

Assessment and Analysis of the Consequences of Climate Change on the Spatial-Biological Resilience of Ahvaz Metropolis

Saeed Maleki^{1✉}, Nazanin Hajipour²

1. Professor of Geography & Urban Planning, University of Shahid Chamran , Ahvaz, Iran

✉ E-mail: malekis@scu.ac.ir

2. Ph. D Student of Geography & Urban Planning, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

E-mail: n-hajipour@stu.scu.ac.ir



How to Cite: Maleki, S; Hajipour, N. (2023). Assessment and Analysis of the Consequences of Climate Change on the Spatial-Biological Resilience of Ahvaz Metropolis. *Geography and Development*, 21 (70), 150-180.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2023.7425>

Received:

13 August 2022

Received in revised form:

4 November 2022

Accepted:

28 November 2022

Published online:

20 January 2023

ABSTRACT

The speed of drought in the world has increased during the last 10 years, but its effects in Iran and Khuzestan province have been much more severe than usual. On the other hand, the intensification of rainfall and the occurrence of floods, the exploitation of water resources and the occurrence of widespread subsidence and the phenomenon of long-term dust as the consequences of climate change will have a negative impact on the pattern of residence and activity in Ahvaz metropolis and will change the structure and function of this metropolis in the future. Based on this, the necessity of paying attention and applying the resilience approach and synchronizing it with the consequences of climate change and future problems will be able to protect the citizens and the fabric of the city in relation to natural disasters and adapt to the existing conditions in the long term. The purpose of this research is to evaluate and analyze the consequences of climate change on the spatial-biological resilience of Ahvaz metropolis. In terms of the purpose, the present research is of an applied type, which was carried out by descriptive-analytical method and field surveys and within the framework of analytical-case model. The studied community includes the statistical block and the land use layer of the city's current state, the available documents including the comprehensive and detailed plan have been obtained. In order to achieve the objectives of the research, spatial-biological dimensions were extracted in 14 indicators.

Keywords:

Climate change,
Resilience,
Spatial-biological factors,
Natural hazards,
Optimization algorithm,
Ahvaz metropolis.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

1. Introduction

Climate change is currently a global issue that affects human survival and sustainable social development. Based on the available evidence; Iran is located in the dry belt of the world in terms of its specific geographical location, and most parts of the country have a dry and semi-arid climate. However, due to the variety of topographic features and seasonal changes in the

location of general atmospheric circulation systems, droughts and extreme weather events occur intermittently, and the problem of lack of water resources in the country has always existed and threatens economic and food security. In the meantime, Khuzestan province and Ahvaz metropolis have been the focus of climatic events and disasters such as floods, dust crisis and air pollution, increase in air temperature and other

problems in the recent years, which have had a negative effect on the urban structure and function and made this city unstable due to the mentioned problems, which has doubled the need to pay attention to urban resilience. The main and major goal of this study is to evaluate the spatial-biological dimensions related to resilience according to the structure and function of Ahvaz metropolitan areas based on the optimization algorithm and identifying solutions and strategies in adjusting or revising the existing structure in order to prevent the spread and deepening of spatial disasters resulting from lack of resilience. against the consequences of climate change and natural disasters.

2. Methods and Material

In terms of the goal, the research is of an applied type, which was carried out by a descriptive-analytical method based on library-documentary studies and field surveys. Considering the nature of the data and the impossibility of controlling the behavior of the effective variables in the problem, this research was of a non-experimental type and was carried out within the framework of the analytical-case model. The community under investigation was the statistical block and all urban uses and land cover of Ahvaz city, and the main data was obtained mainly by using the data of the Iranian Statistics Center and the available documents, including the comprehensive and detailed plan and the assessment of the biological situation. Available information layers, field observations, targeted questioning of municipal experts and special data produced in the software environment of the GIS geographic information system, as well as document and library study, have provided another part of the information needed for the article. To achieve the objectives of the research, two dimensions and 14 indicators (including the degree of concentration or differentiation of the population, ethnic and cultural clusters based on the majority living in the localities, the geographical direction of population distribution, granularity, permeability and the degree of concentration or differentiation of uses in the spatial sector) and (distribution industrial uses, pollution index, water quality and access to drinking water, slope and drainage network, flood

occurrence rate, density of road network and accesses, sewage disposal status, total area of uses and the area of parks and green spaces in the biological sector) based on studies Land use, the current status of the revision of the detailed plan of Ahvaz city (2014), extra-hand documents and statistical reports and satellite images were extracted. In the following, it was used to evaluate and analyze the spatial and biological patterns affecting the state of resilience through the colonial competition algorithm (minimum spanning tree MST) in the Matlab a2018 software environment. Also, for the spatialization of the studied indicators in the city context of Ahvaz regions, the method (Tracking Analyst Tools) has been used in the network analysis process (Network Analyst Tools) in the ArcGIS software environment.

3. Results and Discussion

In order to evaluate the spatial-biological status of indicators affecting resilience in Ahvaz city, the percentage and area of each of the related indicators were operationalized based on the analytical codes and defined and applied for each target period. In such a way that in the index of the degree of population concentration or differentiation, more than 50% of the population distribution pattern was inhabited in a range of 1585801.6 square meters. This is despite the fact that the pattern of distribution of major uses and services has been mostly clustered and wide. In connection with the index of distribution of industrial uses, 41.7 of the levels of uses are distributed in the range of low biological resilience with the highest rate of biological pollution. Regarding the effect of water quality and access to drinking water, the highest percentage, i.e. 33.61%, is distributed in the inappropriate range. Also, in connection with the effect of physical and spatial factors, the slope and drainage network of the highest percentage, i.e. 47.00%, are distributed in the average slope of 0.16, which is the reason for the city's lack of optimal resilience against risks, especially the lack of flood disposal. In the density index of the road network and accesses, the highest percentage, 47.11, was in poor condition and had a very low resilience, in the index of the degree of population concentration or differentiation, the highest percentage, 50, was in the cluster type of

resilience against disasters and then decreased. In the index of the degree of concentration or differentiation of uses, the highest percentage, 49.9, were clustered and had a relatively low resilience status, in the index of granularity, the highest percentage, 34.13, were less than 100 meters and had a downward resilience status, in the index of permeability, the highest percentage, 62.78, was less than 6 meters and had relatively low resilience. Due to the general slope situation of Ahvaz city, this city not only does not have the desired minimum slope, but its average slope is 16 percent, that is, instead of the ground level having a height of at least 2 meters or 200 cm for every 100 meters of length, there is a height difference of about 16 cm. In other words, the city of Ahvaz has 184 cm less than the minimum height difference, in order to have a minimum suitable slope in urban development, which is the main reason for the persistence of water on the road surface. On the other hand, the increase in population and the demand for living in the areas and the change in displacement are associated with the increase in fluctuation and pressure on the biological zones and the density of accesses.

References

- Ahmadi, G., Pour hasan zadeh, M., Soleimannezhad, A (2020). An Analysis of the Resilience of Urban Communities to Earthquakes (A Case Study of the Cities of Ardebil, Tabriz and Urmia), 13(49), 109-134. (In Persian).
https://ebtp.malayer.iau.ir/article_675484.html?lang=fa
- Akbary, M., Sayad, V (2021). Analysis of climate change studies in Iran. Physical Geography Research Quarterly, 53(1), 37-74. (In Persian).
https://jphgr.ut.ac.ir/article_81101.html?lang=fa
- Amanpour, Saeed & Hajipour, Nazanin (2020). Comparative analysis of physical indicators of safe city in Ahvaz metropolis using Geoda and GIS (case study: Kianpars, Golestan and Sepidar neighborhoods), Safe City, 3(9), 1-21. (In Persian).
<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=526536>
- Amiri fahlyiani, M., Safaepour, M., Sajadian, N (2020). Analysis of the Globalization Impact on Social Ecology Formation of Iranian Cities: A Case Study on Ahvaz Metropolis. Strategic Studies of public policy, 10(36), 282-305. (In Persian).
http://sspp.iranjournals.ir/article_38628.html?lang=fa
- Aslam, A.Q.; Ahmad, S.R.; Ahmad, I.; Hussain, Y.; Hussain, M.S. (2017). Vulnerability and impact assessment of extreme climatic event: A case study of southern Punjab, Pakistan. Sci. Total Environ. 2017, 580, 468-481.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716326183>
- Badri, S., Ramezanzadeh Lasboei, M., Asgary, A., Ghadiri Masom, M., Salmani, M (2013). The role of local management in improving resilience to natural disasters with emphasis on floods. Emergency Management, 2(1), 39-50. (In Persian).
http://www.joem.ir/article_3781.html

4. Conclusion

In a summary of the results, it can be said that regions two and three respectively have the highest amount of resilience among the urban areas of Ahvaz, and regions five and four are in a semi-resilient state, and regions one and six are in a weak resilience state, and finally, regions eight and Haft is in a very poor condition in terms of the distribution of resilience criteria. Therefore, it can be said that the comparative analysis of services and indicators of resilience criteria at the level of the urban areas of Ahvaz is unevenly distributed. And due to the lack of fair access of citizens and the lack of studied components in urban downstream areas, it is necessary to adopt operational and management solutions in each of the components and criteria in order to consolidate and increase the growth poles of facilities, facilities and services in urban areas. Ahvaz should be prevented.

Keywords: Climate change, Resilience, Spatial-biological factors, Natural hazards, Optimization algorithm, Ahvaz metropolis.

- Banica, A., Rosu, L., Muntele, I., & Grozavu, A (2017). Towards urban resilience: A multi-criteria analysis of seismic vulnerability in Iasi City (Romania). *Sustainability*, 9(2), 270.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/9/2/270>
- Barzaman S, Faraji A, Shamsipour A (2021). Urban Resilience with Emphasis on Climatic Aspects in the City of Varamin. *JHRE*; 40 (174) :135-148. (In Persian).
<https://jhre.ir/article-1-210fa.html&sw=%D9%88%D8%B1%D8%A7%D9%85%DB%8C%D9%86>
- Botequilha-Leitao, ~ A., & Díaz-Varela, E. R (2020). Performance based planning of complex urban social-ecological systems: The quest for sustainability through the promotion of resilience. *Sustainable Cities and Society*, 56, Article 102089.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720300767>
- Broto, V (2014). Planning for climate change in the African city. *Int. Dev. Plan. Rev.* 36 (3), 257–264.
<https://www.liverpooluniversitypress.co.uk/journals/article/45704>
- Cobbinah, P.B., Addaney, M. (Eds.) (2019). *The Geography of Climate Change Adaptation in Urban Africa*. Springer International Publishing.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-04873-0?noAccess=true>
- Czekaj, M., Adamsone-Fiskovica, A., Tyran, E., & Kilis, E (2020). Small farms' resilience strategies to face economic, social, and environmental disturbances in selected regions in Poland and Latvia. *Global Food Security*, 26, 100416.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912420300705>
- Daneshvar, M. R. M.; Ebrahimi, M. and Nejadsoleymani, H (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environmental Systems Research*, 8(1): 1-10.
<https://link.springer.com/article/10.1186/s40068-019-0135-3>
- Desouza, K. C., & Flanery, T. H (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 35, 89-99.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275113000875>
- Dore, E., Fancello, D., Rigonat, N., Medas, D., Cidu, R., Da Pelo, S., & De Giudici, G (2020). Natural attenuation can lead to environmental resilience in mine environment. *Applied Geochemistry*, 117, 104597.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292720300822>
- Ford, J. D., King, N., Galappaththi, E. K., Pearce, T., McDowell, G., & Harper, S. L (2020). The resilience of Indigenous Peoples to environmental change. *One Earth*, 2(6), 532-543.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332220302505>
- Garmestani, A., Ruhl, J. B., Chaffin, B. C., Craig, R. K., van Rijswick, H. F., Angeler, D. G., ... & Allen, C. R (2019). Untapped capacity for resilience in environmental law. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(40), 19899-19904.
<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1906247116>
- Gholami, V.; Jolandan, M. A. and Torkaman, J (2017). Evaluation of climate change in northern Iran during the last four centuries by using dendroclimatology. *Natural Hazards*, 85(3): 1835- 1850.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-016-2667-4>
- Gholinejad, M., Pourahmad, A., Hataminejad, H., Safarrad, T (2022). Analysis and upgrade resilience of coastal cities against the risk of climate change (case study: Babolsar city). *Researches in Earth Sciences*, 13(1), 117-134. (In Persian).
https://esrj.sbu.ac.ir/article_101348.html?lang=fa
- Goodarzi, M., Hajipour, N (2018). A Comparative Analysis of Distribution of Selected Urban Health Indices in Ahvaz Metropolis. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 6(4), 769-790. (In Persian).
https://jurbangeo.ut.ac.ir/article_71200.html?lang=fa
- Hajarpour, A.; Yousefi, M. and Kamkar, B (2014). Assessment of Weather Assimilators of CLIMGEN, LARS-WG and Weather Man in Assimilation of three Different Climatic Parameters of three Different Climate (Gorgan, Gonbad and Mashhad). *Geography and Development Iranian Journal*, 12(35): 201-216. (In Persian).
https://gdij.usb.ac.ir/article_1563.html

- Hendi, H., eghbali, N., sarvar, R., Pishgahi Fard, Z (2020). The Measurement of Environmental Resilience in the District 14 of Tehran, 13(48), 1-20. (In Persian).
https://ebtp.malayer.iau.ir/article_673953.html?lang=fa
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2013; 1535.
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1574231874770091776>
- IPCC (2018). Global warming of 1.5±C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5±C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change.
<https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC. Climate Change (2014). Synthesis Report; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2014.
<https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2013-the-physical-science-basis/BE9453E500DEF3640B383BADD332C3E>
- Irrgang Christopher, Boers Niklas, Sonnewald Maike, Barnes Elizabeth A., Kadow Christopher, Staneva Joanna, and Saynisch-Wagner Jan. (2021). Towards neural Earth system modelling by integrating artificial intelligence in Earth system science. *Nature Machine Intelligence* 3 (2021), 667-674.
<https://www.nature.com/articles/s42256-021-00374-3>
- Irvine Peter, Emanuel Kerry, He Jie, Horowitz Larry W., Vecchi Gabriel, and Keith David (2019). Halving warming with idealized solar geoengineering moderates keyclimate hazards. *Nature Climate Change* 9,295-299.
<https://www.nature.com/articles/s41558-019-0398-8>
- Jabareen, Y (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31, 220-229.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275112000832>
- Jamshidi A, Anabestani A (2020). Interpretive Structural modeling of factors affecting the development of resilience to climate change (with emphasis on drought) of villagers in west of Urmia Lake. *Arid Regions Geographic Studies*. 2020; 11 (42) :1-22. (In Persian).
<http://journals.hsu.ac.ir/jarhs/article1593fa.html&sw=%D8%B9%D9%86%D8%A7%D8%A8%D8%B3%D8%A%D8%A7%D9%86%DB%8C>
- Javadi, S., Yousefi, H., Moridi, A., Khajehpour, H., Fathi, T (2021). Determination of crisis areas of precipitation in Iran for period of 2021. (In Persian).
https://jwim.ut.ac.ir/article_82902.html?lang=fa
- Junqueira, J. R., Serrao-Neumann, S., & White, I (2021). Managing urban climate change risks: Prospects for using green infrastructure to increase urban resilience to floods. In *The Impacts of Climate Change* (pp. 379-396).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128223734000136>
- Komugabe-Dixson, A. F., de Ville, N. S., Trundle, A., & McEvoy, D (2019). Environmental change, urbanisation, and socio-ecological resilience in the Pacific: Community narratives from Port Vila, Vanuatu. *Ecosystem Services*, 39, 100973.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041619301986>
- Lancia, M.; Zheng, C.; He, X.; Lerner, D.N; Andrews, C.; Tian, Y (2020). Hydrogeological constraints and opportunities for “Sponge City” development: Shenzhen, Southern China. *J. Hydrol. Reg. Stud.*2020,28, 100679.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581819303222>
- Liu, L., Lei, Y., Zhuang, M., & Ding, S. (2022). The impact of climate change on urban resilience in the Beijing-Tianjin-Hebei region. *Science of the Total Environment*, 827, 154157.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722012499>

- Maxwell, S.L.; Butt, N.; Maron, M.; McAlpine, C.A.; Chapman, S.; Ullmann, A.; Segan, D.B.; Watson, J.E. (2019). Conservation implications of ecological responses to extreme weather and climate events. *Divers. Distrib.* 2019, 25, 613-625.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ddi.12878>
- Mera, A. P., & Balijepalli, C (2020). Towards improving resilience of cities: An optimisation approach to minimising vulnerability to disruption due to natural disasters under budgetary constraints. In *Transportation*, 47.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-019-09984-8>
- Nasrabadi, I (2014). Teaching and Teaching Skills: An Unscientific Understanding of the Concept of Climate Change, *Geography Education Growth*, 108: 32-38. (In Persian).
<https://www.roshdmag.ir/fa/magazine2/issue/accordionarchive/1393/10/21>
- Nikpour, A., lotfi, S., Yarahmadi, M (2021). Assessing the Resilience of the city of Noorabad mamassani against Natural disasters (Earthquake). *Emergency Management*, 10(1), 57-71. (In Persian).
http://www.joem.ir/article_243253.html?lang=fa
- Piras, M.; Mascaro, G.; Deidda, R.; Vivoni, E.R (2016). Impacts of climate change on precipitation and discharge extremes through the use of statistical downscaling approaches in a Mediterranean basin. *Sci. Total Environ.* 2016, 543, 952-964.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715302849>
- Rahnama, M., Ganbari, M., Mohammadi hamidi, S., Hosseini, S (2019). Evaluation and measurement of livability in Ahvaz metropolis. *Sustainable city*, 2(2), 1-17. (In Persian).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720300767>
- Ranganathan, M., & Bratman, E (2021). From urban resilience to abolitionist climate justice in Washington, DC. *Antipode*, 53(1), 115-137.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/anti.12555>
- Rezaei, M., Rafieian, M., Hosseini, S (2015). Measurement and evaluation of physical resilience of urban communities against earthquake (Case study: Tehran neighborhoods). *Human Geography Research*, 47(4), 609-623. (In Persian).
https://jhgr.ut.ac.ir/article_51228.html?lang=fa
- Ribeiro, P. J. G., Gonçalves, Pena Jardim, & L., A (2019). Urban resilience: A conceptual framework. *Sustainable Cities and Society*, 50.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718322935>
- Shao, W., Su, X., Lu, J., Liu, J., Yang, Z., Mei, C.,... & Lu, J (2021). Urban Resilience of Shenzhen City under Climate Change. *Atmosphere*, 12(5), 537.
<https://www.mdpi.com/2073-4433/12/5/537>
- Teimuri, S (2021). Intensification of negative flood consequences due to changes in the natural hydrological cycle of Karkheh Basin (land use change in the Hur al-Azim wetland). *Iran Nature*, 5(6), 13-20. (In Persian).
https://jwem.areeo.ac.ir/article_119566.html
- UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction), (2009). UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction. doi:978-600-6937-11-3.
<https://www.undrr.org/#:~:text=As%20the%20United%20Nations%20Office.ensure%20a%20safer%2C%20sustainable%20future.>
- United Nations (2019). Climate Change. Accessible here: <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/>
<https://www.un.org/en/%20sections/issues-depth/climate-change/>
- Yao, F., & Wang, Y (2020). Towards resilient and smart cities: A real-time urban analytical and geo-visual system for social media streaming data. *Sustainable Cities and Society*, 63, Article 102448.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670720306685>



ارزیابی و تحلیل پیامدهای تغییر اقلیم بر وضعیت تاب آوری فضایی - زیستی کلان شهر اهواز

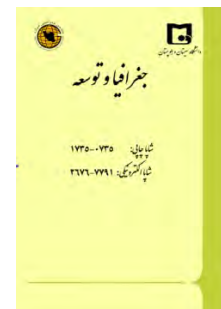
دکتر سعید ملکی^{۱*}، نازنین حاجی پور^۲

مقاله پژوهشی

چکیده

سرعت خشکسالی در جهان، طی ۱۰ سال اخیر روندی افزایشی داشته، اما تأثیرات آن در ایران و استان خوزستان به مراتب شدیدتر از حد معمول بوده است. از طرفی تشدید بارش و وقوع سیل، بهره‌برداری از منابع آبی و وقوع فرونشست‌های فراگیر و پدیده گردوخاک طولانی‌مدت به‌عنوان پیامدهای تغییر اقلیم شدیداً بر الگوی سکونت و فعالیت در کلان‌شهر اهواز تأثیرات منفی گذاشته و ساختار و کارکرد این کلان‌شهر را در آینده تغییر خواهد داد. بر این مبنای لزوم توجه و کاربست رویکرد تاب آوری و همگام‌سازی آن با پیامدهای تغییر اقلیم و مشکلات آینده تا حد بسیار زیادی خواهد توانست شهروندان و بافت شهر را در رابطه با بلایای طبیعی مصون و در بلندمدت با شرایط موجود سازگار سازد. هدف این پژوهش، ارزیابی و تحلیل پیامدهای تغییر اقلیم بر وضعیت تاب آوری فضایی-زیستی کلان‌شهر اهواز است. پژوهش حاضر از لحاظ هدف، از نوع کاربردی است که به روش توصیفی-تحلیلی و بررسی‌های میدانی و در چارچوب الگوی تحلیلی-موردی انجام گرفته است. جامعه مورد بررسی شامل بلوک آماری و لایه کاربری اراضی وضع موجود شهر، اسناد فرادست شامل طرح جامع و تفصیلی، کسب شده است. برای دستیابی به اهداف تحقیق، ابعاد فضایی-زیستی در ۱۴ شاخص استخراج شد. برای ارزیابی و تحلیل پیامدهای مؤثر بر تاب آوری، از الگوریتم رقابت استعماری در محیط نرم‌افزار Matlab a2018 استفاده شد. برای فضایی‌سازی شاخص‌های مورد مطالعه در سطح بافت شهر اهواز از روش Tracking Analyst Tools در فرایند تحلیل شبکه (Network Analyst Tools) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در شاخص درجه تمرکز یا تفرق جمعیت، بیش از ۵۰ درصد الگوی توزیع جمعیت در سطح محدوده‌های برابر با ۱۵۸۵۸۰۱۶ مترمربع سکونت داشته‌اند. این در حالی است که الگوی توزیع کاربری‌های عمده و به‌صورت عمدتاً خوشه‌ای و پهنه‌ای بوده است. در ارتباط با شاخص توزیع کاربری‌های صنعتی نیز ۴۱.۷٪ از سطوح کاربری‌ها در محدوده تاب آوری زیستی پایین با بالاترین میزان انتشار آلودگی زیستی توزیع شده‌اند. در ارتباط با اثر کیفیت آب و دسترسی به آب آشامیدنی بالاترین درصد یعنی ۳۳/۶۱ درصد در بازه نامناسب توزیع شده‌اند. همچنین در ارتباط با اثر عوامل زیستی نیز شیب و شبکه زهکشی بالاترین درصد یعنی ۴۷.۰۰ درصد در شیب متوسط ۰.۱۶ توزیع شده‌اند که خود عامل عدم تاب آوری بهینه شهر در برابر مخاطرات زیستی به‌ویژه عدم دفع است. جمع‌بندی معیارهای تاب آوری نشان می‌دهد که مناطق دو و سه به‌ترتیب دارای بیشترین مقدار تاب آوری در میان مناطق شهری اهواز است و مناطق پنج و چهار در وضعیت نیمه تاب آور و مناطق یک و شش در وضعیت ضعیف تاب آوری و در نهایت مناطق هفت و هفت در وضعیت بسیار ضعیف به لحاظ شرایط توزیع معیارهای تاب آوری قرار گرفته است.

جغرافیا و توسعه، شماره ۷۰، بهار ۱۴۰۲
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷
صفحات: ۱۵۰-۱۸۰



واژه‌های کلیدی:

تغییر اقلیم، تاب آوری، عوامل فضایی - زیستی، مخاطرات طبیعی، الگوریتم بهینه‌سازی، کلان‌شهر اهواز.

مقدمه

نشان می‌دهد که میانگین دمای جهانی بین 1.06°C - 0.65 از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ افزایش یافته است و دمای جهانی در آینده به افزایش خود ادامه خواهد داد (IPCC, 2014; IPCC, 2013). در زمینه تداوم گرمایش جهانی، تغییرات در تنوع آب‌وهوا (مانند موسمی، بارش و گردش جوی) نه تنها اثرات هیدروترمال منطقه‌ای قابل توجهی خواهد داشت، بلکه خطر رویدادهای شدید آب‌وهوایی را نیز بیشتر خواهد کرد (Piras et al, 2016: 954; Aslam et al, 2017: 471). اگرچه رویدادهای شدید آب‌وهوایی رویدادهایی با

در بین ده عامل تهدیدآمیزی که بشر را در قرن بیست‌ویکم تهدید می‌کنند، اکنون پدیده تغییر اقلیم در رتبه نخست قرار دارد (کبری و صیاد، ۱۴۰۰: ۳۷). تغییرات اقلیمی در حال حاضر یک موضوع جهانی است (Connolly, 2020: 1487) که بقای انسان و توسعه اجتماعی پایدار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در ۱۰۰ سال گذشته، مشخصه بارز آب‌وهوای جهانی، گرم شدن مداوم آن بوده است (Xiong et al., 2021: 305). پنجمین گزارش ارزیابی بین‌المللی پانل تغییرات آب‌وهوایی^۳

۱. استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول)

۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳. Intergovernmental Panel on Climate Change

احتمال کم هستند، اما به شدت ناگهانی و مخرب هستند و پیش‌بینی آن‌ها دشوار است (Maxwell et al, 2019: 615). در سال‌های اخیر با توسعه شهرنشینی، مشکلاتی به وجود آمده است (تیموری، ۱۴۰۰: ۱۴) که با افزایش مساحت زیرسطح‌های سخت شهری^۱، ازدیاد تأسیسات غیرقابل نفوذ، ساخت ناقص شبکه‌های زهکشی و سایر زیرساخت‌ها و توسعه ناهماهنگ خود شهرها همراه است (Xu et al, 2015: 125). در میان چالش‌ها، بارش شدید باران و سیل ناشی از بارش‌های شدید منجر به سیلاب داخلی در شهرهایی با ظرفیت ناکافی زهکشی، افزایش فراوانی و خطر بلایای طبیعی شهری و تحت‌تأثیر قراردادن منفی زیرساخت‌های منطقه‌ای و توسعه اقتصادی می‌شود (Lancia et al, 2020: 17). باتوجه به افزایش سطح آب دریاها، افزایش دما و گرمی هوا، رژیم‌های بارندگی نامنظم که باعث سیل‌های فاجعه‌بار و خشکسالی‌های طولانی‌مدت می‌شود و جمعیت در حال گسترش سریع و فرصت‌های سرمایه‌گذاری را تهدید می‌کند، ایجاد انعطاف‌پذیری شرط اصلی بقای قاره‌ای است (Broto, 2014: 259). با این حال، تعهدات دولت‌های ملی برای اجرای استراتژی‌های تاب‌آوری شهری تشویق‌کننده نبوده است (Cobbina, P.B., Addaney, 2019: 14). علی‌رغم امضای همه‌معاهدات آب‌وهوایی فراملی (مانند توافقنامه آب‌وهوای پاریس ۲۰۱۶ و پروتکل کیوتو ۱۹۹۵) برای فعال کردن این واکنش جهانی، آنتونیو گوترش^۱، دبیر کل سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۹ یک‌نشست آب‌وهوایی با حضور رهبران جهان، سازمان‌های خصوصی و نمایندگان جامعه مدنی برای تشدید و تسریع اقدامات درباره تغییرات آب‌وهوا تشکیل داد. این اجلاس بر شش حوزه کلیدی مورد توجه، تأکید کرد که در میان آن‌ها روش‌های جدید برای مقابله با این چالش‌ها، شهرها و تاب‌آوری در اولویت قرار دارند (United Nations, 2019:102).

کافی درباره شناسایی ماهیت مسائل ارائه دهند و با شناسایی ویژگی‌های فردی، اجتماعی و اقتصادی، کالبدی، زیست‌محیطی و مدیریتی، بتواند قابلیت «برگشت به تعادل» در برابر مخاطرات طبیعی را به‌طور مؤثر انجام دهند (Moghim & Garna, 2019: 346). این قابلیت برگشت به تعادل همان تاب‌آوری است و از آنجایی که شهرها و جوامع سکونتگاهی در مکان‌هایی ایجاد یا بنا شده‌اند که در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی یا به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در معرض انواع سوانح انسان‌ساخت هستند (Phillips, 2010: 14). براساس شواهد موجود، کشور ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی خاص خود نسبت به گردش عمومی جو، در کمربند خشک جهان قرار گرفته و در مجاورت با پرفشار جنب حاره‌ای بیشتر بخش‌های کشور دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. هرچند با توجه به تنوع خصوصیات توپوگرافی و تغییرات فصلی مکان‌گزینی سامانه‌های گردش عمومی جو، خشکسالی و ترسالی‌های هواشناسی متناوب رخ می‌دهد و معضل کمبود منابع آب در کشور همواره وجود داشته و امنیت اقتصادی و غذایی را تهدید می‌کند (اکبری و صیاد، ۱۴۰۰: ۳۷). در این میان، استان خوزستان و کلان‌شهر اهواز طی سالیان اخیر کانون وقایع و بلایای اقلیمی از قبیل سیل، بحران ریزگردها و آلودگی هوا، افزایش دمای هوا و سایر مشکلات بوده است که شدیداً بر ساختار و کارکرد شهری اثر منفی گذاشته و این شهر را در برابر مشکلات مورد اشاره ناپایدار کرده است که لزوم توجه به تاب‌آوری شهری را دو چندان ساخته است. هدف اصلی و کلان این مطالعه، ارزیابی ابعاد فضایی-زیستی مرتبط با تاب‌آوری باتوجه به ساختار و کارکرد مناطق کلان‌شهر اهواز براساس الگوریتم بهینه‌سازی و شناسایی راهکارها و راهبردها در تنظیم یا بازنگری ساختار موجود به‌منظور جلوگیری از گسترش و

بارزمان و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی تاب‌آوری شهر ورامین و نقش جمعیت حاشیه‌نشین و مهاجران جذب‌شده، با افت سطح آب‌های زیرزمینی، فرونشست و شورشدن منابع آب دشت همواره تهدید می‌شود؛ بنابراین مهاجرپذیری، رشد فیزیکی شهر و تغییر و تبدیل گسترده پوشش (کاربری اراضی) بیلان انرژی سطحی و چرخه آب منطقه را تغییر می‌دهد. قلی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱) معتقدند که آگاهی و شناخت کم ساکنان و مسئولان شهر بابلسر نسبت به مفاهیم تاب‌آوری، تغییر اقلیم و فقدان آموزش، تبادل اطلاعات و نظرخواهی از ساکنان در طرح‌ها و برنامه‌ها و در نتیجه تاب‌آوری پایین در برابر مخاطرات ناشی از تغییر اقلیم به اثبات رسیده است. رنگارتان و بارتمن^۱ (۲۰۲۱) "تاب‌آوری" را به‌عنوان نسخه و راه‌حلی برای آسیب‌پذیری تغییرات آب‌وهوا پیشنهاد کرده‌اند که تمایل دارد بر سازگاری با تهدیدهای خارجی آینده تمرکز کند و به‌طور نامحسوسی فرایندهای تعبیه‌شده سرمایه‌داری نژادی را که در وهله اول ساکنان و محیط‌های آن‌ها را به‌طور تاریخی غیرانسانی و در معرض خطر قرار داده است، تأیید می‌کند. شائو^۲ و همکاران (۲۰۲۱) با تحلیل تاب‌آوری شهری شهر شنژن تحت تغییرات آب‌وهوا به این نتیجه رسیده‌اند که دولت چین برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی اهمیت زیادی قائل است و استراتژی‌ها و سیاست‌های مربوط را صادر کرده است. به‌طور کلی، اقدام چین برای انطباق با تغییرات اقلیمی در مراحل ابتدایی خود باقی مانده است و تحقیقات مربوط نیاز به تعمیق بیشتر دارد.

یانکویرا^۳ و همکاران (۲۰۲۱) به این نتیجه رسیده‌اند که تغییرات آب‌وهوایی فراوانی و شدت رویدادهای شدید آب‌وهوایی را افزایش داده است؛ علاوه بر این، فشارهای شهرنشینی و روندهای سیاستی که بسیاری از آن‌ها برای تسهیل مقررات برنامه‌ریزی

عمیق‌تر شدن فجایع فضایی حاصل از عدم تاب‌آوری در برابر پیامدهای تغییر اقلیم و بلایای طبیعی است و همچنین اهداف خرد زیر را دنبال می‌کند:

- شناسایی ماهیت و ویژگی‌های فضایی-زیستی تغییر اقلیم در اهواز؛

- اهمیت نسبی شاخص‌ها و معیارهای مرتبط تاب‌آوری و بررسی میزان تنگناهای فضایی مناطق شهر؛

- وضعیت و پراکنش فضایی شاخص‌های تاب‌آوری فضایی زیستی در سطح شهر و مناطق.

تحقیقات انجام‌شده در خصوص ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و پیامدهای آن در مقیاس شهری، منطقه‌ای و بین‌المللی انجام گرفته است. امروزه بحث تاب‌آوری نقاط سکونتگاهی جزو مهم‌ترین مباحث مطالعاتی دنیا به‌شمار می‌رود (Jabareen, 2013: 96).

تاب‌آوری سیستم‌های شهری به‌عنوان برترین شکل سکونتگاه انسانی، تأثیرات قابل توجهی بر محیط‌زیست دارد و ارتقای پایدار و تاب‌آور در شهرها و سکونتگاه‌های انسانی یک اولویت است (ربانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۶)؛ بنابراین مطالعات تاب‌آوری شهری و نحوه سنجش آن در شهرها اهمیت می‌یابد (Johnson et al, 2017: 22). جمشیدی و عنابستانی (۱۴۰۰) با بررسی عوامل تأثیرگذار بر توسعه تاب‌آوری روستاییان غرب دریاچه ارومیه در برابر تغییر اقلیم خشکسالی، دریافته‌اند که عوامل اقتصادی، اجتماعی و فنی، بیش‌ترین تأثیر را بر توسعه تاب‌آوری روستاییان ساکن در غرب دریاچه ارومیه در مقابل خشکسالی دارند. نتایج پژوهش منافلویان و همکاران (۱۳۹۹) به این نتیجه رسیده‌اند که افزایش جمعیت، گسترش شهرها، افزایش فعالیت‌های صنعتی و سایر فعالیت‌های انسانی منجر به بروز تغییرات اقلیمی شده‌است که افزایش دما، شکل‌گیری جزایر گرمایی شهری، تشدید رویدادهای آب‌وهوایی و... از مهم‌ترین عواقب آن محسوب می‌شود.

و امکان توسعه سریع‌تر طراحی شده‌اند، همچنین قرار گرفتن در معرض خطرات آب‌وهوایی شهری را افزایش می‌دهند.

لیو^۱ و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعه تأثیر تغییر آب‌وهوا بر تاب‌آوری شهری نشان می‌دهند که عدم قطعیت فزاینده مربوط به خطر بلایا تحت تغییرات آب‌وهوا چالش‌های جدیدی را برای مدیریت شهری پایدار به همراه دارد. ظهور مفهوم تاب‌آوری شهری می‌تواند توانایی و میزانی را که شهرها می‌توانند ریسک‌ها را جذب و حل‌وفصل کنند، بهبود بخشد و بینشی در مورد توسعه پایدار شهرها و مناطق ارائه دهد. به‌طور کلی مقالات، گزارش‌های مشاهداتی و بررسی‌های اقلیمی بسیاری در ارتباط با موضوع مورد بررسی در سطح بین‌المللی وجود دارد؛ اما تاکنون مطالعات در رابطه با تغییر اقلیم و پیوند همزمان آن با مباحث تاب‌آوری در ایران به‌صورت پراکنده و موردی بوده است و یک بررسی جامع و تحلیلی در این مورد انجام نشده است. با توجه به اهمیتی که تغییر اقلیم در ساختار شهرهای کشور و زندگی شهروندان طی ۵ سال اخیر به‌ویژه داشته است و از سوی دیگر ضرورت پیش‌بینی‌های اقلیمی و تاب‌آوری شهرها برای استفاده در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور، شناخت و بررسی جامع آن و تحلیل جامع این مطالعات از منظر روش‌شناختی، ابزار و سیاست‌ها امری حیاتی است، در نتیجه، انجام، مرور و تحلیل پژوهش‌های مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هرچه‌بیشتر در جهت سازگاری با این پدیده و نیز کاهش هزینه‌های خسارت‌بار ناشی از این تغییرات بسیار ضروری است (غلامی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۸۳). ایران با انتشار کل گازهای گلخانه‌ای نزدیک به ۷۴۱۶۱۶ میلیون تن CO_2 ، اولین کشور مسئول تغییرات آب و هوایی در خاورمیانه و هفتمین در جهان است. سهم سطح بالای ایران در انتشار گازهای گلخانه‌ای به تولید قابل توجهی از نفت، گاز و شهرنشینی

سریع بستگی دارد (آشنا و حسین‌آبادی، ۱۳۹۹: ۱۴۸). یک شعار اساسی و مهم در برنامه‌ریزی شهری و معماری، ساخت شهرهای پایدار است. بافت قدیم شهرها یکی از مسائل مهم در برنامه‌ریزی شهری است که امروزه بر اثر قدمت بنا، فرسودگی بافت و دسترسی نامناسب، به عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر حوادث و سوانح طبیعی و انسان‌ساخت، در مراکز شهرها تبدیل شده است (Banica et al, 2017: 41).

روند کاهش زمین قابل سکونت، سبب توسعه نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آفرین شده است، به‌طوری‌که در دهه اخیر، بخش زیادی از ساخت‌وسازها در مناطق مستعد وقوع مخاطره انجام شده است. در واقع، فرایند شهرنشینی، آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی را به‌واسطه تمرکز انسان و دارایی‌ها افزایش می‌دهد (رهنما و همکاران، ۱۳۹۸: ۵). تحقیقات صورت در این زمینه بیانگر این است که میزان مخاطرات در شهرهای جهان سوم به‌دلیل نداشتن برنامه مناسب به‌منظور توسعه فیزیکی و اقدامات مدیریتی نارسا در شهر و ساخت‌وسازهای نامناسب، افزایش چشم‌گیری داشته است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۲۵). بر همین اساس، امروزه در سطح جهانی، تغییرات چشم‌گیری در نگرش به مخاطرات دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که دیدگاه غالب از تمرکز صرف بر کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در برابر سوانح، تغییر پیدا کرده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۱۴) و شناخت این واقعیت که نمی‌توان از همه این تهدیدها اجتناب کرد، منجر به گسترش مفهوم تاب‌آوری شهری شده است (Desouza et al, 2013: 92)؛ زیرا تحقق مفهوم تاب‌آوری و ایجاد و تقویت پایداری در شهرها بسیار کارآمدتر از راه‌حل‌های حاصل از تحولات فناوری و بهره‌گیری از مصالح مدرن است و با درکی بهتر از مفهوم تاب‌آوری، می‌توان فضایی بهینه و کارآمدتر را به شهروندان امروز در جهت کاهش ریسک خطرات و بهبود کیفیت زندگی، فراهم کرد (بدری و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۰). یکی

از راه‌های درک رابطه بین پایداری و تاب‌آوری آن است که پایداری را به‌عنوان هدفی ضروری برای توسعه مدنظر قرار دهیم و تاب‌آوری را به‌عنوان راه تفکر و عملیاتی بشناسیم که ما را به سمت دستیابی به پایداری هدایت می‌کند. می‌توان تاب‌آوری را برای مقابله با آینده‌های نامطمئن پرورش داد و از تجاربی که منجر به شکست شده است، به توسعه پایدار رسید.

جدول ۱: دسته‌بندی شاخص‌های سنجش تاب‌آوری سیستم شهری به تفکیک ابعاد تاب‌آوری

بعد	شاخص
فضایی ^۱	ظرفیت سازگاری یا انطباق، شاخص ارتباط یا اتصال (بخش‌های مختلف سیستم اجتماعی)، آسیب‌پذیری، سلامت خانوار و جمعیت، خدمات فرهنگ، کاهش خشونت و ناامنی و جرم و جنایت شهری، ظرفیت یادگیری و آگاهی، تنوع طبقات اجتماعی، خلاقیت و نوآوری، کردانی و توانایی منابع انسانی، سرعت پاسخگویی به‌موقع، سرمایه اجتماعی.
زیستی	تنوع، شاخص ارتباط یا اتصال (بخش‌های مختلف سیستم زیست‌محیطی)، سلامت آب‌وهوا و خاک، طراحی تطبیقی (شاخص کیفیت محیط شهری از طریق نقش طراحی و سازماندهی فضا)، زیرساخت شهری، خدمات اکوسیستمی، (مدولار) پیمان‌های بودن و قابلیت اندازه‌گیری، استحکام (مقاومت عناصر و مؤلفه‌های فیزیکی شهر مثل راه‌ها و ساختمان‌ها)، ظرفیت سازگاری یا انطباق، افزونگی، پایداری، سرمایه طبیعی.
کالبدی	مؤلفه‌های فرم شهری برگرفته از دیدگاه‌های کنزن، لینچ و رادوین شامل کاربری زمین، شبکه حرکت و دسترسی، فضاهای بازعمومی، همچنین منظر شهری و فرم کالبدی هستند. این مؤلفه‌ها با نظریه‌های ارائه‌شده درباره سیستم‌های تاب‌آوری همچنین تاب‌آوری در شهرها ارتباط تنگاتنگی دارند. آلن و بریانت (۲۰۱۰)، برک و کامینلا (۲۰۰۶)، کاتر و همکاران (۲۰۰۸) و تیلیو و همکاران (۲۰۱۱) به نقش تعیین‌کننده کاربری‌های شهری در تقلیل اثرات سوء سازه و همچنین تاب‌آور ساختن شهر در برابر خطرات ناشی از سوانح اشاره کرده‌اند.
اقتصادی	تاب‌آوری اقتصادی یکی از ابعاد اصلی تاب‌آوری شهری است. تاب‌آوری اقتصادی، ظرفیت‌های مختلف اقتصادی را به‌منظور جلوگیری از وقوع بحران و مقاومت در برابر آن و همچنین بازگشت سریع به حالت اولیه پس از وقوع بحران را بازگو می‌کند. درحالی‌که، شهر بدون تاب‌آوری اقتصادی به‌شدت در برابر بلایای طبیعی و غیرطبیعی آسیب‌پذیر بوده و همچنین توانایی بازگشت سریع به حالت تعادل را ندارد.
نهادی	تاب‌آوری نهادی حاوی ویژگی‌های مربوط به تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه سوانح قبلی است. در اینجا تاب‌آوری، از ظرفیت جوامع برای ایجاد پیوندهای سازمانی و بهبود و حفاظت از سیستم‌های اجتماعی در یک جامعه تأثیر می‌پذیرد. به‌عبارت‌دیگر تاب‌آوری نهادی، ظرفیت جوامع برای کاهش خطر از طریق ایجاد پیوندهای سازمانی اجتماعی در درون جامعه تعریف می‌شود؛ به نوعی ویژگی‌های مرتبط با تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه سوانح قبلی است.
اجتماعی	اصطلاح تاب‌آوری اجتماعی اولین بار توسط ادگر مطرح شد. وی تاب‌آوری اجتماعی را به‌عنوان توانایی گروه‌ها یا جوامع برای مقابله با تنش‌های خارجی و اختلالات در مواجهه با تغییرات اجتماعی، سیاسی و زیست‌محیطی تعریف می‌کند. تاب‌آوری اجتماعی شامل شرایطی است که تحت آن افراد و گروه‌های اجتماعی با تغییرات محیطی انطباق می‌یابند. به‌طور کلی قابلیت تاب‌آوری اجتماعی، توان یک اجتماع برای برگشت به تعادل یا پاسخ مثبت به مصیبت‌ها است. با آنکه هنوز در تعریف و شاخص‌سازی این مفهوم ابهامات زیادی وجود دارد، همه تعاریف موجود در مورد تاب‌آوری اجتماعی به ظرفیت‌های افراد، سازمان‌ها یا جوامع برای تحمل کردن، جذب کردن، تطبیق و تبدیل در برابر تهدیدات اجتماعی از هر نوع توجه دارند.

مأخذ: نیکپور و همکاران، ۱۴۰۰؛ رهنما و همکاران، ۱۳۹۸؛ Banica et al, 2017؛ Connolly, 2020؛ Dore et al, 2020

داده‌ها و روش‌شناسی

پژوهش از لحاظ هدف، از نوع کاربردی است که به روش توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای-اسنادی و بررسی‌های میدانی انجام گرفته است. این پژوهش با توجه به ماهیت داده‌ها و عدم امکان کنترل رفتار متغیرهای مؤثر در مسئله، از نوع غیرتجربی بوده و در چارچوب الگوی تحلیلی-موردی انجام شده است. جامعه مورد بررسی، بلوک آماری و همه کاربری‌های شهری و پوشش اراضی شهر اهواز بوده و کسب داده‌های اصلی، عمدتاً با بهره‌گیری از داده‌های مرکز آمار ایران و اسناد فرادست شامل طرح جامع و تفصیلی و ارزیابی وضعیت زیستی کسب شده است. لایه‌های اطلاعاتی موجود، مشاهدات میدانی، پرسشگری هدفمند از کارشناسان شهرداری و داده‌های خاصی که در محیط نرم‌افزاری سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS تولید شده، و نیز مطالعه اسنادی و کتابخانه‌ای، بخش دیگری از اطلاعات مورد نیاز مقاله را فراهم آورده‌اند. برای دستیابی به اهداف تحقیق، مطابق با جدول ۲، دو بُعد و ۱۴ شاخص (شامل درجه تمرکز یا

تفرق جمعیت، خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس اکثریت ساکن در محلات، جهت جغرافیایی توزیع جمعیت، دانه‌بندی، نفوذپذیری و درجه تمرکز یا تفرق کاربری‌ها در بخش فضایی) و (توزیع کاربری‌های صنعتی، شاخص آلودگی، کیفیت آب و دسترسی به آب آشامیدنی، شیب و شبکه زهکشی، میزان رخدادهای سیلاب، تراکم شبکه معابر و دسترسی‌ها، وضعیت دفع پارک و فضای سبز در بخش زیستی) مبتنی بر مطالعات کاربری اراضی وضع موجود^۱ بازنگری طرح تفصیلی شهر اهواز (۱۳۹۴)، اسناد فرادست و گزارش‌های آماری و تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. در ادامه برای ارزیابی و تحلیل الگوهای فضایی و زیستی مؤثر بر وضعیت تاب‌آوری از طریق الگوریتم رقابت استعماری (درخت پوشای مینیمم MST) در محیط نرم‌افزار Matlab a2018 استفاده شد. برای فضایی‌سازی شاخص‌های مورد مطالعه در سطح بافت شهر مناطق اهواز از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است.

جدول ۲: ابعاد و مفاهیم مستخرج به همراه کدگذاری مربوط به تجزیه و تحلیل داده‌ها

مأخذ	کدگذاری باز	مفاهیم مستخرج	کدگذاری محوری
<p><i>Dore et al, 2020</i> <i>Connolly, 2020</i> <i>Banica et al, 2017</i> <i>IPCC, 2014</i> اکبری و صیاد، ۱۴۰۰ جمشیدی و عنایتی، ۱۳۹۹ بارزمان و همکاران، ۱۴۰۰ نیکپور و همکاران، ۱۴۰۰ رهنما و همکاران، ۱۳۹۸</p>	PC	درجه تمرکز یا تفرق جمعیت	فضایی
	CPO	خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس اکثریت ساکن در محلات	
	GO	جهت جغرافیایی توزیع جمعیت	
	NM	دانه‌بندی	
	CK	نفوذپذیری	
	RCO	درجه تمرکز یا تفرق کاربری‌ها	
	CB	توزیع کاربری‌های صنعتی	زیستی
	PI	شاخص آلودگی	
	MP	کیفیت آب و دسترسی به آب آشامیدنی	
	YP	شیب و شبکه زهکشی	
	AC	میزان رخداد سیلاب	
	BC	تراکم شبکه معابر و دسترسی‌ها	
	FN	وضعیت دفع فاضلاب	
	MTO	مساحت کل کاربری‌ها و مساحت کاربری پارک و فضای سبز	

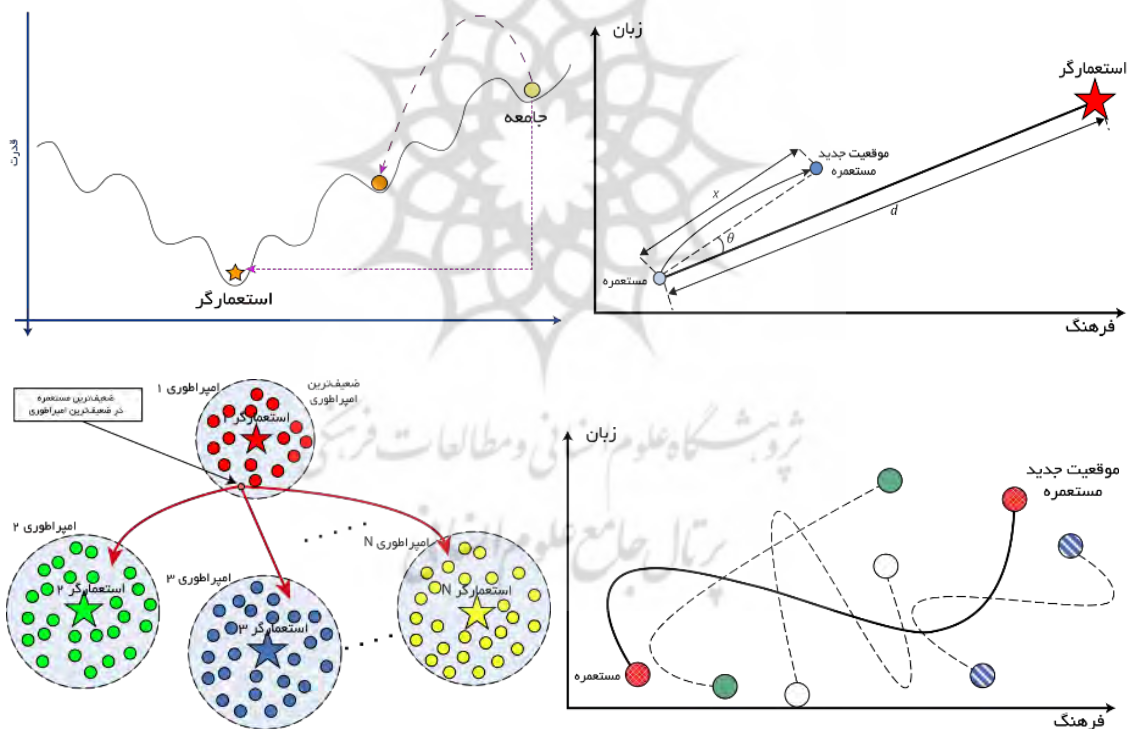
مأخذ: نگارندگان بر مبنای مطالعات نظری و میدانی، ۱۴۰۱

سیاسی، الگوریتمی برای حل مسائل ریاضی بهینه‌سازی ارائه می‌دهد. همانند دیگر الگوریتم‌های تکاملی، این الگوریتم نیز با تعدادی جمعیت اولیه تصادفی که هر کدام از آن‌ها یک «کشور» نامیده می‌شوند، شروع می‌شود. تعدادی از بهترین عناصر جمعیت (معادل نخبه‌ها در الگوریتم ژنتیک) به‌عنوان استعمارگر انتخاب می‌شوند. باقی‌مانده جمعیت نیز به‌عنوان مستعمره در نظر گرفته می‌شوند. استعمارگران بسته به قدرتشان، این مستعمرات را با یک‌روند خاص که در ادامه می‌آید

(Atashpaz-Gargari & Lucas, 2007: 111).

ارزیابی عوامل تاب‌آوری فضایی - زیستی از طریق (درخت پوشای مینیمم MST)

یکی از الگوریتم‌های تکاملی الهام گرفته شده از انسان و اجتماعات انسانی، الگوریتم رقابت استعماری است. این الگوریتم در سال ۲۰۰۷ توسط اسماعیل آتش‌پز معرفی شد و ایده اصلی این الگوریتم از سیاست و مفاهیم امپراتوری و مستعمره اقتباس شده است. الگوریتم رقابت استعماری^۱ که به اختصار ICA نامیده می‌شود، روشی در حوزه محاسبات تکاملی است که به یافتن پاسخ بهینه مسائل مختلف بهینه‌سازی می‌پردازد. این الگوریتم با مدل‌سازی ریاضی فرایند تکامل اجتماعی

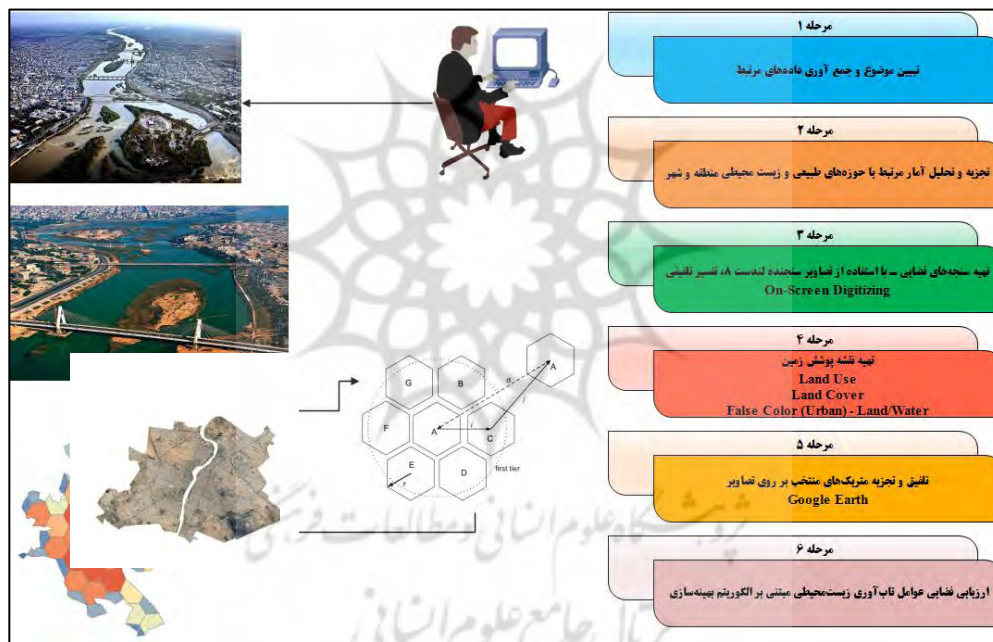


شکل ۱: مدل الگوریتم رقابت استعماری

مأخذ: Atashpaz-Gargari & Lucas, 2007: 11

ماهواره‌ای تهیه می‌شد که اطمینان بالایی از دقت و صحت آن‌ها حاصل شود. بر این مبنا با استفاده از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۲۱ و به روش تفسیر تلفیقی، تفسیر چشمی روی صفحه نمایش، On-Screen Digitizing ابتدا نقشه محدوده مناطق و حوضه شهر اهواز با بررسی تصاویر فصول (پاییز، زمستان و بهار) تحلیل و ساخت نقشه پوشش شهر در دو کاربری False Color (Urban) و Land/Water تهیه شد (شکل ۲).

در بخش نخست به منظور ارزیابی ابعاد تاب‌آوری در بخش زیستی شهر اهواز ابتدا به بررسی و تجزیه و تحلیل الگوهای ثبت شده با استناد به آمار و گزارش‌های موجود پرداخته شد؛ زیرا هرگونه ارزیابی منوط به صحت وقایع گذشته و شکل حساسیت زیست محیطی دارد. لازمه چنین کاری در اختیار داشتن نقشه صحیح پهنه‌بندی فضایی اهواز (شهری-اکولوژیک) است که با توجه به محدودیت منابع اطلاعاتی و به دلیل نبود چنین متریک‌هایی از منطقه می‌بایست داده‌های مرتبط با ساختار فضایی شهر با گونه‌ای از داده‌های



شکل ۲: فرایند اخذ و پردازش داده‌ها

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

فضایی، به دلیل دقت بالا به صورت ۶ ضلعی برای پهنه شهر ترسیم شد که برای تلفیق منابع، برداشت و مشاهده میدانی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و واقعیت‌های موجود از نرم‌افزارهای Google Earth، ENVI، Arc GIS و افزونه MikeUrban استفاده شد. پس از اخذ اولیه داده‌ها، درخت پوشای کمینه یا درخت فراگیر مینیمم در گراف‌های ارزش‌دار (وزن‌دار) ساخته می‌شود. منظور از درخت پوشای مینیمم (برای

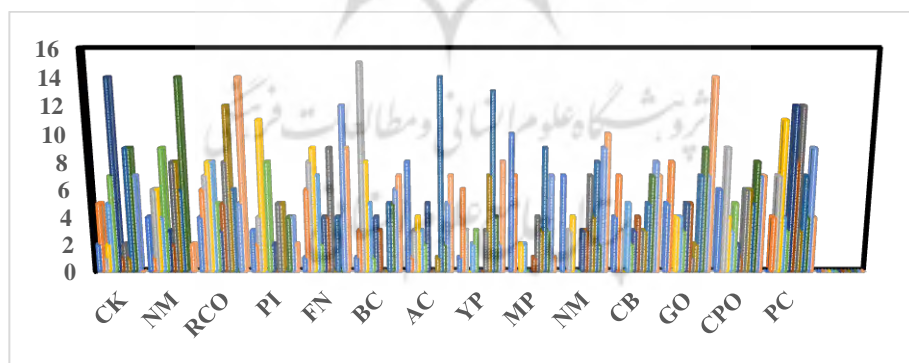
به منظور تعیین صحت و دقت نقشه‌های پوششی از تصاویر Google Earth استفاده شد که در ادامه برای این منظور ۴۹ نقطه تصادفی روی نقشه پوشش سرزمین انتخاب شد و با روی هم‌گذاری متریک‌های منتخب روی تصاویر Google Earth، نوع پهنه مربوط به هر نقطه برداشتی با اطلاعات متناظر آن در محیط Google Earth مقایسه شد. پهنه‌های منتخب پس از تعیین واحد پایه تحلیل و تعیین همبستگی

مینیمم وضعیت مطابق با گام‌های درخت تحلیل انجام گرفت و ماتریس مقایسات 14×14 تهیه و الگوی آن ارائه شد.

گراف همبند وزن دار) درختی است که بین درخت‌های پوشای آن گراف، مجموع وزن یال‌های آن، کمترین مقدار ممکن باشد. برای بررسی اثرات فاکتورهای فضایی-زیستی از طریق درخت پوشای

جدول ۳: ماتریس مقایسات درخت مد نظر

	PC	CPO	GO	CB	NM	MP	YP	AC	BC	FN	PI	RCO	NM	CK
PC	۰	۶	۵	۴	۷	۱۰	۱	۸	۱	۱	۳	۴	۴	۲
CPO	۴	۰	۸	۷	۰	۷	۶	۱	۳	۶	۲	۶	۱	۵
GO	۷	۹	۰	۳	۳	۰	۳	۳	۱۵	۸	۴	۷	۶	۱
CB	۱۱	۴	۴	۰	۴	۲	۰	۴	۸	۹	۱۱	۸	۶	۲
NM	۴	۳	۴	۵	۰	۲	۲	۳	۵	۷	۰	۸	۴	۵
MP	۳	۵	۳	۲	۰	۰	۳	۲	۱	۲	۸	۵	۹	۷
YP	۱۲	۲	۵	۳	۳	۰	۰	۵	۴	۴	۲	۳	۳	۱۴
AC	۸	۱	۵	۴	۳	۱	۰	۰	۳	۴	۰	۵	۲	۱
BC	۱۲	۶	۱	۳	۷	۴	۳	۰	۰	۹	۵	۸	۸	۲
FN	۳	۶	۲	۳	۴	۳	۷	۱	۰	۰	۵	۱۲	۸	۱
PI	۷	۵	۷	۵	۸	۹	۱۳	۱۴	۵	۴	۰	۶	۶	۹
RCO	۴	۸	۹	۷	۲	۳	۴	۲	۵	۰	۴	۰	۱۴	۹
NM	۹	۷	۷	۸	۹	۷	۲	۵	۶	۱۲	۴	۵	۰	۷
CK	۴	۷	۱۴	۷	۱۰	۱	۸	۷	۷	۹	۲	۱۴	۲	۰



تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

یکی از ۷۶ نقطه شهری استان است که در بخش مرکزی شهرستان اهواز قرار دارد و از سال ۱۳۰۳ تاکنون به‌عنوان مرکز استان خوزستان شناخته می‌شود (امیری‌فهلپانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۸۹). بر پایه آخرین آمار رسمی، ۳۲ درصد مردم استان خوزستان در کلان‌شهر اهواز زندگی می‌کنند. از این جمعیت، ۳۵

محدوده مورد مطالعه

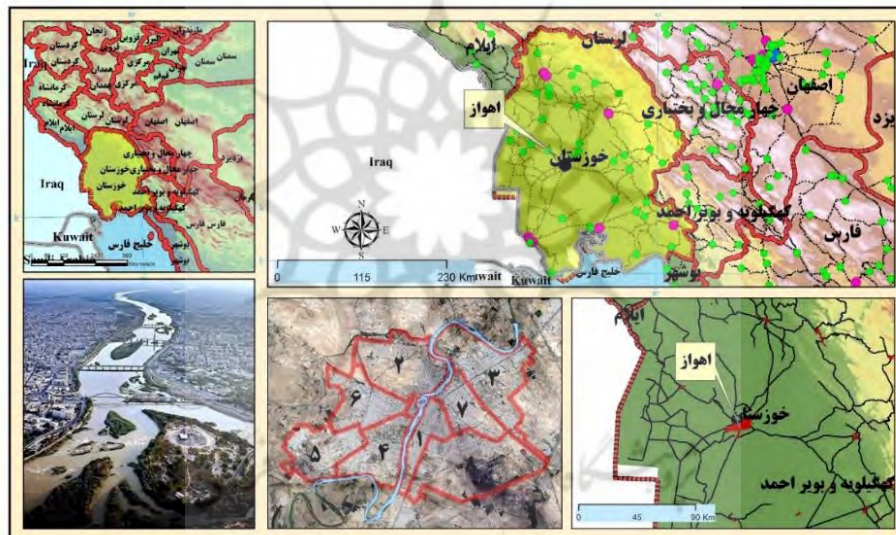
کلان‌شهر اهواز با جمعیت ۱۱۸۴۷۸۸ نفر، در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی، در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده است. اهواز هشتمین کلان‌شهر ایران و

درصد در حاشیه شهر مستقر هستند و از این جهت پس از کلان‌شهر مشهد، جایگاه دوم حاشیه‌نشینی را داراست. ۵۱ درصد نفت شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب کشور ایران، در اهواز تولید می‌شود و برخی از بزرگ‌ترین کارخانه‌های مادر کشور در این شهر استقرار دارند. جمعیت شهر اهواز در نخستین دوره سرشماری در سال ۱۳۳۵، ۱۲۰۰۹۸ نفر بوده است که در طول ۶۵ سال اخیر جمعیت این شهر به ۱۱۸۴۷۸۸ نفر در سال ۱۳۹۵، یعنی به حدود ۱۰ برابر رشد رسیده است. پیش‌بینی شده است که جمعیت این کلان‌شهر در ۱۰ سال آینده به حدود ۱۶۰۶۲۴۲ نفر برسد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). شهر اهواز با مساحت ۱۸۶۵۰ هکتار، به‌عنوان چهارمین شهر بزرگ ایران دارای ۸ منطقه شهرداری است که رودخانه کارون پرآب‌ترین رودخانه ایران، با سرچشمه گرفتن از کوه‌های بختیاری، این شهر را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم می‌کند. شواهد موجود نشان می‌دهد که ساخت شهر اهواز، علی‌رغم چرخش سیاست‌های توسعه در یک دهه اخیر، سیمای پایداری آن را دگرگون و نظام زیستی آن را از حیث کارکرد اجزای حیاتی دچار نوسان کرده است. به‌گونه‌ای که سیاست‌های توسعه با ناپایداری جمعیتی و مهاجرتی، اقتصادی، صنعتی، کالبدی و زیست‌محیطی بین مناطق شهری آن همراه بوده است. در یک ارزیابی کلی می‌توان گفت که مسائلی همچون عدم توزیع مناسب کاربری‌ها و پیروی نکردن از الگوی واحدی در جهت دسترسی به خدمات شهری، پایین بودن ایمنی کالبدی، توجه ناکافی شهرداری به جمع‌آوری

به‌موقع زباله، فاضلاب‌های سطحی و روباز، آلودگی آب، آلودگی هوا، آلودگی بویایی به‌دلیل شیب کم شهر اهواز و تجمع فاضلاب‌های سطحی و وضعیت نامناسب کانال‌های زیرزمینی (فاضلاب‌روها)، تجمع آب در سطح محلات به هنگام بارندگی و نبود سیستم و سازه‌های آبی کارا و قوی در جهت تخلیه آب‌های سطحی، نبود طرح خدمات شهری، نبود آسفالت مناسب متناسب با شرایط آب‌وهوایی، نبود آب آشامیدنی بهداشتی در بین بعضی از محلات، گسترش آسیب‌های اجتماعی، تبعیض اجتماعی و سیاسی و امنیت ناپایدار، بیکاری، فراوانی شغل کاذب، دست‌فروشی‌های کنار خیابان، درصد بالای حاشیه‌نشینی، سوء‌تغذیه و نارسایی‌های بهداشتی و آموزشی در بین بعضی از محلات، الگوی توسعه فیزیکی ناموزون به‌دلیل درصد مهاجرپذیری بالا، تراکم و ناامنی، مسکن غیرهمساز با اقلیم شهر، سرانه پایین فضای سبز، وجود کارخانه‌ها و صنایع متعدد و آلودگی صوتی و آلودگی هوا ناشی از دود آن‌ها، استفاده کم از وسایل نقلیه عمومی و ترافیک ناشی از تردد وسایل نقلیه شخصی و دود حاصل از آن‌ها که بر افزایش دمای هوای شهر و آلودگی آن افزوده است و همچنین قومیت‌گرایی و نزاع‌های قومی قبیله‌ای در بین بعضی از محلات و کاهش احساس امنیت در بین شهروندان، رشد کالبدی و دست‌اندازی شهر بر اراضی اطراف خود و پراکنده‌رویی و مغایرت میان وضعیت کالبدی موجود بعضی مناطق با پیشنهادها و طرح‌های جامع و تفصیلی (مانپور و حاجی‌پور، ۱۳۹۹: ۱۷؛ گودرزی و حاجی‌پور، ۱۳۹۷: ۷۸۵).



شکل ۳: چهار پیامد اصلی تغییر اقلیم در کلانشهر اهواز^۱ (بحران ریزگرد، افزایش دما، سیل و فرونشست) تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

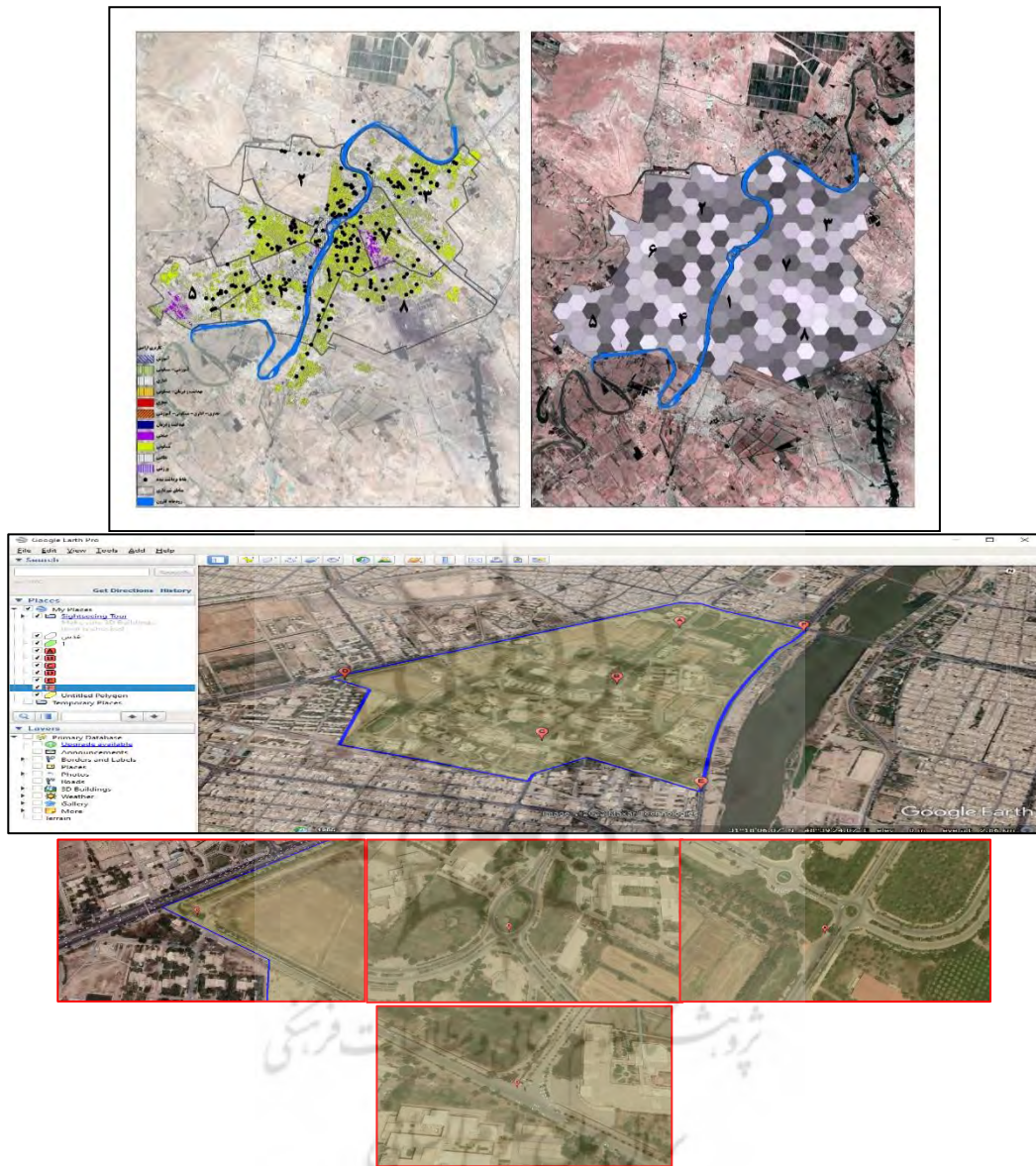


شکل ۴: موقعیت جغرافیایی کلان شهر اهواز تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

یافته‌ها و بحث

می‌شود، با توجه به دریافت اطلاعات ورودی شبکه واقعی و جهت‌دار در سطح بافت و مناطق شهر اهواز برای شناسایی وضعیت تاب‌آوری و عوامل مؤثر بر آن الگوهای متفاوتی با توجه به شاخص‌های ۱۴ گانه ارائه شد. خروجی متناظر بهینه‌ترین سناریوهای اجرا شده در محیط Matlab a2018، در قالب شکل ۶ ارائه شد. همهٔ مراحل بعد از کدنویسی و RUN کردن نرم‌افزار انجام شده است.

با تدقیق شاخص‌ها و عملیاتی‌سازی آن‌ها، در این بخش ابتدا عوارض (برداشت) میدانی و مطالعاتی مطابق با شکل ۶ تدقیق شدند، سپس فرایند ارزیابی روی آن‌ها صورت گرفت. در ادامه چگونگی استخراج فواصل در قالب شکل و اعداد متناظر با آن نیز با توجه به شاخص‌های ۱۴ گانهٔ فضایی-زیستی در قالب جدول ۴ و شکل ۵ ارائه شد. همان‌گونه که ملاحظه

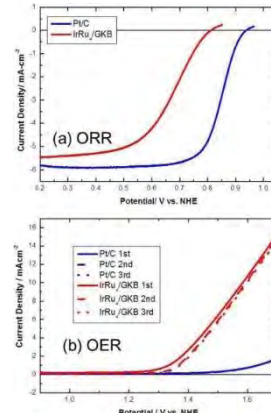
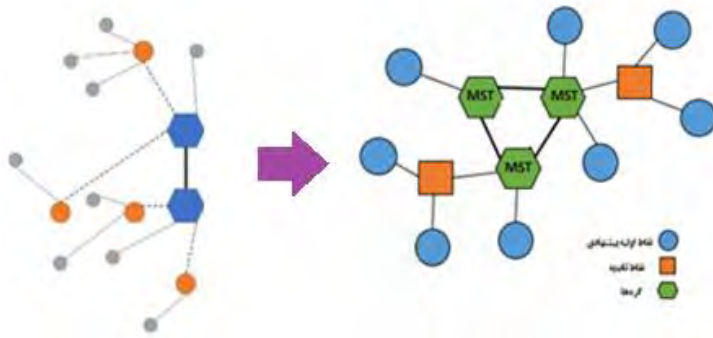


شکل ۵: پردازش شاخص‌های منتخب و برداشت میدانی نقاط تصادفی تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۴: سناریوها و اثرات فضایی-زیستی مؤثر بر تاب‌آوری

میزان اثر هر سناریو	تئوری توابع ریاضی	سناریو
میزان اثرگذاری شاخص درجه تمرکز یا تفرق جمعیت، خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس اکثریت ساکن در محلات، جهت جغرافیایی توزیع جمعیت، دانه‌بندی، نفوذپذیری و درجه تمرکز یا تفرق کاربری‌ها در سطح مناطق و تحلیل میانگین و واریانس اثر شاخص‌ها.	$P_1(n+1) = (1-a) P_t(n) + a$	سناریو (تاب‌آوری فضایی)
شناسایی یال‌های مجموعه ۸ گانه شاخص‌های زیستی و ارائه الگوی اثر تحلیل هر شاخص و احراز میانگین کمترین یال برای شاخص‌های ۸ گانه.	$P_1(n+1) = (1-a) P_t(n) \forall j \neq j$	سناریو (تاب‌آوری زیستی)

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱



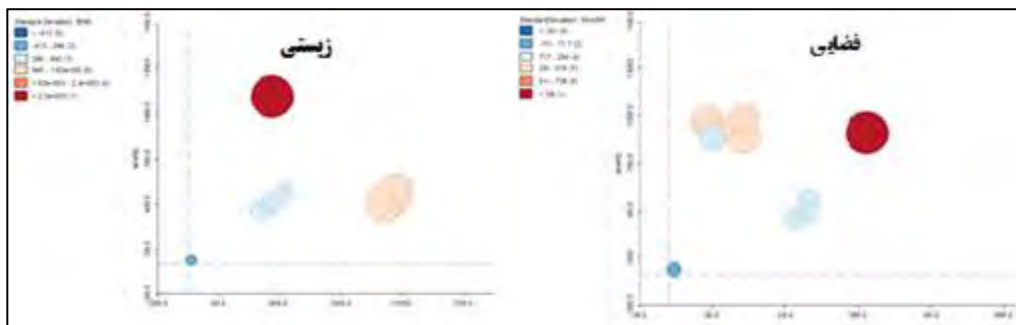
شکل ۶: سناریوها و اثرات فضایی-زیستی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۵: محاسبات عددی اثرات فضایی-زیستی تاب‌آوری

Sig.	Nodes	MST	کد تحلیلی	وضعیت شاخص
۰/۰۰۰	۱/۴۲۴	۹۲/۹۲	PC	تاب‌آوری فضایی
۰,۰۰۰	۱/۰۱۷	۷۹/۸۸	CPO	
۰/۰۰۱	۱/۰۴۱	۹۱/۰۹	GO	
۰/۰۰۰	۱/۴۰۶	۹۰/۱۹	NM	
۰/۰۰۲	۱/۵۶۱	۷۸/۴۲	CK	
۰/۰۰۰	۱/۰۶۱	۶۴/۰۷	RCO	
۰/۰۰۰	۱/۶۵۰	۶۰/۰۷	CB	
۰/۰۰۰	۱/۳۵۱	۸۰/۰۴	PI	
۰/۰۰۰	۱/۸۸۱	۷۲/۲۴	MP	
۰/۰۰۰	۱/۰۸۸	۵۵/۳۹	YP	
۰/۰۰۱	۱/۶۰۱	۸۷/۳۵	AC	
۰/۰۰۰	۱/۳۵۱	۷۵/۰۷	BC	
۰/۰۰۰	۱/۵۰۱	۷۷/۷۰	FN	
۰/۰۰۱	۱/۵۰۴	۷۴/۵۴	MTO	

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱



شکل ۷: وضعیت ساخت و طراحی ساختار شبکه هدفمند برای شاخص‌های زیستی-فضایی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

فضایی سازی شاخص های فضایی-زیستی

در ادامه به منظور فضایی سازی سناریوهای موجود در جهت شاخص های فضایی-زیستی مناطق شهر اهواز ابتدا همه اطلاعات محیط نرم افزار Matlab با خوانش و تصحیح اطلاعات با فرمت DAT و ASCII به محیط ArcGIS انتقال داده شد و در نهایت از طریق ابزار Tracking Analyst Tools و ابزار Make Tracking Layer به ساخت سناریوها و کدهای موجود پرداخته شد (شکل ۷). وضعیت ساخت و طراحی ساختار شبکه هدفمند برای شاخص های زیستی-فضایی و اجتماعی ارائه شد، به گونه ای که در سطح ۱۴ شاخص مورد مطالعه در ارتباط با تاب آوری دو بخش باید گفت: در بخش شاخص فضایی-زیستی، یک وضعیت کاملاً پلکانی، سه وضعیت افزایشی، پنج وضعیت تثبیتی و یک وضعیت کاملاً کاهششی بودند. در بخش شاخص اجتماعی یک وضعیت کاملاً افزایشی، سه وضعیت افزایشی، پنج وضعیت نسبتاً کاهششی و یک وضعیت کاملاً کاهششی بودند.

ارزیابی فضایی-زیستی عوامل

در جهت تعیین وضع موجود شاخص های تاب آوری در سطح بافت کالبدی مناطق ۸ گانه شهر اهواز پس از دسته بندی شاخص ها در محیط نرم افزار ArcGIS نوع، مساحت و درصد هر شاخص استخراج شد.

در جدول ۵ بر حل مسئله در حالت سناریوهای پیش فرض حل کننده ستون nodes اضافه شد که مربوط به حل مسئله آزادسازی خطی به کمک الگوریتم است. نتایج این جدول نشان می دهد براساس اولویت های موجود ۱۴ شاخص مورد بررسی سطح مناطق شهر اهواز برای بررسی وضعیت تاب آوری وجود دارد که با انتقال این داده ها و اطلاعات به محیط نرم افزار ArcGIS به فضایی سازی این شاخص ها پرداخته می شود. همچنین ساختار سناریوهای اول در فاز جست و جوی محلی و دو ساختار بعدی در فاز پرش به کار می روند.

در هر ساختار، بعد از تعیین مکان ها و تخصیص شاخص ها به عوامل فضایی-زیستی، مسیرهای بهینه دستیابی به هدف از طریق تحلیل شبکه مرکزی و در محیط ArcGIS به ازای هر جفت گره مبدأ مقصد بروز خواهد شد. در هر جواب سناریو در صورتی که مسیر بین جفت گره مبدأ مقصد شامل دو سناریو باشد، آنگاه با توجه به شاخص ها و محدودیت های موجود در بافت کالبدی، یکی از این سناریوها انتخاب خواهد شد. نتایج این جدول همچنین نشان می دهد که در بین شاخص های فضایی و کالبدی شاخص های RCO و CB، یعنی درجه تمرکز یا تفرق جمعیت و توزیع کاربری ها (فضای سبز) را در بین کدهای تحلیلی به دست آوردند.

جدول ۶: ارزیابی وضع موجود شاخص‌های فضایی-زیستی تاب‌آوری

شاخص	نوع	مساحت (مترمربع)	درصد
درجه تمرکز یا تفرق جمعیت	خوشه‌ای	۱۵۸۵۸۰۱٫۶	۵۰
	تصادفی	۸۹۲۹۰۰٫۸	۲۸٫۱۵
	پراکنده	۶۹۲۹۰۰٫۸	۲۱٫۸۴
درجه تمرکز یا تفرق کاربری‌ها	خوشه‌ای	۱۰۰۶۹۶۶٫۱۵	۴۹٫۹
	تصادفی	۵۰۴۰۸۳٫۰۷۵	۲۵٫۰۲
	پراکنده	۵۰۲۹۰۷٫۰۷۵	۲۴٫۹۷
مساحت کل کاربری‌ها و مساحت کاربری پارک و فضای سبز	پهنه‌ای	۲۰۱۳۹۵۶٫۳	۱۰۰
	خوشه‌ای	۶۷۱۳۱۸٫۷	۳۳٫۴
	تصادفی	۸۳۹۱۴۸٫۵۳	۴۱٫۶
خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس اکثریت ساکن در محلات	پراکنده	۵۰۳۴۸۹٫۰۷	۲۵
	شمال شرقی-جنوب غربی	۱۰۵۹۹۷۷	۵۲٫۶۳
	خوشه‌ای	۱۸۷۶۶۱۹٫۲۰	۳۳٫۳
جهت جغرافیایی توزیع جمعیت	تصادفی	۲۵۰۲۱۵۸٫۹	۴۱٫۷
	پراکنده	۳۱۲۷۶۹۸٫۶	۲۵
	نسبتاً مناسب	۷۱۶۰۲۰	۱۹٫۱۴
توزیع کاربری‌های صنعتی	نسبتاً نامناسب	۶۶۸۴۱۰	۱۷٫۸۷
	نامناسب	۱۲۵۷۱۲۰	۳۳٫۶۱
	اژن (O3 ppb)	۲۰۱۳۹۵۶٫۳	۱۰۰
دی‌اکسید کربن (Co ppm)			
نیتروژن (No2 ppb)			
دی‌اکسید سولفور (So2 ppb)			
Pm ۱۰			
Pm ۲/۵	۶۷۱۳۱۸٫۷	۳۳٫۳	
نسبتاً مناسب			
نسبتاً نامناسب			
وضعیت دفع فاضلاب	نامناسب	۸۳۹۱۴۸٫۵۳	۴۱٫۷
	نامناسب	۵۰۳۴۸۹٫۰۷	۲۵
	+	۲۵۶۸۴۰	۶٫۸۷
شیب و شبکه زهکشی	۰٫۵۰ - ۰٫۱۶	۸۴۵۱۳۰	۲۲٫۶۰
	۰ - ۰٫۱۶	۸۸۰۳۶۰	۲۳٫۵۴
	۰	۱۷۵۷۶۷۰	۴۷٫۰۰
میزان رخداد سیلاب	بیش از ۷ بار	۳۸۰۲۴۰	۱۰٫۱۷
	۵ الی ۷ بار	۱۲۵۵۵۰۰	۳۳٫۵۷
	۳ الی ۵ بار	۱۱۱۹۰۶۰	۲۹٫۹۲
	بیش از ۳ بار	۹۸۵۲۰۰	۲۶٫۳۴
	نامناسب	۱۷۶۲۰۰۰	۴۷٫۱۱
تراکم شبکه معابر و دسترسی‌ها	نسبتاً نامناسب	۱۴۵۴۱۲۰	۳۸٫۸۸
	مناسب	۳۲۷۴۵۰	۸٫۷۶
	استاندارد	۱۹۶۴۳۰	۵٫۲۵
دانه‌بندی	کمتر از ۱۰۰ متر	۱۲۳۹۰۰۰	۳۴٫۱۳
	۱۰۰ تا ۲۰۰ متر	۸۷۴۰۰۰	۲۴٫۹۵
	۲۰۰ تا ۳۰۰ متر	۹۳۳۰۰۰	۲۲٫۳۷
	بیش از ۳۰۰ متر	۶۹۴۰۰۰	۱۸٫۵۶
نفوذپذیری	کمتر از ۶ متری	۲۳۴۸۱۵۰	۱۸٫۷۰
	۶ تا ۱۲ متری	۶۹۹۳۷۰	۶۲٫۷۸
	بیش از ۱۲ متری	۳۵۵۱۲۰	۹٫۰۲
		۳۳۷۳۶۰	۹٫۵۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

براساس نتایج تحلیلی جدول ۶ پس از ارزیابی فضایی-زیستی وضع موجود شاخص‌های اثرگذار بر تاب‌آوری در شهر اهواز درصد و مساحت هریک از شاخص‌های مرتبط براساس کدهای تحلیلی تعریف عملیاتی شده و برای هرکدام بازه مورد نظر تعریف و اعمال شد. به‌گونه‌ای که در شاخص درجه تمرکز یا تفرق جمعیت، بیش از ۵۰ درصد الگوی توزیع جمعیت در سطح محدوده‌ای برابر با ۱۵۸۵۸۰۱٫۶ مترمربع سکونت داشته‌اند. این در حالی است که الگوی توزیع کاربری‌های عمده و خدماتی عمدتاً خوشه‌ای و پهنه‌ای بوده است. در ارتباط با شاخص توزیع کاربری‌های صنعتی نیز ۴۱٫۷٪ از سطوح کاربری‌ها در محدوده تاب‌آوری زیستی پایین با بالاترین میزان انتشار آلودگی زیستی توزیع شده‌اند. در ارتباط با اثر کیفیت آب و دسترسی به آب آشامیدنی بالاترین درصد، یعنی ۳۳/۶۱ درصد در بازه نامناسب توزیع شده‌اند. همچنین در ارتباط با اثر عوامل کالبدی و فضایی نیز شیب و شبکه زهکشی بالاترین درصد یعنی ۴۷٫۰۰ درصد در شیب متوسط ۰٫۱۶ توزیع شده‌اند که خود عامل عدم تاب‌آوری بهینه شهر در برابر مخاطرات به‌ویژه عدم دفع سیلاب است. در شاخص تراکم شبکه معابر و دسترسی‌ها بالاترین درصد یعنی ۴۷/۱۱ درصد در نامناسب و دارای وضعیت تاب‌آوری خیلی پایینی بودند، در شاخص درجه تمرکز یا تفرق جمعیت بالاترین درصد یعنی ۵۰ درصد در نوع خوشه‌ای وضعیت تاب‌آوری در برابر بلایا

و پس از آن کاهش بودند، در شاخص درجه تمرکز یا تفرق کاربری‌ها بالاترین درصد یعنی ۴۹٫۹ درصد خوشه‌ای و دارای وضعیت تاب‌آوری نسبتاً پایینی بودند، در شاخص دانه‌بندی بالاترین درصد یعنی ۳۴/۱۳ درصد در نوع کمتر از ۱۰۰ متر و دارای وضعیت تاب‌آوری رو به پایین بودند در شاخص نفوذپذیری بالاترین درصد یعنی ۶۲/۷۸ درصد در نوع کمتر از ۶ متری و دارای وضعیت تاب‌آوری نسبتاً پایینی بودند. از آنجایی که در مباحث بهینه‌سازی اثرات فضایی، شیوه‌های مختلفی برای آزمون وجود اثرات فضایی مطرح است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به آزمون موران^۱ اشاره کرد. آماره آزمون موران توان بالایی در تشخیص وجود اثرات فضایی و در نتیجه خطای تصریح مدل دارد؛ اما در مورد نوع اثرات فضایی و اینکه چه تصریح مدلی باید مورد استفاده قرار گیرد، کمک زیادی نخواهد کرد؛ بنابراین از آماره‌های آزمون ضریب لاگرانژ (LM) استفاده می‌شود. نتایج مربوط به این آزمون‌ها در جدول ۷ گزارش شده است. مطابق با نتایج فرضیه صفر آزمون موران مبنی بر نبود اثرات فضایی رد می‌شود؛ بنابراین وجود اثرات فضایی در مدل تاب‌آوری مناطق شهر اهواز در سطح معناداری بالایی تأیید می‌شود. همچنین با توجه به آماره‌های آزمون ضریب لاگرانژ (LM) از بین دو مدل وقفه و خطای فضایی، مدل خطای فضایی به‌عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب می‌شود.

جدول ۷: آزمون‌های تشخیصی برای اثرات فضایی-زیستی

Prop.	Test Statistics	آزمون
۰/۰۰۰۱	۳/۴۱۶	Moran's I (error)
۰/۰۰۰۰	۲/۲۳۶۲	Lagrange Multiplier (lag)
۰/۰۰۰۰	۰/۰۲۵۷	Robust LM (lag)
۰/۰۰۰۱	۹/۲۶۹	Lagrange Multiplier (erroe)
۰/۰۰۰۰	۱/۶۳۵۲	Robust LM (error)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

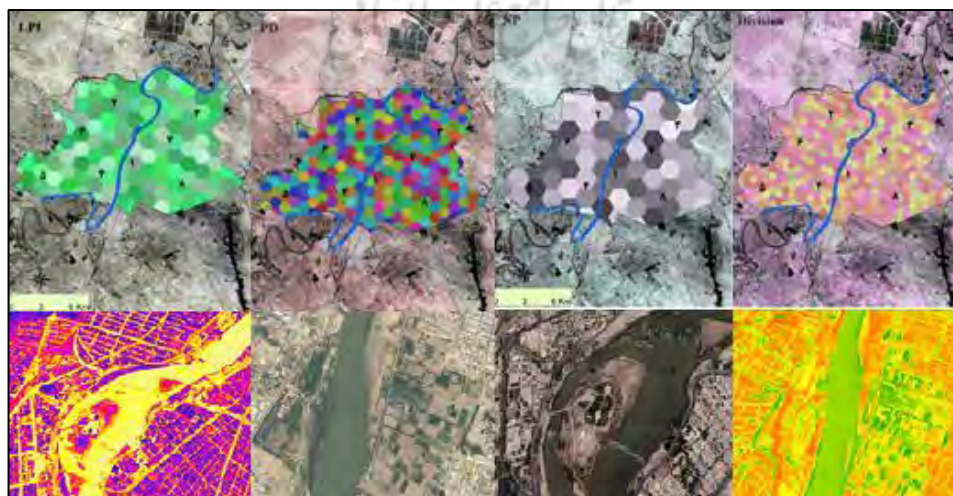
HET - KP را پیشنهاد کردند؛ بنابراین روش مورد استفاده در مطالعه حاضر روش کلجیان و پروچا (۲۰۱۰) است. نتایج تخمین مدل خطای فضایی با استفاده از برآوردگر KP - HET در جدول ۸ ارائه شده است.

برای رفع مشکل ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی در مدل وقفه فضایی، کلجیان و پروچا (۲۰۰۷) برآوردگر فضایی HAC را معرفی کردند. همچنین کلجیان و پروچا در سال ۲۰۱۰ برای رفع مشکل ناهمسانی واریانس در مدل خطای فضایی برآوردگر

جدول ۸: نتایج تخمین مدل خطای فضایی به روش KP - HET

KP - HET		مدل کد تحلیلی
T. Statistics	Coefficient	
۱/۶۳۶	-۹/۲۳۴***	Ln (PC)
-۰/۴۳۸	-۷/۲۰۷	Ln (CPO)
-۲/۰۳	-۴/۴۰۳**	Ln (GO)
-۳/۹۳۲	۱۱/۱۱۳***	Ln (CB)
۰/۲۰۹۸	۱/۱۳۶	Ln (MP)
-۱/۹۰۷	-۸/۵۸۳**	Ln (YP)
۲/۰۰۴	۸/۰۸۱*	Ln (AC)
۲/۲۰۷	۱/۵۰۲	Ln (PI)
۱/۲۰۹	۷/۷۰۷**	Ln (BC)
۳/۳۳۷	-۷۳/۰۷۱***	Ln (FN)
۳/۱۳۲	۱/۷۰۷	Ln (RCO)
۱/۳۷۶	۱۲/۶۲۱*	Ln (NM)
۱/۳۷۳	۵/۲۲۵**	Ln (CK)
۱/۳۷۳	۶/۴۲	Ln (MTO)
-۳/۳۳۱	۰/۰۲۲***	λ
۱/۳۳۹	۲۰۰/۱۳۳***	CONSTANT
۰/۳۸۰۷		R ²
000p < ۰/۰۱, 00p < ۰/۰۵, 0p < ۰/۱۰		

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱



شکل ۸: نتایج ارزیابی شاخص‌های فضایی - زیستی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

فضایی در اجزا اخلاص مدل کاهش تاب‌آوری زیست‌محیطی و تعداد شاخص‌های فضایی و اجتماعی است. به این معنی که شوک وارد بر یک شاخص، به دیگر شاخص‌ها نیز سرایت کرده است. به عبارت دیگر ضریب خودهمبستگی فضایی نشان می‌دهد که کاهش تاب‌آوری در شهر اهواز تا چه میزان متأثر از شوک وارد بر الگوی رشد و توزیع جمعیت در سطح شهر بوده است. از بین متغیرهای اجتماعی، شاخص جهت جغرافیایی توزیع جمعیت و خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس اکثریت ساکن در محلات به‌عنوان مهم‌ترین عوامل اجتماعی مؤثر بر کاهش تاب‌آوری شناخته شده‌اند. شاخص جهت جغرافیایی توزیع جمعیت به‌عنوان متغیر کنترل، دارای اثر منفی بر تاب‌آوری بوده است و در سطح بالایی معنادار است؛ به این معنی که مناطق با توزیع و رشد جمعیت کمتر، تاب‌آوری زیستی پایین‌تری داشته‌اند. به این صورت که رشد جمعیت و توزیع خوشه‌ای آن یکی از مهم‌ترین عوامل محرک جریان توسعه شهری قلمداد می‌شود.

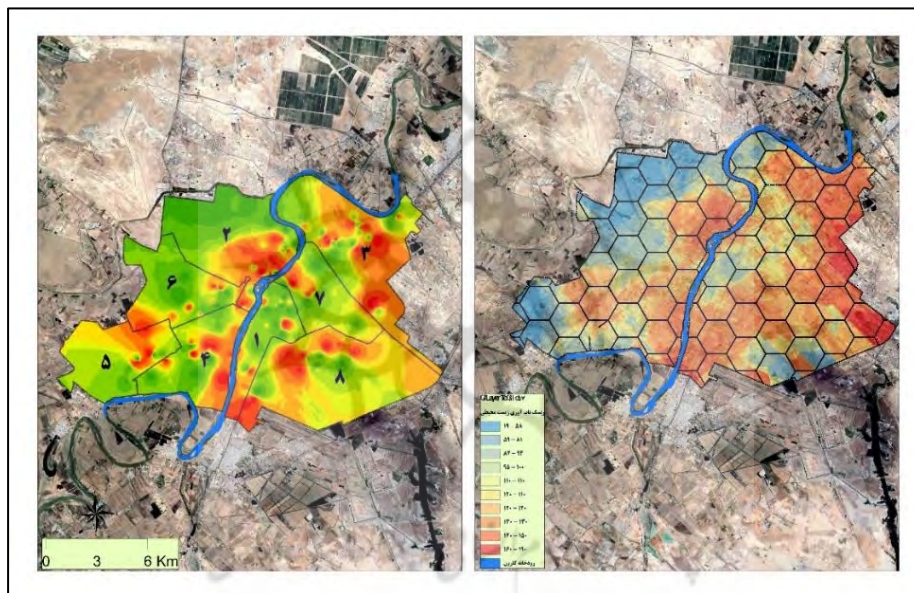
ارزیابی وضعیت نهایی تاب‌آوری فضایی-زیستی

برای بررسی وضعیت نهایی تاب‌آوری میزان تغییرات در سطح ۱۴ شاخص نشان داده شد به‌گونه‌ای که در این مرحله پس از تجمیع شاخص‌های یادشده در محیط نرم‌افزار Arc Gis وضعیت نهایی تاب‌آوری در ارتباط با عوامل فضایی-زیستی به تفکیک از سطح خیلی کم تا خیلی زیاد برای برنامه‌ریزی مناطق درجهت برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مقابله با بحران‌های احتمالی دسته‌بندی شده‌اند که به تفکیک سطوح و رنگ قابل مشاهده هستند. همان‌طور که در شکل ۹ قابل مشاهده است، قسمت‌های قابل توجهی از بافت شهر اهواز در محدوده طیفی تاب‌آوری خیلی کم تا متوسط قرار گرفته‌اند به‌گونه‌ای که بخش مرکزی شهر مناطق شرقی که منطبق بر هسته تاریخی

برابر با یافته‌ها و از آنجایی که تاب‌آوری و تراکم جمعیت مشابه سایر عوامل اثرگذار از دو بُعد زمانی و مکانی تشکیل شده است و برابری جمعیت و منابع زیستی، تعادل در تاب‌آوری را در قالب زیست‌بوم برقرار می‌سازد؛ از این‌رو، شناسایی عوامل زمانی و مکانی که وضعیت تاب‌آوری واقعی زیستی را تحریک می‌کنند و تمایز میان عواملی که تأثیر کوتاه‌مدت و عواملی که تأثیر بلندمدتی روی میزان تاب‌آوری دارند، بسیار مهم است. توجه تام به تاب‌آوری، مستلزم توجه همزمان به نیروهای زمانی و مکانی است؛ اما ویژگی‌های خاص شهر اهواز باعث پیچیدگی در مدلسازی این وضعیت می‌شود که باید ملاحظات را برای آن در نظر گرفت؛ اول، تاب‌آوری فضایی-زیستی به‌عنوان یک ویژگی بسیار مهم تحت تأثیر تراکم جمعیت و الگوی توزیع کاربری‌ها و سایر متغیرهای اقتصادی، سیاسی و اجتماعی از قبیل افزایش جمعیت و حجم تقاضا، اثر مهاجرت، کاربری فضای سبز و سایر قرار دارد، این یک ملاحظه مهم در مدلسازی تاب‌آوری زیستی است. دوم، به دلیل وضعیت شیب کلی در شهر اهواز به صورتی است که این شهر نه تنها از حداقل شیب موردنظر برخوردار نیست، بلکه شیب متوسط آن ۱۶ صدم است، یعنی به جای اینکه سطح زمین در هر ۱۰۰ متر طول، حداقل ۲ متر یا ۲۰۰ سانتی‌متر ارتفاع داشته باشد، حدوداً ۱۶ سانتی‌متر اختلاف ارتفاع دارد. به عبارت دیگر، شهر اهواز ۱۸۴ سانتی‌متر کمتر از حداقل اختلاف ارتفاع، درجهت داشتن حداقل شیب مناسب در شهرسازی دارا است که این امر دلیل اصلی ماندگاری آب در سطح معابر می‌شود. از طرفی افزایش جمعیت و تقاضای سکونت در مناطق و تغییر در جابه‌جایی، با افزایش نوسان و فشار بر پهنه‌های زیستی و تراکم دسترسی‌ها همراه است. بر این مبنا نتایج ضریب خودهمبستگی فضایی (۸) در سطح بالایی معنادار است که مؤید وجود وابستگی

محلات و مناطق با سال شیب کمتر، شبکه معابر و دانه بندی کمتر و توزیع خوشه‌ای، رشد تاب‌آوری کمتری داشته‌اند. همچنین شاخص سابقه نام و مرکزیت محله یا منطقه، در مدل افزایش تاب‌آوری اثر مثبت و معنادار دارد، یعنی مناطق و محلاتی که جایگاه بالاتری از تقسیمات سیاسی-اداری به خود اختصاص داده‌اند، تاب‌آوری بالاتری داشته‌اند. این امر بیانگر محوریت تقسیمات کالبدی در افزایش یا نوسان تاب‌آوری است.

شهر نیز است که به دلیل برخورداری از تراکم کاربری صنعتی و مختلط خدماتی از یک طرف، و فقدان سیستم زهکشی و شیب استاندارد سبب شکل‌گیری محدوده‌هایی با الگوی تاب‌آوری کم شده‌اند که این وضعیت خود در زمان وقوع بلایای طبیعی به صورت چشمگیری خود را نمایان تر خواهند کرد و خسارات مالی و جانی آن دوچندان خواهد شد. مطابق با نتایج، میزان شیب، شبکه معابر و الگوی توزیع کاربری‌ها اثر منفی و معنادار بر تاب‌آوری دارد. به این معنی که



شکل ۹: ارزیابی نهایی شاخص تاب‌آوری در سطح شهر اهواز

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۹: وضعیت شاخص تاب‌آوری در شهر اهواز

شاخص	مساحت (مترمربع)	درصد
تاب‌آوری خیلی کم	۳۹۰۱۰۳,۳	۱۹,۳۷
تاب‌آوری کم	۲۹۳۲۳۲	۱۴,۵۶
تاب‌آوری نسبتاً کم	۱۷۲۹۹۸,۸	۸,۵۹
تاب‌آوری متوسط	۳۸۷۲۸۳,۸	۱۹,۲۳
تاب‌آوری نسبتاً زیاد	۲۴۹۳۲۷,۸	۱۲,۳۸
تاب‌آوری زیاد	۳۶۶۹۴۲,۸	۱۸,۲۲
تاب‌آوری خیلی زیاد	۱۵۴۰۶۷,۷	۷,۶۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

گذاشته و ساختار و کارکرد این کلان‌شهر را در آینده تغییر خواهد داد. بر این مبنای، لزوم توجه و کاربست رویکرد تاب‌آوری و همگام‌سازی آن با پیامدهای تغییر اقلیم و مشکلات پیش‌رو تا حد بسیار زیادی خواهد توانست شهروندان و بافت شهر را در رابطه با بلایای طبیعی مصون و در بلندمدت با شرایط موجود سازگار سازد؛ از این‌رو باید مطالعه و سنجشی همه‌جانبه از شرایط زندگی با معیارهای علمی صورت گیرد تا بر پایه شناختی همه‌جانبه، برنامه‌ریزی برای بهبود شرایط زندگی صورت گیرد. بر این اساس، تعاریف ارائه‌شده در ادبیات می‌تواند بسته به اولویت‌نگرانی‌های مختلف متفاوت باشد. گزارش‌های سازمان‌های مختلف جهانی نشان می‌دهد که ابعاد، شاخص‌ها و تجربیات بررسی‌شده در یک کشور، به‌طور کامل قابل‌تعمیم به نقاط دیگر نبوده و باید با خصوصیات طبیعی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی، آداب و رسوم و در کل سیاست‌های هر کشور منطبق شود. به‌دلیل پیچیدگی‌های متفاوت زمانی و مکانی ضروری است این مفهوم بنا به مقتضیات یادشده مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرند و به نوعی با بررسی‌های داخلی بتوان موضوعات مرتبط را با در نظر گرفتن ویژگی‌های کشور موشکافی کرد. شهر اهواز، به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای کشور در سال‌های اخیر، بر اثر روند سریع گسترش کالبدی و توسعه صنایع و افزایش جمعیت، شاهد رشد فزاینده‌ای بوده است که این نوع رشد و توسعه نتوانسته است با شاخص‌های پایداری شهری هماهنگ شود. به‌طوری‌که در سال‌های اخیر ناپایداری‌ها و آلودگی‌های زیست‌محیطی این شهر چند برابر شده است؛ همچنین، شهر اهواز به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین شهرهای صنعتی کشور، به‌دلیل استقرار صنایع کوچک و بزرگی که فقط با تأکید بر افزایش تولید و بدون به‌کارگرفتن تجهیزات کنترل‌کننده آلاینده‌های فعال، عمل می‌کنند و وضعیت ترافیکی خاص، در معرض آلودگی هوا و جزایر حرارتی که بر فراز شهر فعال می‌شوند، قرار گرفته است و علاوه

جمع‌بندی معیارهای تاب‌آوری نشان می‌دهد که مناطق دو و سه به‌ترتیب دارای بیشترین مقدار تاب‌آوری در میان مناطق شهری اهواز است و مناطق پنج و چهار در وضعیت نیمه‌تاب‌آور و مناطق یک و شش در وضعیت ضعیف تاب‌آوری و در نهایت مناطق هشت و هفت در وضعیت بسیار ضعیف به لحاظ شرایط توزیع معیارهای تاب‌آوری قرار گرفته است؛ بنابراین می‌توان بیان داشت که تحلیل مقایسه‌ای خدمات و نماگرهای معیارهای مورد تاب‌آوری در سطح مناطق شهری اهواز به‌صورت نامتعادل و ناموزون توزیع شده است و از آنجایی که به‌دلیل عدم دسترسی منصفانه شهروندان و کمبود مؤلفه‌های مورد در مناطق پایین‌دست شهری موجه هستند، لازم است در هرکدام از مؤلفه‌ها و معیارها راهکارهای عملیاتی و مدیریتی اتخاذ شود تا از تجمع و بیشتر شدن قطب‌های رشد تسهیلات و تأسیسات و خدمات در مناطق شهری اهواز ممانعت شود و همانطوری که در اکثر برنامه‌ریزی‌های شهری نیز بیان داشته شده، باید برنامه‌ریزی از پایین به بالا صورت پذیرد.

نتیجه

خشکسالی در جهان، طی ۱۰ سال اخیر روندی افزایشی داشته، اما تأثیرات آن در ایران و استان خوزستان به‌مراتب شدیدتر از حد معمول بوده است، اثرات آن علاوه بر اینکه منابع آبی، کشاورزی، مراتع، تالاب و آبگیرها و نواحی ساحلی را تهدید می‌کند، بر سلامت، تنوع زیستی و به‌خصوص اقتصاد کشور آسیب جدی وارد می‌سازد؛ زیرا آب که یک منبع بارزش و ضامن بقا است، مورد تهدید قرار می‌گیرد. از طرفی تشدید بارش و وقوع سیل، بهره‌برداری از منابع آبی و وقوع فرونشست‌های فراگیر، وقوع پدیده گردوخاک طولانی‌مدت و... شدیداً بر الگوی سکونت و فعالیت در استان خوزستان و کلان‌شهر اهواز تأثیرات منفی

محوری بیوفلیک سیتی) و برنامه‌ریزی سازش‌پذیر که منطبق بر قوانین باشد، بهترین استراتژی برای رسیدن به پایداری زیست‌محیطی خواهد بود. استفاده از ابزارهای به‌روز و کارآمد، شناسایی پیامد بالقوه تغییر اقلیم را مقدور ساخته است. توسعه فناوری‌های سنجش‌ازدور، سامانه‌های پیش‌بینی آب‌وهوایی و سایر ابزارهای دقیق در جهت پایش تغییر اقلیم و پیش‌بینی انواع مخاطرات توسط بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته هم‌اکنون انجام می‌شود. توسعه و راه‌اندازی واحد زیرساخت داده‌های مکانی^۱ و تلفیق نتایج تحلیل فضایی در شهرداری‌ها از یک طرف و ادغام یکپارچه نقشه‌های پیش‌بینی در مطالعات آمایش شهری و سرزمینی ضمن شناسایی سناریوهای آتی می‌تواند رویکردی اثرگذار در جهت آمادگی با پیشامدهای مرتبط باشد. لزوم تبیین راهبردهای بلندمدت و تدوین سیاست‌های کلان‌اجرایی مقابله و همگام‌سازی منابع منطقه‌ای و سرزمینی، نیروی انسانی و زیرساخت با تغییرات اقلیمی و لزوم سرمایه‌گذاری در حوزه شهر هوشمند، سبز و بوم‌محور می‌تواند پیشامدها را به طرز فوق‌العاده‌ای تثبیت یا کاهش دهد. در این زمینه، توسعه پروژه‌های همکاری اقلیمی و پیمان‌های زیستی با کشورهای منطقه در زمینه پایش و حفظ تعادل اکولوژیکی و بهره‌گیری از تجارب سایر کشورها بسیار ارزشمند خواهد بود.

بر این‌ها، بالا بردن میزان مصرف سوخت فسیلی، گرد و غبار فصلی ناشی از همجواری با بیابان خشک غرب، تولید فاضلاب خانگی و صنعتی زیاد در بسیاری از مواقع میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی را تا حد خطرناکی بالا برده است و به عبارتی مجموع عوامل وضعیت زیست‌محیطی، سبب ضعیف شدن تاب‌آوری در مناطق شهری اهواز شده است. این پژوهش به نوعی با پژوهش‌های مورد اشاره در بخش پیشینه به لحاظ تضعیف مناطق پایین‌دست شهری به لحاظ تاب‌آوری، شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی، سطح توسعه مناطق، شاخص‌های تغییر اقلیم و تاب‌آوری زیست‌محیطی در یک راستا و همسو است. با این تفاوت که راهکار ارتقای سطح تاب‌آوری، تنها از طریق بهبود زیرساخت‌ها، مطلوبیت استفاده از کاربری اراضی و توسعه فیزیکی تکامل نمی‌یابد، بلکه آموزش مدیران شهری و آشنایی آنان با اثرات اجتماعی-زیست‌محیطی می‌تواند در افزایش تاب‌آوری محیطی مؤثر باشد. مدیران شهری می‌توانند با ارزیابی اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی در تحولات کاربری اراضی شهری، توسعه محلات و پیش از اجرای پروژه محلی، میزان تأثیرات زیست‌محیطی را پیش‌بینی کنند و برای جبران آن یا تغییر در اجرای پروژه یا عدم اجرای آن، آمادگی لازم را داشته باشند. بر این اساس رویکردهای محله‌محوری واقعی، حکمروایی خوب شهری، طبیعت-

منابع

- آشنا، ملیحه؛ سعید حسین آبادی (۱۳۹۹). ارزیابی عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن در ایران با تأکید بر نقش شهرنشینی؛ روش تحلیل تجزیه، جغرافیا و مخاطرات محیطی. دوره ۹. شماره ۲. صفحات ۱۶۳-۱۴۵.
https://geoeh.um.ac.ir/article_34295.html
- احمدی، قادر؛ محمدحسین پورحسن‌زاده، امیر سلیمان‌نژاد (۱۳۹۹). تحلیلی بر تاب‌آوری اجتماعات شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهرهای اردبیل، تبریز و ارومیه)، آمایش محیط. دوره ۱۳. شماره ۴۹. صفحات ۱۳۴-۱۰۹.
https://ebtp.malayer.iau.ir/article_675484.html?lang=fa
- اکبری، مهری؛ وحیده صیاد (۱۴۰۰). تحلیل مطالعات تغییر اقلیم در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. دوره ۵۳. شماره ۱. صفحات ۳۷-۷۴.
https://jphgr.ut.ac.ir/article_81101.html?lang=fa
- امانیپور، سعید؛ نازنین حاجی‌پور (۱۳۹۹). تحلیل تطبیقی شاخص‌های کالبدی شهر ایمن در کلان‌شهر اهواز با استفاده از GIS و Geoda) مطالعه موردی: محله‌های کیانپارس، گلستان و سپیدار، شهر ایمن، دوره ۳. شماره ۹. صفحات ۱۸-۱.
<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=526536>
- امیری‌فهلپانی، محمدرضا؛ مسعود صفایی‌پور، ناهید سجادیان (۱۳۹۹). تحلیل تأثیر جهانی‌شدن در تدوین اکولوژی اجتماعی شهرهای ایران مورد مطالعه: کلان‌شهر اهواز، مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی. دوره ۱۰. شماره ۳۶. صفحات ۳۰۵-۲۸۲.
https://sspp.iranjournals.ir/article_38628.html?lang=fa
- بدری، سیدعلی؛ مهدی رمضان‌زاده لسیوئی؛ علی عسگری؛ مجتبی قدیری‌معصوم؛ محمد سلمانی (۱۳۹۲). نقش مدیریت محلی در ارتقای تاب‌آوری مکانی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب، مدیریت بحران. دوره ۲. شماره ۱. صفحات ۵۰-۳۹.
http://www.joem.ir/article_3781.html
- بارزمان سپیده؛ عبدالله فرجی؛ علی‌اکبر شمسی‌پور (۱۴۰۰). تاب‌آوری شهری با تأکید بر جنبه‌های اقلیمی در شهر ورامین، مسکن و محیط روستا. دوره ۴۰. شماره ۱۷۴. صفحات ۱۳۵-۱۱۴.
<https://jhre.ir/article-1-2108-fa.html&sw=%D9%88%D8%B1%D8%A7%D9%85%DB%8C%D9%86>
- قلی‌نژاد، مبینا؛ احمد پوراحمد؛ حسین حاتمی‌نژاد؛ طاهر صفرراد (۱۴۰۱). تحلیل و ارتقای تاب‌آوری شهرهای ساحلی در برابر مخاطرات ناشی از تغییر اقلیم (مطالعه موردی: شهر بابلسر)، پژوهش‌های دانش زمین. دوره ۱۳. شماره ۱. صفحات ۱۳۴-۱۱۷.
https://esrj.sbu.ac.ir/article_101348.html?lang=fa
- گودرزی، مجید؛ نازنین حاجی‌پور (۱۳۹۷). تحلیل تطبیقی توزیع شاخص‌های منتخب سلامت شهری در کلان‌شهر اهواز، پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری. دوره ۶. شماره ۴. صفحات ۷۹۰-۷۶۹.
https://jurbangeo.ut.ac.ir/article_71200.html?lang=fa
https://gdij.usb.ac.ir/article_1563.html
- غلامی، عباس؛ کاکا شاهدی؛ محمود حبیب‌نژاد روشن؛ مهدی وفاخواه؛ کریم سلیمانی (۱۳۹۶). پیش‌بینی و مقایسه تغییرات اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای مختلف در حوزه آبخیز تالار استان مازندران، نشریه علمی-پژوهشی مرتع و آبخیزداری. دوره ۷۰. شماره ۱. صفحات ۱۹۶-۱۸۱.
https://jrwm.ut.ac.ir/article_61975.html
- ربانی، طاه؛ ابوالفضل مشکینی؛ عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری؛ مجتبی رفیعان (۱۳۹۸). تبیین مسائل حکمروایی شهری در سناریوهای آینده کلان‌شهر تهران مبتنی بر رویکرد تبدیل سناریوهای کیفی به کمی، فصلنامه شهر پایدار. دوره ۲. شماره ۱. صفحات ۶۲-۴۵.
http://www.jscty.ir/article_92798.html

رهنما، محمدرحیم؛ محمد قنبری؛ سمیه محمدی حمیدی؛ سیدمصطفی حسینی (۱۳۹۸). ارزیابی و سنجش زیست‌پذیری شهری در کلان‌شهر اهواز، فصلنامه شهر پایدار. دوره ۲. شماره ۲. صفحات ۱۷-۱.

https://www.jscity.ir/article_95640.html?lang=fa

رضایی، محمدرضا؛ مجتبی رفیعیان؛ سید مصطفی حسینی (۱۳۹۴). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله‌های شهر تهران)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۷. شماره ۴. صفحات ۶۰۹-۶۲۳.

https://jhgr.ut.ac.ir/article_51228.html?lang=fa

تیموری، سارا (۱۴۰۰). تشدید پیامدهای منفی سیل ناشی از تغییر در چرخه هیدرولوژیکی طبیعی حوضه کرخه (تغییر کاربری اراضی در تالاب هورالعظیم)، ایران طبیعت. دوره ۵. شماره ۶. صفحات ۲۰-۱۳.

https://jwem.areeo.ac.ir/article_119566.html

جمشیدی علیرضا؛ علی‌اکبر عنابستانی (۱۳۹۹). الگوی ساختاری - تفسیری عوامل تأثیرگذار بر توسعه تاب‌آوری روستایان غرب دریاچه ارومیه در برابر تغییر اقلیم (با تأکید بر خشکسالی)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. دوره ۱۱. شماره ۴۲. صفحات ۱-۲۲.

<http://journals.hsu.ac.ir/jarhs/article-1-1593-fa.html&sw=%D8%B9%D9%86%D8%A7%D8%A8%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D9%86%DB%8C>

منافلویان، ساناز؛ زهرا سادات سعیده زرابادی؛ مصطفی بهزادفر (۱۳۹۹). شناسایی و بررسی وضعیت موجود تغییرات اقلیمی و چالش‌های آن در تاب‌آوری بوم‌شناسانه، فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای). دوره ۱۰. شماره ۳-۱. صفحات ۴۶۲-۴۴۷.

http://www.jgeogeshm.ir/article_117760.html

نیک‌پور، عامر؛ صدیقه لطفی؛ منصوره یاراحمدی (۱۴۰۰). ارزیابی میزان تاب‌آوری شهر نورآباد ممسنی در برابر سوانح طبیعی (زلزله ۱)، مدیریت بحران. دوره ۱۰. شماره ۱. صفحات ۷۱-۵۷.

http://www.joem.ir/article_243253.html?lang=fa

References

- Aslam, A.Q.; Ahmad, S.R.; Ahmad, I.; Hussain, Y.; Hussain, M.S (2017). Vulnerability and impact assessment of extreme climatic event: A case study of southern Punjab, Pakistan. *Sci. Total Environ.* 2017, 580, 468-481.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716326183>
- Atashpaz-Gargari, E., & Lucas, C (2007, September). Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization inspired by imperialistic competition. In 2007 IEEE congress on evolutionary computation (pp. 4661-4667). Ieee.
- <https://ieeexplore.ieee.org/document/4425083>
- Banica, A., Rosu, L., Muntele, I., & Grozavu, A (2017). Towards urban resilience: A multi-criteria analysis of seismic vulnerability in Iasi City (Romania). *Sustainability*, 9(2), 270.
- <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/2/270>
- Broto, V (2014). Planning for climate change in the African city. *Int. Dev. Plan. Rev.* 36 (3), 257-264.
- <https://www.liverpooluniversitypress.co.uk/journals/article/45704>
- Cobbinah, P.B., Addaney, M. (Eds.) (2019). *The Geography of Climate Change Adaptation in Urban Africa*. Springer International Publishing.
- <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-04873-0?noAccess=true>
- Connolly, C. (2020). From resilience to multi-species flourishing:(Re) imagining urban-environmental governance in Penang, Malaysia. *Urban Studies*, 57(7), 1485-1501.
- <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0042098018807573>

- Desouza, K. C., & Flanery, T. H (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 35, 89-99.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275113000875>
- Dore, E., Fancello, D., Rigonat, N., Medas, D., Cidu, R., Da Pelo, S.,...& De Giudici, G (2020). Natural attenuation can lead to environmental resilience in mine environment. *Applied Geochemistry*, 117, 104597.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292720300822>
<https://weltrisikobericht.de/weltrisikobericht-2021-e/>
https://jwsd.um.ac.ir/article_41484.html
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2013; 1535.
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1574231874770091776>
- IPCC (2018). Global warming of 1.5±C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5±C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change.
<https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC. *Climate Change (2014). Synthesis Report*; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2014.
<https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2013-the-physical-science-basis/BE9453E500DEF3640B383BADDC332C3E>
- Jabareen, Y (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31, 220-229.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275112000832>
- Junqueira, J. R., Serrao-Neumann, S., & White, I (2021). Managing urban climate change risks: Prospects for using green infrastructure to increase urban resilience to floods. In *The Impacts of Climate Change* (pp. 379-396). Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128223734000136>
- Johnson, J., Panagioti, M., Bass, J., Ramsey, L., & Harrison, R (2017). Resilience to emotional distress in response to failure, error or mistakes: A systematic review. *Clinical psychology review*, 52, 19-42.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27918887/>
- Kelejian, H. H., & Prucha, I. R (2007). HAC estimation in a spatial framework. *Journal of Econometrics*, 140(1), 131-154.
[http://econweb.umd.edu/~prucha/Papers/JE140\(2007b\).pdf](http://econweb.umd.edu/~prucha/Papers/JE140(2007b).pdf)
- Lancia, M.; Zheng, C.; He, X.; Lerner, D.N.; Andrews, C.; Tian, Y (2020). Hydrogeological constraints and opportunities for “Sponge City” development: Shenzhen, Southern China. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 2020, 28, 100679.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581819303222>
- Liu, L., Lei, Y., Zhuang, M., & Ding, S (2022). The impact of climate change on urban resilience in the Beijing-Tianjin-Hebei region. *Science of the Total Environment*, 827, 154157.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722012499>
- Maxwell, S.L.; Butt, N.; Maron, M.; McAlpine, C.A.; Chapman, S.; Ullmann, A.; Segan, D.B.; Watson, J.E (2019). Conservation implications of ecological responses to extreme weather and climate events. *Divers. Distrib.* 2019, 25, 613-625.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ddi.12878>
- Mavhura, E., Manyangadze, T., & Aryal, K. R (2021). A composite inherent resilience index for Zimbabwe: An adaptation of the disaster resilience of place model. *International journal of disaster risk reduction*, 57, 102152.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420921001187>

- Moghim, S., & Garna, R. K (2019). Countries' classification by environmental resilience. *Journal of environmental management*, 230, 345-354.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30293019/>
- Piras, M.; Mascaro, G.; Deidda, R.; Vivoni, E.R (2016). Impacts of climate change on precipitation and discharge extremes through the use of statistical downscaling approaches in a Mediterranean basin. *Sci. Total Environ.* 2016. 543. 952-964.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715302849>
- Ranganathan, M., & Bratman, E (2021). From urban resilience to abolitionist climate justice in Washington, DC. *Antipode*. 53(1). 115-137.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/anti.12555>
- Shao, W., Su, X., Lu, J., Liu, J., Yang, Z., Mei, C., ... & Lu, J (2021). Urban Resilience of Shenzhen City under Climate Change. *Atmosphere*. 12(5). 537.
<https://www.mdpi.com/2073-4433/12/5/537>
- United Nations (2019). Climate Change. Accessible here:
<https://www.un.org/en/%20sections/issues-depth/climate-chang>
- Xiong, Q., Xiao, Y., Liang, P., Li, L., Zhang, L., Li, T., ... & Liu, C (2021). Trends in climate change and human interventions indicate grassland productivity on the Qinghai-Tibetan Plateau from 1980 to 2015. *Ecological Indicators*, 129, 108010.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21006750>
- Xu, L., Marinova, D., & Guo, X (2015). Resilience thinking: a renewed system approach for sustainability science. *Sustainability Science*, 10, 123-138.
[https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=170315](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=170315)