

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری به تفکیک گروه‌های مختلف سنی

راننده با استفاده از رگرسیون لوجیت چندگانه

سید صابر ناصرعلوی (مسئول مکاتبات)، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

E-mail: saber_naseralavi@uk.ac.ir

محمد سلطانی راد، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

اکرم مظاهری، دکترای حمل و نقل، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۲

دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۷

چکیده

موضوع نحوه ایمن‌سازی راه‌ها برای رانندگان در گروه‌های سنی مختلف به علت تغییر مداوم توزیع سنی رانندگان مهم است. با توجه به این موضوع، هدف از این مطالعه بررسی ویژگی‌های مختلف تصادف و ارائه پیشنهادات در مورد نحوه بهبود ایمنی راه‌ها برای همه گروه‌های سنی است. این مطالعه با استفاده از سامانه داده‌های اطلاعات ایمنی راه (HSIS) عوامل موثر بر شدت آسیب تصادف وسایل نقلیه موتوری برای رانندگان جوان (۱۶-۲۵ ساله)، میانسال (۲۶-۶۴ ساله) و مسن (بالای ۶۴ سال) در ایالت کالیفرنیا را از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ بررسی می‌کند. از یک مدل لوجیت چندگانه برای مدلسازی تصادفات مربوط به هر گروه سنی و ارزیابی وزن متغیرهای مختلف پیش‌بینی کننده بر شدت آسیب استفاده شد. متغیرهای پیش‌بینی کننده به چهار مشخصه راننده، راه، تصادف و محیط اطراف طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان می‌دهد تصادف جلو به عقب احتمال مرگومیر و صدمات جانی را برای هر سه گروه سنی به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند درحالیکه آب و هوای صاف و بارانی احتمال مرگومیر و صدمات جانی را برای هر سه گروه سنی کاهش می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که شباهت زیادی بین عوامل پیش‌بینی کننده شدت تصادف برای رانندگان جوان و میانسال وجود دارد، اما رانندگان مسن‌تر در مقایسه با بقیه سایر گروه‌های سنی باید در شرایط محیطی و راه احتیاط بیشتری داشته باشند. رانندگان جوان به دلیل تجربه کم در رانندگی، مهارت‌های رانندگی خود را در طول زمان بیشتر می‌کنند، درحالیکه رانندگان میانسال به خصوص رانندگان مرد تجربه رانندگی بیشتری دارند و در نتیجه تمایل به رفتارهای پرخطر کمتری دارند. نتیجه دیگری که از این مطالعه به دست آمد این است که الگوی رفتار رانندگی در رانندگان مسن تغییرات کمتری نسبت به سایر گروه‌های سنی با صرف نظر از شرایط اطراف دارد.

کلمات کلیدی: تحلیل شدت تصادفات، مدل رگرسیون لوجیت چندگانه، تصادفات وسایل نقلیه موتوری، مدلسازی مبتنی بر سن

۱. مقدمه

افراد ۲۵ تا ۸۴ ساله دومین علت اصلی مرگ است. علاوه بر این، هر روز مرگ ۶ تن از نوجوانان بین ۱۶ تا ۱۹ سال در اثر آسیب دیدگی برخورد وسیله نقلیه موتوری ثبت می‌شود. احتمال رانندگان نوجوان (بین ۱۳ تا ۱۹ سال) درگیر در تصادفات فوتی تقریباً سه برابر رانندگان ۲۰ ساله است (Haghighi et al., 2018).

با استفاده از این حقایق، تحلیل فراوانی و شدت برخورد، دو اصل مهم برای ارزیابی ایمنی ترافیک است (Lee et al., 2018). تحلیل فراوانی برخورد در سطح کلان (شهرستان، ایالت، مناطق تحلیل ترافیک، سطح وسیع و غیره) انجام می‌شود، در حالی که تحلیل شدت در سطح خرد (راننده، سرنشین، عابر پیاده و غیره) انجام می‌شود. در تحلیل فراوانی برخورد، عواملی مانند عوامل اجتماعی، اقتصادی، جمعیت شناختی را در نظر گرفته می‌شود که مربوط به جمعیت زیادی از مردم یک منطقه است. تحلیل شدت با ویژگی‌های فردی قربانی تصادف انجام می‌شود. عوامل در نظر گرفته شده شامل سن، جنسیت، مهارت رانندگی و سایر متغیرهای شخصی برای قربانی است (Chung, 2018).

مطالعات موجود نشان می‌دهد که عواملی مانند شرایط نامناسب روشنایی معابر، شرایط نامناسب آب و هوایی و تعداد وسایل نقلیه درگیر می‌توانند به میزان قابل توجهی در افزایش شدت آسیب دیدگی رانندگان دخیل باشند (Chen et al., 2015). علاوه بر این، اودین و هوینه ثابت کردند که رانندگان کامیون حامل مواد خطرناک متحمل شدت جراحات بیشتری نسبت به مسافران داخل همان کامیون می‌شوند. همچنین محققان دریافتند که در بزرگراه‌های غیر ایالتی، سرنشینان کامیون حدود ۵۰٪ احتمال دارد که در حوادث برخورد با ترافیک، هیچ صدمه‌ای نبینند (Uddin & Huynh, 2018).

حلیم و همکاران آسیب‌های مربوط به تصادف عابرین پیاده در تقاطعات را با استفاده از مدل لوجیت ترکیبی تحلیل کردند. دو سطح شدت (کشنده و غیر کشنده) در مدل‌سازی تصادف آنها

گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۸ نشان داد که هر ساله بیش از ۱,۲۵ میلیون نفر بر اثر تصادفات جاده‌ای جان خود را از دست می‌دهند. جراحات غیر فوتی نیز در حدود ۵۰ میلیون نفر ثبت شده است و این آسیب‌ها معمولاً منجر به معلولیت‌های دائمی می‌شود (Lee et al., 2018). در سال ۲۰۱۰، خسارت تقریبی ۲۴۰ میلیارد دلار در اثر وقوع تصادفات وسایل نقلیه موتوری برآورد شد که حدود ۲٪ از تولید ناخالص داخلی ایالات متحده را نشان می‌دهد (Lee et al., 2018). پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، در صورت عدم اقدام پیشگیرانه، تصادفات جاده‌ای به هفتمین علت اصلی مرگ تبدیل شود (Lee et al., 2018).

برخی تحقیقات آماری نشان داده است که میزان برخوردهای ترافیکی بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ کاهش یافته است. علی‌رغم این موضوع، میزان خسارت و تلفات رانندگی در سال ۲۰۱۲ افزایش یافته است که نه تنها بر لزوم بررسی فراوانی برخورد بلکه به شدت آسیب و فوتی‌ها نیز تأکید می‌کند (Adebisi et al., 2019). در سال ۲۰۱۵ حدود ۶,۳ میلیون مورد، گزارش تصادف رانندگی وسایل نقلیه موتوری توسط پلیس گزارش شده است که ۰,۰۶٪ (۳۲۱۶۶) نفر منجر به فوت، ۲۷,۲٪ (۱ میلیون و ۷۱۵ هزار نفر) مصدوم و ۷۲,۲٪ (۴ میلیون و ۴۸۸ هزار نفر) خسارت مالی بوده است (Chung, 2018). در مقایسه با سال ۲۰۱۵، آمار نشان داد که در سال ۲۰۱۶ تصادفات فوتی (۳۴۴۳۹ نفر) و تلفات بیشتری رخ داده است (Chung, 2018).

مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها گزارش کرد که وسایل نقلیه موتوری در سال ۲۰۱۵ علت اصلی مرگ و میر برای افراد ۱۰ ساله و سنین ۱۶ تا ۲۳ ساله بودند (Chung, 2018). بر اساس آمار مربوط به جراحات وارده که توسط شورای ایمنی ملی در سال ۲۰۱۷ منتشر شد، بیشتر مرگ و میرها برای افراد ۱ تا ۲۴ ساله بر اثر تصادفات وسیله نقلیه موتوری ثبت می‌شود و برای

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجوجیت چندگانه

در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که وجود کامیون در جریان ترافیک، سرعت مجاز، سن عابر پیاده، متوسط حجم ترافیک روزانه در سال^۱ (AADT)، زمان تصادف، روشنایی و شرایط آب و هوایی از جمله متغیرهای پیش‌بینی‌کننده قابل‌توجه بودند. در تقاطع‌های بدون چراغ، آنها دریافتند که نوع پیاده رو، روشنایی نامناسب، سن عابر پیاده و وضعیت سطح راه در پیش‌بینی شدت آسیب تصادف قابل‌توجه است (Haleem et al., 2015). علاوه بر این، بهنود و همکاران از مدل کلاس پنهان برای تحلیل تأثیر سن، جنسیت و مصرف الکل بر شدت آسیب دیدگی راننده استفاده کردند. مشخص شد که محتوای الکل در خون رانندگان تأثیر مستقیمی بر نتایج شدت آسیب در بین جنس‌های مختلف دارد (Behnood et al., 2014). همچنین کیم و همکاران پی بردند که احتمال آسیب دیدگی منجر به فوت برای رانندگان مرد افزایش یافته است (Kim et al., 2013). آنها همچنین دریافتند که یک راننده مسن‌تر که با وسیله‌نقلیه قدیمی‌تر رانندگی می‌کند، می‌تواند شدت آسیب تصادف را افزایش دهد (Kim et al., 2013).

تصادفات راننده مسن‌تر با تصادفات مربوط به گروه‌های سنی دیگر، از نظر مکانی و زمانی کاملاً متفاوت است. آنها دریافتند که تصادفات رانندگان مسن‌تر در مناطق مرکزی که دارای جمعیت زیادی از افراد مسن هستند، بیشتر اتفاق می‌افتد (Ulak, Ozguven, Spainhour, et al., 2017). بریتمن و همکاران با در نظر گرفتن رانندگان نوجوان مبتدی پی بردند که به ازای هر تصادف گروه نوجوانان، راننده نوجوان ۷۵٪ از تصادفات را مقصر بوده است (Braitman et al., 2008). دونمز و لیو مشاهده کردند که مواردی مانند ارسال پیامک و حرف زدن با مسافران، حواس راننده را پرت می‌کنند و باعث افزایش شدت آسیب دیدگی برای رانندگان جوان و میانسال می‌شود. آنها همچنین رابطه نزدیکتری بین مشخصات تصادف برای رانندگان جوان و میانسال نسبت به رانندگان مسن و سایر گروه‌های سنی پیدا کردند (Donmez & Liu, 2015).

بررسی شدت آسیب تصادف فقط از حیث وسایل نقلیه موتوری نبوده است. تغییرات مبتنی بر سن در مشخصات تصادف حتی برای دوچرخه سواران و عابران پیاده نیز وجود دارد (Deb et al., 2017; Useche, Alonso, Montoro, & Esteban, 2019; Useche, Alonso, Montoro, & Tomas, 2019). به‌عنوان مثال، مشخص شد که فراوانی دوچرخه سواران جوان عامل پیش‌بینی‌کننده مهمی برای رفتارهای پرخطر است. از طرف دیگر، فراوانی دوچرخه سواری با رفتار پرخطر با دوچرخه سواران مسن ارتباطی نداشت (Useche, Alonso, Montoro, & Esteban, 2019). دب و همکاران دریافتند که عابران پیاده مسن نسبت به عابران پیاده جوان رفتارهای مثبت تری نشان می‌دهند. در واقع آنها دریافتند که تفاوت زیادی بین رفتارهای عابران پیاده در سنین پایین و میانسال وجود ندارد، اما بین عابران پیاده مسن و سایر گروه‌های سنی تفاوت معنی‌داری وجود دارد (Deb et al., 2017).

یکی از مطالعات اخیر به روزترین تحقیق را در خصوص خطرات تصادف افراد سالخورده در ایالات متحده با تمرکز بر تقاطع‌ها ارائه کرده است. این مطالعه نشان داد که رانندگان مسن به دلیل

در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که وجود کامیون در جریان ترافیک، سرعت مجاز، سن عابر پیاده، متوسط حجم ترافیک روزانه در سال^۱ (AADT)، زمان تصادف، روشنایی و شرایط آب و هوایی از جمله متغیرهای پیش‌بینی‌کننده قابل‌توجه بودند. در تقاطع‌های بدون چراغ، آنها دریافتند که نوع پیاده رو، روشنایی نامناسب، سن عابر پیاده و وضعیت سطح راه در پیش‌بینی شدت آسیب تصادف قابل‌توجه است (Haleem et al., 2015). علاوه بر این، بهنود و همکاران از مدل کلاس پنهان برای تحلیل تأثیر سن، جنسیت و مصرف الکل بر شدت آسیب دیدگی راننده استفاده کردند. مشخص شد که محتوای الکل در خون رانندگان تأثیر مستقیمی بر نتایج شدت آسیب در بین جنس‌های مختلف دارد (Behnood et al., 2014). همچنین کیم و همکاران پی بردند که احتمال آسیب دیدگی منجر به فوت برای رانندگان مرد افزایش یافته است (Kim et al., 2013). آنها همچنین دریافتند که یک راننده مسن‌تر که با وسیله‌نقلیه قدیمی‌تر رانندگی می‌کند، می‌تواند شدت آسیب تصادف را افزایش دهد (Kim et al., 2013).

شدت آسیب عابران پیاده در تصادفات با وسایل نقلیه با استفاده از داده‌های تصادفات پلیس بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰ در ایالت کارولینای شمالی توسط کیم و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق مدل *heteroskedastic* با مدل *MNL* مقایسه گردید. نتایج نشان داد که احتمال تصادفات منجر به فوت در زمان اوج ترافیک بعد از ظهر، با کنترل علائم راهنمایی و رانندگی، با افزایش سن راننده، در جاده قوسی، در آب‌وهوای نامناسب، راه رفتن عابر پیاده در خط عابر پیاده و در امتداد راه کاهش می‌یابد. نویسنده همچنین اشاره کرد که مدل *heteroskedastic* می‌تواند تناسب بهتری نسبت به مدل *MNL* ارائه دهد (Kim et al., 2008).

برخی مطالعات بر تغییرات ایمنی ترافیک مبتنی بر سن اشاره کرده‌اند. اولاک و همکاران تصادفات در شمال فلوریدا را بر اساس گروه‌های سنی مختلف تحلیل کردند. این مطالعه نشان داد

خصوصیات محیطی، مشخصات راه، مشخصات تصادفات و مشخصات رانندگان ارائه می‌گردد. همچنین در این مقاله شدت آسیب با استفاده از مقیاس KABCO تعریف شده و به پنج سطح طبقه‌بندی می‌شود که شامل آسیب کشنده و ۴ سطح آسیب دیدگی می‌شود.

۲. ابزار و روش‌ها

۲-۱ داده‌ها

HSIS یک تلاش هماهنگ توسط اداره راه‌های فدرال^۳ ایالات متحده (FHWA) است که شامل متغیرهای راه و تصادف است. متغیرهای راه شامل اطلاعات مربوط به نوع راه، از جمله تعداد خطوط، نوع شانه، میانه و عرض شانه و سایر مشخصات هندسی مربوطه است. متغیرهای تصادف شامل اطلاعات مربوط به خودرو و سرنشین است که شامل نوع وسیله‌نقلیه، سن سرنشین، جنسیت، شدت تصادف، شرایط آب و هوایی و سایر متغیرهای محیطی است.

تصادفات کالیفرنیا از سال ۲۰۱۵-۲۰۱۷ از پایگاه داده HSIS بدست آمده است. این داده‌ها فقط شامل تصادفات گزارش شده توسط پلیس برای ایالت کالیفرنیا است. هنگامی که داده‌های ۳ ساله با موفقیت ادغام شدند، تصادفات مربوط به وسایل نقلیه موتوری به‌عنوان داده‌های مورد نیاز برای این مطالعه استخراج شدند. در طول ۳ سال در مجموع ۱۶۰۷۶۸۸ تصادف رخ داده است.

ردیف‌های خالی داده، از داده‌های تصادف کلی حذف شدند. در مواردی که یک متغیر دارای نقاط داده خالی زیادی باشد، متغیر مورد نظر نیز کاملاً حذف گردید. پس از حذف کردن و فیلتر کردن داده‌ها، ۱۷ متغیر برای توسعه مدل باقی ماند. تعداد کل تصادفات باقیمانده ۵۱۶۲۶۴ مورد است. سپس داده‌های تصادفات به تفکیک رانندگان جوان (۱۶-۲۵ ساله)، میانسال (۲۶-۶۴) و مسن (بالای ۶۴ سال) گروه‌بندی شدند. از ۱۷ متغیر به دست آمده پس از حذف کردن و فیلتر کردن، برای توسعه

پیر شدن طبیعی و فرسودگی با چالش‌های زیادی از قبیل مهارت‌های حسی، ادراکی، شناختی و هدایت وسیله‌نقلیه روبرو هستند. این موضوع نیاز به توجه و مداخله دارد، زیرا جمعیت بسیاری از جوامع از جمله ایالات متحده به‌طور مداوم در حال پیر شدن است (Lombardi et al., 2017).

به‌طور خاص برای ایالت کالیفرنیا، قبلاً گفته شد که این ایالت اخیراً به‌عنوان دومین ایالت با بالاترین تصادفات رانندگان جوان رتبه‌بندی شده است. با این وجود، یافتن ابزاری برای بهبود عملکرد ایمنی راه‌ها برای همه گروه‌های سنی مهم است. این امر خواستار تحقیقات بیشتر است. در نتیجه، هدف از این مطالعه به دست آوردن بینشی در مورد عواملی بود که تعیین‌کننده شدت تصادف برای گروه‌های سنی مختلف است و برخی توصیه‌ها را در مورد چگونگی بهبود مسیرها برای همه گروه‌های سنی ارائه می‌دهد. بنابراین مطالعه حاضر تغییرات مرتبط با سن را به ویژه برای ایالت کالیفرنیا در نظر گرفته است. در سال ۲۰۱۳، کیم و همکاران مطالعه مشابهی انجام دادند اما فقط تصادفات یک وسیله‌نقلیه را بررسی کردند. تحلیل آن‌ها به تفکیک گروه‌های مختلف سنی صورت نگرفته است (Kim et al., 2013).

این مطالعه با استفاده از داده‌های سامانه اطلاعات ایمنی راه^۴ (HSIS)، در جستجوی شناسایی عوامل موثر بر شدت آسیب دیدگی وسایل نقلیه موتوری به تفکیک سن راننده در ایالت کالیفرنیا است. سه گروه سنی مختلف، رانندگان جوان (۱۶-۲۵ سال)، رانندگان میانسال (۲۶-۶۴ سال) و رانندگان مسن (۶۵ سال و بالاتر) مشخص شد. هدف این مقاله بررسی تأثیر مشخصات مختلف بر روی احتمال تلفات جانی برای هر گروه سنی و همچنین تفاوت بین هر یک از گروه‌های سنی است.

یکی از جنبه‌های نوآوری این مقاله نسبت به مطالعات پیشین همانطور که نتایج نشان خواهد داد، مشخصات تصادفات، به ویژه نوع تصادف است و مشخص شد که تصادفات جلو به عقب تأثیر مثبتی بر افزایش احتمال وقوع تصادفات فوتی برای همه گروه‌های سنی دارد. نتایج به تفکیک چهار بخش کلی

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجوجیت چندگانه

- $X_4 =$ نوع میانه (اگر جدا نشده بدون خط کشی ۱ اگر نه ۰)
- $X_5 =$ نوع میانه (اگر جدا نشده با خط کشی ۱ اگر نه ۰)
- $X_6 =$ نوع میانه (اگر جدا شده با روسازی ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_7 =$ نوع میانه (اگر جدا شده بدون روسازی ۱ اگر نه ۰)
- $X_8 =$ نوع زمین (اگر هموار ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_9 =$ نوع زمین (اگر تپه ماهور ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{10} =$ نوع راه (اگر شهری ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{11} =$ نوع تصادف (اگر شاخ به شاخ ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{12} =$ نوع تصادف (اگر از کنار ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{13} =$ نوع تصادف (اگر جلو به عقب ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{14} =$ آب و هوا (اگر صاف ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{15} =$ آب و هوا (اگر بارانی ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{16} =$ آب و هوا (اگر ابری ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{17} =$ آب و هوا (اگر طوفانی ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{18} =$ سطح راه (اگر خشک ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{19} =$ سطح راه (اگر مرطوب ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{20} =$ جنسیت (اگر مرد ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_{21} =$ تعداد خطوط (اگر دوخطه ۱ در غیر اینصورت ۰)

شدت آسیب در پایگاه داده HSIS با استفاده از مقیاس KABCO تعریف شده به پنج (۵) سطح طبقه‌بندی می‌شود. آسیب کشنده (K) و ۴ سطح آسیب دیدگی شدید شامل: آسیب شدید یا ناتوان‌کننده (سطح ۱، (A))، آسیب غیر ناتوان‌کننده یا آسیب دیدگی متوسط (سطح ۲، (B))، آسیب دیدگی کم یا ممکن (سطح ۳، (C)) و بدون آسیب (سطح ۴، (O)). هر یک از این سطوح شدت تصادف در مدل‌سازی شدت تصادف در این مطالعه محاسبه شد.

متغیر وابسته (شدت آسیب) به‌عنوان یک متغیر پاسخ چند اسمی کدگذاری شد که برای مدل MNL مناسب است. مدل MNL با فرض خطی بودن و ترکیب متغیرهای مستقل، احتمال وجود یک نتیجه در یک گروه شدت آسیب نسبت به گروه مرجع k را

مدل در مراحل اولیه استفاده شد. در نتیجه پس از حذف کردن داده‌هایی که شامل متغیرهای غیر از ۱۷ مورد ذکر شده بودند، ۱۰۰۳۴ تصادف برای رانندگان جوان، ۱۸۴۲۵ تصادف برای رانندگان میانسال و ۳۸۶۱ تصادف برای رانندگان مسن بدست آمد. سپس متغیرها به چهار دسته اصلی راه، راننده، تصادف و ویژگی‌های محیطی تقسیم می‌شوند. همچنین، متغیرها به متغیرهای دسته‌ای تبدیل شدند. برای شناسایی عوامل موثر بر شدت تصادف برای هر گروه سنی، این مطالعه از روش مدل‌سازی لجوجیت چندگانه^۴ (MNL) استفاده کرده است. در ادبیات تحقیق مدل‌های زیادی در تحلیل شدت تصادف استفاده شده است. با این حال، MNL پرکاربردترین رویکرد آماری برای تعیین اهمیت متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در تعیین نتیجه متغیرهای خروجی است (Haleem & Gan, 2013). مدل MNL محدودیتی در ضریب متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در توابع شدت مختلف ایجاد نمی‌کند، در نتیجه امکان مشاهده تأثیر یک متغیر واحد بر نتایج مختلف آسیب را فراهم می‌کند.

مفروضات رگرسیون لجستیک چند گانه عبارتند از: خطی بودن، بدون موارد پرت و استقلال. محدودیت اصلی رگرسیون لجستیک، فرض خطی بودن بین متغیر وابسته و متغیر مستقل است از اینرو مسائل غیر خطی را نمی‌توان با رگرسیون لجستیک حل کرد زیرا سطح تصمیم‌گیری خطی دارد. داده‌های قابل جداسازی خطی به ندرت در سناریوهای دنیای واقعی یافت می‌شوند. همچنین به دست آوردن روابط پیچیده با استفاده از رگرسیون لجستیک دشوار است. الگوریتم‌های قدرتمندتر و فشرده‌تر مانند شبکه‌های عصبی به راحتی می‌توانند از این الگوریتم بهتر عمل کنند.

۲-۲ فهرست متغیرهای بکار رفته در این تحقیق

- $X_1 =$ شرایط نور (اگر نور روز ۱ در غیر اینصورت ۰)
- $X_2 =$ شرایط نور (اگر تاریک، خیابان چراغ دار ۱ اگر نه ۰)
- $X_3 =$ روز (اگر آخر هفته ۱ در غیر اینصورت ۰)

همانطور که قبلاً توضیح داده شد، سطح شدت آسیب در داده‌های HSIS با توجه به مقیاس KABCO است و البته باید سطح شدت آسیب پایه برای MNL مشخص شود. در این مطالعه از سطح شدت «بدون آسیب» به‌عنوان گروه پایه یا مرجع برای سطح شدت دیگر استفاده می‌شود. بنابراین، نتیجه این تلاش پژوهشی منجر به مجموعه‌ای از چهار مدل‌سازی MNL برای چهار سطح شدت دیگر نسبت به گروه پایه (سطح شدت بدون آسیب) است.

۳. نتایج

توزیع فراوانی برای گروه‌های سنی مورد بررسی برای هر سطح تصادف در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل، روندهای مشابهی برای توزیع فراوانی تصادف در گروه‌های سنی مختلف مشاهده می‌شود. رانندگان مسن در مقایسه با رانندگان جوان درصد بالاتری از تصادفات با آسیب احتمالی در طول ۳ سال داشته‌اند. همچنین در مقایسه با رانندگان جوان و میانسال، تصادفات بدون آسیب کمتری داشته‌اند. علاوه بر این درصد فراوانی تصادفات منجر به مرگ، سطح ۱ و سطح ۲ در هر سه گروه سنی مورد بررسی تقریباً مشابه است. این موضوع با توجه به وضعیت آسیب‌پذیری بدن انسان مسن منطقی است. زیرا رانندگان مسن‌تر نسبت به سایر گروه‌های سنی به نیروهای خارجی حساس‌تر هستند و در نتیجه شدت آسیب را بیشتر می‌کند.

توضیح می‌دهد. در نتیجه، احتمال هر سطح شدت تابعی غیرخطی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده p است. مدل MNL به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\ln\left(\frac{\pi_1}{\pi_2}\right) = \alpha_1 + \beta_{11}X_1 + \beta_{12}X_2 + \dots + \beta_1 X_p' \quad (1)$$

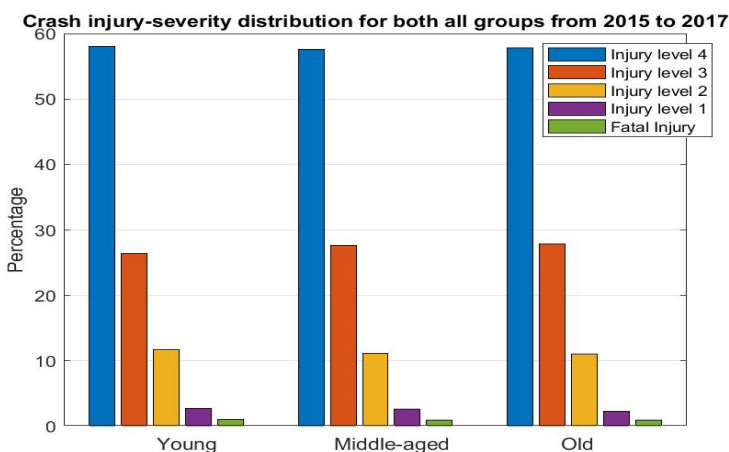
$$\ln\left(\frac{\pi_2}{\pi_k}\right) = \alpha_2 + \beta_{21}X_1 + \beta_{22}X_2 + \dots + \beta_{2p}X_p' \quad (2)$$

$$\ln\left(\frac{\pi_{k-1}}{\pi_k}\right) = \alpha_{(k-1)} + \beta_{(k-1)1}X_1 + \beta_{(k-1)2}X_2 + \dots + \beta_{(k-1)p}X_p' \quad (3)$$

که در آن $\pi_j = P(y = j)$ احتمال رخداد تصادف در گروه j است، k تعداد متغیرهای وابسته را مشخص می‌کند و p تعداد متغیرهای مستقل را ارائه می‌دهد. مجموع معادلات $j - 1$ با استفاده از روش بهینه‌سازی حداقل مربعات وزن دار که مرتباً برآورد احتمال ضریب هر متغیر مستقل را پیدا می‌کند، به دست می‌آیند. ضریب به دست آمده تأثیرات متغیر پیش‌بینی‌کننده بر احتمال حضور در یک گروه شدت آسیب j را در برابر رده مرجع k انتخاب می‌کند. نتیجه حاصل به شرح زیر است:

$$\pi_j = p(y = j) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{k-1} e^{\alpha_j + \sum_{l=1}^p \beta_{jl} X_l}} \quad (4)$$

جهت توسعه مدل فقط از تصادفات مربوط به وسایل نقلیه موتوری برای گروه‌های سنی مختلف در نظر گرفته شد. مدل‌های MNL با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ساخته شد.



مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجوجیت چندگانه

شکل ۱. توزیع شدت آسیب تصادف برای همه گروه‌ها از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷

و مسن، ۵۸٪ تصادف بدون آسیب را برای همه گروه‌های سنی فراهم کرده است (جدول ۱ تا ۳). برای عوامل راه، میانه‌های راه جدا شده و روسازی شده بیشترین تصادف بدون آسیب را برای همه گروه‌های سنی داشتند. این موضوع منطقی است، زیرا میانه‌های جدا شده و روسازی شده شرایط مناسب بین دو جریان ترافیکی مخالف را فراهم می‌کنند و می‌توانند خطر برخورد شاخ به شاخ دو خودرو با یکدیگر را کم کرده و به‌طور بالقوه شدت آسیب را کاهش دهند. به‌علاوه، تمام گروه‌های سنی در زمین‌های تپه ماهور در مقایسه با زمین‌های هموار، تصادفات بیشتری را داشته‌اند. زمانیکه سطح جاده خیس باشد، به ترتیب ۵۸٪ و ۵۵٪ تصادفات رانندگان جوان و میانسال بدون آسیب بودند (جدول ۱ و ۲)، در حالی که ۶۱٪ رانندگان مسن بدون آسیب بودند (جدول ۳). این موضوع نشان می‌دهد تصادفات ثبت شده در چنین شرایطی، بیشتر مربوط به آسیب دیدگی برای رانندگان میانسال است.

جدول ۱ تا ۳ نسبت متغیرهای دسته‌ای مورد استفاده را نشان می‌دهند. این جداول توزیع فراوانی سطح شدت تصادف را برای هر گروه سنی برای هر یک از متغیرها نشان می‌دهند. از نظر عوامل محیطی، برای رانندگان جوان، ۵۸٪ از تصادفات در روز، تصادف بدون آسیب است، در حالی که ۶۰٪ از تصادفات در شرایط تاریک و چراغ خیابان بدون آسیب است (جدول ۱). به‌طور مشابه، رانندگان میانسال در نور روز ۵۸٪ بدون آسیب دیدگی و در شرایط تاریک و چراغ خیابان ۵۹٪ تصادف می‌کنند (جدول ۲).

از طرف دیگر، رانندگان مسن ۵۷٪ تصادف بدون آسیب در روشنایی روز و ۶۵٪ تصادف بدون آسیب در شرایط تاریک و چراغ خیابان داشتند (جدول ۳). همین روند برای رانندگان جوان و میانسال و روند دیگری برای رانندگان مسن مشاهده شد. رانندگان مسن هنگام رانندگی هنگام شب احتیاط بیشتری نسبت به روز دارند. شرایط جوی صاف برای رانندگان جوان، میانسال

جدول ۱. توزیع فراوانی شدت تصادف رانندگان جوان

O		K		A		B		C		متغیر
نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	
ویژگی نور محیط										
0/58	3318	0/01	69	0/04	222	0/12	707	0/25	1451	نور روز
0/60	1208	0/01	20	0/04	79	0/13	254	0/23	454	تاریک، خیابان دارای چراغ
آب و هوا										
0/58	4747	0/01	110	0/05	368	0/13	1049	0/23	1850	صاف
0/60	240	0/00	1	0/03	13	0/12	47	0/24	97	بارانی
0/53	799	0/02	34	0/04	66	0/15	223	0/25	382	ابری
1/00	3	0/00	0	0/00	0	0/00	0	0/00	0	طوفانی
ویژگی انواع میانه راه										
0/20	2	0/00	0	0/00	0	0/60	6	0/20	2	جدانشده، بدون خط کشی
0/49	1349	0/03	92	0/09	253	0/17	455	0/21	585	جدانشده، با خط کشی
0/62	3073	0/01	28	0/02	119	0/12	571	0/24	1166	جدانشده، با روسازی

O		K		A		B		C		متغیر
نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	
0/59	1227	0/01	24	0/03	61	0/12	240	0/25	515	جداشده، بدون روسازی
عوارض زمین										
0/60	3786	0/01	60	0/03	175	0/12	735	0/24	1520	هموار
0/56	1215	0/02	36	0/06	132	0/14	302	0/23	491	تپه ماهور
نوع راه										
0/61	4288	0/01	40	0/03	181	0/12	843	0/24	1714	شهری
سطح راه										
0/56	1266	0/02	56	0/06	146	0/16	358	0/19	426	خشک
0/58	3318	0/01	69	0/04	222	0/12	707	0/25	1451	مرطوب
نوع تصادف										
0/19	57	0/14	43	0/22	66	0/22	66	0/22	66	شاخ به شاخ
0/73	1447	0/01	13	0/02	49	0/11	212	0/13	266	از کنار
0/57	2575	0/00	21	0/02	95	0/09	394	0/32	1436	جلو به عقب
ویژگی راننده										
0/57	2897	0/01	74	0/05	244	0/14	690	0/23	1166	جنسیت (مرد)
تعداد خطوط										
0/50	1478	0/03	93	0/09	272	0/17	493	0/21	636	تعداد خطوط (دو خطه)
روز										
0/59	3086	0/02	89	0/04	211	0/12	641	0/23	1225	روز (آخر هفته)

جدول ۲. توزیع فراوانی شدت تصادف رانندگان میانسال

O		K		A		B		C		متغیر
نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	
ویژگی نور محیط										
0/58	6968	0/01	141	0/04	499	0/12	1394	0/26	3104	نور روز
0/59	1755	0/01	29	0/03	93	0/12	358	0/24	720	تاریک، خیابان دارای چراغ
آب و هوا										
0/58	8743	0/01	206	0/04	622	0/12	1854	0/24	3644	صاف
0/57	376	0/01	5	0/06	38	0/12	81	0/25	163	بارانی
0/57	1516	0/01	30	0/04	104	0/13	354	0/25	673	ابری
0/82	9	0/00	0	0/00	0	0/00	0	0/18	2	طوفانی

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجوجیت چندگانه

O		K		A		B		C		متغیر
نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	
ویژگی انواع میانه راه										
0/29	7	0/17	4	0/00	0	0/42	10	0/13	3	جدانشده، بدون خط کشی
0/60	2337	0/01	32	0/03	111	0/11	434	0/26	999	جدانشده، با خط کشی
0/61	5399	0/01	60	0/02	165	0/10	887	0/26	2301	جدانشده، با روسازی
0/50	2584	0/03	141	0/09	476	0/18	904	0/20	1044	جدانشده، بدون روسازی
عوارض زمین										
0/61	6931	0/01	116	0/02	262	0/10	1177	0/25	2845	هموار
0/55	2305	0/01	50	0/05	209	0/13	558	0/25	1049	تپه‌ماهور
نوع راه										
0/60	7836	0/01	88	0/02	288	0/10	1353	0/26	3410	شهری
سطح راه										
0/58	9591	0/01	219	0/04	671	0/12	2019	0/24	3985	خشک
0/55	951	0/01	19	0/05	88	0/12	205	0/28	480	مرطوب
نوع تصادف										
0/18	110	0/15	94	0/21	130	0/25	155	0/21	127	شاخ به شاخ
0/71	2610	0/00	17	0/03	95	0/09	334	0/17	612	از کنار
0/56	4879	0/00	42	0/02	197	0/09	759	0/32	2796	جلو به عقب
ویژگی راننده										
0/57	4979	0/01	127	0/04	376	0/14	1174	0/23	2006	جنسیت (مرد)
تعداد خطوط										
0/51	2826	0/03	147	0/09	496	0/17	958	0/20	1127	تعداد خطوط (دو خطه)
روز										
0/59	5899	0/01	111	0/04	390	0/12	1195	0/24	2395	روز (آخر هفته)

جدول ۳. توزیع فراوانی شدت تصادف رانندگان مسن

O		K		A		B		C		متغیر
نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	
ویژگی نور محیط										
0/57	1677	0/01	27	0/03	100	0/12	363	0/26	761	نور روز
0/65	290	0/01	5	0/03	13	0/11	49	0/20	87	تاریک، خیابان دارای چراغ
آب و هوا										

O		K		A		B		C		متغیر
نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	نسبت	تعداد	
0/58	1862	0/01	37	0/03	108	0/12	385	0/25	798	صاف
0/63	94	0/01	1	0/04	6	0/10	15	0/23	34	بارانی
0/59	306	0/01	5	0/05	24	0/13	65	0/23	117	ابری
0/00	0	0/00	0	0/00	0	0/00	0	1/00	2	طوفانی
ویژگی انواع میانه راه										
0/00	0	0/00	0	0/00	0	0/50	2	0/50	2	جدانشده، بدون خط کشی
0/52	553	0/02	26	0/09	94	0/17	186	0/20	213	جدانشده، با خط کشی
0/62	1177	0/00	8	0/01	24	0/10	194	0/26	487	جدانشده، با روسازی
0/60	482	0/01	9	0/02	20	0/09	73	0/28	224	جدانشده، بدون روسازی
نوع زمین										
0/61	1451	0/01	21	0/02	48	0/10	230	0/26	610	هموار
0/58	501	0/00	4	0/05	40	0/13	112	0/25	214	تپه ماهور
نوع راه										
0/61	1642	0/00	13	0/02	45	0/10	274	0/27	723	شهری
سطح راه										
0/59	2025	0/01	39	0/04	121	0/12	409	0/25	859	خشک
0/61	223	0/01	3	0/04	16	0/10	35	0/24	87	مرطوب
نوع تصادف										
0/18	20	0/13	15	0/25	28	0/20	22	0/24	27	شاخ به شاخ
0/72	581	0/00	3	0/02	20	0/11	88	0/15	118	از کنار
0/57	1084	0/00	9	0/01	25	0/09	163	0/32	605	جلو به عقب
ویژگی راننده										
0/59	1025	0/01	22	0/04	62	0/12	216	0/24	410	جنسیت (مرد)
تعداد خطوط										
0/52	606	0/02	27	0/08	96	0/17	196	0/20	238	تعداد خطوط (دو خطه)
روز										
0/61	1276	0/01	24	0/03	71	0/11	223	0/24	512	روز (آخر هفته)

ویژگی های تصادف نشان می دهد که بیشترین تصادفات منجر به مرگ مربوط به برخوردهای شاخ به شاخ در مقایسه با برخوردهای از کنار و جلو به عقب است. در تصادفات شاخ به شاخ، ۸۱ درصد از رانندگان جوان و ۸۲ درصد از رانندگان میانسال و مسن به نوعی آسیب دیده اند. به طور خلاصه، توزیع فراوانی تصادفات واقعیت های از قبل مشخص شده را نشان می دهد و همچنین به شباهت های بالقوه تصادفات رانندگان جوان و میانسال اشاره دارد. با استفاده از روش مدل سازی که قبلاً فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال چهاردهم / شماره چهارم (۵۷) / تابستان ۱۴۰۲

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتورسیکلت به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجیست چندگانه

دسته‌بندی متغیر توضیح داده خواهد شد. متغیرها قبلاً به چهار دسته مشخصات راننده، تصادف، محیط اطراف و راه طبقه‌بندی شده بودند. هر جفت جدول متوالی نتایج را برای هر گروه سنی ارائه داده است.

در بخش روش شرح داده شده است، می‌توان دید بهتری را در این خصوص به دست آورد.

نتایج مدل‌سازی برای همه تصادفات مربوط به تمام گروه‌های سنی در جداول ۴ تا ۹ ارائه شده است. به منظور دید بهتری از این نتایج، تأثیر هر متغیر را بر نتیجه شدت آسیب بر اساس

جدول ۴. نتایج مدل‌سازی برای رانندگان جوان

علامت	متغیر	مرگبار		سطح آسیب ۱		سطح آسیب ۲		سطح آسیب ۳	
		P_Val	ضریب	P_Val	ضریب	P_Val	ضریب	P_Val	ضریب
	عرض از مبدا	1.00	-35.35	0.00	-17.24	0.00	-15.54	0.26	-1.16
X ₁	روشنایی (نور روز)	0.02	-0.46	0.04	-0.24	0.28	-0.08	0.01	0.18
X ₂	روشنایی (تاریک، خیابان دارای چراغ)	0.74	-0.10	0.54	0.10	0.26	-0.11	0.20	0.11
X ₃	روز هفته (آخر هفته)	0.01	0.50	0.30	-0.11	0.06	-0.12	0.30	-0.05
X ₄	میانه (جدانشده، بدون خط کشی)	1.00	-13.68	1.00	-15.98	0.01	2.13	0.18	1.38
X ₅	میانه (جدانشده، با خط کشی)	0.27	1.43	0.12	-0.52	0.43	-0.19	0.84	0.04
X ₆	میانه (جدانشده، با روسازی)	0.89	0.14	0.24	-0.40	0.01	-0.49	0.10	-0.28
X ₇	میانه (جدانشده، بدون روسازی)	0.72	0.38	0.28	-0.38	0.01	-0.48	0.39	-0.15
X ₈	عوارض زمین (هموار)	0.71	-0.09	0.01	-0.41	0.05	-0.20	1.00	0.00
X ₉	عوارض زمین (تپه‌ماهور)	0.44	-0.19	0.91	-0.02	0.24	-0.12	0.88	0.01
X ₁₀	شهری	0.00	-1.59	0.00	-0.51	0.59	0.06	0.64	0.04
X ₁₁	نوع تصادف (شاخ به شاخ)	0.00	2.83	0.00	1.96	0.00	1.09	0.00	1.20
X ₁₂	نوع تصادف (از کنار)	0.00	-1.21	0.00	-1.09	0.00	-0.91	0.00	-0.55
X ₁₃	نوع تصادف (جلو به عقب)	0.00	-1.17	0.00	-0.92	0.00	-0.82	0.00	0.57
X ₁₄	آب و هوا (صاف)	1.00	15.00	0.00	14.93	0.00	15.30	0.57	-0.53
X ₁₅	آب و هوا (بارانی)	1.00	15.89	0.00	14.91	0.00	15.59	0.71	-0.35
X ₁₆	آب و هوا (بری)	1.00	13.81	N/A	14.39	N/A	15.42	0.49	-0.66
X ₁₇	آب و هوا (طوفانی)	N/A	-1.86	1.00	-1.19	1.00	-0.80	1.00	-16.62
X ₁₈	سطح راه (خشک)	0.99	16.27	0.03	1.59	0.34	-0.28	0.27	0.43
X ₁₉	سطح راه (مرطوب)	0.99	15.26	0.08	1.34	0.01	-0.82	0.10	0.64
X ₂₀	جنسیت (مرد)	0.60	0.09	0.02	0.23	0.12	0.10	0.37	0.05
X ₂₁	تعداد خطوط (۲)	0.20	1.36	0.02	-0.68	0.10	0.10	0.58	0.10

جدول ۵. نسبت شانس برای رانندگان جوان

علامت	متغیر	مرگبار	سطح آسیب ۱	سطح آسیب ۲	سطح آسیب ۳
	عرض از مبدا	4.43E-16	3.27E-08	1.78E-07	3.15E-01
X ₁	روشنایی (نور روز)	6.31E-01	7.84E-01	9.21E-01	1.20E+00
X ₂	روشنایی (تاریک، خیابان دارای چراغ)	9.07E-01	1.10E+00	8.96E-01	1.11E+00
X ₃	روزهفته (آخر هفته)	1.66E+00	9.00E-01	8.90E-01	9.49E-01
X ₄	میانه (جدانشده، بدون خط کشی)	1.14E-06	1.15E-07	8.45E+00	3.97E+00
X ₅	میانه (جدانشده، با خط کشی)	4.16E+00	5.96E-01	8.29E-01	1.04E+00
X ₆	میانه (جدانشده، با روسازی)	1.15E+00	6.74E-01	6.14E-01	7.59E-01
X ₇	میانه (جدانشده، بدون روسازی)	1.46E+00	6.87E-01	6.16E-01	8.62E-01
X ₈	عوارض زمین (هموار)	9.15E-01	6.63E-01	8.19E-01	1.00E+00
X ₉	عوارض زمین (تپه ماهور)	8.31E-01	9.84E-01	8.87E-01	1.01E+00
X ₁₀	شهری	2.03E-01	5.98E-01	1.06E+00	1.04E+00
X ₁₁	نوع تصادف (شاخ به شاخ)	1.69E+01	7.08E+00	2.97E+00	3.31E+00
X ₁₂	نوع تصادف (از کنار)	2.98E-01	3.36E-01	4.04E-01	5.77E-01
X ₁₃	نوع تصادف (جلو به عقب)	3.10E-01	3.99E-01	4.42E-01	1.77E+00
X ₁₄	آب و هوا (صاف)	3.27E+06	3.04E+06	4.43E+06	5.89E-01
X ₁₅	آب و هوا (بارانی)	7.96E+06	2.98E+06	5.90E+06	7.04E-01
X ₁₆	آب و هوا (ابری)	9.98E+05	1.77E+06	4.97E+06	5.19E-01
X ₁₇	آب و هوا (طوفانی)	1.55E-01	3.05E-01	4.49E-01	6.06E-08
X ₁₈	سطح راه (خشک)	1.17E+07	4.89E+00	7.57E-01	1.53E+00
X ₁₉	سطح راه (مرطوب)	4.25E+06	3.83E+00	4.42E-01	1.90E+00
X ₂₀	جنسیت (مرد)	1.10E+00	1.26E+00	1.10E+00	1.05E+00
X ₂₁	تعداد خطوط (۲)	3.90E+00	5.07E-01	1.11E+00	1.11E+00

جدول ۶. نتایج مدل سازی برای رانندگان میانسال

علامت	متغیر	مرگبار		سطح آسیب ۱		سطح آسیب ۲		سطح آسیب ۳	
		P_Val	ضریب	P_Val	ضریب	P_Val	ضریب	P_Val	ضریب
	عرض از مبدا	1.00	-16.53	0.99	-17.09	0.99	-14.09	0.59	-0.51
X ₁	روشنایی (نور روز)	0.04	-0.33	0.59	0.05	0.01	-0.16	0.00	0.16
X ₂	روشنایی (تاریک، خیابان دارای چراغ)	0.55	-0.15	0.05	0.29	0.75	-0.03	0.08	0.12
X ₃	روزهفته (آخر هفته)	0.04	-0.28	0.36	-0.07	0.21	-0.06	0.00	-0.13
X ₄	میانه (جدانشده، بدون خط کشی)	0.00	3.59	N/A	-19.23	0.00	1.62	0.65	0.32

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لوجیت چندگانه

علامت	متغیر	مرگبار		سطح آسیب ۱		سطح آسیب ۲		سطح آسیب ۳	
		P_Val	ضریب	P_Val	ضریب	P_Val	ضریب	P_Val	ضریب
X ₅	میانه (جدانشده، با خط کشی)	0.34	0.78	0.12	0.51	0.04	0.42	0.27	0.17
X ₆	میانه (جدانشده، با روسازی)	0.77	-0.16	0.27	0.37	0.36	0.15	0.30	-0.12
X ₇	میانه (جدانشده، بدون روسازی)	0.89	-0.08	0.06	0.64	0.24	0.20	0.28	-0.13
X ₈	عوارض زمین (هموار)	0.70	-0.07	0.00	-0.84	0.00	-0.39	0.00	-0.27
X ₉	عوارض زمین (تپه‌ماهور)	0.05	-0.39	0.00	-0.44	0.01	-0.21	0.27	-0.07
X ₁₀	شهری	0.00	-1.11	0.01	-0.34	0.40	-0.07	0.02	0.17
X ₁₁	نوع تصادف (شاخ به شاخ)	0.00	3.38	0.00	2.17	0.00	1.35	0.00	1.34
X ₁₂	نوع تصادف (از کنار)	0.00	-1.25	0.00	-0.73	0.00	-0.83	0.00	-0.25
X ₁₃	نوع تصادف (جلو به عقب)	0.00	-0.89	0.00	-0.53	0.00	-0.60	0.00	0.65
X ₁₄	آب و هوا (صاف)	1.00	12.96	0.99	12.63	0.99	13.31	0.16	-1.30
X ₁₅	آب و هوا (بارانی)	1.00	12.80	1.00	12.57	0.99	13.39	0.15	-1.34
X ₁₆	آب و هوا (ابری)	1.00	12.16	0.99	12.82	0.99	13.37	0.09	-1.58
X ₁₇	آب و هوا (طوفانی)	1.00	-0.92	1.00	-1.05	1.00	-0.56	0.14	-1.81
X ₁₈	سطح راه (خشک)	0.06	1.22	0.00	1.93	0.20	-0.22	0.00	0.74
X ₁₉	سطح راه (مرطوب)	0.15	0.96	0.00	1.80	0.01	-0.53	0.00	1.15
X ₂₀	جنسیت (مرد)	0.23	0.16	0.27	0.09	0.00	0.14	0.11	-0.06
X ₂₁	تعداد خطوط (۲)	0.15	-1.12	0.01	0.70	0.77	-0.05	0.08	-0.25

جدول ۷. نسبت شانس برای رانندگان میانسال

علامت	متغیر	مرگبار	سطح آسیب ۱	سطح آسیب ۲	سطح آسیب ۳
	عرض از مبدا	6.61E-08	3.77E-08	7.63E-07	5.98E-01
X ₁	روشنایی (نور روز)	7.20E-01	1.05E+00	8.50E-01	1.18E+00
X ₂	روشنایی (تاریک، خیابان دارای چراغ)	8.64E-01	1.33E+00	9.75E-01	1.12E+00
X ₃	روز هفته (آخر هفته)	7.53E-01	9.31E-01	9.43E-01	8.80E-01
X ₄	میانه (جدانشده، بدون خط کشی)	3.63E+01	4.46E-09	5.08E+00	1.38E+00
X ₅	میانه (جدانشده، با خط کشی)	2.17E+00	1.67E+00	1.52E+00	1.19E+00
X ₆	میانه (جدانشده، با روسازی)	8.50E-01	1.44E+00	1.16E+00	8.90E-01
X ₇	میانه (جدانشده، بدون روسازی)	9.27E-01	1.89E+00	1.22E+00	8.82E-01
X ₈	عوارض زمین (هموار)	9.29E-01	4.30E-01	6.77E-01	7.67E-01
X ₉	عوارض زمین (تپه‌ماهور)	6.79E-01	6.47E-01	8.13E-01	9.29E-01
X ₁₀	شهری	3.29E-01	7.09E-01	9.31E-01	1.18E+00

علامت	متغیر	مرگبار	سطح آسیب ۱	سطح آسیب ۲	سطح آسیب ۳
X ₁₁	نوع تصادف (شاخ به شاخ)	2.95E+01	8.74E+00	3.85E+00	3.83E+00
X ₁₂	نوع تصادف (از کنار)	2.86E-01	4.83E-01	4.35E-01	7.76E-01
X ₁₃	نوع تصادف (جلو به عقب)	4.11E-01	5.89E-01	5.49E-01	1.92E+00
X ₁₄	آب و هوا (صاف)	4.27E+05	3.05E+05	6.06E+05	2.73E-01
X ₁₅	آب و هوا (بارانی)	3.60E+05	2.88E+05	6.55E+05	2.63E-01
X ₁₆	آب و هوا (ابری)	1.91E+05	3.70E+05	6.41E+05	2.07E-01
X ₁₇	آب و هوا (طوفانی)	3.97E-01	3.51E-01	5.71E-01	1.63E-01
X ₁₈	سطح راه (خشک)	3.38E+00	6.90E+00	8.00E-01	2.09E+00
X ₁₉	سطح راه (مرطوب)	2.62E+00	6.05E+00	5.91E-01	3.16E+00
X ₂₀	جنسیت (مرد)	1.18E+00	1.09E+00	1.15E+00	9.44E-01
X ₂₁	تعداد خطوط (۲)	3.28E-01	2.02E+00	9.47E-01	7.77E-01

جدول ۸ نتایج مدل سازی برای رانندگان مسن

علامت	متغیر	مرگبار		سطح آسیب ۱		سطح آسیب ۲		سطح آسیب ۳	
		P_Va I	ضریب	P_Val	ضریب	P_Va I	ضریب	P_Va I	ضریب
	عرض از مبدا	1.00	-30.85	0.97	-32.39	1.00	-15.48	0.99	-16.14
X ₁	روشنایی (نور روز)	0.23	-0.47	0.76	0.08	0.04	0.35	0.14	0.19
X ₂	روشنایی (تاریک، خیابان دارای چراغ)	0.87	0.10	0.48	0.27	0.43	0.18	0.14	-0.25
X ₃	روز هفته (آخر هفته)	0.55	0.20	0.88	-0.03	0.00	-0.31	0.08	-0.14
X ₄	میانه (جدانشده، بدون خط کشی)	1.00	13.16	1.00	13.45	0.99	16.28	0.99	15.82
X ₅	میانه (جدانشده، با خط کشی)	0.99	13.86	0.98	14.82	0.15	0.68	0.62	-0.16
X ₆	میانه (جدانشده، با روسازی)	0.99	13.53	0.99	13.65	0.96	0.02	0.29	-0.28
X ₇	میانه (جدانشده، بدون روسازی)	0.99	14.41	0.99	14.27	0.73	-0.14	0.63	-0.13
X ₈	عوارض زمین (هموار)	0.52	-0.27	0.15	-0.38	0.00	-0.49	0.20	-0.18
X ₉	عوارض زمین (تپه ماهور)	0.01	-1.57	0.47	-0.18	0.13	-0.25	0.56	-0.09
X ₁₀	شهری	0.05	-1.23	0.71	-0.13	0.36	0.18	0.02	0.34
X ₁₁	نوع تصادف (شاخ به شاخ)	0.00	3.37	0.00	2.30	0.00	1.17	0.00	1.43
X ₁₂	نوع تصادف (از کنار)	0.04	-1.34	0.00	-0.79	0.00	-0.64	0.00	-0.60
X ₁₃	نوع تصادف (جلو به عقب)	0.06	-0.87	0.00	-1.15	0.00	-0.63	0.00	0.43
X ₁₄	آب و هوا (صاف)	1.00	14.91	0.00	14.68	1.00	15.46	0.99	15.09
X ₁₅	آب و هوا (بارانی)	1.00	14.45	0.00	14.89	1.00	15.47	0.99	14.93
X ₁₆	آب و هوا (ابری)	1.00	13.73	N/A	14.57	1.00	15.43	0.99	14.82

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتور به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجیست چندگانه

علامت	مرگبار		سطح آسیب ۱		سطح آسیب ۲		سطح آسیب ۳		متغیر
	P_Va I	ضریب	P_Val	ضریب	P_Va I	ضریب	P_Va I	ضریب	
X ₁₇	N/A	16.97	1.00	14.20	1.00	15.26	0.99	32.41	آب و هوا (طوفانی)
X ₁₈	0.78	-0.31	0.24	1.25	0.00	-1.14	0.80	0.14	سطح راه (خشک)
X ₁₉	0.72	-0.47	0.46	0.81	0.00	-1.74	0.59	0.29	سطح راه (مرطوب)
X ₂₀	0.61	0.16	0.50	-0.12	0.94	0.01	0.43	-0.06	جنسیت (مرد)
X ₂₁	0.83	-0.25	0.80	0.20	0.41	-0.35	0.94	-0.02	تعداد خطوط (۲)

جدول ۹. نسبت شانس برای رانندگان مسن

علامت	مرگبار	سطح آسیب ۱	سطح آسیب ۲	سطح آسیب ۳	متغیر
	3.99E-14	8.58E-15	1.89E-07	9.75E-08	عرض از مبدا
X ₁	6.24E-01	1.08E+00	1.42E+00	1.21E+00	روشنایی (نور روز)
X ₂	1.11E+00	1.31E+00	1.19E+00	7.75E-01	روشنایی (تاریک، خیابان دارای چراغ)
X ₃	1.22E+00	9.73E-01	7.37E-01	8.68E-01	روز هفته (آخر هفته)
X ₄	5.22E+05	6.96E+05	1.17E+07	7.40E+06	میانه (جدانشده، بدون خط کشی)
X ₅	1.05E+06	2.74E+06	1.97E+00	8.50E-01	میانه (جدانشده، با خط کشی)
X ₆	7.49E+05	8.48E+05	1.02E+00	7.56E-01	میانه (جدانشده، با روسازی)
X ₇	1.81E+06	1.57E+06	8.73E-01	8.76E-01	میانه (جدانشده، بدون روسازی)
X ₈	7.64E-01	6.81E-01	6.14E-01	8.32E-01	عوارض زمین (هموار)
X ₉	2.07E-01	8.37E-01	7.79E-01	9.18E-01	عوارض زمین (تپه‌ماهور)
X ₁₀	2.93E-01	8.82E-01	1.20E+00	1.41E+00	شهری
X ₁₁	2.91E+01	9.92E+00	3.23E+00	4.18E+00	نوع تصادف (شاخ به شاخ)
X ₁₂	2.62E-01	4.56E-01	5.25E-01	5.47E-01	نوع تصادف (از کنار)
X ₁₃	4.20E-01	3.17E-01	5.33E-01	1.54E+00	نوع تصادف (جلو به عقب)
X ₁₄	3.00E+06	2.38E+06	5.16E+06	3.57E+06	آب و هوا (صاف)
X ₁₅	1.89E+06	2.93E+06	5.25E+06	3.05E+06	آب و هوا (بارانی)
X ₁₆	9.18E+05	2.13E+06	5.01E+06	2.74E+06	آب و هوا (بری)
X ₁₇	2.35E+07	1.47E+06	4.24E+06	1.19E+14	آب و هوا (طوفانی)
X ₁₈	7.31E-01	3.49E+00	3.18E-01	1.14E+00	سطح راه (خشک)
X ₁₉	6.24E-01	2.25E+00	1.76E-01	1.34E+00	سطح راه (مرطوب)
X ₂₀	1.18E+00	8.83E-01	1.01E+00	9.39E-01	جنسیت (مرد)
X ₂₁	7.77E-01	1.22E+00	7.06E-01	9.81E-01	تعداد خطوط (۲)

$$\log \left[\frac{p(y = fatal)}{p(y = no injury)} \right] = -0/33X_1 - 0/28X_3 + 3/59X_4 - 0/39X_9 - 1/11X_{10} + 3/38X_{13} - 1/25X_{14} - 0/89X_{15} + 1/22X_{20} \quad (6)$$

$$\log \left[\frac{p(y = fatal)}{p(y = no injury)} \right] = -1/57X_8 - 1/23X_9 + 3/37X_{13} - 1/34X_{14} - 0/87X_{15} \quad (7)$$

۴. تفسیر و بحث در خصوص نتایج

۴-۱ خصوصیات محیطی

برای رانندگان جوان همانطور که در جدول ۴ نشان داده شده است، رانندگی در روز به احتمال زیاد منجر به تصادفات فوتی کمتری در مقایسه با سایر شرایط روشنایی می‌شود. رانندگان جوان تمایل دارند توانایی رانندگی خود را کشف کنند و سعی می‌کنند در زمانی که فرصت دارند، مانورهای مخاطره آمیزی انجام دهند. جالب‌تر اینکه، مطابق با یافته‌های حلیم و گان برای رانندگان ۲۰ تا ۲۴ ساله، به نظر می‌رسد رانندگی در شب هیچ تأثیری در تصادفات فوتی ندارد (Haleem & Gan, 2013). حقیقی و همکاران نتایج مشابهی بدست آوردند و اظهار داشتند که تصادفات رانندگی در شب معمولاً با برخورد حیوانات همراه است و معمولاً در مقایسه با برخورد خودرو به خودرو شدت کمتری دارند. این امر رانندگی با احتیاط بیشتر در شب به دلیل کاهش دید را بدنبال دارد. نتایج نسبتاً مشابهی نیز برای رانندگان میانسال به دست آمده که در جدول ۶ نشان داده شده است. با این حال، احتمال تصادفات منجر به فوت برای رانندگان میانسال بیشتر از رانندگان جوان است. نسبت شانس تصادفات منجر به فوت با ضریب ۰/۶۳ برای رانندگان جوان و ۰/۷۲ برای رانندگان میانسال که در نور روز رانندگی می‌کنند افزایش می‌یابد. در مدل ادیسی، احتمال تصادفات منجر به فوت رانندگان جوان و

نتایج بر حسب ضریب برای هر متغیر پیش‌بینی کننده، p-value و نسبت شانس^۶ (OR) برای همه گروه‌های سنی ارائه گردید. مقادیر ضریب وزن یک متغیر پیش‌بینی کننده خاص را بر اساس احتمال سطح شدت آسیب تصادف نسبت به خط پایه تعیین می‌شود. p-value نشانگر اهمیت یک متغیر پیش‌بینی کننده در توضیح نتیجه حادثه در یک بازه اطمینان^۷ (CI) خاص است. مقادیر احتمال^۸ p-value در برخی از متغیرهای پیش‌بینی کننده غیر موجود (N/A) است. این موضوع به این دلیل است که در آن متغیر پیش‌بینی کننده بخصوص بالاترین و پایین‌ترین حد بازه اطمینان خاص یکسان است در نتیجه خطای استاندارد برابر صفر می‌شود که موجب می‌شود مقدار p-value متغیر پیش‌بینی کننده غیر موجود (N/A) گردد. در این مطالعه، از ۹۰٪ CI استفاده شده است. بنابراین، p-value ≤ 0.1 مقادیر مهم را نشان می‌دهد. مقدار OR مقدار نمایی ضریب لوجیت است که بیان می‌کند با فرض اینکه همه ضرایب ثابت باشند، یک واحد افزایش یک متغیر به چه اندازه‌ای بر نتیجه شدت تصادف تأثیر گذار است.

پس از اعمال MNL، معادلات ریاضی پیش‌بینی به ترتیب در معادلات (۵) تا (۷) برای رانندگان جوان، میانسال و مسن ارائه شده است. فقط معادلات ریاضی برای پیش‌بینی تصادفات منجر به مرگ و میر در اینجا ارائه شده است. معادلات سایر سطوح شدت آسیب نیز به همین صورت توسط ضرایب این جداول قابل ارائه است.

$$\log \left[\frac{p(y = fatal)}{p(y = no injury)} \right] = -0/46X_1 + 0/5X_3 - 1/59X_{10} + 2/83X_{13} - 1/21X_{14} - 1/17X_{15} \quad (5)$$

کالیفرنیا با این نوع میانه وجود دارد. منطقی است که تصور کنیم راه‌های جدا نشده بدون خط کشی دارای مقدار کمتری برای محدودیت سرعت هستند یعنی سرعت مجاز در آنها پایین‌تر است، در نتیجه احتمال وقوع تصادف به حداقل می‌رسد. نتایج مشابهی برای بخش‌های راه با انواع میانه جدا شده و خط کشی شده انجام شده است. زی و همکاران (Xie et al., 2012) همچنین مشاهده کردند که تصادفات در راه با وجود میانه، کمتر منجر به آسیب سطح ۱ می‌شود. در مدل این مقاله، میانه جدانشده بدون خط‌کشی احتمال تصادفات منجر به مرگ در رانندگان میانسال را افزایش می‌دهد.

زمین‌های هموار احتمال تصادفات فوتی برای رانندگان جوان و میانسال را افزایش یا کاهش نمی‌دهد درحالی‌که زمین‌های تپه ماهور احتمال تصادفات فوتی برای رانندگان میانسال و مسن را کاهش می‌دهد. برای رانندگان جوان (جدول ۴)، زمین هموار و تپه ماهور هیچ تأثیری در احتمال تصادفات منجر به مرگ نداشته است. این نتایج مشابه نتایج و یافته‌های اودین و هوینه است (Uddin & Huynh, 2018). هر دو نوع عوارض زمین تپه ماهور و هموار احتمال تصادفات منجر به مرگ رانندگان مسن را طبق مدل این مقاله کاهش می‌دهند، درحالی‌که طبق مدل ادیبسی و همکاران هیچ تأثیری بر احتمال تصادف رانندگان مسن ندارد ولی این دو نوع عوارض زمین احتمال تصادف را در رانندگان جوان کاهش می‌دهند. همچنین احتمال تصادفات منجر به مرگ رانندگان میانسال در زمین‌های تپه‌ماهور نیز کاهش پیدا می‌کند (Adebisi et al., 2019).

بخش‌های شهری به احتمال وقوع تصادفات فوتی برای رانندگان جوان و مسن کمک نکرده است. با این حال، احتمال تصادفات فوتی برای رانندگان میانسال همانند مدل ادیبسی و همکاران کاهش می‌یابد (Adebisi et al., 2019). این موضوع می‌تواند به دلیل وجود تجهیزات کنترل ترافیک بیشتر در راه‌های شهری باشد. (Chen & Fan, 2019; Lee & Abdel-Aty, 2005).

میانسالی که در نور روز رانندگی می‌کنند، افزایش می‌یابد درحالی‌که در مدل این مقاله کاهش می‌یابد (Adebisi et al., 2019).

جالب است که برای رانندگان مسن شرایط نور عامل مهمی برای احتمال مرگ و میر نیست. این امر نشان می‌دهد که رانندگان مسن در کل دوره رانندگی احتیاط بیشتری دارند. اولاک و همکاران همچنین دریافتند که عوامل مرتبط با دید (مانند شرایط نور) با وقوع تصادف رانندگان مسن ارتباط مخالفی دارند (Ulak, Ozguven, Spainhour, et al., 2017).

شرایط آب و هوایی نتایج بسیار جالبی را ارائه داد. هوای صاف، بارانی و طوفانی از عوامل مهم در شدت آسیب دیدگی برای رانندگان جوان، میانسال و مسن نبود. رانندگان جوان ممکن است به دلیل کم‌تجربگی در شرایط نامساعد تمایل کمتری به رانندگی داشته باشند و از طرف دیگر هوای صاف برای رانندگی مناسب‌تر است، در نتیجه احتمال وقوع تصادفات فوتی کمتر است (Celik & Oktay, 2014). شرایط آب و هوایی بارانی احتمال آسیب دیدگی منجر به مرگ را کاهش می‌دهد، از آنجا که رفتار رانندگی با احتیاط بیشتری همراه است. این بدان معناست است که اگرچه رانندگان مایل به رانندگی در هوای طوفانی یا نامطلوب نیستند، اما در شرایط بارانی مایلند با احتیاط رانندگی کنند. بیشتر فعالیت‌های رانندگی برای هر سه گروه سنی معمولاً تحت هوای صاف بوده است. پس منطقی است که تصور کنیم در شرایط هوای صاف میزان ترافیک بیشتری وجود داشته و احتمالاً خطر تصادف بیشتر بوده است (Osman et al., 2016, 2018).

۴-۲ مشخصات راه

جداول ۴ تا ۹ نشان می‌دهد که میانه‌های جدا شده و با خط کشی در تمام سطوح برای تمام گروه‌های سنی از عوامل موثر در شدت آسیب نبوده‌اند. دلایل احتمالی می‌تواند این امر باشد که تعداد راه‌ها با چنین نوع میانه‌ای که در تصادفات در پایگاه داده HSIS ثبت گردیده است، کم باشد یا تعداد راه‌های کمتری در ایالت

برخوردهای شاخ به شاخ با آن‌ها وجود دارد. اگر برخوردهای شاخ به شاخ با وسیله‌نقلیه دیگری انجام شود، انتظار می‌رود که فوتی باشند. حقیقی و شهبازی نتایج مشابهی در رابطه با انواع تصادفات در میدان‌ها بدست آوردند و اظهار داشتند که علت اغلب تصادفات، بی دقتی راننده بوده و به دلیل سرعت عبوری پایین در میدان‌ها و رخ دادن این تصادفات در ساعات اوج ترافیک با سرعت پایین‌تر اغلب تصادفات خسارتی بوده‌اند (Haghighi & Shahbazi, 2016). با این حال، همانطور که در جداول ۱ تا ۳ نشان داده شده است، بیشتر راه‌ها جدا شده و روسازی شده‌اند. منطقی است که تصور کنیم بیشتر تصادفات بین وسایل نقلیه با وسیله‌نقلیه بوده که احتمالاً منجر به تلفات جانی بیشتری شده است. نتایج بوگ و همکاران و ادیبسی و همکاران نشان می‌دهد احتمال وقوع یک تصادف فوتی برای همه گروه‌های سنی در اثر برخورد جلو به عقب و از کنار افزایش و در اثر برخورد شاخ به شاخ کاهش می‌یابد (Adebisi et al., 2019; Bogue et al., 2017). در مدل ادیبسی و همکاران عکس مدل این مقاله رخ می‌دهد.

برای رانندگان میانسال شدت تصادفات در آخر هفته نسبت به تصادفات روزهای هفته کمتر است، همانطور که در مطالعه اودین و هوینه مشاهده می‌شود (Uddin & Huynh, 2018). اما شدت تصادفات در آخر هفته نسبت به تصادفات روزهای هفته برای رانندگان جوان بیشتر است در حالیکه احتمال تصادفات منجر به فوت رانندگان جوان و میانسال در آخر هفته در مدل ادیبسی افزایش می‌یابد (Adebisi et al., 2019). روز هفته در شدت تصادفات رانندگان مسن هیچ تأثیری ندارد. احتمال تصادفات فوتی در آخر هفته برای رانندگان جوان با ضریب ۰/۰۳ کاهش و برای رانندگان میانسال با ضریب ۰/۲۸ افزایش می‌یابد.

۴-۴ مشخصات رانندگان

معمولاً رفتار رانندگان زن با احتیاط بیشتری همراه است و رانندگان مرد نیز معمولاً پرخاشگرت‌تر هستند، به همین سبب آسیب‌های شدیدتری برای رانندگان مرد مورد انتظار است. علاوه

عامل سطح راه نشان می‌دهد که خشکی یا خیس بودن سطح راه در احتمال مرگ و میر تأثیر داشته است. در مدل ارزیابی شدت تصادفات در میدان‌ها (مطالعه موردی شهر تهران) ارائه شده توسط حقیقی و شهبازی، شرایط سطح راه با ضریب منفی در مدل آمده که نشان دهنده رابطه معکوس این متغیر با شدت تصادفات است. این امر نشان می‌دهد که شرایط نامناسب جوی مانند خیس بودن روسازی، برف و یخ بندان منجر به کاهش شدت تصادفات می‌شود (Haghighi & Shahbazi, 2016). همچنین مطابق با یافته‌های چن و فن، خشکی و رطوبت هر دو احتمال وقوع تصادفات منجر به مرگ را برای رانندگان جوان و میانسال کاهش می‌دهد. با این حال، رانندگی در سطح خشک احتمال تصادف را (ضریب ۱/۲۲) برای رانندگان میانسال افزایش می‌دهد. هر دو عامل در شدت آسیب دیدگی راننده جوان و مسن در همه سطوح نقش نداشتند. این موضوع نشان داد که حتی اگر رانندگان جوان با دقت روی سطوح مرطوب یا خشک حرکت کنند، عوامل دیگری مانند شرایط لاستیک می‌تواند در احتمال تصادف و شدت آسیب نقش داشته باشند. احتمالاً همانند نتیجه‌گیری‌های قبلی، رانندگان مسن بدون توجه به شرایط اطراف معمولاً رانندگان محتاطی هستند (Chen & Fan, 2019). اولاک و همکاران نتایج مشابهی را برای رانندگان مسن به دست آوردند. در آخر، راه‌های دو خطه هیچ تأثیری بر احتمال تصادفات فوتی برای هیچ یک از گروه‌های سنی مطابق با جداول ۴، ۶ و ۸ ندارد (Ulak, Ozguven, & Spainhour, 2017).

۴-۳ مشخصات تصادفات

سه نوع تصادف شاخ به شاخ، از کنار و جلو به عقب در این مطالعه در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که برخورد شاخ به شاخ احتمال وقوع یک تصادف فوتی را برای همه گروه‌های سنی افزایش می‌دهد در حالیکه برخورد از کنار و جلو به عقب، احتمال وقوع تصادف فوتی را برای همه گروه‌های سنی کاهش می‌دهد. این امر می‌تواند به دلیل نوع اشیا باشد که اکثر

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجوجیت چندگانه

نتایج نشان داد که رانندگان مسن بدون در نظر گرفتن تغییر در مشخصات راه، معمولاً رفتار رانندگی منظمی دارند. در نتیجه این تغییرات، در چنین عواملی به راحتی تأثیر مستقیمی بر نتیجه شدت آسیب نداشته است. عواملی که تأثیر بیشتری بر توانایی رانندگی آن‌ها داشتند، نوع زمین، نوع تصادف و شرایط آب و هوایی بودند.

یکی از جنبه‌های نوآوری این مقاله همانطور که نتایج نشان داد، مشخصات تصادفات، به ویژه نوع تصادف است و مشخص شد نوع تصادف بر شدت آسیب تصادف رانندگان همه گروه‌های سنی تأثیر می‌گذارد. متخصصان حمل‌ونقل می‌توانند احتمال میزان آسیب دیدگی رانندگان را با ارائه سیاست‌هایی مبنی بر اعمال برخی از محدودیت‌ها برای رانندگان کاهش دهند. این سیاست‌ها می‌تواند به صورت علائم پیام متغیر^۹ (VMS) که فقط در شرایط بد محیطی فعال هستند، اجرا شود.

علاوه بر این، مطالعه نشان داد که شدت آسیب دیدگی رانندگان جوان و میانسال رابطه بسیار نزدیکی با یکدیگر دارند. این موضوع نشان می‌دهد که استراتژی‌های بهبود ایمنی می‌توانند برای یکی از این گروه‌های سنی اجرا شوند و تأثیر یکسانی بر روی گروه سنی دیگر داشته باشند. از استراتژی‌های مدیریت و عملیات سامانه‌های حمل‌ونقل^{۱۰} (TSMO) می‌توان به منظور ایمنی رانندگان جوان و میانسال استفاده کرد تا همزمان از شدت آسیب برای هر دو گروه سنی کاسته شود.

برخی از محدودیت‌ها در این مطالعه بایستی برای تحقیقات آتی در نظر گرفته شوند. اول، فقط تصادفات مربوط به وسایل نقلیه موتوری در نظر گرفته شدند، در نتیجه دامنه نتیجه‌گیری فقط به وسایل نقلیه موتوری محدود می‌شود. مطالعات آینده می‌تواند تصادفات مربوط به دوچرخه سواران و تصادفات عابر پیاده را مورد بررسی قرار دهد. دوم، می‌توان توزیع گروه سنی سه مجموعه را در نظر گرفت و پیشنهاد می‌شود که یک تحلیل سطح خرد با داشتن زیرمجموعه‌های تصادف برای هر گروه سنی، مشابه آنچه توسط Ulak و همکاران انجام شد، برای رانندگان

بر این، تجربه کمتر می‌تواند یک عامل کمک کننده به شدت تصادفات باشد. این امر توسط نوع گواهینامه رانندگی در مطالعه شیخ فرد و همکاران نشان داده شده است (Sheykhsfard, Haghghi, & Abbasalipoor, 2022). احتمال تصادف مردان جوان با سطح آسیب ۱ (ضریب ۰/۲۳) بیش از احتمال تصادف با سطح آسیب ۲ (ضریب ۰/۱) است. همچنین احتمال تصادف مردان میانسال با سطح آسیب ۲ (ضریب ۰/۱۴) است. احتمال تصادف با سطح آسیب ۲ برای مردان میانسال کمی بیش از مردان جوان است. علاوه بر این، برای رانندگان مسن، جنسیت مرد هیچ تأثیری در احتمال تصادفات منجر به مرگ و ۳ سطح آسیب نداشته است. در نهایت، رانندگان مرد میانسال احتمال تصادفات را طبق مدل این مقاله افزایش می‌دهند درحالی‌که رانندگان مرد جوان و میانسال این احتمال را طبق مدل ادیسی و همکاران کاهش می‌دهند.

۵. نتیجه‌گیری

این مطالعه یک مدل شدت تصادفات وسایل نقلیه موتوری در ایالت کالیفرنیا را ارائه می‌دهد. این تحقیق براساس گروه‌های سنی مختلف انجام شده است. سه گروه سنی رانندگان جوان (۱۶ تا ۲۴ سال)، رانندگان میانسال (۲۵ تا ۶۴ سال) و رانندگان مسن (بالای ۶۴ سال) برای تحلیل مشخص گردید. داده‌های استفاده شده از سیستم اطلاعات ایمنی راه‌های اداره راه‌های فدرال به دست آمده است. متغیرهای خاصی از داده‌ها پس از فیلتر کردن انتخاب شدند. داده‌ها شامل مشخصات راه، مشخصات محیطی، ویژگی‌های راننده و ویژگی‌های تصادف است.

نتایج نشان داد روند مشابهی بین نتایج شدت آسیب راننده جوان و میانسال وجود دارد. رفتار رانندگی برای هر دو گروه سنی جوان و میانسال یکسان است در نتیجه متغیرهای پیش‌بینی کننده اثر نسبتاً مشابهی بر شدت آسیب برای هر دو گروه می‌گذارند. از طرف دیگر، رفتار رانندگان مسن نتایج متمایزی را نشان داد.

the Netherlands: An in-depth study”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 105, pp. 4–10.

- Bogue, S., Paleti, R. and Balan, L. (2017) “A Modified Rank Ordered Logit model to analyze injury severity of occupants in multivehicle crashes”, Analytic Methods in Accident Research, Vol. 14, pp. 22–40.

- Braitman, K.A., Kirley, B.B., McCartt, A.T. and Chaudhary, N.K. (2008) “Crashes of novice teenage drivers: Characteristics and contributing factors”, Journal of Safety Research, Vol. 39, pp. 47–54.

- Çelik, A.K. and Oktay, E. (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.

- Cerwick, D.M., Gkritza, K., Shaheed, M.S. and Hans, Z. (2014) “A comparison of the mixed logit and latent class methods for crash severity analysis”, Analytic Methods in Accident Research, Vol. 3–4, pp. 11–27.

- Chen, C., Zhang, G., Tarefder, R., Ma, J., Wei, H. and Guan, H. (2015) “A multinomial logit model-Bayesian network hybrid approach for driver injury severity analyses in rear-end crashes”, Accident Analysis and Prevention, Vol. 80, pp. 76–88.

- Chen, Z. and Fan, W. (2019) “A multinomial logit model of pedestrian-vehicle crash severity in North Carolina”, International Journal of Transportation Science and Technology, Vol. 8, pp. 43–52.

- Chung, Y. (2018) “Injury severity analysis in taxi-pedestrian crashes: An application of reconstructed crash data using a vehicle black

مسن انجام شود (Ulak, Ozguven, & Spainhour, 2017). سوم، به جای استفاده از مدل لوجیت چندگانه که در این مطالعه استفاده شده است، می‌توان یک روش مدل‌سازی پیشرفته‌تر را به کار برد. این مطالعه از پایگاه داده HSIS استفاده می‌کند که در حال حاضر توسط FHWA ایالات متحده مورد استفاده قرار می‌گیرد تا در تحقیقات ایمنی مورد استفاده قرار گیرد. از منابع داده دیگر هم می‌توان برای انجام تحلیل‌ها و مقایسه نتایج استفاده کرد. این امر می‌تواند نوعی اعتبارسنجی برای پایگاه داده HSIS باشد.

۶. پی‌نوشت‌ها

- 1- Annual average daily traffic (AADT)
- 2- Highway Safety Information System (HSIS)
- 3- Federal Highway Administration (FHWA)
- 4- Multinomial logit (MNL) model
- 5- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)
- 6- Odds ratio (OR)
- 7- Confidence interval (CI)
- 8- P-value (probability value)
- 9- Variable Message Sign (VMS)
- 10- Transportation systems management and operations (TSMO)

۷. مراجع

- Adebisi, A., Ma, J., Masaki, J. and Sobanjo, J. (2019) “Age-Related Differences in Motor-Vehicle Crash Severity in California”, Safety, Vol. 5, pp. 1–17.

- Behnood, A., Roshandeh, A.M. and Mannering, F.L. (2014) “Latent class analysis of the effects of age, gender, and alcohol consumption on driver-injury severities”, Analytic Methods in Accident Research, Vol. 3–4, pp. 56–91.

- Boele-Vos, M.J., van Duijvenvoorde, K., Doumen, M.J.A., Duivenvoorden, C.W.A.E., Louwerse, W.J.R. and Davidse, R.J. (2017) “Crashes involving cyclists aged 50 and over in

- Kim, J.K., Ulfarsson, G.F., Kim, S. and Shankar, V.N. (2013) "Driver-injury severity in single-vehicle crashes in California: A mixed logit analysis of heterogeneity due to age and gender", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 50, pp. 1073–1081.
- Kim, J. K., Ulfarsson, G. F., Shankar, V. N. and Kim, S. (2008) "Age and pedestrian injury severity in motor-vehicle crashes: A heteroskedastic logit analysis", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, No. 5, pp. 1695–1702.
- Lee, C. and Abdel-Aty, M. (2005) "Comprehensive analysis of vehicle–pedestrian crashes at intersections in Florida", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 4, pp. 775–786.
- Lee, J., Yasmin, S., Eluru, N., Abdel-Aty, M. and Cai, Q. (2018) "Analysis of crash proportion by vehicle type at traffic analysis zone level: A mixed fractional split multinomial logit modeling approach with spatial effects", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 111, pp. 12–22.
- Lee, S.E., Simons-Morton, B.G., Klauer, S.E., Ouimet, M.C. and Dingus, T.A. (2011) "Naturalistic assessment of novice teenage crash experience", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, pp. 1472–1479.
- Lombardi, D.A., Horrey, W.J. and Courtney, T.K. (2017) "Age-related differences in fatal intersection crashes in the United States", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 99, pp. 20–29.
- Morgan, A. and Mannering, F.L. (2011) "The effects of road-surface conditions, age, and gender on driver-injury severities", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, pp. 1852–1863.
- Kim, J.K., Ulfarsson, G.F., Kim, S. and Shankar, V.N. (2013) "Driver-injury severity in single-vehicle crashes in California: A mixed logit analysis of heterogeneity due to age and gender", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 50, pp. 1073–1081.
- Deb, S., Strawderman, L., DuBien, J., Smith, B., Carruth, D.W. and Garrison, T.M. (2017) "Evaluating pedestrian behavior at crosswalks: Validation of a pedestrian behavior questionnaire for the U.S. population", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 106, pp. 191–201.
- Donmez, B. and Liu, Z. (2015) "Associations of distraction involvement and age with driver injury severities", *Journal of Safety Research*, Vol. 52, pp. 23–28.
- Haghighi, F. R. and Shahbazi, S. (2016) "The Model of Evaluation of Crash Severity at Roundabouts (A Case Study: Tehran-Iran)", *Quarterly Journal of Transportation Engineering*, Vol. 7, No. 3, pp. 435-448. in Persian.
- Haghighi, N., Liu, X.C., Zhang, G. and Porter, R.J. (2018) "Impact of roadway geometric features on crash severity on rural two-lane highways", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 111, pp. 34–42.
- Haleem, K., Alluri, P. and Gan, A. (2015) "Analyzing pedestrian crash injury severity at signalized and non-signalized locations", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 81, pp. 14–23.
- Haleem, K. and Gan, (2013) "A. 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.
- Islam, S. and Brown, J. (2017) "A comparative injury severity analysis of motorcycle at-fault crashes on rural and urban roadways in Alabama", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 108, pp. 163–171.

- Involvement”, *Transportation Research Procedia*, Vol. 22, pp. 551–560.
- Useche, S.A., Alonso, F., Montoro, L. and Tomas, J.M. (2019) “When age means safety: Data to assess trends and differences on rule knowledge, risk perception, aberrant and positive road behaviors, and traffic crashes of cyclists”, *Data Brief*, Vol. 22, pp. 627–634.
 - Useche, S. A., Alonso, F., Montoro, L., and Esteban, C. (2019) “Explaining self-reported traffic crashes of cyclists: An empirical study based on age and road risky behaviors”, *Safety Science*, Vol. 113, pp. 105–114.
 - Wu, Q., Zhang, G., Chen, C., Tarefder, R., Wang, H. and Wei, H. (2016) “Heterogeneous impacts of gender-interpreted contributing factors on driver injury severities in single-vehicle rollover crashes”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 94, pp. 28–34.
 - Xie, Y., Zhao, K. and Huynh, N. (2012) “Analysis of driver injury severity in rural single-vehicle crashes”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 47, pp. 36–44.
 - Osman, M., Paleti, R. and Mishra, S. (2018) “Analysis of passenger-car crash injury severity in different work zone configurations”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 111, pp. 161–172.
 - Osman, M., Paleti, R., Mishra, S. and Golias, M.M. (2016) “Analysis of injury severity of large truck crashes in work zones”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 97, pp. 261–273.
 - Regev, S., Rolison, J.J. and Moutari, S. (2018) “Crash risk by driver age, gender, and time of day using a new exposure methodology”, *Journal of Safety Research*, Vol. 66, pp. 131–140.
 - Salon, D. and McIntyre, A. (2018) “Determinants of pedestrian and bicyclist crash severity by party at fault in San Francisco, CA”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 110, pp. 149–160.
 - Sheykhfard, A., Haghghi, F. and Abbasalipoor, R. (2022) “An analysis of influential factors associated with rural crashes in a developing country: A case study of Iran”, *Archives of Transport*, Vol. 63, No. 3, pp. 53–65.
 - Uddin, M. and Huynh, N. (2018) “Factors influencing injury severity of crashes involving HAZMAT trucks”, *International Journal of Transportation Science and Technology*, Vol. 7, pp. 1–9.
 - Ulak, M.B., Ozguven, E.E., Spainhour, L. and Vanli, O.A. (2017) “Spatial investigation of aging-involved crashes: A GIS-based case study in Northwest Florida”, *Journal of Transport Geography*, Vol. 58, pp. 71–91.
 - Ulak, M.B., Ozguven, E.E. and Spainhour, L. (2017) “Age-Based Stratification of Drivers to Evaluate the Effects of Age on Crash

مدلسازی شدت تصادفات وسایل نقلیه موتورسیکلت به تفکیک گروه‌های مختلف سنی راننده با استفاده از رگرسیون لجوجیت چندگانه

سید صابر ناصرعلوی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران - عمران را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه شهید باهنر کرمان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه علم صنعت ایران و درجه دکتری در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نمود. دکتر ناصرعلوی که از سال ۱۳۹۰ به عنوان هیات علمی در دانشگاه شهید باهنر کرمان مشغول به کار هستند تا به حال بیش از ۱۰۰ مقاله پژوهشی در مجلات و کنفرانس‌های معتبر ارائه نموده و بیش از ۱۰ کتاب تخصصی تألیف و ترجمه کرده است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان نظریه جریان ترافیک، ایمنی ترافیک، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، تحلیل و مدلسازی روسازی راه و زمینه‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است.



محمد سلطانی راد، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران - عمران را در سال ۱۳۹۸ از دانشگاه ولیعصر رفسنجان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را در سال ۱۴۰۱ از دانشگاه شهید باهنر کرمان اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مهندسی ترافیک، ایمنی ترافیک، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، تحلیل سیستم‌های حمل‌ونقل، مدلسازی و بهینه‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل و تحلیل تقاضای حمل‌ونقل است.



اکرم مظاهری، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران - عمران را در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه علم و فرهنگ رشت و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری را در سال ۱۳۹۳ از دانشگاه تربیت مدرس و همچنین درجه دکتری در رشته مهندسی عمران - برنامه‌ریزی حمل‌ونقل را در سال ۱۴۰۰ از دانشگاه تربیت مدرس اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مهندسی ترافیک، ایمنی ترافیک، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، تحلیل سیستم‌های حمل‌ونقل، مدلسازی و بهینه‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل و تحلیل تقاضای حمل‌ونقل و مدیریت درآمد است.

