ارزیابی عوامل موثر بر شدت تصادفات عابرین پیاده در خیابان‌های شهری و ارایه مدلی برای پیش‌بینی این تصادفات (مطالعه موردی: شهر قزوین)

مقاله علمی – پژوهشی

محسن عموزاده عمرانی*، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران
محمدرضا فضل اللهی، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Mo.Omrani@iau.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۵– پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶
صفحه ۱۰۲-۸۳

چکیده

اخیراً با افزایش رشد تولید وسایل نقلیه از یک طرف و افزایش جمعیت شهرها و روستاها از طرف دیگر، توجه کافی به بحث عابران پیاده به خصوص از بعد ایمنی آن، از اهمیت زیادی برخوردار شده است. طی سالهای اخیر، میزان و رشد تلفات عابران پیاده در شهرهای بزرگ کشور در مقایسه با کشورهای در حال توسعه رقم بالایی شده است. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیرگذاری مشخصات و رفتار عابر پیاده، مشخصات محیطی و زمان وقوع تصادفات عابر پیاده بر روی احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های عابر پیاده و ارایه مدلی برای تعیین احتمال وقوع هر یک از آسیب‌دیدگی‌های شدید یا جزئی برای متغیرهای مستقل تعریف شده در مدل، برای تصادفات وسایل نقلیه با عابرین پیاده در بلوار جمهوری اسلامی شهر قزوین به عنوان نمونه موردی است. از این رو، با استفاده از داده‌های به دست آمده از سازمان پزشکی قانونی استان و نیز پلیس راهنمایی و رانندگی که مربوط به تصادفات ترافیکی سال ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ می‌باشند، اقدام به مدل‌سازی این عوامل با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان تحصیلات عابر پیاده، زمان تصادف، سرعت وسیله‌نقلیه و رنگ لباس عابر پیاده تاثیرگذارترین عوامل در احتمال وقوع آسیب‌دیدگی شدید هستند.

واژه‌های کلیدی: عابرین پیاده، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی، عوامل محیطی، عوامل جمعیت شناختی، رگرسیون لجستیک

۱- مقدمه

رشد روزافزون جمعیت شهری در کشورهای در حال توسعه، مسائل مربوط به ایمنی عابران پیاده را برجسته‌تر می‌کند. بر اساس نتایج پژوهش‌ها در سال‌های اخیر، هر ۱۰۰۰ نفر افزایش جمعیت، منجر به افزایش ۱/٤ درصدی تصادفات عابر پیاده می‌شود (Zhang et al., 2016). تصادفات رانندگی در ایران مانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه، بحرانی است. به عنوان مثال، بر اساس دوازدهمین آمار حمل و نقل شهر قزوین که توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک قزوین منتشر شده است، در سال ۱۳۹۵، ٥٦ درصد فوتی‌های تصادفات و ۳۱/۳ درصد مجروحان تصادفات را عابران پیاده تشکیل می‌دهند. در صورتی‌که تلفات عابران پیاده در ایالات متحده ۱٦ درصد از کل تلفات در سال ۲۰۱٦ را شامل می‌شود (Retting, 2017). افزایش قابل‌توجه جمعیت، افزایش وسایل نقلیه، رعایت نکردن یا عدم اجرای مقررات و عدم استفاده از وسایل ایمنی توسط سرنشینان، میزان تصادفات را بسیار بالابرده است و خطر احتمالی تصادفات نه‌تنها برای سرنشینانی که در اتومبیل

هستند، بلکه برای آن‌هایی که پیاده می‌باشند و با وسایل نقلیه برخورد می‌کنند نیز وجود دارد. پیاده‌روی تحت عنوان عابر پیاده به طور فزاینده‌ای خطرناک شده است، زیرا تعداد زیادی از تصادفات وسایل نقلیه با عابر پیاده باعث ایجاد تلفات جانی و جراحت‌های شدید برای عابر پیاده شده است (Zhang, Yau and Zhang. 2014). براساس آمار اعلام شده از سوی پلیس راهنمایی و رانندگی و پزشکی قانونی استان قزوین، سهم عابرین پیاده در کل تصادفات درون شهری قابل توجه بوده و این سهم در طی سالهای ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ در تصادفات فوتی بیش از ٤٥ درصد و در تصادفات جرحی نزدیک به ۲۰ درصد می‌باشد. با وجود اینکه در سال‌های اخیر به ایمنی راه توجه زیادی معطوف شده و موجب توسعه ایمنی راه‌ها شده است، اما این توسعه و پیشرفت به طور یکسان ایمنی کاربران را تأمین نکرده و به کاربران آسیب‌پذیر، کمتر توجه شده است. طبق تعریف، مؤلفه‌های سازنده ترافیک بدون سلول محافظت کننده خارجی، کاربران آسیب‌پذیر راه نامیده می‌شوند. مصداق این تعریف شامل عابران پیاده، دوچرخه‌سواران و موتورسواران است (Otte, Jänsch and Haasper. 2012). مودن و همکاران ادعا کردند که آسیب‌پذیری عابران پیاده، حرکت آهسته و کمبود تجهیزات روشنایی دلیل خطر مرگ بالای آنها نسبت به رانندگان و مسافران در یک تصادف می‌باشد (Moudon et al., 2011). بنابراین، میزان مرگ و میر بالای عابرین پیاده در تصادفات ترافیکی، اتفاقی نیست.

برای شناخت عوامل موثر بر شدت جراحات ناشی از سوانح رانندگی، استفاده از مدلهای آماری لوجیت در مطالعات بسیاری (Gray and Quddus. 2008) دیده می‌شود. یکی از مزیت‌های این مدل‌ها قابلیت تعیین میزان اثرگذاری متغیرها بر احتمال بروز نوع جراحت است. با توجه به اهمیت کاربران آسیب‌پذیر، هدف از این انجام این تحقیق بررسی عوامل موثر بر شدت تصادفات عابران پیاده در راههای درون شهری و توسعه یک مدل لجستیک برای نشان دادن این است که چگونه میزان شدت تصادفات وسایل نقلیه با عابرین پیاده از خصوصیات عابر پیاده، مشخصات محیطی و زمان وقوع تصادف تاثیر می‌پذیرد. نتایج این مطالعه می‌تواند ابزاری برای برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان حمل و نقل به منظور برنامه‌ریزی، طراحی، بهره‌برداری و مدیریت سیستم حمل و نقل ایمن و کاهش برخوردهای بین وسیله نقلیه و عابر پیاده باشد.

۲- پیشینه تحقیق

قابل توجه بودن تعداد تصادفات، توجه جهانی را به حساسیت این مسأله معطوف داشته و سالهای متمادی است که کشورهای توسعه یافته، در پی تدوین برنامه‌های جامع ایمنی و تدوین استراتژی‌های مؤثر کاهش تصادفات و تلفات ناشی از آن هستند (Delen, Sharda and Bessonov. 2006). تدوین چنین برنامه‌هایی در گام اول مستلزم شناخت و کسب قدرت پیشبینی است که هر دو مورد در صورت مدلسازی تصادفات قابل تحقق است. به همین دلیل، فعالیت گسترده‌ای در زمینه مدلسازی تصادفات طی سالهای اخیر در کشورهای توسعه یافته صورت گرفته و دستاوردهای مهمی به دنبال داشته است (Rifaat, Tay and De Barros. 2011). به طور عمده عوامل در تصادفات را می‌توان به چهار دسته انسان، وسیله نقلیه، جاده و محیط تقسیم‌بندی نمود. از آن‌جا که تمامی عوامل شامل انسان، راه و وسیله نقلیه به نوعی در تصادفات نقش دارند، پیش‌بینی تعداد تصادفات و مشخصات آنها به دلیل تعدد عوامل مؤثر و تعامل پیچیده آنها کار پیچیده‌ای است. بسیاری از محققان به بررسی عوامل موثر بر شدت جراحت ناشی از تصادف عابران پیاده پرداخته‌اند. رزنبلوم و همکاران، در تحقیق خود به عوامل تاثیرگذار بر بروز خطر عبور عابران پیاده مسن و ارائه روشی برای اتخاذ آمادگی‌های سالم رفتاری پرداختند. برای این منظور، متغیرهای شناختی-روانی، متغیرهای جمعیت شناختی و مقایسه نگرش سالمندان پیاده و رفتار آن‌ها در عبور از خیابان مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیق در دو حوزه (قسمت مرفه و قسمت کم برخودار شهر) با جامعه آماری ۲۵۹۱ پیاده در ٦ خط عابر پیاده‌ای که از قبل تعیین شده بود، انجام شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که، سطح آگاهی‌ها، برآورد خطر و خودکارآمدی در بین افراد بالای شهر بهتر از مناطق پائین شهر بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که افراد سالمند نسبت به افراد جوان، احتیاط بیشتری در عبور از خیابان از خود نشان می‌دهند و بیشتر از افراد جوان‌تر به قوانین پایبند هستند (Rosenbloom et. al., 2016). نیبر و همکاران، به بررسی تاثیر سن بر میزان خطرات تهدید کننده عابران پیاده پرداخته‌اند. در این تحقیق، منحنی خطر تصادف برای سه گروه سنی شامل (١٤-٠)، (٦٠-١٥) و بیش از ٦٠ سال رسم شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افراد مسن‌تر نسبت به تصادفات و ضربات وارده ناشی از سرعت خودروها حساس‌تر هستند، از

طرفی افراد مسن در مواقعی که سرعت خودروها پائین است، آسیب‌پذیری کمتری دارند. با این مدل سرعت آستانه آسیب برای اقشار مختلف و سنین متفاوت به دست آمده است (Niebuhr et. al., 2016).

عابران پیاده تمایل دارند در حجم کم ترافیک از چراغ قرمز استفاده کنند. هرچه حجم ترافیک بیشتر باشد، تخلفات عابران پیاده کمتر است (Diependaele. 2019). علاوه بر این، تأثیر سرعت خودرو باید در نظر گرفته شود. هر چه سرعت وسیله نقلیه و فاصله بین وسایل نقلیه بیشتر باشد، احتمال اینکه عابران پیاده مرتکب تخلف شوند بیشتر است. محققان بیان کردند که این رفتار مربوط به عدم تشخیص سرعت خودروهای عبوری است (Yang and Sun. 2013).

اکثر عابرین پیاده متخلف از خطرات چراغ قرمز روشن آگاه هستند (Onelcin and Alver. 2017)، اگرچه مطالعات نشان داده است که راحتی در عبور از تقاطع در اینجا نقش دارد. هر چه عابران پیاده بیشتر منتظر چراغ سبز باشند، احساس راحتی کمتری دارند (Zhou, Romero and Qin. 2016). محققین در مدل‌سازی خود نشان دادند که در تقاطع‌هایی با زمان سیکل طولانی و زمان عبور طولانی، انطباق کمتری با قانون وجود دارد. به‌طور مشابه، مطالعات دیگری تأیید کرده‌اند که افزایش زمان انتظار برای چراغ سبز به معنای تخلف بیشتر عابر پیاده است (Lange et al., 2016). علاوه بر این، محققین دیگری دریافتند که بیشتر عابران پیاده (تقریباً ۸۵٪) هنگامی که به مرحله ترخیص می‌رسند از خیابان عبور می‌کنند (Zhuang, Wu, and Ma. 2018). این موضوع زمانی اهمیت پیدا می‌کند که متوجه می‌شوند از هر ۱۰ متخلف تقریبا ۸ نفر نمی‌توانند قبل از شروع چراغ قرمز به پیاده رو برسند. همچنین گذرگاه‌های کوتاه‌تر احتمال تخلف عابران را افزایش می‌دهند و گذرگاه‌های طولانی‌تر به تصادفات می‌افزایند. علاوه بر اینها، تصمیم عابران پیاده تحت تأثیر نوع جاده است (Zhang, Tan and Jou. 2016). در سال ۲۰۲۱، افشاری و همکارانش به ارزیابی تاثیر عوامل خارجی بر تصادفات عابرین پیاده در تقاطعات چراغدار شهر مشهد پرداختند. نتیجه تحقیق این شد که حجم ترافیک و احتمال تخلف، همبستگی معکوس دارند و بین تعداد عابر پیاده متخلف و احتمال تخلف، همبستگی مثبت وجود دارد. همچنین با افزایش طول گذرگاه، تخلفات کاهش یافت. به همین ترتیب، ناتوانی جسمی منجر به کاهش تخلفات شد و نیز بین مدت زمان چراغ قرمز و احتمال تخلف عابر پیاده رابطه مستقیمی مشاهده شد (Afshari, Ayati and Barakchi. 2021). تاثیر سنگفرش‌های متوازی الاضلاع شکل و نشان‌گذاری برای محدودیت سرعت خودروها در سرعت خودرو و ایمنی عابران پیاده در خط کشی عابر در چین در تحقیق گوا و همکاران بررسی شده است. مشاهدات میدانی از ۱۱ سایت، حاکی از کاهش سرعت وسایل نقلیه و افزایش سرعت عبور عابران پیاده با اجرای طرح تابلوهای محدودیت سرعت می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های تصادفات نشان می‌دهد که استفاده از سنگ‌فرش متوازی الاضلاع شکل، موجب کاهش فرکانس و شدت تصادفات در خط‌کشی عابر پیاده شده است و این نشانه‌گذاری‌ها اثر قابل توجهی در کاهش تصادفات وسایل نقلیه و عابرین پیاده داشته است (Guo et. al., 2015).

در اکثر تحقیقات مربوط به بررسی عوامل موثر بر شدت جراحت ناشی از تصادف عابران پیاده از اقسام مدل‌های انتخاب خاصه مدل لوجیت دوتایی و لوجیت ترتیبی استفاده شده است. دیشانایکه و لو از روش رگرسیون لجستیک برای تعیین فاکتورهای موثر در شدت آسیب‌های وارده در تصادفات رانندگان پیری که در ماشین‌های حمل مسافر کار می‌کنند، استفاده کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که محل (موقعیت) و دلیل تصادف فاکتورهای مهمی در افزایش شدت آسیب‌های ناشی از تصادفات هستند (Dissanayake and Lu. 2002). نویمان با استفاده از یک توزیع دوجمله‌ای منفی تأثیر عرض میانه جاده‌های چهار خطه را بر نرخ تصادفات بررسی کرد. یافته‌ها مشخص کرد که نرخ تصادفات با افزایش عرض میانه جاده کاهش می‌یابد (Kniuman, Council and Reinfurt. 1993). عبدالعطیه و رادوان برای پیش‌بینی تعداد تصادفات از توزیع دوجمله‌ای منفی که به‌عنوان تابعی از ترافیک متوسط روزانه سالیانه، درجه انحنای افقی و طول مقطع می‌باشد، استفاده کردند (Abdel-Aty and Radwan. 2000). هایر و همکاران با استفاده از توزیع دوجمله‌ای منفی یک مدل‌سازی آماری را برای ایمنی جاده توسعه داد. تعداد تصادفات سالیانه به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته‌شده است، درحالی‌که متغیرهای مستقل ویژگی‌های هندسی و جریان ترافیک را شامل می‌شدند (Hauer, Council and Mohammedshah. 2004). در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۷ با استفاده از داده‌های بیمارستانی در هنگ‌کنگ انجام شد، نتایج مدل لوجیت دوتایی نشان داد که سن زیر ۱۵ سال، مرد بودن، بودن در مناطق

پر ازدحام و تصادف در روز، احتمال فوت ناشی از تصادف عابر پیاده را کاهش می‌دهد (Sze and Wong. 2007). همچنین، در این مطالعه مشخص شد سن بالای ۶۵ سال، ضربه به سر، تصادف در محدوده ۱۵ متری محل عبور عابران و تصادف در مسیرهای با سرعت مجاز بالای ۵۰ کیلومتر بر ساعت احتمال فوت عابر در تصادفات را افزایش می‌دهد. ازجمله پرحادثه‌ترین نقاطی که در آن درگیری بین عابران پیاده و وسایل نقلیه زیاد است، تقاطع‌ها به‌ویژه تقاطع‌های چهار طرفه است (Rankavat and Tiwari. 2016). الورو و همکاران با استفاده از مدل لوجیت ترتیبی ترکیبی تعمیم یافته دریافتند که افزایش سن فرد، افزایش حد سرعت مجاز در مسیر، تصادف در تقاطعات بدون چراغ و رخ دادن تصادف در شب، احتمال تشدید مصدومیت عابر را افزایش می‌دهد (Eluru, Bhat and Hensher. 2008). کیم و همکاران با تحلیل داده‌های تصادفات عابران پیاده طی سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰ در کارولینای شمالی دریافتند که افزایش سن عابر، مرد بودن راننده، مست بودن راننده، تصادف در مکان‌های تجاری، تاریکی مسیر در زمان تصادف، تصادف عابر با کامیون، تصادف عابر در بزرگراه، تصادف عابر در راههای جداشده دو طرفه، مقصر بودن همزمان عابر و راننده و همچنین تنها مقصر بودن عابر، احتمال فوت عابر پیاده در سوانح ترافیکی را افزایش می‌دهد (Kim et al., 2008). در مطالعه‌ای دیگر، داده‌های تصادفات عابران پیاده طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ در شهر بالتیمور با استفاده از مدل پرابیت ترتیبی تحلیل شد. نتایج این تحلیل نشان داد که کودکان و سالمندان، به عنوان عابران پیاده درگیر در تصادف بیشتر در معرض جراحت شدید قرار دارند (Clifton, Burnier and Akar. 2009). علاوه بر این، نتایج این مطالعه نشان داد عابرانی که به چراغ راهنمایی توجه نمی‌کنند، از محل‌های مشخص عبور عابران پیاده‌گذر نمی‌کنند و عابرانی که تصادف آنها در تاریکی رخ داده، احتمال مصدومیت بیشتری در تصادفات دارند. مودون و همکاران با تحلیل داده‌های تصادفات عابران پیاده طی سالهای ۱۹۹۹ الی ۲۰۰۴ در راه‌های برون‌شهری و طی سالهای ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۴ در راههای درون‌شهری ایالت کینگ و استفاده از مدل لوجیت دوتایی و لوجیت ترتیبی نتیجه گرفتند که افزایش سن عابر پیاده، حرکت مستقیم خودرو در مسیر و چرخش به راست خودرو از عواملی‌اند که با کاهش شدت جراحت ناشی از تصادفات عابران در ارتباطند.

آنها همچنین دریافتند با حضور بیش از یک عابر در تصادفات، احتمال افزایش شدت جراحت بیش از دو برابر می‌شود (Moudon et al., 2011). در مطالعه‌ای دیگر عزیز و همکاران با استفاده از مدل لوجیت با اثر تصادفی و تحلیل داده‌های تصادفات نیویورک نشان دادند که وقوع تصادف در مسیرهای مستقیم، وقوع تصادف در شرایط نور نامناسب، تصادف عابر پیاده و اتوبوس یا کامیون، میان سالگی عابر پیاده (۴۵-۵۵ سال)، پیری عابر پیاده (بیش از ۶۵ سال) و تصادف در شرایطی که خودرو در حال گردش به چپ است، احتمال فوت عابر پیاده را افزایش می‌دهد (Aziz, Ukkusuri and Hasan. 2013). دای در سال ۲۰۱۲ با استفاده از فن دسته‌بندی فضایی، عوامل موثر بر شدت جراحت عابران پیاده را مورد بررسی قرار داد. او دریافت که بروز تصادف در مسیرهای پر رفت و آمد حاشیه شهر و مسیرهای فرعی احتمال فوت عابر پیاده در تصادفات را افزایش می‌دهد. علاوه بر این دریافت که شدت جراحت عابر پیاده در تصادفاتی که در تابستان رخ می‌دهد، در انتهای هفته و از عصر تا صبح شدت می‌یابد. دای نتیجه گرفت که افزایش سن عابر و مناسب نبودن وضعیت روشنایی موجب افزایش احتمال فوت عابر پیاده می‌شوند (Dai. 2012). همانطور که گفته شد، برخی از مطالعات به بررسی عوامل موثر بر تصادفات عابران پیاده در راه‌ها و تقاطعات درون شهری پرداختند. با این حال، در نظر گرفتن عوامل موثر بر این تصادفات در یک بافت محلی نیز می‌تواند حایز اهمیت باشد، که این موضوع در کشور ایران و مخصوصا شهر قزوین، چندان مورد بررسی قرار نگرفته است.

۳- مدلسازی با استفاده از رگرسیون لجستیک

رگرسیون لجستیک به جای حداقل کردن مجذور خطاها، احتمالی را که یک واقعه رخ می‌دهد، حداکثر می‌کند. برای آزمون برازش مدل و معنی‌دار بودن اثر هر متغیر در مدل، از آماره‌های کای اسکوئر (خی دو) و والد[1] استفاده می‌شود. در رگرسیون، احتمال وقوع یک پدیده در داخل محدوده صفر تا یک قرار دارد و رعایت پیش فرض نرمال بودن متغیرهای پیش بین لازم نیست. در تحلیل مدل رگرسیون لجستیک (به جز در مورد متغیر وابسته که مشابه رگرسیون خطی است) بدین صورت عمل می‌شود که نخست باید با استفاده از تکنیک‌های آماری موسوم به حداکثر درست نمایی ضرایب را تخمین زد و

سپس معادله رگرسیون لجستیک زیر را بدست آورد (Whittemore and Halpern. 2003).

$$\ln(\hat{y}) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_kx_k \quad (۱)$$

که در آن $\hat{y}$: نسبت بختها، Ln(Y): لگاریتم طبیعی بختهای Y، $X_1/X_2/X_3/\ldots/X_k$: متغیرهای مستقل، $b_0/b_1/\ldots/b_k$: ضرایب متغیرهای مستقل. بعد از بدست آوردن معادله رگرسیون لجستیک، تخمین احتمال وقوع یک رویداد از تخمین نسبت بختها به صورت $\frac{\hat{y}}{\hat{y}+1}$ انجام می‌گیرد. در حالیکه دامنه تغییرات نسبت بخت‌ها بین صفر تا یک نوسان دارد، دامنه تغییرات لوجیت نسبت بخت‌ها بین منفی بی‌نهایت تا مثبت بی‌نهایت می‌باشد. محوری‌ترین مفهوم ریاضی در رگرسیون لجستیک، لوجیت می‌باشد که مدل آن، به مدل لوجیت معروف است.

در رگرسیون لجستیک، آماره والد معنی‌دار بودن حضور هر متغیر مستقل در معادله را نشان می‌دهد. در نتیجه آماره والد معادل آماره T در رگرسیون خطی می‌باشد. آزمون والد از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Montana. 2005):

$$W_i = \left(\frac{b_i}{SE}\right)^2 \quad (۲)$$

که در آن b_i به معنای بتا و ضریب رگرسیونی متغیر x_i و (SE^2) خطای استاندارد آن است. در واقع آماره والد این فرض صفر را به آزمون می‌گذارد که مقدار تمامی bها برابر با صفر است. یعنی میزان تاثیر تمامی متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته برابر با صفر است. پس اگر قرار است فرض صفر را رد کنیم، مقدار حداقل یکی از bها نباید صفر باشد. نکته‌ای که وجود دارد این است که زمانی که مقدار b بزرگ باشد، مقدار والد اریب پیدا می‌کند و موقعی که درجه آزادی یک متغیر برابر با عدد یک باشد، در آن صورت مقدار آماره والد از جذر نسبت ضریب رگرسیونی (b) آن متغیر به خطای استاندارد (SE) آن بدست می‌آید. اما برای متغیرهای ترتیبی که درجه آزادی آنها همیشه از عدد یک بیشتر است، درجه آزادی آماره والد یک متغیر برابر است با تعداد طبقات آن متغیر منهای عدد یک (n-1). بخت‌ها عبارتست از احتمال رخ دادن یک واقعه بر احتمال رخ ندادن آن واقعه. در رگرسیون لجستیک برای تعیین میزان تاثیر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته، از آماره‌ای به نام نسبت بختها (OR^3) استفاده می‌شود. نسبت بخت‌ها، در واقع نسبت دو بخت به همدیگر است و به معنای نسبت احتمال وقوع یک پیامد با فرض عضویت در گروه A به احتمال وقوع آن پیامد با فرض عضویت در گروه B می‌باشد. به عبارتی، نسبت بخت‌ها نشان دهنده یک واحد تغییر در بخت‌های وقوع یک پیامد به ازای یک واحد تغییر در متغیر مستقل است (Whittemore and Halpern. 2003).

اگرچه در ادبیات مربوط به رگرسیون لجستیک، قواعد خاصی برای حجم نمونه و نیز حداقل نسبت تعداد نمونه به تعداد متغیر مستقل پیشنهاد نشده است، اما برخی نویسندگان در حوزه آمار چند متغیره، حداقل حجم نمونه برای یک تحلیل رگرسیون لجستیک خوب را ۱۰۰ نفر و برخی نیز ۵۰ نفر عنوان کرده‌اند. در خصوص حداقل نسبت تعداد نمونه به تعداد متغیر مستقل نیز، به عنوان یک قاعده کلی، حداقل نسبت ۱۰ متغیر مستقل به ۱ نمونه لازم است. اما آنچه مسلم می‌باشد، این است که هرچه تعداد متغیرهای مستقل بیشتر باشد، حجم نمونه باید بیشتر باشد. ضمن آنکه در رگرسیون لجستیک، به حجم نمونه بسیار بیشتر از حجم نمونه در رگرسیون خطی نیاز داریم (Whittemore and Halpern. 2003).

یکی از مهم‌ترین مشکلات در اجرای تحلیل رگرسیون لجستیک، وجود متغیرهای ترتیبی است. در هنگام اجرای رگرسیون لجستیک، فرض بر این است که تمامی متغیرهای مستقل در سطح سنجش فاصله‌ای/ نسبی هستند، در حالی که در عمل چنین نیست و برخی از آنها اسمی و ترتیبی نیز هستند. اما از آنجایی که در رگرسیون لجستیک با نسبت احتمال وقوع یک پدیده به احتمال عدم وقوع آن پدیده سروکار دارد. بنابراین متغیرهای مستقل حتما باید به متغیرهای شبه فاصله‌ای (به صورت کد) تبدیل شوند تا بتوان نسبت طبقات آن در متغیر وابسته را بررسی کرد. در رگرسیون لجستیک، بعد از ورود متغیرها به مدل، نتایج آزمون اوم نی بوس، ارزیابی کل مدل رگرسیونی لجستیک را نشان می‌دهد. این آزمون به بررسی این موضوع می‌پردازد که مدل موردنظر تا چه اندازه قدرت تبیین و کارائی را دارد (Whittemore and Halpern. 2003). برای ارزیابی میزان برازش کل مدل، از آزمون نسبت درست نمایی[4] استفاده می‌شود که آماره آن خی دو می‌باشد. بنابراین، در اینجا، آماره خی دو معادل آماره F در تحلیل رگرسیون خطی است. هدف آزمون نسبت درست نمایی این است که تفاوت بین احتمال پیش بینی شده حضور یک پاسخگو در یک طبقه و طبقه واقعی او را به حداقل کاهش دهد. برای این منظور، این آزمون ضرایب لجستیک تولید می‌کند که قادرند پاسخگویان را با دقت هر چه بیشتری در طبقه واقعی خود قرار دهند. نسبت درست نمایی براساس تفاوت در مقدار انحراف‌ها محاسبه می‌شود؛

یعنی، انحراف بدون وجود متغیر پیش‌بینی در مدل منهای انحراف با وجود متغیر پیش بین در مدل. به عبارتی روشن‌تر، در آزمون نسبت درست نمایی، مقدار آماره خی دو یک بار برای عدد ثابت در معادله بدون هیچ متغیر پیش‌بین (مستقل) و بار دیگر پس از ورود هر متغیر پیش بین به معادله محاسبه می‌شود. مقدار انحراف از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود (Whittemore and Halpern. 2003):

$$D = 2\sum[\, y_i \ln\left(\frac{\pi(xi)}{yi}\right) + (ty_i)\ln\left(\frac{t\pi(xi)}{ty}\right)] \quad (۳)$$

بنابراین مقدار تفاضل دو انحراف از همدیگر(D)، که نسبت درست نمایی براساس آن محاسبه می‌شود برابر است (Whittemore and Halpern. 2003):

$$G = X^2 = D\left(\text{مدل بدون تغییر}\right) - \left(\text{مدل با تغییر}\right) \quad (۴)$$

در تفسیر مقدار درست نمایی با استفاده از معنی‌داری مقدار آماره خی دو در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۵، می‌توان پی برد که آیا مدل رگرسیون به خوبی داده‌ها را برازش می‌کند یا نه؟ البته باید توجه داشت که برخلاف آماره خی دو، آزمون پیرسون در جدول توافقی و همچنین سایر آزمون‌های مشابه که از آماره خی دو استفاده می‌کنند و در آنها مقدار بالاتر خی دو نشان دهنده میزان بیشتر رابطه یا تفاوت است، در آزمون نسبت درست نمایی برعکس است، یعنی در اینجا هرچه مقدار آماره خی دو کوچکتر باشد برازش مدل بهتر است. براساس این توضیحات می‌توان چنین نوشت:

- برای پی بردن به برازش کل مدل رگرسیون لجستیک، از نسبت درست نمایی و آماره خی دو استفاده می‌شود.
- برای پی بردن به معنی‌داری اثر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته، از آماره والد استفاده می‌شود.
- برای پی بردن به میزان تاثیر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته، از آماره Exp(β) استفاده می‌شود که همان نسبت بخت‌ها می‌باشد. بنابراین، آماره والد مقدم بر آماره Exp(β) می‌باشد.

٤- آمار توصیفی

در این قسمت بعد از گردآوری داده‌ها و اطلاعات با استفاده از آمار توصیفی که شامل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی؛ مانند، فراوانی، درصد فراوانی، نمودار و جداول می‌باشد، به توصیف متغیرهای کیفی و کمی موجود در داده‌ها پرداخته می‌شود.

٤-١- متغیرهای کیفی

از جمله متغیرهای کیفی که در این بخش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند عبارتند از: جنسیت، میزان تحصیلات، وضعیت تاهل، رنگ لباس، فصل وقوع تصادف، زمان وقوع تصادف و وضعیت جسمانی عابر پیاده که در جداول (۱) و (۲)، آمارهای مربوط به فراوانی مطلق، درصد فراوانی مطلق و درصد فراوانی تجمعی مربوط به هر یک از طبقات این متغیرها ارائه گردیده است. تعداد کل عابرین پیاده‌ای که در تصادفات ترافیکی بلوار جمهوری اسلامی دچار آسیب دیدگی شده و به پزشکی قانونی ارجاع داده شده‌اند برابر با ٨٤ مورد می‌باشد و چون تمامی اطلاعات مربوط به عابرین پیاده‌ای که دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند موجود می‌باشد، به همین خاطر هیچ داده فاقد مقداری وجود ندارد. ٦٣ نفر از عابرین پیاده‌ای که دچار آسیب دیدگی‌های ناشی از تصادفات شده و به پزشکی قانونی مراجعه کرده‌اند مرد بوده و ٢١ نفر نیز زن می‌باشند، که این مقادیر به ترتیب ٧٥ و ٢٥ درصد از افراد مورد مطالعه را شامل می‌شوند. ٢٤ نفر از این افراد مجرد بوده و ٦٠ نفر نیز متاهل می باشند، که این مقادیر به ترتیب ٢٨/٥ و ٧١/٥ درصد از افراد مورد مطالعه را شامل می‌شوند، که بر این اساس افراد مجرد دارای کمترین درصد تصادفات بوده و افراد متاهل نیز بیشترین درصد تصادفات منجر به آسیب‌دیدگی را به خود اختصاص داده‌اند. از بین ٨٤ موردی که در اثر آسیب‌های ناشی از وقوع تصادفات ترافیکی به پزشکی قانونی مراجعه کرده‌اند، ٣٦ مورد بی‌سواد، ٣٠ مورد زیردیپلم، ٦ مورد دیپلم، ٦ مورد لیسانس، و ٦ مورد نیز دارای مدرک فوق لیسانس و بالاتر بوده‌اند، که این مقادیر به ترتیب ٤٢/٩، ٣٥/٧، ٧/١، ٧/١ و ٧/١ درصد کل افراد مراجعه کننده را شامل می‌شوند، که بر این اساس افراد بی سواد بیشترین درصد تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند و افراد دارای مدارک دیپلم، لیسانس و فوق لیسانس نیز کمترین درصدها را به خود اختصاص داده‌اند. ٦٠ عابر پیاده در هنگام تصادف دارای لباسی با رنگ تیره بوده و ٢٤ مورد نیز از لباس‌های با رنگ روشن استفاده کرده بودند، که این مقادیر به ترتیب ٧١/٤ و ٢٨/٦ درصد از کل مجروحین تصادفات را شامل می‌شود، که از این بین افراد دارای لباس‌های تیره بیشترین درصد و افراد دارای لباس‌های روشن کمترین درصد را به خود اختصاص داده‌اند. ٤٥ مورد در هنگام تصادف سالم بوده و ٣٩ مورد نیز دارای معلولیت جسمانی بوده‌اند، که این مقادیر به ترتیب ٥٣/٥ و ٤٦/٥ درصد

از از کل مجروحین تصادفات را شامل می‌شود، که از این بین افراد سالم بیشترین درصد و افراد معلول کمترین درصد را به خود اختصاص داده‌اند. لازم به ذکر است که در این تحقیق فرد کم‌توان یا فرد معلول به کسی اطلاق می‌شود که بر اثر ضایعه جسمی، ذهنی، روانی یا توأم، اختلال مستمر و قابل توجهی در سلامت و کارآمدی عمومی وی ایجاد گردد، به طوری که موجب کاهش استقلال فرد در زمینه‌های اجتماعی و اقتصادی شود. این گروه، شامل حسی نظیر مانند ناشنوا و نابینا و همچنین معلول جسمی و معلول ذهنی هستند.

جدول ۱. شاخص‌های آماری مربوط به سن مجروحین و سرعت برخورد وسیله نقلیه با افراد مورد مطالعه

		سن	سرعت
تعداد		۲۸	۲۸
دامنه تغییرات		۸٤	٤۰
حداقل		۱	۵۰
حداکثر		۸۵	۹۰
میانگین	مقدار	٤٦/۰٤	٦۹/۷
	خطای استاندارد	۵/۲۹	۱/۲
انحراف معیار		۲٦/۹۰	۱۰/٤
واریانس		۷۰۸/۰۳	۱۰۸/۲
ضریب چولگی	مقدار	-۰/۱۸٤	۰/۱
	خطای استاندارد	۰/۱٤٤	۰/۳
ضریب کشیدگی	مقدار	-۱/۱٤۵	-۰/۸
	خطای استاندارد	۰/۸۵۸	۰/۵

۲٤ نفر در فصل بهار، ۲۱ نفر در تابستان، ۱۵ نفر در پاییز، و ۲٤ نفر نیز در فصل زمستان تصادف کرده و دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند، که این آمارها به ترتیب ۲۸/۵، ۲۵، ۱۸ و ۲۸/۵ درصد از کل موارد را شامل می‌شود و مشاهده می‌شود که بیشترین تصادفات منجر به آسیب‌دیدگی در فصل‌های بهار و زمستان و کمترین تعداد این تصادفات در فصل پاییز رخ داده است. ۲۷ مورد در زمان صبح، ۱۲ مورد در زمان ظهر، ۱۵ مورد در زمان عصر و ۳۰ مورد نیز در شب تصادف کرده و دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند، که این آمارها به ترتیب ۳۲، ۱٤، ۱۸، و ۳٦ درصد از افراد مورد مطالعه را شامل می‌شود و براساس این آمار مشاهده می‌شود که بیشترین درصد تصادفات با ۳٦ درصد مربوط به شب بوده و کمترین درصد نیز با ۱٤ درصد به ظهر مربوط می‌باشد.

جدول ۲. فراوانی هر یک از داده‌های مربوط به سن افراد مورد مطالعه

میزان سن	فراوانی	درصد	درصد تجمعی
۱	۳	۳/٦	۳/٦
۳	۳	۳/٦	۷/۲
٦	۳	۳/٦	۱۰/۷
۱۰	۳	۳/٦	۱٤/۳
۱۱	۳	۳/٦	۱۷/۹
۱۹	۳	۳/٦	۲۱/٤
۲٦	٦	۷/۲	۲۸/٦
۲۸	۳	۳/٦	۳۲/۱
۳۰	۳	۳/٦	۳۵/۷
۳٦	۳	۳/٦	۳۹/۳
٤۳	۳	۳/٦	٤۲/۹
٤۵	۳	۳/٦	٤٦/٤
۵۰	۳	۳/٦	۵۰
۵۱	۳	۳/٦	۵۳/٦
۵۲	۳	۳/٦	۵۷/۱
۵٤	۳	۳/٦	٦۰/۷
۵۷	۳	۳/٦	٦٤/۳
٦۱	۳	۳/٦	٦۷/۹
٦۳	۳	۳/٦	۷۱/٤
٦۵	۳	۳/٦	۷۵
۷۱	٦	۷/۱	۸۲/۱
۷۹	٦	۷/۱	۸۹/۳
۸۲	۳	۳/٦	۹۲/۹
۸۵	٦	۷/۱	۱۰۰
مقدار کل	۸٤	۱۰۰	

٤-۲- متغیرهای کمی

حداقل سن مجروحین ۱ سال بوده و حداکثر مقدار آن ۸۵ سال می‌باشد و دامنه تغییرات این متغیر برابر با ۸٤ می‌باشد. مقدار میانگین مربوط به سن مجروحین ارجاعی به پزشکی قانونی برابر با ٤٦/۰٤ بوده و انحراف معیار آن برابر با ۲٦/۹۰ بوده است، ضمن اینکه واریانس مربوط به این متغیر نیز برابر با ۷۰۸/۰۳٦ می‌باشد. در مورد شاخص‌های آماری سرعت نیز

بایستی بیان کرد که حداقل مقدار سرعت ۵۰ کیلومتر بر ساعت بوده و حداکثر مقدار آن در زمان تصادف برابر با ۹۰ کیلومتر بر ساعت بوده است و دامنه تغییرات مربوط به این متغیر نیز برابر با ٤٠ کیلومتر بر ساعت می‌باشد. مقدار میانگین سرعت وسایل نقلیه در زمان تصادف برابر با ٦٩/٧ تعیین گردیده و انحراف معیار و واریانس مربوطه نیز به ترتیب برابر با ١٠/٤ و ١٠٨/٢ می‌باشد. در مورد این متغیرها بایستی خاطر نشان کرد که با توجه به مقادیر ضریب چولگی و کشیدگی هر یک از متغیرها که به ترتیب برای سن دارای مقادیر ٠/١٨٤- و ١/١٤٥- و برای سرعت دارای مقادیر ٠/١ و ٠/٨- می‌باشند و تمامی این مقادیر در بازه (٢+، ٢-) قرار گرفته‌اند می‌توان به لحاظ آمار توصیفی آنها را دارای توزیع نرمال دانست که در بخش های بعد در مورد آن بیشتر بحث می‌شود.

۵- بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها

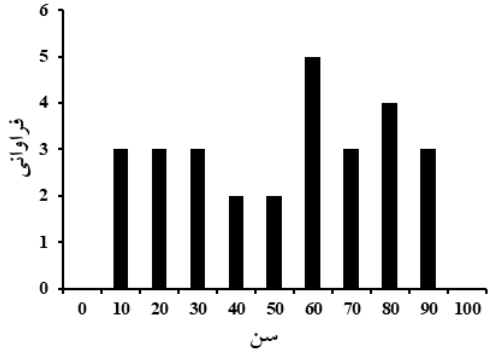
بعد از توصیف پاسخ‌های به دست آمده از جامعه آماری در این بخش به تحلیل یافته‌های به دست آمده پرداخته می‌شود. اما قبل از آن باید توزیع نرمال داشتن داده‌های بدست آمده مشخص شود، که برای این منظور از دو روش تحلیل توصیفی (بررسی شاخص‌های توزیع) و تحلیل استنباطی (استفاده از آزمون‌های آماری) بهره گرفته شده است.

۵-۱- تحلیل توصیفی (بررسی شاخص‌های توزیع)

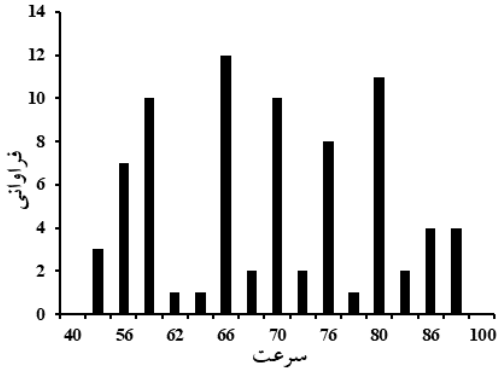
ضریب چولگی و ضریب کشیدگی، دو شاخص اساسی توزیع داده‌ها هستند که با داشتن آنها تا حدودی می‌توان به نرمال بودن یا نبودن توزیع داده‌ها پی برد. جدول (۳) این ضرایب را نشان می‌دهد. علیرغم این‌که لزوم تبعیت داده‌های متغیر مستقل از توزیع نرمال ضروری نیست، اما چنانچه این متغیرها دارای توزیع نرمال باشند، در این صورت برازش مدل بهتر خواهد بود. مقدار ضریب چولگی مشاهده شده برای سن برابر با ٠/١٨٤- و مقدار ضریب کشیدگی این متغیر نیز به برابر با ١/١٤٥- می‌باشد که تمامی این مقادیر در بازه (٢و٢-) قرار دارند، یعنی به لحاظ چولگی و کشیدگی نرمال بوده و دارای توزیعی متقارن می‌باشد، به طوریکه چولگی آن تقریبا برابر با صفر بوده و کشیدگی زیادی نیز نسبت به حالت نرمال ندارد. با توجه به این دو شاخص که در حالت نرمال قرار دارند، متغیرها دارای توزیع نرمال هستند که این موضوع در اشکال (۱) و (۲) نیز کاملا مشهود است.

جدول ۳. بررسی شاخص‌های توزیع (ضرایب چولگی و کشیدگی) جهت بررسی نرمال بودن یا نبودن توزیع داده‌ها

آمارها			
		سن	سرعت
تعداد	موارد معتبر	٨٤	٨٤
	موارد غیرمعتبر	٠	٠
ضریب چولگی		٠/١٨٤-	٠/١
خطای استاندارد ضریب چولگی		٠/١٤٤	٠/٣
ضریب کشیدگی		١/١٤٥-	٠/٨-
خطای استاندارد ضریب کشیدگی		٠/٨٥٨	٠/٥



شکل ۱. هیستوگرام نحوه توزیع داده‌ها برای متغیر سن



شکل ۲. هیستوگرام نحوه توزیع داده‌ها برای متغیر سرعت

۵-۲- تحلیل استنباطی

پس از بررسی مقدماتی متغیرهای سن و سرعت، احتمال بر این بود که داده‌های مربوط به این متغیرها دارای توزیع نرمال هستند، اما برای اثبات این ادعا باید از آزمون‌های آماری استفاده کرد. هنگام بررسی نرمال بودن داده‌ها، فرض صفر مبتنی بر اینکه

توزیع داده‌ها نرمال است، در سطح خطای ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. جهت بررسی نرمال بودن یا نبودن توزیع داده‌ها از آزمون کلموگروف–اسمیرنوف استفاده شد. چنانچه سطح معنی‌داری این آزمون بزرگتر از ۰/۰۵ باشد، می‌توان داده‌ها را با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد و در غیر این صورت نمی‌توان گفت که توزیع داده‌ها نرمال است. جدول (٤) نتایج آزمون کلموگروف–اسمیرنوف تک نمونه‌ای را برای متغیر سن و سرعت نشان می‌دهد.

جدول ٤. نتایج آزمون کلموگروف–اسمیرنوف تک نمونه‌ای برای متغیر سن و سرعت

		سن	سرعت
تعداد		۸٤	۸٤
پارامترهای نرمال a/b	میانگین	٤٦/۰٤	٦۹/۷
	انحراف معیار	۲٦/٦۰۹	۱۰/٤
آماره آزمون کلموگروف – اسمیرنوف		۰/۵۰۲	۱
سطح معنی‌داری(2-tailed)		۰/۹٦۲	۰/۳

در جدول (٤) مشاهده می‌شود که سطح معنی‌داری (sig) مربوط به هر دو آزمون بزرگتر از ۰/۰۵ است و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که توزیع داده‌های مربوط به متغیرهای سن و سرعت نرمال است که آزمون کلموگروف – اسمیرنوف تک نمونه‌ای هم موید این موضوع است. با مشاهده نتایج موجود در جدول (٤) و مقدار سطح معنی‌داری (۲ دنباله‌ای) که برای هر دو متغیر سن و سرعت دارای مقدار بزرگتر از ۰/۰۵ می‌باشد، این نتیجه حاصل می‌شود که فرض صفر مبتنی بر اینکه توزیع داده‌های مربوط به این متغیرها نرمال می‌باشد.

٦- بررسی نبود همخطی چندگانه بین متغیرهای مستقل

زمانی که بیشتر دو متغیر بررسی می‌شوند از پارامتر تحمل استفاده می‌گردد. این پارامتر موجب می‌شود که با بیرون راندن متغیرهای پیش‌بینی که با سایر متغیرهای مستقل همبستگی بالایی دارند، روش را در برابر خطر هم خطی چندگانه حفظ کند. از نظر مفهومی، پارامتر تحمل، مقدار واریانس متغیر پیش بین است که بوسیله سایر متغیرهای پیش‌بین تبیین نشده است. دامنه مقادیر پارامتر تحمل از ۰ تا ۱ است و اندازه‌های پایین‌تر پارامتر تحمل نشان می‌دهد که بین متغیرهای پیش‌بینی روابط قوی‌تری وجود دارد. اگر اندازه پارامتر تحمل در دامنه ۰/٤ باشد جای نگرانی دارد، اما اگر در دامنه ۰/۱ باشد مشکل آفرین است. هر چه مقدار پارامتر تحمل به عدد ۱ نزدیک تر باشد نشان می‌دهد که احتمال وجود هم خطی چندگانه کمتر است. با مشاهده جدول (۵) و مقادیر بدست آمده از تحلیل‌ها برای پارامتر تحمل هر یک از متغیرها به وضوح مشخص است که این مقدار برای تمامی متغیرها به یک نزدیک‌تر است، به طوریکه جنسیت و زمان وقوع تصادف با ۰/۹ بالاترین مقدار پارامتر تحمل را دارا هستند و سن با ۰/٦۲، کمترین مقدار را به خود تعلق داده است که آن هم دارای مقدار بزرگتر از ۰/٦ می‌باشد. از این رو می‌توان به وضوح گفت که هیچ یک از متغیرهای مستقل دارای هم خطی چندگانه با سایر متغیرها نیستند. بعد از اینکه پیش‌فرض‌های مربوط به مدل رگرسیون لجستیک برآورده گردید، حال نوبت به اجرای رگرسیون لجستیک و تحلیل نتایج بدست آمده از آن است تا در نهایت مدلی را که حاوی متغیرها و ضرایب و احتمال وقوع هر یک از متغیرها می‌باشد، ارایه شود.

۷- مدل‌سازی با استفاده از رگرسیون لجستیک

بعد از ورود متغیرهای مستقل و وابسته و نیز تعریف داده‌های مربوط به افرادی که در تصادفات دچار آسیب‌دیدگی شده و به پزشکی قانونی مراجعه کرده‌اند، نرم افزار SPSS برای ارایه خروجی‌های مربوط به رگرسیون لجستیک تنظیم شد و در نهایت خروجی‌هایی به صورت زیر نمایان گشت که در زیر به تحلیل هر یک از آنها پرداخته شده است. اولین خروجی رگرسیون لجستیک نشان داد که از مجموع ۸٤ نفر، داده‌های مربوط به هر ۸٤ نفر مورد تحلیل قرار گرفته و هیچ مقدار گمشده‌ای برای داده‌ها وجود نداشته است. در این بخش، کدهای اولیه متغیرهای وابسته را به کدهای جدید تغییر می‌دهد.
متغیر وابسته مورد نظر میزان شدت آسیب دیدگی می‌باشد که از دو طبقه آسیب دیدگی شدید (با کد ۲) و آسیب دیدگی جزئی (با کد ۱) تشکیل شده است و برای طبقه‌بندی آسیب‌دیدگی‌ها به دو بخش آسیب‌دیدگی شدید و آسیب‌دیدگی جزئی از مقیاس KABCO استفاده شده است که بر این اساس آسیب‌دیدگی‌ها به پنج دسته آسیب دیدگی منجر به مرگ، آسیب دیدگی منجر به معلولیت، آسیب دیدگی بارز بدون ایجاد معلولیت،
آسیب دیدگی احتمالی، تصادف منجر به خسارت مالی تقسیم‌بندی می‌شوند و چون تصادف منجر به خسارت مالی مختص تصادفات وسایل نقلیه می‌باشد و آمارهای سازمان پزشکی قانونی براساس این مقیاس طبقه‌بندی نشده بود؛ به همین خاطر در این مقاله آسیب‌دیدگی‌های منجر به فوت و آسیب دیدگی‌های منجر به معلولیت جزو آسیب دیدگی‌های شدید و آسیب دیدگی‌های منجر به آسیب دیدگی بارز بدون

ایجاد معلولیت و جراحت احتمالی نیز به عنوان آسیب دیدگی‌های جزئی طبقه‌بندی شده‌اند. دستور رگرسیون لجستیک کدهای ۱ و ۲ را به کدهای ۰ و ۱ تبدیل می‌کند. یعنی کد ۱ برای گروه آسیب دیدگی جزئی را به کد ۰ و کد ۲ برای آسیب‌دیدگی شدید را به کد ۱ تبدیل می‌کند. بنابراین موقعی که ضریب تاثیر (β) یک متغیر مستقل بر متغیر وابسته مثبت باشد، بدین معنی است که در نتیجه این متغیر مستقل، شاهد افزایش احتمال آسیب دیدگی شدید خواهیم بود و بر عکس ضریب تاثیر منفی دلالت بر کاهش احتمال آسیب‌دیدگی شدید و در واقع افزایش احتمال آسیب‌دیدگی جزئی دارد. جدول (٦)، اطلاعات توصیفی در خصوص نحوه برخورد با کدهای متغیر کیفی طبقه‌بندی شده (اسمی و ترتیبی) را ارایه می‌دهد. در این جدول، در مورد متغیرهای دو وجهی، برای طبقه اول از هر متغیر، کد ۱ و برای طبقه دوم کد ۰ در نظر گرفته می‌شود. اما در مورد متغیرهای چندوجهی مانند میزان تحصیلات، ابتدا در مقایسه طبقات اول و دوم با هم، برای طبقه اول کد ۱ و برای طبقه دوم کد ۰ در نظر گرفته می‌شود. سپس، در مقایسه طبقات دوم و سوم با هم، برای طبقه دوم کد ۱ و برای طبقه سوم کد صفر در نظر گرفته می‌شود. در مورد سایر طبقات بالای سه نیز به همین نحو عمل می‌شود، یعنی هر طبقه با طبقه بالاتر از خود مقایسه و کدگذاری می‌شود.

خروجی تحلیل رگرسیون لجستیک شامل دو بلوک است: ۱) بلوک ۰، که خروجی مرحله صفر در رگرسیون لجستیک را نشان می‌دهد، یعنی مرحله‌ای که هنوز هیچ داده‌ای وارد تحلیل نشده است و برای تفسیر نتایج رگرسیون لجستیک از این بلوک استفاده نمی‌شود، ۲) بلوک ۱، که بلوک اصلی رگرسیون است و در هنگام تفسیر نتایج باید گزارش شود. در ادامه، به تفکیک به نتایج هر دو بلوک اشاره می‌شود.

۷-۱- خروجی بلوک

خروجی جدول زیر نتایج مربوط به بلوک صفر یا تحلیل اولیه را نشان می‌دهد. در این بلوک، هیچ مرحله‌ای برای ورود داده‌ها به مدل اجرا نشده است. به همین خاطر، برچسب مرحله صفر را در تمامی خروجی‌های این بلوک مشاهده می‌کنیم. جدول طبقه‌بندی (۷) نشان می‌دهد که با اطمینان ٦١ درصد، با استفاده از متغیرهای مستقل تعریف شده در این تحقیق، قادریم تغییرات متغیر وابسته را تبیین نماییم که این درصد در حقیقت مقدار مربوط به بالاترین درصد میزان شدت آسیب‌دیدگی پیش‌بینی‌شده می‌باشد؛ یعنی، در مرحله صفر فرض بر این است که ٦١ درصد از افراد دچار آسیب‌دیدگی‌های شدید شده‌اند و اگر در مرحله ۱، این مقدار افزایش یابد به این مفهوم خواهد بود که وارد کردن متغیرهای مستقل به مدل باعث افزایش دقت پیش‌بینی ما شده است.

جدول ۵. نتایج مربوط به بررسی نبود همخطی چندگانه بین متغیرهای مستقل

مدل	ضریب استاندارد Beta	t	بازه مربوط به سطح اطمینان ۹۵ درصد برای β		آماره‌های مربوط به هم‌خطی چندگانه بین متغیرهای مستقل	
			کران پایین	کران بالا	پارامتر تحمل	ضریب تورم واریانس (VIF)
عدد ثابت	–	−۰/۸	−۲/۱	۰/۵	–	–
جنسیت	−۰/۱	−۰/۷	−۰/۲	۰/۱	۰/۹	۱/۱
سن	−۰/۱	−۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/٦۲	۱/٦
سرعت	۰/۵	۵/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۸۸	۱/۱
وضعیت تاهل	۰/۰	۰/٤	−۰/۲	۰/۳	۰/٦۷	۱/۵
میزان تحصیلات	۰/۰	−۰/٤	−۰/۱	۰/۱	۰/۸۳	۱/۲
فصل وقوع تصادف	−۰/۲	−۱/۷	−۰/۱	۰/۰	۰/۸۲	۱/۲
زمان وقوع تصادف	۰/۰	۰/٤	−۰/۱	۰/۱	۰/۹۰	۱/۱
وضعیت جسمانی	۰/۰	۰/۱	−۰/۲	۰/۲	۰/۸۸	۱/۱
رنگ لباس	۰/۰	−۰/۱	−۰/۲	۰/۲	۰/۸۵	۱/۲

جدول ٦. کدگذاری متغیرهای مستقل ترتیبی و اسمی

		فراوانی	کدگذاری پارامترها			
			(۱)	(۲)	(۳)	(٤)
فصل وقوع تصادف	بهار	۲٤	۱	۰	۰	
	تابستان	۲۱	۰	۱	۰	
	پاییز	۱۵	۰	۰	۱	
	زمستان	۲٤	۰	۰	۰	
زمان وقوع تصادف	صبح	۲۷	۱	۰	۰	
	ظهر	۱۲	۰	۱	۰	
	عصر	۱۵	۰	۰	۱	
	شب	۳۰	۰	۰	۰	
میزان تحصیلات	بی سواد	۳٦	۱	۰	۰	
	زیردیپلم	۳۰	۰	۱	۰	
	دیپلم	٦	۰	۰	۱	
	لیسانس	٦	۰	۰	۰	۱
	فوق‌لیسانس و بالاتر	٦	۰	۰	۰	۰
وضعیت تاهل	مجرد	۲٤	۱			
	متاهل	٦۰	۰			
رنگ لباس	تیره	٦۰	۱			
	روشن	۲٤	۰			
وضعیت جسمانی	سالم	٤۵	۱			
	معلول	۳۹	۰			
جنسیت	مرد	٦۳	۱			
	زن	۲۱	۰			

جدول ۷. جدول طبقه‌بندی مربوط به میزان اطمینان از تبیین متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل

موارد مشاهده شده		موارد پیش‌بینی شده		
		میزان شدت آسیب‌دیدگی		درصد پیش‌بینی صحیح
		شدید	جزئی	
میزان شدت آسیب‌دیدگی	شدید	۵۱	۰	۱۰۰
	جزئی	۳۳	۰	۰
درصد کل				۶۱

در جدول (۸)، چون هنوز هیچ متغیری وارد مدل نشده است، بنابراین، تنها نتایج مربوط به عدد ثابت (عرض از مبدا) در مدل آمده است که مقدار آماره والد آن برابر با ٤٤/۷۵ و نسبت بخت‌های آن برابر با ۰/۰۸۵ می‌باشد. سطح معنی‌داری هم صفر می‌باشد.

جدول ۸. جدول متغیرهای وارد شده در معادله در مرحله صفر

نسبت بخت‌ها	آماره والد	β (خطای استاندارد)		
۰/۰۸۵	٤٤/۷٥٦	-۲/٤٦٤ (۰/۳٦۸)	عدد ثابت (عرض از مبدا)	مرحله صفر

در مقاله حاضر، ۹ متغیر جنسیت، سن، وضعیت تاهل، میزان تحصیلات، فصل وقوع تصادف، زمان وقوع تصادف، سرعت، رنگ لباس و وضعیت جسمانی عابرین پیاده در زمان تصادف به عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده احتمال میزان آسیب‌دیدگی عابرین پیاده در اثر تصادف ترافیکی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند (جدول ۹). با توجه به نتایج تحلیل اولیه در بلوک صفر (جدول ۸)، به استثنای متغیرهای جنسیت، وضعیت تاهل، سن، میزان تحصیلات بی‌سواد، زیردیپلم، و دیپلم، فصل‌های بهار، تابستان و پاییز برای وقوع تصادفات، زمان ظهر و عصر برای وقوع تصادفات، رنگ لباس تیره، و وضعیت جسمانی سالم، با سطح معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵، سایر متغیرهای وارد شده در تحلیل رگرسیون قادر به پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته می‌باشند.

۷-۲- خروجی بلوک ۱

مهمترین خروجی تحلیل رگرسیون لجستیک، خروجی بلوک ۱ است که تفسیر نتایج رگرسیون لجستیک باید براساس این خروجی انجام گیرد. این خروجی، نتایج رگرسیون لجستیک را به تفکیک در هر مرحله نشان می‌دهد. در مجموع، کل خروجی‌های رگرسیون لجستیک در بلوک ۱ را می‌توان به ٤ بخش زیر تقسیم کرد که هر محققی در هنگام گزارش نویسی باید به آنها اشاره کند:

- ارزیابی کل مدل
- آماره نکویی برازش
- آزمون‌های آماری مربوط به تاثیر هر متغیر پیش‌بین (مستقل)
- ارزیابی احتمالات پیش‌بینی شده

اولین خروجی از بلوک ۱، نتایج آزمون اوم نی بوس مربوط به ارزیابی کل مدل رگرسیون لجستیک را نشان می‌دهد. این آزمون به بررسی این موضوع می‌پردازد که مدل تا چه اندازه قدرت تبیین و کارایی را دارد؛ به عبارت دیگر، به این آزمون فرضیه می‌پردازد که آیا متغیرهای مستقلی که به مدل اضافه شده‌اند، از لحاظ آماری مناسبند که در تحلیل‌ها وارد گردند یا نه و اصلاً از لحاظ آماری تاثیر گذارند یا نه. با توجه به نتایج حاصل از این آزمون و مشاهده جدول (۱۰)، برازش مدل قابل قبول بوده و در سطح خطای کمتر از ۰/۰۱ (۰/۰۰)، اضافه کردن متغیرها به مدل از لحاظ آماری معنی‌دار است.

جدول ۹. جدول متغیرهای وارد شده در تحلیل رگرسیون لجستیک (در مرحله صفر)

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	نمره	متغیرها
۰/۳٤	۱	۰/۹	جنسیت (۱)
۰/۰۰	۱	۲۳/۹	سرعت
۰/۲۹	۱	۱/۱	سن
۰/٦۹	۱	۰/۲	وضعیت تاهل (۱)
۰/٤٦	٤	۲/٦	میزان تحصیلات
۰/۱٦	۱	۱/۹	میزان تحصیلات (۱)
۰/۱۲	۱	۲/٤	میزان تحصیلات (۲)
۰/۹۳	۱	۰	میزان تحصیلات (۳)
۰/۹	۱	۰/۳	میزان تحصیلات (٤)
۰/۰۷	۳	۷/۲	فصل وقوع تصادف
۰/۳۳	۱	۰/۹	فصل وقوع تصادف (۱)
۰/۰۷	۱	۳/٤	فصل وقوع تصادف (۲)
۰/۷۱	۱	۰/۱	فصل وقوع تصادف (۳)
۰/٦۹	۳	۱/٥	زمان وقوع تصادف
۰/۸۸	۱	۰	زمان وقوع تصادف (۱)
۰/۲۹	۱	۱/۱	زمان وقوع تصادف (۲)
۰/٤۱	۱	۰/۷	زمان وقوع تصادف (۳)
۰/۱۳	۱	۲/۳	وضعیت جسمانی (۱)
۰/۸۲	۱	۰/۱	رنگ لباس (۱)
۰/۰۱	۱٥	۳۱/۷	آمارهای کلی

جدول ۱۰. نتایج آزمون اوم نی بوس برای ارزیابی کل مدل

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	کای اسکوئر	
۰/۰۰	۸	۳۹/۱	Step
۰/۰۰	۸	۳۹/۱	Block
۰/۰۰	۸	۳۹/۱	Model

جدول (۱۱) نیز نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست‌نمایی و ضریب تعیین پزودو (شامل ضریب تعیین کاکس و نل و ضریب تعیین نیجل کرک) را نشان می‌دهد. این ضرایب، همان تقریب‌های ضریب تعیین (R^2) در رگرسیون خطی هستند که در اینجا در رگرسیون لجستیک استفاده می‌شوند. چون در رگرسیون

لجستیک، محاسبه دقیق مقدار ضریب تعیین دشوار هستند، بنابراین از مقادیر آماره‌های فوق برای این کار استفاده می‌شود تا مشخص گردد که متغیرهای مستقل توانسته‌اند تا چه میزان از واریانس متغیر وابسته را تبیین نمایند. مقادیر آماره‌های ضریب تعیین پزودو بین صفر تا یک نوسان دارد و هر چه مقدار این ضرایب به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشاندهنده نقش موثر متغیرهای مستقل در تبیین واریانس متغیر وابسته است و برعکس. در اینجا، مشاهده می‌شود که مقادیر هر دو آماره مربوط به تعیین ضریب پزودو تقریبا مناسب بوده و این نشان می‌دهد که ۹ متغیر مستقل این تحقیق از قدرت تبیین نسبتا بالایی در خصوص واریانس و تغییرات متغیر وابسته برخوردارند و در واقع این متغیرهای مستقل توانسته‌اند بین ۳۹ تا ٦٥ درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین نمایند.

در دستور رگرسیون لجستیک به کمک آماره نکویی برازش هوسمر- لمشو می‌توان به میزان برازش مدل با داده‌ها پی برد. به عبارت دیگر آزمون هوسمر – لمشو به بررسی این موضوع می‌پردازد که آیا عضویت یا دسته‌بندی‌ای که برای هر آزمودنی پیش‌بینی کردیم با آنچه که مشاهده شده برابری می‌کند یا نه. با توجه به نتیجه حاصل از این آزمون که در جدول (۱۲) آمده است و با توجه به اینکه مقدار سطح معنی‌داری این آزمون بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد، مدل تحقیق مناسب بوده و از برازش لازم برخوردار است، یعنی اینکه متغیرهای مستقل قادر به پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته هستند.

جدول ۱۱. نتایج مربوط به دو آماره لگاریتم درست‌نمایی و ضریب تعیین پزودو

ضریب تعیین نیجل کرک	ضریب تعیین کاکس و نل	لگاریتم درست نمایی
۰/٦٥	۰/۳۹	۳٤/۲۷۲

جدول ۱۲. نتایج مربوط به آزمون هوسمر– لمشو برای تعیین میزان برازش مدل با داده‌ها

سطح معنی‌داری	درجه آزادی	کای اسکوئر
۰/۹٤	۸	۲/۹

پس از اجرای تحلیل رگرسیون لجستیک، با استفاده از جدول طبقه‌بندی می‌توان قدرت مدل در تفکیک افراد در طبقات متغیر وابسته را تعیین کرد. جدول (۱۳) به ما کمک می‌کند تا میزان عملکرد پیش‌بینی پذیری مدل را ارزیابی کنیم. از طریق ترسیم توافقی پاسخ‌ها در طبقات مشاهده شده و مورد انتظار، عملکرد مدل و قدرت تفکیک افراد در طبقات متغیر وابسته را به پاسخ مورد انتظار در همان طبقه نشان می‌دهد. همانطور که در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود که با اطمینان ۸۹/۳ درصد می‌توان گفت که با استفاده از مجموع ۹ متغیر مستقل، می‌توان تغییرات متغیر وابسته را تبیین نمود و دقت طبقه‌بندی داده‌ها در طبقات متغیر وابسته به میزان ۸۹/۳ درصد می‌باشد.

جدول ۱۳. جدول طبقه‌بندی مدل

مشاهده شده		پیش‌بینی شده		
		میزان شدت آسیب‌دیدگی		درصد پیش‌بینی صحیح
		جزئی	شدید	
میزان شدت آسیب‌دیدگی	جزئی	۳	۲	٦۰
	شدید	۱	۲۲	۹٥/٦
درصد کل				۸۹/۳

جدول (١٤)، ضمن ارایه خلاصه‌ای از نقش هر متغیر در مدل، نشان می‌دهد که کدام متغیرها بعد از اجرای رگرسیون لجستیک، در مدل باقی مانده‌اند. این جدول، مهم ترین جدول در تفسیر نتایج مربوط به معنی‌داری و میزان تاثیر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته می‌باشند. در تحلیل رگرسیون لجستیک، تاثیر منفی هر متغیر مستقل در مدل را می‌توان از طریق علامت منفی مقدار آماره β تشخیص داد.

همچنین در تحلیل این نوع رگرسیون برای اینکه پی برده شود که کدام متغیرها بر متغیر وابسته تاثیر آماری معنی‌داری دارند، از آماره والد استفاده شده‌است. در اینجا با استناد به جدول ١٤، می‌توان گفت که با توجه به مقادیر آماره والد، که برای متغیرهای مستقل رنگ تیره لباس، وضعیت سالم جسمانی، و زمان ظهر برای وقوع تصادفات برابر با صفر می‌باشد، این متغیرها حضور معنی‌داری در مدل داشته و تاثیر آماری معنی‌داری بر متغیر وابسته دارند.

در زیر به بیان جزئیات دقیق‌تر تاثیر این متغیرها بر میزان شدت آسیب‌دیدگی‌های ناشی از تصافات ترافیکی پرداخته می‌شود.

-در مورد متغیر جنسیت مشاهده می‌شود که جنسیت مرد بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید موثر است. براساس نتایج جدول مشاهده می‌شود که این اثر به صورت مثبت است و با افزایش یک واحد مرد نسبت به زن احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۱/٤۸ برابر، افزایش می‌یابد.

-سرعت نیز از دیگر متغیرهای وارد شده در مدل می‌باشد، که دارای مقدار مثبت است؛ بدین معنی، که با افزایش سرعت وسایل نقلیه احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۲۸ برابر، افزایش می‌یابد.

-سن افراد آسیب دیده نیز متغیر دیگری است که بر احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید تاثیر دارد و تاثیر آن منفی است؛ بدین معنی که با افزایش سن، احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۰۱ برابر، کاهش می‌یابد.

-ضریب β مربوط به وضعیت تاهل نیز منفی می‌باشد؛ بدین معنی که با افزایش هر واحد مجرد نسبت به متاهل، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۴۹ برابر کاهش می‌یابد.

-در مورد میزان تحصیلات نیز مشاهده می‌شود که هم میزان تحصیلات بی‌سواد، هم زیردیپلم‌ها، هم دیپلم‌ها و هم لیسانس‌ها بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید ناشی از تصادفات تاثیر دارند و تاثیر همه آنها مثبت می‌باشد؛ بدین معنی که با افزایش هر واحد بی‌سواد نسبت به فوق لیسانس و بالاتر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۶ برابر، افزایش می‌یابد، همچنین با افزایش یک واحد زیردیپلم نسبت به فوق لیسانس و بالاتر احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۳۶ برابر، افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش یک واحد دیپلم نسبت به فوق لیسانس و بالاتر، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۱۲ برابر، افزایش می‌یابد.

-در مورد فصل وقوع تصادف نیز مشاهده می‌گردد که ضرایب β مربوط به فصل‌های بهار، تابستان و پاییز مثبت می‌باشد؛ بدین معنی که در فصل بهار نسبت به فصل زمستان، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۷۷ برابر افزایش می‌یابد، همچنین در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان، به میزان ۱/۸۶ برابر افزایش می‌یابد، و در فصل پاییز نیز نسبت به فصل زمستان، به میزان ۱/۰۲ برابر افزایش می‌یابد.

جدول ۱۴. متغیرهای مربوط به تعیین نقش هر متغیر مستقل در مدل

عوامل	β	خطای معیار	آماره والد	سطح معناداری	Exp (β)	بازه اطمینان ۹۰ درصد	
						کران پایین	کران بالا
جنسیت	۱/۴۸	۱/۱	۱/۷	۰/۲	۴/۴	۰/۵	۴۱/۸
سرعت	۰/۲۸	۰/۱	۸/۹	۰	۱/۳	۱/۱	۱/۶
سن	۰/۰۱	۰	۰/۱	۰/۷	۱	۰/۹	۱/۱
تاهل	۰/۴۹	۱/۸	۰/۱	۰/۸	۰/۶	۰	۱۹/۲
تحصیلات			۰/۵	۰/۹			
تحصیلات (۱)	۱/۶	۲/۳	۰/۵	۰/۵	۴/۹	۰/۱	۴۶۷
تحصیلات (۲)	۱/۳۶	۲/۲	۰/۴	۰/۵	۳/۹	۰	۳۱۰/۴
تحصیلات (۳)	۱/۱۲	۳	۰/۱	۰/۷	۳/۱	۰	۱۱۰۶/۱
فصل وقوع			۱/۲	۰/۸			
فصل وقوع (۱)	۰/۷۷	۱/۴	۰/۳	۰/۶	۲/۲	۰/۱	۳۴/۱
فصل وقوع (۲)	۱/۸۶	۱/۸	۱	۰/۳	۶/۴	۰/۲	۲۲۵
فصل وقوع (۳)	۱/۰۲	۱/۸	۰/۳	۰/۶	۲/۸	۰/۱	۸۸
زمان وقوع			۱/۳	۰/۷			
زمان وقوع (۱)	-۰/۵۳	۱/۳	۰/۲	۰/۷	۰/۶	۰	۷/۳
زمان وقوع (۲)	-۰/۲۹	۲/۱	۰	۰/۹	۰/۷	۰	۴۶/۹
زمان وقوع (۳)	-۱/۵۸	۱/۶	۱	۰/۳	۰/۲	۰	۴/۳
سطح جاده	۰/۱	۱/۳	۰	۰/۹	۱/۱	۰/۱	۱۳/۵
رنگ لباس	۰/۳	۱/۴	۰	۰/۸	۱/۴	۰/۱	۲۲/۶
مقدار ثابت	-۱۷/۷۴	۶/۴	۷/۸	۰	۰		

-در مورد زمان وقوع تصادف نیز شاهدیم که زمان‌های صبح، ظهر، و عصر دارای ضریب β منفی می‌باشند؛ بدین معنی که در مواقع صبح نسبت به شب، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۵۳ برابر، کاهش می‌یابد، و نیز میزان این احتمال برای وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید در ظهر نسبت به شب، به میزان ۰/۲۹ برابر کاهش می‌یابد، و همچنین در زمان

عصر نسبت به شب میزان این احتمال به اندازه ۱/۵۸ برابر، کاهش می‌یابد.

–در مورد رنگ لباس مشاهده می‌شود که رنگ تیره بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های تاثیر دارد که مقدار آن نیز مثبت است؛ بدین معنی که با افزایش یک واحد رنگ لباس تیره نسبت به رنگ لباس روشن، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۳ برابر، افزایش می‌یابد.

–در مورد وضعیت جسمانی نیز مشاهده می‌شود که وضعیت جسمانی سالم تاثیرگذار بوده و مقدار β مربوط به این متغیر مثبت می‌باشد؛ بدین معنی که با افزایش یک واحد فرد سالم نسبت به فرد معلول، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۱ برابر، افزایش می‌یابد.

براساس نتایج جدول (۱۴)، می‌توان مدل رگرسیون لجستیک را برای پیش‌بینی احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید در مقابل آسیب‌دیدگی‌های جزئی به صورت زیر نشان داد:

$$ln\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = -17.74 + 1.48 * (\text{مرد}) - 0.49 * (\text{مجرد}) - 0.01 * (\text{سن}) + 1.6 * (\text{بیمه}) + 1.36 * (\text{روستایی}) + 1.12 * (\text{دیپلم}) - 0.53 * (\text{پایین}) + 1.02 * (\text{لیسانس}) + 1.86 * (\text{تابستان}) + 0.77 * (\text{بهار}) - 0.29 * (\text{صبح}) + 0.1 * (\text{وضعیت جسمانی سالم}) + 0.30 * (\text{تعداد تیره}) + 0.28 * (\text{تیره متن}) + 1.58 * (\text{شهر}) \quad (۵)$$

در جدول (۱۵) می‌توان احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های جزئی و شدید را برای متغیر مستقل جنسیت مشاهده کرد. همانگونه که مشاهده می‌شود، مردها به میزان ۷۶ درصد و زن‌ها نیز به میزان ۲۴ درصد در معرض وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید قرار دارند. همانطوری که در جدول (۱۶) آورده شده است، مجردها به میزان ۲۷ درصد و متاهل‌ها نیز به میزان ۷۳ درصد در معرض وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید قرار دارند.

طبق جدول (۱۷) ملاحظه می‌گردد که، به ترتیب افراد بی‌سواد و زیردیپلم با مقدار ۴۲/۸۵ درصد، بیشترین احتمال را برای قرار گرفتن در معرض آسیب‌دیدگی‌های شدید به خود اختصاص داده‌اند؛ دیپلم، لیسانس و فوق لیسانس و بالاتر با احتمال ۴/۷۵ درصد در معرض وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید قرار دارند. در جدول (۱۸) مشاهده می‌شود، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به ترتیب در فصول تابستان و بهار برابر با ۲۸/۵ درصد و زمستان و پاییز برابر با ۲۴ و ۱۹ درصد می‌باشد.

جدول ۱۵. جدول توافقی مربوط به میزان احتمال شدت آسیب‌دیدگی‌ها برای متغیر جنسیت

			جنسیت		کل
			مرد	زن	
شدت آسیب‌دیدگی	جزئی	تعداد / مقدار	۱۵	۶	۲۱
		احتمال آسیب‌دیدگی	۷۱/۵	۲۸/۵	۱۰۰
	شدید	تعداد / مقدار	۴۸	۱۵	۴۳
		احتمال آسیب‌دیدگی	۷۶	۲۴	۱۰۰
کل		تعداد / مقدار	۲۱	۷	۸۴
		احتمال آسیب‌دیدگی	۷۵	۲۵	۱۰۰

جدول ۱۶. جدول توافقی مربوط به میزان احتمال شدت آسیب‌دیدگی‌ها برای متغیر وضعیت تاهل

			وضعیت تاهل		کل
			مجرد	متاهل	
شدت آسیب‌دیدگی	جزئی	تعداد / مقدار	۶	۱۲	۱۸
		احتمال آسیب‌دیدگی	۳۳/۵	۶۶/۵	۱۰۰
	شدید	تعداد / مقدار	۱۸	۴۸	۶۶
		احتمال آسیب‌دیدگی	۲۷	۷۳	۱۰۰
کل		تعداد / مقدار	۲۴	۶۰	۸۴
		احتمال آسیب‌دیدگی	۲۸/۵	۷۱/۵	۱۰۰

جدول ۱۷. جدول توافقی مربوط به میزان احتمال شدت آسیب‌دیدگی‌ها برای متغیر میزان تحصیلات

			میزان تحصیلات					
			بی‌سواد	زیر دیپلم	دیپلم	لیسانس	فوق لیسانس و بالاتر	کل
شدت آسیب دیدگی	جزئی	تعداد/ مقدار	۹	۳	۳	۳	۳	۲۱
		احتمال آسیب‌دیدگی	٤۳	۱٤/۲۵	۱٤/۲۵	۱٤/۲۵	۱٤/۲۵	۱۰۰
	شدید	تعداد/ مقدار	۲۷	۲۷	۳	۳	۳	٦۳
		احتمال آسیب‌دیدگی	٤۲/۸۵	٤۲/۸۵	٤۲/۸۵	٤۲/۸۵	٤۲/۸۵	۱۰۰
کل		تعداد/ مقدار	۲٤	۳۰	٦	٦	٦	۸٤
		احتمال آسیب‌دیدگی	٤۲/۸۵	۳۵/۷	۷/۱۵	۷/۱۵	۷/۱۵	۱۰۰

جدول ۱۸. جدول توافقی مربوط به میزان احتمال شدت آسیب‌دیدگی‌ها برای متغیر فصل وقوع تصادف

			فصل وقوع تصادف				کل
			بهار	تابستان	پاییز	زمستان	
شدت آسیب دیدگی	جزئی	تعداد/ مقدار	۲	۱	۱	۳	۷
		احتمال آسیب‌دیدگی	۲۸/۵	۱٤/۲۵	۱٤/۲۵	٤۳	۱۰۰
	شدید	تعداد/ مقدار	٦	٦	٤	۵	۲۱
		احتمال آسیب‌دیدگی	۲۸/۵	۲۸/۵	۱۹	۲٤	۱۰۰
کل		تعداد/ مقدار	۸	۷	۵	۸	۲۸
		احتمال آسیب‌دیدگی	۲۸/۵	۲۵	۱۸	۲۸/۵	۱۰۰

همانگونه که در جدول (۱۹) مشاهده می‌شود، به ترتیب در زمان‌های شب، صبح، عصر و ظهر، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید برابر با ۳٦/۵، ۳۲، ۱۸ و ۱۳/۵ درصد می‌باشد. همانگونه که در جدول (۲۰) مشاهده می‌شود، به ترتیب میزان احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید برای افراد سالم برابر با ۵٦/۵ درصد و برای افراد معلول برابر با ٤٦/۵ درصد می‌باشد. همانگونه که در جدول (۲۱) مشاهده می‌شود، به ترتیب میزان احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید در زمانیکه عابر پیاده دارای لباسی با رنگ تیره می‌باشد برابر با ۷۲/۷ درصد و در زمانیکه دارای لباسی با رنگ روشن می‌باشد برابر با ۲۷/۳ درصد می‌باشد.

جدول ۱۹. جدول توافقی مربوط به میزان احتمال شدت آسیب‌دیدگی‌ها برای متغیر زمان وقوع تصادف

			زمان وقوع تصادف				کل
			صبح	ظهر	عصر	شب	
شدت آسیب دیدگی	جزئی	تعداد/ مقدار	۲	۱	۱	۲	٦
		احتمال آسیب‌دیدگی	۳۳/۳۳	۱٦/٦۷	۱٦/٦۷	۳۳/۳۳	۱۰۰
	شدید	تعداد/ مقدار	۷	۳	٤	۸	۲۲
		احتمال آسیب‌دیدگی	۳۲	۱۳/۱۵	۱۸	۳٦/۵	۱۰۰
کل		تعداد/ مقدار	۹	٤	۵	۱۰	۲۸
		احتمال آسیب‌دیدگی	۳۲	۱٤	۱۸/۳	۳۵/۷	۱۰۰

جدول ۲۰. جدول توافقی مربوط به میزان احتمال شدت آسیب‌دیدگی‌ها برای متغیر وضعیت جسمانی عابر پیاده

			وضعیت جسمانی		کل
			سالم	معلول	
شدت آسیب دیدگی	جزئی	تعداد / مقدار	۲	۳	۵
		شدت آسیب‌دیدگی	۴۰	۶۰	۱۰۰
	شدید	تعداد / مقدار	۱۳	۱۰	۲۳
		شدت آسیب‌دیدگی	۵۶/۵	۴۳/۵	۱۰۰
کل		تعداد / مقدار	۱۵	۱۳	۲۸
		شدت آسیب‌دیدگی	۵۳/۵	۴۶/۵	۱۰۰

جدول ۲۱. جدول توافقی مربوط به میزان احتمال شدت آسیب‌دیدگی‌ها برای متغیر رنگ لباس عابر پیاده

			رنگ لباس		کل
			تیره	روشن	
شدت آسیب‌دیدگی	جزئی	تعداد/ مقدار	۴	۲	۶
		شدت آسیب‌دیدگی	۶۶/۶	۳۳/۴	۱۰۰
	شدید	تعداد/ مقدار	۱۶	۶	۲۲
		شدت آسیب‌دیدگی	۷۲/۷	۲۷/۳	۱۰۰
کل		تعداد/ مقدار	۲۰	۸	۲۸
		شدت آسیب‌دیدگی	۷۱/۵	۲۸/۵	۱۰۰

۸- نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیرگذاری مشخصات و رفتار عابر پیاده، مشخصات محیطی و زمان وقوع تصادفات عابر پیاده بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های عابر پیاده و ارایه مدلی برای تعیین احتمال وقوع هر یک از آسیب‌دیدگی‌های شدید یا جزئی برای متغیرهای مستقل تعریف شده در مدل، برای تصادفات وسایل نقلیه با عابرین پیاده در بلوار جمهوری اسلامی شهر قزوین به عنوان نمونه موردی است. بدین منظور با استفاده از داده‌های به دست آمده از سازمان پزشکی قانونی استان و نیز پلیس راهنمایی و رانندگی که مربوط به تصادفات ترافیکی سال ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ می‌باشند، اقدام به مدل‌سازی این عوامل با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک شده است. با توجه به مقادیر آماره والد، که برای متغیرهای مستقل رنگ تیره لباس، وضعیت سالم جسمانی و زمان ظهر برای وقوع تصادفات برابر با صفر می‌باشند، این نتیجه حاصل می‌شود که این متغیرها حضور معنی‌داری در مدل داشته و تاثیر آماری معنی‌داری بر متغیر وابسته دارند و در تحلیل رگرسیونی قادر به پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته (احتمال آسیب‌دیدگی شدید به آسیب‌دیدگی کم) هستند. خلاصه نتایج تحقیقات این مقاله عبارتند از:

-در مورد متغیر جنسیت مشاهده می‌شود که جنسیت مرد بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید موثر است. این اثر به صورت مثبت است و با افزایش یک واحد مرد نسبت به زن احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۴۸ برابر، افزایش می‌یابد.

-در مورد میزان تحصیلات مشاهده می‌شود که میزان تحصیلات بیسواد، زیردیپلم‌ها، دیپلم‌ها و لیسانس‌ها بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید ناشی از تصادفات تاثیر دارند و تاثیر همه آنها مثبت می‌باشد. بدین معنی که با افزایش هر واحد بی‌سواد نسبت به فوق لیسانس و بالاتر احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۶ برابر، افزایش می‌یابد. با افزایش یک واحد زیردیپلم نسبت به فوق لیسانس و بالاتر، احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۳۶ برابر افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش یک واحد دیپلم نسبت به فوق

لیسانس و بالاتر، احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۱۲ برابر، افزایش می‌یابد.

- ضریب β مربوط به وضعیت تاهل منفی می‌باشد؛ بدین معنی که با افزایش هر واحد مجرد نسبت به متاهل، احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۴۹ برابر کاهش می‌یابد.
- سن افراد آسیب دیده متغیر دیگری است که بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید تاثیر دارد و تاثیر آن منفی است؛ بدین معنی که با افزایش سن، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۰۱ برابر، کاهش می‌یابد.
- در مورد رنگ لباس مشاهده می‌شود که رنگ تیره بر احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید تاثیر دارد، که مقدار آن نیز مثبت است؛ بدین معنی که با افزایش یک واحد رنگ لباس تیره نسبت به رنگ لباس روشن، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۳ برابر، افزایش می‌یابد.
- در مورد وضعیت جسمانی مشاهده می‌شود که وضعیت جسمانی سالم تاثیرگذار بوده و مقدار β مربوط به این متغیر مثبت می‌باشد؛ بدین معنی که با افزایش یک واحد فرد سالم نسبت به فرد معلول، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۱ برابر، افزایش می‌یابد.
- در مورد فصل وقوع تصادف مشاهده می‌گردد که ضرایب بتا مربوط به فصل‌های بهار، تابستان و پاییز مثبت می‌باشد؛ بدین معنی که در فصل بهار نسبت به فصل زمستان، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۷۷ برابر افزایش می‌یابد. همچنین در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان، احتمال وقوع آسیب‌دیدگی‌های شدید به میزان ۱/۸۶ برابر افزایش می‌یابد و در فصل پاییز نیز نسبت به فصل زمستان، احتمال وقوع این آسیب‌دیدگی‌ها به میزان ۱/۰۲ برابر افزایش می‌یابد.
- در مورد زمان وقوع تصادف، زمان‌های صبح، ظهر و عصر دارای ضریب β منفی هستند؛ بدین معنی که در مواقع صبح نسبت به شب، احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۵۳ برابر کاهش می‌یابد و نیز میزان این احتمال برای وقوع آسیب دیدگی‌های شدید در ظهر نسبت به شب، به میزان ۰/۲۹ برابر کاهش می‌یابد. همچنین در زمان عصر نسبت به شب میزان این احتمال به اندازه ۱/۵۸ برابر کاهش می‌یابد.
- سرعت نیز از دیگر متغیرهای وارد شده در مدل می‌باشد، که دارای مقدار مثبت است؛ بدین معنی که با افزایش سرعت وسایل نقلیه، احتمال وقوع آسیب دیدگی‌های شدید به میزان ۰/۲۸ برابر افزایش می‌یابد.

۹- پی‌نوشت‌ها

1. Wald
2. Standard Error
3. Odds Ratio
4. Liklihood Ratio

۱۰- مراجع

-Abdel-Aty, M.A. and Radwan. E.A., (2000), "Modelling traffic accident occurrence and involvement", Accident Analysis and Prevention, Vol.32, No.5, pp.633-642.

-Afshari, A., Ayati, E. and Barakchi, M., (2021), "Evaluating the effects of external factors on pedestrian violations at signalized intersections (a case study of Mashhad, Iran)", IATSS research, Vol.45, No.2, pp.234-240.

-Aziz, H.M.A., Ukkusuri, S.V. and Hasan, S., (2013), "Exploring the determinants of pedestrian–vehicle crash severity in New York City", Accident Analysis and Prevention, 50, pp.1298-1309.

-Clifton, K.J., Burnier, C.V. and Akar, G., (2009), "Severity of injury resulting from pedestrian–vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?", Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol.14, No.6, pp.425-436.

-Dai, D., (2012), "Identifying clusters and risk factors of injuries in pedestrian–vehicle crashes in a GIS environment", Journal of Transport Geography, 24, pp.206-214.

-Delen, D., Sharda, R. and Bessonov, M., (2006), "Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks", Accident Analysis and Prevention, Vol.38, No.3, pp. 434- 444.

-Diependaele, K., (2019), "Non-compliance with pedestrian traffic lights in Belgian cities", Transp. Res. P. F: Traffic Psychol. Behav., 67, pp.230-241.

-Dissanayake, S. and Lu, J., (2002), "Analysis of severity of young driver crashes: sequential binary logistic regression modeling", Tranportation research record, Vol.1784, No.1, pp.108-114.

-Eluru, N., Bhat, C. R. and Hensher, D. A., (2008), "A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes", Accident Analysis and Prevention, Vol.40, No.3, pp. 1033-1054.

-Gray, R.C. and Quddus, M.A., (2008), "Injury severity analysis of accidents involving young

-Retting, R., (2017), "Pedestrian traffic fatalities by state", Governors Highway Safety Association: Washington, DC, USA.
-Rifaat, S.M. Tay, R. and De Barros, A., (2011), "Effect of street pattern on the severity of crashes involving vulnerable road users", Accident Analysis & Prevention, Vol.43, No.1, pp.276-283.
-Rosenbloom, T. Sapir-Lavid, Y. and Perlman, A., (2016), "Risk factors in road crossing among elderly pedestrians and readiness to adopt safe behavior in socio-economic comparison", Accident Analysis & Prevention, Vol.93, No.1, pp.23-31.
-Sze, N.N. and Wong, S.C., (2007), "Diagnostic analysis of the logistic model for pedestrian injury severity in traffic crashes", Accident Analysis & Prevention, Vol.39, No.6, pp.1267-1278.
-Whittemore, A.S. and Halpern, J., (2003), "Logistic regression of family data from retrospective study designs", Genetic Epidemiology: The Official Publication of the International Genetic Epidemiology Society 25, No.3, pp.177-189.
-Yang, Y. and Sun, J., (2013), "Study on pedestrian red-time crossing behavior: integrated field observation and questionnaire data", Transportation research record, Vol.2393, No.1, pp.117-124.
-Zhang, G., Yau, K.K. and Zhang, X., (2014), "Analyzing fault and severity in pedestrian–motor vehicle accidents in China", Accident Analysis & Prevention, Vol.73, pp.141-150.
-Zhang, G., Tan, Y. and Jou, R.C., (2016), "Factors influencing traffic signal violations by car drivers, cyclists, and pedestrians: A case study from Guangdong, China", Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, Vol.42, pp.205-216.
-Zhang, W., Wang, K., Wang, L., Feng, Z. and Du, Y., (2016), "Exploring factors affecting pedestrians' red-light running behaviors at intersections in China", Accident Analysis & Prevention, Vol.96, pp.71-78.
-Zhou, H., Romero, S.B. and Qin, X., (2016), "An extension of the theory of planned behavior to predict pedestrians' violating crossing behavior using structural equation modeling", Accident Analysis & Prevention, Vol.95, pp.417-424.
-Zhuang, X., Wu, C. and Ma, S., (2018), "Cross or wait? Pedestrian decision making during clearance phase at signalized intersections", Accident Analysis & Prevention, Vol.111, pp.115-124.
male drivers in Great Britain", Journal of Safety Research, Vol.39, No.5, pp.483- 495.
-Guo, Y., Liu, P., Liang, Q. and Wang, W., (2016), "Effects of parallelogram-shaped pavement markings on vehicle speed and safety of pedestrian crosswalks on urban roads in China", Accident Analysis & Prevention, Vol.95, Part B, pp.438-447.
-Hauer, E., Council, F.M. and Mohammedshah, Y., (2004), "Safety models for urban four-lane undivided road segments", Transportation research record, Vol.1897, No.1, pp.96-105.
-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 & Prevention, Vol.40, No.5, pp.1695-1702.
-Kniuman, M.W., Council, F.M. and Reinfurt, D.W., (1993), "Association of median width and highway accident rate", Transportation Research Record, 1401, pp.70-82.
-Lange, F., Haiduk, M., Boos, M., Tinschert, P., Schwarze, A. and Eggert, F., (2016), "Road crossing behavior under traffic light conflict: Modulating effects of green light duration and signal congruency", Accident Analysis & Prevention, Vol.95, pp.292-298.
-Montana, G., (2005), "Simulation tool for generating haplotype data with pre-specified allele frequencies and LD coefficients", Bioinformatics, Vol.21, No.23, pp.4309–4311.
-Moudon, A.V., Lin, L., Jiao, J., Hurvitz, P. and Reeves, P., (2011), "The risk of pedestrian injury and fatality in collisions with motor vehicles, a social ecological study of state routes and city streets in King County, Washington", Accident Analysis & Prevention, Vol.43, No.1, pp.11-24.
-Onelcin, P. and Alver, Y., (2017), "Why cross on red? A questionnaire survey study in Izmir, Turkey", Transportation research procedia, Vol.25, pp.1964-1971.
-Otte, D., Jänsch, M. and Haasper, C., (2012), "Injury protection and accident causation parameters for vulnerable road users based on German In-Depth Accident Study GIDAS", Accident Analysis & Prevention, Vol.44, No.1, pp.149-153.
-Niebuhr, T., Junge, M. and Rosen, E., (2016), "Pedestrian injury risk and the effect of age", Accident Analysis & Prevention, Vol.86, No.1, pp.121-128.
-Rankavat, S. and Tiwari, G., (2016), "Pedestrians risk perception of traffic crash and built environment features–Delhi, India", Safety science, Vol.87, pp.1-7.

Evaluating the Factors Affecting Severity of Pedestrian Accidents in Urban Streets and Providing a Model for Predicting These Accidents (Case Study: Qazvin City)

Mohsen Amouzadeh Omrani, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

Mohammad Reza Fazlollahi, Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

E-mail: Mo.Omrani@iau.ac.ir

Received: March 2023- Accepted: August 2023

ABSTRACT

Recently, with the increase in the production of vehicles on the one hand and the increase in the population of cities and villages on the other hand, sufficient attention to the issue of pedestrians, especially in terms of safety, is very important and noteworthy. In recent years, the rate and growth of pedestrian casualties in major cities of the country compared to developing countries is high. The purpose of this study was to investigate the effect of pedestrian characteristics and behavior, environmental characteristics and time of pedestrian accidents on the probability of pedestrian injuries and to provide a model to determine the probability of any severe or minor injuries. The independent variables defined in the model are for vehicle accidents with pedestrians on Jomhuri Eslami Boulevard in Qazvin. Therefore, using the data obtained from the provincial forensic medicine organization and the traffic police, which are related to traffic accidents from 1397 to 1399, these factors have been modeled using the logistic regression model. The results show that pedestrian education, time of accident, speed of vehicle and color of pedestrian clothing are the most influential factors in the probability of injury.

Keywords: Pedestrians, Probability of Injury, Environmental Factors, Demographic Factors, Logistic Regression