

تحلیل آماری و ارائه مدل پیش‌بینی تصادفات منجر به جرح و فوت عابرین پیاده در معابر روستایی گیلان

مقاله علمی-پژوهشی

*ندا کامبوزیا (نویسنده مسئول)، دانشیار، گروه راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

محمود عامری، استاد، گروه راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

سید محسن حسینیان، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: nkamboozia@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۰ - پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲

صفحه ۴۲۸-۴۱۳

چکیده

میزان بالای کشته‌های تصادفات رانندگی معابر روستایی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین معضلات ایمنی در کشورهای در حال توسعه شناخته می‌شود. مدل‌سازی شدت تصادفات عابرین پیاده برحسب پارامترهای مؤثر در آن امکان پیش‌بینی وقوع یا عدم وقوع تصادفات را فراهم می‌کند. علاوه بر آن با استفاده از این مدل می‌توان به بررسی میزان تأثیر هر عامل در شدت بخشیدن به تصادفات عابرین پیاده پرداخت. از این روش‌شناسایی عوامل مؤثر بر تصادفات عابرین پیاده که منجر به کاهش فراوانی و شدت تصادفات می‌شود، به‌وضوح قابل‌درک است. هدف از این پژوهش، ایجاد مدل‌های آماری برای پیش‌بینی شدت تصادفات عابرین پیاده در معابر روستایی گیلان می‌باشد. از این‌رو در این تحقیق با جمع‌آوری اطلاعات تصادفات عابرین پیاده معابر روستایی در ۱۲ ماهه سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ گیلان و با استفاده از تحلیل‌های آماری چون آزمون فریدمن، تحلیل عاملی و مدل لوجیت، احتمال به وقوع پیوستن هر دسته از تصادفات مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج مدل‌سازی و تحلیل تصادفات به روش‌های مختلف نشان داد که هر یک از روش‌های تحلیل با توجه به کارکردشان، از دیدگاه متفاوتی نسبت به هم به بررسی شدت تصادفات پرداخته‌اند و نتایج متفاوتی را به همراه دارند که از همین‌رو می‌توان با کنار هم قرار دادن نتایج خروجی به‌دست‌آمده، بهترین اقدامات را در خصوص افزایش ایمنی معابر روستایی گیلان پیشنهاد داد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، تصادفات روستایی، شدت تصادفات، عابرین پیاده، مدل‌سازی

۱- مقدمه

خدمت می‌کند، بلکه بر توسعه سایر بخش‌های اقتصادی همانند کشاورزی و صنعت نیز تأثیرگذار می‌باشد (Banister, 2000). با رشد و توسعه کشورها نیاز به سیستم‌های مختلف حمل‌ونقل روزبه‌روز افزایش می‌یابد. چنانکه در ابتدا تنها مدل حمل‌ونقل در شهرهای ابتدایی پیاده بوده است. با رشد شهرها و روستاها پیامودن مسافت‌های طولانی با پای پیاده امری مشکل و گاهی ناممکن بود. بدین ترتیب بشر به فکر راه‌حلی برای برطرف کردن این نیاز خود افتاد. به‌این‌ترتیب مدهای مختلف حمل‌ونقل جاده‌ای، زمینی و هوایی شامل انواع مختلف مدهای شخصی و

پیاده‌روی ساده‌ترین راه برای انتقال بین مبدأ و مقصد است و می‌تواند تنها راه حمل‌ونقل مستقل در نظر گرفته شود و نیازی به ابزار دیگری نداشته باشد. بنابراین عابران پیاده بخش جدانشدنی از سیستم حمل‌ونقل هستند (Bargegol, Gilani, and Farghedayn, 2014). به نظر اکثر اقتصاددانان دنیا در تمامی جوامع کنونی اعم از پیشرفته، در حال توسعه و کم توسعه‌یافته نیاز به تسهیلات حمل‌ونقل جهت رشد و توسعه اقتصادی، اجتماعی و حتی فرهنگی شدیداً مورد تأکید است. این بخش زیربنایی نه تنها به‌خودی‌خود اشتغال‌زا بوده و تولید

همگانی که روزه‌روز در حال پیشرفت هستند و هرکدام درصد برآورده کردن بیشتر نیازهای مردم می‌باشند، اختراع می‌شوند. حمل و نقل همانند هر صنعت و پدیده دیگری در کنار محاسن و مزایای خود معایب و محدودیت‌هایی را برای استفاده‌کنندگان و غیر استفاده‌کنندگان از آن با خود به همراه آورده است. تا جایی که امروزه اکثر جوامع با معضلی به‌عنوان ترافیک روبرو هستند. ترافیک در شرایط جامعه در حال توسعه ما روند فزاینده‌ای داشته و اثرات زیان‌بار بر جان و مال مردم جامعه با خود به همراه آورده است. آلودگی شهرها، مصرف رو به افزایش سوخت و انرژی، هدر رفتن روزانه میلیون‌ها ساعت از وقت و عمر مردم در تراکم‌های ترافیکی، هدر رفتن امکانات خدماتی جامعه و سرمایه‌های ملی و در نهایت وقوع تصادفات زیان‌آور و مرگبار در ابعاد فوت، جراحت و خسارت از پیامدهای یک ترافیک نابسامان است. بنابراین طیف گسترده‌ای از مسائل و چالش‌های حمل و نقل نیاز به برنامه‌ریزی و در نظر گرفتن رویکردهای عملی برای کاهش تراکم ترافیک و ایجاد ترافیک روان دارد (Bargegol et al, 2016).

طبق آمار و اطلاعات منتشرشده در ایران تعداد مرگ‌ومیرهای ناشی از تصادفات رانندگی ۱۵۹۳۲ نفر در سال ۱۳۹۵ بوده است. همچنین میزان تخمین مرگ‌ومیر ناشی از ترافیک جاده‌ای در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر ۲۰٫۵ و درصد مرگ‌ومیر عابران پیاده ۲۱٫۶ درصد است (World Health Organization, 2018). این آمار نشان از تعداد بالای تصادفات در جاده‌ها و معابر شهری و روستایی کشور دارد. همچنین تصادفات هزینه‌های بسیار سنگینی را به دولت‌ها تحمیل می‌کنند که این هزینه در کشورهای که منابع انسانی در آن دارای ارزش زیادی است، بسیار مهم‌تر می‌باشد (Abdi et al, 2019). بر اساس گزارش وزارت بهداشت هزینه حوادث ترافیکی در سال ۱۳۸۰ رقمی حدود ۴ هزار میلیارد تومان برآورده شده بود. همچنین شرکت‌های بیمه سالانه ۳۱۰ میلیارد تومان خسارت ناشی از حوادث رانندگی را پرداخت می‌کنند که ۵۵ میلیارد تومان خسارت مالی و ۲۵۵ میلیارد تومان بابت خسارت جانی است (احمدی نژاد، شاهی و شیخ الاسلامی، ۱۳۸۵). وقوع حوادث در دنیای امروز اجتناب‌ناپذیر است و عواملی که ممکن است باعث آن شوند، به‌جز موارد جوی و تصادفی، شناسایی و قابل پیشگیری هستند. این دلایل را می‌توان مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و عملکردهای مفیدی را برای کاهش حوادث انجام داد (Abolfazlzadeh

and Gol, 2017). ایمنی معابر شهری و روستایی به میزان قابل‌توجهی به رفتار واقعی کاربران بستگی دارد (Jamshidpour and Gol, 2017)؛ بنابراین شناخت رفتار عابران پیاده در کنترل و مدیریت جریان ترافیک شبکه حمل و نقل مفید است (Behbahani et al, 2019).

مدل‌سازی شدت تصادفات برحسب پارامترهای مؤثر در آن امکان پیش‌بینی وقوع یا عدم وقوع تصادفات نیازمند تجهیزات امدادسانی را فراهم می‌کند. علاوه بر آن با استفاده از این مدل می‌توان به بررسی میزان تأثیر هر عامل در شدت بخشیدن به تصادفات پرداخت. آشکار است که چنین شناختی منتهی به امکان‌پذیر شدن تدوین برنامه‌های ایمن‌سازی تردد مهندسی ترافیک خواهد شد و همچنین آن‌ها می‌توانند درک بهتری از فاکتورهایی که تأثیر مثبت یا منفی در شدت تصادفات دارند، داشته باشند. با توجه به شرایط اقلیمی، آب و هوایی و فرهنگی استان گیلان، روستاها بسیار نزدیک به هم و با تراکم جمعیتی بسیار بالا هستند. همچنین اکثر این روستاها در نقاط نزدیک به معابر اصلی و فرعی و معابر روستایی متمرکز شده‌اند که خود این موضوع سبب در معرض خطر قرار گرفتن عابرین پیاده در تصادفات جاده‌ای شده است. از همین رو در این مطالعه با جمع‌آوری آمار و اطلاعات تصادفات عابرین پیاده از معابر روستایی گیلان طی سال‌های ۹۳ تا ۹۷، سعی شد تا متغیرهای تأثیرگذار بر شدت تصادفات عابرین پیاده شناسایی و پیش‌بینی شود تا بتوان با ارائه راهکارهایی سبب افزایش ایمنی آن‌ها در مقابل جریان‌های ترافیک راه‌های روستایی شد؛ بنابراین با استفاده از آزمون فریدمن، متغیرهای مؤثر بر تصادفات عابرین پیاده رتبه‌بندی و سپس با استفاده از تحلیل عاملی، به شناسایی عوامل مؤثر بر تصادفات پرداخته شد. در نهایت با استفاده از مدل لوجیت، مدل پیش‌بینی شدت تصادفات عابرین پیاده در معابر روستایی گیلان ارائه خواهد شد.

۲- پیشینه تحقیق

بشارتی و کاشانی (۲۰۱۷) مطالعه‌ای را برای کشف الگوهای تصادفات عابر پیاده در ایران با استفاده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای ارائه دادند. نتایج نشان داد که به‌طور کلی تصادفات ماشینی / وان در جاده‌های روستایی و همچنین تصادفات شدید وسایل نقلیه در جاده‌های روستایی و شهری نسبتاً کمتر است؛ اما در مقایسه با سایر گروه‌های تصادفات عابر پیاده احتمال بیشتری

عابر پیاده در مناطق روستایی و شهری می‌شوند (Chen and Fan, 2019).

مطالعات مختلفی در خصوص بررسی تاثیر عوامل مختلف در شدت تصادفات عابر پیاده و مدل‌سازی و تحلیل این تصادفات با روش‌های مختلف انجام شده است و نتایج نشان داده است که هر کدام از این روش‌ها بسته به عملکردشان شدت تصادفات را از دیدگاه مختلف بررسی می‌کند و نتایج مختلفی دارد. بنابراین، با کنار هم قرار دادن نتایج خروجی می‌توان بهترین اقدامات را متناسب با نتایج جهت افزایش ایمنی عابرین پیاده در راه‌های روستایی ارائه کرد. لذا با توجه به اهمیت تصادفات رانندگی در راه‌های روستایی، بررسی تاثیر عوامل مختلف موثر در شدت تصادفات این راه‌ها جهت کاهش این تصادفات امری ضروری است. از این رو در این مطالعه به منظور تعیین مؤثرترین عامل بروز تصادفات عابرین پیاده، تحلیل و مدل‌سازی عوامل مؤثر بر شدت حوادث رانندگی در راه‌های روستایی استان گیلان با استفاده از اطلاعات تصادفات عابرین پیاده در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ و همچنین تحلیل‌های آماری چون آزمون فریدمن، تحلیل عاملی و مدل لجیت انجام شده است.

۳- روش‌شناسی

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

مطالعه‌ی حاضر در استان گیلان انجام گرفته است. این استان، از شمال به دریای خزر و کشور آذربایجان، که از طریق آستارا با آن دارای مرز بین‌المللی است، از غرب به استان اردبیل، از جنوب به استان زنجان و قزوین و از شرق به استان مازندران محدود می‌شود. جمعیت استان گیلان طبق سرشماری ۱۳۹۵، ۲۵۳۰۶۹۶ نفر است که شامل ۱۲۶۷۵۹۷ مرد و ۱۲۶۳۰۹۹ زن است. گیلان دهمین استان پرجمعیت کشور است که شامل ۱۶ شهرستان و ۲۶۱۵ روستا می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). این استان ۹۲۴۸ کیلومتر راه روستایی در اختیار دارد که از این میزان حدود ۵۲۵۰ کیلومتر آن آسفالت است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان، ۱۳۹۹). از این رو با توجه به تعداد بالای روستاهای این استان و کیلومترهای این راه‌ها، بررسی تصادفات آن مورد اهمیت می‌باشد.

می‌رود که کشنده باشد. نتایج همچنین حاکی از آن است که اگر راننده زیر ۱۹ سال باشد، به‌ویژه در جاده‌های روستایی، تصادف به احتمال زیاد کشنده خواهد بود (Kashani and Besharati, 2017).

مارشال و همکاران (۲۰۱۷) در مورد نابرابری ایمنی جاده‌های شهری / روستایی در ایالات متحده تحقیق کرده‌اند. آن‌ها فهمیدند که ساکنان مناطق روستایی نرخ مرگ‌ومیر تقریباً ۶ برابر بیشتر از مناطق شهری دارند. آن‌ها همچنین از نظر تأثیرات سلامت ایمنی جاده در سیستم حمل‌ونقل، اختلافات منطقه‌ای قابل توجهی بین ساکنان روستایی و شهری را نشان دادند (Marshall and Ferrenchak, 2017).

بشارتی و کاشانی (۲۰۱۸) پژوهشی با هدف کشف ترکیب عوامل و شرایطی که می‌تواند احتمال تصادف منجر به فوت عابر پیاده را در ایران افزایش دهد، انجام داد. در این پژوهش از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، عبور از خیابان با بی‌توجهی یا انتظار در کنار جاده در مکان‌های کم‌نور از آن قسمت از جاده‌های روستایی که از مناطق مسکونی / کشاورزی عبور می‌کنند، به‌طور قابل توجهی خطر مرگ‌ومیر عابر پیاده را افزایش می‌دهد (Besharati and Kashani, 2018).

آبدوس و محمودآبادی (۲۰۱۸) به تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر در افزایش خطر در معرض بودن ساکنان روستایی در ایران با استفاده از داده‌های تصادفات فوتی پرداختند. یافته‌ها نشان داد که عابران زن در اطراف جاده‌های بین‌شهری در مقایسه با کسانی که در جاده‌های شهری عبور می‌کنند کمتر در معرض تصادفات منجر به مرگ قرار دارند؛ اما پیاده‌روی در جاده‌های فرعی / روستایی منجر به مواجهه بیشتر با مرگ می‌شود. آسیب‌پذیری عابران زن در برابر تصادفات اختلاف معنی‌داری را برای زمان‌های مختلف روز نشان نداد؛ اما پوشیدن لباس تیره (اکثرأ چادر به‌عنوان لباس رایج در کشور) باعث افزایش چشمگیر آسیب‌پذیری آن‌ها می‌شود (Abdous and Mahmoudabadi, 2018).

چن و فن (۲۰۱۹) مطالعه‌ای را برای بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در شدت آسیب‌دیدگی عابر پیاده در تصادفات وسایل نقلیه - عابر پیاده در مناطق روستایی و شهری در کارولینای شمالی، ایالات متحده با استفاده از مدل لجیت ترکیبی انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد عواملی از قبیل وسایل نقلیه سنگین و وضعیت روشنایی تاریک باعث افزایش چشمگیر شدت آسیب‌دیدگی

۲-۳- جمع‌آوری اطلاعات

نخستین گام برای انجام مدل‌سازی، گردآوری اطلاعات مربوط به زمینه فعالیت می‌باشد. چراکه پایه و مبنای مدل‌سازی اطلاعات است. اطلاعات غلط باعث ارائه مدل اشتباه و بالعکس اطلاعات درست و با جزئیات مناسب باعث ارائه مدل درست و نزدیک به واقعیت خواهد شد. جمع‌آوری و مرتب کردن اطلاعات و داده‌ها، اولین مرحله برای استفاده از این روش است. به‌منظور انجام تحقیق و بررسی در زمینه بهبود سیستم ایمنی راه‌ها، اطلاعات تصادفات که موضوعاتی از قبیل زمان حادثه، مشخصات انسانی، مشخصات محیطی و مشخصات تصادف را شامل می‌شود، باید جمع‌آوری شوند. متأسفانه حوادث ترافیکی غیرقابل‌پیش‌بینی هستند و هیچ روشی برای جمع‌آوری اطلاعات اولیه دقیق و مشاهده تصادف، هنگام وقوع آن وجود ندارد. پلیس، یکی از بهترین گزینه‌ها برای جمع‌آوری اطلاعات تصادف است؛ زیرا آن‌ها جزو اولین کسانی هستند که در صحنه تصادف حضور می‌یابند. از آنجاکه سازمان‌های زیادی با این داده‌ها سروکار دارند، بنابراین درک نیروهای پلیس از اینکه آن‌ها در قبال جمع‌آوری داده‌های قابل‌اعتماد مسئولیت سنگینی دارند، مهم و ضروری است. تکمیل فرم‌های تصادفات رانندگی، شروع جمع‌آوری داده‌هاست. این فرم‌ها با نام کام ۱۱۴ شناخته می‌شوند و بسته به نوع تصادف بایستی به موارد مختلفی پاسخ داده شود، از جمله

محل وقوع تصادف، زمان وقوع تصادف، اعضای دخیل در تصادف (انسان، وسیله نقلیه و غیره)، نتیجه تصادف (شدت جراحات یا تلفات)، شرایط محیطی، علت وقوع تصادف و غیره. در این تحقیق از اطلاعات تصادفات عابرین پیاده مربوط به راه‌های روستایی استان گیلان در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ استفاده شد. اطلاعات جمع‌آوری‌شده از پلیس راه شامل تعداد مجروحین و فوت‌شده‌ها بر اساس پارامترهایی چون زمان تصادف (فصل، روز و ساعت تصادف)، شرایط سطح راه، جنسیت و سن عابر، وضع هندسه معبر، وضعیت روشنایی، نوع وسیله نقلیه مقصر، وضع هوا و علت تامه تصادف در معابر روستایی گیلان می‌باشد. در این مطالعه ابتدا با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، پارامتری یا ناپارامتری بودن داده‌ها برای انتخاب صحیح آزمون آماری مشخص شد. سپس از تحلیل فریدمن برای تعیین اولویت عوامل مؤثر در شدت تصادفات استفاده شد. در ادامه با استفاده از تحلیل عاملی، عامل‌های زیر بنایی برای تله‌یص فاکتورهای مؤثر در تصادفات تعیین شد. درنهایت مدل لجوجیت برای برای پیش‌بینی احتمال وقوع تصادفات عابرین پیاده ارائه شده است. به‌منظور استفاده از آمارها در روند تحلیل و مدل‌سازی بایستی داده‌ها به‌صورت متغیرهای اسمی درآید، لذا در جدول ۱، انواع متغیرها در بروز تصادفات عابر پیاده در راه‌های روستایی استان گیلان آورده شده‌اند.

جدول ۱. متغیرهای مؤثر در بروز تصادفات عابر پیاده در راه‌های روستایی استان

متغیرها	زیرمتغیرها	درصد فراوانی (%)
شدت تصادف	جراحی	۸۴/۲۴
	فوتی	۱۵/۷۶
فصل تصادف	بهار	۲۸/۷۱
	تابستان	۳۰/۱۷
	پاییز	۲۰/۴۱
روز تصادف	زمستان	۲۰/۷۱
	اول هفته	۲۵/۷۸
	وسط هفته	۴۰/۵۵
	آخر هفته	۳۳/۶۷

۴/۹۲	۶ تا ۲۴	ساعت تصادف
۲۱/۸۷	۱۲ تا ۶	
۴۳/۶۹	۱۸ تا ۱۲	
۲۹/۵۲	۲۴ تا ۱۸	
۸۷/۳۲	خشک	شرایط سطح راه
۱۲/۶۸	مرطوب	
۵۸/۳۹	مرد	جنسیت عابر پیاده
۴۱/۶۱	زن	
۳۶/۴۱	زیر ۱۸	سن عابر پیاده
۳۸/۲۸	۱۸ تا ۳۰	
۱۶/۴۴	۳۰ تا ۴۵	
۵/۹۲	۴۵ تا ۶۰	
۲/۹۵	بالتر از ۶۰	
۶۱/۳۲	مسیر مستقیم	وضع هندسه معبر
۳۸/۶۸	قوس افقی	
۷۱/۰۲	روز	وضعیت روشنایی
۲۷/۸۲	شب	
۱/۱۶	غروب	
۳۹/۱۶	وانت	نوع وسیله نقلیه مقصر
۳۲/۲۱	وسایل نقلیه سنگین	
۶/۵۷	موتور یا دوچرخه	
۲۲/۰۶	سواری	
۷۹/۰۱	صاف و آفتابی	وضع هوا
۱۳/۵۳	ابری	
۶/۹۴	بارانی	
۰/۵۲	برفی	
۳۵/۷۲	عدم توجه به جلو	علت تامه تصادف
۱۰/۶۱	حرکت با دنده عقب	
۵۳/۶۷	عدم توانایی در کنترل	

۳-۳- روش‌های تحلیل آماری و مدل‌سازی

۳-۳-۱- آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۱

یک آزمون باید تصمیم گرفته شود که آیا از آزمون‌های پارامتریک استفاده شود یا آزمون‌های ناپارامتریک. یکی از اصلی‌ترین راه‌ها برای این انتخاب انجام آزمون کولموگروف-اسمیرنوف است.

آزمون کولموگروف-اسمیرنوف یکی از مهم‌ترین آزمون‌های آماری در نرم‌افزار SPSS محسوب می‌شود. همواره در انتخاب

در تحلیل عاملی اکتشافی^۴ پژوهشگر به دنبال بررسی داده‌های تجربی به منظور کشف و شناسایی شاخص‌ها و نیز روابط بین آن‌هاست. به طوری که از پیش مدل معینی وجود ندارد. به بیان دیگر تحلیل اکتشافی علاوه بر آنکه ارزش تجسسی یا پیشنهادی دارد می‌تواند ساختار ساز، مدل‌ساز یا فرضیه ساز باشد. تحلیل عاملی اکتشافی وقتی به کار می‌رود که پژوهشگر شواهد کافی قبلی و پیش تجربی برای تشکیل فرضیه درباره تعداد عامل‌های زیربنایی داده‌ها نداشته و به واقع مایل باشد درباره تعیین تعداد یا ماهیت عامل‌هایی که هم پراشی بین متغیرها را توجیه می‌کنند، داده‌ها را بکاود؛ بنابراین تحلیل اکتشافی بیشتر به عنوان یک روش تدوین و تولید تئوری و نه یک روش آزمون تئوری در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳-۴- مدل رگرسیون لجوجیت

برای ایجاد ارتباط بین مجموعه متغیرهای X و متغیر وابسته‌ای مانند Y، پژوهشگران با یک مسئله چند متغیره روبرو می‌شوند. در تحلیل چنین مسئله‌ای انواع مختلفی از مدل‌های ریاضی مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا پیچیدگی ارتباط این متغیرها با یکدیگر لحاظ شود. روش رگرسیون لجستیک نوعی روش ریاضی است که برای توصیف ارتباط بین چند متغیر X و یک متغیر وابسته‌ی دو وجهی مانند Y به کار می‌رود. تابعی که در این روش استفاده می‌شود، تابعی S شکل به نام تابع لجستیک است؛ اما کاربرد تحلیل لجستیک به اینجا محدود نمی‌شود. با بسط تابع لجستیک می‌توان از آن در حل مسائل چندوجهی نیز استفاده کرد (Thrane, 2016)؛ اما می‌توان از روش رگرسیون لجستیک برای تعریف متغیر Y به صورت چندوجهی نیز استفاده کرد. مثلاً شرایط به گونه‌ای باشد که افراد در انتخاب مد سفر بین مدهای وسیله نقلیه شخصی، وسیله نقلیه اشتراکی و اتوبوس مخیر باشند و یا در تقسیم‌بندی شدت تصادفات دو دسته تصادفات جرحی و فوتی را در نظر گرفته شود. در این حالت فرم کلی تابع لجستیک به صورت رابطه ۱ است:

$$P(Y=i) = \frac{\exp[h_i(x)]}{1 + \sum_{i=1}^n \exp[h_i(x)]} \quad (1)$$

که در آن:

$h_i(x)$: تابعی از پارامترهای مستقل X

$P(Y=i)$: احتمال رخداد حالت مورد نظر

در ساده‌ترین حالت می‌توان $P(Y=i)$ را تابعی خطی از X_i در نظر گرفت ($P_i = \beta X_i$) که β بردار ضرایب رگرسیون است؛ اما

آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن توزیع داده‌ها را نشان می‌دهد، یعنی اینکه توزیع یک صفت در یک نمونه را با توزیعی که برای جامعه مفروض است مقایسه می‌کند (Nahm, 2016). اگر داده‌ها دارای توزیع نرمال باشند، امکان استفاده از آزمون پارامتریک وجود دارد و در غیر این صورت باید از آزمون ناپارامتریک استفاده شود.

پس از انجام آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، اگر آزمون معنی‌دار بود یعنی p کوچک‌تر از 0.05 بود، به معنی این است که توزیع نرمال نیست و باید از آزمون ناپارامتریک استفاده شود (Ruxton, Wilkinson, and Neuhäuser 2015). بنابراین اگر نتیجه این آزمون معنی‌دار نباشد، امکان استفاده از آزمون‌های پارامتریک وجود دارد.

۳-۳-۲- آزمون فریدمن^۲

آزمون فریدمن یکی از آزمون‌های آماری است که برای مقایسه چند گروه کاربرد دارد و از نظر میانگین رتبه‌های گروه‌ها را معلوم می‌کند که آیا این گروه‌ها می‌توانند از یک جامعه باشند یا نه. مقیاس در این آزمون باید حداقل رتبه‌ای باشد. این آزمون متناظر غیر پارامتری آزمون F است و معمولاً در مقیاس‌های رتبه‌ای به جای F به کار می‌رود و جانشین آن می‌شود. در آزمون F باید همگنی واریانس‌ها وجود داشته باشد که در مقیاس‌های رتبه‌ای کمتر رعایت می‌شود. آزمون فریدمن برای تجزیه واریانس دوطرفه (برای داده‌های غیر پارامتری) به روش رتبه‌بندی به کار می‌رود و نیز برای مقایسه میانگین رتبه‌بندی گروه‌های مختلف کاربرد دارد (Eisinga et al, 2017).

۳-۳-۳- تحلیل عاملی^۲

از روش تحلیل عاملی جهت پی بردن به متغیرهای زیر بنایی یک پدیده یا تلخیص مجموعه‌ای از داده‌ها استفاده می‌شود. داده‌های اولیه برای تحلیل عاملی، ماتریس همبستگی بین متغیرها است. تحلیل عاملی، متغیرهای وابسته از قبل تعیین شده‌ای ندارد. موارد استفاده از تحلیل عاملی را به دو دسته کلی می‌توان تقسیم کرد: مقاصد اکتشافی و مقاصد تأییدی. اگر هیچ حدسی از ساختار روابط میان گویه‌ها وجود نداشته باشد، از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده می‌شود. اما اگر گویه‌ها بر اساس ابعاد شناسایی شود، باید از تحلیل عاملی تأییدی استفاده کرد.

۴- نتایج و بحث

در بخش قبل به معرفی متغیرهای مستقل و وابسته پرداخته شد. همچنین روش‌های تحلیل آماری و ساخت مدل لجیت ارائه شد. در این بخش با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف، پارامتری و یا غیر پارامتری بودن داده‌ها جهت انتخاب درست آزمون‌های آماری مشخص شدند. در ادامه آزمون‌های فریدمن و تحلیل عاملی به ترتیب جهت تعیین اولویت عوامل و مشخص کردن میزان تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته استفاده شدند. در نهایت با استفاده از مدل لجیت، مدلی برای تصادفات عابرین پیاده در معابر روستایی گیلان مشخص شد که نتایج به دست آمده در ادامه شرح داده شدند.

۴-۱- بررسی نرمال بودن داده‌ها

(آزمون کولموگروف - اسمیرنوف)

به منظور انتخاب آزمون مناسب برای سنجش اطلاعات، ابتدا باید از توزیع آماری داده‌ها، اطمینان حاصل می‌شد. برای آزمون نرمال بودن توزیع، از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد. در جدول (۱۲) نتایج این آزمون آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که آزمون معنی‌دار است؛ در نتیجه داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند؛ بنابراین از آزمون‌های ناپارامتریک باید برای استنباط بهره گرفت.

۴-۲- نتایج آزمون فریدمن (تعیین اولویت عوامل)

از آزمون فریدمن می‌توان برای آزمودن برابری رتبه‌ی سطوح متغیر استفاده نمود. در این پژوهش، برای تصادفات وسایل نقلیه ۱۱ متغیر مستقل وجود داشت. با استفاده از آزمون فریدمن، به بررسی رتبه‌ی هر یک از این متغیرها پرداخته می‌شود. جدول ۱۳ میانگین رتبه‌های هر متغیر را نشان می‌دهد. هرچقدر میانگین رتبه‌ها کوچک‌تر باشد، اهمیت آن متغیر بیشتر است. همچنین جدول ۱۴ به ترتیب تعداد کل داده‌ها، مقدار آماره کای دو، درجه آزادی و sig را نشان می‌دهد. به دلیل این که sig کمتر از ۵ درصد است، H_0 رد شده و ادعای یکسان بودن رتبه (اولویت) این یازده عامل پذیرفته نمی‌شود.

یکی از ملاحظات مربوط به این است که احتمال P_i مذکور در سمت چپ معادله باید بین صفر و یک باشد ولی ضرب خطی برداری βX_i در سمت راست کلیه اعداد حقیقی را شامل می‌شود. یک روش ساده برای حل این مسئله استفاده از تابع انتقال احتمال به منظور حذف محدودیت فاصله‌ها و مدل‌سازی تابع انتقال یافته به عنوان تابع خطی پارامترها است. این تبدیل در دو مرحله صورت می‌گیرد. ابتدا احتمال P_i به شانس موفقیت تبدیل می‌شود (Young and Liesman, 2007).

$$\text{Odds} = \frac{P_i}{1 - P_i} \quad (2)$$

در مرحله دوم از رابطه‌ی فوق لگاریتم گرفته می‌شود تا Logit یا لگاریتم شانس موفقیت به دست آید:

$$\text{Logit}(p_i) = \text{Log} \frac{P_i}{1 - P_i} \quad (3)$$

تابع انتقال معکوس که بعضاً آنتی-لجستیک نامیده می‌شود و برای محاسبه‌ی احتمال بر حسب لجستیک به کار می‌رود، عبارت است از:

$$\text{Logit}^{-1}(Z_i) = \frac{e^{Z_i}}{1 + e^{Z_i}} \quad (4)$$

این حقیقت که مقدار تابع لجستیک بین صفر و یک تغییر می‌کند اولین دلیل برای استفاده از این تابع در مبحث احتمالات می‌باشد. دومین دلیل در این راستا، S شکل بودن این تابع است به این صورت که با حرکت از منفی بی‌نهایت به سمت راست، با افزایش Z مقدار f(Z) تغییر چندانی نمی‌کند و در حوالی صفر باقی می‌ماند تا این که به یک آستانه رشد رسیده شود. در این حالت مقدار تابع به سرعت افزایش می‌یابد تا اینکه به نزدیکی یک برسد و در این حالت نیز افزایش مقدار Z تأثیر چندانی بر افزایش تابع نخواهد داشت؛ بنابراین لجستیک تابع انتقالی است که احتمالات واقع از بازه‌ی (۰,۱) را به کلیه اعداد حقیقی نگاشت می‌نماید. لجستیک منفی بیانگر احتمالات کمتر از ۵۰ درصد و لجستیک مثبت بیانگر احتمالات بیش از ۵۰ درصد است. مدل لجستیک یک مدل خطی عمومی است که دارای تابع انتقال لجستیک می‌باشد (Young and Liesman, 2007).

جدول ۱۲. نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

ردیف	متغیرها	حداکثر اختلاف			آزمون آماری	سطح معناداری (۲ دامنه)
		مطلق	مثبت	منفی		
۱	زمان تصادف	۰/۲۶۸	۰/۱۷۲	-۰/۲۶۸	۰/۲۶۸	۰/۰
۲	روز تصادف	۰/۲۳۳	۰/۲۱۷	-۰/۲۳۳	۰/۲۳۳	۰/۰
۳	فصل تصادف	۰/۱۸۷	۰/۱۸۷	-۰/۱۶۶	۰/۱۸۷	۰/۰
۴	شرایط سطح راه	۰/۵۱۱	۰/۵۱۱	-۰/۳۳۶	۰/۵۱۱	۰/۰
۵	هندسه معبر	۰/۵۱۶	۰/۵۱۶	-۰/۳۴۲	۰/۵۱۶	۰/۰
۶	شرایط روشنایی	۰/۳۸۸	۰/۳۸۸	-۰/۲۶۷	۰/۳۸۸	۰/۰
۷	نوع وسیله نقلیه	۰/۳۲۳	۰/۲۳۵	-۰/۳۲۳	۰/۳۲۳	۰/۰
۸	سن عابر پیاده	۰/۲۰۱	۰/۱۷۴	-۰/۲۰۱	۰/۲۰۱	۰/۰
۹	جنسیت عابر پیاده	۰/۵۳۹	۰/۳۹۷	-۰/۵۳۹	۰/۵۳۹	۰/۰
۱۰	وضع آب و هوا	۰/۴۲۱	۰/۴۲۱	-۰/۲۷۱	۰/۴۲۱	۰/۰
۱۱	علت تامه	۰/۵۲۸	۰/۵۲۸	-۰/۳۸۹	۰/۵۲۸	۰/۰

جدول ۱۳. میانگین رتبه‌ای آزمون فریدمن

برای تصادفات عابرین پیاده

ردیف	متغیرها	میانگین	رتبه
۱	علت تامه	۳/۴۰	۱
۲	شرایط سطح راه	۳/۴۷	۲
۳	هندسه معبر	۳/۵۱	۳
۴	وضع آب و هوا	۴/۴۶	۴
۵	شرایط روشنایی	۴/۴۷	۵
۶	جنسیت عابر	۶/۶۱	۶
۷	روز تصادف	۶/۸۶	۷
۸	فصل تصادف	۷/۰۷	۸
۹	سن عابرین پیاده	۷/۷۱	۹
۱۰	وسيله نقلیه	۹/۱۱	۱۰
۱۱	زمان تصادف	۹/۳۳	۱۱

جدول ۱۴. نتایج آماری آزمون فریدمن برای تصادفات عابرین

پیاده

تعداد داده	کای دو محاسبه شده	درجه آزادی	سطح معنی داری
۴۸۴	۲۵۷۲/۲۵۵	۱۰	۰/۰

با توجه به رتبه‌بندی به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که سه متغیر علت تامه، شرایط سطح راه و هندسه معبر به ترتیب مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تصادفات عابرین پیاده در معابر روستایی گیلان می‌باشد.

۴-۳- تحلیل عاملی اکتشافی (آزمون KMO و بارتلت)

معمولاً پژوهشگران به دلایل مختلف با حجم زیادی از متغیرها در پژوهش‌ها روبرو می‌شوند. برای تحلیل دقیق‌تر داده‌ها و رسیدن به نتایج علمی‌تر و درعین حال عملیاتی‌تر، پژوهشگران به دنبال کاهش حجم متغیرها و تشکیل ساختار جدیدی برای آن‌ها هستند. بدین منظور از تحلیل عاملی استفاده می‌کنند. تحلیل عاملی سعی در شناسایی متغیرهای اساسی یا عامل‌ها به منظور تبیین الگوی همبستگی بین متغیرهای مشاهده شده دارد. تحلیل

نتایج نشان می‌دهد شاخص KMO از ۰/۵ بزرگ‌تر است. بنابراین داده‌های موردنظر برای تحلیل عاملی مناسب هستند. همچنین مقدار sig آزمون بارتلت برای همه موارد، کوچک‌تر از ۵ درصد است که فرض شناخته‌شده بودن ماتریس همبستگی رد می‌شود. جدول ۱۶ حاصل از تحلیل عاملی حاوی دو بخش است. بخش اول مربوط به مقادیر ویژه بوده و تعیین‌کننده عامل‌هایی است که در تحلیل باقی می‌ماند. عامل‌هایی که دارای مقدار ویژه کمتر از ۱ هستند از تحلیل خارج می‌شود. در این مطالعه عامل‌های ۱ تا ۵ دارای مقدار ویژه بزرگ‌تر از ۱ هستند و در تحلیل باقی می‌مانند. بخش دوم مربوط به مقادیر ویژه عوامل استخراجی بدون چرخش است. با توجه به این بخش، این عامل‌ها می‌توانند تقریباً ۶۳ درصد از تغییرپذیری متغیرها را توضیح دهند. نتایج واریانس در جدول ۱۶ نشان داده شده است. جدول ۱۷ ماتریس اجزا و جدول ۱۸ ماتریس چرخیده شده اجزا را نشان می‌دهد که شامل بارهای عاملی هر یک از متغیرها در عامل‌های باقی‌مانده پس از چرخش است. هرچقدر مقدار قدر مطلق این ضرایب در هر ردیف بیشتر باشد، عامل مربوطه نقش بیشتری در کل تغییرات متغیر موردنظر دارد.

عاملی نقش بسیار مهمی در شناسایی متغیرهای پنهان یا همان عامل‌ها از طریق متغیرهای مشاهده‌شده دارد. در انجام تحلیل عاملی، ابتدا باید از این مسئله اطمینان یافت که می‌توان داده‌های موجود را برای تحلیل به کار برد. به سخن دیگر، آیا تعداد داده‌های مورد نظر (اندازه نمونه و رابطه بین متغیرها) برای تحلیل عاملی مناسب است یا خیر. بدین منظور از شاخص KMO و آزمون بارتلت سود جسته می‌شود. جدول ۱۵، نتایج شاخص KMO و آزمون بارتلت را برای پژوهش حاضر نشان می‌دهد. هر چه مقدار شاخص نزدیک به یک باشد، داده‌های موردنظر برای تحلیل عاملی مناسب‌تر هستند. همچنین در صورتی که شاخص KMO از ۰/۵ کوچک‌تر باشد، نتایج تحلیل عاملی برای داده‌های موردنظر مناسب نیست و نباید از این نوع تحلیل برای تفسیر نتایج استفاده نمود.

جدول ۱۵. آزمون KMO و بارتلت

آزمون کروی بودن Bartlett			شاخص KMO
سطح معنی‌داری	درجه آزادی	کای دو تقریبی	
۰/۰	۵۵	۶۷۸/۲۲۶	۰/۵۵۴

جدول ۱۶. واریانس‌های توضیح داده‌شده برای تصادفات عابرین پیاده

مؤلفه	مقادیر ویژه اولیه		استخراج مجموع مربعات هر بار		چرخش مجموع مربعات هر بار	
	کل	درصد واریانس	کل	درصد تجمعی	کل	درصد تجمعی
۱	۲/۰۸۳	۱۸/۹۳۷	۲/۰۸۳	۱۸/۹۳۷	۱/۹۲۶	۱۷/۵۰۵
۲	۱/۴۸۳	۱۳/۴۸۳	۱/۴۸۳	۱۳/۴۸۳	۱/۵۹۱	۱۴/۴۶۷
۳	۱/۱۸۴	۱۰/۷۶۱	۱/۱۸۴	۱۰/۷۶۱	۱/۱۶۷	۱۰/۶۱۳
۴	۱/۱۶۵	۱۰/۵۸۷	۱/۱۶۵	۱۰/۵۸۷	۱/۱۵۴	۱۰/۴۸۷
۵	۱/۰۴۲	۹/۴۷۵	۱/۰۴۲	۹/۴۷۵	۱/۱۱۹	۱۰/۱۷۱
۶	۰/۹۴۷	۸/۶۰۷				
۷	۰/۸۹۳	۸/۱۲۱				
۸	۰/۸۰۰	۷/۲۶۸				
۹	۰/۷۲۳	۶/۵۷۳				
۱۰	۰/۴۰۵	۳/۶۸۰				
۱۱	۰/۲۷۶	۰/۵۰۸				

جدول ۱۷. ماتریس اجزا برای تصادفات عابرین پیاده

مؤلفه‌ها					متغیرها
۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۱۱۸	۰/۱۰۷	-۰/۰۳۱	۰/۸۱۲	۰/۳۴۵	زمان تصادف
۰/۱۸۵	۰/۲۲۹	-۰/۰۵۶	-۰/۱۲۷	-۰/۰۱۰	روز تصادف
-۰/۲۵۹	۰/۲۱۰	۰/۰۲۲	-۰/۳۴۱	۰/۴۸۴	فصل تصادف
-۰/۰۳۲	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱	-۰/۲۹۵	۰/۸۱۵	شرایط سطح راه
۰/۵۳۲	۰/۵۰۵	-۰/۰۲۵	-۰/۰۷۷	۰/۰۲۴	هندسه معبر
۰/۰۷۳	۰/۰۸۱	۰/۰۴۲	۰/۶۶۷	۰/۵۴۶	شرایط روشنایی
۰/۲۵۵	-۰/۰۷۰۳	-۰/۲۹۱	-۰/۰۴۷	۰/۰۹۶	نوع وسیله نقلیه
۰/۶۶۵	-۰/۳۶۰	۰/۳۳۲	-۰/۱۴۱	۰/۱۴۲	سن عابر پیاده
-۰/۲۳۸	-۰/۱۹۳	۰/۶۵۷	۰/۰۸۷	۰/۰۵۶	جنسیت عابر پیاده
-۰/۰۰۶	-۰/۰۴۱	-۰/۰۳۲	-۰/۲۹۴	۰/۸۴۴	وضع آب و هوا
۰/۲۷۲	۰/۳۶۱	۰/۴۸۹	-۰/۱۹۶	-۰/۱۵۱	علت تامه

عامل دوم قرار می‌گیرند. جنسیت عابرین پیاده و روز تصادف تحت عامل سوم، علت تامه و هندسه معبر تحت عامل چهارم و سن عابر پیاده و نوع وسیله نقلیه تحت عامل پنجم در تصادفات روستایی گیلان قرار می‌گیرند. مقادیر عددی در جدول ۱۸ میزان همبستگی متغیر موردنظر با عامل‌های موردنظر می‌باشد.

با توجه به انجام تحلیل عاملی روی ۱۱ متغیر مؤثر بر تصادفات معابر روستایی گیلان، ۵ عامل به‌عنوان عامل‌های اصلی شناسایی شد. تحلیل عاملی نشان می‌دهد که متغیرهای وضع آب و هوا، شرایط سطح راه و فصل تصادف تحت تأثیر عامل اول قرار می‌گیرند. متغیرهای زمان تصادف و شرایط روشنایی تحت تأثیر

جدول ۱۸. ماتریس چرخیده اجزا برای تصادفات عابرین پیاده

مؤلفه‌ها					متغیرها
۵	۴	۳	۲	۱	
-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۵	-۰/۰۰۱	۰/۸۹۲	-۰/۰۷۲	زمان تصادف
-۰/۰۵۱	۰/۰۰۲	۰/۶۴۱	-۰/۰۴۶	۰/۰۳۵	روز تصادف
-۰/۲۱۱	۰/۰۴۴	-۰/۰۱۷	-۰/۰۸۶	۰/۶۳۸	فصل تصادف
۰/۱۱۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۰/۱۱۸	۰/۸۵۳	شرایط سطح راه
۰/۱۰۳	۰/۶۱۴	۰/۳۸۳	۰/۱۰۱	۰/۰۲۵	هندسه معبر
۰/۰۱۰	-۰/۰۳۴	-۰/۰۷۶	۰/۸۴۸	۰/۱۷۴	شرایط روشنایی
۰/۶۱۱	-۰/۵۱۲	۰/۱۳۲	-۰/۰۴۸	-۰/۰۱۳	نوع وسیله نقلیه
۰/۸۰۱	۰/۲۴۲	-۰/۱۴۱	-۰/۰۰۲	۰/۰۵۰	سن عابر پیاده
-۰/۰۱۲	-۰/۰۴۷	۰/۷۲۹	۰/۰۲۷	۰/۰۳۶	جنسیت عابر پیاده
۰/۱۷۵	-۰/۰۷۳	۰/۰۳۳	۰/۱۲۷	۰/۸۶۵	وضع آب و هوا
۰/۰۴۲	۰/۶۶۶	-۰/۱۸۵	-۰/۱۵۰	۰/۰۴۱	علت تامه

۴-۴- ساخت مدل لجیت تصادفات عابرین پیاده در

معابر روستایی گیلان

جهت مدل‌سازی لجیت شدت تصادفات، ۱۱ متغیر مستقل و ۱ متغیر وابسته تعریف شد که جهت استفاده آن‌ها در نرم‌افزار SPSS، آن‌ها به صورت متغیرهای اسمی (۰،۱) درآورده شدند. متغیر وابسته یا همان شدت تصادفات به دو صورت تصادفات جرحی و فوتی بودند. متغیرهای مستقل شامل نوع وسیله نقلیه، علت تامه، سن عابر، جنسیت عابر، زمان تصادف، شرایط سطح راه و غیره می‌باشند. جهت وارد کردن متغیرها در معادله لجیت نرم‌افزار SPSS از سه روش داخل شدن، پس‌رو و پیش‌رو استفاده می‌شود. در روش وارد شدن از آنجاکه متغیرها همه به‌طور هم‌زمان وارد معادله می‌شوند، مدل امکان پردازش مناسب داده‌ها و انتخاب مهم‌ترین متغیرها را ندارد و بنابراین نمی‌تواند یک روش مناسب باشد. لازم به توضیح است که در روش‌های پس‌رو و پیش‌رو به ترتیب خروج و یا ورود متغیرهایی صورت می‌گیرد که با خروج و یا ورود متغیر، کمترین تغییر در مقدار R^2 معادله ایجاد شود، همچنین خروج و ورود متغیر باعث بهبود یا به عبارتی افزایش شود. انتخاب روش این امکان را می‌دهد که چگونگی ورود متغیرهای مستقل جهت آنالیز انتخاب شود. با استفاده از روش‌های متفاوت می‌توان معادلات رگرسیون مختلف با اطلاعات مشابه ساخت و در نهایت بهترین معادله را انتخاب کرد.

۴-۴-۱- معیارهای ارزیابی روش‌های ساخت مدل

همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد برای ساخت مدل می‌توان از روش‌های پس‌رو و یا پیش‌رو استفاده کرد. حال باید دید خروجی و یا به عبارتی مدل نهایی کدام‌یک از روش‌های فوق، خروجی مناسب‌تری است یا به عبارتی کدام‌یک از روش‌های فوق می‌توانند مدل بهتری جهت تصادفات عابرین پیاده روستایی گیلان ارائه دهند. برای تشخیص این مهم، معیارهای درصد صحیح و خوبی برازش مدل، جهت شناسایی مدل با برازش بهتر در نظر گرفته شده‌اند. معیار خوبی برازش مدل با پارامتر R^2 نشان داده می‌شود. این پارامتر نشان می‌دهد که چه درصدی از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل رگرسیون لجیت تبیین می‌شود. معیار درصد صحیح نیز مشخص می‌کند که چقدر پیش‌بینی مدل درست است. به عبارت دیگر از این دو معیار، در جهت مقایسه بین مدل‌ها و شناسایی مدل بهتر استفاده می‌شود.

بدین صورت که هرچه میزان R^2 به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان از برازش بیشتر مدل و هرچه مقدار درصد صحیح برای مدل بالاتر باشد نشان از قدرت بالاتر مدل جهت پیش‌بینی تصادفات دارد.

جدول ۱۹ خلاصه مدل‌های دو روش پیش‌رو و پس‌رو را که شامل دو معیار درصد صحیح و خوبی برازش مدل می‌باشد را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر بالاتر خوبی برازش و درصد صحیح مدل پیش‌رو نسبت به مدل پس‌رو، روش پیش‌رو جهت ساخت مدل تصادفات عابرین معابر روستایی گیلان مناسب می‌باشد.

جدول ۱۹. خلاصه مدل‌های دو روش پیش‌رو و پس‌رو شدت

تصادفات عابرین پیاده

روش رگرسیون لجستیک	درصد صحیح	خوبی برازش (R^2)
پیش‌رو	۹۵/۵	۰/۳۰۱
پس‌رو	۹۴/۸	۰/۲۳۵

۴-۴-۲- بررسی مدل به دست آمده

همان‌طور که در بخش قبل توضیح داده شد، مدل حاصل از روش پیش‌رو به عنوان مدل برتر تصادفات عابرین پیاده معابر روستایی برگزیده شد؛ از این رو در این بخش به معرفی بهتر مدل پرداخته می‌شود. آماره کای دو به منظور تعیین میزان اثرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته و به‌طور کلی برازش کل مدل می‌باشد و قابل مقایسه با آماره F در تحلیل رگرسیون معمولی است. جدول ۲۰ ضرایب مدل روش پیش‌رو را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، کای دو مدل نشان می‌دهد که متغیر یا متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته اثر دارد یا خیر. کای دو مدل در مرحله ۱۷ برابر ۵۱/۲۹۳ بوده که sig آن کمتر از ۵ درصد می‌باشد؛ بنابراین متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تأثیر داشته و نشان‌دهنده برازش مناسبی است.

جدول ۲۰. ضرایب مدل روش پیش‌رو

مرحله نهایی	کای دو	درجه آزادی	معناداری (Sig.)
مرحله ۱۷	۱۰/۴۵۸	۱	۰/۰۰۱
Block	۵۱/۲۹۳	۱۱	۰/۰۰۱
Model	۵۱/۲۹۳	۱۱	۰/۰۰۱

پیش‌بینی شده است و در مجموع ۹۵/۵ درصد از تصادفات به‌درستی پیش‌بینی شده است.

با انتخاب روش پیش‌رو و وارد نمودن تمامی ۱۱ متغیر به همراه زیرمتغیرهای آن در روند مدل‌سازی، طی هفده مرحله مدل‌نهایی حاصل از این روش به دست آمد و در نهایت اثر هر یک از زیرمتغیرهای خروجی مدل لوجیت بر متغیر هدف (شدت تصادفات) اندازه‌گیری شده است. جدول ۲۲ متغیرهای وارد شده در مدل، نتایج آزمون والد و مدل لوجیت نهایی را نشان می‌دهد. آزمون والد معنی‌دار بودن متغیرهای وارد شده در معادله رگرسیون را بررسی می‌کند و قابل‌مقایسه با آماره t در رگرسیون معمولی می‌باشد. با توجه به آماره والد و sig مدل پیش‌رو، تمامی متغیرها به‌جز حرکت با دنده عقب و عدم توجه به جلو در سطح ۵ درصد خطا معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۲۱. طبقه‌بندی دسته‌ها

پیش‌بینی شده		مشاهده شده	
درصد صحیح	شدت تصادفات		شدت تصادفات
	فوتی	جرحی	
۹۹/۶	۲	۴۵۷	جرحی
۲۰,۰	۵	۲۰	فوتی
۹۵/۵			درصد کل

در جدول ۲۱ نتایج پیش‌بینی تصادفات منجر به جرح و فوت عابرین پیاده پیش‌بینی شده است. این جدول نشان می‌دهد که از مجموع ۴۵۹ تصادف جرحی، ۴۵۷ تصادف و از مجموع ۲۵ تصادف فوتی، ۵ تصادف به‌درستی

جدول ۲۲. متغیرهای مدل لوجیت شدت تصادفات عابرین پیاده

متغیرها	میزان تغییر لگاریتم نسبت برابری (β)	انحراف معیار	آماره والد	سطح معنی‌داری	نسبت برتری $\text{Exp}(\beta)$
ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۸:۰۰	-۰/۷۳۳	۰/۲۶۵	۷/۶۵۴	۰/۰۰۶	۰/۴۸۰
روزهای اواسط هفته	۰/۵۴۶	۰/۲۴۲	۵/۰۶۸	۰/۰۲۴	۱/۷۲۶
فصل بهار	۱/۶۰۷	۰/۵۸۵	۷/۵۴۷	۰/۰۰۶	۴/۹۸۹
فصل پاییز	۰/۳۰۵	۰/۲۲۴	۱/۸۵۳	۰/۰۱۳	۱/۳۵۷
تصادفات عابر با وسایل نقلیه سنگین	۰/۸۲۵	۰/۴۵۷	۳/۲۶۵	۰/۰۷۱	۲/۲۸۲
سن ۱۸ تا ۳۰	۱/۰۳۹	۰/۳۹۱	۷/۰۶۴	۰/۰۰۸	۲/۸۲۷
سن ۳۰ تا ۴۵	۰/۵۱۱	۰/۲۳۴	۴/۷۷۹	۰/۰۲۹	۱/۶۶۷
سن ۴۵ تا ۶۰	۰/۴۶۵	۰/۱۹۰	۵/۹۹۳	۰/۰۱۴	۱/۵۹۲
عابرین پیاده زن	۱/۴۶۰	۰/۸۱۳	۳/۲۲۲	۰/۰۲۳	۴/۳۰۴
مقدار ثابت	-۲/۹۶۲	۰/۹۵۲	۹/۶۸۷	۰/۰۰۲	۰/۰۵۲

۵- نتیجه‌گیری

پس از شناسایی عوامل مؤثر می‌توان از آن‌ها جهت ساخت مدل استفاده کرد. مدل‌های مختلفی جهت تحلیل عوامل مؤثر در تصادفات وجود دارد که هر یک هدف خاصی را برآورده می‌سازد. از جمله این مدل‌ها می‌توان به مدل‌های بیان‌کننده شدت، مدل‌های بیان‌کننده احتمال وقوع و مدل‌های تعداد تصادفات اشاره کرد که جهت ساخت هر یک از آن‌ها به نوع خاصی از اطلاعات نیاز است. همچنین جهت ارزیابی آن‌ها روش‌ها و پارامترهای خاصی باید اندازه‌گیری شود. از جمله مدل‌های

ضرایب مثبت متغیرهای مستقل جدول ۲۲ بیانگر رابطه مثبت آن‌ها با شدت تصادفات است. بدین مفهوم که به ازای یک واحد تغییر در متغیرهای مستقل روزهای اواسط هفته، فصل بهار، فصل پاییز، تصادفات عابر با وسایل نقلیه سنگین، سن ۱۸ تا ۳۰، سن ۳۰ تا ۴۵، سن ۴۵ تا ۶۰ و عابرین پیاده زن سبب افزایش احتمال رخداد تصادفات و بالعکس متغیر با ضریب منفی ساعت تصادف ۱۲ تا ۱۸ سبب کاهش احتمال رخداد تصادفات منجر به جرح و فوت می‌شود.

در این مدل متغیر ساعت تصادف ۱۲ تا ۱۸ احتمال وقوع تصادف عابر پیاده را کاهش داد.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Kolmogorov-Smirnov Test
2. Friedman Test
3. Factor Analysis
4. Exploratory Factor Analysis
5. Wald Test

۷- مراجع

-احمدی نژاد، محمود، شاهی، جلیل و شیخ الاسلامی، علیرضا (۱۳۸۵). مدل‌سازی شدت تصادفات موتورسیکلت در شهر تهران، پژوهشنامه حمل و نقل، دوره ۳، شماره ۱، ۲۶-۱۳.

-مرکز آمار ایران، (۱۳۹۵). نتایج رسمی سرشماری نفوس و مسکن ایران.

-سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان، معاونت آمار و اطلاعات، (۱۳۹۹).

-Abdi, A., Nassimi, O., Salehfard, R., and Moghaddam, V. N., (2019). Analysing the Influence of Encroachment Angle and Median Parameters on Safety of Rural Highways Using Vehicle Dynamics Performance. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 471, No. 6, 062043. IOP Publishing.

-Abdous, H., and Mahmoudabadi, A., (2018). PW 0581 Burden of road traffic injuries on rural residents, a case-study for iran.

-Abolfazlzadeh, M., and Gol, B. E., (2017). Statistical Analysis of the Railway Accidents Causes in Iran. *International Journal of Engineering*, 30(12), 1822-1830.

-Banister, D., and Berechman, J., (2000). Transport investment and economic development. *Psychology Press*.

-Bargegol, I., Gilani, V. N. M., and Farghedayn, S., (2014). Analysis of the effect of vehicles conflict on pedestrian's crossing speed in signalized and un-signalized intersection. *Advances in Environmental Biology*, 502-510.

معمول در زمینه تصادفات مدل لوجیت است. از آنجاکه روش پرداخت این‌گونه مدل‌ها بر ماکزیمم درست‌نمایی استوار است، پارامترهایی که جهت ارزیابی آن‌ها در نظر گرفته می‌شود بر همین اصل استوار است. از جمله این پارامترها می‌توان به لگاریتم درست‌نمایی، درصد صحیح و خوبی برازش مدل اشاره کرد. در ادامه به نتایج ساخت مدل لوجیت و دیگر نتایج گرفته‌شده از تحلیل اطلاعات تصادفات راه‌های روستایی استان گیلان پرداخته می‌شود:

-نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان داد که آزمون معنی‌دار بود؛ در نتیجه پارامترها از توزیع نرمال برخوردار نبودند؛ بنابراین از آزمون‌های ناپارامتریک باید برای استنباط بهره گرفته شد.

-با توجه به رتبه‌بندی به‌دست‌آمده از آزمون فریدمن می‌توان نتیجه گرفت که سه متغیر علت‌تامة، شرایط سطح راه و هندسه معبر به ترتیب مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تصادفات عابرین پیاده در معابر روستایی گیلان بودند.

-با توجه به انجام تحلیل عاملی روی ۱۱ متغیر مؤثر بر تصادفات عابرین معابر روستایی گیلان، ۵ عامل به‌عنوان عامل‌های اصلی شناسایی شد. تحلیل عاملی نشان داد که متغیرهای وضع آب‌وهوا، شرایط سطح راه و فصل تصادف تحت عامل اول مؤثر در شدت تصادفات قرار گرفتند. این نشان می‌دهد که این سه متغیر، مؤثرترین عواملی هستند که تصادفات عابرین پیاده را به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار می‌داند. به همین ترتیب متغیرهای زمان تصادف و شرایط روشنایی تحت تأثیر عامل دوم، روز تصادف و جنسیت عابر پیاده تحت عامل سوم، هندسه معبر و علت‌تامة تحت عامل چهارم و سن عابر پیاده و نوع وسیله نقلیه تحت عامل پنجم مؤثر در تصادفات روستایی گیلان قرار گرفتند. بر اساس نتایج تحلیل، مؤثرترین عامل در کاهش بروز تصادفات جنسیت عابر پیاده بود.

-با توجه به نتایج مدل‌سازی لوجیت با روش‌های پس‌رو و پیش‌رو، مدل به‌دست‌آمده از روش پیش‌رو با دقت ۹۵/۵ درصد، بهترین روش برای ساخت مدل تصادفات عابرین پیاده در معابر روستایی استان گیلان بود. در این مدل متغیرهای روزهای اواسط هفته، فصل‌های بهار و پاییز، تصادفات عابر با وسایل نقلیه سنگین، سن ۱۸ تا ۳۰، سن ۳۰ تا ۴۵، سن ۴۵ تا ۶۰ و عابرین پیاده زن سبب افزایش احتمال رخداد تصادفات شدند. همچنین

- Kashani, A. T., and Besharati, M. M., (2017), Fatality rate of pedestrians and fatal crash involvement rate of drivers in pedestrian crashes: a case study of Iran. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 24(2), 222-231.
- Marshall, W. E., and Ferenchak, N. N., (2017). Assessing equity and urban/rural road safety disparities in the US. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 10(4), 422-441.
- Nahm, F. S., (2016). Nonparametric statistical tests for the continuous data: the basic concept and the practical use. *Korean Journal of Anesthesiology*, 69(1), 8.
- Ruxton, G. D., Wilkinson, D. M., and Neuhäuser, M., (2015). Advice on testing the null hypothesis that a sample is drawn from a normal distribution. *Animal Behaviour*, 107, 249-252.
- Thrane, C., (2016). Norwegian students' package trip propensity in 2007 and 2014—A logistic regression analysis. *Tourism Economics*, 22(5), 1141-1150.
- World Health Organization, (2018). Global status report on road safety 2018.
- Young, R. K., and Liesman, J., (2007). Estimating the relationship between measured wind speed and overturning truck crashes using a binary logit model. *Accident Analysis & Prevention*, 39(3), 574-580.
- Bargegol, I., Gilani, V. N. M., Ghasedi, M., and Ghorbanzadeh, M., (2016). Delay Modeling of Un-signalized Roundabouts Using Neural Network and Regression. *Computational Research Progress in Applied Science & Engineering (CRPASE)*, 2(1).
- Behbahani, H., Gilani, V. N. M., Samet, M. J., and Salehfard, R., (2017). Analysis of Crossing Speed of the Pedestrians in Marked and Unmarked Crosswalks in the Signalized and Un-Signalized Intersections (Case Study: Rasht city). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 245, No. 4, 042014, IOP Publishing.
- Besharati, M. M., and Tavakoli Kashani, A., (2018). Which set of factors contribute to increase the likelihood of pedestrian fatality in road crashes?. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 25(3), 247-256.
- Chen, Z., and Fan, W., (2019). Modeling pedestrian injury severity in pedestrian-vehicle crashes in rural and urban areas: mixed logit model approach. *Transportation Research Record*, 2673(4), 1023-1034.
- Eisinga, R., Heskes, T., Pelzer, B., and Te Grotenhuis, M., (2017). Exact p-values for pairwise comparison of Friedman rank sums, with application to comparing classifiers. *BMC Bioinformatics*, 18(1), 68.
- Jamshidpour, F., and Gol, B. E., (2017). Relationship between Pedestrians' Speed, Density and Flow Rate of Crossings through Urban Intersections (Case Study: Rasht Metropolis)(RESEARCH NOTE). *International Journal of Engineering*, 30(12), 1814-1821.

Statistical Analysis and Presentation of Accident Prediction Model Leading to Injuries and Deaths of Pedestrians in Rural Roads of Gilan

Neda Kamboozia, Associate Professor, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

Mahmmoud Ameri, Professor, Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

Seyed Mohsen Hossianian, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran.

E-mail: nkamboozia@iust.ac.ir

Received: September 2025- Accepted: February 2026

ABSTRACT

The high number of fatalities on rural road accidents is recognized as one of the biggest safety concerns in developing countries. Modeling the severity of pedestrian accidents according to the effective parameters provides the possibility of predicting the occurrence or non-occurrence of accidents. In addition, this model can be used to examine the impact of each factor on the severity of pedestrian accidents. Therefore, it is possible to identify the factors affecting pedestrian accidents that lead to a decrease in the frequency and severity of accidents. The purpose of this study is to create statistical models to predict the severity of pedestrian accidents on rural areas of Gilan. Therefore, in this study, by collecting information of pedestrian accidents on rural roads in 12 months of 1393 to 1397 in Gilan and using statistical analyses such as Friedman test, factor analysis and Logit model, the probability of occurrence of each category of accidents is calculated. The results of accident modeling and analysis by different methods showed that each of the analysis methods according to their function, examined the severity of accidents from different perspectives and had different results. Therefore, by combining the obtained output results, the best measures can be proposed to increase the safety of rural roads in Gilan.

Keywords: Safety, Rural Accidents, Severity of Accidents, Pedestrians, Modeling