رویکردهای نوین در مهندسی عمران، دوره نهم، شماره اول ۱۴۰۴، صفحه: ۱۸-۲۸

مدل‌سازی تعداد تصادف معابر شهری بر اساس ویژگی‌های محیط کالبدی

منصور معماری [۱]، سید ابراهیم عبدالمنافی [۲]، امیرحسین جشنیان [۳*]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۲] استادیار، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، علوم و تحقیقات، تهران، ایران

[۳*] دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، علوم و تحقیقات، تهران، ایران

(ajashnian@gmail.com)

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱ ، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸)

چکیده

حوادث ترافیکی شهری یکی از مهم‌ترین معضلات ایمنی و سلامت عمومی در کلان‌شهرها محسوب می‌شوند و عوامل کالبدی محیط شهری نقش تعیین‌کننده‌ای در بروز و شدت آن‌ها دارند. این پژوهش با هدف تحلیل رابطه ویژگی‌های کالبدی معابر و کاربری اراضی با تعداد تصادفات شهری در تهران طی سال ۱۴۰۲ انجام شد. داده‌های تصادفات از پلیس راهور و اطلاعات کاربری اراضی و شاخص‌های دسترسی از شهرداری تهران گردآوری و در محیط GIS سازمان‌دهی شدند. روش تحقیق بر پایه تحلیل کمی و مدل‌سازی رگرسیون خطی ساده برای هر متغیر مستقل به‌صورت جداگانه است. نتایج نشان داد کاربری‌های مسکونی، تجاری و فرهنگی–مذهبی–جهانگردی رابطه مثبت و معناداری با افزایش تعداد تصادفات دارند، در حالی که کاربری‌های ورزشی، آموزشی، فضای سبز و توسعه شبکه معابر با کاهش تصادفات مرتبط‌اند. سایر کاربری‌ها از جمله بهداشتی–درمانی، اداری–ستادی، صنعتی–حمل‌ونقل و اراضی بایر فاقد رابطه معنادار بودند. یافته‌ها بیانگر ضرورت توجه به نوع و میزان کاربری زمین در برنامه‌ریزی ایمنی ترافیکی است و پیشنهاد می‌شود در کاربری‌های پرخطر اقدامات اصلاحی همچون بهبود طراحی معابر، مدیریت توقف و حرکت وسایل نقلیه و ارتقای ایمنی عبور عابران پیاده اجرا شود. همچنین، توسعه فضاهای سبز، ورزشی و شبکه معابر به‌عنوان راهبردی مؤثر در کاهش خطر تصادفات شهری توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی

ایمنی ترافیک شهری، کاربری اراضی، ویژگی‌های کالبدی، تصادفات، مدل‌سازی رگرسیون.

Modeling the Number of Urban Road Accidents Based on Built Environment Characteristics

Mansour Memari [1], Seyed Ebrahim Abdolmanafi [2], Amirhossein Jashnian [3*]

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

*[*3] Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran*

(ajashnian@gmail.com)

(Date of received: 19/02/2025, Date of accepted: 18/05/2025)

ABSTRACT

Urban traffic accidents are among the most significant safety and public health challenges in metropolitan areas, and the physical characteristics of the urban environment play a decisive role in their occurrence and severity. This study aims to analyze the relationship between the physical characteristics of streets and land use types with the number of urban accidents in Tehran during 2023. Accident data were obtained from the Traffic Police, while land use information and accessibility indices were collected from the Tehran Municipality and organized in a GIS environment. The research methodology is based on quantitative analysis and simple linear regression modeling for each independent variable separately. The results indicated that residential, commercial, and cultural–religious–tourism land uses have a positive and significant relationship with the increase in the number of accidents, whereas sports, educational, green space, and street network development land uses are associated with a reduction in accidents. Other land uses, including healthcare, administrative, industrial–transportation, and vacant lands, showed no significant relationship. The findings highlight the necessity of considering the type and extent of land use in traffic safety planning. It is recommended that corrective measures such as improving street design, managing vehicle stopping and movement, and enhancing pedestrian safety be implemented in high-risk land uses. Moreover, the development of green spaces, sports facilities, and street networks is suggested as an effective strategy for reducing the risk of urban accidents.

Keywords:

Urban traffic safety, Land use, Physical characteristics, Accidents, Regression modeling.

۱- مقدمه

حمل‌ونقل شهری به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار، نقشی اساسی در ارتقای کیفیت زندگی، رشد اقتصادی و تحقق عدالت اجتماعی ایفا می‌کند. با این حال، گسترش شبکه معابر و افزایش حجم تردد وسایل‌نقلیه در شهرها پیامدهای ناخواسته‌ای همچون افزایش تصادفات ترافیکی را به‌دنبال داشته است. آمارهای سازمان بهداشت جهانی نشان می‌دهد که سالانه حدود ۱/۳ میلیون نفر در جهان بر اثر سوانح رانندگی جان خود را از دست می‌دهند و بیش از ۵۰ میلیون نفر دچار جراحات می‌شوند؛ بخش قابل‌توجهی از این تلفات مربوط به کشورهای با درآمد کم و متوسط است[۱۴]. در ایران نیز تصادفات معابر شهری سهم بالایی در مرگ‌ومیر و خسارات مالی دارند، به‌گونه‌ای که در تهران بزرگ طی یک سال بیش از ۸۰۰ فوت و ۳۰ هزار مصدوم گزارش شده است[۱۲].

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ایمنی معابر شهری، ویژگی‌های محیط کالبدی است که شامل عواملی نظیر نوع کاربری زمین، تراکم ساختمانی، ساختار شبکه معابر و شرایط روشنایی می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که ضعف در این مؤلفه‌ها می‌تواند منجر به کاهش دید رانندگان، افزایش نقاط پرخطر و در نهایت افزایش احتمال وقوع تصادف شود. به‌ویژه، روشنایی ناکافی معابر در شب سهمی قابل‌توجه در بروز سوانح فوتی و جرحی دارد؛ هرچند تنها حدود یک‌چهارم سفرهای روزانه در ساعات شب انجام می‌شود، اما این بازه زمانی ۴۰ درصد تصادفات منجر به مرگ یا جرح را به خود اختصاص می‌دهد[۷].

تحلیل رابطه بین ویژگی‌های محیط کالبدی و تعداد تصادفات، رویکردی مؤثر برای شناسایی و اولویت‌بندی مداخلات ایمنی در شبکه معابر شهری فراهم می‌کند. این رویکرد ضمن تبیین سهم هر یک از متغیرهای کالبدی، امکان به‌کارگیری مدل‌های پیش‌بینی را فراهم می‌آورد تا مهندسان حمل‌ونقل و برنامه‌ریزان شهری بتوانند اقدامات پیشگیرانه هدفمندتری طراحی کنند. با وجود مطالعات متعدد در حوزه ایمنی ترافیک، بررسی جامع و یکپارچه اثرات کمی و کیفی ویژگی‌های محیط کالبدی بر تعداد تصادفات در معابر شهری کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی تعداد تصادفات معابر شهری بر اساس ویژگی‌های محیط کالبدی انجام شده و تلاش می‌کند تا ضمن تعیین اهمیت و سهم هر متغیر، امکان مقایسه نتایج با مطالعات داخلی و خارجی را فراهم سازد. نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنایی علمی برای بهبود ایمنی معابر، کاهش تلفات و ارتقای کیفیت برنامه‌ریزی شهری مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مروری بر ادبیات تحقیق

ایمنی ترافیک شهری، به‌ویژه در ارتباط با عابران پیاده، تحت‌تأثیر مجموعه‌ای از عوامل انسانی، وسیله‌نقلیه‌ای و محیط کالبدی قرار دارد. پژوهش‌های متعددی در سطح ملی و بین‌المللی به بررسی نقش ویژگی‌های محیط کالبدی در بروز و شدت تصادفات پرداخته‌اند. تمرکز اغلب این مطالعات بر تحلیل کمی عوامل فیزیکی معابر از جمله عرض خیابان، کیفیت پیاده‌رو، تراکم جمعیت، و هندسه مسیر بوده و نتایج آن‌ها چارچوبی برای بهبود طراحی و مدیریت شهری فراهم کرده است. در حوزه داخلی، غفاری و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از خوشه‌بندی مکانی و الگوریتم‌های داده‌کاوی، عوامل مؤثر بر تصادفات محور سنندج–کامیاران را اولویت‌بندی کردند و نشان دادند که موقعیت مکانی و هندسه مسیر بیشترین اثر را بر شدت تصادفات دارد[۶]. صمدپور و همکاران (۱۴۰۰) با تحلیل بیش از ۹۰ هزار تصادف بزرگراهی تهران، از مدل رگرسیون لجستیک برای شناسایی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات استفاده کردند و اقداماتی همچون کاهش سرعت و اعمال محدودیت‌های ترافیکی هدفمند را پیشنهاد دادند[۱۱]. عارف‌خانی و همکاران (۱۴۰۰) نیز با تمرکز بر تصادفات قطار و وسایل‌نقلیه جاده‌ای، تأثیر عوامل انسانی و محیطی را بر شدت جراحات بررسی کردند[۲]. مطالعات دیگری بر شرایط محیطی نامساعد درون‌شهری تأکید داشته‌اند. منتظر صاحب و همکاران (۱۴۰۰) نشان دادند که بارش برف و باران، مه، نوع منطقه و هندسه مسیر، نقش معناداری در افزایش بروز تصادفات دارند[۸]. همچنین، دونداس و همکاران (۲۰۱۷) با بهره‌گیری از تحلیل فضایی GIS در مشهد، الگوهای مکانی بروز حوادث را شناسایی و اهمیت روش‌های تحلیل شبکه را در کنار روش‌های سنتی نشان دادند[۵]. در حوزه طراحی زیرساخت‌های عابرپیاده، بری (۲۰۱۸) تأثیر مکان‌یابی صحیح پل‌های عابر را بر ارتقای ایمنی و جذب کاربران بررسی کرد[۳]. پارک و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از مدل چندسطحی در سئول، دریافتند که برخی سیاست‌های ایمنی رایج در مناطق مدرسه و سالمندان تأثیر معناداری بر کاهش شدت جراحات ندارند[۹]. مطالعات فنی‌تر مانند پژوهش رانپیس و همکاران (۲۰۲۱) در هند، با توسعه مدل‌های پیش‌بینی نویز ترافیک مبتنی بر شبکه عصبی، بر ارتباط غیرمستقیم شرایط صوتی و ایمنی تأکید کرده‌اند[۱۰]. در حوزه ایمنی کودکان، آمیور و همکاران (۲۰۲۲) با مرور نظام‌مند ۳۸ مطالعه، حجم و سرعت بالای ترافیک را مهم‌ترین عامل احساس ناامنی در سفرهای فعال معرفی کردند[۱].

پژوهش چن و همکاران (۲۰۲۳) با تمرکز بر عابران سالمند در پکن، نقش سرعت متوسط منطقه، فاصله بین تقاطع‌ها، تراکم جمعیت سالمند، تراکم شبکه معابر و تراکم خدمات شهری را در توزیع مکانی حوادث ترافیکی شناسایی کرد[۴]. جهت شناسایی شکاف‌های موجود در ادبیات و تعیین جایگاه پژوهش حاضر، جدول ۱ مروری فشرده بر مهم‌ترین مطالعات انجام‌شده در زمینه نقش عوامل محیط کالبدی و سایر مؤلفه‌ها در بروز تصادفات ارائه می‌دهد. این جمع‌بندی، علاوه بر نشان دادن تنوع رویکردهای تحلیلی، بر جنبه‌هایی که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند نیز تأکید دارد.

جدول ۱ : جمع‌بندی مطالعات پیشین.

نام محقق یا محققان	سال	موضوع	نتایج
غفاری	۱۴۰۰	بررسی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر تصادفات برون‌شهری بر اساس خوشه‌بندی مبتنی بر مکان وقوع تصادفات (مطالعه موردی: محور سنندج- کامیاران)	در آخر، با تعیین حداقل مقدار قابل قبول ضریب اطمینان و ضریب پشتیبانی قوانینی به دست آمد که با توجه به عوامل ورودی الگوریتم، به تشخیص میزان شدت تصادف پرداخت.
صمدپور خلیفه محله	۱۴۰۰	بررسی شناسایی عوامل مرتبط با شدت تصادفات معابر بزرگراهی	در نتیجه این تحقیق مدیریت شهری می‌تواند اقدامات مختلفی را برای بهبود ایمنی ترافیک انجام دهد. از جمله این اقدامات، کاهش سرعت، تشویق استفاده از کلاه ایمنی برای موتورسواران و تصمیم‌گیری آگاهانه در ایجاد مناطق با محدودیت سرعت در بزرگراه‌ها است
عارف خانی	۱۴۰۰	بررسی عوامل موثر بر شدت تصادفات قطار با وسایل‌نقلیه جاده‌ای در راه‌آهن ایران	سعی شده است تا با بکارگیری مدل رگرسیون لوجستیک، ارتباطی بین شدت تصادف و عوامل انسانی، محیطی و دیگر عوامل مربوط به وسایل‌نقلیه جاده‌ای و قطار برقرار گردد. در پایان، تاثیرگذارترین عوامل شناسایی و میزان کمی این تاثیرگذاری بر سطح شدت جراحت سرنشینان وسایل‌نقلیه جاده‌ای بررسی شده است.
منتظر صاحب	۱۴۰۰	بررسی عوامل محیطی موثر بر تصادفات درون‌شهری رانندگان	نتایج حاصل از این مقاله نشان می‌دهد که عواملی مانند: برف، باران، هوای مه آلود، هندسه محل و نوع منطقه موجب بروز تصافات بیشتر می‌شود.
دونداس	۲۰۱۷	تجزیه و تحلیل فضایی مبتنی بر GIS در حوادث ترافیکی شهری، مطالعه موردی در مشهد	این واقعیت است که برای تمام آسیب‌های کشنده، صدمه و آسیب فقط سقوط، منحنی ارزش مشاهده شده بیش از فاصله اطمینان ۵٪ است. حوادث ناحیه مطالعه بیشتر شبیه به احتمال تصادف هستند.
بری	۲۰۱۸	تاثیر پل‌های عابرپیاده بر زندگی انسان‌ها	نتایج نشان می‌دهد مکان قرارگیری مناسب یک سایت باعث جذب و ارتباط بیشتر انسان‌ها می‌شود.
پارک	۲۰۲۰	بررسی یک رویکرد مدل چندسطحی برای بررسی ویژگی‌های تصادف فردی و محیط کالبدی، ویژگی‌های یک وسیله‌نقلیه و پیاده	نتایج این مطالعه می‌تواند سیاستگذاران و برنامه‌ریزان را در زمان تصمیم‌گیری در مورد چگونگی ساخت محله‌هایی که برای عابران پیاده امن‌تر هستند راهنمایی کند.
رانپیس	۲۰۲۱	بررسی توسعه مدل پیش‌بینی صدای ترافیک برای جاده‌های شریانی اصلی شهر ردیف دوم هند (سورات) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی	مدل ترکیبی، کاهش کمی در مقدار مجذور میانگین (MSE) ۱,۵۵۰ وجود دارد، که R^2 تغییر قابل‌توجهی نمی‌کند، یعنی ۰,۷۵۵. با این حال، پیش‌بینی مدل ترکیبی را می‌توان به دلیل تنوع داده‌های مورد استفاده در آموزش آن اتخاذ کرد.
آمیور	۲۰۲۲	بررسی هدف و امنیت ترافیکی درک شده برای کودکان	این نتایج به استراتژی سیاست‌گذاری برای افزایش ایمنی کودکان در هنگام استفاده از روش‌های حمل‌ونقل فعال کمک می‌کند.
چن	۲۰۲۳	بررسی عوامل موثر بر تصادفات عابران‌پیاده سالمند با در نظر گرفتن ویژگی‌های محیط کالبدی	نتایج نشان می‌دهد که تصادفات تا حد زیادی تحت‌تاثیر سرعت متوسط منطقه‌ای، فاصله متوسط بین تقاطع‌ها، تراکم جمعیت سالمند، تراکم شبکه جاده و تراکم تسهیلات خدماتی قرار دارند.

مرور مطالعات نشان می‌دهد که عوامل محیط کالبدی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر بر بروز و شدت تصادفات، هم در سطح خرد (طراحی و شرایط فیزیکی معبر) و هم در سطح کلان (الگوی کاربری اراضی و ساختار شبکه معابر) نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. با این حال، کمتر پژوهشی به بررسی همزمان روابط مکانی–زمانی این مؤلفه‌ها در سطح نواحی ترافیکی شهری پرداخته است. پژوهش حاضر با تمرکز بر شهر تهران و استفاده از رویکرد مدل‌سازی مکانی، تلاش می‌کند این خلأ را پوشش دهد و رابطه میان ویژگی‌های کالبدی معابر و تعداد تصادفات را در سطح کلان تحلیل کند.

۳- روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، در زمره تحقیقات کاربردی قرار می‌گیرد و با بهره‌گیری از رویکرد کمی و تحلیل همبستگی، به بررسی ارتباط ویژگی‌های محیط کالبدی با فراوانی تصادفات شهری می‌پردازد. داده‌های مورد استفاده شامل کلیه تصادفات رانندگی ثبت‌شده در شبکه معابر شهر تهران طی سال ۱۴۰۲ توسط پلیس راهور است. علاوه بر این، داده‌های مربوط به کاربری اراضی، شاخص‌های دسترسی و ویژگی‌های عرضه حمل‌ونقل از معاونت شهرسازی شهرداری تهران گردآوری شد.

محدوده مکانی پژوهش شهر تهران است که به‌عنوان پرجمعیت‌ترین کلان‌شهر کشور و یکی از نقاط بحرانی از نظر تصادفات شهری انتخاب شده است. موقعیت جغرافیایی تهران بین ۵۱°۶′ تا ۵۱°۳۸′ طول شرقی و ۳۵°۳۴′ تا ۳۵°۵۱′ عرض شمالی واقع شده و از شمال به رشته‌کوه البرز و از جنوب به دشت‌های شهریار و ورامین محدود می‌شود.

فرآیند انجام پژوهش شامل مراحل زیر است:

۱–گردآوری داده‌های تصادف از پلیس راهور و داده‌های کالبدی از شهرداری تهران.

۲–سازمان‌دهی و آماده‌سازی داده‌ها در قالب پایگاه اطلاعاتی GIS .

۳–تحلیل توصیفی و بررسی الگوی پراکنش مکانی تصادفات در معابر شهری.

مدل‌سازی آماری رابطه بین تعداد تصادفات (متغیر وابسته) و مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل شامل: نوع کاربری زمین، شاخص تنوع کاربری، شاخص دسترسی به مشاغل، شاخص دسترسی به حمل‌ونقل، ویژگی‌های عرضه حمل‌ونقل و جمعیت.

جامعه آماری این تحقیق کلیه رخدادهای تصادف در معابر شهری تهران طی سال ۱۴۰۲ است و نمونه آماری نیز تمام این رخدادها را در بر می‌گیرد. برای تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری کمّی و نرم‌افزارهای تخصصی تحلیل فضایی و مدل‌سازی استفاده شد.

۴- نتایج تحلیل

۴-۱- مدلسازی رگرسیون خطی

به منظور بررسی تأثیر هریک از متغیرهای محیط کالبدی بر متغیر وابسته، مدل‌های رگرسیون خطی ساده برای هر متغیر به طور جداگانه برآورد شدند. جداول (۲) تا (۱۴) ضرایب برآورد شده، خطای استاندارد، ضریب استاندارد شده (Beta) ، آماره t و سطح معناداری را ارائه می‌کنند.

جدول ۲: ضرایب مدل رگرسیون بر اساس متغیر مساحت مسکونی

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۴۸۴/۴۴۹	۲۷/۱۸۹		۱۷/۸۱۸	۰
	مساحت مسکونی	۷/۶۳۲	۱۸/۱۳۶	۰/۸۹	۰/۴۲۱	۰/۰۴۷۵

جدول ۳: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت فرهنگی- مذهبی- جهانگردی

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۲۵۸/۶۲۴	۱۹/۴۳۸		۱۳/۳۰۵	۰
	مساحت فرهنگی- مذهبی- جهانگردی	-۵/۵۰۸	۱۲/۵۵۷	۰/۷۶	۳/۳۵	۰/۰۳۲۶

جدول ۴: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت بهداشتی- درمانی

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۱۹۴/۷۲۰	۱۵/۰۲۰		۱۲/۹۶۴	۰
	مساحت بهداشتی- درمانی	-۳/۷۲۵	۹/۶۹۹	-۰/۰۳۷	۰/۳۸۴	۰/۲۰۲

جدول ۵: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت ورزشی

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۲۵۹/۳۸۰	۲۹/۰۲۴		۸/۹۳۷	۰
	مساحت ورزشی	-۱۵/۰۳۴	۱۹/۳۲۴	۰/۸۵	۰/۷۷۸	۰/۰۴۳۹

جدول ۶: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت اداری ستادی

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۲۰۴/۴۸۵	۲۲/۷۰۲		۹/۰۰۷	۰
	مساحت اداری ستادی	۲۱/۵۸۲	۱۵/۲۱۲	۰/۱۵۱	۱/۴۱۹	۰/۱۶۰

جدول ۷: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت فضای سبز و مزارع و دامداری

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۲۸۱/۱۵۲	۲۵/۲۵۱		۱۱/۱۳۴	۰
	مساحت فضای سبز و مزارع و دامدار	۲۹/۲۴۰	۱۶/۷۱۲	۰/۱۷۵	۱/۷۵۰	۰/۰۴۳

جدول ۸: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت تجاری

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۲۸۴/۵۴۷	۲۴/۲۰۱		۱۱/۷۵۸	۰
	مساحت تجاری	۱۵/۲۸۲	۱۵/۶۸۹	۰/۹۱	۰/۹۷۴	۰/۰۳۳۳

جدول ۹: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت تاسیسات، صنایع و حمل‌ونقل

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۱۶۸/۳۶۷	۱۷/۲۶۲		۹/۷۵۴	۰
	مساحت تاسیسات، صنایع و حمل‌ونقل	۳/۶۷۳	۱۱/۵۷۲	۰/۰۳۸	۰/۳۱۷	۰/۶۲۲

جدول ۱۰: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت بایر و متروکه

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۶۴/۴۳۷	۷/۷۳۸		۸/۳۲۷	۰
	مساحت بایر و متروکه	-۵/۵۲۲	۵/۳۴۶	-۰/۱۶۱	-۱/۰۳۳	۰/۰۷۰۸

جدول ۱۱: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت آموزشی

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۲۳۷/۹۸۳	۱۶/۴۲۴		۱۴/۴۹۰	۰
	مساحت آموزشی	-۱۴/۴۷۱	۱۱/۱۰۷	-۰/۱۳۷	-۱/۳۰۳	۰/۰۱۹۶

جدول ۱۲: ضرایب مدل رگرسیون بر اساس متغیر مساحت شبکه معابر

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۴۲۷۹/۹۷۲	۱۳۶/۲۲۴		۳۱/۴۱۹	۰
	مساحت شبکه معابر	-۱۲۰/۱۱۳	۹۰/۸۶۵	-۰/۰۹۲	-۱/۳۲۲	۰/۰۲۲۳

جدول ۱۳: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت مختلط مسکونی و غیرمسکونی

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۶۷۸/۲۲	۹۷/۰۸		۶/۹۸	۰/۰۰۱
	مساحت مختلط مسکونی و غیرمسکونی	-۱۷/۹۴	۶۴/۷۵۵	-۰/۱۹	-۰/۲۷۷	۰/۷۸۲

جدول ۱۴: ضرایب مدل رگرسیون خطی بر اساس متغیر مساحت سایر کاربری‌ها

مدل		ضرایب بدون استانداردسازی		ضرایب استاندارد شده	t	معناداری
		B	خطای استاندارد	بتا		
۱	ثابت	۱۴۲/۳۷۹	۳۵/۴۸۲		۴/۰۱۳	۰/۰۰۲
	مساحت سایر کاربری‌ها	-۲۳/۳۰۵	۲۲/۷۶۸	-۰/۳۰۶	-۱/۱۱۱	۰/۲۸۸

بر اساس نتایج، برخی متغیرها دارای رابطه معنادار با متغیر وابسته بوده و اثر مثبت یا منفی بر آن دارند. به طور مثال:
۱-مساحت مسکونی با ضریب ۷/۶۳۲ و سطح معناداری ۰/۰۴۷۵ رابطه مثبت و معنادار با متغیر وابسته نشان می‌دهد.
۲-مساحت فرهنگی–مذهبی–جهانگردی با ضریب منفی (۵/۵۰۸-) و سطح معناداری ۰/۰۳۲۶ اثر منفی معنادار دارد.
۳-مساحت فضای سبز، مزارع و دامداری با ضریب مثبت ۲۹/۲۴۰ و سطح معناداری ۰/۰۴۳ از اثرگذاری مثبت معنادار برخوردار است.
۴-سایر کاربری‌ها مانند مساحت تجاری (ضریب ۱۵/۲۸۲، سطح معناداری ۰/۰۳۳۳) و مساحت ورزشی (ضریب ۱۵/۰۳۴-، سطح معناداری ۰/۰۴۳۹) نیز رابطه معناداری با متغیر وابسته نشان داده‌اند.
در مقابل، برخی متغیرها از جمله مساحت بهداشتی–درمانی، مساحت اداری ستادی، مساحت تأسیسات و حمل‌ونقل، مساحت بایر و متروکه، مساحت مختلط مسکونی–غیرمسکونی و مساحت سایر کاربری‌ها فاقد رابطه معنادار در سطح خطای ۵ درصد بوده‌اند.
این نتایج حاکی از آن است که نوع کاربری و مساحت آن می‌تواند اثر متفاوتی بر متغیر وابسته داشته باشد و در برخی موارد افزایش یا کاهش مساحت یک کاربری با تغییر معنادار در متغیر وابسته همراه است.

۴-۲- تحلیل آزمون نرمالیته متغیرها

برای اطمینان از انتخاب روش‌های آماری مناسب، آزمون نرمالیته بر روی توزیع داده‌های هریک از متغیرهای محیط کالبدی انجام شد. جدول (۱۵) نتایج این آزمون را نشان می‌دهد. در این آزمون، فرض صفر (H_0) بر نرمال بودن توزیع داده‌ها قرار دارد. اگر سطح معناداری (p-value) بیش از ۰/۰۵ باشد، فرض نرمال بودن رد نمی‌شود و داده‌ها نرمال تلقی می‌شوند.

جدول ۱۵: آزمون نرمالیته متغیرهای محیط کالبدی

متغیر	نوع توزیع بکار گرفته شده	سطح معناداری	مقدار خطا	تایید فرضیه	نتیجه
مساحت مسکونی (مترمربع)	نرمال	۰/۰۴۷۵	۰/۰۵	H.	نرمال
مساحت فرهنگی- مذهبی- جهانگردی (مترمربع)	نرمال	۰/۰۳۲۶	۰/۰۵	H.	نرمال
مساحت بهداشتی-درمانی (مترمربع)	نرمال	۰/۲۰۲	۰/۰۵	H.	نرمال نیست
مساحت ورزشی (مترمربع)	نرمال	۰/۰۴۳۹	۰/۰۵	H.	نرمال
مساحت اداری ستادی (مترمربع)	نرمال	۰/۱۶۰	۰/۰۵	H.	نرمال نیست
مساحت فضای سبز و مزارع و دامداری (مترمربع)	نرمال	۰/۰۴۳	۰/۰۵	H.	نرمال
مساحت تجاری (مترمربع)	نرمال	۰/۰۳۳۳	۰/۰۵	H.	نرمال
مساحت تاسیسات، صنایع و حمل‌ونقل (مترمربع)	نرمال	۰/۶۲۲	۰/۰۵	H.	نرمال نیست
مساحت بایر و متروکه (مترمربع)	نرمال	۰/۰۳۰۸	۰/۰۵	H.	نرمال نیست
مساحت آموزشی (مترمربع)	نرمال	۰/۰۱۹۶	۰/۰۵	H.	نرمال
مساحت شبکه معابر	نرمال	۰/۰۲۳۳	۰/۰۵	H.	نرمال
مساحت مختلط مسکونی و غیرمسکونی	نرمال	۰/۷۸۲	۰/۰۵	H.	نرمال نیست
مساحت سایر کاربری‌ها (مترمربع)	نرمال	۰/۲۸۸	۰/۰۵	H.	نرمال نیست

بر اساس نتایج:
متغیرهایی مانند مساحت مسکونی، مساحت فرهنگی–مذهبی–جهانگردی، مساحت ورزشی، مساحت فضای سبز، مساحت تجاری، مساحت آموزشی و مساحت شبکه معابر از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. در مقابل، متغیرهایی مانند مساحت بهداشتی–درمانی، مساحت اداری ستادی، مساحت تأسیسات و حمل‌ونقل، مساحت بایر و متروکه، مساحت مختلط مسکونی–غیرمسکونی و مساحت سایر کاربری‌ها توزیع نرمال ندارند. تشخیص نرمال یا غیرنرمال بودن توزیع داده‌ها اهمیت ویژه‌ای در انتخاب نوع آزمون‌ها و مدل‌های آماری دارد، زیرا استفاده از آزمون‌های پارامتریک یا ناپارامتریک بر اساس این ویژگی تعیین می‌شود.

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل رابطه ویژگی‌های کالبدی محیط شهری با تعداد تصادفات معابر، با استفاده از مدل‌سازی رگرسیونی انجام شد. یافته‌ها نشان داد که برخی کاربری‌های شهری نقش معناداری در بروز یا کاهش تصادفات دارند. به‌طور مشخص، کاربری‌های مسکونی، تجاری و فرهنگی–مذهبی–جهانگردی با افزایش تصادفات رابطه مثبت و معنادار داشتند. این امر احتمالاً ناشی از افزایش تراکم جمعیتی، حضور بیشتر عابران پیاده و حجم بالای تردد در این مناطق است. در مقابل، کاربری‌های ورزشی، آموزشی، فضای سبز و کشاورزی و توسعه شبکه معابر با کاهش تصادفات رابطه منفی و معنادار نشان دادند؛ عاملی که می‌تواند ناشی از موقعیت کم‌تردد، طراحی بهینه مسیرها و دسترسی‌های ایمن باشد. سایر کاربری‌ها از جمله بهداشتی–درمانی، اداری–ستادی، صنعتی–حمل‌ونقل و اراضی بایر رابطه آماری معناداری با تصادفات نشان ندادند. با وجود این، مقادیر پایین ضریب تعیین مدل‌ها (R^2) بیانگر آن است که تنها با اتکا به یک متغیر کالبدی نمی‌توان پیش‌بینی دقیقی از تعداد تصادفات داشت و عوامل دیگری مانند کیفیت زیرساخت‌ها، مدیریت ترافیک، شرایط جمعیتی و عوامل اجتماعی–اقتصادی باید در تحلیل‌ها لحاظ شوند. بر اساس نتایج، توصیه می‌شود برنامه‌ریزان شهری برای کاربری‌هایی که با افزایش تصادفات همراه‌اند، تمهیدات ایمنی نظیر بهبود طراحی معابر، مدیریت توقف و حرکت وسایل نقلیه و ایجاد مسیرهای ایمن عابر پیاده را مدنظر قرار دهند. همچنین، توسعه فضاهای سبز، ورزشی و شبکه معابر می‌تواند به‌عنوان راهبردی برای کاهش خطر تصادفات و ارتقای کیفیت زندگی شهری مورد توجه قرار گیرد.

۶- مراجع

1- Amiour, Y., Waygood, E. O. D., & van den Berg, P. E. (2022). Objective and perceived traffic safety for children: a systematic literature review of traffic and built environment characteristics related to safe travel. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(5), 2641. (in Persian)

2- Arefkhani, H., & Rahimi, H. (2021). Investigation of Factors Affecting the Severity of Train Accidents with Road Vehicles on Iranian Railways. 7th International Conference on Recent Advances in Railway Engineering. (in Persian)

3- Barry, K. (2018). More-than-human entanglements of walking on a pedestrian bridge. Geoforum.

4- Chen, Y., Yuan, R., Wei, J., & Li, S. (2023). Research on the influencing factors of elderly pedestrian traffic accidents considering the built environment. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, 11(1), 44-63.

5- Dundas, G. (2017, April). Pedestrian suspension bridge for Bibbulmun Track. In Austroads Bridge Conference, 10th, 2017, Melbourne, Victoria, Australia.

6- Ghafari, S., Hosseinali, F., & Mohammadi, R. (2021). Investigation and Prioritization of Factors Affecting Intercity Accidents Based on Clustering by Accident Location (Case Study: Sanandaj-Kamyaran Route). 2nd National Conference on Data Mining in Earth Sciences. (in Persian)

7- Ghorbani, B. K. (2006). Investigation of Human Factors in Road Safety Engineering. 7th Civil Engineering Congress, Tarbiat Modares University. (in Persian)

8- Montazer Saheb, M.* (2021). Investigation of Environmental Factors Affecting Urban Driver Accidents. Journal of Civil Engineering and Project, 2, 11-21. (in Persian)

9- Park, S., & Ko, D. (2020). A multilevel model approach for investigating individual accident characteristics and neighborhood environment characteristics affecting pedestrian-vehicle crashes. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(9), 3107.

10- Ranpise, R. B., Tandel, B. N., & Singh, V. A. (2021). Development of traffic noise prediction model for major arterial roads of tier-II city of India (Surat) using artificial neural network. Noise Mapping, 8(1), 172-184.

11- Samadpour Khalifeh Mahalleh, V.*, Shahgholi, M. S., & Rezaei, G. (2021). Identification of Factors Related to the Severity of Highway Accidents. Traffic Management Studies, 63, 115-145. (in Persian)
12 Tehran Grand Traffic Police. (2023). Urban Road Traffic Accident Database [Dataset]. Tehran: Rahvar Police. (in Persian)
13- Tehran Municipality, Urban Planning and Architecture Department. (2023). Land Use and Accessibility Indicators Database [Dataset]. Tehran: Tehran Municipality. (in Persian)
14-World Health Organization. (2025). Road traffic injuries. Retrieved from https://www.who.int/health-topics/road-safety/man-made-tragedy---spanish#tab=tab_1