

## تحلیلی بر روش‌های شناسایی نقاط حادثه‌خیز جاده‌ای و انتخاب روش بهینه

محمدرضا احدی<sup>۱</sup>، محمدباقر سلیمی<sup>۲</sup>

از صفحه ۹۳ تا ۱۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱۳

### چکیده

**زمینه و هدف:** اقدامات اصلاحی و ارتقای ایمنی در راه‌ها مستمراً مورد تقاضا است و اصولاً رویکرد جاری در زمینه مدیریت ایمنی زیرساخت‌های جاده‌ای، انجام این اقدامات را ضرورتی اجتناب‌ناپذیر و به گونه‌ای اجباری می‌داند. با وجود این، کماکان هیچ‌گونه ابزار علمی که در سطح گسترده در زمینه ارزیابی اقدامات ایمنی مورد استفاده قرار گرفته باشد، در دسترس نیست. با اذعان به اینکه ایمنی به صورت مطلق وجود ندارد و همه فعالیت‌های حمل و نقلی با درصدی از خطر پذیری همراه است، لیکن مدیریت ایمنی راه با تمرکز بر شناسایی و اصلاح نقاط حادثه‌خیز می‌تواند اقدامات و طرح‌های اجرایی را برای ایجاد حداکثر کارایی ارائه و در عین حال ضرورت اقدام هماهنگ را اثبات و در مورد مراحل توسعه و بهبود ایمنی راه بحث کند؛ لذا روش‌های متنوعی در راستای شناسایی، رتبه‌بندی و ارائه یک برنامه عملیاتی برای ایمنی راه‌ها مورد استفاده قرار گرفته و نتایجی نیز در برداشته است.

**روش‌شناسی پژوهش:** این پژوهش با استفاده از یک روش مروری و مقایسه‌ای به بررسی انواع روش‌های نقاط حادثه‌خیز پرداخته است.

**یافته‌ها:** اکثر روش‌ها بر اساس فراوانی‌های گزارش شده برای یک مکان در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت (یک تا سه سال) به عنوان دوره تحلیل، منتج به ارائه لیستی از نقاط حادثه‌خیز و یا تعیین مبنایی برای اولویت‌بندی آن‌ها، محاسبات خود را انجام می‌دهند؛ لیکن باید توجه داشت که میانگین تصادفات گزارش شده در برخی نقاط کم است و ممکن است این فراوانی تحت تأثیر ماهیت تصادفی تصادفات (تحت تأثیر متغیرهای تصادفی) قرار گیرد؛ لذا برای کاهش این تغییرات، استفاده از روش‌های بایس تجربی (EB) توصیه می‌گردد.

**نتیجه‌گیری:** این پژوهش نشان داد که علاوه بر تعداد و فراوانی تصادفات، باید شدت و دیگر متغیرهای ترافیکی نیز برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز در نظر گرفته شوند. روش بایس تجربی (EB)، یک روش مناسب برای به دست آوردن تخمین صحیح به منظور دستیابی به تصادفات یک مکان مشخص می‌باشد. همچنین زمان مناسبی که برای دریافت اطلاعات برای بسط مدل پیش‌بینی تصادفات و شناسایی نقاط حادثه‌خیز به کار می‌رود، بین سه تا پنج سال است.

**کلیدواژه‌ها:** مدیریت ایمنی راه، نقاط حادثه‌خیز، روش بایس تجربی، تصادفات.

۱. عضو هیئت علمی پژوهشکده حمل و نقل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، M.ahadi@bhrc.ac.ir  
 ۲. دانشجوی دکتری مدیریت ایمنی ترافیک، دانشگاه علوم انتظامی امین (نویسنده مسئول)، Mbskpardis@gmail.com  
 این مقاله از رساله دکتری محمدباقر سلیمی برگرفته شده است.

## مقدمه

واضح است که وقوع تصادف، حاصل اختلالات پیچیده عوامل مربوط به وسیله نقلیه، جاده، محیط و عوامل انسانی و تأثیرات متقابل آن‌ها است. تعامل انسان با راه، وسیله نقلیه با راه، انسان با وسیله نقلیه، شرایط محیطی با راه و دیگر موارد، هرکدام به نحوی به پدید آمدن شرایطی منجر می‌گردد که می‌تواند در ایمنی یا حادثه‌خیزی یک نقطه از راه مؤثر باشد؛ لذا متولیان ایمنی حمل و نقل 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. از این رو مدل‌های ایمنی راه در دهه اخیر، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده و تلاش‌های گسترده‌ای به معرفی راهبردها، الگوها و برنامه‌های ایمن‌سازی در زمینه ترافیک و حمل و نقل معطوف شده است.

شناسایی و اصلاح نقاط تصادف‌خیز، یکی از باصرفه‌ترین سرمایه‌گذاری‌هایی است که می‌تواند در بخش حمل و نقل صورت پذیرد و هر دولتی باید آن را در رأس برنامه‌های خود قرار دهد. امروزه بر اساس روش‌های مختلف نسبت به شناسایی نقاط حادثه‌خیز و طراحی برنامه‌های رفع این نقاط با صرف هزینه‌های مالی فراوان اقدام می‌شود. در این رابطه، نوع راهبرد رفع نقاط، نحوه هدف‌گذاری، نحوه شناسایی و انتخاب نقاط، ماهیت و نوع اقدامات و برنامه‌های ایمن‌سازی انتخاب شده و تخصیص منابع مالی، چگونگی اجرا و اقدامات فنی اجرا شده، نحوه پایش و بازنگری اقدامات، عواملی هستند که اجرای اصولی و روش‌مند آن‌ها می‌تواند به حصول نتیجه مناسب و موردانتظار یعنی همان کاهش آمار تصادفات و تلفات منجر شود.

بنابراین یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های مدیریت ایمنی راه، در واقع تعیین نقاط حادثه‌خیز و اولویت‌بندی این نقاط برای انجام اقدامات ایمنی است. به بیان دیگر، گام نخست در کاهش تصادفات، تعیین مکان‌های موردنیاز اقدامات اصلاحی یا دارای پتانسیل اصلاح است. روش‌ها و الگوهای اجرایی در نقاط مختلف جهان که عمدتاً

مربوط به کشورهای توسعه یافته است، نمی تواند الگوی مناسبی برای کشور ما باشد و نمی توان آن ها را به صورت کورکورانه مورد استفاده قرار داد. از طرفی با توجه به کمبود منابع مالی، اجرای برنامه های مؤثر از لحاظ هزینه به عنوان یک الزام و قید بی چون و چرا فراروی متولیان ایمنی راه در کشور ما قرار گرفته است و رشد و توسعه دامنه مشکلات ناشی از تصادفات، فرصتی را برای آزمون و خطا در این حوزه نخواهد داشت. لذا روش های متنوعی در راستای شناسایی، رتبه بندی و ارائه یک برنامه عملیاتی برای ایمنی راه ها مورد استفاده قرار گرفته و نتایجی در بر داشته است. این پژوهش با استفاده از یک روش مروری و مقایسه ای به بررسی انواع روش های نقاط حادثه خیز می پردازد.

### پیشینه پژوهش

با این هدف که منابع و اطلاعات مناسبی به دست آید و بتواند پایه و اساس قابل اعتمادی برای به نتیجه رساندن این پژوهش باشد، تلاش شد که تمامی مطالعات صورت گرفته و همچنین روش های علمی، ریاضی و نرم افزاری به کار گرفته شده در راستای شناسایی و اولویت بندی نقاط حادثه خیز مورد ارزیابی قرار گیرد. در کشور ما، پژوهشگرانی از جمله عبدوس (۱۳۸۴) با استفاده از مدل پواسون، فرزاد رضایی مقدم (۱۳۸۵) با استفاده از مدل سازی شدت تصادف، آیتی و همکارانش (۱۳۸۷) بر اساس شاخص های هزینه - فایده، رضائی مقدم، افندی زاده و احمدی نژاد (۱۳۸۸) با مدل سازی شدت تصادف، رصافی و مؤمنی (۱۳۹۱) با استفاده از دو روش تحلیل پوششی داده ها و تحلیل همایی، کاظمی و تذهیبی (۱۳۹۱) با استفاده از مدل رگرسیون پواسون، صادقی و آیتی (۱۳۹۲) با استفاده از مفهوم «کارایی مقاطع راه»، حمید بهبهانی (۱۳۹۲) بر اساس روش میانگین نسبت فایده به هزینه، نقدی زاده و چایچی (۱۳۹۳) با استفاده از مدل های رگرسیونی پواسون، مدل رگرسیونی پواسون پرفر، مدل رگرسیونی، خاکی و مؤیدفر (۱۳۹۳) با استفاده از مدل رگرسیون خطی، مدل پواسون و در نهایت مدل دو جمله ای منفی، داوود جمور (۱۳۹۳) با استفاده از روش فراوانی

تصادفات و شاخص هم‌سنگ، افندی‌زاده و شریعت (۱۳۹۳) با استفاده از مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی، مؤیدفر و همکارانش (۱۳۹۴) با استفاده از روش تعداد تصادفات، اسدی و جعفریان (۱۳۹۳) با استفاده از مدل لجستیک، سلطانی (۱۳۹۳) با استفاده از مدل لوجیت، شاطری و بهزادی (۱۳۹۶) با استفاده از روش شاخص هم‌سنگ خسارت مالی، و حقیقی (۱۳۹۶) با استفاده از ترکیب روش‌هایی شامل فراوانی تصادف، شاخص هم‌سنگ خسارت مالی بر اساس ضرایب پیارک و بر اساس ضرایب کشور کره جنوبی به شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز پرداخته‌اند.

همچنین در خارج از کشور، اندیشمندانی همچون نوردن<sup>۱</sup> (۱۹۵۶) با استفاده از روش کنترل کیفیت، دارت<sup>۲</sup> (۱۹۷۰) با استفاده از مدل رگرسیون خطی، تامبوری و اسمیت<sup>۳</sup> (۱۹۷۰) با استفاده از معیار شدت تصادفات، اوپ<sup>۴</sup> (۱۹۷۹) با استفاده از مدل رگرسیون خطی، ساکامانو و بایکو<sup>۵</sup> (۱۹۸۸) با استفاده از مدل پواسون نیمه‌لگاریتمی، عبدل آتی و همکارانش (۱۹۹۸) با استفاده از تکنیک مدل‌سازی دوجمله‌ای منفی، نیومن<sup>۶</sup> (۱۹۸۸) با استفاده از رگرسیون پواسون، میائو و لام<sup>۷</sup> (۱۹۹۳) با استفاده از دو مدل رگرسیون خطی و رگرسیون پواسون، بوش و همکارانش<sup>۸</sup> (۱۹۹۵) با استفاده از استدلال فازی، اشريتير و هولاتز<sup>۹</sup> (۱۹۹۶) با استفاده از منطق فازی، پوچ و مانرینگ<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۶) با استفاده از رگرسیون دوجمله‌ای منفی، کمیته اطلاعات ایمنی راه آمریکا<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۱) با استفاده از توزیع پواسون، هریس و کلارک<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۱) با استفاده از روش هزینه - منفعت، ساکامانو و همکارانش (۲۰۰۱) با استفاده از مدل رگرسیون پواسون و

- 
- 1- Norden
  - 2- Dart
  - 3- Tamburri and Smith
  - 4- Oppe
  - 5- Saccomanno and Bayco
  - 6- Neuman
  - 7- Miaou and Lum
  - 8- Busch, et al.
  - 9- Schretter and Hollatz
  - 10- Poch and Mannering
  - 11 Highway Safety Information System
  - 12- Harris & Clarc

مدل بایس تجربی<sup>۱</sup>، اسپینو و همکارانش (۲۰۰۳) با استفاده از مدل پواسون، پیه و همکارانش (۲۰۰۵) با استفاده از روش کنترل کیفیت، بریجس و همکارانش (۲۰۰۶) با استفاده از مدل پواسون چندمتغیره، رون الویک (۲۰۰۸) با استفاده از روش بایس تجربی و روش نرخ تصادف، لی و ژانگ (۲۰۰۸) با استفاده از مدل تلفیقی بیزین سلسله‌مراتبی - سیستم اطلاعات جغرافیایی، چنگ و واشینگتن (۲۰۰۸) با استفاده از معیار فراوانی تصادف، آگرو والورد و خوانیس (۲۰۰۹) با استفاده از مدل رگرسیون پواسون - لگ نرمال چند متغیره بیزی<sup>۲</sup>، اندرسون (۲۰۰۹) با استفاده از روش تلفیقی تخمین دانسیته کرنلی<sup>۳</sup> و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، موتلا (۲۰۱۰) با استفاده از روش معیار فراوانی تصادف و شاخص هم‌سنگ مالی، کانن و سودویک (۲۰۱۱) با استفاده از نرم‌افزار آرک جی آی اس (ArcGIS)، واشینگتن و همکارانش (۲۰۱۳) با استفاده از معیار شاخص هم‌سنگ خسارت مالی، آدیتیا و گریمبک<sup>۴</sup> (۲۰۱۶) با استفاده از روش برنامه‌ریزی پویا، کو و همکارانش (۲۰۱۷) با استفاده از روش پنجره لغزان، پتانسیل بهبود و بایس تجربی در رابطه با شناسایی نقاط حادثه‌خیز و اولویت‌بندی آنها، مطالعاتی ارائه نموده‌اند که در این پژوهش موردارزیابی و تحلیل قرار گرفتند.

### مبانی نظری پژوهش

توزیع تصادفات در شبکه راه‌ها همواره تصادفی نیست و در محل‌های مشخصی تحت‌عنوان نقاط سیاه<sup>۵</sup> تجمع می‌یابند. چنانچه تصادفات واقع در این مکان‌ها موردبررسی قرار گیرند، اغلب مشخص می‌شود که عوامل مهندسی و اشتباه راننده در این وقایع به‌شکلی متداول دخالت دارند که با اصلاح مناسب یک معبر یا تقاطع می‌توان از وقوع تصادفات مشابه در آینده جلوگیری نمود و یا تعداد آنها را کاهش داد. نقاط

- 
- 1- Empirical Bayesian
  - 2- Bayesian Multivariate Poisson Lognormal Model
  - 3- Kernel Density Estimation
  - 4-Aditya & Grembek
  - 5- Mid Black

تحلیلی بر روش‌های شناسایی نقاط حادثه‌خیز جاده‌ای و انتخاب روش پهنه

حادثه‌خیز عموماً در محل تقاطع‌ها و یا در طولی از راه تعریف می‌شوند. در کشورهای مختلف به اقتضای شرایط موجود و دقت ثبت تصادفات، به‌منظور شناسایی نقاط حادثه‌خیز، راه به قطعاتی به طول‌های مشخص تقسیم‌بندی و اطلاعات تصادفات در این قطعات راه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در ایران، نقطه حادثه‌خیز طبق تعریف وزارت راه و ترابری، نقطه‌ای است که در یک دوره 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 مانند تعداد تصادف یا تعداد کشته‌شدگان، طول مقاطع نیز مدنظر قرار گرفته است؛ برای مثال 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. در جدول ۱، تعریف نقاط حادثه‌خیز در کشورهای مختلف ارائه شده است؛ البته شایان ذکر است که تعاریف فوق در منابع مختلف، تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند.

جدول ۱. مقایسه تعریف نقاط حادثه‌خیز در کشورهای مختلف

نام کشور	تعریف نقطه حادثه‌خیز
بلژیک	۳ تصادف جرحی در سه سال در یک تقاطع و یا قطعات به طول ۱۰۰ متر از راه، و یا هنگامی که مقدار P برابر یا بیشتر از ۱۵ شود، به آن نقطه حادثه‌خیز می‌گویند. نحوه محاسبه P عبارت است از: $P = X + 3 \times Y + 5 \times Z$ X تعداد کل افراد مجروح شده خفیف؛ Y تعداد کل افراد مجروح شده شدید؛ Z تعداد کل افراد کشته‌شده.
امریکا	ایالت کنتاکی: معیار شهری: ۱۵ تصادف در سه سال. معیار جاده‌ای: ۵ تصادف در طول سه سال. فاکتور نرخ بحرانی وقوع بیش از یک تصادف در سال. ایالت کارادو: وقوع ۷ تصادف فقط خسارتی یا جرحی، یا ۳ تصادف فوتی در سه سال.
آلمان	قطعات راه به طول ۳۰۰ متر وقوع ۵ تصادف مشابه در طول یک سال وقوع ۳ تصادف فوتی و یا جرحی شدید در طول پنج سال اخیر وقوع ۵ تصادف جرحی در سه سال گذشته

یونان	تعداد کشته‌شدگان بیش از نود یا نودوهفتمین درصد یک توزیع بواسون که با معیارهای یک قطعه‌راه مشابه ساخته شده است.
استرالیا	الف) تقاطع‌ها و یا قطعاتی از راه که طولی کمتر از ۳ کیلومتر دارند: ۳ تصادف جرحی در ۵ سال راه‌های محلی درون‌شهری: ۵ تصادف در ۵ سال ۱۰ تصادف در ۵ سال: راه‌های ایالتی درون‌شهری ب) قطعاتی از راه که طولی بیشتر از ۳ کیلومتر دارند: میانگین ۲ تصادف جرحی در کیلومتر در سال در یک دوره ۵ ساله. راه‌های محلی درون‌شهری: میانگین ۲ تصادف در هر کیلومتر در ۵ سال راه‌های ایالتی درون‌شهری: میانگین ۳ تصادف در هر کیلومتر در ۵ سال نسبت هزینه به فایده بیشتر یا مساوی
انگلیس	اسکاتلند: ۳ تصادف جرحی در سه سال در شعاع ۱۰۰ متری انگلستان: قطعه‌راهی به طول ۳۰۰ متر که مجموع تصادفات در آن بیش از ۱۲ تصادف در سه سال است.
پرتغال	محلی با ۲۰۰ متر طول - با بیش از ۵ تصادف
نروژ	قطعه‌راهی به طول ۱۰۰ متر - بیش از ۴ کشته
هلند	معمولاً یک تقاطع وقوع حداقل ۱۰ تصادف در مجموع و یا وقوع حداقل ۵ تصادف با مشخصات مشابه در سه تا پنج سال.
سوئد	دیگر برنامه‌های نقاط حادثه‌خیز را اجرا نمی‌کند. ایجاد سیاست‌گذاری چشم‌انداز صفر تلفات را در دستورکار دارد (Zero Vision)
دانمارک	قطعه‌ای از راه یا تقاطعی که تعداد تصادفات ثبت شده در آن‌ها در شرایط یکسان بیش از حالت معمول باشد. - معمولاً ضابطه حداقل ۴ تصادف در ۵ سال به کار می‌رود؛ این ضابطه توسط مسئولان امور راه‌داری قابل تعریف مجدد و به‌روزرسانی است.
نیوزیلند	مشخص شدن توسط مقامات کنترل راه، پیشنهاد ۳ تا ۵ تصادف در ۵ سال
اسپانیا	قطعات راه به طول یک کیلومتر بیش از ۵ تصادف جرحی یا دو تصادف فوتی در یک سال بیش از ۱۰ تصادف جرحی یا ۵ تصادف فوتی در سه سال
ترکیه	قطعات راه به طول یک کیلومتر استفاده از روش کنترل - کیفیت - نرخ

## روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش، کتابخانه‌ای است و به‌منظور بررسی و کنکاش در منابع و اطلاعات موجود و غنابخشیدن به محتوای پژوهش، در مرحله اول با توجه به عنوان و موضوع پژوهش، کلیدواژه‌های موردنیاز شناسایی و مناسب‌ترین آن‌ها انتخاب گردیدند که عبارتند از: ۱- ایمنی راه، ۲- نقاط حادثه‌خیز، ۳- اقدامات اصلاحی، ۴- اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز و ۵- ارزیابی و اثربخشی اقدامات اصلاحی. سپس با استفاده از مناسب‌ترین ابزارهای جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، پیرامون این کلیدواژه‌ها جست‌وجو شد و در بررسی متون از طریق جست‌وجوی کتابخانه‌ای و کنترل دقیق

مقالات و پژوهش‌های انجام‌شده موجود در این حوزه از طریق پاپ مد<sup>۱</sup>، سایروس<sup>۲</sup>، ایمیس<sup>۳</sup>، اسکوپوس<sup>۴</sup>، ساینس دایرکت<sup>۵</sup>، گوگل اسکولار<sup>۶</sup>، وب آو ساینس<sup>۷</sup>، تایم<sup>۸</sup> و پایان‌نامه‌های دکتری و کارشناسی ارشد و مقالات خارجی و داخلی و کتب، تلاش گسترده‌ای به منظور یافتن مطالب مرتبط با موضوع به صورت ساده و جست‌وجوی پیشرفته با استفاده از عملگرهای (AND- OR – NOT – NEAR – ADJ) به صورت ترکیب دو یا چند مورد از کلیدواژه‌های فوق صورت گرفت.

## یافته‌های پژوهش

### روش‌های شناسایی نقاط تصادف‌خیز

آمار توصیفی سوانح و تصادفات اغلب برای توضیح و تشریح سه فاکتور مهم آماری و اطلاعاتی به کار می‌روند (جمور، ۱۳۹۰؛ الف) علل وقوع تصادف، ب) عوامل درگیر در تصادف و ج) شدت تصادف.

علل وقوع تصادف با تعداد و انواع تصادفاتی که اتفاق می‌افتند، مشخص می‌شود و اغلب به صورت عددی بر اساس تعداد اتومبیل‌ها و یا تعداد کیلومترهای پیموده‌شده بیان می‌شود. آمار عوامل درگیر در تصادف، اغلب بر این موضوع که آیا وسایل نقلیه یا رانندگان در تصادف سهم بوده‌اند، تمرکز دارد. شدت تصادف نیز عموماً با اعداد نشان‌دهنده تعداد مصدومان یا کشته‌شدگان مشخص می‌شود. وزن‌دهی و مقایسه نقاط تصادف‌خیز با یکدیگر، از طریق آمارهای مزبور در تصادفات محورهای مشابه و تصادفات شهرها و کشورهای مدل به چندین روش انجام می‌گیرد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- 
- 1-Pub Med
  - 2-Scirus
  - 3- Embase
  - 4-Scopus
  - 5-Science Direct
  - 6- Google Scholor
  - 7-Web of science
  - 8- Thime



## روش تعداد یا فراوانی تصادف

این روش، ساده‌ترین روش برای شناسایی نقاط تصادف‌خیز است. در این روش، نقاط و مقاطعی از راه که دارای بیشترین تعداد تصادف باشد، به‌عنوان نقاط تصادف‌خیز شناخته شده و بر اساس تعداد کل تصادفات و یا تعداد نوع خاصی از تصادفات (فوتی، جرحی، خسارتی) در دوره زمانی معین رتبه‌بندی می‌شوند. استفاده از این روش به دلیل عدم نیاز به اطلاعات دیگری نظیر حجم ترافیک، آسان است و معمولاً برای شهرهای کوچک، یک منطقه در یک شهر بزرگ و جاده‌های بین‌شهری کم‌تردد توصیه می‌شود. یکی از معایب این روش، این است که هیچ‌گونه حساسیتی نسبت به حجم تردد ندارد و برای مناطقی مفید خواهد بود که حجم ترافیک از یک همگونی قابل‌قبولی برخوردار باشد. سادگی این شیوه با حجم کم تردد در شبکه معابر قابل‌توجه است. در این روش با استفاده از نقاط شناسایی شده، اطلاعات خوبی برای بررسی دقیق و تعیین این نکته که آیا کمبود امکانات و تسهیلات جاده‌ای باعث چنین رخدادی شده است، به دست خواهد آمد.

## روش نرخ بحرانی تصادفات<sup>۱</sup>

شناسایی نقاط تصادف‌خیز بر اساس تعداد تصادفات ممکن است به نتایج گمراه‌کننده‌ای منجر شود، چون حجم ترافیک در شبکه راه‌ها متفاوت است؛ بنابراین اگر حجم تردد در یکی از دو نقطه‌ای که تعداد تصادفات برابری دارند، دو برابر باشد؛ نباید آن‌ها را همسان دانست. بر این اساس در این روش با در نظر گرفتن حجم تردد به جای تعداد تصادف، از نرخ تصادف که با استفاده از دو مؤلفه تصادف و تردد محاسبه می‌گردد، استفاده می‌شود. در این روش، تعداد تصادفات و موقعیت مکانی آن‌ها برداشت شده و سپس نرخ‌های موردنظر محاسبه می‌گردد.

---

1-Crash Rate

## روش شدت تصادفات

شدت تصادفات برحسب سرعت برخورد و پیامدهای ناشی از آن طبقه‌بندی می‌شود. مرسوم‌ترین روش برای طبقه‌بندی تصادفات، در نظر گرفتن عواقب آن شامل میزان خسارت، تعداد مجروحان، شدت جراحات و تعداد کشته‌های ناشی از تصادفات می‌باشد. در این روش، عواقب ناشی از تصادف از طریق وزن‌دهی بر مبنای درجه صدمات وارده در نظر گرفته می‌شود. عموماً برای تأثیر دادن شدت تصادف، ضریب بالاتری به صدمات جدی و مرگ‌ومیر داده می‌شود. اگر اطلاعات کافی از هزینه انواع مختلف تصادف (فوتی، جرحی و خسارتی) در اختیار باشد، می‌توان آن‌ها را با توجه به هزینه وزن‌دهی نمود. در این صورت، چنانچه یک تصادف مرگ‌بار  $n$  برابر یک تصادف خسارتی هزینه داشته باشد، می‌توان در محاسبه به جای آن از  $n$  واحد استفاده نمود؛ البته این نوع وزن‌دهی بر اساس صرف هزینه، گاهی ضرایب بسیار بالایی را برای تصادفات فوتی ارائه می‌دهد (مانند ۳۰ برای تصادف فوتی و ۱ برای تصادف خسارتی). که با در نظر گرفتن این ضریب، عملاً این معیار به معیاری برای در نظر گرفتن تصادفات فوتی منجر می‌گردد. لذا عموماً ضریب ۱ برای تصادفات خسارتی، ۳ برای تصادفات منجر به جرح و ۹ برای تصادفات منجر به فوت پیشنهاد شده است.

چنانچه اطلاعات هزینه‌ای قابل حصول نباشد، می‌توان از وزن‌دهی کیفی استفاده نمود؛ برای مثال در کره جنوبی، برای محاسبه تعداد تصادف معادل خسارتی که به منظور رتبه‌بندی اولیه استفاده می‌شود، از ضریب ۱۲ برای تصادفات فوتی، ضریب ۳ برای تصادفات جرحی و ضریب ۱ برای تصادفات خسارتی استفاده می‌شود. سپس با توجه به مقادیر حاصله برای تعداد تصادف معادل خسارتی، مقایسه بین محل‌های مختلف انجام شده و رتبه‌بندی صورت می‌گیرد.

در بلژیک از ضریب ۵ برای تصادفات فوتی، ۳ برای تصادفات جرحی و ۱ برای تصادفات خسارتی استفاده می‌شود. در مرجعی دیگر در آمریکا برای به دست آوردن تعداد تصادفات معادل خسارتی، ضریب ۶ برای تصادفات فوتی یا جرحی و ضریب ۱

برای تصادفات خسارتی ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعریف شدت تصادفات و ضرایب آن در کشورهای مختلف متفاوت است. به‌طور کلی روش شدت تصادفات، اهمیت بیشتری به تصادفات فوتی و جرحی نسبت به تصادفات فقط خسارتی می‌دهد.

در جدول زیر، ضرایب پیشنهادی ایالت جورجیا برای انواع تصادفات ارائه گردیده است.

**جدول ۲. ضرایب پیشنهادی ایالت جورجیا برای انواع تصادفات**

ضرب پیشنهادی	شدت تصادف
۹	تصادف فوتی
۴	تصادف جرحی کلاس A
۳	تصادف جرحی کلاس B
۲	تصادف جرحی کلاس C
۱	تصادف خسارتی

### روش تعداد - نرخ

این روش، ترکیبی از روش‌های تعداد تصادف و نرخ تصادف می‌باشد؛ ابتدا محل‌ها را بر اساس تعداد تصادف رتبه‌بندی نموده و سپس برترین محل‌ها مجدداً بر اساس نرخ تصادف رتبه‌بندی می‌شوند. این روش به‌منظور حذف مشکلاتی که هر یک از روش‌ها به‌تنهایی دارند، استفاده می‌شود. درنهایت محل‌هایی که تعداد تصادفات آن‌ها بیش از یک مقدار حداقل تصادف یا چگالی تصادف بوده و نرخ تصادف آن‌ها نیز بیشتر از نرخ تصادف حداقل است، به‌عنوان محل‌های پر تصادف شناسایی می‌شوند. این روش برای تمامی شبکه‌های راه‌ها، از خیابان‌های شهری گرفته تا راه‌های برون‌شهری کاربرد دارد و اندازه شبکه و تغییرات حجم ترافیک تأثیری در کارایی آن ندارد.

## روش کنترل - کیفیت - نرخ<sup>۱</sup>

این روش شامل محاسبه سه مؤلفه نرخ تصادفات، تعداد تصادفات و شدت تصادفات برای هر بخش از راه است. هر یک از این مقادیر با مقدار بحرانی خود مقایسه می‌شوند؛ لذا نرخ تصادفات با یک مقدار بحرانی، تعداد تصادفات با یک مقدار بحرانی و شدت تصادفات نیز با یک مقدار بحرانی دیگر مقایسه می‌شود. در صورتی که قسمتی از راه مقادیر بالاتری از سه مقدار بحرانی در هر سه مؤلفه مذکور داشته باشد، به‌عنوان نقطه تصادف‌خیز شناخته می‌شود. این روش برای کلیه رده‌های عملکردی شبکه معابر بدون توجه به نوع راه، تغییرات حجم ترافیک و برای شبکه راه‌های درون‌شهری و برون‌شهری کاربرد دارد و همچنین برای راه‌های دوخطه، چهارخطه، آزادراه‌ها و راه‌های فرعی قابل استفاده می‌باشد. این روش با استفاده از آزمون آماری، ما را از کنترل کیفیت تحلیل‌ها مطمئن می‌سازد. نرخ بحرانی مورداستفاده در این روش برای هر رده از شبکه معابر با استفاده از فرمول ذیل محاسبه می‌گردد.

$$R_c = R_a + K \sqrt{\frac{Ra}{m} - \frac{0.5}{m}}$$

$R_c$ : نرخ بحرانی تصادفات برای هر رده موردنظر برحسب میلیون وسیله نقلیه عبوری؛  
 $R_a$ : میانگین نرخ تصادف در کل سیستم در رده موردنظر از راه‌ها برحسب میلیون وسیله نقلیه عبوری؛

$M$ : وجود وسایل نقلیه در وضعیت موردنظر در طول دوره مطالعه برحسب میلیون وسیله نقلیه.

$K$ : عدد ثابت؛

$K$ : تعیین‌کننده ضریب اطمینانی می‌باشد که نرخ تصادف، بالاتر از نرخ بحرانی بوده و اتفاقی هم نیفتاده است. اطمینان تا حد ۹۵ درصد پذیرفتنی است.

جدول ۳. حدود مختلف مقادیر K

مقدار K	درصد سطح اطمینان
۲/۵۷۶	۹۹/۵ درصد
۱/۶۴۵	۹۵ درصد
۱/۲۸۲	۹۰ درصد

### روش تعداد - شدت تصادفات

این روش، مشابه روش تعداد عمل می‌نماید؛ با این تفاوت که برای انواع تصادفات ابتدا بر اساس تعداد و سپس با توجه به شدت آن‌ها، ضریب شدت را در نظر می‌گیرد. موارد کاربرد این روش مانند روش تعداد تصادفات می‌باشد. در این روش برای هر موقعیت، یک شاخص ویژه با استفاده از فرمول ذیل محاسبه می‌گردد:

$$I = 9 \times T_f + 4 \times T_{ia} + 4 \times T_{ia} + 3 \times T_{ib} + 2 \times T_{ic} \times T_d$$

در این روش، نقاطی که شاخص آن‌ها بیش از دو برابر شاخص میانگین کل موقعیت‌ها باشد، به‌عنوان نقاط تصادف‌خیز شناخته می‌شوند. مزایای این روش نسبت به روش تعداد - نرخ، این است که علاوه بر تعداد تصادفات، شدت آن‌ها را نیز در نظر می‌گیرد. این روش مانند روش تعداد - نرخ، هیچ‌گونه حساسیتی نسبت به حجم تردد ندارد و برای شهرهای کوچک و شبکه‌های راه‌های با حجم تردد کم قابل استفاده است.

### روش نرخ - شدت تصادفات<sup>۱</sup>

شناسایی نقاط تصادف‌خیز بر اساس تعداد - شدت تصادفات ممکن است به نتایج گمراه‌کننده‌ای منجر شود؛ چون اختلاف حجم ترافیک در شبکه‌های زیاد بوده و اگر حجم تردد دو نقطه‌ای که تعداد تصادفات و حتی شدت یکسانی دارند، متفاوت باشد، امکان قضاوت در مورد تصادف‌خیز بودن آن‌ها وجود ندارد.

1- EPDO Rate

روش نرخ - شدت تصادفات با در نظر گرفتن حجم تردد به جای تعداد تصادف از نرخ تصادف به همراه شدت آن‌ها که با استفاده از سه مؤلفه تردد، تصادف و ضریب شدت آن‌ها محاسبه می‌گردد، استفاده می‌نماید. در این روش، تعداد تصادفات، شدت و موقعیت مکانی آن‌ها برداشت شده و سپس نرخ‌های مورد نظر محاسبه می‌گردد.

روش شدت - نرخ، حاصل ترکیب روش‌های شدت و نرخ تصادف است. این روش، مزیت‌های یکسانی با معیار نرخ - تعداد دارد؛ اما اهمیت بیشتری به تصادفات فوتی و جرحی می‌دهد. این معیار که معیار نرخ معادل فقط خسارتی<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود، از تقسیم تعداد معادل تصادف فقط خسارتی به تعداد وسایل نقلیه مشاهده شده در محل به دست می‌آید. متداول‌ترین نرخ - شدت تصادفات به شرح ذیل می‌باشد و به منظور استفاده از این روش باید مراحل ذیل انجام گیرد:

الف- شدت تصادفات و موقعیت مکانی تمام آن‌ها با استفاده از GPS مشخص شده و کدگذاری شود؛

ب- حجم ترافیک مقاطع مختلف برداشت و آماده گردد؛

ج - نرخ - شدت تصادفات با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردد:

$$\text{نرخ - شدت تصادفات} = \frac{I \times 10^6 \text{ دوره زمانی مطالعه}}{\text{تعداد روزهای دوره مطالعه} \times ADT}$$

### روش تصادفات هم‌نوع (هم‌سان)

در بسیاری از موقعیت‌ها، وجود تصادفات هم‌نوع، حکایت از حادثه‌خیزی آن موقعیت دارد و این روش، یکی از روش‌های مفید برای شناسایی نقاط تصادف‌خیز می‌باشد. بدیهی است زمانی می‌توان با اطمینان از این روش استفاده نمود که جمع‌آوری اطلاعات، تعیین، نحوه ثبت و نوع برخوردها با دقت کافی صورت گرفته باشد؛

1. PDO: Property-Damage Only

همچنین تعداد آمار تصادفات در موقعیت مورد بررسی به اندازه کافی باشد تا بتوان در مورد تصادف خیز بودن آن نقطه قضاوت نمود. شناسایی نقاط تصادف خیز معمولاً بر اساس نحوه تصادفات ذیل صورت می‌گیرد:

- تصادفات جلو به جلو؛
- تصادفات جلو به عقب؛
- تصادفات جلو به پهلو؛
- تصادفات پهلو به پهلو؛
- تصادفات عقب به پهلو؛
- برخورد با عابر؛
- واژگونی؛
- برخورد با اشیای ثابت؛
- برخورد با وسیله نقلیه پارک شده.

شایان ذکر است که به منظور شناسایی نقاط تصادف خیز با استفاده از روش تصادفات هم‌نوع می‌توان با ترکیب روش تصادفات هم‌نوع و روش‌های ذیل اقدام نمود. بدیهی است در این حالت فقط تصادفات هم‌نوع در نظر گرفته خواهد شد.

- روش تعداد تصادف؛
- روش نرخ تصادف؛
- روش تعداد - نرخ؛
- روش کنترل کیفیت - نرخ؛
- روش تعداد - شدت تصادف؛
- روش نرخ - شدت تصادف.

## روش سطح سرویس ایمنی LOOS

این روش، تناوب تصادفات مشاهده‌شده یا شدت تصادفات را با مقدار میانگین پیش‌بینی شده با استفاده برای جمعیت مبنا مقایسه می‌کند. مقدار تغییر بین این دو مقدار به SPF تابع عملکرد ایمنی راه یعنی معیار سنجش عملکردی بین سطح سرویس ایمنی یک تا سطح سرویس ایمنی چهار منجر می‌شود. سطح سرویس یک نشان‌دهنده پتانسیل پایین برای کاهش تصادفات و سطح سرویس چهار نشان‌دهنده پتانسیل بالا برای کاهش تصادفات است.

## روش تابع‌های عملکرد ایمنی راه SPFs

در این روش از اختلاف بین تعداد تصادفات مشاهده‌شده برای محل و تعداد تصادفات پیش‌بینی شده بر اساس تابع‌های عملکرد ایمنی راه برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز استفاده می‌شود. در صورتی که تعداد تصادفات از مقدار پیش‌بینی شده بیشتر شود، نقطه حادثه‌خیز است.

## روش شاخص کشته به ازای صد هزار نفر جمعیت

یکی از شاخص‌های بسیار مهم ایمنی، تعداد کشته به ازای یک صد هزار نفر جمعیت می‌باشد. پرفسور موهان در کنفرانس بین‌المللی مشترک ایران و هند در موضوع ایمنی ترافیک در سال ۱۳۸۳، این شاخص را مهم‌ترین شاخص ایمنی ترافیک معرفی نمود. طبق آمار سازمان بهداشت جهانی (۳۳ نفر مرگ و میر به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت)، ایران با داشتن نسبت فراوانی ۱، پنجمین کشور دارای خطرناک‌ترین جاده‌ها است. این آمار همچنین می‌گوید که میانگین جهانی کشته‌شدگان جاده‌ای به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت، اندکی بیش از ۲۰ نفر است؛ یعنی ایران در بازه زمانی مشخص شده، حدود یک و نیم برابر بیشتر از میانگین جهانی، تلفات جاده‌ای دارد. در این مطالعه، شهرهایی که میانگین کشته‌شدگان آن‌ها بیش از میانگین کشته‌شدگان ایران هستند، به عنوان شهرهای حادثه‌خیز شناسایی شدند.



## روش شاخص هم‌سنگ خسارت مالی (شاخص EPDO)

شاخص هم‌سنگ خسارت مالی با اختصاص یک وزن به هر تصادف که تابعی از بدترین سطح جراحت قربانیان تصادف است، به آسیب‌های بیشتر اهمیت می‌دهد. در این روش برای هر مجروح، ضریب ۳ و برای هر کشته، ضریب ۹ نسبت به خسارت وارد شده در نظر گرفته می‌شود. استفاده از ضرایب وزنی متناسب با هزینه‌های واقعی تصادفات می‌تواند به کارایی تصادفات کم‌شدت‌تر منجر گردد. وقوع تصادفات مکرر و غیرطبیعی در یک مکان، شاخص خوبی برای نقص ایمنی جاده است که نبایستی از آن چشم‌پوشی کرد.

## روش بایس تجربی<sup>۱</sup>

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تمامی روش‌های فوق بر اساس فراوانی‌های گزارش‌شده برای یک مکان در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت (یک تا سه سال) به‌عنوان دورهٔ تحلیل و منتج به ارائهٔ لیستی از نقاط حادثه‌خیز و یا تعیین مبنایی جهت اولویت‌بندی آن‌ها، محاسبات خود را انجام می‌دهند. باید توجه داشت که در برخی نقاط، میانگین تصادفات گزارش‌شده کم است و ممکن است این فراوانی تحت‌تأثیر ماهیت تصادفی تصادفات (تحت‌تأثیر متغیرهای تصادفی) قرار گیرد؛ لذا برای کاهش این تغییرات که می‌تواند به انحراف در نتایج شناسایی منجر گردد، پژوهشگرانی از جمله رون اولویک (۲۰۱۳)، استفاده از روش‌های بایس تجربی را توصیه کرده‌اند؛ این روش بر مفهوم «سطح ایمنی» مبتنی است و با توجه به اینکه سطح ایمنی یک مکان به‌شدت تحت‌تأثیر مشخصات آن می‌باشد، در نتیجه با آگاهی از میانگین سطوح ایمنی مکان‌هایی که دارای مشخصات مشابهی هستند، می‌توان عملکرد ایمنی موردانتظار را هم‌پیش‌بینی کرد. علاوه بر این در این روش، فراوانی تصادفات تعدیل‌یافتهٔ یک مکان با کمک مکان‌های

مشابه (جامعه مرجع) محاسبه شده و تخمین بهتری از میانگین فراوانی تصادفات در بلندمدت به دست می‌آید. در این روش، فرکانس تصادفات پیش‌بینی شده با استفاده از تابع‌های کالیبره‌شده عملکرد ایمنی راه محاسبه می‌شود. سپس بر اساس فرکانس تصادفات مشاهده‌شده وزن‌دهی می‌شوند. این روش، اثر خطای رگرسیون به میانگین را که به‌عنوان اصلی‌ترین عیب مشترک روش‌های معرفی‌شده فوق می‌باشد، در نظر می‌گیرد.

در این روش با محاسبه میانگین فراوانی تصادف، فراوانی تصادف تعدیل می‌گردد. در این روش، ابتدا تمامی تصادفات شناسایی شده، و سپس فراوانی هر نقطه، فراوانی میانگین و واریانس مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

$$f_{EB} = f_j + \frac{f_{rp}}{s^2} (f_{rp} - f_j)$$

$$s^2 = \frac{\sum (f_j - f_{rp})}{n - 1}$$

آنگاه با محاسبه فراوانی تعدیل‌شده، پتانسیل بهبود برای هر یک از نقاط رابطه زیر برآورد می‌گردد:

$$P.I = f_{EB} - f_{rp}$$

### روش‌های پیش‌بینی و برآورد تصادفات

روش پیش‌بینی، فرایندی ۱۸ مرحله‌ای است که برای برآورد میانگین تناوب تصادفات موردانتظار اعم از کل تصادفات یا برحسب شدت و نوع تصادفات در یک نقطه، محور و یا یک شبکه راه مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً روش پیش‌بینی، برآورد میانگین تغییر تناوب تصادفات را در نقاط به‌صورت تک‌تک انجام می‌دهد و در نتیجه مجموع برآورد همه نقاط برای پیش‌بینی کل تسهیلات یا شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع برآوردها برای دوره‌های زمانی خاص برحسب سال که طی آن، مشخصات هندسی و تجهیزات کنترل ترافیک تغییرات چندانی نداشته و ثابت باشند و همچنین

حجم ترافیک سالانه روزانه (AADT) برای پیش‌بینی‌ها معین باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نهایت برآورد به دست آمده با استفاده از روش‌های پیش‌بینی با بهره‌گیری از روش بایس تجربی با داده‌های واقعی تصادفات ادغام می‌شود. در فرم عمومی، رابطه مورد استفاده برای تعیین تناوب میانگین تصادفات پیش‌بینی شده  $N_{predicted}$  به شرح زیر می‌باشد:

$$N_{predicted} = N_{spf} \times (AMF_{1x} \times AMF_{2x} \times AMF_{3x} \times \dots \times AMF_{yx}) \times C_x$$

که در آن:

$N_{predicted}$  = میانگین تناوب تصادفات پیش‌بینی شده یک سال مشخص در سایت نوع X؛

$N_{spf}$  = میانگین تناوب تصادفات پیش‌بینی شده برای شرایط پایه تابع عملکرد ایمنی تهیه شده برای سایت نوع X؛

$AMF_{yx}$  = ضریب تعدیل تصادفات خاص تابع عملکرد ایمنی تهیه شده برای سایت نوع X؛

$C_x$  = ضریب کالیبراسیون برای تطابق تابع عملکرد ایمنی به شرایط محلی برای سایت نوع X می‌باشد.

### برآورد تصادفات با استفاده از روش‌های آماری

روش‌های آماری که بر پایه استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی انجام می‌شوند، برخی از محدودیت‌های روش‌های دیگر را مرتفع می‌کنند. این روش‌ها توانایی برآورد میانگین تناوب تصادفات مورد انتظار نه تنها برای شرایط موجود راه‌های تحت بهره‌برداری را دارند، بلکه برای شرایط متغیر و راه‌های طراحی شده از قبل از احداث نیز کاربرد دارند. از میان مدل‌هایی که می‌توانند برآوردهای تصادفات حاصل از مدل‌های آماری را با برآوردهای حاصل از تناوب تصادفات مشاهده شده در یک مکان یا تسهیلات ترکیب کنند، روش بایس تجربی، بهترین کارکرد را در مطالعات انجام شده داشته است.

به‌منظور پیش‌بینی تصادفات، روش‌ها و شیوه‌های مختلفی از جمله روش‌های علت و معلولی، رگرسیون خطی، سری‌های زمانی و مارکوف ارائه شده است. روش‌های علت و معلولی به داده‌های زیادی برای تحلیل ارتباط موجود در میان متغیرها نیاز دارند. در روش‌های رگرسیون خطی این چنین فرض می‌گردد که عوامل مرتبط مستقل از توزیع نرمال در فرایند پیش‌بینی موجود هستند و روش سری‌های زمانی نیز نیازمند گرایش‌های پایدار در شرایط پیش‌بینی می‌باشند. درمورد پیش‌بینی میزان تصادفات در جاده‌های برون‌شهری، پژوهشی به‌وسیله صفارزاده و همکارانش (۱۳۸۶) با عنوان جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات سیستم‌های مربوطه و برداشت‌های میدانی از برخی جاده‌های استان خراسان رضوی صورت گرفت؛ در این مدلی پژوهش، برای پیش‌بینی تصادفات در قوس راه‌های دوخطه برون‌شهری بر اساس متغیرهای تأثیرگذار ارائه شده است. در این مطالعه از روش‌های مدل‌سازی مرسوم از جمله رگرسیون خطی عمومی و لگاریتمی استفاده گردید. یکی از نتایج به‌دست‌آمده از مدل نشان داد که نرخ تصادفات تقریباً به‌صورت غیرخطی با افزایش درجه قوس از صفر درجه (مسیر مستقیم) تا حدود ۰/۶ درجه (قوس با شعاع ۱۰۰ متر) کاهش و سپس افزایش می‌یابد. عامری و ملکوتی (۱۳۸۴) به ارتباط شاخص‌های روسازی راه‌های دوخطه برون‌شهری و حجم ترافیک روزانه بر نرخ تصادفات و میزان پیش‌بینی آن‌ها با استفاده از روش رگرسیون چندگانه پرداختند. این مدل عبارت است از:

$$ART=0.00709PCI^{-0.00679}.SN^{-0.665}.RW^{-5.379}.ADT^{-2.063}$$

ART نرخ تصادفات در قطعات (تعداد تصادف در هر کیلومتر در ۴ ماه)؛

PCI شاخص خرابی رویه؛

SN عدد مقاومت لغزندگی؛

RW عرض جاده بر اساس متر؛

ADT میانگین ترافیک روزانه است.

## مقایسه روش‌های تعیین نقاط حادثه‌خیز

به‌منظور بهره‌برداری بهتر، در جدول ۴، روش‌هایی شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز مورد مقایسه قرار گرفته و نقاط قوت و ضعف هر کدام از روش‌ها بیان شده است.

جدول ۴. مقایسه انواع روش‌های شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز

ردیف	روش شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز	داده‌های مورد نیاز	نقاط قوت	نقاط ضعف
۱	تعداد تصادفات	<ul style="list-style-type: none"> <li>تعداد تصادفات برحسب محل و نوع تصادف</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ساده بودن</li> <li>امکان استفاده برحسب نوع تصادف</li> <li>سادگی ثبت و دسترسی به آمار تصادفات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>حجم و جریان ترافیک را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>ممکن است مکان‌های با تردد کم نادیده گرفته شود و تأکید بیش‌ازحدی بر مکان‌های با تردد بالا داشته باشد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> </ul>
۲	نرخ تصادفات	<ul style="list-style-type: none"> <li>تعداد تصادفات و محل</li> <li>میانگین حجم ترافیک کل روزانه AADT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ساده بودن</li> <li>در نظر گرفتن حجم و کاهش احتمال انحراف به سمت معابر پر تردد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>ممکن است تأکید بیش‌ازحدی بر مکان‌های با حجم تردد کم داشته باشد. نیاز به آمار حجم ترافیک دارد که ممکن است همه‌جا در دسترس نباشد.</li> <li>نمی‌تواند مقایسه مناسبی بین مکان‌هایی که حجم تردد متفاوتی دارند، انجام دهد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> </ul>
۳	شدت تصادفات	<ul style="list-style-type: none"> <li>تصادفات برحسب شدت و محل</li> <li>ضرایب وزنی به تصادفات منجر به فوت / جرح و خسارت</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ساده بودن</li> <li>در نظر گرفتن شدت تصادف</li> <li>سادگی ثبت و دسترسی به آمار شدت تصادفات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>ممکن است تأکید بیش‌ازحدی بر مکان‌های با تعداد کم تصادفات شدید داشته باشد.</li> <li>حجم جریان ترافیک را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> </ul>
۴	روش تعداد - نرخ	<ul style="list-style-type: none"> <li>تعداد تصادفات برحسب نوع و محل تصادف</li> <li>میانگین حجم ترافیک روزانه</li> <li>کل حجم وارد شده، (ADT) به راه و یا میانگین سالانه (AADT) ترافیک روزانه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ساده بودن</li> <li>در نظر گرفتن حجم ترافیک و کاهش احتمال انحراف به سمت معابر پر تردد</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> <li>نیاز به آمار حجم ترافیک دارد که ممکن است همه‌جا در دسترس نباشد.</li> </ul>
۵	روش کنترل - کیفیت - نرخ	<ul style="list-style-type: none"> <li>تعداد تصادفات برحسب نوع و محل تصادف</li> <li>میانگین حجم ترافیک</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ساده بودن</li> <li>در نظر گرفتن حجم ترافیک و کاهش احتمال انحراف به سمت معابر</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>نیاز به آمار حجم ترافیک دارد که ممکن است همه‌جا در دسترس نباشد.</li> </ul>	<p>پرتدد</p>	<p>روزانه</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>کل حجم واردشده، (ADT) به راه و یا میانگین سالانه (AADT) ترافیک روزانه</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> <li>حجم جریان ترافیک را در نظر نمی‌گیرد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ساده‌بودن</li> <li>در نظر گرفتن شدت تصادف</li> <li>سادگی ثبت و دسترسی به آمار شدت تصادفات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>تصادفات برحسب شدت و محل</li> <li>ضرایب وزن دهی به تصادفات منجر به فوت / جرح و خسارت</li> </ul>	<p>روش تعداد - شدت</p>	<p>۶</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> <li>نیاز به آمار حجم ترافیک دارد که ممکن است همه‌جا در دسترس نباشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ساده‌بودن</li> <li>در نظر گرفتن شدت تصادف</li> <li>در نظر گرفتن حجم ترافیک و کاهش احتمال انحراف به سمت معابر پرتدد</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>تصادفات برحسب شدت و محل</li> <li>ضرایب وزن دهی به تصادفات منجر به فوت / جرح و خسارت</li> <li>میانگین حجم ترافیک روزانه</li> <li>کل حجم واردشده، (ADT)</li> <li>میانگین سالانه (AADT)</li> </ul>	<p>نرخ شدت</p>	<p>۷</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>خطای رگرسیون به میانگین را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>مقدار یک حد آستانه را مشخص نمی‌کند.</li> <li>حجم جریان ترافیک را در نظر نمی‌گیرد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>بررسی علت‌های تصادفات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>تصادفات برحسب محل و نوع برخورد</li> </ul>	<p>تصادفات هم نوع</p>	<p>۸</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ممکن است هنوز اثرات رگرسیون به میانگین وجود داشته باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در نظر گرفتن واریانس در اطلاعات تصادفات</li> <li>در نظر گرفتن حجم ترافیک</li> <li>ایجاد یک حد آستانه برای مقایسه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>حداقل اطلاعات ۳ سال تصادفات</li> <li>تصادفات بر اساس محل</li> <li>پارامتر پراکندگی، SPF و تمامی اطلاعات مورد نیاز برای ساخت تابع‌های عملکرد ایمنی (SPF)</li> </ul>	<p>سطح سرویس ایمنی LOSS</p>	<p>۹</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>حجم ترافیک را در نظر نمی‌گیرد.</li> <li>ممکن است هنوز اثرات رگرسیون به میانگین در نتایج وجود داشته باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در نظر گرفتن حجم ترافیک</li> <li>ایجاد یک حد آستانه برای مقایسه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>حداقل اطلاعات ۳ سال تصادفات</li> <li>تصادفات بر اساس محل</li> <li>پارامتر پراکندگی SPF</li> <li>تابع‌های کالیبره شده عملکرد ایمنی (SPF)</li> </ul>	<p>تابع‌های عملکرد ایمنی راه SPF</p>	<p>۱۰</p>

نظر به اینکه روش‌های معرفی شده و به کار گرفته شده در فرایند شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز برابر شرحی که گذشت و اطلاعاتی که در جدول ۴ به آن‌ها اشاره شد،

دارای کاستی‌ها و معایبی هستند که یقیناً در نتایج حاصله موجب بروز انحراف و اشکال در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی خواهند شد؛ لذا برای تعیین روش منتخب شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز برای راه‌های کشور باید معیارهای زیر را در نظر گرفت:

- سهولت دسترسی و وجود داده‌ها و اطلاعات موردنیاز و یا قابلیت تهیه و گردآوری داده‌های موردنیاز؛
- دسترسی و توجه به داده‌های فرم‌های کا تصادفات پلیس راهنمایی و رانندگی؛
- در نظر گرفتن شدت تصادفات؛
- قابلیت اطمینان داده‌ها؛
- منطقی بودن فرایند برای شرایط کشور؛
- معرفی روشی که کارشناسان پلیس و دیگر کاربران و پژوهشگران به راحتی بتوانند از آن استفاده نمایند.

### بحث و نتیجه‌گیری

تعریف و شناسایی نقاط حادثه‌خیز به‌طور جداناپذیری با نوع کاربری جاده در ارتباط بوده و در برخی موارد غیرقابل تفکیک است؛ اما از یک دیدگاه می‌توان تمایزی بین تعریف و شناسایی آن‌ها پیدا کرد. طبق تعریف، هر نقطه‌ای از جاده که تعداد تصادفات ثبت شده در آن نقطه از مکان‌های دیگر که نتایج فاکتور خطرپذیری در آن نقاط ارائه شده است بیشتر باشد، نقطه حادثه‌خیز است. بر این اساس، مؤلفه‌های اصلی حاصل از پژوهش‌های پیشرفته برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز از این‌گونه تعاریف نشئت می‌گیرد. لذا مدیریت نقاط حادثه‌خیز شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. تعریف و شناسایی نقاط حادثه‌خیز؛
۲. تحلیل تصادفات و آنالیز خطرپذیری در نقاط حادثه‌خیز جاده و نیز طراحی فاکتورهایی در ارتباط با تصادفات و بهبود آن‌ها؛
۳. بررسی و اجرای عوامل بهبود نقاط حادثه‌خیز.

پژوهش‌های مدرن درباره شناسایی نقاط حادثه‌خیز بایستی شامل تعاریف و نکات زیر باشد:

۱. نقاط حادثه‌خیز بایستی در مکان‌های دارای شناسنامه تصادفات که تعداد تصادفات در آن‌ها قابل شمارش و سرشماری است، مشخص گردد.
۲. نقاط حادثه‌خیز باید بر اساس آمار تصادفات ثبت‌شده در آن مکان به‌خصوص شناسایی شود.
۳. روش تخمین EB، یک روش مناسب برای به‌دست‌آوردن تخمین صحیح به‌منظور دستیابی به تصادفات ثبت‌شده در یک مکان مشخص می‌باشد. کاربرد روش EB برای پیش‌بینی تصادفات غالباً قابل اعتماد می‌باشد. این روش تخمین، روشی برای استنتاج آماری از توزیع مقدماتی تخمین‌زده‌شده از داده‌ها می‌باشد. در این روش، توزیع اولیه قبل از مشاهده و برداشت داده‌ها ثابت است و می‌توان این روش را یک روش سلسله‌مراتبی کامل دانست که مؤلفه‌های آن به‌جای اینکه از بیرون جمع‌آوری شوند، در بالاترین سطح سلسله‌مراتبی برابر با مقدار احتمالی خود قرار می‌گیرد.
۴. نقاط حادثه‌خیز باید با درصد بالایی از ایمنی در یک مکان مشخص شناسایی شوند؛ نقاط حادثه‌خیز بایستی فقط بر اساس تعداد و فراوانی تصادفات که بالای یک سطح نرمال خاص قرار می‌گیرند، شناسایی شوند.
۵. زمان مناسبی که برای دریافت اطلاعات به‌منظور بسط مدل پیش‌بینی تصادفات و شناسایی نقاط حادثه‌خیز به کار می‌رود، بین سه تا پنج سال است.
۶. شدت تصادفات برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز می‌تواند در نظر گرفته شود.
۷. در شناسایی نقاط حادثه‌خیز بایستی نوع تصادفات در نظر گرفته شده و تعداد تصادفات ثبت‌شده برای انواع مختلف آن به‌منظور تخمین EB به کار گرفته شود.
۸. البته این موضوع قابل ذکر است که هرکدام از روش‌ها مشکلات را از منظر خود برجسته می‌نمایند. لذا کارشناسان همواره توصیه نموده‌اند که بهتر است از بیش از یک معیار برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز استفاده گردد و سپس نتایج با یکدیگر مقایسه شوند.



## منابع

- آیتی، ا. (۱۳۸۳). روش منطقی اولویت‌بندی در مدیریت تعمیر و نگهداری راه. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- احمدی‌نژاد، م؛ افندی‌زاده، ش؛ آتش‌خیر، ا. (۱۳۹۰). ارزیابی مدل بهینه‌سازی تعمیر شبکه راه با هدف افزایش ایمنی راه در راه‌های برون‌شهری. فصل‌نامه علمی ترویجی مطالعات راهور، سال ۸، (۱۵).
- بروجردیان، م. (۱۳۸۸). مدل شناسایی قطعات تصادف‌خیز راه‌ها. طرح تحقیقاتی، دفتر تحقیقات کاربردی پلیس راهور، تهران، ایران.
- صفارزاده، م؛ شعبانی، ش؛ آذرمی، ا. (۱۳۸۶). مدل پیش‌بینی تصادفات در قوس‌های واقع در راه‌های دوخطه برون‌شهری. پژوهش‌نامه حمل‌ونقل، (۳).
- عامری، ع؛ ملکوتی، م. (۱۳۸۴). برهم‌کنش ویژگی‌های روسازی راه و حجم ترافیک بر روی نرخ تصادفات جاده‌های دوطرفه برون‌شهری. پژوهش‌نامه حمل‌ونقل.
- عرب، م؛ عباس‌زاده، ع؛ قدیرزاده، م. ر. (۱۳۸۶). بررسی میزان تصادفات رانندگی منجر به فوت در شهرستان بم طی سال‌های ۷۹ تا ۸۱. مجله دانشکده پرستاری و مامایی رازی کرمان، سال ۷.
- Berhanu, G. (2004). Models relating traffic safety with road environment and traffic flows on arterial roads in Addis Ababa. *Accident Analysis and Prevention*, 36(5), 697-704.
- Elvik, R. (2008). A survey of operational definitions of hazardous road locations in some European countries. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1830-1835.
- Elvik, R., Hye, A., Vaa, T., Srensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*, 2nd ed. Emerald Publishing, Bingley.
- Greibe, P. (2003). Accident Prediction Models for Urban, Roads. *Accident Prevention*, No.35.
- Herbert, R. (1956). *An empirical Bayes Approach to statistics*. Proceedings of the Berkelysymposium on mathematical statistics and probability and probability, 1, 03-15.
- Hirasawa, M., Asano, M. (2003). Development of traffic accident analysis system using GIS. In: *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4, 1193-1199.

- Hsu, A., Li-Chang, C. (2011). Using improved gray forecasting models to forecast the output of opto-electronics industry. *Expert Systems with Application*, 38, 13879-13885.
- Kayacan, E., Ulutas, B., Kaynak, O. (2010). Gray system theorybased models in time series prediction. *Expert Systems with Applications*, 37, 1784-1789.
- Liang, LY., Mo'some, DM., Hua, LT. (2005). Traffic accident application using geographic information system. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 3574-3589.
- Mccullagh, JM. (2006). *Detecting Hotspots in Time and Space*. ISG06, University of Nottingham.
- Panden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Hyder, AA., Jarawen, E. (2004). World report on road traffic injury prevention. *World Health Organization*.
- Peltola, H., Rajamaki, R., Luoma, J. (2013), A tool for safety evaluations of road improvements. *Accident Analysis and Prevention*, 60, 277-288.
- Ratcliffe, JH., Mccullagh, MJ. (1999). Hotbeds of crime and the search for spatial accuracy. *Journal of Geographical Systems*, 1(4), 385-398.
- Socio- Economic Planning Sciences. (2012). *Transportation in Disaster Response Operations*, 46, pp 23-32.
- World Health Organization. (2013). Road Safety is no Accident. *A Brochure for World Health Day*.
- Yamamoto, A. (2012). Climatology of the Traffic Accident in japan on the Expressway with Dense Fog and Accuse study. *Meteorological Research Institute*. 81.110-119.