تحلیل شدت تصادفات درون‌شهری در تقاطع‌های با کنترل توقف (مطالعه موردی: شهرستان الیگودرز)

مقاله علمی-پژوهشی

شاهین شعبانی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*__امیربهادر عظیمی (نویسنده مسئول)__، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*__پست الکترونیکی نویسنده مسئول:azimiamir510@gmail.com__

دریافت:۱۴۰۴/۱۰/۲۰- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

صفحه ۲۰۶-۱۹۳

چکیده

از لحاظ ایمنی درون‌شهری، تقاطع‌ها یکی از پرریسک‌ترین المان‌های هندسی هستند. درصورتی‌که تقاطع‌ها از لحاظ ترافیکی کنترل نشوند (تقاطع‌های با کنترل توقف) مشکل ایمنی دوچندان می‌شود، زیرا مانورهای رانندگان متخلف، ناگهانی و غیرقابل پیش‌بینی خواهد بود. تحلیل وقوع و شدت تصادفات در این نواحی می‌تواند در شناسایی عوامل موثر و تصمیم‌گیری در خصوص اقدامات ایمن‌سازی موثر باشد. در این پژوهش برای تحلیل شدت تصادفات در تقاطع‌های با کنترل توقف، تقاطع‌های مربوطه در سطح شهر الیگودرز لرستان مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور داده‌های تصادفات مربوط به تقاطع‌های با کنترل توقف طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ از پلیس راهور شهرستان الیگودرز جمع‌آوری و با توجه به اطلاعات در دسترس و همچنین استفاده از مطالعات پیشین، متغیرهای متعددی از جمله راستای مسیر ورود به تقاطع، وضعیت روشنایی، روزهای تعطیل و کاری، سن و جنسیت راننده، وضعیت هوا و سطح راه، تعداد شاخه‌های تقاطع، سرعت مجاز، مانور خودرو و انواع خودرو با استفاده از مدل پروبیت ترتیبی در نرم‌افزار Stata تحلیل شدند. برای متغیرها چندین وضعیت در نظر گرفته شد و نسبت به وضعیت مرجع (وضعیتی که بیشترین تصادف در آن رخ داده است) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که در شرایط سرعت مجاز بیشتر، مانور گردش به چپ، راننده مرد، جوان بودن راننده، تقاطع چهارشاخه، راستای ورودی غیرمستقیم به تقاطع، تاریکی شب بدون روشنایی کافی، روزهای کاری هفته (غیرتعطیل)، شرایط خیس یا یخ‌زده سطح راه و آب‌وهوای بارانی و برفی، شدت تصادفات بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: شدت تصادفات، تقاطع‌های با کنترل توقف، مدل پروبیت ترتیبی

۱- مقدمه

تصادفات جاده‌ای و آسیب‌ها و مرگ‌ومیرهای ناشی از آن در طول سال‌ها توجه پژوهشی قابل‌توجهی را به خود جلب کرده‌اند. از دست رفتن جان انسان‌ها و ناتوان شدن افراد در اثر تصادفات جاده‌ای تأثیرات منفی بر رفاه اجتماعی–اقتصادی کشورها دارد (Eboli et al., 2020; De Ona et al., 2011). براساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (Ahmed et al., 2023) سالانه حدود ۱,۳۵ میلیون نفر بر اثر تصادفات جاده‌ای جان خود را از دست می‌دهند. همچنین پیش‌بینی شده است که تصادفات جاده‌ای تا سال ۲۰۳۰ به هفتمین علت اصلی مرگ‌ومیر در جهان تبدیل شوند. در کشورهای در حال توسعه، روند تصادفات جاده‌ای طی

سال‌های گذشته رو به افزایش بوده است. طبق گزارش ازاره و منسا (Asare & Mensah, 2020)، کشورهای با درآمد پایین و متوسط شاهد افزایش مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات از ٤٤ درصد تا ۲٤۳ درصد بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱٤ بوده‌اند. افزون بر این، بسیاری از قربانیان تصادفات جاده‌ای دچار آسیب‌های دائمی و ناتوانی‌های جسمی می‌شوند (Asare & Mensah, 2020; Tamakloe et al., 2021).

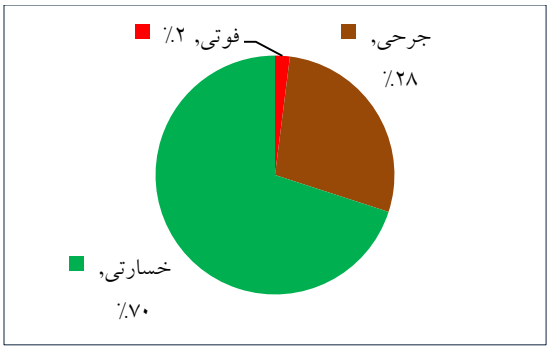
به‌طور کلی، وسایل حمل‌ونقل به دو دسته موتوری و غیرموتوری تقسیم می‌شوند. این دو نوع وسیله نقلیه هر دو سهم چشمگیری در افزایش تعداد تصادفات جاده‌ای دارند (Ahmed et al., 2014). برای بهبود ایمنی ترافیک، لازم است که وسایل نقلیه موتوری و غیرموتوری هر دو بتوانند به‌صورت ایمن در جاده حرکت کنند. با این حال، حرکت هم‌زمان وسایل نقلیه موتوری و غیرموتوری در یک مسیر، عامل مهمی در افزایش تصادفات جاده‌ای و شدت آسیب‌ها بوده است (Ahmed et al., 2014). علاوه بر این، مسائل ایمنی جاده‌ای به دلیل پیچیدگی محیط جاده و شرایط ترافیکی ناهمگون بسیار شایع هستند. وسایل نقلیه موتوری شامل خودروها، اتوبوس‌ها، ون‌ها، کامیون‌ها و سایر وسایل حمل‌ونقل مشابه هستند. افزایش تعداد وسایل نقلیه موتوری ثبت‌شده، همراه با رفتارهای انسانی و همچنین عوامل مرتبط با وسیله نقلیه و محیط، بر شدت آسیب‌های وارده به رانندگان و سرنشینان تأثیر گذاشته است. این موضوع نگرانی‌های بیشتری را درباره ایمنی سرنشینان ایجاد کرده و در نتیجه، فعالیت‌های پژوهشی باید بر وسایل نقلیه موتوری متمرکز شوند تا مرگ‌ومیر و آسیب‌های ناشی از تصادفات کاهش یابد (Atombo et al., 2023). در کشورهای توسعه‌یافته، این نگرانی ناشی از آن است که بیشتر افراد برای سفرهای درون‌شهری و برون‌شهری به وسایل نقلیه وابسته هستند. با این حال، تصادفی که شامل یک وسیله نقلیه موتوری باشد، پتانسیل بسیار بیشتری برای ایجاد آسیب دارد. از این رو، درک عواملی که بر شدت آسیب در تصادفات وسایل نقلیه موتوری تأثیر می‌گذارند، برای بهبود ایمنی ترافیک اهمیت زیادی دارد. مطالعات پیشین روش‌ها و مدل‌های آماری مختلفی را توسعه داده‌اند که برای بررسی تصادفات و عوامل مرتبط با فراوانی و شدت جراحات، با تمرکزهای متفاوت، به کار گرفته شده‌اند. یکی از پرکاربردترین مدل‌های آماری در تحلیل شدت تصادفات وسایل نقلیه، مدل پروبیت ترتیبی است. به عنوان مثال، اسلام و هرناندز (Islam & Hernandez, 2013) عوامل مؤثر بر تصادفات مربوط به کامیون‌ها را با استفاده از مدل پروبیت ترتیبی تحلیل کردند. تحلیل آن‌ها شامل عوامل انسانی، ویژگی‌های وسیله نقلیه، شرایط راه، عوامل محیطی و ویژگی‌های تصادف بود که بر شدت جراحات در تصادفات مربوط به کامیون‌ها تأثیر می‌گذاشتند. اودین و هوین (Uddin & Huynh, 2018) نیز یک مدل پروبیت ترتیبی برای بررسی عوامل مؤثر بر شدت جراحات در تصادفات کامیون‌های بزرگ حامل مواد خطرناک توسعه دادند. نتایج مطالعه نشان داد که مرد بودن سرنشینان، وقوع تصادف در مناطق روستایی و در روزهای هفته با احتمال بیشتر آسیب‌های شدید مرتبط هستند. مطالعه دیگری (Shao et al., 2020) سه مدل پروبیت ترتیبی توسعه داد و تفاوت قابل توجهی بین تصادفات برخورد جلو به عقب خودرو با کامیون و برخورد کامیون با خودرو در عوامل مؤثر بر شدت جراحات مشاهده شد. صالحیان و همکاران (Salehian et al., 2023) از تحلیل کلاس پنهان برای شناسایی خوشه‌های همگن تصادفات استفاده کردند. علاوه بر این، از مدل پروبیت ترتیبی برای شناسایی عوامل مؤثر در هر خوشه استفاده شد. یافته‌های آنها نشان داد که عوامل مختلف اثرات متفاوتی بر شدت جراحات عابران پیاده در تقاطع‌ها و غیرتقاطع‌ها دارند. آزمری‌خان و همکاران (Azmeri Khan et al., 2023) اثرات شاخص‌های سازگاری طراحی بر مکانیزم‌های شدت تصادفات خروج از راه را با استفاده از مدل پروبیت ترتیبی بررسی کردند. آنها هفده فرم عملکردی مختلف از شاخص‌های سازگاری طراحی توسعه دادند تا عوامل رفتاری ناشی از تغییرات هندسه راه در مدل‌های شدت تصادفات خروج از راه را در نظر بگیرد. علاوه بر این، برای بررسی اثر انواع مختلف محیط حاشیه راه بر نتایج شدت تصادفات خروج از راه، هفت متغیر نوع خطر حاشیه راه به عنوان یک تابع ترکیبی از نوع شیء حاشیه راه و فاصله جانبی تا شیء حاشیه راه ایجاد شده‌اند. یو و همکاران (Yu et al., 2021) متغیرهای مؤثر بر شدت جراحات راننده در تصادفات خروج از راه تک‌خودرویی را بررسی کردند. برای در نظر گرفتن ناهمگنی آستانه و ناهمگنی مشاهده‌نشده، از رویکرد پروبیت ترتیبی استفاده شد. محققان ویژگی‌هایی که به طور بالقوه بر شدت تصادف تأثیر دارند، شامل خصوصیات راننده، راه و محیط را بررسی کردند. ژانگ و همکاران

(Zhang et al., 2020) از مدل پروبیت ترتیبی برای بررسی شدت جراحات راننده در تصادفات گردش به چپ استفاده کردند. این مطالعه مجموعه داده‌های کلی تصادفات را بر اساس دما، وضعیت برف و عوامل دیگر به زیرمجموعه‌های «زمستان» و «سایر فصول» تقسیم کرد. با استفاده از داده‌های «سایر فصول»، نتایج نشان داد که عوامل مؤثر مانند رانندگان جوان، رانندگان مرد، شرایط جوی صاف و روشن و تقاطع رمپ با راه متقاطع، با کاهش شدت جراحات مرتبط هستند. در مقابل، عواملی مانند مصرف مواد مخدر، الکل، نادیده گرفتن علائم کنترل ترافیک، محدودیت سرعت بالا و چراغ گردش به چپ محافظت‌شده با افزایش شدت جراحات مرتبط بودند. با توجه به مطالب بیان شده فوق در خصوص مسئله فراگیر تصادفات و نیاز به تحقیقات گسترده به منظور شناسایی عوامل موثر در وقوع و شدت تصادفات به ویژه در محیط‌های شهری به دلیل ترافیک شدیدتر وسایل نقلیه و با توجه به استفاده گسترده از مدل پروبیت ترتیبی در تحلیل شدت تصادفات، تحقیق حاضر با استفاده از مدل پروبیت ترتیبی اقدام به شناسایی عوامل موثر در شدت تصادفات در تقاطع‌های شهری نموده است تا بتوان گامی در جهت تصمیم‌گیری بهتر برای ایمن‌سازی محیط‌ای شهری برداشت.

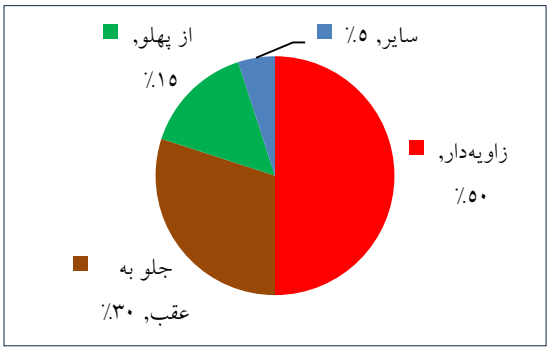
۲- داده‌ها

برای این پژوهش، داده‌های مربوط به تصادفات رخ داده در تقاطع‌های با کنترل توقف در مدت دوازده سال (۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲) به تعداد کل ۱۱۶۷ فقره از پلیس راهور شهرستان الیگودرز جمع‌آوری شده است. داده‌های تصادف شامل اطلاعات گوناگونی از جمله ویژگی‌های تقاطع، جزئیات رخداد تصادف، افراد درگیر، وسایل نقلیه درگیر و عوامل مرتبط با محیط هستند که همگی توسط پلیس گزارش شده‌اند. طبق گزارشات پلیس شدت تصادفات فوتی، جرحی و خسارتی در این بازه زمانی در تقاطع‌های با کنترل توقف به ترتیب ۲، ۲۸ و ۷۰ درصد بوده است. سایر ویژگی‌های توصیفی مجموعه داده مطابق شکل‌های (۱) تا (۵) بوده است.

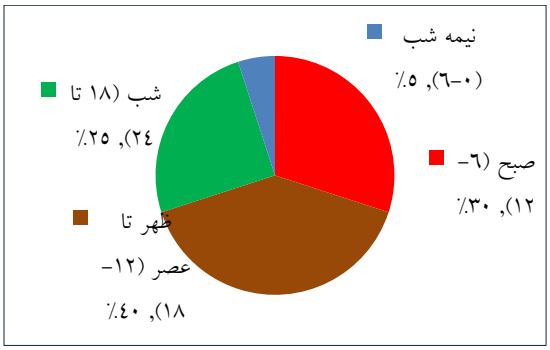
همچنین در شهرستان الیگودرز ۲۹ تقاطع وجود دارد که از این تعداد ۶ تقاطع چهارشاخه دارای چراغ راهنمایی و ۶ تقاطع چهارشاخه دارای کنترل توقف هستند. همچنین ۱۷ تقاطع سه‌شاخه وجود دارد.



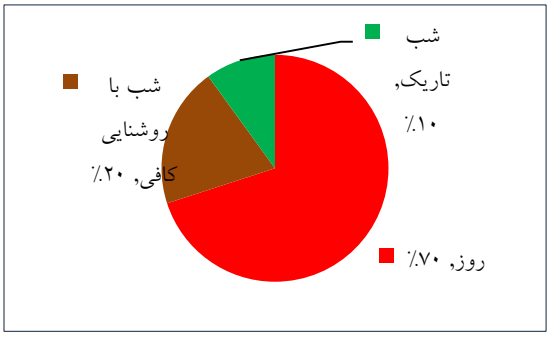
شکل ۱. توزیع تصادفات بر اساس شدت



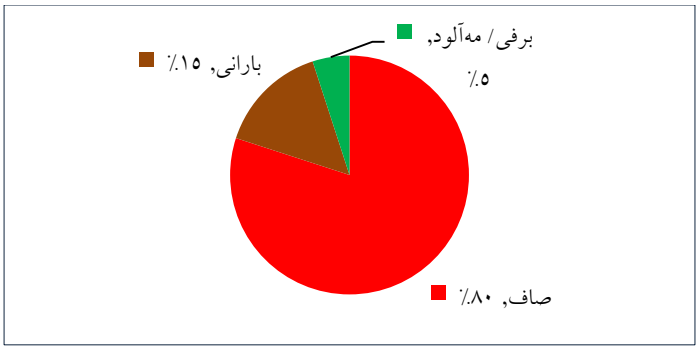
شکل ۲. توزیع تصادفات بر اساس نوع برخورد



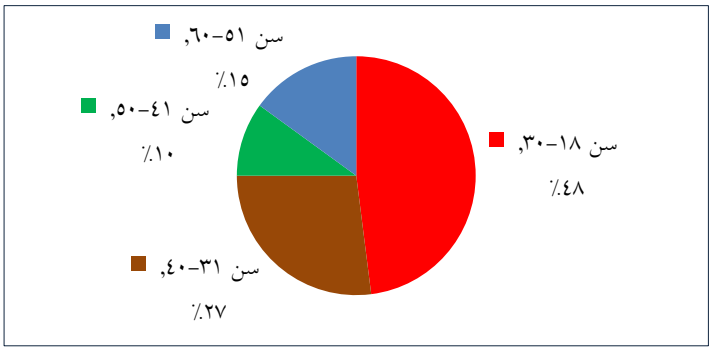
شکل ۳. توزیع تصادفات بر اساس هنگامه وقوع



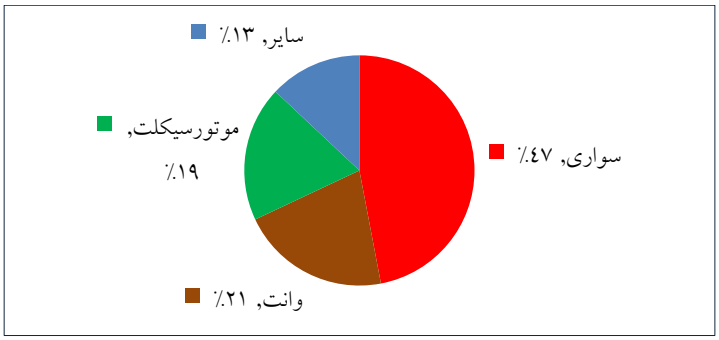
شکل ٤. توزیع تصادفات بر اساس وضعیت روشنایی



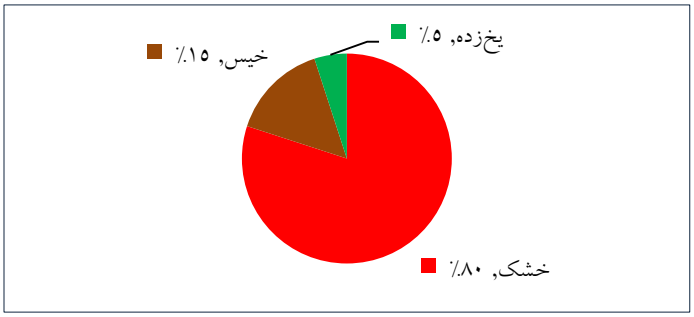
شکل ۵. توزیع تصادفات بر اساس شرایط جوی



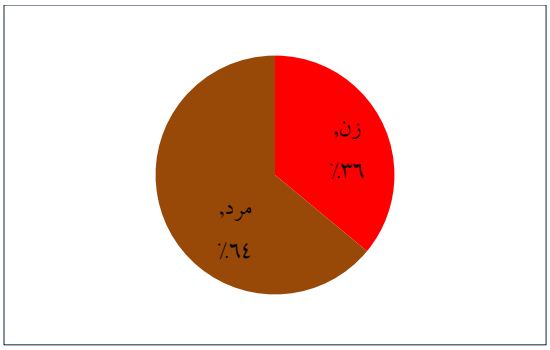
شکل ٦. توزیع تصادفات بر اساس سن راننده



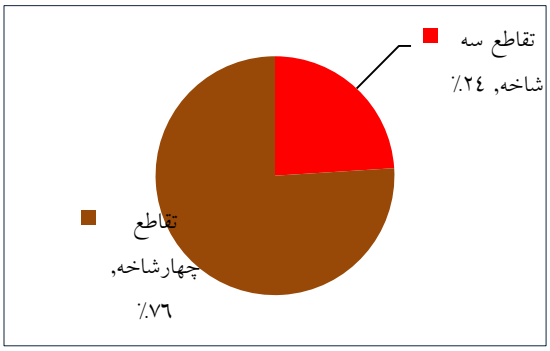
شکل ۷. توزیع تصادفات بر اساس نوع خودرو



شکل ۸. توزیع تصادفات براساس وضعیت سطح راه



شکل ۹. توزیع تصادفات بر اساس جنسیت



شکل ۱۰. توزیع تصادفات بر اساس تعداد رویکرد

۳- روش تحقیق

۳-۱- مدل پرویبت ترتیبی

مدل OP یک مدل اقتصادسنجی آماری است که با متغیرهای دسته‌ای ترتیبی سروکار دارد. از این مدل در حوزه ایمنی ترافیک برای تحلیل داده‌های مربوط به شدت جراحات رانندگان، تعارض‌های ترافیکی و جراحات عابران پیاده استفاده شده است. اعتبار و کاربردپذیری نتایج این مدل از طریق پژوهش‌های تجربی تأیید شده است (Abdel-Aty, 2003). این مدل برای تحلیل شدت تصادف مناسب است، زیرا علاوه بر شناسایی روابط معنادار بین متغیرهای توضیحی و متغیر وابسته، تفاوت‌های نابرابر میان دسته‌های ترتیبی در متغیر وابسته را نیز در نظر می‌گیرد (Savolainen et al., 2011). افزون بر این، استفاده از مدل OPنسبت به مدل‌هایی که پاسخ‌های غیرترتیبی را به‌کار می‌گیرند، به حجم نمونه کوچکتری نیاز دارد (Ye & Lord, 2014).

در این پژوهش از مدل رگرسیون OP برای ارزیابی ارتباط میان سطوح شدت تصادف وسایل نقلیه و عوامل مختلف مؤثر بر وقوع این تصادفات استفاده شده است. ساختار مدل به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Washington et al., 2020):

$$y_i^* = \beta X_i^{\{T\}} + \varepsilon_i \qquad (۱)$$

که y_i^* شدت جراحت در تصادف i را تعیین می‌کند، X_i برداری از متغیرهای توضیحی برای تصادف i است، β بردار ضرایب رگرسیونی است که باید برآورد شود و ε_i جمله خطای تصادفی است که فرض می‌شود از توزیع نرمال استاندارد پیروی می‌کند. سپس مقدار متغیر وابسته y_i که مربوط به سطح شدت تصادف است (در این تحقیق سه دسته: فوتی، جرحی، خسارتی) به‌صورت زیر تعیین می‌شود (Greene, 2008).

$$y_i = \begin{cases} 1 \text{ if } y_i^* \le \mu_0 \ (\text{خسارتی}) \\ 2 \text{ if } \mu_0 < y_i^* \le \mu_1 \ (\text{جرحی}) \\ 3 \text{ if } y_i^* \ge \mu_1 \ (\text{فوتی}) \end{cases} \quad (۲)$$

ضرایب ثابت μ_0 و μ_1 ناشناخته بوده و باید برآورد شوند.

برآورد پارامترهای مدل OP از طریق روش بیشینه درست‌نمایی انجام می‌شود. احتمال شدت هر دسته را می‌توان با معادله زیر بیان کرد (Greene, 2008):

$$y_i = \begin{cases} Prob(y_i = 1) = \Phi(\beta X_i) \\ Prob(y_i = 2) = \Phi(\mu_1 - \beta X_i) - \Phi(\beta X_i) \\ Prob(y_i = 3) = 1 - \Phi(\mu_1 - \beta X_i) \end{cases} \quad (۳)$$

که $\Phi()$ تابع چگالی احتمال است که از توزیع نرمال استاندارد پیروی می‌کند.

۳-۲- تاثیرات حاشیه‌ای

در مدلOP، ضریب مربوط به یک متغیر خاص اثر آن را به‌طورمستقیم نشان نمی‌دهد. در عوض، اثر نهایی محاسبه می‌شود تا اثر یک متغیر بر احتمال وقوع یک پیامد برآورد شود (Yang et al., 2019). مقدار اثر نهایی نشان‌دهنده تغییر در احتمال متغیر وابسته برای هر واحد افزایش در متغیر مستقل است (Tjahjono et al., 2021). برآورد اثرات نهایی برای سه سطح شدت در مدل OPمی‌تواند بر اساس روش ارائه‌شده توسط (Greene, 2008) انجام شود.

$$\begin{cases} \frac{\partial P_n(y_i = 1)}{\partial X} = -\Phi(-\beta X_i)\,\beta \\ \frac{\partial P_n(y_i = 2)}{\partial X} = \Phi(-\beta X_i)\,\beta - \Phi(\mu_1 - \beta X_i)\,\beta \\ \frac{\partial P_n(y_i = 3)}{\partial X} = \Phi(\mu_1 - \beta X_i)\,\beta \end{cases} \quad (٤)$$

۳-۳- ارزیابی عملکرد

در نرم‌افزار آماری Stata معیارهای زیادی برای ارزیابی عملکرد مدل پروبیت ترتیبی وجود دارد. در این مطالعه از معیار لگاریتم درستنمایی برای ارزیابی عملکرد مدل استفاده خواهد شد. معادله (۵) محاسبه لگاریتم درستنمایی را نشان می‌دهد:

$$LL = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} \delta_{ij} ln[p_i(j)] \quad (۵)$$

که J مجموع نتایج شدت تصادفات و I مجموع مشاهدات هستند. درصورتی‌که شدت تصادف برای مشاهده i برابر با j باشد، مقدار δ_{ij} برابر ۱ است.

۳-٤- انتخاب متغیرها

فرآیند انتخاب متغیرها دشوار است، زیرا تنها برخی از متغیرهای انتخاب‌شده می‌توانند به شناسایی روابط و الگوهای مورد نظر در مجموعه‌داده‌ها کمک کنند. در این مطالعه، متغیرها بر اساس مطالعات پیشین و داده‌های در دسترس ارائه‌شده توسط پلیس راهور انتخاب شده‌اند. در برخی موارد، زمانی که معیارهای انتخاب فوق با شرایط واقعی هم‌خوانی نداشته‌اند، ارزیابی‌های مهندسی برای توجیه انتخاب متغیرها انجام گرفته است.

جدول (۱) متغیرهای درنظرگرفته‌شده را ارائه می‌دهد.

٤- نتایج

تحلیل چارچوب مدل‌های پروبیت ترتیبی برای تقاطع‌های با کنترل توقف به‌منظور بررسی شدت تصادفات توسعه یافتند. برای اجرای تحلیل، از نرم‌افزار آماری Stata استفاده شده است. نتایج این تحلیل در جدول (۲) نشان داده شده‌اند. در این جدول می‌توان مقادیر ضریب (β)، مقدار pvalue و تاثیرات حاشیه‌ای برآورد را مشاهده کرد. مقدار ضریب نشان‌دهنده تأثیر ویژگی‌های برآورد شده است؛ مقدار مثبت نشان‌دهنده افزایش شدت تصادف و مقدار منفی نشان‌دهنده کاهش شدت تصادف است. جداول همچنین اطلاعات مربوط به مقدار p را ارائه می‌دهند که معناداری برآورد را در بازه اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد. اگرچه ضرایب برخی از متغیرها در سطح آماری ۹۵ درصد معنادار نیست، با این حال این متغیرها از لحاظ نظری مهم هستند و تفسیر شده‌اند. همچنین در این جدول می‌توان سطح مرجع (وضعیت بحرانی که بیشترین شدت تصادف را داشته) را مشاهده کرد که بر اساس آن، تغییر در احتمال قرارگرفتن در شدت تصادف بالاتر یا پایین‌تر نسبت به سطح مرجع تعیین می‌شود. اگر ضریب منفی باشد، یعنی احتمال

شذت تصادف کمتر از سطح مرجع است و بالعکس. عملکرد مدل نیز با استفاده از معیار لگاریتم درستنمایی بررسی شد. با توجه به مقدار به‌دست‌آمده که در جدول (۲) ارائه شده است مدل پروبیت ترتیبی داده‌ها را به‌خوبی برازش نموده است.

جدول ۱. متغیرهای پاسخ و مستقل منتخب

متغیر	شرح	متغیر	شرح
متغیر پاسخ			
شدت تصادف	= ۱ ؛ اگر خسارتی باشد		
	= ۲ ؛ اگر جرحی باشد		
	= ۳ ؛ اگر فوتی باشد		
متغیرهای مستقل			
وضعیت سطح	= ۱ ؛ اگر سطح راه خشک باشد	شرایط جوی	= ۱ ؛ اگر هوا صاف باشد
راه	= ۲ ؛ اگر سطح راه خیس باشد		= ۲ ؛ اگر هوا بارانی باشد
	= ۳ ؛ اگر سطح راه یخزده باشد		= ۳ ؛ اگر هوا برفی/ مه‌آلود باشد
هنگامه وقوع	= ۱ ؛ اگر بین ساعت ٦ تا ۱۲ باشد	روز هفته	= ۰ ؛ اگر روز تصادف تعطیل باشد
	= ۲ ؛ اگر بین ساعت ۱۲ تا ۱۸ باشد		= ۱ ؛ اگر روز تصادف کاری باشد
	= ۳ ؛ اگر بین ساعت ۱۸ تا ۲٤ باشد	روشنایی	= ۱ ؛ اگر روز باشد
	= ٤ ؛ اگر بین ساعت ۰ تا ٦ باشد		= ۲ ؛ اگر شب و روشنایی کافی باشد
سن راننده	= ۱ ؛ اگر سن راننده بین ۱۸ تا ۳۰ سال باشد	جنسیت	= ۰ ؛ اگر راننده مرد باشد
	= ۲ ؛ اگر سن راننده بین ۳۱ تا ٤۰ سال باشد		= ۱ ؛ اگر راننده زن باشد
	= ۳ ؛ اگر سن راننده بین ٤۱ تا ۵۰ سال باشد	سرعت مجاز	= ۰ ؛ اگر کمتر از ٤۰ km/h باشد
	= ٤ ؛ اگر سن راننده بین ۵۱ تا ٦۰	رویکرد اصلی	= ۱ ؛ اگر بیشتر از ٤۰ km/h باشد
تعداد خطوط	= ۱ ؛ اگر رویکرد اصلی ۲ خطه باشد	تعداد رویکرد	= ۱ ؛ اگر تقاطع سه‌شاخه باشد
	= ۲ ؛ اگر رویکرد اصلی بیش از ۲ خطه باشد		= ۲ ؛ اگر تقاطع چهارشاخه باشد
نوع خودرو	= ۱ ؛ اگر سواری باشد	عرض خط	= ۰ ؛ اگر عرض خط کمتر از ۳ متر باشد
مقصر	= ۲ ؛ اگر وانت باشد	رویکرد اصلی	= ۱ ؛ اگر عرض خط بیشتر از ۳ متر باشد
	= ۳ ؛ اگر موتورسیکلت باشد	راستای ورودی	= ۰ ؛ اگر رویکرد اصلی مستقیم وارد تقاطع شود
	= ٤ ؛ اگر سایر باشد	رویکرد اصلی	= ۱ ؛ اگر رویکرد اصلی مستقیم وارد تقاطع نشود
مانور اولیه	= ۱ ؛ اگر مانور راننده مقصر، مستقیم باشد		
راننده مقصر	= ۲ ؛ اگر مانور راننده مقصر، گردش به چپ باشد		
	= ۳ ؛ اگر مانور راننده مقصر گردش به راست باشد		

از جدول (۲) می‌توان نتایج زیر را استنباط نمود:

راستای غیرمستقیم در ورودی تقاطع با شدت بالاتر تصادفات رابطه مثبت دارد (افزایش حدود ۲۲ درصد تصادفات). در این تقاطع‌ها، رانندگانی که از مسیرهای فرعی وارد می‌شوند، در عبور از تقاطع دچار مشکل می‌شوند یا گاهی سرعت ترافیک ورودی را اشتباه ارزیابی می‌کنند. این نتیجه با نتایج نایتینگل و همکاران (Nightingale et al., 2017) همخوانی دارد.

شب با شرایط روشنایی تاریک سبب افزایش تصادفات می‌شود (افزایش حدود ۷/۱ درصدی تصادفات). در شب، حجم ترافیک و دید کم است. در حجم ترافیک پایین، رانندگان تمایل دارند سرعت خود را افزایش دهند و بنابراین در صورت رخ‌دادن تصادف، شدت

آن افزایش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های لیو و همکاران (Liu et al., 2019) همخوانی دارد.

روزهای تعطیل هفته با شدت تصادفات رابطه منفی دارند (کاهش ۱۱/۲ درصدی تصادفات). دلیل این امر واضح است، ترافیک کمتر است و رانندگان کنترل بهتری بر محیط دارند. همچنین بدون استرس و در آرامش رانندگی می‌کنند. این نتیجه با یافته‌های سی و همکاران (Se et al., 2022) همخوانی دارد.

تنها رانندگان دارای سن بین ۴۱ تا ۵۰ سال رابطه منفی با شدت تصادفات دارند (کاهش ۰/۷ درصدی تصادفات) و بقیه گروه‌های سنی یعنی ۳۱–۴۰ (افزایش ۳/۴ درصدی) و ۵۱–۶۰ (افزایش ۳/۷ درصدی) شدت تصادفات را افزایش می‌دهند. رانندگان ۴۱ تا ۵۰ ساله شور جوانی را پشت سر گذاشته‌اند و احتیاط بیشتری در رانندگی دارند. به همین دلیل کنترل بهتری بر وظیفه رانندگی از خود نشان می‌دهند.

با این حال، با افزایش سن نزدیک به کهنسال، به دلیل عکس‌العمل کندتر رانندگان، احتمال وقوع و شدت تصادفات بیشتر است زیرا توانایی جسمانی این گروه سنی نسبت به رانندگان جوان کمتر است و اغلب منجر به شدت بالاتر تصادف می‌شود. این نتیجه با یافته‌های طاهری و همکاران (Taheri et al., 2022) همخوانی دارد.

جدول ۲. نتایج تحلیل شدت تصادفات با استفاده از نرم‌افزار Stata

متغیر	شرح	تخمین			تاثیرات حاشیه‌ای		
		ضریب	درصد تاثیر	P>z	خسارتی	جرحی	فوتی
Cut points	Cut1	−۰/۹۲		۰/۰۰۱	مرز بین تصادفات خسارتی و جرحی		
	Cut2	۰/۸۸		۰/۰۰۱	مرز بین تصادفات جرحی و فوتی		
وضعیت سطح راه	خشک(سطح مرجع+)	۰					
	خیس	۰/۰۱۲	+۱/۲	۰/۷۷۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	یخ‌زده	۰/۰۵۵	+۵/۷	۰/۸۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
شرایط جوی	صاف(سطح مرجع)	۰					
	بارانی	۰/۰۶۲	+۶/۴	۰/۲۲۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	برفی/ مه‌آلود	۰/۰۰۶	+۰/۶	۰/۷۷۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
روز هفته	کاری(سطح مرجع)	۰					
	تعطیل	−۰/۱۱۹	−۱۱/۲	۰	−۰/۰۱۹*	−۰/۰۰۲*	−۰/۰۰۲*
هنگامه وقوع	بین ساعت ۱۲ تا ۱۸(سطح مرجع)	۰					
	بین ساعت ۱۸ تا ۲۴	−۰/۲۸۶	−۲۴/۹	۰	−۰/۰۵۰*	−۰/۰۰۷*	−۰/۰۰۷*
	بین ساعت ۰ تا ۶	−۰/۲۶۵	−۲۳/۲	۰/۰۰۱	−۰/۰۴۷	−۰/۰۰۷	−۰/۰۰۷
	بین ساعت ۶ تا ۱۲	−۰/۲۹۷	−۲۵/۷	۰	−۰/۰۵۰	−۰/۰۰۸	−۰/۰۰۷
جنسیت	مرد	۰					
	زن	−۰/۰۱۷	−۱/۷	۰/۸۰۲	−۰/۰۰۲*	−۰/۰۰۰*	−۰/۰۰۰*
سن راننده	بین ۱۸ تا ۳۰ سال(سطح مرجع)	۰					
	بین ۳۱ تا ۴۰ سال	۰/۰۳۳	+۳/۴	۰/۲۱۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	بین ۴۱ تا ۵۰ سال	−۰/۰۰۷	−۰/۷	۰/۸۲۸	−۰/۰۰۱*	−۰/۰۰۰*	−۰/۰۰۰*
	بین ۵۱ تا ۶۰	۰/۰۳۶	+۳/۷	۰/۲۶۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
روشنایی	روز(سطح مرجع)	۰					
	شب و روشنایی کافی	۰/۰۲۴	+۲/۴	۰/۵۲۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

	شب تاریک	۰/۰۶۹	+۷/۱	۰/۱۴۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
نوع وسیله نقلیه مقصر	سواری(سطح مرجع)	۰					
	وانت	۰/۰۱۳	+۱/۳	۰/۵۹۵	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۰	*۰/۰۰۰
	موتورسیکلت	۱/۲۷۲	+۲۵۸	۰	*۰/۰۳۹	*۰/۰۵۰	*۰/۰۴۸
	سایر	۰/۱۴	+۱۵	۰/۲۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
مانور اولیه راننده مقصر	مانور راننده مقصر، مستقیم(سطح مرجع)	۰					
	مانور راننده مقصر، گردش به چپ	۰/۰۹	+۹/۴	۰	*۰/۰۱۴	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۱
	مانور راننده مقصر گردش به راست	-۰/۳۵۱	-۲۹/۶	۰	*-۰/۰۵۰	*-۰/۰۰۶	*-۰/۰۰۵
سرعت مجاز رویکرد اصلی	برابر یا کمتر از ۴۰ کیلومتر بر ساعت (سطح مرجع)	۰					
	بیشتر از ۴۰ کیلومتر بر ساعت	۰/۱۲۳	+۱۳/۱	۰	*۰/۰۲۰	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۲
تعداد رویکرد	تقاطع سه‌شاخه(سطح مرجع)	۰					
	تقاطع چهارشاخه	۰/۰۴۳	+۴/۴	۰/۰۴۵	*۰/۰۰۷	*۰/۰۰۰	*۰/۰۰۰
تعداد خطوط عبور	۲ خط(سطح مرجع)	۰					
رویکرد اصلی	بیش از ۲ خط	۰/۰۸۷	+۹/۱	۰/۰۰۴	*۰/۰۱۴	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۱
عرض خط عبور رویکرد	برابر یا کمتر از ۳ متر(سطح مرجع)	۰					
اصلی	بیشتر از ۳ متر	۰/۰۴۲	+۴/۳	۰/۰۶۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
راستای رویکرد	مستقیم(سطح مرجع)	۰					
	غیرمستقیم	۰/۱۹۶	+۲۱/۷	۰	*۰/۰۳۴	*۰/۰۰۵	*-۰/۰۰۴
تعداد مشاهدات : ۱۱۶۷							
لگاریتم درستنمایی : ۱۵۹۴/۰۰۵-							

+ سطح مرجع وضعیتی است که بیشترین تصادفات را داشته است و بقیه متغیرها نسبت به این وضعیت سنجیده شده‌اند.

* معناداری آماری در سطح ۹۵ درصد

رانندگان زن در تقاطع‌های دارای کنترل توقف نسبت به رانندگان زن تأثیر منفی بر شدت تصادفات دارند (کاهش ۱/۷ درصدی تصادفات). رانندگان زن در این نوع تقاطع‌ها به دلیل طراحی تقاطع‌های دارای کنترل توقف، احتمال کمتری دارد که شدت تصادف بالاتری را تجربه کنند و دلیل آن می‌تواند احتیاط بیشتر این گروه از رانندگان باشد. این نتیجه با یافته‌های بیلاه و همکاران (Billah et al., 2022) همخوانی دارد.

تقاطع‌های چهارراهی دارای کنترل توقف نسبت به تقاطع‌های سه‌راهی با شدت بالاتر تصادفات رابطه مثبت دارند (افزایش ۴/۴ درصدی تصادفات)). تقاطع‌های چهارراهی نقاط برخورد بیشتری نسبت به تقاطع‌های سه‌راهی دارند و احتمال تجربه شدت بالاتر تصادفات در آن‌ها بیشتر است. همچنین تعداد خطوط بیش از دوخط با شدت تصادفات رابطه مثبتی دارد. علت این امر می‌تواند ترافیک بیشتر و یا حتی مانورهای خطرناک‌تر رانندگان باشد. هر دو این نتایج با یافته‌های کدی و همکاران (Kodi et al., 2025) همخوانی دارد.

سرعت بیش از ۴۰ کیلومتر بر ساعت با شدت تصادفات رابطه مثبت دارد (افزایش ۱۳/۱ درصدی تصادفات). این نتیجه که با یافته‌های سوین و لارو (Swain & Larue, 2024) همخوانی دارد در واقع بر این نکته تاکید دارد که در سرعت مجاز بالاتر، واکنش راننده به وضعیت کندتر شده و کنترل وسیله نقلیه دشوار می‌شود.

همانگونه که شیخ‌فرد و همکاران (Sheikhfard et al., 2025) نیز بیان کرده‌اند، در مقایسه با حرکت مستقیم، مانور گردش به چپ

در تقاطع‌های با کنترل توقف، با شدت بالاتر تصادفات رابطه مثبت دارد (افزایش ۹/٤ درصدی تصادفات) زیرا در این نوع تقاطع‌ها احتمال بی‌احتیاطی رانندگان بیشتر است و به‌دلیل فضای بیشتر لازم برای مانور گردش به چپ، احتمال بیشتری برای وقوع و شدت تصادف وجود دارد. همچنین باید در نظر داشت که در مانورهای گردش به چپ، رانندگان برای عبور سریعتر از فضای تقاطع و عمدتا به‌صورت ناگهانی سرعت بیشتری اتخاذ می‌کنند که در نهایت منجر به شدت بیشتر تصادفات خواهد شد. مانور گردش به راست با شدت تصادفات رابطه منفی دارد (کاهش ۲۹/٦ درصدی تصادفات) که دلیل آن را می‌توان در فضای کمتر موردنیاز برای گردش و تداخل کمتر با ترافیک مستقیم و گردشی جستجو کرد.
نتایج نشان می‌دهد که تمام انواع خودروها رابطه مثبتی با شدت تصادفات دارند. از آنجا که توزیع تصادفات سبب شد که تنها چهار گروه سواری، وانت، موتورسیکلت و سایر خودروها در نظر گرفته شود و خودروی سواری به عنوان گروه مرجع در نظر گرفته شد می‌توان اینگونه بیان نمود که خودروهای وانت به دلیل واردنمودن انرژی بیشتر در برخورد به‌ویژه به خودروی مقابل شدت بیشتری در تصادفات را رقم خواهند زد (افزایش ۱/۳ درصدی). همچنین به دلیل عدم حفاظت موتورسیکلت‌سوار، در صورت رخدادن تصادفات، این گروه شدت بیشتری را متحمل خواهند شد (افزایش ۲۵۸ درصدی). این نتیجه با یافته‌های سی و همکاران (Se et al., 2022) همخوانی دارد.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور تحلیل شدت تصادفات در تقاطع‌های درون‌شهری با کنترل توقف انجام شد. داده‌های تصادف رخ داده در این نوع تقاطع‌های شهر الیگودرز در بازه زمانی ۱۲ ساله از پلیس راهور شهرستان اخذ شد. بر اساس مطالعات پیشین و داده‌های در دسترس، تعداد چهارده متغیر در نظر گرفته شد. این متغیرها بر اساس وضعیت‌هایی که داشتند با استفاده از مدل پروبیت ترتیبی و با نرم‌افزار stata تحلیل شدند. ضرایب متغیرها برآورد و معناداری آنها بررسی شد. برخی از متغیرها در سطح ۹۵ درصد معنادار بودند و برخی دیگر خیر. با این حال از لحاظ نظری (با توجه به مطالعات پیشین و علم ایمنی راه) مهم بودند و مورد بررسی و تفسیر قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که راستای غیرمستقیم در ورودی تقاطع با شدت بالاتر تصادفات رابطه مستقیمی دارد (افزایش حدود ۲۲ درصد تصادفات). شب با روشنایی کافی و شب تاریک به ترتیب سبب افزایش ۲/٤ و ۷/۱ درصد تصادفات می‌شود. روزهای تعطیل هفته با شدت بیشتر تصادفات رابطه معکوس دارند (حدودا ۱۱ درصد کاهش). تنها رانندگان دارای سن بین ٤۰ تا ۵۰ سال رابطه معکوس با شدت تصادفات دارند، زیرا ۰/۷ درصد کاهش را نشان می‌دهند (سن ۳۱-٤۰ و ۵۱-٦۰ به ترتیب ۳/٤ و ۳/۷ افزایش در تصادفات را نشان می‌دهند). شدت تصادف رانندگان زن در تقاطع‌های دارای کنترل توقف نسبت به رانندگان مرد کمتر است. رانندگان زن سبب کاهش ۱/۷ درصدی تصادفات می‌شوند. تقاطع‌های چهارشاخه دارای کنترل توقف نسبت به تقاطع‌های سه‌شاخه با شدت بالاتر تصادفات رابطه مستقیمی دارند (٤/٤ درصد افزایش تصادفات). سرعت بیش از ٤۰ کیلومتر بر ساعت با شدت تصادفات رابطه مستقیم دارد (افزایش حدودا ۱۳ درصدی تصادفات) و مانور گردش به چپ (افزایش ۹/٤ درصدی تصادفات) در تقاطع‌های با کنترل توقف نسبت به مانور گردش به راست (کاهش حدود ۳۰ درصدی تصادفات)، شدت بیشتری در تصادفات را دارند. با این حال، از آنجا که معناداری برخی از متغیرها از لحاظ آماری تایید نشد، پیشنهاد می‌شود که مطالعات بیشتری در این خصوص انجام گیرد. همچنین تحلیل شدت تصادفات تقاطع‌های چراغدار نیز بر دانش ایمنی راه خواهد افزود.

٦- مراجع

-Abdel-Aty, M., (2003). Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models. *J. Saf. Res.* 34 (5), 597–603.
Ahmed, I., Ahmed, B., Hainin, M.R., (2014). Road Traffic Accident Characteristics in Dhaka, Bangladesh, J*urnal Teknologi 71.*
-Ahmed, S., Hossain, M.D. A., Kumar Ray, S., Md Mafijul Islam Bhuiyan, M.D. M. I., Sabuj, S. R., (2023). A study on road accident prediction and contributing factors using explainable machine learning models: analysis and

severity of night-time vehicle accidents under low illumination conditions, *Advances in Mechanical Engineering,* Vol. 11(4) 1–9.

-Nightingale, E., Parvin, N., Cortney Seiberlich, C., Savolainen, P. T., Pawlovich, M., (2017). Investigation of Skew Angle and Other Factors Influencing Crash Frequency at High-Speed Rural Intersections, Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board,* No. 2636, 2017, 9–14.

-Salehian, A., Aghabayk, K., Seyfi, M.A., Shiwakoti, N., (2023). Comparative analysis of pedestrian crash severity at United Kingdom rural road intersections and Non-Intersections using latent class clustering and ordered probit model, *Accident Analysis and Prevention,* 192, 107231.

-Savolainen P. T., Tarko, A. P., (2005). Safety Impacts at Intersections on Curved Segments. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board,* Vol. 1908, No. 1, 130–140.

-Savolainen, P.T., Mannering, F.L., Lord, D., Quddus, M.A., (2011). The statistical analysis of highway crash-injury severities: A review and assessment of methodological alternatives. *Accid. Anal. Prev.* 43 (5), 1666–1676.

-Se, C., Champahom, T., Jomnonkwao, S., Kronprasert, N., Ratanavaraha, N., (2022). The impct of weekday, weekend, and holiday crashes on motorcyclist ingury severities: Accounting for temporal influence with unobserved effect and insight from out-of-sample prediction, *Analytic Methods in Accident Research,* Vol. 36, 100240.

-Shao, X., Ma, X., Chen, F., Song, M., Pan, X., You, K., (2020). A random parameters ordered probit analysis of injury severity in truck involved rear-end collisions, Int. J. Environ. Res. *Public Health,* 17, 395.

-Sheykhfard, A., Haghighi, F., Zadeh, A. A., Das, S., Oshanreh, M. M., Shaaban, K., Soltani, A., (2025). Evaluating U-left turn and direct left turn movements at signalized intersections using traffic conflict indices, *J. Traffic Transp. Eng.* (Engl. Ed.), 12 (4): 812-830.

-Swain, R., Larue, G. S., (2024). Looking back in the rearview: Insights into Queensland's rear-end crashes, *Traffic Injury Prevention,* 25:2, 138-146.

-Taheri, A., Switala, K., Fountas, G., Sheykhfard, A., Dadashzadeh, N., Müller, S., (2025). An Empirical Analysis of Crash Injury Severity performance, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives,* 19, 100814.

-Asare, I.O., Mensah, A.C., (2020), Crash severity modelling using ordinal logistic regression approach, *Int. J. Inj. Control Saf. Promot.,* 27, 412–419.

-Atombo, C. Turkson, R, F., Akple, M.S., (2023). Estimating injury severity for motorized and non-motorized vehicle-involved crashes: Insights from random-parameter ordered probit model with heterogeneity in means and variances, *IATSS Research 47*, 455–467.

-Azmeri Khan, S., Yasmin, S., Mazharul Haque, M., (2023). Effects of design consistency measures and roadside hazard types on run-off-road crash severity: Application of random parameters hierarchical ordered probit model, *Analytic Methods in Accident Research,* 40, 100300.

-Billah, K., Sharif, H. O., Dessouky, S., (2022). How Gender Affects Motor Vehicle Crashes: A Case Study from San Antonio, Texas, Sustainability, 14, 7023.

-De Ona, J., Mujalli, R.O., Calvo, F.J., (2011). Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks, *Accid. Anal. Prev.,* 43, 402–411.

-Eboli L., Forciniti, C., Mazzulla, G., (2020). Factors influencing accident severity: an analysis by road accident type, *Transp. Res. Procedia,* 47, 449–456.

-Eluru, N., Bhat, C. R., Hensher, D. A., (2008). A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes. *Accid. Anal. Prev.,* Vol. 40, No. 3, 1033–1054.

-Greene, W.H., (2008). Econometric Analysis, Pearson% Prentice Hall. *Upper Saddle River, New Jersey.*

-Islam, M., Hernandez, S., (2013). Large truck–involved crashes: Exploratory injury severity analysis, *J. Transp. Eng.* 139.

-Kodi, J. H., Msaki, E., Kitali, A. E., Haule, H. J., Ali, S., (2025). Analysis of injury severity levels and contributory factors in traffic crashes at signalized intersections under mixed traffic conditions in a low- and middle-income country, *African Transport Studies,* 3, 100019.

-Liu, J., Li, J., Wang, K., Zhao, J., Cong, H., He, P., (2019). Exploring factors affecting the

-World Health Organization, (2020), Road safety.

-Yang, Z., Chen, F., Ma, X. & Dong, B. (2019). Injury Severity of Pedestrians at Mid-blocks: A Random Parameter Ordered Probit Approach. *5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS),* IEEE, 735-740.

-Ye, F., Lord, D., (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 1,* 72–85.

-Yu, M., Mab, C., Shen, J., (2021). Temporal stability of driver injury severity in single-vehicle roadway departure crashes: A random thresholds random parameters hierarchical ordered probit approach, Anal. Meth. *Accid. Res, 29, e100144.*

-Zhang, Z., Yang, R., Yuan, Y., Blackwelder G., & Yang, X., (2020). Examining driver injury severity in left-turn crashes using hierarchical ordered probit models, *Traffic Injury Prevention,* 22 (1), 1-6.

Among Young Drivers in England: Accounting for Data Imbalance, *Appl. Sci,* 15, 4793.

-Tamakloe, R., Lim, S., Sam, E.F., Park, S.H., Park, D., (2021). Investigating factors affecting bus/minibus accident severity in a developing country for different subgroup datasets characterised by time, pavement, and light conditions, *Accid. Anal. Prev.,* 159, 106268.

-Tjahjono, T., Swantika, B., Kusuma, A., Purnomo, R., Tambun, G.H., (2021). Determinant contributing variables to severity levels of pedestrian crossed the road crashes in three cities in Indonesia. *Traffic Inj. Prev. 22* (4), 318–323.

-Uddin, M., Huynh, N., (2018). Factors influencing injury severity of crashes involving HAZMAT trucks, *Int. J. Transp. Sci. Technol,* 7, 1–9.

-Washington, S., Karlaftis, M.G., Mannering, F., Anastasopoulos, P., (2020), Statistical and econometric methods for transportation data analysis. *CRC Press.*

Analysis of Urban Crash Severity at Stop-Controlled Intersections (Case Study: Aligudarz City)

Shahin Shabani, Department of Civil Engineering, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran.

Amir Bahador Azimi, *Ph.D., Student, Department of Civil Engineering, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran.*

E-mail: azimiamir510@gmail.com

Received: February 2026- Accepted: May 2026

ABSTRACT

From the perspective of urban safety, Intersections are among the most high-risk geometric elements. When Intersections lack proper traffic control (i.e., stop-controlled intersections), safety issues become more critical since the maneuvers of violator drivers are often sudden and unpredictable. Analyzing the occurrence and severity of crashes in these areas can help identify the contributing factors and support decision-making for effective safety Improvements. In this study, to analyze crash severity at stop-controlled intersections, relevant intersections within the city of Aligudarz, Lorestan Province, were examined. Crash data for stop-controlled intersections during the years 2011–2023 (1390–1402 SH) in the Iranian calendar) were collected from the Aligudarz traffic police. Based on the available data and previous research, several explanatory variables—including the approach direction to the intersection, lighting condition, weekday/holiday status, Driver's age and gender, weather and road surface conditions, number of intersection legs, speed limit, vehicle maneuver, and vehicle type—were analyzed using an ordered probit model in Stata software. Multiple states were defined for each variable and compared with a reference category. The results indicate that higher speed limits, left-turn maneuvers, male and younger drivers, four-legged intersections, indirect approach directions, darkness without adequate lighting, weekdays (non-holidays), wet or Icy road surfaces, and rainy or snowy weather conditions are associated with greater crash severity.

Keywords: Crash Severity, Stop-Controlled Intersections, Ordered Probit Model