

## مدل سازی عوامل موثر بر احتمال وقوع تصادف

### و پیش بینی تعداد تصادفات رانندگان تاکسی

مقاله علمی - پژوهشی

قاسم فراهانی درمنکی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران  
مرتضی اسد امرجی\*، استادیار، گروه ژئوتکنیک و حمل و نقل، دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی،  
تهران، ایران

بابک ابراهیمیان، استادیار، گروه ژئوتکنیک و حمل و نقل، دانشکده عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران  
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [m\\_asadamraji@sbu.ac.ir](mailto:m_asadamraji@sbu.ac.ir)

دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰ - پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

صفحه ۳۶-۱۹

#### چکیده

یکی از وسایل نقلیه در معابر شهری تاکسی است که مکمل حمل و نقل عمومی و بخشی از یک حمل و نقل فعال محسوب می‌گردد. با توجه به اینکه رانندگان تاکسی در مقایسه با سایر رانندگان زمان طولانی‌تری را در معابر سپری می‌کنند احتمال وقوع تصادف بالاتری دارند؛ لذا ایمنی و رانندگی مناسب برای رانندگان تاکسی حائز اهمیت است. بررسی‌ها نشان داده پارامترهای مؤثر در تصادفات تاکسی شامل عوامل انسانی، ایمنی خودرو، محدوده خدمات و معابری که به صورت دوره‌ای طی می‌گردد، عوامل محیطی و مسائل مدیریتی و اجتماعی است؛ اما مهم‌ترین آن‌ها عوامل انسانی است که بخصوص مربوط به رانندگان تاکسی می‌شود؛ لذا در این پژوهش به بررسی تأثیر رفتار و ویژگی‌های رانندگان بر احتمال درگیری در تصادف و نرخ تصادفات تاکسی و ارائه مدل‌های کمی برای پیش‌بینی تعداد تصادفات و احتمال درگیری در تصادف پرداخته شده است. بدین منظور و با بررسی ادبیات موضوع ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، سابقه رانندگی و تصادفات سه سال گذشته، رفتارهای رانندگی و ویژگی‌های تکنشگری به‌عنوان متغیرهای مستقل مدنظر قرار گرفت که برای جمع‌آوری آن‌ها پرسش‌نامه‌های استاندارد در جامعه هدف که رانندگان تاکسی کلان‌شهر اراک بودند توزیع گردید. در این راستا ۳۳۰ نمونه به صورت تصادفی از بین رانندگان تاکسی پرسش‌نامه‌ها را تکمیل نمودند. در ادامه پایایی و روایی پرسش‌نامه‌ها تأیید و مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی احتمال درگیری در تصادف و مدل‌های پواسون تعمیم‌یافته برای پیش‌بینی تعداد تصادفات به عنوان بهترین مدل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24 تخمین زده شد. متغیرهای مستقل معنی‌دار معادله درگیری در تصادف شامل: سن، تعداد تخلفات، میزان ساعت کار راننده، خطا و لغزش و علاقه به رانندگی تعیین شد. متغیرهای تأثیرگذار در مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات نیز شامل: سن، خطا و لغزش، بی‌اعتنایی به قانون، علاقه به رانندگی و سابقه رانندگی با تاکسی بود. از نتایج این مطالعه می‌توان در طراحی دوره‌های آموزشی، ارزیابی صلاحیت رانندگان تاکسی و ساخت بسته‌های فرهنگی برای این رانندگان استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: احتمال وقوع تصادف، تعداد تصادفات، رانندگان تاکسی، رگرسیون لجستیک، پواسون تعمیم‌یافته

#### ۱- مقدمه

می‌دهند و میلیون‌ها نفر دیگر با آسیب‌های جدی مواجه می‌شوند و با عواقب نامطلوب سلامتی زندگی می‌کنند و تصادفات علت اصلی مرگ در بین افراد ۱۵ تا ۲۹ سال ست

حوادث ترافیکی هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی را موجب می‌گردد (Hayley et al., 2017). سالانه بیش از ۱,۲ میلیون نفر در جاده‌های جهان جان خود را از دست

منجر به تصادفات رانندگی شود(عدل و همکاران، ۲۰۱۴). در نتیجه بررسی ویژگی‌های رانندگان تاکسی و تأثیر آن‌ها بر ایمنی و تصادفات ضروری می‌باشد. این مطالعه بر تأثیر رفتار رانندگی رانندگان تاکسی، ویژگی‌های تکانشگری، ویژگی‌های اجتماعی و جمعیت‌شناختی تصادفات تمرکز دارد، زیرا تاکسی‌ها در کشورهای درحال توسعه مانند ایران نقش بسیار مهمی دارند.

بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر رفتار رانندگی رانندگان تاکسی، ویژگی‌های تکانشگری، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی بر احتمال درگیری در تصادف و نرخ تصادفات تاکسی تمرکز دارد. در این راستا پرسشگری به صورت خوداظهاری مدنظر قرار گرفت و از مدل‌های شمارشی پواسون تعمیم‌یافته و دوجمله‌ای منفی تعمیم‌یافته برای پیش‌بینی تعداد تصادفات و مدل رگرسیون لجستیک برای احتمال درگیری در تصادف استفاده شد.

## ۲-پیشینه تحقیق

مسائل ایمنی ترافیکی مرتبط با تاکسی‌ها از این جهت حائز اهمیت است که فراوانی تصادفات تاکسی به طور قابل توجهی بیشتر از سایر انواع وسایل نقلیه است(Park et al., 2021) و رانندگان تاکسی در مقایسه با گروه‌های دیگر از رانندگان، بیشتر در معرض رانندگی پرخطر و درگیر شدن در تصادفات رانندگی هستند(Wang et al., 2014). عوامل خطر متفاوتی در رابطه با تصادفات و صدمات ناشی از تصادف در بین رانندگان تاکسی وجود دارد، این عوامل خطر بالقوه بیشتر به ویژگی‌های رانندگان، چه از نظر فیزیکی و چه از نظر رفتاری، مرتبط هستند(Lam, 2004). عواملی چون (تخلفات رانندگی، خطاهای رانندگی، رفتارهای پرخاشگرانه) Sheikholeslami et al., 2023)، مشکلات خواب، خستگی، سن، ساعات کاری و هزینه‌های مدیریت) تأثیرات قابل توجهی بر تصادفات رانندگان تاکسی دارند همچنین ترکیبی از ساعات کاری طولانی، مشکلات خواب، رفتارهای پرخاشگرانه، نادیده گرفتن چراغ قرمز و سرعت زیاد، می‌تواند منجر به بیشترین احتمال تصادف تاکسی می‌شود(Ba et al., 2018; Peng et al.,

Organization, 2015). به طور خاص، تصادفات یکی از علل اصلی جراحات و مرگ‌ومیر در کشورهای درحال توسعه است(Das & Burger, 2017).

تصادفات رانندگی دارای عوامل مختلفی است که از آن‌جمله می‌توان عوامل انسانی و رفتاری (Asadamraji et al., 2022، خطرات محیطی و جاده‌ای (Sheikholeslami et al., 2020) و مشکلات خودرویی را نام برد. در تحقیقات مختلف انجام شده در دنیا سهم هر یک از عوامل در کشورهای مختلف تخمین زده شده است و تحقیقات نشان داده است که در بسیاری از موارد اندرکنش و ترکیب عوامل مختلف باعث بروز تصادف می‌شوند. البته ارزیابی‌های تصادف بسیار پیچیده و ناشی از سلسله مراتب مختلف می‌باشد که در برخی از زمان‌ها بخصوص در شرایط مشکلات داده‌های تصادف رسیدن به یکی تحلیل و مدل دقیق پیچیده می‌باشد.

یکی از رویکردهای ایمنی ارزیابی و تحلیل تصادف به تفکیک کاربران، روش‌ها، نوع وسیله نقلیه درگیر و سایر موارد می‌باشد. هریک از این تحلیل‌ها و نتایج آنها می‌تواند دید مناسبی به مدیران شهری و برنامه‌ریزان ارائه دهد. تحلیل‌های مبتنی بر تفکیک روش‌های مختلف حمل و نقل می‌تواند راهکارهایی در راستای آن روش خاص حمل و نقل ارائه دهد. در مقایسه با سایر روش‌های حمل و نقل، تاکسی‌ها در معابر شهری زمان طولانی‌تری را سپری می‌کنند و در نتیجه نرخ تصادف تاکسی بالاتر است پس تعجب‌آور نیست که تاکسی‌ها به دلیل فرکانس بالای خدمات و پرخاشگری در رانندگی در بخش بزرگی از تصادفات ترافیکی دخیل باشند(Chin & Huang, 2009) رانندگان تاکسی معمولاً در مقایسه با جمعیت عمومی رانندگی، رانندگی پرخطرتری را انجام می‌دهند و اغلب در شرایط استرس‌زا و خطرناک از جمله ساعات کار طولانی، وظایف رانندگی مکرر و اختلافات گاه‌به‌گاه با مسافران کار می‌کنند و این شرایط به افزایش استرس جسمی و روحی آن‌ها تبدیل می‌شود(Vahedi et al., 2018) همانطور که عدل و همکاران در مطالعه‌ای گزارش دادند که ۵۲٫۵ درصد از رانندگان تاکسی رفتار نا ایمن رانندگی دارند و ۴۶ درصد از این رفتارهای پرخطر به طور مکرر انجام می‌شود که می‌تواند

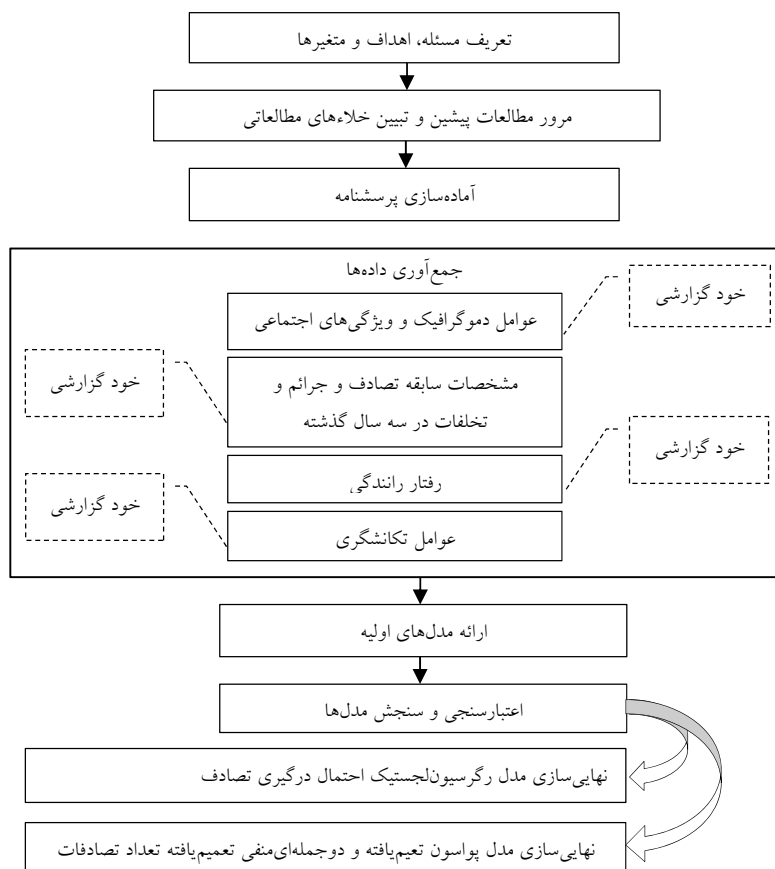
خطرناک رانندگی و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های راننده و تصادفات ترافیکی انجام شد. مدل‌سازی رگرسیون لجستیک باینری نشان داد که بی‌توجهی به استفاده از چراغ‌های راهنما، حمل بیش از یک مسافر و سیگار کشیدن در حین رانندگی به طور قابل توجهی با درگیری تصادف خود گزارش شده مرتبط است. نادیده گرفتن چراغ‌راهنما نیز با درگیری تصادف همراه بود (Nguyen-Phuoc et al., 2020). آقابایک و همکاران در سال ۲۰۲۰ مطالعه‌ای را برای یافتن رابطه بین ویژگی‌های روان‌شناختی رانندگان تاکسی و رفتارهای رانندگی آن‌ها انجام دادند. یافته‌ها نشان دادند که اضطراب اجتماعی و خودخواهی بهترین پیش‌بینی‌کننده تخلفات هستند. حالت تهاجمی پیش‌بینی‌کننده قابل توجهی از تخلفات تهاجمی است و ضرورت و اضطراب تأثیر کاملی بر خطاها دارد و همچنین رضایت از زندگی، احساس طلبی، وظیفه‌شناسی، سن و اضطراب بهترین پیش‌بینی‌کننده لغزش‌ها هستند (Aghabayk et al., 2020).

### ۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش با همکاری و نظارت شرکت تاکسیرانی کلان‌شهر اراک پرسشنامه‌ای توسط ۳۳۰ راننده تاکسی تکمیل شد و اطلاعاتی در مورد (۱) ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و سابقه رانندگی و تصادفات طی سه سال گذشته (۲) رفتارهای رانندگی (۳) ویژگی‌های تکانشگری، جمع‌آوری شد و پایایی و روایی پرسشنامه تأیید و مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی احتمال درگیری در تصادف و مدل‌های پواسون تعمیم‌یافته و دوجمله‌ای منفی تعمیم‌یافته برای پیش‌بینی تعداد تصادفات با استفاده از نرم افزار SPSS 24 ساخته شد. شکل (۱) روند کلی بکار رفته در این مطالعه را نشان می‌دهد.

همچنین مطالعه‌ای بر روی رانندگان تاکسی در سال ۲۰۱۵ نشان داد رانندگان میان‌سال مرد با تحصیلات محدود و تجربه کمتر رانندگی بسیار بیشتر درگیر تصادف بودند (Wang et al., 2015). لا و همکاران با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون لجستیک بر روی تصادفات تاکسی نشان دادند سن راننده، نوع گواهینامه رانندگی، وضعیت اشتغال، کفایت درآمد درک شده، استفاده از کمربند ایمنی و سابقه تخلفات ترافیکی به طور قابل توجهی با خطر تصادف مرتبط هستند (La et al., 2013). کریمی و همکاران به این نتیجه رسیدند که عوامل مرتبط با رانندگی با عصبانیت از عوامل اصلی افزایش احتمال بدرفتاری و تصادفات رانندگی هستند و سبک رانندگی و رفتار رانندگی به طور قابل توجهی خطر تصادف را در بین رانندگان پیش‌بینی می‌کند (Karimi et al., 2022) و حداکثر زمان کاری روزانه برای یک راننده تاکسی برای افزایش ایمنی و کاهش احتمال خطر تصادف کمتر از ۱۰ ساعت در روز پیشنهاد شده است (Kang et al., 2022). شی و همکاران در سال ۲۰۲۲ مطالعه‌ای باهدف تجزیه و تحلیل عوامل رفتارهای ناهنجار رانندگی و تصادفات را در بین رانندگان سواری انجام دادند. نتایج نشان داد که در بین رانندگان سواری، رانندگان تاکسی بیشتر از رانندگان خودروهای شخصی درگیر رفتارهای ناهنجار رانندگی هستند و رانندگان جوان خودرو سواری بیشتر از هم‌تایان خود درگیر تخلفات پرخطر هستند.

همچنین مشخص شد که افزایش یک واحدی تخلفات پرخطر، احتمال درگیر شدن در تصادفات را تا ۶۰ درصد افزایش می‌دهد. علاوه بر این، افزایش یک واحدی در عوامل شرایط کار، احتمال درگیر شدن در تصادفات را تا ۴۱ درصد افزایش داد (Shi et al., 2022). نگوین و همکاران در سال ۲۰۲۰ پژوهشی را از طریق یک نظرسنجی از ۶۰۲ راننده تاکسی انجام دادند، این تحقیق باهدف بررسی بروز رفتارهای



شکل ۱. روند کلی مطالعه

### ۳-۱- جامعه مورد مطالعه

باشند. نکته دیگر مربوط به رانندگی با و بدون سرنشین است. ویلیامز در سال ۲۰۰۳ اظهار داشت رفتارهای نایمن راننده در هنگامی که تنهاست و زمانی که سرنشینان دیگری در کنار او هستند متفاوت است (Williams, 2003). مثلاً واندرسیتز با مشاهده رفتار رانندگان استرالیایی نشان داد رانندگان زمانی که در داخل خودرو تنها هستند چهار برابر نسبت به زمانی که همراه با مسافر هستند از تلفن همراه استفاده می‌نمایند (Wundersitz, 2014). بنابراین، چون در جامعه آماری انتخاب شده، رانندگان تاکسی اغلب همراه با مسافر در حال تردد هستند، گروه یکنواخت‌تری را برای مطالعه تشکیل می‌دهند. حجم نمونه مورد مطالعه نیز به صورت تصادفی به طوری که حداقل نمونه کوکران پاس شود با توجه به جامعه آماری که شامل ۲۶۰۰ راننده تاکسی است تعیین و تعداد ۳۳۰ نمونه مشخص شد.

با انتخاب رانندگان تاکسی به عنوان جامعه آماری مورد مطالعه نمونه‌ای در اختیار قرار خواهد داشت که در آن، آزمودنی‌ها از کیلومترهای رانندگی تقریباً بالایی برخوردار می‌باشند. همچنین باید اذعان نمود که در ایران، با وجود گستردگی تسهیلات و رواج داشتن استفاده و به تبع آن اهمیت مدل تاکسی به عنوان یکی از مدل‌های مهم حمل و نقلی، مطالعات کافی در خصوص مطالعات رفتاری این قشر صورت نگرفته است؛ بنابراین انجام این مطالعه از نقطه نظر کاربردی و پر کردن خلاءهای ناشی از کمبود مطالعات در خصوص رانندگان تاکسی دارای اهمیت است. تاکسی‌های مورد استفاده در ایران تنوع زیادی ندارند و عدم تنوع تکنولوژی، ایمنی و سن تاکسی‌ها باعث می‌شود که رانندگان تاکسی در شرایط تقریباً یکسانی از لحاظ نوع وسیله نقلیه قرار داشته باشند. همچنین رانندگی تاکسی به عنوان یک شغل و رانندگی مداوم آن‌ها باعث می‌شود از شاخص درگیری با ترافیک نسبتاً یکسانی برخوردار

### ۲-۳- ارزیابی رفتار رانندگان تاکسی

برای ارزیابی رفتار رانندگان تاکسی از پرسشنامه رفتاری رانندگان استفاده شد. پرسشنامه رفتاری رانندگی مورد استفاده در این پژوهش شامل کلیه پرسش‌های پرسشنامه لاجونن و همکاران (Lajunen et al., 2004) و برخی پرسش‌ها از پرسشنامه شای و همکاران (Shi et al., 2010) و هم چنین تجربیات حاصل از مشاهدات رفتار نابجای خاص رانندگان ایرانی جهت بومی‌سازی پرسشنامه است که توسط دکتر ممدوحی و همکاران با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، ساختار رفتار نابجای رانندگان ایرانی را به ۵ عامل "سرعت و عجله"، "بی‌اعتنایی به قانون"، "عدم تمرکز"، "تخلفات خصمانه" و "خطا و لغزش" تقسیم‌بندی کرد که عوامل "بی‌اعتنایی به قانون" و "عدم تمرکز" با استفاده از پرسشنامه توسعه‌یافته دکتر ممدوحی و همکاران برای رانندگان ایرانی شناسایی گردیدند (ممدوحی و همکاران، ۲۰۱۴).

### ۳-۳- بخش تکانشگری

تکانشگری در اعمال روزانه مردم به‌وضوح قابل مشاهده است. به این گونه رفتارها، مخاطره‌آمیز نیز گفته می‌شود. تکانشگری، گونه‌ای «عمل بدون تأمل» یا رفتاری است که عامل آن از پیامدهایش ارزیابی مناسبی ندارد (Gerbing et al., 1987; Wittmann et al., 2008). به عبارت دیگر، تکانشگری نوعی گرایش به انجام واکنش بلافاصله و بدون برنامه‌ریزی نسبت به محرک‌های بیرونی و درونی است که به آثار و تبعات فردی و اجتماعی آن توجهی نمی‌شود (Stanford et al., 2009).

بارت و همکاران تئوری سیستمی جامعی را طراحی کردند که در آن عوامل زیستی، رفتاری، محیطی و شناختی را در برمی‌گیرد. آن‌ها سه مؤلفه تکانشگری را متمایز کردند: تکانشگری حرکتی (عمل کردن بدون نقشه قبلی همراه با سرسختی)، تکانشگری شناختی (توانایی تمرکز کردن بر کار نزدیک و ناپایداری شناختی) و تکانشگری عدم برنامه‌ریزی (ناتوانی در برنامه‌ریزی و تفکر کردن بادقت) (Barratt et al., 1997; Mobini et al., 2006). در این پژوهش به‌منظور ارزیابی تکانشگری از نسخه فارسی پرسشنامه تکانشگری بارت (BIS-11) استفاده شد و سه متغیر اصلی

پرسش‌نامه شامل تکانشگری عدم برنامه‌ریزی، تکانشگری شناختی، و تکانشگری حرکتی بود.

### ۳-۴- رگرسیون لجستیک

در رگرسیون لجستیک احتمال وقوع یک طبقه خاص متغیر وابسته که اصطلاحاً احتمال وقوع رویداد خوانده می‌شود بر اساس تابع‌نمایی متغیرهای مستقل برآورد می‌شود (پیشرو، ۱۳۹۹).

$$P = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_j X_j + \dots + \beta_k X_k}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_j X_j + \dots + \beta_k X_k}} \quad (1)$$

به تابع تابع‌نمایی می‌گویند که پایه آن عدد ثابت نپر با نماد  $e$  است و توان آن ترکیبی است خطی از متغیرهای مستقل. همان‌گونه که تابع رگرسیون خطی بر اساس روش حداقل مجزورات، متغیر وابسته را با کمترین خطا پیش‌بینی می‌کند در رگرسیون لجستیک تابع‌نمایی بر اساس روش لاکلیهود ماکزیمم احتمال وقوع رویداد را با کمترین خطا برآورد می‌کند.

برای سادگی تفسیر ضرایب رگرسیون لجستیک تابع فوق به‌صورت نسبت احتمالات متغیر وابسته با نماد odds بیان می‌شود که عبارت است از نسبت احتمال وقوع رویداد به احتمال عدم وقوع آن:

$$odds = \frac{p}{1 - p} \quad (2)$$

در فرمول (۲) با جایگزینی  $p$  با معادلش در فرمول (۱) و ساده‌کردن آن، نسبت احتمالات متغیر وابسته به‌صورت تابع‌نمایی مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل ارائه می‌شود.

$$odds = e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_j X_j + \dots + \beta_k X_k} \quad (3)$$

که در آن  $e$  ثابت نپر است که پایه لگاریتم طبیعی است و  $X_j$  متغیر مستقل  $j$ ام و  $\beta_j$  ضریب رگرسیون لجستیک متغیر مستقل  $X_j$  و  $\beta_0$  عرض از مبدا (مقدار ثابت).

این معادله رگرسیون لجستیک، مبین آن است که نسبت احتمالات متغیر وابسته (طرف چپ معادله) تابعی است از  $e$  به توان ترکیب خطی متغیرهای مستقل (طرف راست معادله) است. احتمال وقوع رویداد برای هر داده را می‌توان از نسبت احتمالات تقسیم بر یک به اضافه نسبت احتمالات به طور دقیق به دست آورد.

$$p_i = \frac{odds_i}{1 + odds_i} \quad (4)$$

### ۳-۵- رگرسیون پواسون تعمیم یافته

(Zimmermann, 1994). فرض کنید  $y_i$  یک متغیر پاسخ شمارشی باشد که یک توزیع پواسون تعمیم یافته را دنبال می کند؛ تابع احتمال  $y_i$  به صورت زیر می باشد (Famoye et al., 2004).

وینکلمن و زیمرمن (۱۹۹۴) به این نکته پی بردند که وقتی که یک مجموعه از داده ها پراکندگی زیاد را نشان می دهند مدل رگرسیون پواسون مناسب نیست؛ در این حالت واریانس از میانگین بیشتر است. بعد از آن مدل رگرسیون پواسون تعمیم یافته پیشنهاد شد (Winkelmann & )

$$f_i(y_i, \mu_i, \alpha_i) = \left(\frac{\mu_i}{1 + \alpha\mu_i}\right)^{y_i} \frac{(1 + \alpha y_i)^{y_i - 1}}{y_i!} \exp\left[\frac{-\mu_i(1 + \alpha y_i)}{1 + \alpha\mu_i}\right] \quad (5)$$

$$\mu_i = \mu_i(x_i) = \exp(x_i\beta)$$

$$y_i = 0.1.2. \dots$$

جایی که  $x_i$  یک بردار  $k - 1$  بُعدی از متغیرهای مستقل،  $\beta$  یک بردار  $k$  بُعدی از پارامترهای رگرسیون و  $\alpha$  پارامتر پراکندگی می باشد. میانگین و واریانس به ترتیب به صورت زیر به دست می آیند:

$$E(y_i|x_i) = \mu_i \quad (6)$$

$$var(y_i|x_i) = \mu_i(1 + \alpha\mu_i)^2 \quad (7)$$

مدل رگرسیون پواسون تعمیم یافته یک تعمیم از مدل رگرسیون پواسون استاندارد (PR) می باشد. وقتی  $\alpha = 0$  شود مدل GPR به مدل PR تبدیل می شود.

وقتی  $\alpha < 0$  باشد؛ آنگاه مقدار  $\alpha$  باید در شرطهای  $1 + \alpha\mu_i > 0$  و  $1 + \alpha y_i > 0$  صدق کند. یعنی باید  $\alpha > \min\{-1/\max(\mu_i), -1/\max(y_i)\}$  باشد.

وقتی  $\alpha > 0$  است آنگاه  $var(y_i|x_i) > E(y_i|x_i)$  و مدل GPR نمایانگر داده شمارشی با پراکندگی زیاد می باشد.

وقتی  $\alpha < 0$  است آنگاه  $var(y_i|x_i) < E(y_i|x_i)$  و مدل GPR نمایانگر داده شمارشی با پراکندگی کم می باشد.

### ۳-۶- دوجمله ای منفی تعمیم یافته

یک فرض اساسی در بیان مدل های آماری احتمالاتی معمولی این است که ضرایب شیب معادلات آن ها ثابت فرض می شود. این در حالی است که در خیلی از موارد این موضوع می تواند نقض گردد (Wang & Abdel-Aty, 2008). برای روشن تر شدن این موضوع می توان یک مدل تعمیم یافته ی دوجمله ای منفی را به شکل زیر بیان نمود. در صورتی که مدل توزیع دوجمله ای منفی را به فرم  $Y_i \sim NB(\mu_i, \alpha)$  در نظر بگیریم که در آن عبارت  $Y_i$  از تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در بازه زمانی  $i$  ام  $\mu_i$ ،

عبارت است  $(i = 1.2. \dots n)$  عبارت است از متوسط تعداد تصادفات به وقوع پیوسته در بازه زمانی  $i$  ام و  $(\alpha)$  عبارت است از پارامتر بیش پراکندگی. یکی از نقص های مدل های توزیع دوجمله ای منفی در این است که یک پارامتر بیش پراکندگی ثابت  $(\alpha)$  را برای تمامی مشاهدات در نظر می گیرد. این موضوع در خیلی از موارد نقض می گردد. به منظور رفع چنین مشکلی می توان پارامتر بیش پراکندگی را به صورت تابعی به قرار زیر در نظر گرفت که تأثیر متغیر بودن آن باعث دقت بسیار بیشتر مدل می گردد.

$$\alpha_i = \exp(\gamma_0 + \gamma_1 Z_{i1} + \gamma_2 Z_{i2} + \dots + \gamma_k Z_{im}) \quad (8)$$

همچنین  $(\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_m)$  عبارت است از بردار پارامترها. به مدل دوجمله‌ای منفی با در نظر گرفتن پراکندگی این پارامتر بیش پراکندگی، مدل دوجمله‌ای تعمیم‌یافته  $(GNB^1)$  گفته می‌شود (Usman et al., 2010).

در معادله فوق  $(Z_{i1}, \dots, Z_{im})$  عبارت است از بردار فاکتورهای مخصوص تصادف به وقوع پیوسته است که نسبت به پارامترهایی که توصیف کننده  $\mu_i$  هستند، می‌توانند متفاوت باشند.

#### ۴-نتایج

در این بخش نتایج مربوط به تحلیل داده‌ها و مدلسازی ارایه می‌گردد.

##### ۴-۱-آمار توصیفی

یکبار تجربه تصادف داشته‌اند (۳۰ درصد)، ۳۱ نفر دو بار تجربه تصادف داشته‌اند (۹۰۴ درصد)، ۱۰ نفر سه بار تجربه تصادف داشته‌اند (۳ درصد)، ۳ نفر چهار بار تجربه تصادف داشته‌اند (۰۰۹ درصد) و سه نفر پنج بار تجربه تصادف داشته‌اند (۰۰۹ درصد).

در ابتدای تحلیل‌ها آمار توصیفی مربوط به متغیر تعداد تصادفات آورده شده است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود متغیر تعداد تصادفات داری میانگین ۰۰۶۶ با انحراف استاندارد ۰۰۹۴۲ و بازه آن بین ۰ تا ۵ است و در کل ۲۱۸ مورد تصادف گزارش شده است. طبق جدول (۲)، ۱۸۴ نفر بدون تصادف بوده‌اند (۵۵۰۸ درصد)، ۹۹ نفر فقط

جدول ۱. آمار توصیفی متغیر تعداد تصادفات

تعداد تصادفات	
۰۰۶۶	میانگین
۰۰۰۵۲	انحراف از میانگین <sup>۲</sup>
۰	مد <sup>۳</sup>
۰۰۹۴۲	انحراف استاندارد
۱۰۸۶۶	چولگی <sup>۴</sup>
۰۰۱۳۴	خطای چولگی
۴۰۳۳۱	کشیدگی <sup>۵</sup>
۰۰۲۶۸	خطای کشیدگی
۰	کمترین مقدار
۵	بیشترین مقدار
۲۱۸	مجموع

جدول ۲. فراوانی تعداد تصادفات

فراوانی	درصد	درصد تجمعی
۰	۵۵,۰۸	۵۵,۰۸
۱	۳۰,۰۰	۸۵,۰۸
۲	۹,۰۴	۹۴,۰۲
۳	۳,۰۰	۹۷,۰۲
۴	۰,۰۹	۹۷,۱۱
۵	۰,۰۹	۹۷,۲۰
مجموع	۱۰۰,۰۰	۱۰۰,۰۰

جدول ۳. مشخصات کلی تصادفات

تعداد تصادفات	۲۱۸
چه تعداد در روز رخ داده است	۱۷۲
چه تعداد در شب رخ داده است	۴۶
تعداد تصادفاتی که راننده تاکسی مقصر شناخته شده است	۱۱۶
خسارتی جلو به جلو	۱۰
جرحی جلو به جلو	۰
خسارتی جلو به عقب	۸۱
جرحی جلو به عقب	۳
خسارتی جلو به پهلو	۶۷
جرحی جلو به پهلو	۴
خسارتی پهلو به پهلو	۶
جرحی پهلو به پهلو	۰
خسارتی برخورد با موتور سوار	۱۰
جرحی برخورد با موتور سوار	۲۲
خسارتی برخورد با عابر	۰
جرحی برخورد با عابر	۱۰

#### ۴-۲- مدل درگیری در تصادف ( رگرسیون لجستیک )

همانطور که اشاره شد برای احتمال درگیری در تصادف از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد.

#### ۴-۲-۱- متغیر وابسته

متغیر دوگانه (بله/خیر) در مورد درگیری در تصادف به عنوان متغیر وابسته در مدل رگرسیون لجستیک باینری تعریف شد. به این صورت که رانندگانی که در سه سال گذشته حداقل یکبار درگیر تصادف شده باشند (مقصر و غیرمقصر) متغیر وابسته درگیری تصادف برابر با یک و در غیر این صورت صفر (بدون تصادف) تنظیم شد.

۴-۲-۲- متغیرهای مستقل در معادله رگرسیون لجستیک

درگیری در تصادف

جدول متغیرهای معادله رگرسیون لجستیک شامل مجموعه متغیرهای مستقل و ثابت بوده و آماره‌های آن را بیان می‌کند.

جدول ۴. کدگذاری متغیر وابسته

مقدار اصلی	کد جدید متغیر
عدم درگیری در تصادف	۰
درگیری در تصادف	۱

جدول ۵. متغیرهای معادله

ضریب (B)	انحراف استاندارد (S. E.)	والد (Wald)	درجه آزادی (df)	سطح معناداری (Sig.)	Exp(B)	
-۰,۰۴۳	۰,۰۱۲	۱۲,۱۹۵	۱	۰,۰۰۰	۰,۹۵۸	سن
۰,۰۳۶	۰,۰۱۱	۱۰,۹۳۷	۱	۰,۰۰۱	۱,۰۳۷	تعداد تخلفات
۰,۱۳۵	۰,۰۰۵۸	۵,۳۳۸	۱	۰,۰۲۱	۱,۱۴۵	میانگین میزان ساعات کار
۰,۸۱۷	۰,۳۲۴	۶,۳۵۴	۱	۰,۰۱۲	۲,۲۶۳	عدم علاقه به رانندگی
۱,۶۷۵	۰,۴۵۱	۱۳,۷۷۶	۱	۰,۰۰۰	۵,۳۴۱	خطا و لغزش
-۲,۵۷۲	۱,۰۲۶	۶,۲۸۰	۱	۰,۰۱۲	۰,۰۷۶	مقدار ثابت

و لغزش با ضریب ۱,۶۷۵ و اثر مستقیم در احتمال وقوع تصادف و عدم علاقه به رانندگی با ضریب ۰,۸۱۷ تعیین شد و نتیجه بدست آمده نشان داد که گروهی که به رانندگی علاقه ندارند نسبت به گروهی که به رانندگی علاقه دارند ۲,۲۶۳ برابر بیشتر احتمال دارد درگیر تصادف شوند.

متغیرهای مستقل معنی‌دار معادله درگیری تصادف شامل: سن با ضریب -۰,۰۴۳ و اثر معکوس در احتمال وقوع تصادف، تعداد تخلفات با ضریب ۰,۰۳۶ و اثر مستقیم در احتمال وقوع تصادف، میانگین میزان ساعات کار راننده با ضریب ۰,۱۳۵ و اثر مستقیم در احتمال وقوع تصادف، خطا

۴-۲-۳- برازندگی مدل لجستیک

جدول (۶) آماره‌های برازندگی مدل لجستیک را نشان می‌دهد.

جدول ۶. برازندگی مدل لجستیک در جدول خلاصه مدل

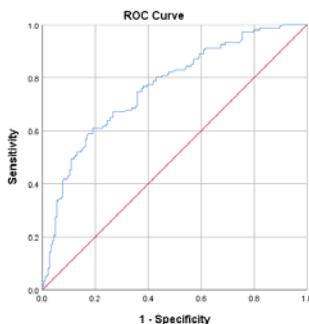
Nagelkerke R Square	Cox & Snell R Square	-2 Log likelihood
۰,۲۶۹	۰,۲۰۱	۳۷۸,۹۷۸

میانگین میزان ساعات کار در شبانه‌روز، خطا و لغزش و علاقه به رانندگی توضیح داده می‌شود. این عدد بین صفر تا یک قرار دارد و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان می‌دهد مدل پرداخت شده بهتر است و بیشتر می‌تواند تغییرات کمیت پاسخ را بیان کند.

با توجه به جدول (۵) ضرایب Cox & Snell R Square و Nagelkerke R Square به ترتیب برابر ۰,۲۰۱ و ۰,۲۶۹ بدست آمده است. این اعداد تا حدی بیانگر خوب و مناسب بودن مدل رگرسیونی است. نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد به ترتیب حدود ۲۱ و ۲۷ درصد احتمال درگیری تصادف توسط کمیت‌های مستقل سن، تعداد تخلفات در سه سال اخیر،

#### ۴-۲-۴- منحنی مشخصه عملکرد<sup>۱</sup> (ROC)

در شکل (۲) منحنی ROC نشان داده شده است.



شکل ۲. منحنی ROC

جدول ۷. ناحیه زیر منحنی ROC

فاصله اطمینان ۹۵٪		سطح معناداری	خطای استاندارد	مساحت
کران بالا	کران پایین			
۰،۸۱۴	۰،۷۱۱	۰،۰۰۰	۰،۰۲۶	۰،۷۶۳

می‌کند و مشخص می‌کند که مدل در دسته‌بندی و رده‌بندی آزمودنی‌ها مناسب عمل کرده است. همچنین ستون آخر این جدول نشان می‌دهد که سطح زیر منحنی از ۰،۷۱۱ تا ۰،۸۱۴ است.

سطح زیر منحنی از خط قرمز تا منحنی ترسیم شده است که این مقدار در جدول (۷) ستون «مساحت» برابر با ۰،۷۶۳ که مقداری نسبتاً خوب است. همچنین آماره آزمون و مقدار P-value آن کمتر از ۰،۰۰۵ است و بنابراین فرض صفر را رد

#### ۴-۳- مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات

##### ۴-۳-۱- اطلاعات مدل

دوجمله‌ای منفی، استفاده از این توزیع معادل استفاده از توزیع پواسون است) است. همچنین متغیر offset را که یک پیش‌بینی‌کننده ساختاری است را به دلیل اینکه تفاوت مهمی بین راننده‌ای که مثلاً با سه سال سابقه رانندگی با تاکسی دارای ۳ بار تجربه تصادف و راننده‌ای که با ۲۵ سال سابقه رانندگی با تاکسی دارای ۳ بار تصادف است وجود دارد لگاریتم سابقه رانندگی با تاکسی برای راننده در نظر گرفته شده است.

علاوه بر موضوع احتمال وقوع تصادف و درگیری در تصادف مدل فراوانی تصادف رانندگان تاکسی نیز تخمین زده شد. همانطور که جدول (۸) نشان می‌دهد متغیر وابسته تعداد تصادفات در سه سال گذشته است و توزیع احتمال استفاده شده نیز پواسون با تابع پیوند Log و دوجمله‌ای منفی با تابع پیوند Log و مقدار ۱ برای پارامتر فرعی (مقدار پارامتر فرعی توزیع دوجمله‌ای منفی می‌تواند هر عددی بزرگ‌تر یا مساوی ۰ باشد. هنگامی که پارامتر فرعی روی ۰ تنظیم می‌شود برای

جدول ۸. اطلاعات مدل‌های تعداد تصادفات

تعداد تصادفات	متغیر وابسته
Poisson - Negative binomial (1)	توزیع احتمال
Log	تابع پیوند
لگاریتم سابقه رانندگی	متغیر آفست

جدول ۹. اطلاعات متغیرهای معنی‌دار

انحراف استاندارد	میانگین	بیشترین مقدار	کمترین مقدار	تعداد		
۰,۰۹۴۲	۰,۰۶۶	۵	۰	۳۳۰	تعداد تصادفات	متغیر وابسته
۱۰,۰۵۷۶	۴۵,۰۰۰	۷۵	۲۵	۳۳۰	سن	متغیرهای مستقل
۰,۰۳۱۱۲۸	۱,۰۳۱۹۹	۳,۰۰۰	۱,۰۰۰	۳۳۰	خطا و لغزش	
۰,۰۲۸۰۲۹	۱,۰۳۵۷۶	۲,۰۴۳	۱,۰۰۰	۳۳۰	بی‌اعتنایی به قانون	
۶,۰۲۸۹۷۳	۱۱,۰۲۲۷۳	۲۲,۰۵۰	۲,۰۵۰	۳۳۰	سابقه رانندگی با تاکسی (سال)	
۰,۰۷۳۵۱۷	۲,۰۱۹۹۴	۳,۰۱۱	۰,۰۹۲	۳۳۰	Log (سابقه رانندگی)	آفست

#### ۴-۳-۲- اطلاعات متغیرهای معنی‌دار

در جدول (۹) اطلاعات متغیرهای معنی‌دار آورده شده است.

#### ۴-۳-۳- شاخص‌های خوبی برازش برای مدل‌ها

رگرسیون پواسون نسبت به دوجمله‌ای منفی وضعیت بهتری را ارائه می‌دهد.

-بر اساس معیار **AIC**: جداول (۱۰) و (۱۱) نشان می‌دهد معیار **AIC** برای مدل پواسون تعمیم‌یافته برابر ۶۶۰,۰۷۸۱ و کوچک‌تر از معیار آکایک برای مدل دوجمله‌ای منفی تعمیم‌یافته که ۶۹۰,۰۴۵۸ است و می‌توان نتیجه گرفت مدل پواسون تعمیم‌یافته وضعیت بهتری را ارائه می‌دهد.

-بر اساس معیار **BIC**: معیار **BIC** برای مدل پواسون تعمیم‌یافته برابر ۶۸۳,۰۵۷۶ است و کوچک‌تر از معیار **BIC** برای مدل دوجمله‌ای منفی تعمیم‌یافته برابر ۷۱۳,۰۲۵۳، در نتیجه در این زمینه نیز مدل پواسون تعمیم‌یافته وضعیت بهتری را ارائه می‌دهد.

با توجه به مقایسه شاخص‌ها و معیارها، مدل پواسون تعمیم‌یافته که بهترین برازش را داشت به‌عنوان مدل نهایی انتخاب شد.

جداول (۱۰) و (۱۱) چندین شاخص از خوبی برازش را برای مدل‌های پواسون تعمیم‌یافته و دوجمله‌ای منفی تعمیم‌یافته نشان می‌دهد که با مقایسه شاخص‌ها و معیارها می‌توان مدلی را که بهترین برازش را دارد به‌عنوان مدل نهایی انتخاب کرد.

-بر اساس **Pearson Chi-Square**: در جداول (۱۰) و (۱۱) با توجه به ستون Value/df برای ردیف **Pearson Chi-Square**، اگر این مقدار کمتر از ۰,۰۰۵ باشد، مدل به‌خوبی با داده‌ها تناسب ندارد و باید تحلیل‌های دیگری در نظر گرفته شود، اما مشاهده می‌شود که مقادیر بزرگ‌تر از ۰,۰۰۵ است (برای مدل پواسون برابر مقدار ۰,۰۹۷۹ و برای مدل دوجمله‌ای منفی برابر ۰,۰۶۱۴) و نتیجه می‌دهد مدل‌ها به‌خوبی با داده‌ها تناسب دارد و می‌توان به تفسیر نتایج ادامه داد.

-بر اساس **Log Likelihood**: همچنین مشاهده می‌شود **Log Likelihood** گزارش شده برای رگرسیون دوجمله‌ای منفی برابر (۳۳۹,۲۲۹-) است. این در واقع بزرگ‌تر از **Log Likelihood** رگرسیون پواسون برابر (۳۲۴,۳۹۱-) است که نشان می‌دهد

#### ۴-۳-۴- تخمین پارامترها

آن‌ها، مقادیر والد خبی - دو، سطح معناداری و فاصله اطمینان ۹۵ درصد برای ضرایب است.

جدول برآورد پارامتر شامل ضرایب رگرسیون پواسون برای هر یک از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده به همراه خطاهای استاندارد

جدول ۱۰. خوبی برازش مدل پواسون تعمیم یافته

Value/df	df	مقدار Value	
۰,۹۸۶	۳۲۴	۳۱۹,۵۹۹	انحراف Deviance
	۳۲۴	۳۱۹,۵۹۹	انحراف مقیاس Scaled Deviance
۰,۹۷۹	۳۲۴	۳۱۷,۰۶۰	پیرسون کای-دو Piarson Chi-Square
	۳۲۴	۳۱۷,۰۶۰	مقیاس پیرسون کای-دو Scaled Pearson Chi-Square
		-۳۲۴,۳۹۱	لگاریتم درست نمایی Log Likelihood
		۶۶۰,۷۸۱	معیار اطلاعات آکایک Akaike's Information Criterion (AIC)
		۶۶۱,۰۰۴۱	نمونه محدود تصحیح شده AIC(AICC) Finite Sample Corrected AIC (AICC)
		۶۸۳,۵۷۶	معیار اطلاعات بیزی (BIC) Bayesian Information Criterion (BIC)
		۶۸۹,۵۷۶	AIC سازگار (CAIC) Consistent AIC (CAIC)

جدول ۱۱. خوبی برازش مدل دوجمله ای منفی تعمیم یافته

Value/df	df	مقدار Value	
۰,۶۴۶	۳۲۴	۲۰۹,۳۶۱	انحراف Deviance
	۳۲۴	۲۰۹,۳۶۱	انحراف مقیاس Scaled Deviance
۰,۶۱۴	۳۲۴	۱۹۹,۰۰۸۵	پیرسون کای-دو Piarson Chi-Square
	۳۲۴	۱۹۹,۰۰۸۵	مقیاس پیرسون کای-دو Scaled Pearson Chi-Square
		-۳۳۹,۲۲۹	لگاریتم درست نمایی Log Likelihood
		۶۹۰,۴۵۸	معیار اطلاعات آکایک Akaike's Information Criterion (AIC)
		۶۹۰,۷۱۸	نمونه محدود تصحیح شده AIC(AICC) Finite Sample Corrected AIC (AICC)
		۷۱۳,۲۵۳	معیار اطلاعات بیزی (BIC) Bayesian Information Criterion (BIC)
		۷۱۹,۲۵۳	AIC سازگار (CAIC) Consistent AIC (CAIC)

جدول ۱۲. پارامترهای مدل

آزمون فرضیه						
پارامتر	ضریب B	خطای استاندارد	والد خی-دو	درجه آزادی	سطح معناداری	Exp(B)
(رهگیری)	-۲۰۸۴۲	۰,۴۳۶۰	۴۲۰,۴۷۳	۱	۰,۰۰۰۰	۰,۰۰۵۸
سن	-۰,۰۰۲۸	۰,۰۰۰۸۵	۱۰,۹۰۳	۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۹۷۲
خطا و لغزش	۰,۰۷۸۸	۰,۰۲۲۵۶	۱۲,۲۰۴	۱	۰,۰۰۰۰	۲,۱۹۹
بی‌اعتنایی به قانون	۰,۰۸۸۷	۰,۰۲۷۸۸	۱۰,۱۳۰	۱	۰,۰۰۰۱	۲,۰۴۲۸
عدم علاقه به رانندگی	۰,۰۶۷۹	۰,۰۱۴۴۷	۲۲,۰۴۶	۱	۰,۰۰۰۰	۱,۰۹۷۳
سابقه رانندگی با تاکسی	-۰,۰۱۰۰	۰,۰۰۱۴۷	۴۶,۲۸۹	۱	۰,۰۰۰۰	۰,۰۹۰۵

عدم علاقه به رانندگی: نتیجه بدست آمده نشان داد که گروهی که به رانندگی علاقه ندارند نسبت به گروهی که به رانندگی علاقه دارند ۱,۰۹۷۳ برابر شمارش تعداد تصادف مورد انتظار برای آن‌ها افزایش میابد. همچنین ضریب متغیر عدم علاقه به رانندگی ۰,۰۶۷۹ بدست آمد و حاکی از اثر متغیر مستقل عدم علاقه به رانندگی در افزایش نرخ تصادفات مورد انتظار است.

### بحث

از آنجاکه عوامل بسیاری در تصادفات نقش دارند، پیش‌بینی احتمال درگیری در تصادف و تعداد تصادفات و مشخصات آن‌ها به دلیل تعدد عوامل مؤثر و تعامل پیچیده آن‌ها کار ساده‌ای نیست. این پیش‌بینی به‌ویژه در مورد معابر شهری که در آن‌ها عوامل تأثیرگذار بیشتر از راه‌های برون‌شهری است، از پیچیدگی بیشتری برخوردار است (Sun et al., 2019).

مطالعات قبلی عمدتاً متمرکز بر تحلیل داده‌های تصادفات و رابطه آن با مشخصات دموگرافیک رانندگان بودند و در تحلیل‌های مبتنی بر داده‌های جمع‌شده از پرسشنامه نیز تمرکز بر رفتارهای ناهنجار رانندگی بود (Wang et al., 2015) اما در این مطالعه تأثیر عوامل رفتاری، ویژگی‌های تکانشگری<sup>۷</sup> و ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و سابقه رانندگان تاکسی به صورت توأمان بر تعداد تصادفات، احتمال وقوع تصادف مورد بررسی قرار گرفت که در این راستا از پرسش‌نامه‌های خوداظهاری استفاده شد.

رفتارهای رانندگی مورد توجه در این پژوهش شامل سرعت و عجله، بی‌اعتنایی به قانون، عدم تمرکز، تخلفات خصمانه و

متغیرهای تأثیرگذار در مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات شامل سن، خطا و لغزش، بی‌اعتنایی به قانون، عدم علاقه به رانندگی و سابقه رانندگی با تاکسی بود.

ضرایب رگرسیون پواسون تعمیم‌یافته برای هر یک از متغیرها: سابقه رانندگی با تاکسی: ضریب متغیر مستقل کمی سابقه رانندگی با تاکسی ۰,۰۱- بدست آمد، در اینجا که ضریب B متغیر مستقل سابقه رانندگی با تاکسی منفی است تابع نمائی آن از یک کمتر می‌شود و حاکی از اثر متغیر مستقل سابقه رانندگی با تاکسی در کاهش نرخ تصادفات مورد انتظار است که منطقی است.

سن: ضریب متغیر مستقل کمی سن ۰,۰۰۲۸- بدست آمد، با توجه به اینکه ضریب B متغیر مستقل سن منفی است تابع نمائی آن از یک کمتر می‌شود و حاکی از اثر متغیر مستقل سن در کاهش نرخ تصادفات مورد انتظار است.

خطا و لغزش: ضریب متغیر مستقل کمی خطا و لغزش ۰,۰۷۸۸ بدست آمد، در اینجا که ضریب B متغیر مستقل خطا و لغزش مثبت است تابع نمائی آن از یک بیشتر می‌شود و حاکی از اثر متغیر مستقل خطا و لغزش در افزایش نرخ تصادفات مورد انتظار است.

بی‌اعتنایی به قانون: مقدار ضریب متغیر مستقل کمی بی‌اعتنایی به قانون ۰,۰۸۸۷ بدست آمد، در اینجا که ضریب B متغیر مستقل بی‌اعتنایی به قانون مثبت است تابع نمائی آن از یک بیشتر می‌شود و حاکی از اثر متغیر مستقل بی‌اعتنایی به قانون در افزایش نرخ تصادفات مورد انتظار است.

که گروهی که به رانندگی علاقه ندارند نسبت به گروهی که به رانندگی علاقه دارند ۱۰۹۷۳ برابر شمارش تعداد تصادف مورد انتظار برای آن‌ها افزایش میابد. همچنین ضریب متغیر عدم علاقه به رانندگی ۰۰۶۷۹ بدست آمد و حاکی از اثر متغیر مستقل عدم علاقه به رانندگی در افزایش نرخ تصادفات موردانتظار است.

در راستای ادامه پژوهش و در نظر گرفتن مطالعات ایمنی و تصادفات مربوط به رانندگان تاکسی پیشنهادت زیر ارائه می‌شود.

- بررسی توأمان رویکرد پنج عاملی اقدامات ایمنی در ارزیابی تصادفات رانندگان تاکسی.

- ارزیابی و اثرسنجی آموزش‌های حین خدمت بر تصادفات رانندگان تاکسی.

- طراحی آزمون‌های ارزیابی وظیفه‌محور ویژه رانندگان تاکسی.

- ارزیابی و اثرسنجی بسته‌های فرهنگی و آموزش‌های تدافعی بر تصادفات رانندگان تاکسی.

## ۶- مراجع

- پیشرو، آ. (۱۳۹۹). رگرسیون لجستیک چیست؟  
<https://amarpishro.com/statistics-training/logistic-regression>

- عدل، جواد، ناصر دهقان و عباس زاده، مجتبی (۲۰۱۴). بررسی عوامل خطرزای بروز تصادف در استفاده از تاکسی برای سفرهای بین شهری در تهران. ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۱(۱)۲، ۴۶-۳۹.

- فائزی، سید فرزین و الیاسی، محمدرضا (۱۳۹۹). پیش‌بینی تصادفات ناشی از بی‌احتیاطی با بهره‌گیری از مدل رگرسیون دوجمله‌ای منفی (مطالعه موردی: بزرگراه‌های برون‌شهری استان همدان)، پژوهشنامه حمل و نقل.

- ممدوحی، امیررضا و همکاران (۲۰۱۴). بررسی رفتار نابه‌جای رانندگان ایرانی با استفاده از پرسش‌نامه رفتار رانندگی؛ یک مطالعه اینترنتی، مهندسی عمران مدرس، ۱(۱)۱۴، ۱۰۹-۱۱۹.

- واحدی، جواد (۱۳۹۷). مدل ریسک تصادفات براساس ویژگی‌های شخصیتی رانندگان دانشگاه علم و صنعت ایران. Aghabayk, K., Mashhadizade, L., & Moridpour, S. (2020). Need safer taxi drivers? Use psychological characteristics to find or train! *Sustainability*, 12(10), 4206.

- Asadamraji, M., Ross, V., & Yarahmadi, A. (2022). A novel hazard avoidance model based on young drivers' characteristics: A driving simulator study. *Applied Neuropsychology, Adult*, 1-11.

- Ba, X., Zhou, F., & Wang, Y. (2018). Predicting personal injury crash risk through working conditions, job strain, and risky

خطا و لغزش است. همچنین مؤلفه‌های تکانشگری (گونه‌ای رفتار بدون تأمل) رانندگان که در این مطالعه موردتوجه قرار گرفته‌اند شامل تکانشگری شناختی، تکانشگری عدم برنامه‌ریزی و تکانشگری حرکتی است. علاوه بر آن تعدادی از متغیرهای جمعیت‌شناختی رانندگان نیز مدنظر قرار گرفته است.

## ۵- نتیجه‌گیری

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه رانندگان تاکسی در شهر اراک بود، با انتخاب رانندگان تاکسی به‌عنوان جامعه آماری مورد مطالعه، نمونه‌ای در اختیار قرار داشت که در آن آزمودنی‌ها از مشخصات تقریباً یکسان اعم از کیلومترآژ رانندگی، نوع وسایل نقلیه از لحاظ تکنولوژی و ایمنی برخوردار بودند همچنین رانندگی تاکسی به‌عنوان یک شغل و رانندگی مداوم آن‌ها باعث می‌شد از شاخص درگیری با ترافیک نسبتاً یکسانی برخوردار باشند.

متغیرهای مستقل معنی‌دار معادله درگیری تصادف شامل: سن و اثر معکوس در احتمال وقوع تصادف، تعداد تخلفات و اثر مستقیم در احتمال وقوع تصادف، میانگین میزان ساعت‌کار راننده و اثر مستقیم در احتمال وقوع تصادف، خطا و لغزش با اثر مستقیم در احتمال وقوع تصادف و عدم علاقه به رانندگی تعیین شد و نتیجه بدست‌آمده نشان‌داد که گروهی که به رانندگی علاقه ندارند نسبت به گروهی که به رانندگی علاقه دارند ۲۰۲۶۳ برابر بیشتر احتمال دارد درگیر تصادف شوند و در نهایت نیز آزمون‌های مختلف مدل بررسی و تأیید شدند.

برای پیش‌بینی تعداد تصادفات رانندگان تاکسی از دو مدل پواسون تعمیم‌یافته و دوجمله‌ای منفی تعمیم‌یافته استفاده شد در این مدل‌ها تعداد تصادفات به‌عنوان متغیر پاسخ در نظر گرفته و مقادیر خوبی برازش را برای مدل‌های پواسون تعمیم‌یافته و دوجمله‌ای منفی تعمیم‌یافته محاسبه، سپس با مقایسه شاخص‌ها و معیارها، مدل پواسون تعمیم‌یافته که بهترین برازش را داشت به‌عنوان مدل نهایی انتخاب شد.

متغیرهای تأثیرگذار در مدل پیش‌بینی تعداد تصادفات شامل سن و اثر کاهشی در نرخ تصادفات مورد انتظار، خطا و لغزش و اثر افزایشی در نرخ تصادفات مورد انتظار، بی‌اعتنایی به قانون و اثر افزایشی در نرخ تصادفات مورد انتظار، سابقه رانندگی با تاکسی و اثر کاهشی در نرخ تصادفات مورد انتظار بودند. در رابطه با متغیر علاقه به رانندگی نتیجه بدست‌آمده نشان داد

- sample. *Personality and Individual Differences*, 40(6), 1153-1163.
- Nguyen-Phuoc, D. Q., De Gruyter, C., Nguyen, H. A., Nguyen, T., & Su, D. N. (2020). Risky behaviours associated with traffic crashes among app-based motorcycle taxi drivers in Vietnam. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 70, 249-259 .
- Organization, W. H. (2015). Global status report on road safety 2015. In. World Health Organization.
- Park, J., Lee, S., Oh, C., & Choe, B. (2021). A data mining approach to deriving safety policy implications for taxi drivers. *Journal of safety research*, 76, 238-247.
- Peng, Z., Wang, Y., & Truong, L. T. (2022). Individual and combined effects of working conditions, physical and mental conditions, and risky driving behaviors on taxi crashes in China. *Safety science*, 151, 105759.
- Sheikholeslami, S., Boroujerdian, A. M., & Asadamraji, M. (2020). A rural road accident probability model based on single-vehicle hazard properties including hazard color and mobility: a driving simulator study. *Journal of advanced transportation*, 2020, 1-8.
- Sheikholeslami, S., Saffarzadeh, M., Mamdoohi, A. R., & Asadamraji, M. (2023). How does a driver feel behind the wheel? An exploratory study of drivers' emotions and the effect of their sociodemographic background. *Accident Analysis & Prevention*, 183, 106974.
- Shi, J., Bai, Y., Ying, X., & Atchley, P. (2010). Aberrant driving behaviors: A study of drivers in Beijing. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1031-1040.
- Shi, J., Hussain, M., & Peng, D. (2022). A study of aberrant driving behaviors and road accidents in Chinese ride-hailing drivers. *Journal of Transportation Safety & Security*, 1-18.
- Stanford, M. S., Mathias, C. W., Dougherty, D. M., Lake, S. L., Anderson, N. E., & Patton, J. H. (2009). Fifty years of the Barratt Impulsiveness Scale: An update and review. *Personality and Individual Differences*, 47(5), 385-395.
- Sun, L.-L., Liu, D., Chen, T., & He, M.-T. (2019). Road traffic safety: An analysis of the cross-effects of economic, road and population factors. *Chinese journal of traumatology*, 22(05), 290-295 .
- Usman, T., Fu, L., & Miranda-Moreno, L. F. (2010). Quantifying safety benefit of winter road maintenance: Accident frequency modeling. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1878-1887.
- driving behaviors among taxi drivers. *European transport research review*, 10(2), 1-6 .
- Barratt, E. S., Stanford, M. S., Kent, T. A., & Alan, F. (1997). Neuropsychological and cognitive psychophysiological substrates of impulsive aggression. *Biological psychiatry*, 41(10), 1045-1061.
- Chin, H. C., & Huang, H. L. (2009). Safety assessment of taxi drivers in Singapore. *Transportation Research Record*, 2114(1), 47-56.
- Das, D. K., & Burger, E. A. (2017). Appraisal of urban road safety factors in South Africa. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*.
- Famoye, F., Wulu, J. T., & Singh, K. P. (2004). On the generalized Poisson regression model with an application to accident data. *Journal of Data Science*, 2(3), 287-295 .
- Gerbing, D. W., Ahadi, S. A., & Patton, J. H. (1987). Toward a conceptualization of impulsivity: Components across the behavioral and self-report domains. *Multivariate behavioral research*, 22(3), 357-379.
- Hayley, A. C., de Ridder, B., Stough, C., Ford, T. C., & Downey, L. A. (2017). Emotional intelligence and risky driving behaviour in adults. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 49, 124-131.
- Kang, L., Zhao, Y., & Meng, Q. (2022). An empirical study of taxi crashes in Singapore. *Asian Transport Studies*, 8, 100056 .
- Karimi, S., Aghabayk, K., & Moridpour, S. (2022). Impact of driving style, behaviour and anger on crash involvement among Iranian intercity bus drivers. *IATSS Research*, 46(4), 457-466.
- La, Q. N., Lee, A. H., Meuleners, L. B., & Van Duong, D. (2013). Prevalence and factors associated with road traffic crash among taxi drivers in Hanoi, Vietnam. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 451-455.
- Lajunen, T., Parker, D., & Summala, H. (2004). (The Manchester driver behaviour questionnaire: a cross-cultural study. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 231-238 .
- Lam, L. T. (2004). Environmental factors associated with crash-related mortality and injury among taxi drivers in New South Wales , Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 905-908 .
- Mobini, S., Pearce, M., Grant, A., Mills, J., & Yeomans, M. R. (2006). The relationship between cognitive distortions, impulsivity, and sensation seeking in a non-clinical population

- Wang, Y., Li, M., Du, J., & Mao, C. (2015). Prevention of taxi accidents in Xi'an, China: what matters most? *Central European journal of public health*, 23(1), 77-83 .
- Williams ,A. F. (2003). Views of US drivers about driving safety. *Journal of safety research*, 34(5), 491-494 .
- Winkelmann, R., & Zimmermann, K. F. (1994). Count data models for demographic data. *Mathematical Population Studies*, 4(3), 205-221 .
- Wittmann, M., Arce ,E., & Santisteban, C. (2008). How impulsiveness, trait anger, and extracurricular activities might affect aggression in school children. *Personality and Individual Differences*, 45(7), 618-623 .
- Wundersitz, L. N. (2014). Phone use while driving: results from an observational survey. *Traffic injury prevention*, 15(6), 537-541
- Vahedi, J .,Shariat Mohaymany, A., Tabibi, Z., & Mehdizadeh, M. (2018). Aberrant driving behaviour, risk involvement, and their related factors among taxi drivers. *International journal of environmental research and public health*, 15(8), 1626.
- Wang, X., & Abdel-Aty, M. (2008). Analysis of left-turn crash injury severity by conflicting pattern using partial proportional odds models. *Accident Analysis & Prevention*, 40(5), 1674-1682.
- Wang, Y., Li, L., Feng, L., & Peng, H. (2014). Professional drivers' views on risky driving behaviors and accident liability: a questionnaire survey in Xining, China. *Transportation letters*, 6(3), 126-135.
- Wang, Y., Li, L., & Prato, C. G. (2019). The relation between working conditions, aberrant driving behaviour and crash propensity among taxi drivers in China. *Accident Analysis & Prevention*, 126, 17-24 .

# Modeling the Factors Affecting the Probability of an Accident and Predicting the Number of Taxi Drivers' Accidents

*Ghasem Dermanaki farahani, M.Sc., Student of Transportation, Faculty of Civil Engineering, Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran.*

*Morteza Asadamraji, Assistant Professor, Department of Geotechnics and Transportation, Faculty of Civil Engineering, Water and Environment, Shahid Beheshti University, Tehran.*

*Babak Ebrahimian, Assistant Professor, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University (SBU), East Vafadar Blvd., Tehran, Iran.*

*E-mail: m\_asadamraji@sbu.ac.ir*

Received: February 2024- Accepted: June 2024

## ABSTRACT

One of the vehicles on the city streets is a taxi, which is a supplement to public transportation and a part of an active transportation. Due to the fact that taxi drivers spend a longer time on the roads compared to other drivers, they have a higher probability of an accident; therefore, safety and proper driving are important for taxi drivers. In this research, the influence of driver's behavior and characteristics on the probability of being involved in an accident and the rate of taxi accidents and presenting quantitative models for predicting the number of accidents and the probability of being involved in an accident have been investigated. For this purpose and by reviewing the literature on demographic characteristics, driving history and accidents of the last three years, driving behaviors and impulsivity characteristics were considered as independent variables, and to collect them, standard questionnaires were distributed to the target population, which were taxi drivers in Arak metropolis. In this regard, 330 random samples of taxi drivers completed the questionnaires. In the following, the reliability and validity of the questionnaires were verified and the logistic regression model was estimated to predict the probability of involvement in an accident and generalized Poisson models to predict the number of accidents as the best models using SPSS 24 software. The significant independent variables of the accident involvement equation include: age, number of violations, driver's hours of work, errors and slips, and interest in driving were significant. The influential variables in the model for predicting the number of accidents also included: age, error and slip, Disregarding the Regulation, interest in driving and history of driving a taxi. The results of this study can be used in designing training courses, evaluating taxi drivers' qualifications, and making cultural packages for these drivers.

**Keywords:** Accident Probability, Accident Number, Taxi Drivers, Logistic Regression, Generalized Poisson