

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

رضا عباسعلی‌پور متی کلایی^۱، فرشیدرضا حقیقی^۲

از صفحه ۱۴۷ تا ۱۷۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: تلفات و صدمات ناشی از تصادفات در جاده‌های برون‌شهری همواره بار سنگینی از نظر جانی و مالی بر کشورها تحمیل می‌کند. بر همین اساس در مطالعات ایمنی ترافیک، تلاش بسیاری برای کاهش و شناخت عوامل تأثیرگذار در شدت تصادفات این نوع جاده‌ها انجام شده است. این مطالعه با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات جاده‌های برون‌شهری استان مازندران که همواره یکی از شش استان اول کشورمان در تصادفات ترافیکی با شدت بالا می‌باشد، انجام شد.

روش: از اطلاعات جمع‌آوری شده از گزارش‌های پلیس راه استان مازندران طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۳ و با توجه به نوع داده‌ها از مدل لاجیت دوگانه در نرم‌افزار اسپاس استفاده شد. به صورتی که در ابتدا، داده‌های جمع‌آوری شده با توجه به فرضیات لازم برای مدل لاجیت، آنالیز شدند و سپس با سه روش پیشرو، پرسو و هم‌زمان، ساخت مدل انجام شد که پس از ارزیابی مدل‌های به دست آمده توسط سه روش مذکور، مدل به دست آمده از روش پرسو به عنوان مدل بهینه انتخاب گردید.

یافته‌ها: بررسی مدل نهایی نشان داد که متغیرهایی مانند برخورد با عابر پیاده، وسیله نقلیه مقصر و غیرمقصر از نوع موتورسیکلت و ناحیه خسارت دیده از ناحیه درب عقب سمت راست، بیشترین عوامل تأثیرگذار در افزایش شدت تصادفات بودند و متغیر نوع گواهینامه از نوع پایه یکم، پایه دوم، پایه سوم و محل خسارت دیده از ناحیه صندوق عقب در وسایل نقلیه غیرمقصر، شدت تصادفات را کاهش دادند.

پیشنهاد: می‌توان بر اساس نتایج و بسط داده‌ها به کل کشور، در مورد نوع وسایل نقلیه و محل خسارت وارده در وسایل نقلیه، تحقیقات بیشتری انجام داد که به مطالعات ایمنی و مکانیک خودرو منجر شود.

کلیدواژه‌ها: جاده‌های برون‌شهری، شدت تصادفات، مطالعات ایمنی ترافیک، مدل لوجیت دوگانه، تحلیل آماری.

۱- کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ایران.

۲- دکتری مهندسی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ایران، نویسنده مسئول، Haghghi@nit.ac.ir

مقدمه

امروزه مرگ و جراحات‌های ناشی از تصادفات، یکی از عوامل مهم مرگ‌ومیر در جهان می‌باشد؛ به طوری که تصادفات ترافیکی یکی از نه عامل مهم مرگ‌ومیر در جهان به شمار می‌رود و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ میلادی، یکی از سه عامل مهم مرگ‌ومیر در جهان شود. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی^۱ (۲۰۱۳) همه‌ساله بیش از ۱۲۴۰۰۰۰ نفر در سوانح جاده‌ای کشته و بیش از ۵۰ میلیون نفر دچار آسیب‌های جدی می‌شوند؛ به طوری که بیش از ۷۵ درصد از تصادفات فوتی در کشورهای در حال توسعه اتفاق می‌افتد و این در حالی است که تنها ۳۳ درصد از وسایل نقلیه کل دنیا را دارا می‌باشند. در کشور ایران، تلفات جاده‌ای به قدری بالاست که با آمار ارائه شده توسط سازمان حمل و نقل جاده‌ای جهان در سال ۲۰۱۳ میلادی، ایران جزو پنج کشور اول در جهان از نظر نرخ تلفات ناشی از تصادفات به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت و هشتمین کشور جهان از نظر تعداد تلفات ناشی از تصادفات در سال ۲۰۱۰ میلادی می‌باشد. این تلفات به طور میانگین، جان ۳۴/۱ نفر به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت را می‌گیرد؛ در صورتی که میانگین جهانی، ۱۶/۱ نفر به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت می‌باشد. متعاقباً خسارات جانی و مالی ناشی از این تلفات نیز هزینه سنگینی را به کشور وارد می‌کند که طبق مطالعات بانک جهانی^۲، هر ساله در کشورهای در حال توسعه، هزینه خسارت‌های ناشی از تصادفات حدود ۱ تا ۲ درصد تولید ناخالص کشور را در برمی‌گیرد (یزدانی، احمدی و قدمی، ۱۳۹۱: ۵۱). طبق مطالعات اقتصادی انجام گرفته در پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۸۶، میزان هزینه مستقیم و غیرمستقیم ناشی از تصادفات رانندگی در ایران با احتساب یارانه‌ها، سالانه ۱۸۰ هزار میلیارد ریال بیان شده است که

1-World Health Organization

2-World Bank

۶/۲۳ درصد از تولید ناخالص داخلی کشور بوده است (پاک‌گوهر و کاظمی، ۱۳۹۱: ۷۶). با توجه به این‌که هزینه و عوارض هر تصادف تابع مستقیم شدت آن است، شناخت عواملی که باعث تشدید عوارض تصادفات می‌شوند، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. به همین دلیل در مطالعات ایمنی ترافیک، تلاش بسیاری برای ارائه مدل‌های شدت تصادفات به عمل آمده است؛ چراکه این مدل‌ها از یک سو ابزاری است برای توصیف، توضیح یا پیش‌بینی یک پدیده معین و از سوی دیگر می‌تواند به منظور ترکیب و یکپارچه‌سازی اثرات متغیرهای تصمیم‌گیری به کار گرفته شود.

در بین استان‌های کشور، استان مازندران یکی از استان‌های گردشگری و همچنین یکی از قطب‌های کشاورزی کشور می‌باشد که همه‌ساله بدین علل، سفرهای زیادی به این استان صورت می‌گیرد و به علت کمبود امکانات هوایی و ریلی، بیشتر این نوع سفرها از طریق وسایل نقلیه جاده‌ای صورت می‌گیرد. در بین انواع جاده‌ها در این استان، جاده‌های برون‌شهری با توجه به علل ذکر شده از لحاظ تردد ترافیکی بالا و با توجه به خصوصیات هندسی، افزایش سرعت و در پی آن افزایش خطر تصادفات وسایل نقلیه، از نظر حادثه‌خیزی از اهمیت ویژه‌ای نسبت به جاده‌های درون‌شهری و روستایی برخوردار می‌باشد؛ به طوری که این استان طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۳ با داشتن حدود ۴/۶ درصد سهم از کل متوفیات کشور در جاده‌های برون‌شهری، ششمین استان از لحاظ تلفات فوتی در جاده‌های برون‌شهری در کشور می‌باشد (سازمان پزشکی قانونی ایران، ۱۳۹۳). همچنین با توجه به آمار تلفات سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ که توسط پزشکی قانونی استان مازندران ارائه شده است، بیش از ۶۰ درصد کشته‌های تصادفات در این استان، مربوط به جاده‌های برون‌شهری می‌باشد (سازمان پزشکی قانونی استان مازندران، ۱۳۹۳) که این آمار، استان مازندران را یکی از استان‌های پرخطر ترافیکی کشور از لحاظ تعداد فوتی در تصادفات برون‌شهری کرده است. لذا این امر، لازم می‌باشد که علل و عوامل مؤثر بر شدت تصادفات برون‌شهری

این استان در جاده‌های برون‌شهری مورد بررسی قرار گیرد. در این مطالعه از متغیرهای جدیدی مانند محل خسارت وارده در وسیله نقلیه مقصر و غیرمقصر و مشخصات ترافیکی مانند تعداد تخلف سبقت غیرمجاز، تعداد تخلف سرعت غیرمجاز و تعداد تخلف فاصله طولی غیرمجاز نسبت به مطالعات پیشین استفاده شد و سپس شدت تصادفات و وسایل نقلیه با استفاده از مدل ریاضی مورد بررسی قرار گرفت و بعد از ساخت مدل مزبور، عوامل تأثیرگذار در شدت تصادفات بررسی شد.

پیشینه پژوهش

در سال‌های گذشته مطالعات زیادی در خصوص پیش‌بینی و مدل‌سازی شدت تصادفات به‌منظور تعیین عوامل مؤثر بر آن در کشورهای مختلف انجام شده است که در ادامه به برخی از پژوهش‌های انجام‌شده در این رابطه اشاره می‌شود.

پاهوکول^۱ و همکارانش (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر زمان وقوع تصادفات یک‌طرف محیطی، ترافیکی و هندسی جاده را در این پژوهش مورد بررسی قرار دادند. در نهایت نتایج نشان می‌دهد که زمان عصر، افزایش شدت تصادفات را نتیجه می‌دهد و تغییر خطوط بین ۱۰:۰۰ صبح تا ۳:۰۰ بعدازظهر نیز در تصادفات کامیون مؤثر بودند. آبگاز^۲ و همکارانش (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل مؤثر در شدت تصادفات جاده‌های برون‌شهری اتیوپی با استفاده از داده‌های سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۳ میلادی با به‌کارگیری مدل لاجیت ترتیبی پرداختند. نتیجه برآورد مدل نشان داد که رفتار مخاطره‌آمیز رانندگی، یک عامل بسیار مهم در افزایش شدت آسیب تصادفات بود؛ به‌صورتی که تصادف در حالت خواب‌آلودگی و سرعت دارای بیشترین تأثیر بودند.

1-Pahukul

2-Abgaz

علی کمال و ارکان^۱ (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات در ترکیه با استفاده از مدل لاجیت چندگانه پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که رانندگان بالای ۶۵ سال، رانندگان با تحصیلات اولیه، حوادث تک وسیله نقلیه، بزرگراه یا جاده‌های برون‌شهری و وجود خط‌کشی عابر پیاده در تصادفات باعث افزایش شدت تصادفات ترافیکی شدند. کریس و ژوانگ‌چنگ^۲ (۲۰۱۴) شدت مصدومیت رانندگان را در تصادفات از نوع تک‌وسیله نقلیه و چند وسیله نقلیه مورد تحلیل قرار دادند. در این مطالعه با به‌کارگیری مدل لاجیت ترتیبی ناهم‌وابستگی^۳ متغیرهایی مانند مشخصات راننده، مشخصات ترافیکی، مشخصات تصادف و مشخصات وسیله نقلیه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که رانندگان جوان احتمال شدت تصادفات را کاهش می‌دهند. کیونگ و و^۴ و همکارانش (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای دیگر با به‌کارگیری مدل لاجیت مخلوط به تجزیه و تحلیل شدت تصادفات تک‌وسیله نقلیه و چند وسیله نقلیه در بزرگراه دوخطه برون‌شهری پرداختند. نتایج نشان داد که عمل سبقت رانندگان به‌طور قابل توجهی شدت آسیب را در تصادفات تک‌وسیله افزایش داد. شرایط نوری تاریک و شرایط آب‌وهوایی گردوخاکی به‌طور قابل توجهی باعث افزایش شدت تصادفات چند وسیله نقلیه می‌باشند.

رانجا^۵ و همکارانش (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات از یک نوع برخورد با به‌کارگیری از مدل لاجیت چندگانه^۶ و مدل پروبیت ترتیبی^۷ پرداختند. با بررسی نتایج مدل‌ها مشخص شد که عواملی مانند کاربران آسیب‌پذیر جاده‌ای با توجه به نوع هندسه جاده (وجود تقاطع) و حضور تسهیلات صنعتی در کنار جاده باعث افزایش شدت تصادفات می‌گردند. کربولوس^۸ و آلبرت

1-Ali Kamal and Erkan

2-Chris and Xuancheng

3-Heteroscedasticity Ordered Logit Model

4-Qiong Wu

5-Ranja

6-Multinomial Logit Model

7-Ordered Probit Model

8-Kirolol and Albert

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

(۲۰۱۳) در مطالعه‌ای تأثیر عوامل مؤثر مانند هندسه راه، ترافیک، مشخصات مربوط به راننده و مشخصات مربوط به وسایل نقلیه را بر شدت تصادف با به‌کارگیری از مدل لاجیت مخلوط بیان کردند. نتایج مدل لاجیت مخلوط نشان داد که نزدیکی فاصله تصادف به رمپ، متغیر معنی‌دار مربوط به هندسه راه بود؛ درحالی‌که لگاریتم حجم ترافیک، درصد کامیون و زمان تصادف، متغیرهای معنی‌دار مربوط به ترافیک بودند. یوان چانگ، کایگونگ و ناتان (۲۰۱۱)^۱ در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل شدت تصادفات از نوع تک‌وسیله نقلیه در جاده‌های برون‌شهری پرداختند که بدین منظور از دو مدل لاجیت چندگانه و مدل لاجیت کلاس پنهان استفاده شد. بررسی نتایج نشان داد که عملکرد و پیش‌بینی مدل لاجیت کلاس پنهان نسبت به مدل لاجیت چندگانه، بهتر است و متغیرهای سن کم راننده، استفاده از الکل و استفاده نکردن از کمربند ایمنی، مهم‌ترین عامل در افزایش شدت تصادفات شناسایی شدند.

جدول ۱. خلاصه پیشینه مطالعات

ردیف	نام نویسندگان	عنوان مطلب	سال	نتایج
۱	پاهوکول و همکاران	بررسی تأثیر زمان وقوع تصادفات یک‌طرف کامیون در شدت تصادفات	۲۰۱۵	افزایش شدت تصادفات در ساعات عصر، تأثیر تغییر خطوط در وقوع تصادفات بین ۱۰:۰۰ صبح تا ۳:۰۰ بعدازظهر
۲	آبگاز و همکارانش	عوامل مؤثر در شدت تصادفات جاده‌های برون‌شهری اتیوپی	۲۰۱۴	افزایش شدت احتمال وقوع تصادف بر اثر عواملی نظیر افزایش سرعت و خواب‌آلودگی رانندگان
۳	کمال و ارکان	عوامل مؤثر بر شدت تصادفات در ترکیه	۲۰۱۴	تأثیر سن و وجود خط‌عبان پیاده بر روی احتمال شدت وقوع تصادفات
۴	کریس و ژوانگ‌چنگ	بررسی شدت مصدومیت رانندگان	۲۰۱۴	کاهش شدت تصادفات با کاهش سن رانندگان
۵	کیونگ وو و همکاران	تحلیل شدت تصادفات تک‌وسیله نقلیه و چند وسیله نقلیه	۲۰۱۴	تأثیر سبقت‌گرفتن و خصوصیات جوی و محیطی بر روی احتمال تصادفات
۶	رانجا و همکاران	بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات	۲۰۱۳	تأثیر هندسه و تسهیلات جاده‌ای بر روی شدت تصادفات
۷	کرولوس و آلبرت	بررسی شدت تصادفات	۲۰۱۳	تأثیر هندسه جاده و خصوصیات جریان ترافیک بر روی شدت تصادفات
۸	یوان چانگ، کایگونگ و ناتان	تجزیه و تحلیل شدت تصادفات از نوع تک‌وسیله نقلیه	۲۰۱۱	تأثیر متغیرهای سن راننده، استفاده از الکل و استفاده نکردن از کمربند ایمنی در افزایش شدت تصادفات

روش پژوهش

اساساً مدل، یک نماد از واقعیت است. مدل‌ها از آن نظر که در شرایطی که امکان تجربه به دلایل اقتصادی و تکنیکی وجود ندارد، درک چگونگی رفتار سیستم را میسر می‌سازند و از این نظر حائز ارزش و اهمیت هستند. به‌طور کلی مدل‌ها بر دو نوع‌اند؛ مدل‌های فیزیکی که به‌راحتی قابل درک بوده که بیشتر پژوهشگران با آن مأنوس هستند و مدل‌های انتزاعی که به‌جای وسایل فیزیکی از نمادها برای نمایش موقعیت روابط واقعی استفاده می‌کنند. از جمله مدل‌های انتزاعی، مدل‌های ریاضی هستند (عامری و همکاران، ۱۳۸۴: ۲). در طول سال‌ها، طیف گسترده‌ای از تکنیک‌های آماری برای مطالعه شدت تصادفات استفاده شده است که مدل‌های لاجیت ترتیبی و پروبیت ترتیبی، لاجیت مخلوط یا تصادفی، لاجیت تودرتو یا لانه‌ای^۱، لاجیت دوتایی، پروبیت دوتایی و لاجیت چندگانه برجسته‌ترین مدل‌های مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل شدت تصادفات ترافیک هستند (فان و دومینیک^۲، ۲۰۱۴).

در این پژوهش بر اساس اینکه متغیر پاسخ دوگانه می‌باشد، از مدل پیش‌بینی لاجیت دوتایی استفاده شد. این نوع مدل از نوع مدل‌های اسمی گسسته می‌باشد که برخلاف مدل‌های گسسته ترتیبی که ترتیب نتایج شدت تصادفات را مورد توجه قرار می‌دهد، از ترتیب نتایج شدت تصادفات پیروی نمی‌کند (یونکی^۳، ۲۰۱۱). مدل لاجیت مخفف واحد لگاریتم^۴ است و اولین بار توسط لیوس^۵ (۱۹۵۹) انجام شده و برای زمانی مناسب است که متغیرهای وابسته (سطح شدت تصادفات) به دو یا چند دسته طبقه‌بندی شده باشند. وقتی که متغیرهای وابسته (سطح شدت تصادفات) به دو

1-Nested Logit Model

2-Fan and Dominique

3-Yunqi

4-Logarithmic Unit

5-Luce

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

دسته تقسیم می‌شوند (مثلاً به دو دسته تصادفات جرحی - فوتی و تصادفات خسارتی)، مدل‌های لاجیت دوتایی^۱ به کار گرفته می‌شوند (عامری و همکاران، ۱۳۸۴: ۲). این مدل‌ها بر دو فرض استوارند؛ یک فرض مهم مدل بر این است که عبارت خطای هر تابع شدت تصادفات، برای هر تصادف، مستقل و یکسان توزیع شده است (IID)؛^۲ این استقلال بدان معنی است که عوامل مشاهده‌نشده به‌کاربرده‌شده برای یک گزینه، مستقل از عوامل مشاهده‌نشده به‌کاربرده‌شده برای گزینه دیگر هستند (بن و لرنمن^۳، ۱۹۹۳). فرض دوم بر این است که در مدل لاجیت، متغیرهای مستقل نسبت به هم دارای وابستگی نمی‌باشند (IIA)؛^۴ بدین معنی که در هر سطح مدل‌سازی، متغیرهای موردنظر باید مستقل از یکدیگر باشند. در مدل لاجیت دوتایی، عموماً شرایط آزمون برنولی بر داده‌ها حاکم است. در علم آمار، آزمون برنولی به‌عنوان یک آزمایش تصادفی تعریف می‌شود که فضای نمونه آن تنها از دو پیشامد تحت عنوان شکست یا پیروزی تشکیل شده باشد. Y به‌عنوان متغیر تصادفی برنولی به‌صورت یک و صفر ($Y = 1$ (پیروزی) و $Y = 0$ (شکست)) تعریف می‌شود (احمدی‌نژاد، شاهی و شیخ‌الاسلامی، ۱۳۸۴: ۲۰). در این بررسی، متغیر وابسته به دو گروه شدت تصادفات خسارتی (خسارت مالی (FIA) و تصادفات جرحی - فوتی (خسارت جانی (PDA) تقسیم شده است؛ نتیجتاً تابع احتمالی لاجیت برای تصادفات خسارتی و تصادفات جرحی - فوتی به ترتیب بر اساس روابط (۱) و (۲) خواهد بود.

$$P_{FIA} = \frac{e^{U_{FIA}}}{e^{U_{FIA}} + e^{U_{PDA}}} \quad (1)$$

$$P_{PDA} = \frac{e^{U_{PDA}}}{e^{U_{FIA}} + e^{U_{PDA}}} \quad (2)$$

1-Binary Logit Model

2-Independently and Identically

3-Ben and Lerman

4-Independence from Irrelevant Alternati

که رابطه (۲) را می توان به صورت زیر بیان نمود:

$$P_{PDA} = \frac{1}{1 + e^{U_{FIA} - U_{PDA}}} \quad (3)$$

و از سوی دیگر:

$$P_{FIA} = 1 - P_{PDA} \quad (4)$$

که در آن:

P_{PDA} = احتمال آنکه تصادفها به خسارت جرحی - فوتی منجر شوند؛

P_{FIA} = احتمال آنکه تصادفها به خسارت مالی منجر شوند؛

U_{PDA} = تابع مطلوبیت برای وقوع تصادفات جرحی - فوتی؛

U_{FIA} = تابع مطلوبیت برای تصادفاتی با خسارت مالی می باشد. تابع مطلوبیت برای

وقوع تصادفهای جرحی - فوتی و یا خسارت مالی، تابعی از عوامل مؤثر در

تصادفها (محیطی، طرح هندسی، انسانی، وسیله نقلیه و ترافیکی) در نظر گرفته

می شود و به صورت رابطه (۵) است.

$$U_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i \quad (5)$$

که در آن U_i : مطلوبیت گزینه i ، $i=F$

β_0 : ضریب ثابت مدل،

β_i : ضرایب مؤلفه های قابل برآورد،

X_i : بردار متغیرهای مورد بررسی می باشد؛ در این پژوهش از توانایی بالای تحلیل

داده های آماری و مدل سازی نرم افزار اسپاس پی اس استفاده شده است.

جمع آوری داده ها

برای مدل سازی شدت تصادفات برحسب عوامل گوناگون، طول دوره زمانی و تعداد

نمونه آماری می تواند تأثیر قابل ملاحظه ای بر نتایج تخمین مدل داشته باشد و با توجه

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

به اینکه دوره زمانی سه‌ساله بهینه‌ترین دوره می‌باشد (افندی‌زاده، ذوقی و فلاحی)، اطلاعات مربوط به تصادفات سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ مربوط به محورهای برون‌شهری که منتهی به شهر بابل در استان مازندران (شامل ۱۱ محور) می‌باشد، جمع‌آوری شده‌اند. همچنین حجم نمونه آماری نیز با استفاده از فرمول کوکران ۲۴ با سطح اطمینان ۹۵ درصد (با ۵ درصد خطا) ۳۸۳ نمونه به دست آمد. به دلیل اینکه تعداد نمونه تصادفات در سه سال ذکر شده در بالا، ۲۰۴۷ نمونه می‌باشد؛ بنابراین تعداد نمونه موجود به مراتب بزرگ‌تر از نمونه به دست آمده از فرمول کوکران می‌باشد. در نتیجه تخمین مدل در اثر تعداد نمونه آماری نیز دچار خطا نخواهد شد.

$$n = \frac{Nz^2 pq}{Nd^2 + z^2 pq} = 383 \quad (6)$$

N: تعداد کل تصادفات برون‌شهری کشور در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۳ (تعداد حجم جامعه)،

n: (تعداد حجم نمونه)،

d: درصد خطا (d=۰/۰۵)،

z: درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول (z=۱/۹۶)،

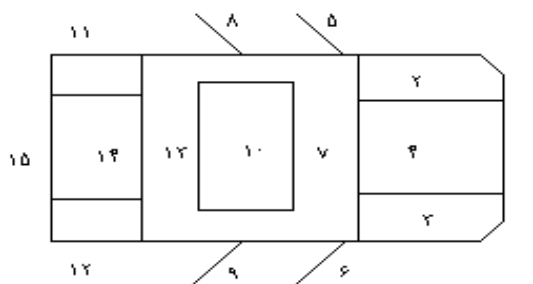
p=q: نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین (p=q=۰/۵).

مشخصات محورها و اطلاعات ترافیک نیز با مراجعه به سازمان راهداری اطلاعات ترافیکی استان برای مسیرهای در نظر گرفته شده برای سال‌های مذکور به دست آمد؛ پس از آن با منطبق نمودن داده‌های موجود، بانک اطلاعاتی پژوهش تشکیل شد.

متغیرهای وابسته و مستقل

برای ساخت مدل به دو دسته متغیر وابسته و متغیر مستقل نیاز داریم. متغیر وابسته در این پژوهش، شدت تصادفات می‌باشد که تعداد تصادفات منجر به فوت ۳۴ نمونه از ۲۰۴۷ نمونه تصادف در سه سال مذکور می‌باشد؛ در صورتی که تعداد نمونه موردنیاز

برای هر گروه شدت تصادفات باید حداقل ۱۰۰ نمونه باشد (سودمان^۱، ۱۹۷۶)؛ بنابراین با ادغام تصادفات جرحی و فوتی، نهایتاً تصادفات از لحاظ شدت به دو دسته تصادفات منجر به خسارت مالی و تصادفات منجر به خسارت جرحی - فوتی تقسیم شدند. لازم به ذکر است که برداشت مأموران پلیس از صحنه تصادف در بسیاری موارد، اعلام جراحت صدمه دیدگان می باشد؛ در صورتی که امکان دارد مجروحان بعد از انتقال از صحنه تصادف و یا در بیمارستان فوت شوند که عموماً تناقض آمار متوفیان ناشی از تصادفات بین پزشکی قانونی و نیروی انتظامی ناشی از این امر می باشد (خوشبخت و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳). بنابراین ادغام این دو دسته از لحاظ عملی نیز معقول به نظر می رسد. متغیر وابسته مطابق جدول ۲ کدگذاری شده است. متغیرهای مستقل در این مطالعه عبارتند از شرایط آب و هوایی، مشخصات هندسی جاده ها، عوامل انسانی، مشخصات وسیله نقلیه درگیر تصادف و مشخصات ترافیکی و تصادف که مطابق جدول ۳ کدگذاری شده اند. باید ذکر شود که متغیر ناحیه خسارت دیده در وسایل نقلیه مقصر و غیرمقصر مطابق با تصویر ۱ کدگذاری شده است.



تصویر ۱. کدگذاری محل های مختلف ضربه و وسیله نقلیه

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

جدول ۲. متغیرهای وابسته

متغیر وابسته	عامل (کدگذاری)
شدت تصادفات	منجر به خسارت مالی (۰) - منجر به جراحت یا فوتی (۱)

جدول ۳. متغیرهای مستقل با کدگذاری

متغیر مستقل	عامل (کدگذاری)
علت تامه	تجاوز به چپ (۱) - تخطی از سرعت (۲) - تغییر مسیر (۳) - بی توجهی به جلو (۴) - رعایت نکردن حق تقدم (۵) -
تصادفات	رعایت نکردن فاصله طولی (۶) - رعایت نکردن فاصله عرضی (۷) - حرکت با دنده عقب (۸) - سایر (۹)
ساعت تصادف	ساعت ۰-۴ (۱) - ساعت ۴-۸ (۲) - ساعت ۸-۱۲ (۳) - ساعت ۱۲-۱۶ (۴) - ساعت ۱۶-۲۰ (۵) - ساعت ۲۰-۲۴ (۶)
روز تصادف	شنبه (۱) - یکشنبه (۲) - دوشنبه (۳) - سه‌شنبه (۴) - چهارشنبه (۵) - پنجشنبه (۶) - جمعه (۷)
نوع برخورد	واژگونی (۱) - شیء ثابت (۲) - عابر (۳) - تک‌وسیله (۴) - چند وسیله (۵)
نوع وسیله مقصر	پراید (۱) - پژو (۲) - وسایل نقلیه سنگین (۳) - موتورسیکلت (۴) - وانت پیکان و وانت نیسان (۵) - پیکان (۶) - سایر (۶)
نوع وسیله غیرمقصر ۱ و ۲	وجود ندارد (۰) - پراید (۱) - پژو (۲) - وسایل نقلیه سنگین (۳) - موتورسیکلت (۴) - وانت پیکان یا وانت نیسان (۵) - پیکان (۶) - سایر (۷)
جنسیت	مرد (۱) - زن (۲)
نوع جاده	جدانشده (۱) - جدانشده (۲)
نحوه برخورد	جلو به جلو (۱) - جلو به پهلو (۲) - عقب به پهلو (۳) - جلو به عقب (۴) - پهلو به پهلو (۵) - پهلو به جلو (۶) - سایر (۷)
نوع میانه	جدول (۱) - گارد ریل (۲) - نیوجرسی بتنی (۳) - بدون میانه (۴)
نوع مسیر	مستقیم (۱) - دارای قوس (۲) - بریدگی (۳) - سواره یا چهارراه (۴)
سابقه رانندگی	از ۰-۵ سال (۱) - از ۵-۱۰ سال (۲) - از ۱۰ سال (۳)
وضعیت روشنایی	شب با روشنایی (۱) - شب بدون روشنایی (۲) - روز (۳)
وضعیت هوا	صاف (۱) - بارانی (۲)
وضعیت ترافیکی	سرعت متوسط - حجم ترافیک - تعداد تخلف سبقت غیرمجاز - تعداد تخلف فاصله غیرمجاز - تعداد تخلف سرعت غیرمجاز - تعداد وسیله نقلیه سنگین در ساعت (تمام عوامل پیوسته و بدون کد می‌باشند)
سن راننده مقصر	از سن ۰-۳۰ (۱) - از سن ۳۰-۴۰ (۲) - از سن ۴۰-۵۰ (۳) - از سن ۵۰-۶۰ (۴) - بزرگ‌تر از سن ۶۰ (۵)
نوع گواهینامه	پایه ۱ (۱) - پایه ۲ (۲) - پایه ۳ (۳)
کاربری زمین اطراف	مسکونی (۱) - کشاورزی (۲) - تجاری یا کارگاهی (۳) - سایر (۴)
شانه جاده	آسفالتی (۱) - شنی یا بدون شانه (۲)
محل خسارت وارده	ناحیه ۱ (۱) - ناحیه ۲ (۲) - ناحیه ۳ (۳) - ناحیه ۴ (۴) - ناحیه ۵ (۵) - ناحیه ۶ (۶) - ناحیه ۷ (۷) - ناحیه ۸ (۸) - ناحیه ۹ (۹) - ناحیه ۱۰ (۱۰) - ناحیه ۱۱ (۱۱) - ناحیه ۱۲ (۱۲) - ناحیه ۱۳ (۱۳) - ناحیه ۱۴ (۱۴) - ناحیه ۱۵ (۱۵)
محل خسارت وارده و وسیله غیرمقصر	ناحیه ۱ (۱) - ناحیه ۲ (۲) - ناحیه ۳ (۳) - ناحیه ۴ (۴) - ناحیه ۵ (۵) - ناحیه ۶ (۶) - ناحیه ۷ (۷) - ناحیه ۸ (۸) - ناحیه ۹ (۹) - ناحیه ۱۰ (۱۰) - ناحیه ۱۱ (۱۱) - ناحیه ۱۲ (۱۲) - ناحیه ۱۳ (۱۳) - ناحیه ۱۴ (۱۴) - ناحیه ۱۵ (۱۵)

مدلسازی و ارائه نتایج

پس از تعریف متغیر وابسته و مشخص کردن متغیرهای مستقل، برای مدلسازی در این پژوهش، ابتدا فراوانی داده‌ها برای تمام متغیرهای مستقل بررسی شد و در نهایت، عامل حرکت با دنده عقب از متغیر علت تامه و عامل‌های عقب به پهلو و پهلو به جلو از متغیر نحوه برخورد که تعداد آن‌ها به اندازه کافی نبود، شناسایی و کنار گذاشته شد تا در ادامه مرحله مدلسازی در نظر گرفته نشوند و سپس برای مدلسازی، تحلیل همبستگی بین مؤلفه‌های مستقل انجام گرفت تا متغیرهای مستقلی که با یکدیگر ارتباط دارند، تأثیری در برآورد مدل نداشته باشند. برای این کار با استفاده از نرم‌افزار، از روش کندال^۱ برای متغیرهای اسمی و رتبه‌ای و از روش پیرسون^۲ برای متغیرهای کمی استفاده گردید. با بررسی نتایج ملاحظه شد که متغیر نوع جاده با متغیر نوع میانه رابطه داشته (قدر مطلق ضریب همبستگی بیش از ۰/۷ شد) که نشان از وابستگی این دو عامل می‌باشد (رحیم اف و صادقی، ۱۳۹۰: ۲۰۳)؛ با در نظر گرفتن این دو عامل در تخمین اثر هر مؤلفه، بخشی از ضرایب این دو عامل به یکدیگر انتقال داده می‌شوند. بنابراین برای برآورد اثر خالص متغیرها که بر اساس ضرایب آن‌ها در مدل به دست می‌آید، عامل نوع جاده با توجه به اینکه معنی‌داری کمتری نسبت به عامل نوع میانه داشت، از مدل حذف شد و در متغیرهای کمی نیز عامل تعداد فاصله غیرمجاز با عامل‌های حجم ترافیک ساعتی و حجم کامیون ساعتی رابطه داشته که با توجه به معنی‌داری کمتر، این عامل نیز برای مدلسازی از بین متغیرها حذف شد. سپس فرایند مدلسازی با استفاده از متغیرهای مستقل باقی‌مانده انجام شد. با توجه به آزمون‌های ذکر شده، همبستگی معنی‌دار بین متغیرهای مستقل و متغیر پاسخ بررسی شد. رابطه هر متغیر مستقل با متغیر وابسته به صورت مجزا و مستقل از

1-Kendall

2-Pearson

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

سایر عوامل مورد بررسی قرار گرفت و نقش هر عامل به تنهایی نشان داده شد؛ در صورتی که در مدل‌های نهایی، اثر هم‌زمان عوامل باهم مشاهده می‌شود؛ در این صورت امکان دارد که یک متغیر به تنهایی معنی‌دار بوده ولی در مدل نهایی معنی‌دار نباشد یا بالعکس. از دلایل این امر، وجود پدیده هم‌خطی و یا امکان معنی‌دار شدن متغیر در اثر هم‌زمان آن با متغیرهای دیگر در مدل می‌باشد.

برای مدل‌سازی، به منظور کنترل نحوه ورود متغیرها به معادله لاجیت یا خارج شدن آن‌ها، اسپس‌اس‌اس روش‌های مختلفی ارائه می‌کند که در این پژوهش با استفاده از سه روش هم‌زمان، حذف روبه‌جلو و حذف رو به عقب، مدل بهینه از روش حذف رو به عقب به دست آمد. در این روش، مدل در ابتدا تمام متغیرهای مستقل را شامل می‌شود؛ سپس در هر قدم، متغیری از مدل خارج می‌شود که کمترین مقدار تغییر را در R^2 ایجاد کند و این مقدار R^2 باید به حدی باشد که نتوان این فرض را که مقدار واقعی تغییر برابر با صفر است، رد کرد (این کار در یک سطح معنی‌دار از قبل مشخص انجام می‌شود که مقدار پیش‌گزیده آن ۰/۱ یا بزرگ‌تر است). خارج کردن متغیرها از مدل هنگامی متوقف می‌شود که خارج کردن هر کدام از متغیرهای باقیمانده از مدل، تغییر معنی‌داری در R^2 ایجاد کند (ابی‌ترابی و رضایی مقدم، ۱۳۸۹: ۱۰).

با توجه به توضیحات بالا و با روش حذف رو به عقب، ابتدا مدل بعد از ۲۸ مرحله تکرار، کالیبره شد. با توجه به ضریب معناداری (P-Value) بالای ۰/۰۵، بعضی از متغیرهای مستقل ذکر شده، کنار گذاشته شد و سپس پرداخت مدل مجدداً صورت گرفت که نهایتاً بعد از ۳ مرتبه خارج کردن، متغیرها دارای ضریب معناداری (P-Value) بالای ۰/۰۵ می‌باشند؛ مدل نهایی بعد از ۲ مرحله تکرار کالیبره شد و در نهایت در جدول ۳ متغیرهای معنی‌دار شده به همراه ضرایب آن آورده شده است.

جدول ۴. جدول ضرایب نهایی پیش‌بینی رگرسیون

متغیرهای معنی‌دار در مدل نهایی	ضریب برآورد	انحراف معیار استاندارد	آزمون آماری Wald	ضریب معناداری	Exp(B)	C.I. for %۹۵ EXP(B)	
						حد بالا	حد پایین
برخورد با عابر پیاده X_1	۳/۱۲۳	۰/۴۱۹	۵۵/۴۴۵	۰/۰۰۰	۲۲/۷۱۸	۹/۹۸۵	۵۱/۶۹۰
پژو (مقصر) X_2	-۰/۹۱۸	۰/۲۲۵	۱۶/۵۹۹	۰/۰۰۰	۰/۳۹۹	۰/۲۵۷	۰/۶۲۱
وسایل نقلیه سنگین (مقصر) X_3	۰/۶۴۴	۰/۳۲۰	۴/۰۵۲	۰/۰۴۴	۰/۶۴۴	۰/۲۸۰	۰/۹۸۳
موتورسیکلت (مقصر) X_4	۲/۱۲۹	۰/۴۷۵	۲۰/۰۵۷	۰/۰۰۰	۸/۴۰۸	۳/۳۱۱	۲۱/۳۵۰
وانت پیکان یا نیسان (مقصر) X_5	-۰/۵۴۴	۰/۲۳۹	۵/۱۵۹	۰/۰۲۳	۰/۵۸۱	۰/۳۶۳	۰/۹۲۸
سایر (مقصر) X_6	-۰/۸۷۳	۰/۳۰۶	۶/۳۷۱	۰/۰۱۲	۰/۴۶۲	۰/۲۵۳	۰/۸۴۱
وسایل سنگین (غیرمقصر) X_7	۰/۸۲۴	۰/۲۶۹	۹/۳۹۸	۰/۰۰۲	۰/۴۳۹	۰/۲۵۹	۰/۷۴۳
موتورسیکلت (غیرمقصر) X_8	۳/۱۴۹	۰/۳۹۶	۶۳/۱۹۹	۰/۰۰۰	۲۳/۳۰۲	۱۰/۷۲۲	۵۰/۶۴۱
گاردریل (نوع میانه) X_9	-۰/۵۲۵	۰/۱۵۶	۱۱/۳۶۵	۰/۰۰۱	۰/۵۹۲	۰/۴۳۶	۰/۸۰۳
مسیر مستقیم (نوع مسیر) X_{10}	-۰/۷۲۶	۰/۲۱۰	۱۱/۹۱۰	۰/۰۰۱	۰/۴۸۴	۰/۳۲۰	۰/۷۳۱
پایه ۱ (نوع گواهینامه) X_{11}	-۱/۱۷۹	۰/۳۲۰	۱۳/۵۳۴	۰/۰۰۰	۰/۳۰۸	۰/۱۶۴	۰/۵۷۷
پایه ۲ (نوع گواهینامه) X_{12}	-۱/۱۴۸	۰/۱۸۵	۳۸/۷۱۷	۰/۰۰۰	۰/۳۱۷	۰/۲۴۳	۰/۴۵۷
پایه ۳ (نوع گواهینامه) X_{13}	-۱/۰۹۹	۰/۱۶۱	۴۶/۴۴۱	۰/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۲۲۱	۰/۴۵۵
ناحیه ۴ (م. خسارت مقصر) X_{14}	۰/۵۵۶	۰/۱۴۵	۱۴/۶۶۰	۰/۰۰۰	۱/۷۴۳	۱/۳۱۱	۲/۳۱۶
ناحیه ۸ (م. خسارت مقصر) X_{15}	۰/۴۱۲	۰/۲۰۱	۴/۲۰۸	۰/۰۴۰	۱/۵۱۰	۱/۰۱۹	۲/۳۳۷

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

ادامه جدول ۴. جدول ضرایب نهایی پیش‌بینی رگرسیون

ناحیه ۹ (م. خسارت مقصر) X_{16}	۰/۹۷۵	۰/۳۳۲	۱۷/۶۵۶	۰/۰۰۰	۲/۶۵۲	۱/۶۸۳	۴/۱۸۱
ناحیه ۱۰ (م. خسارت مقصر) X_{17}	۰/۵۷۱	۰/۱۸۸	۹/۱۸۸	۰/۰۰۲	۱/۷۷۰	۱/۲۲۴	۲/۵۶۱
ناحیه ۱۱ (خسارت غیر مقصر) X_{18}	۰/۳۴۰	۰/۱۵۹	۴/۵۵۲	۰/۰۳۳	۱/۴۰۵	۱/۰۲۸	۱/۹۲۱
ناحیه ۱۲ (خسارت غیر مقصر) X_{19}	-۰/۳۹۸	۰/۱۶۶	۵/۷۶۱	۰/۰۱۶	۰/۶۷۲	۰/۴۸۶	۰/۹۳۰
ناحیه ۱۳ (خسارت غیر مقصر) X_{20}	۰/۴۶۰	۰/۲۱۶	۴/۵۵۳	۰/۰۳۳	۱/۵۸۴	۱/۰۳۸	۲/۴۱۸
ناحیه ۱۴ (خسارت غیر مقصر) X_{21}	-۰/۷۴۱	۰/۲۲۷	۱۰/۶۱۶	۰/۰۰۱	۰/۴۷۷	۰/۳۰۵	۰/۸۴۴
حجم ترافیک X_{22}	-۰/۰۱	۰/۰۰۰	۲۹/۱۹۹	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹	۰/۸۱۳	۱/۰۴۹
ثابت	۱/۶۸۲	۰/۴۲۸	۱۵/۴۸۷	۰/۰۰۰	۵/۳۸۷		

ضرایب به دست آمده به تابع احتمال خسارت جرحی - فوتی مربوط می‌باشد که متغیرها با ضرایب منفی باعث کاهش شدت تصادف (احتمال تابع خسارت جرحی - فوتی) و متغیرها با ضرایب مثبت باعث افزایش آن می‌شوند. روابط (۷) و (۸) مدل نهایی، احتمال خسارتی بودن تصادفات شکل گرفته بر اساس ضرایب را نشان می‌دهد. ۱/۷۶

$$P_{PDA} = \frac{1}{1 + e^{U_{FIA} - U_{PDA}}} = \frac{1}{1 + e^{\Delta U}} \quad (7)$$

(۸)

$$\begin{aligned} &+0/975 X_{10} + 0/412 X_{16} + 0/571 X_{17} + 0/340 X_{18} - 0/398 X_{19} + 0/460 X_{20} - 0/741 X_{21} - 0/01 X_{22} \\ &X_{23} + 3/149 X_{24} - 0/525 X_{25} - 0/726 X_{26} - 1/179 X_{27} - 1/148 X_{28} - 1/099 X_{29} + 0/566 X_{30} \\ &\Delta U = 1/76 + 3/123 X_1 - 0/918 X_2 + 0/644 X_3 + 2/129 X_4 - 0/544 X_5 - 0/733 X_6 + 0/824 \end{aligned}$$

ارزیابی مدل

در این مدل، احتمال اینکه تصادفی منجر به خسارت جرحی - فوتی و به‌درستی برآورد شود، $78/6$ درصد است؛ به عبارتی دیگر، $78/6$ درصد از تصادفات منجر به خسارت جانی به‌درستی تشخیص داده می‌شوند و در مجموع میزان صحت مدل نهایی، مطابق جدول ۳ برابر با $79/4$ درصد است. نتایج خوبی برآزش برای مدل نهایی مطابق جدول ۴ معادل $0/515$ می‌باشد که نشان‌دهنده توانایی بالای مدل در تخمین شدت تصادفات می‌باشد و مقدار لگاریتم احتمال نیز از $1595/726$ - در مرحله نخست به $1649/106$ - در مرحله نهایی کاهش پیدا کرد که اهمیت متغیرهای باقی‌مانده را نشان می‌دهد.

جدول ۵. درصد صحیح برای مدل شدت تصادفات

مشاهدات	پیش‌بینی		درصد صحیح
	خسارتی	جرحی - فوتی	
شدت تصادفات	خسارتی	۱۵۵	۸۰/۵
	جرحی - فوتی	۱۲۳	۷۸/۶
درصد کلی		۷۹/۴	

جدول ۶. نتایج برازش مدل شدت تصادفات

۲۰۴۷	تعداد مشاهدات
۹۰۶/۰۹۲	chi-square
۱۶۴۹/۱۰۶	- ۲Log Likelihood
۲۲	درجه آزادی
۰/۵۱۵	Neglekerke R square
۰/۳۸۳	cox and snell R square

تحلیل و یافته‌های مدل

۱. در این مرحله بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل نهایی، عوامل مؤثر در شدت تصادفات، بر اساس بیشترین اثر در شدت تصادفات به عبارتی برحسب بیشترین

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

مقدار نسبت احتمال ($Exp(B)$) بیان می‌شوند (نسبت احتمال از به‌توان‌رساندن e به ضرایب هر یک از متغیرهای مستقل (B) در رابطه (A) به دست می‌آید). بر همین اساس، اولین عاملی که اثر قابل توجهی بر افزایش شدت تصادفات دارد، نوع وسیله غیرمقصر از نوع موتورسیکلت می‌باشد که باعث می‌شود احتمال اینکه شدت تصادفات جرحی - فوتی باشد، نسبت به اینکه شدت تصادف خسارتی باشد، $۲۳/۳$ برابر افزایش یابد.

۲. همان‌طور که در بالا ذکر شد، مقدار $۲۳/۳$ مقدار نسبت احتمال ($Exp(B)$) می‌باشد که از به‌توان‌رساندن e به ضرایب متغیرهای X_4 در تابع رابطه (A) که برابر $۳/۱۴۹$ می‌باشد، به دست می‌آید که علت افزایش شدت بالای این نوع وسیله را می‌توان در استفاده نکردن تجهیزات ایمنی توسط موتورسواران مانند کلاه ایمنی و لباس مخصوص این وسیله دانست. شاید بتوان با اجرای قوانین سخت‌گیرانه، آن‌ها را ملزم به استفاده از تجهیزات ایمنی کرد.

۳. دومین عامل مؤثر، برخورد با عابر پیاده می‌باشد که باعث می‌شود احتمال اینکه شدت تصادفات جرحی - فوتی نسبت به اینکه تصادف خسارتی باشد، $۲۲/۷$ برابر افزایش یابد. بررسی تصادفات نشان می‌دهد که اغلب این نوع تصادفات در مناطق مسکونی و تجاری رخ می‌دهد که با ایجاد تسهیلات مناسب برای عابر پیاده مانند پل عابر پیاده، زیرگذر و مشخص کردن محل عبور عابر پیاده و کم کردن سرعت وسایل نقلیه با ایجاد سرعت‌کاه و ایجاد مناظری در کنار جاده به منظور آگاه کردن راننده در ورود به مناطق مسکونی می‌توان از این نوع برخورد جلوگیری به عمل آورد.

۴. سومین عامل مؤثر دیگر همانند عامل اول، وسیله نقلیه موتورسیکلت، ولی از نوع وسیله نقلیه مقصر می‌باشد که باعث افزایش $۸/۴۰۸$ برابری احتمال شدت تصادف جرحی - فوتی نسبت به شدت تصادف خسارتی می‌شود. در رده چهارم، مهم‌ترین سهم تصادفات فوتی، محل خسارت دیده و وسیله نقلیه از ناحیه درب عقب سمت

راست (ناحیه ۹) می باشد که احتمال جرحی - فوتی بودن تصادفات را $\frac{2}{6}$ برابر می کند که می توان علت آن را در تصادفات جلو به پهلو به خصوص در هنگام گردش در بریدگی ها دانست که با ایجاد دوربرگردان یا تبادل در این نوع مناطق می توان از این نوع برخورد جلوگیری به عمل آورد؛ همچنین می توان با الزام کردن استفاده از کمربند ایمنی در عقب وسایل نقلیه و همچنین با مقاوم ساختن و به کارگیری کیسه هوا در این ناحیه از وسایل نقلیه می توان شدت تصادفات را کاهش داد.

۵. محل خسارت دیده وسایل نقلیه مقصر از ناحیه سقف (ناحیه ۱۰)، عاملی در رده بعدی می باشد که احتمال جرحی - فوتی بودن تصادف را $\frac{1}{77}$ برابر می کند. بررسی تصادفات نشان داد که خسارت در این ناحیه به علت واژگونی وسایل نقلیه می باشد که به علت سرعت بالای وسایل در قوس یا مانور وسایل با سرعت بالا و شیب زیاد حاشیه جاده ها که بیشتر به علت وجود کانال آب روی عرضی در جاده ها در مناطق کشاورزی می باشد، انجام می گیرد که با اصلاح قوس ها و کاهش سرعت در قوس ها با عوامل فیزیکی و کنترل سرعت وسایل نقلیه مانند دوربین و استفاده از شانه آسفالتی با عرض بیشتر و کاهش شیب حاشیه جاده ها می توان از این نوع تصادفات جلوگیری به عمل آورد. محل خسارت دیده وسایل نقلیه مقصر از ناحیه درب جلوی موتور (ناحیه ۴) ششمین عامل مؤثر در شدت تصادفات می باشد که احتمال جرحی - فوتی بودن تصادف را $\frac{1}{74}$ برابر می کند. همچنین تحلیل عامل گواهینامه از نوع پایه ۳، ۲ و ۱ نشان می دهد که بیشترین کاهش در احتمال جرحی - فوتی بودن تصادفات از پایه ۳ به پایه ۱ می باشد که نشان می دهد هرچه رانندگان از مهارت و دانش بیشتری در رانندگی برخوردار باشند، از شدت تصادفات جرحی - فوتی نیز کاسته می گردد.

جمع‌بندی

این پژوهش بر روی تصادفات جاده‌های برون‌شهری متمرکز بوده و با استفاده از مدل لاجیت دوتایی به شناسایی عوامل مؤثر در شدت تصادفات این نوع جاده‌ها پرداخته است. مدل ارائه‌شده در این پژوهش، این امکان را می‌دهد که تأثیر تمام متغیرها به صورت هم‌زمان بر روی شدت تصادفات بررسی شود؛ بنابراین این مدل می‌تواند مدل مناسبی برای شناسایی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات باشد. با توجه به نتایج این پژوهش و شناخت عوامل مؤثر و اندازه تأثیر آن‌ها در شدت تصادفات جاده‌های برون‌شهری، می‌توان با ایجاد راهکارهای مؤثر از شدت تصادفات در تمام جاده‌های برون‌شهری کشور که شرایط مشابه با مورد مطالعاتی دارند، کاست و همچنین می‌توان بر اساس نتایج و بسط داده‌ها به کل کشور، در مورد نوع وسایل نقلیه و محل خسارت وارده در وسایل نقلیه، پژوهش‌های بیشتری انجام داد که به مطالعات ایمنی و مکانیک خودرو منجر شود.

منابع

- ابی‌ترابی، مسعود و رضائی مقدم، فرزاد. (۱۳۸۹). مدل‌سازی شدت تصادفات در بزرگراه‌های درون‌شهری. پژوهشنامه حمل و نقل، سال ششم، بهار ۱۳۸۹، (۲)، ۱-۱۱، <http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?id=92414>.
- احمدی‌نژاد، محمود؛ شاهی، جلیل؛ شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا. (۱۳۸۴). مدل‌سازی شدت تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران. پژوهشنامه حمل و نقل، سال سوم، بهار ۱۳۸۴، (۱)، ۱۳-۲۶، https://drive.google.com/file/d/0B_vLgMTryumCemt1NDYwcEhURWF3R2pYLUczRnpTZw/view.
- افندی‌زاده، شهریار؛ ذوقی، حسن و فلاحی، حامد. (۱۳۸۷). مدل‌سازی شدت تصادفات موتورسیکلت در شهرهای متوسط با بافت قدیم، مطالعه موردی شهر

کاشان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران

جنوب، <http://paidfiles.top>

- پاک‌گوهر، علیرضا؛ کاظمی، مجتبی. (۱۳۹۱). تعیین تأثیر مؤلفه‌های خطای رانندگی در شدت تصادفات. *فصلنامه مطالعات پژوهشی راهور*، سال اول، زمستان ۱۳۹۱، (۳)، ۷۵-۱۰۲.

<http://talar.jrl.police.ir/backend/uploads/1cd07a9b52b21d9c863a91055f7c40062c829afd.pdf>.

- خوشبخت، میرزاعلی؛ احمدی، سید علی‌اکبر؛ نجف، پویا؛ نظامیان‌پور جهرمی، حسین. (۱۳۹۰). پیش‌بینی شدت تصادفات جلو به جلو به کمک مدل رگرسیون لوجستیک و ارزیابی پارامترهای مؤثر. *فصلنامه راهور*، سال هشتم، بهار ۱۳۹۰، (۱۴)، ۲۲-۷

http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/10000313901401.pdf

- رحیم‌اف، کامران؛ صادق‌کلینی، محسن. (۱۳۹۰). تعیین عوامل مؤثر در شدت تصادفات آزادراهی و طراحی مدل‌های آن‌ها (مطالعه موردی آزادراه تهران - کرج). *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال هشتم، زمستان ۱۳۹۰، (۲)، ۱۹۹-۲۰۹.

http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/68413902708.pdf.

- سازمان پزشکی قانونی استان مازندران. (۱۳۹۳). *آمار متوفیات و مصدومین ناشی از حوادث رانندگی ارجاعی به مراکز پزشکی قانونی استان مازندران طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۳*. www.mz.lmo.ir.

- سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای. (۱۳۹۴). *سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای در سال‌های ۹۰-۱۳۹۳*. تهران، معاونت برنامه‌ریزی دفتر فناوری اطلاعات سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، www.rmto.ir.

- شریعت‌مهیمنی، افشین؛ توکلی‌کاشانی، علی. (۱۳۸۹). تحلیل شدت مصدومیت ناشی از تصادف‌ها در راه‌های دوخطه برون‌شهری با استفاده از مدل‌های داده‌کاوی.

تحلیل آماری شدت تصادفات بر اساس عوامل درگیر (بر اساس داده‌های تصادفات استان مازندران)

پژوهشنامه حمل و نقل، سال هفتم، تابستان ۱۳۸۹، (۲)، ۱۵۳-۱۶۵،

<http://www.trijournal.ir/89/PDF/ShariatSum89.pdf>.

- عامری، محمود؛ شفابخش، غلامعلی؛ نوبخت، شمس؛ ملکوتی، محمود. (۱۳۸۴).

مدل ریاضی تصادفات جاده‌های دوخطه برون‌شهری استان بوشهر با توجه به

ویژگی‌های رویه راه. پژوهشنامه حمل و نقل، سال اول، بهار ۱۳۸۴، (۲)، ۱-۱۳،

http://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_pdf/68413840201.pdf.

- یزدانی، جمشید؛ احمدی، الهام؛ قدمی، مصطفی. (۱۳۹۱). نقشه بندی مرگ‌ومیر

ثبت‌شده ناشی از تصادفات برون‌شهری در استان مازندران طی سال‌های ۱۳۸۶ تا

۱۳۸۹. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲ (۹۷)، بهمن ۱۳۹۱، ۵۸-۵۰،

<http://fa.journals.sid.ir/ViewPaper.aspx?id=180810>.

- Ali Kemal, C., Erkan, O. (2014). A multinomial logit analysis of risk factors influencing road traffic injury severities in the Erzurum and Kars Provinces of Turkey. *Accident Analysis and Prevention*, Vol (72), pp.66-77.

- Ben, A., Lerman, S. (1993). Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand. *The MIT Press*, 5th printing.

- Chris, L., Xuancheng, L. (2014). Analysis of injury severity of drivers involved in single and two-vehicle crashes on highways in Ontario..

Accident Analysis and Prevention, Vol (71), pp. 286-295.

- Kirolos, H., Albert, G. (2013). Effect of driver's age and side of impact on crash severity along urban freeways: A mixed logit approach. *Journal of Safety Research*, Vol (46), pp. 67-76.

-Mazandaran Province – General Office Of Legal Medicine. (2014). <http://www.mz.mlo.ir>.

- Pahukul, A. Jasmine, J. Hernandez, S. Unnikrishnan, A. (2015). A time of day analysis of crashes involving large trucks in urban areas. *Accident Analysis and Prevention*, Vol (75), pp. 155-163.

- Ranja, B., Mitra, S. (2013). Modelling Severity Level in Multi-Vehicle Collision on Indian Highways. *Social and Behavioral Sciences*, Vol (104), pp.1011 - 1019.

-Road Maintenance Transportaion Organization. (2014). <http://rmta.ir/Salname Amari>.

- Sudman, Seymour. (1976). *Applied Sampling*. New York: Academic Press.
- World Health Organization. (2013). Global Status Report On Road Safety, http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/en/ (2013,12,28).
- Yuanchang, X., Kaiguang, Zh., Nathan, H. (2011). Analysis of driver injury severity in rural single-vehicle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, Vol (47), pp.36– 44.
- Yunqi, Zh. (2011). *Exploring single vehicle crash severity on rural, two-lane highways with crash-level and occupant-level multinomial logit models*. Msc: The University of Utah.
- Abegaz, T. Yemane, B. Alemayehu, W . Abebe, A. (2014). Effects of excessive speeding and falling asleep while driving on crashinjury severity in Ethiopia: A generalized ordered logit model analysis. *Accident Analysis and Prevention*, Vol (71), pp.15–21.
- Qiong, W., Feng, Ch., Xiaoyue Cathy, L., Hua, W., Susan, M. (2014). Mixed logit model-based driver injury severity investigations insingle and multi-vehicle crashes on rural two lane highways. *Analysis and Prevention*, Vol 72 , pp.105–115.
- Fan, Y., Dominique, L. (2014). Comparing three commonly used crash severity models on sample size requirements: Multinomial logit, ordered probit and mixed logit models. *Analytic Methods in Accident Research- vol 1*, pp 72-85.

