

Evaluating the Spatial Effect of the Contribution of Different Types of Land Use in the Occurrence of Accidents (Case Study: Shiraz Metropolis)

Research Article

Mohammad Sedigh Bavar¹, Ali Naderan² , Mahmoud Saffarzadeh³

DOI: [10.22067/jfcej.2023.80945.1214](https://doi.org/10.22067/jfcej.2023.80945.1214)

1. Introduction

Traffic accidents are among the leading causes of death on a globe. Evaluating and understanding land-use features help to identify environmental elements that contribute to accidents. After increasing traffic volume, land use is one of the most crucial factors in metropolitan network development. Multiple studies have proven that an increase in the density of various urban uses raises the accident rate. Considering the significance of the density of different types of land use in producing and attracting traffic and the increase in conflict between vehicles and road users in previous studies, the spatial relationship between the number of accidents and types of land use based on traffic areas was determined by the studies. The simultaneous effect of the density of different types of uses and the blending of numerous uses in a traffic region has not been examined. Selecting an appropriate spatial search radius, this study examines the impact of the density of types of uses and the mixture of types of uses in Shiraz's traffic zones. Examining the spatial effect between kinds of land use in different geographical regions and the occurrence of accidents might improve the efficacy of attempts to protect urban roads.

2. Method

The scope of this study is the traffic area zones (TAZ) of Shiraz city, the capital of Fars province, Iran. The data were collected from two sources: Locational data of urban accidents in Shiraz city from 2019 to 2021 and a total of 34588 reported by the police. The city of Shiraz has 325 traffic areas. Based on the Pearson model, land uses were classified into 14 categories with the lowest correlation. Based on aggregation methods and correlation reduction, 37 categories of users were reduced to 14 categories by using Pearson's correlation test in the first step. As a result of the extraction of observations, the effect of independent variables was evaluated by considering spatial correlations in the estimation of the frequency of accidents in Shiraz using GWR and GWPR models.

3. Results

From 2019 to 2021, 34588 accidents were reported in Shiraz, with an average of 106 accidents in each traffic area zone (minimum 7 and maximum 686). The road network accounts for an average of 24 percent of the traffic in each traffic area zone (minimum 0 and maximum 73%), and in some areas of urban centers, the share of road use is significantly higher than other uses. Residential units occupy an average of 30% of the area of traffic areas and in some neighborhoods, residential areas with high density has occupied up to 70% of traffic areas (minimum 0 and maximum 70%). The total of cultural, religious, and tourism uses on average occupies 1.3% of traffic areas, the maximum of which is 30% of traffic areas in the old tuxtures of Shiraz (minimum 0 and maximum 30%). The average of the areas used for healthcare is about 1%, for sports use is about 0.5%, for office uses is 1.7%, for barren and abandoned land use is 12%, for mixed residential and non-residential uses is 4%. Almost 90% of the correlation between the independent variables is within the acceptable range (less than 0.4). Moreover, the significance level of predicting the correlation value among a number of variables has been reported to be acceptable, but the correlation value was not significant in some others. One of the important criteria for modeling with the spatial statistics method is selecting the observation search radius. According to the exponential relationship of the Poisson regression model, an increase of one unit of barren land use area in the local model causes 0.95 of units to increase the probability of an accident. This is 0.83 in the global model. The increase of one unit of residential use area in the local model is 0.91 effective in increasing the number of accidents, and in the global model it is 0.97. The mixing of residential and non-residential uses has been effective in increasing the frequency of accidents by 1.12 units in the local model and 1.17 units in the global model. So, this study confirms the effect of mixed use on increasing the frequency of accidents. Accordingly, local models have higher accuracy than global models. Therefore, the continuation of the modeling was done based on the optimal GWPR model.

*Manuscript received February 4, 2023, Revised, February 28, 2023, Accepted, May 14, 2023.

¹ PhD Candidate, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

² Corresponding author. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. **Email:** Naderan@srbiau.ac.ir

³ Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

The model predicted the frequency of accidents with higher accuracy.

4. Conclusion

A systematic was used to investigate the impact of land use area on the occurrence of accidents in the traffic areas of Shiraz city. In the first step, among 37 types of urban land use, 14 land use types were selected. The land uses were selected by combining the areas of similar uses in order to reduce the correlation between independent variables. In the second step, the appropriate search radius of the observations was selected using the kernel density method, and then, two local and global modeling approaches were adopted. The results showed that the local models are a better fit than the global model in estimating the frequency of accidents. Moreover, among the two GWPR and GWR models, the first model provided better results. This study identified residential, commercial, barren land, and mixed residential use variables as the most important influencing variables in increasing accidents. Therefore, the correct control and management of these uses have a more significant impact on It reduces accidents compared to other uses. In this study, the impact of significant difference in different types of uses at traffic areas on the occurrence of accidents is quite noticeable. In some traffic areas, up to 80% of the area is of one type of use, and the high standard deviation shows the dispersion of uses in this city. For example, the high standard deviation of healthcare use shows that this usage has the least mixing with other uses at the district level. On the other hand, the accumulation of this type of use in some certain traffic areas is seen more than in other uses. Sports use, like healthcare, has a smaller area than other uses in traffic areas. Its low variance (4.5%) shows that the mixing of this type of use is more than other uses and is scattered in different parts of the city. Regarding office and headquarters use, due to the very high density (up to 87% of the traffic area) in a number of traffic areas, as well as less variance compared to residential and commercial uses, the dispersion of this use at traffic areas is more the result of their mixing with other uses. Moreover, considering the high area percentage (94%) of the use of facilities and industries in some areas and the high variance, the dispersion of these uses in Shiraz is less. A big portion of these uses are concentrated in limited traffic areas, which shows that the high share of one use in a traffic area has less effect than mixing types of uses in increasing the frequency of accidents. As mentioned in the method section, lower values of AIC, AICC, and BIC and error values indicate a better fit of the model. The more R^2 and R^2 values close to 1, the more optimal the model. The difference of 14% between the minimum and maximum value shows that this type of mixing is widely spread in Shiraz. In general, the spatial effect between independent and dependent variables is stronger in traffic areas with a great variety of uses compared to other traffic areas. Moreover, the remaining values show that the estimated frequency of accidents in the central areas of Shiraz is closer to the observed values, and in other areas, the difference between the observed and predicted values is greater. This shows that the dispersion of data is more in these areas. The results of this investigation

can be used for medium and long-term plans to reduce accidents by considering the prioritization of safety measures. The researchers suggest that the negative binomial distribution method that takes into account the over-dispersion of accident data be used in future to predict the frequency of accidents.



ارزیابی اثر فضایی سهم انواع کاربری‌های زمین در وقوع تصادفات (مطالعه موردی: شهر شیراز)*

مقاله پژوهشی

محمد صدیق باور^(۱) علی نادران^(۲) محمود صفارزاده^(۳)

DOI: 10.22067/jfpei.2023.80945.1214

چکیده نوع کاربری زمین در هر ناحیه ترافیکی مهمترین عامل تعیین کننده تعداد وسایل نقلیه، ویژگی‌های هندسی و ترافیکی در آن ناحیه می‌باشد. کاهش تراکم، تنوع انواع وسایل نقلیه و کاهش تصادفات، یکی از مهمترین دغدغه‌های مهندسی حمل و نقل می‌باشد. هر دلیلی در محیط شهری که باعث تراکم و جذب وسایل نقلیه در زمان‌های خاصی گردد احتمال وقوع تصادف را در آن ناحیه بالا می‌برد. در این مطالعه به منظور بررسی تاثیر سهم انواع کاربری‌ها در هر یک از نواحی ترافیکی شهر شیراز بر احتمال وقوع تصادف، از روش دو مرحله‌ای شامل: شناسایی انواع کاربری‌های تاثیرگذار در بروز تصادف، همچنین اثرات فضایی بین متغیرهای مستقل و داده‌های تصادف در فضا استفاده گردیده است، همچنین از روش‌های تخمین چگالی کرنل به منظور یافتن پهنای باند مناسب جستجوی مشاهدات، رگرسیون وزن دار جغرافیایی و رگرسیون پواسن وزن دار جغرافیایی به منظور بررسی اثرات فضایی تاثیر سهم انواع کاربری‌ها بر وقوع تصادف استفاده شده است. نتایج مطالعه نشان داده است که از بین مدل‌های مذکور، مدل محلی رگرسیون پواسن وزن دار جغرافیایی بر اساس معیارهای صحت سنجی عملکرد بهتری نسبت به مدل جهانی پواسن و مدل محلی رگرسیون وزن دار جغرافیایی دارد. همچنین وجود کاربری مسکونی، تجاری، بایر، متروکه، اختلاط مسکونی و غیر مسکونی بیشترین تاثیر را در بروز تصادف دارند. بررسی اثرات فضایی انواع کاربری اراضی در هر یک از نواحی ترافیکی کلان شهر شیراز که تا کنون در شهر شیراز با توجه به اطلاعات ماتریس مبدا و مقصد در نواحی ترافیکی ۳۲۵ گانه، طرح تفصیلی، آمار تصادفات سه ساله اخیر با مدل‌های سه گانه صورت پذیرفته است و این مطالعه می‌تواند به منظور انجام اقدامات میان و بلند مدت ایمنی بسیار حائز اهمیت باشد.

واژه‌های کلیدی کاربری اراضی، رگرسیون پواسن وزن دار جغرافیایی، رگرسیون وزن دار جغرافیایی، تصادف، تخمین چگالی کرنل.

Evaluating the Spatial Effect of the Contribution of Different Types of Land Use in the Occurrence of Crashes (Case Study: Shiraz Metropolis)

Mohammad Sedigh Bavar Ali Naderan Mahmoud Saffarzadeh

Abstract The type of land use in each traffic area zone is the most important factor determining the number of vehicles, geometric and traffic characteristics in that zone. Any factor in the urban environment that causes congestion and attraction of vehicles at certain times increases the probability of a crash in that area. The purpose of this study is to investigate the effect of the share of different types of uses in various traffic areas of Shiraz city on the probability of a crash. A two-step method, including identifying the types of uses influencing the occurrence of crashes and spatial effects between independent variables and crash data in space Kernel density estimate methods, has also been used to find the suitable bandwidth for searching observations. In order to investigate the spatial effects of land use types on crash incidence, geographically weighted regressions and geographically weighted Poisson regressions were used. Based on the validation criteria, the local GWPR model performs better than the global Poisson model and the local GWR model among the mentioned models. Additionally, the presence of residential, commercial, barren, and abandoned uses, as well as the mixing of residential and non-residential uses, significantly impact crashes. Investigating the spatial effects of land use types in each of the traffic areas of Shiraz metropolis, which has not been done so far in Shiraz city according to the information of the origin and destination matrix in 325 traffic areas, Land Use, accident statistics of the last three years with three models. And in this study, it can be very important in order to carry out medium and long-term safety measures.

Key Words Land Use, Crash, Shiraz Metropolis, Kernel Density Estimate, Geographical Weighing Poisson Regression.

* تاریخ دریافت مقاله ۱۴۰۱/۱۰/۱۵ و تاریخ پذیرش آن ۱۴۰۲/۳/۲ می‌باشد.

(۱) باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز.

(۲) نویسنده مسئول: استادیار، برنامه ریزی و مهندسی حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

Email: naderan@srbiau.ac.ir

(۳) استاد، برنامه ریزی و مهندسی حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

مقدمه

شعاع جستجوی تخمین چگالی کرنل به درستی انتخاب نشود، نتایج مدل‌سازی دقت قابل قبول را ندارد، لذا شعاع‌های جستجوی بالا باعث همپوشانی زیاد و انتخاب نواحی متراکم زیاد می‌گردد و از طرفی دیگر انتخاب شعاع جستجوی کم باعث می‌شود تعداد زیادی از مشاهدات در نظر گرفته نشود [20]. در این مطالعه در گام اول به بررسی مهمترین عوامل محیطی تاثیر گذار بر رخ داد تصادف درون شهری براساس نوع کاربری پرداخته می‌شود و در گام دوم با انتخاب شعاع جستجوی مناسب فضایی تاثیر تراکم انواع کاربری‌ها و همچنین اختلاط انواع کاربری در سطح نواحی ترافیکی شهر شیراز پرداخته خواهد شد. بررسی اثر فضایی میان انواع کاربری اراضی در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف (مبنای این مطالعه در سطح هر ناحیه ترافیکی (TAZ) (Traffic Area Zone) است) و رخ داد تصادف می‌تواند میزان اثرگذاری اقدامات ایمن سازی معابر شهری را افزایش دهد.

پیشینه پژوهش

اویانگ و همکاران در مطالعه خود به بررسی روشی جامع مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور درک اثرات محیطی بر تصادفات ترافیکی پرداختند آنها در مطالعه‌شان از بلوک‌های سرشماری (Census blocks) متغیرهای حمل و نقلی، شامل نوع تراکم، تنوع، طراح هندسی، دسترسی به مقصد، و فاصله تا مقصد جهت تحلیل داده‌های تصادف استفاده کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد طول خیابان و تراکم محیط کارگاهی در افزایش فراوانی تصادفات تاثیر گذار است. با این حال، افزایش تعداد تقاطعات نتیجه منفی در افزایش فراوانی تصادفات را نشان داد [6]. در مطالعه‌ای دیگر مرلین و همکاران به بررسی رابطه بین دسترسی به کاربری‌های مسکونی و احتمال رخ داد تصادف در یک دوره سه ساله در ایالت فلوریدا آمریکا پرداختند. آنها در مطالعه‌شان میزان دسترسی افراد به مناطق مسکونی براساس وسایل نقلیه مایل پیموده شده (VMT) (Vehicle Mail Travel) در رخ داد تصادف را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد مناطق تجاری با فاصله ۱۰ دقیقه‌ای از مناطق مسکونی، تعداد تصادفات کمتری نسبت به مناطق تجاری با فاصله ۲۰ تا ۳۰ دقیقه‌ای از مناطق مناطق مسکونی دارند [7,10]. مطالعات نشان داده است رابطه نظری بین دسترسی به کاربری‌های خاص و رخ داد تصادف دو طرفه بوده و اثر بالقوه در تعداد تصادفات دارد، به طوری که کاهش

حوادث ترافیکی یکی از مهمترین عوامل مرگ و میر انسان در سراسر جهان به شمار می‌آید. ارزیابی اثر فضایی سهم انواع کاربری‌های زمین در وقوع تصادفات شناخت ویژگی‌های کاربری‌های اراضی، به شناسایی عوامل محیطی تاثیر گذار در تصادف کمک فراوانی خواهد کرد [1]. کاربری زمین یکی از مهمترین عوامل گسترش شبکه شهری و به دنبال آن افزایش حجم ترافیک است. مطالعات گوناگون نشان داده است که افزایش تراکم انواع کاربری‌ها در محیط‌های شهری باعث افزایش تعداد تصادف می‌گردد [2-4]. کاربری زمین به طور غیر مستقیم براساس حجم سفرهای جذب شده و تولید شده به دلیل افزایش برهم کنش وسایل نقلیه، افزایش تصادف را به دنبال دارد [5,6]. در مطالعات گذشته ارتباط مکانی بین تعداد تصادفات و تراکم انواع کاربری‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و نشان داده شده است که تغییر الگوهای شهری نقش بسزایی در افزایش ایمنی شهری داشته است [7-9]. از طرفی دیگر افزایش تراکم و اختلاط انواع کاربری‌ها، تعداد تصادفات خصوصا عابران پیاده را افزایش داده است [2,10,11]. براساس مطالعات گذشته داده‌های شمارشی تصادف در موقعیت‌های مختلف دارای ناهمگنی فضایی هستند به این معنی که به دلیل وابستگی مکانی به محیط اطراف، نیازمند مدل‌سازی مکانی می‌باشند تا بتواند همبستگی فضایی بین موقعیت تصادف و محیط اطراف را در مدل لحاظ کند بنابراین تحلیل مکانی داده‌های تصادف در برآورد رخ داد تصادف براساس متغیرهای محلی نسبت به مدل‌های سنتی دقت بالاتری دارد [12,13]. یکی از شناخته شده ترین مدل‌های آماری در تحلیل داده‌های تصادف مدل‌های رگرسیونی هستند و توسط محققان زیادی جهت برآورد فراوانی تصادفات استفاده گردیده اند [14-16]. اما باید توجه داشت بررسی ارتباط بین داده‌های تصادف و متغیرهای تاثیر گذار محیطی در رخ داد تصادف بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های جغرافیایی نتایج مطلوبی نخواهد داشت [17-19]. بنابراین مدل‌های آمار فضایی مانند مدل‌های رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی به منظور برآورد فراوانی تصادفات با در نظر گرفتن ویژگی‌های جغرافیایی داده‌های تصادف و عوامل محیطی مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است [15,18,19]. در مدل‌های آمار فضایی انتخاب شجاع جستجو یا پهنای باند یکی از مهمترین معیارهای تحلیل داده‌های مکانی به شمار می‌آید که با استفاده از تخمین چگالی کرنل اندازه گیری می‌شود. اگر اندازه

تعداد تصادفات نتایج مطلوبی ارائه نموده است [17]. مطالعات دیگر نشان داده است که اختلاط کاربری متوسط در سطح نواحی ترافیکی مهمترین عامل رخ داد تصادفات است. بنابراین این نواحی باید در اولویت اقدامات افزایش ایمنی قرارگیرند [28]. همچنین بررسی فضایی بین رخ داد تصادف و عوامل محیطی نشان داده است، مناطق تجاری همبستگی فضایی بالایی با تصادفات جرحی و فوتی دارند، در حالی که متغیرهای جمعیت شناختی با میزان جراحات عابر پیاده و دوچرخه همبستگی فضایی بالاتری دارد [6].

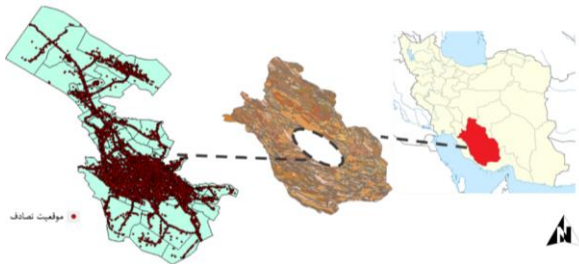
با مروری بر مطالعات گذشته دریافتیم که تراکم و نوع کاربری‌ها از مهمترین عوامل محیطی تاثیرگذار در رخ داد تصادف هستند، بنابراین شناسایی میزان تاثیرگذاری انواع کاربری‌ها بر رخ داد تصادف از اهمیت بالایی برخوردار است، همچنین داده‌های تصادف دارای ناهمگنی فضایی هستند. پدیده‌ای که با همبستگی مکانی شناخته می‌شود، یعنی علاوه بر تاثیر متغیرهای محیطی در رخ داد تصادف، ویژگی‌های محلی هر تصادف از یک موقعیت به موقعیت دیگر متفاوت است. لذا بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های محلی و ارتباط فضایی آن‌ها با یکدیگر، مدل‌های آماری نتایج مطلوبی ارائه نخواهند کرد. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته با توجه به اهمیت زیاد تراکم انواع کاربری‌ها در تولید و جذب سفر یک ناحیه ترافیکی و به دنبال آن افزایش درگیری بین وسایل نقلیه و کاربران راه در مطالعات گذشته ارتباط فضایی بین تعداد تصادفات و انواع کاربری اراضی براساس نواحی ترافیکی مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر آن تاثیر همزمان تراکم انواع کاربری‌ها و همچنین اختلاط چند کاربری در یک ناحیه ترافیکی نیز در نظر گرفته نشده است (بررسی اثرات فضایی انواع کاربری اراضی در هریک از نواحی ترافیکی کلان شهر شیراز که تا کنون در شهر شیراز با توجه به اطلاعات ماتریس مبدا و مقصد در نواحی ترافیکی ۳۲۵ گانه، طرح تفصیلی، آمار تصادفات سه ساله اخیر با مدل‌های سه گانه صورت پذیرفته است) و این مطالعه می‌تواند به منظور انجام اقدامات عملیاتی میان و بلند مدت ایمنی بسیار حائز اهمیت باشد.

داده‌ها و روش تحقیق

محدوده این مطالعه، نواحی ترافیکی شهر شیراز مرکز استان فارس کشور ایران می‌باشد (شکل ۱). داده‌های این مطالعه از دو منبع گردآوری شده است: دسته اول داده‌های مکانی تصادف

فاصله دسترسی با کاهش مایل‌های پیموده شده وسیله نقلیه برای خانوارها مرتبط است، بنابراین احتمال رخ تصادفات نیز کمتر است [21]. مطالعات دیگر نشان داده است فاصله دسترسی به کاربری‌های خاص، افزایش احتمال وجود وسایل نقلیه مختلف در آن منطقه و به دنبال آن افزایش درگیری بین وسایل نقلیه و در نهایت رخ داد تصادف را به دنبال دارد [22,23]، بنابراین نوع کاربری‌های محیطی تاثیر بسزایی در افزایش فراوانی تصادف دارد [19,21,24]. با گسترش تکنولوژی و افزایش دسترسی به اطلاعات مکانی، استفاده از داده‌های مکانی تصادف جهت تحلیل عوامل موثر بر تصادف در سال‌های اخیر مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است [25]. مطالعات نشان داده است که تعداد تصادفات در پاسخ به تغییر الگوهای ترافیکی و حجم وسایل نقلیه، از نظر مکانی به صورت پویا در نوسان هستند (دارای ناهمگنی فضایی هستند) و بیشتر تصادفات نزدیک به مراکز تجاری و شغلی رخ می‌دهند تا مناطق مسکونی [18,26]. علاوه بر آن براساس مدل‌های تاخیر فضایی تحلیل تصادفات، رابطه تعداد تصادفات وسایل نقلیه موتوری با تراکم جمعیت، شغل و ویژگی‌های جاده معنادار به دست آمده است، که نشان می‌دهد تصادفات با توجه به فعالیت‌های مختلف ایجاد سفر دارای پراکندگی در فضا هستند و در طول روز به طور قابل توجهی تغییر می‌کنند [9,27]. بنابراین استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی کاربری (GIS) به دلیل استفاده از همبستگی فضایی، می‌تواند ارتباط فضایی معیارهای مواجهه تصادف را در پیش‌بینی تصادفات لحاظ کند و در نتیجه نتایج قابل قبولی را ارائه نماید [12,28]. علاوه بر سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی تعمیم یافته و رگرسیون پواسن وزن دار جغرافیایی با در نظر ارتباط فضایی بین داده‌های تصادف و عوامل مواجهه محیطی مورد توجه محققان قرار گرفته است. در برخی از مطالعات ماتریس همبستگی ایجاد شده بین متغیرهای مستقل درجه بالایی از همبستگی بین تراکم جمعیت با منطقه مسکونی را نشان داده است. همچنین تحلیل رگرسیون خطی تعمیم یافته نشان می‌دهد که تراکم اشتغال، تراکم مسکونی و طول راه با تصادفات ترافیکی معابر همبستگی فضایی مثبت دارند در حالی که کاربری مخلوط زمین با تصادفات ترافیکی معابر همبستگی منفی دارد [23]. علاوه بر مدل‌های فضایی گفته شده، ارتباط فضایی برخوردهای ترافیک معابر با استفاده از مدل بیز تجربی در بررسی ارتباط بین الگوهای مختلف طرح هندسی راه و

آموزشی، بهداشتی درمانی، فضای سبز و مزارع، اداری ستادی، صنایع و تاسیسات و حمل و نقل، بایر و مخروبه، مختلط مسکونی و غیر مسکونی، سایر کاربری‌ها شامل: گورستان، دامداری، نظامی، رودخانه می باشند. در این مطالعه در گام اول با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون همبستگی بین متغیرهای مستقل انجام گرفت و ۳۷ نوع کاربری براساس روش‌های تجمیعی و کاهش همبستگی به ۱۴ نوع کاربری تقلیل یافت. در گام دوم مطالعه با استفاده از روش تخمین چگالی کرنل شعاع جستجوی مناسب مشاهدات استخراج گردید و سپس براساس مدل‌های (Geographical Weighing Regression) GWR و (Poisson Regression Geographical Weighing) GWPR تاثیر متغیرهای مستقل با در نظر گرفتن همبستگی فضایی در برآورد فراوانی تصادفات شهر شیراز ارزیابی گردید.



شکل ۱ محدوده مورد مطالعه

درون شهری شهر شیراز از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ مجموعاً ۳۴۵۸۸ گزارش شده توسط پلیس راهور از معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری شیراز دریافت گردیده است، دسته دوم لایه‌های اطلاعاتی کاربری‌های اراضی شهر شیراز از معاونت شهرسازی شهرداری شیراز گردآوری گردید. اطلاعات توصیفی داده‌های این مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است. شهر شیراز دارای ۳۲۵ ناحیه ترافیکی می‌باشد و تنوع کاربری‌های اراضی در آن‌ها براساس مطالعات طرح جامع حمل و نقل به ۳۷ دسته تقسیم بندی شده است که در این مطالعه به منظور بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل و کاهش خطای آن در مدلسازی ابتدا براساس مدل همبستگی پیرسون متغیرهای مستقل مورد ارزیابی قرار گرفتند. متغیرهای که همبستگی بالایی داشتند، در گام اول به صورت تجمیعی با سایر متغیرهای مشابه در مدلسازی وارد شدند، پس از آن در صورت وجود همبستگی بین متغیرهای مستقل، تعدادی از متغیرها حذف گردید تا از خطای مدل ناشی از همبستگی بین متغیرهای مستقل کاسته شود. در نهایت براساس مدل پیرسون، کاربری‌های اراضی به ۱۴ دسته طبقه بندی شدند که کمترین میزان همبستگی را از خود نشان دادند (جدول ۲). کاربری‌های اراضی شناسایی شده این مطالعه براساس مساحت شامل: شبکه معابر، تعداد واحد مسکونی، تعداد واحد تجاری، فرهنگی و مذهبی، ورزشی،

جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی متغیرهای مطالعه

| متغیرها | حداقل | حداکثر | مجموع | میانگین | خطای استاندارد | واریانس |
|----------------------------|-------|--------|----------|---------|----------------|---------|
| تعداد تصادفات | 7.00 | 686.00 | 34588.00 | 106.42 | 84.34 | 7113.62 |
| شبکه معابر | 0.00 | 73.34 | 7960.66 | 24.49 | 11.00 | 120.97 |
| مسکونی | 0.00 | 70.18 | 9223.37 | 30.21 | 18.87 | 356.16 |
| فرهنگی، مذهبی و جهانگردی | 0.00 | 30.66 | 435.59 | 1.34 | 3.59 | 12.88 |
| بهداشتی و درمانی | 0.00 | 84.45 | 313.72 | 0.97 | 5.33 | 28.42 |
| ورزشی | 0.00 | 35.18 | 134.19 | 0.41 | 2.20 | 4.84 |
| اداری ستادی | 0.00 | 87.83 | 556.76 | 1.71 | 5.88 | 34.60 |
| فضای سبز، مزارع و دامداری | 0.00 | 86.59 | 2413.15 | 7.43 | 13.75 | 188.94 |
| تجاری | 0.00 | 30.44 | 670.48 | 2.06 | 3.97 | 15.75 |
| تاسیسات، صنایع و حمل و نقل | 0.00 | 94.26 | 1093.31 | 3.36 | 7.69 | 59.09 |
| بایر و متروکه | 0.00 | 94.31 | 3956.12 | 12.17 | 16.92 | 286.14 |
| آموزشی | 0.00 | 73.30 | 786.77 | 2.42 | 6.10 | 37.16 |
| مختلط مسکونی و غیر مسکونی | 0.00 | 14.16 | 667.19 | 2.05 | 2.52 | 6.34 |
| مختلط غیر مسکونی | 0.00 | 36.37 | 190.30 | 0.59 | 2.52 | 6.35 |
| سایر کاربری | 0.00 | 100.00 | 3504.81 | 10.78 | 25.45 | 647.94 |

جدول ۲ میزان همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل

| سایر کاربری | مختلط مسکونی | مختلط مسکونی و غیر مسکونی | آموزشی | بایر و متروکه | تاسیسات، صنایع و حمل و نقل | تجاری | فضای سبز، مزارع و دامداری | اداری ستادی | ورزشی | بهداشتی و درمانی | فرهنگی، مذهبی و جهانگردی | مسکونی | شبکه معابر | همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل | شبکه معابر |
|-------------|--------------|---------------------------|--------|---------------|----------------------------|----------|---------------------------|-------------|--------|------------------|--------------------------|---------|------------|-----------------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | 1 | همبستگی | |
| | | | | | | | | | | | | | | معناداری | |
| | | | | | | | | | | | | 1 | .347** | همبستگی | |
| | | | | | | | | | | | | | 0 | معناداری | |
| | | | | | | | | | | | 1 | -0.034 | -0.033 | همبستگی | فرهنگی، مذهبی، جهانگردی |
| | | | | | | | | | | | | .537 | 0.558 | معناداری | |
| | | | | | | | | | | 1 | .019 | -0.083 | 0.014 | همبستگی | بهداشتی، درمانی |
| | | | | | | | | | | | .734 | .138 | 0.803 | معناداری | |
| | | | | | | | | | 1 | -0.11 | .018 | -0.071 | 0.051 | همبستگی | ورزشی |
| | | | | | | | | | | .841 | .743 | .202 | 0.362 | معناداری | |
| | | | | | | | | 1 | - | .029 | .040 | -0.090 | 0.002 | همبستگی | اداری، ستادی |
| | | | | | | | | | | .604 | .469 | .107 | 0.966 | معناداری | |
| | | | | | | 1 | -0.052 | - | -0.044 | -0.054 | - | .192** | - | همبستگی | فضای سبز، مزارع و دامداری |
| | | | | | | | .347 | .830 | .427 | .330 | .001 | 0.058 | 0.105 | معناداری | |
| | | | | | | 1 | -0.122* | - | .021 | .227** | .070 | 0.055 | 0.055 | همبستگی | تجاری |
| | | | | | | | .028 | .227 | .494 | .709 | .000 | .208 | 0.323 | معناداری | |
| | | | | | 1 | -0.026 | -0.112* | -0.047 | .028 | -0.046 | -0.064 | -0.130* | - | همبستگی | تاسیسات، صنایع و حمل و نقل |
| | | | | | | .639 | .044 | .394 | .615 | .410 | .251 | .019 | 0.866 | معناداری | |
| | | | | 1 | .056 | -0.150** | -0.125* | -0.135* | .028 | -0.105 | -0.089 | - | -0.091 | همبستگی | بایر و متروکه |
| | | | | | .311 | .007 | .025 | .015 | .616 | .059 | .108 | .000 | .103 | معناداری | |
| | | | 1 | -0.096 | -0.034 | .008 | -0.085 | .124* | - | .052 | .170** | -0.080 | -0.007 | همبستگی | آموزشی |
| | | | | .084 | .538 | .891 | .125 | .025 | .861 | .352 | .002 | .152 | .898 | معناداری | |
| | | 1 | .015 | -0.241** | -0.045 | .334** | - | -0.042 | - | -0.038 | .143* | .449** | .151** | همبستگی | مختلط مسکونی و غیر مسکونی |
| | | | .783 | .000 | .415 | .000 | .001 | .447 | .289 | .497 | .010 | .000 | .006 | معناداری | |
| | 1 | .099 | -0.023 | -0.085 | .038 | .116* | -0.053 | .022 | - | .015 | .043 | -0.035 | .055 | همبستگی | مختلط غیر مسکونی |
| | | .075 | .673 | .125 | .496 | .037 | .342 | .690 | .791 | .435 | .012 | .531 | .320 | معناداری | |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

مشاهده شده از آن متغیر گفته می شود. معمولاً فرض می شود نمونه های مشاهده شده به طور تصادفی و مستقل براساس تابع توزیع احتمال، توزیع شده اند. این روش به بررسی همبستگی مکانی وقایع نقطه ای مانند تصادف در یک شبکه

تخمین چگالی کرنل (KDE) (Kernel Density Estimate)

در آمار و احتمال، تخمین چگالی کرنل به فرایند تخمین تابع چگالی احتمال یک متغیر تصادفی با استفاده از نمونه های

اعتبار سنجی مدل‌ها

برای ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌های رگرسیون وزن دار جغرافیایی از سه آماره برای اندازه‌گیری دقت برآورد استفاده شده است، که ابتدا از AIC به عنوان نیکویی برازش استفاده خواهد شد، که کمترین مقدار این معیار، نشان دهنده برتری مدل است. معیار AIC طبق فرمول‌های چهارم تا نهم به قرار ذیل تعریف شده است [30]:

$$AIC = D + 2k, \quad (4)$$

$$AIC_c = -2L(\beta, \alpha) + 2K + \frac{2K(K+1)}{n-k-1}, \quad (5)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - p_i)^2} \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - p_i|}{y_i}}{n} \times 100 \quad (8)$$

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - p_i|}{n} \quad (9)$$

در روابط فوق D واریانس مدل را نشان می‌دهد و k تعداد پارامترها است. در GWPR، باید پارامترهای مؤثرتر در نظر گرفته شود.

علاوه بر دو معیار مذکور در این مطالعه از معیارهای BIC و نیز R^2 ، R^2 تعدیل شده، RMSE، MAD، MSE، MAPE نیز استفاده گردیده است. براساس مطالعات قبلی مقدار کمتر AIC و AIC_c نشانه بهتر بودن مدل است، همچنین مقادیر R^2 و R^2 تعدیل شده هر چه قدر به یک و مقادیر خطا هر چه قدر به صفر نزدیکتر باشد نشان می‌دهد، مدل بهتر عمل کرده است. همچنین معیار ارزیابی BIC مانند AIC عمل می‌کند [20,23,27].

تحلیل نتایج

براساس جدول (۱) در این مطالعه برآورد تعداد تصادفات در ناحیه ترافیکی شهر شیراز با استفاده از متغیرهای کاربری اراضی مورد ارزیابی قرار گرفته است. از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ تعداد ۳۴۵۸۸ تصادف در شهر گزارش شده است که به طور متوسط در هر ناحیه ترافیکی ۱۰۶ تصادف رخ داده است (حداقل ۷ و حداکثر ۶۸۶). شبکه معابر به طور متوسط ۲۴ درصد از مساحت کاربری هر ناحیه ترافیکی را به خود اختصاص داده است (حداقل ۰ و حداکثر ۷۳ درصد) که در

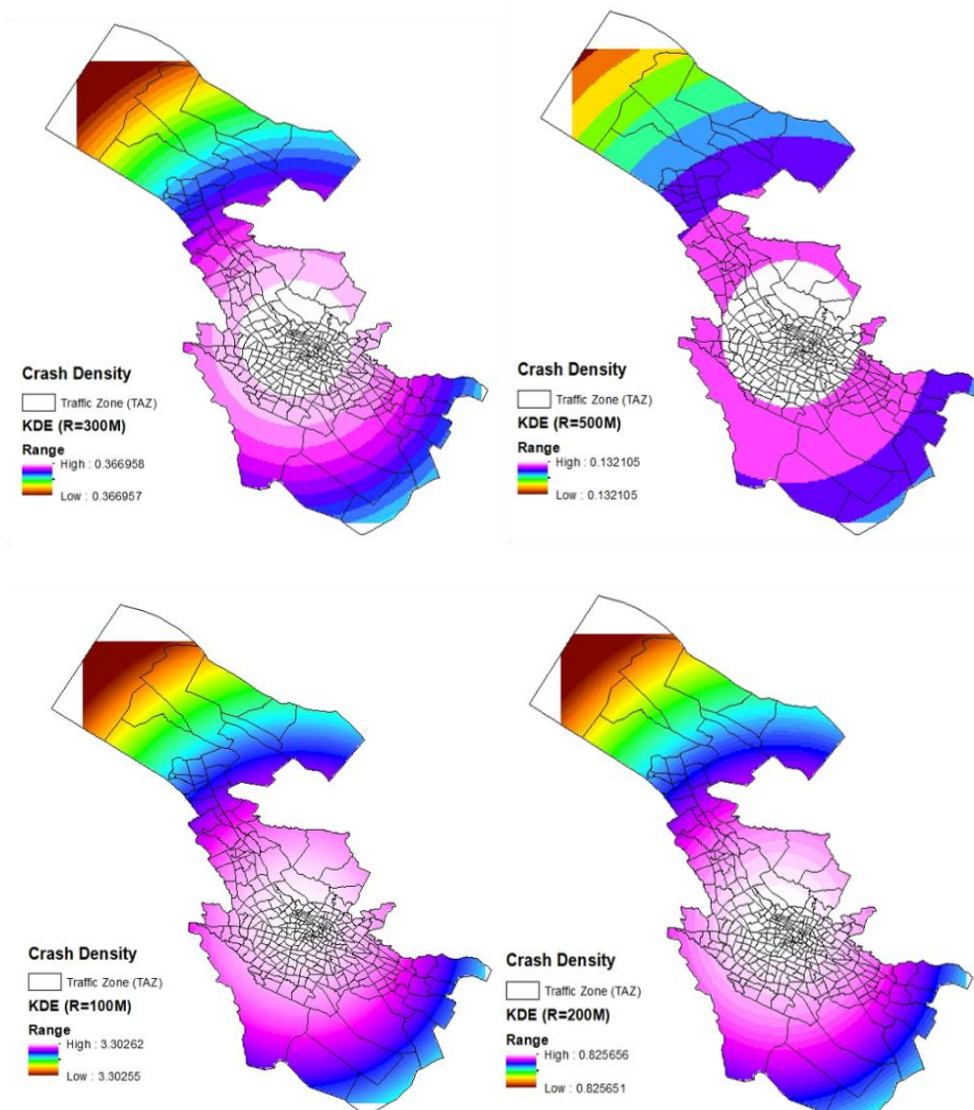
برخی از نواحی مراکز شهری سهم کاربری معابر به طور قابل توجهی بیشتر از سایر کاربری‌ها بوده است. واحدهای مسکونی به طور متوسط ۱۸ درصد از مساحت نواحی ترافیکی را اشغال کرده اند که در برخی نواحی مسکونی با تراکم بالا تا ۷۰ درصد از مساحت نواحی ترافیکی را به خود اختصاص داده است (حداقل ۰ و حداکثر ۷۰ درصد). مجموع کاربری‌های فرهنگی، مذهبی و گردشگری به طور متوسط ۱،۳ درصد از مساحت نواحی ترافیکی را به خود اختصاص داده‌است که حداکثر آن در مناطق بافت سنتی شهر شیراز تا ۳۰ درصد مساحت نواحی ترافیکی را به خود اختصاص داده است (حداقل ۰ و حداکثر ۳۰ درصد). مساحت کاربری بهداشتی درمانی به طور متوسط حدود ۱ درصد، کاربری ورزشی حدود ۰،۵ درصد، کاربری‌های اداری ستادی به طور متوسط ۱،۷ درصد، کاربری زمین‌های بایر و متروکه به طور متوسط ۱۲ درصد، اختلاط کاربری‌های مسکونی و غیرمسکونی به طور متوسط ۴ درصد از مساحت نواحی ترافیکی می‌باشد. براساس جدول (۲) تقریباً بیش از ۹۰ درصد همبستگی بین متغیرهای مستقل در بازه قابل قبول (کمتر ۰،۴) قرار گرفته است، همچنین سطح معناداری پیشگویی مقدار همبستگی در بین تعدادی از متغیرها قابل قبول گزارش شده است، اما در تعدادی دیگر، کم بودن مقدار همبستگی معنادار نبوده است، که دلیل آن می‌تواند وجود خطای بایاس در بین متغیرها باشد، که براساس مطالعات گذشته این خطا قابل چشم پوشی است [5]. همانگونه که در مقدمه اشاره گردید یکی از معیارهای مهم جهت مدلسازی به روش آمار فضایی انتخاب شعاع جستجوی مشاهدات است.

در این مطالعه ۴ شعاع جستجو به روش تخمین چگالی کرنل انجام گرفته است [12,15]. از بین آنها شعاع ۳۰۰ متر که بهترین پوشش دهی مقادیر مشاهدات را دارد، انتخاب گردیده است (شکل ۲). انتخاب شعاع جستجوی ۳۰۰ متر در مطالعات گذشته با دقت بالاتری مقادیر مشاهدات را در برگرفته است و در نتیجه نتایج مدل با دقت بالاتری گزارش شده است [17]. براساس جدول (۳) مساحت زمین بایر بیشترین عامل تاثیر گذار در رخ داد تصادف در نواحی ترافیکی بوده است، که در اختلاط با سایر کاربری‌ها بیشتر بوده است. با توجه به رابطه نمایی مدل رگرسیون پواسن افزایش یک واحد مساحت کاربری زمین بایر در مدل محلی باعث می‌شود ۰،۹۵ واحد احتمال رخ داد

متغیرها دارای همبستگی مکانی هستند [11]. در جدول (۴) نتایج اعتبار سنجی مدل‌ها گزارش شده است، که در آن مقادیر کمتر AIC و AIC_c ، مقادیر نزدیک به یک پارامتر R^2 و مقادیر کمتر پارامترهای $RMSE$ - MSE - $MAPE$ - MAD نشان دهنده بهتر بودن مدل است [7]. براساس آن مدل‌های محلی دقت بالاتری نسبت به مدل جهانی دارند. نتایج مطالعه الماسی و بهنود نیز نشان داده است که مدل‌های محلی در پیش بینی فراوانی تصادفات دقت قابل قبول تری دارند [5] و از بین مدل‌های محلی مدل $GWPR$ دقت بالاتری نسبت به GWR دارد. بنابراین ادامه مدل‌سازی براساس مدل بهینه $GWPR$ انجام گرفته است.

تصادف افزایش یابد، که در مدل جهانی این مقدار 0.83 به دست آمده است که با سایر مطالعات مطابقت دارد [31].

افزایش یک واحد مساحت کاربری مسکونی در مدل محلی 0.91 و در مدل جهانی 0.97 در افزایش تعداد تصادفات تاثیر گذار بوده است که این نتایج با مطالعه [18] و همچنین اختلاط کاربری‌های مسکونی و غیر مسکونی در مدل محلی 1.12 و در مدل جهانی 1.17 واحد در افزایش فراوانی تصادفات تاثیر گذار بوده است، که مطالعه [14] تاثیر اختلاط کاربری بر افزایش فراوانی تصادفات را تایید می‌کند. (برای تاثیر سایر انواع کاربری‌ها به جدول (۳) مراجعه شود). در جدول (۳) مقادیر منفی اختلاف انحراف معیار از مقدار بحرانی نشان می‌دهد که



شکل ۲ تخمین چگالی کرنل با شعاع‌های جستجوی متفاوت

جدول ۳ نتایج مدل‌سازی به روش محلی و جهانی

| نتایج مدل جهانی (Global) رگرسیون پواسون | | | | نتایج مدل محلی (Local) رگرسیون پواسون وزن دار جغرافیایی (GWPR) | | | | | | | | | | | مقایسه نتایج مدل‌ها |
|--------------------------------------------|-----------|----------------|----------|----------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|-----------|--------|------------|-------|---------|---------|----------------|---------|----------------------------|
| Exp (Est) | z(Est/SE) | Standard Error | Estimate | همبستگی فضایی | اختلاف با مقدار بحرانی | انحراف معیار | کران بالا | میان | کران پایین | بازه | حد اکثر | هداقل | خطای استاندارد | میانگین | متغیرهای توضیحی |
| 5.446 | 27.792 | 0.061 | 1.695 | دارد | -1153.32 | 120754 | 1.749 | -0.085 | -1.987 | 15.54 | 4.724 | -10.816 | 2.946 | -0.332 | ثابت مدل |
| 0.839 | -27.155 | 0.006 | -0.176 | دارد | -1222.87 | 1740.571 | 0.034 | -0.13 | -0.229 | 1.633 | 0.813 | -0.653 | 0.173 | -0.041 | شبکه معابر |
| 0.978 | -5.942 | 0.004 | -0.022 | دارد | -1289.87 | 1340.571 | 0.037 | -0.115 | -0.209 | 1.283 | 0.673 | -0.609 | 0.197 | -0.089 | مسکونی |
| 1.054 | 14.075 | 0.004 | 0.053 | دارد | -304.90 | 354.875 | 0.036 | -0.01 | -0.042 | 0.307 | 0.158 | -0.148 | 0.055 | 0.000 | فرهنگی-مذهبی-جهانگردی |
| 1.050 | 15.225 | 0.003 | 0.049 | دارد | -338.598 | 391.153 | 0.096 | 0.058 | 0.019 | 0.298 | 0.205 | -0.0924 | 0.0590 | 0.0615 | بهداشتی-درمانی |
| 1.048 | 14.984 | 0.003 | 0.047 | دارد | -246.817 | 295.599 | 0.065 | 0.0260 | -0.024 | 0.241 | 0.147 | -0.0945 | 0.054 | 0.0213 | ورزشی |
| 0.976 | -6.912 | 0.003 | -0.024 | دارد | -225.382 | 272.729 | 0.077 | 0.0380 | 0.004 | 0.229 | 0.143 | -0.086 | 0.0470 | 0.0366 | اداری ستادی |
| 0.950 | -8.209 | 0.006 | -0.051 | دارد | -117.349 | 166.201 | 0.016 | -0.016 | -0.039 | 0.229 | 0.114 | -0.115 | 0.044 | -0.010 | فضای سبز و مزارع و دامداری |
| 1.073 | 14.923 | 0.005 | 0.070 | دارد | -270.539 | 315.221 | 0.081 | 0.010 | -0.054 | 0.643 | 0.29 | -0.344 | 0.119 | 0.0158 | تجاری |
| 1.135 | 22.149 | 0.006 | 0.127 | دارد | -320.511 | 364.299 | 0.12 | 0.080 | 0.0294 | 0.420 | 0.314 | -0.106 | 0.0772 | 0.0733 | تاسیسات، صنایع و حمل و نقل |
| 1.033 | 7.842 | 0.004 | 0.032 | دارد | -480.152 | 530.742 | 0.369 | 0.246 | 0.1135 | 0.768 | 0.628 | -0.139 | 0.154 | 0.2422 | بایر و متروکه |
| 1.108 | 20.059 | 0.005 | 0.103 | دارد | -141.415 | 189.347 | 0.084 | 0.0390 | -0.006 | 0.343 | 0.231 | -0.111 | 0.0739 | 0.0423 | آموزشی |
| 1.182 | 52.654 | 0.003 | 0.167 | دارد | -677.235 | 722.293 | 0.176 | 0.0955 | 0.0421 | 0.573 | 0.502 | -0.070 | 0.108 | 0.1134 | مختلط مسکونی و غیر مسکونی |
| 0.839 | -27.155 | 0.006 | -0.176 | دارد | -196.695 | 246.652 | 0.135 | 0.0694 | 0.0099 | 0.379 | 0.2161 | -0.163 | 0.0861 | 0.0656 | مختلط غیر مسکونی |
| 0.274 | -0.149 | 0.083 | 0.0473 | دارد | -106.625 | 242.637 | 0.064 | 0.029 | -0.006 | 0.343 | 0.291 | -0.124 | 0.099 | 0.0483 | سایر کاربری |

در شکل (۳) برآورد مقادیر متغیرهای مستقل در هریک از نواحی در مدل محلی نشان داده شده است که براساس آن تاثیر متغیر مساحت کاربری مسکونی در شمال شهر شیراز در رخ داد تصادف بیشتر از سایر نواحی ترافیکی بوده است، که با مطالعه [15,19,32] مطابقت دارد. همچنین تاثیر کاربری فضای سبز و تفریحی در مراکز شهر بیشتر از سایر نواحی در رخ داد تصادف به دست آمده است. همچنین تاثیر صنایع، تجهیزات و حمل و نقل در رخ داد تصادف، در قسمت جنوبی و مرکز مایل به جنوب شهر شیراز بیشتر از سایر نواحی به دست آمده است (برای مشاهده تاثیر مساحت سایر کاربری‌ها در نواحی مختلف ترافیکی به شکل (۳) رجوع شود). در شکل (۴) نتایج پیش بینی مدل‌های GWPR و GWR به همراه مقادیر باقی مانده ها و

جدول ۴ اعتبار سنجی مدل‌ها

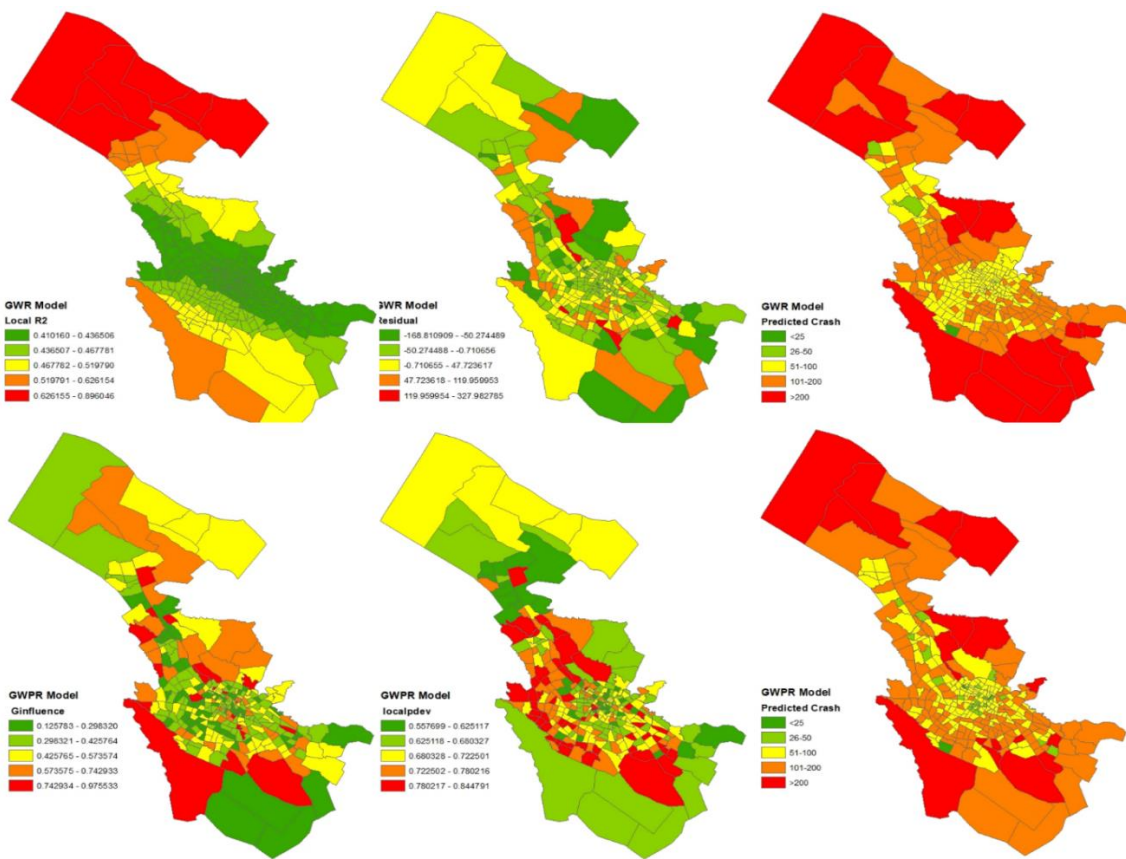
| مدل جهانی | مدل‌های محلی | | معیارها |
|-----------|--------------|----------|--------------------|
| | GWPR | GWR | |
| Poison | 3898.41 | 4235.154 | AIC |
| 9432.214 | 3426.214 | 3585.21 | AICc |
| - | - | 57.45 | Σ |
| 0.55 | 0.65 | 0.58 | R ² |
| 0.51 | 0.59 | 0.53 | Adj R ² |
| 9482.614 | 4405.32 | - | BIC |
| 141.214 | 38.52 | 109.38 | RMSE |
| 11975.214 | 1484.514 | 11964.85 | MSE |
| 109.361 | 33.25 | 104.31 | MAPE |
| 75.86 | 26.06 | 68.014 | MAD |

عدد یک نزدیکتر و مقادیر باقی‌مانده به صفر نزدیکتر باشد، مدل با دقت بالاتری فراوانی تصادفات را پیش‌بینی کرده است [23].

R^2 برای تمامی نواحی ترافیکی نشان داده شده است، که براساس آن می‌توان دریافت در نواحی ترافیکی که مقدار R^2 به



شکل ۳ برآورد متغیرهای مستقل در روش GWPR



شکل ۴ مقایسه نتایج مدل‌سازی GWR و GWPR

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه از یک رویکرد سیستماتیک جهت بررسی تاثیر مساحت انواع کاربری‌های زمین بر رخ داد تصادف در سطح نواحی ترافیکی شهر شیراز استفاده شده است. در این مطالعه در گام اول از بین ۳۷ نوع کاربری شهری، ۱۴ نوع کاربری انتخاب گردیده است. کاربری‌های انتخابی با ترکیب مساحت کاربری‌های مشابه به منظور کاهش همبستگی بین متغیرهای مستقل انتخاب گردیده‌اند. در گام دوم با استفاده از روش تخمین چگالی کرنل شعاع جستجوی مناسب مشاهدات انتخاب گردیده است و در ادامه دو رویکرد مدل‌سازی محلی و جهانی اتخاذ شده است. نتایج مطالعه نشان داده است که مدل‌های محلی برازش بهتری نسبت به مدل جهانی در برآورد فراوانی تصادفات دارند، همچنین از بین دو مدل GWPR و GWR مدل اول نتیجه بهتری ارائه کرده است. در این مطالعه متغیرهای کاربری مسکونی، تجاری، زمین بایر و مختلط مسکونی مهمترین متغیرهای تاثیرگذار در افزایش رخ داد تصادف شناسایی شده‌اند [33]. بنابراین کنترل و مدیریت صحیح این کاربری‌ها تاثیر بیشتری بر کاهش تصادف نسبت به سایر کاربری‌ها دارد. در این مطالعه تاثیر اختلاف زیاد مساحت انواع کاربری‌ها در سطح نواحی ترافیکی بر رخداد تصادف کاملاً محسوس است. در برخی نواحی ترافیکی تا ۸۰ درصد از مساحت ناحیه از یک نوع کاربری است و بالا بودن انحراف معیار، پراکندگی کاربری‌ها در سطح شهر را نشان می‌دهد. به عنوان مثال انحراف معیار بالای کاربری بهداشتی درمانی (جدول ۱) نشان می‌دهد که این کاربری کمترین اختلاف را با سایر کاربری‌ها در سطح نواحی دارند، از طرفی دیگر تجمع این نوع کاربری در نواحی ترافیکی خاص بیشتر از سایر کاربری‌ها دیده شده است. کاربری‌های ورزشی نیز مانند کاربری بهداشتی درمانی مساحت کمتری نسبت به سایر کاربری‌ها در نواحی ترافیکی به خود اختصاص داده‌اند. واریانس پایین (۴,۵ درصد) آن نشان می‌دهد اختلاف این نوع کاربری بیشتر از سایر کاربری‌ها می‌باشد [34] و با نسبت‌های متفاوت در سطح شهر پراکنده شده است. در کاربری اداری و ستادی با توجه به تراکم بسیار بالا (تا ۸۷ درصد مساحت ناحیه ترافیکی) در تعدادی از نواحی ترافیکی و همچنین واریانس کمتر نسبت به کاربری‌های مسکونی و تجاری نشان می‌دهد که پراکندگی این کاربری در سطح نواحی ترافیکی بیشتر در نتیجه اختلاط بیشتری با سایر کاربری‌ها دارند. همچنین با توجه به درصد مساحت بالا (۹۴

درصد) کاربری تاسیسات و صنایع در برخی از نواحی و همچنین واریانس بالا نشان می‌دهد پراکندگی این کاربری‌ها در سطح شهر شیراز کمتر و اختلاط کمتری با سایر کاربری‌ها دارد. به عبارت دیگر مساحت زیادی از این کاربری‌ها در نواحی ترافیکی محدودی تجمع شده است، که نشان می‌دهد سهم بالای یک کاربری در یک ناحیه ترافیکی تاثیر کمتری نسبت اختلاط انواع کاربری در افزایش فراوانی تصادفات دارد به گونه ای که نواحی ترافیکی با یک نوع کاربری بستگی به نوع کاربری به طور متوسط تاثیر بیشتری نسبت به نواحی ترافیکی با کاربری زمین مختلط در افزایش فراوانی تصادف دارد که در شکل (۳) نشان داده شده است [14,15,35]. در جدول (۳) مقادیر اختلاف انحراف معیار از مقدار بحرانی نشان می‌دهد، تمامی متغیرهای مستقل دارای همبستگی مکانی‌اند. بنابراین همانگونه که مورد انتظار بود مدل محلی نتایج قابل قبول تری نسبت به مدل جهانی ارائه کرده است [5]. همانگونه که در قسمت متدولوژی اشاره گردید مقادیر کمتر AIC، AICc و BIC و مقادیر خطا نشان دهنده برازش بهتر مدل و مقادیر R^2 و R^2 تعدیل شده هرچه به مقدار یک نزدیکتر باشد مدل بهینه تر است و با توجه به واریانس پایین، همچنین اختلاف ۱۴ درصدی مساحت بین حداقل و حداکثر مقدار آن نشان می‌دهد این نوع اختلاط به طور وسیع در سطح شهر شیراز پراکندگی دارد. به طور کلی می‌توان گفت اثر فضایی در فضایی بین متغیرهای مستقل و وابسته در نواحی ترافیکی با اختلاط کاربری بالا، بیشتر از سایر نواحی ترافیکی دیگر است. همچنین مقادیر باقی مانده‌ها در شکل (۳) نشان داده است، برآورد فراوانی تصادفات در مناطق مرکزی شهر شیراز به مقادیر مشاهده شده نزدیکتر است و در سایر نواحی اختلاف بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده بیشتر است، که نشان می‌دهد بیش پراکندگی داده‌ها در این نواحی بیشتر است [36]. نتایج این مطالعه می‌تواند جهت برنامه‌های عملیاتی میان و بلند مدت به منظور کاهش فراوانی تصادف با در نظر گرفتن اولویت بندی اقدامات ایمنی مورد استفاده قرار گیرد. نویسندگان این مطالعه پیشنهاد می‌کنند در مطالعات بعدی از روش توزیع دو جمله‌ای منفی که خاصیت بیش پراکندگی داده‌های تصادف را در نظر می‌گیرد جهت پیش بینی فراوانی تصادفات مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

مراجع

- [1] G. Al-Hasani, M. Asaduzzaman, and A.H. Soliman, "Geographically weighted Poisson regression models with different kernels: Application to road traffic accident data Communications in Statistics: Case Studies," *Data Analysis and Applications*, vol. 7, no. 2, pp. 166-181, 2021. <https://doi.org/10.1080/23737484.2020.1869628>
- [2] S. A. Almasi, and H. R. Behnood, "Exposure based geographic analysis mode for estimating the expected pedestrian crash frequency in urban traffic zones; case study of Tehran," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 168, pp. 106576, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106576>
- [3] S. A. Almasi, H. R. Behnood, and R. Arvin, "Pedestrian crash exposure analysis using alternative geographically weighted regression models," *Journal of advanced transportation*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6667688>
- [4] E. A. Atumo, H. Li, and X. Jiang, "Segment-Level Spatial Heterogeneity of Arterial Crash Frequency Using Locally Weighted Generalized Linear Models," *Transportation research record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2677, no. 3, 2022. <https://doi.org/10.1177/03611981221126510>
- [5] H. Bozdogan, "Model selection and Akaike's information criterion (AIC): The general theory and its analytical extensions," *Psychometrika*, vol. 52, no. 3, pp. 345-37, 1987. <https://doi.org/10.1007/BF02294361>
- [6] M. Duan, H. Ya, L. Zhang, and H. Jia, "Traffic safety analysis of intersections between the residential entrance and urban road," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 96, pp. 1001-1007, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.114>
- [7] M. Effati, and M. V. Saheli, "Examining the influence of rural land uses and accessibility-related factors to estimate pedestrian safety: The use of GIS and machine learning techniques," *International journal of transportation science and technology*, vol. 11, no. 1, pp. 144-157, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2021.03.005>
- [8] N. Fiorentini, D. Pellegrini, and M. Losa, "Overfitting Prevention in Accident Prediction Models: Bayesian Regularization of Artificial Neural Networks," *Transportation Research Record*, vol. 2677, no. 2, 2022. <https://doi.org/10.1177/03611981221111367>
- [9] L. Fuentes, R. Truffello, and M. Flores, "Impact of Land Use Diversity on Daytime Social Segregation Patterns in Santiago de Chile. Buildings," *buildings*, vol. 12, no. 2, pp. 149, 2022. <https://doi.org/10.3390/buildings12020149>
- [10] M. J. T. L. Gomes, F. Cunto, and A. R da Silva, "Geographically weighted negative binomial regression applied to zonal level safety performance models," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 106, pp. 254-261, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.06.011>
- [11] H. Harirforoush, and L. Bellalite, "A new integrated GIS-based analysis to detect hotspots: a case study of the city of Sherbrooke," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 130, pp. 62-74, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.08.015>
- [12] C.D. Kang, "The S+ 5Ds: Spatial access to pedestrian environments and walking in Seoul, Korea," *Cities*, vol. 77, pp. 130-141, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.01.019>
- [13] S. S. A. Kazmi, M. Ahmed, R. Mumtaz, and Z. Anwar, "Spatiotemporal clustering and analysis of road accident hotspots by exploiting GIS technology and Kernel density estimation," *The Computer Journal*, vol. 65, no. 2, pp.

- 155-176, 2022. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxz158>
- [14] H. Khaksar, S. A. Almasi, and A. A. Goharpoor, "Application of Geographical-Spatial Models in Predicting the Frequency of Road Crash (Case Study: Main Road Network of Hamadan Province)," *Journal of Transportation Research*, vol. 19, no. 1, pp. 45-58, 2022. <https://doi.org/10.22034/tri.2021.250276.2815>
- [15] K. Kim, P. Pant, and E. Yamashita, "Accidents and accessibility: Measuring influences of demographic and land use variables in Honolulu, Hawaii," *Transportation research record:Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2147, no. 1, pp. 9-17, 2010. <https://doi.org/10.3141/2147-02>
- [16] W. Larson, F. Liu, and A. Yezer, "Energy footprint of the city: Effects of urban land use and transportation policies," *Journal of Urban Economics*, vol. 72, no. 2-3, pp. 147-159, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2012.05.001>
- [17] K. G. Le, P. Liu, and L.T. Lin, "Determining the road traffic accident hotspots using GIS-based temporal-spatial statistical analytic techniques in Hanoi, Vietnam," *Geo-spatial Information Science*, vol. 23, no. 2, pp. 153-164, 2020. <https://doi.org/10.1080/10095020.2019.1683437>
- [18] K. G. Le, P. Liu and L.T. Lin, "Traffic accident hotspot identification by integrating kernel density estimation and spatial autocorrelation analysis: a case study," *International journal of crashworthiness*, vol. 27, no. 2, pp. 543-553, 2022. <https://doi.org/10.1080/13588265.2020.1826800>
- [19] B. D. Leibowicz, "Urban land use and transportation planning for climate change mitigation: A theoretical framework," *European Journal of Operational Research*, vol. 284, no. 2, pp. 604-616, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.12.034>
- [20] J. Liu, A. J. Khattak, and B. Wali, "Do safety performance functions used for predicting crash frequency vary across space? Applying geographically weighted regressions to account for spatial heterogeneity," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 109, pp. 132-142, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.10.012>
- [21] S. Mathew, S. S. Pulugurtha, and S. Duvvuri, "Exploring the effect of road network, demographic, and land use characteristics on teen crash frequency using geographically weighted negative binomial regression," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 168, pp. 106615, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106615>
- [22] L. A. Merlin, C. R. Cherry, A. Mohamadi Hezaveh, and E. Dumbaugh, "Residential accessibility's relationships with crash rates per capita," *Journal of Transport and Land Use*, vol. 13, no. 1, pp. 113-128, 2020. <https://www.jstor.org/stable/26967238>
- [23] L. A. Merlin, E. Guerra, and E. Dumbaugh, "Crash risk, crash exposure, and the built environment: A conceptual review," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 134, pp. 105244, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.07.020>
- [24] K. M. Peera, R. S. Shekhawat, and C. Prasad, "Traffic analysis zone level road traffic accident prediction models based on land use characteristics," *International journal for traffic and transport engineering (Belgrade)*, vol. 9, no. 4, pp. 376-386, 2019. [https://doi.org/10.7708/ijtte.2019.9\(4\).03](https://doi.org/10.7708/ijtte.2019.9(4).03)
- [25] L. Srikanth, and I. Srikanth, "A case study on kernel density estimation and hotspot analysis methods in traffic safety management," Paper presented at the 2020 International Conference on COMmunication Systems and Networks (COMSNETS), 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9027448>

- [26] M. R. Stevens, "Does compact development make people drive less? ," *Journal of the American Planning Association*, vol. 83, no. 1, pp. 7-18, 2017. <https://doi.org/10.1080/01944363.2016.1240044>
- [27] P. Stoker, A. Garfinkel-Castro, M. Khayesi, W. Odero, M. N. Mwangi, M. Peden, and R. Ewing, "Pedestrian safety and the built environment: a review of the risk factors ," *Journal of Planning Literature*, vol. 30, no. 4, pp. 377-392, 2015. <https://doi.org/10.1177/0885412215595438>
- [28] H. Sung, S. Lee, S. Cheon, and J. Yoon, "Pedestrian Safety in Compact and Mixed-Use Urban Environments: Evaluation of 5D Measures on Pedestrian Crashes," *Sustainability*, vol. 14, no. 2, pp. 646, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14020646>
- [29] M. Umair, I. A. Rana, and R. H. Lodhi, "The impact of urban design and the built environment on road traffic crashes: a case study of Rawalpindi, Pakistan," *Case studies on transport policy*, vol. 10, no. 1, pp. 417-426, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.01.002>
- [30] Y. Zhang, H. Lu, and W. Qu, "Geographical detection of traffic accidents spatial stratified heterogeneity and influence factors," *International journal of environmental research and public health*, vol. 17, no. 2, pp. 572, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020572>
- [31] S. Zhong, Y. Jiang, and O. A. Nielsen, "Lexicographic multi-objective road pricing optimization considering land use and transportation effects," *European Journal of Operational Research*, vol. 298, no. 2, pp. 496-509, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.05.048>