https://gep.ui.ac.ir/?lang=en
Geography and Environmental Planning
E-ISSN: 2252- 0910
Document Type: Research Paper
Vol. 33, Issue 2, No.86, Summer 2022, pp. 1- 4
Received: 02/09/2021 Accepted: 22/01/2022

Evaluation of the Resilience of District 20 of Tehran Metropolitan Region (TMR) against Environmental Hazards Using Fuzzy Functions in GIS Software

Vafa Ghaem Maghami[1], Ahmad Nohegar [2] *, Mohammad Javad Amiri [3]
1- Ph.D. Student in Environmental Management, Department of Environmental Management Planning and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
va.qaem@gmail.com

2- Professor of Geomorphology, Department of Management Planning and Environmental Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
nohegar@ut.ac.ir

3- Assistant Professor of Environment, Department of Environmental Management Planning and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
mjamiri@ut.ac.ir

Extended abstract

Introduction:

The idea of resilience of different social, economic, physical, and managerial orientations has entered urban and regional studies on a large scale. This resilient system can absorb temporary or permanent crises and adapt to rapidly changing conditions without losing its function. Among these, resilience against natural disasters can be explained by how social, economic, institutional, political, and executive capacities of societies affect the increase of resilience and understanding of its dimensions in the society. Environmental crises, such as earthquakes, floods, fires, and climate pollution, have caused environmental vulnerability in cities and consequently created threats to their securities, especially in District 20 of Tehran City. By recognizing the dimensions of vulnerability in District 20 of this city against environmental crises, management strategies can be developed to reduce vulnerability and risks and enhance resilience. For this reason, the main purpose of this study was to evaluate resilience of the neighborhoods in District 20 of Tehran City against environmental crises. To achieve this goal, the Fuzzy Multi-Criteria Decision Model (FMCDM) and K-mean method of classification were used.

Keywords: resilience, home strength, Analytic Network Process (ANP), fuzzy operator, regression

Methodology:

To identify and assess the resilience of District 20 of Tehran against environmental crises, a

*Corresponding Author
Ghaem Maghami, V., Nohegar, A., Amiri, M. (2022). Evaluation of Resilience of Tehran Metropolitan District 20 Against Environmental Hazards Using Fuzzy Functions in GIS. *Geography and Environmental Planning*, 33 (2), 1 -4.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

http://dx.doi.org/10.22108/gep.2022.130271.1453 20.1001.1.20085362.1401.33.2.4.4

database was created based on the crises and its spatial information was prepared in 4 criteria and 26 sub-criteria. After creating the spatial database of the mentioned district and compiling the criteria and sub-criteria, a layer of information was prepared in ArcGIS software and a distance map was drawn for each sub-criterion through Euclidean distance mapping in order to measure and manage the resilience. Then, fuzzy operators were applied to draw each fuzzy map (subscale) with a value between 0 and 1. Analytic Network Process (ANP) method was utilized to weight and evaluate the research criteria and sub-criteria. Next, the map of each criterion and sub-criterion was drawn by combining the Euclidean distance and fuzzy operators multiplied by their fuzzy weights obtained from the ANP model in ArcGIS software. Thus, the final map was prepared for each criterion and sub-criterion, which showed their values of resilience to the environmental crises. Then, fuzzy superimposing operators were applied to superimpose the fuzzy weighting maps and a superimposed map of 26 sub-criteria (4 criteria) was obtained for each fuzzy operator. To identify the best fuzzy operator by superimposing the research sub-criteria, analysis of spatial relationships between the independent variables and the dependent variable was done through the Ordinary Least Squares (OLS) regression. Finally, the classical K-mean clustering method was employed to classify the neighborhoods from the perspective of resilience to environmental crises.

Discussion:

The results showed that the weights and values of the socio-economic criteria, road infrastructure, land use and accessibility in resilience measures were 0.49, 0.23, 0.16, and 0.11, respectively. In the socio-economic, road infrastructure, land use, and accessibility criteria, the sub-criteria of house strength, pedestrian bridge, access to social places, and access to medical centers with the weights of 0.33, 0.43, 0.32, and 0.29 had the highest values in resilience. Among the fuzzy superposition operators, the algebraic addition operator (SUM) had the highest correlation with the research criteria in identifying the resilience of the neighborhoods. The northeast and southeast neighborhoods, as well as the central neighborhoods of District 20 of Tehran, were the most resilient neighborhoods to environmental crises. In the final step of the current research, the classical K-mean method was used to cluster the existing neighborhoods in District 20 of Tehran City based on their resilience to environmental crises. The results revealed that the neighborhoods were divided into 3 clusters. In the first cluster showing a lot of patience, the neighborhoods of Javanmard Qassab, Mansouria and Mangal, Hamzehabad, Sartakht, Ibn Babavieh and Zahirabad, Taghiabad, and Abbasabad were located. In the second cluster indicating moderate tolerance, Dolatabad and Shahadat, Sadeghieh, Shahid Ghayuri, Deilman, Aqdasiyeh, Estakhr, and Alain neighborhoods were situated. Finally, the neighborhoods of Sizdeh Aban, Shahid Beheshti, Firoozabadi, Valiabad, and Hashemabad were located in the third cluster with poor productivity.

Conclusion:

Environmental crises, such as earthquake, flood, drought, air and water pollution, and fire, have the potential to become harmful in areas where there are no crisis management and risk mitigation. In the 21st century, the world has been hit by such environmental crises as Asian tsunamis, Hurricanes Katrina and Rita, successive earthquakes, flash floods, desert dust storms, and widespread fires. Although predictive tools are able to predict some disasters, future crises cannot be forecast based on empirical evidence. Therefore, increasing the ability of a system called resilience is very important for responding to such crises; yet, its resilience must first be measured. In the present study, the resilience of District 20 of Tehran City to environmental crises was evaluated based on socio-economic, road infrastructure, land use, and accessibility criteria. The results of this modeling led to the extraction of 3 clusters for the resilience of the neighborhoods of District 20 of Tehran against environmental crises. The neighborhoods in the west region had the highest resilience compared to the urban areas.

References

- Abdollahi, A. A., Sharafi, H., & Sabahi, Y. (2018). Measurement and evaluation resiliency

institutional and physical-environmental urban communities to reduce natural disasters, Earthquake (Case study: Kerman city). *Quarterly Journal of Environmental Based Territorial Planning*, *11*(42), 165-186 [In Persian].
- Asadzadeh, A., Kötter, T., & Zebardast, E. (2015). An augmented approach for measurement of disaster resilience using connective factor analysis and analytic network process (F'ANP) model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *14*, 504-518. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2015.10.002
- Bacud, S. T. (2018). Integration of indigenous and scientific knowledge in disaster risk reduction: Resilience building of a marginalized sampaguita growing community in the Philippines. *Procedia Engineering*, *212*, 511-518. Doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.066
- Bahrami, S., Sarvar, R., & Asadian, F. (2018). An analysis of the resilience situation in the neighborhoods of Sanandaj (The case study: Sartapoleh, Shalman and Hajiabad neighborhoods). *Haft Hesar Journal of Environmental Studies*, *6*(22), 45-62 [In Persian].
- Bazrafshan, J., Toulabi Nejad, M., & Toulabi Nejad, M. (2018). Spatial analysis of differences in urban and rural areas in terms resilience against spontaneous phenomena (Case study: City Poldokhtar). *Journal of Rural Research*, *9*(1), 116-135. Dor: 20.1001.1.20087373.1397.9.1.8.3 [In Persian].
- Borsekova, K., Nijkamp, P., & Guevara, P. (2018). Urban resilience patterns after an external shock: An exploratory study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *31*, 381-392. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2018.05.012
- Caschili, S., Reggiani, A., & Medda, F. (2015). Resilience and vulnerability of spatial economic networks. *Networks and Spatial Economics*, *15*(2), 205-210. Doi: 10.1007/s11067-015-9283-9
- Chen, C., Xu, L., Zhao, D., Xu, T., & Lei, P. (2020). A new model for describing the urban resilience considering adaptability, resistance and recovery. *Safety science*, *128*, 104756. Doi: 10.1016/j.ssci.2020.104756
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, *18*(4), 598-606. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013
- Dadashpoor, H., & Adeli, Z. (2016). Measuring the amount of regional resilience in Qazvin urban region. *Journal of Emergency Management*, *4*(2), 73-84 [In Persian].
- Davis, I., & Izadkhah, Y. O. (2006). Building resilient urban communities. *Open House International*, *31*(1), 11-21. Doi: 10.1108/OHI-01-2006-B0002
- Delake, H., Samare Mohsen Beigi, H., & Shahivandi, A. (2017). Evaluation of social resilience in urban areas of Isfahan. *Sociology of Social Institutions*, *4*(9), 227-252. Doi: 10.22080/ssi.2017.1565 [In Persian].
- Fakhruddin, B. S., Reinen-Hamill, R., & Robertson, R. (2019). Extent and evaluation of vulnerability for disaster risk reduction of urban Nuku'alofa, Tonga. *Progress in Disaster Science*, *2*, 100017. Doi: 10.1016/j.pdisas.2019.100017
- Faraji, A., Arvin, M., & Atash-Afrooz, N. (2018). Investigation of regional resilience using spatial analysis and WASPAS hybrid model (Case Study: Townships of Khuzestan province). *Journal of Town and Country Planning*, *10*(1), 1-29. Doi: 10.22059/jtcp.2018.245131.669808 [In Persian].
- Govindarajulu, D. (2020). Strengthening institutional and financial mechanisms for building urban resilience in India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *47*, 101549. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.101549
- Harpin, S. B. (2019). Adverse childhood experiences and resilience: Implications for marginalized and vulnerable young people. *Journal of Adolescent Health*, *64*(1), 3-4. Doi: 10.1016/j.jadohealth.2018.10.011
- Kabir, M. H., Sato, M., Habbiba, U., & Yousuf, T. B. (2018). Assessment of urban disaster resilience in dhaka north city corporation (DNCC), Bangladesh. *Procedia Engineering*, *212*, 1107-1114. Doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.143
- Khaledi, S., Ghahroudi Tali, M., & Farahmand, G. (2021). Measuring and evaluating the resilience of urban areas against urban flooding (Case study: Urmia city). *Sustainable Development &*

Geographic Environment, *2*(3), 169-182. Doi: 10.52547/sdge.2.3.169 [In Persian].
- Landry, F., Dupras, J., & Messier, C. (2020). Convergence of urban forest and socio-economic indicators of resilience: A study of environmental inequality in four major cities in eastern Canada. *Landscape and Urban Planning*, *202*, 103856. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2020.103856
- Mehrazan Consulting Engineers (2005). *Preparation of the development model and detailed plan of the region and cooperation with the municipality of Region 20, the subject of the report: the development model of Region 20*. Tehran: Urban Planning and Research Center, Ministry of Housing and Urban Development, Tehran Municipality [In Persian].
- Moazami, B., & Rahimi, M. (2016). Assessment and formulation of coping strategies against crisis in the old urban context (Case study: Feyzabad neighborhood of Kermanshah). *Journal of Geography and Environmental Studies*, *5*(18), 23-34 [In Persian].
- Moghadas, M., Asadzadeh, A., Vafeidis, A., Fekete, A., & Kötter, T. (2019). A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *35*, 101069. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2019.101069
- Mullick, M. R. A., Tanim, A. H., & Islam, S. S. (2019). Coastal vulnerability analysis of Bangladesh coast using fuzzy logic based geospatial techniques. *Ocean & Coastal Management*, *174*, 154-169. Doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.03.010
- Pour Mohammadi, M. R., Hadi, E., & Hadi, E. (2019). Explaining the socio-economic aspects of urban resilience against earthquake; a case study: 4th district of Tabriz. *Quarterly Journal of Disaster Prevention and Management Knowledge*, 9(1), 78-89 [In Persian].
- Parkouhi, S. V., & Ghadikolaei, A. S. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, *161*, 431-451. Doi: 10.1016/j.jclepro.2017.04.175
- Ramezanzadeh Lasboei, M., & Badri, S. A. (2014). Socio-economic structures, resilience of rural areas residents in natural disasters with emphasis floods (Sard Abrod & Cheshmeh Kileh tourism basin). *Journal of Geography*, *12*(40), 109-131 [In Persian].
- Ran, J., MacGillivray, B. H., Gong, Y., & Hales, T. C. (2019). The application of frameworks for measuring social vulnerability and resilience to geophysical hazards within developing countries: A systematic review and narrative synthesis. *Science of the Total Environment*, *711*, 134486. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134486
- Rezaei, M. R. (2013). Evaluating the economic and institutional resilience of urban communities to natural disasters using PROMETHE technique. *Journal of Emergency Management*, *2*(1), 27-38. Dor: 20.1001.1.23453915.1392.2.1.3.7 [In Persian].
- Suárez, M., Gómez-Baggethun, E., Benayas, J., & Tilbury, D. (2016). Towards an urban resilience Index: A case study in 50 Spanish cities. *Sustainability*, *8*(8), 774. Doi: 10.3390/su8080774
- Valizadeh, R., Amini, S., & Rajabi, S. (2019). Spatial analysis of regional resilience to natural disasters (Case study: East Azarbaijan province). *Haft Hesar Journal of Environmental Studies*, *7*(27), 17-28 [In Persian].
- Wills, G., & Hofmeyr, H. (2019). Academic resilience in challenging contexts: Evidence from township and rural primary schools in South Africa. *International Journal of Educational Research*, *98*, 192-205. Doi: 10.1016/j.ijer.2019.08.001
- Zhang, W., Su, S., Wang, B., Hong, Q., & Sun, L. (2020). Local k-NNs pattern in Omni-Direction graph convolution neural network for 3D point clouds. *Neurocomputing*, *413*, 487-498. Doi: 10.1016/j.neucom.2020.06.095
- Zhang, X., Song, J., Peng, J., & Wu, J. (2019). Landslides-oriented urban disaster resilience assessment—a case study in ShenZhen, China. *Science of the Total Environment*, *661*, 95-106. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.074
- **Fig 1.** Geographical location of District 20 Tehran
- **Table 1-** Fuzzy membership of sub-criteria in resilience of District 20 of Tehran against environmental hazards
- **Fig 2.** Diagram of the steps of the work method in the present study
- **Table 1-** The weight of research criteria in resilience of District 20 of Tehran against environmental

hazards
- **Tab 3-** Weight of criteria socio-economic in the resilience of Tehran's 20th district
Figure 3- Zoning of population and young population sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 4-** Zoning of Economic participation and employment rates sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 5-** Zoning of Home strength and literacy rates sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Tab 4-** Weight of criteria and sub-criteria of land cover in the resilience of Tehran's 20th district
- **Figure 6-** Zoning of Access to parks and social sites sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 7-** Zoning of Distance from the flood and access to water sources sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 8-** Zoning of Distance from agricultural lands and urban green space sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 9-** Zoning of Distance from the green belt and outdoor rates sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Tab 5-** Standard weight and sub-criteria of accesses in Tehran 20 district resilience
- **Figure 10-** Zoning of Access to fuel station and security police sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 11-** Zoning of Access to educational and administrative centers sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 12-** Zoning of Access to Commercial and service centers sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 13-** Zoning of Access to Medical centers and distance from the factory sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Tab 6-** Standard weight and sub-criteria of road infrastructure in Tehran 20 district
- **Figure 14-** Zoning of Access to bus and freeway stations sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 15-** Zoning of Access to the pedestrian bridge and railway station sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 16-** Zoning of Criteria for access to urban services and socio-economic criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Figure 17-** Zoning of Land use criteria and access to road infrastructure criteria in the resilience of District 20 of Tehran
- **Tab 7.** Correlation coefficient between fuzzy overlay operators with research criteria
- **Fig 18.** Overlapping of research criteria with SUM operator and resilience modeling of Tehran Region 20

جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی
سال ۳۳، پیاپی ۸۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱، ص ۱۳۰- ۱۰۳
وصـول: ۱۴۰۰/۶/۱۱ پـذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲

مقاله پژوهشی

ارزیابی تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات محیطی با استفاده از توابع فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی

وفا قائم‌مقامی، دانشجوی دکتری محیط‌زیست، گروه برنامه‌ریزی مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
va.qaem@gmail.com
احمد نوحه‌گر*، استاد ژئومورفولوژی، گروه برنامه‌ریزی مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
nohegar@ut.ac.ir
محمدجواد امیری، استادیار محیط‌زیست، گروه برنامه‌ریزی مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
mjamiri@ut.ac.ir

چکیده

منطقهٔ ۲۰ در جنوب کلان‌شهر تهران با مخاطرات محیطی همچون سیلاب، زمین‌لرزه، بحران آب، آلودگی و طوفان مواجه است. افزایش تاب‌آوری دربرابر این مخاطرات مستلزم شناخت ظرفیت تاب‌آوری است؛ از این رو پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی‌پیمایشی برای شناخت ظرفیت پایه‌ای تاب‌آوری این منطقه دربرابر مخاطرات محیطی انجام شد. نخست پرسش‌نامه‌ای با نظر کارشناسان برای استخراج مؤلفه‌های اثرگذار بر تاب‌آوری تهیه شد که برمبنای آن، ۲۶ زیرمعیار در قالب چهار معیار اجتماعی‌اقتصادی، کاربری اراضی، دسترسی‌ها و زیرساخت‌های جاده‌ای به دست آمد. درجهٔ اهمیت هر زیرمعیار در تاب‌آوری با تحلیل شبکه و میزان عضویت آنها در تاب‌آوری با عملگرهای فازی مشخص شد؛ سپس زیرمعیارها با عملگرهای فازی AND، OR، SUM، Product و گاما روی هم گذاری و طبقه‌بندی محله‌ها در تاب‌آوری با خوشه‌بندی k-mean انجام شد. نتایج نشان داد معیارهای اقتصادی‌اجتماعی و معیار زیرساخت‌ها با وزن ۰/۴۹ و ۰/۲۳۱ بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری دارند. در معیار اقتصادی‌اجتماعی زیرمعیار استحکام منازل با وزن ۰/۳۳۲، در معیار پوشش اراضی زیرمعیار دسترسی به اماکن اجتماعی با وزن ۰/۳۲۱، در معیار دسترسی‌ها زیرمعیار مراکز بهداشتی‌درمانی با وزن ۰/۲۹۲ و در معیار زیرساخت‌های جاده‌ای زیرمعیار دسترسی به پل عابر پیاده با وزن ۰/۴۳۵، بیشترین وزن را در تاب‌آوری دارند. بهترین عملگر برای روی هم گذاری لایه‌ها، عملگر SUM بود که بیشترین همبستگی را با معیارها دارد. درنهایت محله‌های منطقهٔ ۲۰ به سه خوشهٔ تاب‌آوری زیاد، متوسط و ضعیف تقسیم شدند. از این بین، محله‌های جوانمرد، منصوریه، حمزه‌آباد، ابن‌بابویه، سرتخت، تقی‌آباد و عباس‌آباد به دلیل داشتن جمعیت مناسب، میزان مشارکت اقتصادی مطلوب، میزان مشارکت اجتماعی مطلوب، دوری از مسیل، دسترسی به زیرساخت‌های جاده‌ای و نزدیکی به مراکز خدمات‌رسانی، بیشترین تاب‌آوری را دربرابر مخاطرات محیطی دارند؛ اما محله‌های جنوبی و غربی در منطقهٔ ۲۰، به دلیل دوری از مراکز خدمات‌رسانی و پل‌های عابر پیاده، نزدیکی به مسیل و کارخانه، کم‌بودن میزان مشارکت اقتصادی، و استحکام کم منازل، کمترین تاب‌آوری را دربرابر مخاطرات محیطی دارند.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری، استحکام منازل، تحلیل شبکه، عملگرهای فازی، رگرسیون

---

*نویسنده مسؤول

قائم مقامی, وفا, نوحه گر, احمد, امیری, محمدجواد. (۱۴۰۰). ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۲۰ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات محیطی با استفاده از توابع فازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳۳ (۲)، ۱۲۶- ۹۹ .

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

http://dx.doi.org/10.22108/gep.2022.130271.1453 20.1001.1.20085362.1401.33.2.4.4

مقدمه

مقابله با مخاطرات محیطی همچون سیل، زمین‌لرزه، آتش‌سوزی، خشکسالی، طوفان و ریزگردهای بیابانی و آلودگی هوا، یکی از چالش‌های اصلی برای جهان امروز است که مرگ‌ومیر و درد و رنج عاطفی بشر را در پی دارد و به اقتصاد محلی نیز آسیب‌هایی وارد می‌کند (Cutter et al., 2008: 601). در بسیاری مواقع انسان توانسته است تهدیدهای طبیعی را به کمترین میزان کاهش دهد؛ اما واقعیت انکارناپذیر این است که بعضی بحران‌های محیط‌زیستیِ ناگهانی قدرت تخریب زیادی دارند و امکان پیش‌بینی را نیز سلب کرده‌اند (فرجی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۷). در این زمینه آنچه بیش از هر چیزی مهم جلوه می‌کند، قدرت تطبیق‌پذیری و احیای سیستم‌های شهری و منطقه‌ای و بازگشت به حالت عادی پس از وقوع سانحه است که ایدهٔ تاب‌آوری را پیشنهاد می‌دهد (بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۱۸).

تاب‌آوری به معنای توانایی یک منطقه دربرابر مخاطرات محیطی، پاسخگویی به شرایط بحرانی و تطبیق‌پذیری با آن و بازگشت سریع و آسان به شرایط پیش از وقوع مخاطره است (Borsekova et al., 2018: 382). تاب‌آوری شهری نیز قدرت انطباق‌پذیری با شرایط بحرانی ناشی از مخاطرات محیطی و برگشت به حالت اولیهٔ پس از مخاطره است (Ran et al., 2019: 4). شرایط محیطی هر منطقه و شهر در وقوع مخاطرات محیطی و میزان اثرگذاری مخاطره بر سیستم شهری تأثیرگذار است. موقعیت جغرافیایی مکان شهری و معیارهای اقتصادی، اجتماعی، امکانات شهری و زیرساخت‌های بنیادی نقش مهمی در درجهٔ تاب‌آوری سیستم شهری دربرابر مخاطره دارند (Wills and Hofmeyr, 2019: 192)؛ به گونه‌ای که شیب اراضی، توپوگرافی، نزدیکی و دوری از مسیل، فاصله از گسل، نزدیکی به مراکز وقوع طوفان‌های گردوغباری، نوع کاربری اراضی و فاصله از مراکز انتشار آلودگی، از پارامترهای مهم در درجهٔ تاب‌آوری شهری دربرابر مخاطرات محیطی است. مؤلفه‌های اجتماعی نیز همچون میزان جمعیت، جمعیت جوان، میزان سواد و تحصیلات افراد، میزان بیکاری و اشتغال، استحکام منازل، فضای سبز شهری، جنگل‌ها و دسترسی به امکانات و زیرساخت‌های شهری در میزان پاسخگویی به تاب‌آوری و برگشت به حالت اولیهٔ پیش از بحران بسیار مهم هستند (Zhang et al., 2019: 196). میزان تاب‌آوری سیستم شهری با بررسی و تحلیل پارامترهایی سنجیده می‌شود که در تاب‌آوری مؤثرند و افزایش تاب‌آوری یک منطقه یا سیستم شهری دربرابر بحران مستلزم افزایش درجهٔ مطلوبیت پارامترهای اثرگذار است (Harpin, 2019: 3).

تاب‌آوری را از دههٔ ۱۹۷۰ هولینگ[1]، اکولوژیست کانادایی، در ارتباط با سیستم‌های اکولوژیکی مطرح کرد. وی معتقد بود تاب‌آوری تداوم روابط و پیوندهای درون یک سیستم را تعیین می‌کند و مقیاسی از توانایی این سیستم برای جذب تغییرات پارامترها و متغیرهای ثابت و متحرک و حفظ بقاست (Govindarajulu, 2020: 3).

تاب‌آوری همچنین ظرفیت یک سیستم برای پاسخگویی به اختلال ایجادشده در آن تعریف می‌شود و سیستم‌های تاب‌آور پس از اعمال تنش و اختلال، ساختار و عملکرد سیستم تغییر نمی‌کنند (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۸: ۸۰). شهر نیز یک سیستم اکولوژیکی پویا شناخته می‌شود که تاب‌آوری آن بیانگر پاسخگویی به بحران‌ها و ثبات در شرایط

1. Holling

اختلال است (بهرامی و همکاران، ۱۳۹٦: ٤٧). شهری تاب‌آور است که عملکردهای هشتگانهٔ ارائهٔ نیازهای اساسی، تأمین و حفاظت از زندگی انسان‌ها، محافظت و نگهداری دارایی شهری، تحصیل روابط انسانی و هویت‌بخشی به آنها، انتشار دانش و آموزش و نوآوری، حمایت از حاکمیت قانون، پشتیبانی از معیشت و تحریک رونق اقتصادی را داشته باشد (خالدی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳). ارائهٔ این عملکردها در سیستم های فضایی شهری به ثبات در تصمیم گیری و بقای شهری، و بازخورد آن به افزایش تاب‌آوری سیستم شهری منجر می‌شود.

تاب آوری ابعادی چندگانه دارد؛ مهم ترین آنها ابعاد اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و برنامه ریزی در نظر گرفته شده است و هر کدام مشتمل بر چندین زیرمعیار هستند که در ارزیابی تاب آوری شهرها، از این معیارها و ابعاد استفاده می‌شود (رمضان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۲).

به‌منظور پاسخگویی و مقابلهٔ سیستم‌های فضایی شهری دربرابر بحران‌های ناشی از مخاطرات محیطی، پژوهشگران با استفاده از روش‌های کمّی و پرسش‌نامه‌ای، نخست شناسایی و آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهری را دربرابر این بحران‌ها مدنظر قرار داده و با استفاده از روش‌های وزن‌دهی و تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) ظرفیت شهرها را بررسی کرده‌اند.

در کلان‌شهر تهران بررسی‌های میدانی و پرسش‌نامه‌ای برای ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی محله‌های شهر تهران دربرابر زمین‌لرزه انجام و با روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و پرامتی (PROMETHEE)، درجهٔ اهمیت شاخص‌ها در تاب‌آوری تعیین شد که شاخص میزان خسارت و ظرفیت جبران خسارت بیشترین اهمیت را دارد و محله‌های قیطریه، ستارخان، نارمک و قلعه‌مرغی به ترتیب بیشترین تاب‌آوری اقتصادی و نهادی را دربرابر زمین‌لرزه دارند (رضایی، ۱۳۹۲: ۳۳).

در شهر قزوین در معیار کالبد فضایی نسبت تخت بیمارستان به جمعیت، در معیار اجتماعی سرمایهٔ اجتماعی، در معیار اقتصادی مساحت مراکز کسب‌وکار بزرگ‌مقیاس و در معیار تاب‌آوری نهادی نیز شاخص عملکرد، در وضعیت نامناسب تاب‌آوری قرار دارند (داداش‌پور و عادلی، ۱۳۹٤: ۷۵).

تدوین راهبرد مبتنی بر افزایش تاب‌آوری مستلزم شناسایی درجهٔ تاب‌آوری دربرابر بحران است. در محلهٔ فیض‌آباد کرمانشاه، میزان تاب‌آوری متوسط است و محله در وضعیت تدافعی قرار دارد که برای تدوین راهبرد نیازمند مشارکت نیروهای اجتماعی برای سامان‌دهی بافت قدیم این محله است (معظمی و رحیمی، ۱۳۹۵: ۲۵).

معیارهای اجتماعی نقش مهمی در سنجش تاب‌آوری و ارائهٔ راهکارهایی برای افزایش ظرفیت شهری دربرابر بحران دارد. در اصفهان تعداد مراکز خدماتی در سطح شهر نقش مهمی در درجهٔ مطلوبیت تاب‌آوری منطقهٔ سه دربرابر بحران دارد. میزان بیکاری، بزهکاری‌های زیاد اجتماعی و رفتارهای نامناسب اجتماعی موجب کاهش میزان تاب‌آوری اجتماعی می‌شود. منطقهٔ شش اصفهان به دلیل میزان زیاد این رفتارهای نامناسب تاب‌آوری کمی دارد (دلاکه و همکاران، ۱۳۹٦: ۲۳۰). پارامترهای مربوط به کاربری اراضی در سطح یک منطقه یا سیستم شهری، از دیگر مؤلفه‌های اثرگذار در تاب‌آوری است؛ به گونه‌ای که تراکم مسکونی در سطح محله و شهر موجب کاهش نفوذپذیری آب در مواقع بارش‌های سنگین می‌شود و سریعاً پدیدهٔ سیل اتفاق می‌افتد (Bacud, 2018: 512). تراکم مسکونی موجب کاهش زمان مورد نیاز

برای پاسخگویی دربرابر زمین‌لرزه شده و خسارت‌های آن بسیار بیشتر از اراضی پراکنده یا فضاهای باز شهری می‌شود (Davis and Izadkhah, 2006: 12). نوع بستر زمین شهری نیز در تاب‌آوری مؤثر است که در صورت برداشت بی‌رویهٔ آب و جنس نرم و خمیری زیاد سازندها و خاک‌های بستر، فرونشست‌ها و روان‌گرایی اتفاق می‌افتد و زمان برای پاسخگویی و برگشت به حالت اولیهٔ پس از بحران از دست می‌رود (Kabir et al., 2018: 1107).

در سنندج درجهٔ تاب‌آوری محله‌های شهری با مدل ANP دربرابر مخاطرات محیطی ارزیابی و برای تحلیل تاب‌آوری از پارامترهای نوع کاربری اراضی استفاده شد (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۶: ٤٨).

در شهر شنژن (Shenzhen) چین زمین‌لغزش‌های ناشی از بارندگی شدید، خاک‌های شیل‌دار، توپوگرافی پیچیده و بارندگی زیاد به کاهش تاب‌آوری در محله‌های شهری منجر شده است (Zhang et al., 2019: 98).

در بعضی مناطق جغرافیایی، سیستم شهری به دلیل زیرساخت‌های ضعیف یا موقعیت توپولوژیکی، در ابتدای وقوع بحران سریع تضعیف و اختلال در شهر ایجاد می‌شود، اما آثار آن بلندمدت نیست و جبران خسارت و برگشت به حالت اولیه بسیار آسان است. در کشور تایوان عمدهٔ مخاطرات محیطی در لحظات ابتدایی به سیستم شهری خسارت می‌زند (Chen et al., 2020: 3)؛ بنابراین برای مقابله با آن و افزایش تاب‌آوری شهری می‌بایست برنامه‌ای طراحی کرد تا خسارت‌هایی که در لحظات ابتدایی اتفاق می‌افتد، به حداقل برسد و توانایی مقابله با آن را در آن لحظه داشت. با این راهکار می‌توان تاب‌آوری شهری را دربرابر بحران‌های طبیعی افزایش داد.

در اسپانیا بیشتر شهرها ازلحاظ تاب‌آوری وضعیت مطلوبی ندارند و برای رسیدن به تاب‌آوری باید اقداماتی مانند کاهش مصرف منابع، ترویج تجارت محلی، ایجاد فضای مشارکت و تنوع‌بخشی به اقتصاد محلی را افزایش داد (Suarez et al., 2016: 770).

در هر منطقه‌ای از داکای شمالی در بنگلادش، میزان ابعاد تاب‌آوری در مقیاس محله متفاوت است و توجه به زیرساخت‌های شهری و بهبود آن پاسخگوی مقابله با بحران‌های طبیعی نیست و رویکرد مداوم تغییر در برنامه‌ریزی برای مقابله با بحران‌ها ضروری است (Kabir et al., 2018: 1110).

مطالعات مربوط به تاب‌آوری کشور تونگا دربرابر سیلاب‌ها و طوفان‌های دریایی ناشی از تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بیانگر این است که این کشور شدیداً دربرابر بحران‌های طبیعی ناشی از گرمایش جهانی آسیب‌پذیر است (Fakhruddin et al., 2019: 100017).

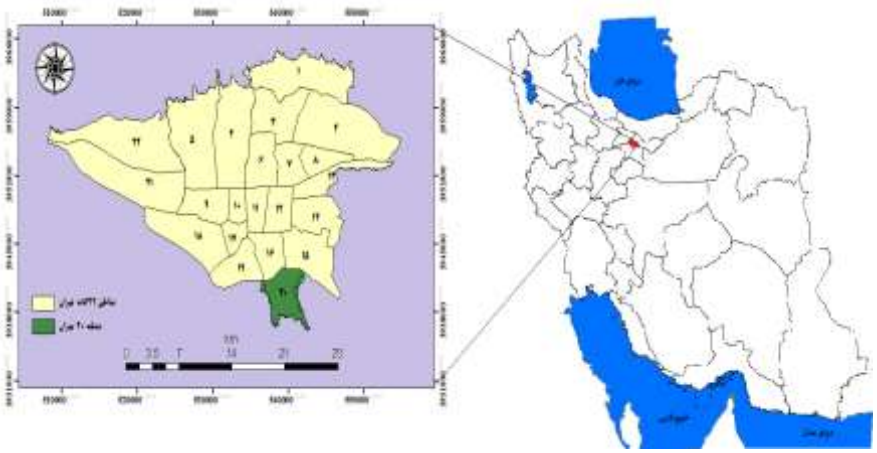
در کلان‌شهر تهران، تاب‌آوری دربرابر سیلاب‌های ناشی از سرریز رودخانه‌ها و آب‌های سطحی خیابان در مناطق ٦ و ٢٢ زیاد است، اما منطقهٔ یک کمترین تاب‌آوری را دارد (Moghadas et al., 2019).

کلان‌شهر تهران با جمعیتی بیش از ۸ میلیون نفر، تراکم ۱۲ هزار و ۲۰۰ نفر در هر کیلومترمربع و مساحت ۷۵۱ کیلومترمربع، در مکانی بنا شده است که به‌لحاظ مخاطرات محیطی در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی یا به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژیکی در معرض سوانح انسان‌ساخت قرار دارد. هنگامی که بلایای طبیعی رخ می‌دهد، تهران با خطرات بیشتری مواجه می‌شود و بیش از هر محیط دیگری نسبت به ناحیهٔ خود خسارت می‌بینند. تهران به دلیل شرایط محیطی، شهری آسیب‌پذیر دربرابر مخاطرات محیطی است، اما مناطق ۲۲گانهٔ آن براساس شرایط کالبدی،

اقتصادی، اجتماعی، زیرساختی و نهادی عملکردهای متفاوتی دارند و درجهٔ تاب‌آوری آنها نیز متفاوت است. نمی‌توان یک برنامهٔ کلی درزمینهٔ مدیریت بحران برای شهر تهران تدوین کرد؛ بلکه بررسی و ارزیابی هریک از مناطق در تاب‌آوری لازم است و باید برمبنای درجهٔ تاب‌آوری منطقه، راهبرد مبتنی بر مدیریت بحران و افزایش تاب‌آوری آن را تدوین کرد. منطقهٔ ۲۰ شهرداری تهران نیز به دلیل قرارگیری در نزدیکی مخاطرات طبیعی شامل سیلاب، زمین‌لرزه، طوفان گردوغبار، بحران آب، فرونشست و همچنین مخاطرات مصنوع شامل آلودگی هوا و وقوع بیماری‌های ریوی‌سرطانی، تصادفات و... ، نیازمند مدیریت بحران با رویکرد افزایش تاب‌آوری است؛ اما پیش از آن این رویکرد مستلزم شناسایی و ارزیابی درجهٔ تاب‌آوری محله‌ها دربرابر مخاطرات محیطی است تا با شناخت آن، برنامه‌ای جامع درزمینهٔ افزایش تاب‌آوری تدوین شود؛ بنابراین هدف اصلی از مطالعهٔ حاضر، شناسایی و ارزیابی درجهٔ تاب‌آوری محله‌های موجود در منطقهٔ ۲۰ تهران دربرابر مخاطرات محیطی است.

روش‌شناسی پژوهش

منطقهٔ ۲۰ تهران (شهر ری)، جنوبی‌ترین منطقهٔ شهرداری تهران است (شکل ۱). جمعیت آن در سال ۱۳۹۰ حدود ۳٤۰ هزار و ۸٦۰ نفر بوده است. مساحت محدودهٔ ملاک عمل شهرداری، ۲ هزار و ۹۷۲ هکتار معادل ٤/۵ درصد مساحت تهران است. منطقهٔ ۲۰، شش ناحیه دارد و تراکم ناخالص جمعیت آن ۱۳۱ نفر در هکتار است. سرانهٔ زمین مسکونی ۱۵/۱ مترمربع و سرانهٔ زیربنای مسکونی ۲۰ مترمربع است. پوشش دسترسی مناسب با توجه به عبور کمربندی تهران (آزادگان) از شمال منطقه و وجود ایستگاه فعال مترو و امکان ارتباط سریع با مرکز تهران و سایر نقاط اصلی آن، از ویژگی‌های مطلوب منطقه به شمار می‌رود. کاربری مسکونی حدود ۱۹ درصد و کاربری کشاورزی حدود ۱۵ درصد از اراضی را به خود اختصاص داده است. شیب اراضی کمتر از ۱۰ درصد است. دامنهٔ ارتفاعی آن بین ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ متر است. شرکت‌های حمل‌ونقل و ترابری زیادی در این منطقه وجود دارد و همچنین معابر و بزرگراهها حدود ۲۲ درصد از اراضی منطقه را شامل می‌شود (مهندسین مشاور مهرازان، ۱۳۸٤).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ۱٤۰۰)

Fig. 1. Geographical location of District 20 Tehran (Source: Authors, 2022)

تهیهٔ معیارها و زیرمعیارها

در گام اول این مطالعه به‌منظور تهیه و شناسایی معیارهای اثرگذار در تاب‌آوری، از روش پیمایشی و توزیع پرسش‌نامه بین متخصصان شهری و کارشناسان مخاطرات محیطی استفاده شد. نخست شاخص‌های مهم در تاب‌آوری تهیه شد و در اختیار کارشناسان قرار گرفت (در بهمن‌ماه ۱۳۹۹ پرسش‌نامه‌ها برای کارشناسان ارسال و در فروردین ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد). حجم پرسش‌نامه‌ها با فرمول کوکران (۷۹ پرسش‌نامه) به دست آمد. برای پایایی پرسش‌نامه‌ها از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار ضریب **a**، ۰/۸۱ به دست آمد. پارامترهای مؤثر در تاب‌آوری شهری که از پرسش‌نامه‌ها به دست آمد، در قالب ٤ معیار و ٢٦ زیرمعیار طبقه‌بندی و به‌مثابهٔ پایگاه اطلاعاتی به شرح زیر در GIS دسته‌بندی شد:

۱. معیار اجتماعی اقتصادی شامل زیرمعیارهای جمعیت، تعداد جمعیت جوان بین ۱۵ تا ۵۰ سال، میزان مشارکت اقتصادی، تعداد جمعیت شاغل، میزان سواد و استحکام منازل مسکونی؛

۲. معیار پوشش اراضی شامل زیرمعیارهای فاصله از مسیل‌ها، مساحت فضای باز شهری، دسترسی به مخازن آب، دسترسی به اماکن اجتماعی، کمربند سبز و جنگلی، فضای سبز شهری، دسترسی به پارک و تفرجگاه و اراضی کشاورزی؛

۳. معیار دسترسی شامل زیرمعیارهای دسترسی به مراکز آموزشی، بهداشتی‌درمانی، تجاری، اداری، مراکز خدمات‌رسانی، دسترسی به نیروی امنیتی و پلیس، فاصله از کارخانه و دسترسی به جایگاه سوخت؛

٤. معیار زیرساخت‌های جاده‌ای شامل زیرمعیارهای دسترسی به پل عابر پیاده، دسترسی به راه‌آهن، اتوبان و بزرگراه شهری و همچنین دسترسی به ایستگاه اتوبوس شهری.

وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی

میزان اثرگذاری و درجهٔ اهمیت هریک از زیرمعیارها و معیارها در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران، از طریق تدوین و توزیع پرسش‌نامه با پرسش‌های مربوط به ارزش زیرمعیارها، بین همان متخصصان، به دست آمد (ارسال پرسش‌نامه در اردیبهشت ۱۴۰۰ و جمع‌آوری آن در خردادماه ۱۴۰۰). سپس درجهٔ اهمیت زیرمعیارها در تاب‌آوری که از پرسش‌نامه‌ها به دست آمد، وارد نرم‌افزار Super Decision و با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل تحلیل شبکه (ANP)، وزن نهایی هر زیرمعیار محاسبه شد. فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) را می‌توان متشکل از دو قسمت دانست: سلسله‌مراتب کنترلی و ارتباط شبکه‌ای. سلسله‌مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیارها و زیرمعیارها را شامل می‌شود و بر ارتباط درونی سیستم تأثیرگذار است و ارتباط شبکه‌ای وابستگی بین عناصر و خوشه‌ها را شامل می‌شود (Asadzadeh et al., 2015: 509). فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) را می‌توان در چهار مرحله خلاصه کرد:

۱- ساخت مدل و تبدیل موضوع به یک ساختار شبکه‌ای: در این مرحله موضوع مدنظر به یک ساختار شبکه‌ای تبدیل می‌شود که در آن گرهها به‌مثابهٔ خوشه‌ها مطرح هستند. عناصر درون یک خوشه ممکن است با یک یا تمامی عناصر خوشه‌های دیگر ارتباط داشته باشند.

۲- تشکیل ماتریس مقایسهٔ دودویی و تعیین بُردارهای اولویت: عناصر تصمیم در هریک از خوشه ها، براساس میزان اهمیت آنها در ارتباط با معیارهای کنترلی دوبه‌دو مقایسه می‌شوند. خوشه‌ها نیز براساس نقش و تأثیر آنها در دستیابی به هدف، دوبه‌دو مقایسه می‌شوند. اثر هر عنصر روی عنصر دیگر از طریق بُردار ویژه ارائه می‌شود. اهمیت نسبی عناصر براساس مقیاس نُه‌کمیتی ساعتی سنجیده می‌شود.

۳- تشکیل سوپرماتریس و تبدیل آن به سوپرماتریس حد: برای دستیابی به اولویت های کلی در یک سیستم با اثرهای متقابل، بُردارهای اولویت داخلی در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد می‌شوند؛ درنتیجه یک سوپرماتریس (درواقع یک ماتریس تقسیم‌بندی‌شده) به دست می‌آید که هر بخش از این ماتریس ارتباط بین دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد. این نوع ماتریس را «سوپرماتریس اولیه» می‌نامند. با جایگزینی بُردار اولویت‌های داخلی (ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه‌ها در سوپرماتریس اولیه، سوپرماتریس ناموزون به دست می‌آید. در مرحلهٔ بعد، سوپرماتریس موزون با ضرب مقادیر سوپرماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای محاسبه می‌شود. سپس با نرمالیزه‌کردن سوپرماتریس موزون، سوپرماتریس ازنظر ستونی به حالت تصادفی تبدیل می‌شود. در گام بعد، سوپرماتریس حد با به‌توان‌رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون تا زمانی محاسبه می‌شود که واگرایی حاصل شود (با تکرار) یا به بیان دیگر تمامی عناصر سوپرماتریس همانند هم شوند.

٤- انتخاب گزینهٔ برتر: اگر سوپرماتریس تشکیل شده در مرحلهٔ سوم، کل شبکه را در نظر گرفته باشد، یعنی گزینه‌ها نیز در سوپرماتریس لحاظ شده باشند، اولویت کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپرماتریس حد نرمالیزه‌شده به دست می‌آید. اگر سوپرماتریس فقط بخشی از شبکه را شامل شود که وابستگی متقابل دارند و گزینه‌ها در سوپرماتریس در نظر گرفته نشوند، محاسبات بعدی لازم است صورت بگیرد تا اولویت کلی گزینه‌ها به دست آید. گزینه‌ای که بیشترین اولویت کلی را داشته باشد، به‌مثابهٔ برترین گزینه برای موضوع مدنظر انتخاب می‌شود؛ بنابراین نتایج پرسش‌نامه وارد تحلیل شبکه شد و با استفاده از این تکنیک، وزن نهایی زیرمعیارها به دست آمد که میزان اهمیت آنها در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران دربرابر مخاطرات محیطی است.

عضویت‌دهی فازی زیرمعیارهای پژوهش

اطلاعات مربوط به هر زیرمعیار در منطقهٔ ۲۰ کلان شهر تهران از طریق مطالعات کتابخانه ای، مشاهدات میدانی، آمارنامه‌ها، سرشماری‌ها و گزارش‌های شهرداری تهران در مقیاس محله‌ای به دست آمد. اطلاعات به نرم‌افزار ArcGIS وارد و برای هر زیرمعیار یک لایهٔ اطلاعاتی تشکیل شد. سپس با توابع Reclassify و فاصلهٔ اقلیدسی (Euclidean Distance) برای هر زیرمعیار، یک نقشهٔ رقومی (دیجیتالی) تهیه شد. به‌منظور ارزش‌گذاری هر زیرمعیار و نقش آنها در میزان تاب‌آوری، از توابع عضویت‌دهی فازی شامل Gaussian، Linear، Small، Large و Near استفاده شد و با اعمال هریک از این توابع روی نقشه های هر زیرمعیار، نقشهٔ درجهٔ عضویت فازی برای هر زیرمعیار در میزان تاب‌آوری به دست آمد (جدول ۱). در گام نهایی، نقشهٔ فازی برای هر زیرمعیار در وزن به‌دست‌آمدهٔ خود از تحلیل شبکه ضرب شد و نقشهٔ نهایی برای هر زیرمعیار به دست آمد که بیانگر میزان تاب‌آوری محله‌ها در منطقهٔ ۲۰ تهران ازلحاظ زیرمعیار مرتبط است.

جدول ۱. عضویت‌دهی فازی زیرمعیارهای پژوهش در تاب‌آوری محله‌های منطقهٔ ۲۰ تهران دربرابر مخاطرات محیطی

Table 1. Fuzzy membership of sub-criteria in resilience of District 20 of Tehran against environmental hazards

معیار	زیرمعیار	مقیاس	تابع عضویت فازی	ارزش زیرمعیارها		
				مناسب	متوسط	نامناسب
معیار اجتماعی- اقتصادی	جمعیت کل	محله‌ای	Large	بیش از ۳۰ هزار نفر	۲۰ تا ۳۰ هزار نفر	کمتر از ۲۰ هزار نفر
	جمعیت جوان	محله‌ای	Large	بیش از ۲۰ هزار نفر	۱۰ تا ۲۰ هزار نفر	کمتر از ۱۰ هزار نفر
	میزان مشارکت اقتصادی	درصد	Large	۳۸/۲ تا ۳۹/۵	۳۶/۹ تا ۳۸/۲	۳۵/۶ تا ۳۶/۹
	جمعیت شاغل	محله‌ای	Large	بیش از ۱۰ هزار نفر	۵ تا ۱۰ هزار نفر	کمتر از ۵ هزار نفر
	میزان سواد	درصد	Large	بیش از ۸۵ درصد	۸۰ تا ۸۵ درصد	کمتر از ۸۰ درصد
	استحکام منازل	منازل مسکونی	Large	بیش از ۵ هزار واحد مسکونی	بین ۳ تا ۵ هزار واحد مسکونی	کمتر از ۳ هزار واحد مسکونی
پوشش اراضی	فاصله از مسیل	کیلومتر	Small	بیش از ۳ کیلومتر	بین ۱ تا ۳ کیلومتر	کمتر از ۱ کیلومتر
	فاصله از فضای باز شهری	متر	Small	کمتر از ۲۰۰ متر	بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر	بیش از ۵۰۰ متر
	دسترسی به مخازن آب شرب	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر
	دسترسی به اماکن اجتماعی	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر
	کمربند سبز	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۱/۵ کیلومتر	بیش از ۱/۵ کیلومتر
	فضای سبز شهری	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر
	دسترسی به پارک	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۱/۵ کیلومتر	بیش از ۱/۵ کیلومتر
	اراضی کشاورزی	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر

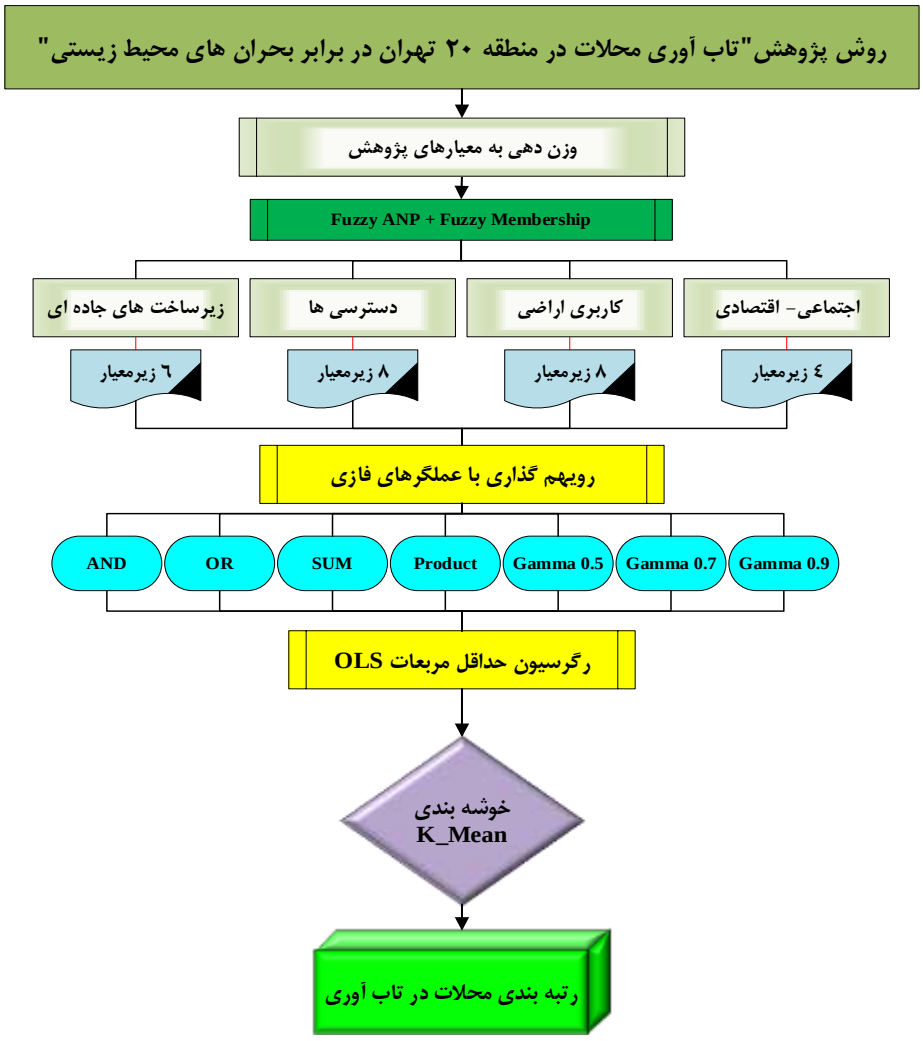
دسترسی‌ها	دسترسی به مراکز آموزشی	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۱/۵ کیلومتر	بیش از ۱/۵ کیلومتر
	دسترسی به مراکز بهداشتی‌درمانی	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۱/۵ کیلومتر	بیش از ۱/۵ کیلومتر
	دسترسی به مراکز تجاری	کیلومتر	Gaussian	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر
	دسترسی به مراکز اداری	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر
	دسترسی به مراکز خدمات‌رسانی	کیلومتر	Small	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر
	دسترسی به مراکز پلیس	کیلومتر	Gaussian	کمتر از ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بیش از ۲ کیلومتر
	فاصله از کارخانه	متر	Large	بیش از ۵۰۰ متر	بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	کمتر از ۱۰۰۰ متر
	فاصله از جایگاه سوخت	کیلومتر	Gaussian	از ۲۰۰ متر تا ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بین صفر تا ۲۰۰ متر؛ بیش از ۲ کیلومتر
زیرساخت جاده‌ای	دسترسی به پل عابر پیاده	متر	Small	بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر	بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	بین صفر تا ۱۰۰ متر؛ بیش از ۱۰۰۰ متر
	دسترسی به راه‌آهن	کیلومتر	Gaussian	از ۲۰۰ متر تا ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بین صفر تا ۲۰۰ متر؛ بیش از ۲ کیلومتر
	دسترسی به اتوبان شهری	کیلومتر	Gaussian	از ۲۰۰ متر تا ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بین صفر تا ۲۰۰ متر؛ بیش از ۲ کیلومتر
	دسترسی به ایستگاه اتوبوس	کیلومتر	Gaussian	از ۲۰۰ متر تا ۱ کیلومتر	بین ۱ تا ۲ کیلومتر	بین صفر تا ۲۰۰ متر؛ بیش از ۲ کیلومتر

روی‌هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی

نقشهٔ نهایی هر زیرمعیار با عملگرهای فازی روی‌هم‌گذاری (Fuzzy Overly) شد. این عملگرها شامل عملگر جمع جبری SUM، اجتماع فازی OR، اشتراک فازی AND، حاصل‌ضرب جبری فازی Product و گامای فازی است (Mullick et al., 2019: 158)؛ به گونه‌ای که برای هر عملگر روی‌هم‌گذاری، یک لایهٔ اطلاعاتی از جمع تمام زیرمعیارها و معیارها ایجاد شد و آن لایه، تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ و محله‌های موجود در آن را دربرابر مخاطرات محیطی نشان می‌دهد.

رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS)

برای شناسایی بهترین عملگر فازی در روی‌هم‌گذاری زیرمعیارهای پژوهش، از تجزیه‌وتحلیل روابط مکانی و فضایی بین متغیرهای مستقل (٤ معیار اصلی) و متغیر وابسته (نقشه‌های روی‌هم‌گذاری‌شده با عملگرهای فازی) از روش رگرسیون حداقل مربعات (OLS) استفاده شد. زیربنای فکری روش حداقل مربعات معمولی این است که ضرایب مدل مقادیری اختیار کنند که مدل رگرسیون نمونه، بیشترین نزدیکی را به مشاهدات داشته باشد؛ به بیان دیگر کمترین انحراف را از مشاهدات فوق نشان دهد. در مدل‌سازی مکانی با روش SLO فرض می‌شود که ضرایب یا پارامترهای مدل آماری نسبت به مکان (مختصات جغرافیایی) ثابت است؛ بنابراین مقدار متغیر وابسته که با این مدل تخمین زده می‌شود، برای کل منطقهٔ مدنظر است و در نقاط مختلف حوزه نیز مقداری یکسان را تخمین می‌زند که ضعف این روش در مدل‌سازی مکانی محسوب می‌شود. درنهایت برای طبقه‌بندی محله‌ها از دیدگاه تاب‌آوری دربرابر مخاطرات محیطی، از روش خوشه‌بندی کلاسیک K-mean استفاده شد (Zhang et al., 2020: 491).



شکل ۲. دیاگرام مراحل روش کار در پژوهش حاضر (منبع: نویسندگان، ۱٤۰۰)

Fig. 2. Diagram of the steps of the work method in the present study (Source: Authors, 2022)

یافته‌های پژوهش و تجزیه‌وتحلیل آنها

وزن معیارها

نتایج حاصل از ارزش‌دهی به معیارهای اصلی پژوهش نشان داد معیارهای اقتصادی‌اجتماعی و زیرساخت‌های جاده‌ای به ترتیب با وزن ۰/٤۹ و ۰/۲۳۱، بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران دربرابر مخاطرات محیطی دارند. با توجه به اهمیت اشتغال، جمعیت فعال و همچنین استحکام منازل دربرابر بحران هایی همچون سیلاب، زمین‌لرزه و دیگر مخاطرات محیطی، محله‌هایی که بیشترین میزان اشتغال و مشارکت اقتصادی، جمعیت فعال و همچنین استحکام منازل را دارند، از میزان تاب‌آوری بیشتری نیز دربرابر بحران‌های محیطی برخوردارند (جدول ۲).

جدول ۲. وزن نهایی معیارهای پژوهش در تاب‌آوری محله‌های منطقهٔ ۲۰ تهران دربرابر مخاطرات محیطی

Table 2. The weight of research criteria in resilience of District 20 of Tehran against environmental hazards

معیار	وزن نهایی هر معیار
اقتصادی‌اجتماعی	۰/٤۹۰
کاربری اراضی	۰/۱٦۳
دسترسی‌ها	۰/۱۱۵
زیرساخت‌های جاده‌ای	۰/۲۳۱

- معیار اقتصادی‌اجتماعی

نتایج نشان داد زیرمعیار استحکام منازل مسکونی بیشترین وزن و اهمیت را در تاب آوری محله های منطقهٔ ۲۰ تهران دربرابر مخاطرات محیطی به خود اختصاص داده است. محله هایی که استحکام منازل مسکونی آنها زیاد است و از مصالح بتنی‌فلزی ساخته شده‌اند، تاب‌آوری بیشتری نسبت به منازل با استحکام کم دارند.

میزان مشارکت اقتصادی در رتبهٔ دوم اهمیت قرار دارد و در آن میزان زیاد مشارکت در فعالیت‌های اقتصادی باعث افزایش تاب آوری آن محله دربرابر بحران می‌شود؛ اما در محله هایی که مشارکت اقتصادی آنها کم است، میزان بیکاری افزایش می‌یابد و به افزایش بزهکاری‌های اجتماعی و درنهایت تاب‌آوری کمتر دربرابر بحران منجر می‌شود.

میزان جمعیت شاغل هم در رتبهٔ سوم قرار دارد و نشان می‌دهد که افزایش میزان جمعیت شاغلی که در یکی از حرفه‌های شغلی فعالیت دارند، به افزایش تاب‌آوری دربرابر بحران منجر می‌شود؛ اما در محله‌هایی که تعداد جمعیت شاغل کم باشد، بیکاری و دیگر بزهکاری‌های اجتماعی افزایش می یابد که این شرایط به کاهش تاب آوری دربرابر بحران می‌انجامد.

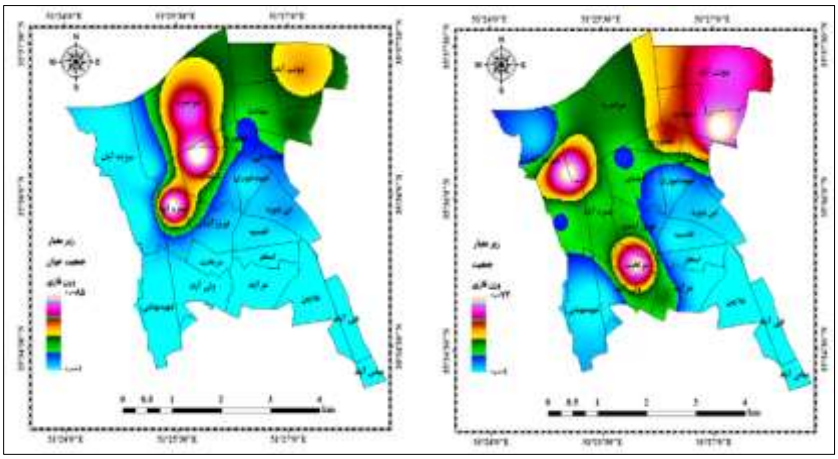
زیرمعیارهای تعداد جمعیت، جمعیت جوان و میزان سواد نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند و این امر بیانگر این است که مناطق پرجمعیت به‌ویژه جمعیت جوان نسبت به مناطق کم‌جمعیت تاب‌آوری بیشتری دربرابر بحران دارند (جدول ۳).

جدول ۳. وزن معیار و زیرمعیارهای اجتماعی‌اقتصادی در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ۱٤۰۰)

Table 3. Weight of criteria socio-economic in the resilience of Tehran's 20th district (Source: Authors, 2022)

معیار	وزن معیار	زیرمعیار	وزن زیرمعیار
اقتصادی‌اجتماعی	۰/٤۹۰	جمعیت	۰/۱۱۱
		تعداد جمعیت جوان	۰/۰۸۵
		میزان مشارکت اقتصادی	۰/۲٤۲
		تعداد جمعیت شاغل	۰/۱٦۲
		میزان سواد	۰/۰٦۵
		استحکام منازل مسکونی	۰/۳۳۲

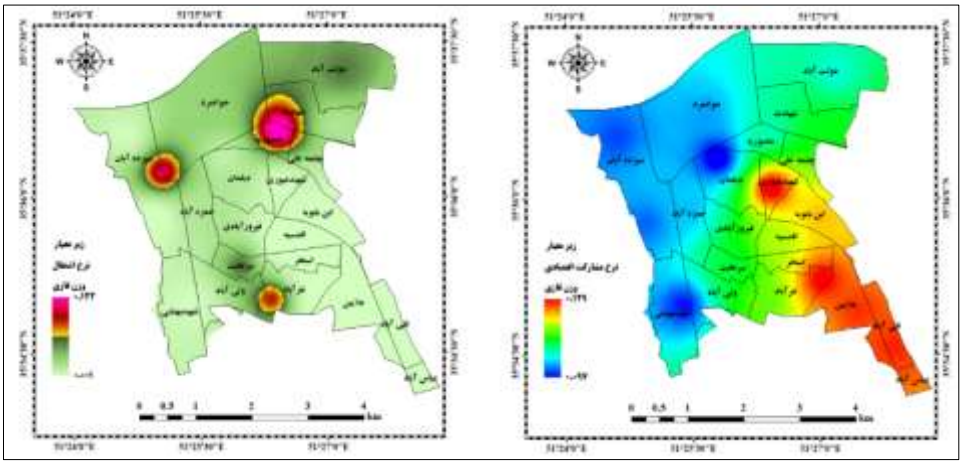
افزایش میزان جمعیت به‌ویژه جمعیت جوان موجب افزایش تاب‌آوری محله دربرابر بحران می‌شود. در محله‌های دولت‌آباد، شهادت، سرتخت و همچنین بخش‌هایی از محلهٔ ۱۳ آبان جمعیتی بیش از ۳۰ هزار نفر حضور دارند؛ بنابراین این محله‌ها ازلحاظ جمعیتی بیشترین تاب‌آوری را دربرابر بحران‌های محیطی دارند؛ اما محله‌های جوانمرد، دیلمان و حمزه‌آباد بیش از ۲۰ هزار جمعیت جوان دارند و ازلحاظ این زیرمعیار، این محله‌ها بیشترین تاب‌آوری را دارند. محله‌های جنوبی و جنوب شرقی منطقهٔ ۲۰ تهران شامل عباس‌آباد، تقی‌آباد، علایین، نفرآباد، استخر، اقدسیه، ولی‌آباد و شهید بهشتی به دلیل جمعیت کمتر از ۲۰ هزار نفر و جمعیت جوان کمتر از ۱۰ هزار نفر، کمترین تاب‌آوری را دربرابر مخاطرات محیطی دارند (شکل ۳).



شکل ۳. پهنه‌بندی زیرمعیارهای جمعیت و جمعیت جوان در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ۱٤۰۰)

Fig. 3. Zoning of population and young population sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran (Source: Authors, 2022)

میزان مشارکت اقتصادی در محله‌های غربی منطقهٔ ۲۰ تهران کمتر از ۳٦/۹ درصد است و کمترین تاب‌آوری را دربرابر بحران دارند؛ اما محله‌های شرقی و جنوب شرقی با میزان بیش از ۳۸/۲ درصد مشارکت اقتصادی، بیشترین درجهٔ تاب آوری را دارند. در بیشتر محله ها در منطقهٔ ۲۰ تهران، تعداد جمعیت شاغل (میزان اشتغال) کمتر از ۵ هزار نفر است که نشان می‌دهد تاب‌آوری کمی دارند (شکل ٤).

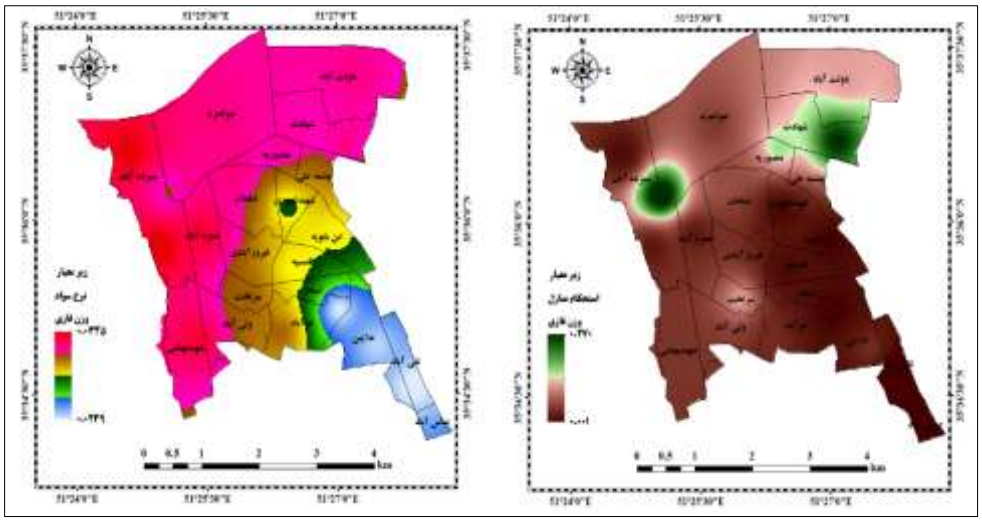


شکل ٤. پهنه‌بندی زیرمعیارهای میزان مشارکت اقتصادی و اشتغال در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ١٤٠٠)

Fig. 4. Zoning of Economic participation and employment rates sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran (Source: Authors, 2022)

استحکام زیاد منازل بیانگر افزایش میزان تاب آوری دربرابر بحران است که در بیشتر محله های موجود در منطقهٔ ۲۰ تهران، تعداد خانه‌های با استحکام زیاد کمتر از ۳ هزار خانه است، جز در محله‌های سیزده آبان و شهادت که این میزان بیش از ۵ هزار خانه است و تاب‌آوری بیشتری نسبت به دیگر محله‌ها دربرابر مخاطرات محیطی دارند.

میزان سواد نیز در تاب‌آوری اهمیت دارد و محله‌هایی که بیش از ۸۵ درصد آنها باسواد هستند، از تاب‌آوری بیشتری نیز برخوردارند که این میزان سواد در دولت آباد، شهادت، جوانمرد، سیزده آبان، منصوریه، حمزه‌آباد و شهید بهشتی وجود دارد، اما در محله‌های جنوب شرقی در عباس‌آباد، تقی‌آباد و علایین میزان سواد کمتر از ۸ درصد است و تاب‌آوری کمتری دارند (شکل ۵).



شکل ۵. پهنه‌بندی زیرمعیارهای استحکام منازل و میزان سواد در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ١٤٠٠)

Fig. 5. Zoning of Home strength and literacy rates sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran (Source: Authors, 2022)

معیار پوشش اراضی

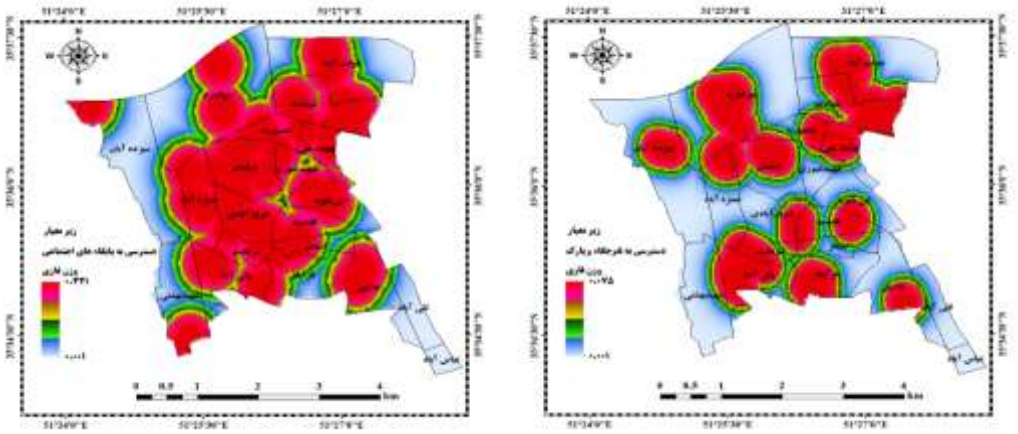
زیرمعیارهای دسترسی به اماکن اجتماعی، مساحت فضای باز شهری، دسترسی به مخازن آب و فاصله از مسیل‌ها به ترتیب بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری دارند (جدول ٤). نزدیکی به اماکن اجتماعی همچون مسجد، دانشگاه، اداره‌ها و مؤسسات، میدان‌های شهری و پایگاههای فرهنگی‌اجتماعی باعث می‌شود تا مشارکت اجتماعی افزایش یابد و در مواقع بحران تصمیمات گروهی گرفته شود و کمک به نیازمندان نیز بیشتر شود. این شرایط باعث می‌شود تاب‌آوری افراد در محله دربرابر بحران افزایش یابد. فضاهای باز شهری نیز در مواقع بحران به‌ویژه سیلاب، زمین‌لرزه، طوفان یا زمین‌لغزش به افراد کمک می‌کنند تا در امان باشند؛ بنابراین نزدیکی به این فضاها باعث می‌شود میزان تاب‌آوری افزایش یابد. مخازن آب نیز در مواقع آتش‌سوزی و قطعی آب دردسترس به افراد کمک می‌کند تا آب شرب خود را تأمین کنند؛ بنابراین این مؤلفه نیز نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری دارد. مسیل‌ها در مواقع سیلاب به یک عامل خطر تبدیل می‌شوند و اراضی نزدیک به آن تحت تأثیر سیلاب قرار می‌گیرند؛ بنابراین اراضی‌ای که از مسیل فاصله دارند، کمتر در معرض سیلاب هستند و تاب‌آوری آنها نیز افزایش می‌یابد. فضای سبز شهری، دسترسی به پارک و فاصله از اراضی کشاورزی نیز در تاب‌آوری اثرگذار است، اما در بین زیرمعیارهای کاربری اراضی اهمیت کمتری دارند.

جدول ٤. وزن معیار و زیرمعیارهای پوشش اراضی در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ۱٤۰۰)

Table 4. Weight of criteria and sub-criteria of land cover in the resilience of Tehran's 20th district (Source: Authors, 2022)

معیار	وزن معیار	زیرمعیار	وزن زیرمعیار
پوشش اراضی	۰/۱٦۳	فاصله از مسیل‌ها	۰/۱۰۲
		مساحت فضای باز شهری	۰/۱٦۷
		دسترسی به مخازن آب	۰/۱٤۳
		دسترسی به اماکن اجتماعی	۰/۳۲۱
		کمربند سبز و جنگلی	۰/۰۳٦
		فضای سبز شهری	۰/۱۱۲
		دسترسی به پارک و تفرجگاه	۰/۰۷۵
		اراضی کشاورزی	۰/۰٤۵

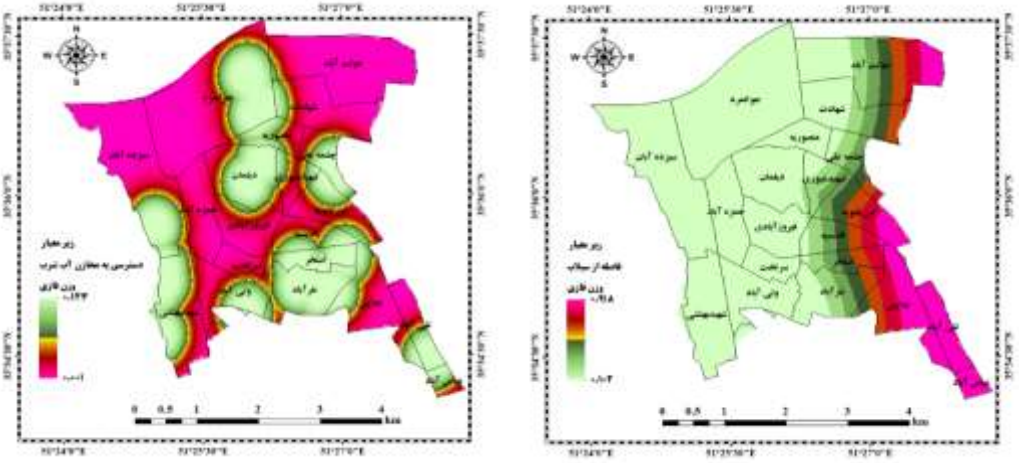
پایگاههای اجتماعی در بیشتر محله‌ها در منطقهٔ ۲۰ تهران وجود دارند و دسترسی به این اماکن در این محله‌ها کمتر از هزار متر است که در مواقع بحران افراد می‌توانند در کمتر از ۳۰ دقیقه خود را به مکان امن اجتماعی برسانند. پارک‌های شهری و تفرجگاهها نیز به‌صورت پراکنده در منطقهٔ ۲۰ تهران وجود دارند و محله‌هایی که کمتر از هزار متر از این پارک‌ها فاصله دارند، از تاب‌آوری بیشتری برخوردارند، اما محله‌هایی مانند عباس‌آباد و تقی‌آباد بیش از ۱/۵ کیلومتر از پارک‌ها فاصله و تاب‌آوری کمتری دربرابر بحران‌ها دارند (شکل ٦).



شکل ٦. پهنه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به پارک و پایگاههای اجتماعی در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 6. Zoning of Access to parks and social sites sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran

مخازن آب شرب به‌صورت پراکنده در منطقهٔ ۲۰ تهران وجود دارند و محله‌هایی که کمتر از هزار متر از آن فاصله دارند، بیشترین تاب آوری (استخر، نفرآباد، ولی‌آباد، شهید بهشتی، عباس‌آباد، تقی‌آباد، دیلمان، چشمه‌علی و منصوریه) و محله‌هایی که بیش از ۲ کیلومتر از مخازن آب فاصله دارند، کمترین تاب‌آوری را دربرابر بحران دارند (دولت‌آباد، سیزده آبان، حمزه‌آباد، سرتخت). یک آبراهه از سمت غربی منطقهٔ ۲۰ تهران عبور می‌کند و محله‌های نزدیک به آن (فاصلهٔ کمتر از یک کیلومتر) کمترین درجهٔ تاب‌آوری را دربرابر بحران به‌ویژه سیلاب دارند، اما محله‌های شرقی منطقهٔ ۲۰ تهران که از مسیل غربی بیش از ۳ کیلومتر فاصله دارند، بیشترین تاب‌آوری را دارند (شکل ۷).

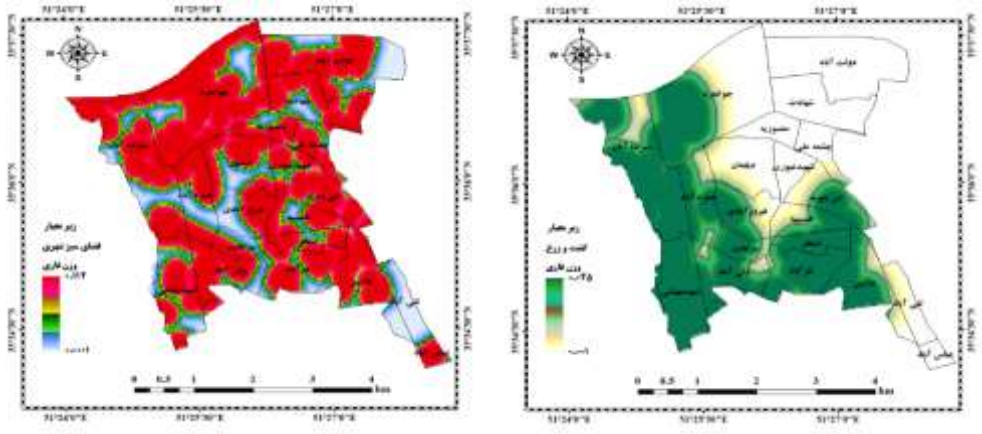


شکل ۷. پهنه‌بندی زیرمعیارهای فاصله از مسیل و دسترسی به مخازن آب در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 7. Zoning of Distance from the flood and access to water sources sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran

فضاهای سبز شهری به‌صورت پراکنده در بیشتر محله‌ها وجود دارند. ازلحاظ این زیرمعیار به‌جز محلهٔ تقی‌آباد با بیش از ۲ کیلومتر فاصله از فضای سبز، دیگر محله‌ها با کمتر از یک کیلومتر فاصله از فضای سبز، بیشترین تاب‌آوری

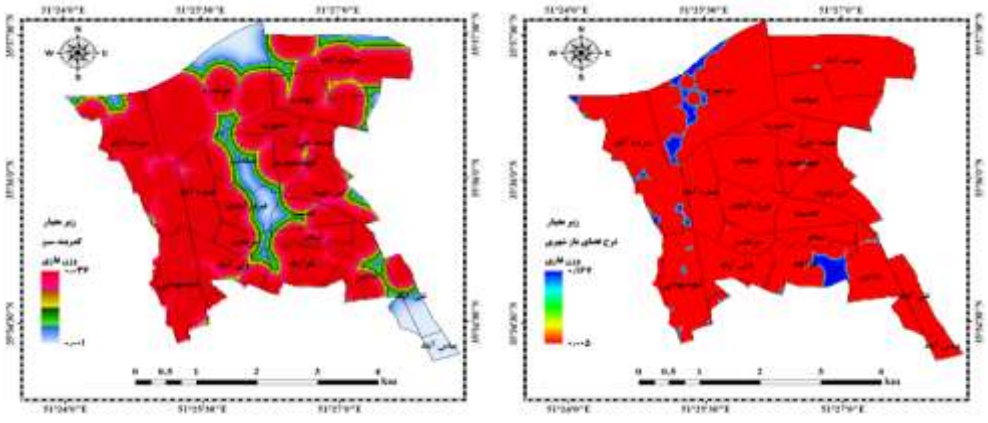
را دارند. اراضی کشاورزی که در زمان وقوع بحران در تأمین غذای مورد نیاز محله‌ها نقش زیادی دارند، در تاب‌آوری محله‌ها نیز تأثیرگذارند. در محله‌های غربی منطقهٔ ۲۰ تهران، اراضی کشاورزی وجود دارند و این محله‌ها با کمتر از یک کیلومتر فاصله از این اراضی، بیشترین میزان تاب‌آوری را دارند، اما محله‌های شمال شرقی منطقهٔ ۲۰ تهران با بیش از دو کیلومتر فاصله از اراضی کشاورزی، تاب‌آوری کمتری دارند (شکل ۸).



شکل ۸. پهنه‌بندی زیرمعیارهای فاصله از اراضی کشاورزی و فضای سبز شهری در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 8. Zoning of Distance from agricultural lands and urban green space sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran

نزدیکی به کمربندهای سبز که نقش محافظ را دربرابر طوفان، سیلاب، آلودگی و زمین‌لغزش‌ها دارند، باعث افزایش تاب‌آوری می‌شود؛ جز محله‌های عباس‌آباد و جنوب تقی‌آباد، دیگر محله‌ها در فاصلهٔ کمتر از یک کیلومتر از کمربند سبز قرار داشته و تاب‌آوری زیادی دربرابر بحران‌های طبیعی دارند. فضاهای باز شهری نیز در تاب‌آوری مؤثرند، اما در منطقهٔ ۲۰ تهران فضاهای باز بسیار کم هستند و فقط در بخش‌هایی از محله‌های جوانمرد، سیزده آبان و نفرآباد فضاهای باز اندکی وجود دارد که وجود آنها باعث شده است این بخش‌ها تاب‌آوری مناسبی دربرابر بحران‌های محیطی داشته باشند (شکل ۹).



شکل ۹. پهنه‌بندی زیرمعیارهای فاصله از کمربند سبز و مساحت فضای باز در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 9. Zoning of Distance from the green belt and outdoor rates sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran

معیار دسترسی‌ها

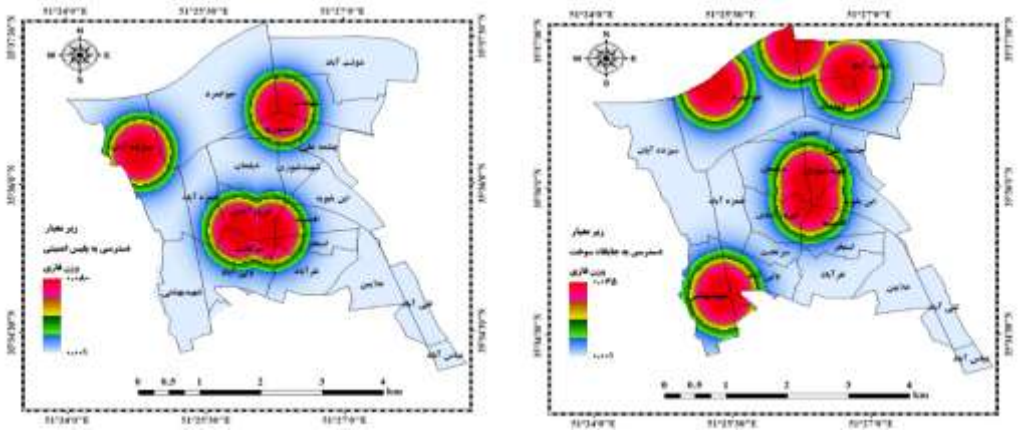
دسترسی به امکانات اجتماعی، خدماتی، آموزشی و امنیتی به افزایش تاب‌آوری دربرابر مخاطرات و بحران‌های محیطی منجر می‌شود که از بین این زیرمعیارها، دسترسی به مراکز بهداشتی، خدمات‌رسانی، تجاری و آموزشی به ترتیب بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری دارد (جدول ۵)؛ به‌طورکلی در بین زیرمعیارهای دسترسی، جز کارخانه، نزدیکی به دیگر مراکز باعث می‌شود تا محله از تاب‌آوری مطلوبی دربرابر بحران‌ها برخوردار باشد؛ اما کارخانه‌ها با توجه به انتشار آلودگی اثر منفی بر محیط محله دارند و خود یکی از عوامل رخداد مخاطره‌اند؛ بنابراین فاصله از کارخانه‌ها به افزایش تاب‌آوری محله منجر می‌شود.

جدول ۵. وزن معیار و زیرمعیارهای دسترسی‌ها در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Table 5. Standard weight and sub-criteria of accesses in Tehran 20 district resilience (Source: Authors, 2022)

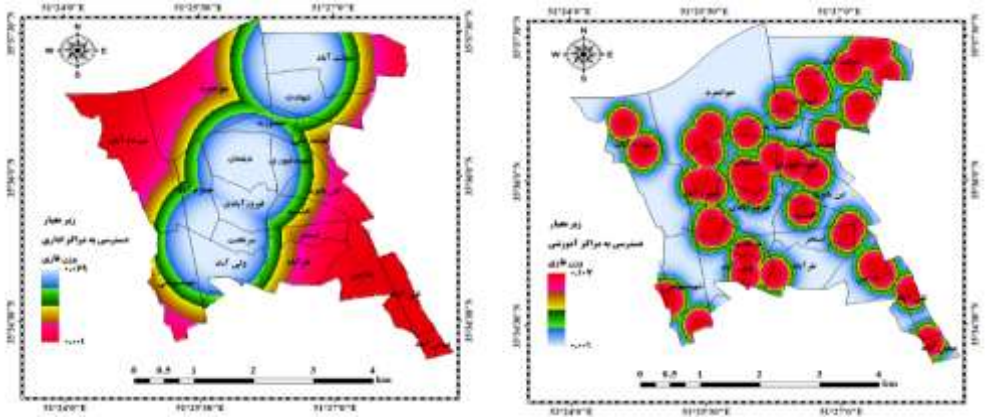
معیار	وزن معیار	زیرمعیار	وزن زیرمعیار
دسترسی‌ها	۰/۱۱۵	دسترسی به مراکز آموزشی	۰/۱۰۷
		دسترسی به مراکز بهداشتی‌درمانی	۰/۲۹۲
		دسترسی به مراکز تجاری	۰/۱۸۱
		دسترسی به مراکز اداری	۰/۰۶۹
		دسترسی به مراکز خدمات‌رسانی	۰/۱۶۶
		دسترسی به نیروی امنیتی و پلیس	۰/۰۸۰
		فاصله از کارخانه	۰/۰۴۱
		دسترسی به جایگاه سوخت	۰/۰۶۱

در منطقهٔ ۲۰ تهران به دلیل وجود پاسگاه نیروی انتظامی در محله‌های سیزده آبان، شهادت و فیروزآبادی از محله‌های غربی و مرکزی منطقه، میزان تاب‌آوری آنها بیشتر از سایر محله‌هاست؛ همچنین جایگاه سوخت در ۵ نقطه (محله) از منطقه قرار دارد و دسترسی به این جایگاهها در مواقع بحرانی بر میزان تاب‌آوری آنها می‌افزاید (شکل ۱۰). در منطقهٔ ۲۰ تهران، دسترسی به مراکز اداری و آموزشی به دلیل پراکنده‌بودن این اداره‌ها در سطح منطقه آسان است و فقط در نواحی دور از این مراکز تاب‌آوری کاهش می‌یابد؛ زیرا نزدیکی به این اداره‌ها باعث پناه‌آوردن مردم محله به اداره و افزایش سطح آگاهی افراد دربارهٔ بحران می‌شود. با دورشدن از این مراکز، تجمع و اجماع مردمی کاهش خواهد یافت و درنتیجه نحوهٔ مقابله با بحران نیز پراکنده و ضعیف خواهد بود (شکل ۱۱). مراکز خدمات‌رسانی همچون بانک، فروشگاه، کارگاه، تعمیرگاه و بازار در مواقع بحران به مردم محله کمک می‌کنند و تاب‌آوری آنها را افزایش می‌دهند. این مراکز در سطح منطقهٔ ۲۰ تهران پراکنده‌اند و تراکم زیادی دارند (شکل ۱۲). نزدیکی به مراکز بهداشتی‌درمانی بیشترین درجهٔ اهمیت را در بین زیرمعیارهای دسترسی دارد. محله‌های دارای این مراکز بهداشتی و با فاصلهٔ کمتر از یک کیلومتر از آنها، بیشترین تاب‌آوری را دربرابر بحران‌های محیطی دارند. محله‌هایی مانند عباس‌آباد، تقی‌آباد و شهید بهشتی با فاصلهٔ بیش از ۱/۵کیلومتری از این مراکز، کمترین تاب‌آوری را دربرابر بحران دارند (شکل ۱۳).



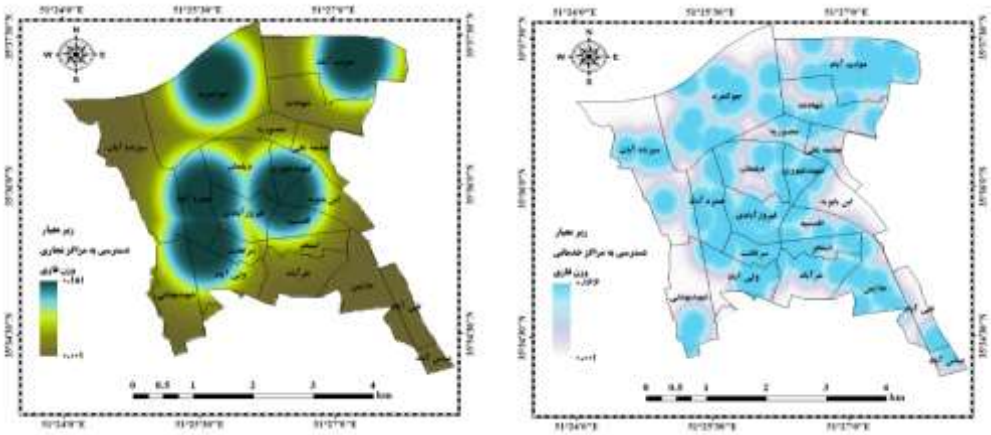
شکل ۱۰. پهنه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به جایگاه سوخت و پلیس امنیتی در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 10. Zoning of Access to fuel station and security police sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran



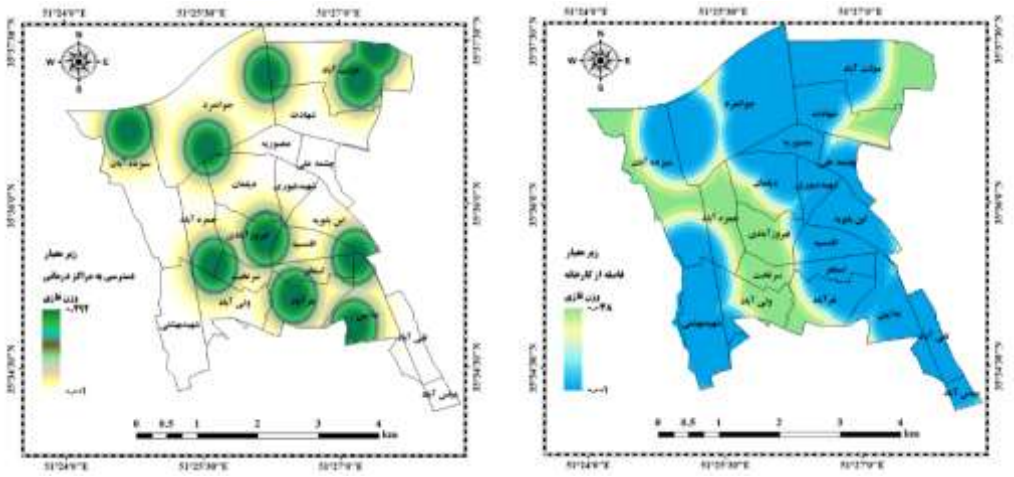
شکل ۱۱. پهنه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به مراکز آموزشی و اداری در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 11. Zoning of Access to educational and administrative centers sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran



شکل ۱۲. پهنه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به مراکز تجاری و خدماتی در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 12. Zoning of Access to Commercial and service centers sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran



شکل ۱۳. پهنه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به مراکز درمانی و فاصله از کارخانه در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 13. Zoning of Access to Medical centers and distance from the factory sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran

معیار زیرساخت‌های جاده‌ای

معیار زیرساخت‌های جاده‌ای پس از معیار اقتصادی‌اجتماعی با وزن ۰/۲۳۱ در رتبهٔ دوم از اهمیت در تاب‌آوری قرار دارد. مهم‌ترین زیرمعیارهای آن، دسترسی به پل عابر پیاده و ایستگاه اتوبوس شهری است که نقش مهمی در تاب‌آوری دارند. زیرمعیارهای دسترسی به اتوبان و دسترسی به راه‌آهن نیز در رتبه‌های آخر از تاب‌آوری قرار دارند (جدول ٦).

جدول ٦. وزن معیار و زیرمعیارهای زیرساخت‌های جاده‌ای در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران (منبع: نویسندگان، ١٤٠٠)

Table 6. Standard weight and sub-criteria of road infrastructure in Tehran 20 district (Source: Authors, 2022)

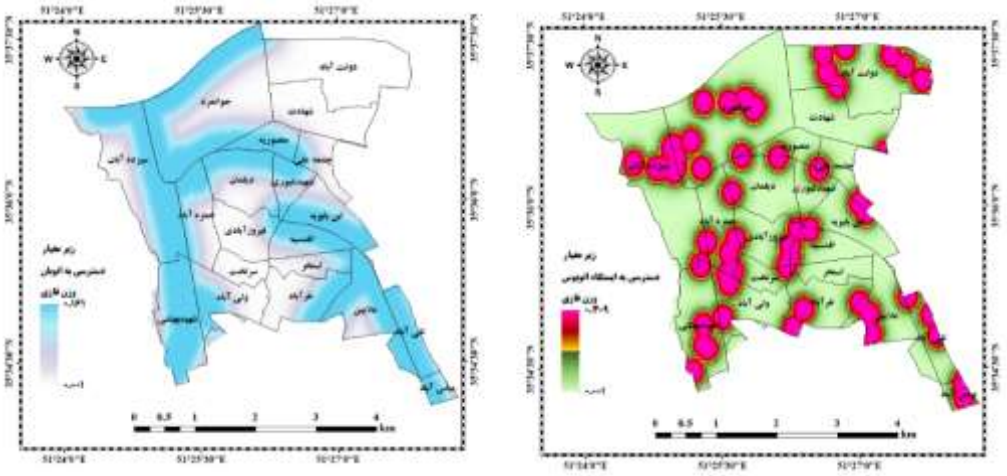
معیار	وزن معیار	زیرمعیار	وزن زیرمعیار
زیرساخت‌های جاده‌ای	۰/۲۳۱	دسترسی به پل عابر پیاده	۰/٤۳٥
		دسترسی به راه‌آهن	۰/۱٦۱
		دسترسی به اتوبان و بزرگراه شهری	۰/۰۹۳
		دسترسی به ایستگاه اتوبوس شهری	۰/۳۰۹

بزرگراههای شهری عمدهٔ اراضی منطقهٔ ۲۰ را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در تاب‌آوری دارند؛ زیرا در مواقع بحران دسترسی به این جاده‌ها در سرعت پاسخ به بحران نقش مثبتی دارد و در مواقع ضروری در تخلیهٔ محل از افراد بسیار تأثیرگذار است. به جز ناحیهٔ شمال شرقی، دیگر نواحی و محله‌های منطقهٔ ۲۰ به اتوبان و بزرگراههای شهری دسترسی کامل دارند.

ایستگاههای اتوبوس نیز نقش مهمی در تاب‌آوری دارند و نواحی نزدیک به آن که دسترسی آسانی به ناوگان حمل‌ونقل عمومی و اتوبوسی دارند، از تاب‌آوری بیشتری نسبت به اراضی دور از ایستگاه اتوبوس برخوردارند. خط راه‌آهن تهران از ناحیهٔ غربی منطقهٔ ۲۰ می‌گذرد و محله‌های نزدیک به آن در مواقع بحران از تاب‌آوری بیشتری برخوردارند.

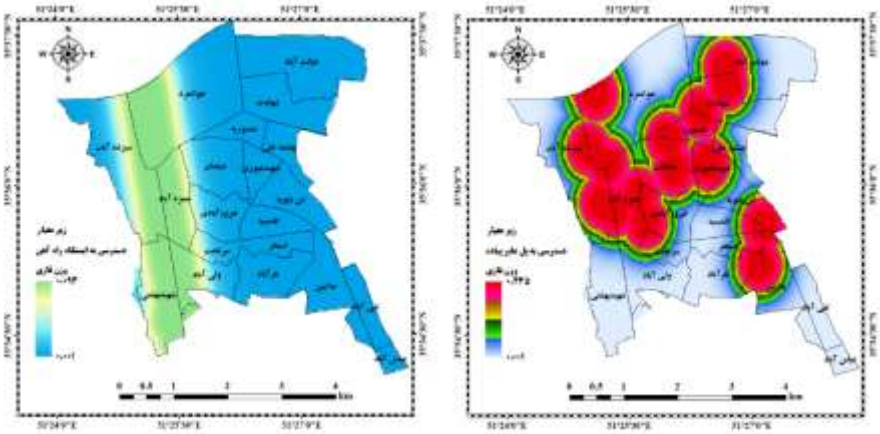
پل‌های عابر پیاده مهم‌ترین پارامتر در تاب‌آوری هستند؛ زیرا این پل‌ها در مواقع طوفان، آتش‌سوزی، سیلاب و زمین‌لرزه نقش حفاظتی و در انتقال افراد به محل ایمن نیز نقش زیادی دارند؛ به‌طورکلی برمبنای زیرمعیارهای

جاده‌ای، محله‌های واقع در نواحی غربی، مرکزی و جنوب شرقی منطقهٔ ۲۰ تهران، از تاب‌آوری مناسبی دربرابر بحران‌های محیطی برخوردارند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۴. پهنه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به ایستگاه اتوبوس و اتوبان در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 14. Zoning of Access to bus and freeway stations sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran



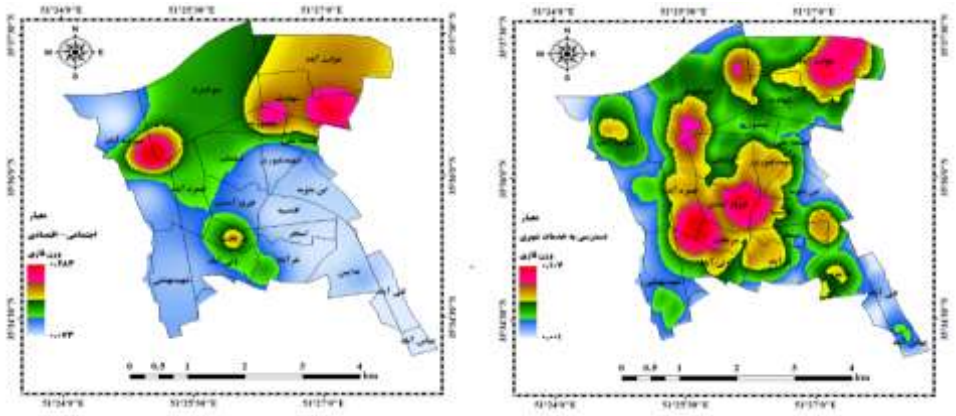
شکل ۱۵. پهنه‌بندی زیرمعیارهای دسترسی به پل عابر پیاده و ایستگاه راه‌آهن در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 15. Zoning of Access to the pedestrian bridge and railway station sub-criteria in the resilience of District 20 of Tehran

تاب‌آوری از دیدگاه معیارهای اصلی

پس از روی‌هم‌گذاری زیرمعیارهای هر معیار، یک نقشهٔ پهنه‌بندی برای هر معیار ترسیم شد. در معیار اجتماعی‌اقتصادی محله‌های دولت‌آباد، شهادت، بخش مرکزی محلهٔ سیزده آبان و تا حدودی محلهٔ سرتخت به دلیل استحکام زیاد منازل، تعداد زیاد جمعیت و جمعیت جوان، میزان سواد زیاد و همچنین مشارکت زیاد اقتصادی، از تاب‌آوری زیادی دربرابر مخاطرات محیطی برخوردارند؛ اما محله‌های واقع در بخش مرکزی، جنوب شرقی و جنوب غربی منطقهٔ ۲۰ تهران به دلیل استحکام کم منازل و همچنین تعداد کم جمعیت جوان، میزان سواد اندک و مشارکت کم اقتصادی، تاب‌آوری کمتری دارند.

از دیدگاه معیار دسترسی (خدمات شهری)، محله‌های دولت‌آباد، فیروزآبادی، سرتخت و جنوب محلهٔ حمزه‌آباد به دلیل دسترسی به خدمات آموزشی، اداری، تجاری، بهداشتی، خدمات‌رسانی، جایگاه سوخت و پلیس، از تاب آوری بیشتری نسبت به دیگر محله ها برخوردارند؛ اما بخش هایی از محله های عباس‌آباد، تقی‌آباد، شهید بهشتی و جنوب محلهٔ سیزده آبان به دلیل دوری و فاصلهٔ زیاد از مراکز خدمات‌رسانی شهری، تاب‌آوری کمی دربرابر مخاطرات محیطی دارند (شکل ١٦).

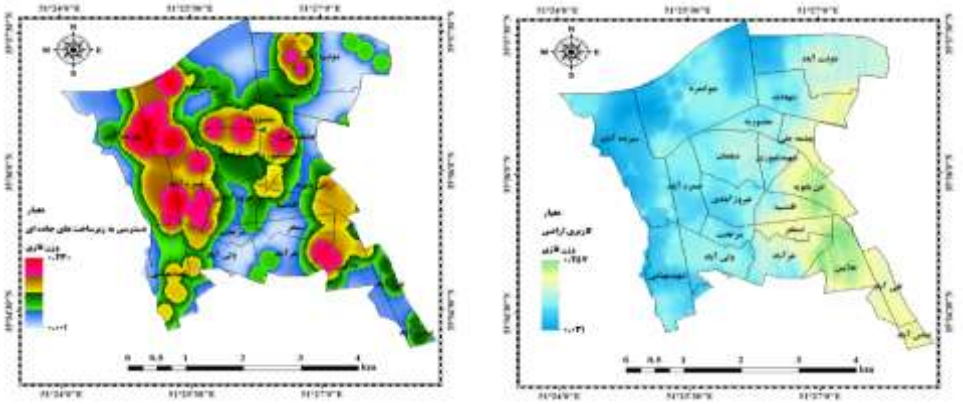


شکل ١٦. پهنه‌بندی معیار دسترسی به خدمات شهری و معیار اجتماعی‌اقتصادی در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 16. Zoning of Criteria for access to urban services and socio-economic criteria in the resilience of District 20 of Tehran

از دیدگاه معیار کاربری اراضی، محله‌های واقع در بخش شرقی و جنوب شرقی منطقهٔ ۲۰ تهران به دلیل فاصله از مسیل، دسترسی به آب شرب، فضای سبز و دسترسی به اماکن اجتماعی نسبت به محله‌های غربی منطقهٔ ۲۰ تهران، از تاب‌آوری بیشتری دربرابر مخاطرات محیطی برخوردارند.

ازلحاظ معیار دسترسی به زیرساخت‌های جاده‌ای نیز محله‌های منصوریه، حمزه‌آباد، دولت‌آباد، سیزده آبان و همچنین علایین به دلیل نزدیکی و دسترسی آسان به زیرساخت‌های جاده‌ای شهر، تاب‌آوری زیادی دربرابر بحران دارند (شکل ۱۷).



شکل ۱۷. پهنه‌بندی معیار کاربری اراضی و معیار دسترسی به زیرساخت‌های جاده‌ای در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

Fig. 17. Zoning of Land use criteria and access to road infrastructure criteria in the resilience of District 20 of Tehran

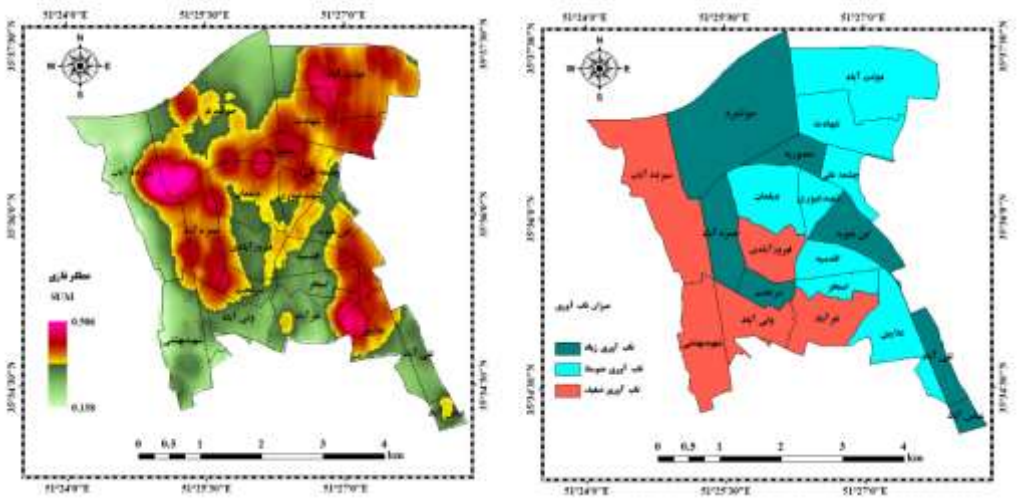
به‌منظور انتخاب بهترین عملگر فازی برای ارزیابی تاب‌آوری محله‌ها دربرابر بحران‌های محیط‌زیستی در منطقهٔ ۵ تهران، از رگرسیون حداقل مربعات (OLS) استفاده شد. نتایج نشان داد در نقشهٔ روی‌هم‌گذاری‌شدهٔ حاصل از عملگرهای فازی، عملگر جمع جبری SUM بیشترین همبستگی و ارتباط را با معیارهای پژوهش حاضر دارد (جدول ۷)؛ بنابراین نقشهٔ حاصل از روی‌هم‌گذاری همهٔ معیارها و زیرمعیارهای پژوهش با عملگر فازی SUM، بهترین نقشه است که در آن میزان تاب‌آوری محله‌ها دربرابر بحران‌های محیط‌زیستی نشان داده شده است.

جدول ۷. ضریب همبستگی بین عملگرهای روی‌هم‌گذاری فازی با معیارهای پژوهش (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Table 7. Correlation coefficient between fuzzy overlay operators with research criteria (Source: Authors, 2022)

عملگر فازی	معیار			
	اجتماعی‌اقتصادی	کاربری اراضی	دسترسی‌ها	زیرساخت‌های جاده‌ای
Gamma 0.9	۰/۴۵۸	۰/۵۸۷	۰/۳۶۶	۰/۳۶۴
Gamma 0.5	۰/۰۳۱	۰/۰۵۵	۰/۰۱۷	۰/۰۱۷
SUM	۰/۷۱۹	۰/۶۹۱	۰/۷۷۹	۰/۷۶۹
Product	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
AND	۰/۱۴۰	۰/۷۸۶	−۰/۰۴۷	−۰/۰۱۰
OR	۰/۳۰۶	−۰/۲۸۳	۰/۶۲۸	۰/۵۲۵

نقشهٔ نهایی حاصل از روی‌هم‌گذاری معیارهای مطالعه‌شده با عملگر فازی **SUM** که بیشترین همبستگی را با معیارهای پژوهش حاضر داشت، نشان می‌دهد محله‌های واقع در جنوب شرقی، شمال شرقی و همچنین محله‌های مرکزی منطقهٔ ۲۰ تهران، بیشترین تاب‌آوری را دربرابر بحران‌های محیطی دارند. در گام نهایی پژوهش حاضر به‌منظور خوشه‌بندی محله‌های موجود در منطقهٔ ۲۰ تهران برمبنای میزان تاب‌آوری آنها دربرابر بحران‌های محیط‌زیستی، از روش میانگین کلاسیک **K-mean** استفاده شد. نتایج نشان داد محله‌ها در سه خوشه تقسیم‌بندی شدند؛ در خوشهٔ اول که تاب‌آوری زیاد دارد، محله‌های جوانمرد، منصوریه، حمزه‌آباد، سرتخت، ابن‌بابویه و ظهیرآباد، تقی‌آباد و عباس‌آباد قرار دارند. در خوشهٔ دوم که محله‌های دارای تاب‌آوری متوسط هستند، محله‌های دولت‌آباد و شهادت، صادقیه، شهید غیوری، دیلمان، اقدسیه، استخر و علایین قرار دارند. درنهایت محله‌های سیزده آبان، شهید بهشتی، فیروزآبادی، ولی‌آباد و هاشم‌آباد با تاب‌آوری کم و ضعیف در خوشهٔ سوم قرار گرفتند (شکل ۱۸).



شکل ۱۸. روی‌هم‌گذاری معیارهای پژوهش با عملگر SUM و الگوبندی تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران

(منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Fig. 18. Overlapping of research criteria with SUM operator and resilience modeling of Tehran Region 20 (Source: Authors, 2022)

نتایج پژوهش حاضر بیانگر این بود که معیار اجتماعی‌اقتصادی بیشترین تأثیر را در تاب‌آوری منطقهٔ ۲۰ تهران دربرابر مخاطرات محیطی همچون سیلاب، زمین‌لرزه، آتش‌سوزی، طوفان، آلودگی، بحران آب، فرونشست‌ها و زمین‌لغزش دارد. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های داداش‌پور و عادلی (۱۳۹٤)، عبداللهی و همکاران (۱۳۹۷) و Landry et al. (2020) مطابقت دارد. از بین زیرمعیارهای اجتماعی‌اقتصادی، مصالح به‌کاررفته در ساخت‌وسازهای شهری و استحکام منازل، بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری دارند؛ همان‌گونه که دلاکه و همکاران (۱۳۹٦) در اصفهان نشان دادند، حاشیه‌نشینی و استحکام کم منازل ارتباطی معنادار و معکوس با تاب‌آوری اجتماعی دارد؛ زیرا هرچه میزان حاشیه‌نشینی و ضعیف‌بودن استحکام منازل مسکونی در یک محله بیشتر باشد، واکنش دربرابر سوانح و تاب‌آوری آنها کمتر است (Bacud, 2018: 516).

افزایش میزان جمعیت شاغل و مشارکت اقتصادی نقش مهمی در کاهش بیکاری، بزهکاری‌های اجتماعی و درنهایت تاب‌آوری یک محله دربرابر بحران دارد؛ اگر در یک محله مشارکت اقتصادی افراد در حرفه‌های متنوع زیاد و میزان درآمد خانوار مناسب باشد، به افزایش استحکام منازل، افزایش میزان تحصیل و سواد و همچنین مشارکت‌های اجتماعی منجر می‌شود (Caschili et al., 2015: 206). این ویژگی‌ها شرایط را برای مقابله با بحران افزایش می‌دهد و نقش مؤثر و مثبتی در افزایش مقاومت و تاب‌آوری محله یا منطقه دربرابر بحران دارد.

دسترسی به زیرساخت‌ها و خدمات شهری نیز در تاب‌آوری تأثیرگذار است؛ به گونه‌ای که دسترسی به زیرساخت‌های جاده‌ای، نزدیکی و دسترسی آسان به مراکز درمانی، تجاری، آموزشی و اداری باعث می‌شود تا در مواقع خطر ناشی از مخاطرات محیطی، افراد سریع به این مراکز پناه ببرند یا خدمات‌رسانی به آسیب‌دیدگان افزایش یابد (Parkouhi and Ghadikolaei, 2017: 432). در منطقهٔ ۲۰ تهران نیز محله‌های دارای دسترسی آسان به این

مراکز، بیشترین تاب‌آوری را دربرابر مخاطرات محیطی دارند. از میان زیرمعیارهای دسترسی‌ها، دسترسی به مراکز بهداشتی درمانی و همچنین دسترسی به مراکز تجاری و خدمات‌رسانی، بیشترین تأثیر را در تاب‌آوری دارند. مراکز خدماتی در این پژوهش مشتمل بر دسترسی به فروشگاه، تعمیرگاه، بوستان، کتابخانه، استخر، مراکز فرهنگی و... است که با ترکیب آنها، زیرمعیار دسترسی به مراکز خدماتی ایجاد می‌شود و تأثیر زیادی در تاب‌آوری دارند. این نتیجه با نتایج پژوهش ولی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. دسترسی به جایگاه سوخت نیز از پارامترهای مهم در تاب‌آوری است؛ زیرا دسترسی به این مکان‌ها و جایگاه موجب واکنش سریع دربرابر سوانح می‌شود. مراکز آموزشی، درمانی و اداری نیز نقش مهمی در تاب‌آوری دارند؛ زیرا هرچه هر محله‌ای به این مراکز نزدیک و دسترسی آسان باشد، توانایی زیادی دربرابر بحران دارند و آسیب‌پذیری آنها کمتر از مناطق دور است.

معیار کاربری اراضی در رتبهٔ سوم تاب‌آوری قرار دارد که از بین زیرمعیارهای آن، دسترسی به اماکن اجتماعی بیشترین تأثیر و اهمیت را در تاب‌آوری دارد.

فاصله از مسیل‌ها نیز مهم است که این نتیجه با نتایج پژوهش خالدی و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. مسیل‌های سیلابی به وقوع پدیدهٔ سیلاب در اراضی مجاور خود منجر می‌شود که هرچه محله‌ها از مسیل‌ها دور باشند، توانایی بیشتری در پاسخ به بحران دارند (Zhang et al., 2019).

دسترسی به شبکهٔ جاده‌ای نیز تأثیر زیادی در تاب‌آوری دارد. شبکهٔ جاده‌ای شهری موجب دسترسی آسان به خودرو و فرار از بحران زمین‌لرزه و سیلاب می‌شود (Ran et al., 2019) و این شرایط باعث می‌شود تا دسترسی به جاده یکی از مهم‌ترین پارامترها در تاب‌آوری شناخته شود.

نتیجه‌گیری

تاب‌آوری شهری مستلزم داشتن معیارهای اقتصادی، اجتماعی، خدمات‌رسانی، دسترسی به زیرساخت‌ها و کاربری اراضی مطلوب است تا در شرایط پیچیدهٔ وقوع بحران، شهر توانایی مقابله را داشته باشد. در منطقهٔ ۲۰ تهران که مخاطرات محیطی همچون زمین‌لرزه، سیلاب، بحران آب، خشکسالی و دیگر مخاطرات اتفاق می‌افتد، افزایش تاب‌آوری محله‌ها بسیار حائز اهمیت است؛ بر این اساس ارزیابی و شناخت میزان تاب‌آوری محله‌ها در اولویت قرار دارد که مطالعهٔ حاضر در این راستا انجام شده است.

نتیجهٔ نهایی این مطالعه نشان داد محله‌های جوانمرد، منصوریه، حمزه‌آباد، ابن‌بابویه، سرتخت، تقی‌آباد و عباس‌آباد به دلیل داشتن جمعیت مناسب، میزان مشارکت اقتصادی مطلوب، مشارکت اجتماعی مطلوب، دوری از مسیل، دسترسی به زیرساخت‌های جاده‌ای و همچنین نزدیکی به مراکز خدمات‌رسانی، بیشترین تاب‌آوری را دربرابر مخاطرات محیطی دارند؛ اما محله‌های سیزده‌آبان، شهید بهشتی، ولی‌آباد، نفرآباد و فیروزآبادی به دلیل دوری از زیرساخت‌های جاده‌ای، مراکز خدمات‌رسانی و نزدیکی به مسیل، کمترین میزان تاب‌آوری را دربرابر مخاطرات محیطی دارند.

پیشنهاد می‌شود برای افزایش تاب‌آوری این محله‌ها و همچنین افزایش استحکام منازل اقداماتی شامل افزایش

مراکز خدمات‌رسانی، پل‌های عابر پیاده، موانع حفاظتی دربرابر سیلاب و آلودگی ناشی از کارخانه، میزان مشارکت اقتصادی و نوع کاربری اراضی صورت گیرد تا درجهٔ تاب‌آوری این محله‌ها دربرابر مخاطرات محیطی افزایش یابد.

منابع

بذرافشان، جواد، طولابی‌نژاد، مهرشاد، طولابی‌نژاد، میثم، (۱۳۹۷). **تحلیل فضایی تفاوت‌های تاب‌آوری در نواحی شهری و روستایی دربرابر مخاطرات طبیعی؛ مورد مطالعه: شهرستان پل‌دختر**، فصلنامهٔ پژوهش‌های روستایی، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۱، صص ۱۱٦– ۱۳۵. Dor: 20.1001.1.20087373.1397.9.1.8.3

بهرامی، سیروان، سرور، رحیم، اسدیان، فریده، (۱۳۹٦). **تحلیلی بر وضعیت تاب‌آوری محلات شهر سنندج؛ مطالعهٔ موردی: محلات سرتپوله، شالمان و حاجی‌آباد**، نشریهٔ مطالعات محیطی هفت حصار، دورهٔ ٦، شمارهٔ ۲۲، صص ٤٥– ٦۲.

پورمحمدی، محمدرضا، هادی، الهام، هادی، الناز، (۱۳۹۸). **تبیین ابعاد اجتماعی‌اقتصادی تاب‌آوری شهری دربرابر زلزله؛ مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ٤ شهر تبریز**، فصلنامهٔ دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۱، صص ۷۸– ۸۹.

خالدی، شهریار، قهرودی تالی، منیژه، فرهمند، قاسم، (۱۳۹۸). **سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری مناطق شهری دربرابر سیلاب‌های شهری؛ مطالعهٔ موردی: شهر ارومیه**، فصلنامهٔ توسعهٔ پایدار محیط جغرافیایی، سال ۲، شمارهٔ ۳، صص ۱٦۹– ۱۸۲. Doi: 10.52547/sdge.2.3.169

داداش‌پور، هاشم، عادلی، زینب، (۱۳۹٤). **سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعهٔ شهری قزوین**، نشریهٔ مدیریت بحران، دورهٔ ٤، شمارهٔ ۲، صص ۷۳– ۸٤.

دلاکه، حسن، ثمره محسن بیگی، حسین، شاهیوندی، احمد، (۱۳۹٦). **سنجش میزان تاب‌آوری اجتماعی در مناطق شهری اصفهان**، نشریهٔ جامعه‌شناسی نهادهای اجتماعی، دورهٔ ٤، شمارهٔ ۹، صص ۲۲۷– ۲۵۲. Doi: 10.22080/ssi.2017.1565

رضایی، محمدرضا، (۱۳۹۲). **ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری دربرابر سوانح طبیعی؛ مطالعهٔ موردی: زلزلهٔ محله‌های شهر تهران**، نشریهٔ مدیریت بحران، دورهٔ ۲، شمارهٔ ۲، صص ۲۵– ۳٦. Dor: 20.1001.1.23453915.1392.2.1.3.7

رمضان‌زاده لسبویی، مهدی، بدری، سید علی، (۱۳۹۳). **تبیین ساختارهای اجتماعی‌اقتصادی تاب‌آوری جوامع محلی دربرابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب؛ مطالعهٔ موردی: حوضه‌های گردشگری چشمه‌کیلهٔ تنکابن و سردآبرود کلاردشت**، نشریهٔ جغرافیا، دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ٤۰، صص ۱۰۹– ۱۳۱.

عبداللهی، علی‌اصغر، شرفی، حجت‌الله، صباحی گراغانی، یاسر، (۱۳۹۷). **تاب‌آوری نهادی و کالبدی‌محیطی اجتماعات شهری در جهت کاهش بحران‌های طبیعی، زلزله؛ مطالعهٔ موردی: شهر کرمان**، نشریهٔ آمایش محیط،

دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ٤۲، صص ۱٦۵– ۱۸٦.

فرجی، امین، آروین، محمود، آتش‌افروز، نسرین، (۱۳۹۷). **بررسی تاب‌آوری منطقه‌ای با استفاده از تحلیل فضایی و مدل ترکیبی WASPAS؛ مطالعهٔ موردی: شهرستان‌های استان خوزستان**، نشریهٔ آمایش سرزمین، دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۱، صص ۱– ۲۹. Doi: 10.22059/jtcp.2018.245131.669808

معظمی، بهاره، رحیمی، محمود، (۱۳۹۵). **سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری درمقابل بحران در بافت قدیم شهری؛ مورد پژوهش: محلهٔ فیض‌آباد کرمانشاه**، نشریهٔ جغرافیا و مطالعات محیطی، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱۸، صص ۲۳– ۳٤.

مهندسین مشاور مهرازان، (۱۳۸٤). **تهیهٔ الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه و همکاری با شهرداری منطقهٔ ۲۰، موضوع گزارش: الگوی توسعهٔ منطقهٔ ۲۰**، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران– وزارت مسکن و شهرسازی– شهرداری تهران.

ولی‌زاده، رضا، امینی، شادی، رجبی، سجاد، (۱۳۹۸). **تحلیل فضایی تاب‌آوری منطقه‌ای دربرابر بلایای طبیعی؛ مطالعهٔ موردی: استان آذربایجان شرقی**، نشریهٔ مطالعات محیطی هفت حصار، شمارهٔ ۲۷، صص ۱۷– ۲۸.

References:

- Abdollahi, A. A., Sharafi, H., & Sabahi, Y. (2018). Measurement and evaluation resiliency institutional and physical-environmental urban communities to reduce natural disasters, Earthquake (Case study: Kerman city). *Quarterly Journal of Environmental Based Territorial Planning*, *11*(42), 165-186 [In Persian].
- Asadzadeh, A., Kötter, T., & Zebardast, E. (2015). An augmented approach for measurement of disaster resilience using connective factor analysis and analytic network process (F'ANP) model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *14*, 504-518. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2015.10.002
- Bacud, S. T. (2018). Integration of indigenous and scientific knowledge in disaster risk reduction: Resilience building of a marginalized sampaguita growing community in the Philippines. *Procedia Engineering*, *212*, 511-518. Doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.066
- Bahrami, S., Sarvar, R., & Asadian, F. (2018). An analysis of the resilience situation in the neighborhoods of Sanandaj (The case study: Sartapoleh, Shalman and Hajiabad neighborhoods). *Haft Hesar Journal of Environmental Studies*, *6*(22), 45-62 [In Persian].
- Bazrafshan, J., Toulabi Nejad, M., & Toulabi Nejad, M. (2018). Spatial analysis of differences in urban and rural areas in terms resilience against spontaneous phenomena (Case study: City Poldokhtar). *Journal of Rural Research*, *9*(1), 116-135. Dor: 20.1001.1.20087373.1397.9.1.8.3 [In Persian].
- Borsekova, K., Nijkamp, P., & Guevara, P. (2018). Urban resilience patterns after an external shock: An exploratory study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *31*, 381-392. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2018.05.012
- Caschili, S., Reggiani, A., & Medda, F. (2015). Resilience and vulnerability of spatial economic networks. *Networks and Spatial Economics*, *15*(2), 205-210. Doi: 10.1007/s11067-015-9283-9
- Chen, C., Xu, L., Zhao, D., Xu, T., & Lei, P. (2020). A new model for describing the urban resilience considering adaptability, resistance and recovery. *Safety science*, *128*, 104756. Doi: 10.1016/j.ssci.2020.104756
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, *18*(4), 598-606. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013

- Dadashpoor, H., & Adeli, Z. (2016). Measuring the amount of regional resilience in Qazvin urban region. *Journal of Emergency Management*, *4*(2), 73-84 [In Persian].
- Davis, I., & Izadkhah, Y. O. (2006). Building resilient urban communities. *Open House International*, *31*(1), 11-21. Doi: 10.1108/OHI-01-2006-B0002
- Delake, H., Samare Mohsen Beigi, H., & Shahivandi, A. (2017). Evaluation of social resilience in urban areas of Isfahan. *Sociology of Social Institutions*, *4*(9), 227-252. Doi: 10.22080/ssi.2017.1565 [In Persian].
- Fakhruddin, B. S., Reinen-Hamill, R., & Robertson, R. (2019). Extent and evaluation of vulnerability for disaster risk reduction of urban Nuku'alofa, Tonga. *Progress in Disaster Science*, *2*, 100017. Doi: 10.1016/j.pdisas.2019.100017
- Faraji, A., Arvin, M., & Atash-Afrooz, N. (2018). Investigation of regional resilience using spatial analysis and WASPAS hybrid model (Case Study: Townships of Khuzestan province). *Journal of Town and Country Planning*, *10*(1), 1-29. Doi: 10.22059/jtcp.2018.245131.669808 [In Persian].
- Govindarajulu, D. (2020). Strengthening institutional and financial mechanisms for building urban resilience in India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *47*, 101549. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.101549
- Harpin, S. B. (2019). Adverse childhood experiences and resilience: Implications for marginalized and vulnerable young people. *Journal of Adolescent Health*, *64*(1), 3-4. Doi: 10.1016/j.jadohealth.2018.10.011
- Kabir, M. H., Sato, M., Habbiba, U., & Yousuf, T. B. (2018). Assessment of urban disaster resilience in dhaka north city corporation (DNCC), Bangladesh. *Procedia Engineering*, *212*, 1107-1114. Doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.143
- Khaledi, S., Ghahroudi Tali, M., & Farahmand, G. (2021). Measuring and evaluating the resilience of urban areas against urban flooding (Case study: Urmia city). *Sustainable Development & Geographic Environment*, *2*(3), 169-182. Doi: 10.52547/sdge.2.3.169 [In Persian].
- Landry, F., Dupras, J., & Messier, C. (2020). Convergence of urban forest and socio-economic indicators of resilience: A study of environmental inequality in four major cities in eastern Canada. *Landscape and Urban Planning*, *202*, 103856. Doi: 10.1016/j.landurbplan.2020.103856
- Mehrazan Consulting Engineers (2005). *Preparation of the development model and detailed plan of the region and cooperation with the municipality of Region 20, the subject of the report: the development model of Region 20*. Tehran: Urban Planning and Research Center, Ministry of Housing and Urban Development, Tehran Municipality [In Persian].
- Moazami, B., & Rahimi, M. (2016). Assessment and formulation of coping strategies against crisis in the old urban context (Case study: Feyzabad neighborhood of Kermanshah). *Journal of Geography and Environmental Studies*, *5*(18), 23-34 [In Persian].
- Moghadas, M., Asadzadeh, A., Vafeidis, A., Fekete, A., & Kötter, T. (2019). A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *35*, 101069. Doi: 10.1016/j.ijdrr.2019.101069
- Mullick, M. R. A., Tanim, A. H., & Islam, S. S. (2019). Coastal vulnerability analysis of Bangladesh coast using fuzzy logic based geospatial techniques. *Ocean & Coastal Management*, *174*, 154-169. Doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.03.010
- Pour Mohammadi, M. R., Hadi, E., & Hadi, E. (2019). Explaining the socio-economic aspects of urban resilience against earthquake; a case study: 4th district of Tabriz. *Quarterly Journal of Disaster Prevention and Management Knowledge*, 9(1), 78-89 [In Persian].
- Parkouhi, S. V., & Ghadikolaei, A. S. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, *161*, 431-451. Doi: 10.1016/j.jclepro.2017.04.175
- Ramezanzadeh Lasboei, M., & Badri, S. A. (2014). Socio-economic structures, resilience of rural areas residents in natural disasters with emphasis floods (Sard Abrod & Cheshmeh Kileh tourism basin). *Journal of Geography*, *12*(40), 109-131 [In Persian].

- Ran, J., MacGillivray, B. H., Gong, Y., & Hales, T. C. (2019). The application of frameworks for measuring social vulnerability and resilience to geophysical hazards within developing countries: A systematic review and narrative synthesis. *Science of the Total Environment*, *711*, 134486. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134486
- Rezaei, M. R. (2013). Evaluating the economic and institutional resilience of urban communities to natural disasters using PROMETHE technique. *Journal of Emergency Management*, *2*(1), 27-38. Dor: 20.1001.1.23453915.1392.2.1.3.7 [In Persian].
- Suárez, M., Gómez-Baggethun, E., Benayas, J., & Tilbury, D. (2016). Towards an urban resilience Index: A case study in 50 Spanish cities. *Sustainability*, *8*(8), 774. Doi: 10.3390/su8080774
- Valizadeh, R., Amini, S., & Rajabi, S. (2019). Spatial analysis of regional resilience to natural disasters (Case study: East Azarbaijan province). *Haft Hesar Journal of Environmental Studies*, *7*(27), 17-28 [In Persian].
- Wills, G., & Hofmeyr, H. (2019). Academic resilience in challenging contexts: Evidence from township and rural primary schools in South Africa. *International Journal of Educational Research*, *98*, 192-205. Doi: 10.1016/j.ijer.2019.08.001
- Zhang, W., Su, S., Wang, B., Hong, Q., & Sun, L. (2020). Local k-NNs pattern in Omni-Direction graph convolution neural network for 3D point clouds. *Neurocomputing*, *413*, 487-498. Doi: 10.1016/j.neucom.2020.06.095
- Zhang, X., Song, J., Peng, J., & Wu, J. (2019). Landslides-oriented urban disaster resilience assessment—a case study in ShenZhen, China. *Science of the Total Environment*, *661*, 95-106. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.074
-