

Urban Temporary Accommodation Centers Siting After the Earthquake using the Spatial Integration Approach (District 22 of Tehran)

Parham Pahlavani^{1✉}, Ali Rabani², Behnaz Bigdeli³, Seyed Ahmad Eslaminezhad⁴

1. Associate Professor, School of Surveying and Geospatial Information, College of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran
✉ E-mail: pahlavani@ut.ac.ir
2. M.Sc Graduate, School of Surveying and Geospatial Information, College of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran
E-mail: Ali.rabani06@ut.ac.ir
3. Assistant Professor at School of Civil Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
E-mail: Bigdeli@shahroodut.ac.ir
4. M.Sc Graduate, School of Surveying and Geospatial Information, College of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran
E-mail: ahmad.eslami73@ut.ac.ir



How to Cite: Pahlavani, P; Rabani, A; Bigdeli, B; & Eslaminezhad, S. A. (2024). Urban Temporary Accommodation Centers Siting After the Earthquake using the Spatial Integration Approach (District 22 of Tehran). *Geography and Development*, 22 (77), 81-106.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/gdij.2024.43241.3432>

Received:

24 August 2023

Received in revised form:

13 March 2024

Accepted:

14 May 2024

Published online:

1 January 2025

ABSTRACT

The purpose of this research is site selection of temporary accommodation centers in District 22 of Tehran with the help of effective criteria. These criteria are including Red Crescent, distance to bridge, distance to schools, distance to the main road, distance to the police station, distance to the gas source, distance to mosques, distance to food distribution centers, distance to metro lines, distance to Metro station, distance to health centers, distance to park and green space, distance to hospital, distance to fire stations, population density, earthquake risk, and slope. The novelty of this study is the use of an appropriate and sufficient combination of criteria for locating temporary accommodation sites. In this regard, the geographically weighted regression (GWR) method with two Gaussian and tri-cube kernels was used. This method is compatible with two unique properties of spatial data, namely spatial autocorrelation, and spatial non-stationarity. The values of R^2 and RMSE obtained by the GWR method with tri-cube kernel were 0.9413 and 0.3470, respectively, which indicates the high compatibility of the tri-cube kernel with respect to the Gaussian kernel. The results also show that Chitgar Park and Azadi Sports Complex are some of the largest and most suitable areas for the construction of temporary shelters after the earthquake crisis in the case study.

Keywords:

Earthquake,
Temporary
accommodation,
Geographically weighted
regression,
District 22 of Tehran.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

1. Introduction

Earthquake is one of the natural crises in which, despite tremendous advances in technology, man is still incapable of natural disasters such as earthquakes, floods, and droughts and is exposed to many financial and human losses; therefore, earthquake crisis management seems necessary. The existence of natural disasters such as earthquakes in the country has made Iran as one of the top ten countries in the world in terms of disaster. The most important purpose of this study is to identify suitable places for temporary accommodation sites after the earthquake crisis to meet the basic needs of victims and survivors of the

crisis, done by taking into account the environmental, social, and physical conditions of the region. Therefore, the present study, considering the crisis management stages of an earthquake-prone area, tries to address the issue of locating suitable spaces for the construction of temporary accommodation sites. The purpose of this research is site selection of temporary accommodation centers in District 22 of Tehran with the help of effective criteria. These criteria are Red Crescent, distance to bridge, distance to schools, distance to the main road, distance to the police station, distance to the gas source, distance to mosques, distance to food distribution centers, distance to metro lines, distance to Metro station, distance to health centers, distance to park and green space, distance to hospital, distance to fire stations, population density, earthquake risk, and slope. The novelty of this study is the use of an appropriate and sufficient combination of criteria for locating temporary accommodation sites. In this regard, the geographically weighted regression (GWR) method with two Gaussian and tri-cube kernels was used.

2. Methods and Materials

The research method is descriptive-analytical and its type is based on the practical purpose. The theoretical foundations are based on documentary and library studies. The goal of this research is site selection of temporary accommodation centers in District 22 of Tehran. The required data has been obtained from the Tehran Disaster Mitigation and Management Organization and the results of the general population and housing census of 2017. District 22 of Tehran is located between the eastern lengths of $51^{\circ} 5' 10''$ to $51^{\circ} 20' 40''$ and the northern lengths of $35^{\circ} 32' 16''$ to $35^{\circ} 57' 19''$. District 22 of Tehran municipality, as the largest and the most extensive urban development connected to Tehran, has 1265 hectares of parks and green space. In addition, due to the unparalleled accessibility of this nascent and emerging region, in Tehran and metropolitan areas, it seems to have the necessary potential for temporary settlement after a possible earthquake in the western part of Tehran. All data processing has been done in the ArcMap software and its quantitative calculations in the Matlab software. In this research, the geographically weighted regression (GWR) method with two Gaussian and tri-cube kernels was used. The recommended combination method is suitable for spatial regression problems because it is compatible with two unique properties of spatial data, i.e. spatial autocorrelation and spatial non-stationarity. According to spatial autocorrelation and spatial non-stationarity properties for spatial data, it is less possible to use basic global regressions such as Ordinary Least square (OLS). In GWR model, the spatial dependencies between the events are considered as weight matrices, and due to the heterogeneity of the environmental factors and the existence of local variation, regression coefficients of the GWR model for observation are measured locally. To evaluate the GWR model's output the Coefficient of Determination (R^2) is usually used to measure the goodness of fit as well as the RMSE value to measure the residuals distribution of the observation.

3. Result and Discussion

For the implementation of the GWR model, 70% of the total data was used for training and 30% of the total data was used for testing, and all data were normalized before entering the algorithms. Based on previous research and trial and error method, a ratio of 70:30 was selected. After implementing the GWR algorithm, the values of R^2 and RMSE obtained by the GWR method with tri-cube kernel were 0.9413 and 0.3470, respectively, which indicates the high compatibility of the tri-cube kernel with respect to the Gaussian kernel. The results also showed that Chitgar Park and Azadi Sports Complex are some of the

largest and most suitable areas for the construction of temporary shelters after the earthquake crisis in the case study.

4. Conclusion

Examining the studies, it was found that in previous research, proper analysis has not been performed to determine the temporary accommodation sites after an earthquake. Therefore, in order to achieve the purpose of this study, the geographically weighted regression (Gaussian and tri-cube kernels) was used to locate temporary accommodation centers after the earthquake in District 22 of Tehran. The results showed that the GWR method with the tri-cube kernel provides better results than the Gaussian one. Based on the information obtained from Tehran Disaster Mitigation and Management Organization, the results of the GWR method indicate the appropriateness of selecting the model to locate temporary accommodation sites after the earthquake crisis for District 22 of Tehran.

By identifying suitable centers for temporary accommodation of the population, the following suggestions are made:

- The results of the current research showed the ability of data-oriented and GIS integration methods in identifying prone areas for temporary accommodation. For this reason, it is suggested that relevant organs, departments and organizations, including the Municipality of Region 22, Tehran Crisis Prevention and Management Organization, etc., should always be prepared by creating comprehensive and up-to-date information banks of all urban details and elements based on GIS. To temporarily accommodate the population in the aftermath of the earthquake crisis.
- It is necessary for public education, awareness and accurate information to the public, regarding the existence of the earthquake risk, its various dimensions and also the designated areas for the temporary settlement of the population.
- It is necessary for accurate estimation of the biological, service, health and treatment needs as well as the capacity of the number of people for each temporary accommodation site by the relevant institutions.

Due to the success of the model used in this research, it is suggested for future research other spatial models such as Generalized Method of Moments Estimation for Spatial Autoregressive (GMM-SAR) and Matrix Exponential Spatial Specification (MESS) to be used.

Keywords: Earthquake, Temporary accommodation, Geographically weighted regression, District 22 of Tehran.

5. References

- Aad, G., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Aben, R., Abi, B., & Abreu, R (2014). Measurements of spin correlation in top-antitop quark events from proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV using the ATLAS detector. *Physical Review D*, 90(11), 112016.
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.90.112016>
- Arkani, E., Hatami Nejad H, Qare S (2021). Identifying and prioritizing the factors affecting the increase of earthquake risk in worn-out urban areas with a combined approach of fuzzy Delphi technique and BMW model. *Applied researches in Geographical Sciences*; 20 (59): 291-306.

- Amanpour, S., Parvizia, A (2020). Locating Multi-Purpose Urban Shelters Based on the Principles of Passive Defense: The Case Study of the District One of Ahvaz Metropolis. *Town and Country Planning*, 12(2), 385-406.
<https://doi.org/JTCP.2020.305735.670133/۱۰,۲۲۰۵۹>
- Bazdar, S., zandmoghdam, M., kamyabi, S (2021). Assessment and evaluation of urban vulnerability to earthquake in the province of Ilam. *Applied researches in Geographical Sciences*; 20 (59):197-212.
<http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3315-fa.html>
- Boostani, A., Jolai, F., & Bozorgi-Amiri, A (2019). Optimal location selection of temporary accommodation sites in Iran via a hybrid fuzzy multiple-criteria decision making approach. *Journal of Urban Planning and Development*, 144(4), 04018039.
<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000479>
- Contreras, D., Forino, G., & Blaschke, T (2018). Measuring the progress of a recovery process after an earthquake: The case of L'aquila, Italy. *International journal of disaster risk reduction*, 28, 450-464.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.048>
- Dabiri, M., Oghabi, M., Sarvari, H., Sabeti, S., & Kashefi, H. R (2020). A combination risk-based approach to post-earthquake temporary accommodation site selection: A case study in Iran. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*.
<https://doi.org/10.22111/IJFS.2020.5601>
- Ebrahimian Ghajari, Y. (2020). Designing and implementing a GIS-based model for temporary accommodation planning in the management of earthquake crisis in Babol City. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 29(113), 29-41.
<https://doi.org/10.22131/sepehr.2020.40469>
- Esmaeili, S (2017). Site selection of temporary settlement after probable Earthquake of Tehran among urban green spaces of Tehran Municipality, District 22. *Disaster Prev. Manag. Know.*; 7 (3): 273-283.
<http://dpmk.ir/article-1-157-fa.html>
- Fotheringham, A. S., & Oshan, T. M (2016). Geographically weighted regression and multicollinearity: dispelling the myth. *Journal of Geographical Systems*, 18(4), 303-329.
<https://doi.org/10.1007/s10109-016-0239-5>
- Hong, I., & Yoo, C. 2020. Analyzing Spatial Variance of Airbnb Pricing Determinants Using Multiscale GWR Approach. *Sustainability*, 12(11), 4710.
<https://doi.org/10.3390/su12114710>
- Hosseini, S. A., de la Fuente, A., & Pons, O (2016). Multicriteria decision-making method for sustainable site location of post-disaster temporary housing in urban areas. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(9), 04016036.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001137](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001137)
- Jamalabadi, J., salmanimoghaddam, M., shekari badi, A., Nodeh, M (2019). Locating temporary population centers after an earthquake in urban settlements Case Study: Sabzevar City. *Applied researches in Geographical Sciences*.; 19 (55) :153-171.
<http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3018-fa.html>

- Junian, J., & Azizifar, V (2018). The evaluation of temporary shelter areas locations using geographic information system and analytic hierarchy process. *Civil Engineering Journal*, 4(7), 1678-1688.
<https://doi.org/10.28991/cej-03091104>
- Karimpoor, S., Momeni, M (2017). The Selection of Site for Temporary Sheltering After the earthquake (Case Study of Isfahan). *Journal of Geography and Environmental Studies*, 5(20), 125-138.
http://ges.iaun.ac.ir/article_589611.html
- Kilci, F., Kara, B. Y., & Bozkaya, B (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323-332.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.035>
- Moghim, S., Monsefi Parapari, D (2019). Site selection for Temporary Earthquake Shelter Compounds, Using Analytic Hierarchy Process and Weighted Linear Combination based on GIS; Case Study: Shahrood. *Jsaeh.*; 6 (1) :71-94.
<http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2865-fa.html>
- Murray, A. T., Xu, J., Baik, J., Burtner, S., Cho, S., Noi, E., & Zhou, E (2020). Overview of Contributions in Geographical Analysis: Waldo Tobler. *Geographical Analysis*, 52(4), 480-493.
<https://doi.org/10.1111/gean.12257>
- Oshan, T. M., Li, Z., Kang, W., Wolf, L. J., & Fotheringham, A. S (2019). mgwr: A Python implementation of multiscale geographically weighted regression for investigating process spatial heterogeneity and scale. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6), 269.
<https://doi.org/10.3390/ijgi8060269>
- Pu, H., Luo, K., Wang, P., Wang, S., & Kang, S (2017). Spatial variation of air quality index and urban driving factors linkages: Evidence from Chinese cities. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(5), 4457-4468.
<https://doi.org/10.1007/s11356-016-8181-0>
- Sánchez-Lozano, J. M., Ramos-Escudero, A., Gil-García, I. C., García-Cascales, M. S., & Molina-García, A (2022). A GIS-based offshore wind site selection model using fuzzy multi-criteria decision-making with application to the case of the Gulf of Maine. *Expert Systems with Applications*, 210, 118371.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118371>
- Soltani, Z., Almodaresi, D (2017). Site Selection of Temporary Settlement and Relief Sites After Earthquake in Historical Zone of Yazd by AHP, Fuzzy Logic, FAHP, GIS. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 7(22), 1-20.
<https://doi.org/10.22111/gaij.2017.2993>
- Song, S., Zhou, H., & Song, W (2019). Sustainable shelter-site selection under uncertainty: A rough QUALIFLEX method. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 371-386.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.053>
- Tang, C., Liu, X., Cai, Y., Westen, C. V., Yang, Y., Tang, H., & Tang, C (2020). Monitoring of the reconstruction process in a high mountainous area affected by a major earthquake and subsequent hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(4), 1163-1186.
<https://nhess.copernicus.org/articles/20/1163/2020/>

- Wang, X., & Liu, H., (2019), A Knowledge-and Data-Driven Soft Sensor Based on Deep Learning for Predicting the Deformation of an Air Preheater Rotor. *IEEE Access*, 7, 159651-159660.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2950661>
- Wen, H., Zhang, X., Zeng, Q., Lee, J., & Yuan, Q (2019). Investigating spatial autocorrelation and spillover effects in freeway crash-frequency data. *International journal of environmental research and public health*, 16(2), 219.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16020219>
- Wu, D (2020). Spatially and Temporally Varying Relationships between Ecological Footprint and Influencing Factors in China's Provinces Using Geographically Weighted Regression (GWR). *Journal of Cleaner Production*, 121089.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121089>
- Ye, X., Yu, X., & Wang, T (2020). Investigating spatial non-stationary environmental effects on the distribution of giant pandas in the Qinling Mountains, China. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00894.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00894>
- Zemestani, A., & Soori, H (2019). Relationship between fatal road traffic injury rates and Human Development Index in Iran. *Journal of Injury and Violence Research*, 11(4 Suppl 2).
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7186985/>
- Zeng, C., Yang, L., Zhu, A. X., Rossiter, D. G., Liu, J., Liu, J., & Wang, D (2016). Mapping soil organic matter concentration at different scales using a mixed geographically weighted regression method. *Geoderma*, 281, 69-82.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.06.033>
- Zhou, Q., Wang, C., & Fang, S (2019). Application of geographically weighted regression (GWR) in the analysis of the cause of haze pollution in China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(3), 835-846.
<https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.12.012>



تعیین مکان‌های بهینه اسکان موقت شهری پس از زلزله به کمک

رویکرد ادغام مکانی در منطقه ۲۲ شهر تهران

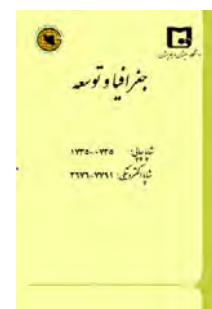
دکتر پرهام پهلوانی^{۱*}، علی ربانی^۲، دکتر بهناز بیگدلی^۳، سید احمد اسلامی نژاد^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

پژوهش حاضر، به دنبال مکان‌یابی مراکز اسکان موقت در منطقه ۲۲ شهر تهران به کمک معیارهای مؤثر است. این معیارها شامل: فاصله از هلال احمر، فاصله از پل، فاصله از مدارس، فاصله از جاده اصلی، فاصله از ایستگاه پلیس، فاصله از منبع گاز، فاصله از مساجد، فاصله از مراکز پخش مواد غذایی، فاصله از خطوط مترو، فاصله از ایستگاه مترو، فاصله از مراکز سلامتی، فاصله از پارک و فضای سبز، فاصله از بیمارستان، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، تراکم جمعیت، ریسک زلزله و شیب است؛ بنابراین نوآوری تحقیق حاضر، استفاده از ترکیب مناسب و کافی از معیارها برای مکان‌یابی مراکز اسکان موقت می‌باشد. در این راستا، از روش ادغام داده‌محور رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی «GWR» با دو هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه استفاده شد. روش پیشنهادی مناسب برای مسائل، رگرسیون مکانی است، زیرا این روش با دو خاصیت منحصر به فرد داده‌های مکانی یعنی: خودهمبستگی مکانی و ناپایداری مکانی سازگار است. مقادیر R^2 و RMSE حاصل از روش «GWR» با هسته مکعبی سه‌گانه به ترتیب ۰/۹۴۱۳ و ۰/۳۴۷۰ به دست آمد که نشان‌دهنده سازگاری بالای هسته مکعبی سه‌گانه نسبت به هسته گوسین است. همچنین نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که پارک چیتگر و مجموعه ورزشی آزادی، یکی از وسیع‌ترین و مناسب‌ترین پهنه‌ها برای احداث پناهگاه‌های اسکان موقت پس از بروز بحران زلزله برای منطقه ۲۲ شهر تهران می‌باشند.

جغرافیا و توسعه، شماره ۷۷، زمستان ۱۴۰۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۲
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۵
صفحات: ۱۰۶-۸۱



واژه‌های کلیدی:
زلزله، اسکان موقت، رگرسیون وزن‌دار
جغرافیایی، منطقه ۲۲ شهر تهران.

مقدمه

کشاورزان و مهندسان «ریسک» را نوعی خسارت می‌دانند، در حالی که اقتصاددانان «ریسک» را مترادف احتمال وقوع یک حادثه زیان‌آور می‌پندارند. اگرچه تفاوت‌های فراوانی در چگونگی تعریف «ریسک» وجود دارد، «ریسک» را می‌توان به عنوان پیشامدی اتفاقی که احتمال رخداد آن وجود دارد و در صورت وقوع تأثیری منفی بر محیط خواهد داشت، بیان نمود. زلزله یکی از سوانحی است که به سبب شرایط خاص جغرافیایی، کشور ما را دائماً مورد تهدید قرار می‌دهد. بر پایه آمارهای رسمی در ۲۵ سال گذشته، ۶ درصد تلفات انسانی کشور ناشی از زلزله بوده است و به طور میانگین هر سال یک زلزله ۶ ریشتری و هر ده سال یک زلزله به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر در کشور رخ می‌دهد؛ لذا مدیریت بحران زلزله امری ضروری به نظر می‌رسد (Hosseini et al, 2016: 15).

۱. پahlavani@ut.ac.ir

۱. دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

۲. Ali.rabani06@ut.ac.ir

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. Bigdeli@shahroodut.ac.ir

۳. استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۴. ahmad.eslami73@ut.ac.ir

۴. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وجود مخاطرات طبیعی مانند زلزله در کشور باعث شده که ایران جزو ده کشور نخست جهان در زمینهٔ بلاخیزی باشد (بازدار و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۰۲؛ ارکانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۹۹). در ایران معمولاً مکان‌گزینی برای اسکان موقت شهروندان به‌صورت تجربی و پس از وقوع سانحه، بدون در نظر گرفتن استانداردهای لازم توسط سازمان‌های امداد رسان انجام می‌گیرد. همان‌طور که آمارها نشان می‌دهد، از ۴۰ نوع مخاطرات طبیعی که در جهان رخ می‌دهد، ۳۹ مورد آن در ایران به وقوع می‌پیوندد (امان‌پور و پرویزیان، ۱۳۹۹: ۳۸۶). بدیهی است عدم مکان‌گزینی صحیح ممکن است فاجعه‌ای به مراتب هولناک‌تر از سانحهٔ اولیه را به دنبال داشته باشد. موفقیت در اسکان موقت می‌تواند منجر به موفقیت در کلیهٔ مراحل مدیریت بحران گردد (کریم‌پور و مؤمنی، ۱۳۹۶: ۱۲۹؛ امان‌پور و پرویزیان، ۱۳۹۹: ۳۸۹). انتخاب و مکان‌گزینی سعی دارد با قانونمند کردن شاخص‌ها و معیارهای تأثیرگذار در تصمیم‌گیری و ارائهٔ راهکارهای منطقی تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان را در انتخاب مکان‌های مناسب برای انجام فعالیت‌ها یاری کند (مقیمی و منصفی پراپری، ۱۳۹۸: ۷۵). پارک‌های شهری و جنگلی با توجه به مقیاس وسیع‌تر، باید این قابلیت را داشته باشند که در صورت وجود زیرساخت‌های مورد نیاز، تجهیز شده و بر اساس طبقه‌بندی‌های انجام گرفته، کلیهٔ بازماندگان متقاضی اسکان موقت، به‌ویژه مالکین، با رعایت حداقل فاصله نسبت به محل دارایی‌ها و املاک خود، در آن‌ها سکنی داده شوند (اسماعیلی، ۱۳۹۶: ۲۷۵). تجربه نشان داده است که پیشگیری از وقوع نابسامانی مدیریتی در حین و پس از وقوع بحران اهمیت بسزایی در سطح و گستردگی آسیب‌های ناشی از بحران دارد. سرزمین ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی، از جمله کشورهای سانحه‌خیز جهان به‌شمار می‌آید و همواره بر اثر بروز سوانحی چون: سیل، زلزله، خشکسالی و توفان خسارات جانی و مالی قابل توجهی به کشور وارد شده‌است. شهر تهران به‌عنوان مرکز فعالیت‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. کلان‌شهر تهران، به‌عنوان بزرگترین مرکز جمعیتی کشور، دارای مشکلات و نابسامانی‌های اساسی و جدی است که در میان آن‌ها خطر تهدیدات ناشی از حوادث زلزله بیش از سایر مسائل و مشکلات می‌باید مورد توجه قرار گیرد. جمعیت ۱۲ میلیون نفری تهران در شب و ۲۰ میلیونی آن در روز، تهران را به یکی از مهم‌ترین نقاط استراتژیک ایران تبدیل می‌کند و آسیب‌رسیدن به این شهر، تأثیر اجتناب‌ناپذیری بر باقی شهرهای ایران می‌گذارد. منطقهٔ ۲۲ شهر تهران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق ۲۲گانهٔ تهران که هم‌مرز با استان البرز می‌باشد و از سوی دیگر منطقه‌ای با ظرفیت بالای اسکان و اشتغال است، به‌دلیل حجم بالای اماکن اداری و مراکز اشتغال و به نوعی استقلال نسبی منطقه می‌توان آن‌را به‌عنوان یک منطقه لبه‌ای در نظر گرفت. همچنین به سبب قرارگیری این منطقه در یک پهنهٔ لرزه‌خیز، ضرورت و اهمیت مطالعه و برنامه‌ریزی دقیق برای کاهش آسیب‌های انسانی و اجتماعی ناشی از زلزله را بیش‌ازپیش می‌کند. یکی از مسائلی که همواره مورد توجه سازمان‌های مسئول در مدیریت بحران قرار دارد، انتخاب مکانی جهت استقرار اضطراری یا موقت جمعیت‌های آسیب‌دیده از سوانح است. انتخاب مکان مناسب برای یک فعالیت در سطح شهر یکی از تصمیمات پایداری برای انجام یک طرح گسترده است که نیازمند تحقیق در مکان از دیدگاه‌های مختلف می‌باشد (برهیمیان قاجاری، ۱۳۹۹: ۳۱). از آن‌جا که مکان‌یابی نیاز به اطلاعات و اهمیت زیادی دارد، حجم بزرگی از اطلاعات جزئی برای معرفی مکان‌های مختلف باید جمع‌آوری، ترکیب و تجزیه و تحلیل شوند تا ارزیابی صحیحی از معیارهایی که ممکن است در انتخاب تأثیر داشته باشند، صورت

پذیرد (جمال آبادی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۵۵)؛ بنابراین در مقیاس شهر «مکان‌یابی» فعالیتی است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایر کاربری‌های شهر برای انتخاب مکانی مناسب برای کاربری خاص مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد (Tang et al, 2020: 1167). مهم‌ترین هدف این تحقیق شناخت مکان‌های مناسب و ایمن برای اسکان موقت جمعیت پس از وقوع بحران زلزله به منظور تأمین نیازهای اولیه آسیب‌دیدگان و بازماندگان بحران است که این امر با در نظر گرفتن شرایط محیطی، اجتماعی و کالبدی منطقه صورت خواهد گرفت؛ از این رو تحقیق حاضر با در نظر گرفتن مراحل مدیریت بحران یک منطقه زلزله‌زده، سعی در پرداختن به مسأله مکان‌یابی فضاهای مناسب جهت احداث جایگاه‌های اسکان موقت دارد.

اهمیت و ضرورت تحقیق

کوشش‌های بشر برای مقابله با زلزله به تحقیقات "مدیریت بحران ناشی از زلزله" که خود شامل مراحل متعددی می‌شود منجر گردیده است. در حقیقت، پس از وقوع زلزله برای محدود ساختن دامنه بحران ناشی از آن از یک طرف و عادی‌سازی اوضاع از طرف دیگر نیاز به رفتاری سازمان یافته است که فقط در صورت آمادگی قبلی کارایی و اثربخشی لازم را خواهد داشت. تجربه حاکی از آن است که اگر ضوابط از قبل معین نشوند، در زمان آغاز برنامه ایجاد سکونتگاه موقت، عوامل غیر قابل پیش‌بینی در برنامه دخالت کرده و به صورت‌های مختلف بر کیفیت آن اثر می‌گذارند. مهم‌ترین عامل جهت آمادگی قبلی شناخت میزان آسیب‌پذیری در بحران، اولویت‌بندی و مشخص کردن راه‌حلهایی جهت پیش‌گیری و مهار خطرهایی که امکان بروز آن می‌رود، است (کریم‌پور و مؤمنی، ۱۳۹۶: ۱۲۸). همان‌طور که گفته شد، زلزله یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است که سالانه جان بسیاری از انسان‌ها را می‌گیرد. پیش‌بینی زلزله هنوز به طور قطعی امکان‌پذیر نیست اما می‌توان با پهنه‌بندی خطر زلزله با استفاده از فناوری‌های جدید مانند «GIS»، مناطق با خطر بالا را شناسایی کرد و تدابیری برای مقابله با وضعیت بحرانی آن‌ها در هنگام وقوع زلزله اندیشید. برنامه‌ریزی اسکان موقت با هدف مدیریت بحران و کاهش آسیب‌های ثانویه زمین‌لرزه، همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان شهری بوده است. در گذشته سیاست ایجاد مراکز اسکان موقت و سایت‌های امداد رسانی، بدون برنامه خاص و بدون برنامه‌ریزی بوده است، به گونه‌ای که برای ایجاد هر منطقه امداد و اسکان در محدوده‌های شهری مهم‌ترین اصل، خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن یا مواردی از این قبیل بوده است که طبیعتاً آن روش‌ها کارایی لازم را نداشته‌اند (Contreras et al, 2018: 455). اما امروزه با پیشرفت‌های صورت گرفته در فناوری‌هایی مانند «GIS»، می‌توان با در نظر گرفتن پارامترها و معیارهای مؤثر، برنامه‌ریزی در این خصوص را به بهترین نحو انجام داد، چرا که بسیاری از این معیارها ماهیت مکانی دارند (Song et al, 2019: 373). ضرورت انجام تحقیقات در زمینه برنامه‌ریزی اسکان موقت از آن‌جا مشخص می‌شود که تاب‌آوری شهری یکی از شاخه‌های اصلی مدیریت بحران شهری می‌باشد. با نگاهی اجمالی به اصول ده‌گانه تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات، چند اصل که بی‌ارتباط با این تحقیق نیست مشخص می‌شود. از جمله این اصول می‌توان به تهیه برنامه‌های ارزیابی خطرپذیری، حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و اجرای اصول برنامه‌ریزی کاربری اراضی مطابق با خطرپذیری‌های احتمالی اشاره داشت (برهیمیان قاجاری، ۱۳۹۹: ۳۱).

مجموعه عوامل فوق، از جمله دلایل انجام تحقیق حاضر شد که هدف اصلی آن برنامه‌ریزی مکانی اسکان موقت در مدیریت بحران زلزله در منطقه ۲۲ شهر تهران می‌باشد. اگرچه تحقیقات زیادی در زمینه برنامه‌ریزی اسکان موقت در ایران و جهان انجام شده است اما همچنان فقدان یک الگوی کارآمد برای برنامه‌ریزی و مکان‌گزینی اسکان موقت پس از زلزله در اکثر شهرهای ایران به‌ویژه تهران احساس می‌شود. تحقیق حاضر سعی در پرداختن به مسأله مکان‌یابی فضاهای مناسب جهت احداث جایگاه‌های اسکان موقت دارد.

پیشینه تحقیق

با توجه به تحقیقات پیشین، روش‌های ادغام داده‌ها در دو دسته کلی دانش‌محور و داده‌محور قابل دسته‌بندی می‌باشند (Wang & Liu, 2019: 2). روش‌های داده‌محور در مناطق شناخته‌شده یا مناطقی که از لحاظ آماری تعداد شواهد شناخته‌شده کافی می‌باشند، کارآیی بالایی دارند، مانند روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی^۱ (GWR). در این روش‌ها هدف مشخص کردن مکان‌های جدید برای کارهای تفصیلی‌تر است، در حالی که در روش‌های دانش‌محور در محیط‌های که کمتر شناخته شده‌اند و یا تعداد کمی از اهداف موردنظر در محدوده وجود دارند، کارآمد هستند مانند روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۲ (AHP). تخمین وزن‌ها برای نقشه‌های شاهد و تخمین کلاس‌ها در هر نقشه شاهد بر اساس قضاوت کارشناس و با توجه به ویژگی‌های نشانه‌ها است که در تمام موارد تصمیم‌گیری قابل اجرا هستند و نیازی به وجود شواهدی از جواب ندارند. مطالعات متعددی درخصوص مکان‌یابی جایگاه‌های موقت بعد از وقوع زلزله صورت پذیرفته که می‌توان به مواردی چند اشاره نمود:

کریم‌پور (۱۳۹۵) در مطالعه خود با استفاده از معیارهای اساسی مانند کاربری‌های ناسازگار و سازگار، دسترسی، تراکم جمعیتی و ترافیکی از روش تحلیل گسترش‌یافته چانگ و بهره‌گیری از منطق فازی، معیارهای تعیین‌شده توسط کارشناسان و متخصصین وزن‌دهی شد و در نهایت توسط تحلیل‌های فازی به‌صورت وزنی همپوشانی شدند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد؛ مناطق حاشیه‌زاینده‌رود که دارای فضاهای باز کافی و در عین حال سازگار با کاربری‌های اطراف می‌باشند، دارای پتانسیل نسبتاً بهتری برای استقرار آسیب‌دیدگان هستند، در مقابل مناطقی مانند بخش‌های شمالی شهر به جهت عدم وجود کاربری‌های امدادی و بیمارستانی و عدم فضای کافی و دارای ارزش برنامه‌ریزی، دارای کم‌ترین قابلیت ممکن برای برنامه‌ریزی اسکان موقت زلزله‌زدگان می‌باشند. سلطانی و المدرسی (۱۳۹۶) به مطالعه موردی بافت تاریخی شهر یزد با هدف تعیین بهترین مکان استقرار گروه‌های امداد جهت انجام عملیات نجات پرداختند. بدین‌منظور، برای از بین بردن عدم قطعیت در داده‌های ورودی و در راستای ترکیب نقشه‌ها با استفاده از تلفیق مدل‌های برهم‌نهی فازی، شبکه استنتاجی فازی تشکیل و از آن به‌منظور تعیین مکان‌های مناسب استفاده نمودند. درنهایت، گزینه‌ها برای سایت امداد و اسکان پس از زلزله مشخص شدند و بر اساس معیارهایی مانند دسترسی به معابر، مساحت فضای باز و پراکنش مراکز امداد و اسکان اولویت‌بندی و تعیین شد. مقیمی و منصفی (۱۳۹۸) بیان می‌کنند زلزله به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی با شیوع چشمگیر در سراسر دنیا هر ساله جان افراد بی‌شماری را می‌گیرد و عده زیادی را بی‌خانمان می‌کند. در این پژوهش، شهر

شاهرود با توجه به پتانسیل بالای لرزه‌خیزی و مجاورت با حوزه جنوب شرقی چین‌خوردگی البرز به‌عنوان نمونه مطالعاتی، انتخاب گردیده است. تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل‌های سلسله‌مراتبی برای تعریف ضریب اهمیت هر معیار و ترکیب خطی وزن‌دهی‌شده برای تلفیق نقشه‌ها و با استفاده از ابزار «Expert Choice» و «GIS» صورت گرفته است. ابراهیمیان قاجاری (۱۳۹۹) در تحقیق انجام‌شده، از نظرات کارشناسان خبره با تخصص‌های: مهندسی سازه، زلزله، شهرسازی، مدیریت بحران، پدافند غیر عامل، ترافیک و حمل‌ونقل جهت استخراج و وزن‌دهی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی مراکز اسکان موقت شهر بابل استفاده کرد. سپس با استفاده از توابع تحلیلی «GIS»، نقشه‌های معیار تولید و با ترکیب آن‌ها بهترین مناطق برای اسکان موقت (پس از زلزله احتمالی) در شهر بابل مشخص شد. با تحلیل نتایج مشخص گردید که تنها ۷ درصد از محدوده شهر بابل برای اسکان موقت مناسب است. این مناطق با توجه به سایر استانداردهای اسکان موقت مورد بررسی قرار گرفتند که در نهایت شش محل و در مجموع ۱۰۷ هکتار (کمتر از ۴ درصد) برای اسکان موقت مناسب تشخیص داده شد. کیلسی (۲۰۱۵) بیان بیان می‌کند که هدف از محل پناهگاه موقت، تمرکز بر روی کمک به مردم و مجروحان در مناطق فاجعه‌بار و پس از یک فاجعه است. موقعیت تأسیسات (مکان‌های پناهگاه‌های موقت) نقش مهمی را ایفا می‌کند و عملکرد مستقیم عملیات امداد در مدیریت حوادث را تحت تأثیر قرار می‌دهد. جونیان و عزیزفر (۲۰۱۸) بیان می‌کنند که ساختن پناهگاه‌های تخلیه زلزله، راهی مؤثر برای کاهش پیامدهای زلزله و محافظت از زندگی است. این مقاله بر آن بوده است تا با شناخت معیارهای مؤثر مانند: دسترسی به جاده‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مناطق پرجمعیت، خطوط گسل و مراکز پزشکی برای تعیین بهینه مکان‌های سرپناه موقت در نظر گرفته شده است. در این تحقیق منطقه مورد مطالعه شمال ایران می‌باشد که با استفاده از فرآیند سلسله‌مراتبی تحلیلی در محیط «GIS» استفاده شده است. بوستانی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به تعیین و اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر موقعیت بهینه محل‌های اسکان موقت با استفاده از نظر متخصصان و روش «دلفی فازی» پرداختند. نتیجه تحقیق سه معیار اصلی شامل عوامل زیرساختی، دسترسی و پایداری و ۱۱ زیرمعیار بوده که بیشترین وزن مربوط به دسترسی بوده است. مطالعه موردی منطقه ۶ تهران در نظر گرفته شد که در سناریوهای مختلف فعالیت زلزله در تهران، تعداد آوارگان نیازمند پناهگاه، مساحت فضای مورد نیاز و مکان‌های مناسب برای ساخت پناهگاه‌های موقتی مشخص شده است. دبیری و همکاران (۲۰۲۰) بیان می‌کنند یکی از مهم‌ترین مشکلات پس از مخاطرات طبیعی در هر کشور شناسایی اسکان موقت است. هدف اصلی از این مطالعه، ارائه یک روش ترکیبی با استفاده از مدیریت ریسک و روند سلسله‌مراتبی تحلیلی فازی شهودی برای مکان‌یابی جایگاه‌های اسکان موقت می‌باشد. برای این منظور، شهر سنندج در ایران به‌عنوان نمونه موردی این روش انتخاب شد.

در میان مطالعات صورت پذیرفته، ترکیب مناسب و کافی از معیارها برای مکان‌یابی جایگاه‌های موقت پس از زلزله در نظر گرفته نشده است؛ بنابراین در این تحقیق سعی شد تا ضمن برطرف‌شدن کاستی‌های مطالعات پیشین، از روش مکانی رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR) مکان‌یابی جایگاه‌های موقت پس از زلزله استفاده شود. از مهم‌ترین اهداف این تحقیق می‌توان به شناخت مکان‌های مناسب برای اسکان موقت جمعیت پس از وقوع بحران زلزله به‌منظور تأمین نیازهای اولیه آسیب‌دیدگان و بازماندگان بحران اشاره نمود که این امر با درنظرگرفتن شرایط محیطی، اجتماعی و کالبدی منطقه صورت خواهد گرفت؛ از این‌رو تحقیق حاضر با هدف بهبود نتایج مکان‌یابی

جایگاه‌های اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از رویکرد رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR) جهت ادغام مناسب و کافی از معیارها استفاده شده است.

مبانی نظری تحقیق

مفهوم بحران و مدیریت بحران

بحران ریشه واژه (Crisis) از کلمه یونانی (Crinein) به معنی نقطه عطف به‌ویژه درباره بیماری است، همچنین به معنی بروز زمان خطر درباره مسائل سیاسی-اقتصادی می‌باشد. در عین حال، بحران به‌عنوان نقطه حساسی تلقی می‌شود که در نهایت ممکن است ناشی از یک تحول مناسب یا نامناسب باشد (براهیمیان قاجاری، ۱۳۹۹: ۳۰). بحران‌ها از لحاظ اهمیت، بزرگی و شدت متفاوت‌اند، اما تمامی آن‌ها عواقبی به بار می‌آورند که می‌تواند توانایی کارکردی سازمان یا نظام را مختل سازد. یکی از عوامل به‌وجودآورنده بحران، مخاطرات طبیعی می‌تواند باشد.

مخاطرات طبیعی می‌تواند به زلزله، سیل، خشکسالی، آفات طبیعی، آتشفشان و آتش‌سوزی اطلاق شود که هر یک از آن‌ها می‌تواند یک بحران تلقی شود. با توجه به وجود چنین مسائل قابل تأملی که امکان وقوع آن‌ها در هر شرایط و در هر مکان و زمانی وجود دارد، ایجاد و انجام راه‌کارها و نظریه‌های بنیادی-علمی با عنوان مدیریت بحران به‌وجود آمده است. مدیریت بحران علمی کاربردی است که به‌وسیله مشاهده سیستماتیک بحران‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها در جستجوی یافتن ابزاری است که به‌وسیله آن‌ها از بروز بحران‌ها پیشگیری کرده و یا در صورت بروز آن در خصوص کاهش آثار، آمادگی لازم، امدادرسانی سریع و بهبود اقدام کرد. مدیریت بحران شامل سه فاز: قبل، حین و بعد از وقوع بحران است.

مخاطره شهری

یکی از جنبه‌های مهم و قابل توجه در برنامه‌ریزی توسعه، تأکید و توجه به آسیب‌پذیری کشور و از همه مهم‌تر آسیب‌پذیری شهرها در مقابل تهدیدات ناشی از جنگ و مخاطرات طبیعی از جمله زلزله است. زیرا شهرها با توجه به حجم بالای سرمایه‌گذاری و مکان‌گزینی بسیاری از تأسیسات و ابزارهای اقتصادی و اجتماعی، توجه بیشتری را از لحاظ مخاطرات شهری می‌طلبند. «مخاطره شهری» عبارت است از: واقعه یا عملی از طبیعت، فناوری یا انسان یا چنان شدتی که شیرازه زندگی روزمره شهری ناگهان گسیخته می‌شود و مردم دچار رنج و درماندگی می‌شوند (کریم‌پور و مؤمنی، ۱۳۹۶: ۱۲۸)، در نتیجه به غذا، پوشاک، سرپناه، مراقبت‌های پزشکی، بهداشتی و پرستاری نیازمند می‌شوند. یکی از انواع مخاطره‌های شهری و طبیعی، زلزله است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

زلزله و بحران زلزله

«زلزله» آزادشدن ناگهانی انرژی بسیار زیادی در مدت خیلی کوتاه است که در اثر بروز اغتشاش در پوسته زمین رخ می‌دهد. زلزله ممکن است انرژی مسدودشده در پوسته زمین را در چند ثانیه آزاد کند. از دیدگاه برنامه‌ریزی

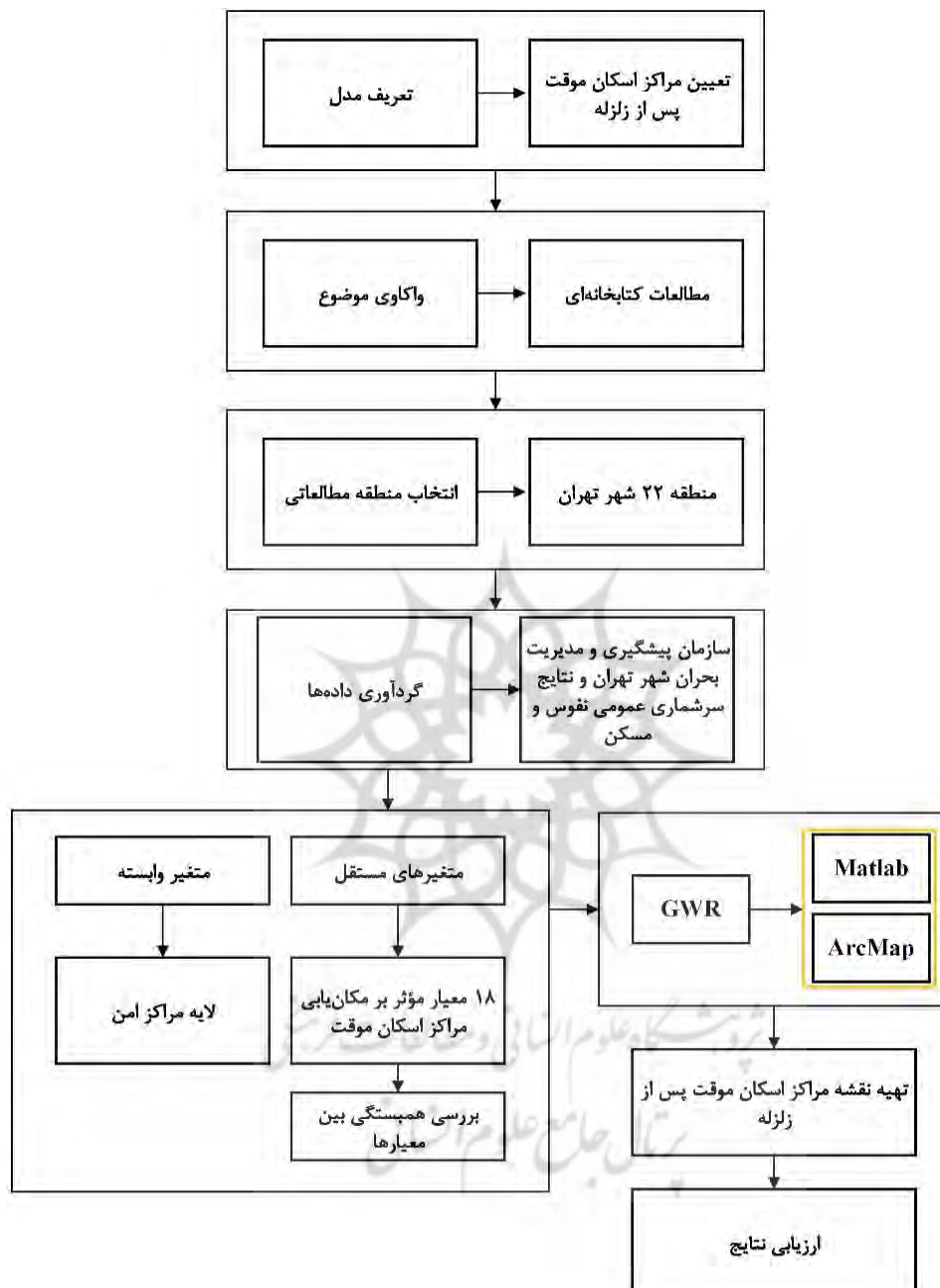
شهری، زلزله در منطقه شهری به عنوان یک بحران مخرب، انهدام زندگی کسانی است که به جرم فقر، محکوم به ساختن شهرهای بدون برنامه و مسکن ارزان قیمت و غیر مقاوم هستند (ارکانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۳۰۰).

آسیب پذیری شهری

«آسیب پذیری شهری» میزان خسارتی است که در صورت بروز سانحه به اجزا و عناصر یک شهر بر حسب چگونگی کیفیت آن‌ها وارد می شود. آسیب پذیری شهر پدیده‌ای است گسترده که تمامی عوامل موجود در یک شهر را دربرمی گیرد و به علت وابستگی عناصر به یکدیگر، آسیب پذیری یک شهر نیز گسترش می یابد. آسیب پذیری شهری به میزان تفاوت های طرفیتی جوامع شهری برای مقابله با اثرهای مخاطرات طبیعی بر اساس موفقیت آن‌ها در جهان مادی (ساختار فضای شهری) و ویژگی های اجتماعی آن جوامع اطلاق می شود (مقیمی و منصفی پراپری، ۱۳۹۸: ۷۶).

روش تحقیق

روش انجام پژوهش توصیفی- تحلیلی بوده و نوع آن بر اساس هدف کاربردی است. مبانی تئوریک براساس مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای انجام گرفته است. در راستای نیل به هدف این تحقیق که تعیین مکان مراکز اسکان موقت پس از زلزله می باشد، در مرحله جمع آوری اطلاعات، از داده های سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (دارای فرمت برداری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و قدرت تفکیک ۳۰ متر) و نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۹ استفاده شده است. تمامی پردازش های مربوط به داده ها در محیط نرم افزاری «ArcMap» و محاسبات کمی آن در محیط نرم افزاری «Matlab» انجام گرفته است. در این تحقیق از الگوریتم «GWR» با دو هسته مختلف جهت تعیین مکان های مناسب و ایمن برای احداث جایگاه های اسکان موقت استفاده شده است. این روش پیشنهادی قادر است با در نظر گرفتن ویژگی های خودهمبستگی مکانی و ناپایداری مکانی داده ها، معیارهای مؤثر در امر مکان یابی را شناسایی کند. نهایتاً پس از مکان یابی مراکز اسکان موقت و تهیه لایه ها و نقشه های مختلف شامل: فاصله از مراکز هلال احمر، فاصله از پل ها، فاصله از مدارس، فاصله از جاده های اصلی، فاصله از ایستگاه های پلیس، فاصله از منابع گاز، فاصله از مساجد، فاصله از مراکز پخش مواد غذایی، فاصله از خطوط مترو، فاصله از ایستگاه های مترو، فاصله از مراکز سلامتی، فاصله از پارک ها و فضاهای سبز، فاصله از بیمارستان ها، فاصله از مراکز آتش نشانی، تراکم جمعیت، ریسک زلزله و شیب، نقشه نهایی مکان های مناسب و ایمن جهت احداث جایگاه های اسکان موقت تهیه و پیشنهاد شده است. مدل مفهومی روش تحقیق به صورت شماتیک در شکل ۱ نشان داده شده است:



شکل ۱: مدل مفهومی روش تحقیق

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

در ادامه، روش مورد استفاده در تحقیق حاضر به اختصار معرفی می‌شود.

رگرسیون وزن دار جغرافیایی (GWR)

با توجه به این که داده‌های مکانی دارای ویژگی‌های خودهمبستگی مکانی و نایستایی مکانی هستند؛ از این رو کم‌تر می‌توان از رگرسیون‌های پایه استفاده کرد (Murray et al, 2020: 485). خودهمبستگی مکانی براساس قانون تابلر که بیانگر رابطه معکوس وابستگی‌ها با فاصله است (Wen et al, 2019: 119). نایستایی مکانی مفهومی مرتبط

با خودهمبستگی مکانی است که بیانگر تغییر خودهمبستگی مکانی در فضا و ناهمگونی^۱ محیط است (Ye et al, 2020: 5). اگر در مطالعه پدیده‌های خودهمبستگی مکانی موجود میان داده‌ها در ناحیه مورد مطالعه، از مکانی به مکان دیگر تغییر نماید، فرآیند مورد مطالعه را یک فرآیند نایستا یا ناهمگون می‌گویند. از طرف دیگر، اگر همبستگی مکانی به دست آمده از مطالعه پدیده مورد نظر در تمام فضای مطالعه ثابت باشد، به آن پدیده، یک پدیده ایستا گفته می‌شود. در روش «GWR»، وابستگی‌های مکانی مشاهدات به صورت ماتریس‌های وزن در نظر گرفته می‌شوند و به دلیل ناهمگونی محیط و وجود نایستایی مکانی، ضرایب رگرسیون به صورت محلی به دست می‌آیند (Wu, 2020: 110). روش «GWR» به سه نوع مدل رگرسیون «Continuous»، «Binary» و «Count» تقسیم‌بندی می‌شود. این نوع رگرسیون در ادبیات آماری به ترتیب با نام‌های گوسی (مقادیر پیوسته)، لجستیک (مقادیر باینری) و پواسون (مقادیر گسسته) شناخته می‌شود (Fotheringham & Oshan, 2016: 219). نوع مدل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها باید براساس نحوه اندازه‌گیری یا خلاصه‌سازی متغیر وابسته و همچنین دامنه مقادیری که دارند انتخاب شود. در این تحقیق با توجه به ماهیت پیوسته بودن داده‌ها از مدل گوسی «GWR» استفاده شده است. معادله روش «GWR» از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد (Fotheringham & Oshan, 2016: 221; Zhou et al, 2020: 837):

$$y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j(u_i, v_i) x_j + \varepsilon_i \quad (1)$$

که y_i متغیر وابسته، x_j متغیرهای مستقل، m تعداد متغیرهای مستقل، ε_i باقیمانده مدل و β_j ضرایب رگرسیون هستند. در این روش، جهت محاسبه ماتریس وزن مکانی نیاز به مشخص کردن تابع هسته است. براساس نتایج تحقیقات پیشین، در این تحقیق از دو هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه استفاده شد که از روابط (۲) و (۳) محاسبه می‌شود (Fotheringham & Oshan, 2016: 251; Oshan et al, 2019: 12):

$$W(u_i, v_i) = \varphi\left(\frac{d_{ij}}{b}\right) \quad (2)$$

$$W(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^3\right)^3 & |d_{ij}| < b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

که d_{ij} فاصله دو نقطه i و j ، تابع توزیع نرمال استاندارد و b پهنای باند است. در روش «GWR»، نایستایی مکانی ضرایب توسط انحراف استاندارد از رابطه (۴) به دست می‌آید (Wu, 2020: 110; Hong & Yoo, 2020: 18):

$$SE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\beta_{ij} - \beta_j)^2}{n}} \quad (4)$$

که β_{ij} ضریب رگرسیون عامل j ام در مشاهده i ام، β_j میانگین ضریب رگرسیون عامل j ام در کل مشاهدات و n تعداد مشاهدات است. خروجی «GWR» شامل پارامترهای متعددی است که از آن میان معمولاً پارامتر ضریب تشخیص R^2 برای سنجش مناسبت برازش مدل و پارامتر خطای جذر میانگین مربعات^۱ (RMSE) جهت سنجش توزیع باقیمانده‌های مدل به کار می‌روند که به ترتیب، طبق روابط (۵) و (۶) محاسبه می‌شوند (Fotheringham & Oshan, 2016: 323; Zeng et al, 2016: 71).

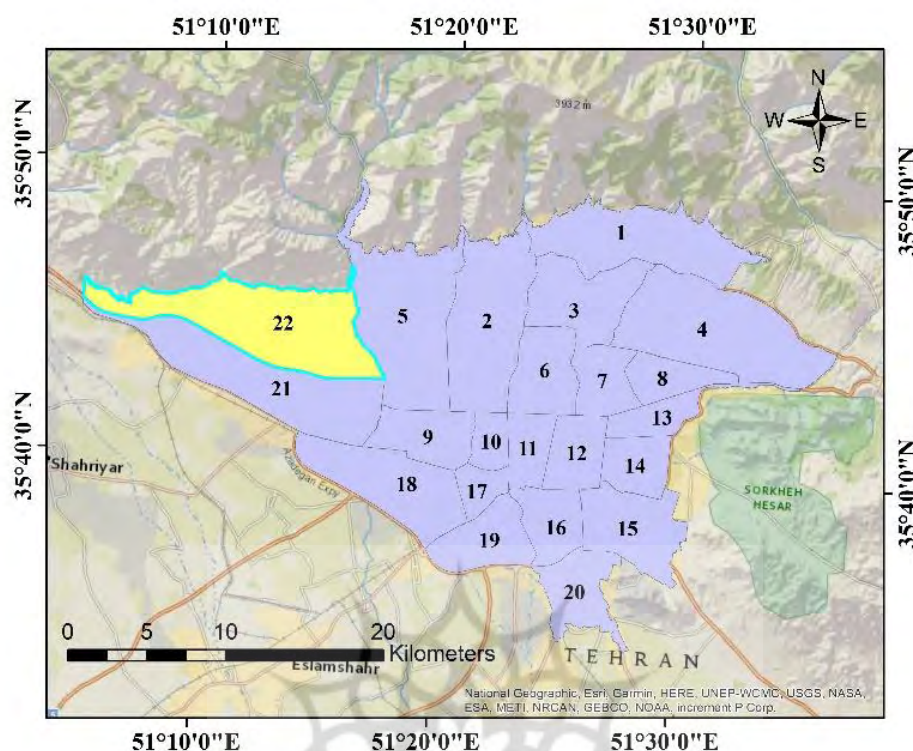
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (6)$$

که n تعداد مشاهدات، y_i مشاهده i ام، $\hat{y}_i$ مقدار پیش‌بینی شده مشاهده i ام و $\bar{y}$ میانگین مشاهدات است.

محدوده مورد مطالعه

منطقه ۲۲ شهرداری تهران بین طول‌های شرقی "۵۱° ۵' ۱۰" تا "۵۱° ۲۰' ۴۰" و عرض‌های شمالی "۳۲° ۱۶' ۳۲" تا "۳۵° ۱۹' ۵۷" واقع شده است. این منطقه از شمال با کوهستان البرز مرکزی، از شرق با حریم رودخانه کن، از جنوب با آزاد راه تهران- کرج و از غرب با محدوده جنگل‌های دست‌کاشت وردآورد قرار گرفته است و با مناطق ۵ و ۲۱ شهرداری تهران همجوار است. مقایسه سطح منطقه ۲۲ با سطح مناطق ۲۲ گانه تهران (۷۰۷۵۰ هکتار) حاکی از تعلق ۸/۴ درصد از مساحت محدوده خدماتی شهر تهران به منطقه ۲۲ و گویای وسعت چشمگیر و جایگاه مهم این منطقه در ساختار کالبدی تهران آینده، به‌ویژه در حوزه غربی آن است. از سوی دیگر منطقه ۲۲ شهرداری تهران، به‌عنوان بزرگ‌ترین و وسیع‌ترین توسعه شهری متصل به تهران، دارای ۱۲۶۵ هکتار پارک و فضای سبز است. به‌علاوه با توجه به قابلیت دسترسی بی‌نظیر این منطقه نوپا و در حال شکل‌گیری، در سطح تهران و فراشهری، به‌نظر می‌رسد پتانسیل لازم برای اسکان موقت پس از زلزله احتمالی را در حوزه غرب تهران دارا باشد. بررسی اطلاعات اخذ شده از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران نشان می‌دهد که از میان ۲۲ منطقه شهر تهران، ۹ منطقه در محدوده گسل‌های اصلی واقع شده‌اند. به این معنی که پهنه گسل‌های اصلی، درون محدوده مناطق یک تا ۵ و ۱۳، ۱۵، ۱۹، ۲۰ و ۲۲ قرار گرفته است. براساس این اطلاعات و طبق مستندات تاریخی، گسل ری یا گسل شمال تهران می‌تواند زمین‌لرزه‌ای با شدت ۷ تا ۷٫۵ ریشتر ایجاد کند. با توجه به عبور گسل شمال تهران از منطقه ۲۲، این منطقه ممکن است شاهد وقوع زلزله‌هایی با شدت و خسارات بالا باشد؛ بنابراین لزوم برنامه‌ریزی مدیریت بحران و ضرورت مکان‌یابی مناطق مستعد اسکان موقت را بیش از پیش آشکار می‌کند. شکل ۲ محدوده منطقه ۲۲ شهر تهران را نشان می‌دهد.



شکل ۲: محدوده منطقه مطالعاتی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

یافته‌های پژوهش و تحلیل نتایج

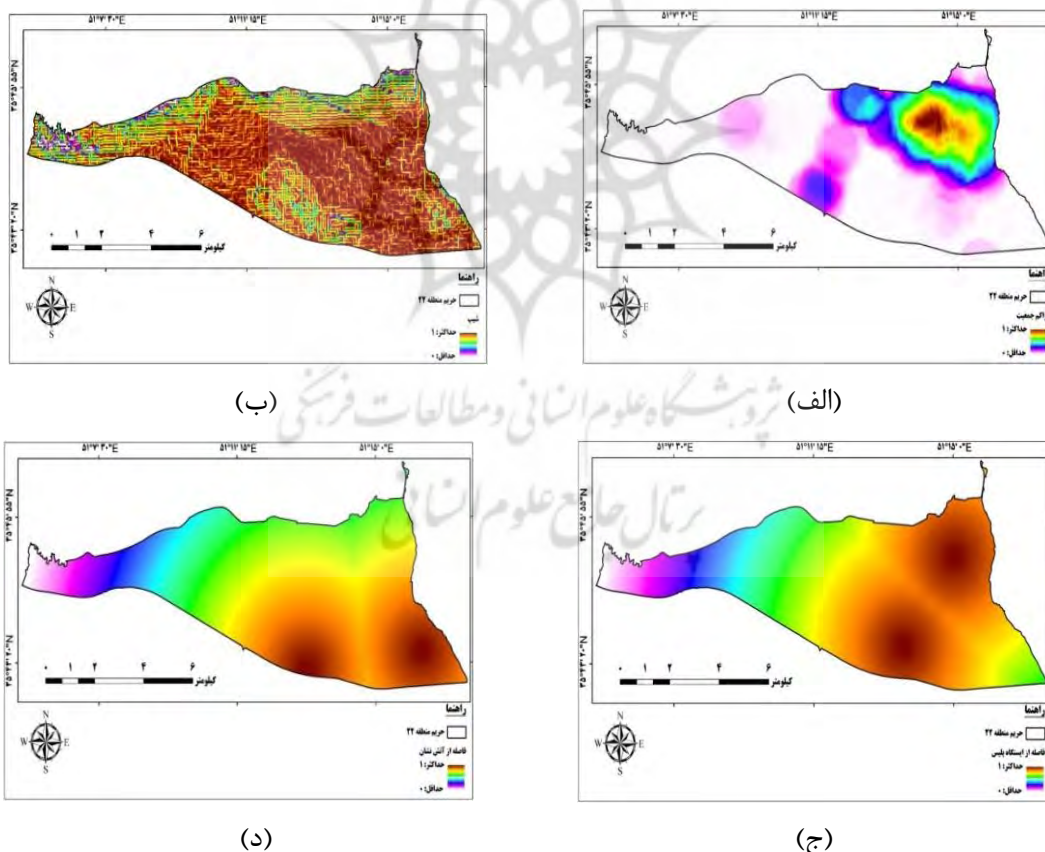
معیارهای مکانی (متغیرهای مستقل) مورد استفاده در این تحقیق شامل ۱۸ معیار می‌شود، که در جدول ۱ نمایش داده می‌شود. لایه تراکم جمعیت از سازمان سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ به‌دست آمده است. این ۱۸ لایه دارای فرمت برداری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ بودند؛ بنابراین به داده‌های رستری با قدرت تفکیک ۳۰ متر تبدیل شدند.

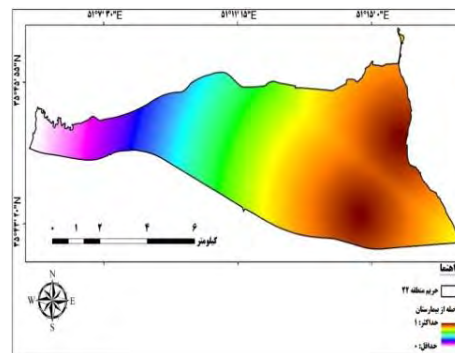
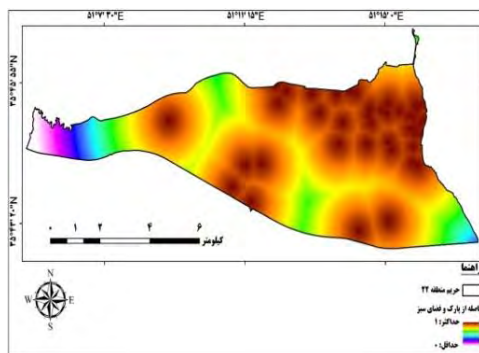
جدول ۱: معیارهای مورد مطالعه در این پژوهش

شماره	معیارها	شماره	معیارها
۱	فاصله از هلال احمر	۱۰	فاصله از پل
۲	فاصله از مدارس	۱۱	فاصله از جاده اصلی
۳	فاصله از ایستگاه پلیس	۱۲	فاصله از منبع گاز
۴	فاصله از مساجد	۱۳	فاصله از مراکز پخش مواد غذایی
۵	فاصله از پمپ بنزین	۱۴	فاصله از خطوط مترو
۶	فاصله از ایستگاه مترو	۱۵	ریسک زلزله
۷	فاصله از مراکز سلامتی	۱۶	فاصله از پارک و فضای سبز
۸	فاصله از بیمارستان	۱۷	تراکم جمعیت
۹	فاصله از مراکز آتش‌نشانی	۱۸	شیب

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

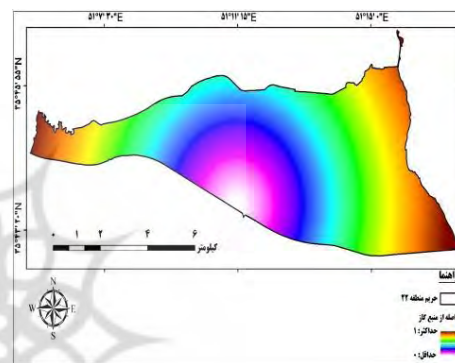
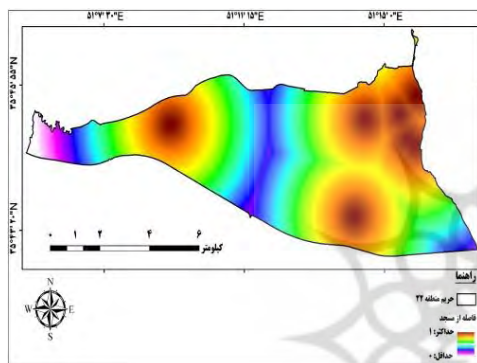
برخی از معیارهای ذکر شده در جدول ۱ به صورت نرمال شده در شکل ۳ نشان داده شده است. با سپاس از نظر داور محترم، برای نرمال سازی لایه های رستری در نرم افزار «ArcGIS» از ابزار «Fuzzy Membership» استفاده می شود. مفهوم تابع عضویت از اهمیت ویژه ای در تئوری مجموعه های فازی برخوردار می باشد چرا که تمام اطلاعات مربوط به یک مجموعه فازی به وسیله تابع عضویت آن توصیف و در تمام کاربردها و مسائل مربوط استفاده می شود. تابع عضویت، مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می کند. با توجه به این که در اندازه گیری معیارها، دامنه متنوعی از مقیاس ها مورد استفاده قرار می گیرد، بر همین اساس لازم است ارزش های موجود در لایه های مختلف نقشه معیار به واحدهای قابل مقایسه و در تناسب با هم، تبدیل شوند (Sánchez-Lozano et al, 2022:142). یکی از روش های استاندارد سازی، روش فازی می باشد. عملیات فازی سازی، ورودی ها را گرفته و توسط توابع عضویت مربوطه (Linear، Gaussian، Near، Large، Small و ...)، یک درجه مناسب به هر کدام نسبت می دهد. در متغیرهای ورودی، هر یک باید در محدوده رقومی تعریف شده خود باشند (مثلاً فاصله از خیابان از صفر تا ۵۰۰) و خروجی ها، درجه عضویت فازی از مجموعه های تعیین کننده زبانی (بین صفر و یک) هستند.





(و)

(ه)



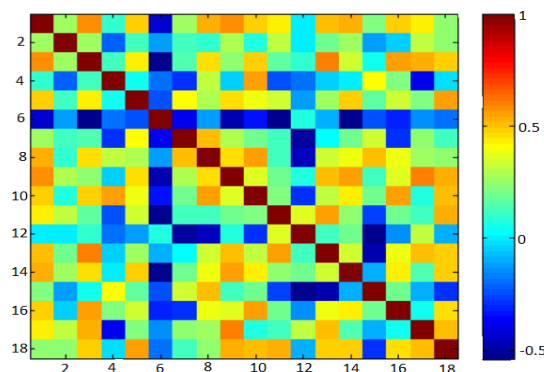
(ج)

(ز)

شکل ۳: نقشه نرمال شده برخی از معیارهای مکانی به کار برده شده در این تحقیق (الف) تراکم جمعیت (ب) شیب (ج) فاصله از ایستگاه پلیس (د) فاصله از ایستگاه آتش نشانی (ه) فاصله از بیمارستان (و) فاصله از ایستگاه پارک و فضای سبز (ز) فاصله از منبع گاز (ح) فاصله از مساجد

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

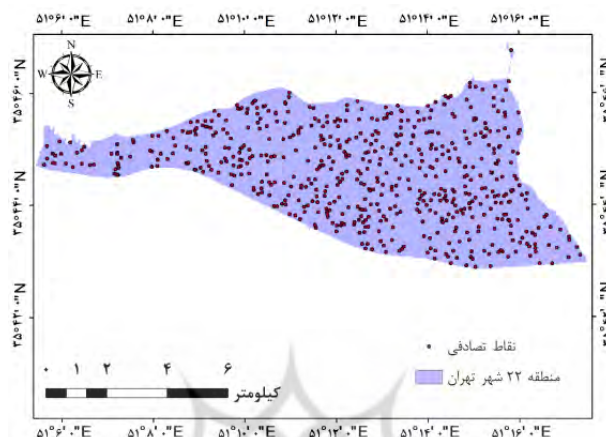
پیش از اجرای الگوریتم «GWR»، ابتدا همبستگی بین معیارهای ذکر شده بررسی گردید. شکل ۴ ماتریس همبستگی (همبستگی پیرسون) معیارهای مکانی (ترتیب معیارها بر اساس جدول ۱) را نشان می دهد (Aad et al, 2014: 18). همان طور که مشاهده می شود، مقادیر ضریب همبستگی بین معیارها بین اعداد -0.6 و 0.6 به دست آمد که نشان از عدم همبستگی بین معیارها مورد استفاده می باشد؛ بنابراین از تمام معیارها در الگوریتم ها استفاده گردید.



شکل ۴: ماتریس همبستگی متغیرهای مستقل

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

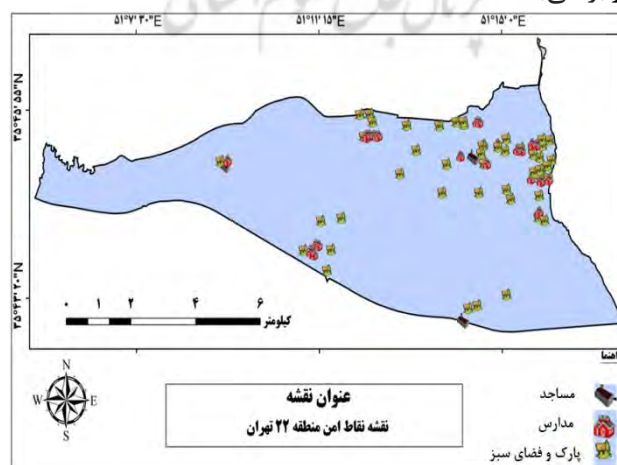
پس از بررسی همبستگی میان داده‌ها، تعداد ۵۰۰ داده آموزشی تولید شد (شکل ۵). در تمام الگوریتم‌ها از ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و از ۳۰ درصد باقی‌مانده برای آزمایش استفاده شده است. همچنین کلیه روش‌ها در محیط برنامه‌نویسی «متلب» پیاده‌سازی گردید.



شکل ۵: نقشه نقاط تصادفی ایجادشده در منطقه ۲۲ شهر تهران

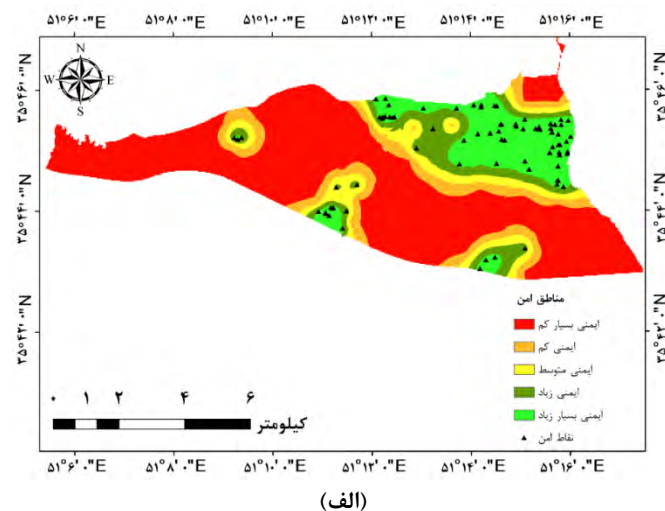
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

جهت تعریف متغیر وابسته با توجه به هدف این تحقیق به این گونه عمل شد که اطلاعات مربوط به جایگاه‌های امن موقت پس از زلزله از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (شکل ۶) اخذ گردید. نقشه مربوط به مکان‌های امن منطقه ۲۲ شهر تهران به صورت نقطه‌ای در شکل ۶ نشان داده شده است. پس از مشخص کردن مکان‌های امن در محیط «ArcMap»، نقاط تصادفی ایجاد شده‌ای که در این مناطق قرار گرفته باشند، مقدار یک و سایر نقاط مقدار صفر تخصیص داده می‌شوند. برای پیاده‌سازی روش «GWR»، مختصات نقاط تصادفی ایجادشده نیز در راستای وزن‌دهی به صورت هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه به کار گرفته شده است. شکل ۷ نشان‌دهنده مکان‌یابی جایگاه‌های موقت پس از زلزله در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش «GWR» با دو هسته گوسین و مکعبی سه‌گانه در ۵ کلاس برابر می‌باشد.

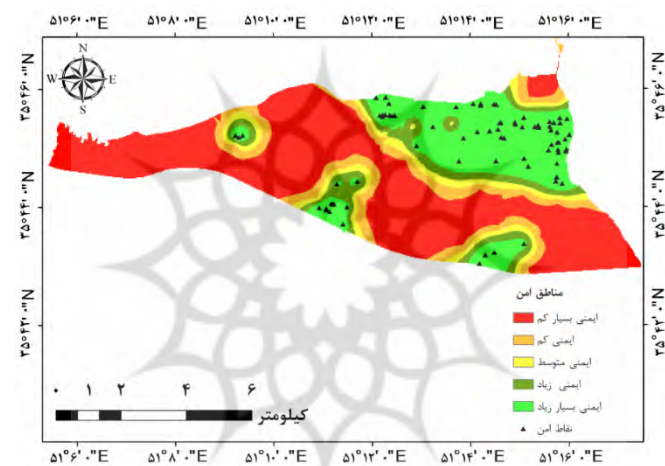


شکل ۶: نقشه نقاط امن منطقه ۲۲ شهر تهران

مأخذ: سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۹۹



(الف)



(ب)

شکل ۷: نقشه رستری نقاط امن منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل «GWR» (الف) هسته گوسین (ب) هسته مکعبی سه گانه تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

مقادیر R^2 و MSE حاصل شده از روش «GWR» با استفاده از داده‌های آزمایش محاسبه شده‌اند که در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: مقادیر « $RMSE$ و R^2 » حاصل از رگرسیون وزن دار جغرافیایی با هسته گوسین و مکعبی سه گانه

نوع هسته	R^2	$RMSE$
گوسین	۰/۸۵۱۵	۰/۴۳۸۰
مکعبی سه گانه	۰/۹۴۱۳	۰/۳۴۷۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۲ نشان می‌دهد که هسته مکعبی سه گانه دقت و سازگاری بالاتری را نسبت به هسته گوسین در مکان‌یابی جایگاه‌های امن موقت پس از زلزله در منطقه ۲۲ شهر تهران داشته است. جدول ۳، انحراف استاندارد ضرایب رگرسیون در روش «GWR» با دو هسته گوسین و مکعبی سه گانه را جهت محاسبه میزان تغییرات محلی و ناپایداری مکانی نشان می‌دهد.

جدول ۳: انحراف استاندارد ضرایب رگرسیون وزن دار جغرافیایی با هسته گوسین و مکعبی سه گانه

معیارهای مؤثر	هسته گوسین	هسته مکعبی سه گانه
فاصله از هلال و احمر	۰/۰۶۸۹	۰/۰۰۲۱
فاصله از ایستگاه پلیس	۰/۰۳۵۶	۰/۰۰۷۲
فاصله از پمپ بنزین	۰/۰۲۸۵	۰/۰۰۳۸
فاصله از ایستگاه مترو	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۹۲
فاصله از مراکز سلامتی	۰/۰۰۹۳	۰/۰۳۵۷
فاصله از بیمارستان	۰/۰۱۵۴	۰/۰۰۲۵
فاصله از مراکز آتش نشانی	۰/۰۳۲۵	۰/۰۰۰۱
فاصله از پل	۰/۰۰۱۵	۰/۰۱۴۵
فاصله از جاده اصلی	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۴۵
فاصله از منبع گاز	۰/۰۰۶۵	۰/۰۱۴۵
فاصله از مراکز پخش مواد غذایی	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۸۷
فاصله از خطوط مترو	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۲۳
ریسک زلزله	۰/۰۹۶۵	۰/۲۴۵
فاصله از پارک و فضای سبز	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۲۱
تراکم جمعیت	۰/۸۵۲	۰/۵۶۴۸
شیب	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

با توجه به جدول ۳ در روش «GWR» با هسته گوسین، رابطه بین معیار شیب و مکان یابی جایگاه های اسکان موقت با تغییر مکان کمتر تغییر خواهد کرد اما رابطه بین معیار ریسک و مکان یابی جایگاه های اسکان موقت تغییرات بیشتری خواهد کرد. همچنین برای هسته مکعبی سه گانه، رابطه بین معیار شیب و مکان یابی جایگاه های اسکان موقت با تغییر مکان کمتر تغییر خواهد کرد اما رابطه بین معیار تراکم جمعیت و مکان یابی جایگاه های اسکان موقت تغییرات بیشتری خواهد کرد. در نهایت از شاخص سراسری موران جهت تعیین خودهمبستگی مکانی باقیمانده های مدل «GWR» استفاده شد که از رابطه (۷) محاسبه می شود (Zemestani & Soori, 2019: 15; Pu et al, 2017: 4459):

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{X})(x_j - \bar{X})}{S_0 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (7)$$

که x_i و x_j به ترتیب مقادیر میزان امن بودن نقاط تصادفی i و j و W_{ij} وزن مکانی بین دو نقطه تصادفی i و j ، S_0 مجموع کلیه وزن ها، $\bar{X}$ متوسط مقادیر میزان امن بودن برای نقاط تصادفی و n تعداد کل نقاط تصادفی در منطقه مورد مطالعه است. جدول ۴ مقادیر شاخص سراسری موران را برای باقیمانده های مدل «GWR» با هسته مکعبی سه گانه نشان می دهد. چنانچه فرآیند سرشکنی خطاها به درستی انجام شود، می باید باقیمانده های مدل دارای توزیع مکانی تصادفی باشند و مقدار این آمار نزدیک به صفر شود که در این صورت نشان دهنده توانایی بالای «GWR» در مدل سازی خودهمبستگی مکانی مشاهدات می باشد.

جدول ۴: مقایسه شاخص سراسری موران برای روش «GWR» با دو هسته گوسین و مکعبی سه گانه

نوع هسته	شاخص موران	شاخص مورد انتظار	Z-Score	P-Value
گوسین	۰/۱۰۹	۰/۰۰۰۷۵۱	۱۵/۷۴۵	۰/۰۰۰
مکعبی سه گانه	۰/۰۸۷	۰/۰۰۰۷۵۱	۱۶/۲۱۱	۰/۰۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

طبق جدول ۴ برای روش «GWR» با هسته مکعبی سه گانه، شاخص موران دارای مقدار نزدیک تری به صفر (نسبت به هسته گوسین) است که نشان از توانایی بالای هسته مکعبی سه گانه در مدل سازی خودهمبستگی مکانی مشاهدات دارد.

نتیجه

با بررسی مطالعات صورت پذیرفته مشخص گردید در تحقیقات پیشین، تحلیل داده محور مکانی مناسبی، جهت مکان یابی جایگاه های موقت پس از زلزله انجام نگرفته است و اکثراً از روش های دانش محور مبتنی بر نظرات کارشناسان به منظور مکان یابی جایگاه های موقت استفاده شده است (Junian and Azizifar 2018: 1683; Kilci 2015: 327)، لذا جهت نیل به هدف این تحقیق، از روش داده محور مکانی رگرسیون وزن دار جغرافیایی با دو گوسین و مکعبی سه گانه به منظور مکان یابی جایگاه های موقت پس از زلزله در منطقه ۲۲ شهر تهران استفاده شد. روش پیشنهادی با دو خاصیت منحصر به فرد داده های مکانی یعنی خودهمبستگی مکانی و نالیستایی مکانی سازگار است که نوآوری تحقیق حاضر نیز می باشد. نتایج تحقیق نشان داد که هسته مکعبی سه گانه، نتایج بهتری را نسبت به هسته گوسین در اختیار قرار می دهد. مقدار R^2 حاصل از روش «GWR» با هسته گوسین و مکعبی سه گانه به ترتیب برابر ۰/۸۵۱۵ و ۰/۹۴۱۳ به دست آمد که نشان دهنده سازگاری بالای هسته مکعبی سه گانه با داده های این تحقیق می باشد. همچنین مقدار «RMSE» حاصل از روش «GWR» با هسته گوسین و مکعبی سه گانه به ترتیب برابر ۰/۴۳۸۰ و ۰/۳۴۷۰ به دست آمد که نشان دهنده دقت بالای هسته مکعبی سه گانه در مدل سازی مشاهدات است. قابلیت برتر مدل «GWR» با هسته مکعبی سه گانه که مدل پیشنهادی تحقیق است، توسط تحقیقات فادرینگام و اوشان (۲۰۱۶) و اوشان و همکاران (۲۰۱۹) تأیید شده است. همچنین در این تحقیق مشخص شد که معیارهای تراکم جمعیت و ریسک زلزله، بیشترین تأثیر را در مکان یابی جایگاه های اسکان موقت در منطقه ۲۲ شهر تهران داشته اند که با نتایج تحقیقات سلطانی و المدرسی (۱۳۹۶) و ابراهیمیان قاجاری (۱۳۹۹) مطابقت دارد. بر اساس نقشه مکان های مناسب و ایمن جهت احداث مراکز اسکان موقت (حاصل شده از الگوریتم پیشنهادی) مشخص شد که پارک چیتگر و مجموعه ورزشی آزادی یکی از وسیع ترین و مناسب ترین پهنه ها برای احداث پناهگاه های اسکان موقت پس از بروز بحران زلزله برای منطقه ۲۲ شهر تهران می باشند. براساس اطلاعات گرفته شده از سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، نتایج حاصل از روش «GWR» بیانگر مناسب بودن انتخاب مدل مذکور جهت مکان یابی جایگاه های اسکان موقت پس از بروز بحران زلزله برای منطقه ۲۲ شهر تهران بوده است.

پیشنهادهای

با شناسایی مراکز مناسب اسکان موقت جمعیت پیشنهادهای زیر مطرح می گردد:

- ساخت سازه های چندمنظوره مانند سالن های ورزشی و مراکز تفریحی در محل های پیشنهادی نشان داده شده در شکل ۷ به خصوص پارک چیتگر و مجموعه ورزشی آزادی که یکی از وسیع ترین و مناسب ترین پهنه ها برای احداث پناهگاه های اسکان موقت برای منطقه ۲۲ شهر تهران می باشند تا در صورت وقوع زلزله به عنوان محل های اسکان موقت مورد استفاده قرار بگیرند.

- آماده‌سازی زیرساخت‌های اولیه و مناسب برای مراکز منتخب از قبیل: سرویس‌های بهداشتی، منابع آب، سیستم روشنایی و... تا در صورت وقوع زلزله شرایط لازم برای اسکان جمعیت را دارا باشد و نیاز به صرف وقت برای تأمین این خدمات نباشد.
 - آموزش عمومی، آگاهی و اطلاع‌رسانی دقیق به عموم، درخصوص وجود خطر زلزله، ابعاد گوناگون آن و همچنین مناطق تعیین‌شده برای اسکان موقت جمعیت.
 - برآورد دقیق نیازهای زیستی، خدماتی، بهداشتی و درمانی و نیز ظرفیت تعداد افراد برای هر سایت اسکان موقت توسط نهادهای مربوطه.
 - نتایج پژوهش حاضر، قابلیت روش ادغام داده‌محور و «GIS» را در شناسایی مناطق مستعد اسکان موقت به خوبی نمایان می‌کند. بدین‌جهت، پیشنهاد می‌گردد که ارگان‌ها، ادارات و سازمان‌های مربوطه از جمله شهرداری منطقه ۲۲، سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران و ... با ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع و به‌روز از تمام جزئیات و عناصر شهری مبتنی بر «GIS»، همواره آمادگی لازم برای اسکان موقت جمعیت در فردای بحران زلزله را داشته باشند.
 - با توجه به عدم دسترسی به اطلاعات کافی در مورد وضعیت دسترسی‌پذیری مکان‌های امن اسکان موقت و در راستای معتبرشدن نتایج، پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی وضعیت شبکه معابر و تأثیر آن در دسترسی‌پذیری/ناپذیری به مکان‌های امن اسکان موقت بررسی شود تا پس از شناسایی کلیه مکان‌های اسکان موقت، مناطق اسکان موقت دسترسی‌پذیر شناسایی شوند.
 - با توجه به عدم دراختیار داشتن سایر معیارهای مرتبط با تأسیسات حیاتی مانند: پست‌های برق، مخازن آب و ... پیشنهاد می‌شود این‌گونه معیارها نیز در نظر گرفته شود.
- یکی از مهم‌ترین مراحل تحقیق و البته دشواری‌های تحقیق، دستیابی به داده‌های مکانی به‌روز و دقیق متناسب با معیارهای مورد نظر مکان‌یابی می‌باشد؛ بنابراین توجه به زیرساخت داده مکانی در تمامی سازمان‌های اداری استان به‌ویژه سازمان‌های متولی بحران زلزله پیشنهاد می‌گردد. بدیهی است مدیریت بحران که شامل فازهای قبل بحران، حین بحران و پس از بحران می‌باشد، تنها با استفاده از فناوری‌های نوین و نوظهور همچون فناوری‌های ژئوماتیک امکان‌پذیر می‌باشد. با توجه به تنوع روش‌های داده‌محور، تحقیق حاضر را می‌توان با استفاده از سایر روش‌های داده‌محور مکانی مانند تخمین گشتاورهای تعمیم‌یافته برای مدل خود برگشت‌پذیر مکانی^۱ (GMM-SAR) و ماتریس نمایی مشخصات مکانی^۲ (MESS) انجام داد.

منابع

- ارکانی، احسان؛ حسین حاتمی‌نژاد؛ سهیل قره (۱۳۹۹). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر افزایش ریسک زلزله در بافت‌های فرسوده شهری با رویکرد ترکیبی تکنیک دلفی فازی و مدل BMW، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۵۹، صفحات ۳۰۶-۲۹۱.
- اسماعیلی، سهیلا (۱۳۹۶). مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله احتمالی تهران در فضاهای سبز شهری منطقه ۲۲ شهرداری تهران، دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره ۷، شماره ۳، صفحات ۲۸۳-۲۷۳.
- <http://dpmk.ir/article-1-157-fa.html>
- امان پور، سعید؛ علیرضا پرویزیان (۱۳۹۹). مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری مبتنی بر اصول پدافند غیر عامل (مطالعه موردی: منطقه ۱ کلان‌شهر اهواز). مجله علمی آمایش سرزمین، دوره ۱۲، شماره ۲، صفحات ۴۰۶-۳۸۵.
- <https://doi.org/JTCP.2020.305735.670133>
- بازدار، سجاد؛ محمدرضا زندمقدم؛ سعید کامیابی (۱۳۹۹). سنجش و ارزیابی کمی آسیب پذیری شهری در برابر زلزله نمونه مورد استان ایلام، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۵۹، صفحات ۲۱۲-۱۹۷.
- <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3315-fa.html>
- سلطانی، زینب؛ سیدعلی المدرسی (۱۳۹۶). تعیین مکان مناطق اسکان موقت و سایت‌های امدادرسانی پس از زلزله در بافت تاریخی شهر یزد با استفاده از AHP، FUZZY LOGIC، FAHP و GIS، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، دوره ۲۲، شماره ۷، صفحات ۲۰-۱.
- <https://doi.org/10.22111/gaij.2017.2993>
- جمال‌آبادی، جواد؛ محمد سلمانی‌مقدم؛ علی شکاری‌بادی؛ مرضیه نوده (۱۳۹۸). مکان‌یابی مراکز اسکان موقت جمعیت پس از زلزله در سکونتگاه‌های شهری مطالعه موردی: شهر سبزوار، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۵۵، شماره ۱۹، صفحات ۱۷۱-۱۵۳.
- <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3018-fa.html>
- کریم‌پور، سارا؛ مهدی مؤمنی (۱۳۹۶). مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله (مطالعه موردی شهر اصفهان)، نشریه جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۲۰، شماره ۵، صفحات ۱۳۸-۱۲۵.
- http://ges.iaun.ac.ir/article_589611.html
- ابراهیمیان قاجاری، یاسر (۱۳۹۹). طراحی و پیاده سازی یک مدل GIS مینا برای برنامه‌ریزی اسکان موقت در مدیریت بحران زلزله شهر بابل، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۹، شماره ۱۱۳، صفحات ۴۱-۲۹.
- <http://dx.doi.org/10.22131/sepehr.2020.40469>
- مقیم، ساجده؛ دانیال منصفی‌پراپی (۱۳۹۸). مکان‌یابی فضای مناسب برای اسکان موقت زلزله‌زدگان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی بر مبنای GIS نمونه موردی: شهر شاهرود، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۹۴-۷۱.
- <http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2865-fa.html>

References

- Aad, G., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Aben, R., Abi, B., & Abreu, R (2014). Measurements of spin correlation in top-antitop quark events from proton-proton collisions at $s = 7$ TeV using the ATLAS detector. *Physical Review D*, 90(11), 112016.
- <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.90.112016>
- Boostani, A., Jolai, F., & Bozorgi-Amiri, A (2019). Optimal location selection of temporary accommodation sites in Iran via a hybrid fuzzy multiple-criteria decision making approach. *Journal of Urban Planning and Development*, 144(4), 04018039.
- <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000479>
- Contreras, D., Forino, G., & Blaschke, T (2018). Measuring the progress of a recovery process after an earthquake: The case of L'aquila, Italy. *International journal of disaster risk reduction*, 28, 450-464.
- <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.048>

- Dabiri, M., Oghabi, M., Sarvari, H., Sabeti, S., & Kashefi, H. R (2020). A combination risk-based approach to post-earthquake temporary accommodation site selection: A case study in Iran. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*.
<https://doi.org/10.22111/IJFS.2020.5601>
- Fotheringham, A. S., & Oshan, T. M (2016). Geographically weighted regression and multicollinearity: dispelling the myth. *Journal of Geographical Systems*, 18(4), 303-329.
<https://doi.org/10.1007/s10109-016-0239-5>
- Hong, I., & Yoo, C. 2020. Analyzing Spatial Variance of Airbnb Pricing Determinants Using Multiscale GWR Approach. *Sustainability*, 12(11), 4710.
<https://doi.org/10.3390/su12114710>
- Hosseini, S. A., de la Fuente, A., & Pons, O (2016). Multicriteria decision-making method for sustainable site location of post-disaster temporary housing in urban areas. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(9), 04016036.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001137](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001137)
- Junian, J., & Azizifar, V (2018). The evaluation of temporary shelter areas locations using geographic information system and analytic hierarchy process. *Civil Engineering Journal*, 4(7), 1678-1688.
<https://doi.org/10.28991/cej-03091104>
- Kilci, F., Kara, B. Y., & Bozkaya, B (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323-332.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.035>
- Murray, A. T., Xu, J., Baik, J., Burtner, S., Cho, S., Noi, E., & Zhou, E (2020). Overview of Contributions in Geographical Analysis: Waldo Tobler. *Geographical Analysis*, 52(4), 480-493.
<https://doi.org/10.1111/gean.12257>
- Oshan, T. M., Li, Z., Kang, W., Wolf, L. J., & Fotheringham, A. S (2019). mgwr: A Python implementation of multiscale geographically weighted regression for investigating process spatial heterogeneity and scale. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6), 269.
<https://doi.org/10.3390/ijgi8060269>
- Pu, H., Luo, K., Wang, P., Wang, S., & Kang, S (2017). Spatial variation of air quality index and urban driving factors linkages: Evidence from Chinese cities. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(5), 4457-4468.
<https://doi.org/10.1007/s11356-016-8181-0>
- Sánchez-Lozano, J. M., Ramos-Escudero, A., Gil-García, I. C., García-Cascales, M. S., & Molina-García, A (2022). A GIS-based offshore wind site selection model using fuzzy multi-criteria decision-making with application to the case of the Gulf of Maine. *Expert Systems with Applications*, 210, 118371.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118371>
- Song, S., Zhou, H., & Song, W (2019). Sustainable shelter-site selection under uncertainty: A rough QUALIFLEX method. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 371-386.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.053>
- Tang, C., Liu, X., Cai, Y., Westen, C. V., Yang, Y., Tang, H., & Tang, C (2020). Monitoring of the reconstruction process in a high mountainous area affected by a major earthquake and subsequent hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(4), 1163-1186.
<https://nhess.copernicus.org/articles/20/1163/2020/>
- Wang, X., & Liu, H., (2019), A Knowledge-and Data-Driven Soft Sensor Based on Deep Learning for Predicting the Deformation of an Air Preheater Rotor. *IEEE Access*, 7, 159651-159660.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2950661>
- Wen, H., Zhang, X., Zeng, Q., Lee, J., & Yuan, Q (2019). Investigating spatial autocorrelation and spillover effects in freeway crash-frequency data. *International journal of environmental research and public health*, 16(2), 219.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16020219>
- Wu, D (2020). Spatially and Temporally Varying Relationships between Ecological Footprint and Influencing Factors in China's Provinces Using Geographically Weighted Regression (GWR). *Journal of Cleaner Production*, 121089.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121089>
- Ye, X., Yu, X., & Wang, T (2020). Investigating spatial non-stationary environmental effects on the distribution of giant pandas in the Qinling Mountains, China. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00894.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00894>
- Zemestani, A., & Soori, H (2019). Relationship between fatal road traffic injury rates and Human Development Index in Iran. *Journal of Injury and Violence Research*, 11(4 Suppl 2).
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7186985/>
- Zeng, C., Yang, L., Zhu, A. X., Rossiter, D. G., Liu, J., Liu, J., & Wang, D (2016). Mapping soil organic matter concentration at different scales using a mixed geographically weighted regression method. *Geoderma*, 281, 69-82.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.06.033>
- Zhou, Q., Wang, C., & Fang, S (2019). Application of geographically weighted regression (GWR) in the analysis of the cause of haze pollution in China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(3), 835-846.
<https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.12.012>