



Investigating the Spatiotemporal Pattern of Accident Hot spot in Firoozkooh Road using Geographical Information System

Jalal Samia¹✉, Manouchehr Ranjbar Shoobi², Amer Nikpour³

1. (Corresponding Author) Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Email: j.samia@umz.ac.ir

2. Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Email: manochehrranjbarshoobi@gmail.com

3. Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Email: a.nikpour@umz.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:

Received:

7 June 2024

Received in revised form:

28 August 2024

Accepted:

31 September 2024

Available online:

5 November 2024

Keywords:

Accident,
Firoozkooh Road,
Kernel Density Estimation,
Hot Spot Analysis,
Accident Clusters.

ABSTRACT

The negative impacts of road accidents on socio-economic aspects of human life is a growing concern in the world. Thus, planning to have safe roads is a key factor to achieve sustainable road transportation systems. In this contribution, we aim to investigate the spatio-temporal patterns of accidents density and also the space-time pattern of accidents hot spot along Firoozkooh road which is a transit road, connecting capital to Mazandaran province. In this context, we implemented Kernel density estimation and hot spot analysis using GIS on road accident data from 2016 to 2022.. Results indicate that both accidents density and also accidents hot spot clusters change spatially and temporarily in this time period. Accidents density found to be most in 2022 following the low density rate in 2020 due to Corona pandemic lockdown. Dogol train station and after Abshar tunnel in Firoozkooh road were the most selected parts of the road in terms of accident density rate in 2016-2022. Also, Dogol terrain station and after Abshar tunnel were identified as accidents hot spot clusters with mean Z-score equal to 2.32 and confidence intervals of 90 to 90% in the period of 2016-2022. The road length in these accidents clusters is 10.979 km which contains 46% of accident in this time period. We recommend investigating the cause of accidents in high accident-density road sections and in accident clusters. With this, the safety of this road will be increased and as a result human life and economic activities will be secured.

Citation: Samia, J., Ranjbar Shoobi, M., & Nikpour, A. (2024). Investigating the Spatiotemporal Pattern of Accident Hot spot in Firoozkooh Road using Geographical Information System. *Geographical planning of space quarterly journal*, 14 (3), 101-114.

<http://doi.org/10.30488/gps.2024.435173.3715>



© The Author (s)

Publisher: Golestan University Press

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

One of the main concerns of accessibility to sustainable transportation networks is the road's quality and safety, which could impact public health and the dynamic of socio-economic activities. In this context, road accidents and their negative consequences, including human losses and socio-economic damages, are the main challenges when planning to develop road networks. Due to its diverse natural tourist attractions, Mazandaran province is one of the main destinations of travelers in the country. As a result, its main roads are busy with high volume of traffic throughout the year. This could increase the likelihood of accidents occurrence than other parts of the country.

Among all main roads connecting the capital, Tehran to Mazandaran, Firoozkooh road is important. This road is considered to be a transit road affecting on the economic activities of the region. Also, tourists can visit many tourist attractions along this road. More importantly, this road is the closest connecting road from Tehran to the center of Mazandaran province. Therefore, this is the objective of this research to investigate the spatio-temporal pattern of road accidents density and also to identify accidents clusters in this road. Results can be used for planning in order to improve road safety.

Methodology

To this end, road accidents information along Firoozkooh road from 2016 to 2022 was studied using GIS, spatial statistics, and spatial point pattern analysis. In this context, Kernel density estimation and Hot spot analysis were used to investigate the spatio-temporal density pattern of accidents and also to monitor spatio-temporal pattern of accidents hot spot. Besides, the statistical significance and confidence interval of the results were assessed using Getis-Ord G_i^* index.

Results and discussion

Results show that in 2019 and 2020, because of the corona virus pandemic and its implemented limitations in mobility, the number of accidents and the density of

accidents decreased compared to pre-Corona years in 2016-2018 and post-Corona years in 2021 and 2022. This indicates that the high volume of traffic can impact accident occurrence. Also, the distribution pattern of accident density changes spatially and temporarily from 2016 to 2019. In terms of density, two sections of the road located in after Abshar tunnel and Dogol train station show high intensity of accidents and are known to be dangerous parts of this road. Besides, the distribution pattern of accidents hot spot also changes spatially and temporarily. In this context, the regions of after Abshar Tunnel and Dogol train station were identified as accidents hot spot with Z-score of 2.32, P-value < 0.05 and confidence interval of 90-99%. This is in the line with the results of Kernel density estimation where these two regions also showed high rate of accidents density. In this regard, about 11 km of this road is located in accidents hot spot which contains 46% of the total accidents in the road. Moreover, the cold spot regions of accidents which show safe parts of the road, were not identified along the road. This could indicate that the occurrence of road accidents in about 87 km of the road is random with Z-score of -0.34. Factors like driving errors, geometry and topography of the road, climate situations and also the occurrence of hydro morphological hazards can influence on the occurrence of accidents along this road. Therefore, investigating the cause of accidents in the sections of the road where both density of accidents is high and also accidents clusters are available is crucial to improve road safety situations. In this context, measures like improving the road infrastructure situations in terms of geometry, regulating and implementing precise driving rules, warning travelers about the availability of dangerous parts of the road in terms of accident occurrence, and increasing the awareness level of drivers can decrease the number of accidents. This will provide a safe road for travelers.

Conclusion

Identifying the dangerous parts of the roads in terms of accidents occurrence can be beneficial in order to implement road safety measures. In this research, high-density

parts of accidents clustered along Firoozkooh road were investigated using spatial statistical measures such as Kernel density estimation and hot spot analysis in GIS. Results showed that the accidents density and also accidents hot spot change both in space and time. We found two parts of the roads, after the Abshar tunnel and the Dogol train station, to be dangerous sections of the road in terms of accident density and being identified as accident hot spots. Investigating the factors affecting the high rate of accident density and also contributing to forming accident clusters can increase road safety and provide safe journeys for travelers. Investigating the factors affecting the high rate of accident density and also contributing to forming accident clusters can increase road safety and provide safe journeys for travelers.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.





بررسی الگوی مکانی-زمانی نقاط حاد تصادف در جاده فیروزکوه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

جلال سمیعا^۱✉، منوچهر رنجبر شوبی^۲، عامر نیک پور^۳

- ۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. Email: j.samia@umz.ac.ir
 ۲- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. Email: manochehrranjbarshoobi@gmail.com
 ۳- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. Email: a.nikpour@umz.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
شناسایی مناطق خطرناک حادثه‌خیز از نظر وقوع تصادفات جاده‌ای در محور فیروزکوه به دلیل ترانزیتی بودن و اهمیت اقتصادی آن و همچنین نقش این جاده در صنعت گردشگری از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی الگوهای مکانی-زمانی توزیع تراکم و نقاط حاد تصادفات در جاده ترانزیتی فیروزکوه می‌باشد. بدین منظور، داده‌های تصادفات جاده‌ای در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱ با استفاده از تخمین تراکم کرنل و تحلیل نقاط حاد در GIS مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که به‌دلیل محدودیت‌های حمل‌ونقل جاده‌ای و مسافرت در دوران اپیدمی کرونا، تعداد تصادفات کمتری در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مقایسه با سال‌های ماقبل و مابعد آن در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱ رخ داده است. نتایج نشان داد که توزیع تراکم و نقاط حاد تصادفات از نظر مکانی-زمانی دارای تغییرپذیری می‌باشند. به دلیل تراکم بالای تصادفات در منطقه‌های ایستگاه قطار دوگل و بعد از تونل آبشار، خوشه‌های تصادفات با میانگین $Z\text{-score} = 2/32$ و سطوح اطمینان ۹۰ تا ۹۹ درصد در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱ در این دو منطقه شناسایی شده است. طول جاده در این خوشه‌های تصادفات ۱۰/۹۷۹ کیلومتر بوده که شامل ۴۶ درصد از تصادفات جاده‌ای در این بازه زمانی می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند جهت بررسی عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات جاده‌ای در مناطق با تراکم بالا و خوشه‌های تصادفات، اتخاذ تصمیمات آگاهانه جهت مدیریت سوانح رانندگی و همچنین اجرای اقدامات عمرانی و آموزشی توسط سازمان‌های مسئول در جهت افزایش ایمنی جاده مورد استفاده قرار بگیرد.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰ تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۸/۱۵ واژگان کلیدی: تخمین تراکم کرنل، توزیع تصادفی، ختیس-ارد-جی، خوشه‌های خوشه‌های تصادف، مازندران.

استناد: سمیعا، جلال؛ رنجبر شوبی، منوچهر و نیک پور، عامر. (۱۴۰۳). بررسی الگوی مکانی-زمانی نقاط حاد تصادف در جاده فیروزکوه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۴ (۳)، ۱۱۴-۱۰۱.

<http://doi.org/10.30488/gps.2024.435173.3715>



مقدمه

ایمنی شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در برنامه‌ریزی آمایش سرزمین جهت توسعه پایدار شبکه‌های حمل‌ونقل می‌باشد. وقوع حوادث و تصادفات جاده‌ای به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دلایل تلفات انسانی در کشورهای جهان، نشان‌دهنده نقش و اهمیت توجه به ایمنی راه‌ها در کنار توسعه زیرساخت‌های مرتبط با شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای می‌باشد. در این زمینه، تقریباً ۹۰٪ تصادفات جاده‌ای در کشورهای در حال توسعه به وقوع می‌پیوندد (WHO, 2015: 7) که می‌تواند به دلایلی همچون عدم وجود زیرساخت‌های مناسب، عدم آموزش مناسب و همچنین عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی باشد. علاوه بر این بین رفتن انسان‌ها در اثر وقوع تصادفات جاده‌ای، آسیب‌های جسمی ناشی از مصدومیت و همچنین مشکلات اقتصادی-اجتماعی خانواده‌های درگیر حوادث جاده‌ای منجر به از دست رفتن سلامت و رفاه اجتماعی می‌شود. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی، در سال ۲۰۲۱، ۱/۹ میلیون نفر در اثر وقوع تصادفات جاده‌ای جان خود را از دست داده‌اند و همچنین تصادفات جاده‌ای به‌عنوان دوازدهمین عامل مرگ‌ومیر در جهان در سال ۲۰۱۹ شناخته شده است (WHO, 2023).

در کشور ما نیز، وقوع تصادفات جاده‌ای به‌عنوان دومین عامل مرگ‌ومیر بعد از تلفات ناشی از بیماری‌های قلبی به شمار می‌رود (هاشمی نظری و همکاران، ۱۳۹۵: ۲). همچنین ایران با دارا بودن بیش از ۱۹ میلیون اتومبیل و موتورسیکلت، دارای تعداد تلفات انسانی تقریبی ۲۴۰۰۰ نفر در هر سال می‌باشد (Shafabakhsh et al., 2017: 291). بنابراین، تلفات و آسیب‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از وقوع تصادفات جاده‌ای در کشور زیاد بوده و متأسفانه جامعه با مشکلات متعددی نظیر از بین رفتن اعضای خانواده و یا عزیزان، مصدومیت و معلولیت و آسیب‌های روانی و اقتصادی مواجه می‌باشد. تصادفات جاده‌ای می‌تواند به دلایلی نظیر بی‌احتیاطی، عدم دقت و خطای رانندگان، کیفیت پایین زیرساخت‌ها و ایمنی جاده‌ها، عدم وجود آگاهی نسبت به قوانین راهنمایی و رانندگی، ایمنی پایین وسایل نقلیه و همچنین وجود شرایط نامساعد اقلیمی و وقوع مخاطرات محیطی نظیر زمین‌لغزش رخ بدهد (Moslem et al., 2024: 2; Harantova et al., 2019: 123; Flugel et al., 2015: 2; Si et al., 2024: 2). بنابراین، آگاهی و شناخت نسبت به عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات و تلاش برای از بین بردن اثرات آن‌ها توسط برنامه‌ریزان حمل‌ونقل جاده‌ای می‌تواند نقش مهمی در کاهش وقوع تصادفات و خسارت‌های ناشی از آن‌ها داشته باشد.

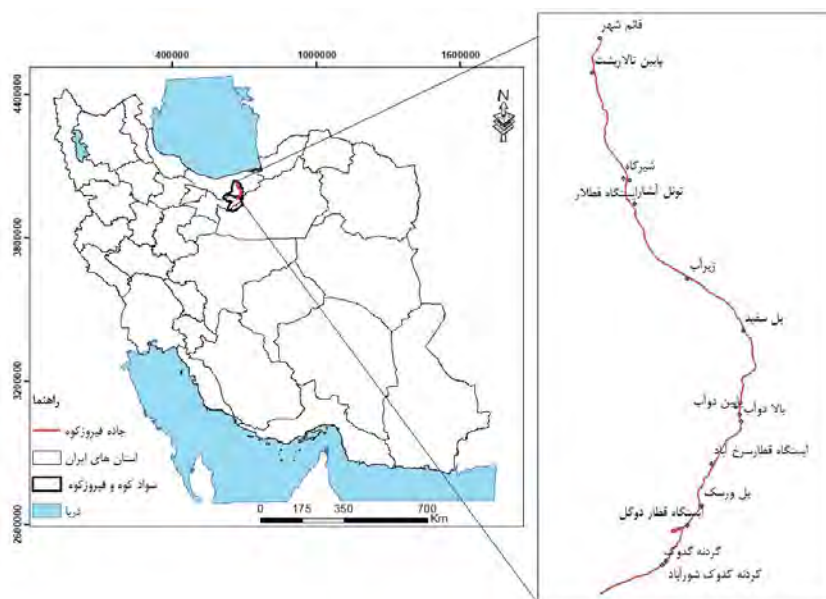
به‌منظور افزایش ایمنی شبکه راه‌ها و کاهش تعداد تصادفات، مطالعه و بررسی موقعیت تصادفات می‌تواند در شناسایی قسمت‌های خطرناک جاده‌ها و عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات، انجام برنامه‌ریزی مناسب جهت مدیریت شبکه راه‌ها، انجام اقدامات فنی و بهبود کیفیت جاده‌ها و همچنین افزایش آگاهی رانندگان مؤثر باشد. در این زمینه، فن‌آوری سامانه اطلاعات جغرافیایی^۱ می‌تواند جهت بررسی و مطالعه عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات و همچنین شناسایی مکان‌های خطرناک منجر به وقوع تصادفات جاده‌ای مورد استفاده قرار گیرد (Satria et al., 2016: 243). GIS با تجزیه و تحلیل داده‌های تصادفات با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی و آمار مکانی می‌تواند نقش مهمی در شناسایی الگوی توزیع تصادفات و همچنین شناسایی مکان‌های خطرناک در جاده‌ها داشته باشد (Tola et al., 2021: 2). استفاده از فن‌آوری GIS در بررسی ابعاد مکانی-زمانی الگوی توزیع تصادفات جاده‌ای می‌تواند نقش مؤثری در تحلیل چگونگی شکل‌گیری خوشه‌های تصادفات و انجام اقدامات لازم در جهت کم کردن وقوع تصادفات جاده‌ای داشته باشد. در این راستا، مطالعات متعددی جهت بررسی الگوی توزیع تراکم تصادفات و پیدایش خوشه‌های تصادفات جاده‌ای با استفاده از GIS و شاخص‌های آمار مکانی انجام شده

است (Wu et al., 2022:1511; Dereli et al., 2017: 106). به عنوان نمونه، مسکویتلا و همکاران^۱ (۲۰۲۲) با استفاده از قابلیت‌های GIS و تحلیل‌های آمار مکانی به بررسی توزیع تراکم تصادفات در ارتباط با عوامل انسانی و محیطی در شهر لیسبون پرداخته و مناطق حادثه‌خیز را شناسایی کرده‌اند. همچنین، نگوریا و همکاران^۲ (۲۰۲۳)، با استفاده از GIS و ترکیب آمار مکانی با الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مکان‌های خطرناک حادثه‌خیز را در منطقه ستوبال در کشور پرتغال شناسایی کردند. در مطالعه‌ای دیگر، سن روی و همکاران^۳ (۲۰۱۶)، الگوی توزیع وسایل نقلیه را با استفاده از شاخص‌های آمار مکانی در قسمت میامی-دادی فلوریدا بررسی کرده و مناطق با تراکم بالای تصادفات را شناسایی کردند.

در این زمینه، تحقیق ارائه‌شده در نظر دارد مناطق خطرناک جاده فیروزکوه را از نظر وقوع مکانی-زمانی تصادفات با استفاده از روش‌های تحلیل الگوهای نقطه‌ای و آمار مکانی در بستر GIS بررسی و شناسایی کند. به عنوان نمونه، از شدیدترین تصادفات به وقوع پیوسته در این محور می‌توان به تصادف اتوبوس زائران با ۹ خودرو در شهریور ۱۴۰۲ در منطقه بعد از تونل دوگل اشاره کرد که در آن ۵ نفر فوت و ۲۹ نفر مصدوم شده‌اند. از جنبه‌های نوآورانه این پژوهش، بررسی الگوی مکانی-زمانی تراکم تصادفات و همچنین شناسایی مناطق خطرناک با استفاده از روش تحلیل مکانی-زمانی نقاط حاد می‌باشد. شناسایی الگوی توزیع مکانی-زمانی تراکم و پراکنش نقاط حاد حادثه‌خیز می‌تواند در جهت بهبود کیفیت و ایمنی جاده و همچنین فراهم کردن خدمات امدادی به هنگام وقوع تصادفات جاده‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

محدوده مورد مطالعه

استان مازندران در به دلیل وجود دریای خزر و ارتفاعات البرز دارای آب‌وهوای معتدل همراه با ریزش فراوان انواع نزولات جوی می‌باشد (محمدپور زیدی و همکاران، ۱۳۹۸). استان مازندران به دلیل برخورداری از جاذبه‌های توریستی متعدد نظیر دریای خزر، جنگل‌های هیرکانی و کوه دماوند یکی از مهم‌ترین مقاصد گردشگری در کشور می‌باشد. در این زمینه، دسترسی به استان مازندران از طریق ۳ جاده فیروزکوه (سوادکوه)، هراز و کندوان (چالوس) مقدور می‌باشد که در طول سال از حجم تردد و ترافیک بالایی برخوردار می‌باشند. بر اساس آمار مرکز مدیریت راه‌های کشور، تعداد ۲۴۵۵۷۷ وسیله نقلیه در تاریخ ۳ فروردین ۱۴۰۲ وارد استان مازندران شده‌اند. همچنین بر اساس آمار مرکز مدیریت راه‌های کشور، مازندران رتبه دوم وجود وسایل نقلیه با پلاک مبدأ از تهران و کرج را از تاریخ ۲۴ اسفند ۱۴۰۱ تا ۱۵ فروردین ۱۴۰۲ به خود اختصاص داده است. در این بین، جاده فیروزکوه به شماره ۷۹ (شکل ۱)، از کریدورهای اصلی مواصلاتی کشور بوده که به دلیل ترانزیتی بودن و همچنین اتصال پایتخت به استان مازندران از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. علاوه بر این، تنوع جاذبه‌های طبیعی و توریستی در امتداد جاده نظیر پل ورسک، آبشار ورسک، دریاچه شورمست و انواع پارک‌های جنگلی موجب شده تا حجم قابل‌ملاحظه‌ای از گردشگران از این جاده استفاده کنند. جاده فیروزکوه، طولانی‌ترین جاده اتصالی تهران به مازندران بوده (۲۴۷ کیلومتر) که در طول مسیر از شهرهایی نظیر بومهن، دماوند، فیروزکوه، پل سفید، شیرگاه عبور کرده و به قائم‌شهر ختم می‌شود. این جاده از حجم ترافیک کمتری نسبت به محورهای هراز و کندوان برخوردار بوده و در بیشتر روزهای سال، مورد استفاده وسایل نقلیه سنگین جهت جابجایی کالاها مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱. موقعیت جاده فیروزکوه در استان مازندران

حجم بالای تردد مسافران، افراد بومی و استفاده ترانزیتی از این جاده و در کنار عواملی همچون خطاهای رانندگان، وجود شرایط نامساعد اقلیمی و همچنین ریزش قطعات سنگی از عوامل مؤثر در وقوع تصادفات در این جاده می‌باشند. در این زمینه، آمار تصادفات توسط پایگاه‌های امداد و نجات جمعیت هلال‌احمر ایران در امتداد محور فیروزکوه جمع‌آوری شده‌اند که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است که شامل اطلاعاتی از قبیل موقعیت مکانی و زمان وقوع تصادفات، تعداد افراد فوتی و مصدوم در بازه زمانی از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای سال ۱۴۰۱ می‌باشد.

روش پژوهش

در این پژوهش با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی و آمار مکانی موجود در بستر GIS، الگوی توزیع مکانی-زمانی تصادفات در محور فیروزکوه مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا، الگوی توزیع تراکم مکانی-زمانی تصادفات با استفاده از تابع تخمین تراکم کرنل^۱ مورد ارزیابی قرار گرفته و در ادامه با استفاده از روش تحلیل نقاط حادثه^۲ الگوی مکانی-زمانی خوشه‌بندی تصادفات بر اساس شاخص Gi^* (Getis et al., 1992:194) بررسی و مناطق حاد حادثه‌خیز شناسایی شده است.

تابع تخمین تراکم کرنل

به‌منظور برآورد توزیع تراکم تصادفات در امتداد جاده فیروزکوه تابع تخمین تراکم کرنل (Silverman, 1986: 8) مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش، شمارش تعداد تصادفات در واحد سطح می‌تواند به‌منظور ارزیابی شدت تراکم مورد استفاده قرار بگیرد. بدین منظور، از رابطه ۱ برای محاسبه آن استفاده می‌شود:

$$f(X) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n \frac{k(x-X_i)}{h} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، h فاصله نقاط تصادفات از همدیگر برای مقادیر $h > 0$ متغیر تصادفات، X_i میانگین، $x - X_i$ نشان‌دهنده

1. Kernel density estimation

2. Hot spot analysis

فاصله بین نقاط تصادفات در نظر گرفته شده و نقطه تصادف و n تعداد تصادفات می باشد. تابع تخمین کرنل، یک پنجره متحرک با تغییرات تدریجی در انحناى سطوح آن، بر روی کلیه نقاط تصادفات اعمال کرده که نتایج آن به صورت نقشه‌هایی با منحنی‌های هموار نشان داده می‌شود. مقدار تراکم در روی موقعیت مکانی تصادفات، بیشترین بوده و با افزایش فاصله کاهش پیدا می‌کند. در این پژوهش، موقعیت مکانی تصادفات در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱ در امتداد محور فیروزکوه با استفاده از تابع تراکم کرنل در مقیاس سالانه و مجموع سال‌های آماری موردبررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

تحلیل نقاط حاد

روش تحلیل نقاط حاد برای شناسایی خوشه‌های مکانی تصادفات در جاده فیروزکوه استفاده شده است. در این روش، علاوه بر شناسایی قسمت‌های خطرناک جاده از نظر وقوع تصادفات، سطوح اطمینان و معنی‌داری آماری الگوی توزیع خوشه‌ای^۱ و یا تصادفی^۲ سوانح جاده‌ای مشخص می‌شود. در این زمینه، شاخص تحلیلی خودهمبستگی مکانی -Getis- Ord G_i^* (Getis et al., 1992:194) بر اساس رابطه ۲ مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{\sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2}{n-1}}} \quad \text{رابطه ۲}$$

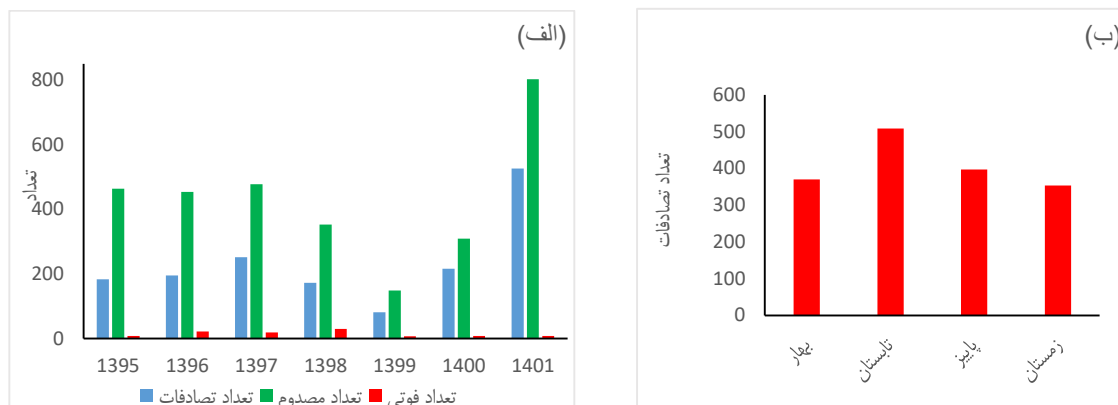
که در آن G_i^* شاخص Getis-Ord G_i^* ، n تعداد رخدادهای نقطه‌ای، $w_{i,j}$ پارامتر تعیین وزن بین رخدادهای نقطه‌ای i و j ، x_j ارزش ویژگی رخداد نقطه‌ای j و n تعداد کل رخداد می‌باشد. در استفاده از این شاخص، مقادیر Z -score، P -value و G_i -bin تعیین‌کننده سطوح اطمینان و معنی‌داری آماری الگوی توزیع پدیده‌های جغرافیایی می‌باشند. مقدار Z -score مثبت و بزرگ که در آن مقدار P -value مرتبط، کوچک می‌باشد، وجود مناطق حاد^۳ و شکل‌گیری خوشه‌های مکانی را نشان می‌دهد. مقدار Z -score منفی و کوچک که در آن مقدار P -value مرتبط، بزرگ می‌باشد، عدم وجود مناطق حاد^۴ را نشان می‌دهد. مقدار Z -score صفر و یا نزدیک به آن، نشان‌دهنده توزیع تصادفی (Random) پدیده‌های جغرافیایی می‌باشد. در این تحقیق، موقعیت مکانی تصادفات با استفاده از روش تحلیل نقاط حاد و برآورد شاخص Getis-Ord G_i^* برای شناسایی قسمت‌های خطرناک جاده فیروزکوه استفاده شده است. در این زمینه، علاوه بر شناسایی خوشه‌های مکانی-زمانی تصادفات در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱، الگوی کلی توزیع خوشه‌های مکانی بر اساس مجموع تعداد تصادفات در این بازه زمانی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

یافته‌ها

نتایج و تحلیل آماری-توصیفی تصادفات در امتداد جاده فیروزکوه

بررسی داده‌های تصادفات جاده فیروزکوه نشان می‌دهد که از ۱۶۲۵ تصادف رخ داده در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱، بیشترین تعداد در سال ۱۴۰۱ و کمترین آن در سال ۱۳۹۹ به ترتیب با ۵۲۶ و ۸۱ تصادف می‌باشد (شکل ۲). کاهش تعداد تصادفات در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ نسبت به سال‌های ماقبل آن (۱۳۹۵-۱۳۹۷) و همچنین مابعد آن (۱۴۰۰-۱۴۰۱) می‌تواند مرتبط با بحران اپیدمی کرونا و محدودیت‌های منع سفر باشد (شکل ۲ الف).

1. Cluster
2. Random
3. Hot spot
4. Cold spot

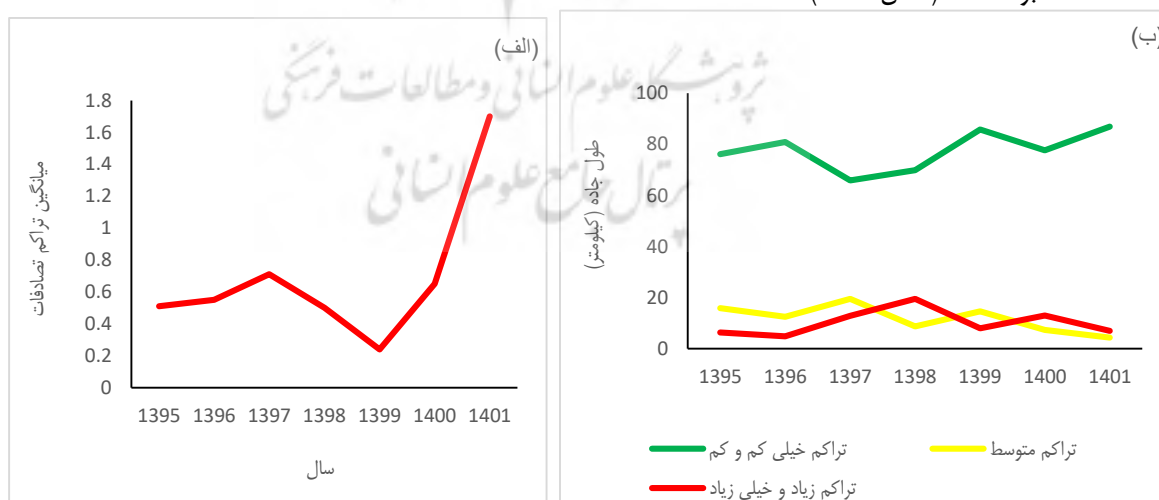


شکل ۲. آمار تصادفات سالانه و فصلی در جاده فیروزکوه در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱

همچنین در این بازه زمانی، در اثر تصادفات ۳۰۰۸ نفر مصدوم و ۲۰۲ نفر فوت شده‌اند. بیشترین تعداد مصدومین (۸۰۲ نفر) منطبق با بیشترین تعداد تصادفات در سال ۱۴۰۱ می‌باشد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که فصول تابستان و زمستان با ۵۰۸ و ۳۵۳ تصادف، به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد تصادفات در جاده فیروزکوه را شامل می‌شوند (شکل ۲ ب). فراوانی بالای تصادفات در تابستان می‌تواند به دلیل استفاده گردشگران از جاده فیروزکوه برای گذراندن تعطیلات در استان مازندران باشد. با این حال، نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه بر روی تعداد تصادفات در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱ نشان می‌دهد که اختلاف معناداری بین میانگین وقوع تصادفات در فصل‌های مختلف وجود ندارد ($P\text{-value} > 0.05$).

الگوی توزیع مکانی-زمانی تراکم تصادفات جاده‌ای

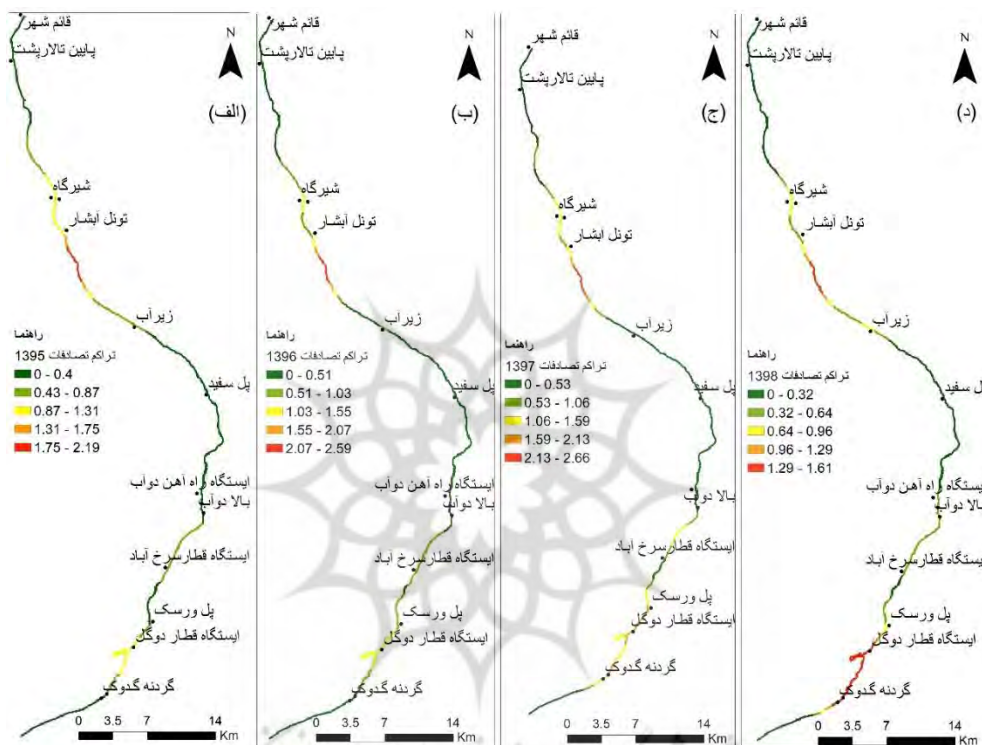
نتایج حاصل از روش تخمین تراکم کرنل جهت بررسی تراکم تصادفات در محور فیروزکوه در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار میانگین تراکم تصادفات در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ و کمترین آن در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ بوده است (شکل ۳ الف).



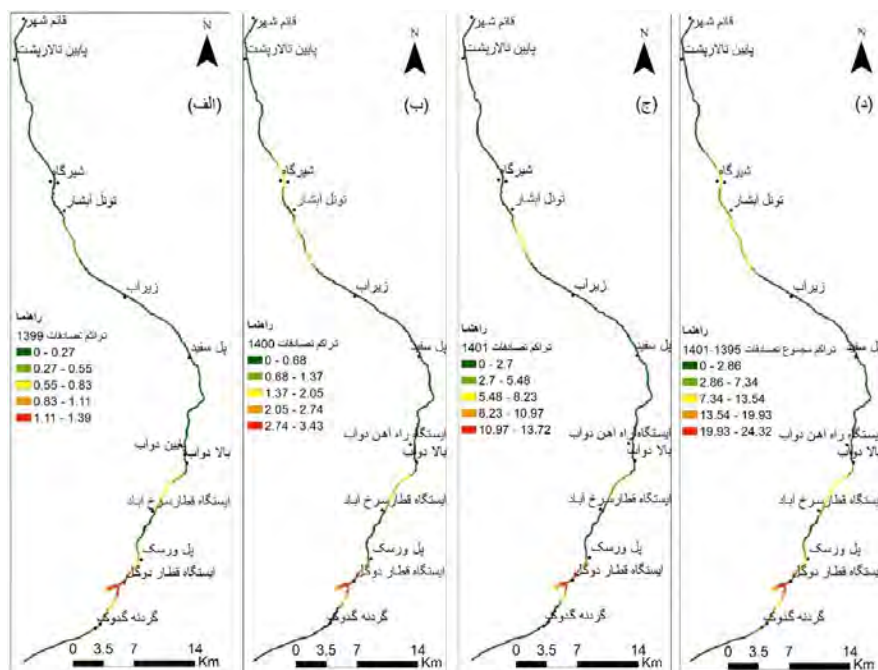
شکل ۳. تغییرات میانگین تراکم تصادفات (الف) و طول جاده (ب) در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱

همچنین، الگوی توزیع تراکم تصادفات در محور فیروزکوه، نشان‌دهنده تغییرپذیری مکانی-زمانی تراکم تصادفات و همچنین طول جاده در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱ می‌باشد (شکل‌های ۳ ب، ۴ الف-د و شکل‌های ۵ الف-ج). علاوه بر این،

منطقه‌های ایستگاه قطار دوگل و بعد از تونل آبشار با دارا بودن بیشترین تراکم تصادفات، خطرناک‌ترین قسمت‌های جاده در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱ می‌باشند (شکل ۵ د). الگوی توزیع مکانی-زمانی تراکم تصادفات در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مشابه هم بوده که در آن، منطقه بعد از تونل آبشار بیشترین تراکم تصادفات را به خود اختصاص داده و در تمامی سال‌های بازه زمانی ۷ ساله به‌استثنای سال ۱۳۹۹، به‌عنوان خطرناک‌ترین منطقه شناسایی شده است (شکل‌های ۴ الف-د، شکل‌های ۵ الف-ج). همچنین الگوی توزیع مکانی-زمانی تراکم تصادفات از سال ۱۳۹۹ به بعد نشان‌دهنده تراکم بالای تصادفات در منطقه ایستگاه قطار دوگل می‌باشد که تا سال ۱۴۰۱ همچنان خطرناک‌ترین قسمت جاده نیز شناخته شده است (شکل‌های ۵ الف-ج).



شکل ۴. الگوی توزیع مکانی-زمانی تراکم تصادفات جاده‌ای در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۸



شکل ۵. الگوی توزیع تراکم تصادفات در بازه زمانی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ (الف - ج) و همچنین الگوی کلی تراکم تصادفات در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱ در جاده فیروزکوه (د)

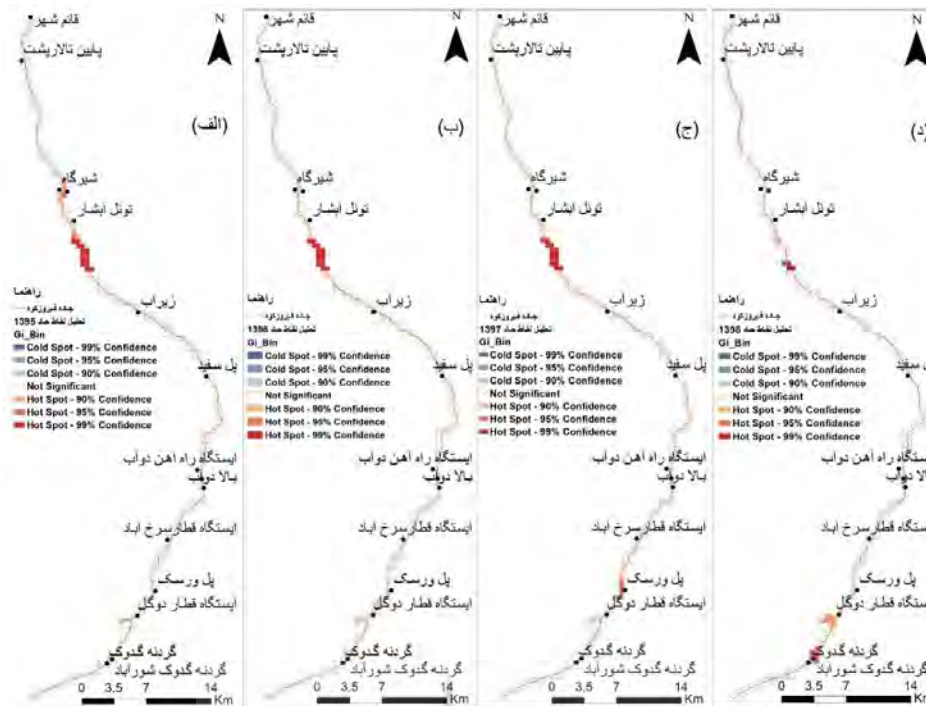
الگوی توزیع مکانی-زمانی نقاط حاد خطرناک در جاده فیروزکوه

در روش تحلیل نقاط حاد، دو خوشه تصادفات در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱ در منطقه‌های بعد از تونل آبشار و ایستگاه قطار دوگل در جاده فیروزکوه با مقدار میانگین $Z\text{-score} = 2/32$ ، مقدار میانگین $P\text{-value} = 0/05$ و سطوح اطمینان ۹۰ تا ۹۹ درصد شناسایی شده است (شکل ۷ د و جدول ۱). طول جاده در این خوشه‌ها حدود ۱۱ کیلومتر بوده که شامل ۴۶٪ مجموع تصادفات در این بازه زمانی می‌باشد (جدول ۱).

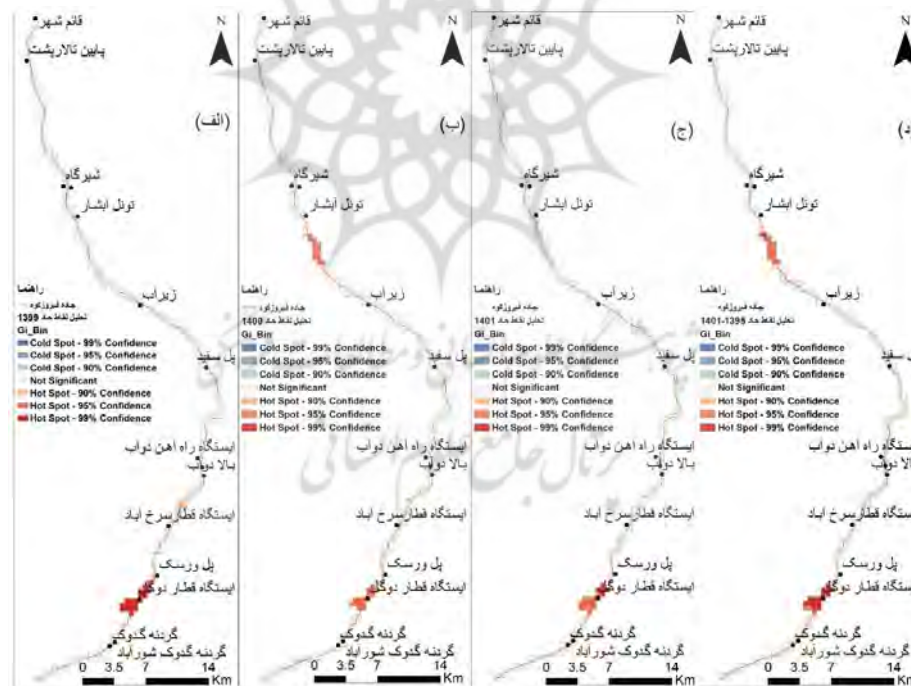
جدول ۱. مقادیر آماری تحلیل نقاط حاد در جاده فیروزکوه در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۹

سال	میانگین $P\text{-value}$	میانگین $Z\text{-score}$	تعداد خوشه تصادف	طول جاده در خوشه تصادف (کیلومتر)	درصد تصادفات در خوشه تصادف
۱۳۹۵	۰/۰۰۱	۳/۷۰	۲	۷/۰۰	۳۰
۱۳۹۶	۰/۰۰۱	۲/۷۹	۲	۴/۱۱	۲۱/۹۲
۱۳۹۷	۰/۰۰۲	۳/۵۱	۲	۶/۷۵	۲۶/۱۹
۱۳۹۸	۰/۰۰۱	۳/۴۴	۳	۷/۶۰	۲۱/۵۱
۱۳۹۹	۰/۰۰۲	۳/۷۶	۲	۸/۹۴	۳۴/۵۶
۱۴۰۰	۰/۰۰۲	۱/۹۹	۳	۱۰/۲۱	۶۶/۶۶
۱۴۰۱	۰	۲/۴۶	۱	۶/۹۹	۴۶
۱۳۹۵ - ۱۴۰۱	۰	۲/۳۲	۲	۱۰/۹۷	۴۷/۷۶

علاوه بر این، نتایج حاصل از تحلیل مکانی-زمانی سالانه نقاط حاد نیز نشان‌دهنده وجود خوشه‌های تصادفات در منطقه بعد از تونل آبشار در سال‌های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۴۰۰ (شکل‌های ۶ الف - د، شکل ۷ ب) و همچنین منطقه ایستگاه قطار دوگل در سال‌های ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ (شکل ۶ د، شکل‌های ۷ الف - ج) می‌باشد.

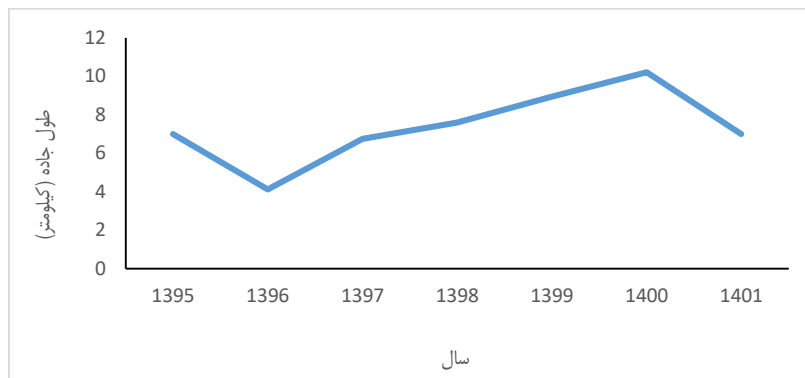


شکل ۶. خوشه‌های تصادفات شناسایی شده در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۸



شکل ۷. خوشه‌های تصادفات سالانه و کلی شناسایی شده در ۱۳۹۹-۱۴۰۱ (الف-د)

بررسی تغییرات سالانه طول جاده در خوشه‌های تصادفات شناسایی شده در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار طول جاده، ۱۰/۲۱۵ کیلومتر (سال ۱۴۰۰) و کمترین آن ۴/۱۱۸ کیلومتر می‌باشد (۱۳۹۶) (جدول ۱ و شکل ۸).



شکل ۸. طول جاده در خوشه‌های تصادف شناسایی شده در سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۱

علاوه بر شناسایی خوشه‌های تصادفات، مناطق با ریسک پایین وقوع تصادفات (Cold spot) در جاده فیروزکوه در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۱ شناسایی نشده است (Gi-bin < ۰) (شکل‌های ۶ الف-د، شکل‌های ۷ الف-د). در این خصوص، در حدود ۸۷ کیلومتر از جاده، الگوی توزیع حوادث به صورت تصادفی بوده ($Gi-bin = 0$ ، $Z-score = -0.34$ و $P=0.05$ و $value > 0$) فاقد خوشه‌های تصادفات حاد و مناطق با ریسک پایین وقوع تصادفات می‌باشد.

بحث

دلایل وقوع تصادفات جاده‌ای در فصول مختلف می‌تواند متفاوت باشد بدین صورت که در کنار تأثیر خطاهای انسانی، نقش عوامل اقلیمی (عشقی چهار برج و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۳) و وقوع مخاطرات محیطی در فصول مشخصی از سال نیز می‌تواند منجر به وقوع سوانح گردد (برنا و همکاران، ۱۳۹۰: ۸۱). در این زمینه، جاده فیروزکوه به دلیل ماهیت کوهستانی در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان متأثر از شرایط اقلیمی (بارندگی، مه آلودگی، برف و یخبندان) (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۵۳) و همچنین ریزش قطعات سنگی ناشی از شرایط زمین‌شناسی (نظیر سازند شمشک با ترکیب سنگ‌شناسی شیل و ماسه‌سنگ و رس) (وهاب‌زاده کبریا و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۳۵) شرایط خطرناکی را جهت حمل‌ونقل جاده‌ای دارد. همچنین، دلیل پایین بودن تراکم تصادفات در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ می‌تواند مرتبط با شیوع بیماری کرونا و محدودیت‌های اعمال‌شده در سفر باشد که با رفع این محدودیت‌ها از سال ۱۴۰۰، مجدداً تراکم تصادفات با روند صعودی در سال ۱۴۰۱ به بیشترین مقدار خود رسیده است (شکل ۳ الف). به‌منظور کاهش سوانح در مناطق با تراکم تصادفات بالا و خوشه‌های تصادفات شناسایی‌شده، می‌بایستی علل بروز تصادفات در آن‌ها موردبررسی قرار گیرد. در این رابطه، خطاهای رانندگان می‌تواند با انجام اقدامات آموزشی، فرهنگی و همچنین هشدار دهی نسبت به وجود این مناطق خطرناک کاهش پیدا کند. در این زمینه، حضور پلیس، اعمال دقیق قوانین و استفاده از دوربین‌های کنترل سرعت می‌تواند مؤثر باشد (اکبری غیبی و همکاران، ۱۴۰۲: ۳۷). همچنین، بررسی شرایط هندسی و توپوگرافیکی جاده به‌عنوان عاملی مؤثر در وقوع حوادث (حق‌شناس و همکاران، ۱۳۹۸: ۱) در خوشه‌های تصادفات شناسایی‌شده و انجام اقدامات عمرانی می‌تواند سبب کاهش سوانح گردد. علاوه بر این، مطالعه انجام‌شده در این جاده در ارتباط با نقش شرایط اقلیمی در بروز تصادفات نشان داده است که شرایط اقلیمی نظیر بارندگی، بارش برف و یخبندان و مه آلودگی نقش مؤثری در وقوع تصادفات دارند (فرج زاده و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۵۳؛ فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۵). همچنین، با توجه به ماهیت کوهستانی جاده فیروزکوه، وقوع مخاطرات محیطی نظیر ریزش قطعات سنگی و زمین‌لغزش می‌تواند نقش مؤثری در بروز سوانح جاده‌ای داشته باشد (Simone, 2020: 653). در این زمینه، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش (یمانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۱)

در امتداد این جاده و همچنین انجام راهکارهای لازم جهت تثبیت ناپایداری دامنه‌ها (صالحی و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۲) می‌تواند نقش مؤثری در جلوگیری از وقوع سوانح ناشی از آن‌ها داشته باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت استراتژیک جاده فیروزکوه به دلایل ترانزیتی، اتصال پایتخت به استان مازندران و همچنین استفاده در صنعت توریسم جهت دسترسی به جاذبه‌های گردشگری استان مازندران، می‌بایستی شرایط مطلوب ایمنی حمل‌ونقل در آن فراهم گردد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از GIS و روش‌های تحلیلی آمار مکانی می‌تواند نقش مؤثری در بررسی الگوی توزیع مکانی-زمانی تصادفات در جاده‌ها داشته باشد که با نتایج به‌دست‌آمده در تحقیقات جهانگیر و همکاران (۱۳۹۹)، عفتی و همکاران (۱۳۹۹)، درلی و همکاران (۲۰۱۷)، شفافخش و همکاران (۲۰۱۷)، وو و همکاران (۲۰۲۱) و تولا و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد. جنبه نوآورانه این تحقیق تأکید بر بررسی الگوی تغییرپذیری مکانی-زمانی تراکم و توزیع نقاط حاد تصادف در محور فیروزکوه و در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۵ می‌باشد. در این زمینه، میانگین شدت تراکم تصادفات، الگوی افزایشی مکانی را در این بازه زمانی نشان می‌دهد. علاوه بر این، قسمت‌های با تراکم بالای تصادفات و همچنین شکل‌گیری خوشه‌های تصادفات در مناطق بعد از تونل آبشار و ایستگاه قطار دوگل در جاده فیروزکوه شناسایی شده است. از جنبه کاربردی، مناطق با تراکم بالای تصادفات و مناطق حاد حادثه‌خیز می‌توانند جهت مطالعه و بررسی دلایل وقوع تصادفات، برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیمات آگاهانه و همچنین فراهم آوردن خدمات امدادسانی توسط سازمان‌های مسئول مورد استفاده قرار بگیرند. در این زمینه، انجام اقدامات فنی و عمرانی و بهبود کیفیت زیرساخت جاده، استفاده از علائم راهنمایی و رانندگی در مناطق با تراکم بالای تصادفات جاده‌ای، اجرای دقیق قوانین، استفاده از ابزارها و فن‌آوری‌های هوشمند نظیر سنسورهای راداری و افزایش سطح آموزشی و فرهنگی مسافران می‌تواند نقش مؤثری در کاهش تعداد سوانح داشته باشد. علاوه بر این، فراهم آوردن امکاناتی نظیر ایجاد و استقرار پایگاه‌های امداد و نجات در نزدیکی خوشه‌های تصادفات شناسایی شده می‌تواند نقش مؤثری در مدیریت بحران حوادث جاده‌ای داشته باشد.

حامی مالی

این پژوهش، هیچ‌گونه حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل پژوهش، به‌صورت برابر، مشارکت داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و همچنین انتشار این مقاله، ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان، از تمامی عزیزانی که در انجام این پژوهش و نیز بهتر شدن کیفیت آن، یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را ابراز می‌دارند.

منابع

برنا، رضا و واحد پور، غلامعباس. (۱۳۹۰). بررسی نقش مدیریت مخاطرات طبیعی در کنترل سوانح و تصادفات جاده‌ای مورد مطالعه: محور کرج - چالوس. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱ (۳)، ۹۲-۸۱.

- بهبهانی، حمید؛ عفتی، میثم و مرتضایی، سمانه. (۱۳۹۹). ارائه روشی جهت تحلیل شدت تصادفات راه‌های برون‌شهری مبتنی بر توابع خوشه‌بندی مکانی و داده‌کاوی به روش درخت تصمیم، محور مورد مطالعه: آزادراه قزوین-لوشان. نشریه مهندسی عمران/میرکبیر، ۵۲ (۶)، ۱۴۱۹-۱۴۳۸. <https://doi.org/10.22060/ceej.2019.15376.5903>
- خرمی، زهرا؛ هاشمی نظری، سید سعید و قدیرزاده، محمدرضا. (۱۳۹۵). اپیدمیولوژی مرگ‌های ناشی از سوانح جاده‌ای. مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۴ (۴)، ۲۱۷-۲۲۴.
- سیلاخوری، زهرا؛ وهاب‌زاده کبریا، قربان و پورقاسمی، حمیدرضا. (۱۳۸۳). تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل بیزین (مطالعه موردی: بخشی از حوضه آبخیز تالار، استان مازندران). پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۳ (۲)، ۱۴۰-۱۲۲. <http://dori.net/dor/20.1001.1.22517812.1402.13.2.7.1>
- صالحی، محسن؛ صفامهر، مجید؛ نصری، مسعود و بور، حسین. (۱۳۹۶). تأثیر زمین‌لغزش بر ایمنی راه‌ها و مناطق روستایی در ایران و راهکارهای پادارسازی آن‌ها (مطالعه موردی: زمین‌لغزش‌های محور ناغان-سد کارون ۴). فصلنامه مسکن و محیط روستا، ۱۵۸، ۷۷-۸۸.
- صیدیایی، اسکندر؛ جهانگیر، ابراهیم؛ دارابخانی، رسول و پناهی، علی. (۱۳۹۹). شناخت نقاط حادثه‌خیز محورهای استان البرز با استفاده از روش تخمین تراکم کرنل. پژوهش‌های جغرافیایی/انسانی، ۵۲ (۳)، ۹۵۱-۹۳۹. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2019.232146.1007447>
- عبداللهی، رقیه؛ حق‌شناس، حسین و ریخته‌گران، ریحانه. (۱۳۹۸). مدل‌سازی هم‌زمان تأثیر عوامل هندسی، توپوگرافی و دسترسی راه در تصادفات راه‌های برون‌شهری با عامل سازی و رگرسیون خطی تعمیم‌یافته (مطالعه موردی: راه‌های استان کرمان). فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل، ۱۱ (۴۲)، ۲۰-۱. <https://dori.net/dor/20.1001.1.20086598.1398.11.1.1.1>
- فرج‌زاده اصل، منوچهر؛ قلی‌زاده، محمدحسین و ادبی فیروزجایی، عظیم. (۱۳۸۹). تحلیل فضایی تصادفات جاده‌ای با رویکرد مخاطرات اقلیمی مطالعه موردی: محور کرج - چالوس. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴۲ (۳۷)، ۵۱-۳۷.
- فرج‌زاده اصل، منوچهر و کرمی، شهرام. (۱۳۸۴). تحلیل درباره تصادفات جاده‌ای و رویکرد اقلیمی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی: جاده فیروزکوه - ساری. مدرس علوم انسانی-برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱ (۳۸)، ۱۶۷-۱۵۱.
- محمّدپور زیدی، علی؛ علیجانی، بهلول؛ سلیقه، محمد و گرامی، محمدصالح. (۱۳۹۸). تحلیل فضایی بارش استان مازندران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۵۲)، ۲۰-۱. <http://dori.net/dor/20.1001.1.22287736.1398.19.52.5.1>
- نظم‌فر، حسین؛ عشقی چهاربرج؛ علی؛ علوی، سعیده و جسارتی، علی. (۱۳۹۶). تحلیل پراکنش تصادفات جاده‌ای منجر به فوت با رویکرد اقلیمی مطالعه موردی: استان اردبیل. فصلنامه علمی-پژوهشی/اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۶ (۱۰۳)، ۹۷-۸۳. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2017.28895>
- نعمتی، هادی و اکبری غیبی، رضا. (۱۴۰۲). بررسی علل مؤثر بر ایجاد تصادفات رانندگی در نقاط حادثه‌خیز درون‌شهری و ارائه راهکارهایی جهت کاهش آن (محور مطالعاتی محدوده بلوار امام حسین (ع) تا چهارراه نواب شهرستان ابهر). عمران و پژوهش، ۵ (۴)، ۲۸-۳۹. <https://dori.net/dor/20.1001.1.2676511.1402.5.4.2.7>
- یمانی، مجتبی؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ گورایی، ابوالقاسم و رحمتی، مریم. (۱۳۹۳). تعیین مرز پهنه‌های خطر زمین‌لغزش در مسیر آزادراه خرم‌آباد - پل زال با روش تحلیل سلسله مراتبی - فازی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۴ (۲۳)، ۴۴-۳۷.

References

- Abdolahi, R., Haghshenas, H., & Rikhtehgaran, R. (2019). Modeling of the impact of geometric design, topography and road access in rural road accidents by factor analysis and generalized linear regression (Case study: Ways of Kerman Province). *Journal of Transportation Engineering*, 42, 1-20. [In Persian].
- Alwash, M., Savarimuthu, B. T. R., & Parackal, M. (2021). Mining brand value propositions on Twitter: Exploring the link between marketer-generated content and eWOM outcomes. *Social Network Analysis and Mining*, 11(1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s13278-021-00790-8>

- Assaker, G., & O'Connor, P. (2021). eWOM platforms in moderating the relationships between political and terrorism risk, destination image, and travel intent: The case of Lebanon. *Journal of Travel Research*, 60(3), 503–519. <https://doi.org/10.1177/0047287520922317>
- Behbahani, H., Effati, M., & Mortezaie, S. (2020). Providing a method for accident severity analysis using geospatial clustering functions and decision tree, case study: Qazvin-Loshan freeway. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 52 (6), 1419-1438. [In Persian].
- Borna, R., & Vahedpour, Gh. (2011). Investigating the role of natural hazards management in order to control road accidents, case study: Karaj-Chalous road. *Journal of regional planning*, 5, 81-92. [In Persian].
- Chabowski, BR., & Mena, JA. (2017). A review of global competitiveness research: Past advances and future directions. *Journal of International Marketing*, 25(4), 1–24. <http://dx.doi.org/10.1509/jim.16.0053>
- Chance Scott, M., Sen Roy, S., & Prasad, S. (2016). Spatial patterns of off-the-system traffic crashes in Miami–Dade County, Florida, during 2005–2010. *Traffic injury prevention*, 17(7), 729-735. <https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1144878>
- Dereli, M. A., & Erdogan, S. (2017). A new model for determining the traffic accident black spots using GIS-aided spatial statistical methods. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 103, 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.05.031>
- Farajzadeh Asl, M., & Karami, SH. (2005). Analyzing road accidents with climatic approach in GIS, Firoozkough-Sari Road. *Human sciences and space planning*, 1(38), 151-167. [In Persian].
- Farajzadeh Asl, M., Gholizadeh, MH., & Adabi Firozjai. (2010). Spatial analysis of accidents with climatic hazards approach, Case study: Karaj-Chalous road. *Physical Geography Research*, 42(37), 37-51. [In Persian].
- Flügel, S., Rizzi, L. I., Veisten, K., Elvik, R., & de Dios Ortúzar, J. (2015). Car drivers' valuation of landslide risk reductions. *Safety Science*, 77, 1-9.
- Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical analysis*, 24(3), 189-206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>
- Harantová, V., Kubíková, S., & Rumanovský, L. (2019). Traffic accident occurrence, its prediction and causes. In *Development of Transport by Telematics: 19th International Conference on Transport System Telematics*, February 27–2 March, Poland, 123-136.
- Khorrami, Z., Hashemi Nazari, S & Ghadirzadeh, M. (2016). An Epidemiology study of deaths from road traffic accidents. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*, 4(4), 217-224. [In Persian].
- Mesquitela, J., Elvas, L. B., Ferreira, J. C., & Nunes, L. (2022). Data Analytics Process over Road Accidents Data—A Case Study of Lisbon City. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(2), 1-18. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020143>
- Mineo, S. (2020). Comparing rockfall hazard and risk assessment procedures along roads for different planning purposes. *Journal of Mountain Science*, 17(3), 653-669. <https://doi.org/10.1007/s11629-019-5766-3>
- Mohammadpourzeidi, A., Alijani, B., Saligheh, M., & Gerami, MS. (2019). Spatial analysis of precipitation in Mazandaran province. *Journal of Applied Researches in Geophysical Sciences*, 52, 1-20. [In Persian].
- Moslem, S., Farooq, D., Esztergár-Kiss, D., Yaseen, G., Senapati, T., & Deveci, M. (2024). A novel spherical decision-making model for measuring the separateness of preferences for drivers' behavior factors associated with road traffic accidents. *Expert systems with applications*, 238, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122318>
- Namati, H., & Akbari Gheibi, R. (2023). Investigating the Causes of Traffic Accidents in Urban Accident-Prone Areas and Providing Solutions to Reduce Them (Study axis from Imam Hossein Boulevard to Navab Crossroad, Abhar City). *Civil and Project*, 5(4), 28-39. [In Persian].
- Nazmfar, H., Eshghei Char Borj, A., Alavi, S, & Jesarati, A. (2017). Spatial analysis of road accidents resulting in death approach to climate, Case study: Ardabil Province. *Journal of*

- Geographical Data (SEPEHR)*, 26(103), 83-97. [In Persian].
- Nogueira, P., Silva, M., Infante, P., Nogueira, V., Manuel, P., Afonso, A., ... & Gois, P. (2023). Learning from Accidents: Spatial Intelligence Applied to Road Accidents with Insights from a Case Study in Setúbal District, Portugal. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(3), 1-13. <https://doi.org/10.3390/ijgi12030093>
- Salehi, M., Safamehr, M., Nasri, M., & Boor, H. (2017). Landslide impact on safety of road and rural regions in Iran and stability solutions, Case study: Landslides of Nghan- Karoun Dam 4. *Journal of Housing and Village Environment*, 158, 77-88. [In Persian].
- Satria, R., & Castro, M. (2016). GIS tools for analyzing accidents and road design: a review. *Transportation research procedia*, 18, 242-247. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.033>
- Seydai, SE., Jahangir, E., Darabkhani, R., & Panahi, A. (2020). Recognizing the Eventful points of the axes of Alborz province using the kernel density method. *Human Geography Research*, 52(3), 939-951. [In Persian].
- Shafabakhsh, G. A., Famili, A., & Bahadori, M. S. (2017). GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 4(3), 290-299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2017.05.005>
- Silakhori, Z., Vahabzadekebriya., Gh. & Poorghasemi, HR. (2023). Landslide Susceptibility Mapping using Bayesian Model: A Case Study of some Regions of Talar Watershed, Mazandaran Province. *Environmental Erosion Research Journal*, 13(2), 122-140. [In Persian].
- Silverman, B. W. (2018). Density estimation for statistics and data analysis. Routledge.
- Tola, A. M., Demissie, T. A., Saathoff, F., & Gebissa, A. (2021). Severity, spatial pattern and statistical analysis of road traffic crash hot spots in Ethiopia. *Applied Sciences*, 11(19), 1-18. <https://doi.org/10.3390/app11198828>
- W.H.O. (2015). Global Status Report on Road Safety.
- W.H.O. (2023). Global Status Report on Road Safety.
- Wang, Q., Zhao, Y., Li, L., Kong, L., & Si, W. (2024). Influence of Snowy and Icy Weather on Vehicle Sideslip and Rollover: A Simulation Approach. *Sustainability*, 16(2), 1-30. <https://doi.org/10.3390/su16020888>
- Wu, P., Meng, X., & Song, L. (2022). Identification and spatiotemporal evolution analysis of high-risk crash spots in urban roads at the microzone-level: Using the space-time cube method. *Journal of Transportation Safety & Security*, 14(9), 1510-1530. <https://doi.org/10.1080/19439962.2021.1938323>
- Yamani, M., Shamsipoor, AA., Gooraei, A. & Rahmati, M. (2014). Identifying the boundaray of landslide hazard zonations in frreway of Khorram Abad-Zal Bridge using AHP approach. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 23, 27-44. [In Persian].