فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۳، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۱۵۰۹-۱۴۸۹
مقاله علمی-پژوهشی

اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تصادفات راه‌های روستایی استان گیلان مبتنی بر تحلیل عاملی اکتشافی و مدل رگرسیون لجستیک

سید محسن حسینیان، کارشناس ارشد، گروه مهندسی راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ایران
ندا کامبوزیا (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه مهندسی راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ایران
E-mail: nkamboozia@iust.ac.ir
محمود عامری، استاد، گروه مهندسی راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ایران

دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۳ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

چکیده

امروزه درک عوامل مؤثر در تصادفات خصوصاً در راه‌های روستایی امری ضروری است. در این مطالعه به‌منظور تعیین مؤثرترین عامل بروز تصادفات، تحلیل و مدل‌سازی عوامل مؤثر در راه‌های روستایی استان گیلان در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ انجام شده است. ابتدا از تحلیل فراوانی برای ارزیابی متغیرها و فراوانی آن‌ها استفاده شد. سپس از آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی عوامل و از تحلیل عاملی اکتشافی برای تعیین مؤثرترین عامل در بروز تصادفات وسایل نقلیه استفاده شد. درنهایت برای پیش‌بینی احتمال وقوع تصادفات از مدل رگرسیون لجستیک چندگانه استفاده شد. بر اساس نتایج آزمون فریدمن، وضع آب‌وهوا، شرایط سطح راه و نوع تصادف وسیله نقلیه به ترتیب عامل‌های اول تا سوم مؤثر در تصادفات شناسایی شدند. تحلیل عاملی اکتشافی نشان داد که پنج عامل به‌عنوان اصلی‌ترین عوامل در تصادفات نقش دارند که متغیرهای وضع آب‌وهوا و شرایط سطح راه تحت عنوان عامل محیطی به‌عنوان اولین عامل مؤثر در تصادفات شناخته شدند. هم‌چنین مدل رگرسیون لجستیک چندگانه با داشتن دقت بیشتر در پیش‌بینی شدت تصادفات (۸۴/۷ درصد) نشان داد که هوای ابری، سطح راه خشک و سطح راه خیس به ترتیب بیشترین تأثیر را در رخداد تصادفات داشتند. نتایج مربوط به تحلیل حساسیت تصادفات نیز نشان داده است که رگرسیون لجستیک (با مساحت زیر نمودار ۰/۹۳۲) نسبت به تحلیل عاملی (با مساحت زیر نمودار ۰/۸۴۹) دقت بسیار بالاتری داشته که این قدرت بالای این مدل را در پیش‌بینی و ارزیابی شدت تصادفات نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آزمون فریدمن، ایمنی، تحلیل عاملی اکتشافی، تصادفات روستایی، مدل رگرسیون لجستیک

۱. مقدمه

افزایش حمل‌ونقل جاده‌ای، آسیب‌های ناشی از تصادفات را به‌طور چشمگیری افزایش داده است. با رشد سریع اقتصاد، حمل‌ونقل جاده‌های برون‌شهری نقش مهمی در سامانه جامع حمل‌ونقل کشور به عهده گرفته است؛ بنابراین لزوم برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات مخرب و سنجش اثربخشی فعالیت‌های انجام‌شده قبلی دوچندان خواهد شد. سنجش و برنامه‌ریزی بدون جمع‌آوری اطلاعات و پیش‌بینی وضعیت آینده مسیر نمی‌باشد. جهت مدیریت بهینه و کاهش تصادفات در راه‌های برون‌شهری لازم است که متولیان ایمنی راه، اطلاعات جامعی را از عوامل تأثیرگذار بر تصادفات این معابر در اختیار داشته باشند [Zimmerman et al. 2015].

طبق آمار و اطلاعات منتشرشده در ایران، تعداد مرگ‌ومیرهای ناشی از تصادفات رانندگی، ۱۵۹۳۲ نفر در سال ۱۳۹۵ بوده است. همچنین در این مدت میزان تخمین مرگ‌ومیر ناشی از ترافیک جاده‌ای در ایران ۲۰/۵ نفر در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر بوده است [World Health Organization, 2018] . این آمار نشان از تعداد بالای تصادفات در جاده‌ها و معابر شهری و روستایی کشور دارد که هزینه‌های سنگینی به دولت‌ها وارد می‌کند.

وضعیت نامناسب ترافیک در شرایط کنونی جامعه، روند رو به افزایش داشته و اثرات زیان‌بخش آن بر جان و مال مردم به‌وضوح دیده می‌شود. هدر رفتن روزانه میلیون‌ها ساعت از وقت و عمر مردم در تراکم‌های ترافیکی، آلودگی شهرها، هدر رفتن امکانات خدماتی جامعه و سرمایه‌های ملی و درنهایت وقوع تصادفات از پیامدهای یک ترافیک نابسامان است؛ بنابراین طیف گسترده‌ای از مسائل و چالش‌های حمل‌ونقل نیاز به برنامه‌ریزی و در نظر گرفتن رویکردهای عملی برای کاهش تراکم ترافیک و ایجاد ترافیک روان دارد. در این مطالعه با جمع‌آوری آمار و اطلاعات تصادفات وسایل نقلیه در راه‌های روستایی گیلان طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷، متغیرهای تأثیرگذار بر شدت تصادفات وسایل نقلیه بررسی و پیش-بینی شدند و درنهایت با ارائه راهکارهای ایمنی، سعی شد با هدف افزایش ایمنی و کاهش وقوع تصادفات در راه‌های روستایی درنتیجه‌ی عوامل مؤثر، اقدامات پیشنهادی برای کاهش رخداد عوامل مهم و مؤثر در این نوع تصادفات در راه‌های روستایی صورت گیرد؛ بنابراین اهداف این مطالعه عبارت‌اند از:

- ارائه درصدهای فراوانی متغیرهای مؤثر در تصادفات جهت ایجاد درک بهتر از تصادفات ترافیکی راه‌های روستایی،
- ارائه آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر،
- ارائه تحلیل عاملی اکتشافی برای تعیین مؤثرترین عوامل در بروز تصادفات،
- ارائه مدل رگرسیون لجستیک چندگانه برای پیش‌بینی شدت تصادفات وسایل نقلیه در این راه‌ها،
- ارائه راهکارهای ایمنی متناسب با نتایج.

۲. پیشینه تحقیق

مطالعات مختلفی در مورد شناسایی و مدل‌سازی عوامل مؤثر در وقوع تصادفات انجام شده اند. بسیاری از این مطالعات جهت تعیین عوامل مؤثر در شدت تصادفات انجام شده و تکنیک‌های مختلفی برای بررسی تأثیر این عوامل استفاده گردیده اند. در این بین، مدل‌های رگرسیون، متداول‌ترین روش‌ها برای تحلیل شدت تصادفات بوده اند. همچون کاربرد رگرسیون لجستیک چندگانه [Kamboozia, Ameri and Hosseinian, 2020a] و [Casado-Sanz, Guirao and Gálvez-Pérez, 2019] و [Intini et al. 2018] و [Sherafati et al. 2017] و کاربرد پروبیت ترتیبی [Garrido et al. 2014] و [Kwigizile, Sando and Chimba, 2011].

همچنین میتوان به استفاده از روش لوجیت ترتیبی توسط پژوهشگران در مقالاتی همچون [Barua and Tay, 2010] و

[Yasmin, Eluru and Ukkusuri, 2014] و [Ye and Lord, 2014] و نیز کاربرد لوجیت ترکیبی [Haleem, Alluri and Gan, 2015] اشاره نمود. محققین مطالعه‌ای در راه‌های روستایی کوئینزلند استرالیا انجام دادند و تصادفات منجر به فوت و غیر فوت را ازنظر عوامل محیطی و وسایل نقلیه با استفاده از رگرسیون لجستیک چندگانه مقایسه کردند. نتایج نشان داد که تصادفات منجر به فوت احتمال بیشتری داشت که در اثر سرعت، الکل و تخلف از قوانین جاده‌ای رخ دهد [Siskind et al. 2011]. گروهی از محققین، تصادفات جاده‌ای منجر به فوت را بعد از دریافت خدمات اورژانس در معابر روستایی و شهری با استفاده از رگرسیون لجستیک چندگانه در لنگرود، شمال ایران، موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تصادفات مردان، موتورسواران و عابران پیاده رابطه مثبت و قابل‌توجهی با تصادفات منجر به فوت و در فصل پاییز داشت و سپس زمستان و تابستان بیشترین تأثیر را در کاهش وقوع تصادفات داشت [Sherafati et al. 2017]. پژوهشگران، عوامل مؤثر در شدت تصادفات راه‌های روستایی نوادا را با استفاده از رگرسیون لجستیک باینری مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیقشان نشان داد که سرعت اصلی‌ترین عامل مرتبط با تصادفات جرحی بود. همچنین احتمال رخداد تصادفات در شب بیشتر از سایر زمان‌ها بود. از طرف دیگر موتورسواران به‌طور قابل‌توجهی بیشتر در معرض تصادفات جرحی بودند [Shrestha and Shrestha, 2017]. مطالعه‌ای برای کشف روابط بین آشنایی/ ناآشنایی با راه و تصادفات با استفاده از رگرسیون لجستیک چندگانه انجام شد. نتایج نشان داد، متغیرهای پاییز/زمستان، تقاطعات کوچک/راه‌های ماشین‌رو و محدودیت سرعت کمتر از ۸۰ کیلومتر بر ساعت شانس بیشتری در وقوع تصادفات برای رانندگان آشنا داشتند؛ اما متغیرهای تابستان، برخوردهای جلو به جلو/پشت-بغل، وسایل نقلیه سنگین و رانندگان جوان شانس بیشتری در تصادفات برای رانندگان ناآشنا داشتند [Intini et al. 2018].

در پژوهشی دیگر، تأثیر سن بر شدت تصادفات با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک بررسی شد. نتایج نشان داد موتورسواران و رانندگان زن تأثیر منفی در احتمال تصادفات داشتند [Casado-Sanz, Guirao and Gálvez-Pérez, 2019].

در این پژوهش با بررسی مقالات مختلف مربوط به تحلیل تصادفات روستایی، مشخص شد که هریک از روش‌های تحلیل تصادفات بسته به عملکردشان شدت تصادفات را از دیدگاه‌های مختلف بررسی کرده و نتایج متفاوتی دارند. در نتیجه، با کنار هم قرار دادن نتایج خروجی، می‌توان بهترین اقدامات را برای افزایش ایمنی در جاده‌های روستایی و کاهش تصادفات در آن پیشنهاد داد. تحلیل و مدل‌سازی شدت تصادفات برحسب پارامترهای مؤثر در آن امکان پیش‌بینی وقوع یا عدم وقوع تصادفات نیازمند تجهیزات امدادرسانی را فراهم می‌کند. علاوه بر آن می‌توان به بررسی میزان تأثیر هر عامل در شدت بخشیدن به تصادفات پرداخت. چنین شناختی منتهی به امکان‌پذیر شدن تدوین برنامه‌های ایمن‌سازی تردد مهندسین ترافیک خواهد شد و همچنین آن‌ها می‌توانند درک بهتری از فاکتورهایی که تأثیر مثبت یا منفی در شدت تصادفات دارند، داشته باشند. 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.

۳. مبانی نظری تحقیق

ایجاد تغییر در شرایط شبکه معابر بین‌شهری به‌منظور انجام آزمایش‌های واقعی که منجر به شناخت عوامل مؤثر بر شدت تصادفات شود، امری محال است. دلیل اصلی غیرممکن بودن انجام چنین آزمایش‌هایی علاوه بر هزینه بسیار زیاد آن، نظم ناپایدار تردد

در شبکه معابر شهری و برون‌شهری است که تغییرات ناچیز در وضعیت آن موجب بی‌نظمی می‌شود و در بسیاری موارد وضعیت تردد در محل را تا ساعت‌ها مختل میکند. [Ahmadi Nejad, Shahi and Sheikholeslami, 2006].

با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده پایگاه اطلاعاتی تصادفات راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی استان گیلان به‌عنوان منابع مناسب اطلاعاتی مرتبط شناسایی و اطلاعات آن گردآوری و پردازش شده است. این اطلاعات تصادفات ابتدا بر مبنای فرم کام-۱۱٤ ثبت می‌شود و سپس این اطلاعات وارد سیستم رایانه‌ای مرکز آمار راهنمایی و رانندگی استان می‌شود.

٤. روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا به بررسی منطقه موردمطالعه پرداخته شد. سپس داده‌های تصادفات و فراوانی آن‌ها مختصراً ارائه شد. در ادامه آزمون فریدمن جهت تعیین اولویت‌بندی عوامل، تحلیل عاملی اکتشافی جهت تعیین مؤثرترین عامل در بروز تصادفات و مدل رگرسیون لجستیک چندگانه برای پیش‌بینی احتمال وقوع تصادفات وسایل نقلیه به کار گرفته شد. درنهایت با توجه به نتایج، راهکارهای ایمنی پیشنهاد شده است.

٤-١ منطقه موردمطالعه

مطالعه حاضر در استان گیلان انجام شده و راه‌های روستایی این استان مورد بررسی قرار گرفته است. این استان از شمال با دریای خزر و آذربایجان، از غرب با استان اردبیل، از جنوب با استان زنجان و قزوین و از شرق با استان مازندران محدود شده است. گیلان دارای مساحت ۱٤,۰٤۲ کیلومتر مربع است و جمعیت آن طبق سرشماری رسمی در سال ۱۳۹۵، ۲,۵۳۰,٦۹٦ نفر می‌باشد. گیلان دهمین استان پرجمعیت کشور است و تراکم آن ۱۷۷ نفر در هر متر مربع اعلام شده است. این استان از ۱٦ شهر و ۲٦۱۵ روستا تشکیل شده است [Iran Statistical Center, 2016]. همچنین این استان ۹۲٤۸ کیلومتر راه روستایی در اختیار دارد که از این میزان حدود ۵۲۵۰ کیلومتر آن آسفالت است [Management and Planning Organization, 2020]. 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 و راه های دو خطه دارای عرض استاندارد مطابق آیین نامه طرح هندسی راه‌های ایران می‌باشند. از طرف دیگر، این استان یکی از زیباترین مناطق توریستی شمال ایران بوده و سفرهای کاری و تفریحی زیادی به این ناحیه انجام می‌شود. در نتیجه این سفرها، تصادفات جاده‌ای را خواهیم داشت؛ بنابراین با توجه به تعداد زیاد روستاهای این استان، بررسی سوانح آن بسیار مهم است. در گیلان به دلیل شرایط طبیعی و جغرافیایی و به طبع، تنوع فرآورده‌های کشاورزی، مسئله راه های مناسب روستایی به منظور حمل و نقل هرچه سریعتر، آسانتر و در عین حال ارزانتر فرآورده‌ها به بازار مصرف، یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های ذهنی مدیران است، به طوریکه طی سال های اخیر بهسازی و آسفالت راه های روستایی استان، رشد قابل ملاحظه‌ای داشته و از سطح میانگین کشوری نیز فراتر رفته است. با این حال خصوصیات فنی بارز این راهها، شامل دسترسی های زیاد، عرض کم سواره رو، فقدان شانه با عرض مناسب، عدم محدودیت در عبور حیوانات اهلی از عرض راه، عبور و مرور ماشین آلات کشاورزی و باغداری، عدم روشنایی کافی، مرطوب بودن سطح راه در بسیاری از مواقع سال و کیفیت نامناسب روسازی به دلیل تأثیر مخرب عوامل جوی است.

٤-٢ داده‌ها

در این پژوهش از ۲٦۰۲ مورد تصادفات رانندگی منجر به فوت، جراحت و خسارت در راه‌های روستایی ثبت‌شده در پلیس‌راه استان گیلان از ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ استفاده شده است. داده‌ها شامل شدت

تصادف، زمان تصادف، روز تصادف، فصل تصادف، شرایط سطح راه، شرایط روشنایی، نوع تصادف وسیله نقلیه، سن راننده، جنسیت راننده، وضع آب‌وهوا و علت تصادف است. لازم به ذکر است، اطلاعات حجم ترافیک محورهای مورد مطالعه در راه های روستایی مورد بررسی در طی سال های مذکور در دسترس نیست و لذا در تحقیق حاضر، تحلیل داده های تصادفات بدون لحاظ متغیر حجم ترافیک و تنها با استفاده از اطلاعات مستخرج از فرم های کام ۱۱٤ پلیس راه انجام شده است. متغیر هدف (وابسته) در این مطالعه سطوح مختلف شدت تصادفات است که در ابتدا به سه دسته جرحی، فوتی و خسارتی تقسیم شد. مشابه پژوهشی که در سال ۲۰۲۰ انجام شد، از آنجا که تصادفات فوتی نسبت به سایر تصادفات سهم کمتری دارد، بنابراین تصادفات فوتی با تصادفات جرحی ترکیب شده و متغیر هدف به دو دسته تصادفات جرحی- فوتی و خسارتی تقسیم‌بندی می‌شود [Kamboozia, Ameri and Hosseinian, 2020a]. جدول (۱) متغیرهای مستقل و وابسته و میزان مشارکت آن‌ها در وقوع تصادفات را شرح می‌دهد. در جدول (۲) نمونه‌ای از دیتای بکار رفته در این پژوهش با توجه به کدگذاری‌های ارائه شده در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. توصیف متغیرها

متغیرها	مشخصات	درصد فراوانی (٪)	کد
شدت تصادف	خسارتی	۱۵/۷٦	۱
	جرحی-فوتی	۸٤/۲٤	۲
زمان تصادف	۰۰:۰۰ تا ۰٦:۰۰	٤/۹۲	۱
	۰٦:۰۰ تا ۱۲:۰۰	۲۱/۸۷	۲
	۱۲:۰۰ تا ۱۸:۰۰	٤۳/٦۹	۳
	۱۸:۰۰ تا ۲٤:۰۰	۲۹/۵۲	٤
روز تصادف	شروع هفته	۲۵/۷۸	۱
	وسط هفته	٤۰/۵۵	۲
	آخر هفته	۳۳/٦۷	۳
فصل تصادف	بهار	۲۸/۷۱	۱
	تابستان	۳۰/۱۷	۲
	پاییز	۲۰/٤۱	۳
	زمستان	۲۰/۷۱	٤
شرایط سطح راه	خشک	۸۷/۳۲	۱
	خیس	۱۲/٤۵	۲
	برفی	۰/۲۳	۳
شرایط روشنایی	روز	۷۱/۰۲	۱
	شب	۲۷/۸۲	۲

متغیرها	مشخصات	درصد فراوانی (٪)	کد
	طلوع/غروب	۱/۱٦	۳
نوع تصادف وسیله نقلیه	سواری–سواری	۲٤/۲۱	۱
	سواری–وسیله نقلیه سنگین	۰/٥٤	۲
	سواری–ماشین کشاورزی	۰/۷۷	۳
	سواری–موتور سیکلت/دوچرخه	٤۲/۸٥	٤
	سواری–حیوان	۰/٤۸	٥
	سواری–شیء ثابت	٦/٥۹	٦
	خارج شدن از جاده	۲٤/٥٦	۷
سن راننده	زیر ۱۸	۲/۹۲	۱
	۱۸ تا ۳۰	۳٦/٤	۲
	۳۰ تا ٤٥	۳۸/۲۸	۳
	٤٥ تا ٦۰	۱٦/٤۸	٤
	٦۰ به بالا	٥/۹۲	٥
جنسیت راننده	مرد	۹٥/۳۹	۱
	زن	٤/٦۱	۲
وضع آب‌وهوا	صاف	۷۹/۰٤	۱
	ابری	۱۳/٥۳	۲
	بارانی	٦/۹٦	۳
	برفی	۰/٤۷	٤
علت تصادف	عدم توجه به جلو	۱٤/٤٥	۱
	تجاوز به چپ و راست	۳٤/۷٤	۲
	تجاوز از سرعت مجاز	۰/۷۳	۳
	نقص نکات ایمنی و فنی	۱/٦۹	٤
	چرخش در محل ممنوع	٦/۲٦	٥
	حرکت با دنده‌عقب	۲/۲۳	٦
	عدم رعایت فاصله طولی و عرضی	۲/۳۱	۷
	عدم رعایت حق تقدم	۱۷/۰٦	۸
	عدم توانایی در کنترل	۲۰/۲۲	۹
	رها کردن حیوان	۰/۳۱	۱۰

جدول ۲. بخشی از داده‌های مورد استفاده در تحقیق

شدت تصادف	زمان تصادف	روز تصادف	فصل تصادف	شرایط سطح راه	شرایط روشنایی	نوع تصادف وسیله نقلیه	سن راننده	جنسیت	وضعیت هوا	علت تصادف
۲	۱	۲	٤	۱	۱	٤	۳	۱	۱	۲
۲	٤	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۲	۱	۸
۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۲
۲	۳	۳	۳	۱	۱	۷	٤	۱	۲	٦
۲	۳	۱	۳	۱	۱	٤	٤	۱	۱	۳
۲	۲	۳	۲	۲	۲	٥	۱	۲	۱	۲
۲	٤	۲	٤	۱	۲	٤	۳	۱	۱	۱
۱	۳	۲	۳	۲	۱	۱	۲	۱	۲	۲
۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۳
۲	۱	٤	٤	۱	۲	٤	٤	۱	۱	۱

٤-۳ آزمون کلموگروف-اسمیرنوف[1]

آزمون کلموگروف-اسمیرنوف به‌طورمعمول برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها در تحقیقات استفاده می‌شود [Nahm, 2016]. این آزمون یک آزمون ناپارامتری برای بررسی توزیع مشاهدات است [Rao, Han and Senarathne, 2016]. میزان تقریبی معنی‌داری آزمون پس از انجام آزمون در خروجی مشاهده می‌شود بدین صورت که از مقایسه‌ی آن با α می‌توان آزمون را در سطح معنی‌داری α انجام و نسبت به نرمال بودن توزیع مشاهدات تصمیم‌گیری نمود. با در نظر گرفتن $\alpha = 0/05$ (سطح اطمینان ۹۵ درصد) اگر مقدار آماره p کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر رد خواهد شد. این امر بدین معنی است که توزیع داده‌ها نرمال نیست [Ruxton, Wilkinson and Neuhäuser, 2015]. فرض صفر (H_0) این است که داده‌ها دارای توزیع نرمال است و فرض مخالف (H_1) این است که داده‌ها توزیع نرمال ندارند [Kroll, Croteau and Vogel, 2015]. آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای تطابق توزیع، احتمال‌های تجمعی مقادیر در مجموعه داده‌ها را با احتمال‌های تجمعی همان مقادیر در یک توزیع نظری خاص مقایسه می‌کند.

٤-٤ آزمون فریدمن[2]

آزمون رتبه‌بندی فریدمن به‌طورمعمول برای مقایسه طبقه‌بندی کننده‌ها بر روی چندین مجموعه داده استفاده می‌شود. این یک تکنیک غیر پارامتری با کاربرد گسترده است که می‌تواند نمونه‌های مختلف مرتبط در زیست‌شناسی محاسباتی و حوزه‌های دیگر را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دهد. فرایند ارزیابی فریدمن، تجزیه‌وتحلیل واریانس توسط رتبه‌ها است، درواقع، نمرات رتبه شناسایی‌شده یا نمرات رتبه‌ای را که با ایجاد نتایج عددی یا ترتیبی یافته می‌شود، تجزیه‌وتحلیل می‌کند. این آزمون در مواردی مورداستفاده قرار می‌گیرد که محقق علاقه‌مند به فرضیه‌های توزیعی قوی نباشند. ارزیابی‌های هم‌زمان نیز علاوه بر تقریب معمولی ترتیبی که از طرح کلی کوواریانس برای توزیع مقادیر واریانس‌ها

به‌صورت رتبه‌ای استفاده می‌شود، ارائه می‌شود [Eisinga et al. 2017].

٤-٥ تحلیل عاملی[٣]

یکی از روش‌های آماری برای تجزیه اطلاعات موجود در مجموعه داده‌ها، روش تجزیه عامل‌ها یا تحلیل عاملی است. برای تعیین تأثیرگذارترین متغیرها در زمانی که تعداد متغیرهای موردبررسی زیاد و روابط بین آن‌ها ناشناخته باشد، از روش تحلیل عاملی استفاده می‌شود. عمده‌ترین هدف استفاده از تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌هاست. از تحلیل عاملی اکتشافی[٤] در صورت مشخص نبودن ساختار روابط میان متغیرها استفاده می‌شود. در این تحلیل، داده‌های تجربی برای شناسایی شاخص‌ها و روابط بین آن‌ها بررسی می‌شود و وقتی به کار می‌رود که شواهد کافی قبلی برای تشکیل فرضیه درباره تعداد عامل‌های زیربنایی داده‌ها وجود نداشته باشد [Bandalos and Finney, 2010].

ازآنجایی‌که حجم نمونه عامل تعیین‌کننده‌ای در صحت خوشه‌بندی عناصر با تکنیک تحلیل عاملی است، باید از کافی بودن آن اطمینان حاصل شود. در تحلیل عاملی اکتشافی برای بررسی مناسب بودن تعداد داده‌ها از شاخص کفایت نمونه KMO[٥] و آزمون کروی بودن بارتلت[٦] استفاده می‌شود. مقدار KMO بین صفر تا یک متغیر است و مقادیر کوچک آن نشان می‌دهد که هم‌بستگی‌های موجود برای تحلیل مناسب نیست. هرچه مقدار این آماره به یک نزدیک‌تر باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب‌تر است [Kaiser, 1974]. از خروجی آزمون کروی بودن بارتلت نیز می‌توان برای محاسبه کای دو استفاده کرد.

٤-٦ رگرسیون لجستیک چندگانه[٧]

تحلیل رگرسیون یک روش آماری برای مدل‌سازی رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته است. گاهی دو یا چند متغیر تأثیر عمده‌ای روی متغیر وابسته دارند. در این وضعیت از رگرسیون چندگانه جهت پیش‌بینی متغیر وابسته استفاده می‌شود. اگر متغیر وابسته دوبعدی باشد، رگرسیون لجستیک باینری برای بیان پیش‌بینی استفاده می‌شود. منظور از دووجهی بودن، رخداد یک واقعه تصادفی در دو موقعیت است. مدل رگرسیون لجستیک، یک مدل آماری برای متغیرهای وابسته دوحالتی مانند تصادفات جرحی یا فوتی است و یک مدل خطی تعمیم‌یافته‌ای است که از تابع لوجیت به‌عنوان تابع پیوند استفاده می‌کند. از مدل رگرسیون لجستیک علاوه بر مدل‌سازی مشاهده‌ها، احتمال تعلق هر فرد به هر یک از سطوح متغیر وابسته پیش‌بینی می‌شود. اگر t یک تابع خطی از متغیرهای مستقل باشد، طبق رابطه (١) داریم [Kamboozia, Ameri and Hosseinian, 2020b]:

$$t = \beta_0 + \beta_1 x + ... + \beta_M x_M + \varepsilon \qquad (١)$$

که در آن β بردار ضرایب رگرسیون (ضریب برآورد شده مدل برای متغیر مستقل) و ε خطای غیرقابل‌کنترل است. ورودی‌ها دارای مقادیری بین منفی بی‌نهایت تا مثبت بی‌نهایت هستند؛ درحالی‌که t باید بین ٠ و ١ باشد. تابع لجستیک می‌تواند این مشکل را حل کند که در رابطه (٢) آورده شده است:

$$\sigma(\tau) = \frac{e^t}{e^t + 1} = \frac{1}{1 + e^{-t}} \qquad (٢)$$

درنهایت تابع لجستیک باینری به شکل رابطه (٣) درخواهد آمد که احتمال متغیر مستقل را نشان می‌دهد:

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x + ... + \beta_M x_M)}} \qquad (٣)$$

برای بررسی صحت برازش مدل می‌توان از آماره نیکویی برازش[١٠] پیرسون[١١] (R^2) استفاده کرد. ابتدا معیارهای درصد صحیح و نیکویی برازش مدل تعیین می‌شود. درصد صحیح بیانگر دقت پیش‌بینی مدل و خوبی برازش بیانگر برازش بهتر و سهم مدل در

تبیین واریانس متغیر وابسته است. مقدار ضریب نیکویی برازش بین صفر و یک تغییر می‌کند. هرچه مقدار نیکویی برازش به یک نزدیک‌تر باشد، سهم مدل در تبیین واریانس متغیر وابسته بیشتر و هرچه درصد صحیح بالاتر باشد، صحت پیش‌بینی مدل بیشتر است [Montgomery, Peck and Vining, 2012].

۵. یافته‌های تحقیق

در ابتدا با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، پارامتری یا ناپارامتری بودن داده‌ها برای انتخاب صحیح آزمون‌های آماری مشخص می‌شود. سپس از آزمون فریدمن برای تعیین اولویت عوامل، از تحلیل عاملی اکتشافی برای شناسایی زیر متغیرها و از مدل رگرسیون لجستیک چندگانه برای تعیین تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (شدت تصادفات) استفاده می‌شود. سرانجام، با مقایسه روش‌های مختلف تحلیل و مدل‌سازی، مهم‌ترین عامل افزایش احتمال بروز سوانح برای ارائه راهکارهایی جهت افزایش ایمنی و کاهش تصادفات وسایل نقلیه در جاده‌های روستایی استان گیلان بیان شده است.

۵-۱ نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف

برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها، ابتدا باید از نوع توزیع آماری داده‌ها اطمینان حاصل شود. لذا این آزمون برای بررسی نرمال بودن توزیع استفاده می‌شود. جدول (۳) نتایج این آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

ردیف	متغیرها	حداکثر اختلاف			آماره آزمون	سطح معنی‌داری
		مطلق	مثبت	منفی		
۱	زمان تصادف	۰/۲۴۲	۰/۱۹۴	-۰/۲۴۲	۰/۲۴۲	۰/۰
۲	روز تصادف	۰/۲۲۲	۰/۲۰۴	-۰/۲۲۲	۰/۲۲۲	۰/۰
۳	فصل تصادف	۰/۲۰۷	۰/۲۰۷	-۰/۱۴۲	۰/۲۰۷	۰/۰
۴	شرایط سطح راه	۰/۵۲۰	۰/۵۲۰	-۰/۳۵۳	۰/۵۲۰	۰/۰
۵	شرایط روشنایی	۰/۴۴۴	۰/۴۴۴	-۰/۲۶۷	۰/۴۴۴	۰/۰
۶	نوع تصادف وسیله نقلیه	۰/۲۲۱	۰/۲۰۷	-۰/۲۲۱	۰/۲۲۱	۰/۰
۷	سن راننده	۰/۲۱۶	۰/۲۱۶	-۰/۱۶۶	۰/۲۱۶	۰/۰
۸	جنسیت راننده	۰/۵۴۱	۰/۵۴۱	-۰/۴۱۳	۰/۵۴۱	۰/۰
۹	وضع آب‌وهوا	۰/۴۷۲	۰/۴۷۲	-۰/۳۱۸	۰/۴۷۲	۰/۰
۱۰	علت تصادف	۰/۲۹۵	۰/۲۹۵	-۰/۲۱۹	۰/۲۹۵	۰/۰

با توجه به این‌که در جدول (۳) سطح معنی‌داری در آزمون کلموگروف-اسمیرنوف کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، فرض صفر (H_0) که توزیع نرمال متغیر موردنظر است، رد می‌شود؛ درنتیجه آزمون معنی‌دار بوده و توزیع نرمال نیست؛ بنابراین باید از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شود.

۵-۲ نتایج آزمون فریدمن

در این پژوهش ۱۰ متغیر مستقل وجود دارد که با استفاده از آزمون فریدمن، رتبه هرکدام از این متغیرها بررسی می‌شود. جدول (٤)، معنی‌داری آزمون را نشان می‌دهد که در آن حجم نمونه آماری، آماره کای دو، درجه آزادی و سطح معنی‌داری آورده شده است.

جدول ٤. معنی‌داری آزمون فریدمن

تعداد داده‌ها	آماره کای دو	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
٢٦٠٢	١٣٩٦٥/٣١٩	٩	٠/٠

مطابق جدول (٤)، کمتر بودن سطح پوشش آماره آزمون از ۵ درصد، نشان‌دهنده رد شدن فرض H_0 است. درنتیجه، یکسان بودن رتبه‌بندی قابل‌قبول نمی‌باشد؛ بنابراین رتبه‌بندی یکنواخت نیست. در جدول (۵)، وضعیت رتبه‌بندی متغیرهای مستقل آورده شده است که نشان‌دهنده‌ی میانگین رتبه هرکدام از متغیرهاست. هرچه میانگین رتبه‌بندی کمتر باشد، اهمیت متغیرها بیشتر است.

جدول ۵. نتایج رتبه‌بندی آزمون فریدمن

متغیرها	میانگین	رتبه
وضع آب‌وهوا	٣/٢٢	١
شرایط سطح راه	٣/٤٨	٢
نوع تصادف وسیله نقلیه	٣/٩٩	٣
زمان تصادف	٤/٥٧	٤
شرایط روشنایی	٥/١٣	٥
فصل تصادف	٥/٥٣	٦
علت تصادف	٦/٢٤	٧
سن راننده	٦/٨٥	٨
روز تصادف	٧/٥١	٩
جنسیت راننده	٧/٩٢	١٠

با توجه به جدول (۵)، متغیرهای وضع آب‌وهوا، شرایط سطح راه و نوع تصادف وسیله نقلیه به ترتیب رتبه بالاتری دارند که رتبه آزمون برای هرکدام به ترتیب ۳/۲۲، ۳/٤٨ و ۳/۹۹ می‌باشد. این نشان می‌دهد که وضع آب‌وهوا به‌عنوان عامل محیطی بیشترین تأثیر را در وقوع تصادفات دارد و پس‌ازآن وضعیت شرایط سطح راه به‌عنوان عامل محیطی دومین عامل مؤثر در افزایش رخداد تصادفات می‌باشد. هم‌چنین نوع تصادف وسیله نقلیه به‌عنوان عامل انسانی سومین عامل تأثیرگذار در وقوع تصادفات راه‌های روستایی گیلان شناخته شده است.

۵-۳ نتایج تحلیل عاملی اکتشافی

در جدول (٦)، نتیجه تحلیل عاملی اکتشافی آمده است که مقدار شاخص کفایت نمونه و آزمون کروی بودن بارتلت را نشان می‌دهد.

جدول ٦. نتایج شاخص KMO و آزمون بارتلت

شاخص KMO	آزمون کروی بودن بارتلت		
	آماره کای دو	درجه آزادی	سطح معنی-داری
٠/٥٢٧	٢١٥٦/٠٤٥	٤٥	٠/٠

با توجه به جدول (٦)، مقدار KMO برابر ۰/۵۲۷ شده است که نشان می‌دهد استفاده از تحلیل عاملی مناسب است. نتایج آزمون بارتلت نیز نشان می‌دهد که سطح معنی‌داری آزمون از ۰/۰۵ کمتر شده است؛ به این مفهوم که فرض مخالف تأیید می‌شود و بین متغیرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد و ارتباط میان کلیه عوامل تائید می‌شود.

در جدول (۷)، مقدار ویژه و واریانس (**تغییرپذیری**) متناظر با هر عامل آورده شده است. مقادیر ویژه، عامل‌هایی را مشخص می‌کند که از آن‌ها برای تحلیل عاملی می‌توان استفاده کرد. هرچه مقدار ویژه یک عامل بیشتر باشد، آن عامل بیانگر واریانس بیشتری است و به‌عنوان عامل‌های معنی‌دار در نظر گرفته می‌شوند. هم‌چنین عامل‌هایی که مقادیر ویژه کمتر از یک دارند، از تحلیل حذف می‌شوند.

جدول ۷. تغییرپذیری کل عامل‌ها در تحلیل عاملی

عامل	مقادیر ویژه اولیه			استخراج مجموع مربعات بارها			چرخش مجموع مربعات بارها		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۱/۷۲۹	۱۷/۷۲٦	۱۷/۷۲٦	۱/۷۲۹	۱۷/۷۲٦	۱۷/۷۲٦	۱/٦۹٥	۱۸/۲۱٥	۱۸/۲۱٥
۲	۱/۳۳۱	۱٤/۰۹۳	۳۱/۸۱۹	۱/۳۳۱	۱٤/۰۹۳	۳۱/۸۱۹	۱/۳٤٤	۱٥/٤۲۷	۳۳/٦٤۲
۳	۱/۲۸۲	۱۲/٦٥۰	٤٤/٤٦۹	۱/۲۸۲	۱۲/٦٥۰	٤٤/٤٦۹	۱/۲۸۰	۱۱/٥۱۳	٤٥/۱٥٥
٤	۱/۰۷۲	۱۱/۷٤۹	٥٦/۲۱۸	۱/۰۷۲	۱۱/۷٤۹	٥٦/۲۱۸	۱/۰٦۹	۱۱/٤۸۷	٥٦/٦٤۲
٥	۱/۰۳۹	۱۰/۳۱٤	٦٦/٥۳۲	۱/۰۳۹	۱۰/۳۱٤	٦٦/٥۳۲	۱/۰٦٥	۹/۲۹۱	٦٥/۹۳۳
٦	۰/۹۸٥	۹/۹٥۹	۷٦/٤۹۱						
۷	۰/۸۹۹	۸/۱۰٦	۸٤/٥۹۷						
۸	۰/۷۲۷	٦/٦۱۰	۹۱/۲۰۷						
۹	۰/٦۲۹	٥/۷۱۹	۹٦/۹۲٦						
۱۰	۰/۳۳۸	۳/۰۷٤	۱۰۰/۰۰۰						

در جدول (۷)، عامل‌های ۱ تا ۵، مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک دارند؛ بنابراین هفت عامل قابلیت تبیین واریانس‌ها و تغییرپذیری متغیرها را دارند و دربردارنده حدوداً ٦٦ درصد از واریانس هستند. در جدول (۸)، ماتریس عامل‌ها قبل از چرخش آورده شده است که بارهای عاملی هر یک از متغیرها در عامل‌های معنادار (با مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک) را نشان می‌دهد.

جدول ۸. ماتریس عامل‌ها قبل از چرخش

متغیرها	عامل‌ها				
	۱	۲	۳	٤	٥
زمان تصادف	۰/۱۸٥	۰/۷٦۳	۰/۰۸۰	۰/۰۷۱	-۰/۱۱۰
روز تصادف	۰/۰٤۱	-۰/۰٥۹	-۰/۲۳۱	۰/۲٦٤	۰/۲۷٥
فصل تصادف	۰/۲٥۰	۰/۰۷۷	-۰/۰۷۰	-۰/۳۱٥	۰/٥٤۳
شرایط سطح راه	۰/۸۷۱	-۰/۱٤٦	-۰/۱۲۷	۰/۰٥۱	-۰/۰۲۹
شرایط روشنایی	۰/۲٥۰	۰/۷٤۲	۰/۲۲۲	۰/۰۷۱	۰/۰۱٤
نوع تصادف وسیله نقلیه	۰/۱۰۹	-۰/۱۲۹	۰/۷٥۱	۰/۲۷۱	۰/۰٦۲
سن راننده	۰/۱٥۸	-۰/۱۷۹	۰/۰۷٥	-۰/٤۹۹	-۰/٤٤۸
جنسیت راننده	-۰/۰٥٥	-۰/۱۲٥	-۰/۰٤٤	۰/۳٤۰	۰/٤۹٦
وضع آب‌وهوا	۰/۸۷٥	-۰/۱۸۷	-۰/۰۸۷	۰/۰٦۱	-۰/۰۱۲

متغیرها	عامل‌ها				
	۱	۲	۳	٤	٥
علت تصادف	۰/۰٦٥	-۰/۲۲۷	۰/۷٥٤	-۰/۱۰۸	۰/۱۱۱

جدول ۹. ماتریس چرخش‌یافته عامل‌ها

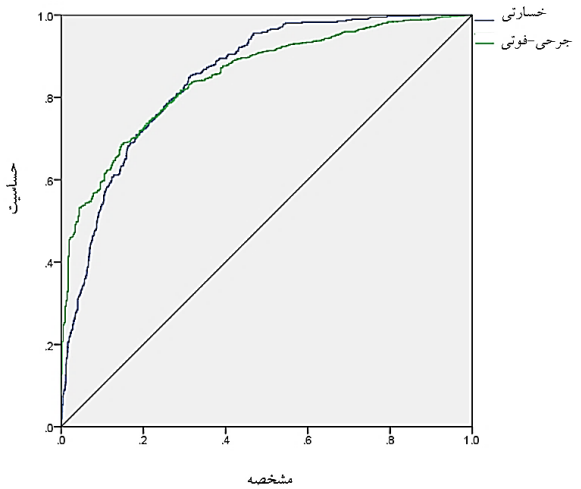
متغیرها	عامل‌ها				
	۱	۲	۳	٤	٥
زمان تصادف	۰/۰۰۸	۰/۷۹۳	-۰/۰۸۱	-۰/۰۱٦	-۰/۰٦۰
روز تصادف	۰/۱۰۰	-۰/۰٦۹	-۰/۱۳٦	-۰/۰۰٤	۰/٤۱۳
فصل تصادف	۰/۱۸۷	۰/۰٤۳	-۰/۰۲۳	۰/٦۳۲	۰/۱۷۳
شرایط سطح راه	۰/۸۹۲	۰/۰٤۷	-۰/۰۰۹	۰/۰۲۸	-۰/۰۱۹
شرایط روشنایی	۰/۰٥۱	۰/۸۰۸	۰/۰۸۲	۰/۰۷٤	-۰/۰۰۱
نوع تصادف وسیله نقلیه	۰/۰٤٥	۰/۰۷٦	۰/۷۹٦	-۰/۱٥۰	۰/۰۸٥
سن راننده	۰/۱٥۱	-۰/۱٦۲	۰/۰۰٥	۰/۰٤۸	-۰/٦۷۹
جنسیت راننده	-۰/۰۰٦	-۰/۱۲۰	۰/۰۸۹	۰/۰۷٥	۰/٥۹٥
وضع آب‌وهوا	۰/۸۹۹	۰/۰۱۸	۰/۰٤۱	۰/۰۲۹	-۰/۰۰۸
علت تصادف	-۰/۰۱۲	-۰/۰۸۰	۰/۷۷۸	۰/۱۳۷	-۰/۱۳۳

به علت سخت بودن تفسیر بارهای عاملی بدون چرخش، عامل‌ها چرخانده می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر در ماتریس اجزا قبل از چرخش، عامل اول درصد تغییرات بیشتری را بیان می‌کند و قابلیت تبیین واریانس‌ها در آن بیشتر است. درحالی‌که در ماتریس چرخش، هرکدام از عامل‌های باقی‌مانده نسبت تغییرات تقریباً یکسانی را بیان می‌کنند. جدول (۹)، ماتریس چرخش عامل‌های باقی‌مانده را نشان می‌دهد. مقادیر جدول (۸) و (۹) بیانگر میزان هم‌بستگی متغیر موردنظر با عامل‌های مربوطه است.

در تحلیل عاملی، تأثیر متغیرها بر شدت تصادفات با استفاده از ضرایب آمده در جدول ماتریس چرخش عامل‌ها بیان می‌شود. هرچه قدر مطلق ضرایب هر متغیر بیشتر باشد، عامل موردنظر تأثیر بیشتری در تغییرات متغیر موردنظر دارد. تحلیل عاملی روی ۱۰ متغیر مستقل تأثیرگذار بر تصادفات وسایل نقلیه در راه‌های روستایی استان گیلان انجام گرفت که درنتیجه‌ی آن پنج عامل به‌عنوان عامل‌های اصلی شناسایی شده است. این تحلیل نشان می‌دهد متغیرهای وضع آب‌وهوا و شرایط سطح راه تحت عامل اول قرارگرفته‌اند که ضرایب معنی‌داری بین عامل اول و هرکدام از متغیرها به ترتیب ۰/۸۹۹ و ۰/۸۹۲ و مثبت می‌باشد. پس می‌توان گفت که وضع آب‌وهوا و شرایط سطح راه (تحت عنوان عوامل محیطی) به‌عنوان اولین عامل مؤثر در وقوع تصادفات وسایل نقلیه در راه‌های روستایی می‌باشد که تأثیر زیادی (با توجه به اندازه ضریب) در وقوع تصادفات دارد. هم‌چنین شرایط روشنایی و زمان تصادف تحت عامل دوم تأثیرگذار بر تصادفات شناخته‌شده‌اند که در آن شرایط روشنایی و زمان تصادف با ضرایب مثبت (به ترتیب ۰/۸۰۸ و ۰/۷۹۳)، وقوع تصادفات را به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین ترتیب متغیرهای نوع تصادف وسیله نقلیه و علت

تصادف (به ترتیب با ضرایب ۰/۷۹٦ و ۰/۷۷۸) تحت عامل سوم، فصل تصادف (با ضریب ۰/٦۳۲) تحت عامل چهارم و درنهایت جنسیت راننده، روز تصادف و سن راننده (به ترتیب با ضرایب ۰/۵۹۵، ۰/٤۱۳ و ۰/٦۷۹-) به‌عنوان عامل پنجم مؤثر در تصادفات وسایل نقلیه در راه‌های روستایی استان گیلان قرارگرفته‌اند. لازم به ذکر است که متغیر سن راننده تأثیر کاهشی بر شدت تصادفات دارد.

در شکل (۱) نتایج مربوط به تحلیل حساسیت تحلیل عاملی ارائه شده است که دو منحنی برای تصادفات جرحی-فوتی و خسارتی را نمایش می‌دهد. ازآنجاکه تنها دو سطح وجود دارد، منحنی‌ها نسبت به خط ٤۵ درجه متقارن هستند. هرچه منحنی بیشتر به سمت بالا و چپ باشد، قدرت شبکه در پیش‌بینی شدت تصادفات بیشتر است. نتایج نشان داده است که مساحت زیر نمودار تحلیل حساسیت برای تحلیل عاملی ۰/۸٤۹ شده است که نشان‌دهنده عملکرد خوب این روش در تحلیل حساسیت برای هر دو دسته تصادفات می‌باشد.



شکل ۱. منحنی تحلیل حساسیت برای تحلیل عاملی

٤-۵ نتایج مدل رگرسیون لجستیک چندگانه

جدول (۱۰) نتایج دو متد ورود داده‌ها به مدل را نشان می‌دهد که شامل معیارهای درصد صحیح و خوبی برازش (R^2) می‌باشد. هرکدام که دقت پیش‌بینی بیشتری در شدت تصادفات داشته باشد و برازش بهتری از مدل ارائه دهد، به‌عنوان متد برتر انتخاب می‌شود.

جدول ۱۰. خلاصه متدهای رگرسیون لجستیک برای شدت تصادفات

متد رگرسیون لجستیک	درصد صحیح	خوبی برازش (R^2)
انتخاب رو به جلو	۸٤/۷	۰/۳۱۸
حذف رو به عقب	۸٤/۷	۰/۳۲۲

با توجه به جدول (۱۰)، درصد صحیح در دو متد باهم برابر است؛ بنابراین معیار انتخاب متد بهتر بر اساس خوبی برازش خواهد بود. مقدار R^2 در متد حذف رو به عقب کمی بیشتر از متد انتخاب رو به جلو می‌باشد. لذا متد حذف رو به عقب به‌عنوان متد اصلی برای مدل‌سازی انتخاب شده است. خوبی برازش در این متد برابر ۰/۳۲۲ است؛ به این معنی که ۳۲/۲ درصد تغییرپذیری به‌درستی توسط مدل رگرسیون محاسبه شده است. همچنین بزرگی مقدار R^2 به طیف تغییرپذیری متغیر رگرسور (پیش‌بین) بستگی دارد. در جدول (۱۱) آماره کای دو، درجه آزادی و سطح معنی‌داری آماره آزمون در مرحله ۱۵ این متد آورده شده است.

جدول ۱۱. ضرایب متد رگرسیون حذف رو به عقب

	مرحله نهایی	کای دو	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
مرحله ۱۵	Step	-۲/۵۰۵	۱	۰/۱۱۳
	Block	۵۳۹/٤۲۳	۲۱	۰/۰۰
	Model	۵۳۹/٤۲۳	۲۱	۰/۰۰۰

در جدول (۱۱) مقدار آماره کای دو، تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته را بیان می‌کند و قابل‌مقایسه با آماره F در تحلیل رگرسیون

معمولی است. مقدار منفی آماره کای دو نشان می‌دهد که مقدار این آماره از مرحله قبل کاهش یافته است. ردیف Model با ۲۱ درجه آزادی برای تحلیل حائز اهمیت است. مقدار آماره کای دو مدل برابر ۵۳۹/٤۲۳ شده است. همچنین سطح معنی‌داری کای دو مدل کمتر از ۰/۰۵ شده که نشان از مناسب بودن برازش بوده و فرض صفر رد می‌شود.

در جدول (۱۲)، دقت مدل رگرسیون لجستیک چندگانه در پیش‌بینی شدت تصادفات آورده شده است و برای ارزیابی عملکرد مدل در پیش‌بینی یا به‌عبارت‌دیگر برای دقت طبقه‌بندی شدت تصادفات استفاده می‌شود.

جدول ۱۲. طبقه‌بندی در مدل رگرسیون لجستیک چندگانه

مشاهده‌شده		پیش‌بینی‌شده		
		شدت تصادفات		درصد صحیح
		خسارتی	جرحی–فوتی	
شدت تصادفات	خسارتی	۵۷	۳۵۳	۱۳/۹
	جرحی–فوتی	٤٤	۲۱٤۸	۹۸/۰
درصد کل			۸٤/۷	

جدول (۱۲) نشان می‌دهد که از بین ٤۱۰ تصادف خسارتی رخ‌داده، ۵۷ مورد و از بین ۲۱۹۲ تصادف جرحی–فوتی، ۲۱٤۸ مورد توسط مدل به‌درستی پیش‌بینی شده است. دقت پیش‌بینی مدل برای تصادفات خسارتی ۱۳/۹ درصد و برای تصادفات جرحی–فوتی ۹۸/۰ درصد است؛ بنابراین دقت مدل در طبقه‌بندی و تفکیک تصادفات جرحی–فوتی بیشتر از تصادفات خسارتی است. از طرف دیگر قدرت پیش‌بینی مدل برای تصادفات خسارتی وسایل نقلیه خیلی پایین است. هم‌چنین دقت کل مدل در تعیین شدت تصادفات، برابر با ۸٤/۷ درصد است؛ یعنی با اطمینان ۸٤/۷ درصد، مدل تحقیق قادر به پیش‌بینی شدت تصادفات برحسب متغیرهای تأثیرگذار است.

در جدول (۱۳)، نتایج آزمون معنی‌داری متغیرهای بکار رفته و تأثیرات آن‌ها در مدل رگرسیون آورده شده است که شامل مقدار β (میزان تغییر لگاریتم نسبت برابری)، خطای استاندارد، نتایج آزمون والد، مقدار سطح معنی‌داری آزمون و Exp(β) (نسبت برابری) برای گام نهایی (گام ۱۵) می‌باشد.

جدول ۱۳. نتایج مدل لجستیک شدت تصادفات در گام پانزدهم

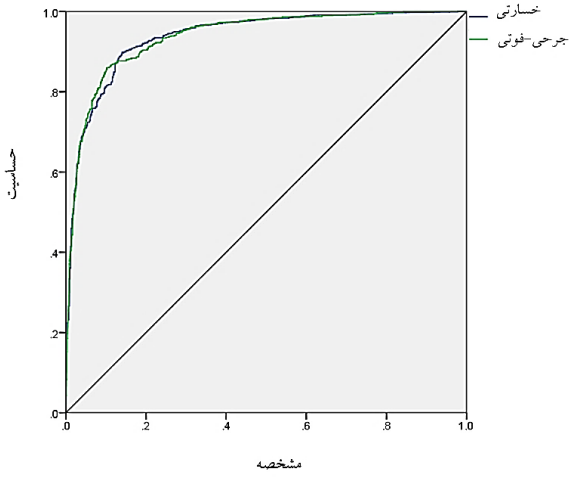
متغیرها	β	انحراف معیار	آماره والد	سطح معنی‌داری	Exp (β)
۰۰:۰۰ تا ۰۶:۰۰	-۰/۷۰۷	۰/۲۵۶	۷/۶۲۷	۰/۰۰۶	۰/۴۹۳
بهار	۰/۴۹۹	۰/۱۴۳	۱۲/۱۷۷	۰/۰۰۱	۱/۶۴۷
تابستان	۰/۴۳۶	۰/۰۸۴	۲۶/۹۴۱	۰/۰۰۰	۱/۵۴۷
شب	۰/۲۸۲	۰/۰۷۷	۱۳/۴۱۳	۰/۰۰۰	۱/۳۲۶
سواری-وسیله نقلیه سنگین	-۰/۶۰۲	۰/۲۹۸	۴/۰۸۱	۰/۰۴۴	۰/۵۴۸
سواری-موتور سیکلت/دوچرخه	۰/۷۶۶	۰/۱۶۸	۲۰/۷۸۹	۰/۰۰۰	۲/۱۵۱
سواری-شیء ثابت	-۰/۱۲۹	۰/۰۳۲	۱۶/۲۵۱	۰/۰۰۰	۰/۸۷۹
راننده مرد	۰/۵۲۸	۰/۲۵۸	۴/۱۸۸	۰/۰۴۱	۱/۶۹۶
ابری	۱/۲۷۳	۰/۲۲۱	۳۳/۱۸۰	۰/۰۲۴	۳/۵۷۲
سطح راه خشک	۰/۹۶۴	۰/۲۲۷	۱۸/۰۳۴	۰/۰۳۷	۲/۶۲۲
سطح راه خیس	۰/۷۷۵	۰/۴۶۷	۲/۷۵۴	۰/۰۰۰	۲/۱۷۱
عدم توجه به جلو	۰/۴۹۴	۰/۳۴۰	۲/۱۱۱	۰/۰۰۸	۱/۶۳۹
تجاوز به چپ و راست	۰/۶۲۸	۰/۳۶۶	۲/۹۴۴	۰/۰۰۰	۱/۸۷۴
تجاوز از سرعت مجاز	۰/۵۶۴	۰/۲۴۴	۵/۳۴۳	۰/۰۲۱	۱/۷۵۸
مقدار ثابت	-۰/۵۹۰	۰/۵۱۵	۱/۳۱۲	۰/۰۴۳	۰/۵۵۴

در جدول (۱۳) با توجه به سطح معنی‌داری مدل، همه متغیرها جز متغیر وضع آب‌وهوای صاف در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار شده است. ازآنجایی‌که مقدار سطح معنی‌داری از خطای پنج درصد کمتر شده، فرض H_0 (برابر با صفر بودن ضریب β) رد شده و نشان‌دهنده معنادار بودن مدل رگرسیونی می‌باشد. از طرف دیگر، متغیرهایی که علامت ضریب β آن‌ها مثبت است، احتمال وقوع یک پدیده را بیشتر می‌کند و برعکس، متغیرهایی که علامت ضریب β آن‌ها منفی است، از این احتمال می‌کاهند. برای تفسیر ضریب مدل، ذکر این نکته ضروری است که β_k نشان‌دهنده تغییر در لجستیک احتمال مربوط به تغییر واحد در متغیر پیش‌بین k ام است، هنگامی‌که متغیرهای دیگر پیش‌بینی ثابت نگه داشته شوند [Young and Liesman, 2007].

بر اساس خروجی مدل رگرسیون لجستیک چندگانه، به ازای یک واحد تغییر در متغیرهای هوای ابری، سطح راه خشک، سطح راه خیس، تصادفات سواری-موتور سیکلت/دوچرخه، تجاوز به چپ و راست، تجاوز از سرعت مجاز، راننده مرد، فصل بهار، عدم توجه به جلو، فصل تابستان و شب، به ترتیب، احتمال وقوع تصادفات افزایش می‌یابد، به این معنی که این متغیرها تأثیر مثبت در وقوع تصادفات وسایل نقلیه در راه‌های روستایی دارند. همچنین به ازای یک واحد تغییر در متغیرهایی با ضریب منفی شامل زمان تصادف

۰۰:۰۰ تا ۰٦:۰۰، تصادف سواری–وسیله نقلیه سنگین و تصادف سواری–شیء ثابت، به ترتیب، احتمال رخداد تصادفات در راه‌های روستایی گیلان کاهش می‌یابد.

نتایج مربوط به تحلیل حساسیت مدل رگرسیون لجستیک چندگانه برای تصادفات جرحی–فوتی و خسارتی در شکل (۲) ارائه شده است. نتایج نشان داده است که مساحت زیر نمودار تحلیل حساسیت برای رگرسیون لجستیک ۰/۹۳۲ شده است. این نشان می‌دهد که رگرسیون لجستیک در تحلیل حساسیت نسبت به تحلیل عاملی دقت بسیار بالاتری داشته که این قدرت بالای این مدل را در پیش‌بینی و ارزیابی شدت تصادفات نشان می‌دهد.



شکل ۲. منحنی تحلیل حساسیت برای مدل رگرسیون لجستیک

٦. بحث

این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر در شدت تصادفات وسایل نقلیه در راه‌های روستایی استان گیلان پرداخته است و با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل و مدل‌سازی، عوامل مؤثر در شدت تصادفات وسایل نقلیه در این راه‌ها به‌طور دقیق تعیین شده است. هر یک از این متدها با در نظر گرفتن الگوریتم خاص خود عوامل مؤثر را بررسی می‌کند؛ بنابراین برای جمع‌بندی نتایج با استفاده از روش‌های مختلف، بهتر است نتایج با یکدیگر مقایسه شود. در آزمون فریدمن، متغیرهای وضع آب‌وهوا، شرایط سطح راه و نوع تصادف وسیله نقلیه به ترتیب عامل‌های اول تا سوم مؤثر در تصادفات شناسایی شدند. درحالی‌که در تحلیل عاملی اکتشافی، متغیرهای وضع آب‌وهوا و شرایط سطح راه تحت عنوان عامل محیطی به‌عنوان اولین عامل مؤثر در شدت تصادفات شناسایی شدند و شرایط روشنایی و زمان تصادف به‌عنوان دومین عامل مؤثر در تصادفات وسایل نقلیه شناخته شدند. مدل رگرسیون لجستیک چندگانه به‌عنوان یک تحلیل دقیق‌تر از شرایط نشان داد که متغیرهای پیش‌بین هوای ابری، سطح راه خشک و سطح راه خیس به ترتیب بیشترین تأثیر را در رخداد تصادفات وسایل نقلیه داشتند. این نشان می‌دهد که نتایج مشترک آزمون فریدمن، تحلیل عاملی و مدل رگرسیون، وضع آب‌وهوا به‌عنوان یک عامل محیطی، مؤثرترین و مهم‌ترین عامل مؤثر در تصادفات وسایل نقلیه در راه‌های روستایی استان گیلان می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های این پژوهش، نبود آمار تصادفات جدید است؛ چرا که در این مطالعه از آمار تصادفات سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ استفاده شده است. همچنین لازم به ذکر است که در پژوهش‌های مرتبط با حوزه ایمنی و جمع‌آوری داده، از داده‌هایی که توسط مأموران پلیس‌راه و راهنمایی‌ورانندگی پس از تصادف و به روش تکمیل فرم‌های استاندارد کام ۱۱٤ برداشت می‌شوند، استفاده می‌شود که اطلاعات مفیدی در آن‌ها ثبت می‌گردد اما حجم و نوع داده‌ها محدود به بخش‌های از پیش تعریف‌شده در این فرم‌ها است. به‌علاوه، اطلاعات تصادفات رانندگی به میزان زیادی به قضاوت مأمور ثبت‌کننده بستگی دارند که برداشت هر فرد از صحنه تصادف می‌تواند با فرد دیگر متفاوت باشد. همچنین محدودیت دیگر این مطالعه عدم وجود عوامل دیگر مانند میزان بارش، تعداد روزهای بارش و رطوبت نسبی در داده‌های دریافت‌شده بوده است که می‌تواند در افزایش احتمال وقوع تصادفات مؤثر باشد.

۷. نتیجه‌گیری

در این مطالعه با انجام تحلیل‌ها و مدل‌سازی روی داده‌های تصادفات وسایل نقلیه مربوط به راه‌های روستایی استان گیلان، عوامل مؤثر در رخداد تصادفات در این راه‌ها شناسایی شده است. مهم‌ترین نتایج این تحقیق عبارت‌اند از:

- در آزمون فریدمن، مهم‌ترین عوامل مؤثر در تصادفات وسایل نقلیه به ترتیب وضع آب‌وهوا، شرایط سطح راه و نوع تصادف شناخته شده است و این نشان می‌دهد که مؤثرترین عامل در تصادفات این راه‌ها، وضع آب‌وهوا به‌عنوان یک عامل محیطی می‌باشد و دومین عامل مؤثر در تصادفات شرایط سطح راه می‌باشد؛ بنابراین بر اساس نتایج آزمون فریدمن، عوامل محیطی بیشترین تأثیر را در وقوع تصادفات داشته است.
- بر اساس تحلیل عاملی اکتشافی، پنج عامل به‌عنوان عوامل مؤثر در تصادفات وسایل نقلیه در این راه‌ها شناخته شدند. به‌عبارت‌دیگر، ده متغیر مؤثر در تصادفات به پنج عامل کاسته شدند. تحلیل عاملی نشان داد که متغیرهای وضع آب-وهوا و شرایط سطح راه تحت عامل اول مؤثر در وقوع تصادفات قرار گرفتند؛ بنابراین عوامل محیطی (به‌عنوان اولین عامل) مهم‌ترین عامل در وقوع تصادفات بوده است.
- در مدل رگرسیون لجستیک چندگانه، متغیرهای هوای ابری، سطح راه خشک، سطح راه خیس، تصادفات سواری-موتور سیکلت/دوچرخه، تجاوز به چپ و راست، تجاوز از سرعت مجاز، راننده مرد، فصل بهار، عدم توجه به جلو، فصل تابستان و شب، به ترتیب تأثیر مثبتی بر رخداد تصادفات داشتند؛ درحالی‌که متغیرهای زمان تصادف ۰۰:۰۰ تا ۰۶:۰۰، تصادف سواری-وسیله نقلیه سنگین و تصادف سواری-شیء ثابت به ترتیب احتمال رخداد تصادفات وسایل نقلیه را کاهش دادند. مهم‌ترین نتیجه این مدل این بود که وضع آب‌وهوایی ابری و شرایط سطح راه به ترتیب بیشترین تأثیر مثبت را بر احتمال وقوع تصادفات در این راه‌ها گذاشتند.

۸. راهکارهای ایمنی

به دلیل بالا بودن تأثیر تصادفات سواری-موتور سیکلت/دوچرخه و همچنین عدم توجه به جلو، تجاوز به چپ و راست و تجاوز از سرعت مجاز، حضور بیشتر پلیس جهت کاهش تصادفات ناشی از این عوامل ضروری است. هم‌چنین استفاده از کلاه ایمنی می‌تواند تأثیر مستقیم بر کاهش شدت تصادفات سواری-موتور سیکلت/دوچرخه داشته باشد؛ به‌طوری‌که اهمیت آن در شب (به دلیل کاهش دید راننده و عدم توجه به جلو) و رانندگان مرد بیشتر است؛ چراکه تأثیر مثبت و زیادی بر نرخ تصادفات دارند. همچنین به دلیل بالا بودن نرخ و احتمال تصادفات ناشی از عدم توجه به جلو، تابلوهای هشداردهنده، نشانگرهای روسازی (مانند چشم‌گربه‌ای) و نوارهای رامبل، می‌توانند به کاهش خطر کمک کنند. پوشیدن لباس روشن و استفاده از لامپ در شب برای موتورسواران و دوچرخه‌سواران نیز می‌تواند راهکار بسیار مناسبی جهت افزایش ایمنی و کاهش وقوع تصادفات آن‌ها باشد. از طرف دیگر، در هوای بارانی به دلیل عدم دید کافی رانندگان، عابران پیاده و موتور سواران بیشتر دچار تصادف می شوند، بنابراین آن‌ها باید از احتمال از دست دادن کنترل وسیله نقلیه و آسیب رسیدن به آنها در روزهای بارانی آگاه باشند. نصب چراغ های چشمک زن عابر پیاده و تابلوهای عابر پیاده در کنار جاده ها، از بین بردن عوامل خطای دید (مانند موانع طبیعی و غیر عادی و ایجاد میدان دید مناسب) راه حل های مهندسی برای کاهش وقوع تصادفات است. همچنین موتور سواران نیز باید در مورد نحوه حرکت وسیله نقلیه مراقب باشند (تخطی به چپ و راست، نقض حق تقدم، عدم توانایی در کنترل و...)، خصوصاً در هوای بارانی و سطح روسازی

مرطوب. استفاده از لباس روشن و چراغ برای موتورسواران و دوچرخه سواران در شب برای افزایش ایمنی آن‌ها توصیه می شود. برای مطالعات آتی می‌توان از ابزارهای شبیه ساز برای بررسی تصادفات و ترکیب با نتایج این مقاله استفاده کرد [Sheikholeslami, Boroujerdian and Asadamraji, 2020].

۹. پی‌نوشت‌ها

1. Kolmogorov-Smirnov test
2. Friedman test
3. Factor analysis
4. Exploratory factor analysis
5. Kaiser-Mayer-Olkin
6. Bartlett's test of sphericity
7. Multiple linear regression
8. Forward selection
9. Backward elimination
10. Goodness of fit
11. Pearson

۱۰. منابع

- Ahmadi Nejad, M., Shahi, J. and Sheikholeslami, A. (2006) "Modeling of Motorcycles Accidents Intensity in the City of Tehran", Journal of Transportation Research, Vol. 3, No. 1, pp. 13-26.

- Bandalos, D. L. and Finney, S. J. (2010) "Exploratory and confirmatory", The Reviewer's Guide to Quantitative Methods in the Social Sciences, Routledge.

- Barua, U. and Tay, R. (2010) "Severity of urban transit bus crashes in Bangladesh", Journal of Advanced Transportation, Vol. 44, No. 1, pp. 34-41.

- Casado-Sanz, N., Guirao, B. and Gálvez-Pérez, D. (2019) "Population ageing and rural road accidents: Analysis of accident severity in traffic crashes with older pedestrians on Spanish crosstown roads", Research in Transportation Business and Management, Vol. 30, pp. 100377.

- 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, Vol. 18, No. 1, pp. 68.

- Garrido, R., Bastos, A., de Almeida, A. and Elvas, J. P. (2014) "Prediction of road accident severity using the ordered probit model", Transportation Research Procedia, Vol. 3, pp. 214-223.

- Haleem, K., Alluri, P. and Gan, A. (2015) "Analyzing pedestrian crash injury severity at signalized and non-signalized locations", Accident Analysis and Prevention, Vol. 81, pp. 14-23.

- Intini, P., Berloco, N., Colonna, P., Ranieri, V. and Ryeng, E. (2018) "Exploring the relationships between drivers' familiarity and two-lane rural road accidents. A multi-level study", Accident Analysis and Prevention, Vol. 111, pp. 280-296.

- Iran Statistical Center (2016) "Official Results of Census of Populations and Houses of Iran".

- Kaiser, H. F. (1974) "An index of factorial simplicity", Psychometrika, Vol. 39, No. 1, pp. 31-36.

- Kamboozia, N., Ameri, M. and Hosseinian, S. M. (2020a) "Statistical analysis and accident prediction models leading to pedestrian injuries and deaths on rural roads in Iran", International Journal of Injury Control and Safety Promotion, pp. 1-17.

- Kamboozia, N., Ameri, M. and Hosseinian, S. M. (2020b) "Statistical analysis and presentation of accident prediction model leading to injuries and deaths of pedestrians in rural roads of Gilan", Journal of Transportation Research.

- Kroll, C. N., Croteau, K. E. and Vogel, R. M. (2015) "Hypothesis tests for hydrologic alteration", Journal of Hydrology, Vol. 530, pp. 117-126.

- Kwigizile, V., Sando, T. and Chimba, D. (2011) "Inconsistencies of ordered and unordered probability models for pedestrian injury severity", Transportation Research Record, Vol. 2264, No. 1, pp. 110-118.

- Management and Planning Organization (2020), Deputy of Statistics and Information, Gilan, Iran.

- Montgomery, D. C., Peck, E. A. and Vining, G. G. (2012) "Introduction to linear regression analysis", Vol. 821, John Wiley and Sons.

- Nahm, F. S. (2016) "Nonparametric statistical tests for the continuous data: the basic concept and the practical use", Korean Journal of Anesthesiology, Vol. 69, No. 1, pp. 8-14.

- Rao, A., Han, W. and Senarathne, P. G. C. N. (2016) "A Comparison of SLAM Prediction Densities Using the Kolmogorov Smirnov Statistic", Unmanned Systems, Vol. 4, No. 4, pp. 245-254.

- 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, Vol. 107, pp. 249-252.

- Sheikholeslami, S., Boroujerdian, A. M., and Asadamraji, M. (2020) "A rural road accident probability model based on single-vehicle hazard properties including hazard color and mobility: a driving simulator study", Journal of advanced transportation, Vol. 2020, pp. 1-8.

- Sherafati, F., Rad, E. H., Afkar, A., Gholampoor-Sigaroodi, R. and Sirusbakht, S. (2017) "Risk factors of road traffic accidents associated mortality in northern Iran; a single center experience utilizing Oaxaca blinder decomposition", Bulletin of Emergency and Trauma, Vol. 5, No. 2, pp. 116.

- Shrestha, P. P. and Shrestha, K. J. (2017) "Factors associated with crash severities in built-up areas along rural highways of Nevada: A case study of 11 towns", Journal of Traffic and

- Ye, F. and Lord, D. (2014) "Comparing three commonly used crash severity models on sample size requirements: multinomial logit, ordered probit and mixed logit models", Analytic Methods in Accident Research, Vol. 1, pp.72-85.

- 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 and Prevention, Vol. 39, No. 3, pp. 574-580.

- Zimmerman, K., Jinadasa, D., Maegga, B. and Guerrero, A. (2015) "Road traffic injury on rural roads in Tanzania: measuring the effectiveness of a road safety program", Traffic Injury Prevention, Vol. 16, No. 5, pp. 456-460.

Transportation Engineering (English Edition), Vol. 4, No. 1, pp. 96-102.

- Siskind, V., Steinhardt, D., Sheehan, M., O'Connor, T. and Hanks, H. (2011) "Risk factors for fatal crashes in rural Australia", Accident Analysis and Prevention, Vol. 43, No. 3, pp. 1082-1088.

- World Health Organization (2018) "Global status report on road safety 2018".

- Yasmin, S., Eluru, N. and Ukkusuri, S. V. (2014) "Alternative ordered response frameworks for examining pedestrian injury severity in New York City", Journal of Transportation Safety and Security, Vol. 6, No. 4, pp. 275-300.

سید محسن حسینیان، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۹۷ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل أخذ نمود. ایشان در سال ۱۳۹۹ موفق به کسب درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- راه و ترابری از دانشگاه علم و صنعت ایران گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان، ایمنی جاده ای، تصادفات ترافیکی و مدلسازی، بهینه‌سازی و تکنولوژی آسفالت است.

ندا کامبوزیا، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- راه و ترابری را در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۱ از دانشگاه گیلان اخذ نمود. ایشان در سال ۱۳۹٦ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران- راه و ترابری از دانشگاه علم و صنعت ایران گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان تکنولوژی و مواد روسازی و ارزیابی ها در حمل و نقل، ایمنی و ترافیک است. ایشان در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران می باشد.

محمود عامری، درجه کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- راه و ترابری را به ترتیب در سال‌های ۱۳٦۰ و ۱۳٦۲ از دانشگاه تگزاس اخذ نمود. ایشان در سال ۱۳٦۸ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران - راه و ترابری از دانشگاه تگزاس گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان طراحی روسازی، مواد و مصالح روسازی و مدیریت روسازی بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی با مرتبه استاد در دانشگاه علم و صنعت ایران می باشد.