

تعیین توزیع مکانی و زمانی حوادث ترافیکی با استفاده از داده‌های مبتنی بر GIS در تبریز

ایمان دیانت^۱، محمد صادق معصومی^۲، همایون صادقی بازرگانی^۳، غلامحسین صفری^۴، سپیده هرزندجدیدی^۵

- ۱- استاد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
- ۲- کارشناس ارشد مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
- ۳- استاد اپیدمیولوژی، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
- ۴- استادیار مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
- ۵- کارشناس ارشد سلامت و ترافیک، مرکز تحقیقات مدیریت و پیشگیری از مصدومیت‌های حوادث ترافیکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

DOI: [10.18502/ijre.v20i4.18869](https://doi.org/10.18502/ijre.v20i4.18869)

چکیده	اطلاعات مقاله
مقدمه و اهداف: از مهم‌ترین گام‌های کاهش تصادفات، ثبت دقیق اطلاعات مکانی این حوادث توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی است. مطالعه حاضر با هدف تحلیل جغرافیایی نقاط حادثه‌خیز از نظر تصادفات رانندگی در تبریز و تعیین الگوی توزیع حوادث ترافیکی بر حسب پیامد حادثه انجام گرفت.	تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۸/۰۸
روش کار: در این پژوهش توصیفی تحلیلی، اطلاعات تصادفات منجر به خسارت، جرح و فوت سال ۱۳۹۶ تبریز از مراکز مختلف گردآوری شده و از طریق آدرس مکانی، مختصات موقعیت مکانی تصادفات مشخص گردید. جهت تحلیل جغرافیایی نقاط حادثه‌خیز از نظر تصادفات رانندگی، از آنالیز فضایی با استفاده از شاخص موران و روش‌های تحلیل تراکم کرنل، تحلیل رگرسیون وزن دار جغرافیایی و تحلیل همبستگی استفاده شد.	تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۱۱/۲۷
یافته‌ها: در این مطالعه، الگوی تجمعی بودن تصادفات در تبریز تایید شد؛ به طوری که منطقه ۸، شمال شرقی منطقه ۳، نواحی مرکزی و جنوبی منطقه ۱ و ورودی منطقه ۵ شهر تبریز دارای الگوهای پراکنش تصادفات متراکم بودند. لایه کاربری مذهبی، تجاری و خدماتی بالاترین همبستگی را با تراکم تصادفات داشتند. محورهای پرتراکم از تعداد تصادفات کمتری برخوردار بوده و بالاترین تعداد تصادفات مربوط به نواحی با حجم ترافیک کم بود. دو فصل پاییز و زمستان دارای بیشترین تصادفات خسارتی بوده و بالاترین میزان تصادفات منجر به فوت به فصل بهار اختصاص داشت.	نویسنده رابط سپیده هرزندجدیدی ایمیل نویسنده رابط hrzndsepiddeh@gmail.com نشانی نویسنده رابط
نتیجه‌گیری: با توجه به تجمعی بودن تصادفات در مناطق پرخطر تبریز، به‌ویژه منطقه ۸ و ورودی‌های شرقی، پیشنهاد می‌شود برای کاهش تصادفات، زیرساخت‌های ترافیکی اصلاح، قوانین ترافیکی تقویت و نظارت با سیستم‌های هوشمند افزایش یابد. همچنین، برگزاری کمپین‌های آگاهی‌بخشی می‌تواند در کاهش حوادث ترافیکی مؤثر باشد.	مرکز تحقیقات مدیریت و پیشگیری از مصدومیت‌های حوادث ترافیکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران واژگان کلیدی: تصادف، تحلیل فضایی، تبریز، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

مورد مرگ در ۱۰۰ هزار نفر بود که ۴۸ درصد موارد مرگ مربوط به گروه سنی ۱۵ تا ۴۴ سال بوده است (۳). سازمان پزشکی قانونی ایران در سال ۱۳۹۹، آمار مرگ و میر و مصدومین ناشی از حوادث ترافیکی را به ترتیب ۱۵۳۹۶ و ۲۷۶۷۷۱ گزارش نموده است. این وضعیت در سال ۱۳۹۹ برای استان آذربایجان شرقی به ترتیب ۶۵۹ نفر فوتی و ۱۴۰۰۷ نفر مصدوم بوده است (۴).

توزیع مکانی حوادث ترافیکی بین کشورها و شهرهای مختلف متفاوت است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد این اختلاف ناشی از

بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۲۳، حوادث ترافیکی در جهان سالانه باعث حدود ۱/۱۹ میلیون مرگ و نزدیک به ۵۰ میلیون مصدومیت می‌گردد (۱). حدود ۹۰ درصد مرگ و میر ناشی از حوادث ترافیکی در کشورهای با درآمد کم و متوسط رخ می‌دهد (۲). در سال ۲۰۱۵، مرگ و میر ناشی از حوادث ترافیکی در منطقه مدیترانه شرقی، ۱۹/۹

تفاوت سطح توسعه و درآمد، خصوصیات فرهنگی و اجتماعی می‌باشد (۵). با توجه به اینکه حادثه ترافیکی یک پدیده مکانی و زمانی بوده و ناشی از عوامل محیطی و انسانی است، مورد توجه پژوهشگران در زمینه سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ قرار گرفته است. این پژوهشگران سعی می‌کنند توزیع مکانی تصادفات را بررسی نموده و علل اختلاف مکان‌ها از نظر تصادفات را تبیین نمایند (۶). انجام پژوهش در این زمینه می‌تواند نقاطی از راه را که نیاز فوری به بهسازی دارند، تعیین کرده و با بهره‌گیری از آن، نقاط را بر اساس اهمیت و فوریت اولویت‌بندی نمایند و اقداماتی را جهت افزایش سطح ایمنی آمد و شد راه تعریف نمایند (۷).

سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سیستم رایانه‌ای است که امکان دسترسی و کاربری هم زمان از چند موضوع را داده و به کسب اطلاعات در رابطه با پدیده‌هایی می‌پردازد که به نحوی با موقعیت مکانی در ارتباط هستند. این سیستم می‌تواند با روی هم انداختن نقشه‌هایی با موضوعات مختلف از یک منطقه، امکان بررسی همه جانبه آن منطقه را موجب سازد (۸). با گذشت زمان و توسعه سیستم‌ها، کاربرد GIS به کلیه بخش‌های مرتبط با زمین گسترش یافته است (۹). در حال حاضر از این سیستم‌ها بسته به نیازهای هر منطقه در بخش‌هایی نظیر مطالعات زیست محیطی، برنامه‌ریزی شهری، خدمات ایمنی شهری، مدیریت حمل و نقل و ترافیک شهری، تهیه نقشه‌های پایه، مدیریت کاربری اراضی، خدمات بانکی، خدمات پستی و مطالعات جمعیتی استفاده می‌شود (۱۰).

مطالعات متعددی در زمینه تحلیل جغرافیایی حوادث ترافیکی با GIS در سراسر جهان انجام شده است. سانتیلو و همکاران در کلمبیا فاکتورهای مؤثر بر وقوع حوادث ترافیکی در جاده‌های شهری را با ترکیب GIS و روش تجربی بررسی کردند. در این مطالعه ۶۹ حادثه ترافیکی (جراحت شدید و مرگ) بررسی شده و مشخص گردید که نواحی نزدیک به مناطق تجاری به واسطه وجود عابرین پیاده، دارای فراوانی بیشتری از نظر وقوع حوادث ترافیکی بودند (۱۱). حاجی حسینلو و همکاران، مطالعه‌ای با هدف کاربرد GIS در تعیین نقاط حادثه‌خیز در منطقه دو

شهرداری تهران انجام دادند. نتایج نشان داد که تقاطع جلال آل احمد- نهم شمالی با شاخص تصادف ۰/۶۱۵ ناامن‌ترین تقاطع و تقاطع خوش پرچم با شاخص تصادف ۰/۰۶۷ امن‌ترین تقاطع می‌باشد (۱۲). در مطالعه رحمانی و همکاران با هدف تعیین نقاط حادثه‌خیز به وسیله GIS در مسیر همدان - ملایر، نتایج تحلیلی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در قالب نقشه‌های کاربردی ترسیم شد. در نهایت مسیر همدان - ملایر در چهار طیف امن، نسبتاً امن، خطرناک و حادثه‌خیز دسته‌بندی شد و راه‌کارهای لازم در کاهش تصادفات ارائه گردید (۱۳).

بررسی متون انجام شده نشان داد که در مطالعات گذشته، تراکم تصادفات و روند آن‌ها در ارتباط با وضعیت جاده و شرایط رانندگان به صورت پراکنده مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعه حاضر با هدف شناسایی نقاط حادثه‌خیز درون شهری تبریز با دید مبتنی بر تحلیل مکانی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام شد. در این مطالعه، نوآوری اصلی نسبت به مطالعات گذشته، در تحلیل جغرافیایی تصادفات ترافیکی در تبریز با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی است که تاکنون در این سطح و با این روش در تبریز انجام نشده است. این تحقیق علاوه بر بررسی نقاط حادثه‌خیز، به تحلیل توزیع سوانح ترافیکی بر حسب پیامد حادثه (خسارت، جرح، فوت) پرداخته و ارتباط آن‌ها با کاربری‌های اراضی، تراکم جمعیت، و ترافیک در فصول مختلف سال را مورد مطالعه قرار داده است. همچنین، از روش‌های پیشرفته تحلیل فضایی مانند شاخص موران^۲ و رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی برای شناسایی الگوهای دقیق‌تر در پراکندگی تصادفات استفاده شده است. این رویکرد نوآورانه به توسعه و گسترش دانش موجود در زمینه تحلیل تصادفات ترافیکی در مناطق شهری کمک می‌کند.

روش کار

پژوهش حاضر یک مطالعه مقطعی از نوع توصیفی تحلیلی بود که در سال ۱۳۹۶ در شهر تبریز انجام شد. شهر تبریز به عنوان بزرگترین کلانشهر شمال غرب ایران با وسعتی حدود ۱۳۱ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی ۴۶/۲۶ درجه طول شرقی

^۱ Geographic Information System: GIS

^۲ Moran's I

و در دسترس ۱۱۱۲ مورد بود که از این میان با حذف افراد با پرونده‌های ناقص، تعداد ۱۰۸۴ مورد به صورت تمام شماری وارد مطالعه شدند.

اطلاعات حوادث ترافیکی منجر به خسارت، جراحت و فوت ثبت شده در سیستم رجیستری حوادث ترافیکی یا سیستم ثبت اطلاعات پزشکی قانونی یا سیستم ثبت اطلاعات پلیس و کروکی‌های سوانح با هماهنگی مرکز تحقیقات ترافیک استخراج شدند. این سیستم‌ها توسط مراجع ذیصلاح نظارت و به‌روز نگهداری می‌شوند که خود باعث افزایش اعتبار داده‌ها می‌شود. سپس با استفاده از کروکی‌ها و اطلاعات ثبت شده، در سیستم GIS ثبت گردیدند. اطلاعات مربوط به نوع حادثه نیز از دیتابیس‌های مذکور به عنوان لایه‌های مجزا در GIS وارد شدند. تیم پژوهشی که داده‌ها را استخراج کرد، از متخصصین حوزه ترافیک و GIS تشکیل شده بود که آموزش‌های لازم در زمینه استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تحلیل داده‌های ترافیکی را گذرانده بودند. در راستای کنترل کیفی داده‌ها، ابتدا داده‌های وارد شده به پایگاه داده GIS با استفاده از ابزارهای کالیبراسیون مختصات و سیستم‌های نقشه‌برداری دقیق، بررسی و تصحیح شدند. همچنین، تمام اطلاعات ثبت شده از نظر سازگاری و کامل بودن توسط تیم تحقیقاتی مرور شد تا اطمینان حاصل شود که هیچ داده‌ای ناقص یا غیرقابل استفاده وارد پایگاه داده نشده است.

ابزارهای مورد استفاده در مطالعه

- دستگاه GPS جهت ثبت موقعیت تصادفات و کالیبره نمودن استخراج مختصات از طریق آدرس توصیفی
- نرم‌افزار ArcMap نسخه ۱۰.۴.۱ جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات تصادفات، نمایش اطلاعات، خروجی نقشه‌ها، تغییرات لایه‌های اطلاعات پایگاه داده مکانی، خروجی گزارش
- نرم‌افزار ArcCatalog نسخه ۱۰.۴.۱ جهت ساخت، ویرایش و حذف لایه‌های اطلاعاتی جدید
- نرم‌افزار ArcGlobal نسخه ۱۰.۴.۱ جهت نمایش مختصات مکانی تصادفات در کره زمین
- نرم‌افزار ArcScene نسخه ۱۰.۴.۱ جهت نمایش سه بعدی اطلاعات مکانی تصادفات در پهنه شهر تبریز

و ۳۸/۰۶ درجه عرض شمالی، با ارتفاع متوسط حدود ۱۳۴۰ متر در جلگه‌ای به نام جلگه تبریز واقع شده است. شهر تبریز، با تقسیم‌بندی به ۹ منطقه شهری، دارای ویژگی‌های متنوعی است که تأثیر قابل توجهی بر ترافیک و الگوهای تصادفات دارد. منطقه ۱ به دلیل تراکم بالای جمعیت و معابر باریک، با ترافیک شهری پرتراکم و تصادفات کوچک‌تر درون‌شهری مواجه است. این منطقه همچنین به دلیل وجود مناطق تجاری و مسکونی، تردد عابران پیاده بالایی دارد. منطقه ۲ شامل مراکز تجاری و آموزشی متعدد است که باعث ترافیک سنگین وسایل نقلیه و عابران پیاده به‌ویژه در ساعات اوج می‌شود. منطقه ۳، به دلیل حضور مراکز صنعتی و مسیرهای حمل‌ونقل، محل تردد خودروهای سنگین است که می‌تواند بر نرخ و شدت تصادفات تأثیر بگذارد. منطقه ۴ با وجود بزرگراه‌ها و معابر سریع به عنوان یکی از ورودی‌های اصلی شهر، محل عبور حجم زیادی از ترافیک عبوری و مستعد تصادفات با شدت بالا است. منطقه ۵ نیز به عنوان یکی دیگر از مناطق ورودی شهر، با بزرگراه‌های متعدد و اتصال به مناطق پرجمعیت، ترکیبی از ترافیک عبوری و درون‌شهری را تجربه می‌کند. منطقه ۶ و ۷، به دلیل تراکم جمعیتی پایین‌تر و معابر کم‌تردد، از نظر حجم ترافیک چالش کمتری دارند، اما شرایط محیطی مانند شیب زیاد معابر و احتمال یخبندان در زمستان ممکن است باعث کاهش ایمنی شود. منطقه ۸ به عنوان یکی از ورودی‌های شرقی شهر، با حجم بالای ترافیک عبوری و وجود تقاطع‌های پیچیده، مستعد تصادفات شدید است. منطقه ۹ نیز با ترکیبی از بزرگراه‌های ورودی و خیابان‌های شهری، ویژگی‌های مشابهی دارد.

جمعیت هدف این مطالعه شامل تمام افرادی بود که در سال ۱۳۹۶ در شهر تبریز دچار حادثه ترافیکی منجر به خسارت، جراحت و فوت شده بودند. به عبارتی، این مطالعه سه گروه هدف داشت که یکی افراد فوت شده، گروه دیگر افرادی که دچار جراحت شده و دسته سوم موارد خسارتی بودند. معیار ورود به مطالعه شامل حوادث منجر به جرح یا فوت یا خسارتی بود که اطلاعات مربوط به آن‌ها در سیستم کام ۱۱۴ یا در سیستم ثبت حوادث ترافیکی موجود باشد. معیارهای خروج شامل موارد مرگ بالای ۳۰ روز به دلیل تعریف مرگ ناشی از حوادث ترافیکی در ایران بود. تعداد کل پرونده‌های بررسی شده

(۲)

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} X_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n W_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n W_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n W_{ij})^2}{n-1}}}$$

در این روش‌ها، متغیرهایی چون نوع تصادف (خسارتی، جراحاتی، فوتی)، مکان وقوع تصادفات (با توجه به مختصات جغرافیایی)، تراکم جمعیت و نوع کاربری اراضی به‌عنوان داده‌های کلیدی در نظر گرفته شدند.

جهت تعیین نقاط جغرافیایی حادثه‌خیز با استفاده از تحلیل فضایی و ارتباط آن‌ها با اطلاعات مرتبط با حوادث ثبت شده در سیستم رجیستری ترافیکی، از روش‌های تحلیل تراکم کرنل، تحلیل رگرسیون وزن دار جغرافیایی و تحلیل همبستگی استفاده شد.

تحلیل تراکم کرنل^۲: تابع تراکم کرنل یکی از توابع تحلیل فضایی مهم در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی است. این تابع قادر است تراکم یک عارضه نقطه‌ای (مانند جمعیت، چاه و چشمه، مناطق مسکونی، بیماری، و ...) و یا خطی (شبکه جاده، رودخانه، شبکه فاضلاب، گسل و ...) را با توجه به مساحت منطقه و نوع متغیر در یک پهنه جغرافیایی به صورت فضایی به تصویر بکشد. در واقع تابع تراکم کرنل در نرم‌افزار GIS، تراکم عوارض در همسایگی آن عارضه را محاسبه می‌کند و می‌تواند برای عوارض نقطه‌ای (تصادفات) و خطی مورد استفاده قرار گیرد. بیشترین ارزش در محل شعاع گیری نقاط است و با دور شدن ارزش کم می‌شود و تا رستر جستجو به صفر کاهش می‌یابد (۱۰). این شاخص از فرمول زیر محاسبه می‌شود (فرمول شماره ۳):

(۳)

$$\hat{f}_d(x) = \frac{h\nu}{nd} \sum_{i=1}^n K_0 \left(\frac{x - x_i}{d} \right)$$

در فرمول فوق، K_0 تابع کرنل، d پهنای باند (شعاع جستجو)، n اندازه نمونه x_i و h عامل هموار کردن خطوط و ν عامل مقیاس عمودی است. در این تحلیل، نقاط وقوع تصادفات (مانند تصادفات منجر به جرح یا فوت) به‌عنوان داده‌های اولیه در نظر گرفته شدند و سپس ارتباط آن با لایه‌های اطلاعاتی کاربری

- نرم‌افزار ArcSDE نسخه ۱۰.۴.۱ به عنوان رابط بین سیستم اطلاعات جغرافیایی و سایر پایگاه داده‌های مرسوم مثل نرم‌افزار SQL Server یا اکسس در این مطالعه
- نرم‌افزار Google Earth نسخه ۷.۱.۸ جهت صحت مکان‌یابی‌های صورت گرفته موقعیت تصادفات
- نرم‌افزار SQL Server نسخه ۲۰۱۶ جهت مدیریت داده‌های اطلاعاتی مستخرج از فرم‌ها برای ورود به GIS
- نرم‌افزار MapSource نسخه ۶.۱۶.۳ برای تخلیه اطلاعات دستگاه GPS به منظور استفاده در نرم‌افزار ArcMap

روش تحلیل داده‌ها

جهت تحلیل جغرافیایی نقاط حادثه‌خیز از نظر تصادفات رانندگی در شهر تبریز و تعیین الگوی توزیع سوانح ترافیکی بر حسب پیامد حادثه، از شاخص آنالیز فضایی موران و Hotspot استفاده شد.

شاخص موران: نتیجه مثبت شاخص موران، بیانگر آن است که ویژگی‌های مشابه به همدیگر گرایش دارند، ارزش منفی نشان دهنده ناهمگنی خصوصیات و بالاخره صفر بیانگر ناپیوستگی و تصادفی بودن است (۴). موران به صورت زیر تعریف می‌شود (فرمول شماره ۱):

(۱)

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right) \left(\sum_{i \neq j} w_{ij} \right)}$$

تحلیل نقاط داغ: این تحلیل آماره گیتس - ارد جی^۱ را برای کلیه عوارض موجود در داده‌ها محاسبه می‌نماید. امتیاز Z محاسبه شده نشان می‌دهد که کجای داده مقادیر کم و زیاد خوشه‌بندی شده‌اند. این ابزار در حقیقت به هر عارضه در چهارچوب عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند نگاه می‌کند. برای اینکه یک عارضه نقاط داغ تلقی شود و از نظر آماری معنادار نیز باشد؛ باید هم خودش و هم عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند، دارای مقادیر بالا باشند (۱۴). آماره گیتس - ارد جی به صورت زیر محاسبه می‌شود (فرمول شماره ۲):

^۲ kernel density^۱ Getis- Ord Gi

(۵)

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^N (Xi - \mu_x)(Yi - \mu_y)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (Xi - \mu_x)^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (Yi - \mu_y)^2 \right]}} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

در فرمول فوق، N تعداد مشاهدات، μ_x ، μ_y میانگین‌های مشاهدات، σ_x و σ_y : انحراف معیار نمونه‌ها است. در تحلیل همبستگی پیرسون، ارتباط متغیرهایی مانند تعداد تصادفات با تراکم جمعیت و نوع کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این در این مطالعه جهت بررسی ارتباط بین تعداد تصادفات با متغیرهای دموگرافیک (جنسیت، گروه سنی، فصول سال و ...)، از آزمون مجذور کای استفاده شد. سطح معناداری برای آزمون مجذور کای، کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست بود که با کد اخلاق IR.TBZMED.REC.1398.609 در دانشگاه علوم پزشکی تبریز به تصویب رسیده است. پس از صدور کد اخلاق، جهت اخذ داده‌ها، ابتدا معرفی‌نامه‌ای از طرف دانشگاه به مراکز تولید داده‌ها ارائه شده و پس از هماهنگی با حراست مراکز مربوطه، اقدامات لازم در خصوص اخذ داده‌ها صورت گرفت.

یافته‌ها

نتایج حاصل از این مطالعه، در چهار بخش تنظیم شده است:

۱) توصیف تصادفات شهر تبریز در سال ۱۳۹۶

نتایج توصیفی مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین تصادفات رخ داده به گروه سنی ۱۵ تا ۲۴ سال و به مردان اختصاص دارد^۲. نتایج آزمون مجذور کای نشان داد که بین فصول سال و درصد تصادفات، ارتباط معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/01$)، به طوری که در فصل پاییز تصادفات منجر به خسارت، افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱).

اراضی، میانگین تراکم ترافیک و تراکم جمعیت شهر تبریز، مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل رگرسیون وزن دار جغرافیایی^۱: روش رگرسیون موزون جغرافیایی همان روش حداقل مربعات وزنی است با این تفاوت که به مشاهدات بر اساس مکانشان نسبت به نقطه مرجع i وزن داده می‌شود. وزن‌دهی مشاهدات در فرایند تخمین ثابت نیست و با توجه به مکان مشاهده از نقطه i تغییر می‌کند. مشاهده نزدیک به نقطه i ، وزن بیشتری نسبت به مشاهدات دورتر از نقطه i ، دریافت می‌کند (۱۵). برآوردگر رگرسیون موزون جغرافیایی به صورت زیر تعریف می‌گردد (فرمول شماره ۴):

(۴)

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) y$$

در رابطه بالا $\hat{\beta}(u_i, v_i)$ $j = 0, 1, \dots, k$ $\beta_j(u_i, v_i)$ و $W(u_i, v_i)$ ماتریسی $N \times N$ است که عناصر خارج از قطر اصلی آن صفر هستند و عناصر قطر اصلی وزن‌های جغرافیایی N مشاهده برای نقطه مرجع i را نشان می‌دهند.

در این تحلیل، همبستگی بین تصادفات در تبریز و متغیرهای جغرافیایی و شهری مانند تراکم جمعیت، کاربری اراضی بررسی شد.

همبستگی پیرسون: همبستگی به مفهوم ارتباط بین دو متغیر است و ضریب همبستگی مقدار عددی این ارتباط را نشان می‌دهد. ضریب همبستگی آماره‌ای است که برای بیان تشابه تغییرات بین دو توزیع به کار می‌رود و آن را با ρ و برآورد آن را با r نشان می‌دهند. مقدار عددی ضریب همبستگی بین ۱- تا ۱+ تغییر می‌کند که علامت آن جهت تغییرات را نشان می‌دهد (۱۶). ضریب همبستگی دو متغیر X و Y با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید (فرمول شماره ۵):

^۲ در مطالعه حاضر، با توجه به در دسترس نبودن جمعیت کل (مجموع رانندگان، عابران پیاده و سایر گروه‌ها)، این مقایسه بر اساس تعداد تصادفات صورت گرفته است، نه جمعیت کل.

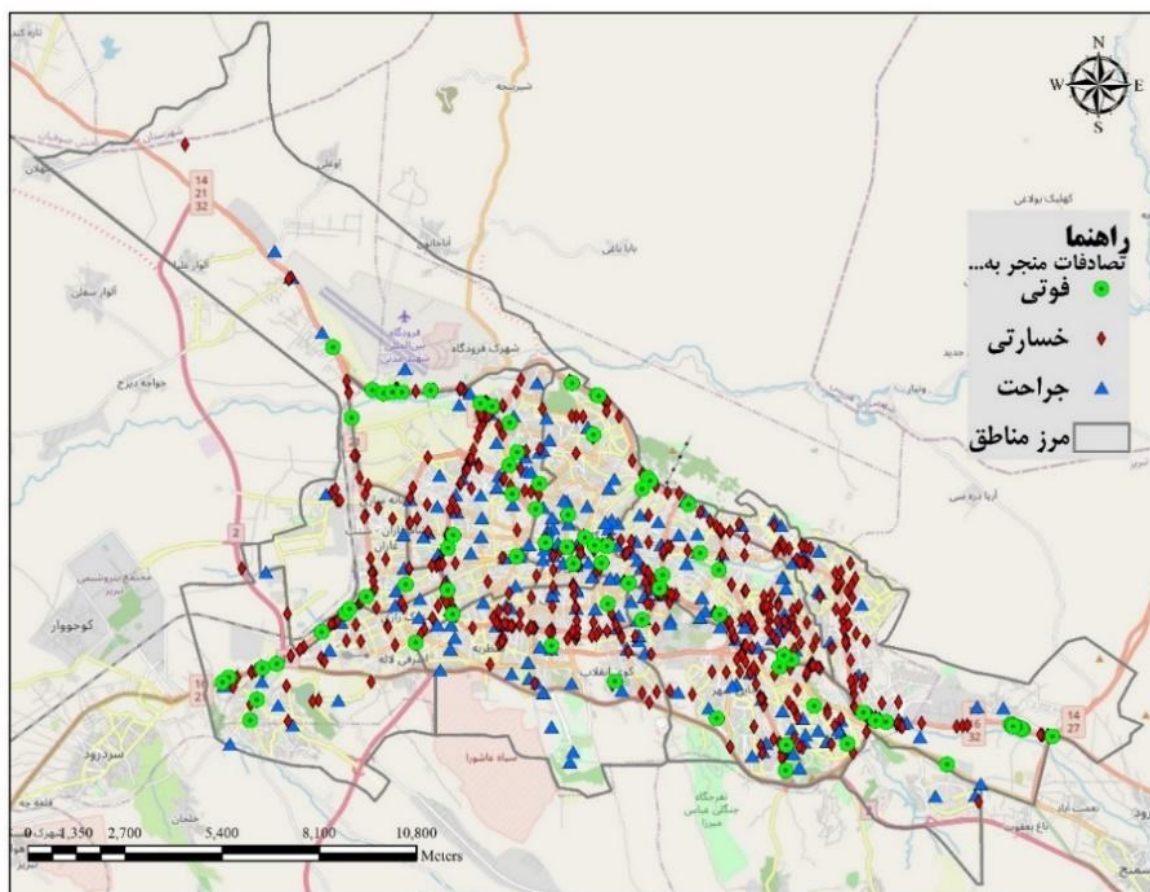
^۱ Geographically Weighted Regression: GWR

جدول شماره ۱- توزیع فراوانی متغیرهای دموگرافیک مرتبط با تصادفات شهر تبریز در سال ۱۳۹۶

مشخصات دموگرافیک	متغیر	تصادفات تعداد (درصد)	P-value
جنسیت	زن	۱۵۱ (۱۳/۹۲)	<۰/۰۰۱
	مرد	۹۳۳ (۸۶/۰۸)	
گروه‌های سنی (سال)	۰-۱۴	۱۱۱ (۱۰/۲۴)	<۰/۰۰۱
	۱۵-۲۴	۲۲۴ (۲۰/۶۶)	
	۲۵-۳۴	۲۰۴ (۱۸/۸۲)	
	۳۵-۴۴	۱۳۳ (۱۲/۲۷)	
	۴۵-۵۵	۱۶۳ (۱۵/۰۴)	
	۵۵-۶۴	۱۰۳ (۹/۵۰)	
	۶۴ به بالا	۱۴۶ (۱۳/۴۷)	
پیامد	جراحی	۳۸۶ (۳۵/۶۱)	<۰/۰۰۱
	خسارتی	۵۱۱ (۴۷/۱۴)	
	فوت شده	۱۸۷ (۱۷/۲۵)	
فصول	بهار	جراحی (۱۶/۸۸)	<۰/۰۰۱
		خسارتی ۲ (۰/۱۸)	
		فوت شده ۷۰ (۶/۴۶)	
	تابستان	جراحی ۱۱۲ (۱۰/۳۳)	
		خسارتی ۴ (۰/۳۷)	
		فوت شده ۴۶ (۴/۲۵)	
	پاییز	جراحی ۱۱۱ (۱۰/۲۴)	
		خسارتی ۳۱۳ (۲۸/۸۷)	
		فوت شده ۲۸ (۲/۵۸)	
	زمستان	جراحی ۵۲ (۴/۸۰)	
		خسارتی ۱۹۲ (۱۷/۷۱)	
		فوت شده ۴۳ (۳/۹۷)	
مجموع		۱۰۸۴	۱۰۰

۲) تحلیل جغرافیایی نقاط حادثه‌خیز در تبریز و تعیین الگوی توزیع حوادث ترافیکی بر حسب پیامد حادثه

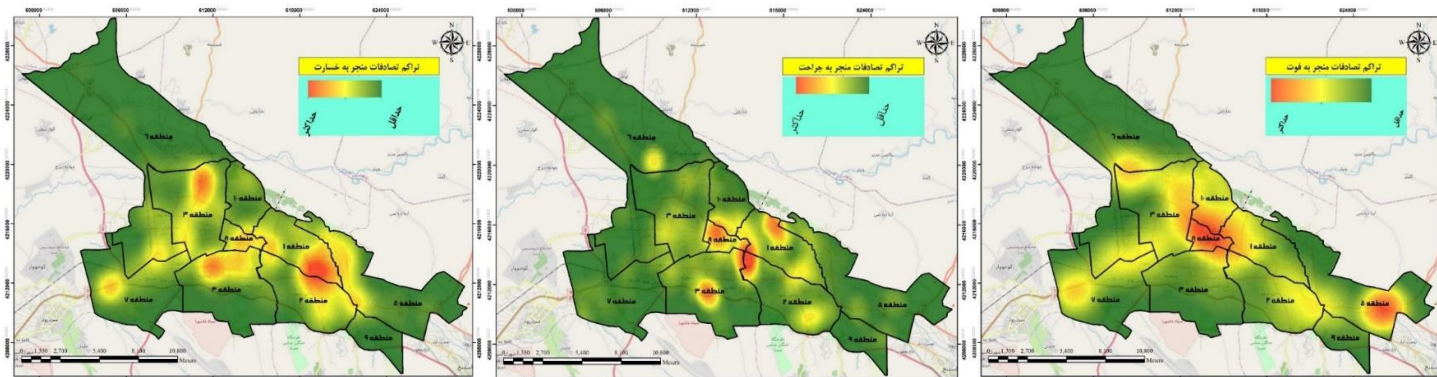
شکل شماره ۱، موقعیت مکانی تصادفات رخ داده در شهر تبریز در سال ۱۳۹۶ را در محیط سامانه مکانی GIS نشان می‌دهد.



شکل شماره ۱- موقعیت مکانی تصادفات رخ داده در شهر تبریز در سال ۱۳۹۶

در پی نمایش وضعیت مکانی موقعیت تصادفات در شهر تبریز از طریق تحلیل تراکم (کرنل) مشخص گردید که ۲۰ درصد از مناطق تبریز دارای تراکم بالایی از نظر تصادفات می باشد. یعنی درصد بالایی از تصادفات در پهنه سرزمینی محدودی قرار گرفته اند. به همین میزان نیز برخی از مناطق شهر تبریز آمار بسیار پایینی را نشان می دهد (شکل شماره ۲).

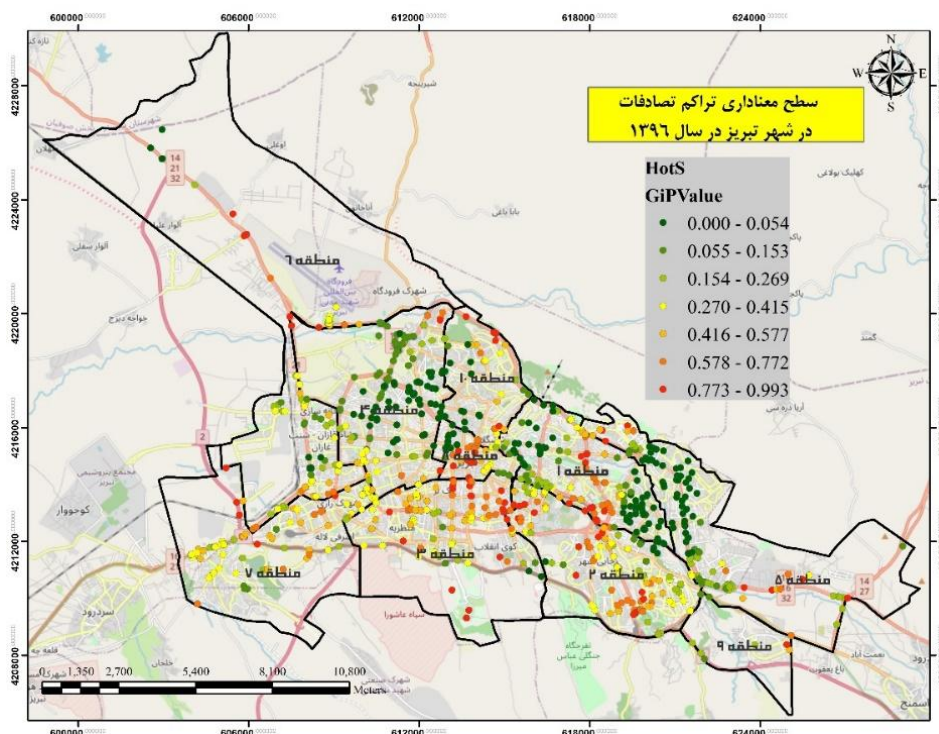
جهت بررسی پراکنش فضایی تصادفات شهر تبریز از شاخص موران استفاده شد. شاخص موران مثبت نشان دهنده الگوی خوشه ای است. با استناد به این شاخص، الگوی پراکنش فضایی تصادفات از این الگو تبعیت می کند ($Moran's I = 0.215671$). به عبارت بهتر می توان تجمعی بودن تصادفات در شهر تبریز را تایید کرد.



شکل شماره ۲- تراکم تصادفات در شهر تبریز سال ۱۳۹۶ (بر حسب پیامد)

منطقه ۸، شمال شرقی منطقه ۳، نواحی مرکزی و جنوبی منطقه ۱ و ورودی منطقه ۵، دارای الگوهای پراکنش تصادفات متراکم و معنادار هستند، در حالی که سایر مناطق تبریز، که بیشترین مساحت را در برمی گیرند (۶۵ درصد)، توزیع تصادفات غیرمعنی دار دارند. سطح معناداری الگوی پراکنش تصادفات شهر تبریز در شکل ۳ نشان داده شده است.

در تحلیل نتایج نقاط داغ در GIS، سطح معناداری^۱ به طور دقیق مشخص شده است. در این مطالعه، سطح معناداری برای تراکم نقاط تصادف بر اساس سطح اطمینان ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است (کمتر از ۰/۰۵). طبق این معیار، مناطق شهری تبریز به دو طبقه تقسیم شدند: طبقه اول شامل مناطق با تراکم بالای تصادفات (معنادار) و طبقه دوم شامل مناطق با توزیع پراکنده تصادفات (غیرمعنادار). طبق نتایج، مناطق شامل



شکل شماره ۳- نمایش سطح معناداری الگوی پراکنش تصادفات شهر تبریز در سال ۱۳۹۶

^۱ GiP-Value

۳) تعیین نقاط جغرافیایی حادثه خیز با استفاده از تحلیل فضایی و ارتباط آن‌ها با اطلاعات مرتبط با حوادث ثبت شده در سیستم رجیستری ترافیکی

الف) کاربری اراضی

با توجه به تاثیر عوارض مکانی مجاور بر تراکم تصادفات، با استفاده از نقشه کاربری اراضی تبریز و تراکم تصادفات، این مسئله مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، همبستگی تراکم تصادفات با کاربری مذهبی (۰/۱۰۰)، تجاری (۰/۰۶۴)، خدماتی (۰/۰۶۳)، بهداشتی - درمانی (۰/۰۵۰) و آموزشی (۰/۰۵۰) به دست آمد.

ب) میانگین حجم ترافیک محورها

در این بخش، به بررسی ارتباط تراکم تصادفات شهر تبریز در سال ۱۳۹۶ با میانگین حجم بار ترافیکی خیابان‌های شهر پرداخته شد (جدول شماره ۲). بر اساس نتایج حاصل، محورهای پرتراфик و حجیم، از تعداد تصادفات کمتری برخوردار بودند؛ به طوری که تعداد افراد فوت شده در سطوح ترافیکی پر حجم یک نفر گزارش شده است. این وضعیت در تصادفاتی که منجر به جرح یا خسارت شده‌اند نیز خود را نشان می‌دهد. بالاترین تعداد تصادفات مربوط به ترافیک بسیار کم حجم و ترافیک کم می‌باشد که مجموعاً ۷۶ درصد کل تصادفات در این دو سطح رخ داده‌اند.

جدول شماره ۲- محاسبات تعداد و نوع تصادفات ثبت شده در تبریز بر اساس سطح‌بندی حجم میانگین ترافیک سالیانه،

۱۳۹۶

ردیف	میانگین ترافیک خیابان ^۱	تعداد تصادفات			تعداد	سهم کل (درصد)
		فوتی	جرحی	خسارتي		
۱	بسیار پرتراфик	۱	۹	۵	۱۷	۱/۳۸
۲	پرتراфик	۲۳	۳۳	۵۶	۸۴	۱۰/۳۳
۳	ترافیک متوسط	۲۱	۴۷	۵۲	۱۶۰	۱۱/۰۷
۴	ترافیک کم	۳۰	۴۷	۵۹	۴۶۵	۱۲/۵۵
۵	ترافیک بسیار کم	۱۱۲	۲۵۰	۳۳۹	۳۱۵۰	۶۴/۶۷
۶	مجموع	۱۸۷	۳۸۶	۵۱۱	۳۸۷۶	۱۰۰

ج) تراکم جمعیت

در این بخش، با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی GIS، تاثیر تراکم جمعیت بر فراوانی تصادفات ارزیابی شد. بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته، شدت ارتباط متغیر تراکم جمعیت با فراوانی تصادفات، معادل ۰/۰۳۶ به دست آمد که معنادار بودن این رابطه را کمرنگ می‌کند.

۴) تعیین توزیع حوادث ترافیکی تبریز بر حسب فصول

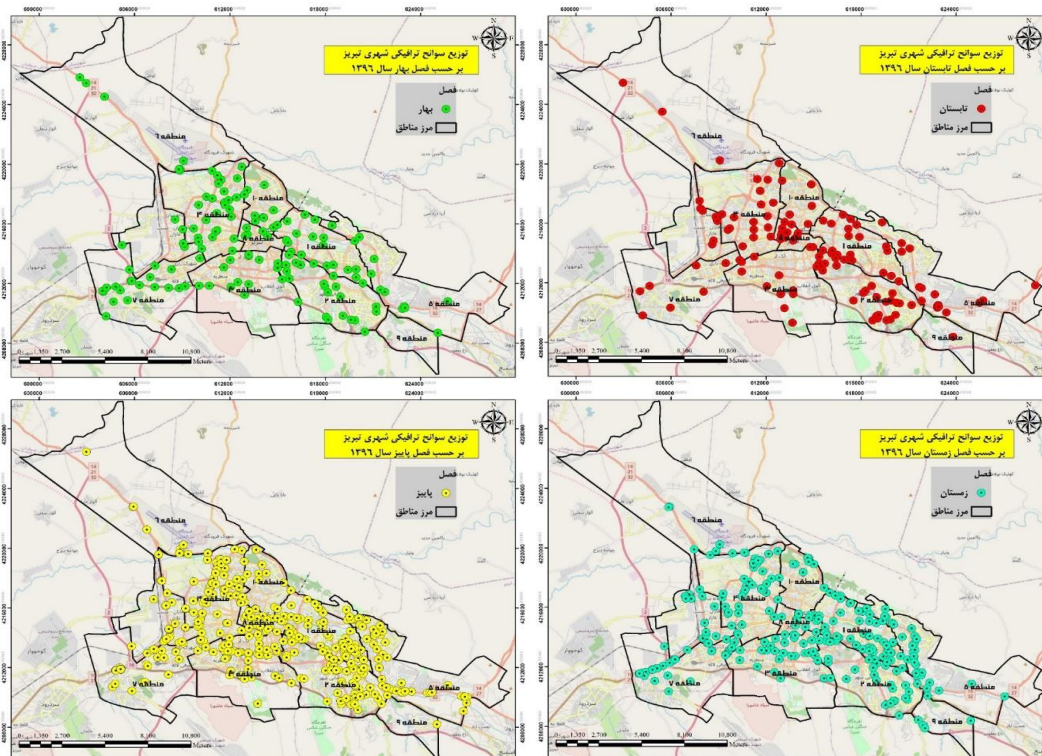
سال با استفاده از GIS

بر اساس نتایج توصیفی مربوط به فراوانی تصادفات شهر تبریز در سال ۱۳۹۶ (بر حسب پیامد) به تفکیک فصول سال، دو فصل پاییز و زمستان دارای بیشترین تصادفات خسارتي بودند. بالاترین میزان تصادفات منجر به فوت به فصل بهار اختصاص دارد؛ به طوری که ۳۷/۵ درصد را به خود اختصاص داده است. بر اساس شکل شماره ۴، در همه فصول سال، محدوده مرکزی شهر تبریز بیشترین تصادفات را دارد. در همه فصول سال،

^۱ میانگین حجم ترافیک محورهای مختلف تبریز از طریق داده‌های پلیس راهنمایی و رانندگی به دست آمد.

شریانی اصلی بوده است. همچنین تصادفات رخ داده در فصل پاییز بیشتر در محدوده مرکز شهر بوده است.

بیشترین تصادفات در مسیرهای شریانی اصلی شهر رخ داده است. تصادفات رخ داده در فصل بهار و پاییز بیشتر در مسیرهای



شکل شماره ۴- توزیع حوادث ترافیکی شهر تبریز در فصول چهارگانه سال ۱۳۹۶

در پراکنش فضایی حوادث ترافیکی شهر اردبیل حاکم می‌باشد. این تصادفات در جهت جغرافیایی شمال غربی - جنوب شرقی، به مرکزیت ثقل هسته مرکزی شهر اردبیل توزیع پیدا کرده است؛ به طوری که کانون‌های اصلی وقوع تصادفات نیز در این محدوده واقع شده است (۱۹).

طبق نتایج حاصل از همبستگی کاربری‌های اراضی تبریز با تراکم تصادفات، بالاترین همبستگی با تراکم تصادفات مربوط به لایه کاربری مذهبی، تجاری، خدماتی، کاربری‌های بهداشتی - درمانی، ورزشی و آموزشی بود. ساکی و همکاران نشان دادند که مکان‌های آموزشی، تقاطع‌ها، تعمیرگاه‌ها و مناطق کم تراکم شهری دارای تصادفات بیشتری هستند. مطالعات پیشین نقش پررنگ کاربری‌های تجاری، حمل و نقل و انبار، فضای سبز و اداری را نشان داده‌اند. بنابراین کاربری‌های تجاری و آموزشی در این مطالعات با پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین مطالعه آسوده نیز بیانگر تأثیرگذار بودن پارامترهای مربوط به تراکم کاربری زمین بر میزان تصادفات بوده است (۲۰). اما توجه به این نکته ضروری است که همبستگی بالا بین دو متغیر لزوماً

بحث

طبق نتایج مطالعه حاضر، شاخص موران، تجمعی بودن تصادفات در شهر تبریز را نشان داد و مشخص گردید که ۲۰ درصد از مناطق شهر تبریز دارای الگوی تجمعی بالایی بودند. به طوری که منطقه ۸، شمال شرقی منطقه ۳، نواحی مرکزی و جنوبی منطقه ۱ و ورودی منطقه ۵ شهر تبریز، دارای الگوی پراکنش تصادفات متراکم بودند. این الگو با نتایج مطالعه هوشیار و همکاران که در شهر ارومیه انجام شد، مطابقت دارد. بدین صورت که نتایج تحلیل تراکم نشان داد بیشترین تعداد تصادفات در مناطق ۱ و ۳ و اطراف بخش مرکزی شهر ارومیه (منطقه ۴) رخ داده است (۱۷). حاجی حسینی و همکاران نیز در شناسایی مناطق حادثه‌خیز ترافیکی تهران، تراکم معناداری در تقاطع جلال آل احمد - نهم شمالی مشاهده کردند (۱۲). حسینی و همکاران نشان دادند که مناطق مرکزی شهر تهران بیشترین خطر بروز تصادفات را دارا می‌باشند. این مطالعات همگی بر تراکم تجمعی معنادار بر اساس تحلیل فضایی اشاره می‌کنند (۱۸). یزدانی و همکاران نشان دادند الگوی خوشه‌ای

وجود داشت و ۰/۶۸ درصد را تراکم جمعیت تبیین می‌کرد (۲۱).

بر اساس نتایج حاصل از بررسی تصادفات در فصول مختلف سال، بیشترین تصادفات در مسیرهای شریانی اصلی شهر رخ داده بود. تصادفات رخ داده در فصل بهار و پاییز بیشتر در مسیرهای شریانی اصلی بوده است، همچنین تصادفات رخ داده در فصل پاییز بیشتر در محدوده مرکز بوده است. دو فصل پاییز و زمستان دارای بیشترین تصادفات خسارتی هستند. همچنین بالاترین میزان تصادفات منجر به فوت به فصل بهار اختصاص داشت. یزدانی و همکاران نشان دادند که بیشتر تصادفات شهر اردبیل در میادین و خیابان‌های اصلی و بیشتر در ایام گرم سال رخ می‌دهد (۱۹). به نظر می‌رسد تراکم تصادفات در پاییز و زمستان به علت هم‌زمانی بازگشایی مراکز آموزشی، دانشگاهی و شرایط آب و هوایی باشد. چنان که مشخص است فصل پاییز و زمستان همراه با بارش باران و برف در شهر تبریز است.

در خصوص روش‌های تحلیل، مشابه مطالعه حاضر، در مطالعات انجام شده توسط فیضی‌زاده در تبریز (۴)، مطالعه آقاجانی در ایلام (۲۲) و مطالعه سببی در جردن (۲۳)، از شاخص موران و تحلیل نقاط داغ برای تحلیل و تعیین موقعیت تصادفات شهری استفاده شده است. این شاخص‌ها به همراه تحلیل کاربری اراضی و تراکم جمعیت، به شناسایی مناطق پرخطر کمک کرده‌اند. همچنین، در مطالعات انجام شده توسط کلانتری و همکاران در زنجان (۹) و مطالعه لی و همکاران در ویتنام (۲۴)، از روش تحلیل تراکم کارنل برای تعیین الگوهای تصادفات استفاده شده است. در مطالعه ویتنام، روش COMAP^۱ نیز به کار گرفته شده است که امکان تجزیه و تحلیل یکپارچگی زمانی-مکانی را فراهم می‌آورد. این روش برای درک روابط میان مکان‌های وقوع حوادث، مانند تصادفات جاده‌ای و تغییرات آنها در طول زمان مفید است. روش COMAP شامل تقسیم‌بندی داده‌ها به بازه‌های زمانی خاص، مانند ساعات مختلف روز یا فصول سال است تا تغییرات ناشی از عوامل زمانی را در نظر بگیرد (۲۴). علاوه بر این، در مطالعه کلانتری و همکاران در زنجان و مطالعه ابوحاصل در عربستان سعودی (۱۶)، از روش

نشان‌دهنده رابطه علی نیست و ممکن است عوامل زمینه‌ای دیگری بر هر دو عامل تأثیرگذار باشند. مطالعه حاضر به شناسایی الگوها و روابط احتمالی پرداخته و برای بررسی علت و معلول نیاز به استفاده از روش‌های پیچیده‌تر در تحقیقات آینده دارد. سانتیلو و همکاران در کارتاجینای کلمبیا فاکتورهای مؤثر در وقوع حوادث ترافیکی در جاده‌های شهری با ترکیب GIS و روش تجربی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ۶۹ حادثه ترافیکی بررسی شده و مشخص گردید که نواحی نزدیک به مناطق تجاری به واسطه وجود عابرین پیاده، دارای فراوانی بیشتری از نظر وقوع حوادث بودند (۱۱).

بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از بررسی ارتباط تراکم تصادفات تبریز در سال ۱۳۹۶ با میانگین حجم ترافیک خیابان‌های شهر، محورهای پرتراфик که سرعت جابه‌جایی وسایل نقلیه در آنها پایین است، از تعداد تصادفات کمتری برخوردار بودند. به طوری که تعداد افراد فوت شده در سطوح ترافیکی پر حجم یک نفر گزارش شده بود. این وضعیت در تصادفاتی که منجر به جرح یا خسارت شده‌اند نیز خود را نشان داد. بالاترین تعداد تصادفات مربوط به مناطق با ترافیک کم بود. در این خصوص، اگرچه نباید از تعداد و طول محورهای مورد اشاره غافل بود، با این حال به دلیل سرعت بالاتری که وجود دارد نسبت به محورهای پرتراфик مسئله تعداد بالای تصادفات قابل توجه است. وانگ و همکاران در مطالعه خود به تحلیل فضایی اثر ازدحام ترافیکی بر تصادفات جاده‌ای بزرگراه‌های انگلستان با استفاده از GIS پرداخته و بر خلاف نتایج مطالعه حاضر، به این نتیجه رسیدند که حجم ترافیک بر روی فراوانی تصادفات بی‌تأثیر بوده و یا نقش بسیار کمی داشته است (۷).

تراکم جمعیت در نواحی مختلف مناطق تبریز به عنوان متغیر مستقل و تصادفات به وقوع پیوسته در این شهر، معنادار بودن این رابطه را کمرنگ کرد، در این رابطه شدت ارتباط ۰/۳۶ به دست آمد که این متغیر در شهر تبریز ارتباط معناداری را نشان نداد. عکس این نتیجه در مطالعه سعادت و همکاران، حاصل شده است. به طوری که بین تراکم جمعیت و تراکم تصادفات موتور سیکلت در منطقه ۶ شهرداری تهران ارتباط مستقیمی

¹ Combined Method for Assessing Spatial and Temporal Patterns

پژوهش‌هایی صورت گیرد. همچنین تحلیل مکانی تصادفات عابرین پیاده در معابر شهر تبریز با توجه به تراکم جمعیت و نوع کاربری زمین صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این مطالعه که نشان‌دهنده تجمعی بودن الگوی تصادفات در شهر تبریز است، به نظر می‌رسد که بازنگری و برنامه‌ریزی دقیق‌تری برای کاهش تصادفات و بهبود ایمنی ترافیکی در مناطق پرخطر ضروری باشد. به‌ویژه در مناطق حادثه‌خیز مانند منطقه ۸ و ورودی‌های شرقی شهر تبریز، اصلاح و بهبود زیرساخت‌های جاده‌ای، تقاطع‌ها و خیابان‌ها می‌تواند به کاهش تصادفات کمک کند. همچنین، اجرای دقیق‌تر قوانین ترافیکی و تقویت نظارت بر تخلفات رانندگی، به‌ویژه با استفاده از سیستم‌های هوشمند ترافیکی و دوربین‌های نظارتی، می‌تواند به کاهش تخلفات و تصادفات منجر شود. علاوه بر این، برگزاری کمپین‌های آگاهی‌بخشی برای رانندگان و ساکنان مناطق پرخطر، به‌ویژه در فصولی که بیشترین تصادفات منجر به فوت در آن رخ می‌دهد، می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش حوادث ترافیکی داشته باشد. با توجه به نتایج این مطالعه و پیشنهادات مطرح شده، می‌توان انتظار داشت که در آینده با به‌کارگیری این مداخلات هدفمند، روند تصادفات در شهر تبریز کاهش یابد و ایمنی ترافیکی بهبود یابد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از سازمان پزشکی قانونی، پلیس راهنمایی و رانندگی، اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، و مرکز تحقیقات سلامت و ایمنی ترافیک به‌دلیل تأمین و هماهنگی در دریافت داده‌های مربوط به حوادث ترافیکی، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

References

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2018. World Health Organization; 2019 Jan 10..
2. Soori H, Eini E, Vahabzadeh E, Mohebi A. The effect of a new law in the rate of deaths and injuries from risky driving. *Rahvar*. 2012;9(18):27-38.
3. Hamid S, Davoud KZ. Road traffic injuries measures in the Eastern Mediterranean Region: findings from the Global Status Report on Road Safety-2015. *Journal of injury and violence research*. 2019 Jul; 11(2):149.
4. Feizizadeh B, Omarzadeh D, Sharifi A, Rahmani A, Lakes T, Blaschke T. A GIS-based spatiotemporal modelling of urban

تعویض همسایگی نزدیک^۱ برای تحلیل تصادفی بودن یا خوشه‌ای بودن توزیع تصادفات در مناطق جغرافیایی استفاده شده است که می‌تواند در شناسایی نقاط خطرناک تصادفات کاربرد داشته باشد.

این مطالعه همانند سایر مطالعات، از محدودیت‌هایی برخوردار بود. به دلیل محدودیت‌های داده‌ای، ویژگی‌های هندسی جاده‌ها، شرایط خاص آب و هوایی مانند روزهای یخبندان و مه‌آلود، ویژگی‌های وسایل نقلیه از جمله نوع و سن خودروها، و رفتار راننده از جمله سن، تجربه و مصرف الکل یا مواد مخدر مورد بررسی قرار نگرفتند. این اطلاعات معمولاً نیازمند دسترسی به منابع خاصی مانند گزارش‌های پلیس، مراکز معاینه فنی یا داده‌های دقیق‌تر از شرایط جاده‌ای و آب و هوایی است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده با دسترسی به این داده‌ها، این جنبه‌ها نیز به‌طور دقیق‌تر مورد بررسی قرار گیرند تا تأثیر آن‌ها بر تصادفات به‌طور دقیق‌تر مشخص شود. یکی از محدودیت‌های این مطالعه عدم دسترسی به اطلاعات دقیق درباره این است که تصادفات توسط افراد بومی یا مسافری رخ داده‌اند. با این حال، تأثیر سفرهای نوروزی و عدم آشنایی مسافرین با معابر بر افزایش تصادفات، به‌ویژه تصادفات منجر به مرگ، موضوعی است که در تحقیقات آینده می‌تواند بررسی شود. برای این منظور، نیاز به داده‌های تکمیلی مانند اطلاعات هویتی رانندگان یا مسافران است. از دیگر محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به خطای ثبت موقعیت مختصاتی تصادفات، توصیفی بودن آدرس تصادفات رخ داده، عدم ثبت مختصات جغرافیایی صحیح توسط اپراتور و ناقص بودن فیلدهای اطلاعاتی برخی از تصادفات رخ داده اشاره کرد. پیشنهاد می‌گردد درباره نقاط حادثه‌خیز شهر تبریز و مکان‌گزینی دوربین‌های کنترل نامحسوس در این مکان‌ها

- traffic accidents in Tabriz City during the COVID-19 pandemic. *Sustainability*. 2022;14(12):7468.
5. Peden MM. World report on road traffic injury prevention. World Health Organization; 2004 Mar 23. 244p.
6. Wang C, Quddus M, Ison S. A spatio-temporal analysis of the impact of congestion on traffic safety on major roads in the UK. *Transportmetrica A: Transport Science*. 2013;9(2):124-48.
7. Wang C, Quddus MA, Ison SG. Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25

¹ Nearest Neighbor Analysis: NNA

- motorway in England. *Accident Analysis & Prevention*. 2009;41(4):798-808.
8. Karasahin M, Terzi S. Determination of hazardous locations on highways through GIS: A case study-rural road of Isparta-Antalya. In *International Symposium on GIS*. 2002; Sep 23 (pp. 23-26).
9. Kalantari M, Zanganeh Shahraki S, Yaghmaei B, Ghezelbash S, Ladaga G, Salvati L. Unraveling urban form and collision risk: the spatial distribution of traffic accidents in Zanjan, Iran. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(9):4498.
10. Shafabakhsh GA, Famili A, Bahadori MS. GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*. 2017;4(3):290-9.
11. Cantillo V, Garcés P, Márquez L. Factors influencing the occurrence of traffic accidents in urban roads: A combined GIS-Empirical Bayesian approach. *Dyna*. 2016;83(195):21-8.
12. Haji Hosseinloo M, Ebrahimi Sarest Y. The Application of GIS in Identifying Hazardous Accident Points of Urban Road Networks (Case Study of District 2, Tehran). *Environmental Science and Technology*. 2009; 11(1): 275-285. [Persian].
13. Ahmani, M. Zoning of Road Accidents to Identify Hazardous Points Using GIS (Case Study of the Hamadan-Malayer Route). *Environmental Planning*. 2016; 34(9): 155-175. [Persian].
14. Özcan M, Küçükönder M. Investigation of spatiotemporal changes in the incidence of traffic accidents in Kahramanmaraş, Turkey, using GIS-based density analysis. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2020;48(7):1045-56.
15. Pirdavani A, Bellemans T, Brijs T, Wets G. Application of geographically weighted regression technique in spatial analysis of fatal and injury crashes. *Journal of Transportation Engineering*. 2014;140(8):04014032.
16. Abuhasel KA. A GIS Approach for Analysis of Traffic Accident Hotspots in Abha and Bisha Cities, Saudi Arabia. *Sustainability*. 2023;15(19):14112.
17. Hoshyar H, Sharifi B. Spatial analysis of intra-city accidents (Case study: Uromia city). *Geographical Engineering of Territory*. 2017;1(1):90-101.
18. Hasani J, Erfanpoor S, Rajabi A, Barzegar A, Khodadoost M, Afkar M, et al. Spatial analysis of mortality rate of pedestrian accidents in Iran during 2012–2013. *Traffic injury prevention*. 2019;20(6):636-40.
19. Yazdani M, Faizollahzadeh Ardabili S. Spatial analysis and prediction of traffic accidents at the level of urban road networks (Case study: Ardabil city). *Quarterly of Geographical Data*. 2017; 103 (26): 83-97.
20. Hosseinpour M, Yahaya AS, Ahadi MR, Asoode R, Momeni H. Determining contributory factors affecting rear-end crashes using Hurdle Count Models. *Transportation Research Board 95th Annual Meeting*. 2016. Washington DC, United States.
21. Saadat S, Rahmani K, Moradi A, Darabi F. Spatial analysis of driving accidents leading to deaths related to motorcyclists in Tehran. *Chinese journal of traumatology*. 2019; Jun 1; 22(3):148-54.
22. Aghajani MA, Dezfoulan RS, Arjroody AR, Rezaei M. Applying GIS to identify the spatial and temporal patterns of road accidents using spatial statistics (case study: Ilam Province, Iran). *Transportation research procedia*. 2017; 25: 2126-38.
23. Sababhi S, Aldala'in S, Al Taani A, Al Rawashdeh S, Al Barari T, Aladwan Z, et al. Safety on Jordan's highways: A GIS-Based approach to identifying road accident hotspots. *GeoJournal*. 2024;89(3):105.
24. Le KG, Liu P, Lin L-T. Determining the road traffic accident hotspots using GIS-based temporal-spatial statistical analytic techniques in Hanoi, Vietnam. *Geo-spatial Information Science*. 2020;23(2):153-64.

Original Article

Determining the Spatial and Temporal Distribution of Traffic Accidents Using GIS-Based Data in Tabriz

Iman Dianat¹, Mohammad Sadegh Masoumi², Homayoun Sadeghi Bazargani³, Gholam Hossein Safari⁴, Sepideh Harzand-Jadidi⁵

1- Professor of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

2- M.sc of Health, Safety and Environment Management, Department of Occupational Health, School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

3- Road Traffic Injury Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

4- Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health, School of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

5- M.sc of Health and Traffic Safety, Road Traffic Injury Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

DOI: [10.18502/ijre.v20i4.18869](https://doi.org/10.18502/ijre.v20i4.18869)

Article Information

Received

29 October 2024

Accepted

15 February 2025

Corresponding author

Sepideh Harzand-Jadidi

Corresponding author E-mail

hrzndsepideh@gmail.com

Keywords:

Accident, Spatial analysis, Tabriz, Geographic Information Systems

Abstract

Background and Objectives: One of the most important steps in reducing traffic accidents is the accurate recording of the spatial information of these incidents using Geographic Information Systems (GIS). The present study was conducted with the aim of geographically analyzing high-risk areas for traffic accidents in Tabriz and determining the spatial distribution pattern of traffic incidents based on accident outcomes.

Methods: In this descriptive-analytical study, data on property damage, injury, and fatal traffic accidents in Tabriz during 2017 were collected from various sources, and accident locations were identified using geographic addresses and coordinates. To analyze the geographical distribution of high-risk accident zones, spatial analysis methods including Moran's Index, Kernel Density Estimation, Geographically Weighted Regression (GWR), and correlation analysis were employed.

Results: In this study, the cumulative pattern of accidents in Tabriz was confirmed, such that district 8, northeast of District 3, central and southern regions of District 1, and the entrance to District 5 of Tabriz city had dense accident distribution patterns. The religious, commercial, and service land-use layers had the highest correlation with accident density. High-traffic axes had fewer accidents; the highest was related to areas with low traffic volume. Autumn and winter have the most damage accidents, and the highest number of accidents leading to death was assigned to the spring season.

Conclusion: Given the concentration of traffic accidents in high-risk areas of Tabriz—particularly in District 8 and the eastern entrances—it is recommended that traffic infrastructure be improved, traffic regulations be strengthened, and monitoring be enhanced through intelligent systems to reduce accidents. Additionally, conducting public awareness campaigns can also be effective in decreasing traffic incidents.