مطالعات پژوهشی راهور
۷۷
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

ارائهٔ مدل بهینهٔ شناسایی نقاط حادثه‌خیز راه‌های دوخطهٔ برون‌شهری ایران

محمدرضا احدی[۱]، محمدباقر سلیمی کوچی[۲]، محمدرضا مهماندار[۳]، مهدی حسین‌پور[۴]

از صفحه ۷۷ تا ۹۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۳

چکیده

تصادفات رانندگی، جزئی از ترافیک و حمل‌ونقل در راه‌ها می‌باشند که همواره وجود دارند و برای مدیریت آن‌ها باید تدابیری اندیشید. نکتهٔ قابل‌توجه این است که سوابق نشان می‌دهد تعداد قابل‌توجهی از تصادفات در نقاط خاص ازجمله شیب‌ها، قوس‌ها و تقاطع‌های راه متمرکز شده است؛ لذا اصلاح و ارتقای ایمنی این نقاط در کاهش تصادفات و تلفات جاده‌ای، بیشترین اثر را دارد. مطالعهٔ حاضر از نوع مقطعی، توصیفی و تحلیلی است. قلمرو پژوهش، تمامی راه‌های دوخطهٔ اصلی برون‌شهری کشور ایران که بر اساس فراوانی تصادفات وضعیت بحرانی داشته‌اند، می‌باشد. بدین منظور، اطلاعات موردنیاز تصادفات برای یک دورهٔ ۵ ساله (از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴) و دیگر داده‌های موردنیاز از طریق پلیس راه استان‌ها و مرکز مدیریت راه‌ها تهیه شد و به‌منظور شناسایی نقاط حادثه‌خیز با استفاده از سه معیار شناسایی نقاط حادثه‌خیز شامل معیار فراوانی تصادف، شاخص همسنگ خسارت مالی و برآورد بیز تجربی موردتحلیل و بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که روش فراوانی تصادفات به‌سمت مکان‌هایی با حجم ترافیک بالا گرایش داشته و علاوه‌برآن، شدت تصادف در این روش در نظر گرفته نمی‌شود. در روش شاخص همسنگ، خسارات مالی نیز حجم ترافیک عبوری و ماهیت تصادف در نظر گرفته نمی‌شود و انحراف به‌سمت مکان‌هایی با سرعت بالا در راه‌های برون‌شهری دارد. لیکن روش بیز تجربی با درنظرگرفتن ماهیت تصادفی تصادفات و لحاظ «بازگشت به میانگین» در داده‌های تصادفات، با دقت بیشتری نسبت به تخمین پتانسیل بهبود (P.I) نقاط حادثه‌خیز اقدام نموده و در مقایسه با سایر روش‌ها، روش مناسبی در تعیین نقاط حادثه‌خیز در راه‌های برون‌شهری است و درنهایت تحلیل‌های صورت‌گرفته به روش بیز تجربی نشان داد که در محورهای موردمطالعه، تمرکز مکان‌های شناسایی‌شده، بیشتر در پیچ‌ها و تقاطع‌ها است.

کلیدواژه‌ها: نقاط حادثه‌خیز، بیز تجربی، مدیریت ایمنی راه، ایمن‌سازی.

---

۱. عضو هیئت‌علمی پژوهشکده حمل‌ونقل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی،
۲. دانشجوی دکتری دانشگاه علوم انتظامی امین، (نویسنده مسئول).MBSKPARDIS@GMAIL.COM
۳. عضو هیئت‌علمی دانشگاه علوم انتظامی امین،
۴. دکتری راه‌و ترابری دانشگاه مهندسی عمران USM، مالزی.

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۷۸
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

مقدمه

تصادفات رانندگی، جزئی از ترافیک و حمل و نقل در راه‌ها می‌باشد که همواره وجود دارند و برای مدیریت آن‌ها باید تدابیری اندیشید. امروزه این مسئله به‌دلیل اهمیت آن و همچنین محدودیت منابع موجود و موردنیاز به‌منظور انجام اقدامات متقابل امکان پذیر، برای کاهش این چالش رو به رشد، از نگرانی‌های بزرگ در مسیر توسعهٔ هر کشور محسوب می‌شود. خسارات مالی تصادفات جاده‌ای در بیشتر کشورها، بهبود وضع ایمنی راه‌ها را به هدفی بسیار مهم در مدیریت ایمنی و مهندسی ترافیک تبدیل کرده است؛ به‌طوری‌که مطالعات زیادی در ارتباط با عوامل اصلی مربوط به تصادفات جاده‌ای صورت گرفته است. آنچه واضح است این است که وقوع تصادف، حاصل اختلالات پیچیدهٔ عوامل مربوط به وسیلهٔ نقلیه، جاده، محیط و عوامل انسانی و تأثیرات متقابل آن هاست. تعامل انسان با راه، وسیلهٔ نقلیه با راه، انسان با وسیلهٔ نقلیه، شرایط محیطی با راه و دیگر موارد، هرکدام به‌نحوی منجر به پدیدآمدن شرایطی می‌گردند که می‌تواند در ایمنی یا حادثه‌خیزی یک نقطه از راه مؤثر باشد. لذا متولیان ایمنی حمل‌ونقل باید به تشخیص عواملی که به فراوانی تعداد تصادفات یا شدت آن‌ها مربوط می‌شود، توجه خاص داشته باشند و با بهبود طرح‌های ایمنی و اقدامات اصلاحی، محیط ایمن‌تری را برای رانندگان فراهم سازند. ازاین‌رو، مدل‌های ایمنی راه، در دههٔ اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده و تلاش‌های گسترده‌ای به معرفی راهبردها، الگوها و برنامه‌های ایمن‌سازی در زمینهٔ ترافیک و حمل و نقل معطوف شده است.

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که بیشتر برنامه‌های ایمن‌سازی مانند جلوگیری از مصرف الکل و مواد مخدر، بستن کمربند ایمنی، بازدید فنی وسیلهٔ نقلیه و... که سعی در تغییر عملکرد و عادات انسان‌ها دارند، هیچ‌گاه به‌طور کامل به اجرا درنمی‌آیند؛ اما

www.SID.ir

ثابت شده است که بهبود ایمنی به‌شکل عملیات مهندسی موردی مانند استفاده از ابزار کنترل سرعت، جداسازی، اصلاح طرح هندسی تقاطع‌ها و حذف نقاط حادثه‌خیز عموماً مؤثر است (بروجردیان، ۱۳۸۸).

موضوع نقاط حادثه‌خیز و محل‌های پرتصادف در جاده‌ها، موضوع جدیدی نیست و سال‌هاست که وجود دارد و مسئولان مربوطه برای آن برنامه‌ریزی می‌کنند. پلیس نیز این نقاط را با توجه به شکل هندسی راه و همچنین فراوانی وجود تصادفات شناسایی کرده و به سازمان راهداری اعلام می‌کند تا نسبت به رفع خلأهای موجود اقدام شود. در این مطالعه به ارائهٔ مدل بهینهٔ شناسایی نقاط حادثه‌خیز در راه‌های برون‌شهری کشور ایران پرداخته و روش بهینه‌ای را برای ایجاد الگوی شناسایی نقاط حادثه‌خیز برای سهولت در روند شناسایی توسط پلیس در این نوع از راه‌ها معرفی می‌کند.

آمارهای حمل‌ونقلی در کشور ما نشان می‌دهد که بیش از ۹۸ درصد حمل‌ونقل بار و مسافر در بستر حمل‌ونقل جاده‌ای صورت می‌گیرد و در کشور ما بیش از ۹۰ درصد راه‌های زمینی موجود از نوع دوخطهٔ برون‌شهری است که قریب به ۵۰ درصد از تصادفات مرگ‌بار در این نوع از راه‌ها اتفاق افتاده و می‌افتد.

باوجوداینکه در زمان وقوع تصادف، کارشناسان تصادفات اغلب به ذکر یک عامل در تعیین علت تصادف بسنده می‌کنند؛ اما واقعیت این است که در بسیاری از موارد، بیش از یک عامل در بروز تصادف نقش دارد و تصادف نتیجهٔ همگرایی مجموعه‌ای از وقایع است که تحت‌تأثیر مجموعه‌ای از عوامل به وجود می‌آیند. عوامل انسانی (ازجمله سن، مهارت‌های رانندگی، خستگی و خواب‌آلودگی و...)، عوامل مرتبط با وسیلهٔ نقلیه (ازجمله طراحی، ابعاد، نقص فنی و...) و عوامل مرتبط با راه و محیط (شامل طرح هندسی، مقطع راه، تجهیزات کنترل ترافیک، اصطکاک سطحی، شیب و...)، سه دستهٔ عمومی از عوامل مؤثر در وقوع تصادفات هستند که در اثر برهم‌کنش

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۸۰
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

آن‌ها، زنجیره‌ای از وقایع قبل، حین و بعد از تصادف رخ می‌دهد.

علاوه بر موارد ذکرشده، تعداد قابل‌توجهی از این تصادفات در نقاط خاص و شناسایی‌شده‌ای به‌عنوان نقاط پرحادثه (که بیشتر آن‌ها در قوس‌ها و تقاطع‌های خطرناک قرار گرفته‌اند) متمرکز شده است و اصلاح و ارتقای ایمنی این نقاط در کاهش تصادفات و تلفات جاده‌ای، بیشترین اثر را دارد. فرصت‌های قابل‌تعریف در این رویکرد می‌تواند شامل بهبود ایمنی از طریق بهبود موقعیت‌های خطرناک شناسایی‌شده در شبکهٔ راه‌های موجود که با اصلاح راه‌های موجود ارتباط دارد و می‌تواند هم با رویکرد پیشگیرانه و با هدف پیشگیری از تصادف و هم واکنشی و با هدف اصلاح نقاطی که با عنوان نقاط خطرناک شناخته می‌شوند، در ارتقای ایمنی راه‌های موجود و درنتیجه کاهش تصادفات و خسارات ناشی از آن مؤثر واقع شود.

اصطلاح «نقطهٔ سیاه»[1] از شیوه‌ای که اساساً برای تعیین مکان‌های تصادف‌خیز استفاده می‌شود، استنتاج شده است. در این شیوه، نقاط روی نقشهٔ راه را برحسب شدت آسیب هریک از تصادفات، با سوزن ته گردهای رنگی نقطه‌گذاری می‌کردند. رنگ سیاه را برای تصادفات منجر به خسارت مالی در نظر می‌گرفتند؛ بدین ترتیب نسبت قابل‌توجهی از این تصادفات نقاط سیاه تشکیل می‌شد. این روش هنوز هم متداول است؛ هرچند سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] و اطلاعات رایانه‌ای جای سوزن و نقشه‌های کاغذی را گرفته است. مدیریت نقاط سیاه تصادف (به‌عبارتی نقاط مستعد خطر تصادف) که شامل سه جزء اساسی شناسایی، ارزیابی و بهبود می‌باشد، به‌عنوان یکی از ارکان اصلی در برنامه‌های بهبود ایمنی راه‌ها شناخته می‌شود (مونتلا[3]، ۲۰۱۰). بااین‌وجود، تاکنون روشی سیستماتیک و جامع جهت شناسایی و اولویت‌بندی چنین نقاطی معرفی و استفاده نشده است. برای نقطهٔ سیاه، تعریف پذیرفته‌شدهٔ بین‌المللی

1.Black Spot
2.GIS
3.Montlla

www.SID.ir

وجود ندارد. اصطلاح «موقعیت‌های با تصادفات بالا»[1] اغلب به‌عنوان مترادف استفاده می‌شود. پژوهشگران توصیه می‌کنند که مفهوم پتانسیل بهبود[2] نیز برای این نقاط به کار برده شود. درواقع نقطهٔ حادثه‌خیز، یک موقعیت مکانی از ناحیه‌ای محدودشده در جاده می‌باشد که شاخص تصادف در آن بالاتر از مقدار قابل‌انتظار می‌باشد.

در ایران مطابق تعریف وزارت راه و ترابری، نقطهٔ حادثه‌خیز، نقطه‌ای است که در یک دورهٔ سه‌ساله، حداقل ۱۰ تصادف یا در طول یک سال حداقل چهار تصادف در آن رخ داده باشد. این در حالی است که در بسیاری از کشورهای دیگر علاوه بر معیارهایی چون تعداد تصادف یا تعداد کشته‌شدگان، طول مقاطع نیز مدنظر قرار گرفته است؛ به‌عنوان‌مثال در آلمان، قطعات راه با طول ۳ کیلومتر یا نقاط دارای وقوع بیش از ۳ تصادف یکسان در طول یک سال یا وقوع بیش از ۵ تصادف در طول سه سال و در انگلستان، قطعه‌راهی به طول ۳۰۰ متر یا محلی که مجموع تصادفات جاده‌ای در آن بیش از ۱۲ تصادف در سه سال است، به‌عنوان نقاط حادثه‌خیز تعریف شده‌اند.

از طرفی پلیس راهنمایی و رانندگی کشور به‌عنوان یکی از نهادهای ذی‌ربط، وظیفه خطیر رسیدگی به تصادفات و پیشگیری از وقوع آن‌ها را بر عهده دارد. به نظر می‌رسد که اقدامات پلیس در رابطه با شناسایی نقاط حادثه‌خیز از روش و الگوی مناسبی بر پایهٔ موازین علمی و فنی پیروی نمی‌کند و علی‌رغم اینکه سوابق تصادفات و تحلیل آن‌ها بر اساس الگوهای موجود، نشانگاه‌هایی را به‌عنوان نقاط حادثه‌خیز ارائه می‌کند؛ لیکن این موضوع موردتوافق تمامی متولیان راه نبوده و اولویت‌بندی صحیحی صورت نمی‌گیرد. ازاین‌رو در این پژوهش به ارائهٔ مدل بهینهٔ شناسایی نقاط حادثه‌خیز در راه‌های برون‌شهری کشور ایران پرداخته شد و روش بهینه‌ای برای

1.High Accident Locations
2.Potential for Improvement (P.I.)

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۸۲
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

ایجاد الگوی شناسایی نقاط حادثه‌خیز برای سهولت در روند شناسایی توسط پلیس معرفی گردید.

پیشینهٔ پژوهش

رون الویک۱ (۲۰۰۷) با استفاده از داده‌های تصادف جمع‌آوری‌شده در راه‌های نروژ، روش‌های رایج شناسایی نقاط پرخطر را موردارزیابی قرار داد. این روش‌ها شامل شناسایی بر اساس فراوانی تصادف، نرخ تصادف و ترکیبی از این دو روش و درنهایت روش بیز تجربی بودند. ارزیابی مقایسه‌ای نشان داده است که روش بیز تجربی و روش نرخ تصادف به‌ترتیب به بهترین و بدترین نتایج منجر شده‌اند (الویک، ۲۰۰۷).

کانن و سودویک۲ (۲۰۱۱) از نرم افزار آرک جی ای اس۳جهت شناسایی و اولویت‌بندی تقاطعات و قطعات حادثه‌خیز راه‌های برون‌شهری ایالت ویرجینیای آمریکا استفاده کردند. بدین منظور، اطلاعات سه سالهٔ تصادفات منجر به فوت و جراحت برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷ میلادی در قریب به شش هزار تقاطع ایالت ویرجینیا مورداستفاده قرار گرفتند؛ و از معیار بیشترین فراوانی تصادفات منجر به فوت و جراحت شدید برای شناسایی و اولویت‌بندی نقاط پرخطر استفاده گردید (کانن، ۲۰۱۱).

مونتلا[۴] (۲۰۱۰) روش‌های معمول شناسایی نقاط پرخطر را موردارزیابی و مقایسه قرار داد. این روش‌ها شامل معیار فراوانی تصادف، شناسایی بر اساس معیار شاخص همسنگ مالی، شناسایی بر اساس نرخ تصادف، روش شناسایی نسبی تصادف، روش

1.Rune ElviK
2.Canon & Soodvik
3.ArcGIS
4.Montela

www.SID.ir

بیز تجربی بر مبنای کل تصادف و روش بیز تجربی بر مبنای شدت تصادف و درنهایت روش پتانسیل بهبود می‌باشند. جهت ارزیابی روش‌های مذکور، داده‌های ۵ سالهٔ تصادف واقع در بزرگراه A۱۶ ایتالیا حدفاصل ناپل تا کاندلا جمع آوری و مورداستفاده قرار گرفت. نتیجهٔ مقایسهٔ خروجی چنین روش هایی نشان داده است که در مقایسه با دیگر روش‌های اشاره‌شده، روش بیز تجربی (هم بر مبنای کل تصادف و هم بر مبنای شدت تصادف) عملکرد بهتری در پیش بینی نقاط پرخطر داشته است. مونتلا در پژوهش خود به این نکته اشاره داشته است که روش بیز تجربی می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های معمول شناسایی نقاط پرخطر باشد.

صادقی و همکارانش (۲۰۱۳) از مفهوم «کارایی مقاطع راه» برای رتبه‌بندی مقاطع مستعد تصادف استفاده کردند. بدین منظور، ابتدا راه به قطعات یکنواخت تقسیم‌بندی شده و سپس مقاطع به‌دست‌آمده به‌طور نسبی بر اساس میزان تصادفات و ویژگی‌های هندسی، ترافیکی و محیطی‌شان با یکدیگر مقایسه شدند. این مقایسه بر اساس روش برنامه‌ریزی ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها انجام شد و درنهایت مقاطع کارا و ناکارا انتخاب شدند. در یک مطالعهٔ موردی، ۴۴۴ کیلومتر از راه‌های دوخطهٔ واقع در خراسان رضوی مورداستفاده قرار گرفت و درنهایت بر اساس مفهوم ناکارایی، ۴۴ مقطع پرخطر معرفی شدند (صادقی، ۲۰۱۳).

توکلی و همکارانش (۱۳۹۳) با استفاده از روش مواجهه شبه القایی، احتمال مقصربودن راننده را به‌عنوان معیاری جهت بررسی ریسک تصادفات ناشی از خستگی و خواب‌آلودگی و بررسی مؤلفه‌های ناشی از خستگی و خواب‌آلودگی در بزرگراه‌ها و آزادراه‌های برون‌شهری ایران در نظر گرفتند. داده‌های مورداستفاده شامل کلیهٔ تصادفات وسایل نقلیه در آزادراه‌ها و بزرگراه‌های کشور مابین سال‌های ۸۸ تا ۹۱ بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که متغیرهایی چون نوع کاربری وسایل نقلیه، فصل رانندگی و جنسیت رانندگان، اثر معنی‌داری بر ریسک مقصربودن

www.SID.ir

رانندگان در این نوع تصادفات دارند. بر اساس نتایج این مطالعه و با توجه به شیوع بیش‌ازحد این‌گونه تصادفات در جاده‌های برون‌شهری ایران، لزوم آگاه‌سازی رانندگان نسبت به خطرات رانندگی در حالت خستگی و خواب‌آلودگی نمایان می‌گردد. همچنین بالاتربودن ریسک نسبی خواب‌آلودگی در فصل بهار و تقارن آن با سفرهای نوروزی در کشور، اهمیت این موضوع را دوچندان می‌کند. اطلاع‌رسانی مستمر به رانندگان و ترغیب آن‌ها به استفاده از استراحتگاه‌های بین‌راهی می‌تواند نقش مهمی در کاهش این نوع از تصادفات در سفرهای نوروزی داشته باشد.

وو (۲۰۱۴) در پژوهشی که در نیومکزیکو درمورد تصادفات سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۱ میلادی به‌صورت جداگانه درمورد تصادف تک‌وسیله‌ای یا چندوسیله‌ای انجام داد، نتیجه گرفت که نوع وسیلهٔ نقلیه، شرایط روشنایی و شرایط آب‌وهوایی از عوامل مؤثر بر شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای هستند. همچنین در تصادفات چندوسیله‌ای، سبقت نابهنگام، مهم‌ترین عامل افزایش شدت تصادفات است. در این پژوهش برای پیش‌بینی شدت تصادفات از مدل لجستیک استفاده شد.

بروجردیان و همکارانش (۲۰۱۴) از روش قطعه‌بندی پویا[1] بر مبنای تئوری موجک[2] جهت تقسیم‌بندی راه به قطعات ناهمسان و همچنین شناسایی و اولویت‌بندی قطعات با بیشترین خطر تصادف استفاده کردند. بدین منظور، اطلاعات تصادف در یک بازهٔ سه‌ساله بین سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵ در محور شاهرود به سبزوار به طول ۵۰ کیلومتر مورداستفاده قرار گرفت. نتایج نشان داده است که در مقایسه با دیگر روش‌های قطعه‌بندی، نظیر قطعه‌بندی ثابت و قطعه‌بندی شناور، روش پیشنهادشده دارای عملکرد بهتری در معرفی قطعات با بالاترین میزان تصادف است.

در سال ۲۰۱۵ میلادی، آقای نوستاد و همکارانش به بررسی و تجزیه‌وتحلیل عوامل

1.Dynamic Segmentation

www.SID.ir

مؤثر بروز تصادفات پرداختند. این مطالعه روی داده‌های تصادفات راه‌های عمومی نروژ و بر اساس گزارش‌های تصادفات هیئت حمل‌ونقل نروژ و مصاحبه با کارشناسان این حیطه انجام گرفت. تجزیه‌وتحلیل کمّی داده‌ها نشان داد که سرعت بیش‌ازحد بالا و عدم استفاده از کمربند ایمنی، از مهم‌ترین عوامل خطر در تصادفات منجر به مرگ هستند.

روش‌شناسی پژوهش

مطالعهٔ حاضر از نوع مقطعی، توصیفی و تحلیلی[1] است. در این مطالعه، اطلاعات پنج‌سالهٔ مربوط تصادفات در ۵ محور سمنان - فیروزکوه (استان سمنان)، کهنوج منوجان - بندرعباس (استان کرمان)، تنگراه – سه‌راهی کلاله (استان گلستان)، سنگر - کوچصفهان (استان گیلان)، یاسوج - اصفهان (کهگیلویه و بویر احمد) جمع‌آوری و موردتجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. معیار شناسایی نقاط حادثه‌خیز در این پژوهش بر اساس برآورد بیز تجربی موردبررسی قرار گرفت. بدین منظور با توجه به الگوهای علمی موجود و همچنین تأکید بر به‌دست‌آوردن آمارهای توصیفی و پیش‌بینی قابل‌اعتماد، تلاش شد حداقل یک دورهٔ ۵ ساله (از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴) از داده‌های تصادفات و دیگر داده‌های موردنیاز در محورهای موردمطالعه استفاده و مبنای مطالعه قرار گیرد. این پژوهش با تمرکز بر فرایند مدیریت ایمنی در راه‌های دوخطهٔ برون‌شهری، در تلاش است که یک الگوی مناسب بومی برای مدیریت ایمنی راه با تمرکز بر فرایند شناسایی تا ایمن‌سازی نقاط حادثه‌خیز ارائه دهد که این الگو از مرحلهٔ شناسایی تا انتخاب اقدامات مدیریتی ایمنی در این نقاط را شامل می‌شود.

1.Cross Sectional Study

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۸۶
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

روش گردآوری داده‌ها

با توجه به اینکه برای انجام تحلیل‌های آماری صحیح داده‌های دقیق تصادفات، تجهیزات موجود و ویژگی‌های مسیر و همچنین داده‌های حجم ترافیکی لازم است؛ لذا داده‌های لازم به شرح زیر تهیه می‌شود:

داده‌های تصادفات

داده‌ها با استفاده از اطلاعات موجود در فرم‌های کام ۱۱۴ تصادفات و سیستم جامع تصادفات پلیس راهور ناجا (معیارهای حداقلی مدل یکنواخت تصادفات برابر دستورالعمل‌های مرجع ایمنی راه)[1] به دست آمدند. لازم به ذکر است با توجه به محدودیت‌های موجود در تهیهٔ آمار دقیق تصادفات در صورت نیاز از روش‌های برآورد تصادفات نیز به‌منظور جبران محدودیت‌ها بهره گرفته شده است.

داده‌های حجم ترافیکی

داده‌های حجم ترافیک بر اساس میانگین سالانهٔ ترافیک روزانه[2] سنجیده می‌شود؛ لذا با استفاده از آمارهای موجود در مرکز مدیریت راه‌های هر استان که با استفاده از شمارشگرها و شناسگرهای ترافیکی نصب‌شده در محورها جمع‌آوری شده‌اند، مبنای محاسبات قرار می‌گیرد.

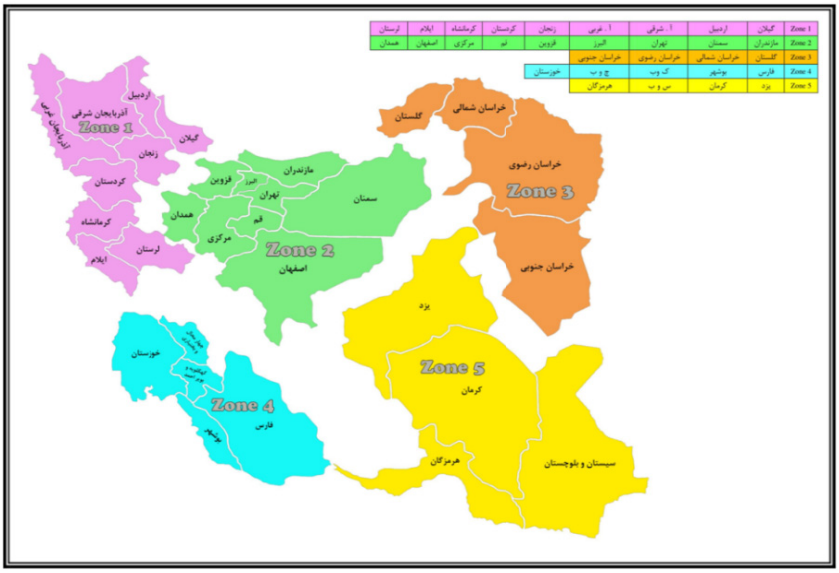
غربالگری شبکه و انتخاب محورهای پرحادثهٔ دوخطهٔ برون‌شهری کشور

شناسایی، سرآغازی برای بهسازی است و تأثیر عمده‌ای بر اثربخشی تلاش‌ها برای مقابله با مشکلات ایمنی دارد. با این کار، نقاط اصلی شناسایی و بر پایهٔ آن، نوع اقدامی که باید صورت گیرد، تعیین می‌گردد. غربالگری شبکه، اولین فعالیت در راستای انجام فرایند مدیریت ایمنی راه‌ها است؛ لذا برای یافتن نقاط و مقاطعی که نوع و یا شدت خاصی از تصادفات در آن‌ها تکرار می‌شود و یا به تعبیری دارای

1.FHWA- MMUCC
2.AADT

www.SID.ir

بیشترین پتانسیل کاهش تناوب و شدت تصادفات هستند، ابتدا با نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس کل کشور به ۵ ناحیه تقسیم شد که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. تقسیم‌بندی کل کشور به ۵ ناحیه

درنهایت برای هر ناحیه، پرخطرترین محور با توجه به نسبت تعداد تصادف به میزان طول و تردد در محور انتخاب گردید تا شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز روی محورها صورت گیرد. محورهای منتخب در جدول ۱ نشان داده شده است.

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۸۸
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

جدول ۱. محورهای پرخطر منتخب برای هر ناحیه

ردیف	ناحیه	استان	محور	تعداد تصادف (سال ۹۰ الی ۹۴)	تعداد تصادف فوتی	تردد وسایل نقلیه (سال ۹۰ الی ۹۴)
۱	۱	گیلان	سنگر - کوچصفهان	۱۳۱۲	۴۰	۸۲۱۲۵۲۶
۲	۲	سمنان	سمنان - فیروزکوه	۱۰۹۵	۷۵	۸۲۱۲۵۲۱
۳	۳	گلستان	جنگل گلستان (تنگراه تا سه‌راهی کلاکه)	۱۸۷۲	۵۹	۴۴۱۶۵۲۴
۴	۴	کهگیلویه و بویر احمد	یاسوج - اصفهان	۳۷۲۶	۱۰۸	۲۰۹۸۷۵۱۹
۵	۵	کرمان	کهنوج منوجان - بندرعباس	۱۳۴۰	۱۰۱	۲۱۹۶۷۱۴

در این پژوهش، ۳ معیار شامل معیار فراوانی تصادف، شاخص همسنگ خسارت مالی و بیز تجربی مورد بررسی قرار گرفتند.

معیار فراوانی تصادفات

میانگین فراوانی تصادف در جامعهٔ مرجع به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n}$$

که در آن: f_{rp} = میانگین فراوانی تصادف، f_j = فراوانی تصادف مکان j جامعهٔ مرجع، n= تعداد مکان‌ها

پتانسیل بهبود مقاطع موردنظر نیز به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$PI_j = f_j - f_{rp}$$

مکان‌هایی که بیشترین مقدار PI را دارند، برای تشخیص ایمنی و بهبود، اولویت انتخاب دارند؛ ۵ مکانی که بالاترین مقادیر پتانسیل بهبود را دارند، خاکستری‌رنگ شده‌اند.

www.SID.ir

شاخص همسنگ خسارت مالی

همچنین از معیار شاخص همسنگ خسارت مالی به‌عنوان متغیر وابسته و شاخصی از حادثه‌خیزی قطعات راه استفاده شد. مزیت استفاده از این معیار، این است که هـر دو مؤلفهٔ شدت و فراوانی تصادفات به‌وقوع‌پیوسته را در نظر می‌گیرد. شاخص همسنگ خسارت مالی با اختصاص یک وزن به هر تصادف که تابعی است از بـدترین سـطح جراحت قربانیان تصادف، به تصادفات شدیدتر اهمیت بیشتری می‌دهد. برای محاسبهٔ این شاخص برای هر مکان و در هر جامعهٔ مرجع، اقدامات زیر انجام شد:

شاخص EPDO و میانگین EPDO به‌صورت زیر محاسبه شدند:

$$EPDO_j = \sum W_i \times f_{ij}$$

$EPDO_j$ = شاخص EPDO مکان j

W_i = ضریب وزنی نوع i تصادف (ضرایب وزنی برای تصادفات خسارتی ۱، جرحی ۶ و تصادفات فوتی ۱۸ در نظر گرفته شد.)

f_{ij} = فراوانی تصادف مکان j

$$\overline{EPDO_j} = \frac{EPDO_j}{f_j}$$

f_j = کل فراوانی تصادف مکان j

میانگین EPDO در جامعهٔ مرجع محاسبه شد:

$$\overline{EPDO_{rp}} = \frac{\sum\sum W_i \times f_{ij}}{\sum f_j}$$

پتانسیل بهبود مقاطع موردنظر محاسبه شد:

$$PI_j = \overline{EPDO_j} - \overline{EPDO_{rp}}$$

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۹۰
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

روش بیز تجربی

پس از مدل‌سازی تصادفات و تخمین مقادیر موردانتظار آن در هر قطعه و برآورد مؤلفهٔ بیش‌پراکنش، برآورد بیز تجربی و پتانسیل بهبود نقاط موردتحلیل قرار گرفت. این روش با ترکیب‌کردن تعداد تصادفات مشاهده‌ای و مقادیر موردانتظار متناظر که از مدل‌های پیش‌بینی تصادف استخراج می‌شود، تخمین واقع‌بینانه‌تری از احتمال وقوع خطر در هر قطعه دارد. به‌این‌ترتیب که از مؤلفهٔ بیش‌پراکنش محاسبه‌شده (۰/۴۲۳) برای محاسبهٔ w با فرمول زیر استفاده شد:

$$w = \frac{1}{1 + (E(y_i)/\theta)}$$

سپس مقادیر برآورد بیز تجربی به روش زیر محاسبه گردید:

$$EB(y_i) = w \times E(y_i) + (1 - w) \times y_i$$

در معادلات بالا، y_i برابر با مقدار مشاهده‌ای تصادف در قطعه i، $E(y_i)$ مقدار موردانتظار تصادف پیش‌بینی‌شده از مدل دوجمله‌ای منفی برای قطعهٔ i ام، θ معکوس مؤلفهٔ بیش‌پراکنش مدل دوجمله‌ای منفی می‌باشد.

با توجه به مطالب گفته‌شده، پتانسیل بهبود یک قطعه از راه (به‌عنوان‌مثال، قطعهٔ i) برابر است با اختلاف بین مقادیر مستخرج از مدل بیز تجربی ($EB(y_i)$) و مدل دوجمله‌ای منفی ($E(y_i)$):

$$RI_i = EB(y_i) - E(y_i)$$

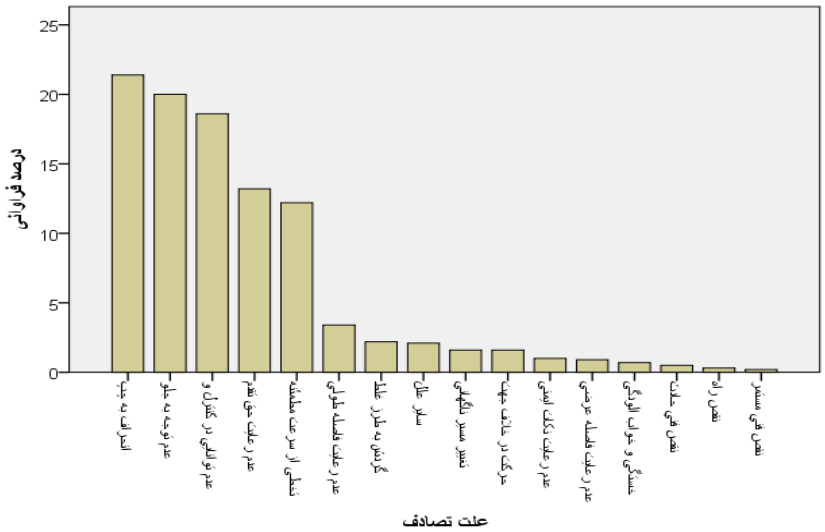
یافته‌های پژوهش

از مجموع کل تصادفات ثبت‌شده در ۵ محور در طول این ۵ سال، ۴۵/۷ درصد مربوط به تصادفات محور یاسوج - اصفهان، ۱۹/۲ درصد مربوط به محور کهنوج منوجان – بندرعباس، ۱۵/۶ درصد مربوط به محور تنگراه – سه‌راهی کلاله (استان

www.SID.ir

گلستان)، ۱۳/۲ درصد مربوط به محور سنگر – کوچصفهان (استان گیلان) و ۶/۲ درصد مربوط به محور سمنان – فیروزکوه بوده است.

ویژگی‌های تصادفات از جهت علت تصادف و نحوهٔ برخورد بررسی شد (شکل ۲). سه علت عمدهٔ تصادفات (در کل تصادفات ۵ محور) به‌ترتیب انحراف به چپ، عدم توجه به جلو و عدم توانایی در کنترل وسیلهٔ نقلیه بوده است. سه عنوان نخست نحوهٔ برخورد نیز به گروه‌های واژگونی، جلوبه‌جلو و جلوبه‌عقب تعلق دارد. علاوه‌برآن، تخطی از سرعت مطمئنه در محورهای منتخب سه استان کرمان، گلستان و گیلان، جزو سه علل عمدهٔ تصادفات هستند.



شکل ۲. نمودار مقایسهٔ درصد فراوانی تصادفات در ۵ محور موردبررسی به تفکیک علت تصادف

در ادامه، مقادیر پتانسیل بهبود محاسبه‌شده برای سه معیار فراوانی، شاخص همسنگ خسارت مالی تصادف، برآورد بیز تجربی و پتانسیل بهبود بیز تجربی در ۵ محور موردنظر در جداول ۲ الی ۶ ارائه شده است. با توجه به اینکه مکان‌هایی که بیشترین مقدار PI برای روش همسنگ خسارت مالی تصادف را دارا می‌باشند، برای

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۹۲
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

انجام اقدامات زیرساختی و مدیریتی ایمنی و بهبود، اولویت انتخاب دارند؛ لیکن در روش بیز تجربی، مکانی‌هایی که دارای بیشترین پتانسیل بهبود هستند و به رنگ خاکستری مشخص شده‌اند، دارای اولویت انتخاب هستند.

جدول ۲. شاخص‌های تصادفات در محور سمنان – فیروزکوه به طول ۴۸، با متوسط تردد روزانه ۴۵۰۰ و متوسط درصد وسایل سنگین ۰/۱۷

نام مکان	هندسه	شاخص فراوانی	EPDO	شاخص EPDO	برآورد بیز تجربی	پتانسیل بهبود بیز تجربی
گچ سمنان	تقاطع	۳/۴	۴۶	-۱/۶۳	۴۶/۲	-۴۳/۲
تقاطع دستغیب	تقاطع	-۰/۶	۶۶	۳/۶۱	۶۶/۰۹	-۱۷/۶۵
بریدگی بلوار مؤمن‌آباد	تقاطع	۲/۴	۴۰	-۱/۸۲	۴۰/۲۳	-۴۹/۱۷
روبه‌روی گچ صالح	پیچ	-۰/۷۵	۶	-۵/۶۵	۶/۳۹	-۷۴/۶۵
گچ کومش	پیچ	۳/۲۵	۷۶	۰/۹۵	۷۶/۰۱	-۲/۴۲
نرسیده به قهوه‌خانه	شیب	-۵/۵	۲	-۵/۸۷	۲/۴۱	-۶۶/۴
پیچ کوه سفید	پیچ	-۲/۷۵	۳۸	۲/۸۵	۳۸/۲۲	-۴۰/۲۱
روبه‌روی باربری	تقاطع	-۵/۶	۳۶	۱۲/۱۸	۳۶/۲۴	-۴۷/۵
پیچ آغل حمیدی	پیچ	۱/۲۵	۴۸	-۰/۶۵	۴۸/۱۴	-۲۲/۹۶
پل گنداب	پل	۰	۱۷۳	۰	۱۷۲/۴۹	۹۴/۰۶
گردنه بشم	شیب	۵/۵	۱۰۱	۰/۹	۱۰۰/۷۸	۳۴/۱۹
پیچ پرچمدار	پیچ	۰/۲۵	۷۸	۴/۴۹	۷۷/۹۹	۲/۰۸

جدول ۳. شاخص‌های تصادفات در محور کهنوج منوجان – بندرعباس به طول ۷۵، متوسط تردد روزانه ۱۲۰۰ و متوسط درصد وسایل سنگین ۰/۳۰

نام مکان	شاخص فراوانی	EPDO	شاخص EPDO	برآورد بیز تجربی	پتانسیل بهبود بیز تجربی
دهنو	-۶/۳	۱۰۸	۱/۴۹	۱۰۸	-۰/۳۷
رضاآباد	-۳/۳	۱۱۴	-۰/۵۴	۱۱۳/۹۹	۲/۰۲
دهاران	۱۱/۷۱	۲۷۰	۱/۲	۲۶۹/۳۴	۱۶۴/۴۶
دولت‌آباد	-۱/۳	۱۶۲	۱/۴۹	۱۶۱/۸۱	۴۹/۸۴
آب باریک	۱۰	۲۷۰	۱/۱۸	۲۶۹/۴۱	۱۵۷/۴۳
بارگاه علیا	۶/۷	۱۳۸	-۳/۳۱	۱۳۷/۸۸	۲۹/۵۲
بارگاه سفلی	۱۰/۷	۳۴۲	۳/۳۵	۳۴۱/۰۹	۲۳۲/۷۲
سغدر	-۷/۳	۱۲۶	۴/۶۹	۱۲۵/۹۲	۲۱/۰۴
سرراس	۷/۷	۱۶۸	-۲/۳۱	۱۶۷/۷۹	۵۵/۸۱
خضراباد	۰	۱۹۸	۲/۸۲	۱۹۷/۶۵	۸۹/۲۸
سه‌راهی منوجان	۳	۱۹۲	۰/۷۸	۱۹۱/۷	۷۹/۷۲
نودژ	۱۰	۱۹۸	-۱/۴۹	۱۹۷/۶۵	۸۹/۲۸
بجگان	۰/۷۱	۱۳۲	-۰/۵۵	۱۳۱/۸۹	۲۷/۰۱

www.SID.ir

جدول ۴. شاخص‌های تصادفات در محور تنگراه – سه‌راهی کلاله به طول ۱۰، متوسط تردد روزانه ۲۴۲۰ و متوسط درصد وسایل سنگین ۰/۲۸

نام مکان	شاخص فراوانی	EPDO	شاخص EPDO	برآورد بیز تجربی	پتانسیل بهبود بیز تجربی
پیچ موزه	۱۴/۲۲	۱۷۸	-۰/۵۵	۱۷۷/۷۹	۵۸/۸۱
پل پارکینگ ۲	۶/۵	۱۹۵	۱/۴۲	۱۹۴/۷۷	۶۷/۷۵
پیچ سایه	۰/۲۲	۱۶۲	۴/۱۱	۱۶۱/۸۸	۳۴/۸۶
کرنگ کفتر	-۲/۷۸	۷۸	-۰/۱۹	۷۸/۱۵	-۴۴/۷۸
چقر	۰/۶۲	۱۶۵	۲/۶۵	۱۶۴/۸۷	۳۷/۸۵
داراباد	۸/۶۲	۲۲۵	۱/۷۱	۲۲۴/۶۷	۹۷/۶۵
سرخن‌آباد	۶/۲۵	۱۲۲	-۰/۸۲	۱۲۲/۰۲	-۵/۰۱
پاسنگ	۲/۲۲	۱۴۰	۱/۵۴	۱۳۹/۹۴	۱۷/۰۱
تونل	-۶/۵	۳۳	-۳/۷۴	۳۳/۳	-۸۵/۶۷
قانجق شهرک	-۴/۷۵	۷۲	۴	۷۲/۱۸	-۵۴/۸۴
۳راهی کلاله	۲/۲۵	۹۹	-۰/۳۸	۹۹/۰۹	-۲۷/۹۳

جدول ۵. شاخص‌های تصادفات در محور سنگر – کوچصفهان به طول ۱۵، متوسط تردد روزانه ۴۵۰۰ و متوسط درصد وسایل سنگین ۰/۲۰

نام مکان	شاخص فراوانی	EPDO	شاخص EPDO	برآورد بیز تجربی	پتانسیل بهبود بیز تجربی
خروجی سنگر	۳/۳۳	۱۶۸	۰/۳۶	۱۶۸/۰۴	-۱۸/۷۱
تقاطع پمپ بنزین	۰/۰	۱۱۷	-۰/۹۰	۱۱۷/۱۵	-۶۳/۵۹
پیچ رستوران جواد	-۴/۵	۱۲۶	-۰/۷۵	۱۲۶/۱۳	-۵۴/۶۱
تقاطع شهید نارنج	۱	۱۶۹	۱/۲۱	۱۶۹/۰۴	-۱۷/۷۱
سروندان	۳۰۵	۲۱۵	۰/۶۳	۲۱۴/۹۲	۳۴/۱۸
شاقاجی	-۲/۶۷	۱۳۱	۰/۳۸	۱۳۱/۱۲	-۴۹/۶۲
حشکوا	۱۰۵	۱۷۱	-۰/۴۷	۱۷۱/۰۴	-۱۵/۷۱
سده	-۰/۵۰	۱۷۹	۰/۴۱	۱۷۹/۰۲	-۷/۷۳
عادی	۰/۰	۱۵۶	۰/۰	۱۵۶/۰۷	-۳۰/۶۸
تقاطع پیرموسی	-۳/۰۰	۱۲۹	۰/۶۹	۱۲۹/۱۳	-۵۷/۶۲
وشکانک	۲/۰۰	۱۲۹	-۰/۸۷	۱۲۹/۱۳	-۵۷/۶۲

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۹۴
فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

جدول ۶. شاخص‌های تصادفات در محور یاسوج – اصفهان به طول ۹۵، متوسط تردد روزانه ۱۱۵۰۰ و متوسط درصد وسایل سنگین ۰/۳۲

نام مکان	شاخص فراوانی	EPDO	شاخص EPDO	برآورد بیز تجربی	پتانسیل بهبود بیز تجربی
پیچ مادوان	۴۷/۷۴	۳۶۲	-۰/۴۱	۳۶۱/۲۷	۲۲۸/۵۳
تقاطع زندان	-۰/۶۲	۹۸	۰/۱۸	۹۸/۱۳	-۴۳/۶
دور برگردان پمپ بنزین	۶۴/۳۸	۳۶۹	-۰/۰۳	۳۶۸/۳۲	۲۲۶/۶
پیچ سریز	۲۲/۷۴	۲۷۹	۰/۰۷	۲۷۸/۵۹	۱۳۶/۸۶
پیچ سنگ‌شکن	-۲۲/۲۶	۱۶۵	۸/۹۳	۱۶۴/۸۶	۴۰/۵۳
ورودی خمینی‌آباد	-۱۶/۶۲	۵۷	۵/۲۲	۵۷/۲۳	-۷۱/۲۴
گندی خوری	۱۹/۷۴	۲۳۱	-۰/۵۵	۲۳۰/۶۱	۱۱۰/۲۸
ورودی سمرون	-۱۶/۶۲	۶	-۳/۲۸	۶/۴	-۱۳۰/۷۶
پیچ سمرون	۳۷/۷۴	۳۱۸	-۰/۴۱	۳۱۷/۲۷	۲۰۰/۸۲
تقاطع م اصفهان	-۹/۶۲	۲۸	-۲/۱۲	۲۸/۳۳	-۱۰۴/۴۱
پیچ لما	۱۱/۷۴	۲۹۹	۱/۶۸	۲۹۸/۳	۱۸۵/۶
تقاطع لما	-۱۷/۶۲	۵۴	۶/۵۲	۵۴/۲۴	-۷۴/۲۳
ورودی تونل ۱۲	-۲۳/۲۶	۸۷	۳/۰۸	۸۷/۱۳	-۳۷/۲۱
پیچ پل کتا	-۱۲/۲۶	۱۷۴	۳/۰۸	۱۷۳/۸۳	۴۹/۵

بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که بیان شد، تعداد قابل‌توجهی از تصادفات در نقاط خاصی از راه که به عنوان نقاط حادثه‌خیز شناسایی شده‌اند، متمرکز هستند. بدیهی است با توجه به محدودیت‌های اعتباری، احداث راه‌های جدید امکان‌پذیر نبوده و نیاز به صرف هزینه‌های هنگفت و زمان زیادی دارد؛ لذا مدیریت ایمنی راه با اصلاح و ارتقای ایمنی این نقاط می‌تواند مهم‌ترین اقدام در کاهش تصادفات و تلفات جاده‌ای با بیشترین تأثیر باشد. فرصت‌های قابل‌تعریف در این رویکرد شامل اقدامات پیشگیرانه با بهبود ایمنی از طریق بهبود موقعیت‌های خطرناک در شبکهٔ راه‌های موجود با هدف پیشگیری از تصادف و اقدامات واکنشی با هدف اصلاح نقاطی که به‌عنوان نقاط حادثه‌خیز شناسایی می‌شوند، می‌توانند در کاهش تصادفات و خسارات ناشی از آن مؤثر واقع شوند.

www.SID.ir

نتایج جدول‌های ۲ الی ۶ نشان می‌دهد که روش فراوانی تصادفات به‌سمت مکان‌هایی با حجم ترافیک بالا گرایش داشته و علاوه‌برآن، شدت تصادف در این روش در نظر گرفته نمی‌شود. در روش شاخص همسنگ خسارتی نیز ترافیک عبوری و ماهیت تصادف در نظر گرفته نمی‌شود و انحراف به‌سمت مکان‌هایی با سرعت بالا در راه‌های برون‌شهری گرایش دارد؛ اما در روش بیز تجربی، ماهیت تصادفی تصادفات در نظر گرفته شده و به‌علت درنظرگرفتن ماهیت «بازگشت به میانگین» در داده‌های تصادفات، دقت تخمین پتانسیل بهبود (P.I) افزایش یافته و در مقایسه با سایر روش‌ها، مناسب‌ترین روش کاربردی در تعیین نقاط حادثه‌خیز راه‌های برون‌شهری است.

بر اساس پتانسیل‌های بهبود محاسبه‌شده در روش بیز تجربی، در هر محور ۳ نقطهٔ دارای بیشترین پتانسیل بهبود به‌عنوان حادثه‌خیزترین نقاط آن محور انتخاب شدند؛ که چنانچه در جدول ۷ مشاهده می‌شود، مکان‌های شناسایی‌شده بیشتر در پیچ‌ها و تقاطع‌ها می‌باشد.

جدول ۷. مشخصات کلی ۱۶ نقطهٔ حادثه‌خیز تعیین‌شدهٔ به‌وسیلهٔ روش بیز تجربی

استان	نام مکان	فاصله از مبدأ	توصیف هندسی	پتانسیل بهبود بیز تجربی
سمنان	پل گنداب	۳۶	پل	۹۴/۰۶
	گردنه بشم	۳۹	شیب	۳۴/۱۹
	پیچ پرچمدار	۴۲	پیچ	۶۲/۰۸
کرمان	بارگاه سفلی	۳۱	مسکونی	۲۳۲/۷۲
	دهاران	۱۱	پل و پیچ	۱۶۴/۴۶
	آب باریک	۲۱	تقاطع	۱۵۷/۴۳
گلستان	داراباد	۲۱	مسکونی	۹۷/۶۵
	پل پارکینگ ۲	۳	پل	۶۷/۷۵
	پیچ موزه	۱	پیچ	۵۸/۸۱
گیلان	سروندان	۵	پیچ	۳۴/۱۸
	سده	۹	پیچ	-۷/۷۳
	حشکوا	۱	مسکونی	-۱۵/۷۱
یاسوج	پیچ مادوان	۳	پیچ	۲۲۸/۵۳
	دوربرگردان پمپ بنزین	۵	تقاطع	۲۲۶/۶
	پیچ سمرون	۳۳	پیچ	۲۰۰/۸۲

www.SID.ir

فصلنامه علمی- پژوهشی
سال هفتم- شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد اقدامات مرتبط با کاهش تصادفات در نقاط حادثه‌خیز را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف- اقدامات زیرساختی: این دسته از اقدامات که مرتبط به سازمان راهداری می‌باشد شامل:

- نصب تابلوها (تابلوهای فلوئورسنتی)؛
- ایمن‌سازی با گاردریل و حفاظ‌های ایمنی؛
- اطلاع‌رسانی به کاربران جاده؛
- ایمن‌سازی با نصب چراغ‌های هشدار دهنده؛
- اصلاح هندسی (کانالیزاسیون تقاطع‌ها، میدان‌ها و...)؛
- اصلاح سطح رویه راه‌ها.

ب- اقدامات مدیریتی: این دسته از اقدامات مرتبط به پلیس راه هر استان می‌باشد که شامل:

- تقویت حضور پلیس (گشت زنی)؛
- استقرار در نقاط پر تصادف؛
- کنترل و نظارت تصویری؛
- اقدامات کنترل سرعت (دوربین و اعمال قانون)؛
- آرام‌سازی ترافیکی؛
- اقدامات مرتبط با حق تقدم در تقاطع‌ها؛
- اعمال قانون مرتبط با نبستن کمربند؛
- تشدید اعمال قانون در این نقاط (نمره منفی و تعلیق گواهینامه).

در پایان پیشنهاد می‌گردد به‌منظور تعیین اثرگذاری، هریک از این روش‌ها برای انواع راه‌ها، موردبررسی، تحلیل و مقایسه قرار گیرد. علاوه‌برآن از روش‌های ریاضی دیگری جهت تعیین نقاط حادثه‌خیز در راه‌های برون‌شهری استفاده و اقدامات

www.SID.ir

زیرساختی و مدیریتی جهت ایمن‌سازی این نقاط به‌صورت مطالعات منطقه‌ای موردبررسی قرار گیرد.

منابع

- احدی، م؛ بشیری، پ و بشیری، پ. (۱۳۹۴). بررسی عوامل مؤثر بر ایمنی راه و رفتار های پرخطر رانندگان و ارائه راهکارهایی برای ارتقای ایمنی راه. *چهارمین کنفرانس بین المللی حوادث رانندگی و جاده‌ای*، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- بروجردیان، م. (۱۳۸۸). *مدل شناسایی قطعات تصادفات خیز راه‌ها*. طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات کاربردی پلیس راهور، تهران، ایران.
- توکلی کاشانی، ع؛ محمدیان، ا. (اسفند ۱۳۹۳). ارزیابی پارامترهای ایجاد تصادفات ناشی از خستگی و خواب‌آلودگی در بزرگراه‌ها و آزادراه‌های برون‌شهری ایران. *چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل‌ونقل و ترافیک*، تهران.
- Bliss, Tony. and Jeanne, Breen. (2013). Road Safety Management Capacity Reviews and Safe System Projects Guidelines. *Working Paper 84203*. Washington, DC: World Bank Group.
- Boroujerdian, A., et al. (2014). A Model to Identify High Crash Road Segments with the Dynamic Segmentation Method. *Accident Analysis & Prevention*, 73: P. 274-287.
- Cannon, B. and Sudweeks, J. (2011). Geospatial Analysis of High-Crash Intersections and Rural Roads Using Naturalistic Driving Data: Final Report 2011: Virginia Tech Transportation Institute.
- Elvik. R. (2007). State of the Art Approaches to Road Accident Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks, *Institute of Transport Economics*.
- http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/05/18844847/road-safety-management-capacity-reviews-safe-system-projects-guidelines.
- Montella, A. (2010). A Comparative Analysis of Hotspot Identification Methods. *Accident Analysis & Prevention*, 42(2): P. 571-581.
- Nævestad, T., Phillips, R. & Elvebakk, B. (2015), Traffic Accidents Triggered by Drivers at Work–A Survey and Analysis of Contributing Factors. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour,* 34, 94-107.
- Sadeghi, A., Ayati, E., and Pirayesh Neghab, M. (2013). Identification and

www.SID.ir

مطالعات پژوهشی راهور
۹۸
فصلنامه علمی - پژوهشی
سال هفتم - شماره ۲۶
پاییز ۱۳۹۷

Prioritization of Hazardous Road Locations by Segmentation and Data Envelopment Analysis Approach. *Promet-Traffic & Transportation*, 25(2): P. 127-136.

– Word Health Organization. (2013). *Mortality: Road Traffic Deaths by Country*. Available from: app.who.int/gho/data.

– Wu, Q., et al. (2014). Mixed Logit Model-Based Driver Injury Severity Investigations in Single-and Multi-Vehicle Crashes on Rural Two-Lane Highways. *Accident Analysis & Prevention*, 72: P. 105-115.

www.SID.ir