

تحلیل و پیش‌بینی پراکنش زمانی وقوع تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین

حس بهتوئی

دانشجوی دوره دکتری آب و هوا شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی
شهریار خالدي*

استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

قاسم کیخسروی

استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

مهدی صداقت

استادیار اقلیم شناسی، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه پیام نور تهران

(تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۸/۱۲ - تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۹/۲۹)

چکیده

هدف این تحقیق دستیابی به الگوی پراکنش زمانی تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج-قزوین، از محورهای پرتراфик نزدیک پایتخت است. با پیش‌بینی زمان نسبی وقوع تصادف، امکان برنامه‌ریزی صحیح برای کاهش هزینه‌های ناشی از آن تا حدی فراهم می‌آید. این پژوهش از نوع کاربردی با رویکرد کمی است که به‌دلیل حجم اطلاعات، از روش‌های داده‌کاوی مبتنی بر روش کریسپ برای تحلیل داده‌ها و از آزمون همبستگی متغیرهای اسمی برای تعیین همبستگی استفاده شده است. منبع داده‌ها گزارش تصادف‌های پلیس راهور فراجای استان قزوین در محور کرج-قزوین است. جامعه آماری تحقیق، اطلاعات همه تصادف‌های این محور است که به‌دلیل بزرگی بیش از اندازه، محدودۀ ده‌ساله ۱۳۹۹-۱۳۹۰ به‌عنوان نمونه بررسی شده است. براساس نتایج آزمون همبستگی متغیرهای اسمی لمبدا در سطح معناداری ۰/۰۵ بین فصل رخداد تصادف‌های جاده‌ای، روز و ساعت تصادف‌ها همبستگی وجود دارد؛ همچنین یافته‌های مرتبط با الگوریتم جی ۴۸ نرم‌افزار داده‌کاوی وکا نیز الگویی از ارتباط این سه متغیر ارائه کرد که براساس آن می‌توان پراکنش زمانی تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج-قزوین را پیش‌بینی کرد. نتایج نشان داد که در هر یک از فصول سال احتمال پراکنش زمانی رخداد تصادف‌ها به تفکیک روز و ساعت وقوع متفاوت خواهد بود؛ یعنی در هر فصل احتمال رخداد تصادف در روزهای مختلف و ساعت‌های خاص آن بیشتر خواهد بود. همچنین به‌وسیله الگوی ارائه‌شده امکان تعیین روزها و ساعات تصادف‌ها ممکن خواهد بود و به این ترتیب می‌توان حدس زد که در فصل بهار، در ساعات صبح، چه روزهایی بیشتر تصادف رخ خواهد داد و به همین ترتیب برای فصول، ساعات و روزهای دیگر نیز الگو پیش‌بینی را ممکن می‌کند. این مقاله در هدف، روش و نوع تحلیل داده‌ها براساس داده‌کاوی و پیش‌بینی احتمال رخداد تصادفات دارای نوآوری است و پیش از این تحقیقی از این دست انجام نگرفته است.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی تصادفات، تصادف‌های جاده‌ای، داده‌کاوی، درخت تصمیم، محور کرج-قزوین.

مقدمه

انسان‌ها هر روز به‌نحوی با خطر مواجه می‌شوند، پیشگیری از مخاطرات محیطی و مقابله مؤثر با آنها به‌عنوان رویدادهایی آسیب‌زا، از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاستگذاران و مجریان در حوزه‌های مختلف مسائل اجتماعی است [۱۹]. تصادف رانندگی از مهم‌ترین این خطرهایست و انسان همواره در پی راه حلی برای کاهش یا کنترل مخاطرات در زندگی خود بوده است.

در میان انواع تصادف، تصادف‌های جاده‌ای از عوامل بسیار مهم مرگ‌ومیر و آسیب‌های شدید جانی و مالی هستند [۱۲]. سازمان بهداشت جهانی در گزارش ۲۰۱۹ خود پیش‌بینی کرده بود که مرگ‌ومیر ناشی از حوادث رانندگی در سال ۲۰۲۰، ششمین علت مرگ‌ومیر در سراسر جهان و دومین عامل از دست رفتن سال‌های زندگی به‌علت ناتوانی در کشورهای در حال توسعه بوده است [۳]. شایان توجه است که ۹۰ درصد حوادث رانندگی در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد [۱۱]. روزنامه همدلی در گزارشی رسمی اعلام کرد که در جهان به‌ازای هر ۱۰ هزار خودرو حدود ۹ نفر کشته می‌شوند، درحالی که در ایران به‌ازای این تعداد خودرو، ۳۷ نفر کشته می‌شوند. از سوی دیگر در ایران حوادث رانندگی پس از آلودگی هوا بیشترین قربانی را می‌گیرد. براساس اعلام پژوهشکده بیمه مرکزی، ایران از نظر تصادف‌های ناایمن رانندگی در بین ۱۹۰ کشور جهان، رتبه ۱۸۹ را به خود اختصاص داده و از این نظر، فقط سیرالئون در غرب قاره آفریقا وضعیتی بدتر از ایران دارد [۱۳].

وسایل نقلیه موتوری در حمل و نقل جاده‌ای انقلابی ایجاد کردند و منافع زیادی برای جامعه انسانی به ارمغان آورده‌اند. اما متأسفانه این منافع با تلفات انسانی زیادی در جاده‌ها به‌دست آمده‌اند [۸] از سویی دیگر، هزینه تصادفات در راه‌های کشور بسیار سنگین است. شناسایی دقیق شاخص‌های مؤثر بر تصادفات و اثرسنجی آنها از مؤثرترین راهکارهای کاهش تصادفات، تخلفات و افزایش ایمنی در رانندگی است که سازمان‌های متولی از نتایج آن می‌توانند برای ارتقای ایمنی در جاده‌ها و کاهش تصادفات استفاده کنند [۵]. در تصادف رانندگی همواره چهار عامل انسان، وسیله نقلیه، جاده و محیط دخالت دارند [۲۰]. در میان عوامل محیطی شرایط اقلیمی و عناصری مانند درجه حرارت، بارش برف و باران، رطوبت نسبی، مه، کولاک، یخبندان و ... از عوامل تأثیرگذار در رانندگی و از عوامل مهم تصادف‌های جاده‌ای محسوب می‌شوند [۱۴]، [۲] که ایمنی و پایداری حمل‌ونقل را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۷].

تصادف‌های جاده‌ای از رویکردهای مختلفی توجه محققان را جلب کرده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود:

خالدی، بهتوئی، التماسی و کیخسروی (۱۴۰۱) در پژوهشی با تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی علل تامه تصادف‌های جاده‌ای در شرایط نامساعد جوی، مهم‌ترین علل تامه تصادف‌های جاده‌ای در محور تهران- قزوین (جاده قدیم) را بی‌توجهی به جلو و تخطی از سرعت مطمئنه ذکر کردند. آنان سپس دلایل ایجابی وقوع علل تامه تصادف از نظر کارشناسان و رانندگان را به‌دست آوردند و در نهایت دو مدل ذهنی از ارتباط علل تصادف‌های جاده‌ای در شرایط نامساعد جوی و یک مدل پیوندی از نحوه و میزان ارتباط عوامل با یکدیگر ارائه کردند [۹].

بهبهانی، عفتی و مرتضایی (۱۳۹۹) در تحقیقی در زمینه معرفی روشی برای تحلیل شدت تصادف‌های راه‌های برون‌شهری مبتنی بر توابع خوشه‌بندی مکانی و داده‌کاوی به روش درخت تصمیم، نشان دادند که مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شدت تصادف‌ها، نوع تصادف و عامل انسانی است و عوامل اقلیمی به‌طور مستقیم چندان در وقوع تصادف مؤثر نیستند [۴]. کلانتری و علیان (۱۳۹۹) در پژوهش خود به تحلیل توزیع مکانی و احتمال وقوع تصادف‌های جاده‌ای و عوامل مؤثر بر آنها به‌ویژه دو عامل محیط و جاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی در محور کرج- کندوان با استفاده از روش سلسله‌مراتبی درخت تصمیم‌گیری پرداختند و نتیجه گرفتند که متغیر انحنای مهم‌ترین عامل در وقوع تصادف است و متغیرهای تقاطع، اقلیم، تراکم و شیب در رتبه‌های بعد قرار دارند [۱۸].

بهتوئی و التماسی (۱۳۹۹) در پژوهشی در خصوص داده‌کاوی تصادف‌های جاده‌ای شمال غرب تهران، به بررسی علل مؤثر بر تصادف‌های جاده‌ای پرداختند. آنها دریافتند که مهم‌ترین پرتعدادترین علت تامه تصادف‌های جاده‌ای در سال‌های بررسی شده بی‌توجهی به جلو بوده است [۶]. یزدانی، پاشازاده و زادولی (۱۳۹۷) در پژوهشی نشان دادند که بیشتر تصادف‌های شهر اردبیل در میدان‌ها و خیابان‌های اصلی و اغلب در روزهای گرم سال رخ می‌دهد و عامل اغلب آنها بی‌توجهی به مقابل و رعایت نکردن حق تقدم است. براساس این تحقیق، عجله و شتاب‌زدگی، رعایت نکردن حق تقدم و فاصله طولی و عرضی به‌منزله عوامل انسانی، مهم‌ترین عوامل تصادف‌های شهری اردبیل هستند [۲۱].

احمدی و علی‌محمدی (۱۳۹۴) نیز در پژوهشی درباره آنالیز زمانی و مکانی تصادف‌های رانندگی با استفاده از تراکم پنجره‌ای فازی، الگوی زمانی و مکانی تصادف‌های رانندگی بزرگراه کرج- قزوین را بررسی کردند و نشان دادند که عوامل مختلفی همچون ساعت، نوع برخورد، نوع تصادف، عامل انسانی، روزهای هفته و وضعیت جوی الگوی مکانی مشخصی دارند و با بررسی آنها می‌توان علت الگوهای مختلف را کشف کرد [۱].

کومی، پلیمنی و بالسامو (۲۰۲۲) در پژوهشی، مدلی را برای تصادف‌های جاده‌ای در رم ارائه دادند و دریافتند که تحلیل‌های داده‌کاوی ابزاری قدرتمند برای برنامه‌ریزی اقدامات مناسب به‌منظور کاهش تصادف‌اند [۲۳].

ویسوانات و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی با هدف پیش‌بینی نحوه ارتباط تصادف‌های جاده‌ای با شرایط محیطی از ابزار داده‌کاوی و الگوریتم پریوری بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ در جاده بنگلور استفاده کردند و نشان دادند که تصادف‌های جاده‌ای به‌طور مستقیم با شرایط محیطی جاده‌ها ارتباط دارند [۲۷]. سنگخارات و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود، افزایش ایمنی جاده‌ها را راهکار کاهش تصادف‌ها و خسارت ناشی از آنها دانسته‌اند [۲۵]. کیم، لی و یون (۲۰۲۱) تحقیقی با هدف پیش‌بینی شرایط سطح جاده در روزهای بارانی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و ارائه اطلاعات مفید به رانندگان به‌منظور جلوگیری از تصادف‌های رانندگی ناشی از شرایط نامناسب جاده در شرایط آب‌وهوایی مختلف انجام دادند [۲۴].

عبدلا و شعبان (۲۰۲۰) در تحقیق خود در زمینه مدل‌سازی تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر تعداد صدمات عابر پیاده با استفاده از مدل LASSO-Based Poisson، با هدف بررسی تأثیر آب‌وهوا و شرایط نامناسب آب‌وهوایی بر افزایش شدت آسیب‌های عابران پیاده ناشی از تصادفات رانندگی دریافتند که شرایط آب‌وهوایی تأثیر مستقیم و معناداری بر شدت آسیب‌ها و صدمات ناشی از تصادفات با عابر پیاده نداشته است [۲۲]. یودین و هویهن (۲۰۲۰) در تحقیقی دیگر درباره تجزیه و تحلیل شدت آسیب تصادفات کامیون در شرایط آب‌وهوایی مختلف، با استفاده از سه مدل منطقی نشان دادند که شرایط آب‌وهوایی مختلف تأثیرات متفاوتی بر شدت جراحات در تصادفات کامیون دارد. مشخص شد که پارامترهای تصادف روستایی، تصادف از پشت و برخورد از کنار سطوح تأثیر متفاوتی بر شدت آسیب دارند و بیشتر تصادف‌ها از کنار شدت بیشتری داشته‌اند [۲۶].

از تحقیقات یادشده می‌توان نتیجه گرفت که تحقیقات در حوزه تصادف‌های جاده‌ای به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند. تحقیقاتی که همه عوامل تصادفات را مدنظر دارند و تحقیقاتی که شرایط اقلیمی و محیطی را بررسی می‌کنند که تحقیق حاضر نیز از دسته دوم است. البته این پژوهش با توجه به اهداف و روش تحلیل داده‌ها نسبت به تحقیقات قبلی دارای نوآوری است. همچنین ارائه الگویی از تصادف‌های جاده‌ای که احتمال رخداد تصادفات را براساس زمان وقوع تصادفات پیش‌بینی‌پذیر کند نیز از دستاوردهای این تحقیق است که در پژوهش‌های پیشین به آن توجه نشده است.

هدف این تحقیق، تحلیل و پیش‌بینی‌پذیر کردن پراکندگی زمانی تصادف‌های جاده‌ای

است؛ البته با توجه به گستردگی و تنوع جاده‌های کشور، این تحقیق در یکی از جاده‌های مهم انجام گرفته است که پل ارتباطی دو کلانشهر تهران و قزوین است. از این‌رو با توجه به اهمیت این محور و البته لزوم دستیابی به اطلاعات صحیح در زمان درست برای تصمیم‌سازی بهتر، دستاورد این تحقیق دستیابی به الگوی زمانی رخداد تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین است تا با پیش‌بینی زمان نسبی رخداد تصادف‌ها امکان برنامه‌ریزی‌های صحیح برای کاهش هزینه‌های ناشی از تصادف‌ها را تا حدودی فراهم کند.

برای دستیابی به هدف مذکور دو پرسش اساسی مطرح می‌شود: پراکنش زمانی تصادف‌های جاده‌ای در محور کرج- قزوین چگونه است؟ آیا می‌توان بین فصل، روز و ساعت وقوع تصادف‌های جاده‌ای الگویی یافت و آیا این الگو توانایی پیش‌بینی زمان احتمالی وقوع تصادف‌های جاده‌ای در محور تحت بررسی را خواهد داشت؟

منطقه پژوهش

استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۶۲۳ کیلومتر مربع در حوزه مرکزی ایران بین ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار دارد. این استان از شمال به استان‌های گیلان و مازندران، از غرب به استان‌های زنجان و همدان، از جنوب به استان مرکزی و از شرق به استان تهران محدود است. این استان در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز واقع شده که به دلیل داشتن ارتفاعات متعدد و بارندگی‌های متوسط از نقاط معتدل کشور به شمار می‌آید [۱۵].

استان قزوین از کریدورهای مهم ارتباطی کشور است که مهم‌ترین جاده‌ها و آزادراه‌های جنوب و شرق را به شمال و غرب کشور متصل می‌سازد. این استان دارای ۶۶۷۱ کیلومتر راه است که ۲۱۷ کیلومتر آزادراه، ۲۶۷ کیلومتر بزرگراه، ۱۳۶۷ کیلومتر راه اصلی و ۴۸۲۰ کیلومتر نیز راه روستایی است. موقعیت استان قزوین سبب شده که براساس آمارهای رسمی تردد راه‌های استان به‌طور میانگین روزانه به ۳۰۰ هزار خودرو برسد و از سوی دیگر سوانح جاده‌ای نیز در آن به‌خصوص در روزهای تعطیل و پرتردد افزایش یابد [۱۶].

قزوین با دارا بودن تنها ۱۵ هزار کیلومتر مساحت، نزدیک به ۵ درصد اقتصاد و تولیدات کشور سهم دارد که همین موضوع، اهمیت این استان را در حمل‌ونقل جاده‌ای نشان می‌دهد. آزادراه کرج- قزوین یکی از دو راه ارتباطی بین قزوین و تهران است که رانندگان به‌ویژه خودروهای سواری با توجه به آزادراه بودن و شرایط نسبی ایمنی بیش از جاده قدیم از آن استفاده می‌کنند. این آزادراه یکی از مسیرهای اصلی تردد در استان قزوین به‌شمار می‌آید.



شکل ۱. نقشه آزاد کرج- قزوین

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نظر هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد و از منظر تفسیر و تحلیل یافته‌ها، توصیفی-تحلیلی است. رویکرد کلی به این تحقیق کمی است. طبق فنون داده‌کاوی و الگویی براساس الگوریتم جی ۴۸ نرم‌افزار وکا^۱ از ساده‌ترین و شاید پرکاربردترین نرم‌افزارهای داده‌کاوی برای تهیه درخت تصمیم است، بنابراین ابتدا داده‌های آماری تصادف‌های جاده‌ای از گزارش‌های پلیس راهور در استان در محور مورد نظر گردآوری شده و براساس فرایند تحلیل داده‌ها و داده‌کاوی و با روش کریسپ^۲ طی شش مرحله داده‌ها تجزیه و تحلیل شد:

- **گام اول:** فهم مسئله (تبیین اهداف و فرایند پژوهش)؛ **گام دوم:** درک داده (تطبیق داده‌ها با مسئله پژوهش)؛ **گام سوم:** آماده‌سازی داده (ایجاد فیله‌های لازم و تبدیل داده‌ها به فرمت ماشین‌خوان)؛ **گام چهارم:** مدل‌سازی (تعیین ارتباط بین داده‌های خام و تفکیک آنها براساس ویژگی‌های مشترک در خوشه‌ها و طبقه‌های مختلف)؛ **گام پنجم:** ارزیابی (تطابق خوشه‌بندی‌ها و نوع داده‌ها در هر فیلو و رکورد با اهداف پژوهش)؛ **گام ششم:** استقرار (اعمال الگوریتم‌های مناسب بر مبنای اهداف تحقیق که به الگو یا محاسبات آماری در داده‌ها منتج می‌شود).

دلیل اصلی استفاده از این روش، حجم زیاد اطلاعات است که تا حدی آن را در زمره داده‌های بزرگ^۳ قرار می‌دهد؛ از این‌رو و برای تحلیل این نوع و حجم از داده‌ها، گزیری از کاربرد روش‌های داده‌کاوی نیست. البته قبل از ورود داده‌ها به نرم‌افزار داده‌کاوی، برای اطمینان از وجود ارتباط و همبستگی میان متغیرهای زمانی این تحقیق (فصل، ساعت و روز رخداد

1. Weka
2. CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining)
3. Big Data

تصادف‌های جاده‌ای)، با توجه به اسمی بودن این متغیرها از آزمون همبستگی متغیرهای اسمی، ضریب لمبدا یا لاندا استفاده شده است که براساس sig آن و نسبت به ارتباط متغیرها تفسیر شده است.

$$0 \leq \lambda \leq 1$$

$$\lambda = \frac{\sum f_i - fd}{N - fd}$$

فرمول محاسبه ضریب لاندا

f_i = مجموعه فراوانی طبقات نمادار هر یک از ستون‌ها یا سطرهای متغیر مستقل

fd = مجموع فراوانی طبقات نمادار هر یک از ستون‌ها و سطرهای متغیر وابسته

منبع داده‌ها

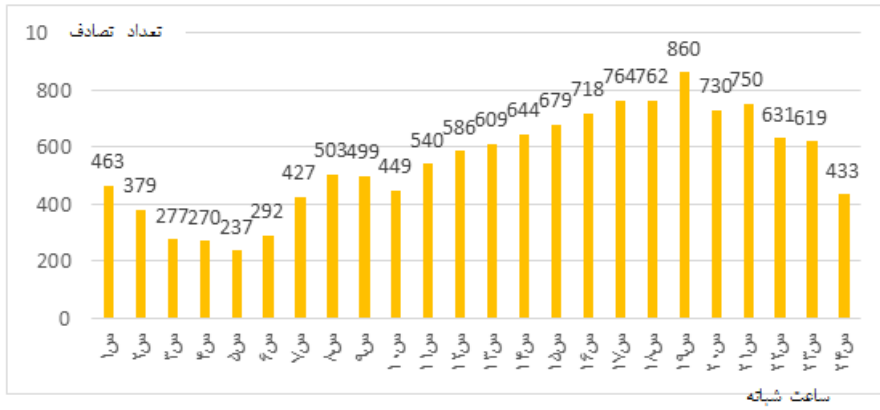
داده‌های مرتبط با تصادف‌های جاده‌ای از داده‌های مندرج در فرم گزارش‌های پلیس راهور استخراج شده است که به آنها فرم K گفته می‌شود و اطلاعات آن توسط کارشناسان اعزامی به صحنه تصادف، براساس تجربه و دانش شخصی آنها و با استناد به مدارک و شواهد احتمالی تکمیل می‌شود؛ اطلاعات استخراج‌شده از این فرم‌ها مربوط به آزادراه کرج- قزوین و در دوره ده‌ساله ۱۳۹۰-۱۳۹۹ است. در واقع نمونه‌گیری در این بخش براساس محدودسازی تاریخی انجام گرفته است.

بحث و نتایج

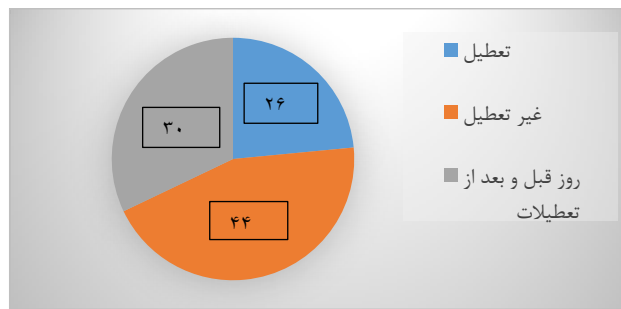
برای دستیابی به یافته‌های پرسش اول از الگوریتم‌های ابتدایی نرم‌افزار وکا استفاده شده است؛ به این ترتیب که ابتدا داده‌های حدود ۳۴۰۰ تصادف طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ وارد نرم‌افزار شد و سپس از میان الگوریتم‌های موجود، برای خوشه‌بندی از الگوریتم جی ۴۸ که الگوریتم خوشه‌بندی بر مبنای نزدیکی و شباهت توصیف گره‌هاست (متغیرهای اصلی تحقیق) استفاده شد.

در پاسخ به پرسش اول، در خصوص پراکنش زمانی تصادفات تحلیل تصادف‌ها براساس ساعت، تاریخ و روزهای هفته در شکل‌های ۲ تا ۴ آمده است.

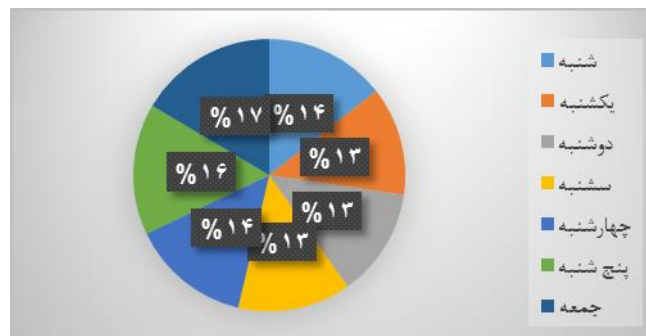
داده‌های شکل ۲ نشان می‌دهد که در ابتدای شب بین ساعت‌های ۱۹-۲۱ بیشترین تصادف‌ها رخ می‌دهد، اما تأثیر تعطیلات بر وقوع تصادف‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. نکته مهم در این شکل تعریف روزهای تعطیل است، در واقع مقصود، تعطیلات رسمی (براساس تقویم رسمی کشور) است و روزهای جمعه در این آمار گنجانده نشده‌اند.



شکل ۲. ساعت رخداد تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۰

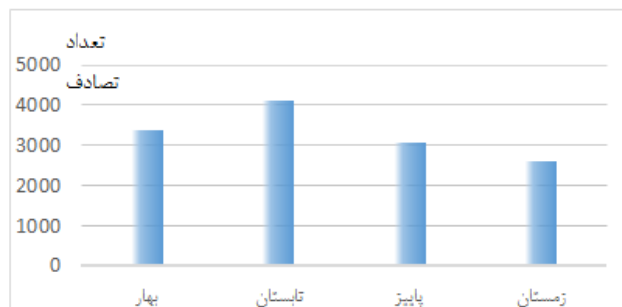


شکل ۳. رخداد تصادف‌ها براساس تعطیلات در آزادراه کرج- قزوین



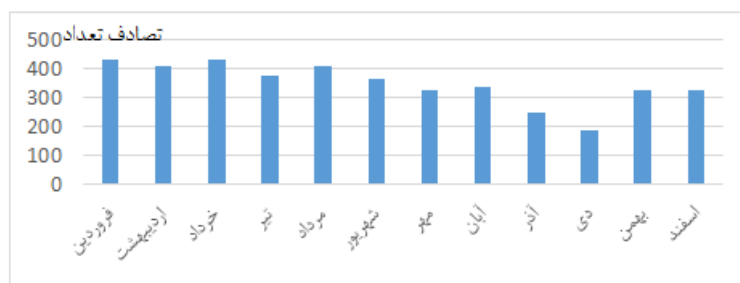
شکل ۴. رخداد تصادف‌ها براساس روزهای هفته در آزادراه کرج- قزوین

همان‌طور که داده‌ها نشان می‌دهد، بیشترین تصادف‌ها در روزهای آخر هفته یعنی چهارشنبه تا جمعه رخ داده است که با توجه به موقعیت این آزادراه و اتصال تهران به شهرهای شمالی و احتمال شلوغی در آخر هفته‌ها به دلیل افزایش سفرها توجیه‌پذیر است. در شکل ۵ نیز وضعیت تصادف‌های جاده‌ای در محور کرج- قزوین در فصل‌های مختلف سال بررسی شده است.



شکل ۵. رخداد تصادف‌ها در فصل‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۰ در آزادراه کرج- قزوین

از داده‌های شکل بالا مشخص است که اغلب تصادف‌ها در فصول گرم سال اتفاق افتاده‌اند. بیشترین تعداد مربوط به تابستان و بعد از آن بهار است.



شکل ۶. رخداد تصادف‌های جاده‌ای در آزاد کرج- قزوین به تفکیک ماه

داده‌های شکل ۶ یافته‌های شکل ۵ را تأیید می‌کند که براساس آن، تعداد تصادف‌ها در شش ماه نخست سال‌ها بیشتر بوده است.

برای اطمینان از وجود ارتباط زمانی تصادف‌ها با یکدیگر در آزادراه کرج- قزوین از آزمون ضریب همبستگی استفاده شده است، البته با توجه به اینکه متغیرهای اصلی در اینجا (فصل،

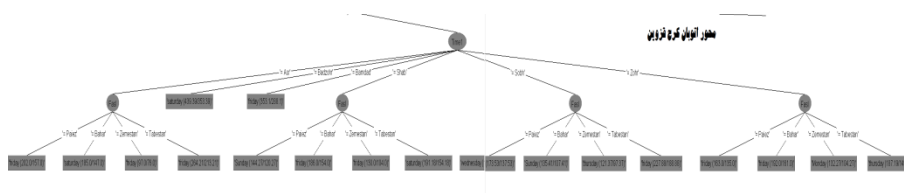
روز و ساعت) همگی از نوع متغیرهای اسمی هستند، از آزمون همبستگی متغیرهای اسمی (ضریب لمبدا) استفاده شده است.

		ارزش	انحراف استاندارد ^a	حدود T ^b	حدود Sig.
متغیر اسمی به وسیله متغیر اسمی	متقارن	۰/۰۰۸	۰/۰۰۲	۳/۵۷۹	۰/۰۰۰
	فصل رخداد تصادف	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۲/۵۷۸	۰/۰۰۱
	ساعت رخداد تصادف	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳	۳/۵۷۹	۰/۰۰۰
	روزهای رخداد	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۳/۵۷۹	۰/۰۰۰

a نبود فرضیه صفر.

b استفاده از خطای استاندارد مجانبی با فرض صفر.

همان طور که در جدول بالا نشان داده شده، Sig هر سه آزمون همبستگی میان فصل، ساعت و روز رخداد تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین کوچک‌تر از ۰/۰۵ است و در نتیجه با اطمینان ۹۹ درصد می‌توان گفت این سه متغیر با هم ارتباط دارند. برای پاسخگویی به پرسش دوم که در پی الگویابی و امکان پیش‌بینی زمانی تصادف‌های جاده‌ای در محور یادشده است، از الگوریتم خوشه‌بندی و درخت تصمیم جی ۴۸، نرم‌افزار داده‌کاوی و کا استفاده شده است که در شکل ۷ آمده است؛ در واقع این شکل نحوه ارتباط سه متغیری (فصل، ساعت و روز رخداد تصادف‌ها) را نشان می‌دهد که ضریب لمبدای آنها معناداری ارتباطشان را تحلیل می‌کند:



شکل ۷. درخت پیش‌بینی و الگوی زمانی رخداد تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین

در الگوی ارائه شده در شکل ۷ احتمال رخداد تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین، ارتباط سه متغیر زمان رخداد تصادف‌ها و سپس فصول و در نهایت روزهای هفته تحلیل شده است. این الگو در پیش‌بینی زمان رخداد تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین کمک‌کننده خواهد بود، همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، شکل ۷ حاصل اعمال الگوریتم جی ۴۸ در نرم‌افزار داده‌کاوی و کا روی داده‌های مرتبط با تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج- قزوین مندرج

در گزارش‌های پلیس راهور فراجا استان قزوین طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۰، برای ایجاد درخت تصمیم تصادف‌های جاده‌ای، است؛ نحوه ارتباط هر یک از سطوح این مدل با یکدیگر احتمال رخداد زمانی تصادف‌ها را نشان می‌دهد که در هر بخش از روز (صبح، ظهر، عصر، شب و بامداد)، در هر فصلی احتمال رخداد تصادف‌ها در چه روزهایی از هفته بیشتر است.

نتیجه‌گیری

نتایج یافته‌های پرسش اول نشان داد که بیشتر تصادف‌ها بین ساعات ۱۹ تا ۲۱ اتفاق افتاده‌اند که این مسئله را می‌توان با توجه به ساعت‌های اوج ترافیک تحلیل کرد، اما در خصوص تعطیلات و روزهای هفته بنابر نتایج تحلیل داده‌ها، تصادف‌ها در روزهای غیرتعطیل بیشتر است، اما اگر تعداد این روزها را در کنار تعداد تعطیلات (تعطیلات رسمی به‌جز جمعه‌ها) قرار دهیم، به‌خوبی مشخص خواهد بود که تصادف‌های جاده‌ای در روزهای تعطیل و قبل و بعد از این روزها که تردد و سفر بیشتر است به‌طور چشمگیری بیشترند که این مهم در تحقیقات دیگر [۱۷، ۱۰، ۴] نیز تأیید شده است. از منظر روزهای هفته تعداد تصادف‌ها در روزهای هفته توزیعی تقریباً یکسان را نشان داد، ولی تعداد تصادف‌ها در روزهای آخر هفته دارای رشد بوده که این مهم نیز براساس افزایش بار ترافیکی توجیه‌پذیر است.

محاسبه ضریب همبستگی متغیرهای اسمی لمبدا برای سه متغیر فصل رخداد تصادف‌ها، ساعت رخداد تصادف‌ها و روز رخداد تصادف‌ها جاده‌ای در آزادراه کرج-قزوین در دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۹۰ نشان داد که این سه متغیر با هم ارتباط دارند، به این معنا که رخداد تصادف‌ها را می‌توان تابعی از این سه متغیر دانست. بنابراین الگویابی زمانی تصادف‌های جاده‌ای در این محور انجام‌پذیر است و از این‌رو در این تحقیق نحوه ارتباط این سه متغیر با استفاده از الگوریتم جی ۴۸ نرم‌افزار داده‌کاوی و کا تحلیل شده است که این مهم را براساس خوشه‌بندی داده‌ها مبتنی بر نزدیکی و مشابهت داده‌ها و قرارگیری آنها در یک مجموعه انجام می‌دهد. در نهایت یک درخت تصمیم ارائه می‌کند که به‌وسیله آن می‌توان رخداد هر متغیر را نسبت به متغیر دیگر تحلیل کرد. این درخت تصمیم و الگوی ارتباط زمانی متغیرهای اصلی تحقیق در شکل ۷ ارائه شده است. نتایج تحلیل شاخه‌های این شکل نشان داد که در آزادراه کرج- قزوین، در ساعات بامداد، یعنی بین ساعت ۲۴ تا ۴ بامداد، در همه فصل‌های سال احتمال تصادف‌های جاده‌ای در روزهای جمعه بیشتر از بقیه روزهای هفته است. اما صبح‌هنگام یعنی بین ساعات ۴ تا ۱۱ صبح در فصل بهار روزهای یکشنبه، در فصل تابستان روزهای جمعه، در فصل پاییز روزهای چهارشنبه و در فصل زمستان روزهای پنجشنبه احتمال رخداد تصادف‌های

جاده‌ای به مراتب بیشتر از روزهای دیگر است. همچنین هنگام ظهر یعنی بین ساعت‌های ۱۱ تا ۱۵ ظهر در فصول بهار و پاییز احتمال رخداد تصادف‌های جاده‌ای در روزهای جمعه بیشتر از بقیه روزهای هفته است. در فصل تابستان این احتمال در روزهای پنجشنبه و در فصل زمستان در روزهای دوشنبه هر هفته احتمال بروز تصادف‌های جاده‌ای در آزادراه کرج-قزوین بیش از روزهای دیگر خواهد بود (بیشتر تصادف‌ها احتمالاً در این روزها اتفاق خواهد افتاد).

در بعدازظهر بین ساعت‌های ۱۵ تا ۱۷ در همه فصول سال احتمال تصادف‌های جاده‌ای در روزهای شنبه بیش از بقیه روزهای هفته خواهد بود. در عصر بین ساعت‌های ۱۷ تا ۱۹ عصر در فصول تابستان، پاییز و زمستان (سه فصل متوالی سال) احتمال رخداد تصادف‌های جاده‌ای در روزهای جمعه و در فصل بهار (اولین فصل سال) احتمال تصادف‌های جاده‌ای در روزهای شنبه بیش از بقیه روزهای هفته خواهد بود. همچنین شب‌هنگام بین ساعت‌های ۱۹ تا ۲۴ در فصل‌های بهار و زمستان احتمال رخداد تصادف‌های جاده‌ای در روزهای جمعه، در فصل پاییز در روزهای یکشنبه و در فصل تابستان در روزهای شنبه احتمال تصادف‌های جاده‌ای بیشتر خواهد بود.

مطالب یادشده یعنی پیش‌بینی زمانی تصادف‌های جاده‌ای براساس درخت تصمیم‌گیری حاصل داده‌کاوی، دستاورد به نسبت تازه‌ای است که در جست‌وجوی پژوهشگران دیگر محققان، نمونه مشابه آن در تحقیقات گذشته به دست نیامده است، اما این الگو ممکن است به دلایل زیر حائز اهمیت باشد:

۱. امکان برنامه‌ریزی صحیح و پیش از وقوع تصادف‌ها برای کنترل بیشتر در روزها و ساعت‌های اوج تصادف‌ها؛
 ۲. امکان اطلاع‌رسانی و ارائه نکات امنیتی و آموزشی به رانندگان در مبادی ورودی محور تحت بررسی؛
 ۳. امکان رصد هرچه بهتر فرایند وقوع تصادف‌ها با در نظر گرفتن زمان و مکان وقوع تصادف‌ها و کشف علل ایجابی تصادف‌ها در هریک از بخش‌های محور تحت بررسی؛
- هر کدام از موارد بالا می‌توانند تا حدی به کاهش تصادف‌ها با توجه به امکان‌پذیر ساختن نظارت و کنترل هرچه بهتر علل ایجابی تصادف‌های جاده‌ای منجر شود که مهم‌ترین دستاورد احتمالی و نوآوری این تحقیق می‌تواند باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری در دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی است. از آن دانشکده و دانشگاه تقدیر می‌شود.

منابع

- [۱]. احمدی، مهدی؛ و علی‌محمدی، عباس (۱۳۹۴). «آنالیز زمانی و مکانی تصادفات رانندگی با استفاده از تراک پنجره‌ای فازی»، مهندسی حمل‌ونقل، دوره ۷، شماره ۲، ص ۱۹۱-۲۰۵.
- [۲]. افشاری آزاد، محمدرضا (۱۳۸۷). «بررسی عناصر اقلیمی بر روی تصادف‌های جاده‌ای محور رشت- بندرانزلی»، مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، دوره ۳، شماره ۷، ص ۹-۲۶.
- [۳]. بررسی آمار تصادف‌های جاده‌ای در ایران (۱۳۹۹). تصادف نیوز، بازیابی شده در ۱۲ آذر ۱۴۰۱.
- [۴]. بهبهانی، حمید؛ عفتی، میثم؛ و مرتضایی، سمانه (۱۳۹۹). «ارائه روش جهت تحلیل شدت تصادفات راه‌های برون‌شهری مبتنی بر توابع خوشه‌بندی مکانی و داده‌کاوی به روش درخت تصمیم، محور مورد مطالعه: آزادراه قزوین- لوشان»، مهندسی عمران/میرکبیر، دوره ۵۲، شماره ۶، ص ۱۴۳۸-۱۴۱۹.
- [۵]. بهتوئی، حسن (۱۳۹۳). تحلیل تصادف‌های جاده‌ای با رویکرد اقلیمی در محور قزوین- رشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران.
- [۶]. بهتوئی، حسن؛ و التماسی، مهشید (۱۳۹۹). «داده‌کاوی تصادف‌های جاده‌ای شمال غرب تهران، مطالعات مدیریت ترافیک، دوره ۱۳۹۹، شماره ۵۹، ص ۱۴۸-۱۲۷.
- [۷]. پردال، حسن (۱۳۹۷). ارائه مدل تصمیم‌گیری در رابطه با ایمنی سازی راه‌های برون‌شهری در شرایط آب‌وهوایی و اقلیمی نامطلوب-مطالعه موردی جاده ایرانشهر-سرباز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زابل.
- [۸]. پیروتی، منصور (۱۳۸۹). بررسی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر تصادف‌های جاده‌ای (مطالعه موردی: جاده سردشت-ارومیه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی.
- [۹]. خالدی، شهریار؛ بهتوئی، حسن؛ کیخسروی، قاسم؛ و التماسی، مهشید (۱۴۰۱). «تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی علل تامة تصادف‌های جاده‌ای در شرایط نامساعد جوی: محور تهران- قزوین (جاده قدیم)، مطالعات مدیریت ترافیک، دوره ۱۷، شماره پایانی ۶۵، ص ۶۳-۹۴.
- [۱۰]. ذوالفقاری، سارا؛ رضائیان، علی؛ و شکوهیار، سجاد (۱۳۹۴). «خوشه‌بندی داده‌های تصادفات جاده‌ای با استفاده از فنون داده‌کاوی»، مطالعات پژوهشی راهور، دوره ۴، شماره ۱۴، ص ۴۷-۷۹.

- [۱۱]. رتبه ایران در آمار جهانی مرگ‌ومیر (۱۳۹۷). تابناک، بازیابی شده در ۱۲ آذر ۱۴۰۱.
- [۱۲]. ساری صراف، بهروز؛ ولیزاده کامران، خلیل؛ و مجیدی، عثمان (۱۳۸۸). «بررسی اثرات عناصر اقلیمی بر تصادف‌های جاده‌ای (مطالعه موردی: محور ساری-رامسر)»، اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده‌ای و ریلی.
- [۱۳]. شتابزدگی برای مردن (۱۳۹۷). همدلی (۲۷ آبان)، بازیابی شده در ۲۰ آبان، ۱۴۰۱.
- [۱۴]. شهابی، هیمن؛ خورشیددوست، علی‌محمد؛ و حسینی، میرکامل (۱۳۹۰). «ارزیابی نقش عناصر اقلیمی بر تصادفات جاده‌ای (مطالعه محور سقز-سنندج)، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۶، شماره ۳، ص ۱۸۹-۲۱۲.
- [۱۵]. شهرداری قزوین (۱۴۰۱). مشخصات طبیعی و تقسیمات کشوری در استان قزوین، بازیابی شده در ۲۷ خرداد ۱۴۰۱.
- [۱۶]. شناسایی و تحلیل علل و عوامل تصادف‌های جاده‌ای استان قزوین (۱۳۹۴). خبرگزاری ایرنا، بازیابی شده در ۴ تیرماه ۱۴۰۱.
- [۱۷]. فرد علایی، غلامرضا؛ لطیفی، آرمان؛ پیوندی، رضا؛ افکاری، علی؛ و محمدی، زهرا (۱۳۹۹). «بررسی عوامل مرتبط با تصادف‌های جاده‌ای محور مراغه-هشترود (یک مطالعه مقطعی)، طب اورژانس/ایران، دوره ۷، شماره ۱، ص ۶-۱.
- [۱۸]. کلانتری، علی؛ و علیان، سحر (۱۴۰۱). «تحلیل تصادف‌های جاده‌ای با تأکید بر خصوصیات محیط و جاده در سیستم اطلاعات مکانی (مطالعه موردی: محور کرج-کندوان)»، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، دوره ۵۴، شماره ۲، ص ۵۸۲-۵۶۳.
- [۱۹]. متین پارسا، محمد؛ و غلامی، نبی‌اله (۱۳۹۷). «مفهوم‌شناسی پاسخ به مخاطرات طبیعی براساس رویکرد جرم‌شناختی گذار از نظر به عمل»، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۵، شماره ۲، ص ۱۴۲-۱۲۷.
- [۲۰]. وطن پرست، مهدی؛ افشاری، علیرضا؛ رضائی عارفی، محسن؛ و نورمحمدی، علی‌محمد (۱۳۹۶). «ارزیابی تأثیر عناصر اقلیمی و عوامل انسانی در بروز تصادف‌های جاده‌ای با استفاده از منطق فازی (نمونه موردی محور مشهد-قوچان)، مجله کاربردی سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی، دوره ۸، شماره ۴، ص ۶۶-۵۲.
- [۲۱]. یزدانی، محمدحسن؛ پاشازاده، اصغر؛ و زادولی، فاطمه (۱۳۹۷). «تحلیل مکانی-زمانی تصادفات شهری شهر اردبیل و علل بروز آن»، جغرافیای اجتماعی شهری، دوره ۵، شماره ۱۳، ص ۱۴۷-۱۲۷.

- [22]. Abdella, G.M.; & Shaaban, K. (2020). "Modeling the Impact of Weather Conditions on Pedestrian Injury Counts Using LASSO-Based Poisson Model", *Arabian Journal for Science & Engineering (Springer Science & Business Media B. 46(5)*, pp: 4719-4730. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05045-w>
- [23]. Comi, A.; Polimeni, A.; & Balsamo, C. (2022). "Road Accident Analysis with mining approach: evidence from Rome. Transportation Research Procedia", 62, pp: 798-805. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.099>
- [24]. Kim, S.; Lee, J.; & Yoon, T. (2021). "Road surface conditions forecasting in rainy weather using artificial neural networks", *Safety Science*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105302>
- [25]. Sangkharat, K. Thornes, J. E.; Wachiradilok, p.; Pope, F. D. (2021). "Determination of the impact of rainfall on road accidents in Thailand", *Heliyon*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06061>.
- [26]. Uddin, M.; & Huynh, N. (2020). "Injury severity analysis of truck-involved crashes under different weather conditions", *Accident Analysis & Prevention*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105529>
- [27]. Viswanath, P. K.; Kumar, G.A.; Wamique, M.; & Kumar, I. (2021). Road Accident Prediction Model Using Data Mining Techniques,. (2021) *5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, pp: 1618-1623, doi: 10.1109/ICCMC51019.2021.9418336.