تحلیل شدت حوادث جاده‌ای با توجه به نوع خودور

مقاله علمی- پژوهشی

علی جهان*، دانشیار، گروه مهندسی صنایع، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
افشین عباسپور، دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی صنایع، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
سروش صفاخواه، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: *ali.jahan@iau.ac.ir*
دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳- پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۵
صفحه ۱۰۶-۹۳

چکیده

ایمنی جاده یک مساله شناخته شده هم برای کشورهای توسعه یافته و هم در حال توسعه است. از سه عامل جاده، خودرو، و راننده که در شکل‌گیری تصادفات جاده‌ای نقش دارند، این تحقیق نقش خودروها را در شدت حوادث مورد تحلیل قرار داده است. بدین منظور ابتدا رتبه بندی نوع وسیله مقصر با استفاده از روشهای تصمیم گیری چند شاخصه انجام شد و مشخص گردید که بالاترین شدت تصادف مشترکا مربوط به "تانکرهای سوختی حامل مواد خطرناک و قابل اشتعال" و "دوچرخه یا موتور سیکلت" است اما از آنجائی که بیشترین فراوانی حوادث جاده مربوط به خودروهای سواری بود، در بخش دوم مطالعه به رتبه‌بندی شدت تصادف انواع خودرو سواری پرداخته شد. رتبه بندی خودروها تحت دو سناریوی وزن دهی برای خودروهایی که دارای فراوانی تصادف بالاتری بودند، انجام شد و رتبه نهائی از نظر شدت حوادث جاده ای با استفاده از روش کپ لند تعیین گردید. در ادامه تاثیر متغیر سن راننده نیز با استفاده روش آنالیز واریانس مبتنی بر اندازه گیری مکرر مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که سن راننده نیز بر احتمال جرحی یا منجر به فوتی بودن تصادف تاثیر گذار است.

واژه کلیدی: تصادفات جاده ای، رتبه بندی خودرو ها، شدت حادثه، آنالیز واریانس اندازه گیری مکرر

۱-مقدمه

تصادفات خودرو سالانه منجر به بیش از ۱/۲ میلیون مرگ (Violence, Prevention, & Organization, 2013) و تعداد بسیار بیشتری تصادف غیر فوتی در دنیا می شود. حدود ۹۰ درصد سوانح جرحی یا فوتی مربوط به کشورهای با درآمد پایین یا متوسط است، درحالیکه فقط ٥٤ درصد از خودروها در داخل این کشورهاست (Iyanda, 2019). برای افزایش ایمنی جاده‌ها لازم است توجهات بر اقدامات پیشگیرانه متمرکز شود. مطالعات متنوع و گسترده ای در این خصوص انجام شده است. بهزادی و کیاپور(Masoud Kiapour, 2016) به ارزیابی متغیرهای مؤثر بر ایمنی راههای دو خطه دو طرفه بین شهری به روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) پرداختند. در این پژوهش سه معیار اصلی به منظور ارزیابی متغیرهای موثر بر ایمنی راه‌های دو خطه دوطرفه بین شهری شناسایی شده است. خصوصیات هندسی راه با وزن نسبی ۰/۵۷۳ بیشترین اهمیت، ویژگی‌های ترافیکی با وزن

نسبی ۰/۲۳۳ در اولویت بعدی، و ویژگی‌های محیطی با وزن نسبی ۰/۱۹۵ در اولویت سوم قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده از اولویت‌بندی معیارهای فرعی با استفاده از نظر خبرگان و نرم افزار Expert Choice معیار فرعی شعاع قوس با وزن نسبی معادل ۰/۱۰۵ بالاترین رتبه برخوردار گردیده است. معیارهای فرعی شرایط جوی و زیبا سازی بدنه راه با وزن‌های نسبی ۰/۰۱۷ و ۰/۰۱۱ الویتهای ۲۰ , ۲۱ را در میان ۲۱ زیر معیار مورد بررسی به خود اختصاص دادند. ریدر و همکاران (Ryder, Gahr, Egolf, Dahlinger, & Wortmann, 2017) یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری درون خودرویی ارائه نمودند که با توجه به آمار تصادفات در طول یک مسیر و تعداد وقوع آن و اعلام آن به راننده، باعث افزایش احتیاط رانندگان در مسیرهایی می گردید که ریسک تصادف بالایی داشتند. این سیستم در مرحله آزمایش باعث گردید تا وقتی رانندگان به نقاط مورد نظر که از نظر سوانح جاده ای دارای ریسک بالایی است می‌رسند رفتار و عکس العمل مناسب تری از خود نشان دهند. دلجو و همکاران (FARAHANI DELJOO, SAGHEHEI, & AZHARI, 2012) به شناسایی و ارزیابی خطاهای بالقوه عملیات امداد و نجات تصادفات جاده‌ای پرداختند. در این تحقیق برای شناسایی و تحلیل خطاهای بالقوه موجود در عملیات امداد و نجات جاده ای از مدل تجزیه و تحلیل حالات بالقوه خطا استفاده گردیده است. عملیات امداد و نجات به ۲ فرایند، ۱۲ زیرفرایند و ۵۳ فعالیت تقسیم گردیده و در مجموع در هر دو فرایند ۱۴۷ خطا شناسایی، تحلیل و دلایل بالقوه آنها بررسی گردید. از خطاهای شناسایی شده، حدود ۴۸ درصد مربوط به نیروی انسانی، ۲۴ درصد مربوط به نقص تجهیزات، ۱۱ درصد مربوط به روش و فرایند و الباقی به سایر موارد چون سیستم و محیط و غیره مربوط بودند. جهان و همکاران (Jahan, Khatami, & Abbaspour, 2018) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و تحلیل ریسکهای احتمالی سفر و با تمرکز بر روی نقص‌های فنی که سبب بروز آتش سوزی در اتوبوس‌های اسکانیا شرکت عقاب و در نتیجه باعث اختلال در ترافیک بین جاده‌ای می‌گردید، سعی در ارایه راهکاری جهت کاهش حوادث و تلفات جاده‌های برون شهری داشتند. بهشتی نیا و برگ بید (Beheshti Nia & Bargbid, 2019) با استفاده از مدلی ترکیبی به شناسایی عوامل موثر در مخاطرات حمل و نقل زمینی و اولویت‌بندی نقاط حادثه خیز در مسیر نیشابور–سبزوار پرداختند. نویسندگان سعی در ارایه روشی جهت اولویت بندی نقاط حادثه خیز مسیرهای مختلف با درنظر گرفتن معیارهای مختلف طبیعی و محیطی تاثیرگذار بر حوادث جاده‌ای داشتند. در ابتدا معیارها با استفاده از مطالعه ادبیات موضوع و نظر خبرگان شناسایی شده و وزن هریک از معیارهای کمی و کیفی با استفاده از روش منطق دیجیتال بهبود یافته (MDL) محاسبه شد. سپس با نظر خبرگان و با توجه به ابلاغیه‌های وزارت راه و شهرسازی، ۷ نقطه حادثه‌خیز شناسایی شد در نهایت با استفاده روش تاپسیس (TOPSIS) گروهی اولویت بندی نقاط مذکور انجام گردید. نتایج نشان داد به ترتیب ۳ فاکتور تعداد تلفات فوتی، سرعت مجاز و تعداد تصادفات جرحی بیشترین اهمیت را دارند. رضائی نور و همکاران(Rezaeenour, hasanzade, & Jamshidi, 2018) با استفاده از از روش واسپاس که یکی از تکنیک‌های تصمیم گیری چندمعیاره است، به شناسایی نقاط پرحادثه درمحور قم – تهران پرداختند. احدی و همکاران (AHADI, DOAGOUYAN, & TAVANGAR, 2010) بررسی نقش وسایل نقلیه سنگین در تصادفات جاده‌ای را در محور هراز مورد مطالعه قرار دادند. این تحقیق با روش پیمایشی و بهره گیری از دو جامعه آماری افسران و متخصصان ترافیک و رانندگان وسایل نقلیه سنگین صورت گرفته و برای جمع‌آوری اطلاعات، نویسندگان تلاش کرده‌اند که از ابزار پرسشنامه استفاده نمایند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که سن، میزان کارآیی و نوع وسایل نقلیه سنگین در تصادفات جاده‌ها نقش دارند. گانیویچ و همکاران (Goniewicz, Goniewicz, Pawłowski, & Fiedor, 2016) در مطالعه‌ای در کشور لهستان مهمترین عامل تصادفات را عدم کنترل ناشی از سرعت بالا به دلیل مصرف الکل، عدم وجود زیرساخت‌های مناسب و پایین بودن استانداردهای خودرو اعلام کردند. براقتون به مقایسه تصادفات مبتنی بر مدل خودروها پرداخت (Broughton, 1996) معمولاً در تصادفات جاده‌ای عوامل مختلفی سبب بروز رخداد می‌گردند، ولی از آنجایی که استاندارد خاصی جهت محاسبه ریسک تصادفات و احتمال وقوع آن برای یک خودرو خاص وجود ندارد، بدین سبب تعداد کشته شدگان و مجروحین در هر سانحه مبنای ایمن بود هر مدل

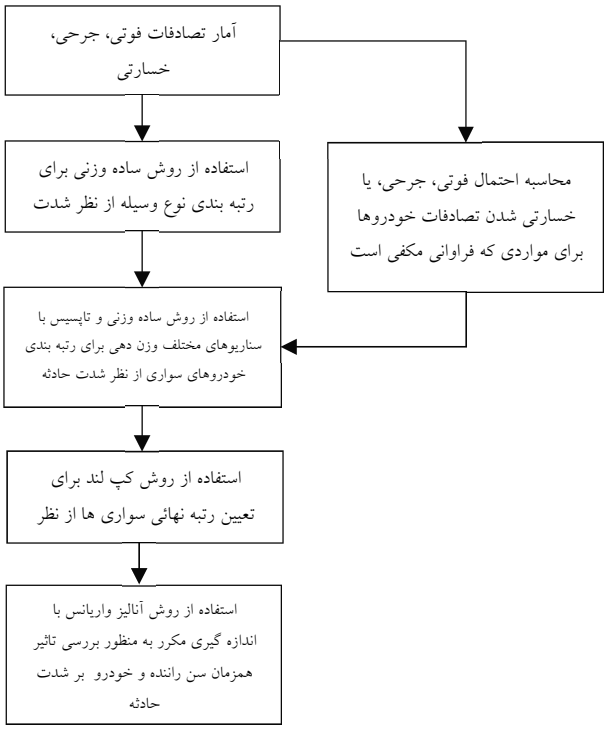
خودرو قرار می‌گیرد. در سال ۲۰۰۸ نرخ آسیب دیدگی رانندگان بر اساس سایز خودرو در تصادفات دو به دو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Broughton, 2008). در سال ۲۰۱۲ در کشور انگلستان تاثیر مدل خودرو بر میزان تلفات رانندگان بررسی گردید و مشخص شد که خودروهای مدرن در هنگام تصادف از سرنشینان بهتر حفاظت می کنند (Broughton, 2012). مطالعه ونزل(Wenzel, 2013) در آمریکا نشان داد که خودروهایی که دارای ایربگ کناری هستند آمار تلفات آنها بسیار کمتر از خودروهایی است که فاقد ایربگهای کناری هستند. همچنین تنظیم بهتر سپر کامیون‌ها می‌تواند ریسک شدت تصادف را برای خودروی مقابل کاهش دهد. داتا و همکاران (Das, Dutta, & Geedipally, 2019) به بررسی تاثیر خرابیهای خودرو بر شدت تصادفات پرداختند. خرابی های خودرو می تواند بر ایمنی جاده تاثیر گذار باشد چرا که منجر به افزایش تصادفات ترافیکی خواهند شد. نتایج این تحقیق نشان داد که سن خودرو با شدت حادثه ارتباط مستقیم دارد. همچنین لاستیک‌های سائیده و ترمزهای خراب از عوامل شایع خرابیهای خودرو هستند. علیرغم تحقیقاتی متنوعی که در دنیا در خصوص ارتباط بین خودرو و شدت حادثه انجام شده است، در این زمینه هیچ مطالعه‌ای منتشر شده ای در ایران وجود ندارد. در ایران وظیفه جمع‌آوری داده‌های آماری تصادفات جاده ای از بابت نوع خودرو، پلاک خودرو (مربوط به هر شهرستان)، جنسیت راننده، وضعیت محیطی، وضعیت آب و هوایی و ... بر عهده پلیس راهور می‌باشد که بر اساس فرم کام ۱۱٤ می‌باشد. داده‌های این فرم از این جهت دارای اهمیت هستند که می‌توان بر اساس داده‌های جمع آوری شده احتمال تصادف هر نوع خودرو بر اساس مدل را به دست آورد که این امر می‌تواند بازخورد مناسبی برای طراحان و تولیدکنندگان خودروها بویژه صنعت داخل کشور باشد. شدت تصادفات بر اساس نوع خودرو بر پایه خسارات جرحی، فوتی و سازشی تعیین می‌گردند. در این راستا اصطلاح "ایمنی ثانویه" به میزان حفاظت یک خودرو از سرنشینان خود هنگام وقوع تصادف اشاره دارد (Broughton, 2003).

۲- مواد و روش‌ها

مسیر مورد مطالعه هر ساله بطور متوسط پذیرای هشتاد و پنج میلیون خودرو سبک و سنگین عبوری است که عمده آن تولید داخل کشور می‌باشند. این حجم ترافیک عبوری بصورت سالیانه احتمال رخداد سانحه را نیز بالا می‌برد و هدف از این مطالعه رتبه بندی خودروهای عبوری بر اساس شدت حادثه می‌باشد. مقدار خسارت با توجه به نوع و مدل اتومبیل فرق می‌کند و نشان دهنده این است که کدام خودرو پتانسیل حفاظت بیشتر از مسافران در هنگام وقوع سانحه را دارد (Broughton, 1996). اهمیت این موضوع از این جهت می‌باشد که می‌تواند مبنا و زیربنای صحیحی را جدای از جو روانی نسبت به خودروهای تولید داخل، جهت بررسی عمیق تر خودروهای عامل تصادف و براساس شدت آن ایجاد نموده و بستری جهت بهبود اقدامات پیشگیرانه ایجاد نماید. داده‌های استفاده شده در این تحقیق بر اساس آمار تصادفات اداره کل پلیس راهور استان سمنان است که در سال ۹۷ استخراج گردیده بوده که شامل اطلاعات کامل هر تصادف اتفاق افتاده در محور تهران-مشهد (محدوده استان سمنان) می‌باشد. شکل ۱ خلاصه مراحل پیشنهادی انجام تحقیق را نشان می‌دهد.

۱-۲-روش جمع وزنی

روش وزن‌دهی ساده، ساده‌ترین روش تصمیم گیری چندمعیاره می‌باشد. این روش در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارائه شد(Hwang & Yoon, 1981) که با نام روش ترکیب خطی وزن دار نیز شناخته می‌شود. پس از بی‌مقیاس‌کردن ماتریس تصمیم، با استفاده از ضرایب وزنی معیارها، ماتریس تصمیم بی مقیاس شده وزن دار به دست آمده و با توجه به این ماتریس، امتیازهای هر گزینه محاسبه می‌شود، به این معنی که اگر در یک مسئله تصمیم گیری چندمعیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش وزن‌دهی ساده مراحل کمی‌کردن ماتریس، بی‌قیاس‌سازی خطی مقادیر ماتریس، ضرب ماتریس بی مقیاس شده در اوزان شاخص‌ها و در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها که انتخاب A* می‌باشد انجام می‌گیرد.



شکل ۱. گامهای پیشنهادی در انجام تحقیق

۲-۲- تکنیک تاپسیس

واژه تاپسیس به معنی روش‌های ترجیح براساس مشابهت به راه حل ایده‌آل است. این مدل توسط هوانگ یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد (Hwang & Yoon, 1981). در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. راه حل ایده آل مثبت، راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله (شکل ۲) از راه حل ایده‌آل و در عین حال دورترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی دارد. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایده‌آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند. در اینجا A+و A- به ترتیب، راه حل ایده آل و راه حل ایده‌آل منفی است. گزینه $A1$ به نسبت گزینه $A2$ فاصله کمتری تا راه حل ایده آل و فاصله بیشتری را تا راه حل ایده آل منفی دارد. دراین روش علاوه بردرنظرگرفتن فاصله یک گزینه Ai ازنقطه ایده آل، فاصله آن از نقطه ایدآل منفی هم درنظرگرفته می‌شود. بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه حل ایدآل بوده ودرعین حال دارای دورترین فاصله ازراه حل منفی باشد. واقعیات زیربنایی این روش بدین قرار است:

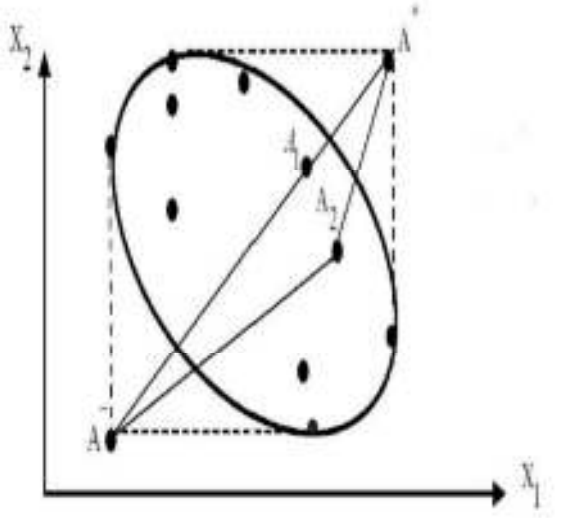
الف) مطلوبیت هرشاخص باید به طور یکنواخت افزایشی (یا کاهشی) باشد (هر چه r_{ij} بیشتر، مطلوبیت بیشتر و برعکس) که بدین صورت بهترین ارزش موجود از یک هدف نشان دهنده ایده‌آل نبوده و بدترین ارزش موجود ازآن مشخص کننده ایده‌آل منفی برای آن خواهد بود.

ب: فاصله یک گزینه ازایده‌آل (یا از ایده‌آل منفی) ممکن است به صورت فاصله اقلیدسی (از توان دوم) و یا به صورت مجموع قدرمطلق از فواصل خطی (معروف به فواصل بلوکی) محاسبه گردد، که این امر بستگی به‌نرخ تبادل و جایگزینی در بین شاخص‌ها دارد.

الگوریتم این روش به صورت قدم‌های زیر می‌باشد:

قدم اول: ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده، با استفاده از رابطه (۱)، تبدیل می‌شود.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} {r_{ij}}^2}} \qquad (۱)$$



شکل ۲. فاصله‌های اقلیدسی راه‌حل ایده‌آل و راه‌حل ایده‌آل منفی در فضای دوبعدی

قدم دوم- ایجاد ماتریس بی‌مقیاس وزنی با مفروض بودن بردار W به عنوان ورودی به الگوریتم، یعنی:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$$

$$\text{ماتریس بی‌مقیاس وزین} = N_D . W_{n\times n} \qquad (۲)$$

به طوری که N_D ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها درآن بی‌مقیاس و قابل مقایسه شده است، و $W_{n\times n}$ ماتریسی است قطری که فقط عناصر قطر اصلی آن غیرصفرخواهدبود.

قدم سوم- این مرحله راه‌حل ایده‌آل را مشخص می‌کند. یعنی:

برای گزینه ایده‌آل(A+) و ایده‌آل منفی(A-) طبق روابط زیرتعریف می‌کنیم:

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') | I = 1,2, \dots m\}$$
$$= \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots V_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') | I = 1,2, \dots m\}$$
$$= \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots V_n^-\}$$
$$J = \{j = 1,2, \dots, n | \text{jهای مربوط به‌گزینه‌های مثبت}\}$$
$$J' = \{j = 1,2, \dots, n | \text{jهای مربوط به‌گزینه‌های منفی}\}$$

قدم چهارم- این مرحله به محاسبه اندازه جدایی(فاصله) می‌پردازد. یعنی:

فاصله گزینه iام با ایده آل ها با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$d_{i-} = \text{فاصله گزینه } i \text{ام از ایده‌آل منفی} = \left\{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_J^-)^2\right\}^{\frac{0}{5}} ;$$
$$i = 1,2, \dots m$$

قدم پنجم- این مرحله به محاسبه نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌آل می‌پردازد. این نزدیکی نسبی رابه صورت زیرتعریف می‌کنیم:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})} \; ; 0 \le cl_{i+} \le 1;$$
$$i = 1,2, \dots, m$$

ملاحظه می‌شود که چنانچه $A_i=A+$ گردد آنگاه $di+=0$ بوده و خواهیم داشت: $cli+=1$ و درصورتی که $A_i=A-$ شود آنگاه $cli+=0$ خواهد شد. بنابراین، هر اندازه گزینه A_i به راه‌حل ایده‌آل (A+)نزدیک‌تر باشد، ارزش $Cli+$ به واحد نزدیک‌تر خواهد بود.

قدم ششم- رتبه بندی گزینه‌ها، بر اساس ترتیب $cli+$ می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله مفروض را رتبه‌بندی نمود.

۲-۳-روش کپ لند

این روش توسط آرتور هربرت کوپلند، ریاضی‌دان آمریکایی مطرح شد(Ataei, 2010). این روش اصلاح شده روش بردا است با این تفاوت که در اولویت‌بندی علاوه بر تعداد مسلط شدن (مجموع عناصر هر سطر)، تعداد مغلوب شدن (مجموع عناصر هر ستون) نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین منظور گزینه‌ها بر اساس تفاضل مقادیر تعداد مسلط شدن و تعداد مغلوب شدن اولویت بندی می‌شوند. این روش با پایان روش بردا شروع می گردد، یعنی در روش بردا تعداد مسلط های هر سطر جمع گردیده و سپس رتبه بندی می‌گردد، ولی در روش کپ لند تعداد مغلوب شدن هر ستون نیز جمع گردیده و نتیجه حاصل شامل تفاضل تعداد سطر و ستون است که رتبه‌بندی می‌گردد. در جدول زیر فرض کنید که $\sum C$ مجموع مسلط‌ها و $\sum R$ مجموع مغلوب‌های عناصر ورودی جدول تشکیل شده در روش بردا می باشند امتیاز گزینه‌ها شامل $\sum C$-$\sum R$ می‌باشد. جدول ۱ نمونه محاسبات را نشان می‌دهد.

جدول ۱. نمونه محاسبات انجام شده به روش کپ لند

	گزینه ۱	گزینه ۲	گزینه ۳	گزینه ٤	∑C
گزینه ۱	-	M	X	X	۱
گزینه ۲	X	-	X	X	۰
گزینه ۳	M	M	-	M	۳
گزینه ٤	M	M	X	-	۲
∑R	۲	۳	۰	۱	

نتایج حاصل از کپ لند به شرح زیر می باشد:

امتیاز گزینه ۱برابر ۲-۱= -۱

امتیاز گزینه ۲ برابر با -۳

امتیاز گزینه ۳ برابر با ۳

امتیاز گزینه ٤ برابر ۱ است

در نتیجه رتبه بندی عناصر در روش کپ لند و سیستم امتیازدهی به شرح زیر می‌باشد:

گزینه ۳> گزینه ٤> گزینه ۱> گزینه ۲

۲-٤- آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر

طرح اندازه‌گیری‌های مکرر، تعمیم یافته آزمون مقایسه زوجی می‌باشد، با این تفاوت که به جای مقایسه یک گروه در دو وضعیت، یک گروه در دو یا چند وضعیت مورد مقایسه قرار می‌گیرند(Weinfurt, 2000). وقتی که اندازه‌گیری‌های یکسانی چند بار بر روی یک آزمودنی یا یک مورد انجام می‌گیرد، برای بررسی و مقایسه میانگین داده‌ها بین این چندبار اندازه‌گیری، بایستی از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شود. با استفاده از این روش آماری می‌توان فرضیه صفر را در مورد آثار عوامل بین‌گروهی و درون‌گروهی آزمون نمود. همچنین می‌توان اثر متقابل بین عوامل (چه درون‌گروهی و چه بین‌گروهی) یا به زبان ساده‌تر اثر متقابل دو یا چند متغیر مستقل را نیز مورد بررسی قرارداد. طرح‌های اندازه‌گیری مکرر می‌توانند بسیار قدرتمند باشند زیرا آنها عواملی که باعث ایجاد تغییرپذیری بین آزمودنی می‌شوند، را کنترل می کنند. با توجه به قدرت آماری بیشتر، یک طراحی اندازه گیری مکرر می‌تواند از آزمودنی کمتری برای تشخیص یک اندازه اثر دلخواه استفاده کند.

۳-یافته‌ها

جدول ۱ تعداد تصادفات مبتنی بر عامل مقصر انواع وسیله نقلیه را به تفکیک نوع حادثه را نشان می دهد. با در نظر گرفتن وزن ۰,۰٤، ۰,۰۹، ۰,۱۷، و ۰,۷ به ترتیب برای تصادف خسارتی سازشی، خسارتی تشریحی، جرحی، و فوتی و با استفاده از روش ساده وزنی رتبه بندی نوع وسیله نقلیه انجام شده است. نتایج نشان دهنده آن است شدت حادثه مشترکا برای نوع وسیله نقلیه "تانکرهای سوختی حامل مواد خطرناک و قابل اشتعال" و "موتورسیکلت یا دوچرخه" در بالاترین رتبه قرار دارد. به نظر می‌رسد با توجه ضربه پذیر بودن سرنشینان در این نوع وسیله نقلیه نتیجه کاملاً منطقی است، هرچند که فراوانی آنها بسیار ناچیز است. رتبه دوم مربوط به اتوبوس، و رتبه سوم مربوط به مینی بوس است که با توجه تعداد سرنشینان این مورد نیز قابل درک می باشد. چهارمی به خودروهای سواری مربوط است. با توجه به اینکه تردد خودرو سواری در این مناطق بیشتر است و بیشترین فراوانی حادثه نیز در جدول ۲ به آنها مربوط است، در قسمت بعدی به بررسی فراوانی خودروهای سواری عبوری بر اساس نوع آنها پرداخته شد و تعداد سوانح فوتی و یا منجر به جرح و خسارتی بر اساس فراوانی استخراج گردید (جدول ۳).

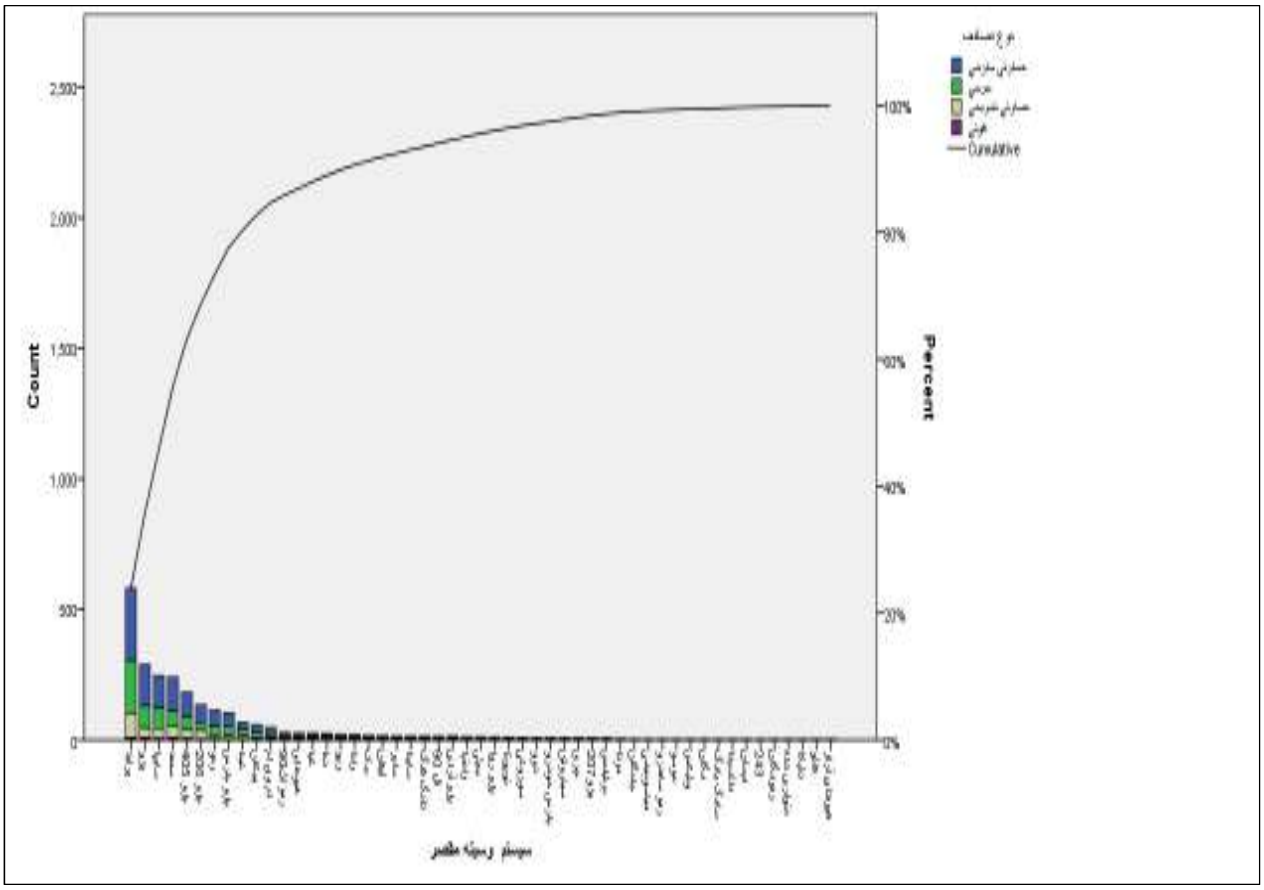
شکل ۳ نمودار پارتو انواع خودرو را نشان می دهد. همانطور که قابل ملاحظه است ۸۰ درصد کل تصادفات مربوط به خودروهای تیبا، پژو پارس، رنو، پژو ۲۰٦، پژو ٤۰۵، سمند، سایپا، پژو، و پراید است بطوریکه تعداد تصادفات پراید به صورت معناداری بالاتر از بقیه است. جهت افزایش دقت نتایج در تحلیل شدت تصادف خودروهای سواری، فقط خودروهای دارای فراوانی سانحه بالای ۵۰ مورد بررسی قرار گرفتند که در مجموع شامل ۱۰ مدل خودرو تولید یا مونتاژ داخل گردید. برای هر خودرو احتمال وقوع تصادف بر اساس شدت آن محاسبه گردید (جدول ٤) و سپس بر اساس روش تاپسیس و ساده وزنی رتبه بندی شدت حادثه برای خودروها با دو سناریوی وزن دهی (جدول ۵) محاسبه شد. ضمناً با توجه به اینکه جنس چهار معیار مورد بررسی احتمال بود، به منظور پرهیز از انحراف داده ها نسبت به مقدار اصلی، از نرمال سازی صرفنظر شد. خروجی چهار روش رتبه بندی (جدول ٦) با روش کپ لند مورد بررسی مجدد قرار گرفت که بهبود کلی را در رتبه بندی خودروها بر اساس چهارمعیار شرح داده شده نشان می داد. همانطور که در جدول ۷ مشخص است، در رتبه بندی بر اساس روش کپ لند بالاترین

ریسک تصادف مربوط به خودروی تیبا و پیکان اختصاص یافت و خودرو پراید رتبه سوم را دارد.

بر اساس مقایسات ریاضی بهترین شاخص ایمنی ثانویه یک مدل خودرو، نسبت جرحی/فوتی به کل تصادفات آن نوع خودرو است (Broughton, 1996). از طرفی عامل انسانی از مهمترین عوامل موثر در حوادث جاده‌ای است (EBRAHIMI, SADEGHNIIAT, & DEHGHANI, 2015; GHARAEI et al., 2009). لذا، به منظور ارزیابی دقیق‌تر و کاهش خطا، در ادامه تاثیر همزمان سن راننده و نوع خودرو به عنوان فاکتورهای موثر، و متغیر احتمال جرحی/ فوتی به عنوان متغیر پاسخ مورد تحلیل قرار گرفت. سن رانندگان مقصر در سه گروه کمتر از ۳۰ سال، بین ۳۰ تا ۵۰ سال، و بالاتر از ۵۰ سال طبقه‌بندی گردید. جدول ۸ خروجی نرم‌افزار مینی تب (۱۷) مربوط به نتایج آنالیز واریانس با استفاده از روش اندازه‌گیری مکرر را نشان می دهد. با توجه به اینکه مقدار P-Value برای سن برابر با ۰,۰۳ (کمتر از ۰,۰۵) به دست آمده است، مشخص گردید احتمال شدت حادثه در ۱۰ نوع خودرو مورد بررسی با سن راننده نیز مرتبط است. شکل ٤ نتایج آزمون توکی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که فاصله مربوط به سن کمتر از ۳۰ و بالاتر از ۵۰ شامل صفر نیست و این به معنای آن است که احتمال جرحی یا فوتی بودن سانحه فقط تحت تاثیر نوع خودرو نیست بلکه شریط برای افراد جوان و مسن کاملاً متفاوت می‌باشد. شکل ۵ نشان می‌دهد که بطور کلی احتمال جرحی یا فوتی بودن در ۱۰ خودرو سواری مورد مطالعه، با افزایش سن راننده بیشتر می‌شود. ولی این موضوع قابل تعمیم به خودروهای ٤۰۵ و رنو نیست به طوری که احتمال فوتی یا جرحی‌شدن سانحه رانندگی این نوع خودروها برای سه گروه مختلف سنی تقریباً برابر ولی برای رانندگان مسن کمتر است.

جدول ۲. تعداد تصادفات و رتبه‌بندی نوع سیستم وسیله مقصر بر مبنای شدت حادثه با توجه به نوع تصادف

رتبه شدت حادثه	روش ساده وزنی (امید ریاضی)	جمع	فوتی	جرحی	خسارتی تشریحی	خسارتی سازشی	نوع سیستم وسیله
۵	۲/۱٤	۳۳۹	٦	۸۰	۵۷	۱۹٦	وانت بار
۳	۲/٤۲	۷	۰	۳	۱	۳	مینی بوس
۱	٤	٤٤	۳	۲٦	۹	٦	موتور سیکلت یا دوچرخه
۷	۱/۹۵	۵٦۰	۷	۹۸	۱۳۵	۳۲۰	کامیون
۸	۱/۹۳	٤٦	۰	۱۱	۱۰	۲۵	کامیونت
٤	۲/۳۸	۲٤۳۱	٤۷	۷٤۷	٤۲٦	۱۲۱۱	سواری
٦	۱/۹۷	۲٤۰	٤	۳۹	۵٦	۱٤۱	تریلی
۱	٤	۲	۰	۲	۰	۰	تانکرهای حامل مواد سوختی و خطرناک
۹	۱	۲	۰	۰	۰	۲	ادوات راه سازی
۲	۳/۲۸	۷۷	۸	۱٤	۱٤	٤۱	اتوبوس



شکل ۳. نمودار پارتو تصادفات با توجه به سیستم وسیله مقصر

جدول ۳. تعداد تصادفات انواع خودروبه تفکیک نوع تصادف

سیستم وسیله	خسارتی سازشی	خسارتی	جرحی	فوتی	کل فراوانی
هیوندای آزرا	۰	۰	۱	۰	۱
پژو آردی	۳	۱	۹	۰	۱۳
برلیانس	۱	۱	۳	۱	٦
ماکسیما	۰	۱	۱	۰	۲
ساینا	۵	۲	٦	۰	۱۳
پیکان	۲۸	۵	۲٤	۱	۵۸
تیبا	۲٤	۱٤	۲٦	۲	٦٦
رانا	٤	۷	۸	۰	۱۹
ال ۹۰	۱۷	۷	۱۵	۲	٤۱
پژو پارس	٤۹	۱۷	۳۸	۰	۱۰٤
پژو روا	۷	۰	۳	۱	۱۱
پراید	۲۷٦	۹٤	۲۰۲	۸	۵۸۰
رنو	۵۹	۱٤	٤۰	۰	۱۱۳
ساپیا	۱۲۳	٤۰	۷۸	۵	۲٤٦
سوزوکی	٦	۰	۳	۹	۹
میتسوبیشی	۲	۰	۱	۰	۳
کیا	۸	۹	۷	۱	۲۵
پژو	۱۵۷	۳۹	۸۵	۷	۲۸۸
دانگ فنگ	٤	۵	٤	۰	۱۳

سمند	۱۲۸	٤۲	٦۱	۹	۲٤۰
ام وی ام	۲٦	۸	۱۳	۱	٤۸
پژو ٤۰٥	۹٦	۳۳	٤۸	٥	۱۸۲
ریو	۱٤	۲	٦	۰	۲۲
هیوندای	۱۳	٦	۷	۰	۲٦
جک	۷	٥	۳	۱	۱٦
دنا	۸	۱۰	٥	۱	۲٤
دوو	٥	۱	۲	۰	۸
سیتروئن	٦	۰	۲	۰	۸
چانگان	۳	۰	۱	۰	٤
پژو ۲۰٦	٦٦	۳٥	۳۱	۲	۱۳٤
مزدا	٤	۱	۱	۰	٦
جیلی	۸	۲	۲	۰	۱۲
زانتیا	۹	۱	۲	۰	۱۲
پژو۲۰۷	۳	۳	۱	۰	۷
تویوتا	۷	۲	۱	۰	۱۰
رنومگان	۰	۱	۰	۰	۱
نیسان	۱	۱	۰	۰	۲
چری	٤	٤	۰	۰	۸
سانگ یانگ	۱	۱	۰	۰	۲
موسو	۱	۱	۰	۰	۲
پارس خودرو	٥	۳	۰	۰	۸
لیفان	۱۰	٥	۰	۰	۱٥
فائو	۱	۰	۰	۰	۱
دلیکا	۱	۰	۰	۰	۱
مگان	۲	۰	۰	۰	۲
ولیکس	۲	۰	۰	۰	۲
رنو ساندرو	۲	۰	۰	۰	۲

جدول ٤. احتمال وقوع سانحه برای انواع خودرو(فراوانی حادثه بالاتر از ٥۰)

	خسارتی سازشی	خسارتی تشریحی	جرحی	فوتی
پیکان	۰/٤۸۳	۰/۰۸٦	۰/٤۱٤	۰/۰۱۷
تیبا	۰/۳٦٤	۰/۲۱۲	۰/۳۹٤	۰/۰۳۰
پژو پارس	۰/٤۷۱	۰/۱٦۳	۰/۳٦٥	۰/۰۰۰
پراید	۰/٤۷٦	۰/۱٦۲	۰/۳٤۸	۰/۰۱٤
رنو	۰/٥۲۲	۰/۱۲٤	۰/۳٥٤	۰/۰۰۰
ساپیا	۰/٥۰۰	۰/۱٦۳	۰/۳۱۷	۰/۰۲۰
پژو	۰/٥٤٥	۰/۱۳٥	۰/۲۹٥	۰/۰۲٤
سمند	۰/٥۳۳	۰/۱۷٥	۰/۲٥٤	۰/۰۳۸
پژو ٤۰٥	۰/٥۲۷	۰/۱۸۱	۰/۲٦٤	۰/۰۲۷
پژو ۲۰٦	۰/٤۹۳	۰/۲٦۱	۰/۲۳۱	۰/۰۱٥

جدول ۵. دو سناریو مختلف وزن دهی برای حالت‌های مختلف سانحه

	خسارتی سازشی	خسارتی تشریحی	جرحی	فوتی
سناریو ۱ وزن	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۲۰۰	۰/۷۰۰
سناریو ۲ وزن	۰/۰۴۰	۰/۰۶۰	۰/۲۰۰	۰/۷۰۰

جدول ٦. رتبه‌بندی خودروهای سواری از لحاظ شدت حادثه با استفاده از چهار روش مختلف

روش رتبه بندی و وزن	سناریو ۱ وزن-WSM	سناریو ۱ وزن-TOPSIS	سناریو ۲ وزن - WSM	سناریو ۲ وزن - TOPSIS
پیکان	۲	۲	۲	۲
تیبا	۱	۱	۱	۱
پژو پارس	۸	۵	۵	۳
پراید	٤	۳	۳	٤
رنو	۹	۸	۸	۵
ساپیا	۵	٤	٤	٦
پژو	٦	٦	۷	۷
سمند	۳	۷	٦	۸
پژو ٤۰۵	۷	۹	۹	۹
پژو ۲۰٦	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

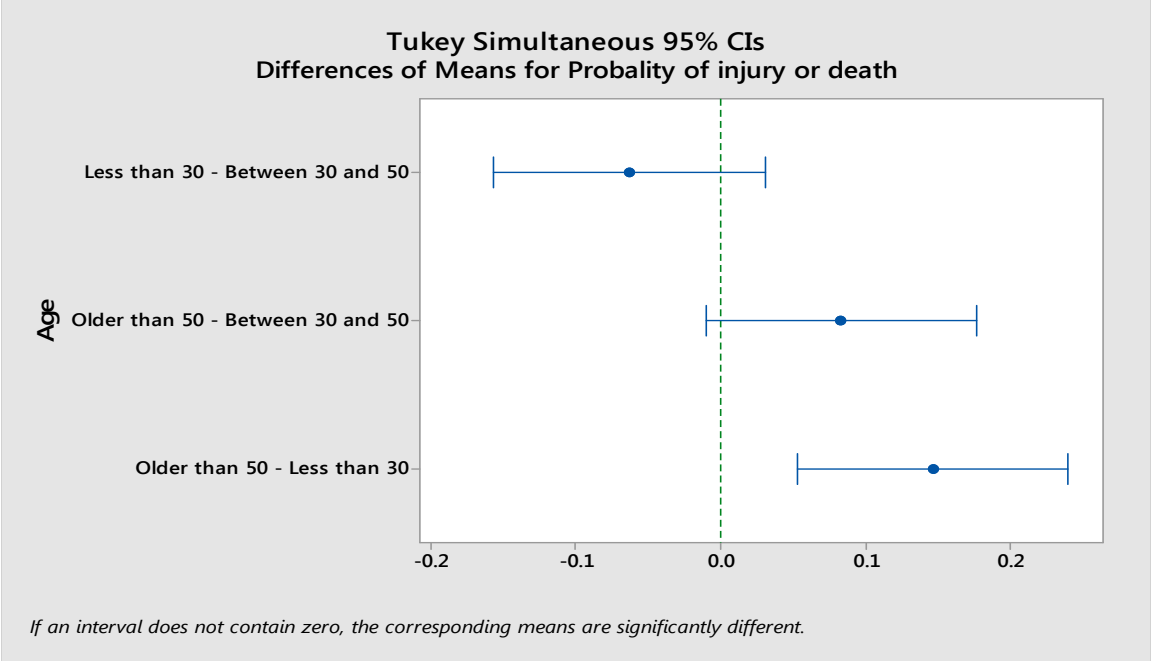
جدول ۷. رتبه بندی نهایی خودروهای از نظر شدت حادثه با استفاده از روش کپ لند

	پیکان	تیبا	پژو پارس	پراید	رنو	ساپیا	پژو	سمند	پژو ٤۰۵	پژو ۲۰٦	جمع سطری	اختلاف سطر و ستون	رتبه بندی
پیکان	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۸	۷	۲
تیبا	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۹	۹	۱
پژو پارس	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۵	۱	۵
پراید	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷	۵	۳
رنو	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	-۵	۸و۹
ساپیا	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۵	۲	٤
پژو	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۳	-۳	۷
سمند	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۳	-۲	٦
پژو ٤۰۵	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۲	-۵	۸و۹
پژو ۲۰٦	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۹	۱۰
جمع ستونی	۱	۰	٤	۲	٦	۳	٦	۵	۷	۹			

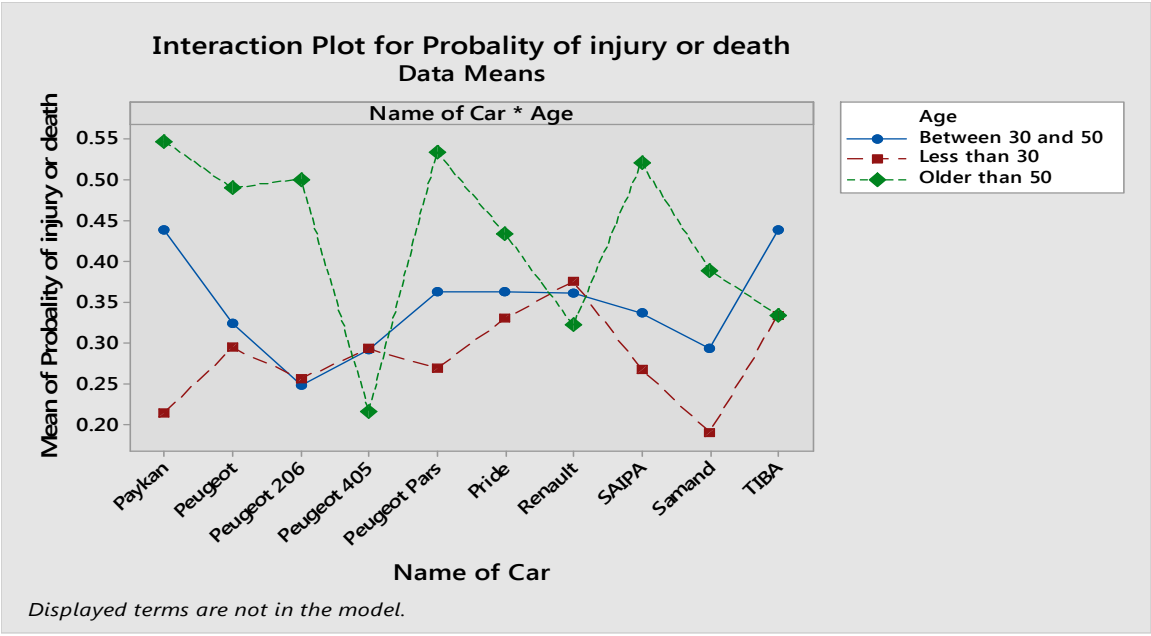
جدول ۸. جدول آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر

Factor	Type	Levels	Values
Name of Car	Fixed	10	Paykan, Peugeot, Peugeot 206, Peugeot 405, Peugeot Pars, Pride,Renault, SAIPA, Samand, TIBA
Age	Fixed	3	Between 30 and 50, Less than 30, Older than 50

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Name of Car	9	0.04955	0.005506	0.82	0.607
Age	2	0.10715	0.053576	7.97	0.003
Error	18	0.12102	0.006723		
Total	29	0.27772			



شکل ٤. تست توکی مربوط به آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر



شکل ۵. تاثیر متقابل نوع خودرو و سن راننده بر احتمال جرحی یا فوتی بودن سانحه رانندگی

٤- نتیجه‌گیری

خودروهای با کیفیت نازل، ایمن‌نبودن راه‌ها و همچنین خطاهای انسانی سه مثلث وقوع سوانح جاده‌ای است. در این مطالعه جهت کاهش خطا و بی‌طرفی و همچنین جلوگیری از سمت و سوگیری نتایج به طرف‌هایی که ممکن است از نتایج منتفع گردند، از چند روش تصمیم‌گیری چند معیاره جهت تجزیه و تحلیل شدت وقوع تصادفات بر اساس نوع خودرو استفاده گردید. ضمناً علاوه بر نوع خودرو، تاثیر سن راننده نیز بر شدت حوادث جاده‌ای تحلیل شد. هر چند که بیشترین فراوانی سوانح مربوط به پراید بود، اما از لحاظ شدت حادثه این خودرو رتبه سوم را کسب نمود. اطلاعاتی که جهت محاسبه و تجزیه و تحلیل از آن استفاده گردید مربوط به محور تهران–مشهد، قطعه سمنان در دو مسیر شمالی و جنوبی بود و این احتمال وجود دارد که در صورت استفاده از اطلاعات تصادفات کل کشور نتیجه رتبه‌بندی متفاوت شود. پیشنهاد می‌شود جهت افزایش دقت رتبه‌بندی خودروها، در تحقیقات آتی مدل خودرو، نوع ترمز خودرو، و تعداد ایربگ‌ها هم مورد توجه قرار گیرد. از جمله محدودیت‌های این تحقیق طولانی بودن فرآیند پردازش داده‌ها در بانک اطلاعاتی بود، لذا امکان استفاده از داده‌های سال‌های بیشتر فراهم نگردید.

٥- سپاسگزاری

این مقاله حاصل از بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان «بررسی راهکارهای کاهش تصادفات در محور تهران–مشهد» است که با حمایت مرکز تحقیقات نیروی انتظامی استان سمنان انجام شده است.

٦- مراجع

-Ahadi, M. R., Doagouyan, D., & Tavangar, M. (2010), "Evaluati A Review Of Hgv Role In Road Accidents, A Case Study Of Haraz Road", Traffic Management Studies, 5(17)

-Ataei, M., (2010), "Multi-Criteria Decision Making: Shahrood University Of Technology", pp.3-33.

-Beheshti Nia, M., & Bargbid, H., (2019), "A Hybrid Model To Identify Effective Factors In Road Transportation Hazards And Prioritize Black Spots (Case Study: Nezshabour-Sabzevar Axis)", Quarterly Journal Of Transportation Engineering, 10(3), pp.445-459.

-Broughton, J., (1996), "The Theoretical Basis For Comparing The Accident Record Of Car Models", Accident Analysis & Prevention, 28(1), pp.89-99 .

-Broughton, J., (2003), "The Benefits Of Improved Car Secondary Safety", Accident Analysis & Prevention, 35(4), pp.527-535 .

-Broughton, J., (2008), "Car Driver Casualty Rates In Great Britain By Type Of Car", Accident Analysis & Prevention, 40(4), pp.1543-1552 .

-Broughton, J., (2012), "The Influence Of Car Registration Year On Driver Casualty Rates In Great Britain", Accident Analysis & Prevention, 45, pp.438-445.

-Das, S., Dutta, A., & Geedipally, S. R., (2019), "Applying Bayesian Data Mining To Measure The Effect Of Vehicular Defects On Crash Severity", Journal Of Transportation Safety & Security, pp.1-17.

-Ebrahimi, M. H., Sadeghniiat, K & ,.Dehghani, M., (2015), "Sleep Quality And Road Accidents In Shahroud Drivers", Occupational Medicine, pp.6(4).

-Farahani Deljoo, F., Saghehei, E., & Azhari, L., (2012), "Identification & Assessment Of The Potential Errors In Relief And Rescue Operations In Road Accidents", Journal Of Rescue & Relief, 4(1).

-Gharaei, B., Hasanzadeh, S. M., Yad Elahi, Z., Ghalehbandi, F., Alavi Kariminejad Najmabadi, K., Sadeghikia, A., & Moshirpour, S., (2009), "Mental Health And Road Accidents: A Cross Sectional Study", Social Welfare, 9(33).

-Rezaeenour, J., Hasanzade, Y., & Jamshidi, E. (2018), "Identification Of The Incident Points Of The Roads Of Moeslati In Qom Province", Rahvar, 1397(42), pp.63-83 .

-Ryder, B., Gahr, B., Egolf, P., Dahlinger, A., & Wortmann, F., (2017), "Preventing Traffic Accidents With In-Vehicle Decision Support Systems-The Impact Of Accident Hotspot Warnings On Driver Behaviour", Decision Support Systems, 99, pp.64-74 .

-Violence, W. H. O., Prevention, I., & Organization, W. H., (2013), "Global Status Report On Road Safety 2013: Supporting A Decade Of Action: World Health Organization".

-Weinfurt, K. P., (2000), "Repeated Measures Analysis: Anova, Manova, And Hlm".

-Wenzel, T., (2013), "The Effect Of Recent Trends In Vehicle Design On Us Societal Fatality Risk Per Vehicle Mile Traveled", And Their Projected Future Relationship With Vehicle Mass. Accident Analysis & Prevention, 56, pp.71-81.

-Goniewicz, K., Goniewicz, M., Pawłowski, W., & Fiedor, P., (2016), "Road Accident Rates: Strategies And Programmes For Improving Road Traffic Safety, European Journal Of Trauma And Emergency Surgery", 42(4), pp.433-438.

-Hwang, C.-L., & Yoon, K., (1981), "Methods For Multiple Attribute Decision Making", In Multiple Attribute Decision Making, Springer, pp.58-191.

-Iyanda, A. E., (2019), "Geographic Analysis Of Road Accident Severity Index In Nigeria", International Journal Of Injury Control And Safety Promotion, 26(1), pp.72-81.

-Jahan, A., Khatami, S. M. M., & Abbaspour, A. (2018), "Improving The Potential Risks Of Traveling By Bus Through Fmea. Road", 26(96), pp.243-257.

-Masoud Kiapour, G. B., (2016), "Evaluation Of Variables Affecting The Safety Of Intercity Two-Lane Roads By The Hierarchical Analysis Method (Ahp)", Paper Presented At The International Conference Of Engineering And Applied Science, Dubai-Emerates

Severity Analysis of Road Accidents Based on Car Model

Ali Jahan, Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran.
Afshin Abbaspour, M.Sc., Grad., Department of Industrial Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran.
Soroush Safakhah, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran.

E-mail: ali.jahan@iau.ac.ir

Received: October 2021- Accepted: May 2022

ABSTRACT
In our rapidly urbanizing world where the city dwellers need to travel either short or long distances by their vehicles, road safety has become at the heart of the attention of authorities in both developed and developing countries. As automobile becomes affordable nowadays, the number of personal cars increasing, and the expectancy of the car crash is rising spontaneously. The chief reasons for road incidents and car crashes can be investigated among road, vehicle, and drivers simultaneously. In this study, we only concentrate on the effects of vehicles on the severity of accidents. At first and by utilizing multi attribute decision making techniques, the ranking of each vehicle by models that was the culprit of incidence was determined. By analyzing the results, it appeared that trucks carrying dangerous and flammable materials, bicycles and motorbike s have dedicated the highest crash severity to themselves. Though the most common road accident was among those cars owned by someone, in the second part of the study, the severity of car crashes investigated among personal cars. Vehicle ranking performed under two weighting scenarios for those cars with a higher accident frequency, and the final rank was determined for the severity of road accidents by employing the Copeland method. Furthermore, the effect of driver age variable was evaluated using repeated-measures analysis of variance and it found that driver age also had an impact on the probability of casualty or fatality occurrence.

Keywords: Road Accident, Vehicle Ranking, Incident Severity, Repeated-Measures ANOVA