مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۲
تابستان ۱۳۹۶
صص. ۳۵۲- ۳۲۹

Journal of Industrial Management
DOI: 10.22059/imj.2017.244656.1007335

کاربرد داده‌کاوی در شناسایی نقاط حادثه‌خیز در محور جادهٔ هراز

یاسر سیف[۱]، شاهرخ اسدی[۲]، محمدرضا محمدزمانی[۳]

چکیده: ایمنی عبور و مرور یکی از اصول اساسی مهندسی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل و نقل است؛ به‌طوری که کشورهای توسعه‌یافته همگام با توسعهٔ سایر بخش‌های مهندسی ترافیک به آن توجه کرده و با مطالعات و تمهیدات لازم تلاش می‌کنند که تصادف و پیامدهای ناشی از آن را به حداقل برسانند. تحقیق حاضر به بررسی کاربرد داده‌کاوی در شناسایی نقاط حادثه‌خیز پرداخته است. محدودهٔ مطالعه ۱۵ کیلومتر از جادهٔ هراز است. داده‌ها از واحد فناوری اطلاعات پلیس راهور ناجا جمع‌آوری شد و با استفاده از روش داده‌کاوی و با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS Modeler تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان می‌دهد سه نقطهٔ گزنک، محدودهٔ تونل وانا و شنگلده جزء نقاط حادثه‌خیز این محدوده است. برای کاهش تصادف‌ها در این محور، پیشنهاد می‌شود اصلاح هندسی نقاط حادثه‌خیز و همچنین دوبانده کردن راه و در نظرگرفتن نور کافی، در دستور کار سازمان‌های مربوطه قرار گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: جادهٔ هراز، چارچوب کریسپ، خوشه‌بندی، داده‌کاوی، نقاط حادثه‌خیز.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی، دانشکدهٔ مهندسی پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۲۵
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۶
نویسندهٔ مسئول مقاله: یاسر سیف
E-mail: yaserseif66@gmail.com

مقدمه

با توجه به اهمیت موضوع تصادف رانندگی و عوارض مادی و غیرمادی آن برای جامعهٔ جهانی و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، مداخلهٔ اثربخش، راهکار اساسی در برخورد با این معضل مهم سلامت است. پس به جاست که برای اجتناب از خطر و حذف یا تقلیل خسارت‌های نشئت‌گرفته از حوادث، در صدد تدابیری باشیم که امنیت و آسایش افراد جامعه تأمین شود، چراکه می‌توان سوانح رانندگی و جاده‌ای را پیش‌بینی و پیشگیری کرد. اهمیت پیشگیری از حوادث جاده‌ای در رونق و توسعهٔ صنعت حمل و نقل قابل مشاهده است. صنعت حمل و نقل یکی از زیربناهای توسعهٔ اقتصادیِ هر کشوری شناخته می‌شود و کاهش هزینه‌های ناشی از تصادف‌ها و حوادث جاده‌ای در این صنعت، می‌تواند نقش مهمی در اقتصاد کشور داشته باشد (آیتی، قدیریان و احدی، ۱۳۸۷).

حمل و نقل یکی از حلقه‌های واسطه‌ای در تولید و توزیع است و می‌دانیم که تولید و توزیع از جمله مهم‌ترین مسائل مربوط به اقتصاد هر کشور شمرده می‌شود. براساس آمارهای ارائه شده، بیش از ۹۰ درصد جابه‌جایی کالاها در کشور از طریق بخش حمل و نقل جاده‌ای انجام می‌شود (آیتی و همکاران، ۱۳۸۷)، از این رو باید همواره به اهرم‌های برنامه‌ریزی و سیاستگذاری بنیادین برای بهره‌وری سیستم این بخش توجه خاصی کرد. اداره‌های راهداری و ایمنی راه‌ها به‌عنوان عامل اجرایی مهم و یکی از تأسیسات زیربنایی، در این رابطه می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای را ایفا کنند؛ به‌طوری که این مهم با ایجاد عدالت در توزیع ترافیک در طول محورها، اعلام وضعیت جاده برای نقاط پرخطر (از جمله پیچ خطرناک، گردنه و...) و معمولی و ارائهٔ خدمات حمل و نقل به رانندگان محقق شود (شفابخش، علیزاده و اکبری، ۱۳۹۱).

با رشد تعداد وسایل نقلیه، تصادف‌های جاده‌ای نیز افزایش می‌یابد. تأثیر اقتصادی این تصادف‌ها در مراحل اولیه اندک است. به هر حال با افزایش درصد رشد وسایل نقلیه، تأثیر اقتصادی تصادف‌ها بسیار بیشتر می‌شود و به مشکل شایان توجه تبدیل شده و اقتصاد کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌طور کلی عوامل گوناگونی که موجب تصادف می‌شوند را می‌توان به عوامل مرتبط با جاده، وسیلهٔ نقلیه و عامل انسانی دسته‌بندی کرد (جمالی، ۱۳۹۳).

بررسی‌های انجام‌شده در زمینهٔ مشکلات حمل و نقل و خطرها و تصادف‌های تکراری در نقاط حادثه‌خیز، گویای این واقعیت است که نبود سیستم هماهنگ‌کننده و جهت‌دهنده، موجب وارد آمدن خسارت‌های شایان توجه به وضعیت اقتصادی می‌شود (گیتلمن، داوه و بخور، ۲۰۱۷). تانگ (۲۰۰۸) بیان می‌کند که به‌طور کلی عوامل مؤثر بر تصادف‌ها به سه گروه دسته‌بندی می‌شوند: عوامل انسانی (۹۷ درصد)، عوامل مربوط به جاده (۷۰ درصد) و عوامل مربوط به وسیلهٔ نقلیه (۳۱ درصد) که این عوامل زنجیروار به یکدیگر متصل‌اند (خیرآبادی و بوالهری، ۱۳۹۰).

با توجه به این نکته که ۸۰ درصد ترافیک کشور و ۷۵ درصد تصادف‌ها روی ۲۰ درصد از جاده‌های بین شهری و بین استانی اتفاق می‌افتد و نیز با در نظر گرفتن اینکه اغلب تصادف‌ها در ۱۶۸۰۰ کیلومتر از مجموع ۵۸۰۰۰ کیلومتر راه‌های بین شهری و بین استانی کشور رخ می‌دهد، تحقیق و سرمایه‌گذاری بیشتر در این مورد ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس آمار تصادف‌ها می‌توان نقاط حادثه‌خیز را تعیین کرد و در کشور ما چند سالی است که سازمان‌های مربوط در حال شناسایی و بررسی این مناطق هستند (شمسی و شمسی، ۱۳۹۳). بر اساس تجربهٔ سایر کشورها، رفع حادثه‌خیزی این نقاط که گاهی هزینه‌های مالی سنگینی را هم در پی دارد، می‌تواند نجات‌بخش جان بسیاری از افراد شود (گیتلمن و همکاران، ۲۰۱۷). به‌دلیل نبود برنامه‌ریزی مدون در شناسایی و اولویت‌بندی این نقاط و بانک اطلاعاتی مناسبی که شناسنامهٔ نقاط حادثه‌خیز کشور در آن ثبت شده و پس از تأمین اعتبار و اجرای اقدامات اصلاحی، داده‌های آن به‌روز شود، بررسی و مطالعهٔ نقاط حادثه‌خیز در ایران، در سطح پایینی قرار دارد؛ در حالیکه نه برای شناسایی و اولویت‌بندی آنها روش‌های علمی معتبری به‌کار می‌رود و نه پس از صرف هزینه و ایمن کردن آنها، میزان اثربخشی و کاهش سوانح در این نقاط ارزیابی می‌شود. هنگام رانندگی در راه‌های برون شهری، با مسیرهای خاصی مانند پیچ تند یا مناطق مه‌گیر برخورد می‌کنیم که نیاز بیشتری به توجه ما نسبت به سایر نقاط دارند (بهبهانی و اسدی‌کیا، ۱۳۹۰).

عوامل مؤثری در بروز حوادث دخیل‌اند که در سه عنوان کلی به راه و عامل طبیعی، وسیلهٔ نقلیه و عامل انسانی دسته‌بندی می‌شوند و هر یک از این عوامل زیربخش‌های گوناگونی را دربرمی‌گیرند (خادمی، ۱۳۹۲). رحیم‌اف و حاج علی (۱۳۹۰)، در پژوهشی با عنوان «ارائهٔ مدلی برای شناسایی نقاط پرحادثه در جاده‌های بین شهری» بیان کردند که موضوع ایمنی مانند بسیاری از مسائل حاکم بر سیستم حمل و نقل، از پارامترهای بسیاری تأثیر می‌پذیرد. در کشور ما بیشترین توجه در بخش مهندسی متمرکز شده و تصور بر این بوده که فقط با اصلاحات فیزیکی، می‌توان از میزان تصادف‌ها کاست. در سال‌های اخیر، بحث شناسایی و رفع نقاط پرحادثه در کانون توجه کارشناسان حمل و نقل کشور قرار گرفته است. این در حالی است که معیارهای مؤثری مانند سابقهٔ حادثه‌خیزی، شدت وقوع تصادف و شرایط ترافیکی نقاط و...، در شاخص حادثه‌خیزی در نظر گرفته نمی‌شوند. سلمانی، رمضان زاده، دریکوند و ثابتی (۱۳۸۷) در تحقیقی با عنوان «شناسایی عوامل مؤثر بر تصادف‌های جاده‌ای» بیان کردند که ۵۴/۲ درصد حوادث رانندگی از عوامل انسانی نشئت می‌گیرد، ۳۴ درصد به عوامل مدیریتی مربوط می‌شود که آن نیز تا حدی به عوامل انسانی برمی‌گردد و ۱۳ درصد نیز به‌دلیل عوامل طبیعی است.

با توجه به آمار حوادث ترافیکی مرگبار در کشور و اینکه درصد شایان توجهی از تصادف‌ها در جادهٔ هراز (آمل به تهران) رخ می‌دهد، بررسی عوامل مؤثر در وقوع تصادف‌های ترافیکی جاده‌ای این

استان ضروری به نظر می‌رسد. علاوه‌بر این، کشته یا مجروح‌شدن افراد در اثر تصادف‌های ترافیکی که هر روزه اخبار آن در کشور شنیده می‌شود؛ هزینه‌ها و صدمه‌های جبران‌ناپذیری را به کشور تحمیل می‌کند.

از مقادیر ثبت‌شدهٔ تصادف‌ها، برای تحلیل‌های فنی و مهندسی و شناسایی موقعیت‌هایی با میزان تصادف زیاد یا ارزیابی مؤثر بودن اقدامات متقابل استفاده می‌شود. انتخاب محل‌هایی از راه که به بهبود نیاز دارند، یکی از مهم‌ترین کاربردهای آمار تصادف است. تکرار به تنهایی نمی‌تواند شناسهٔ بهینه‌ای برای تعیین مقاطع تصادف‌خیز باشد. برای مثال، در یک تقاطع شلوغی که ترافیک پرحجمی دارد و تصادف‌های زیادی رخ می‌دهد، ممکن است اقدامات اصلاحی تعداد تصادف‌ها را کاهش ندهد (نوروزی، قنبرپور و شعبانی، ۱۳۹۰).

متخصصان امور ایمنی جاده‌ای، عوامل مؤثر در تصادف‌های ترافیکی و جراحات و تلفات ناشی از آن را به چهار گروه کلی دسته‌بندی کرده‌اند (شمسی و شمسی، ۱۳۹۳):

۱. انسان و خطای انسانی که بیشترین نقش را در وقوع تصادف‌های دارند؛
۲. وسیلهٔ نقلیه که خود شامل پارامترهای جزئی‌تری می‌شود؛
۳. محیط راه؛
۴. مدیریت ایمنی جاده‌ها که در سال‌های اخیر به آن توجه ویژه‌ای شده است.

همان‌طور که گفته شد، برنامه‌ریزی مدونی برای شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز ایران وجود ندارد و بررسی و مطالعه در این زمینه در سطح پایینی قرار دارد. برای شناسایی و اولویت‌بندی این نقاط روش‌های علمی معتبری به‌کار نمی‌رود و پس از صرف هزینه و ایمن کردن آنها، میزان اثربخشی و کاهش سوانح ارزیابی نمی‌شود. ضمن آن که برای تحلیل و بررسی نقاط حادثه‌خیز هنوز روش‌های سنتی به‌کار می‌رود. پژوهش حاضر نخستین پژوهشی است که در این زمینه از روش داده‌کاوی استفاده می‌کند. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز در محور جادهٔ هراز و ارائهٔ راهکاری برای کنترل آن است.

اهمیت و ضرورت پژوهش

امروزه با توجه به اینکه ۱ میلیون نفر در سوانح جاده‌ای جان خود را از دست می‌دهند و ۷۰ درصد این تلفات به حمل و نقل مربوط می‌شود، موضوع تأمین ایمنی در تردد، از اصول اولیهٔ و مهم مهندسی راه و ترافیک و برنامه‌ریزی است. هر ساله بیش از ۱۰ میلیون نفر معلول و زخمی می‌شوند و طبق برآورد کشورهای در حال توسعه، در سال آتی ۶ میلیون نفر زخمی خواهند شد، مگر اینکه اقدامات مناسبی برای جلوگیری از این رخداد صورت گیرد. بر اساس مطالعات سازمان بهداشت

جهانی (WHO) تا سال ۲۰۲۰، تصادف‌های جاده به ردهٔ سوم جدول مهم‌ترین علل مرگ و میر و معلولیت در جوامع بشری صعود خواهد کرد (رحیمی، آیتی و دوست‌پرست، ۱۳۹۳).

یکی از دغدغه‌های بزرگ متصدیان حمل و نقل در سراسر جهان، تصادف‌هایی است که هرساله در طول راه‌ها رخ می‌دهد و به خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی فراوان و جبران‌ناپذیری در کشورها منجر می‌شود. این تصادف‌ها، علاوه بر تلفات جانی، موجب خسارت‌های مالی و روانی بسیاری می‌شوند. طبق بررسی‌های انجام شده، تعداد شایان توجهی از این تصادف‌ها در نقاط خاص و شناسایی شده‌ای به‌عنوان نقاط پرحادثه متمرکز شده‌اند که شناسایی و رفع مشکل این نقاط از جنبهٔ اقتصادی با توجه به حجم وسیع راه‌های موجود، اهمیت دارد.

توزیع تصادف‌ها در شبکهٔ راه‌ها، اتفاقی نیست و در محل‌های مشخصی تحت عنوان نقاط سیاه، تجمع می‌یابند. با بررسی تصادف‌های رخ‌داده در این مکان‌ها مشخص می‌شود که اغلب، عوامل مهندسی و اشتباه راننده در این وقایع دخالت دارند که با اصلاح مناسب جاده می‌توان از وقوع تصادف‌های مشابه در آینده جلوگیری کرد یا تعداد آنها را کاهش داد.

با توجه به خسارت‌های جانی و مالی فراوان که تصادف‌های جاده‌ای بر جوامع بشری تحمیل می‌کنند، در اولویت قرار گرفتن کاربری زمین برای مبحث ایمنی در برنامه‌های مدیریتی حمل و نقل کار معقول و پسندیده‌ای به نظر می‌رسد. پیش‌نیاز دستیابی به توسعهٔ پایدار در ایمنی جاده، ارائهٔ طرح ایمنی جاده‌ای ملی در مقیاس بلندمدت یا میان‌مدت است. در این زمینه، به تازگی در کشورهای توسعه‌یافته، مبحثی با عنوان «مهندسی ایمنی» مطرح شده که هدف آن بهبود و ارتقای اصول طراحی مهندسی به‌منظور بهبودبخشی و ارتقای سطح ایمنی راه‌هاست (کاهانی، قاسمی و طالبی، ۱۳۹۴).

با این تفاسیر ضروری به نظر می‌رسد که عوامل بروز تصادف در مسیر جاده‌ای شناسایی شوند؛ چرا که راهکارهای کنترل و رفع آن می‌تواند این معضل را که سالانه جان تعداد زیادی از هموطنان را می‌گیرد، بهبود بخشد.

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

جادهٔ هراز یکی از چهار محور ارتباطی تهران به شمال ایران است که استقبال ترددکنندگان از این جاده در برخی از روزهای سال، موجب شکل‌گیری ترافیک ۱۷۰ کیلومتری در این جاده می‌شود. جادهٔ هراز دارای ۱۵ تونل است که مجموع طول این تونل‌ها به ۵۷۰۰ متر می‌رسد و طولانی‌ترین تونل در این مسیر، تونل وانا با طول ۱۵۴۰ متر است. در ایام نوروز نزدیک به ۵ میلیون نفر، یعنی حدود ۳۰ درصد از مسافران نوروزی استان مازندران، از طریق این جاده وارد استان می‌شوند. گاهی حجم زیاد تردد در کنار ظرفیت کم جاده، ترافیک‌های بسیار طولانی‌ای را ایجاد می‌کند.

جادهٔ ۷۷ یا جادهٔ هراز، همراه با جادهٔ ۵۹ (کرج ـ چالوس)، مهم‌ترین مسیرهای تهران به مازندران هستند. این جاده از درهٔ رود هراز می‌گذرد و نزدیک‌ترین راه اصلی به قلهٔ دماوند است. جاده هراز یکی از زیباترین و تاریخی‌ترین جاده‌های جهان بوده و در نظرسنجی سال ۱۳۸۹، از دید ایرانیان زیباترین جادهٔ ایران انتخاب شده است. همچنین این جاده تاریخ منطقهٔ عظیم البرز و دماوند، آمل و ایران را بیان می‌کند و کوتاه‌ترین مسیر تردد میان دو شهر تهران و آمل است.

شکل ۱ محدودهٔ مطالعه را نشان می‌دهد. در این محدوده ۱۰ نقطهٔ حادثه‌خیز مشاهده می‌شود. این نقاط محل‌های نصب دوربین‌های پلیس راهور است که اطلاعات تمام تصادف‌ها را به دقت ثبت می‌کنند.

شکل ۱. محدودهٔ مطالعه و نقاط حادثه‌خیز شناسایی شده

منبع: Google Map

پیشینهٔ پژوهش

صمدی، نظیفی و عباسپور (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان «بررسی عوامل مؤثر بر تصادف‌های جاده‌ای کشور رویکردی از شبکهٔ عصبی» انجام دادند. در این تحقیق مشخص شد که در بروز تصادف‌ها، عوامل گوناگونی مانند انسان، محیط، جاده و وسیلهٔ نقلیه دخالت دارند که از این بین، نقش پایگاه امداد و نجات بیشتر از سایر عوامل است. نتایج مطالعه نشان داد شبکهٔ عصبی پیش‌خور در مقایسه با سایر مدل‌ها عملکرد بهتری دارد و قادر است میزان تصادف‌های جاده‌ای را دقیق‌تر پیش‌بینی کند.

ابوالقاسمی ماهانی، آقابزرگی و ابوالقاسمی (۱۳۹۳) پژوهشی با عنوان «بررسی رویکردهای نهادهای بین‌المللی در شناسایی عوامل مؤثر در تصادف‌ها و مدیریت ایمنی جاده‌ها» انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که چهار عامل بر بروز تصادف مؤثر است که عبارت‌اند از: عوامل انسانی،

عوامل طبیعی، عوامل جاده‌ای (فنی) و عامل نقص فنی خودرو. بر اساس نتایج آنان، استفاده، الگوبرداری و مشارکت در برنامه‌های آموزش رانندگی می‌تواند راهکاری برای مبارزه با پدیدهٔ تصادف در کشورهای غیرتوسعه‌یافته باشد. بنابراین بررسی و معرفی این برنامه‌های موفق، ابزار کارآمدی برای خدمات مسئولان صنعت حمل و نقل است.

جوادیان کوتنایی، غلامی منفرد و قانعی اردکانی (۱۳۹۱) در پژوهشی به‌منظور کاهش تصادف‌های جاده‌ای با استفاده از شبکه‌های بیزین به شناسایی عوامل مؤثر بر تصادف‌های جاده‌ای پرداختند و آنها را اولویت‌بندی کردند. در این مقاله پس از تعریف شبکه‌های بیزین و بررسی عوامل بروز تصادف، یک شبکهٔ بیزین برای تصادف‌ها پیاده‌سازی شده است و در نهایت عوامل بروز تصادف‌ها به‌کمک نرم‌افزار مربوط به آن اولویت‌بندی شدند.

وثوقی‌فرد، کیامهر و مدقالچی (۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان «بررسی نقاط حادثه‌خیز جاده و ارائهٔ راهکارهای پیشنهادی برای کاهش تصادف‌های (مطالعهٔ موردی: جادهٔ زنجان ـ خرمدره)» انجام دادند. با استناد به آمار تصادف‌هایی که از ادارهٔ حمل و نقل استان زنجان به‌دست آوردند و با استفاده از مدل‌های تصادف، تعداد تصادف‌ها، شدت تصادف‌ها، تعداد ـ درصد و تعداد ـ شدت نقاط حادثه‌خیز در این جاده را شناسایی و اولویت‌بندی کردند که به‌ترتیب عبارت‌اند از: کیلومترهای ۵۰، ۶۰، ۶۸، ۱۲، ۴۰، ۲، ۲۰، ۲۵، ۳۵، ۱۰، ۳۰، ۱۵، ۵، ۳، ۶۵، ۷۵، ۷۰، ۶۶، ۳۴، ۳۸ و ۱۸. در این میان، کیلومتر ۷۰ حادثه‌خیزترین نقطه در این محور شناسایی شده است و دلیل آن وجود مجتمع رفاهی معین است که با احداث یک زیرگذر و اصلاح رمپ‌های ورودی و خروجی این نقطه، می‌توان تعداد تصادف‌ها را در این نقطه به حداقل ممکن رساند. نقاط دیگر به‌دلیل نداشتن علائم عمودی در فاصلهٔ مناسب یا نداشتن رمپ‌های ورود و خروج مناسب برای تقاطع‌های هم سطح، حادثه‌خیز شده‌اند که با اصلاح این موارد می‌توان تعداد تصادف‌های این نقاط را به حداقل ممکن رساند.

جمالی (۱۳۹۳) پژوهشی را با عنوان شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر برتصادف‌های جاده‌ای استان بوشهر انجام دادند. یافته‌های تحقیق نشان داد سهم عامل انسانی در تصادف‌های جاده‌ای استان بوشهر با ۵۴ درصد در رتبهٔ نخست است، در حالیکه نقش عامل راه با ۴۵ درصد و وسیلهٔ نقلیه با ۱ درصد در رتبه‌های بعد قرار می‌گیرند. همچنین زیرمعیارهای «عجله و شتاب بی‌مورد» در عامل انسانی، «نقص علائم عمودی» در عامل راه و «سایر نقص‌ها (مانند نقص در کمربند ایمنی، نداشتن آینه یا شکستگی آن، نقص شیشه‌های خودرو، نقص علائم هشدار دهنده، نقص فنی و موتوری خودرو و ...)» در عامل وسیلهٔ نقلیه، بیشترین سهم را در ایجاد تصادف‌های جاده‌ای در محورهای ارتباطی استان بوشهر داشته‌اند.

پاک گوهر، خلیلی و صفارزاده (۱۳۸۹) در پژوهشی به بررسی علل و عوامل مؤثر در کاهش تصادف‌های جاده‌ای ایران پرداختند. یافته‌های تحقیق آنان نشان داد عامل انسانی با ۹۷/۵ درصد سهم در بین عوامل سه‌گانه و ۴۹ درصد سهم از کل عوامل (مانند عوامل محیطی و خودرو) مهم‌ترین عامل مؤثر در تصادف‌های جاده‌ای است. به همین ترتیب ۷۰/۵ درصد از عوامل سه‌گانه و ۳۶ درصد از کل عوامل به عامل محیطی مربوط می‌شود.

گیتلمن و همکاران (۲۰۱۷)، تحقیقی با عنوان «رابطهٔ بین سرعت گردش آزاد، خصوصیات زیرساختاری و حوادث، در مسیرهای تک‌سوار» انجام دادند. این مطالعه رابطهٔ بین سرعت سفر و حوادث را در جاده‌های تک راه‌آهن، حسابداری ترافیک و خصوصیات زیرساخت‌های جاده‌ای بررسی کرده است. داده‌های سرعت همان سرعت‌های سفر آزاد جریان جمع‌آوری شده توسط دستگاه‌های GPS در داخل وسایل نقلیه است. پایگاه داده شامل ۱۷۹ بخش در اسرائیل است. سیستمی برای شمارش تصادف‌های آسیب‌دیده در روز و شب، با استفاده از شاخص‌های سرعت، طول بخش، حجم ترافیک و گروه‌های جادهٔ همگن، در مکان‌هایی که گروه‌های جاده منعکس‌کنندهٔ شرایط طراحی جاده‌ای مختلف بودند، نصب شد. آنان در نتایج خود بین میانگین سرعت و حوادث ارتباط مثبت و معناداری را گزارش کردند، اما بین کنترل ترافیک و خصوصیات زیرساخت‌های جاده‌ای رابطهٔ معناداری نیافتند.

آقایی، دزفولیان، رضایی آریپودی و رضایی (۲۰۱۷) در تحقیقی با عنوان «کاربرد GIS برای شناسایی الگوهای فضایی و زمانی تصادف‌های جاده‌ای با استفاده از آمار مکانی (مطالعهٔ موردی: استان ایلام) بیان کردند که تلفات ناشی از تصادف‌های جاده‌ای تنها به سه عامل جاده، انسان و وسیلهٔ نقلیه مربوط نمی‌شود و عوامل دیگری نیز در این حوادث تأثیرگذار است. از آنجا که حوادث پدیده‌های زمانی هستند، تجزیه و تحلیل نقطه‌ای با شناسایی و تولید داده‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا برای کاهش تصادف‌های جاده‌ای، اقدامات مناسبی انجام دهند. از نقشهٔ نقطهٔ داغ، می‌توان نتیجه گرفت که در جاده‌های شمال غربی با اینکه ترافیک کمتری وجود دارد، تعداد (وزن فضایی) مرگ و میر بیشتر است.

نیلاکانتن، کوتوال و لانکوماران (۲۰۱۷)، تحقیقی با عنوان «عوامل تعیین‌کنندهٔ جراحات و تصادف‌های جاده‌ای در میان پرسنل خدمات در ایستگاه دفاع بزرگ» انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که به‌طور عمده افراد جوان و میانسال در جراحات و حوادث جاده‌ای دخیل هستند. اغلب حوادث جاده‌ای مربوط به کارکنان دوچرخه‌سوار است. در این پژوهش، عامل انسانی عامل تعیین‌کننده‌ای در RTAها و صدمات شناخته شد. اغلب قربانیان اعتراف کردند که عوامل انسانی علت اصلی حوادث جاده‌ای است و این حوادث قابل پیشگیری هستند.

جرستی و فین (۲۰۱۷)، در تحقیقی با عنوان «ارزیابی ریسک و هزینه‌های اجتماعی تصادف‌های جاده‌ای ـ تنوع فصلی و اهمیت هزینه‌های تأخیری» بیان کردند که هزینه‌های تأخیر در جادهٔ مورد مطالعه به‌طور متوسط حدود ۱۰ درصد کل هزینه‌های اجتماعی سالانهٔ حوادث و کمابیش ۷۰ درصد بیشتر از هزینه‌های حوادث است. بسیاری از اقدامات ایمنی جاده‌ای برای کاهش حوادث مربوط به مرگ و آسیب جدی صورت گرفته است. تجزیه و تحلیل آنان نشان می‌دهد این اقدامات برای کاهش تعداد تصادفات شدید می‌تواند مفید باشد، به‌ویژه در مناطق روستایی که هزینهٔ جاده‌ها بسته به نوع حوادث زیاد است. بنابراین، بسیار مهم است که چنین هزینه‌هایی در ابزارهای ارزیابی پروژه گنجانده شود تا اطمینان حاصل شود که از چنین حوادثی در روستاها جلوگیری می‌شود.

بر اساس آنچه بیان شد، این پژوهش در نظر دارد به سؤال‌های زیر پاسخ دهد:

- بیشترین تصادف‌های خودرو در محور جادهٔ هراز (آمل ـ تهران) در کدام نقاط روی می‌دهد؟
- نقاط حادثه‌خیز در محور جادهٔ هراز (آمل ـ تهران) بر اساس میزان صدمات جانی و شدت تصادف‌های رخ داده کدام است؟
- راهکارهای کاهش تصادف‌های جاده‌ای در محور جادهٔ هراز (آمل ـ تهران) کدام است؟

روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق از نظر هدف کاربردی بوده و از نظر شیوهٔ گردآوری اطلاعات، توصیفی ـ پیمایشی و تک‌مقطعی است. ابزار گردآوری اطلاعات در پژوهش حاضر بررسی اسناد و مدارک موجود در پلیس راهور ناجا است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از روش تحلیل داده‌کاوی در نرم‌افزار SPSS Modeler استفاده شده است. داده‌های مربوط به تصادف‌ها با استفاده از فرم‌های کام ۱۱۴ استخراج شده‌اند. مجموعهٔ داده‌های کام ۱۱۴ توسط فاوا ناجا با همکاری راهور طراحی شده و از طریق پلیس راهور مدیریت می‌شود. این مجموعه داده، مرجع رسمی عمومی تمام تصادف‌های جاده‌ای ایران است که اطلاعات مد نظر توسط افسران کارشناس تصادف در این سیستم ثبت می‌شود. داده‌های به‌دست آمده از سیستم کام ۱۱۴، با استفاده از مدل استاندارد CRISP- DM بررسی و تحلیل شدند. در جدول ۱ داده‌های استفاده‌شده در این تحقیق درج شده است.

این داده‌ها وارد مدل شدند و پس از خوشه‌بندی عوامل مؤثر بر تصادف در محدودهٔ مورد مطالعه و همچنین تعیین اولویت آنها، به شناسایی نقاط تعیین شده بر حسب عوامل و متغیرهای شناسایی شده پرداخته می‌شود.

جدول ۱. داده‌های پژوهش

نوع داده	شرح داده
محل تصادف	ورودی آبعلی، گزنک، تونل وانا، مشا، شنگلده، سیاه چال، آبشار قلعه دختر، پمپ بنزین آبعلی، ترنج و سایت پاراگلایدر
نوع تصادف	خسارتی، جرحی، فوتی
مانع دید	تل خاک، شیب، طوفان شن/مه، نور چراغ وسیلهٔ نقلیه مقابل، کیوسک
نوع راه	شنی و خاکی، آسفالت
تعمیرات راه	در حال تعمیر با علائم کافی، درحال تعمیر بدون علائم کافی، درحال تعمیر است، در حال تعمیر نیست.
شرایط سطح راه	یخبندان و برفی، شنی و خاکی، روغنی و کثیف، خشک و تر
هندسهٔ محل	مستقیم، سربالایی/سرپایینی، پیچ، مسطح، مستقیم، مسطح
خط‌کشی	ممتد، مقطع، ندارد
نوع شانه	شانه دارد، شانهٔ خاکی، شانهٔ آسفالت
نقص راه	اختلاف سطح بین آسفالت و شانه، نبود حفاظ ایمنی کنار معبر، نقص روشنایی معبر

پس از جمع‌آوری و انتقال داده‌ها به پایگاه داده و قبل از شروع فرایند داده‌کاوی، پیش‌پردازش‌های لازم روی داده‌های تصادف انجام گرفت تا از ایجاد خوشه‌های نامناسب جلوگیری شود. این پیش‌پردازش‌ها شامل نرمال‌سازی متغیرهای ورودی، هم‌مقیاس کردن و حذف داده‌های تکرای و ناقص می‌شود. همچنین برخی از متغیرهای ورودی با هم ترکیب شدند تا حافظه و حجم پردازش‌های لازم به‌منظور تحلیل شدت تصادف‌ها کاهش یابد.

شایان ذکر است که داده‌ها با توجه به عبارت کلامی نیاز به هم‌مقیاس‌سازی داشتند. برای مثال، نوع تصادف بر مبنای سه ضریب اهمیت زیاد (۳) برای تصادف فوتی، متوسط (۲) برای جرحی و کم (۱) برای تصادف خسارتی تعریف شده است. همچنین برای جاده‌ای که شانهٔ خالی دارد ضریب اهمیت ۲ و جاده‌ای که شانهٔ خالی ندارد ضریب اهمیت ۱ در نظر گرفته شده است. سایر داده‌ها نیز به همین ترتیب تعریف شده‌اند.

چارچوب کریسپ

در طبقه‌بندی، هر داده به یک طبقهٔ (کلاس) از پیش مشخص شده تخصیص می‌یابد، ولی در خوشه‌بندی هیچ اطلاعی از کلاس‌های موجود درون داده‌ها وجود ندارد و به بیانی خود خوشه‌ها نیز از داده‌ها استخراج می‌شوند. روش‌های خوشه‌بندی را می‌توان به چندین نوع دسته‌بندی کرد (ایزکیان، عامریان و مسگری، ۱۳۹۴). در روش خوشه‌بندی انحصاری پس از خوشه‌بندی، هر داده

به‌طور دقیق به یک خوشه تعلق می‌گیرد، مانند روش خوشه‌بندی K-Means ؛ ولی در خوشه‌بندی همپوشی، پس از خوشه‌بندی به هر داده یک درجهٔ تعلق به ازای هر خوشه اختصاص می‌یابد. به بیان دیگر، یک داده می‌تواند با نسبت‌های متفاوتی به چندین خوشه تعلق داشته باشد. نمونه‌ای از آن خوشه‌بندی فازی است. در روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی، به خوشه‌های نهایی بر اساس میزان عمومیت آنها، ساختاری سلسله‌مراتبی نسبت داده می‌شود. مانند روش Single Link؛ اما در خوشه‌بندی مسطح، تمام خوشه‌های نهایی دارای عمومیت یکسان هستند، مانند K-Means. به ساختار سلسله‌مراتبی حاصل از روش‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی، دندوگرام[1] گفته می‌شود. با توجه به اینکه روش‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی اطلاعات بیشتر و دقیق‌تری تولید می‌کنند، برای تحلیل داده‌های با جزئیات پیشنهاد می‌شوند؛ اما از طرفی چون پیچیدگی محاسباتی زیادی دارند، برای مجموعه داده‌های بزرگ، روش‌های خوشه‌بندی مسطح پیشنهاد می‌شود. یکی از الگوهای خوشه‌بندی CRISP است که الگوریتم آن در زیر ارائه شده است.

شکل ۲. چارچوب اجرایی CRISP

منبع: مورو، لاریانو و کورتز (۲۰۱۱)

کریسپ، فرایندهای استاندارد صنعت متقابل برای داده‌کاوی است. در واقع روش‌های تحلیل متفاوتی برای اجرای پروژه‌های داده‌کاوی وجود دارد. روش تحلیل CRISP یا «فرایندهای استاندارد صنعت متقابل برای داده‌کاوی» یکی از روش‌های منطف و پرکاربرد در این زمینه است. کریسپ نوعی مدل فرایندی است که در شش گام به سازماندهی کردن نتایج می‌پردازد (مورو و همکاران، ۲۰۱۱).

فهم تجاری: این گام شامل گردآوری الزامات و مصاحبه با مدیران ارشد و خبرگان می‌شود.

1. Dendogram

درک داده: در این گام به مسئلهٔ دسترسی به داده‌ها عمیق‌تر نگاه می‌شود و مراحل گردآوری داده‌های اولیه، توصیف داده، کشف داده و تغییر کیفیت داده را دربرمی‌گیرد.

آماده‌سازی داده: آماده‌سازی داده یکی از مهم‌ترین کارها و اغلب زمان‌برترین کار در پروژه‌های داده‌کاوی است و شامل انتخاب داده، پاک‌سازی داده، ساختاربندی دادهٔ جدید و ادغام داده می‌شود.

مدل‌سازی: داده‌ای که پس از صرف زمان، آماده است تا الگوریتم‌های داده‌کاوی را ارائه داده و راه‌حل‌هایی برای مشکل تجاری مطرح شده نشان دهد. تکنیک‌های انتخاب مدل‌سازی، ایجاد طراحی آزمایشی، ساختن مدل‌ها و ارزیابی مدل در این گام انجام می‌شود.

ارزیابی: در این گام، ارزیابی نتایج، فرایند بازبینی و تعیین مراحل بعدی انجام می‌شود.

توسعه: توسعهٔ فرایند استفاده از ادراک جدید برای بهبودبخشی به سازمان است.

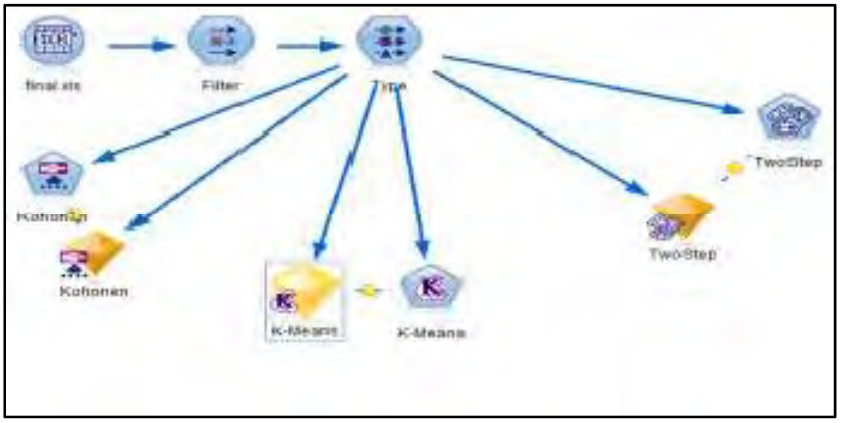
یافته‌های پژوهش

در این تحقیق متغیر محل وقوع تصادف، متغیر هدف (متغیر وابسته) است که خود شامل ۱۰ نقطهٔ شناسایی شده به شرح جدول ۲ می‌شود. همچنین ۸ متغیر نیز به‌عنوان متغیرهای پیش‌بین انتخاب شده‌اند که در جدول ۲ مشاهده می‌شوند.

جدول ۲. تعریف متغیرهای تحقیق

متغیر	تعریف متغیر	متغیر	تعریف متغیر
نوع تصادف	خسارتی، جرحی، فوتی	نقطهٔ ششم	جادهٔ هراز، سیاه چال
نقطهٔ اول	جادهٔ هراز، ورودی آبعلی، خروجی آبعلی	نقطهٔ هفتم	جادهٔ هراز، آبشار قلعهٔ دختر
نقطهٔ دوم	جادهٔ هراز، مبارک‌آباد	نقطهٔ هشتم	جادهٔ هراز، پمپ بنزین آبعلی
نقطهٔ سوم	جادهٔ هراز، تونل وانا، گزنک	نقطهٔ نهم	جادهٔ هراز، ترنج
نقطهٔ چهارم	جادهٔ هراز، مشا	نقطهٔ دهم	جادهٔ هراز، شنگلده
نقطهٔ پنجم	جادهٔ هراز، سایت پاراگلایدر		

پس از پاکسازی داده‌های مد نظر، در گام بعدی از تکنیک خوشه‌بندی در نرم‌افزار SPSS Modeler استفاده می‌شود. در این مرحله برای ساخت جریان داده، ابتدا فایل اکسلی که حاوی متغیرهای مربوط به تصادف‌های جاده‌ای است وارد مدل می‌شود. به غیر از صفت سال بقیهٔ صفت‌ها فیلتر می‌شوند؛ سپس با استفاده از گرهٔ نوع، ویژگی‌های صفت تعیین شده پس از آن هر سه الگوریتم Kohonen، k-means و Two step روی داده‌ها به اجرا درمی‌آید. شکل ۳ مراحل ساخت جریان داده را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمودار جریان داده برای خوشه‌بندی داده‌ها

ارزیابی کیفیت خوشه‌بندی، میزان برتری یک خوشه‌بندی را نسبت به خوشه‌بندی‌های دیگر نشان می‌دهد که به‌وسیلهٔ الگوریتم‌های متفاوت خوشه‌بندی یا الگوریتم‌های مشابه اما با مقدار پارامترهای متفاوت انجام می‌شود (سفیداری، کدخدائی و شریفی، ۱۳۹۲). در این تحقیق از شاخص سیلوئت به همراه زمان اجرا و تعداد خوشه‌ها استفاده شده است.

شاخص سیلوئت

شاخص تراکم و جدایی سیلوئت با مقادیر ضعیف، متوسط و خوب نشان داده می‌شود. میانگین مقدار شاخص سیلوئت برای ارزیابی اعتبار خوشه‌بندی و همچنین برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تعداد کلاس‌های بهینه به‌کار می‌رود که این میزان بر اساس دوری و نزدیکی مشاهدات و خوشه‌ها به یکدیگر محاسبه می‌شود (رابطهٔ ۱).

$$S(i) = \frac{\big(b(i) - a(i)\big)}{max\,\big(a(i), b(i)\big)} \qquad \text{رابطهٔ ۱)}$$

در این رابطه، $a(i)$ میانگین فاصلهٔ بین مشاهدهٔ i و سایر مشاهدات در یک خوشهٔ مشابه و $b(i)$ میانگین فاصلهٔ مشاهده i با تمام مشاهدات در خوشه‌های دیگر است. بر اساس رابطهٔ ۱ مقدار $S(i)$ بین ۱− و ۱+ قرار دارد. اگر $S(i)$ به ۱+ نزدیک‌تر باشد، به این معناست که خوشه‌بندی خوب بوده و برای نمونهٔ مد نظر مناسب است و اگر $S(i)$ به ۱− نزدیک‌تر باشد، به این معنای این است که خوشه‌بندی خوبی انجام نشده و خوشهٔ پیشنهادشده برای دادهٔ مد نظر مناسب نیست.

مطابق نظر خبره تعداد خوشه‌ها بین ۳ تا ۵ مناسب است. جدول ۳، مقایسهٔ معیارهای فوق در هر یک از سه الگوریتم خوشه‌بندی را نشان می‌دهد.

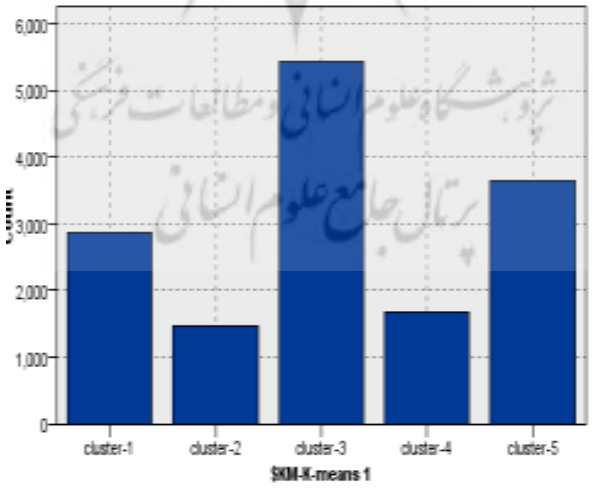
جدول ۳. مقایسهٔ معیارهای انتخاب در الگوریتم‌های خوشه‌بندی مد نظر

الگوریتم / معیار	زمان اجرا	تعداد خوشه‌ها	شاخص سیلوئت
K MEANS	۱ <	۵	۰/۶۲۸
TWO STEP	< ۱	۳	۰/۶۱۲
KOHONEN	< ۱	۱۲	۰/۳۸۶

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴، الگوریتم KOHONEN از نظر هر سه معیار ضعیف‌تر است و انتخاب نمی‌شود. با توجه به اینکه زمان اجرا در دو الگوریتم دیگر یکسان است، شاخص سیلوئت در الگوریتم K MEANS بیشتر به‌دست آمده است، در نتیجه الگوریتم K MEANS انتخاب می‌شود. در ادامه، الگوریتم پذیرفته‌شده در بخش مدل‌سازی تحقیق روی داده‌ها اعمال شد که نتایج آن در قالب شکل ۴ و جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ٤. مقایسهٔ معیارهای انتخاب در الگوریتم‌های خوشه‌بندی مد نظر

نام خوشه به‌ترتیب اولویت	اندازهٔ خوشه به درصد
۳	۵۴/۲۸
۵	۲۳/۴۸
۱	۱۴/۶۸
۴	۱۱/۱۱.۱۷۱۷
۲	۱۰/۴۸

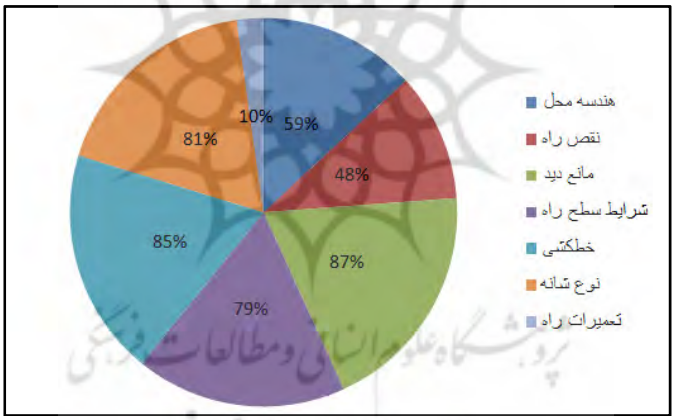


شکل ٤. تفکیک خوشه‌ها

با توجه به نتایج به‌دست آمده، خوشهٔ ۳ با فراوانی ۵۴/۲۸ خوشهٔ بهینه شناخته می‌شود و خوشهٔ ۲ با فراوانی ۱۰/۴۸ درصد ضعیف‌ترین خوشه مد نظر قرار می‌گیرد. بنابراین در ادامه، تحلیل‌ها بر اساس متغیرهای موجود در خوشهٔ ۳ خواهد بود. در جدول ۵ و شکل ۵ متغیرهای موجود در خوشهٔ ۳ که در مرحلهٔ مدل‌سازی قبل به‌دست آمده است، به ترتیب اهمیت نشان داده شده‌اند.

جدول ۵. متغیرهای پیش‌بینی‌کننده به‌ترتیب اهمیت

متغیر	موقعیت	سهم متغیرها به درصد
هندسهٔ محل	سربالایی/ سرپایینی، پیچ	۵۹
نقص راه	اختلاف سطح بین آسفالت و شانه	۴۸
مانع دید	طوفان شن/ مه	۸۷
شرایط سطح راه	یخبندان و برفی	۷۹
خط‌کشی	مقطع	۸۵
نوع شانه	ندارد	۸۱
تعمیرات راه	در حال تعمیر نیست	۱۰

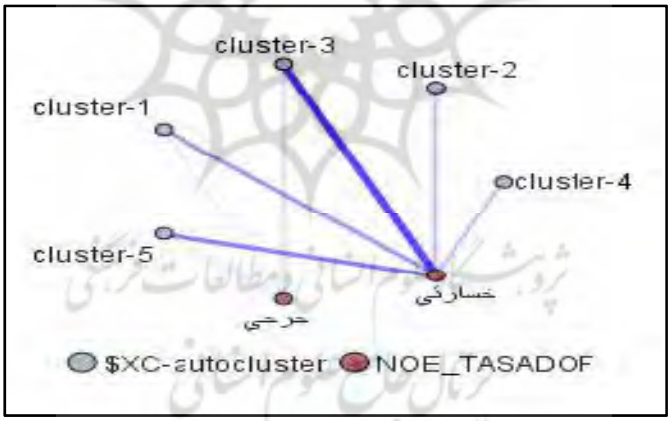


شکل ۵. توزیع متغیرهای پیش‌بینی‌کننده به‌ترتیب اهمیت

با توجه به شکل ۵، عوامل مؤثر بر بروز تصادف به‌ترتیب اهمیت شامل هندسهٔ محل، نقص راه، مانع دید، شرایط سطح راه، خط‌کشی، نوع شانه و تعمیرات راه است. برای مثال، ۵۹ درصد تصادف‌های خسارتی، در هندسهٔ محل سربالایی/سرپایینی و پیچ اتفاق می‌افتند. در مرحلهٔ بعد، مدل‌سازی با الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای متغیر نوع داده به‌کار برده شده است. این متغیرها شامل موقعیت تصادف، نحوهٔ برخورد و نوع برخورد است. نتایج خوشه‌بندی در شکل ۶ نشان داده شده است.

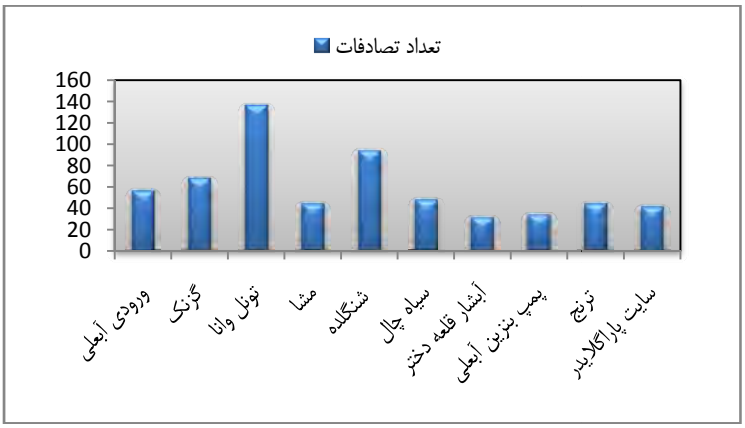
شکل ٦. نتایج خوشه‌بندی نوع داده‌ها

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین آمار تصادف در باند سواره‌رو، بیشترین برخورد ماشین‌ها با یکدیگر از جلو وسیلهٔ نقلیه به عقب وسیلهٔ نقلیه دیگر و بیشترین درصد نوع برخورد مربوط به برخورد دو وسیلهٔ نقلیه با یکدیگر است. گراف خوشه‌ها مطابق شکل ۷ مشاهده می‌شود. با توجه به شکل ۷، خوشهٔ ۳ که بهترین خوشه است، بیشتر از خوشه‌های دیگر به تصادف نوع خسارتی منجر می‌شود و خوشه‌های ۵، ۱، ۲ و ۴ به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند.



شکل ۷. گراف خوشه‌ها متغیرهای جاده‌ای تصادف‌های

در مرحلهٔ بعد، مدل‌سازی با الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای متغیر محل وقوع تصادف به‌کار برده شده است. این متغیرها شامل ۱۰ نقطه یا محل وقوع تصادف است. نتایج حاصل از خوشه‌بندی در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸. نتایج خوشه‌بندی برای متغیر محل وقوع تصادف

نتایج نشان می‌دهد نقطهٔ اول که به‌عنوان منطقهٔ بسیار مهم حادثه‌خیز در این محور شناسایی شده است، در منطقهٔ تونل وانا قرار دارد. این نقطه دارای بیشترین حادثه از هر سه نوع حادثهٔ فوتی، جرحی و مالی است. نقطهٔ دوم در منطقهٔ شنگلده قرار دارد که به‌عنوان دومین نقطهٔ حادثه‌خیز بسیار مهم در این محور شناسایی شده است. این نقطه نیز دارای بیشترین حادثه از هر سه نوع حوادث است. نقطهٔ سومی که از لحاظ حادثه‌خیزی بسیار اهمیت دارد، در منطقهٔ گزنک قرار دارد و آمار هر سه نوع حادثه در این نقطه بسیار زیاد است. میزان حوادث هر یک از این سه منطقه نسبت به سه دسته از حوادث در جدل ۶ مشاهده می‌شود.

جدول ٦. آمار نقاط شناسایی شده از حوادث رخ داده

نقاط مد نظر	تعداد تصادف فوتی		تعداد تصادف جرحی		تعداد تصادف مالی	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
تونل وانا (نقطهٔ اول)	۱۰	۰/۴۷	۳۸	۰/۴۵	۸۹	۰/۴۶
شنگلده (نقطهٔ دوم)	۷	۰/۳۳	۲۹	۰/۳۴	۵۸	۰/۳۰
گزنک (نقطهٔ سوم)	۴	۰/۱۹	۱۸	۰/۲۱	۴۶	۰/۲۳

نتایج تحقیق در بخش عوامل مؤثر بر تصادف‌های جاده‌ای با نتایج تحقیق خادمی (۱۳۹۲)، رحیم‌اف و حاج علی (۱۳۹۰) و جعفری اسکندری و مظفری (۱۳۹۴) مطابقت دارد. در این تحقیقات عوامل جاده‌ای و هندسهٔ راه به‌عنوان عامل اصلی و مهم در تصادف‌ها شناسایی شده‌اند که در این تحقیق نیز همین نتیجه به‌دست آمده است. در خصوص نقاط حادثه‌خیز با توجه به اینکه در محور جادهٔ هراز تحقیق مشابهی انجام نشده، نمی‌توان نتایج تحقیق را با سایر تحقیقات مشابه مقایسه کرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق در این محور و در محدودهٔ مورد مطالعه که شامل ۱۵ کیلومتر از محور جادهٔ هراز است، شش منطقه شناسایی شد. داده‌های لازم دربارهٔ این نقاط از پلیس راهور ناجا به‌دست آمد. نتایج تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد سه منطقه از مجموعهٔ ۱۵ کیلومتر بررسی شده دارای بیشترین حوادث هستند و به‌عنوان نقاط حادثه‌خیز شناسایی شدند.

۱. نقطهٔ اول، منطقهٔ تونل وانا؛
۲. نقطهٔ دوم، منطقهٔ شنگلده؛
۳. نقطهٔ سوم منطقهٔ گزنک.

شایان ذکر است که این سه منطقه دارای بیشترین حادثه از هر سه نوع حادثهٔ فوتی، جرحی و مالی هستند. بنابراین بر اساس نتایج مشخص شد که نقطهٔ یک واقع در محدودهٔ گزنک از مهم‌ترین نقاط حادثه‌خیز است و بیشترین تصادف‌ها از هر سه نوع در این منطقه رخ می‌دهد.

شکل ۹. نقاط منتخب

پیشنهادها

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود.

- با توجه به اینکه تونل وانا مهم‌ترین نقطهٔ حادثه‌خیز شناسایی شده است و عوامل مؤثر در این انتخاب بر اساس خوشه‌های مورد بررسی، هندسهٔ محل، نقص راه و نداشتن شانهٔ خالی است، پیشنهاد می‌شود که ارزیابی دقیق‌تری در خصوص هندسهٔ محل صورت گیرد و نقص‌های موجود مانند علائم راهنمایی برطرف شود و نسبت به شانهٔ خالی اقدام لازم انجام شود.

- در مورد نقطهٔ دوم که دارای حجم حوادث بیشتری نسبت به سایر نقاط است نیز، پیشنهاد می‌شود که در منطقهٔ شنگلده از چراغ خطر برای هشدار به رانندگان استفاده شود و مانع دید موجود در این محل برداشته شود.
- منطقهٔ گزنک سومین منطقهٔ حادثه‌خیز شناسایی شد که برای این محدوده پیشنهاد می‌شود همانند منطقهٔ اول، نسبت به ایجاد شانهٔ خالی اقدام لازم صورت گیرد.

با توجه به نتایج تحقیق به‌طور کلی راهکارهایی در خصوص کاهش حجم تصادف در این محدوده ارائه می‌شود:

۱. معمولاً دوبانده‌کردن راه‌ها، در نظرگرفتن نورکافی، استفاده از علائم راهنمایی و رانندگی از مهم‌ترین عواملی است که کاهش تصادف‌های جاده‌ای را رقم می‌زند.
۲. اصلاح هندسی مناطق حادثه‌خیز و خطرساز و همچنین شناسایی آنها از اقدامات مهم دیگری است که می‌تواند سهم راه‌ها را در تصادف‌های جاده‌ای کاهش دهد.
۳. ایجاد روگذرها و زیرگذرها و همچنین دوربرگردان‌هایی که متناسب با جاده باشند می‌توانند در کاهش تصادف‌های جاده‌ای مؤثر واقع شوند.
۴. یکی از راهکارهای دیگر، بهرهٔ حداکثری از قوانین مرتبط با جرایم و تخلفات ترافیکی و رانندگی است که با اجرای کامل و دقیق آن می‌توان به کاهش آمار تصادف‌ها در این حوزه امیدوار بود.

محدودیت‌های پژوهش

- جمع‌آوری داده‌ها در خصوص نقاط مد نظر با مشکل مواجه شد که در ادامهٔ کار با مساعدت رئیس پلیس محور هراز داده‌های ۱۵ نقطهٔ مد نظر در اختیار محقق قرار گرفت.
- یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق، عدم ارائهٔ آمار دقیق مرگ‌ومیرها و خسارت‌های مربوط به کل محور هراز (آمل ـ تهران) بود که به دلایل متعدد از ارائه این اطلاعات خودداری شد.

فهرست منابع

ابوالقاسمی ماهانی، ح.، آقابزرگی، س.، ابوالقاسمی ماهانی، ه. (۱۳۹۳). بررسی رویکردهای نهادهای بین‌المللی در شناسایی عوامل مؤثر در تصادفات و مدیریت ایمنی جاده‌ها. *سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی*، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

ایزکیان، ز.، عامریان، ی.، مسگری، م. (۱۳۹۴). ارائهٔ یک روش خوشه‌بندی سری‌های زمانی بر مبنای الگوریتم تکاملی دیفرانسیلی و تبدیل کسینوسی گسسته. *فصلنامهٔ علوم و فنون نقشه‌برداری*، ۵ (۴)، ۲۰۹– ۱۹۹.

آیتی، ا.، قدیریان، ف.، احدی، م. (۱۳۸۷). محاسبهٔ هزینه‌های آسیب به وسایل نقلیه در تصادفات جاده‌ای ایران در سال ۱۳۸۳. *پژوهشنامه حمل و نقل*، ۵ (۱)، ۱۳- ۱.

بهبهانی، ح.، اسدی کیا، ه. (۱۳۹۰). ارزیابی راهکارهای موجود در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (ITS) از لحاظ ارتقای سطح ایمنی ترافیک ، *دهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران*، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

پاک گوهر، ع.، خلیلی، م.، صفارزاده، م. (۱۳۸۹). بررسی علل و عوامل مؤثر در کاهش تصادفات جاده‌ای ایران با استفاده از مدل‌های رگرسیونی LR، CRT و GLM. *فصلنامهٔ دانش اقتصادی*، ۱۲(۱)، ۱۰۶- ۷۷.

جعفری اسکندری، م.، مظفری، ع. (۱۳۹۴). خوشه‌بندی و پیش‌بینی تصادف‌های جاده‌ای. *فصلنامهٔ علمی ترویجی راهور*، ۱۲ (۲۹)، ۷۸- ۶۳.

جمالی، غ. (۱۳۹۳). شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر برتصادفات جاده‌ای استان بوشهر. *فصلنامهٔ مطالعات پژوهشی*، (۱۰)، ۱۰۱- ۷۹.

جوادیان کوتنایی، ر.، غلامی منفرد، ب.، بتی، ل.، قانعی اردکانی، م. (۱۳۹۰). استفاده از شبکه‌های بیزین به‌عنوان روشی برای تعیین اولویت‌بندی کاهش سهم عوامل مؤثر در تصادفات جاده‌ای، *کنفرانس فناوری اطلاعات و جهاد اقتصادی*، کازرون، مجتمع آموزش عالی کازرون.

خادمی، ف. (۱۳۹۲). بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای. *هفتمین کنگرهٔ ملی مهندسی عمران*، دانشکدهٔ مهندسی شهید نیک بخت، زاهدان، دانشگاه زاهدان.

خیرآبادی، ق.، بوالهری، ج. (۱۳۹۰). نقش عوامل انسانی در تصادفات جاده‌ای. *فصلنامهٔ علوم رفتاری*، ۱۰ (۱)، ۷۸- ۶۹.

رحیمی، ش.، آیتی، ا.، دوست‌پرست، م. (۱۳۹۴). شناسایی عوامل مؤثر بر ایمنی ترافیک در محل تونل‌ها با استفاده از الگوهای رگرسیونی، *پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک*، تهران، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک.

رحیم‌اف، ک.، حاج علی، م. (۱۳۹۰). ارائهٔ مدلی جهت شناسایی نقاط پرحادثه در جاده‌های بین شهری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره. *ششمین کنگرهٔ ملی مهندسی عمران*، ۶ و ۷ اردیبهشت، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

سفیداری، ا.، کدخدائی، ع.، شریفی، م. (۱۳۹۲). مقایسهٔ روش‌های شبکهٔ عصبی خود سازنده و آنالیز خوشه‌ای برای ارزیابی مقدار کربن آلی در سازندهای محتوی هیدروکربن با استفاده از سیستم‌های هوشمند. *پژوهش نفت*، ۲۳ (۷۵)، ۱۳۰- ۱۱۱.

سلمانی، م.، رمضان‌زاده، م.، دریکوند، م.، ثابتی، ف. (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای و ارائهٔ راهکارهایی برای کاهش آن (مورد مطالعه: منظومهٔ روستایی جنوب خور و بیابانک). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۴۱(۶۵)، ۱۰۴- ۸۷.

شفابخش، ق.، علیزاده، ح.، اکبری، م. (۱۳۹۱). شناسایی و اولویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز با روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) (مورد مطالعه: ۷ قوس محور هراز). مطالعات مدیریت ترافیک، (۲۴)، ۱۸- ۱.

شمسی، م.، شمسی، م. (۱۳۹۳). بررسی تصادفات رانندگی از نظر آماری و اقتصادی و تأثیر آن بر سلامت روان و ارائهٔ راهکارهای عملی برای کاهش تصادفات، *سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی*، زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان.

صمدی، س.، نظیفی، م.، عباسپور، س. (۱۳۹۵). بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای کشور رویکردی از شبکهٔ عصبی. *فصلنامهٔ مطالعات مدیریت ترافیک*، ۶ (۲۳)، ۸۶- ۶۹.

کاهانی، ر.، قاسمی، ر.، طالبی، م. (۱۳۹۴). بررسی میزان تأثیرات آموزش نکات ایمنی دوچرخه سواری در کودکان ۸ تا۱۰ سال در پارک آموزش ترافیک منطقهٔ ۴ شهرداری تهران. *پانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک*، تهران، معاونت سازمان حمل و نقل و ترافیک.

نوروزی، ا.، قنبرپور، آ.، شعبانی، ش. (۱۳۹۰). مدیریت ریسک وکنترل ایمنی در تونل‌ها با تمرکز بر وضع موجود ایمنی در تونل‌های راه‌آهن ایران. *دهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران*. تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

وثوقی فرد، م.، کیامهر، ر.، مدقالچی، ع. (۱۳۹۱). بررسی نقاط حادثه‌خیز جاده و ارائهٔ راهکارهای پیشنهادی برای کاهش تصادفات (مطالعهٔ موردی: جادهٔ زنجان خرمدره). *اولین همایش منطقه‌ای مهندسی عمران با رویکرد توسعهٔ پایدار*، بندرگز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرگز.

Abolghasemi Mahani, H., Aghabzorgi, S., Abolghasemi Mahani, H. (2014). Investigating the Approaches of International Institutions to Identify Crash Effective Factors and Road Safety Management. *Third National Conference on Road Accidents, Rail and Aviation Disasters*, Zanjan, Islamic Azad University, Zanjan Branch. (*in Persian*)

Aghajani, M.A., Shahin Dezfoulian, R., Rezaee Arjpoody, A. & Rezaee, M.R. (2017). Applying GIS to Identify the Spatial and Temporal Patterns of Road Accidents Using Spatial Statistics (case study: Ilam Province, Iran). *Transportation Research Procedia*, 25, 2126-2138.

Ayati, A., Ghadirian, F., Ahadi, M. (2008), Calculating the cost of damage to vehicles in road accidents in Iran in 2004, *Transportation Research Journal*, 5 (1), 1-13. (*in Persian*)

Bardal, K.G. & Jørgensen, F. (2017). Valuing the risk and social costs of road traffic accidents – Seasonal variation and the significance of delay costs. *Transport Policy*, 57, 10-19.

Behbahani, H., Asadi Kia, H. (2011). Assessing Solutions to Intelligent Transportation Systems (ITS) in terms of improving the safety of traffic, *The tenth conference on transport engineering and traffic in Iran*. Tehran, Tehran Transportation and Traffic Organization, Transportation and Logistics Tehran Municipality traffic. (*in Persian*)

Gitelman, V., Doveh, E., Bekhor, S. (2017). The Relationship between Free-Flow Travel Speeds, Infrastructure Characteristics and Accidents, on Single-Carriageway Roads. *Transportation Research Procedia*, 25, 2026-2043.

Isakyan, Z., Ameriyan; Messgari, M. (2015). Presenting a time series clustering method based on differential evolutionary algorithm and discrete cosine transformation, *Journal of Science and Technology Surveying*, 5 (4), 199-209. (*in Persian*)

Jafari Eskandari, M. & Mozafari, A. (2015). Clustering and predicting road accidents. *Quarterly Journal of Proceedings of Rawour*, 12 (29), 63-78. (*in Persian*)

Jamali, Gh. (2014). Identification and ranking of factors affecting traffic accidents in Bushehr province. *Quarterly research studies*, (10), 79-101. (*in Persian*)

Javadian Kotani, R; Gholami Monfared, B; Botty; L; Ghanei Ardakani, M. (2010). Use of Busan Networks as a Method for Prioritizing Reducing the Contribution of Effective Factors in Road Accidents, *Conference on Information Technology and Economic Jihad*, Kazeroun, Kazeroun High Education Complex. (*in Persian*)

Kahani, R., Ghasemi, R., Talebi, M. (2015). Study of the effects of training on cycling safety tips in children aged 8 to 10 in Traffic Training Park, Tehran Municipality, District 4. *15th International Conference on Transport and Traffic Engineering*, Tehran, Deputy Director and Traffic Management Organization. (*in Persian*)

Khademi, F (2012). The study of the most important factors affecting road accidents. *Seventh National Congress of Civil Engineering*, Shahid Nikbakht Engineering School, Zahedan, Zahedan University. (*in Persian*)

Kheirabadi, GH., Bolhari, J. (2011). The Role of Human Factors in Road Accidents. *Behavioral Sciences Research*, 10 (1), 69-78. (*in Persian*)

Moro, S., Laureano, R., & Cortez, P. (2011). Using data mining for bank direct marketing: An application of the crisp-dm methodology. In *Proceedings of European Simulation and Modelling Conference-ESM'2011* (pp. 117-121). Eurosis.

Neelakantan, A., Kotwal, S.M.B.A., MookkiahI lankumaran, S.C. (2017). Determinants of injuries and Road Traffic Accidents amongst service personnel in a large Defence station *Medical Journal Armed Forces India*, 73(3), 216-221.

Nowruz, A., Ghanbarpour, A., Shabani, S. (2011). Risk management and safety control in tunnels, focusing on safety status in Iranian railway tunnels. *Tenth Tehran Transport and Traffic Engineering Conference*, Tehran, Tehran Transportation and Traffic Organization, Deputy Director of Transportation and Traffic of Tehran Municipality. (*in Persian*)

Pak Gohar, A., Khalili, M., Safarzadeh, M. (2010). Investigating the causes and factors affecting the reduction of road accidents in Iran using regression models LR, CRT and GLM. *Econometric Economics*, 12 (1), 77-106. (*in Persian*)

Rahimf, K., Haj Ali, M. (2011). Presenting a model for identifying the most striking points on intercity roads using a multi-criteria decision-making method. *6th National Congress on Civil Engineering, 6th and 7th of May*, Semnan University, Semnan, Iran. (*in Persian*)

Rahimi, SH., Ayati, A., Dostparast, M. (2013). Traffic Safety Assessment at Tunnel Site, *15th National Students Conference in Urumia*, Urmia University Student Society. (*in Persian*)

Salmani, M., Ramezanzadeh, M., Derrikond, M., Sabeti, F. (2008). Investigating the Factors Affecting Road Accidents and Providing Solutions for Reducing It (Case Study: Rural System of South Khore and Biabanak, *Human Geography Researches*, 65, 87- 104. (*in Persian*)

Samadi, S., Nazifi, M., Abbaspour, S. (2016). An Investigation of the Factors Affecting Road Accidents in Iran. A Neural Network Approach. *Traffic Management Studies Chapter*, 6 (23), 69-86. (*in Persian*)

Sefidari, A., Kadkhodaii, A., Sharifi, M. (2012). Comparison of self-constructive neural networks and cluster analysis methods for evaluating the amount of organic carbon in a constructor containing hydrocarbons using intelligent systems, *Oil Research*, 23 (75), 111-130. (*in Persian*)

Shafabakhsh, Gh., Alizadeh, H., Akbari, M. (2012). Identification and Prioritization of Accidental Points by Analytical Network Process (ANP) - Case Study: 7 Horiz Axis, *Traffic Management Studies*, (24), 1-18. (*in Persian*)

Shamsi m; shamsi m (2014). Study of accident and traffic accident and its impact on mental health and providing practical solutions for reducing accidents. *Third National Conference on Road Accidents*, Railways and Air Cases, Zanjan - Islamic Azad University, Zanjan Branch. (*in Persian*)

Vosoughi Fard, M., Kyamehr, R., Modghalchi, A. (2011). Study of road accident points and providing suggested solutions for reducing accidents (Case study: Zanjan Road, Khoramdareh). *First Regional Civil Engineering Conference with Sustainable Development Approach*, Bandaragh, Islamic Azad University, Bandaragh Branch. (*in Persian*)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی