

## ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات جاده‌های برون‌شهری

محمد رضا الیاسی<sup>۱</sup>، سید فرزین فائزی<sup>۲</sup>

از صفحه ۱۷۹ تا ۲۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۵

### چکیده

تصادفات جاده‌ای، یکی از مهم‌ترین دلایل مرگ‌ومیر در جهان و به‌ویژه در ایران است. سالانه تعداد زیادی در جهان در اثر تصادفات ناشی از خطای انسانی در جاده‌های برون‌شهری کشته و مجروح شده‌اند. با توجه به رشد روزافزون جمعیت و افزایش سوانح جاده‌ای در کشور، یافتن اثرگذارترین عوامل تصادفات می‌تواند زمینه‌ساز کاهش خسارات و تلفات ناشی از این تصادفات و مبنای مناسبی برای اعمال مدیریت حوادث جاده‌ها باشد. لذا هدف این پژوهش، شناسایی عوامل مؤثر در بروز تصادفات ناشی از خطای انسانی منجر به جرح یا فوت و همچنین ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات ناشی از تأثیر خطای انسانی در راه‌های برون‌شهری استان همدان طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ است. برای جمع‌آوری اطلاعات، از داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از فرم کام‌کروکی‌های تصادفات بهره‌گیری شده است. از بین ۱۳۴۵ تصادف ثبت‌شده در منطقه مورد مطالعه، تعداد ۹۴۰ تصادف در قطعات حادثه‌خیز انتخاب شدند که از بین آن تعداد، ۶۱۰ تصادف ناشی از بی‌احتیاطی در ۹۷ قطعه جهت استفاده در مدل انتخاب شدند. در فرایند مدل‌سازی از اطلاعات تصادفات، ترافیک و هندسه قطعات حادثه‌خیز محورهای مورد مطالعه استفاده شد که اطلاعات هندسی قطعات حادثه‌خیز شناسایی شده، به‌صورت میدانی و با استفاده از جی‌پی‌اس دو فرکانسه جمع‌آوری گردید. یافته‌های پژوهش نشان داد که بهترین مدل از نظر پیش‌بینی تصادفات و قابلیت ارائه فرمول، مدل پواسون است. پنج عامل در این مدل مؤثر بودند که عامل شاخص نزدیکی به مراکز جمعیتی، با ضریب ۱/۱۳۰۸۱ بیشترین تأثیر در تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی را داشته است و عواملی از قبیل ترکیب شیب و انحنای ترافیک ساعت تصادف، طول قطعه‌بندی و شیب در مراتب بعدی قرار دارند. نتایج این پژوهش می‌تواند مبنای مناسبی برای اعمال مدیریت حوادث ناشی از خطای انسانی باشد. همچنین عوامل مؤثر بر تصادفات، به‌عنوان ابزاری مناسب در سطح میانی مدیریت ایمنی راه کاربرد خواهد داشت.

**کلیدواژه‌ها:** بی‌احتیاطی، تصادف، ایمنی، هندسه راه، رگرسیون پواسون

۱. استادیار، گروه علمی عمران، دانشگاه ملایر، (نویسنده مسئول)، Elyasi.mr@gmail.com

۲. استادیار، گروه عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، Farzin\_faezi@yahoo.com

## مقدمه

تصادفات جاده‌ای، یکی از مهم‌ترین دلایل مرگ‌ومیر در جهان و به‌ویژه در ایران است. سالانه تعداد زیادی در جهان در اثر تصادفات جاده‌ای کشته و مجروح شده‌اند (سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). در ایالات متحده، تصادفات ترافیکی سبب از دست‌رفتن جان بیش از ۴۰ هزار نفر در سال می‌گردد. سازمان بهداشت جهانی پیش‌بینی می‌کند تا سال ۲۰۳۰ میلادی، مجروحیت ناشی از تصادفات رانندگی یکی از پنج عامل فقدان سلامت باشد (چن و مایلز<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴). طبق آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۲ میلادی توسط سازمان بهداشت جهانی در خصوص وضعیت کشورهای مختلف جهان (برحسب شاخص تعداد کشته‌ها به ازای ده هزار نفر جمعیت)، کشور ایران با تعداد ۴۳/۸ کشته در هر ۱۰۰ هزار نفر، جزو کشورهای منطقه قرمز خطرناک در رانندگی جاده‌ای است و رتبه پنجم دنیا را در اختیار دارد (پروانه<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۸).

بر اساس مطالعات اقتصادی صورت‌گرفته و بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۸۶، میزان هزینه مستقیم و غیرمستقیم ناشی از تصادفات رانندگی، سالانه ۱۸۰ هزار میلیارد ریال است که این میزان در سال ۱۳۸۶ حدود ۶/۲۳ درصد از تولید ناخالص داخلی کشور را شامل می‌شده است و با توجه به نرخ رشد ۶/۷ درصدی تولید ناخالص داخلی کشور در همان سال می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هزینه تصادفات رانندگی، رشد تولید ناخالص داخلی را از بین برده است (پورمعلم و قربانی، ۱۳۹۰). از سوی دیگر، در ابعاد بهداشتی و اجتماعی، بر اساس آمار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، حوادث رانندگی دومین عامل فوت و اولین عامل عمر از دست‌رفته در ایران محسوب می‌شود. بررسی آمار متوفیان و مصدومان ناشی از تصادفات رانندگی در کشور

1. World Healthy Organization (WHO)

2. Chen, Miles

3. Parvareh

نشانگر این است که هر سال در حدود ۰/۴ درصد از جمعیت کشور در تصادفات رانندگی کشته یا مجروح می‌شوند (قربانی و نوری امیری، ۱۳۹۴). این تعداد کشته و مجروح بیش از ۳۰ درصد از تخت‌های بیمارستانی را اشغال می‌کنند که هزینه زیادی را به بخش بهداشت و سلامت تحمیل می‌کند. مقایسه این تعداد کشته و مجروح با آمار شهدای جنگ تحمیلی و زلزله‌زدگان بم در سال ۱۳۸۲ قابل تأمل است. همچنین بر اساس پیش‌بینی سازمان بهداشت جهانی، بیش از ۲۵ درصد بودجه سلامت کشورهای در حال توسعه صرف قربانیان و مجروحان حوادث رانندگی می‌شود (قدیرزاده و همکاران، ۱۳۹۱).

از طرفی، قابل توجه بودن تعداد تصادفات، توجه جهانی را به حساسیت این مسئله معطوف داشته و سال‌های متمادی است که کشورهای توسعه‌یافته در پی تدوین برنامه‌های جامع ایمنی و تدوین راهبردهای مؤثر کاهش تصادفات و تلفات ناشی از آن هستند. تدوین چنین برنامه‌هایی در گام اول، مستلزم شناخت عوامل مؤثر بر تصادفات و دوم، پیش‌بینی مدل مناسب است (شاهی، احمدی‌نژاد و شیخ‌الاسلامی، ۱۳۸۶). به همین دلیل، فعالیت گسترده‌ای در زمینه مدل‌سازی تصادفات طی سال‌های اخیر در کشورهای توسعه‌یافته صورت گرفته و دستاوردهای مهمی به‌دنبال داشته است. به این ترتیب این پژوهش می‌تواند مبنای مناسبی برای اعمال مدیریت حوادث ناشی از خطای انسانی باشد. همچنین یافتن عوامل مؤثر بر تصادفات به‌عنوان ابزاری مناسب در سطح میانی مدیریت ایمنی راه، کاربرد خواهد داشت. لذا هدف اصلی این پژوهش، شناسایی عوامل مؤثر بر تصادفات و سپس مدل‌سازی تصادفات جاده‌ای ناشی از بی‌احتیاطی در شبکه راه‌های برون‌شهری استان همدان می‌باشد که با روش رگرسیون پواسون پردازش شده است. این مطالعه به‌دنبال پاسخ به این سؤال اساسی است که چه عواملی در بروز تصادفات ناشی از خطای انسانی منجر به جرح یا فوت مؤثر است؟ همچنین مدل پیش‌بینی تصادفات ناشی از تأثیر خطای انسانی در راه‌های

برون‌شهری استان همدان طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ چگونه است؟

## پیشینه و مبانی نظری

بر اساس پژوهش‌های گذشته، عوامل مؤثری در بروز حوادث دخیل هستند که در چهار عنوان کلی به راه، محیط، وسیله نقلیه و عامل انسانی تقسیم می‌شوند که هرکدام از این عوامل هم زیربخش‌های گوناگونی را در بر می‌گیرند. با توجه به نقش بسیار مهم انسان در تصادف‌های رانندگی، بیشتر پژوهش‌ها و برنامه‌ریزی‌ها، امروزه در ارتباط با انسان است (شعبانی و ارجرودی، ۱۳۸۶؛ صاحبی و همکاران، ۱۳۹۴). امروزه در اکثر مطالعاتی که در این زمینه صورت می‌گیرد، از انسان به‌عنوان مهم‌ترین عامل در بروز این‌گونه حوادث نام می‌برند. بسیاری از مشکلات مربوط به حمل‌ونقل و ترافیک در کشور ما ناشی از رفتار استفاده‌کنندگان است که علت اصلی آن، عدم آگاهی لازم، نداشتن آموزش کافی و بی‌توجهی به وجدان اجتماعی نسبت به حقوق سایر استفاده‌کنندگان می‌باشد (کریمی، کاشی، پراتیکو، ۲۰۱۸).

بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، عوامل انسانی بیشترین تأثیر را بر وقوع تصادفات دارند. یکی از دلایل اصلی در بروز خستگی رانندگان، عدم رعایت سقف زمانی مجاز رانندگی است؛ زیرا با افزایش زمان رانندگی، بدون شک زمان عکس‌العمل فرد در قبال حوادث احتمالی افزایش و هوشیاری و قدرت پردازش وی کاهش می‌یابد (مک‌گینیس، دیویس، حدوی، ۲۰۰۱). متأسفانه این مورد در جاده‌های کشورمان در اکثر موارد به واقعیت پیوسته است و همواره شاهد از بین رفتن هم‌وطنان عزیز در سطح جاده‌های کشور هستیم. البته گفتنی است که این موضوع فقط مختص به کشور ما نیست و این معضل در سراسر جهان وجود دارد. طبق آخرین پژوهش‌های انجام‌شده، خستگی راننده عامل اصلی ۲۵ درصد تصادفات و به‌طور خاص ۶۰ درصد تصادفات

جاده‌ای منجر به مرگ و آسیب‌های جدی است (ویریا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس مطالعات سالانه وزارت حمل و نقل بریتانیا، خطای انسانی دارای بیشترین فراوانی و شامل ۷۳ درصد از تصادفات گزارش شده توسط پلیس می‌باشد. عواملی همچون بی مهارتی، ناآشنایی با مسیر و بی‌مبالاتی، دارای بیشترین درصد فراوانی می‌باشند (دی تی جی بی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴).

تابه حال مطالعات زیادی (به‌ویژه مطالعات توصیفی) درمورد علل تصادفات ناشی از عوامل انسانی و پیش‌بینی مدل در جاده‌های برون‌شهری در ایران انجام نشده است. در پژوهشی به ارزیابی مدل پیش‌بینی تصادفات عابر پیاده ناشی از تأثیر موانع دید جانبی اطراف راه پرداخته شده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به تأیید فرضیات پژوهش بین ارزیابی مدل پیش‌بینی تصادفات عابر پیاده ناشی از تأثیر موانع دید جانبی راه شامل پیچ، موانع دید ثابت و متحرک، رفوژ میانی و... رابطه معناداری وجود دارد که باعث کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در تصادفات عابران پیاده می‌شود (کرمی، تن‌زاده و سادات‌حسینی، ۱۳۹۶).

در پژوهشی به ارائه مدل پیش‌بینی شدت تصادفات وسایل نقلیه با استفاده از داده‌های تصادفات پرداخته شده است. در این پژوهش با به‌کارگیری مدل چندجمله‌ای لوجیت از مجموعه مدل‌های انتخاب برای ارائه مدل پیش‌بینی شدت تصادفات بهره‌گرفته شده است. همچنین با استفاده از مدل پیش‌بینی دوتایی از مجموعه الگوریتم‌های داده‌کاوی استفاده گردید. نتایج نشان داد که بهترین مدل از نظر درصد درست پیش‌بینی و قابلیت ارائه فرمول پیش‌بینی برای هر سطح، مدل MNL بوده است (باباگلی و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهشی نیز به بررسی عوامل مؤثر بر ایمنی تقاطع‌های هم‌سطح شهری و ارزیابی آن‌ها پرداخته شده است و این پژوهش

سعی در ارائه مدلی آماری برای پیش‌بینی تعداد تصادفات و ارائه راهکارهایی برای بهبود ایمنی تقاطع‌ها دارد. در روش پژوهش، تقاطع‌های منتخب شهر تهران از نظر تصادف‌خیزی با روش‌های مختلف باهم مقایسه شده و تصادف‌خیزترین آن‌ها نیز بررسی شدند. سپس متغیرهای مؤثر در تصادفات با توجه به آمارهای قابل‌دسترسی جهت استفاده در مدل، گزینش و نواقص آمارها نیز با روش‌های میدانی برطرف شد. با توجه به عدم برابری میانگین داده‌ها با واریانس داده‌ها در دو جمله‌ای منفی و ضریب همبستگی بهتر و جواب منطقی‌تر نسبت به مدل خطی و پواسون، بهتر است از مدل دو جمله‌ای منفی استفاده شود (قبادی، حسن‌زاده و زراعت‌پیما، ۱۳۹۵).

صارمی و رضاپور (۱۳۹۰) دریافتند آن دسته از علایم و تابلوهایی که از اصول استاندارد برخوردار بوده‌اند نسبت به آن دسته از علایمی که از این ویژگی محروم بوده‌اند، بهتر توسط رانندگان درک و فهمیده می‌شوند؛ لذا پژوهش و بررسی در این زمینه و به‌کاربردن استانداردهای تعیین‌شده می‌تواند در کار این علایم راهنمایی و رانندگی در ایمنی راه‌ها مؤثر بوده و سهم بسزایی در کاهش ترافیک و تصادفات داشته است.

صفازاده، آذرمی و شعبانی (۱۳۸۶) در پژوهش‌هایی که اولین بررسی‌ها درباره تصادفات قوس‌ها در ایران هستند، با جمع‌آوری اطلاعات از طریق سیستم‌های مربوط و برداشت‌های میدانی از راه‌های نمونه استان خراسان رضوی، مدل پیش‌بینی تصادفات در قوس برای راه‌های دوخطه برون‌شهری بر اساس متغیرهای تأثیرگذار را ارائه کرده‌اند. در این خصوص، از روش‌های مدل‌سازی مرسوم از جمله رگرسیون خطی عمومی و لگاریتمی و همچنین رگرسیون غیرخطی استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که نرخ تصادفات تقریباً به‌صورت غیرخطی با افزایش درجه قوس (که با شعاع قوس نسبت عکس دارد) افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که با افزایش درجه قوس از ۰ درجه (مسیر مستقیم) تا حدود ۰/۶ درجه (قوس با شعاع ۱۰۰۰

متر)، تعداد تصادفات کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین رابطه عرض خط با تعداد تصادفات قوس‌ها به صورت خطی است؛ به طوری که با افزایش عرض خط در قوس‌ها، تعداد تصادفات کاهش می‌یابد.

در پژوهشی نشان داده شد که حجم ترافیک عبوری، یکی از عوامل مؤثر در وقوع و بروز تصادفات رانندگی است (فرانزکاکیس و ایدانیس<sup>۱</sup>، ۱۹۸۷). تأثیر حجم ترافیک در احتمال وقوع تصادف، در قطعات راهی با ظرفیت و شرایط عملکردی متفاوت، یکسان نیست؛ لذا حجم ترافیک عبوری به تنهایی شاخصی مناسب برای سنجش تأثیر ترافیک در تصادفات نخواهد بود (حال و هورتادو<sup>۲</sup>، ۱۹۹۲). برای حل این مشکل می‌توان از نرخ ترافیک (زو و سیسیپیکو<sup>۳</sup>، ۱۹۹۷)، نرخ تصادفات (تعداد تصادفات نسبت به حجم ترافیک عبوری، چین و کوداس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳؛ مارتین<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲)، نرخ وسایل نقلیه سنگین (نسبت وسایل نقلیه سنگین به کل وسایل نقلیه، هانگ چین و هاکیو<sup>۶</sup>، ۲۰۰۸؛ گست، بوگس و دوک<sup>۷</sup>، ۲۰۱۴) استفاده کرد. پژوهشگران به بررسی تأثیر خصوصیات جاده به نرخ تصادف و پیش بینی تصادف با استفاده از این پارامترها پرداختند. نتایج نشان داد که تأثیر مشخصات جاده بر نرخ تصادف از اهمیت نسبی بالایی برخوردار است (کارلافتیس و گالیاس<sup>۸</sup>، ۲۰۰۲).

هاور<sup>۹</sup> (۲۰۱۳) به این نتیجه رسید که شیب به سمت پایین باعث افزایش نرخ تصادفات می‌شود؛ هرچند در بعضی مطالعات نتیجه معکوس بوده است. همچنین اگر بعد از یک قوس به سمت راست یک سربالایی وجود داشته باشد، تعداد تصادفات

1. Frantzeskakis and Ioŕdanis
2. Hall and Hurtado
3. Zhou and Sisiopiku
4. Chin and Quddus
5. Martin
6. Huang Chin, Haque
7. Guest, Boggess & Duke
8. Karlaftis and Golias
9. Hauer

افزایش می‌یابد که یکی از دلایل آن می‌تواند محدودیت دید باشد. به علاوه وقتی بعد از یک قوس به سمت چپ، سرپایینی داشته باشیم احتمال خروج ماشین از جاده زیاد می‌شود.

از عوامل مؤثر بر تصادفات می‌توان به هندسه و طراحی راه اشاره کرد. پارامترهایی مانند طول قوس، شعاع دید، شیب طولی و شیب عرضی از جمله عوامل مؤثر بر نرخ تصادفات هستند. اتمان، توماس و لنر<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) با بررسی داده‌های تصادفات و مشخصات هندسی راه به بررسی عوامل مؤثر جاده‌ای بر نرخ تصادفات پرداختند. بیش از ۳۰۰۰ تصادف گزارش شده در بزرگراه‌های سوئد جمع‌آوری و با اطلاعات هندسی و شرایط سطح جاده‌ها ترکیب شدند. تحلیل‌های آماری نشان‌دهنده تغییر در نرخ تصادف در اثر تغییر در مشخصات جاده بودند که این موضوع، تأثیر خصوصیات جاده بر نرخ تصادف را آشکار می‌کند. تأثیر انحنای مسیر روی نرخ تصادفات نشان داد که قوس‌های با شعاع بزرگ گردش به‌راست از قوس‌های گردش به‌چپ، به خصوص در هنگام تغییر خط، خطرناک‌تر هستند؛ اما قوس‌های تند در هر دو حالت، خطرناک‌تر از سایر قوس‌ها هستند.

کیندلبرگر و ایگن<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) به تحلیل تصادفات واژگونی خودروهای SUV از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۱ میلادی پرداختند. در این پژوهش مشخص شد که گروه سنی ۱۶ تا ۲۴ سال، بیشترین نرخ واژگونی را در خودروهای SUV دارند. احتمال این‌گونه تصادف برای مردان بیشتر از زنان است. همچنین احتمال این واژگونی در ماشین‌های فرسوده بیشتر است.

یکی از عوامل مهم در انتخاب متغیرها، هدف مدل‌سازی است؛ برای مثال اگر هدف از ساخت مدل، تدوین اقدامات اصلاحی ایمنی در سطح کلان باشد، باید از

1. Othman, Thomson & Lannér

2. Kindelberger & Eigen



متغیرهایی در مدل استفاده کرد که نسبت به مهندسی یا سیاست‌گذاری حساس باشند. از سوی دیگر، اگر هدف از ساخت مدل صرفاً پیش‌بینی تعداد تصادفات در آینده باشد، متغیرهای جمعیتی و اقتصادی - اجتماعی مناسب‌تر خواهند بود (حکیم و شفر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱).

مطالعه حاضر از سه نظر با مطالعات قبلی متفاوت است که به‌نوبه خود نوآوری پژوهش حاضر می‌باشد. در مطالعات قبلی، تصادفات در قوس‌ها و تقاطع‌ها بررسی شده، ولی در راه‌ای برون‌شهری پژوهشی انجام نشده است. در روش پژوهش حاضر، از روش قطعه‌بندی پویا استفاده شده، ولی در مطالعات مشابه دیگر (مانند مدل شدت تصادفات)، از روش قطعه‌بندی استاتیکی و ایستا بهره گرفته شده است. همچنین در این پژوهش از ترافیک ساعت تصادف استفاده شده، ولی در مطالعات مشابه دیگر از AADT استفاده شده است. مشابهت پژوهش حاضر با مطالعات دیگر در استفاده از مدل پواسون برای پیش‌بینی مدل است. دو مدل رگرسیون و پواسون، بهترین روش برای مدل‌سازی می‌باشند.

## روش پژوهش

روش این پژوهش، توصیفی - میدانی است و به لحاظ زمانی، این مطالعه مقطعی بود که در سال ۱۳۹۸ روی داده‌های مرگ‌ومیر ناشی از حوادث ترافیکی ایران طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ صورت گرفت. بدین منظور کلیه مرگ‌های رخ داده در اثر حوادث ترافیکی طی سال‌های مذکور به‌صورت سرشماری، وارد مطالعه شدند. جامعه آماری این پژوهش، اطلاعات تصادفات، ترافیک و هندسه ۹۴۵ کیلومتر از شبکه راه‌های استان همدان در چهار محور همدان - ملایر، همدان - اسدآباد، همدان - ساوه و همدان - کبودرآهنگ در یک دوره زمانی از سال ۹۱ تا ۹۶ است. مسیرهای

رفت و برگشت هریک از چهار محور مورد مطالعه با استفاده روش قطعه‌بندی پویا با استفاده از شباهت الگوی رفتاری قطعه‌بندی شد. لازم به ذکر است که به توصیه سازمان جهانی راه<sup>۱</sup>، قطعات با تعداد تصادفات بیش از دو برابر میانگین تصادفات جامعه مرجع به‌عنوان قطعات حادثه‌خیز شناسایی می‌شوند. در این مطالعه به سبب بررسی تصادفات جرحی و فوتی (تصادفات شدید) و عدم ثبت تصادفات خسارتی، قطعاتی که تعداد تصادفات آن بیش از میانگین تصادفات جامعه مرجع بودند، به‌عنوان قطعات حادثه‌خیز شناسایی شدند. منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. محدوده منطقه مورد مطالعه

در فرایند مدل‌سازی از اطلاعات تصادفات، ترافیک و هندسه قطعات حادثه‌خیز محورهای مورد مطالعه استفاده شد که اطلاعات هندسی قطعات حادثه‌خیز شناسایی شده، به‌صورت میدانی و با استفاده از جی‌پی‌اس دو فرکانسه جمع‌آوری گردید. اطلاعات ترافیک از سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای در بازه‌های زمانی مشخص دریافت شد. شاخص‌های مورداستفاده در مدل به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱. شاخص‌های مورد استفاده در مدل

متغیرهای اصلی	متغیرهای مستقل	شاخص استفاده شده در مدل	تشریح
طرح هندسی	قطعه‌بندی	Segmentation	طول قطعه حادثه‌خیز
	انحنای قوس افقی	Curvature condition	$CCR_{sec} = \frac{\sum_{i=1}^n  Y_i }{L}$ , $curv = \frac{\sum_{i=1}^n CCR_n}{L}$
	شیب طولی منفی	Grade-	شیب سرپایینی
	شیب طولی مثبت	Grade+	شیب سربالایی
	قدرمطلق شیب طولی	Grade condition	$ Grade\ max  = \max( Grade+ ,  Grade- )$
	نزدیکی به مراکز جمعیتی	DCI	
حجم ترافیک	حجم کلی تردد ترافیک	ADT	متوسط حجم ترافیک روزانه
			میانگین تردد وسایل نقلیه در ساعت تصادف

به‌طور کلی، تصادف در رانندگی با توجه به علت وقوع تصادفات و از نظر حقوقی به چهار دسته بی‌احتیاطی، بی‌مبالاتی، عدم رعایت قانون و عدم مهارت راننده مقصر تقسیم می‌گردد که قانون، مرتکب را مستوجب مجازات دانسته است (کاتوزیان، ۱۳۹۷؛ جعفری لنگرودی، ۱۳۹۳). همچنین در قانون مجازات اسلامی مصوب ۱۳۷۰ در ماده ۷۱۴ برای هریک از عوامل فوق مجازات مشخصی تعیین شده است (ترحمی، ۱۳۹۴). در این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر در تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی پرداخته خواهد شد. بی‌احتیاطی، عملی است با واسطه و بدون تصمیم‌گیری قبلی و ناشی از غفلت می‌باشد و معمولاً خطایی است که یک فرد محتاط، آن را انجام نمی‌دهد. تصادفاتی که در فرم‌های کام ۱۱۴ پلیس در زمان بررسی تصادف، با علل انحراف به چپ، انحراف به راست، عدم توجه به جلو، عدم رعایت فاصله طولی، عدم رعایت فاصله عرضی، عدم توانایی در کنترل وسیله و تخطی از سرعت مطمئنه درج می‌شود، در تقسیم‌بندی حقوقی تصادفات به‌عنوان

تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی لحاظ می‌گردد (کاتوزیان، ۱۳۹۷؛ جعفری لنگرودی، ۱۳۹۳).

از بین ۱۳۴۵ تصادف ثبت‌شده در منطقه مورد مطالعه، تعداد ۹۴۰ تصادف در قطعات حادثه‌خیز انتخاب شدند که از بین آن‌ها، تعداد ۶۱۰ تصادف ناشی از بی‌احتیاطی در ۹۷ قطعه جهت استفاده در مدل انتخاب شدند. دلیل انتخاب روش پواسون، تناسب توزیع داده‌ها نسبت به آن می‌باشد. بررسی تناسب داده‌ها با توزیع داده‌های مختلف بر اساس دو آزمون کولموگروف اسمیرنوف و اندرسون دارلینگ در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲. تناسب داده‌های مورد استفاده در پژوهش

اندرسون دارلینگ		آزمون کولموگروف اسمیرنوف		توزیع آماری
اولویت	آماره	اولویت	آماره	
۱	۲/۴۵	۱	۰/۲۷۹۳۳	Poisson
۲	۶/۶۷	۳	۰/۳۴۰۱	Neg. Binomial
۳	۶/۷۲	۲	۰/۲۸۷۵	D. Uniform
۴	۱۲/۱۴	۴	۰/۳۸۹۱	Geometric
۵	۱۴/۱۰	۵	۰/۵۲۱۱	Logarithmic
--	--	--	No fit	Bernoulli
--	--	--	No fit	Binomial
--	--	--	No fit	Hyper geometric

در بررسی جدول ۲ با دو روش، نوع توزیع داده‌ها بررسی شده است که مشاهده می‌شود در هر دو آماره مورد سنجش، روش پواسون دارای اولویت بالاتری نسبت به سایر توزیعات می‌باشد. لذا در این پژوهش، مدل‌سازی تصادفات جاده‌ای ناشی از بی‌احتیاطی با استفاده از روش پواسون انجام شده است. رگرسیون پواسون<sup>۱</sup>، نوعی از تحلیل رگرسیون و زیرمجموعه‌ای از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته است که برای تحلیل داده‌های حاصل از شمارش به کار می‌رود. در آمار، رگرسیون پواسون

1. Poisson Regression

به‌خصوص در مدل‌های خطی و جدول‌های توافقی به کار گرفته می‌شود تا به‌واسطه آن، مدل ارتباطی بین متغیرهای پیش‌گو و متغیر پاسخ تعیین شود. در این حالت، امید ریاضی لگاریتم متغیر پاسخ ( $Y$ ) به‌وسیله یک رابطه خطی با متغیرهای پیش‌گو مرتبط می‌شود. پارامترهای این مدل خطی به کمک محاسبات روی مقادیر مشاهده‌شده به دست می‌آید. مقدار متغیر پاسخ در اینجا از فرایند پواسون گرفته شده است. اگر  $x \in \mathbb{R}^n$  برداری از متغیر وابسته و مستقل باشد، رابطه ۱ به دست می‌آید.

(۱)

$$\log(E(Y|\mathbf{x})) = \mathbf{a}'\mathbf{x} + b$$

که در آن،  $a \in \mathbb{R}^n$  و  $b \in \mathbb{R}$  و می‌توان رابطه ۱ را به‌صورت رابطه ۲ نوشت:

(۲)

$$\log(E(Y|\mathbf{x})) = \boldsymbol{\theta}'\mathbf{x}$$

که در آن،  $x$  بردار  $(n+1)$  بعدی از متغیرها است. با داشتن پارامتر رگرسیون پواسون  $\Theta$  و بردار ورودی  $x$  می‌توان پیش‌بینی را به‌صورت رابطه ۳ به دست آورد:

(۳)

$$E(Y|\mathbf{x}) = e^{\boldsymbol{\theta}'\mathbf{x}}$$

بردار متغیر وابسته  $x$  و  $\Theta$  پارامتر مدل رگرسیون پواسون است؛  $Y$  نیز متغیر مستقل است.

## یافته‌ها

در این بخش از روی آمار گردآوری‌شده از متغیرهای مستقل با استفاده از رگرسیون پواسون تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی در کریدورهای مورد مطالعه مدل‌سازی شد تا مشخص شود که چه متغیرهایی نقش مؤثری در رخداد این نوع از تصادفات ایفا

می‌کنند و چه متغیرهایی تأثیر چندانی در رخداد آن‌ها ندارند. سپس با ارزیابی برازش کلی مدل، کارایی و کفایت آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا به بررسی آمار توصیفی شاخص‌های مورد استفاده در مدل اولیه پرداخته می‌شود. در جدول ۳، خصوصیات از آمار توصیفی شاخص‌ها ارائه شده است.

جدول ۳. آمار توصیفی شاخص‌های مورد استفاده

شاخص‌ها	تعداد	حداقل	حداکثر	متوسط	انحراف معیار	متوسط انحراف معیار	علامه اختصاری
نزدیکی به مراکز جمعیتی	۹۷	۰/۳۵	۰/۸۵	۰/۷۹	۰/۱	۰/۰۳	DCI
طول قطعه‌بندی	۹۷	۱	۶	۱/۸۳	۱/۲۴	۰/۱۳	Segment
شیب طولی	۹۷	۰/۰۱	۶/۲۷	۱/۱۳	۱/۳۳	۰/۱۸	IGrademaxl
انحنای قوس	۹۷	۰	۶۴۵۵	۲۱۲/۱۱	۱۷۳/۵۲	۸۳/۳۸	curvature
حجم تردد روزانه	۹۷	۲۸۷۷/۱۷	۱۷۴۱۸/۵۲	۶۸۴۱/۹۳	۳۹۴۲/۷۱	۴۲۸/۸۷	Daily Traffic (ADT)
حجم تردد ساعتی	۹۷	۸۶/۰۵	۸۹۸/۳۳	۳۴۱/۲۱	۲۱۳/۰۹	۲۳/۱۵	Hour Traffic
حجم ساعتی تردد وسایل نقلیه سنگین	۹۷	۲۶/۲۳	۱۴۷/۳۳	۶۵/۲۴	۳۱/۵۲	۳/۱۹	HV Hour
حجم روزانه تردد وسایل نقلیه سنگین	۹۷	۴۰۲/۴۳	۳۱۲۳/۴۷	۱۵۲۲/۹۵	۵۷۶/۴۳	۶۳/۲۱	HV Daily

مدل برآورد تأثیر عوامل مؤثر در تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی بزرگراه‌های برون‌شهری منطقه مورد مطالعه بر اساس روش رگرسیون پواسون انجام شد که با استفاده از متغیرهای مستقل ارائه‌شده مورد بررسی قرار گرفت. در مدل‌های ساخته‌شده پس از سعی و خطای فراوان، مدل پژوهش به صورت جدول ۴ ارائه شد. ملاحظه می‌شود در بین عوامل ترافیکی فقط حجم تردد ساعتی، و در بین عوامل طرح هندسی، نزدیکی به مراکز جمعیتی، شیب، شیب و انحنای و طول قطعه‌بندی مؤثر شناخته شده‌اند.

**جدول ۴. مدل برآورد تأثیر عوامل مؤثر در تصادفات بزرگراه‌های برون‌شهری استان همدان**

متغیرها	standardize coefficients	Std. Err.	t value	Sig.	95% Conf.]	[Interval	علایم اختصاری
حجم تردد ساعتی	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۲۴	۲/۶۳	۰/۰۰۸ .	-۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۱۲۶	Hour Traffic
نزدیکی به مراکز جمعیتی	۱/۱۳۰۸۱	۰/۵۳۸۴۸	۲/۱	۰/۰۳۲ .	-۰/۱۴۴۰۷	۲/۳۸۳۰۰۱	DCI
شیب طولی	-۰/۱۲۰۳۸-	۰/۰۵۲۹۳	-۲/۲۷	۰/۰۲۳ .	-۰/۲۴۱۸۱	-۰/۰۰۰۵۴	Grade
شیب و انحنا	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۰۲	۲/۳۶	۰/۰۱۸ .	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۱۰۲۷	Grade Curvature
طول قطعه‌بندی	۰/۲۳۴۰۴	۰/۰۳۶۱۴	۶/۴۸	۰/۰۰۰ ۱	۰/۱۳۳۳۲۵	۰/۳۲۰۳۱۱	Segment
ضریب ثابت	۰/۳۳۹۰۶	۰/۵۷۴۰۵۱	۰/۷	۰/۴۸۱ .	-۰/۷۴۴۵۴	۱/۵۰۵۷۰۱	cons

**اعتبارسنجی مدل‌ها:** برای بررسی و صحت‌سنجی مدل محصول، آزمون‌هایی جهت مشاهده و صحت مدل انجام شد که ابتدا آزمون کیفیت برازش و سپس برازش مدل با استفاده از داده‌های وابسته و مستقل از مدل انجام شد.

**کیفیت برازش:** جدول ۵، توانایی مدل حاصل در توصیف متغیرهای مشاهده‌شده بر اساس نتایج آزمون‌های کیفیت برازش را نشان می‌دهد و برای استخراج نتایج ملزم به بررسی می‌باشد. خطای استاندارد مدل، تحلیل باقی‌مانده‌ها و هم‌خوانی برآورد مدل از متغیر وابسته با مقادیر مشاهده‌شده، روش‌هایی برای ارزیابی اعتبار مدل می‌باشند. در جدول ۵، مدل محصول مورد ارزیابی کیفیت برازش قرار گرفت.

جدول ۵. کیفیت برازش مدل پواسون در پیش‌بینی تصادفات (نمونه مورد مطالعه)

۹۷	تعداد مشاهدات
۶	تعداد متغیرهای مدل
۹۱	درجه آزادی
۰/۷۹۶	نسبت دویانس به درجه آزادی
۱/۰۰۵	نسبت پیرسن به درجه آزادی
۰/۷۵۷	ضریب آکایک
۲۴۴/۸-	Log likelihood
۲۸۶/۰۸-	BIC

در مدل پواسون موردبررسی، هرچه نسبت دویانس یا پیرسن به درجه آزادی نزدیک به یک باشد (در محدوده ۰/۸ تا ۱/۲ نیز قابل قبول است)، عدد مربوط به این شاخص ارزیابی، نشان از برازش خوب مدل دارد. همچنین آماره (مقادیر مطلوب این آماره در مدل پواسون، مقادیر نزدیک به صفر می‌باشد) نیز مقدار مطلوبی دارد. در جدول ۵ مشاهده می‌شود که متغیرهای مستقل در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد معنادار می‌باشند و همچنین مقدار Sig دارای مقدار کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل ارائه‌شده دارای برازش خوبی است و توانایی تبیین متغیرهای مشاهده‌پذیر خود را دارد.

علاوه بر آزمون‌های مربوط به مدل پواسون، یکی از روش‌های مرسوم در ارزیابی مدل‌های ایجادشده برای تصادفات، مقایسه بین خروجی مدل و مقادیر مشاهده‌شده می‌باشد. به‌طور معمول این مقایسه در دو مرحله، یک‌بار با استفاده از داده‌های مورد استفاده در مرحله مدل‌سازی و بار دیگر با استفاده از یک‌سری داده مستقل که در فرایند مدل‌سازی به کار گرفته نشده است، انجام می‌شود. نتایج مقایسه مرحله اول نشان‌دهنده کیفیت برازش مدل به داده‌های مورد استفاده در مدل‌سازی است؛ در حالی که نتایج مقایسه مرحله دوم نشان‌دهنده تعمیم‌پذیری نتایج مدل خواهد بود.

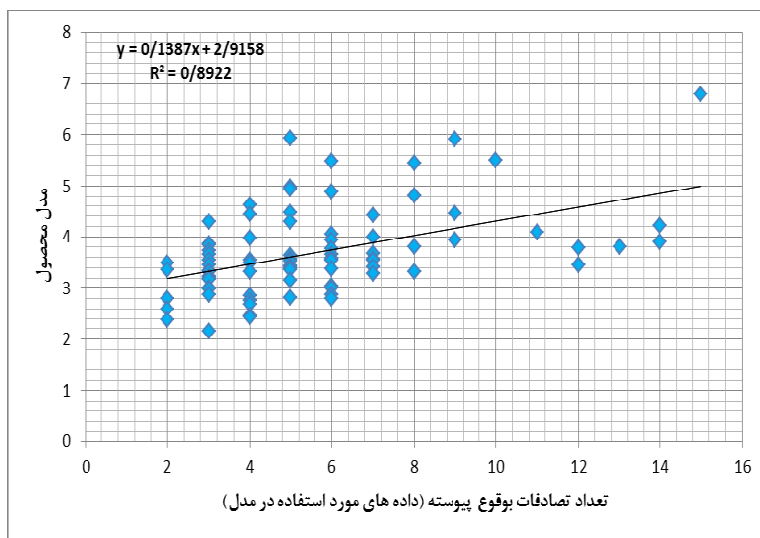


مقایسه نتایج بر اساس مدل دوجمله‌ای منفی: مقایسه ضرایب تأثیر عوامل مؤثر در تصادفات در مدل به دست آمده از روش رگرسیون پواسون با مدل حاصل از روش رگرسیون دوجمله‌ای منفی مطابق که بر اساس آمار سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ به دست آمده است (جدول ۶)، نشان می‌دهد که تغییر روش مدل‌سازی رگرسیونی تأثیری در حذف یک عامل مؤثر و یا اضافه شدن عامل جدید نداشته و میزان عوامل نیز تغییر چندانی نخواهد داشت.

جدول ۶. مدل برآورد تأثیر عوامل مؤثر در تصادفات بزرگراه‌های برون‌شهری استان همدان

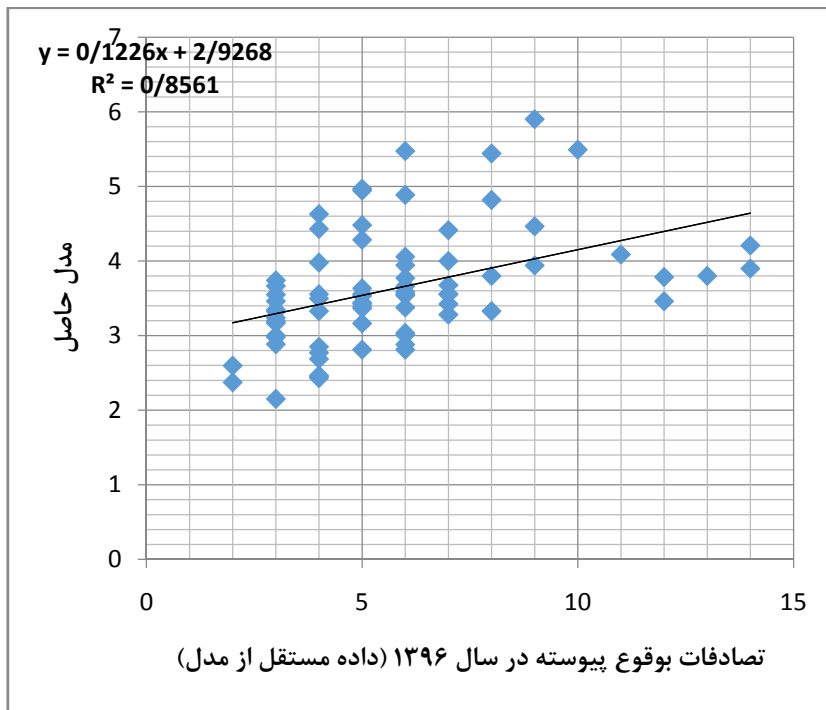
علائم اختصاری	[Interval	95% Conf.	Sig.	t value	Std. Err.	standardize coefficients
Hour Traffic	۰/۰۰۱۱۲۶	-۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۴۱	۱/۹۸	۰/۰۰۰۲۸۸	۰/۰۰۰۵۶۱
DCI	۲/۳۸۳۰۰۱	-۰/۱۴۴۰۷	۰/۰۳۲	۲/۷۴	۰/۶۴۴۷۴	۱/۱۱۹۴۶۳
Grade	-۰/۰۰۰۰۵۴	-۰/۲۴۱۸۱	۰/۰۴۹	-۱/۹۹	۰/۰۶۱۵۴۸	۰/۱۲۱۱۷۴۶-
Grade Curvature	۰/۰۰۱۰۲۷	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۴۷	۱/۹۸	۰/۰۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۵۱۶۵
Segment	۰/۳۲۰۳۱۱	۰/۱۳۳۳۲۵	۰/۰۰۱	۴/۷۵	۰/۴۷۷۰۲	۰/۲۲۶۸۱۷۸
cons	۱/۵۰۵۷۰۱	-۰/۷۴۴۵۴	۰/۰۵	۰/۶۶	۰/۵۷۴۰۵۱	۰/۳۸۰۵۸۱۸

مقایسه بر اساس داده‌های مورد استفاده در مدل‌سازی: در این مرحله، مشخصات ترافیکی و مشخصات هندسی مسیر که در تصادفات ثبت شده توسط پلیس در قطعات پر تصادف شناسایی شده است، در مرحله مدل‌سازی جایگذاری شد و متغیر پنهان تصادفات بر اساس ضرایب مدل‌های تأیید شده محاسبه گردید و با تصادفات مشاهده شده مقایسه شد. لازم به ذکر است که ۷۵ قطعه از قطعات حادثه‌خیز موجود در مدل به صورت تصادفی برای سنجش مدل انتخاب و با مدل محصول برازش داده شدند که نتایج آن در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲. برازش مدل محصول با ۷۵ قطعه حادثه‌خیز

مقایسه بر اساس داده‌های مستقل از مدل‌سازی: در این مرحله با استفاده از داده‌های مستقل از مدل مربوط به تصادفات شش‌ماهه اول سال ۹۶، مدل محصول موردسنجش قرار می‌گیرد. در شکل ۳، تطابق مدل محصول با ۷۵ قطعه از قطعات حادثه‌خیز بزرگراه‌های محل مورد مطالعه مشاهده می‌شود.



شکل ۳. برازش مدل محصول با ۷۵ قطعه حادثه‌خیز شش‌ماهه اول سال ۹۶

با بررسی برازش‌های مدل نهایی با داده‌های مدل و خارج از آن، و همچنین آزمون‌های ارزیابی مدل مشاهده می‌شود که مدل دارای برازش خوبی بوده و نتایج آن قابل استفاده می‌باشد. بدین ترتیب، رابطه ۴ جهت استفاده در پیش‌بینی تصادفات آینده قابل استفاده می‌باشد:

$$E(\text{Acc}) = e^{(0.00062 \text{ HT} + 1.13081 \text{ DCI} - 0.12038 \text{ G} + 0.00051 \text{ GC} + 0.23404 \text{ S} + 0.33906)} \quad (۴)$$

متغیرهای مورداستفاده در مدل به شرح ذیل می‌باشد:

Acc: متغیر وابسته، تصادفات ناشی از مدل

HT: متغیر مستقل، ترافیک ساعتی

DCI: نزدیکی به مراکز جمعیتی

G: شیب

GC: تجمع شیب و انحنای قوس

S: طول قطعه

### نتیجه‌گیری

امروزه داشتن مدل مناسبی که وضعیت ایمنی راه‌ها را با شناسایی عوامل تأثیرگذار و ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات نمایان سازد، می‌تواند راه مناسبی برای اعمال مدیریت حوادث ناشی از بی‌احتیاطی باشد. مدل ارائه‌شده بر اساس داده‌های سال ۹۱ تا ۹۶ بر اساس رابطه ۴ می‌باشد که می‌توان از آن در پیش‌بینی تصادفات در زمان آتی استفاده کرد. در این مدل مشخص شد که تأثیر متغیر نزدیکی به مراکز جمعیتی با ضریب  $1/13081$  دارای تأثیر نسبتاً بیشتری نسبت به سایر معیارها بوده است که این موضوع قابل بررسی می‌باشد؛ به‌صورتی که قطعات نزدیک به مراکز جمعیتی در اولویت ایمن‌سازی قرار گیرند. در این مدل، شیب طولی به‌تنهایی با ضریب منفی  $0/12$  دارای تأثیر منفی در بروز تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی می‌باشد؛ ولی هم‌زمانی شیب و انحنای مسیر دارای تأثیر مثبتی با ضریب  $0/00051$  در وقوع و بروز این‌گونه تصادفات است که این می‌تواند به‌علت هم‌زمانی قوس افقی و قائم باشد که در نتیجه باعث کاهش میدان دید، فواصل دید و توقف می‌گردد. در مدل پیشنهادی، متغیر ترافیک ساعتی روزانه تأثیری روی رخداد تصادفات نداشت که دلیل آن، نزدیکی مقادیر میانگین ترافیک روزانه برای تصادفات مورد مطالعه بود؛ بنابراین در این

پژوهش، از میانگین ترافیک ساعت تصادف استفاده شد که نشان‌دهنده افزایش تصادفات با افزایش ترافیک ساعتی است. همچنین مشهود است با افزایش طول قطعه حادثه‌خیز، تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی راننده مقصر افزایش می‌یابد.

در این پژوهش، اثرات عوامل ترافیکی و هندسه راه بر وقوع تصادفات جاده‌ای در شبکه راه‌های اصلی استان همدان بررسی شد. برای این منظور، نخست شبکه راه‌های مورد مطالعه قطعه‌بندی و قطعات حادثه‌خیز آن‌ها شناسایی شد. سپس اطلاعات ترافیکی و هندسی قطعات حادثه‌خیز جمع‌آوری شد و در مدل پواسون مورد استفاده قرار گرفت. متغیر مستقل در این مطالعه که در مطالعات پیشین استفاده نشده بود، عبارت است از تصادفات رخ داده در این قطعات که در فرم کارشناسی پلیس به‌عنوان تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی شناخته شده و به دلیل انحراف به چپ، انحراف به راست، عدم توجه به جلو، عدم رعایت فاصله طولی، عدم رعایت فاصله عرضی، عدم توانایی در کنترل وسیله و تخطی از سرعت مطمئنه رخ داده است، به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و تأثیر عوامل ترافیکی و مشخصات هندسی بر این تصادفات بررسی شد؛ بنابراین عوامل بررسی شده در این مدل، مختص به تصادفات ناشی از علل فوق است و قابل‌تعمیم به کل تصادفات و یا تصادفاتی با سایر علت‌ها نیست. لذا پیشنهاد می‌شود برای بررسی میزان تأثیر عوامل ترافیکی و مشخصات هندسی راه روی تصادفات با علل دیگر، مجدداً مدل‌سازی صورت پذیرد. همچنین نتایج پژوهش‌های قبلی، یافته‌های پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. عواملی چون حجم ترافیک و مشخصات طرح هندسی (شیب جاده) در پژوهش‌های قبلی، از عوامل مؤثر بر شدت تصادفات معرفی شدند.

با توجه به اولویت تأثیر عوامل مختلف روی تصادفات و همچنین مهم‌ترین عامل یعنی نزدیکی به مراکز جمعیتی پیشنهاد می‌شود که ارگان‌های مرتبط مانند پلیس راهور، در این مناطق نسبت به ایمن‌سازی معابر و انجام کنترل‌های لازم با اولویت

بالاتری اقدام کنند. هم‌زمانی قوس افقی و قائم نیز باعث کاهش میدان دید، فواصل دید و توقف می‌گردد که پیشنهاد می‌شود طراحان این موضوع را در طرح هندسی جاده‌ها در نظر بگیرند. همچنین پیشنهاد می‌شود که برای جلوگیری از بروز حوادث، پلیس راهور در جاده‌های این مناطق (نزدیکی به مراکز جمعیتی، مناطق با قوس افقی و قائم هم‌زمان) مستقر شود؛ بنابراین پیش‌بینی تصادفات جاده‌ای می‌تواند سبب کاهش شدت تصادفات جاده‌ای گردد. امید است با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر تصادفات و اصلاح این عوامل در جهت کاهش تصادفات به نوعی ایمنی حمل‌ونقل افزایش یافته و هزینه‌های ناشی از تصادفات کاهش پیدا کند. ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات جهت ارزیابی و ارتقای سطح ایمنی جاده، همواره یکی از مسائل موردنیاز به‌منظور کاهش خسارات جانی و تبعات روانی و اقتصادی می‌باشد.

## منابع

- باباگلی، رضوان؛ عاملی، علیرضا؛ غلامرضاتبار، علی‌اصغر؛ پایدار، علی. (۱۳۹۸). ارائه مدل پیش‌بینی شدت تصادفات وسایل نقلیه با استفاده از داده‌های تصادفات (مطالعه موردی محور بابل - گنج افروز). پژوهشنامه حمل‌ونقل، ۱۶ (۴)، ۱-۱۴.  
[http://www.trijournal.ir/article\\_99261.html](http://www.trijournal.ir/article_99261.html)
- پورمعلم، ناصر؛ قربانی، مهران. (۱۳۹۰). سیمای ایمنی راه‌ها. نشر وزارت راه، کمیسیون ایمنی راه‌های کشور، دبیرخانه کمیسیون ایمنی راه‌های کشور، راهبرد ملی ایمنی راه‌های ایران، ویرایش دوم، نشر دفتر مطالعات فناوری و ایمنی.  
<https://www.gisoom.com/book/1751971/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8%D8%B3%DB%8C%D9%85%D8%A7%DB%8C%D8%A7%DB%8C%D9%85%D9%86%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D9%87%D9%87%D8%A7/>
- ترحمی، محمد. (۱۳۹۴). مسائل حقوقی و موادی از قانون مجازات اسلامی مصوب ۱۳۹۲ مرتبط با کارشناسی تصادفات. تهران: مرکز تحقیقات کاربردی پلیس

راه‌رو ناجا. [http://rahvar120.ir/uploads/1\\_28\\_1442990524662\\_3.pdf](http://rahvar120.ir/uploads/1_28_1442990524662_3.pdf)

- جعفری لنگرودی، محمدجعفر. (۱۳۹۳). مبسوط در ترمنولوژی حقوق. تهران: انتشارات گنج دانش.

- <https://www.bahook.com/product/25608/%D9%85%D8%A8%D8%B3%D9%88%D8%B7%D8%AF%D8%B1%D8%AA%D8%B1%D9%85%DB%8C%D9%86%D9%88%D9%84%D9%88%DA%98%DB%8C%D8%AD%D9%82%D9%88%D9%82%D8%AF%D9%88%D8%B1%D9%875%D8%AC%D9%84%D8%AF%DB%8C>

- شاه‌ی، جلیل؛ احمدی‌نژاد، محمود؛ شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا. (۱۳۸۴). مدل پیش‌بینی تصادفات موتورسیکلت در تقاطع‌های شهر تهران. پژوهشنامه حمل‌ونقل، ۲(۴)، ۲۵۶-۲۴۵. <https://www.magiran.com/paper/475771>

- شعبانی، شاهین؛ ارجرودی، عبدالرضا. (۱۳۸۶). روش‌های ثبت تصادفات و شناسایی نقاط پرتصادف. تهران: وزارت راه و شهرسازی، پژوهشکده حمل‌ونقل.

- <https://www.gisoom.com/book/1417074/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8%D8%B1%D9%88%D8%B4%D9%87%D8%A7%DB%8C%D8%AB%D8%A8%D8%AA%D8%AA%D8%B5%D8%A7%D8%AF%D9%81%D8%A7%D8%AA%D9%88%D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%D8%A7%DB%8C%DB%8C%D9%86%D9%82%D8%A7%D8%B7%D9%BE%D8%B1%D8%AA%D8%B5%D8%A7%D8%AF%D9%81/>

- صاحبی، سینا؛ میربها، بابک؛ ماهپور، علیرضا؛ نوروزعلیایی، محمدحسین. (۱۳۹۴). ارائه مدل پیش‌بینی شدت تصادفات عابران پیاده در راه‌های برون‌شهری، مهندسی حمل‌ونقل، ۶(۴)، ۵۹۲-۵۸۱.

- <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=294299>  
- صارمی، مهناز؛ رضاپور، تارا. (۱۳۹۰). طراحی ارگونومیکی علایم راهنمایی و رانندگی و تأثیر آن بر کاهش ترافیک و تصادف. راه‌رو، سال هشتم، (۱۴)، ۱۷ تا ۲۱.

- <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=139159>  
- صفارزاده، محمود؛ آذرمی، اکبر؛ شعبانی، شاهین. (۱۳۸۶). مدل پیش‌بینی تصادفات در قوس‌های واقع در راه‌های دوخطه برون‌شهری. پژوهشنامه حمل‌ونقل، ۴(۳)،

شماره پیاپی ۱۲، ۲۲۱-۲۱۳. [http://www.trijournal.ir/article\\_11385.html](http://www.trijournal.ir/article_11385.html)

- قبادی، محمد؛ حسن‌زاده، محمدرضا؛ زراعت‌پیما، فرامرز. (۱۳۹۵). پیش‌بینی تعداد

تصادفات در تقاطع‌های هم‌سطح شهری. *مطالعات مدیریت ترافیک*، (۴۰)، ۶۰-۴۱.

- [http://tms.jrl.police.ir/article\\_18588.html](http://tms.jrl.police.ir/article_18588.html)

- قربانی، مهران؛ نوری امیری، محمد. (۱۳۹۴). *راهنمای ایمنی راه*. مجمع جهانی راه

- پیارک، وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فن‌آوری، دفتر مطالعات

فن‌آوری و ایمنی.

- <https://www.gisoom.com/book/1338859/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8%D8%B1%D8%A7%D9%87%D9%86%D9%85%D8%A7%DB%8C%D8%A7%DB%8C%D9%85%D9%86%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D9%87%D9%85%D8%AC%D9%85%D8%B9%D8%AC%D9%87%D8%A7%D9%86%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D9%87%D9%BE%DB%8C%D8%A7%D8%B1%DA%A9/>

- قدیرزاده، محمدرضا؛ فدای وطن، رضا؛ اکبری کامرانی، احمدعلی؛ دواتگران،

کیوان؛ هاشمی نظری، سید سعید؛ میرترابی، سید داود. (۱۳۹۱). بررسی وضعیت مرگ

و میر ناشی از تصادفات رانندگی در سالمندان ایرانی طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۸۷.

*سالمند*، ۷(۱)، ۴۹-۵۶.

- [http://salmandj.uswr.ac.ir/browse.php?a\\_id=485&slc\\_lang=fa&sid=1&prntcase=1&hbnr=1&hmb=1](http://salmandj.uswr.ac.ir/browse.php?a_id=485&slc_lang=fa&sid=1&prntcase=1&hbnr=1&hmb=1)

- کاتوزیان، ایرج. (۱۳۹۷). *حقوق جزای اختصاصی*. ویرایش اول، چاپ اول، تهران:

دانشگاه تهران.

- <https://www.gisoom.com/book/11423085/%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8%D8%AD%D9%82%D9%88%D9%82%D8%AC%D8%B2%D8%A7%DB%8C%D8%A7%D8%AE%D8%AA%D8%B5%D8%A7%D8%B5%DB%8C/>

- کرمی، پیمان؛ تن‌زاده، جواد؛ سادات حسینی، سیدمحمد. (۱۳۹۶). ارزیابی مدل

پیش‌بینی تصادفات عابرپیاده ناشی از تأثیر موانع دید جانبی راه. *فصلنامه مطالعات*

*مدیریت ترافیک*، (۴۶)، ۱۱۷ تا ۱۳۶.

- [http://journals.police.ir/article\\_19058.html](http://journals.police.ir/article_19058.html)



- Chen, K., & Miles, J. C. (2004). *ITS handbook 2004: Recommendations from the world road association (PIARC)*, pp.42-54.
- Chin, H. C., & Quddus, M. A. (2003). Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 35, No.2, pp.253-259. [doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00003-9](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00003-9)
- Department of transportation Great Britain (DTGB). (2011-2014). Reported road casualties in Great Britain. *Annually Report*, pp.22-29.
- Frantzeskakis, J. M., & Iordanis, D. I. (1987). Volume-to-capacity ratio and traffic accidents on interurban four-lane highways in Greece. *Transportation Research Record*, No.1112. pp.54-59
- Guest, M., Boggess, M. M., & Duke, J. M. (2014). Age related annual crash incidence rate ratios in professional drivers of heavy goods vehicles. *Transportation research part A: policy and practice*, Vol.65, pp. 1-8. [doi.org/10.1016/j.tra.2014.04.003](https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.04.003)
- Hakim, S., Shefer, D. (1991). A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis and Prevention* 23 (5), 379-400. [doi.org/10.1016/0001-4575\(91\)90058-D](https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90058-D)
- Hall, J. W., & de Hurtado, M. P. (1992). Effect of intersection congestion on accident rates. *Transportation Research Record*, Vol.1376, pp.77-84
- Hauer, E. (2013). Overdispersion in Modelling Accidents on Road Sections and in Empirical Bayes Estimation. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 33, No. 6, pp. 799-808. DOI: 10.1016/s0001-4575(00)00094-4
- Huang, H., Chin, H. C., & Haque, M. M. (2008). Severity of driver injury and vehicle damage in traffic crashes at intersections: a Bayesian hierarchical analysis. *Accident Analysis & Prevention*, Vol.40, No.1, pp.45-54. [doi.org/10.1016/j.aap.2007.04.002](https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.04.002)
- Karimi, A, Kashi ,E, Pratico, F.G. (2018). Investigating the effect of geometric parameters influencing safety promotion and accident reduction (Case study: Bojnurd-Golestan National Park road), *Cogent Engineering*, 5(1). pp. 1-14, DOI:<http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2018.1525812>
- Karlaftis, M. G., & Golias, I. (2002). Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates. *Accident Analysis & Prevention*,

- Vol.34, No.3, pp.357-365. doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00033-1
- Kindelberger, J., & Eigen, A. M. (2003). Younger drivers and sport utility vehicles. Report: No. HS-809 636, pp.33-39.
- Martin, J. L. (2002). Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways. *Accident Analysis & Prevention*, Vol.34, No.5, pp.619-629. doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00061-6
- McGinnis, R., Davis, M., & Hathaway, E. (2001). Longitudinal analysis of fatal run-off-road crashes, 1975 to 1997. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.1746, No.1, pp.47-58. doi.org/10.3141/1746-07
- Othman, S., Thomson, R., & Lannér, G. (2009). Identifying critical road geometry parameters affecting crash rate and crash type. *Annals of advances in automotive medicine*, No.53. pp. 155–165.
- Parvareh, M, A, Karimi, S, Rezaei, A, Woldemichael, S, Nili, B, Nouri, N Esmail Nasab. (2018). Assessment and prediction of road accident injuries trend using time-series models in Kurdistan. *Burns & Trauma*, 6(9). doi: 10.1186/s41038-018-0111-6
- Vieira Gomes, S., Carvalheira, C., Cardoso, J., Picado Santos, L. (2008). Accident Prediction Models In Urban Areas: Lisbon Case Study, *Urban Transport*, Vol.101, pp.619-627. DOI: 10.2495/UT080601
- World healthy organization. (2015). www. Who. Int.
- Zhou, M. & Sisiopiku, V. (1997). Relationship between volume-to-capacity ratios and accident rates. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol.1581, No. 1, pp.47-52. DOI: 10.3141/1581-06