Emergency Management, Vol. 14, No. 1, pp: 129-147

Analyzing the Spatial Pattern of Road Crashes in the Cities of Mazandaran Province

Jalal Samia

Assist. Prof., Dept. of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences and Human, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. (Corresponding Author) j.samia@umz.ac.ir

https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.1.6.4

Original Paper

Occurrence of road crash and its negative socio-economic consequences are one of the main concerns in the crisis manegment of road safety.The purpose of this research is to investigate the spatial pattern of road accidents in the cities of Mazandaran province. In this context, Kernel density estimation was used to analyze the spatial pattern observed in the number of accidents, injury and death related to road crashes in the period of 2020-2021 collected by by the relief and resecue stations of Red Cresent Society of Mazandaran province. Results of statistical analysis indicate that the number of accidents, injury and death have increased from 2020 to 2021 with with the number of 71%, 68% and 53% respectively. Analyzing the seasonal distribution of road accidents show that summer with 2845 and the spring with 1752 had the most and least number of accidents. Also, Friday and Thursday had 28% more accidents than Saturday and Sunday in the cities of mazandaran in years of 2020-2021. The results of Kernel density estimation indicate that the spatial pattern of accident density has been formed in Chalus with density of 4.03 and in cities of Babolsar, Fereydunkenar, Savadkuh and Behshahr with density of 2.15. Also, the spatial pattern of injury density shaped in Chalus city with the amount of 59.36, and spatial pattern of death density has been found in Chalus and Amol with density of 0.03, and in the cities of Tonekabon, Behshahr, Nur, Nowshahr and Savadkuh with the density amount of 0.02. The location of Mazandaran province along with different types of touristic attractions, the availability of mountainous transportation networks connecting the capital to the North, and also increased traffic volume and congestions in the roads after lifting the Corona pandemic restrictions can play important role in increasing the likelihood of road accidents. The results of this research can be used for road safety planning and improving the emergency rescue services in the cities of Mazandaran province.

Keywords:
Kernel Density, Road Safety, Spatial Pattern, Accident, Cities of Mazandaran.

OPEN ACCESS

Received: Dec. 16, 2024
Revised: Jan. 26, 2025
Accepted: Feb. 17, 2025

To cite this article:
Samia, J. 2025. Analyzing the spatial pattern of road crashes in the cities of Mazandaran province, *Emergency Management*, 14(1), 129-147.
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.1.6.4.

Use your device to scan and read the article online

© The Author(s).
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

مدیریت بحران، دوره ۱۴، شماره ۱، صفحه: ۱۴۷-۱۲۹

تحلیل الگوی مکانی تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران

جلال سمیعا

استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران (نویسنده مسئول) j.samia@umz.ac.ir

مقاله پژوهشی https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1404.14.1.6.4

چکیده

وقوع تصادفات جاده‌ای و عواقب اجتماعی-اقتصادی ناشی از آنها یکی از مهم‌ترین چالش‌های مدیریت بحران مرتبط با ایمنی جاده‌ها است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی الگوی مکانی توزیع تراکم تصادفات جاده‌ای در سطح شهرستان‌های استان مازندران است. بدین منظور، روش تخمین تراکم کرنل برای تجزیه‌وتحلیل الگوی مکانی توزیع تعداد تصادفات، تعداد افراد مصدوم و تلفات انسانی ناشی از سوانح جاده‌ای در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ جمع‌آوری‌شده توسط سازمان امداد و نجات جمعیت هلال‌احمر استان مازندران مورد استفاده قرارگرفته است. نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری نشان می‌دهد که تعداد تصادفات، تعداد مصدومیت و همچنین افراد فوت شده از سال ۱۴۰۰ به ۱۴۰۱ به‌ترتیب ۷۱٪، ۶۸٪ و ۵۳٪ افزایش پیداکرده است. تحلیل توزیع فصلی تعداد تصادفات جاده‌ای نشان می‌دهد که فصل تابستان با ۲۸۴۵ تصادف و فصل بهار با ۱۷۵۲ تصادف به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد وقوع سوانح جاده‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، در روزهای پنجشنبه و جمعه، تعداد وقوع تصادفات جاده‌ای در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، ۲۸٪ بیشتر از روزهای شنبه و یکشنبه در سطح شهرستان‌های استان مازندران بوده است. نتایج حاصل از تخمین تراکم کرنل نشان‌دهنده شکل‌گیری الگوی مکانی تراکم بالای تصادفات در شهرستان چالوس با تراکم تصادفات ۴/۰۳ و همچنین شهرستان‌های بابلسر، فریدون‌کنار، سوادکوه و بهشهر با تراکم تصادفات ۲/۱۵ است. همچنین، الگوی مکانی تراکم تصادفات منجر به مصدومیت در شهرستان چالوس با مقدار تراکم ۵۹/۳۶ و الگوی مکانی تصادفات منجر به فوت در شهرستان‌های چالوس و آمل با مقدار تراکم ۰/۰۳ و شهرستان‌های تنکابن، بهشهر، نور، نوشهر و سوادکوه با مقدار تراکم ۰/۰۲ شکل‌گرفته است. موقعیت استان مازندران همراه با انواع جاذبه‌های گردشگری، وجود جاده‌های کوهستانی ارتباطی پایتخت به استان مازندران و همچنین افزایش حمل‌ونقل جاده‌ای بعد از رفع محدودیت‌های دوران پاندمی کرونا، نقش مؤثری در افزایش احتمال وقوع سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران دارند. نتایج این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی ایمنی جاده‌ها و بهبود عملیات امداد و نجات به هنگام وقوع سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های مازندران مورداستفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی:
تراکم کرنل، ایمنی جاده، الگوی مکانی، تصادف، شهرستان‌های مازندران

دریافت: ۱۴۰۳/۹/۲۶
اصلاح: ۱۴۰۳/۱۱/۷
پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
سمیعا، ج.، ۱۴۰۴، تحلیل الگوی مکانی تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران. مدیریت بحران، ۱۴(۱)، ۱۴۷-۱۲۹
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23453915.1403.13.4.1.8

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

© The Author(s).
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

تصادفات جاده‌ای یکی از مهم‌ترین دلایل وقوع مرگ‌ومیر، مصدومیت و آسیب‌های اقتصادی-اجتماعی در جهان است. افزایش جمعیت و گسترش تولید انواع وسایل نقلیه، نیازمند توسعه متوازن شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای و درعین‌حال ایمن در راستای رفاه اقتصادی و اجتماعی جوامع بشری است. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO[1])، تقریباً ۱۱۹ میلیون نفر در سال ۲۰۲۱ در جهان در اثر تصادفات جاده‌ای جان خود را ازدست‌داده‌اند [۱].

با تلفات انسانی ۱۳۵ میلیون نفر در سال در مقیاس جهانی، خسارات اقتصادی ناشی از وقوع سوانح جاده‌ای، ۳ تا ۵ درصد تولید ناخالص داخلی کشورها را شامل می‌شود [۲]. علاوه بر این، ۹۰٪ تصادفات جاده‌ای در کشورهای درحال‌توسعه به وقوع می‌پیوندد [۳] که شامل دلایل متعددی از قبیل عدم وجود شبکه‌های حمل‌ونقلی ایمن، سطح آگاهی و دانش پایین و عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی است. بیشتر تصادفات جاده‌ای به دلایلی همچون طراحی نادرست هندسی جاده‌ها، مدیریت ناکارآمد ترافیک و حمل‌ونقل جاده‌ای، بی‌احتیاطی و خطاهای رانندگان، عدم آگاهی و همچنین عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی به وقوع می‌پیوندد [۴].

کشور ایران نیز بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی، با نرخ فوتی ۲۰ در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت در رتبه ۱۱۳ از ۱۷۵ کشور جهان واقع شده که نشان‌دهنده شرایط نامناسب رانندگی در کشور است. بر اساس اطلاعات ارائه‌شده توسط سازمان پزشکی قانونی کشور، در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۲ در سطح استان‌های کشور، ۸۴۲۱۳ نفر جان خود را در اثر وقوع تصادفات جاده‌ای ازدست داده‌اند [۵]. همچنین در سال ۱۴۰۲ ۲۰۰۴۵ نفر در اثر سوانح جاده‌ای در سطح استان‌های کشور فوت کرده‌اند [۵].

ازآنجایی‌که وقوع بسیاری از سوانح جاده‌ای، توزیع مکانی خوشه‌ای را نشان می‌دهد [۶]، شناسایی الگوهای مکانی توزیع تصادفات می‌تواند نقشی مؤثر در شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات جاده‌ای و همچنین فراهم آوردن شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای ایمن ایفا نماید. در این زمینه، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS[2]) با قابلیت‌هایی نظیر طراحی بانک اطلاعات مکانی و توصیفی تصادفات به وقوع پیوسته و نمایش گرافیکی مکان‌های تصادفات، تحلیل‌های مکانی، آمار مکانی و تحلیل الگوهای پدیده‌های نقطه‌ای می‌تواند در راستای شناسایی الگوهای مکانی تصادفات جاده‌ای مورداستفاده قرار گیرد [۷، ۸، ۹].

مطالعات متعددی در جهان در ارتباط با بررسی الگوی مکانی تصادفات جاده‌ای در مقیاس محلی[3] انجام‌شده است که در آنها عمدتاً تصادفات در امتداد راه‌های یک شهر و یا یک محور مواصلاتی در GIS مورد بررسی قرارگرفته است [۱۰، ۱۱، ۱۲]. در کشور نیز بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه تحلیل مکانی تصادفات جاده‌ای با تأکید بر انجام مطالعات در مقیاس محلی بوده که در آن تصادفات جاده‌ای با استفاده از GIS و تحلیل‌های مکانی در محدوده یک شهر و یا یک جاده در مقیاس محلی انجام‌شده است [۱۳، ۱۴، ۱۵].

استفاده از GIS در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک جاده‌ای در مقیاس ناحیه‌ای[4]، امکان بررسی توسعه شبکه راه‌ها، بهبود شرایط ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای، شناخت قسمت‌های

[1] World Health Organization

[2] Georaphical Information System

[3] Local Scale

[4] Regional Scale

حادثه‌خیز، مکان‌یابی بهینه استقرار پایگاه‌های امداد و نجات حوادث جاده‌ای و تدوین قوانین و مقررات راهنمایی رانندگی را فراهم می‌آورد. در این زمینه، شناخت، آگاهی و ارائه تصویر و تحلیل کلی از الگوی توزیع مکانی تصادفات جاده‌ای در مقیاس ناحیه‌ای می‌تواند در راستای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک جاده‌ای مورداستفاده قرار گیرد. با این‌حال، بررسی الگوی مکانی تصادفات جاده‌ای در مقیاس ناحیه‌ای موردتوجه کمتری قرار گرفته و مطالعات کمی در این زمینه صورت پذیرفته است. به‌عنوان نمونه در کشور، تجزیه‌وتحلیل آماری تصادفات جاده‌ای در استان‌های گلستان [۱۶] و تهران [۱۷] انجام‌شده است.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی الگوی مکانی توزیع تراکم تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران با استفاده از GIS و تحلیل‌های مکانی است. آگاهی و شناخت نسبت به توزیع مکانی مناطق با تراکم بالای تصادفات می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک شهری در مقیاس ناحیه‌ای، شناسایی مناطق مستعد وقوع تصادفات و همچنین اتخاذ روش‌های فنی، قانونی و استفاده از معیارهای احتیاطی و پیشگیرانه در ارتباط با مناطق با تراکم بالای تصادفات مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت ایمنی شبکه‌های حمل‌ونقل در ارتباط با سلامت جوامع بشری، در این قسمت به روش‌های مورداستفاده در شناسایی الگوهای مکانی تصادفات جاده‌ای پرداخته و نمونه‌هایی از مطالعات انجام‌شده در این زمینه ذکر خواهد شد.

۲-۱- تحلیل مکانی تصادفات جاده‌ای

تحلیل‌های مکانی برای بررسی موقعیت جغرافیایی تصادفات جاده‌ای، نقشه‌برداری مکان وقوع تصادفات و نمایش گرافیکی آنها در امتداد شبکه‌های حمل‌ونقل، شناسایی الگوهای خوشه‌ای توزیع تصادفات و استفاده از مدل‌های مکانی به‌منظور بررسی نقش عوامل مؤثر در وقوع تصادفات و انجام اقدامات پیشگیرانه، احتیاطی و عمرانی مؤثر در کاهش وقوع تصادفات مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷، ۸]. در این زمینه، GIS با دارا بودن قابلیت‌های انجام انواع تحلیل‌های مکانی می‌تواند برای مدیریت ترافیک و سوانح جاده‌ای و در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با برنامه‌ریزی حمل‌ونقل جاده‌ای مورداستفاده قرار گیرد.

تحلیل‌های مکانی تصادفات جاده‌ای در GIS عمدتاً در چهار گروه طبقه‌بندی می‌شوند [۱۸]: الف) نمایش گرافیکی موقعیت مکانی تصادفات؛ ب) شناسایی الگوهای خوشه‌ای توزیع تصادفات؛ ج) تحلیل عوامل مؤثر بر وقوع تصادفات جاده‌ای؛ د) تحلیل پایگاه کلان داده‌های مکانی مرتبط با تصادفات جاده‌ای.

برداشت اطلاعات مرتبط با موقعیت مکانی تصادفات جاده‌ای با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی[1] (GPS) توسط سازمان‌های مسئول نظیر پلیس راهنمایی و رانندگی، پایگاه‌های امداد و نجات و اورژانس سوانح جاده‌ای و استفاده از روابط توپولوژیکی موجود در GIS نظیر آنالیز همپوشانی و حریم‌گذاری می‌تواند در نمایش گرافیکی توزیع تصادفات در شبکه‌های حمل‌ونقل و همچنین نمایش ابعاد مکانی تصادفات مؤثر واقع شود. به‌عنوان نمونه، نتیک و همکاران (۲۰۱۸) به تحلیل اکتشافی تصادفات جاده‌ای با استفاده از نقشه‌های نمایش شدت (Heat maps) تهیه شده در GIS پرداختند و به

[1] Global Position System

نقش و اهمیت نمایش گرافیکی و جدولی داده‌های تصادفات با استفاده از تکنیک‌های کارتوگرافی در تهیه نقشه‌های نمایش شدت وقوع تصادفات به منظور استفاده در مدیریت بحران ناشی از سوانح جاده‌ای تأکید کردند.

مطالعه و بررسی الگوهای مکانی و زمانی تصادفات می‌تواند منجر به شناخت الگوی توزیع تراکم تصادفات و همچنین شناسایی مکان‌های خطرناک از نظر وقوع سوانح جاده‌ای شود که می‌تواند به‌عنوان اطلاعات‌پایه در برنامه‌ریزی ترافیک و حمل‌ونقل جاده‌ای و عملیات اورژانس و امداد و نجات مورداستفاده قرار بگیرد. در این زمینه، روش‌های تحلیل مکانی و آمار مکانی نظیر تخمین تراکم کرنل[1] (KDE)، تحلیل نقاط حادثه‌خیز[2] و استفاده از شاخص‌های آمار مکانی نظیر Moran's I و Getis-Ord Gi* به‌منظور بررسی الگوهای توزیع تراکم و خوشه‌بندی[3] تصادفات جاده‌ای مورد استفاده قرارگرفته‌اند [۲۰، ۲۱، ۲۲].

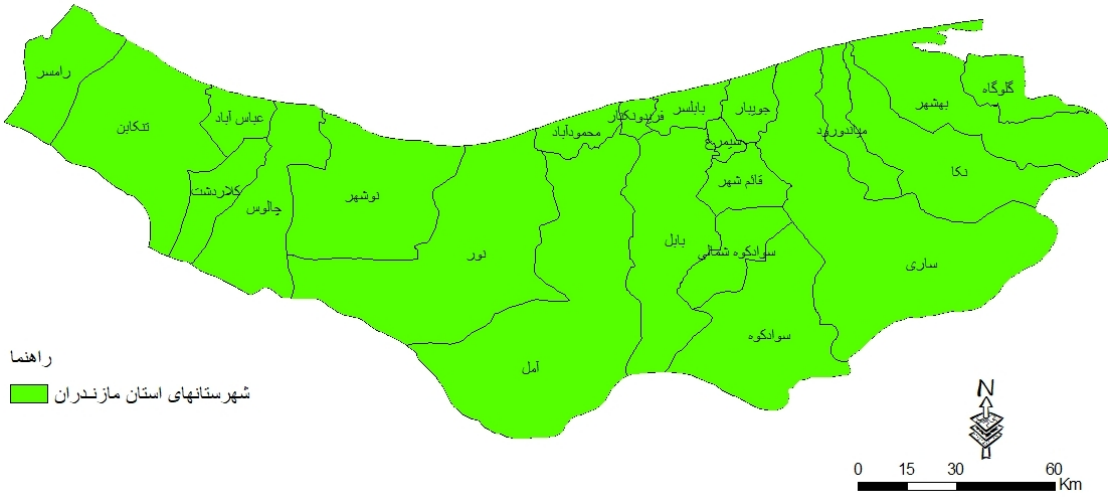
به‌عنوان‌مثال، جکسون و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از شاخص آماری Getis-Ord Gi* به بررسی الگوهای مکانی تصادفات به وقوع پیوسته در اثر بارندگی در ایالت تگزاس ایالات‌متحده آمریکا پرداختند و خوشه‌های مکانی تصادفات را با سطوح اطمینان مختلف شناسایی کردند. همچنین، سمیعا و همکاران [۱۳] با استفاده از شاخص‌های آمار مکانی تخمین تراکم کرنل و تحلیل نقاط حاد حادثه‌خیز در بستر GIS، مناطق خطرناک در جاده هراز ازنظر تراکم و شکل‌گیری خوشه‌های مکانی تصادفات جاده‌ای را بررسی و سه قسمت از جاده هراز را به‌عنوان مکان‌های با پتانسیل بالای وقوع تصادفات شناسایی کردند.

علاوه بر این، بررسی ارتباط بین عوامل مؤثر در وقوع سوانح جاده‌ای نظیر خطاهای انسانی، شرایط آب و هوایی و وقوع مخاطرات محیطی با موقعیت جغرافیایی تصادفات که در آنها تراکم شدت بالا بوده و منجر به تشکیل خوشه‌های مکانی تصادفات شده می‌تواند در راستای اقدامات پیشگیرانه، احتیاطی و آموزشی برای کم کردن تعداد و اثرات وقوع سوانح جاده‌ای مورداستفاده قرار گیرد.

در این زمینه، پرلز و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی نقش عوامل آب و هوایی در وقوع تصادفات جاده‌ای با استفاده از GIS در کشور فنلاند پرداخته و بر افزایش تعداد وقوع سوانح جاده‌ای در فصل زمستان در اثر پارامترهای آب و هوایی تأکید کردند. در نمونه‌ای دیگر، یانگ و همکاران (۲۰۲۴) با تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در امتداد راه‌های استان سیچوان در کشور چین بر اهمیت در نظر گرفتن ریسک وقوع زمین‌لغزش‌ها در تهیه نقشه آسیب‌پذیری جاده‌ها و نقش آنها در ایمنی جاده به‌عنوان عاملی مؤثر در وقوع سوانح جاده‌ای تأکید کردند.

همچنین، اطلاعات مرتبط با جریان ترافیک جاده‌ای در کلان داده‌های مکانی با استفاده از روش‌های علم داده نظیر داده‌کاوی، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای پیش‌بینی الگوهای ترافیکی، مدیریت و کنترل ترافیک جاده‌ای و همچنین مدل‌سازی وقوع حوادث جاده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲۶، ۲۷، ۲۸]. در این زمینه، گنزالز و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از کلان داده جریان ترافیک و مدل پواسن به بررسی نقش تراکم ترافیک جاده‌ای بر روی وقوع تصادفات در ۱۰ شهر آمریکای لاتین پرداخته که نتایج تحقیق آنها نشان‌دهنده وجود یک رابطه مثبت غیرخطی بین تراکم ترافیک و وقوع تصادفات جاده‌ای است بدین‌صورت که ۱۰ درصد کاهش حجم و تأخیر ترافیک منجر به کاهش ۳/۴ درصدی وقوع تصادف می‌شود. ترکیب

[1] Kernel Density Estimation
[2] Hot Spot Analysis
[3] Clustering



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

مدل‌های آمار مکانی در GIS با داده‌های زمانی و در لحظه[1] همراه با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند منجر به مدل‌سازی و پیش‌بینی دقیق مکان‌های خطرناک حادثه‌خیز و کاهش ترافیک جاده‌ای، افزایش ایمنی حمل‌ونقل و کاهش وقوع تصادفات جاده‌ای شود [۱۲].

۳- روش تحقیق

در این پژوهش، الگوی مکانی وقوع تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران با استفاده از تحلیل‌های مرتبط با آمار مکانی در محیط GIS مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۱- منطقه موردمطالعه و داده‌ها

استان مازندران به مساحت تقریبی ۲۴۰۰۰ کیلومترمربع در شمال ایران، به دلیل واقع شدن در حاشیه جنوبی دریای خزر و نزدیکی به پایتخت دارای موقعیت استراتژیک جغرافیایی است. این استان با تراکم جمعیتی ۱۳۷/۷ در هر کیلومترمربع از متراکم‌ترین استان‌های کشور از نظر جمعیتی بوده [۳۰] و به دلیل قابلیت‌های کشاورزی، صنعتی و گردشگری از اهمیت زیادی در اقتصاد کشور برخوردار است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت استان ۳/۲۸۰/۵۸۲ نفر بوده و دارای ۲۲ شهرستان (شکل ۱) و ۵۸ نقطه شهری است.

به دلیل فراوانی وجود جاذبه‌های طبیعی و تاریخی، همواره استان مازندران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مقاصد گردشگری در کشور به شمار می‌آید و در تمامی ایام سال پذیرای مسافران بوده و به همین دلیل حجم ترافیک و تردد جاده‌ای در شبکه راه‌های استان مازندران در طول سال بالا است. به منظور تحلیل الگوی مکانی تصادفات جاده‌ای در استان مازندران، آمار تصادفات جاده‌ای به وقوع پیوسته در سطح استان مازندران که توسط سازمان امداد و نجات جمعیت هلال‌احمر در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ جمع‌آوری‌شده، مورداستفاده قرارگرفته است که در آن اطلاعاتی از قبیل موقعیت مکانی وقوع تصادفات، تاریخ و زمان وقوع حادثه، تعداد افراد مصدوم و فوت‌شده وجود دارد.

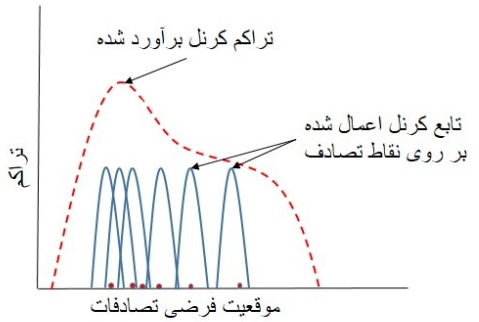
۳-۲- تحلیل تخمین تراکم کرنل

برای بررسی الگوی توزیع مکانی تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران از روش تحلیلی تخمین تراکم کرنل و GIS استفاده‌شده است.

[1] Real-Time

تخمین تراکم کرنل یکی از مهم‌ترین روش‌های تحلیل مکانی برای شناسایی الگوی توزیع تراکم تصادفات جاده‌ای به شمار می‌رود [۳۱]. در این روش، با استفاده از تابع کرنل، یک شعاع جستجو بر روی موقعیت مکانی تصادفات که به‌صورت گسسته است، اعمال‌شده و نتیجه آن به‌صورت سطوح پیوسته و هموار، همراه با قابلیت نمایش شدت تراکم تصادفات است [۳۲] (شکل ۲).

در این روش، شبکه‌ای از پیکسل‌ها بر روی منطقه موردمطالعه قرارگرفته و برای هر پیکسل، تراکم تصادفات با استفاده از مجموع همپوشانی سطوح تراکم واقع‌شده بر روی موقعیت مکانی نقطه‌ای تصادفات محاسبه و با تکرار این الگوریتم برای تمامی پیکسل‌ها، سطح پیوسته تراکم برای منطقه مورد ایجاد می‌شود [۳۳].



شکل ۲- توابع تراکم کرنل فرضی اعمال شده بر روی موقعیت تصادفات

برای محاسبه و تخمین تراکم تصادفات در روش تراکم کرنل از فرمول ذیل استفاده می‌شود:

$$f(x,y)=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{n\times 2\times \pi h^{2}}\times w_i\times k\left(d_i/h\right)$$

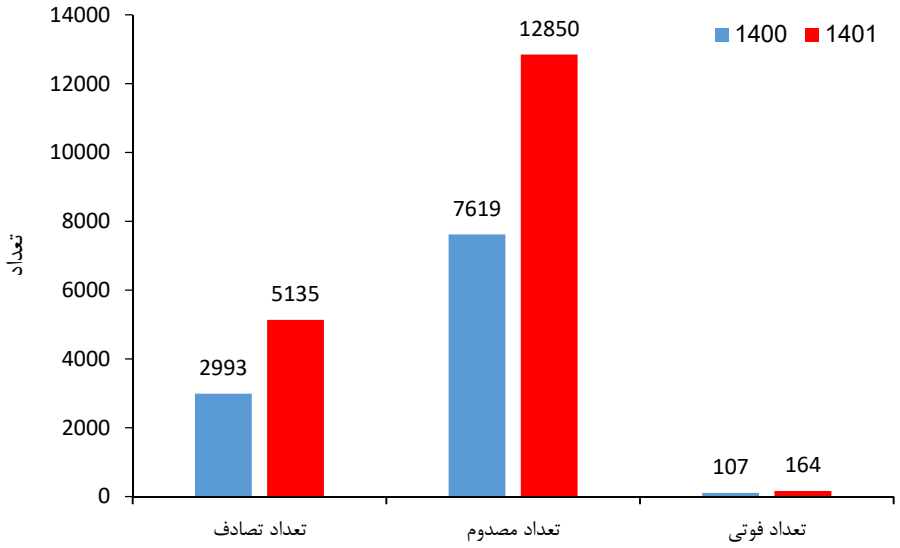
در این فرمول، f(x,y) تخمین تراکم در موقعیت تصادف (x,y)، n تعداد تصادفات، h پهنای باند جستجو، k تابع کرنل، di فاصله بین موقعیت تصادف (x,y) با سایر تصادفات و wi شدت تصادفات است. برای برآورد الگوی مکانی توزیع تراکم تصادفات در استان مازندران، موقعیت مکانی تصادفات به وقوع پیوسته در مقیاس شهرستان‌های استان مازندران در بازه زمانی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مورداستفاده قرارگرفته است. در این زمینه، با استفاده از روش تخمین تراکم کرنل، الگوی توزیع مکانی-زمانی تراکم تصادفات در هر یک از سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ و همچنین الگوی مکانی مجموع تصادفات در این بازه ۲ ساله موردبررسی قرارگرفته است.

علاوه بر این، الگوی مکانی توزیع تصادفات جاده‌ای منجر به مصدومیت و همچنین فوت نیز در مقیاس شهرستان‌های استان مازندران موردبررسی قرارگرفته است. تحلیل واریانس یک‌طرفه به منظور مقایسه میانگین تراکم تعداد تصادفات، تعداد مصدومیت و تعداد افراد فوت شده در اثر وقوع سوانح جاده‌ای در هر یک از سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ مورداستفاده قرارگرفته است. به‌منظور بررسی رابطه بین تراکم شبکه راه‌های موجود در سطح شهرستان‌های استان مازندران با تراکم تعداد تصادفات، تعداد مصدومیت و تعداد افراد فوت شده به‌دست‌آمده از روش تخمین تراکم کرنل، روش رگرسیون خطی مورد استفاده قرارگرفته است.

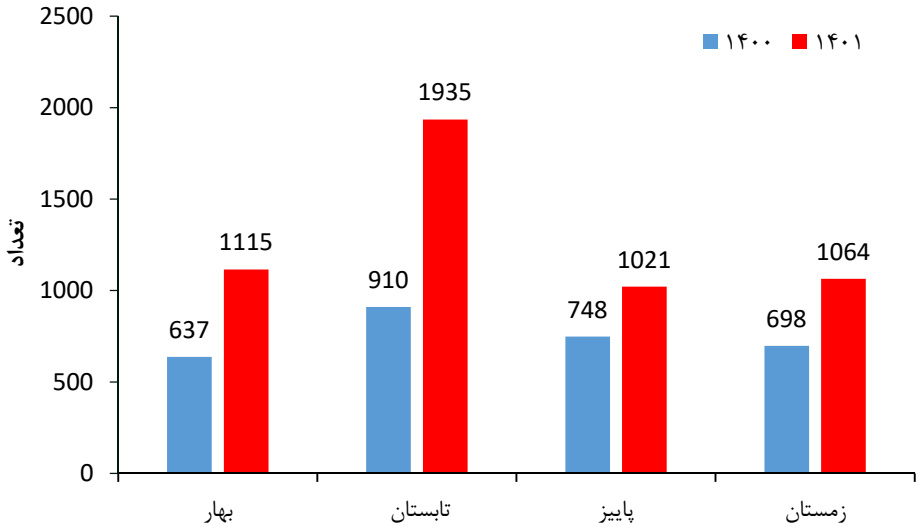
۴- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج آماری

در استان مازندران و در بازه دوساله ۱۴۰۱-۱۴۰۰، ۸۱۲۸ مورد تصادف به وقوع پیوسته که در آن ۲۰۴۶۹ نفر مصدوم و ۲۷۱ نفر فوت شده‌اند. وقوع تعداد تصادفات، تعداد افراد مصدوم و فوت شده به دلیل وجود محدودیت‌های مرتبط با جابجایی و حمل‌ونقل جاده‌ای در دوران بیماری کرونا [۱۳] در سال ۱۴۰۰، دارای روند صعودی در سال ۱۴۰۱ بوده که می‌تواند مرتبط با لغو سراسری محدودیت‌های این پاندمی در کشور



شکل ۳- آمار تصادفات جاده‌ای در استان مازندران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

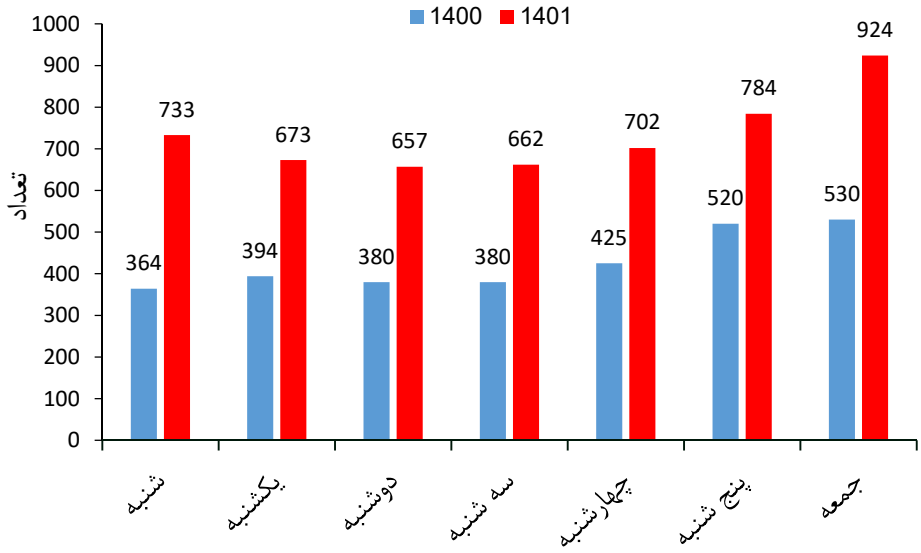


شکل ۴- توزیع روزانه تصادفات جاده‌ای در فصل‌های مختلف در استان مازندران در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

باشد (شکل ۳).

توزیع فصلی وقوع تصادفات جاده‌ای در استان مازندران نیز روندی صعودی را در فصل‌های مختلف سال ۱۴۰۰ به ۱۴۰۱ نشان می‌دهد که در آن بیشترین تعداد تصادفات (۲۸۴۵ مورد) در فصل تابستان رخداده است (شکل ۴). علت فراوانی بالای وقوع تصادفات جاده‌ای در فصل تابستان می‌تواند متأثر از موقعیت ممتاز گردشگری استان مازندران و همچنین ایام تعطیلات آموزشی در کشور باشد که موجب افزایش مسافرت، جریان ترافیک و تردد جاده‌ای و درنتیجه افزایش احتمال وقوع سوانح جاده‌ای می‌شود [۳۴].

علاوه بر این، توزیع روزانه وقوع تصادفات جاده‌ای در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد سوانح جاده‌ای در روزهای آخر هفته (چهارشنبه تا جمعه) رخداده که این روند در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ مشابه است (شکل ۵). در این بازه دوساله، در روز جمعه بیشترین تعداد تصادف رخداده (۱۴۵۴ مورد) و



شکل ۵- توزیع روزانه تعداد تصادفات جاده‌ای در استان مازندران در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

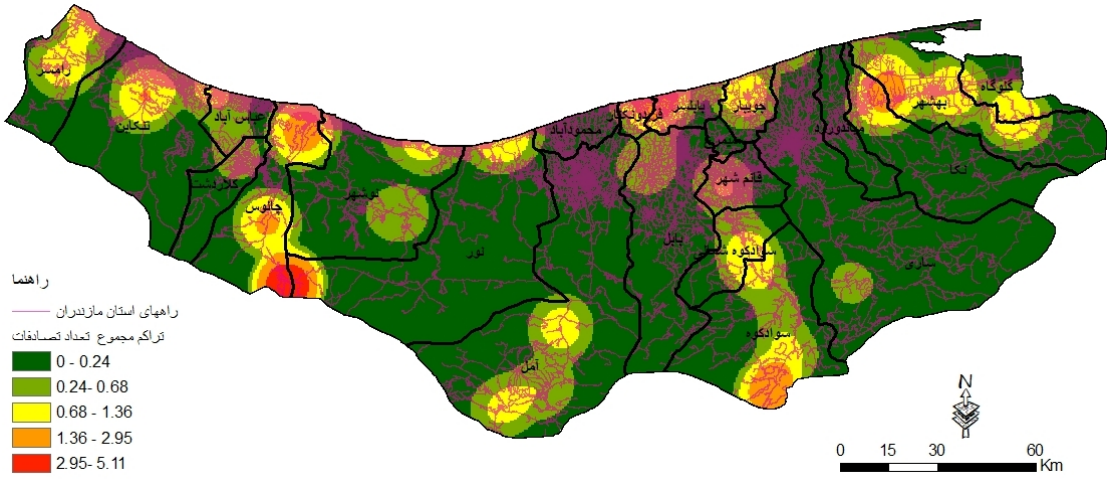
در روز دوشنبه کمترین تعداد تصادف (۱۰۳۷ مورد) رخ‌داده است. در این خصوص، تمایل افراد به استفاده از ایام تعطیلات آخر هفته برای جابجایی و بازدید از اماکن متعدد گردشگری در سطح استان مازندران می‌تواند در افزایش فراوانی وقوع سوانح جاده‌ای نقش داشته باشد. شهرستان‌های چالوس، سوادکوه و آمل در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به ترتیب با ۱۸۲۶، ۹۵۵ و ۶۰۵ مورد تصادف، بیشترین تعداد وقوع سوانح جاده‌ای را به خود اختصاص داده‌اند.

بیشترین تعداد مصدومان (۸۲۷۷ نفر) در حوادث جاده‌ای در شهرستان چالوس بوده و بیشترین تعداد فوتی در شهرستان آمل با ۴۴ مورد فوتی گزارش‌شده است. فراوانی بالای تعداد تصادفات، تعداد مصدومان و فوتی در شهرستان‌های چالوس، سوادکوه و آمل می‌تواند مرتبط با وجود محورهای مواصلاتی اصلی کندوان، سوادکوه و هراز باشد که در آن حجم بالای استفاده گردشگران و افراد بومی برای استفاده از مناطق توریستی استان و در حاشیه این جاده‌ها می‌تواند منجر به افزایش احتمال بروز خطاهای انسانی و درنتیجه افزایش وقوع سوانح جاده‌ای شود. علاوه بر این، شرایط آب و هوایی (بارندگی، مه‌گرفتگی و سقوط بهمن) [۱۴، ۳۵] و همچنین وقوع مخاطرات محیطی نظیر سیل و رانش زمین در این جاده‌های کوهستانی نیز می‌تواند در افزایش احتمال وقوع سوانح جاده‌ای نقش داشته باشد [۳۶].

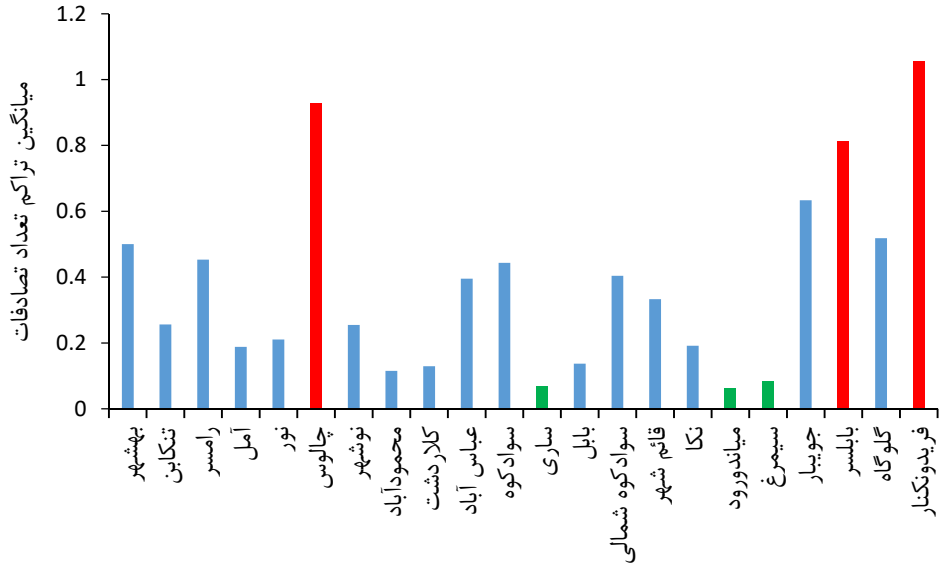
۴-۲- الگوی مکانی تصادفات در تحلیل تخمین تراکم کرنل

نتایج به‌دست‌آمده از اعمال تابع تخمین تراکم کرنل بر روی مجموع تصادفات رخ‌داده در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان‌دهنده الگوی تراکم مکانی بالای تصادفات در بعضی از شهرستان‌های استان مازندران است (شکل ۶). در این رابطه، الگوی توزیع مکانی تراکم تصادفات، شدت بالای تراکم تصادفات در شهرستان‌های چالوس، بابلسر، فریدون‌کنار، سوادکوه و بهشهر را نشان می‌دهد.

در این زمینه، احتمالاً حجم بالای مسافران و گردشگران به دلیل موقعیت گردشگری شهرستان‌های فریدون‌کنار، بابلسر و چالوس در ساحل دریای خزر و همچنین وجود جاده توریستی کندوان در شهرستان چالوس با ماهیتی کوهستانی همراه با شرایط آب و هوایی ویژه نظیر بارندگی و یخبندان و همچنین وقوع مخاطرات



شکل ۶- الگوی توزیع تراکم تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰



شکل ۷- میانگین تراکم تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰

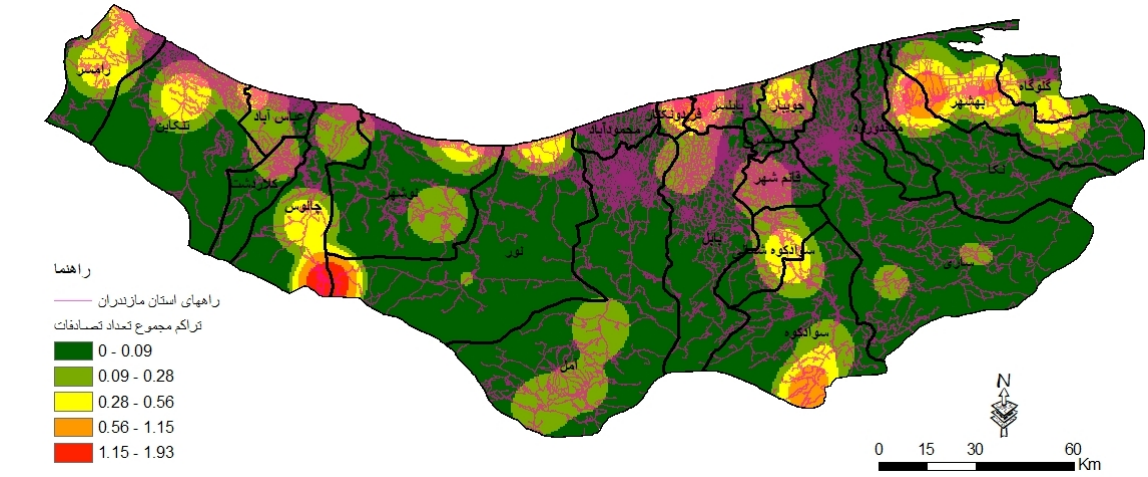
محیطی نظیر سیل و رانش کوه می‌تواند خطاهای انسانی مؤثر در وقوع تصادفات جاده‌ای را افزایش داده و منجر به فراوانی بالای تعداد تصادفات جاده‌ای شود. شهرستان سوادکوه نیز به دلیل وجود جاده استراتژیک فیروزکوه و اتصال پایتخت به مرکز مازندران و همچنین بهشهر به دلیل موقعیت گذار به استان‌های گلستان و خراسان رضوی احتمالاً دارای حجم بالای تردد جاده‌ای بوده که می‌تواند در افزایش وقوع سوانح جاده‌ای نقش داشته باشد.

تحلیل مکانی ناحیه‌ای در GIS نشان می‌دهد که فریدون‌کنار، چالوس و بابلسر به ترتیب با میانگین ۱/۰۵، ۰/۹۲ و ۰/۸۱ تعداد تصادف در هر کیلومترمربع دارای بیشترین مقدار تراکم تصادفات جاده‌ای و شهرستان‌های نکا، ساری و سیمرغ به ترتیب با میانگین ۰/۰۶، ۰/۰۶ و ۰/۰۸ تعداد تصادف در هر کیلومترمربع دارای کمترین مقدار تراکم تصادفات جاده‌ای در سطح شهرستان‌های استان مازندران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ می‌باشند (شکل ۷).

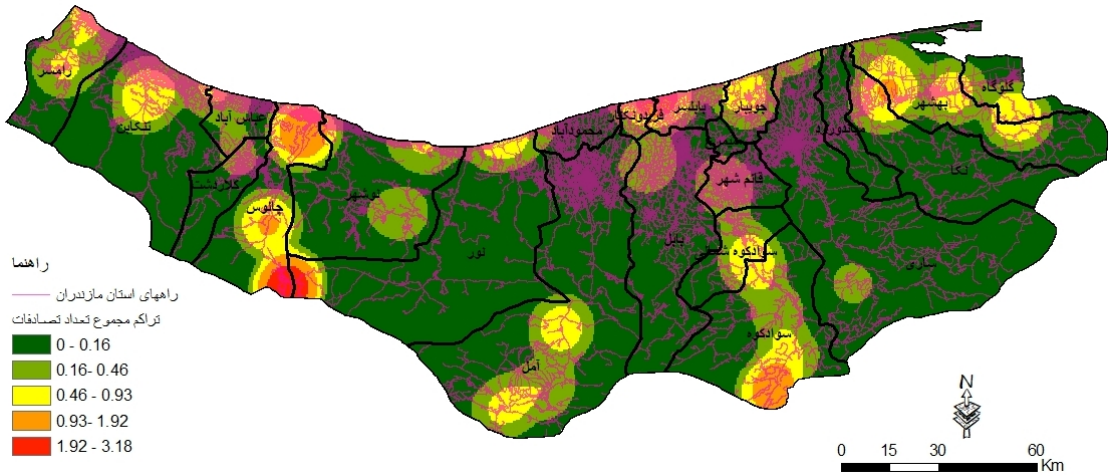
علاوه بر این، الگوی مکانی-زمانی تعداد تصادفات در هر یک از سال‌های از ۱۴۰۰ و

۱۴۰۱ نیز نشان‌دهنده تغییرپذیری شدت تراکم تصادفات جاده‌ای در قسمت‌هایی از شهرستان‌های استان است (شکل‌های ۸ و ۹). در این زمینه، شدت تراکم تعداد تصادفات در سال ۱۴۰۰ در شهرهای فریدون‌کنار، بابلسر و چالوس بالاترین مقدار بوده (به ترتیب با میانگین ۰/۴۱، ۰/۰۳ و ۰/۲۵) درحالی‌که در سال ۱۴۰۱ شهرستان چالوس دارای رتبه اول تراکم تعداد تصادفات (با میانگین ۰/۶۶) و فریدون‌کنار و بابلسر با میانگین ۰/۶۴ و ۰/۵۱ در رتبه‌های دوم و سوم قرارگرفته‌اند. همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر شد شهرستان‌های فریدون‌کنار، بابلسر و چالوس به دلیل وجود جاذبه‌های گردشگری جزء مقاصد اصلی مسافران در طول سال بوده که منجر به تردد بالای جاده‌ای و افزایش پتانسیل وقوع تصادفات جاده‌ای می‌شود.

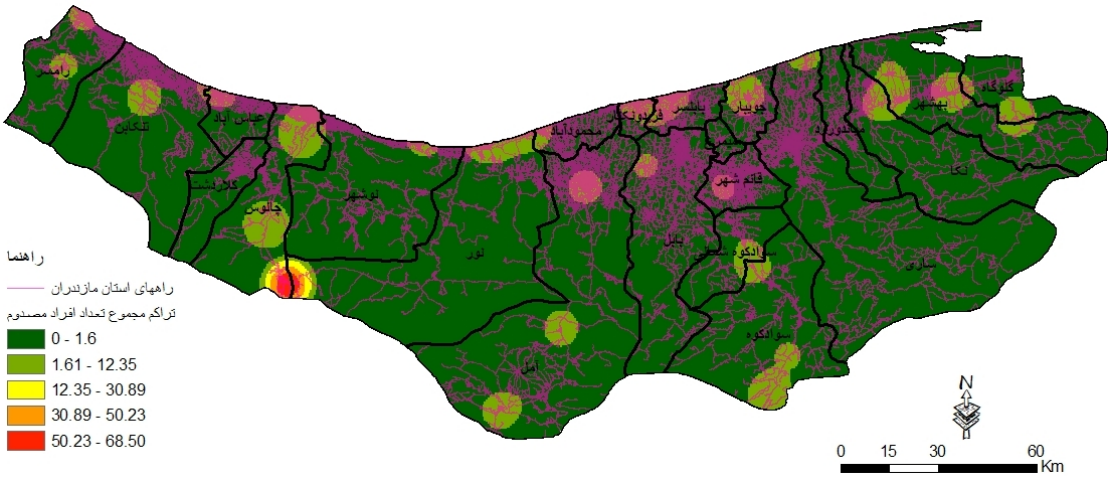
همچنین، نتایج حاصل از اعمال تابع تخمین تراکم کرنل بر روی تصادفات منجر به مصدومیت در بازه زمانی ۲ ساله ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان می‌دهد که الگوی مکانی تراکم تصادفات منجر به مصدومیت در شهرستان چالوس شکل‌گرفته است (شکل ۱۰).



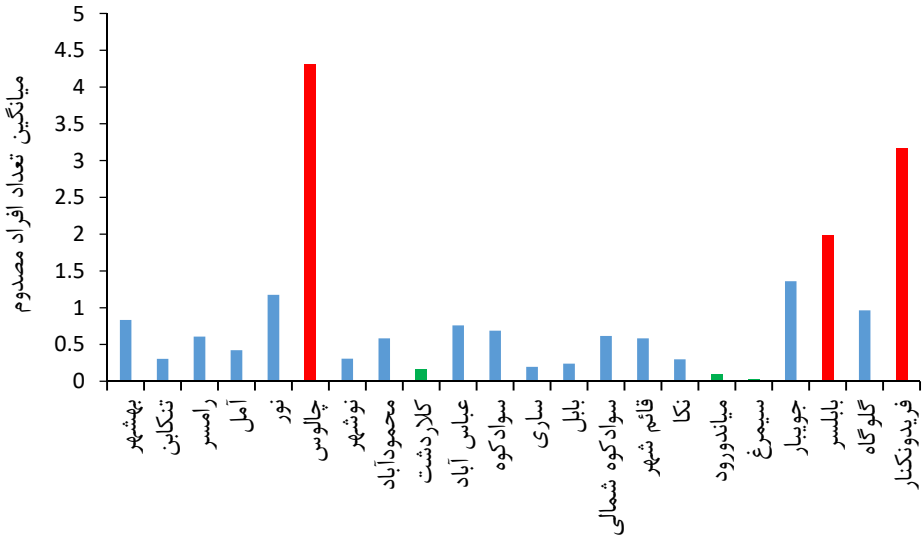
شکل ۸- الگوی مکانی توزیع تراکم تعداد تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در سال ۱۴۰۰



شکل ۹- الگوی مکانی توزیع تراکم تعداد تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در سال ۱۴۰۱



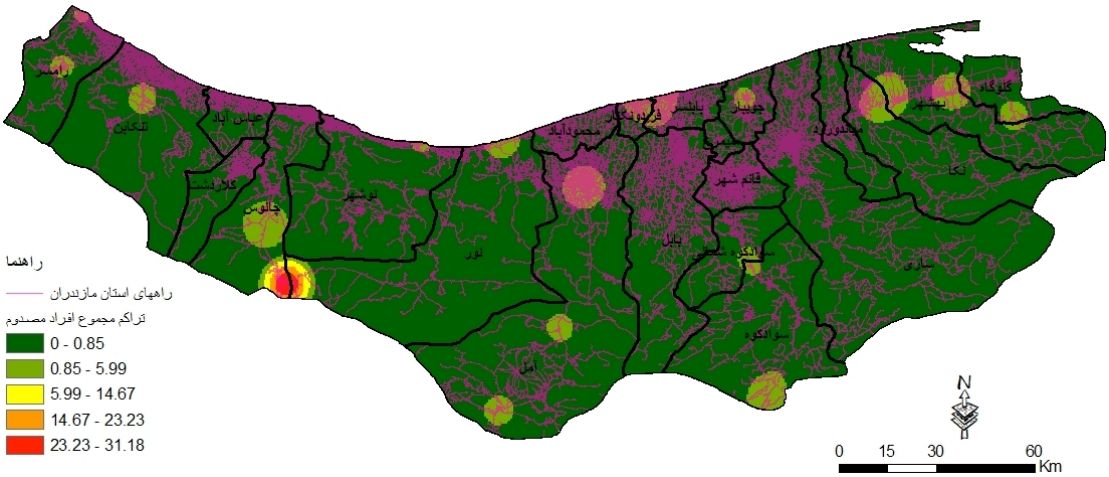
شکل ۱۰- الگوی مکانی توزیع تراکم افراد مصدوم در اثر سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰



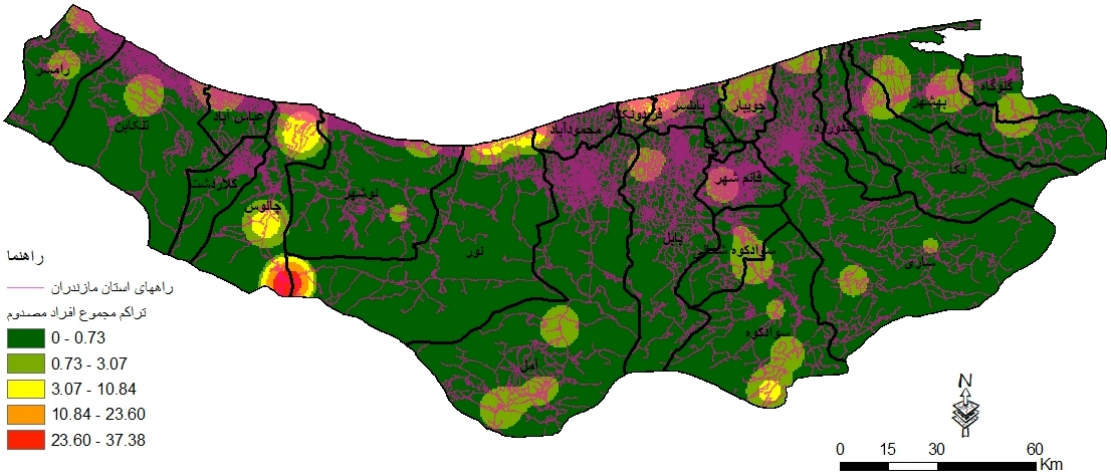
شکل ۱۱- میانگین تراکم تعداد افراد مصدوم در اثر تصادفات جاده‌ای در سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شهرستان‌های استان مازندران

در این زمینه، شهرستان‌های چالوس، فریدون‌کنار و بابلسر بیشترین مقدار میانگین تراکم تصادفات منجر به مصدومیت (به ترتیب ۴/۳۱، ۳/۱۶ و ۱/۹۸) و شهرستان‌های سیمرغ، میان‌دورود و کلاردشت کمترین مقدار میانگین تراکم تصادفات منجر به مصدومیت (به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۰۹ و ۰/۱۶) را به خود اختصاص داده‌اند. (شکل ۱۱). الگوی مکانی-زمانی تراکم تصادفات منجر به مصدومیت در هر یک از سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ تغییرپذیری چندانی را در سطح شهرستان‌های استان مازندران نشان نمی‌دهد (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

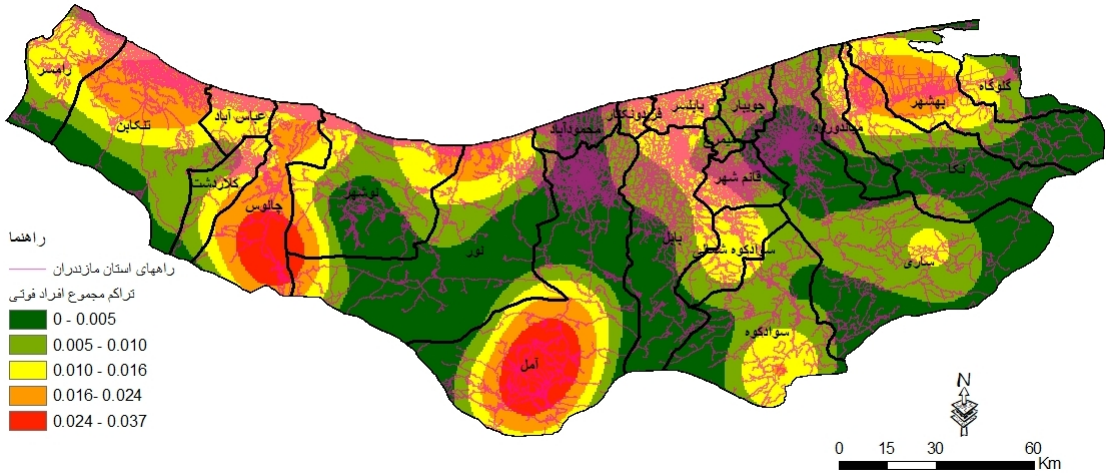
علاوه بر این، نتایج استفاده از تابع تخمین تراکم کرنل بر روی تصادفات منجر به فوت در بازه زمانی ۲ ساله ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان می‌دهد که الگوی مکانی تراکم بالای تصادفات منجر به فوت در شهرستان‌های چالوس، آمل، تنکابن، بهشهر، نور، نوشهر و سوادکوه شکل‌گرفته است (شکل ۱۴).



شکل ۱۲- الگوی مکانی توزیع تراکم تعداد افراد مصدوم در اثر سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در سال ۱۴۰۰



شکل ۱۳- الگوی مکانی توزیع تراکم تعداد افراد مصدوم در اثر سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در سال ۱۴۰۱

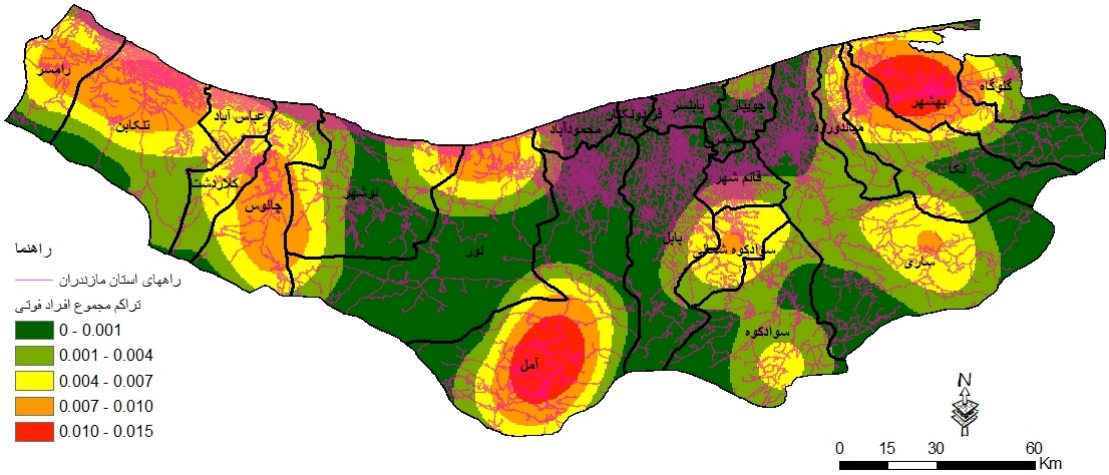


شکل ۱۴- الگوی مکانی توزیع تراکم افراد فوتی در اثر سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

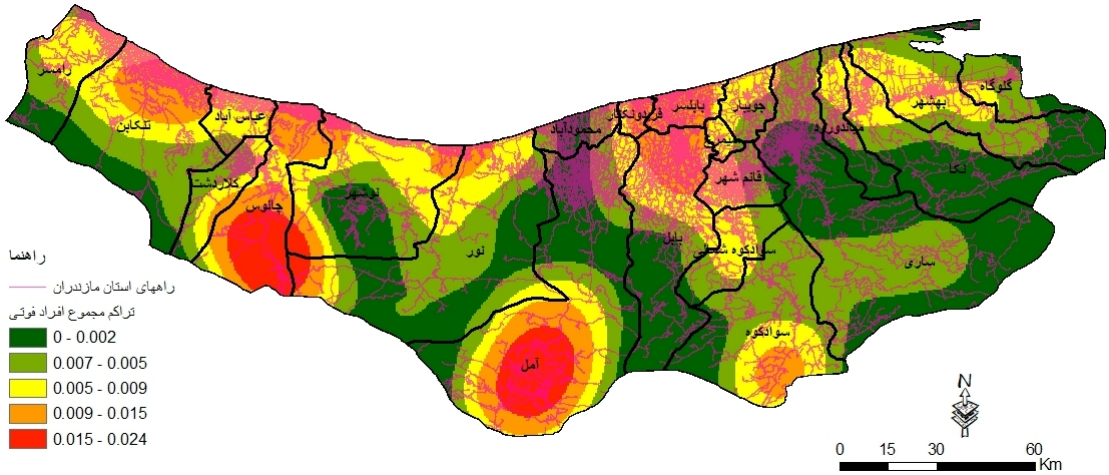
در این زمینه، شهرستان‌های چالوس، آمل و تنکابن به ترتیب با میانگین تراکم ۰/۰۲، ۰/۰۱۲ و ۰/۰۱۱ بیشترین مقدار تراکم تصادفات منجر به فوت و شهرستان‌های بابل، نکا و میان‌دورود با میانگین تراکم ۰/۰۰۶۰، ۰/۰۰۶۵، ۰/۰۰۷۴، کمترین مقدار تراکم تصادفات منجر به فوت را در بازه ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به خود اختصاص داده‌اند.

در الگوی مکانی-زمانی تراکم تصادفات منجر به فوت سالانه، شهرستان آمل در هر دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در کلاس خیلی زیاد تراکم تصادفات منجر به فوت قرارگرفته، درحالی‌که شهرستان بهشهر در سال ۱۴۰۰ و شهرستان چالوس در سال ۱۴۰۲ در کلاس خیلی زیاد تراکم تصادفات منجر به فوت واقع شده است (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).

در این زمینه، وجود دو محور مواصلاتی هراز و کندوان در شهرستان‌های آمل و چالوس به‌عنوان جاده‌های ارتباطی اصلی پایتخت به استان مازندران همراه با انواع جاذبه‌های گردشگری می‌توانند پتانسیل بالایی در وقوع تصادفات جاده‌ای منجر به مصدومیت و فوت را داشته باشند [۳۷، ۳۴].



شکل ۱۵- الگوی مکانی توزیع تراکم افراد فوتی در اثر سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در سال ۱۴۰۰



شکل ۱۶- الگوی مکانی توزیع تراکم افراد فوتی در اثر سوانح جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در سال ۱۴۰۱

جدول ۱- نتایج حاصل از تحلیل واریانس یک‌طرفه بر روی میانگین تراکم تعداد تصادفات، تعداد افراد مصدوم و فوت‌شده در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

سال	میانگین تراکم تصادفات	P-value	میانگین تراکم مصدوم	P-value	میانگین تراکم فوتی	P-value
۱۴۰۰	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
۱۴۰۱	۰/۲۳		۰/۵۷		۰/۰۰۶	

جدول ۲- نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون خطی بین تراکم شبکه راه شهرستان‌های استان مازندران با تعداد تصادفات، افراد مصدوم و افراد فوت‌شده در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

متغیر	R^2	P-value
میانگین تراکم شبکه راه و میانگین تعداد تصادفات	۰/۰۸	۰/۲۱
میانگین تراکم شبکه راه و میانگین تعداد مصدومان	۰/۰۵	۰/۳۱
میانگین تراکم شبکه راه و میانگین تعداد فوتی	۰/۰۰۱	۰/۸۹

علاوه بر این، در این جاده‌های کوهستانی، وقوع بلایای طبیعی نظیر سیل، زمین‌لغزش و سقوط سنگ و همچنین شرایط نامساعد جوی می‌تواند در تشدید وقوع حوادث جاده‌ای منجر به مصدومیت و تلفات انسانی نقش مؤثری داشته باشد [۳۸، ۳۹]. شهرستان بهشهر نیز به دلیل جاذبه‌های گردشگری نظیر شبه‌جزیره میانکاله و مجموعه عباس‌آباد [۴۰] و همچنین قرار گرفتن در کریدور ارتباطی استان مازندران به استان گلستان و خراسان رضوی پذیرای مسافران و گردشگران زیادی بوده که سبب افزایش حمل‌ونقل و ترافیک جاده‌ای و به‌تبع آن افزایش احتمال وقوع سوانح جاده‌ای می‌شود.

نتایج حاصل از تحلیل واریانس یک‌طرفه به منظور مقایسه الگوی تراکم تصادفات، تراکم مصدومیت و مرگ‌ومیر در مقیاس زمانی سالانه (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱) نشان می‌دهد که میانگین تراکم تعداد تصادفات و تعداد افراد فوت‌شده در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در شهرستان‌های استان مازندران ازنظر آماری معنی‌دار است (P-value < ۰/۰۵) درحالی‌که الگوی میانگین تراکم تعداد مصدومیت ناشی از تصادفات جاده‌ای در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ ازنظر آماری معنی‌دار نیست (P-value > ۰/۰۵) (جدول ۱).

علاوه بر این، بررسی تأثیر مقدار تراکم شبکه راه در شهرستان‌های استان مازندران بر احتمال وقوع تعداد تصادفات، تعداد مصدومان و فوتی با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی نشان می‌دهد که ازنظر آماری رابطه معنی‌داری بین آنها وجود ندارد (R^2 <۰/۱) (جدول ۲)؛ بنابراین، نقش عوامل انسانی (بی‌توجهی و خطاهای رانندگان)، شرایط فنی، هندسی و کیفی شبکه راه‌ها و تأثیر پارامترهای آب و هوایی [۱۴] می‌بایستی در احتمال بروز سوانح جاده‌ای در استان مازندران مورد بررسی قرار گیرد.

۵- نتیجه‌گیری

استان مازندران به دلیل واقع‌شدن در حاشیه دریای خزر و رشته‌کوه البرز و برخورداری از انواع جاذبه‌های طبیعی و تاریخی گردشگری و همچنین به‌عنوان یکی از قطب‌های مهم اقتصادی، کشاورزی و توریستی [۴۱] دارای

موقعیت استراتژیک و جایگاه ژئوپلیتیک [۴۲] در کشور است. وجود و گسترش زیرساخت‌های مرتبط با حمل‌ونقل جاده‌ای به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم توسعه اقتصادی-اجتماعی [۴۳] می‌تواند نقش مؤثری در رشد فعالیت‌های اقتصادی و همچنین افزایش رفاه عمومی ساکنین استان مازندران و گردشگران ایفا نماید.

همگام با توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای، بحث ایمنی شبکه راه‌ها در استان مازندران به دلیل جایگاه اقتصادی و گردشگری، عبور بسیاری از جاده‌های اصلی و استراتژیک استان از مناطق کوهستانی و همچنین وقوع انواع مخاطرات محیطی و تصادفات جاده‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف این پژوهش، بررسی الگوی توزیع مکانی تراکم تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران است که نتایج آن می‌تواند برای برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در راستای دستیابی به شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای ایمن مورداستفاده قرار بگیرد.

نتایج تحلیل آماری تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ نشان داده که تعداد تصادفات، تعداد مصدومان و فوتی از سال ۱۴۰۰ که در آن ممنوعیت جابجایی به دلیل پاندمی کرونا در کشور برقرار بوده نسبت به سال ۱۴۰۱ همراه با لغو محدودیت‌های مرتبط با بیماری کرونا، به‌طور متوسط ۶۴٪ بیشتر شده است. علاوه بر این، نتایج آماری توزیع فصلی تصادفات جاده‌ای نشان داد که در فصل تابستان بیشترین تعداد وقوع تصادفات (۲۸۴۵) ثبت‌شده است. همچنین در روزهای انتهایی هفته به‌طور متوسط ۲۸٪ بیشتر از روزهای آغازین هفته سوانح جاده‌ای به وقوع پیوسته است. علاوه بر این، در سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰، در شهرستان چالوس بیشترین تعداد تصادفات (۱۸۲۶) و مصدومان (۸۲۷۷) و در شهرستان آمل بیشترین تعداد فوتی (۴۴) ثبت‌شده است.

استفاده از تحلیل تخمین تراکم برای بررسی الگوی توزیع مکانی تصادفات جاده‌ای در شهرستان‌های استان مازندران نشان داده که شدت تراکم تعداد سوانح، مصدومیت و فوتی در شهرستان‌های بابلسر، چالوس، فریدون‌کنار، آمل و تنکابن زیاد است. موقعیت توریستی و تنوع انواع اماکن تفریحی و گردشگری در این شهرستان‌ها و وجود محورهای مواصلاتی کندوان و هراز به‌عنوان کوتاه‌ترین مسیرهای دسترسی از پایتخت به استان مازندران [۴۴] می‌تواند زمینه را راستای افزایش سوانح جاده‌ای فراهم آورد. به-عنوان نمونه، در تحقیق انجام‌شده در محور هراز برای بررسی الگوی مکانی تصادفات جاده‌ای، قسمت‌های پنجاب، گزنک و پلور به‌عنوان مناطق حاد حادثه‌خیز شناخته شده‌اند [۱۳].

در این بین، نقش شرایط آب و هوایی (بارندگی و مه گرفتگی) همچنین احتمال وقوع سیل، ریزش سنگ و سقوط بهمن در محورهای کوهستانی هراز و کندوان [۴۵ و ۴۶] نیز می‌تواند سبب افزایش احتمال وقوع تصادفات جاده‌ای شود. همچنین، نتایج حاصل از تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داده که اختلاف معنی‌داری بین میانگین تراکم تعداد تصادفات و مصدومان در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ وجود ندارد. همچنین، رابطه معنی‌داری بین تراکم جاده‌های موجود در سطح شهرستان‌های استان با تعداد وقوع سوانح جاده‌ای بر اساس تحلیل رگرسیون خطی وجود ندارد.

الگوی مکانی توزیع تراکم تصادفات جاده‌ای در سطح شهرستان‌های استان مازندران می‌تواند در برنامه‌ریزی افزایش ایمنی شبکه‌های حمل‌ونقل [۴۷] مورداستفاده قرار گیرد. سازمان‌هایی نظیر پلیس راهنمایی و رانندگی و ادارات کل راه و شهرسازی می-توانند با انجام

اقدامات قانونی، فرهنگی، فنی و آموزشی [۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲] نقش مؤثری در کاهش تعداد سوانح جاده‌ای داشته باشند. همچنین، سازمان‌های امداد و نجات جمعیت هلال‌احمر و اورژانس می‌توانند از نتایج این پژوهش در راستای برنامه‌ریزی برای امدادرسانی بهینه و خدمات اورژانسی سریع به حادثه‌دیدگان تصادفات جاده‌ای استفاده نمایند.

۶- قدردانی

نویسنده این مقاله از سازمان امداد و نجات جمعیت هلال‌احمر استان مازندران که داده‌های این پژوهش را جمع‌آوری کرده‌اند و همچنین نظرات ارزشمند داوران محترم تشکر و قدردانی می‌نماید.

۷- منابع

1. World Health Organization. (2023). Accident Fatalities Report, Global Status Report on Road Safety.
2. World Health Organization. (2018). Accident Fatalities Report, Global Status Report on Road Safety.
3. World Health Organization. (2015). Accident Fatalities Report, Global Status Report on Road Safety. 2015. http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en
4. Aati, K., Houda, M., Alotaibi, S., Khan, A. M., Alselami, N., & Benjeddou, O. (2024). Analysis of Road Traffic Accidents in Dense Cities: Geotech Transport and ArcGIS. Transportation Engineering, 100256.
۵- سازمان پزشکی قانونی کشور. (۱۴۰۲). آمار متوفیات حوادث رانندگی ترافیکی در سال ۱۴۰۲ https://lmo.ir .
6. Saha, D., Alluri, P., Gan, A., & Wu, W. (2018). Spatial analysis of macro-level bicycle crashes using the class of conditional autoregressive models. Accident Analysis & Prevention, 118, 166-177. https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.014
7. 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
8. 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), 8828. https://doi.org/10.3390/app11198828
9. Yao, S., Loo, B. P., & Yang, B. Z. (2016). Traffic collisions in space: four decades of advancement in applied GIS. Annals of GIS, 22(1),1-14. https://doi.org/10.1080/19475683.2015.1085440
10. Feizizadeh, B., Omarzadeh, D., Sharifi, A., Rahmani, A., Lakes, T., & Blaschke, T. (2022). A GIS-based spatiotemporal modelling of urban traffic accidents in Tabriz City during the COVID-19 pandemic. Sustainability, 14(12), 7468. https://doi.org/10.3390/su14127468
11. Wang, M., Yi, J., Chen, X., Zhang, W., & Qiang, T. (2021). Spatial and Temporal Distribution Analysis of Traffic Accidents Using GIS-Based Data in Harbin. Journal of Advanced Transportation, 2021(1), 9207500. https://doi.org/10.1155/2021/9207500
12. Berhanu, Y., Schroeder, D., Teklu, B., & Alemayehu, E. (2023). Spatial analysis of road traffic accidents: Identifying hotspots for improved road safety in Addis Ababa, Ethiopia. Cogent engineering, 10(2), 2269655. https://doi.org/10.1080/23311916.2023.2269655
۱۳- سمیعا، جلال، رنجبر شوبی، منوچهر، نیک پور، عامر. (۱۴۰۲). تحلیل مکانی-زمانی تصادفات جاده‌ای در محور مواصلاتی هراز با استفاده از شاخص‌های آمار مکانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۳(۴)، ۵۲۷-۵۰۸.
http://dx.doi.org/10.32598/DMKP.13.4.768.1
۱۴- کلانتری، علی، علیان، سحر. (۱۴۰۱). تحلیل تصادفات جاده‌ای با تأکید بر خصوصیات محیط و جاده در سیستم اطلاعات مکانی مطالعه موردی: محور کرج– کندوان، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۴(۲)، ۵۸۲-۵۶۳.
https://doi.org/10.22059/jhgr.2021.314926.1008216
۱۵- آهنگرکانی، مهرداد، ملک، محمدرضا. (۱۳۹۹). تهیه نقشه ریسک تصادفات رانندگی مبتنی بر اطلاعات مکانی مردم گستر با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۹(۱۱۴)، ۱۱۵-۹۹ . https://doi.org/10.22131/sepehr.2020.44596
۱۶- بای، ناصر، اکبری، مجتبی، مازینی، فرشته، بای، مسعود، مفخمی شهرستانی، حسن، تجری، سعید. (۱۳۹۴). تجزیه‌وتحلیل آماری تصادفات جاده‌ای منجر به فوت استان گلستان طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳، نشریه امداد و نجات، ۷(۴)، ۱۳۴-۱۲۴.
17. Aghajani, M. A., Dezfoulian, R. S.,

Arjroody, A. R., & Rezaei, M. (2017). Applying GIS to identify the spatial and temporal patterns of road accidents using spatial statistics (case study: Ilam Province, Iran). Transportation research procedia, 25, 2126-2138. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.409
18. Yao, S., Loo, B. P., & Yang, B. Z. (2016). Traffic collisions in space: four decades of advancement in applied GIS. Annals of GIS, 22(1), 1-14. https://doi.org/10.1080/19475683.2015.1085440
19. Netek, R., Pour, T., & Slezakova, R. (2018). Implementation of heat maps in geographical information system–exploratory study on traffic accident data. Open Geosciences, 10(1), 367-384. https://doi.org/10.1515/geo-2018-0029
20. Gelb, J., & Apparicio, P. (2024). Temporal Network Kernel Density Estimation. Geographical Analysis, 56(1), 62-78. https://doi.org/10.1111/gean.12368
21. Chen, Y., Luo, R., King, M., Shi, Q., He, J., & Hu, Z. (2022). Spatiotemporal analysis of crash severity on rural highway: A case study in Anhui, China. Accident Analysis & Prevention, 165, 106538. https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106538
22. Amorim, B. D. S. P., Firmino, A. A., Baptista, C. D. S., Júnior, G. B., Paiva, A. C. D., & Júnior, F. E. D. A. (2023). A machine learning approach for classifying road accident hotspots. ISPRS International Journal of Geo-Information, 12(6), 227. https://doi.org/10.3390/ijgi12060227
23. Jackson, T. L., & Sharif, H. O. (2016). Rainfall impacts on traffic safety: Rain-related fatal crashes in Texas. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(2), 843-860. https://doi.org/10.1080/19475705.2014.984246
24. Perrels, A., Votsis, A., Nurmi, V., & Pilli-Sihvola, K. (2015). Weather conditions, weather information and car crashes. ISPRS International Journal of Geo-Information, 4(4), 2681-2703. https://doi.org/10.3390/ijgi4042681
25. Zhou, M., Yuan, M., Yang, G., & Mei, G. (2024). Risk analysis of road networks under the influence of landslides by considering landslide susceptibility and road vulnerability: A case study. Natural Hazards Research, 4(3), 387-400. https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.09.013
26. Li, Y., Jiang, B., Liu, W., Li, C., & Zhou, Y. (2024). Airspace situation analysis of terminal area traffic flow prediction based on big data and machine learning methods. Big Data Research, 35, 100425. https://doi.org/10.1016/j.bdr.2024.100425
27. Berlotti, M., Di Grande, S., & Cavalieri, S. (2024). Proposal of a machine learning approach for traffic flow prediction. Sensors, 24(7), 2348. https://doi.org/10.3390/s24072348
28. Kong, F., Li, J., Jiang, B., Zhang, T., & Song, H. (2019). Big data-driven machine learning-enabled traffic flow prediction. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 30(9), e3482. https://doi.org/10.1002/ett.3482
29. Sánchez González, S., Bedoya-Maya, F., & Calatayud, A. (2021). Understanding the effect of traffic congestion on accidents using big data. Sustainability, 13(13), 7500. https://doi.org/10.3390/su13137500
۳۰- نیک‌پور، عامر، ملکشاهی، غلامرضا، مهرعلی تبار، عباس، حسنعلی زاده، میلاد. (۱۳۹۷). تحولات نظام شهری در استان مازندران با تأکید بر شهرهای کوچک، جغرافیا و روابط انسانی، ۱(۱)، ۱۶۶-۱۵۱.
https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26453851.1397.1.1.11.2
31. Le, K. G., Liu, P., & Lin, L. T. (2020). Determining the road traffic accident hotspots using GIS-based temporal-spatial statistical analytic techniques in Hanoi, Vietnam. Geo-spatial Information Science, 23(2), 153-164. https://doi.org/10.1080/10095020.2019.1683437
32. Zhang, H., Ci, Y., Huang, Y., & Wu, L. (2024). The Effect of the COVID-19 Pandemic on the Distribution of Traffic Accident Hotspots in New York City. Sustainability, 16(8), 3440. https://doi.org/10.3390/su16083440
33. Thakali, L., Kwon, T. J., & Fu, L. (2015). Identification of crash hotspots using kernel density estimation and kriging methods: a comparison. Journal of Modern Transportation, 23, 93-106. https://doi.org/10.1007/s40534-015-0068-0
۳۴- سلمانی، محمد، حیدری، زهرا، محمدی، زینب. (۱۳۹۷). تحلیل حوادث جاده‌ای در راستای ارتقاء امنیت در جاده‌های گردشگری (مورد شناسی: محور کرج-چالوس)، جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۸ (۲۷)، ۲۰۴-۱۸۷.
https://dorl.net/dor/20.1001.1.23452277.1397.8.27.11.5
۳۵- نظم فر، حسین، عشقی چهاربرج، علی، علوی، سعیده، 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
36. Vaníček, I., Jirásko, D., & Vaníček, M. (2018). Interaction of transport infrastructure with natural hazards (landslides, rock falls,

floods). ce/papers, 2(2-3), 135-164. https://doi.org/10.1002/cepa.666

۳۷- حسام، مهدی، رضوانی، محمدرضا. (۱۳۹۴). بررسی وضعیت حمایت مالی کسب‌وکارهای گردشگری روستایی از یکدیگر با رویکرد تحلیل شبکه (مطالعه موردی: رستوران‌های روستاهای محور هراز، بخش لاریجان، شهرستان آمل)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، ۲(۱۰)، ۱۴۲-۱۲۸ . http://jrrp.um.ac.ir/index.php/RRP/article/view/40417

۳۸- شایان، سیاوش، قلیچی، عبادالله، یمانی، مجتبی. (۱۳۹۶). ارزیابی مخاطرات محیطی و مورفوژنز فعال در جاده کرج - چالوس (تا تونل کندوان)، نشریه علمی جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۶ (۲۲)، ۱۶-۱ . https://doi.org/10.22067/geo.v6i1.46291

۳۹- محمدی، نیلوفر، ساسان‌پور، فرزانه. (۱۴۰۰). تحلیل ریسک وقوع زمین‌لغزش و واریزه در جاده‌های هراز و لواسانات، مدل‌سازی و مدیریت آب‌وخاک، ۱(۴)، ۲۹-۱۴ . https://doi.org/10.22098/mmws.2021.9138.1023

۴۰- لطفی، صدیقه، مؤمن‌پور آکردی، مریم. ارزیابی پتانسیل گردشگری به‌منظور شکل‌گیری گردشگری خلاق (مطالعه موردی: شهرستان بهشهر)، فصلنامه جغرافیایی فضای گردشگری، ۴۵(۱۲)، ۳۷-۲۱ . https://dorl.net/dor/20.1001.1.22518827.1401.12.45.2.0

۴۱- نعمت اللهی، زهرا، مجاوریان، سید مجتبی، حسین‌زاده، مسعود. (۱۳۹۵). اولویت‌بندی روستاهای هدف گردشگری در استان مازندران، نشریه علمی اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۰(۳)، ۲۲۶-۲۱۸ . https://doi.org/10.22067/jead2.v30i3.56990

۴۲- بیک بیلندی، علی‌اصغر، عراقچی، عباس. (۱۳۹۷). تأثیر عوامل ژئوپلیتیک اقتصادی دریای خزر بر تدوین راهبرد دفاعی جمهوری اسلامی ایران، مطالعات دفاعی استراتژیک، ۷۲(۵)، ۱۲۴-۹۹.

43. Janušová, L., & Čičmancová, S. (2016). Improving safety of transportation by using intelligent transport systems. Procedia Engineering, 134, 14-22. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.031

۴۴- خندان، نسترن، تبریزی، نازنین، ذال، محمدحسن. (۱۴۰۱). گردشگری و خلق شهر شاد (موردمطالعه: شهرهای چالوس و نوشهر)، فصلنامه مطالعات اجتماعی گردشگری، ۱۱(۲۱)، ۱۱۸-۹۵.

۴۵- مصطفی‌زاده، رئوف، صفریان زنگیر، وحید، حاجی، خدیجه. (۱۴۰۰). ارتباط و تأثیر متغیرهای اقلیمی بر وقوع تصادفات جاده‌ای؛ مطالعه موردی: محور برزند جاده گرمی-اردبیل، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۸(۴)، ۲۶-۱۷.

۴۶- حیدریان، پوریا، سرمدی سیفی، علی‌اکبر. (۱۴۰۳). تحلیل سازوکار زمین‌لغزش روستای بارکان شهرستان طالقان، فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، ۱۳ (۴)، ۱۱۴-۸۹.

۴۷- زبردست، اسفندیار، قشلاق پور، سهیل. (۱۴۰۲). ارزیابی تاب‌آوری زیرساخت‌های حمل‌ونقل در کلان‌شهر تهران مطالعه موردی: محلات نواحی دو (منطقه ۹)، چهار (منطقه ۶) و پنج (منطقه ۱)، فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، ۱۲ (۲)، ۲۰۵-۱۹۱.

۴۸- زاینده‌رودی، محمدعلی، ندیمی، نوید، جلائی، سید عبدالمجید. (۱۴۰۳). مدیریت راهکارهای ارتقای ایمنی شبکه راه‌ها با لحاظ کردن پارامترهای اقتصادی، فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل‌ونقل، ۳(۸۰)، ۱۶-۱. https://doi.org/10.22034/tri.2023.397044.3154

۴۹- عزیزی، نجیبه، اکبری غیبی، رضا. (۱۴۰۲). بررسی نقش تأثیر دوربین‌های کنترل سرعت بر بازدارندگی تخلفات رانندگی و کاهش تصادفات جاده‌ای: (مطالعه موردی: محور ترانزیت زنجان _ خرمدره و بالعکس)، نشریه عمران و پروژه، ۵(۶)، ۴۴-۳۵. https://doi.org/10.22034/cpj.2023.409060.1218

۵۰- عموزاده عمرانی، محسن، نظریان، پویان. (۱۳۹۹). بررسی اثر هوشمندسازی علائم ترافیکی بر مشکلات ترافیکی شهرها، نشریه عمران و پروژه، ۲(۹)، ۷۳-۵۷. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.2676511.1399.2.9.4.8

۵۱- پاداش هوشیار، مرتضی. (۱۴۰۲). اثربخشی آموزش و بازآموزی قوانین راهنمایی و رانندگی بر کاهش میزان تصادفات، نشریه علمی پژوهش در ایمنی و سلامت محیط‌زیست، ۱(۱)، ۶۴-۵۵.

۵۲- نیک زاد، جمشید، مشایخ، پری، معتمد، حمیدرضا، قاسمی زاد، علیرضا. (۱۴۰۱). بررسی نقش سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت بحران: به‌منظور ارائه مدل در راستای وظایف جمعیت هلال‌احمر ایران، فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، ۱۱ (ویژه‌نامه کرونا)، ۱۳۹-۱۲۶.