact of road lighting on road safety—A New Zealand Study". *IATSS research*, Vol. 36, No. 2, pp. 139-145.

- Ligato, Wu. & Dominique, L. (2017). Examining the influence of link function misspecification in conventional regression models for developing crash modification

- Thomas, H., Andrew, P, T. (2019). Adequacy of negative binomial models for managing safety on rural local roads. Accident Analysis and Prevention 128 (2019) 148–158.

- Wanvik, P. O. (2009) "Effects of road lighting: an analysis based on Dutch accident statistics 1987–2006". *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 41, No. 1, pp.123-128.

- Yannis, G. Kondyli, A. Mitzalis, N. (2013) Proceedings of the Institution of Civil Engineers, *Transport*, Issue TR5. 166, pp. 271-281.

جداول پیوست

اطلاعات سایت‌های اقدامی در راه‌های چهارخطه دوطرفه

استان	محور	شماره قطعه	طول قطعه (متر)	AADT قبل			AADT بعد	
				۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹٤	۱۳۹۵
گیلان	لاهیجان – لنگرود	۱	۱۰۰۰	۱٤۸۸۰	۲۱۷۱۵	۱۸۸۷۱	۲۷٦۲۲	۲۹۲۱۲
		۲	۱۰۰۰	۱٤۸۸۰	۲۱۷۱۵	۱۸۸۷۱	۲۷٦۲۲	۲۹۲۱۲
		۳	۱۰۰۰	۱٤۸۸۰	۲۱۷۱۵	۱۸۸۷۱	۲۷٦۲۲	۲۹۲۱۲
		٤	۱۰۰۰	۱٤۸۸۰	۲۱۷۱۵	۱۸۸۷۱	۲۷٦۲۲	۲۹۲۱۲
		۵	۷۰۰	۱٤۸۸۰	۲۱۷۱۵	۱۸۸۷۱	۲۷٦۲۲	۲۹۲۱۲
	لنگرود – لاهیجان	٦	۷۰۰	۲۱۸۹٤	۲٤٦۹٦	۲۱٦۳۲	۲۷٤۲۳	۲۹۳۵۷
		۷	۱۰۰۰	۲۱۸۹٤	۲٤٦۹٦	۲۱٦۳۲	۲۷٤۲۳	۲۹۳۵۷
		۸	۱۰۰۰	۲۱۸۹٤	۲٤٦۹٦	۲۱٦۳۲	۲۷٤۲۳	۲۹۳۵۷
		۹	۱۰۰۰	۲۱۸۹٤	۲٤٦۹٦	۲۱٦۳۲	۲۷٤۲۳	۲۹۳۵۷
		۱۰	۱۰۰۰	۲۱۸۹٤	۲٤٦۹٦	۲۱٦۳۲	۲۷٤۲۳	۲۹۳۵۷
	آستارا – لوندویل	۱۱	۱۰۰۰	۵٦۸۲	٦۰۰٤	۵۲۰۲	۵۹۱۲	٦۲۸۸
		۱۲	۱۰۰۰	۵٦۸۲	٦۰۰٤	۵۲۰۲	۵۹۱۲	٦۲۸۸
		۱۳	۱۰۰۰	۵٦۸۲	٦۰۰٤	۵۲۰۲	۵۹۱۲	٦۲۸۸
	لوندویل – آستارا	۱٤	۱۰۰۰	۵٦۵۳	٦۱۷۳	۵۸۷۹	٦۲۷۸	٦۸٦۸
	لنگرود – رودسر	۱۵	۱۰۰۰	۱۰۲۵۸	۸٤۸٦	٤۹٤۵	۱۵۸۱۱	۲۰۳۲۳
		۱٦	۱۰۰۰	۱۰۲۵۸	۸٤۸٦	٤۹٤۵	۱۵۸۱۱	۲۰۳۲۳
		۱۷	۱۰۰۰	۱۰۲۵۸	۸٤۸٦	٤۹٤۵	۱۵۸۱۱	۲۰۳۲۳
	رودسر – لنگرود	۱۸	۱۵۰۰	۱۰۲۵۸	۸٤۸٦	٤۹٤۵	۱۵۸۱۱	۲۰۳۲۳
		۱۹	۱۵۰۰	۱۵۸۸۳	۱۳۳۸٦	۸۲۸۹	۱٦٦۱۷	۱۱۸۲۷
		۲۰	۱۰۰۰	۱۵۸۸۳	۱۳۳۸٦	۸۲۸۹	۱٦٦۱۷	۱۱۸۲۷
		۲۱	۱۰۰۰	۱۵۸۸۳	۱۳۳۸٦	۸۲۸۹	۱٦٦۱۷	۱۱۸۲۷
گلستان	علی آباد – فاضل آباد	۲۲	۱۰۰۰	۲۱۰۳۸	۲۳۸۱٤	۲٤٤۲۸	۱۷۰۸۱	۲٤۸۵۵
		۲۳	۱۰۰۰	۲۱۰۳۸	۲۳۸۱٤	۲٤٤۲۸	۱۷۰۸۱	۲٤۸۵۵
		۲٤	۱۰۰۰	۲۱۰۳۸	۲۳۸۱٤	۲٤٤۲۸	۱۷۰۸۱	۲٤۸۵۵
		۲۵	۱۰۰۰	۲۱۰۳۸	۲۳۸۱٤	۲٤٤۲۸	۱۷۰۸۱	۲٤۸۵۵
		۲٦	۱۵۰۰	۲۱۰۳۸	۲۳۸۱٤	۲٤٤۲۸	۱۷۰۸۱	۲٤۸۵۵
سمنان	سمنان –گرمسار (برج نوری صید آباد)	۲۷	۵۰۰	۸۷۷٤	۹۲۰٦	۷۵۵۳	۸٦۱٦	۸٦٦۳

استان	محور	شماره قطعه	طول قطعه (متر)	AADT قبل			AADT بعد	
				۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹٤	۱۳۹۵
	سمنان –گرمسار (برج نوری دوربرگردان سرخه)	۲۸	۵۰۰	۸۷۷٤	۹۲۰٦	۷۵۵۳	۸٦۱٦	۸٦٦۳
	سمنان –دامغان (برج نوری چاشت خوران)	۲۹	۵۰۰	۳۵٦۳	٤۱۹٦	٤۸۲۹	٦۱۹۵	٦۷۲۸
	سمنان –دامغان (برج نوری ابزار مهدی)	۳۰	۵۰۰	۳۵٦۳	٤۱۹٦	٤۸۲۹	٦۱۹۵	٦۷۲۸
	دامغان–سمنان (برج نوری تقاطع تویه درودار)	۳۱	۵۰۰	٦۱٦۲	٦۵۸۸	۷۰۱۳	۷۸۲٤	۸۳۷۰
	گرمسار–سمنان (برج نوری صید آباد)	۳۲	۵۰۰	۸۸۵۵	۹۱٦۱	٦۹۲۷	۷۸۸۱	۹۰٦۲
	گرمسار– سمنان (برج نوری دوربرگردان سرخه)	۳۳	۵۰۰	۸۸۵۵	۹۱٦۱	٦۹۲۷	۷۸۸۱	۹۰٦۲
	دامغان – سمنان (برج نوری چاشت خوران)	۳٤	۵۰۰	۷۳۷۹	۷۳۲۵	۷۲۷۱	۷۱٦۳	۷۱۰۹
	دامغان – سمنان (برج نوری تقاطع سوکان)	۳۵	۵۰۰	۷۳۷۹	۷۳۲۵	۷۲۷۱	۷۱٦۳	۷۱۰۹

اطلاعات سایت‌های اقدامی در راه‌های دوخطه دوطرفه

استان	محور	شماره قطعه	AADT قبل			AADT بعد	
			۱۳۹ ۰	۱۳۹ ۱	۱۳۹ ۲	۱۳۹ ٤	۱۳۹ ۵
گلستان	آزادشهر – خوشییلاق (تقاطع فارسیان)	۱	۳۰۲ ٦	۳۱۵ ۲	۳۰۷ ۹	۱٤۳ ۹	۱٦۱ ٦
	آزادشهر – خوشییلاق (گردنه خوشییلاق)	۲	۳۰۲ ٦	۳۱۵ ۲	۳۰۷ ۹	۱٤۳ ۹	۱٦۱ ٦
	آزادشهر – خوشییلاق (گردنه خوشییلاق)	۳	۳۰۲ ٦	۳۱۵ ۲	۳۰۷ ۹	۱٤۳ ۹	۱٦۱ ٦
	آزادشهر – خوشییلاق (گردنه خوشییلاق)	٤	۳۰۲ ٦	۳۱۵ ۲	۳۰۷ ۹	۱٤۳ ۹	۱٦۱ ٦
	آزادشهر – خوشییلاق (گردنه خوشییلاق)	۵	۳۰۲ ٦	۳۱۵ ۲	۳۰۷ ۹	۱٤۳ ۹	۱٦۱ ٦
	آزادشهر – خوشییلاق (گردنه خوشییلاق)	٦	۳۰۲ ٦	۳۱۵ ۲	۳۰۷ ۹	۱٤۳ ۹	۱٦۱ ٦

استان	محور	شماره قطعه	AADT قبل			AADT بعد	
			۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۴	۱۳۹۵
	آزادشهر – خوشییلاق (گردنه خوشییلاق)	۷	۳۰۲۶	۳۱۵۲	۳۰۷۹	۱۴۳۹	۱۶۱۶
گیلان	سیاهکل – دیلمان	۸	۳۰۲۶	۳۱۵۲	۳۰۷۹	۱۴۳۹	۱۶۱۶
	سیاهکل – دیلمان	۹	۳۰۲۶	۳۱۵۲	۳۰۷۹	۱۴۳۹	۱۶۱۶
	سیاهکل – دیلمان	۱۰	۳۰۲۶	۳۱۵۲	۳۰۷۹	۱۴۳۹	۱۶۱۶
سمنان	دامغان – دیباج (تقاطع چشمه علی)	۱۱	۲۲۶۹	۲۱۶۲	۱۹۹۴	۲۱۹۶	۱۵۳۰
	میامی –جاجرم (تقاطع بکران)	۱۲	۱۴۲۲	۱۳۸۴	۱۳۴۷	۱۲۵۲	۱۲۷۵

اطلاعات تصادفات شب سایت‌های اقدامی در راه‌های چهارخطه

شماره قطعه	تعداد تصادفات مشاهده شده در شب در هر قطعه در دوره قبل			مجموع تصادفات مشاهده شده در شب در دوره بعد	تعداد تصادفات مشاهده شده در شب در هر قطعه در دوره بعد		مجموع تصادفات مشاهده شده در شب در دوره بعد
	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲		۱۳۹۴	۱۳۹۵	
۱	۰	۱	۰	۱	–	۰	۰
۲	٤	۵	۱	۱۰	–	۸	۸
۳	۰	۱	۰	۱	–	۲	۲
٤	۱	۱	۰	۲	–	۲	۲
۵	۱۳	۵	۱	۱۹	–	۳	۳
٦	۰	۱	۱	۲	–	۰	۰
۷	۰	۲	۰	۲	–	۰	۰
۸	۰	۱	٦	۷	–	۰	۰
۹	۰	۱	۰	۱	–	۰	۰
۱۰	۰	۰	۱	۱	–	۱	۱
۱۱	۵	۰	۰	۵	–	۰	۰
۱۲	۲	۱	۰	۳	–	۰	۰
۱۳	۳	۲	۰	۵	–	۰	۰
۱٤	۱٤	۷	۲	۲۳	–	۰	۰
۱۵	۰	۰	۰	۰	–	۱	۱

شماره قطعه	تعداد تصادفات مشاهده شده در شب در هر قطعه در دوره قبل			مجموع تصادفات مشاهده شده در شب در دوره بعد	تعداد تصادفات مشاهده شده در شب در هر قطعه در دوره بعد		مجموع تصادفات مشاهده شده در شب در دوره بعد
	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲		۱۳۹٤	۱۳۹۵	
۱٦	۰	۱	۰	۱	–	۰	۰
۱۷	۷	۱	۰	۸	–	٤	٤
۱۸	۳	۰	۰	۳	–	۱	۱
۱۹	۱	۱۰	۵	۱٦	–	۲	۲
۲۰	۰	۱	۱	۲	–	۰	۰
۲۱	۱	۱۰	۵	۱٦	–	۱	۱
۲۲	۲	۳	۲	۷	۰	۰	۰
۲۳	۳	۲	۲	۷	۰	۰	۰
۲٤	٦	٤	۱	۱۱	۰	۰	۰
۲۵	۸	٦	۱۱	۲۵	٤	۰	٤
۲٦	۵	۳	۰	۸	۰	۰	۰
۲۷	۰	۲	۰	۲	۲	۰	۲
۲۸	۲	۱	۱	٤	۰	۰	۰
۲۹	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۲
۳۰	٦	۱	۲	۹	۳	۱	٤
۳۱	٤	۰	۰	٤	۰	۰	۰
۳۲	۲	۰	۰	۲	۰	۰	۰
۳۳	٤	۰	۲	٦	۰	۰	۰
۳٤	۰	۳	۰	۳	۱	٤	۵
۳۵	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱

اطلاعات تصادفات شب سایت‌های اقدامی در راه‌های دوخطه

شماره قطعه	تعداد تصادفات مشاهده شده در شب در هر قطعه در دوره قبل			مجموع تصادفات مشاهده شده در شب در دوره بعد	تعداد تصادفات مشاهده شده در شب در هر قطعه در دوره بعد		مجموع تصادفات مشاهده شده در شب در دوره بعد
	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲		۱۳۹٤	۱۳۹۵	
۱	۰	۰	۲	۲	۰	۱	۱
۲	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
۳	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰
٤	۰	۱	۱	۲	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۵	۵	٤	۰	٤
٦	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱
۷	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱
۸	٦	۵	۰	۱۱	–	٤	٤
۹	۰	۰	۰	۰	–	۱	۱
۱۰	۰	۱	۱	۲	–	۲	۲
۱۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۱۲	۰	۲	۱	۳	۰	۰	۰

علی حافظی، دارای مدرک کارشناسی ارشد ره و ترابری از دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) بوده و عمده فعالیت‌های او بر مدل‌های پیش‌بینی تصادف و اثرسنجی پروژه‌های ایمن‌سازی راه بوده است.

حمیدرضا بهنود، در سال ۱۳۹۲ موفق به کسب درجه دکتری در گرایش راه و ترابری از دانشگاه فردوسی مشهد گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مطالعات برنامه‌ریزی ایمنی راه بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) است.

علی عبدی، در سال ۱۳۸۸ موفق به کسب درجه دکتری در گرایش راه و ترابری از دانشگاه تربیت مدرس گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مطالعات طرح هندسی، مهندسی فرودگاه و ایمنی راه بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه دانشیار در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) است.