

## تحلیل آماری و مدلسازی شدت تصادفات موتورسواران در راه‌های استان

### گیلان با استفاده از رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی

#### مقاله علمی - پژوهشی

رضوان باباگلی<sup>\*</sup>، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه علم و فناوری مازندران، بهشهر، ایران

هامون فلاح، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، موسسه آموزش عالی آریان، امیرکلا، مازندران، ایران

<sup>\*</sup>پست الکترونیکی نویسنده مسئول: rezvan\_babagoli@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶

صفحه ۹۷-۱۱۴

#### چکیده

تصادفات هزینه‌های جبران ناپذیری هر ساله به اقتصاد کشورها تحمیل می‌کنند. علاوه بر این، بسیاری از آمار کشته‌شده‌ها مربوط به تصادفات می‌باشد که این موضوع می‌تواند خود عامل انسانی که عامل محرک اقتصاد می‌باشد را در خطر قرار دهد. در این بین، یکی از کاربران راه که بسیار در معرض تصادفات می‌باشند، موتورسیکلت‌سواران می‌باشد که هر ساله بخش زیادی از کشته‌شده‌ها و مجروحان تصادفات را شامل می‌شوند که هدف اصلی بررسی متغیرهای تأثیرگذار بر تصادفات موتورسیکلت‌سواران می‌باشد. که با استفاده از جمع‌آوری اطلاعات تصادفات و همچنین استفاده از روش‌های مختلف آماری و مدلسازی از جمله فیریدمن، عاملی و مدل لوحیت و شبکه عصبی به بررسی تأثیر هر یک از این متغیرها پرداخته می‌شود. نتایج نشان داد متغیرهای فصل تصادف، علت تامه، شرایط سطح راه و شرایط روشنایی به ترتیب بالاترین رتبه را داشتند. از طرف دیگر، متغیرهای روز و فصل تصادف و سن موتورسواران به ترتیب کمترین اهمیت را در وقوع تصادفات موتورسواران معابر جاده‌ای استان گیلان داشتند. علاوه بر این متغیرهای وضعیت هوا، شرایط سطح راه و وضعیت روشنایی تحت اولین عامل مؤثر در تصادفات موتورسواران استان گیلان قرار گرفتند؛ با توجه به مدل لوحیت بدست آمده از تصادفات موتورسیکلت‌سواران مشخص شد که متغیرهای فصل بهار، ساعت ۶ تا ۱۲ و ۱۸ تا ۲۴، شرایط سطح خشک، شرایط روشنایی شب بدون نور کافی؛ وضع آب و هوایی بارانی؛ عدم توجه به جلو و تغییر مسیر ناگهانی، احتمال وقوع تصادفات موتورسواران معابر جاده‌ای گیلان را افزایش می‌دهند. براساس مدل شبکه عصبی؛ مقادیر علت تامه و وضع روشنایی و وضع آب و هوا به ترتیب بیشترین تأثیر را در شدت تصادفات موتورسواران معابر گیلان داشته‌اند. همچنین مدل شبکه عصبی با مقادیر  $R2 = 93/31$  دقت بالاتری را نسبت به مدل لوحیت نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، حمل و نقل، ترافیک، تصادف، موتورسواران

#### ۱-مقدمه

عابران پیاده خطرات بیشتری برای صدمات کشنده یا شدید دارند (Vorko-Jović, et al., 2006). بیشترین خطر ترکیبی در اثر مرگ یا آسیب دیدگی شدید در رانندگان مرد در هنگام رانندگی با سرعت زیاد، در پیوندهای شهری و با دید نامناسب مشاهده می‌شود. همچنین سونالی کار و

سالمون و همکاران در سال ۲۰۱۹ بیان داشت از جمله عواملی که رانندگان را به رفتارهای پرخطر تشویق می‌کند وابسته به راننده و جنبه‌هایی از شخصیت، دانش و تجربه یا حالات فیزیکی اوست (Salmon, et al., 2019). ورکوجویک و همکاران در مقاله‌ای بیان کردند: سالمندان و

از جمله کم توجهی به وسایل نقلیه و ابزار کنترل ترافیک، سرعت و از دست دادن کنترل وسیله نقلیه یا لغزندگی جاده نیز عاملی مهم در تصادفات بود. بیشتر اشتباهات کشف شده نسبت به رانندگان دیگر و ابزار کنترل ترافیک به خاطر عدم دید صحیح، گیج شدن و عدم توجه است. او بر اساس این پژوهش عواملی مانند تمرین کافی برای رانندگی و کنترل وسیله نقلیه را برای کاهش تصادفات رانندگان جوان پیشنهاد داد. معافیان و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی رابطه بین عوامل مربوط به رانندگان و تصادفات پرداخته ۵۳۸۵۸۸ راننده را مورد بررسی قرار دادند (۹۱/۸۳ درصد مرد). نسبت رانندگان درگیر در تصادف از ۱۵/۹ درصد در سال‌های اول دریافت گواهی‌نامه به ۳/۱۳ درصد بعد از گذشت ۱۰ سال از تجربه رانندگی کاهش یافته است. غفلت از قوانین رانندگی از دلایل متعارف تصادفات است. عدم رعایت حق تقدم و عدم توجه به جلو از بیشترین عوامل مرگ در تصادفات شناخته شد. در این مقاله هم بستگی زیادی بین نوع تصادفات و جنسیت، تحصیلات، نوع گواهی‌نامه، زمان تصادف و در نهایت مدت زمان بین گرفتن گواهی‌نامه و زمان تصادف وجود دارد (Moafian, et al., 2013). برگ گل و همکاران در مقاله‌ای به بررسی شدت تصادفات عابر پیاده در حوادث خیابان‌های شهری در رشت، ایران می‌پردازد. داده‌های تصادفات از پایگاه داده پلیس راهنمایی و رانندگی رشت در دوره مارس ۲۰۱۴ تا مارس ۲۰۱۵ به دست آمد (Bargegol and Keyoumars, 2016). آتانیوس گالانیس و همکاران در سال ۲۰۱۷ در پژوهشی نشان دادند که رفتار پیاده روی برای جاده‌های مختلف متفاوت است انواع عابران پیاده با بالاترین میزان رفتار قانونی در شریان‌های اصلی و کمترین آن در خیابان‌های محلی است (Galanis, et al., 2017). سطح پایین جریان ترافیک حرکتی همراه با مشکلات نگهداری و تحرک در زیرساخت‌های عابر پیاده، عابران پیاده را به پیاده روی در خیابان تشویق می‌کند، بنابراین مسائل ایمنی آنها را دست کم می‌گیرد. ارتقاء تأکید بر تحرک عابر پیاده مسائل ایمنی می‌تواند شکاف معین را به نفع استفاده کنندگان آسیب پذیر در جاده‌ها تغییر دهد، شاخص پایداری یک منطقه شهری و بهبود کیفیت زندگی شهروندان را افزایش دهد. لیژوانگ وانگ و همکارانش در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۹ آمار فوتی

همکاران داده‌های تصادفات از ژانویه تا دسامبر ۲۰۱۲ از کل ایستگاه های پلیس در منطقه اداری بوبانسوار (هند)، شامل مناطق شهری و روستایی را تجزیه و تحلیل کرده و بیان کردند: اکثر قربانیان در گروه سنی، ۲۴-۲۰ سال، و عمدتاً تشکیل شده از مردان بودند (Kar, et al., 2016). لی و همکاران در سال ۲۰۱۸ رانندگان جوان و رانندگان زن را از جمله عوامل تاثیرگذار در تصادفات اعلام کردند (Lee, et al., 2018). شوهل امین در مقاله‌ای به بررسی فاکتورهای تاثیرگذار در تصادفات مردان و زنان مسن پرداخته (Amin, 2020). در این مقاله تعداد ۹۵، ۰۹۲ پرونده تصادف در غرب میدلندز انگلیس طی دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار گرفته است. بون هونگ آنگ و همکاران مطالعه‌ای جهت برآورد بار حوادث ناشی از تصادفات جاده‌ای و مرگ در میان سالمندان انجام دادند و بیان کردند: شواهد نشان می‌دهد علاوه بر جمعیت جوان ۱۵-۴۴ ساله، جمعیت مسن بیشتر در معرض خطر مرگ به دلیل تصادفات ترافیکی هستند (Ang, et al., 2017). مطالعات و گزارش‌های متعددی تأیید کردند که نیمی از افراد با سن بالا که در تصادفات درگیر می‌شوند جان خود را از دست می‌دهند. شیوع تصادفات ترافیکی در بزرگسالان مسن تر ۱۴ درصد بود. بیشتر افراد مسن گزارش شده در تصادفات ترافیکی در گروه سنی جوانتر (۶۰-۷۴ سال)، در جنس مذکر و آسیب دیدگی جزئی پایدار به ویژه در مناطق سر و سایر اندام ناشی از تصادف با موتورسیکلت‌ها داشتند. میزان مرگ و میر در میان سالمندان بالای ۷۴ سال و عابران پیاده بالاتر بود. لیزا هاکامیس و همکاران تاثیرات افزایش سنی در گروه‌های مختلف رانندگان مسن بالای ۶۰ سال را بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۵ را مورد بررسی قرار داده و عنوان کردند: در مطالعه حاضر، تغییرات خاصی در توزیع نوع تصادف در گروه‌های مختلف سنی یافت شد (Hakamies and Henriksson, 1999). کلیابریتمن و همکارانش در سال ۲۰۰۸ عوامل تصادفات جوانان ۱۶ ساله را مورد بررسی قرار داده و بیان کردند: سه چهارم آمار این تصادفات ناشی از اشتباهات نوجوانان است. تصادفات آنها هنگام فرار کردن از جاده، برخورد از پشت به وسیله نقلیه یا برخورد با وسایل نقلیه دیگری که حق تقدم دارند رخ می‌دهد (Braitman, et al., 2008). سه عامل در تصادفات این گروه موثر است

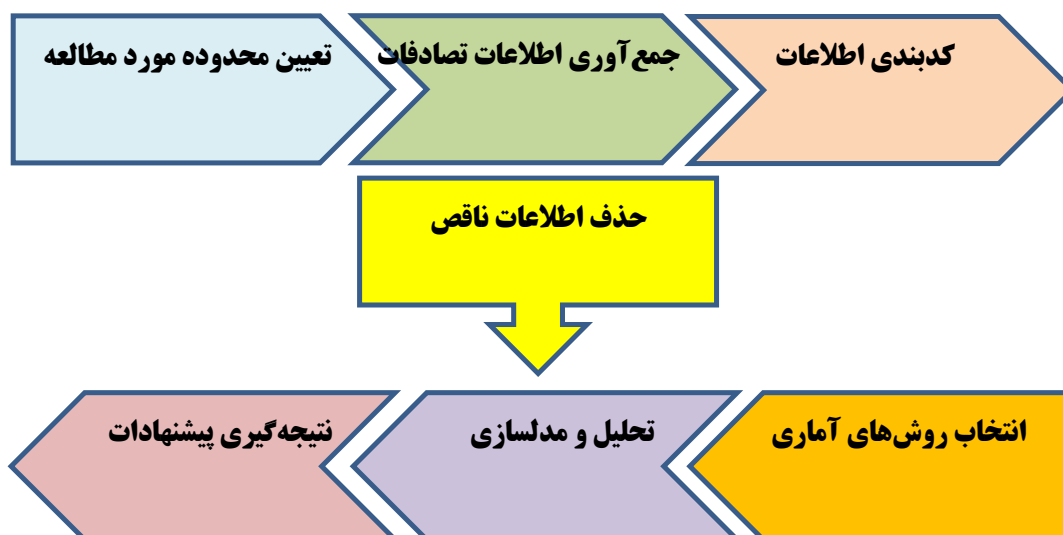
همکاران در سال ۲۰۱۹ در مطالعه‌ای در چین چگونگی تاثیر فاکتورهای مختلف در تصادفات شب را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس ۲۱۰۶ تصادف شبانه، یک مدل لجستیک دوتایی برای ارزیابی تأثیر عوامل مؤثر بر شدت این تصادفات ایجاد شد (Liu, et al., 2019).

### روش تحقیق

با بررسی مطالعات مختلف مشخص شد که عوامل مختلفی بر وقوع تصادفات وسایل نقلیه، موتورسواران تاثیرگذار می‌باشد. اطلاعات تصادفات شامل دو دسته متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل می‌باشند. متغیر وابسته همان شدت تصادفات موتورسیکلت سواران می‌باشد که خود به دو دسته خسارتی و جرحی-فوتی طبقه‌بندی می‌شوند. متغیرهای مستقل شامل انواع مختلف پارامترهای موثر در تصادفات می‌باشد. همانطور که پیشتر توضیح داده شد این پارامترها از منابع فرم‌های کام ۱۱۴ (اطلاعات جمع آوری شده در غالب فایل اکسل تصادفات استان گیلان) جمع آوری گردیده است.

های سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند در سال ۲۰۱۶ آمار فوتی‌های راه ۰/۱۱ به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر بود به طور کلی تلفات جاده‌ای از ۱۲/۶ فوتی به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر در سال ۲۰۰۶ به ۱۵/۶ نفر فوتی به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر در سال ۲۰۱۱ افزایش یافت و سپس به مقدار ۱۰/۶ فوتی به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر در سال ۲۰۱۶ کاهش یافت (Wang, et al., 2019).

کوسیک و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۱۹ نشان دادند: احتمال تصادف عابران در بزرگراه‌ها، کوچه‌ها و خیابان‌های اصلی کمتر از نواحی صنعتی و پارکینگ‌ها است. نقاط خطرناک در راه‌های یک طرفه با دو یا بیشتر خط عبور بیشتر است. نقاط خطرناک در میدان‌ها ۵۰ درصد در تقاطع‌ها ۳۰/۶ درصد و در تقاطع‌های سه‌خطه ۲۰/۳ درصد است (Cosic, et al., 2019). آلتانیوس گالانیس و همکاران در سال ۲۰۱۷ شش خیابان با کاربری متفاوت در شهر ولوس را به منظور تعیین رابطه بین ایمنی عابران، نوع خیابان و جریان وسایل نقلیه موتوری را مورد بررسی قرار داده و دریافتند رفتار عابران در انواع مختلف خیابان‌های شهری متفاوت است. عابران در شریانی‌های اصلی بیشتر و در خیابان‌های محلی کمتر رفتار قانونی از خود نشان می‌دهند (Galanis, et al., 2017). جینگ لیو و



شکل ۱. فلوچارت مطالعه حاضر

مختلفی از مدل های ریاضی مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا پیچیدگی ارتباط این متغیرها با یکدیگر لحاظ شود. روش رگرسیون لججیت نوعی روش ریاضی است که برای توصیف ارتباط بین چند متغیر  $X$  و یک متغیر وابسته دوجویی با دومقدار مانند  $Y$  به کار می‌رود. تابعی که در این روش استفاده می‌شود، تابعی  $S$  شکل به نام تابع لاجستیک است. اما کاربرد تحلیل لاجستیک به این جا محدود نمی‌شود. با بسط تابع لاجستیک می‌توانیم از آن در حل مسائل چند وجهی نیز استفاده خواهد شد (Elvik, 2004). تا این قسمت فرض بر این بود که متغیر  $Y$  متغیری است دوجویی که دوسطح انتخاب را پوشش می‌دهد. اما می‌توان از روش رگرسیون لاجستیک برای تعریف متغیر  $Y$  به صورت چند وجهی نیز استفاده کرد. مثلاً شرایط به گونه‌ای باشد که افراد درانتخاب مد سفر بین مد وسیله نقلیه شخصی، وسیله نقلیه اشتراکی و اتوبوس مخیر باشند و یا درتقسیم بندی شدت تصادفات سه دسته تصادفات خسارتی، جرحی و فوتی را درنظر بگیریم. در این حالت فرم کلی تابع لاجستیک به صورت رابطه ۱ است:

$$P(Y = i|x) = \frac{\exp [\beta_i(x)]}{1 + \sum_{j=1}^k \exp [\beta_j(x)]}$$

$H_i(x)$ : تابعی از پارامترهای پیش بین  $x$

$P(Y=I) x$ : احتمال رخ داد حالت مورد نظر است. در ساده‌ترین حالت با درنظر گرفتن یکی از سه حالت (فرضا انتخاب صفر) به عنوان مبنا می‌توان حاسبات را ارائه نمود (Amin, 2020).

$$\begin{aligned} P(Y=0) + P(Y=1) + P(Y=2) &= 1 \\ P(Y=1) + P(Y=0) &\neq 1 \\ P(Y=2) + P(Y=0) & \end{aligned}$$

روش ساده برای حل این مساله استفاده از تابع انتقال احتمال به منظور حذف محدودیت فاصله‌ها و مدل سازی 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.

$$Odds = \frac{P_i}{1-P_i}$$

در مرحله دوم از رابطه ی فوق لگاریتم گرفته می‌شود تا Logit یا لگاریتم شانس موفقیت به دست آید.

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

با توجه به هدف اصلی مطالعه، در پژوهش حاضر از روش آماری متفاوتی استفاده شد که شامل آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف، فریدمن و تحلیل عاملی می‌باشد. علاوه بر این به منظور مدل‌سازی متغیرهای مستقل از مدل لججیت استفاده شد که هر یک از روش های فوق در ادامه شرح داده می‌شود. دلیل انتخاب این آزمون ها، فراگیر بودن این روش‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر، با هر یک از این روشها می‌توان از زاویه خاصی به تحلیل اطلاعات تصادفات پرداختگی از مهم‌ترین آزمون‌های آماری در نرم‌افزار SPSS آزمون کولموگروف-اسمیرنوف می‌باشد که همواره در انتخاب پارامتریک یا ناپارامتریک بودن آزمون های مورد استفاده می‌تواند کمک کند. آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن توزیع داده‌ها را نشان می‌دهد یکی از آزمون‌های آماری که برای مقایسه چند گروه استفاده می‌شود و از نظر رتبه بندی به بررسی گروه های مختلف یک جامعه می‌پردازد روش آزمون فریدمن است. مقیاس در این آزمون باید حداقل رتبه‌ای باشد. هروقت بخواهیم ارتباطی بین مجموعه متغیرهای  $X$  و متغیر ملاک مانند  $Y$  برقرار شود، با یک مساله چند متغیره روبرو هستیم. درتحلیل چنین مساله‌ای انواع

(۱)

همانطور که شرح داده شد، در ساده‌ترین حالت می‌توان  $P(Y=i)$  را تابعی خطی از  $x$  درنظر گرفت ( $\beta = \mathbf{x}i$ ) که  $\beta$  بردار ضرایب رگرسیون است. اما 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  $\beta$   $\mathbf{x}i$  در سمت راست کلیه اعداد حقیقی را شامل می‌شود. یک

(۲)

(۳)

یکسان است تابع انتقال معکوس که بعضاً آنتی - لاجستیک نامیده می‌شود و برای محاسبه ی احتمال برحسب لاجستیک به کار می‌رود عبارت است از:

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

مقدار  $f(z)$  تغییر چندانی نمی‌کند و درحوالی صفر باقی می‌ماند تا این که به یک آستانه رشد برسیم دراین حالت مقدار تابع به سرعت افزایش می یابد تا اینکه به نزدیکی یک برسد و دراین حالت نیز افزایش مقدار  $Z$  تاثیر چندانی برافزایش تابع نخواهد داشت.

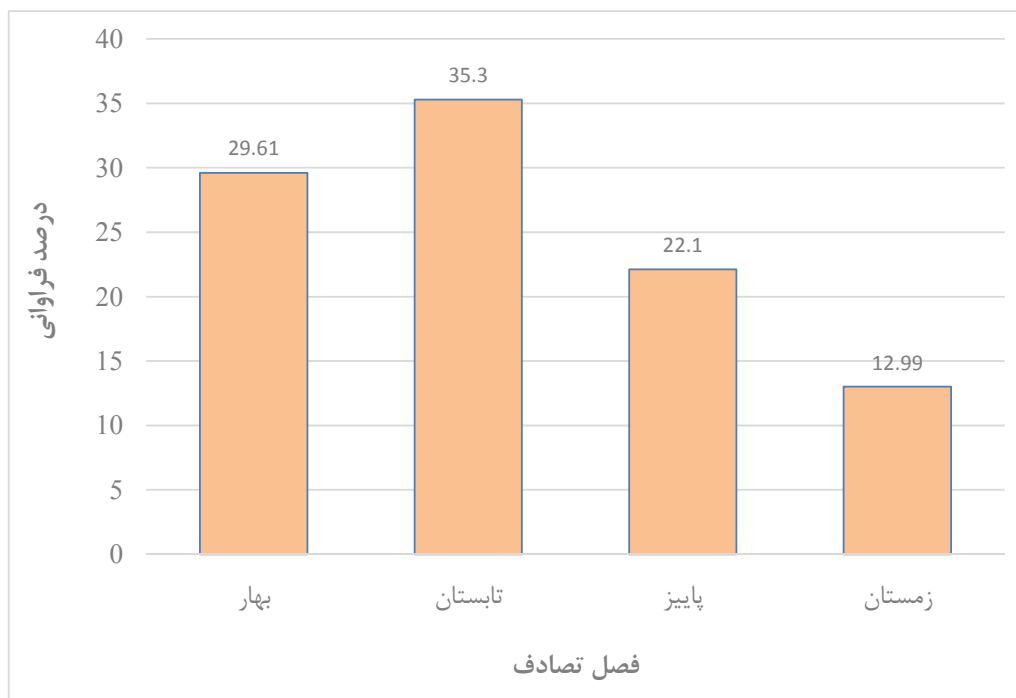
درصدی مربوط به تصادفات در روزهای وسط هفته می‌باشد. شروع هفته و پایان هفته به ترتیب با ۳۵/۲۱ و ۲۵/۵۵ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دادند. این نتایج حاکی از نتایج متفاوت با سایر مطالعات مشابه می‌باشد. به طوری که در تصادفات مشابه روزهای اول و اخر هفته از جمله روزهای تاثیرگذار در تصادفات سایر کاربران راه (عابرپیاده و وسایل نقلیه) می‌باشد. اما در مطالعه حاضر، روزهای وسط هفته مستعد تصادفات موتورسواران می‌باشد.

لاجیت‌ها را می‌توان برحسب میانگین مورد بررسی قرار داد. همچنین  $Z = n_i P_i$  به عنوان لگاریتم نسبت موفقیت  $Z$  به نسبت شکست  $(n_i - Z)$  تعریف می‌شود. نتایج دقیقاً (۴)

این حقیقت که مقدار تابع لاجستیک بین صفر و یک تغییر می‌کند اولین دلیل برای استفاده از این تابع درمبحث احتمالات می‌باشد. دومین دلیل دراین راستا،  $S$  شکل بودن این تابع است به این صورت که اگر از منفی بی نهایت شروع کنیم و به سمت راست حرکت نماییم با افزایش  $Z$

### نتایج

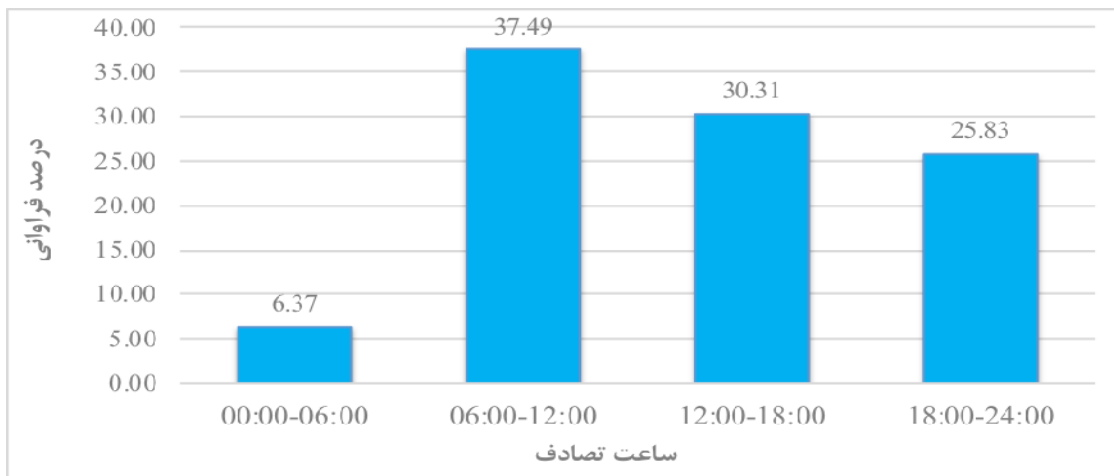
درصد تصادفات موتورسیکلت‌سواران در راه های استان گیلان به تفکیک فصول در شکل زیر نشان داده شده است. مطابق با شکل؛ بیشترین و کمترین درصد تصادفات به ترتیب در تابستان (۳۵/۳ درصد) و زمستان (۱۲/۹۹ درصد) رخ داد. علاوه بر این؛ نرخ تصادف برای سایر فصول بهار (۲۹/۶۱) و فصل پاییز (۲۲/۱۰) درصد می‌باشد. شکل-آمار تصادفات بر اساس روز تصادف در راه های استان گیلان با توجه به روزهای مختلف هفته را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج این شکل، بیشترین میزان تصادفات موتورسواران با سهم ۳۹



شکل ۲. آمار تصادفات بر اساس فصل تصادف



شکل ۳. آمار تصادفات بر اساس روز تصادف

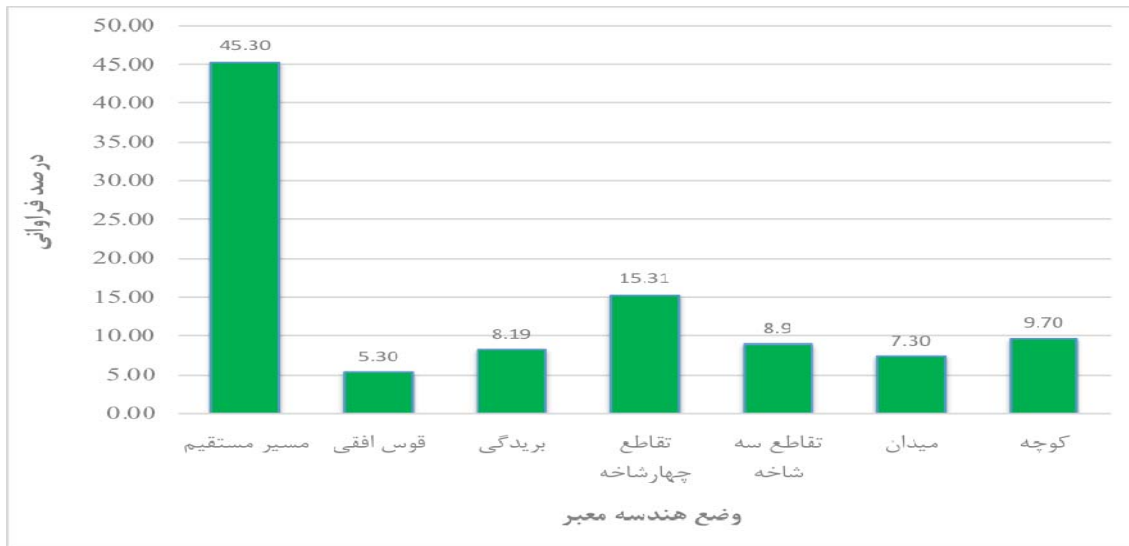


شکل ۴. آمار تصادفات بر اساس ساعت تصادف

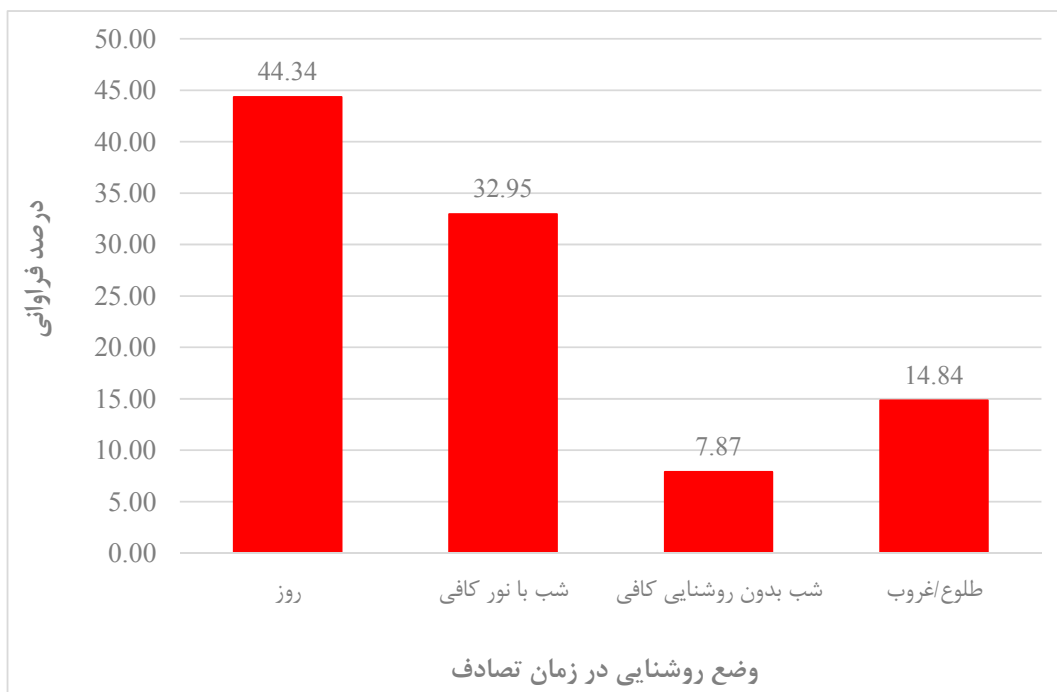
در تصادفات موتورسواران را به تفکیک وضع هندسه معبر نشان می‌دهد. قوس های افقی با  $5/3$  درصد کمترین میزان تصادفات موتورسیکلت سواران را به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۵. آمار تصادفات بر اساس وضعیت روشنایی تصادفات رخ داده در روشنایی روز با  $44/34$  درصد بیشترین میزان آمار را شامل می‌شوند. در رتبه دوم تصادفات در شب با روشنایی کافی که شامل  $32/95$  شد. میزان تصادفات در زمان طلوع/ غروب خورشید شامل  $14/84$  درصد گزارش شده است. شب با روشنایی ناکافی  $7/87$  درصد تصادفات را شامل می‌شود.

شکل-آمار تصادفات بیشترین تصادفات موتورسیکلت سواران در ساعات صبح تا ظهر، یعنی ۶ صبح تا ۱۲ ظهر رخ داد که  $37/49$  درصد از کل تصادفات را تشکیل می‌دادند. از طرف دیگر، کمترین تصادفات این گروه از کاربران راه در استان گیلان، در ساعات نیمه‌شب، یعنی ۱۲ شب تا ۶ صبح ( $6/37$  درصد) رخ داد.

شکل ۴ آمار تصادفات بر اساس وضع هندسه معبر در معابر استان گیلان را به تفکیک هندسه معبر نشان می‌دهد. همانطور که از نتایج پیداست بیشترین میزان تصادفات در مسیرهای مستقیم معابر جاده ای استان گیلان با سهم  $45/3$  درصدی رخ می‌دهد. تقاطعات چهارشاخه و کوچه‌ها رتبه دوم و سوم



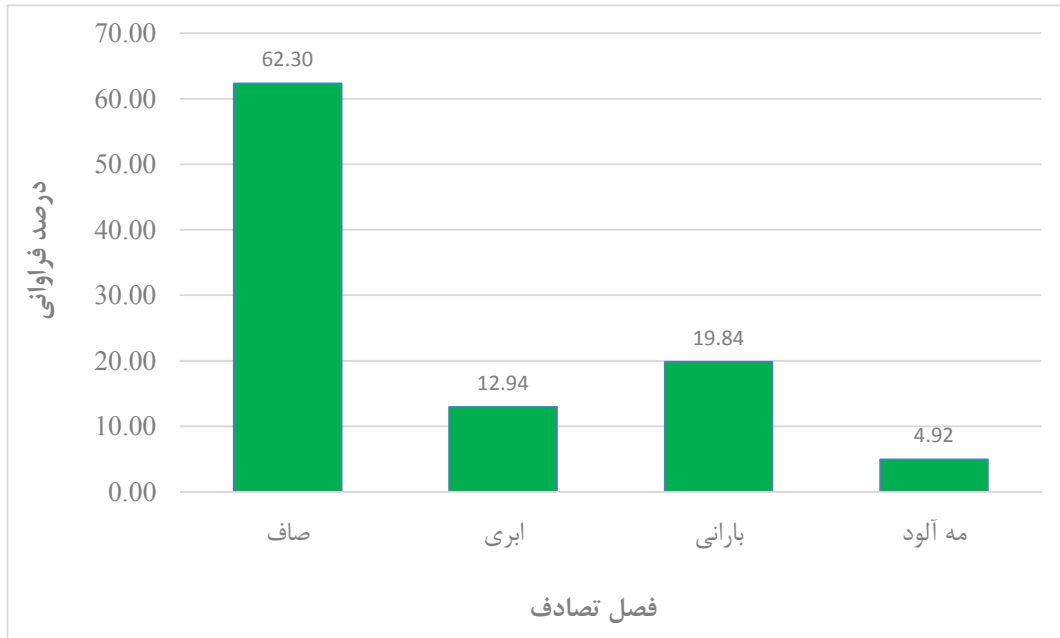
شکل ۵. آمار تصادفات بر اساس وضع هندسه معبر



شکل ۶. آمار تصادفات بر اساس وضعیت روشنایی

میزان تصادفات رخ داده (۶۲/۳۰) در شرایط آب و هوایی صاف رخ داده است.

شکل ۶. آمار تصادفات بر اساس وضعیت هوا در چهار وضعیت آب‌وهوایی مورد بررسی قرار گرفت: صاف، ابری، بارانی، غبارآلود/مه‌آلود. با توجه به آمار تصادفات، بیشترین



شکل ۷. آمار تصادفات بر اساس وضعیت هوا

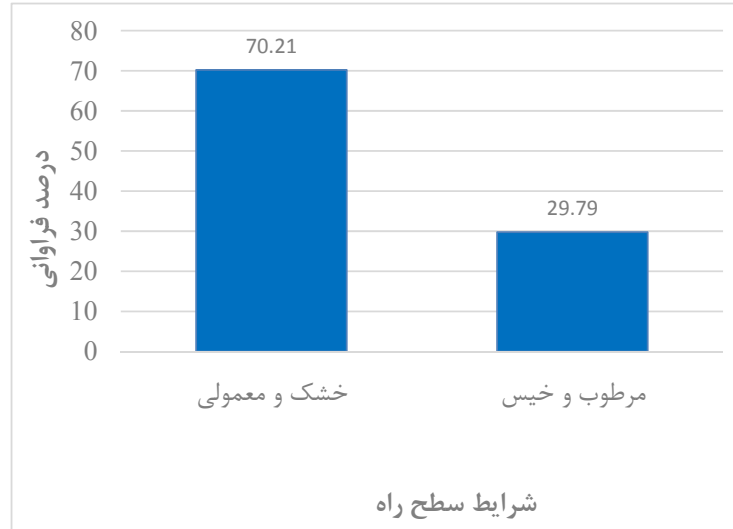
با ۳۳/۹ درصد رتبه دوم در تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند. موتورسواران بالای ۶۰ سال با سهم ۱/۲ درصدی کمترین میزان تصادفات را به خود اختصاص داده است. شکل ۸ آمار تصادفات و نتایج بررسی شرایط سطح راه را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این شکل، بیشترین میزان تصادفات با سهم ۷۰/۲۱ درصدی در شرایط خشک و معمولی رخ می‌دهد. تصادفات در شرایط خیس و مرطوب، ۲۹/۷۹ درصد تصادفات را شامل می‌شود.

شکل ۷ آمار تصادفات و نتایج بررسی سن موتورسواران درگیر در تصادفات استان گیلان را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در این شکل؛ سهم ۵/۶ درصدی تصادفات موتورسیکلت سواران زیر ۱۸ سال با وجود نداشتن گواهی‌نامه و صلاحیت لازم برای راندن موتور سواری می‌باشد. براساس نتایج این شکل، بیشترین میزان تصادفات مختص موتورسواران ۱۸ - ۳۰ سال با سهم ۴۶/۱ درصدی می‌باشد. بعد از این گروه سنی، گروه سنی ۳۰ تا ۴۵ سال



شکل ۸. آمار تصادفات بر اساس سن موتورسواران

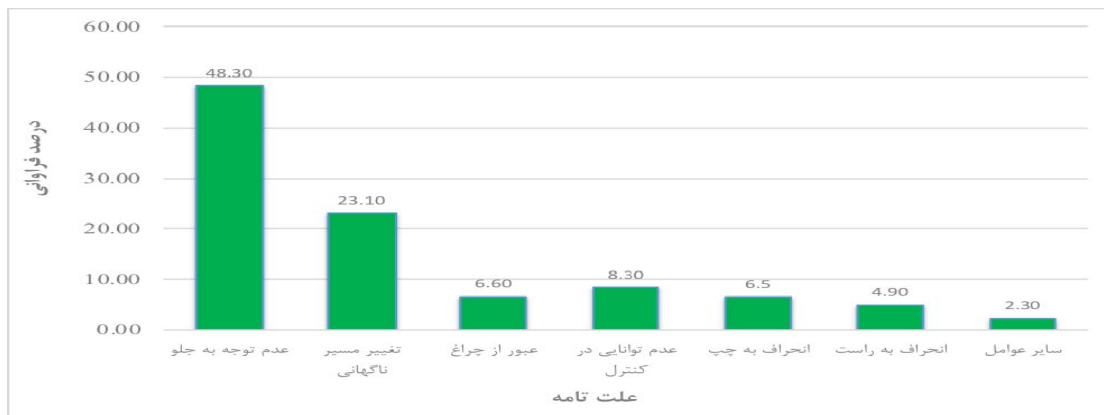




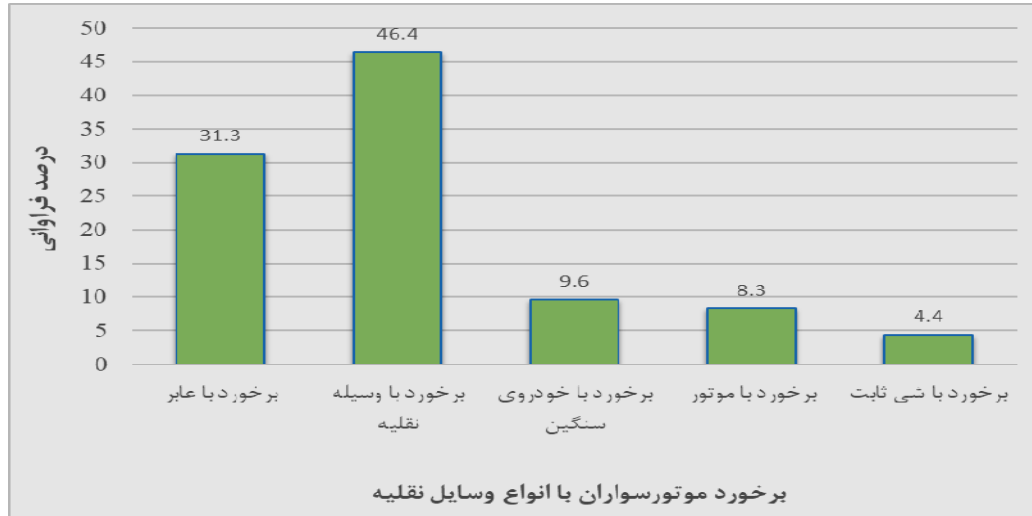
شکل ۹. آمار تصادفات بر اساس شرایط سطح راه

شکل انواع نحوه برخورد موتورسواران را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، ۶۷/۴ درصد از انواع تصادفات موتورسواران با وسایل نقلیه می‌باشد که بیشترین آن‌ها از نوع برخورد پهلو به پهلو می‌باشد. برخورد با عابرین رتبه دوم را به خود اختصاص داده است که شامل ۳۱/۳ درصد از تصادفات می‌باشد. از طرف دیگر؛ تصادفات با شی ثابت با سهم ۴/۴ درصدی کمترین میزان تصادفات را شامل می‌شود. تصادفات از نوع جلو به پهلو با سهم ۲۱/۳ درصدی نیز از جمله تصادفات پرتعداد موتورسواران در معابر جاده‌ای گیلان می‌باشند.

شکل ۹ آمار تصادفات و نتایج بررسی علت تامه را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این شکل، عدم توجه به جلو با سهم ۴۸/۳۰ درصدی بیشترین میزان تصادفات موتورسواران براساس علت تامه نشان می‌دهد. تغییر مسیر ناگهانی و عدم توانایی در کنترل با سهم‌های به ترتیب ۲۳/۱۰ و ۸/۳۰ درصدی بیشترین آمار تصادفات بعد از علت تامه عدم توجه به جلو به خود اختصاص داده است. سایر عوامل از جمله دور زدن در محل ممنوع، عدم رعایت فاصله طولی و غیره با سهم ۲/۳۰ درصدی کمترین میزان علت تامه را به خود اختصاص داده است.



شکل ۱۰. آمار تصادفات براساس علت تامه



شکل ۱۱. نوع برخورد موتورسواران

جدول ۱. نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف

سطح معناداری	آماره آزمون	بیشترین تفاوت‌ها			متغیرها
		منفی	مثبت	مطلق	
۰/۰	0.421	-0.271	0.421	0.421	فصل تصادف
۰/۰	0.528	-0.389	0.528	0.528	ساعت تصادف
۰/۰	0.539	-0.539	0.397	0.539	روز تصادف
۰/۰	0.323	-0.323	0.235	0.323	شرایط سطح راه
۰/۰	0.388	-0.267	0.388	0.388	وضع هندسه معبر
۰/۰	0.516	-0.342	0.516	0.516	وضعیت روشنایی
۰/۰	0.521	-0.721	0.371	0.371	سن موتورسواران
۰/۰	0.268	0.268-	0.172	0.268	نحوه برخورد
۰/۰	0.177	-0.177	0.143	0.177	وضع آب و هوایی
۰/۰	0.184	-0.172	0.184	0.184	علت تامه
۰/۰	0.472	-0.410	0.472	0.472	نوع برخورد



شکل ۱۲. نحوه برخورد موتورسواران

متغیرها قابل قبول نیست. در نتیجه، رتبه بندی یکنواخت نیست. در جدول (۳)، وضعیت رتبه بندی متغیرهای مستقل ارایه شده است که میانگین رتبه هر متغیر را نشان می دهد. هرچه میانگین رتبه بیشتر باشد، اهمیت متغیر بیشتر است. بر اساس جدول-متغیرهای فصل تصادف، علت تامه، شرایط سطح راه و شرایط روشنایی به ترتیب بالاترین رتبه را داشتند. از طرف دیگر، متغیرهای روز و فصل تصادف و سن موتورسواران به ترتیب کمترین اهمیت را در وقوع تصادفات موتورسواران معابر جاده ای استان گیلان داشتند. آزمون فریدمن: در این پژوهش، ۱۱ متغیر مستقل وجود دارد که رتبه هرکدام از این متغیرها با استفاده از آزمون فریدمن ارزیابی شده است. آزمون فریدمن برای بررسی برابری رتبه ای سطح متغیرها استفاده می شود. جدول (۲) حجم نمونه آماری (تعداد داده ها)، آماره مربع کای، درجه آزادی و سطح معناداری ( $\alpha$ ) را نشان می دهد. همان طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، سطح پایین تر معناداری  $\alpha$  از ۵ درصد نشان می دهد که فرض صفر ( $H_0$ ) رد شده و ادعای برابری رتبه متغیرها قابل قبول نیست.

آزمون کلموگروف-اسمیرنوف: برای ارزیابی نرمال بودن داده ها، از توزیع آماری داده ها باید اطمینان حاصل کرد؛ لذا از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده های ۱۱ متغیر مورد مطالعه استفاده شده است. جدول نتایج این آزمون از متغیرها را نشان می دهد. نمونه ای از دیتای بکار رفته در این پژوهش در پیوست ارائه شده است. جدول ۱ نشان می دهد که سطح معناداری در آزمون کلموگروف-اسمیرنوف کمتر از ۰/۰۵ بوده و لذا فرض صفر ( $H_0$ ) که توزیع نرمال متغیرهاست، رد می شود و فرض مخالف ( $H_1$ ) پذیرفته می شود؛ بنابراین توزیع نرمال نیست و آزمون های ناپارامتریک باید استفاده شود.

آزمون فریدمن: در این پژوهش، ۱۱ متغیر مستقل وجود دارد که رتبه هرکدام از این متغیرها با استفاده از آزمون فریدمن ارزیابی شده است. آزمون فریدمن برای بررسی برابری رتبه ای سطح متغیرها استفاده می شود. جدول-حجم نمونه آماری (تعداد داده ها)، آماره مربع کای، درجه آزادی و سطح معناداری ( $\alpha$ ) را نشان می دهد. همان طور که در جدول نشان داده شده است، سطح پایین تر معناداری  $\alpha$  از ۵ درصد نشان می دهد که فرض صفر ( $H_0$ ) رد شده و ادعای برابری رتبه

جدول ۲. نتایج آزمون فریدمن

سطح معناداری	درجه آزادی	مربع کای	تعداد داده‌ها
۰/۰	۱۰	۳۰۱۸/۳۴۵	۱۰۶۸۱

جدول ۳. رتبه متغیرها در آزمون فریدمن

رتبه	میانگین	متغیرها
۱	۲/۲۵	فصل تصادف
۲	۴/۴۶	علت تامه
۳	۵/۸۱	شرایط سطح راه
۴	۶/۵۴	شرایط روشنایی
۵	۷/۱۰	وضع هندسه معبر
۶	۸/۵۸	نوع برخورد
۷	۹/۷۷	نحوه برخورد
۸	۱۰/۶۸	ساعت تصادف
۹	۱۱/۵۲	روز تصادف
۱۰	۱۲/۰۷	فصل تصادف
۱۱	۱۳/۵۶	سن موتورسواران

جدول ۴. نتایج آزمون فریدمن

سطح معناداری	درجه آزادی	مربع کای	تعداد داده‌ها
۰/۰	۱۰	۳۰۱۸/۳۴۵	۱۰۶۸۱

جدول ۵. رتبه متغیرها در آزمون فریدمن

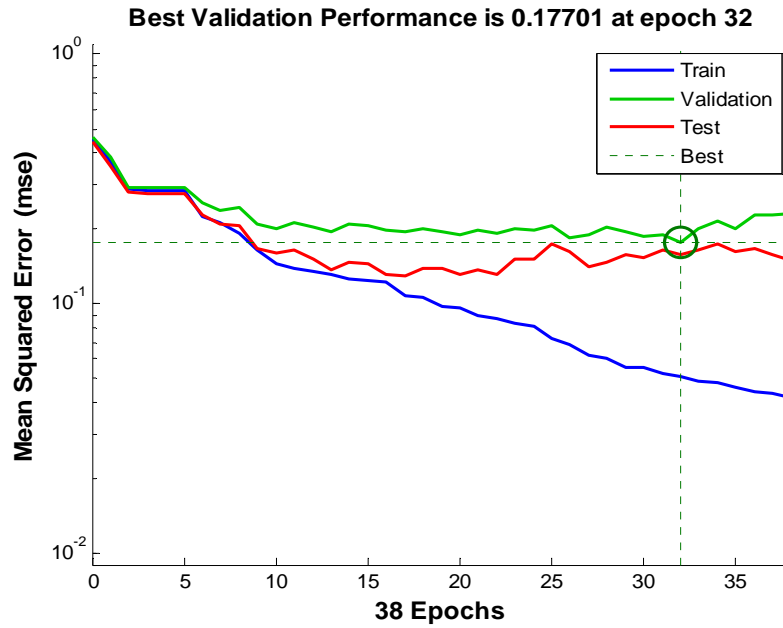
رتبه	میانگین	متغیرها
۱	۲/۲۵	فصل تصادف
۲	۴/۴۶	علت تامه
۳	۵/۸۱	شرایط سطح راه
۴	۶/۵۴	شرایط روشنایی
۵	۷/۱۰	وضع هندسه معبر
۶	۸/۵۸	نوع برخورد
۷	۹/۷۷	نحوه برخورد
۸	۱۰/۶۸	ساعت تصادف
۹	۱۱/۵۲	روز تصادف
۱۰	۱۲/۰۷	فصل تصادف
۱۱	۱۳/۵۶	سن موتورسواران

۰/۰۵۱۰۵۵۵ نشان‌دهنده بهترین نقطه برای پایان محاسبات و ایجاد شبکه عصبی مصنوعی برای اطلاعات داده شده می‌باشد.

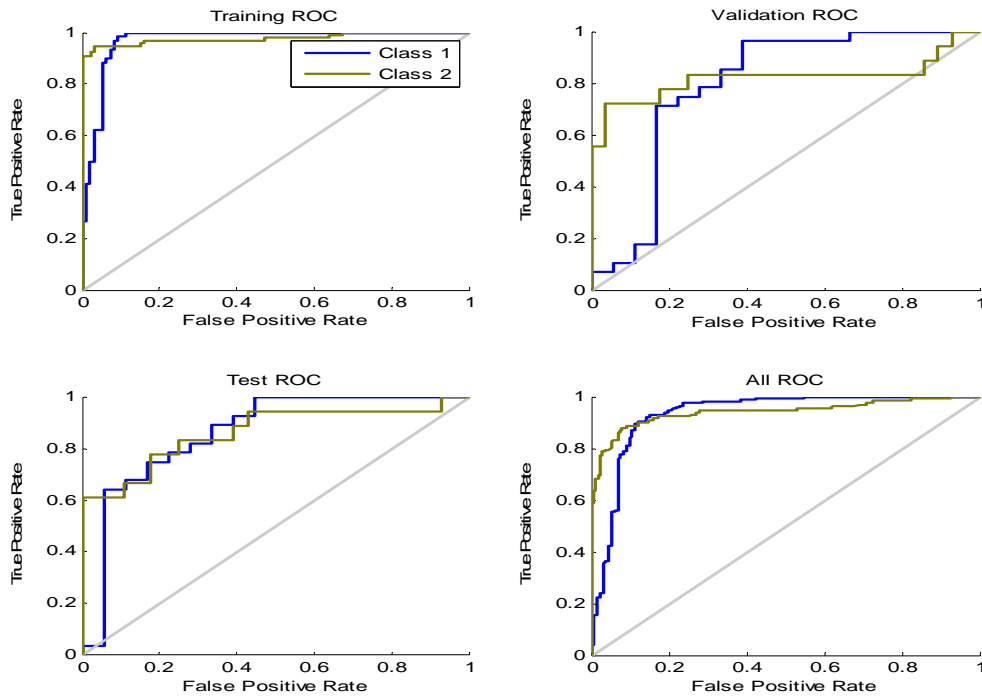
شکل ۱۳ تحلیل‌کننده حساسیت شبکه ساخته شده نسبت به پیش‌بینی صحیح برای تصادفات موتورسواران معابر جاده‌ای گیلان می‌باشد. Class 1 در نمودار بیانگر دقت شبکه برای تصادفات موجود و Class 2 بیانگر دقت پیش‌بینی شبکه برای تصادفات آتی است. هر چه منحنی به سمت بالا و چپ متمایل باشد، نشان‌دهنده قدرت بیشتر شبکه در تخمین و پیش‌بینی صحیح‌تر می‌باشد.

بر اساس جدول، متغیرهای فصل تصادف، علت تامه، شرایط سطح راه و شرایط روشنایی به ترتیب بالاترین رتبه را داشتند. از طرف دیگر، متغیرهای روز و فصل تصادف و سن موتورسواران به ترتیب کمترین اهمیت را در وقوع تصادفات موتورسواران معابر جاده‌ای استان گیلان داشتند.

نتایج شبکه عصبی مصنوعی: شکل نشان می‌دهد که پس از ۳۸ تکرار فرآیند آموزش متوقف می‌شود. نقطه مشخص شده دایره شکل روی نمودار نشان می‌دهد که از این نقطه به بعد دیگر جواب‌ها رو به بهبودی نمی‌روند و این نقطه به عنوان نقطه مصالحه با مقدار میانگین مربع خطای



شکل ۱۳. مودار عملکرد فرآیند آموزش شبکه عصبی تصادفات موتورسیکلت سواران استان گیلان



شکل ۱۴. نمودار ROC شبکه عصبی ساخته شده برای تصادفات موتورسواران استان گیلان

## ۵- نتیجه گیری

هندسه معبر تحت عامل سوم، فصل تصادف، روز تصادف و نوع برخورد تحت عامل چهارم و سن موتورسواران عامل آخر در این نوع از تصادفات می‌باشد.

-روش رو به عقب با توجه به دو معیار خوبی برازش ۰/۹۰۴۵ و درصد صحیح ۸۹/۳ بهترین روش برای ساخت مدل لوجیت شدت تصادفات موتورسیکلت‌سواران انتخاب شدند که نسبت به دو روش دیگر جهت مدلسازی لوجیت دارای مقادیر بالاتری می‌باشد.

-با توجه به مدل لوجیت به دست آمده از تصادفات موتورسیکلت‌سواران مشخص شد که متغیرهای فصل بهار، ساعت ۶ تا ۱۲ و ۱۸ تا ۲۴، شرایط سطح خشک، شرایط روشنایی شب بدون نور کافی؛ وضع آب و هوایی بارانی؛ عدم توجه به جلو و تغییر مسیر ناگهانی، احتمال وقوع تصادفات موتورسواران معابر جاده‌ای گیلان را افزایش می‌دهند. همچنین در این مدل، متغیرهای روزهای وسط هفته در تصادفات، مسیر مستقیم در تصادفات و سن ۱۸ تا ۳۰ موتورسواران، احتمال رخداد تصادفات را کاهش می‌دهند.

-براساس مدل شبکه عصبی؛ مقادیر علت تامه و وضع روشنایی و وضع آب و هوا به ترتیب بیشترین تأثیر را در شدت تصادفات موتورسواران معابر گیلان داشته‌اند. همچنین مدل شبکه عصبی با مقادیر R2، ۰/۳۱/۹۳، دقت بالاتری را نسبت به مدل لوجیت نشان داد.

نتایج بدست آمده مطالعه حاضر به شرح زیر می‌باشد:  
-نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف نشان می‌دهد که آزمون معنی‌دار است در نتیجه این ابعاد از توزیع نرمال برخوردار نیستند.

بنابراین از آزمون‌های ناپارامتریک جهت تحلیل متغیرهای تأثیرگذار بر شدت تصادفات موتورسیکلت‌سواران باید برای استنباط بهره گرفت.

-نتایج تحلیل فیریدمن بر روی ۱۰ متغیر تأثیرگذار بر شدت تصادفات موتورسیکلت‌سواران استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. متغیرهای فصل تصادف، علت تامه، شرایط سطح راه و شرایط روشنایی به ترتیب بالاترین رتبه را داشتند. از طرف دیگر، متغیرهای روز و فصل تصادف و سن موتورسواران به ترتیب کمترین اهمیت را در وقوع تصادفات موتورسواران معابر جاده‌ای استان گیلان داشتند.

-تحلیل عاملی نشان می‌دهد که متغیرهای وضعیت هوا، شرایط سطح راه و وضعیت روشنایی تحت اولین عامل مؤثر در تصادفات موتورسواران استان گیلان قرار گرفتند؛ بنابراین می‌توان گفت که این عامل، اولین عامل مؤثر در تصادفات موتورسواران در راه‌های استان گیلان بوده است که تأثیر مثبتی (بسته به مقدار ضریب) در وقوع تصادفات دارد. همچنین نحوه برخورد و علت تامه تحت عامل دوم مؤثر در تصادفات قرار گرفته‌اند. به‌طور مشابه، ساعت تصادف و وضع

## ۶- مراجع

Analysis", Computational Research Progress in Applied Science & Engineering (CRPASE), 2(2).

-Braitman KA, K.B., McCartt AT, Chaudhary NK, (2008), "Crashes of novice teenage drivers: Characteristics and contributing factors", Journal of Safety Research [Internet], 39(1), pp. 47-54.

-Ćosić, M., L. Šimunović, and M. Jakovljević, (2019), "Relationships Between External Factors and Pedestrian Accident Blackspots, A Case Study of the City of Zagreb", Promet-Traffic&Transportation, 31(3), pp. 329-340.

-Amin, S., Backpropagation-Artificial Neural Network (BP-ANN), (2020), "Understanding gender characteristics of older driver accidents in West Midlands of United Kingdom", Safety science, 122, pp. 104539.

-Ang, B.H., W.S. Chen, and S.W.H. Lee, (2017), "Global burden of road traffic accidents in older adults: a systematic review and meta-regression analysis", Archives of gerontology and geriatrics, 72, pp. 32-38.

-Bargegol, I. and M. Keyoumars, (2016), "An Investigation on Pedestrian Accident Severity in Urban Streets Using Path

-Liu, J., et al., (2019), “Exploring factors affecting the severity of night-time vehicle accidents under low illumination conditions”, *Advances in Mechanical Engineering*, 11(4), pp. 1687814019840940.

-Moafian, G., et al., (2013), “An epidemiologic survey of road traffic accidents in Iran: analysis of driver-related factors”, *Chinese journal of traumatology*, 16(3), pp. 140-144.

-Salmon, P.M., et al., (2019), “Bad behaviour or societal failure? Perceptions of the factors contributing to drivers' engagement in the fatal five driving behaviours”, *Applied ergonomics*, 74: pp. 162-171.

-Vorko-Jović, A., J. Kern, and Z. Biloglav, (2006), “Risk factors in urban road traffic accidents”, *Journal of safety research*, 37(1), pp. 93-98.

-Wang, L., et al., (2019), “Road traffic mortality in China: analysis of national surveillance data from 2006 to 2016”, *The Lancet Public Health*, 4(5), pp. e245-e255.

-Galanis, A., G. Botzoris, and N. Eliou, (2017), “Pedestrian road safety in relation to urban road type and traffic flow”, *Transportation research procedia*, 24, pp. 220-227.

-Hakamies-Blomqvist, L. and P. Henriksson, (1999), “Cohort effects in older drivers' accident type distribution: are older drivers as old as they used to be?” *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 2(3), pp. 131-138.

-Kar, S., et al., (2016), “Pattern of road traffic accidents in Bhubaneswar, Odisha. *Clinical epidemiology and global health*”, 4(3), pp. 115-119.

-Lee, J., et al., (2018), “Traffic accident severity analysis with rain-related factors using structural equation modeling—A case study of Seoul City”, *Accident Analysis & Prevention*, 112, pp. 1-10.



# Statistics and Modeling of the Severity of Motorcycle Accidents on The Roads of Gilan Province Through Regression and Artificial Neural Network Method

*Rezvan Babagoli, Assistant Professor, Department of Civil Engineering,  
University of Science and Technology of Mazandaran, Behshahr, Iran.  
Hamoon Fallah, M.Sc., Student, Department of Engineering, ARYAN Institute of Science  
and Technology, Amirkola, Mazandaran, Iran.*

*E-mail: rezvan\_babagoli@yahoo.com*

Received: February 2023- Accepted: July 2023

## **ABSTRACT**

Accidents impose irreparable costs on the economy of countries every year. In addition, many of the death statistics are related to accidents, which can endanger the human factor itself, which is the driving factor of the economy. In the meantime, one of the road users who is very exposed to accidents, it is the motorcycle riders who every year include a large part of the dead and injured in the accidents, the main purpose of which is to investigate the variables affecting the accidents of motorcycle riders. Collecting information on accidents as well as using various statistical and modeling methods such as Friedman, Aamili, Logit model and neural network to investigate the effect of each of these variables. The results showed that the variables of accident season, cause of accident, road surface conditions and lighting conditions had the highest rank respectively. On the other hand, the variables of the day and season of the accident and the age of motorcyclists, respectively, had the least importance in the occurrence of motorcyclist accidents on the roads of Gilan province. In addition to these variables, weather conditions, road surface conditions and lighting conditions were the first effective factors in the accidents of motorcyclists in Gilan province; According to the logit model obtained from the accidents of motorcycle riders, it was found that the variables of spring season, 6 to 12 and 18 to 24, dry surface conditions, night lighting conditions without sufficient light; rainy weather; Failure to pay attention to the front and sudden change of direction increase the possibility of accidents of motorcyclists on Gilan road crossings. based on the neural network model; The values of cause, lighting conditions and weather conditions respectively have the greatest effect on the severity of motorcyclist accidents on Gilan roads. Also, the neural network model with R2 values of 93.31 showed higher accuracy than the logit model.

**Keywords:** Safety, Transportation, Traffic, Accident, Motorcyclists