J. RS. GEOINF. RES. 2(1): 79-96, Winter & Spring 2024

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

SRTTU

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Investigation of Spatio-Temporal Patterns of suburban Traffic Accidents in Isfahan Province in GIS Environment

M. Rahmati[1], H. AghaMohammadi Zanjirabad[*, 1], S. Behzadi[2], AA. AleSheikh[3]

[1] Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University -Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2] Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
[3] Department of Geospatial Information Systems, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Received: 17 January 2024
Reviewed: 02 April 2024
Revised: 04 May 2024
Accepted: 06 June 2024

KEYWORDS:
Traffic Accidents
Spatio-Temporal Patterns
Spatial Statistics
Spatial Autocorrelation
Getis-Ord Gi*

* Corresponding author
aghamohammadi@srbiau.ac.ir
(+9821) 44867171

ABSTRACT

Background and Objectives: Traffic accidents are a major public health concern worldwide, causing significant loss of life and property damage. To reduce the number of traffic accidents, it is crucial to identify where and when recurrent accidents occur. These accidents often follow specific spatial and temporal patterns and may form clusters, representing areas of concentrated accidents within a geographical space. Therefore, analyzing traffic accidents in both spatial and temporal dimensions is essential for determining the most effective and sustainable solutions. Isfahan province is among the provinces in the country with high accident rates in Suburban areas. Previous research conducted in Isfahan province has predominantly relied on statistical methods and has not adequately addressed the spatial and temporal aspects of accidents.

This study aims to address the gaps in previous research by determining the spatial and temporal patterns of urban traffic accidents in Isfahan province and visualizing these patterns using spatial statistical methods in a GIS environment. The novel aspect of this research lies in utilizing spatial statistical techniques to identify and analyze the spatiotemporal patterns of urban accidents in Isfahan province at different time intervals and intensity levels.

Methods: The spatial and temporal patterns of traffic accidents in Isfahan Province were investigated using suburban traffic accident data from March 2017 to March 2019. After collecting the relevant data, performing necessary preprocessing, and preparing the data, the spatial and temporal patterns of traffic accidents occurring on the main roads, highways, and freeways of the study area were analyzed and identified using spatial statistical methods such as the Average Nearest Neighbor test, Spatial Autocorrelation (Global Moran's I), and Optimized Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi* technique) at different levels in a GIS environment.

Findings: Since the aim of this study is to identify the spatial-temporal patterns of suburban traffic accidents in Isfahan Province, the spatial distribution pattern of accident events was first examined using the Average Nearest Neighbor and Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) methods. The results indicated the presence of a strong clustering pattern in the traffic accident data during the study years in Isfahan Province. Then, an optimized Hot Spot Analysis was performed on the entire dataset of accidents using the Getis-Ord Gi* method. Subsequently, the analysis was conducted on the dataset of each level separately, considering different levels such as time of day, day of week, month, year, and accident severity level. The results of the Getis-Ord Gi* analysis at different levels showed that the majority of hot spots with a 99% confidence level are located on the routes leading to the provincial center, namely Isfahan City, as well as the neighboring populous cities. These areas experience the highest volume of traffic and congestion, and the accident density decreases significantly with increasing distance from the provincial center.

Conclusion: Based on the results of the Spatial Autocorrelation analysis of accidents and the hot spot maps at the studied levels, the results showed that accidents are clustered in some areas of Isfahan Province. Proximity to the provincial center and major populated cities has a significant impact on the concentration of traffic accidents in this region. The frequency of

accidents decreases with distance from major urban centers. The results of this study and the insights gained about the spatial and temporal patterns of traffic accidents can be used to develop new strategies, guide transportation managers and stakeholders, make decisions, and take suitable proceedings to effectively improve the safety of accident-prone areas.

NUMBER OF REFERENCES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF TABLES
45	10	1

مقاله پژوهشی

بررسی الگوهای مکانی-زمانی تصادفات ترافیکی برون شهری استان اصفهان در محیط GIS

مهدیس رحمتی[۱]، حسین آقا محمدی زنجیراباد*[۱]، سعید بهزادی[۲]، علی اصغر آل شیخ[۳]

[۱] گروه سنجش از دور و GIS ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران
[۳] گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: تصادفات یکی از حوادث تهدید کننده زندگی در جهان است که موجب خسارات جانی و مالی می‌شود. برای کاهش تعداد تصادفات رانندگی می‌بایست تعیین نمود که تصادفات مکرر کجا و در چه زمانی رخ می‌دهند. اغلب تصادفات با الگوهای مکانی و زمانی خاصی اتفاق می‌افتند و ممکن است خوشه‌هایی را تشکیل دهند که همان محل تمرکز تصادفات در فضای جغرافیایی می‌باشد. بنابراین، بررسی تصادفات رانندگی در ابعاد مکانی و یا زمانی ضروری است تا بهترین و پایدارترین راه‌حل‌ها برای این مسائل در نظر گرفته شود. استان اصفهان از جمله استان‌های کشور با نرخ بالای تصادفات در حوزه برون شهری است. تحقیقات پیشین صورت گرفته در سطح استان اصفهان بیشتر بر پایه روش‌های آماری بوده و به جنبه‌های مکانی و زمانی تصادفات توجهی نشده است.
هدف از انجام این تحقیق پر کردن خلا موجود در تحقیقات گذشته در راستای تعیین الگوهای مکانی و زمانی تصادفات ترافیکی برون شهری استان اصفهان و به‌تصویر کشیدن آن با استفاده از روش‌های آمار مکانی در محیط GIS است. نوآوری این تحقیق در استفاده از روش‌های آمار مکانی برای شناسایی و تحلیل الگوهای مکانی-زمانی تصادفات برون شهری استان اصفهان در سطوح مختلف زمانی و شدت می‌باشد.

روش‌ها: در این مطالعه الگوی مکانی- زمانی تصادفات ترافیکی در استان اصفهان در سال‌های ۱۳۹۶و ۱۳۹۷ با استفاده از داده‌های تصادفات ترافیکی برون شهری بررسی شده است. پس از جمع‌آوری داده‌های مربوطه و انجام پیش‌پردازش‌های لازم و آماده‌سازی داده‌ها، الگوی مکانی و زمانی تصادفات ترافیکی رخ داده در شبکه راه‌های اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های آمار مکانی مانند آزمون میانگین نزدیک‌ترین همسایه، خودهمبستگی مکانی موران I جهانی و تحلیل نقاط داغ بهینه شده (تکنیک گتیس- ارد *Gi) در سطوح مختلف در محیط GIS بررسی و شناسایی شدند.

یافته‌ها: باتوجه به این‌که هدف از این تحقیق تعیین الگوهای مکانی-زمانی تصادفات ترافیکی برون شهری استان اصفهان است ابتدا الگوی نحوه پراکنش فضایی رویدادهای تصادف با روش‌های میانگین نزدیک‌ترین همسایه و خودهمبستگی مکانی موران I جهانی بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده وجود الگوی خوشه‌ای قوی در داده‌های تصادفات ترافیکی در سال‌های مورد مطالعه در استان اصفهان بود. سپس با استفاده از روش گتیس-ارد جی استار یک تحلیل نقاط داغ بهینه شده به صورت کلی بر روی کل مجموعه داده تصادفات انجام شد و پس از آن باتوجه به تقسیم مجموعه داده به سطوح مختلف از جمله بازه زمانی شبانه‌روز، روز هفته، ماه، سال و سطح شدت تصادف این تحلیل بر روی مجموعه داده هر سطح به صورت جداگانه صورت گرفت. نتایج حاصل از اجرای تحلیل گتیس ارد جی استار بر روی سطوح مختلف حاکی از آن بود که بخش اعظمی از تمرکز نقاط داغ با سطح اطمینان ۹۹درصد در مسیرهای منتهی به مرکز استان یعنی شهر اصفهان و همچنین شهرهای پرجمعیت همجوار آن واقع است که

تاریخ دریافت: ۲۷ اسفند ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۱۴ فروردین۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۷ خرداد ۱۴۰۳

واژگان کلیدی:
تصادفات ترافیکی
الگوهای مکانی- زمانی
آمار مکانی
خودهمبستگی مکانی
گتیس ارد جی استار

* نویسنده مسئول
aghamohammadi@srbiau.ac.ir
۰۲۱-۴۴۸۶۷۱۷۱

بیشترین حجم تردد و ترافیک در آن وجود دارد و با فاصله از مرکز استان تراکم تصادفات به طرز چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج تحلیل خودهمبستگی مکانی تصادفات و نقشه‌های نقاط داغ در سطوح مورد بررسی نتایج حاکی از آن بود که تصادفات در برخی از مناطق استان اصفهان به‌صورت خوشه‌ای تجمع یافته‌اند. هم‌جواری با مرکز استان و شهرهای پرجمعیت و اصلی بر تمرکز تصادفات ترافیکی در این منطقه تاثیر بسیاری دارد و با فاصله از مراکز شهری پرجمعیت فراوانی تصادفات کاهش می‌یابد. از نتایج این مطالعه و درکی که از الگوهای مکانی و زمانی تصادفات ترافیکی به‌دست آمده است، می‌توان برای توسعه استراتژی‌های جدید، راهنمایی مدیران و دست اندرکاران حوزه حمل و نقل و ترافیک، اخذ تصمیمات و انجام اقدامات مناسب برای بهبود وضعیت ایمنی نقاط حادثه‌خیز استفاده نمود.

مقدّمه

تصادفات یکی از حوادث تهدید کننده زندگی در جهان است که موجب خسارات جانی و مالی می‌شود[۱]. تقریباً ۱.۱۹ میلیون نفر هر سال به‌دلیل تصادفات رانندگی جان خود را از دست می‌دهند. صدمات ناشی از تصادفات رانندگی عامل اصلی مرگ برای کودکان و جوانان ۵ تا ۲۹ ساله هستند[۲]. گزارش شده است که بیشترین تصادفات ترافیکی در کشورهای با درآمد کم و متوسط رخ می‌دهد و بیش از ۹۰ درصد مرگ و میرهای ناشی از تصادفات ترافیکی را در بر دارد[۳و۴]. ایران نیز از نظر سوانح ترافیکی به‌عنوان یکی از کشورهای دارای بیشترین موارد تصادف و مرگ و میر معرفی شده است[۵]. تصادفات ترافیکی جاده‌ای (RTA) در ایران به‌دلایل مختلفی از جمله جمعیت جوان کشور (بیشتر قرار گرفتن در معرض RTAها)، قیمت پایین بنزین، کاهش نسبت استفاده از حمل و نقل عمومی نسبت به وسایل نقلیه شخصی و طراحی-های ایمنی غیر استاندارد، یک مسئله سلامت عمومی جدی محسوب می‌شود[۶]. تصادفات ترافیکی جاده‌ای و آسیب‌های مرتبط با آن نقش قابل توجهی در بار امراض و بیماری‌ها در ایران دارد. همچنین تأثیر بسزایی بر رفاه اجتماعی و اقتصادی مردم می‌گذارد. برای مثال تصادفات ترافیکی جاده‌ای سومین عامل مرگ و میر در ایران محسوب می‌شود[۷]. استان اصفهان نیز جزو ۵ استان نخست کشور با نرخ بالای تصادفات منجر به جرح و فوت در جاده‌ها می‌باشد. این استان در کریدور شمال به جنوب و شرق به غربی کشور قرار دارد و دلایلی از جمله وجود صنایع مادر و ویژگی‌های گردشگری موجب حجم بالای سفر و تردد وسایل نقلیه در این استان شده است. همچنین استان اصفهان دارای ۱۱ هزار و ۵۰۰ کیلومتر راه است و رتبه اول حمل بار و رتبه سوم حمل مسافر در کشور را به خود اختصاص داده است[۸]. علاوه بر این با توجه به اهمیت و مزایای غیر قابل انکار حمل و نقل راه‌های برون شهری در جوامع، سازمان‌دهی و تحلیل اطلاعات مرتبط با تصادف از جمله نوع تصادف، محل تصادف و دیگر حالت‌های حمل و نقلی درگیر در تصادفات برای تحلیل‌های ایمنی حمل و نقل بسیار حائز اهمیت است[۹]. از این‌رو شناسایی مکان‌های پر حادثه در استان اصفهان که احتمال وقوع تصادفات در آن بیشتر است، در مقابله با روند نگران‌کننده حوادث ترافیکی جاده‌ای بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد.

مسئله تصادفات ترافیکی از دیدگاه‌های مختلف آماری توسط محققان مختلف داخلی و خارجی بررسی شده است. در بیشتر تحلیل‌های قبلی صورت گرفته در حیطه تصادفات ترافیکی، از روش‌های آماری ریاضی استفاده شده است[۱۰و۱۱]. این روش‌ها اغلب از فراوانی تصادفات برای شناسایی محل نقاط داغ تصادف (نقاط حادثه‌خیز) استفاده می‌نمایند[۱۲]. با این‌که عملکرد و بیان آن‌ها نسبتا ساده است، اما محدودیت‌های زیادی همچون عدم امکان بصری‌سازی و ناتوانی در برقراری ارتباط بین زمان و مکان در این روش‌ها وجود دارد [۱۳و۱۴]. در حال حاضر، عمدتاً دو روش برای مطالعه ویژگی‌های توزیع مکانی تصادفات جاده‌ای وجود دارد: یکی تعیین مناطق پرتصادف ترافیکی توسط تحلیل‌های آماری و دیگری نمایش بصری تصادفات ترافیکی با استفاده از فناوری GIS و سپس تحلیل مکانی ویژگی‌های توزیع با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی است. در مقایسه با اولی مزایای استفاده از GIS برای تحلیل این است که ویژگی‌های بصری GIS توانسته است درک بصری و شهودی بیشتری از توزیع حوادث ترافیکی فراهم کند و این امر سریعا موجب ارائه یک درک کلی از وضعیت ایمنی ترافیک در آن منطقه می‌شود. همچنین انواع ابزارهای تحلیل مکانی توسط سیستم فعلی فناوری GIS توسعه داده شده است و از آن‌ها می‌توان برای کاوش ویژگی‌های توزیع مکانی حوادث ترافیکی و رابطه مکانی بین تصادفات ترافیکی مختلف از زوایای گوناگون استفاده کرد که به‌سختی می‌توان از طریق تحلیل‌های آماری ساده به آن دست یافت [۱۵]. در واقع در سال‌های اخیر تحولات انکار ناپذیری توسط سیستم اطلاعات مکانی در زمینه سازمان‌دهی و مدیریت داده‌های مکانی ایجاد و علاوه بر اطلاعات دقیق مکانی، امکاناتی همچون تحلیل‌های مکانی، شبیه‌سازی و مدل‌سازی در اختیار برنامه‌ریزان و مدیران حمل و نقل قرار داده شده است. از آنجایی‌که تصادف یک پدیده مکانمند است تحلیل تصادفات در جاده‌های برون شهری با استفاده از GIS کمک بزرگی به شناسایی مناطق حادثه‌خیز کرده است[۹]. یک فرض اساسی استفاده از GIS در رابطه با حوادث ترافیکی این است که تصادفات رویدادهای گسسته‌ای هستند که به‌صورت مکانی و زمانی رخ می‌دهند و هر پدیده دارای دو بعد مکان و زمان است[۱۶]. از سوی دیگر، شدت تصادفات جاده‌ای به‌صورت شانسی و اتفاقی رخ نمی‌دهد بلکه دارای الگوهای قابل پیش‌بینی و پیش‌گیری می‌باشد. در واقع تصادفات رویدادهایی قابل بررسی، تحلیل

و جلوگیری هستند[۱]. به‌عبارت دیگر رویدادهای تصادف در دامنه مکان و زمان کمتر به‌صورت تصادفی رخ می‌دهند بلکه ممکن است خوشه‌هایی توسط آن‌ها تشکیل شود که همان محل‌هایی است که تمرکز تصادفات در فضای جغرافیایی اتفاق می‌افتد[۱۷]. برای کاهش تعداد تصادفات رانندگی، ضروری است تعیین کنیم که تصادفات مکرر کجا و در چه زمانی رخ می‌دهند. برخی از مطالعات مرتبط قبلی حاکی از آن است که حوادث با الگوهای مکانی و زمانی خاصی اتفاق می‌افتند[۱۸]. بنابراین بررسی تصادفات ترافیکی که به‌عنوان رویدادهای مکانی-زمانی شناخته می‌شوند در ابعاد مکانی و یا زمانی ضروری است تا بهترین و پایدارترین راه‌حل‌ها برای این مسائل تعیین شود[۱۹و۲۰].

روش‌های مرسوم تشخیص نقاط کانونی به‌اندازه کافی برای شکل قابل توجهی از الگوهای نقطه‌ای تصادف قوی نیست. زیرا در این روش‌ها اثرات مکانی در داده‌های تصادف مانند خودهمبستگی مکانی نادیده گرفته می‌شود. هنگام کار با داده‌های جغرافیایی همچون تصادفات جاده‌ای برون شهری باید اثرات مکانی بین همسایگان در مکان در نظر گرفته شود[۹]. شناسایی مکان‌های پر خطر از نظر روش‌شناسی، اصولاً از رویکردهای پیوند-ویژگی(link-attribute) و رویداد مبنا (event-based) پیروی می‌کند[۲۱]. رویکرد پیوند-ویژگی برای شناسایی محل‌های خطرناک جاده‌ای (HRL) ابتدا با تقسیم کل شبکه جاده به واحدهای فضایی پایه آغاز می‌شود. ولی در رویکرد رویداد مبنا، تصادفات به‌عنوان نقاط ارائه می‌شوند. این رویکرد می‌تواند به‌عنوان روش مبتنی بر فاصله که فواصل بین رویدادها را بررسی می‌کند و مبتنی بر تراکم که شدت کلی نقاط را بررسی می‌کند، دوباره دسته‌بندی شود. به‌طور خلاصه، بسته به هدف مطالعه و ماهیت داده‌ها، روش‌های KDE مسطح، NetKDE و شاخص‌های محلی همبستگی فضایی (LISA؛ موران I محلی و گتیس ارد جی استار) برای شناسایی نقاط داغ قابل استفاده هستند[۲۲]. در این راستا، محققان مختلفی ازجمله [۲۰،۴و۲۵-۲۳] از نگاشت مکانی و زمانی حوادث ترافیکی استفاده نموده و مدل‌های خود را برای اقدامات ایمنی جاده‌ای ایجاد کرده‌اند. در این خصوص، چندین رویکرد برای تعیین توزیع‌های زمانی و همچنین توزیع فضایی حوادث ترافیکی در طول جاده‌ها توسط پژوهشگران مختلف استفاده شده است که روش‌های نگاشت مبتنی بر آمار مانند تخمین تراکم کرنل (KDE)،K-means، موران I و گتیس ارد از محبوب‌ترین روش‌های استفاده شده در این حوزه هستند. زیرا نشان می‌دهند که حوادث داغ ترافیکی از نظر آماری چقدر معنی‌دار می‌باشند[۲۶و۲۷]. علاوه بر این موارد در مطالعه‌ای [۲۸] کارایی استفاده از تحلیل‌های مکانی و روش‌های الگویی نقطه‌ای برای شناسایی مکان‌های دارای تمرکز تصادفات بررسی شد. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که در راه‌های با الگوی ترافیکی پراکنده، مکان‌های تمرکز تصادفات توسط پارامتر نزدیکی به مناطق شهری به‌طور چشمگیری تحت تاثیر قرار گرفته است. همچنین در پژوهش دیگری محققان به بررسی الگوهای مکانی و زمانی تصادفات جاده‌ای با هر دو دیدگاه فراوانی تصادف و شدت آن در سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ در هاربین چین پرداختند. نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن تراکم شبکه جاده‌ای، تصادفات عمدتاً در مراکز شهری توزیع می‌شوند. درحالی‌که وقتی تراکم شبکه راه در نظر گرفته نشود تصادفات پراکنده‌ترند. همچنین انجام یک تحلیل خوشه‌ای با در نظر گرفتن شدت تصادف نشان داد که خوشه‌های تصادف با شدت کم بیش‌تر در مراکز شهری رخ می‌دهد و خوشه‌های تصادف با شدت بالا بیشتر در مناطق برون شهری وجود دارد[۱۸]. در تحقیقات انجام شده توسط [۳۳-۲۹] نیز عنوان شده که تراکم جمعیت، به نوعی با فراوانی تصادفات مرتبط هستند.

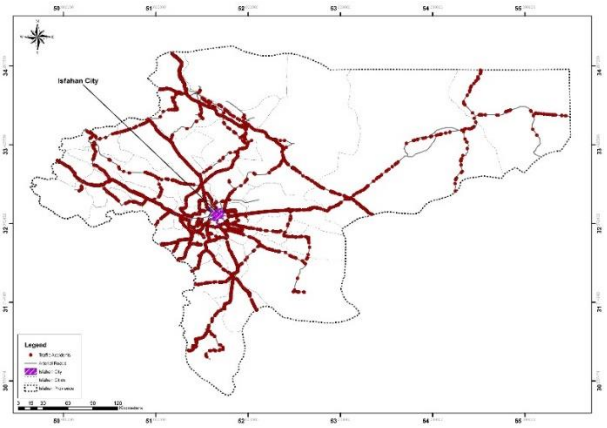
با وجود این پیشرفت‌ها، همچنان در خصوص تحلیل تصادفات ترافیکی به‌خصوص در استان اصفهان شکاف‌های تحقیقاتی وجود دارد چراکه در اغلب مطالعات صورت گرفته در استان اصفهان تصادفات توسط روش‌های آماری تحلیل شده و در برخی نیز عوامل موثر بر تصادفات مورد بررسی قرار گرفته شده است. به عنوان مثال مطالعه‌ای [۳۴] در خصوص روند میزان بروز سالیانه آسیب‌ها و مرگ و میرهای ناشی از سوانح ترافیکی در مناطق شهری و برون شهری استان اصفهان طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۹ انجام شد و نتایج حاکی از آن بود که طی سال‌های مورد بررسی روند رخداد سوانح ترافیکی، مرگ و میرها و آسیب‌ها صعودی می‌باشد و مناطق درون شهری نسبت بیشتری از تصادفات و آسیب‌ها و مناطق برون شهری نسبت بیشتری از مرگ و میرها را در برمی‌گیرند. همچنین در تحقیقی دیگر [۳۵] به بررسی مرگ و میر و آسیب‌های ناشی از تصادفات ترافیکی در شهر اصفهان با استفاده از ۱۵۰۹۴۰ تصادف در یک دوره سه ساله پرداخته شد. در مطالعه دیگری عوامل تأثیرگذار بر شدت تصادف در شهر اصفهان بر روی ۴۸۶ مورد فوت ناشی از تصادفات ترافیکی در معابر شهر اصفهان در دوره زمانی فروردین ماه ۸۹ تا فرودین ماه ۹۱ با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک بررسی شده است[۳۶]. عوامل مؤثر بر اندازه تصادفات عابر پیاده با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری و ۳۷۱۸ داده تصادف عابر پیاده در استان اصفهان توسط [۳۷] مطالعه شده است. همچنین تحقیقاتی در خصوص تعیین عوامل اجتماعی مرگ و میر ناشی از تصادفات ترافیکی [۳۸] و بررسی و شناسایی ویژگی‌های اپیدمیولوژیک حوادث ترافیکی مرگبار [۳۹] نیز در شهر اصفهان صورت گرفته است. در واقع در تحقیقات گذشته که بیشتر بر پایه روش‌های آماری بوده، جنبه‌های مکانی و زمانی تصادفات نادیده گرفته شده و از روش‌های آمار مکانی در تحلیل تصادفات و شناسایی مکان‌های حادثه‌خیز در سطح استان اصفهان استفاده نشده است. این مسئله موجب محدودیت‌هایی در بصری‌سازی داده‌های حوادث و ناتوانی در مرتبط نمودن زمان و مکان می‌شود. لذا کمبود انجام مطالعات جامعی در خصوص تصادفات ترافیکی در سطح کلی استان اصفهان، وجود خلاء تحقیقاتی در تاکید بر جنبه مکانی- زمانی تصادفات و از طرفی اهمیت GIS و استفاده از روش‌های تحلیل مکانی و خوشه‌بندی در تشخیص نقاط حادثه خیز و شناسایی الگوهای تصادفات موجب شد که در این تحقیق با استفاده از نوآوری

نسبت به تحقیقات قبلی به بررسی توزیع مکانی-زمانی الگوهای تصادفات برون شهری این استان با استفاده از روش‌های خودهمبستگی مکانی پرداخته شود. چراکه این روش‌ها دارای ویژگی‌های مناسبی برای تشخیص الگوها و شناسایی نقاط داغ حوادث ترافیکی به‌صورت سریع و همچنین بصری می‌باشند. از سوی دیگر، به‌منظور تحلیل جامع‌تر تصادفات ترافیکی، در این تحقیق، تحلیل مکانی و زمانی تصادفات در سطوح مختلف زمانی (شبانه‌روز، روز هفته، ماه و سال) و همچنین شدت تصادف (فوتی و جرحی) انجام شده است. در این راستا، توزیع مکانی-زمانی حوادث ترافیکی استان اصفهان بررسی و خوشه‌های مهم از لحاظ آماری شناسایی شده‌اند. از نتایج این مطالعه و درکی که از الگوهای مکانی و زمانی تصادفات ترافیکی به‌دست می‌آید، می‌توان برای توسعه استراتژی‌های جدید، راهنمایی مدیران و دست‌اندرکاران حوزه حمل و نقل و ترافیک، اخذ تصمیمات و انجام اقدامات مناسب برای بهبود وضعیت ایمنی نقاط حادثه‌خیز استفاده کرد.

روش تحقیق

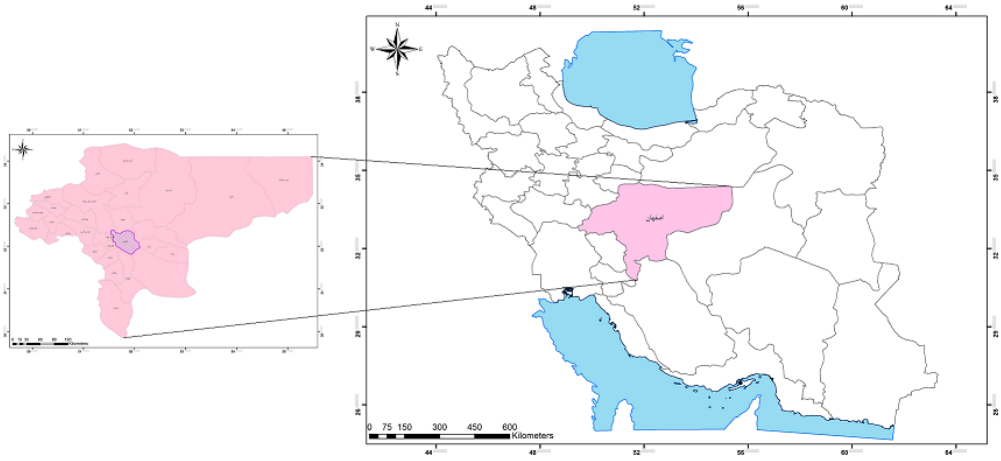
منطقه مورد مطالعه: استان اصفهان از استان‌های مرکزی ایران محسوب می‌شود و شهر اصفهان مرکز آن است. این استان ششمین استان پهناور و سومین استان پرجمعیت ایران شناخته می‌شود و همچنین رتبه اول شهرنشینی در کشور را به خود اختصاص داده است. این استان با مساحتی حدود ۱۰۶،۷۸۶ کیلومترمربع بین ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی واقع شده‌است. طبق آخرین تقسیمات کشوری، این استان از ۲۸ شهرستان، ۵۱ بخش، ۱۰۶ شهر و۱۳۱ دهستان تشکیل شده است. در جوار استان اصفهان بیشترین استان‌های همسایه دیده می‌شود. که از شرق به استان‌های یزد و خراسان جنوبی، از شمال به استان‌های سمنان، قم و مرکزی، از غرب به استان‌های لرستان و چهارمحال و بختیاری، از جنوب به استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و فارس محدود است. در شکل شماره ۱ موقعیت جغرافیایی این استان نمایش داده شده است.

جمع‌آوری داده ها: در این پژوهش از داده‌های تصادفات ترافیکی رخ داده در شبکه راه‌های اصلی برون شهری استان اصفهان در سال‌های ۹۶ و ۹۷ استفاده شده است. این داده‌ها دارای مختصات مکانی موقعیت هر تصادف به همراه اطلاعات توصیفی مربوطه اعم از تاریخ تصادف، روز تصادف، ساعت تصادف و غیره می‌باشند و به‌دلیل داشتن مختصات مکانی قابلیت تحلیل به‌صورت مکانی و زمانی و همچنین نمایش بر روی نقشه را دارند. نوع تصادفات بر اساس شدت در این مجموعه داده به سه دسته خسارتی، جرحی و فوتی تقسیم شده‌اند که در این مطالعه داده‌های تصادفات شدید یعنی تصادفات منجر به جراحت و فوت که در راه‌های اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها رخ داده‌اند برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. چراکه این نوع تصادفات نسبت به انواع دیگر تصادفات موجب تبعات شدیدتر جانی و مالی می‌شوند. لذا دارای اهمیت بیشتری در تحلیل‌های مکانی-زمانی هستند. حجم داده مورد استفاده در این تحقیق ۷۷۰۳ مورد تصادف به‌صورت نقطه‌ای و شامل ۷۵۳ مورد تصادف از نوع فوتی و فوتی-جرحی و ۶۹۵۰ مورد تصادف جرحی در شبکه راه‌های اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌های استان است. شکل شماره ۲ نحوه توزیع مکانی تصادفات را بر روی نقشه نشان می‌دهد.



شکل ۲: توزیع مکانی تصادفات ترافیکی در محدوده مورد مطالعه. دایره قرمز رنگ نمایانگر رویدادهای تصادف می‌باشد.

Fig. 2: Spatial distribution of traffic accidents within the study area. The red circle indicates the accident events.



شکل ۱: موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه. ناحیه بنفش رنگ مرکز استان اصفهان را نشان می‌دهد.

Fig. 1: The geographical location of the study area. The purple area indicates the center of Isfahan Province

پیش پردازش داده‌ها: ابتدا به‌منظور استفاده از داده‌های مورد استفاده در این تحقیق که از منابع مختلف اخذ و جمع‌آوری شده‌اند، مراحل مختلفی از جمله پاک‌سازی و حذف داده‌های پرت و ناقص، حذف نقاط تصادف خارج از محدوده مورد مطالعه، حذف نقاط کاملا تکراری، تبدیل سیستم مختصات، یکپارچه‌سازی و تجمیع تصادفات و ذخیره در یک پایگاه داده مکانی واحد صورت گرفته است. برای افزایش کیفیت داده‌های مورد استفاده نیز می‌توان به مراحل متعددی مانند یکسان‌سازی دامنه‌ها در فیلدهای جدول اطلاعات توصیفی، تطابق روزهای ثبت شده در فیلد روز تصادف با تقویم رسمی هر سال برای افزایش دقت و صحت داده‌های مورد استفاده، حذف نقاط با موقعیت نادرست، تعیین بازه‌های زمانی بر اساس ساعت وقوع تصادف، تعیین ماه‌ها و غیره اشاره نمود.

روش‌های تحلیل مکانی مورد استفاده در این تحقیق: به‌منظور تحلیل رویدادهای تصادف که دارای مختصات مکانی می‌باشند و همچنین سنجش همبستگی مکانی میان تصادفات می‌توان از آماره‌های خاصی استفاده کرد که برای بررسی و شناسایی الگوهای مکانی توزیع پدیده‌ها (تصادفات ترافیکی در این مطالعه) کاربرد دارند. از جمله این آمارها می‌توان به میانگین نزدیک‌ترین همسایه و موران I جهانی و همچنین برای تحلیل نقاط داغ به روش گتیس-ارد جی استار اشاره نمود که در این پژوهش به‌کار گرفته شده است.

میانگین نزدیک‌ترین همسایه (Average Nearest Neighbor): آزمون شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه یکی از شاخص‌های آماری مورد استفاده برای تحلیل الگوهای مکانی تصادفات است[۴۰]. فاصله بین مرکز هر ویژگی و مرکز مکان همسایه آن توسط ابزار میانگین نزدیک‌ترین همسایه اندازه‌گیری می‌شود. سپس میانگین این فواصل همسایه نزدیک محاسبه می‌گردد. اگر میانگین فاصله کمتر از میانگین یک توزیع تصادفی فرضی باشد، توزیع ویژگی‌های تحلیل شده به عنوان الگوی خوشه‌ای و اگر میانگین فاصله بیشتر از یک توزیع تصادفی فرضی باشد، ویژگی‌ها به عنوان پراکنده در نظر گرفته می‌شوند[۴۱]. پنج مقدار شامل میانگین فاصله مشاهده شده، میانگین فاصله مورد انتظار، شاخص نزدیک‌ترین همسایه، Z-score و P-value توسط این تحلیل برگردانده می‌شود. نسبت میانگین نزدیک‌ترین همسایه از طریق رابطه شماره ۱ محاسبه می‌گردد.

$$ANN = \frac{\overline{D}_0}{\overline{D}_E} \qquad (۱)$$

$\overline{D}_0$ میانگین فاصله مشاهداتی بین هر پدیده و نزدیک‌ترین همسایه‌هایش و $\overline{D}_E$ میانگین فاصله بین پدیده و نزدیک‌ترین همسایه‌هایش درحالتی‌که توزیع مکانی پدیده‌ها به صورت تصادفی باشد. نحوه محاسبه $\overline{D}_0$ و $\overline{D}_E$ طبق رابطه ۲و ۳ به شرح ذیل است. که d نمایانگر فاصله بین پدیده مورد بررسی و نزدیک‌ترین همسایه اش و n تعداد کل پدیده‌ها می‌باشد.

$$\overline{D}_0 = \frac{\sum_{i-1}^{n} d_i}{n} \qquad (۲)$$

$$\overline{D}_E = \frac{0.5}{\sqrt{n / N}} \qquad (۳)$$

همچنین برای ارزیابی الگوی مکانی از آزمون امتیاز استاندارد Z_{ANN} که طبق فرمول شماره ۴ و ۵ محاسبه می‌شود استفاده می‌گردد که n تعداد کل پدیده‌ها و A مساحت منطقه مورد مطالعه است.

$$Z_{ANN} = \frac{\overline{D}_0 - \overline{D}_E}{SE} \qquad (۴)$$

$$SE = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}} \qquad (۵)$$

تحلیل خود همبستگی مکانی موران I جهانی: یکی دیگر از شاخص‌های آماری مورد استفاده برای تحلیل الگوهای مکانی تصادفات، آزمون خودهمبستگی مکانی موران I جهانی است که در این تحقیق برای تعیین نحوه توزیع مکانی تصادفات ترافیکی استفاده شده است.

در خصوص رده‌بندی الگوهای مکانی که به‌صورت خوشه‌ای، پراکنده یا تصادفی هستند می‌توان بر چگونگی نظم و ترتیب واحدهای ناحیه‌ای توجه داشت. در واقع مشابهت یا عدم مشابهت‌ها می‌تواند برای الگوهای فضایی خلاصه‌سازی شود. خودهمبستگی فضایی به‌معنای این است که ارزش صفات مورد بررسی با هم مرتبط است و این همبستگی می‌تواند به نظم جغرافیایی پدیده‌ها مربوط باشد[۴۲]. الگوی توزیع رویدادها توسط مقادیر موران I به‌تصویر کشیده می‌شود و با توجه به عوارض مشخص شده و صفت‌های مربوطه، الگوی خوشه‌ای، پراکنده و یا تصادفی تعیین خواهد شد. در واقع موران I نشان می‌دهد که مکان و مقادیر عوارض از نظر فضایی به‌صورت خوشه‌ای، پراکنده یا تصادفی توزیع شده است. موران I جهانی با استفاده از خودهمبستگی مکانی با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{i,j} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{(\sum_i \sum_j W_{i,j}) \sum_i (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})^2} \qquad (۶)$$

که در رابطه فوق N تعداد پدیده‌ها، X_i مقدار متغیر در یک موقعیت مشخص، X_j مقدار متغیر در یک موقعیت دیگر، $\bar{X}$ میانگین متغیر و W وزنی است که به اختلاف بین موقعیت i و موقعیت j اعمال می‌شود.

تحلیل خود همبستگی مکانی گتیس ارد جی استار: آماره گتیس ارد جی استار برای تحلیل نقاط کانونی(نقاط داغ) به‌کار می‌رود.
*Gi یکی از قوی‌ترین روش‌های زمین‌آماری برای نگاشت خوشه‌ها و شناسایی مکان‌هایی است که از نظر آماری نقاط گرم یا سرد قابل توجهی هستند. تحلیل نقطه داغ به‌ویژه برای تعیین اقدامات مورد نیاز برای مکان‌هایی که دارای یک یا چند الگوی خوشه‌بندی مانند تصادفات ترافیکی هستند، درک علل بالقوه آن خوشه‌بندی و بصری‌سازی مکان‌های خوشه‌بندی و گستره جغرافیایی آن‌ها امری مفید است.*Gi برای هر عارضه در یک مجموعه داده توسط این تحلیل محاسبه می‌شود و مشخص می‌گردد که کجا عوارض دارای Z -Score بالا یا پایین و P-value به‌صورت مکانی خوشه‌بندی شده‌اند. در این روش هر عارضه در چارچوب عوارض همسایه خود در نظر گرفته می‌شود و اگر دارای ارزش بالایی باشد و توسط عوارض دیگر با مقادیر بالا نیز احاطه شده باشد، به‌عنوان یک نقطه داغ آماری معنی‌دار شناسایی می‌گردد. در واقع زمانی یک Z -Score معنی‌دار آماری محاسبه می‌شود که مجموع محلی برای یک عارضه و همسایگان آن به نسبت از مجموع محلی مورد انتظار بسیار متفاوت باشد و زمانی‌که این تفاوت بیش از حد بزرگ باشد نمی‌تواند به‌دلیل یک شانس تصادفی باشد[۴۵-۴۳]. آمار *Gi یک Z- Score است. در Z- Score بزرگ‌تر (Z-Score مثبت) خوشه‌بندی مقادیر بالا شدیدتر است، درحالی‌که هرچه Z-Score کوچکتر (Z- Score منفی) باشد، خوشه‌بندی مقادیر پایین شدیدتر است. در این روش فرض صفر توزیع مکانی تصادفات ترافیکی ارزیابی می‌شود. در واقع در فرض صفر فرض می‌شود که توزیع تصادفات ترافیکی در محدوده مورد مطالعه تصادفی فضایی کامل(CSR) است و برای رد یا اثبات این فرض Z -score ها و P-value ها بررسی می‌گردد. آمار *Gi از طریق روابط ۸،۷و ۹ محاسبه می‌شود. Xj مقدار ویژگی (توصیف) برای عارضه j ، wi,j وزن بین عارضه‌های i و jو n برابر با تعداد کل عارضه‌هاست. آمار*Gi یک Z-Score است.

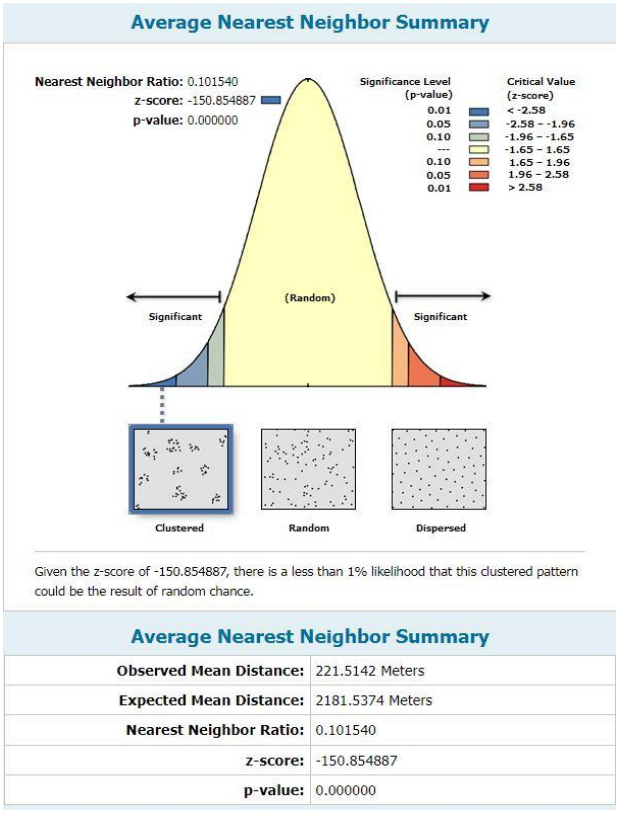
$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}x_j - \bar{X}\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}}{S\sqrt{\frac{n\sum_{j=1}^{n} w^{2}_{i,j} - (\sum_{j=1}^{n} w_{i,j})^2}{n-1}}} \qquad (۷)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j}{n} \qquad (۸)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} X_j^2}{n} - \bar{X}^2} \qquad (۹)$$

نتایج و بحث

نتایج تحلیل میانگین نزدیکترین همسایه: تحلیل میانگین نزدیکترین همسایه اجرا و نتایج آن در شکل شماره ۳ ارائه شده است. همانگونه که مشهود است میانگین فاصله مورد انتظار در داده‌های تصادف ۲۱۸۱ متر ولی میانگین فاصله مشاهداتی ۲۲۱ متر می‌باشد به‌طوری‌که ضریب نزدیک‌ترین همسایه که از نسبت میانگین فاصله مشاهداتی به میانگین فاصله مورد انتظار به‌دست می‌آید برابر با ۰.۱۰ شده است. همچنین مقدار Z- Score برابر با ۱۵۰/۸۵- و P–value برابر با صفر می‌باشد که حاکی از وجود یک الگوی خوشه‌ای قوی در میان داده‌ها است. باتوجه به مقادیر حاصل از این تحلیل، کمتر از یک درصد احتمال دارد که این الگوی خوشه‌ای نتیجه یک شانس تصادفی باشد.

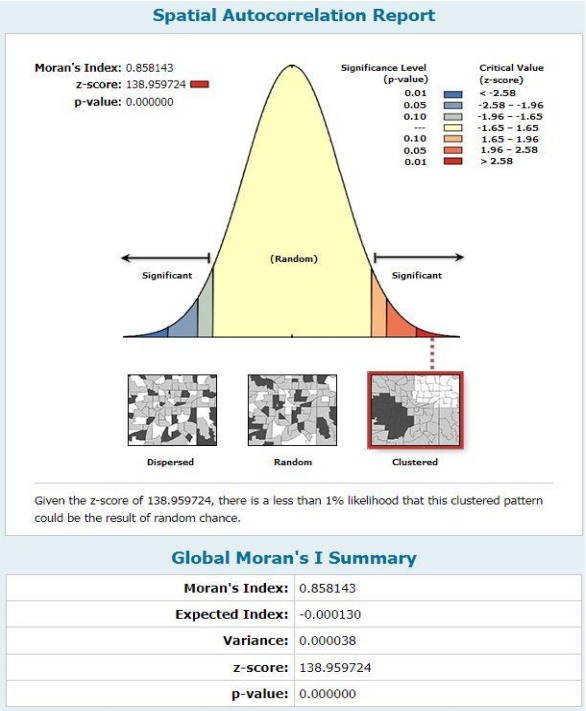


Average Nearest Neighbor Summary

Observed Mean Distance:	221.5142 Meters
Expected Mean Distance:	2181.5374 Meters
Nearest Neighbor Ratio:	0.101540
z-score:	-150.854887
p-value:	0.000000

شکل ۳: نتایج آماری آزمون میانگین نزدیک‌ترین همسایه
Fig. 3: Statistical results of the average nearest neighbor test

نتایج تحلیل خودهمبستگی مکانی موران I جهانی: در این تحقیق برای بررسی نحوه توزیع مکانی تصادفات از خودهمبستگی مکانی موران I جهانی استفاده شده است. نمودار خودهمبستگی مکانی، Z-score و P–value کل تصادفات سال‌های ۱۳۹۶و ۱۳۹۷ در استان اصفهان با استفاده از آمار موران I در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. مقادیر شاخص موران I، Z-score و P–value به‌ترتیب برابر با ۰/۸۵۸، ۱۳۸/۹۵۹و ۰ است. که این مقادیر نشان‌دهنده وضعیت آماری معنی‌داری در تصادفات ترافیکی می‌باشد. چراکه موران I مثبت، Z-score بالا و P-value صفر نمایانگر این است که تصادفات ترافیکی در محدوده مورد مطالعه حالت خوشه‌بندی شده دارند و کمتر از یک درصد احتمال دارد که این الگوی خوشه‌ای نتیجه یک شانس تصادفی باشد. لذا باتوجه به نتایج حاصل از خودهمبستگی مکانی موران I و میانگین نزدیک‌ترین همسایه مشخص شد که الگوی مکانی تصادفات ترافیکی در استان اصفهان طی سال‌های مورد بررسی به صورت خوشه‌ای قوی است.



شکل ۴: نتایج آماری آزمون خود همبستگی مکانی با نمودار اهمیت موران ا، Z-score و P–value

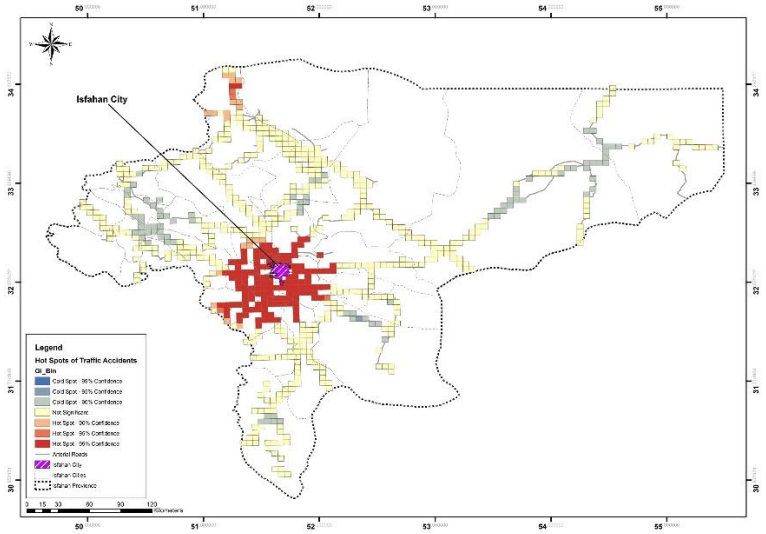
Fig. 4: Statistical results of Spatial autocorrelation report with the Moran's I significance graph, Z-score, and P-value.

نگاشت مکانی و زمانی نقاط داغ تصادفات ترافیکی در استان اصفهان: الگوهای مکانی-زمانی در تصادفات ترافیکی با تحلیل تصادفات باتوجه به موقعیت مکانی و زمان وقوع آن‌ها ارتباط دارد. نظر به این‌که تحلیل مکانی-زمانی برای بررسی الگوهای مکانی و زمانی تصادفات استفاده می‌شود، در این مطالعه تحلیل مکانی- زمانی داده‌های تصادفات (که به‌عنوان رویداد در نظر گرفته می‌شوند) با استفاده از رویکردهای خوشه‌بندی مکانی مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا برای تحلیل داده‌های مورد استفاده و شناسایی مناطق پر تصادف استان اصفهان ابتدا یک تحلیل بهینه شده نقاط داغ بر روی کل مجموعه داده تصادفات رخ داده در شبکه راه‌های اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌های استان اصفهان انجام شد. نقشه حاصل از تحلیل بهینه شده نقاط داغ (Optimized Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)) در شکل شماره ۵ ارائه شده است. این نقشه بر اساس روش شمارش حوادث در چند ضلعی تور ماهی (Count Incidents Within Fishnet Polygons) به عنوان روش تجمیع داده‌های حادثه ساخته شده و بر اساس Gibin در سه سطح اطمینان ۹۰ ٪، ۹۵ ٪ و ۹۹٪ نمایش داده شده است. در واقع در این روش رویدادهای نقطه‌ای تجمیع شده و تعداد کل رویدادهای درون هر سلول محاسبه می‌گردد. نقشه حاصل نمایانگر مناطق پر تصادف و کم تصادف به صورت گرم و یا سرد است. همانطور که در شکل شماره ۵ مشهود است، تمرکز بخش اعظم نقاط داغ (سلول‌های قرمز رنگ) در جاده‌های منتهی به شهر اصفهان (منطقه بنفش رنگ در نقشه) و بخش کوچکی در شمال استان (آزادراه کاشان- قم) وجود دارد. بیشترین فراوانی تصادفات در سطح اطمینان ۹۹٪ در محورهای مواصلاتی منتهی به شهر اصفهان و شهرستان‌های پرجمعیت همجوار آن دیده می‌شود. به‌منظور بررسی این موضوع نیز بر روی لایه حریم شهر اصفهان از تابع بافر استفاده شد و نتیجه نمایانگر آن بود که به ترتیب حدود ۵۰، ۵۶ و ۶۱ درصد از کل تصادفات ترافیکی رخ داده در این مطالعه در فواصل ۳۰، ۴۰و ۵۰ کیلومتری شهر اصفهان اتفاق افتاده است. باتوجه به وسعت استان پهناور اصفهان این مقادیر برای تمرکز تصادفات در بخش کوچکی از استان قابل توجه است و از حیث برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و اقدامات ایمنی ترافیک نیازمند توجه بیشتری می‌باشد. پس از این مرحله، برای تحلیل مکانی-زمانی سطوح مختلف، مجموعه داده تصادفات جرحی و فوتی از لحاظ زمانی به چهار سطح یعنی دوره زمانی شبانه‌روزی (بازه زمانی ۰-۶ صبح، ۶-۱۲ ظهر، ۱۲-۱۸ عصر و ۱۸-۲۴ شب)، روزهای هفته (از شنبه تا جمعه)، ماهیانه (۱۲ ماه سال)، سال (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) و همچنین سطح شدت تصادف (فوتی و جرحی) تقسیم و تحلیل نقاط داغ روی هریک از سطوح نامبرده به صورت مجزا انجام گردید تا الگوی رویدادهای تصادف هر سطح نیز شناسایی شود و در سطح اطمینان ۹۹ درصد مورد بررسی قرار گیرد. نقشه‌های حاصل به ترتیب در اشکال شماره ۶ تا ۱۰ نمایش و خلاصه نتایج حاصل از تحلیل‌ها در جدول شماره ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشهود است در سطح دوره زمانی شبانه روز بیشترین درصد وقوع تصادفات در مناطق داغ و سطح اطمینان ۹۹٪ با مقادیر ۵۷/۸۳ و ۵۶/۸۰ درصد به ترتیب مربوط به دو بازه زمانی ۱۲-۱۸ و ۱۸-۲۴ می‌باشد که این امر می‌تواند به حجم تردد بالاتر و همچنین پایان زمان کاری و بازگشت افراد شاغل از محل کار خود در اطراف شهر(کارخانه ها، شهرک‌های صنعتی و غیره) به شهر اصفهان و بالعکس در این بازه‌های زمانی ارتباط داده شود. در بازه زمانی ۰-۶ صبح نیز به‌دلیل کمتر بودن حجم تردد، کمترین میزان تصادفات و به تبع آن کمترین میزان درصد وقوع تصادفات در مناطق داغ (۴۰/۹۸٪) دیده می‌شود. در سطح روز هفته، بالاترین میزان وقوع تصادفات یعنی ۶۰/۰۴ درصد در مناطق داغ به روز شنبه اختصاص یافته است. پس از آن در روزهای چهارشنبه، دوشنبه و یکشنبه علی‌رغم کم‌ترین تعداد تصادفات در طول هفته، بیشترین درصد وقوع تصادفات در سطح اطمینان ۹۹ درصد به ترتیب با مقادیر ۵۲.۱۸، ۵۱.۵۳ و ۵۰ درصد، به چشم می‌خورد. همچنین روزهای پنج‌شنبه و جمعه برخلاف داشتن بیشترین فراوانی تصادفات در طول هفته، همراه با روز سه شنبه در زمره کمترین میزان وقوع تصادفات در مناطق داغ قرار می‌گیرند که مقادیر آن‌ها به‌ترتیب ۴۸/۱۷، ۴۹/۰۳ و ۴۷/۰۴ درصد می‌باشد. علت آن می‌تواند به این امر نسبت داده شود که روزهای شنبه، یکشنبه و دوشنبه روزهای کاری آغاز هفته محسوب می‌شوند و حجم تردد بیشتری در مسیرهای نزدیک و منتهی به شهر اصفهان و شهرهای همجوار آن وجود دارد. درصد وقوع تصادفات در نقاط داغ در روز چهارشنبه که جزو روزهای کاری پایانی هفته محسوب می‌شود می‌تواند به رفت و آمد بیشتر افراد برای تعطیلات آخر هفته از شهر اصفهان به

شهرستان‌های اطراف اصفهان(و بالعکس) و افزایش تعداد سفرها مرتبط باشد که خود موجب حجم تردد بالاتر و در نتیجه بروز تصادفات بیشتری در مناطق داغ با سطح اطمینان ۹۹٪ می‌گردد. از این رو این‌گونه می‌توان استدلال کرد که الگوی تصادفات در روزهای شنبه، یک‌شنبه، دوشنبه و چهارشنبه بیشتر وابسته به حجم تردد و ترافیک است ولی در روزهای پنج‌شنبه و جمعه که روزهای پایانی هفته بوده و از لحاظ کاری تعطیل محسوب می‌شود علی‌رغم فراوانی بیشتر تصادفات در این روزها، تصادفات در جاده‌هایی با فاصله بیش‌تر از مرکز استان اصفهان گسترش یافته‌اند. در سطح ماهیانه نیز علی‌رغم کمترین میزان فراوانی تصادفات در ماه‌های آذر، مهر و دی، بیشترین میزان تصادفات ترافیکی در مناطق داغ با سطح اطمینان ۹۹ درصد به‌ترتیب با مقادیر ۵۸/۱۲، ۵۶/۴۰ و ۵۵/۷۹ درصد اتفاق افتاده است. علت این امر می‌تواند به کاهش سفرهای برون شهری (سفرهای ورودی و خروجی) در محورهایی با فاصله بیشتر از مرکز استان در این ماه‌ها مرتبط باشد که به‌دنبال سردی هوا، باز بودن مدارس و دانشگاه‌ها، زمان امتحانات و دیگر عوامل، حجم تردد در این مسیرها کاهش یافته و بیشتر تصادفات در محورهای پر تردد منتهی به شهر اصفهان تمرکز پیدا کرده است. در ماه‌های فروردین، خرداد و اردیبهشت نیز به‌ترتیب با مقادیر ۳۰/۱۷، ۳۳/۴۳ و ۳۴/۹۷ درصد کمترین میزان تصادف در مکان‌های داغ مشاهده شده است. طبق تحلیل در سطح سالیانه نیز به‌ترتیب ۵۲/۳۱ و ۵۰/۸۳ درصد از تصادفات در هریک از سال‌های ۱۳۹۶و ۱۳۹۷ در سطح اطمینان ۹۹ درصد قرار گرفته‌اند، که مقادیر تقریبا مشابه در این دو سال نمایانگر این است که بیش از ۵۰ درصد از تصادفات استان اصفهان در مسیرهای منتهی به شهر اصفهان و شهرهای همجوار آن رخ داده است.

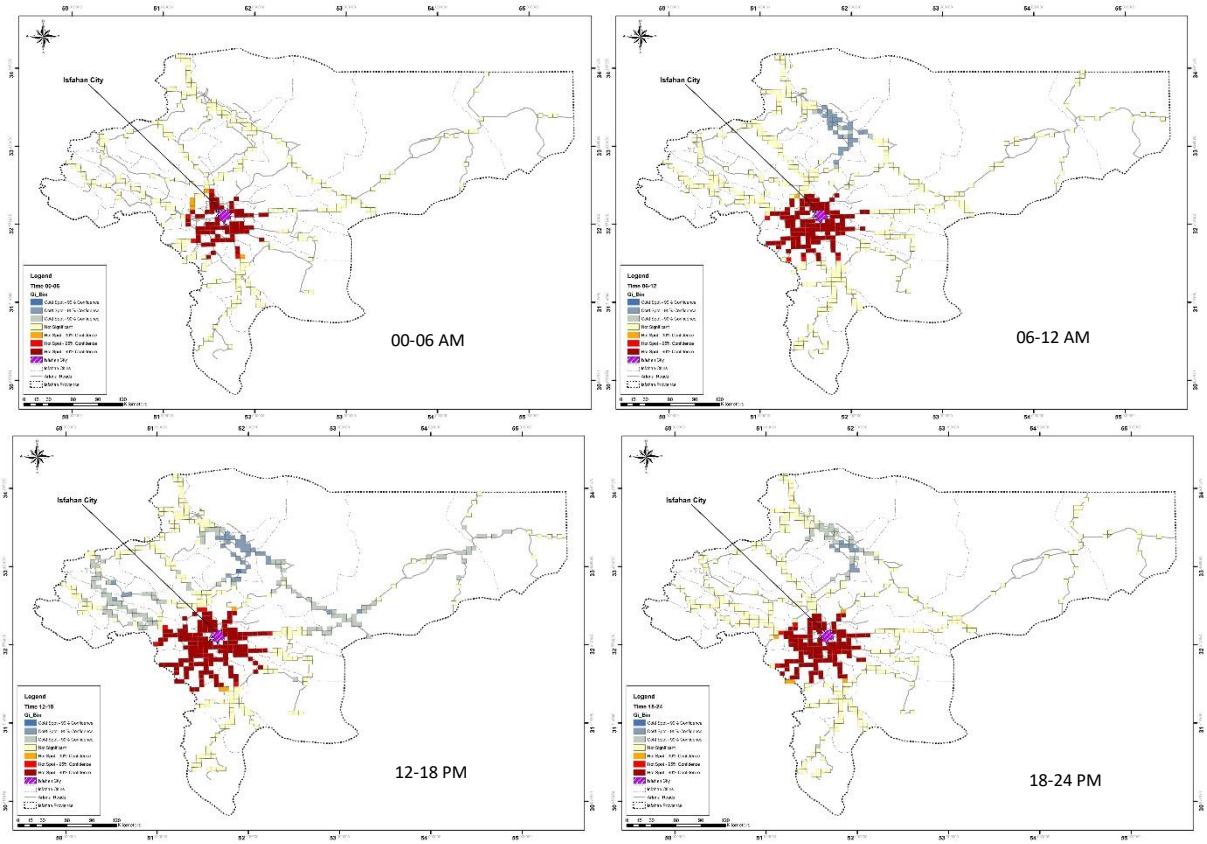
همچنین طبق تحلیل فراوانی تصادفات در سطح شدت با سطح اطمینان ۹۹ درصد، تنها ۱۱.۹۵درصد از تصادفات فوتی در مناطق داغ با سطح اطمینان ۹۹ درصد اتفاق افتاده است که در نقشه مربوطه (شکل ۱۰) در بخشی از محورهای غربی و جنوبی استان اصفهان به‌چشم می‌خورد و مابقی نقاط از نظر آماری در سطح معنی‌داری قرار نگرفته‌اند. این‌گونه می‌توان استدلال نمود که در این مطالعه، الگوی تصادفات فوتی با بقیه سطوح متفاوت است و اغلب تصادفات فوتی در محورهای دورتر از مرکز استان و با تمرکز کمتر تصادفات و سرعت مجاز بالاتر اتفاق افتاده‌اند. الگوی تصادفات جرحی با تصادفات فوتی متفاوت بوده و حدود ۵۴.۴۶ درصد از تصادفات جرحی در سطح اطمینان ۹۹ درصد رخ داده‌اند و این‌گونه به‌نظر می‌رسد که تصادفات جرحی رخ داده در این بخش‌ها می‌تواند تاحدودی به نزدیکی به مراکز شهری پر جمعیت، حجم تردد، سرعت و دیگر عوامل موثر که نیاز به مطالعات بیشتری دارد بستگی داشته باشد.

به‌منظور ارزیابی نتایج حاصل از این مطالعه، تحلیل‌های انجام شده در این تحقیق بر روی داده تصادفات سال ۱۳۹۸ نیز در سطح کلی و سطح شدت (فوتی و جرحی) به‌صورت آزمایشی انجام شد. خوشه‌های حاصل از هر سه سطح با خوشه‌های تصادفات سال‌های مورد بررسی (سال‌های ۹۶و۹۷) مطابقت خوبی نشان داد. همچنین بخشی از نتایج حاصل از روش مورد استفاده در این مطالعه که بیشترین فراوانی تصادفات در سطح اطمینان ۹۹٪ در محورهای مواصلاتی منتهی به شهر اصفهان و شهرستان‌های پرجمعیت همجوار آن دیده می‌شود با نتایج مطالعات استینبرگن و همکاران [۲۸] مبنی بر این‌که پارامتر نزدیکی به مناطق شهری به‌طور چشم‌گیری مکان‌های تمرکز تصادفات را تحت تاثیر قرار می‌دهد و با نتایج تحقیق [۱۸] درخصوص این‌که با در نظر گرفتن تراکم شبکه جاده‌ای، تصادفات عمدتاً در مراکز شهری توزیع می‌شوند مطابقت دارد.



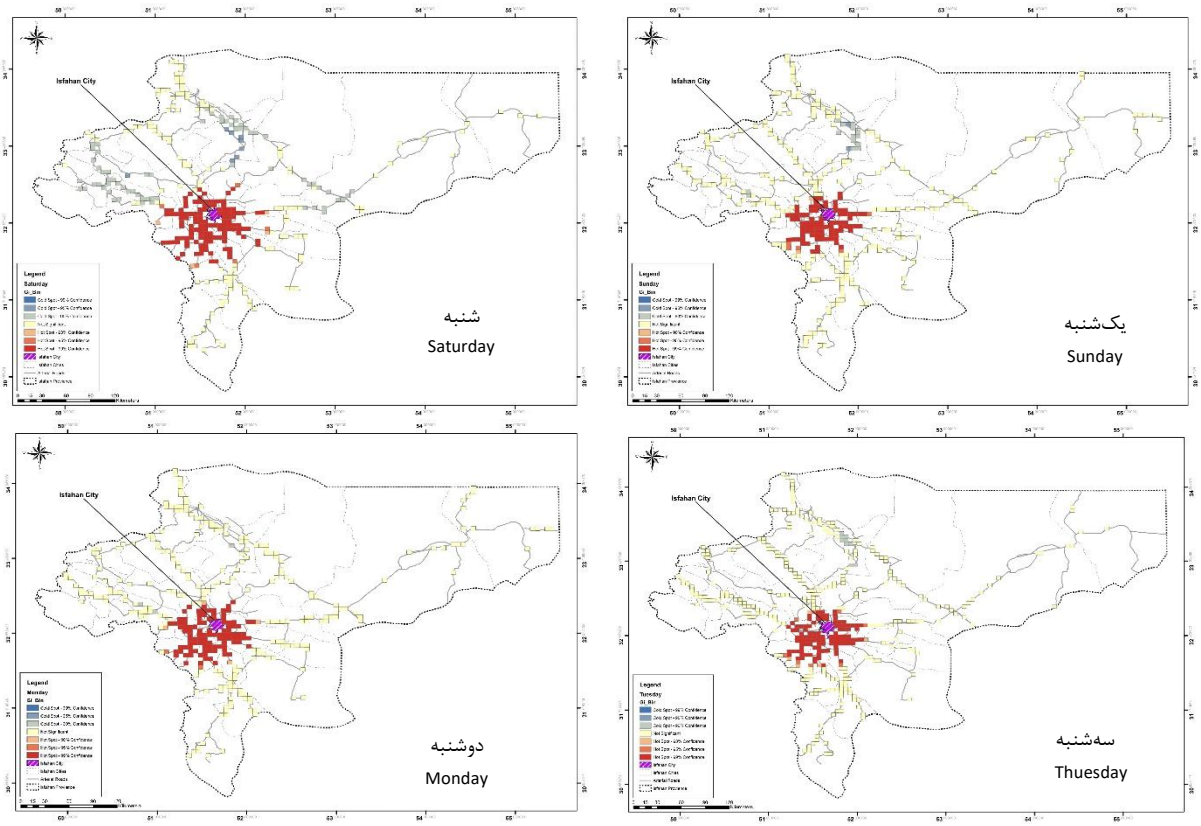
شکل ۵: تحلیل نقاط داغ بهینه شده در سطح کلی بر روی کل مجموعه داده تصادفات. سلول‌های قرمز، نارنجی و زرد رنگ به ترتیب بیانگر مناطق داغ با سطح اطمینان ۹۹، ۹۵ و ۹۰درصد و سلول‌های آبی تیره، آبی روشن و طوسی به ترتیب نمایانگر مناطق سرد با سطح اطمینان ۹۵،۹۹ و ۹۰ درصد و سلول‌های زرد کمرنگ فاقد اهمیت از نظر نقاط داغ و سرد می‌باشند. ناحیه بنفش رنگ مرکز استان یعنی شهر اصفهان را نشان می‌دهد.

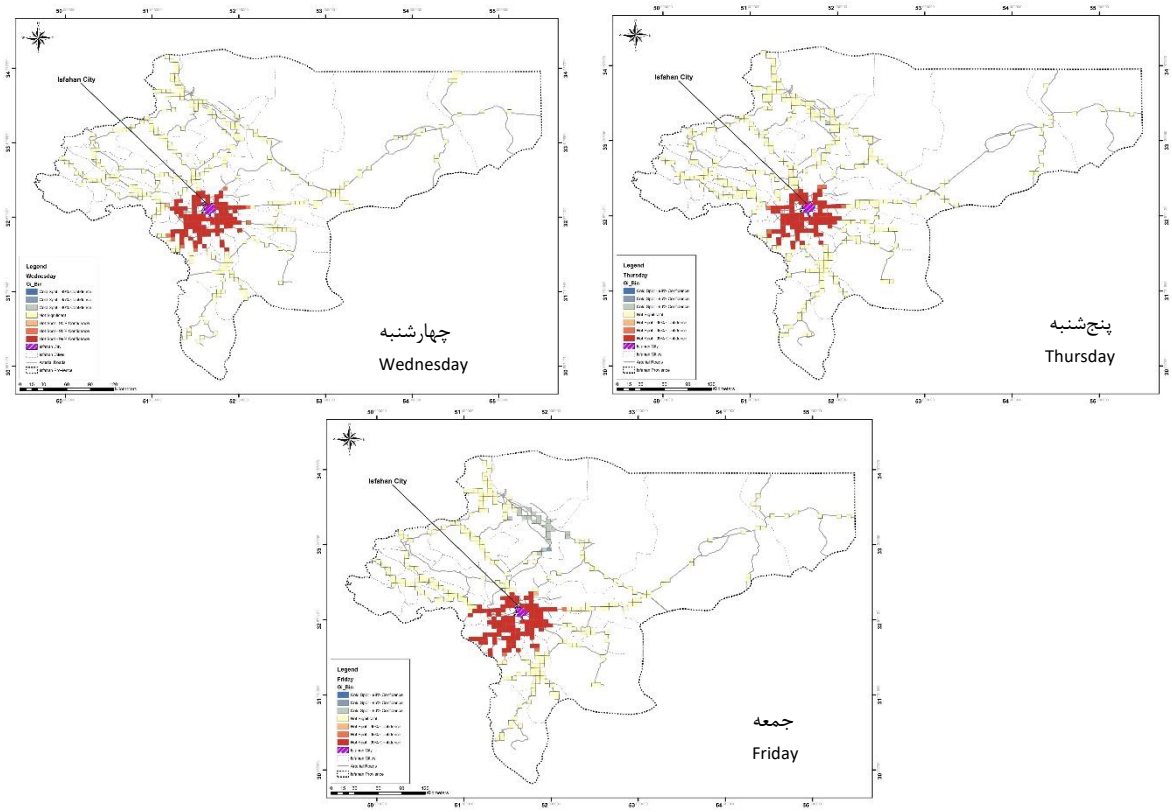
Fig. 5: Optimized hotspot analysis at the aggregate level using the complete dataset of accidents. Red, orange, and yellow cells indicate hotspots with confidence levels of 99%, 95%, and 90%, respectively. Dark blue, light blue, and gray cells represent cold regions with confidence levels of 95%, 99%, and 90%. Pale yellow cells are considered insignificant for hot and cold spots. The purple area denotes the provincial capital, Isfahan



شکل ۶: نقشه‌های توزیع مکانی-زمانی نقاط داغ تصادفات ترافیکی در سطح بازه‌های زمانی

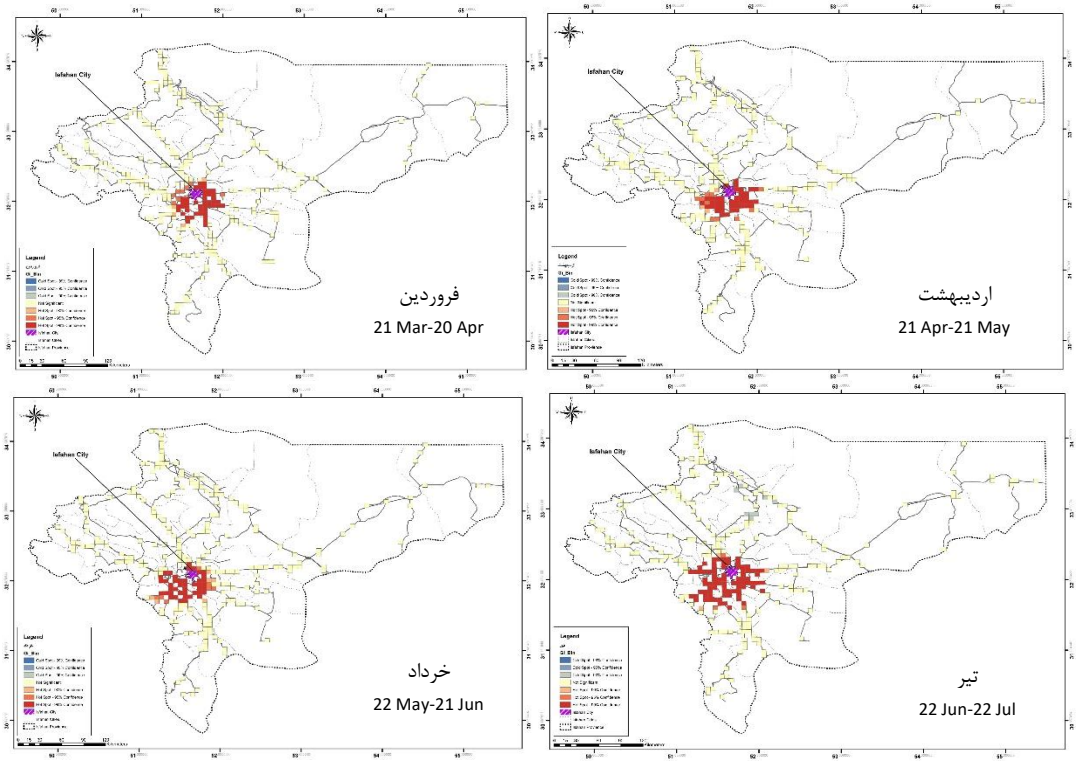
Fig.6: Spatial-temporal distribution maps of traffic accident hotspots at the time intervals level

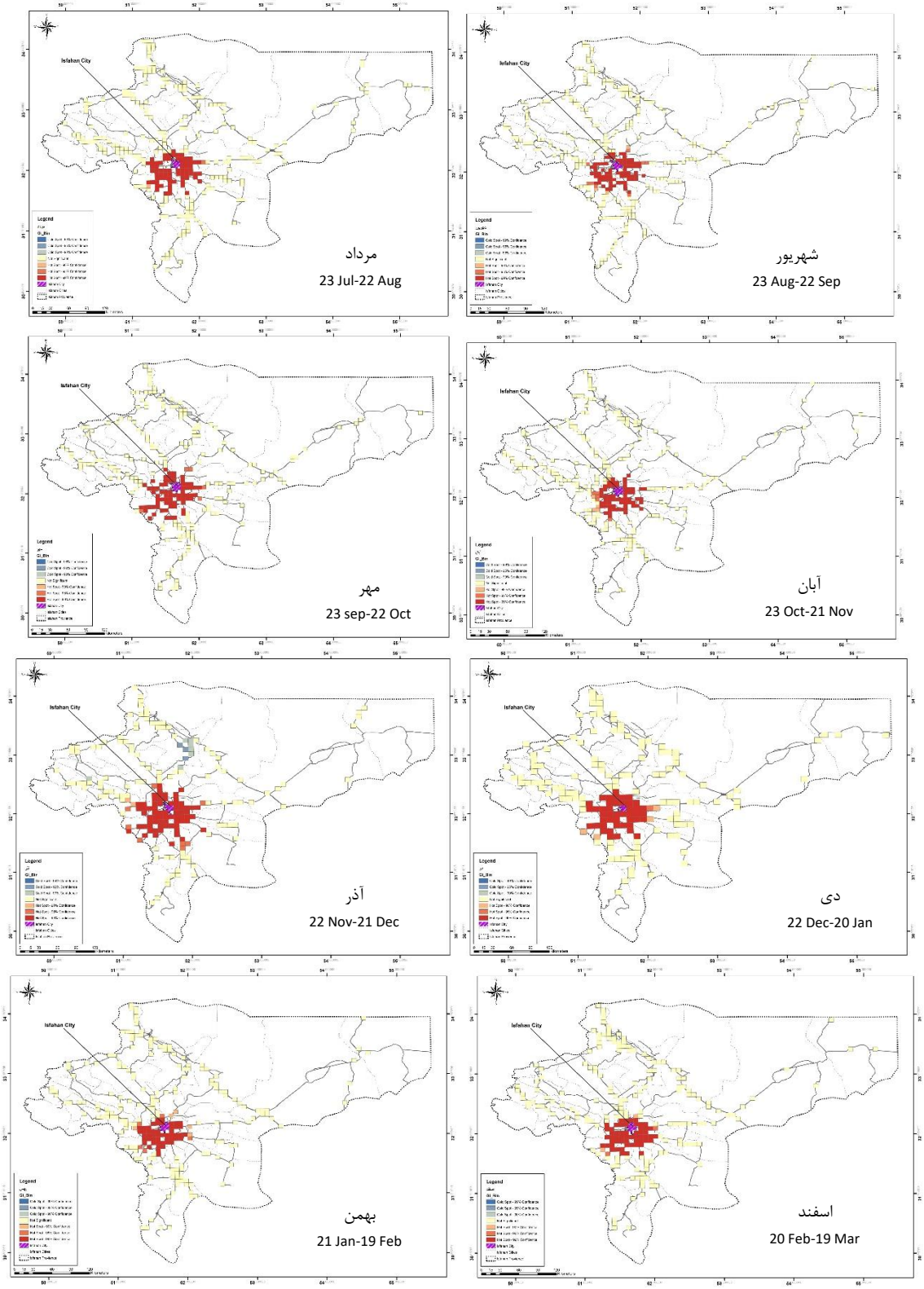




شکل ۷: نقشه‌های توزیع مکانی-زمانی نقاط داغ تصادفات ترافیکی در سطح روز هفته

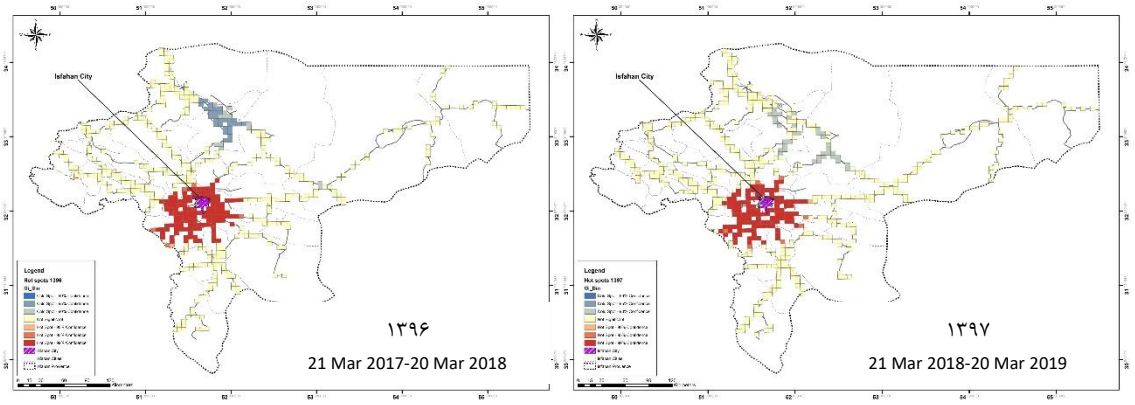
Fig.7: Spatial-temporal distribution maps of traffic accident hotspots at the day of the week level





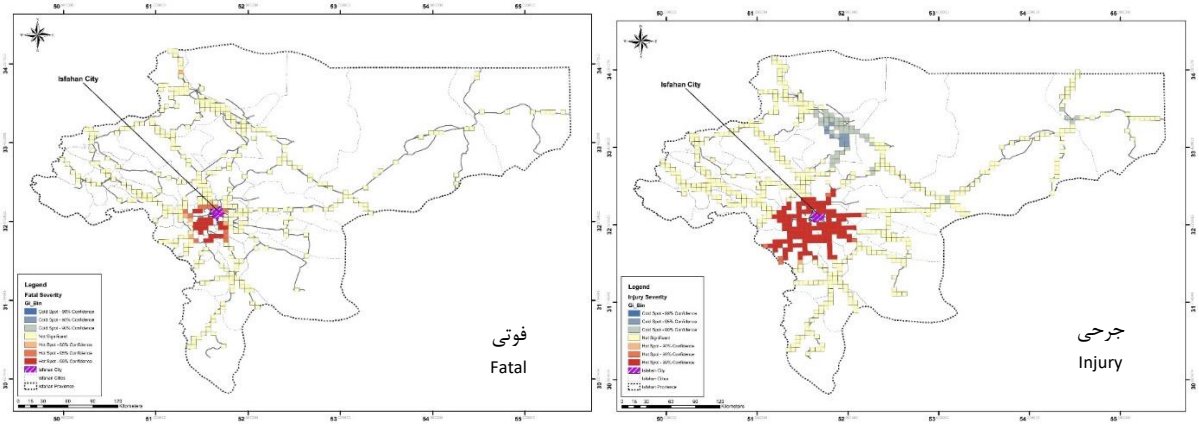
شکل ۸: نقشه‌های توزیع مکانی-زمانی نقاط داغ تصادفات ترافیکی در سطح ماهیانه

Fig.8: Spatial-temporal distribution maps of traffic accident hotspots at the monthly level



شکل ۹: نقشه‌های توزیع مکانی-زمانی نقاط داغ تصادفات ترافیکی در سطح سالیانه

Fig.9: Spatial-temporal distribution maps of traffic accident hotspots at the annual level



شکل ۱۰: نقشه‌های توزیع مکانی زمانی نقاط داغ تصادفات ترافیکی در سطح شدت

Fig. 10: Spatial-temporal distribution maps of traffic accident hotspots at the severity level

جدول ۱: خلاصه آمار نقاط داغ برای هر یک از سطوح: بازه زمانی، روز، ماه، سال، شدت و درصد وقوع تصادفات در سطح اطمینان ۹۹٪ (GiBin=3)

Table 1: Summary of hotspot statistics for each of the levels: Time Interval, day, month, year and severity level, and the occurrence of accidents at 99% confidence level (GiBin = 3)

	سطح Level	فراوانی تصادفات Frequency of accidents	تعداد تصادفات در سطح اطمینان 99% The number of accidents at the 99% confidence level.	درصد وقوع تصادفات در سطح اطمینان99% The percentage of accidents at the 99% confidence level
بازه زمانی Time Interval	00-06 AM	859	352	40.98
	06-12 AM	1868	956	51.18
	12-18 PM	2642	1516	57.38
	18-24 PM	2317	1316	56.80
روز هفته Day of the week	شنبه Saturday	1021	613	60.04
	یکشنبه Sunday	1018	509	50.00
	دوشنبه Monday	1048	540	51.53
	سه‌شنبه Tuesday	1065	501	47.04
	چهارشنبه Wednesday	1100	574	52.18
	پنج‌شنبه	1260	607	48.17

	سطح Level	فراوانی تصادفات Frequency of accidents	تعداد تصادفات در سطح اطمینان 99% The number of accidents at the 99% confidence level.	درصد وقوع تصادفات در سطح اطمینان99% The percentage of accidents at the 99% confidence level
ماه Month	Thursday			
	جمعه Friday	1191	584	49.03
	فروردین 21 Mar-20 Apr	643	194	30.17
	اردیبهشت 21 Apr-21 May	612	214	34.97
	خرداد 22 May-21 Jun	661	221	33.43
	تیر 22 Jun-22 Jul	772	379	49.09
	مرداد 23 Jul-22 Aug	763	379	49.67
	شهریور 23 Aug-22 Sep	830	355	42.77
	مهر 23 Sep-22 Oct	656	370	56.40
	آبان 23 Oct-21 Nov	626	266	42.49
	آذر 22 Nov-21 Dec	542	315	58.12
	دی 22 Dec-20 Jan	527	294	55.79
	بهمن 21 Jan-19 Feb	505	212	41.98
	اسفند 20 Feb-19 Mar	566	252	44.52
سال Year	1396 21 Mar 2017 to 20 Mar 2018	3770	1972	52.31
	1397 21 Mar 2018 to 20 Mar 2019	3933	1999	50.83
شدت تصادف Accident Severity	فوتی Fatal	753	90	11.95
	جرحی Injury	6950	3785	.5446

نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر، پیدایش سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) موجب فراهم شدن ابزارهای ضروری برای مدل‌سازی توزیع مکانی و زمانی رویدادهای مکانمند از جمله تصادفات ترافیکی شده است. این‌گونه ابزارهای GIS به‌منظور تسهیل نمودن فرایند ذخیره‌سازی و بصری‌سازی موقعیت رویدادهای تصادفات و خوشه‌های مربوط به آن‌ها و همچنین تحلیل اهمیت توزیع تصادفات بر اساس روش‌های آماری استفاده می‌شوند. در این مطالعه، تحلیل مکانی-زمانی تصادفات ترافیکی در استان اصفهان در سطوح مختلف با استفاده از روش‌های آمار مکانی و خوشه‌بندی در محیط GIS مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا الگوی توزیع تصادفات با استفاده از روش‌های ANN و سپس خودهمبستگی مکانی موران I جهانی بررسی گردید. نتایج نمایانگر آن بود که الگوی فضایی پراکنش تصادفات به‌صورت خوشه‌ای قوی است. نواحی حادثه‌خیز نیز با استفاده از تحلیل گتیس ارد جی استار ابتدا به‌صورت کلی، سپس در قالب پنج سطح مختلف یعنی دوره زمانی شبانه‌روز، روز هفته، ماه، سال و شدت تصادف بررسی و شناسایی شدند. آمار*Gi که

برای شناسایی خوشه‌های گرم و سرد تصادفات استفاده شد، تصویر واضحی از تصادفات ترافیکی ارائه نمود. باتوجه به نقشه‌های نقاط داغ در سطوح مورد بررسی نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که تمرکز تصادفات غالبا در محورهای منتهی به مرکز استان دیده می‌شود و هم‌جواری با مرکز استان و شهرهای پرجمعیت و اصلی بر تراکم تصادفات ترافیکی تاثیر بسیاری دارد و با فاصله از آن تمرکز تصادفات کاهش می‌یابد. در خصوص تصادفات با شدت فوتی این امر متفاوت به نظر می‌رسد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از تحلیل‌های آمار مکانی در محیط GIS در شناسایی الگوی توزیع تصادفات، نقاط حادثه خیز با اهمیت آماری بالا و الگوهای مکانی- زمانی تصادفات در سطوح مختلف موثر می‌باشد.

باتوجه به شناسایی الگوهای مکانی-زمانی نقاط حادثه خیز ترافیکی و نتایج حاصل از این تحقیق، مقامات ارشد راهداری و حمل و نقل جاده‌ای و تصمیم‌گیرندگان این حوزه می‌توانند نسبت به الویت قرار دادن برنامه تعمیر و نگهداری و افزایش ایمنی محورهای دارای تصادفات مکرر به‌ویژه محورهای ورودی شهر اصفهان، تعریض راه‌های با حجم تردد بالا، نصب تابلوهای راهنما و علائم محدودیت سرعت به ویژه در ورودی شهرها، افزایش ایستگاه‌های هلال احمر و اورژانس در مناطق پر حادثه برای خدمت‌رسانی سریع‌تر به آسیب دیدگان حوادث، افزایش تعداد دوربین‌های ثبت تخلف و ... اقدام نمایند. همچنین باتوجه به نتایج تحلیل نقاط داغ در سطوح مختلف دوره‌های زمانی، روزها و ماه‌های پر حادثه نسبت به افزایش اقدامات ایمنی و ایستگاه‌های پلیس در این زمان‌ها اقدامات لازم صورت گیرد. این راه‌حل‌ها می‌تواند برای مناطق کانونی با آسیب‌های مرگبار و جراحات شدید که بر اساس آمار مکانی و تحلیل نقشه‌ای شناسایی شده‌اند توصیه شود.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان اول و دوم مقاله در تمامی مراحل و نویسندگان سوم و چهارم در ارایه طرح و روش پژوهش و اصلاح نوشتار مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

مقاله ارسالی بخشی از کار رساله دکتری در دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات است. از این‌رو از کلیه عزیزانی که به‌نحوی در این تحقیق همکاری داشته‌اند تشکر به‌عمل می‌آید.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع و مآخذ

[1] Yassin SS, Pooja. Road accident prediction and model interpretation using a hybrid K-means and random forest algorithm approach. SN Applied Sciences 2020;2. https://doi.org/10.1007/s42452-020-3125-1.

[2] World Health Organization. Road traffic injuries [Internet]. 2023 [cited 2023 Dec].

[3] Li M, Xie H, Shu P. Study on the Impact of Traffic Accidents in Key Areas of Rural Roads. Sustainability 2021;13:7802. https://doi.org/10.3390/su13147802.

[4] Tola AM, Demissie TA, Saathoff F, Gebissa A. Severity, Spatial Pattern and Statistical Analysis of Road Traffic Crash Hot Spots in Ethiopia. Applied Sciences 2021;11:8828. https://doi.org/10.3390/app11198828.

[5] Moradi A, Rahmani K, Hoshmandi Shoja M, Rahimi Sepehr H, Khorshidi A. An overview of the situation of traffic accidents in Iran in comparison with Other Countries. Journal of Forensic Medicine [Internet]. 2016;22(1 (Serial 77)):45-53. [In Persian]

[6] Naghavi M, Shahraz S, Bhalla K, Jafari N, Pourmalek F, Bartels D, Puthenpurakal JA, Motlagh ME. Adverse health outcomes of road traffic injuries in Iran after rapid motorization. Archives of Iranian Medicine. 2009;12(3):284-94.

[7] Bhalla K, Naghavi M, Shahraz S, Bartels D, Murray CJL. Building national estimates of the burden of road traffic injuries in developing countries from all available data sources: Iran. Injury Prevention 2009;15:150–6. https://doi.org/10.1136/ip.2008.020826.

[8] Iranian Students News Agency (ISNA). [Internet].1398. [In Persian]

[9] Zeynali S, Hosseinali F, Sadeghi Niaraki A, Kazemi Beydokhti M, Effati M. Spatial Analysis of Accidents at the suburban Intersections Using Kernel Density Estimation and Spatial Autocorrelation Methods. Journal of Geospatial Information Technology. 1394;3(2):21-42. [In Persian]

[10] Ahmed LA. Using logistic regression in determining the effective variables in traffic accidents. Applied Mathematical Sciences 2017;11:2047–58. https://doi.org/10.12988/ams.2017.75179.

[11] Liu C, Sharma A. Exploring spatio-temporal effects in traffic crash trend analysis. Analytic Methods in Accident Research 2017;16:104–16. https://doi.org/10.1016/j.amar.2017.09.002.

[12] Sun H, Wang Q, Zhang P, Zhong Y, Yue X. Spatialtemporal Characteristics of Tunnel Traffic Accidents in China from 2001 to Present. Advances in Civil Engineering 2019;2019:1–12. https://doi.org/10.1155/2019/4536414.

[13] Li Y, Abdel-Aty M, Yuan J, Cheng Z, Lu J. Analyzing traffic violation behavior at urban intersections: A spatio-temporal kernel density estimation approach using automated enforcement system data. Accident Analysis & Prevention 2020;141:105509. https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105509.

[14] Haji Mirza Aghasi N. Introducing GIS as legitimate instrument to deal with road accident data: a case study of Iran,

[26] Elvik R. A survey of operational definitions of hazardous road locations in some European countries. Accident Analysis & Prevention 2008;40:1830–5. https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.08.001.

[27] Bíl M, Andrášik R, Sedoník J. A detailed spatiotemporal analysis of traffic crash hotspots. Applied Geography 2019;107:82–90. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.04.008.

[28] Steenberghen T, Dufays T, Thomas I, Flahaut B. Intra-urban location and clustering of road accidents using GIS: a Belgian example. International Journal of Geographical Information Science 2004;18:169–81. https://doi.org/10.1080/13658810310001629619.

[29] Noland RB, Quddus MA. A spatially disaggregate analysis of road casualties in England. Accident Analysis & Prevention 2004;36:973–84. https://doi.org/10.1016/j.aap.2003.11.001.

[30] Cabrera-Arnau C, Prieto Curiel R, Bishop SR. Uncovering the behaviour of road accidents in urban areas. Royal Society Open Science 2020;7:191739. https://doi.org/10.1098/rsos.191739.

[31] Eksler V, Lassarre S, Thomas I. Regional analysis of road mortality in Europe. Public Health 2008;122:826–37. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2007.10.003.

[32] Ashraf I, Hur S, Shafiq M, Park Y. Catastrophic factors involved in road accidents: Underlying causes and descriptive analysis. PLOS ONE 2019;14:e0223473. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223473.

[33] Spoerri A, Egger M, von Elm E. Mortality from road traffic accidents in Switzerland: Longitudinal and spatial analyses. Accident Analysis & Prevention 2011;43:40–8. https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.06.009.

[34] Mohammadian M, Hajare A, Mohammadian Hafshejani A. Incidence Trends of Injury and Mortality from Traffic Accidents in Urban and Suburban Areas of Isfahan Province during 2002-2010. J Police Med 2014; 3 (1). [In Persian]

[35] Mohammadi G. Road crash injuries and fatalities in Isfahan, Iran from March 2006 to March 2009. International Journal of Injury Control and Safety Promotion 2013;21:361–6. https://doi.org/10.1080/17457300.2013.833946.

[36] Ghadiri Faraz B, Vaziri M, Aghili N, Bandeh khoda M. Investigation of influential factors on the severity of traffic accidents: case study: Isfahan city. The thirteenth International Conference on Transportation Engineering and Traffic, Tehran.1392. [In Persian]

[37] Tavakoli Kashani A, Jafari M, Azizi Bondarabadi M. A new approach in analyzing the accident severity of pedestrian crashes using structural equation modeling. Journal of injury & violence research. 2021; 13(1):23-30. DOI:10.5249/jivr.v13i1.1545

[38] Jafari H, Amini-Rarani M, Ranjbar M, Shafii M, Haj-Hashemi A. Investigating the Effects of Social Determinants of Traffic Tehran. Spatial Information Research 2017;25:151–9. https://doi.org/10.1007/s41324-017-0083-9.

[15] Ma Q, Huang G, Tang X. GIS-based analysis of spatial–temporal correlations of urban traffic accidents. European Transport Research Review 2021;13. https://doi.org/10.1186/s12544-021-00509-y.

[16] Haji Mirza Aghasi N. Application of GIS for Urban Traffic Accidents: A Critical Review. Journal of Geographic Information System 2019;11:82–96. https://doi.org/10.4236/jgis.2019.111007

[17] Effati M, Rajabi MA, Hakimpour F, Sha'bani S. Analysis of Spatial Factors Affecting the Concentration of Accidents on Rural Roads Using GIS and Data Mining. [Internet]. 1393;4(2):87-102. [In Persian]

[18] Wang M, Yi J, Chen X, Zhang W, Qiang T. Spatial and Temporal Distribution Analysis of Traffic Accidents Using GIS-Based Data in Harbin. Journal of Advanced Transportation 2021;2021:1–10. https://doi.org/10.1155/2021/9207500

[19] Zhang Y, Zhu F, Li Q, Qiu Z, Xie Y. Exploring Spatiotemporal Patterns of Expressway Traffic Accidents Based on Density Clustering and Bayesian Network. ISPRS International Journal of Geo-Information 2023;12:73. https://doi.org/10.3390/ijgi12020073.

[20] Hazaymeh K, Almagbile A, Alomari AH. Spatiotemporal Analysis of Traffic Accidents Hotspots Based on Geospatial Techniques. ISPRS International Journal of Geo-Information 2022;11:260. https://doi.org/10.3390/ijgi11040260

[21] Loo BPY, Anderson TK. Cluster Identifications in Networks. In: Spatial Analysis Methods of Road Traffic Collisions. New York: CRC Press; 2016. p. 161-75.

[22] Agyakwah M. Spatio-temporal patterns of vehicular accidents in Accra (Ghana) [master's thesis]. Enschede, The Netherlands: University of Twente; 2018.

[23] Aghajani MA, Dezfoulian 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. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.409.

[24] Mohammed S, Alkhereibi AH, Abulibdeh A, Jawarneh RN, Balakrishnan P. GIS-based spatiotemporal analysis for road traffic crashes; in support of sustainable transportation Planning. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 2023;20:100836. https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100836.

[25] Alkhadour W, Zraqou J, Al-Helali A, Al-Ghananeem S. Traffic Accidents Detection using Geographic Information Systems (GIS). International Journal of Advanced Computer Science and Applications 2021;12. https://doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120462

Crash Mortality in Isfahan City. Journal of Community Health Research 2022. https://doi.org/10.18502/jchr.v11i2.9997.

[39] Safaee M, Samani, RE, Abdolazimi R. Road traffic accident fatality predictors: A case–control study in Isfahan. Archives of Trauma Research, 2021; 10(4): 227-231

[40] Cover T, Hart P. Nearest neighbor pattern classification. IEEE Transactions on Information Theory. 1967 Jan; 13(1):21-27. DOI: 10.1109/TIT.1967.1053964

[41] Moore DA, Carpenter TE. Spatial Analytical Methods and Geographic Information Systems: Use in Health Research and Epidemiology. Epidemiologic Reviews 1999;21:143–61. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.epirev.a017993.

[42] Clark WAV, Hosking PL. Statistical Methods for Geographers. John Wiley and Sons; 1986.

[43] https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/what-is-a-z-score-what-is-a-p-value.htm

[44] Ord JK, Getis A. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. Geographical Analysis 1995;27:286–306. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x.

[45] Getis A, Aldstadt J. Constructing the Spatial Weights Matrix Using a Local Statistic. Geographical Analysis 2004;36:90–104. https://doi.org/10.1353/geo.2004.0002

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

مهدیس رحمتی دانشجوی دکتری تخصصی رشته سنجش از دور و GIS دانشگاه علوم و تحقیقات تهران می‌باشند. ایشان مدرک کارشناسی ارشد را نیز در رشته سنجش از دور و GIS از دانشگاه خوارزمی تهران اخذ نمودند. موضوعات مورد علاقه ایشان در تحقیقات عبارتند از : کاربرد GIS در مطالعات شهری، داده‌کاوی مکانی، یادگیری ماشین در GIS و کاربردهای RS در مطالعات شهری و محیط زیست

Rahmati, M. Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University -Science and Research Branch, Tehran, Iran

Mahdis.rahmati@srbiau.ac.ir

حسین آقامحمدی استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه علوم و تحقیقات تهران است. وی تحصیلات مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی خود را در رشته مهندسی عمران-نقشه‌برداری در دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی تهران به پایان رساند. گرایش تخصصی وی در دوران تحصیلات تکمیلی، GIS بوده است. مقالات زیادی در نشریات معتبر فارسی و انگلیسی توسط ایشان به چاپ رسیده است. موضوعات مورد علاقه ایشان در تحقیقات عبارتند از مکان‌یابی و تخصیص، تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی، بهینه سازی و مدل‌سازی مکانی

AghaMohammadi Zanjirabad, H. Assistant Professor at the Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University -Science and Research Branch, Tehran, Iran

aghamohammadi@srbiau.ac.ir

سعید بهزادی دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران نقشه برداری (گرایش سامانه اطلاعات مکانی) از دانشگاه صنعتی خواجه نصیر از تهران می‌باشد. از سال ۱۳۹۵ تاکنون به عنوان استادیار در گروه مهندسی عمران نقشه برداری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی مشغول به فعالیت می‌باشند. ایشان تاکنون موفق به چاپ بیش از ۱۰۰ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر بین‌المللی شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از هوش مصنوعی، GIS پزشکی، کاربرد یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در GIS

Behzadi, S. Assistant Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

behzadi@sru.ac.ir

علی اصغر آل شیخ استاد تمام گروه سیستم اطلاعات مکانی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد. ایشان دارای مدرک دکتری تخصصی در رشته مهندسی سیستم اطلاعات مکانی (GIS) از دانشگاه کلگری کانادا (۱۳۷۷) می‌باشند. همچنین جوایز و افتخارات متعددی برای مشارکت‌های صنعتی، علمی و دانشگاهی کسب کرده‌اند. مقالات بسیاری در مجلات معتبر خارجی و داخلی توسط ایشان در زمینه‌های مختلف همچون سیستم‌های اطلاعات مکانی، GIS تحت وب، مکان‌یابی، هوش مصنوعی، Health GIS و ... به چاپ رسیده است.

AleSheikh, AA. Full Professor at the Department of Geospatial Information Systems, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

alesheikh@kntu.ac.ir

Citation (Vancouver): Rahmati M, AghaMohammadi Zanjirabad H, Behzadi S, AleSheikh AA. [Investigation of Spatio-Temporal Patterns of suburban Traffic Accidents in Isfahan Province in GIS Environment]. *J. RS. GEOINF. RES. 2024; 2(1): 79-96*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2024.10770.1058

COPYRIGHTS

© 2024 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)