University of Sistan and Baluchestan

Geography and Development

Print ISSN: 1735 - 0735 Online ISSN: 2676-7791

Homepage: https://gdij.usb.ac.ir

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

Saeed Maleki[1✉], **Nazanin Hajipour**[2]

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

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

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.

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 The 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.

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.

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

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/BE9453E500DEF3640B383BADDC332C3E

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%AA%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

جغرافیا و توسعه

شاپا چاپی: ۰۷۳۵-۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۱-۲۶۷۶

https://gdij.usb.ac.ir

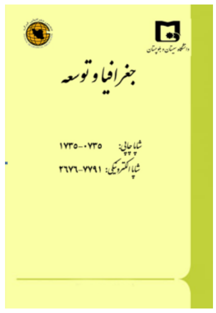
دانشگاه سیستان و بلوچستان

ارزیابی و تحلیل پیامدهای تغییر اقلیم بر وضعیت تاب‌آوری فضایی- زیستی کلان‌شهر اهواز

دکتر سعید ملکی[1]*، نازنین حاجی‌پور[2]

مقاله پژوهشی

جغرافیاوتوسعه، شمارهٔ ۷۰، بهار ۱۴۰۲
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷
صفحات: ۱۸۰-۱۵۰



واژه‌های کلیدی:
تغییر اقلیم، تاب‌آوری، عوامل فضایی – زیستی، مخاطرات طبیعی، الگوریتم بهینه‌سازی، کلانشهر اهواز.

چکیده

سرعت 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. از طرفی تشدید بارش و وقوع سیل، بهره‌برداری از منابع آبی و وقوع فرونشست‌های فراگیر و پدیدهٔ 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 مبنا لزوم توجه و کاربست رویکرد تاب‌آوری 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 تاب‌آوری 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. جامعهٔ مورد بررسی شامل بلوک آماری و لایهٔ 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 تاب‌آوری، 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 درجهٔ 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 به صنعتی عمدتاً خوشه‌ای و پهنه‌ای بوده است. در ارتباط با شاخص توزیع کاربری‌های صنعتی نیز ۴۱٫۷ از سطوح کاربری‌ها در محدودهٔ 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 زیستی نیز شیب و شبکهٔ زهکشی بالاترین درصد یعنی ۴۷٫۰۰ درصد در شیب متوسط ۰٫۱۶ توزیع شده‌اند که خود عامل عدم تاب‌آوری بهینهٔ شهر در برابر مخاطرات زیستی به‌ویژه عدم دفع است. 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 درنهایت مناطق هشت و هفت در وضعیت بسیار ضعیف به لحاظ شرایط توزیع معیارهای تاب‌آوری قرار گرفته است.

مقدمه

در بین ده عامل تهدیدآمیزی که بشر را در قرن بیست‌ویکم تهدید می‌کنند، اکنون پدیدهٔ تغییر اقلیم در رتبهٔ نخست قرار دارد (*اکبری و صیاد، ۱۴۰۰: ۳۷*). تغییرات اقلیمی در حال حاضر یک موضوع جهانی است (*Connolly, 2020: 1487*) که بقای انسان و توسعهٔ اجتماعی پایدار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در ۱۰۰ سال گذشته، مشخصهٔ بارز آب‌وهوای جهانی، گرم‌شدن مداوم آن بوده است (*Xiong et al., 2021: 305*). پنجمین گزارش ارزیابی بین‌المللی پانل تغییرات آب‌وهوایی[3] نشان می‌دهد که میانگین دمای جهانی بین ۱٫۰۶ °C ـ ۰٫۶۵ از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ افزایش یافته است و دمای جهانی در آینده به افزایش خود ادامه خواهد داد (*IPCC, 2013; IPCC, 2014*). در زمینهٔ تداوم گرمایش‌جهانی،تغییرات درتنوع آب‌وهوا (مانند موسمی، بارش و گردش جوّی) نه‌تنها اثرات هیدروترمال منطقه‌ای قابل‌توجهی 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

۱. استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول) malekis@scu.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران n-hajipour@stu.scu.ac.ir

3. Intergovernmental Panel on Climate Change

احتمال کم هستند، اما به‌شدت ناگهانی و مخرب هستند و پیش‌بینی آن‌ها دشوار است (*Maxwell et al, 2019: 615*). در سال‌های اخیر با توسعهٔ شهرنشینی، مشکلاتی به‌وجود آمده است (*تیموری، ۱۴۰۰: ۱۴*) که با افزایش مساحت زیرسطح‌های سخت شهری[1]، ازدیاد تأسیسات غیرقابل نفوذ، ساخت ناقص شبکه‌های زهکشی و سایر زیرساخت‌ها و توسعهٔ 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 توسعهٔ 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 درحال 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 (*Cobbinah, P.B., Addaney, 2019: 14*). علی‌رغم امضای همهٔ معاهدات آب‌وهوایی فراملی (مانند توافقنامهٔ آب‌وهوای پاریس ۲۰۱۶ و پروتکل کیوتو ۱۹۹۵) برای فعال‌کردن این واکنش جهانی، آنتونیو گوترش[1]، دبیر کل سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۹ یک‌نشست آب‌وهوایی با حضور رهبران جهان، سازمان‌های خصوصی و نمایندگان جامعهٔ مدنی برای تشدید و تسریع اقدامات دربارهٔ تغییرات آب‌وهوا تشکیل داد. این اجلاس بر شش حوزهٔ 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; Mavhura et al, 2021: 14*). این روش‌ها باید دانش کافی دربارهٔ شناسایی ماهیت مسائل ارائه دهند و با شناسایی ویژگی‌های فردی، اجتماعی و اقتصادی، کالبدی، زیست‌محیطی و مدیریتی، بتواند قابلیت «برگشت به‌تعادل» در برابر مخاطرات طبیعی را به‌طور مؤثر انجام دهند (*Moghim & Garna, 2019: 346*).

این قابلیت برگشت به تعادل همان تاب‌آوری[2] است و از آنجایی که شهرها و جوامع سکونتگاهی در مکان‌هایی ایجاد یا بناشده‌اند که در معرض وقوع انواع سوانح‌طبیعی یا به‌دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در معرض انواع سوانح انسان‌ساخت هستند (*Phillips, 2010: 14*). براساس شواهد موجود، کشور ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی خاص خود نسبت‌به گردش عمومی جوّ، در کمربند خشک جهان قرار گرفته و در مجاورت با پُرفشار جنب حاره‌ای بیشتر بخش‌های کشور دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. هرچند با توجه به تنوع خصوصیات توپوگرافی و تغییرات فصلی مکان‌گزینی سامانه‌های گردش‌عمومی جوّ، 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 ازقبیل 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

1. António Guterres

2. Resiliency

عمیق‌ترشدن فجایع فضایی حاصل از عدم‌تاب‌آوری در برابر پیامدهای تغییر اقلیم و بلایای طبیعی است و همچنین اهداف خُرد 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 قابل‌توجهی 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 نحوۀ سنجش آن در شهرها اهمیت می‌یابد *(Johnson et al, 2017: 22)*. جمشیدی و عنابستانی (۱۴۰۰) با بررسی عوامل تأثیرگذار بر توسعۀ تاب‌آوری روستاییان غرب دریاچۀ ارومیه در برابر تغییر اقلیم خشکسالی،دریافته‌اند که عوامل اقتصادی، اجتماعی و فنی، بیش‌ترین تأثیر را بر توسعۀ تاب‌آوری روستاییان ساکن در غرب دریاچۀ 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.

بارزمان و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی تاب‌آوری شهر ورامین و نقش جمعیت حاشیه‌نشین و مهاجران جذب‌شده، با افت سطح‌آب‌های زیرزمینی، فرونشست و شورشدن منابع آب دشت همواره تهدید می‌شود؛ بنابراین مهاجرپذیری، رشد فیزیکی شهر و تغییر و تبدیل گستردۀ پوشش (کاربری اراضی) بیلان انرژی سطحی و چرخۀ آب منطقه را تغییر می‌دهد. قلی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱) معتقدند که آگاهی و شناخت کم ساکنان و مسئولان شهر بابلسر نسبت‌به مفاهیم تاب‌آوری،تغییر اقلیم و فقدان آموزش، تبادل اطلاعات و نظرخواهی از ساکنان در طرح‌ها و برنامه‌ها و درنتیجه تاب‌آوری پایین در برابر مخاطرات ناشی از تغییر اقلیم به اثبات رسیده است. رنگارتان و بارتمن[1] (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 تعبیه‌شدۀ سرمایه‌داری نژادی را که در وهلۀ اول ساکنان و محیط‌های آن‌ها را به‌طور تاریخی غیرانسانی و در معرض خطر قرار داده است، تأیید می‌کند. شائو[2] 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. به‌طورکلی، اقدام چین برای انطباق با تغییرات اقلیمی در مراحل ابتدایی خود باقی مانده است و تحقیقات مربوط نیاز به تعمیق بیشتر دارد.

یانکویرا[3] و همکاران (۲۰۲۱) به این نتیجه رسیده‌اند که تغییرات آب‌وهوایی فراوانی و شدت رویدادهای شدید آب‌وهوایی را افزایش داده است؛ علاوه‌براین، فشارهای شهرنشینی و روندهای سیاستی که بسیاری از آن‌ها برای تسهیل مقررات برنامه‌ریزی

1. Ranganathan and Bratman
2. Shao
3. Junqueira

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

لیو[1] و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعهٔ تأثیر تغییر آب‌وهوا بر تاب‌آوری شهری نشان می‌دهند که عدم‌قطعیت‌فزاینده مربوط به‌خطر 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 توسعهٔ پایدار شهرها و مناطق ارائه دهد. به‌طورکلی مقالات، گزارش‌های مشاهداتی و بررسی‌های اقلیمی بسیاری در ارتباط با موضوع مورد بررسی در سطح بین‌اللملی 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 تاب‌آورسازی 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، درنتیجه، انجام، مرور و تحلیل پژوهش‌های مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هرچه‌بیشتر درجهت 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 تُن 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 قابل‌توجهی 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 قابل‌سکونت، سبب توسعهٔ نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آفرین شده است، به‌طوری‌که در دههٔ اخیر،بخش زیادی از ساخت‌وسازها در مناطق مستعد وقوع مخاطره انجام شده است. در واقع، فرایند شهرنشینی، آسیب‌پذیری نسبت‌به مخاطرات طبیعی را به‌واسطهٔ 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 برنامهٔ مناسب به‌منظور توسعهٔ فیزیکی و اقدامات مدیریتی نارسا در شهر و ساخت‌وسازهای نامناسب، افزایش چشم‌گیری داشته است *(رضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۲۵)*. برهمین 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 همهٔ 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 مصالح‌مدرن است و با درکی بهتر از مفهوم تاب‌آوری، می‌توان فضایی بهینه و کارآمدتر را به شهروندان امروز درجهت کاهش ریسک خطرات و بهبود کیفیت زندگی، فراهم کرد *(بدری و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۰)*. یکی

1. Liu

از راه‌های درک رابطهٔ 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 توسعهٔ پایدار رسید.

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

بعد	شاخص
فضایی [1]	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، کاردانی و توانایی منابع انسانی، سرعت پاسخگویی به‌موقع، سرمایهٔ 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، سرمایهٔ طبیعی.
کالبدی	مؤلفه‌های فرم شهری برگرفته از دیدگاه‌های کنزن، لینچ و رادوین شامل کاربری زمین، شبکهٔ حرکت و دسترسی، فضاهای بازعمومی، همچنین منظر شهری و فرم کالبدی هستند. این مؤلفه‌ها با نظریه‌های ارائه‌شده دربارهٔ سیستم‌های تاب‌آوری همچنین تاب‌آوری در شهرها ارتباط تنگاتنگی دارند. آلن و بریانت (۲۰۱۰)، برک و کامپنلا (۲۰۰۶)، کاتر و همکاران (۲۰۰۸) و تیلیو و همکاران (۲۰۱۱) به نقش تعیین‌کنندهٔ کاربری‌های شهری در تقلیل اثرات سوء سانحه 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 به‌منظورجلوگیری 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 تجربهٔ 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 تجربهٔ سوانح قبلی است.
اجتماعی	اصطلاح تاب‌آوری اجتماعی اولین‌بار 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. به‌طورکلی 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، همهٔ تعاریف موجود در مورد تاب‌آوری اجتماعی به ظرفیت‌های افراد، سازمان‌ها یا جوامع برای تحمل‌کردن، جذب‌کردن، تطبیق و تبدیل در برابر تهدیدات اجتماعی از هر نوع توجه دارند.

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

1. https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-011-9623-1
https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-95717-3_28

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 عدم‌امکان کنترل رفتار متغیرهای مؤثر در مسئله، از نوع غیرتجربی بوده و در چارچوب الگوی تحلیلی-موردی انجام شده است. جامعهٔ مورد بررسی، بلوک آماری و همهٔ 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 سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی GISتولیدشده، و نیز مطالعهٔ 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 درجهٔ تمرکز یا تفرق جمعیّت، خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس اکثریت ساکن در محلات، جهت جغرافیایی توزیع جمعیت، دانه‌بندی، نفوذپذیری و درجهٔ تمرکز یا تفرق کاربری‌ها در بخش فضایی) و (توزیع کاربری‌های صنعتی، شاخص آلودگی، کیفیت آب و دسترسی به آب آشامیدنی، شیب و شبکهٔ زهکشی، میزان رخداد سیلاب، تراکم شبکهٔ معابر و دسترسی‌ها، وضعیت دفع فاضلاب، مساحت کل کاربری‌ها و مساحت کاربری پارک و فضای سبز در بخش زیستی) مبتنی بر مطالعات کاربری اراضی وضع موجود[1] 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 تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

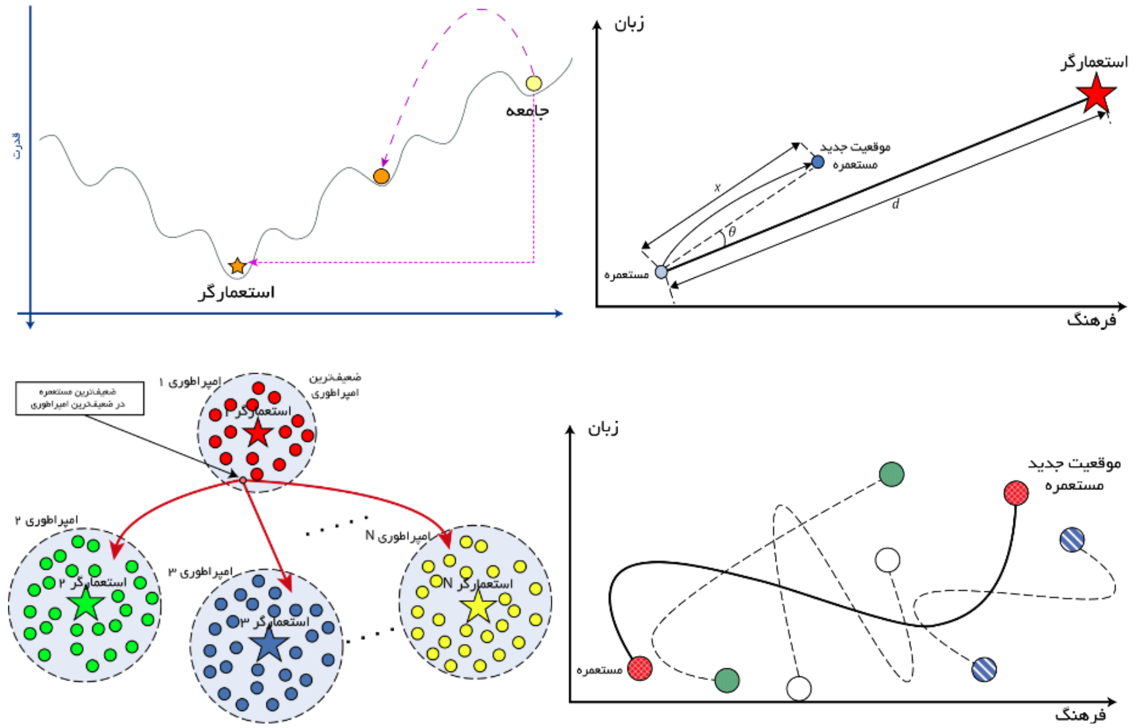
کدگذاری محوری	مفاهیم مستخرج	کدگذاری باز	مأخذ
فضایی	درجهٔ تمرکز یا تفرق جمعیت	PC	*Dore et al, 2020* *Connolly, 2020* *Banica et al, 2017* *IPCC, 2014* *اکبری و صیاد، ۱۴۰۰* *جمشیدی و عنابستانی، ۱۳۹۹* *بارزمان و همکاران، ۱۴۰۰* *نیکپور و همکاران، ۱۴۰۰* *رهنما و همکاران، ۱۳۹۸*
	خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس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

مأخذ: نگارندگان بر مبنای مطالعات نظری و میدانی، ۱۴۰۱

1. Current Land Use Shape file

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 ایدهٔ اصلی این الگوریتم از سیاست و مفاهیم امپراتوری و مستعمره اقتباس شده است. الگوریتم رقابت استعماری[1] که به اختصار ICA نامیده می‌شود، روشی در حوزهٔ محاسبات تکاملی است که به یافتن پاسخ بهینهٔ مسائل مختلف بهینه‌سازی می‌پردازد. این‌الگوریتم با مدل‌سازی ریاضی فرایند تکامل اجتماعی وسیاسی،الگوریتمی‌برای حل مسائل ریاضی بهینه‌سازی ارائه می‌دهد. همانند دیگر الگوریتم‌های تکاملی، این الگوریتم نیز با تعدادی جمعیت اولیه تصادفی که هرکدام از آن‌ها یک «کشور» نامیده می‌شوند، شروع می‌شود. تعدادی از بهترین عناصر جمعیت (معادل نخبه‌ها در الگوریتم ژنتیک) به‌عنوان استعمارگر انتخاب می‌شوند. باقی‌ماندهٔ جمعیت نیز به‌عنوان مستعمره درنظر گرفته می‌شوند. استعمارگران بسته به قدرتشان، این مستعمرات را با یک‌روند خاص که در ادامه می‌آید (Atashpaz-Gargari & Lucas, 2007: 111).

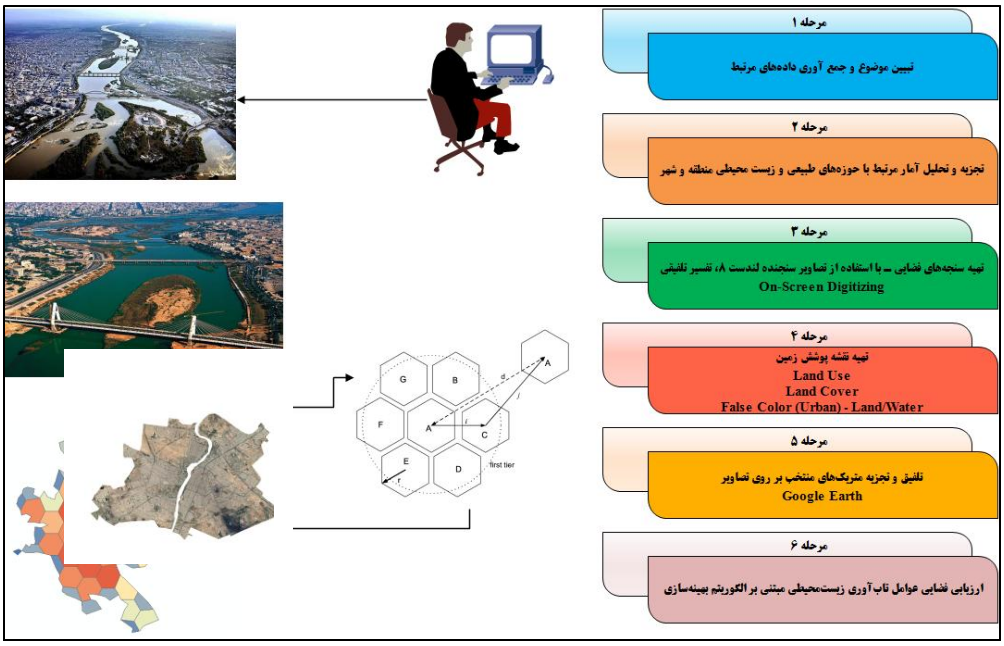


شکل ۱: مدل الگوریتم رقابت استعماری

مأخذ: Atashpaz-Gargari & Lucas, 2007: 11

1. Imperialist Competitive Algorithm

در بخش نخست به‌منظور ارزیابی ابعاد تاب‌آوری در بخش زیستی شهر اهواز ابتدا به بررسی و تجزیه‌وتحلیل الگوهای ثبت‌شده با استناد به آمار و گزارش‌های موجود پرداخته شد؛ زیرا هرگونه ارزیابی منوط به صحت وقایع گذشته و شکل حساسیت زیست‌محیطی دارد. لازمهٔ چنین کاری در اختیار داشتن نقشهٔ صحیح پهنه‌بندی فضایی اهواز (شهری-اکولوژیک) است که با توجه به محدودیت منابع اطلاعاتی و به‌دلیل نبود چنین متریک‌هایی از منطقه می‌بایست داده‌های مرتبط با ساختار فضایی شهر با گونه‌ای از داده‌های ماهواره‌ای تهیه می‌شد که اطمینان بالایی از دقت و صحت آن‌ها حاصل شود. بر این مبنا با استفاده از تصاویر سنجندهٔ OLI ماهوارهٔ لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۲۱ و به روش تفسیر تلفیقی، تفسیر چشمی روی صفحهٔ نمایش، On-Screen Digitizing ابتدا نقشهٔ محدودهٔ مناطق و حوضهٔ شهر اهواز با بررسی تصاویر فصول (پاییز، زمستان و بهار) تحلیل و ساخت نقشهٔ پوشش شهر در دو کاربری False Color (Urban) و Land/Water تهیه شد (شکل ۲).



شکل ۲: فرایند اخذ و پردازش داده‌ها

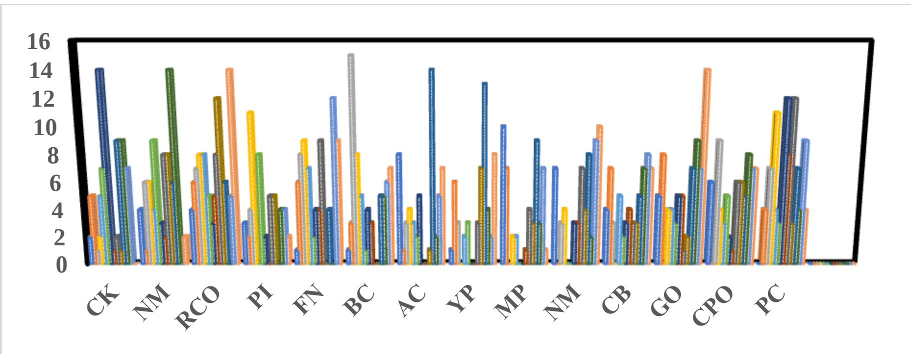
مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

به‌منظور تعیین صحت و دقت نقشه‌های پوششی از تصاویر Google Earth استفاده شد که در ادامه برای این منظور ۴۹ نقطهٔ تصادفی روی نقشهٔ پوشش سرزمین انتخاب شد و با روی‌هم‌گذاری متریک‌های منتخب روی تصاویر Google Earth، نوع پهنه مربوط به هر نقطهٔ برداشتی با اطلاعات متناظر آن در محیط Google Earth مقایسه شد. پهنه‌های منتخب پس از تعیین واحد پایهٔ تحلیل و تعیین همبستگی فضایی، به‌دلیل دقت بالا به‌صورت ۶ ضلعی برای پهنهٔ شهر ترسیم شد که برای تلفیق منابع، برداشت و مشاهدهٔ میدانی، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و واقعیت‌های موجود از نرم‌افزارهای Google Earth، ENVI، Arc GIS و افزونه MikeUrban استفاده شد. پس از اخذ اولیهٔ داده‌ها، درخت پوشای کمینه یا درخت فراگیر مینیمم در گراف‌های ارزش‌دار (وزن‌دار) ساخته می‌شود. منظور از درخت پوشای مینیمم (برای

گـراف همبنـد وزن‌دار) درختـی اسـت کـه بـین درخت‌های پوشای آن گراف، مجموع وزن یـال‌هـای آن، کمترین مقدار ممکن باشد. برای بررسی اثـرات فاکتورهای فضایی- زیستی ازطریق درخـت پوشـای مینیمم وضعیت مطابق با گام‌هـای درخـت تحلیـل انجام گرفـت و مـاتریس مقایسـات ۱۴×۱۴ تهیـه و الگوی آن ارائه شد.

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

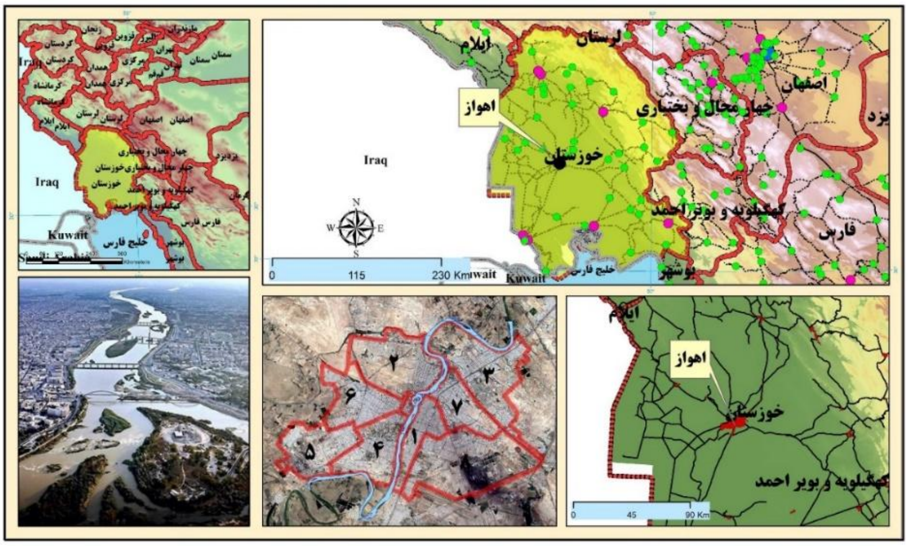
محدودهٔ مورد مطالعه

کلان‌شهر اهواز با جمعیت ۱۱۸۴۷۸۸ نفر، در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقهٔ طول شرقی، در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع‌شده است. اهواز هشتمین کلان‌شهر ایران و یکی از ۷۶نقطهٔ شهری استان‌است که‌در بخش‌مرکزی شهرستان اهواز قرار دارد و از سال ۱۳۰۳ تاکنون به‌عنوان مرکز استان خوزستان شناخته می‌شود *(امیری‌فهلیانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۸۹)*. بر پایهٔ آخرین آمار رسمی، ۳۲ درصد مردم استان‌خوزستان در کلان‌شهر اهواز زندگی می‌کنند. از این جمعیت، ۳۵

درصد در حاشیهٔ 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 دورهٔ 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 منطقهٔ شهرداری است که رودخانهٔ کارون پرآب‌ترین رودخانهٔ 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 دههٔ 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 پیروی‌نکردن از الگوی واحدی درجهت دسترسی به خدمات شهری، پایین‌بودن ایمنی کالبدی، توجه ناکافی شهرداری به جمع‌آوری به‌موقع زباله، فاضلاب‌های سطحی و روباز، آلودگی آب، آلودگی هوا، آلودگی بویایی به‌دلیل شیب‌کم 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 درجهت تخلیهٔ 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 توسعهٔ فیزیکی ناموزون به‌دلیل درصد مهاجرپذیری بالا، تراکم و ناامنی، مسکن غیرهمساز با اقلیم شهر، سرانهٔ پایین فضای سبز، وجود کارخانه‌ها و صنایع متعدد و آلودگی صوتی و آلودگی هوا ناشی از دود آن‌ها، استفادهٔ کم از وسایل نقلیهٔ عمومی و ترافیک ناشی از تردد وسایل نقلیهٔ 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 پیشنهادهای طرح‌های جامع و تفضیلی *(امانپور و حاجی‌پور، ۱۳۹۹: ۱۷؛ گودرزی و حاجی‌پور، ۱۳۹۷: ۷۸۵)*.

شکل ۳: چهار پیامد اصلی تغییر اقلیم در کلانشهر اهواز[1] (بحران ریزگرد، افزایش دما، سیل و فرونشت)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱



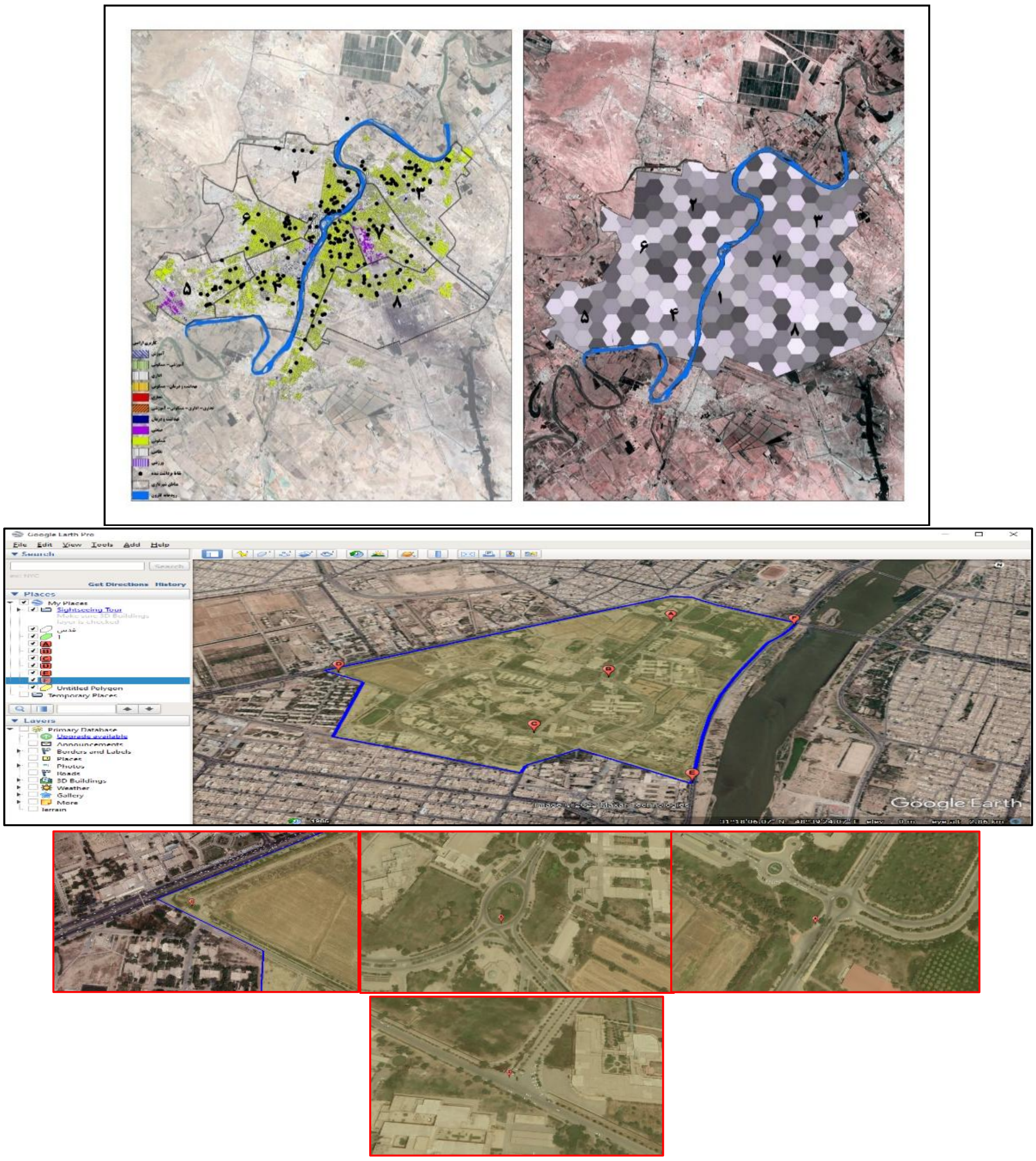
شکل ۴: موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر اهواز

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

یافته‌ها و بحث

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. درادامه چگونگی استخراج فواصل در قالب شکل و اعداد متناظر با آن نیز با توجه به شاخص‌های ۱۴گانهٔ فضایی-زیستی در قالب جدول ۴ و شکل ۵ ارائه شد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، با توجه به دریافت اطلاعات ورودی شبکهٔ 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 ۱۴گانه ارائه شد. خروجی متناظر بهینه‌ترین سناریوهای اجراشده در محیط Matlab a2018، در قالب شکل ۶ ارائه شد. همهٔ مراحل بعد از کدنویسی و RUN کردن نرم‌افزار انجام شده است.

1. https://jwsd.um.ac.ir/article_41484.html



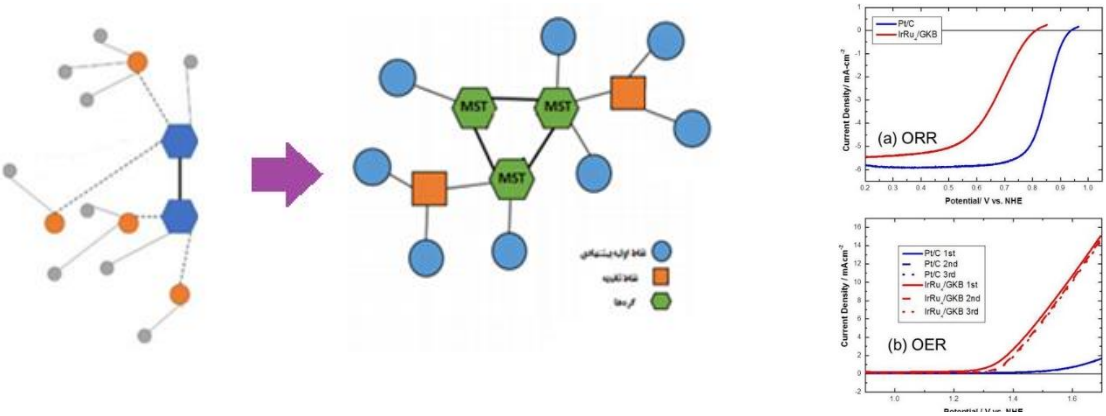
شکل ۵: پردازش شاخص‌های منتخب و برداشت میدانی نقاط تصادفی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

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

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

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱



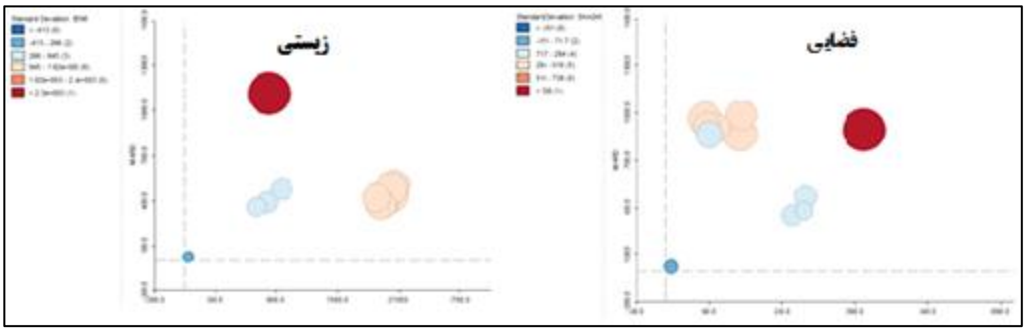
شکل ۶: سناریوها و اثرات فضایی-زیستی

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
۰,۰۰	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	تاب‌آوری زیستی
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 شبکهٔ هدفمند برای شاخص‌های زیستی-فضایی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

در جدول ۵ بر حل مسئله در حالت سناریوهای پیش‌فرض حل‌کنندۀ ستون nodes اضافه شد که مربوط به‌حل مسئلۀ آزادسازی خطی به‌کمک الگوریتم است. نتایج این جدول نشان می‌دهد براساس اولویت‌های موجود ۱۴ شاخص مورد بررسی سطح مناطق شهر اهواز برای بررسی وضعیت تاب‌آوری وجود دارد که با انتقال این داده‌ها و اطلاعات به محیط نرم‌افزار ArcGIS به فضایی‌سازی این شاخص‌ها پرداخته می‌شود. همچنین ساختار سناریوهای اول در فاز جست‌وجوی محلی و دو ساختار بعدی در فاز پرش به کار می‌روند.

در هر ساختار، بعد از تعیین مکان‌ها و تخصیص شاخص‌ها به عوامل فضایی- زیستی، مسیرهای بهینۀ دستیابی به هدف از طریق تحلیل شبکۀ مرکزی و در محیط ArcGIS به‌ازای هر جفت گرۀ مبدأ/ مقصد بروز خواهد شد. در هر جواب سناریو درصورتی‌که مسیر بین جفت گرۀ مبدأ/ مقصد شامل دو سناریو باشد، آنگاه با توجه به شاخص‌ها و محدودیت‌های موجود در بافت کالبدی، یکی از این سناریوها انتخاب خواهد شد. نتایج این‌جدول همچنین نشان‌می‌دهد که در بین شاخص‌های فضایی و کالبدی شاخص‌های RCO و CB، یعنی درجۀ تمرکز یا تفرق جمعیت و توزیع کاربری‌ها (فضای سبز) را در بین کدهای تحلیلی به‌دست آوردند.

فضایی‌سازی شاخص‌های فضایی-زیستی

در ادامه به‌منظور فضایی‌سازی سناریوهای موجود درجهت شاخص‌های فضایی- زیستی مناطق شهر اهواز ابتدا همۀ اطلاعات محیط نرم‌افزار Matlab با خوانش و تصحیح اطلاعات با فرمت DAT و ASCII به محیط ArcGIS انتقال داده شد و درنهایت 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 شبکۀ هدفمند برای شاخص‌های زیستی-فضایی و اجتماعی ارائه شد، به‌گونه‌ای‌که در سطح ۱۴ شاخص مورد مطالعه در ارتباط با تاب‌آوری دو بخش باید گفت: در بخش شاخص فضایی- زیستی، یک وضعیت کاملاً پلکانی، سه وضعیت افزایشی، پنج وضعیت تثبیتی و یک وضعیت کاملاً کاهشی بودند. در بخش شاخص اجتماعی یک وضعیت کاملاً افزایشی، سه وضعیت افزایشی، پنج وضعیت نسبتاً کاهشی و یک وضعیت کاملاً کاهشی بودند.

ارزیابی فضایی-زیستی عوامل

درجهت تعیین وضع موجود شاخص‌های تاب‌آوری در سطح بافت کالبدی مناطق ۸گانۀ شهر اهواز پس از دسته‌بندی شاخص‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGis نوع، مساحت و درصد هر شاخص استخراج شد.

جدول ۶: ارزیابی وضع موجود شاخص‌های فضایی-زیستی تاب‌آوری

شاخص	نوع	مساحت (مترمربع)	درصد
درجهٔ تمرکز یا تفرق جمعیت	خوشه‌ای	۱۵۸۵۸۰۱,۶	۵۰
	تصادفی	۸۹۲۹۰۰,۸	۲۸,۱۵
	پراکنده	۶۹۲۹۰۰,۸	۲۱,۸۴
درجهٔ 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
خوشه‌های قومی و فرهنگی براساس اکثریت ساکن در محلات	خوشه‌ای	۶۷۱۳۱۸,۷	۳۳,۴
	تصادفی	۸۳۹۱۴۸,۵۳	۴۱,۶
	پراکنده	۵۰۳۴۸۹,۰۷	۲۵
جهت جغرافیایی توزیع جمعیت	شمال شرقی-جنوب غربی	۱۰۵۹۹۷۷	۵۲,۶۳
توزیع کاربری‌های صنعتی	خوشه‌ای	۱۸۷۶۶۱۹,۲۰	۳۳,۳
	تصادفی	۲۵۰۲۱۵۸,۹	۴۱,۷
	پراکنده	۳۱۲۷۶۹۸,۶	۲۵
کیفیت آب و دسترسی به آب آشامیدنی	نسبتاً مناسب	۷۱۶۰۲۰	۱۹,۱۴
	نسبتاً نامناسب	۶۶۸۴۱۰	۱۷,۸۷
	نامناسب	۱۲۵۷۱۲۰	۳۳,۶۱
آلودگی هوا	ازُن (O3 ppb)	۲۰۱۳۹۵۶,۳	۱۰۰
	دی‌اکسید کربن (Co ppm)		
	نیتروژن (No2 ppb)		
	دی‌اکسید سولفور (So2 ppb)		
	Pm ۱۰		
	Pm ۲/۵		
وضعیت دفع فاضلاب	نسبتاً مناسب	۶۷۱۳۱۸,۷	۳۳,۳
	نسبتاً نامناسب	۸۳۹۱۴۸,۵۳	۴۱,۷
	نامناسب	۵۰۳۴۸۹,۰۷	۲۵
شیب و شبکهٔ زهکشی	+۰,۵۰	۲۵۶۸۴۰	۶,۸۷
	۰,۵۰ _ ۰,۱۶	۸۴۵۱۳۰	۲۲,۶۰
	۰,۱۶ _ ۰	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
تراکم شبکهٔ معابر و دسترسی‌ها	نامناسب	۱۷۶۲۰۰۰	۴۷,۱۱
	نسبتا 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
	۱۲ متری	۳۵۵۱۲۰	۹,۰۲
	بیش از ۱۲ متری	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 بازهٔ مورد نظر تعریف و اِعمال شد. به‌گونه‌ای‌که در شاخص درجهٔ 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 محدودهٔ 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 بازهٔ نامناسب توزیع شده‌اند. همچنین در ارتباط با اثر عوامل کالبدی و فضایی نیز شیب و شبکهٔ زهکشی بالاترین درصد یعنی ۴۷,۰۰ درصد در شیب متوسط ۰,۱۶ توزیع شده‌اند که خود عامل عدم‌تاب‌آوری بهینهٔ شهر در برابر مخاطرات به‌ویژه عدم‌دفع سیلاب است. در شاخص تراکم شبکهٔ معابر و دسترسی‌ها بالاترین درصد یعنی ۴۷/۱۱ درصد در نامناسب و دارای وضعیت تاب‌آوری خیلی پایینی بودند، در شاخص درجهٔ تمرکز یا تفرق جمعیت بالاترین درصد یعنی ۵۰ درصد در نوع خوشه‌ای وضعیت تاب‌آوری در برابر بلایا و پس از آن کاهشی بودند، در شاخص درجهٔ 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[1] اشاره کرد. آمارهٔ آزمون موران توان بالایی در تشخیص وجود اثرات فضایی و درنتیجه خطای تصریح مدل دارد؛ اما درمورد 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 فرضیهٔ 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

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

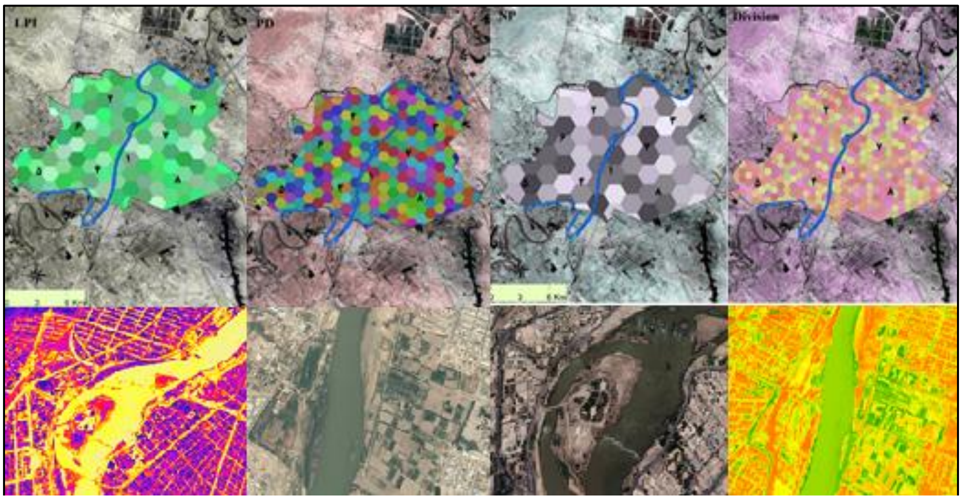
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

برای رفع مشکل ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی در مدل وقفهٔ 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 KP - HET را پیشنهاد کردند؛ بنابراین روش مورد استفاده در مطالعهٔ حاضر روش کلجیان و پروچا (۲۰۱۰) است. نتایج تخمین مدل خطای فضایی با استفاده از برآوردگر KP – HET در جدول ۸ ارائه شده است.

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

مدل	KP – HET	
کد تحلیلی	Cofficient	T. Statistics
Ln (PC)	-۹/۲۳۴***	۱/۶۳۶
Ln (CPO)	-۷/۲۰۷	-۰/۴۳۸
Ln (GO)	-۴/۴۰۳**	-۲/۰۳
Ln (CB)	۱۱/۱۱۳***	-۳/۹۳۲
Ln (MP)	۱/۱۳۶	۰/۲۰۹۸
Ln (YP)	-۸/۵۸۳**	-۱/۹۰۷
Ln (AC)	۸/۰۸۱*	۲/۰۰۴
Ln (PI)	۱/۵۰۲	۲/۲۰۷
Ln (BC)	۷/۷۰۷**	۱/۲۰۹
Ln (FN)	-۷۳/۰۷۱***	۳/۳۳۷
Ln (RCO)	۱/۷۰۷	۳/۱۳۲
Ln (NM)	۱۲/۶۲۱*	۱/۳۷۶
Ln (CK)	۵/۲۲۵**	۱/۳۷۳
Ln (MTO)	۶/۴۲	۱/۳۷۳
λ	۰/۰۲۲***	-۳/۳۳۱
CONSTAVT	۲۰۰/۱۳۳***	۱/۳۳۹
R^2	۰/۲۸۰۷	
000p< ۰/۰۱ ، 00p< ۰/۰۵ ،0p< ۰/۱۰		

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱



شکل ۸: نتایج ارزیابی شاخص‌های فضایی- زیستی

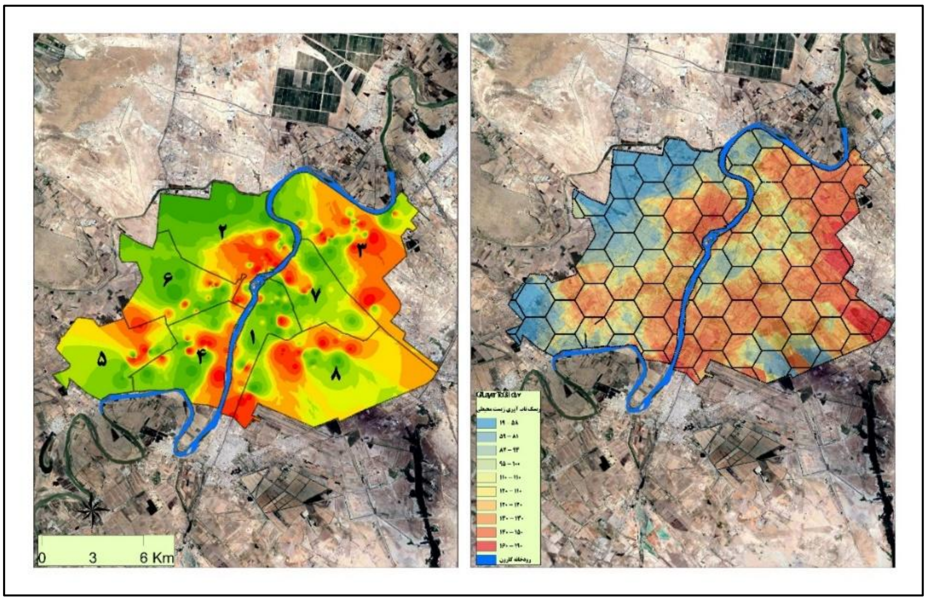
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

برابر با یافته‌ها و از آنجایی‌که 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؛ ازاین‌رو، 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 ملاحظاتی را برای آن در نظر گرفت؛ اول، تاب‌آوری فضایی- زیستی به‌عنوان یک ویژگی بسیار مهم تحت‌تأثیر تراکم جمعیت و الگوی توزیع کاربری‌ها و سایر متغیرهای اقتصادی، سیاسی و اجتماعی ازقبیل افزایش جمعیت و حجم تقاضا، اثر مهاجرت، کاربری فضای سبز و سایر قرار دارد، این یک ملاحظهٔ مهم در مدلسازی تاب‌آوری زیستی است. دوم، به‌دلیل وضعیت شیب کلی در شهر اهواز به صورتی است که این شهر نه‌تنها از حداقل شیب موردنظر برخوردار نیست، بلکه شیب متوسط آن ۱۶ صدم است، یعنی به‌جای اینکه سطح زمین در هر ۱۰۰ متر طول، حداقل ۲متر 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 (λ) در سطح بالایی معنادار است که مؤید وجود وابستگی فضایی در اجزا اخلال 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 توسعهٔ شهری قلمداد می‌شود.

ارزیابی وضعیت نهایی تاب‌آوری فضایی-زیستی

برای بررسی وضعیت نهایی تاب‌آوری میزان تغییرات در سطح ۱۴ شاخص نشان داده شد به‌گونه‌ای‌که 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 قابل‌مشاهده هستند. همان‌طور که در شکل ۹ قابل‌مشاهده است، قسمت‌های قابل‌توجهی از بافت شهر اهواز در محدودهٔ طیفی تاب‌آوری خیلی کم تا متوسط قرار گرفته‌اند به‌گونه‌ای که بخش مرکزی شهر مناطق شرقی که منطبق بر هستهٔ تاریخی

شهر نیز است که به‌دلیل 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 به‌صورت چشمگیری خود را نمایان‌تر خواهند کرد و خسارات مالی و جانی آن دوچندان خواهد شد. مطابق با نتایج، میزان شیب، شبکهٔ معابر و الگوی توزیع کاربری‌ها اثر منفی و معنادار بر تاب‌آوری دارد. به این معنی که محلات و مناطق با سال شیب کمتر، شبکهٔ معابر و دانه‌بندی کمتر و توزیع خوشه‌ای، رشد تاب‌آوری کمتری داشته‌اند. همچنین شاخص سابقهٔ 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.



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

جمع‌بندی معیارهای تاب‌آوری نشان می‌هد 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 عدم‌دسترسی منصفانهٔ 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 تجمیع و بیشترشدن 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 باارزش و ضامن بقا است، مورد تهدید قرار می‌گیرد. از طرفی تشدید بارش و وقوع سیل، بهره‌برداری از منابع آبی و وقوع فرونشست‌های فراگیر، وقوع پدیدهٔ گردوخاک طولانی‌مدت و... شدیداً بر الگوی سکونت و فعالیت در استان خوزستان و کلان‌شهر اهواز تأثیرات منفی گذاشته و ساختار و کارکرد این کلان‌شهر را در آینده تغییر خواهد داد. بر این مبنا، 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؛ ازاین‌رو باید مطالعه و سنجشی همه‌جانبه از شرایط زندگی با معیارهای علمی صورت گیرد تا بر پایهٔ شناختی همه‌جانبه، برنامه‌ریزی برای بهبود شرایط زندگی صورت گیرد. براین‌اساس، تعاریف ارائه‌شده در ادبیات می‌تواند بسته به‌اولویت نگرانی‌های 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 هرکشور 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 درنظرگرفتن ویژگی‌های کشور موشکافی کرد. شهر اهواز، به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای کشور در سال‌های اخیر، بر اثر روند سریع گسترش کالبدی و توسعهٔ‌صنایع 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 این‌شهر 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 کنترل‌کنندهٔ 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

بر این‌ها، بالابودن 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 ضعیف‌شدن 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 قابلیت تاب‌آوری، شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی، سطح توسعهٔ 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 توسعهٔ 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، توسعهٔ محلات و پیش از اجرای پروژهٔ محلی، میزان تأثیرات زیست‌محیطی را پیش‌بینی کنند و برای جبران آن یا تغییر در اجرای پروژه یا عدم‌اجرای آن، آمادگی لازم را داشته باشند. براین‌اساس رویکردهای محله‌محوری واقعی، حکمروایی خوب شهری، طبیعت-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 بالقوهٔ تغییر اقلیم را مقدور ساخته است. توسعهٔ فناوری‌های سنجش‌ازدور، سامانه‌های پیش‌بینی آب‌وهوایی و سایر ابزارهای دقیق درجهت پایش تغییر اقلیم و پیش‌بینی انواع مخاطرات توسط بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته هم‌اکنون انجام می‌شود. توسعه و راه‌اندازی واحد زیرساخت داده‌های مکانی[1] 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 درجهت آمادگی با پیشامدهای مرتبط باشد. لزوم تبیین راهبردهای بلندمدت و تدوین سیاست‌های کلان اجرایی مقابله و همگام‌سازی منابع منطقه‌ای و سرزمینی، نیروی انسانی و زیرساخت با تغییرات اقلیمی و لزوم سرمایه‌گذاری در حوزهٔ شهر هوشمند، سبز و بوم‌محور می‌تواند پیشامدها را به طرز فوق‌العاده‌ای تثبیت یا کاهش دهد. در این‌زمینه، توسعهٔ پروژه‌های همکاری اقلیمی و پیمان‌های زیستی با کشورهای منطقه در زمینهٔ پایش و حفظ تعادل‌اکولوژیکی و بهره‌گیری از تجارب سایر کشورها بسیار ارزشمند خواهد بود.

1. **Spatial Data Infrastructure**

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 (مطالعهٔ 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 ۷۴-۳۷.
https://jphgr.ut.ac.ir/article_81101.html?lang=fa

امانپور، سعید؛ نازنین حاجی‌پور (۱۳۹۹). تحلیل تطبیقی شاخص‌های کالبدی شهر ایمن در کلان‌شهر اهواز با استفاده از (Geoda و GIS) مطالعهٔ 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

امیری‌فهلیانی، 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.
http://sspp.iranjournals.ir/article_38628.html?lang=fa

بدری، سیدعلی؛ مهدی رمضان‌زاده لسبوئی؛ 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 (مطالعهٔ موردی: شهر بابلسر)، پژوهش‌های دانش زمین. دوره ۱۳.شماره ۱.صفحات۱۳۴-۱۱۷.
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 مقایسهٔ تغییرات اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای مختلف در حوزهٔ 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، طاها؛ ابوالفضل مشکینی؛ عبدالرضا رکن‌الدین افتخاری؛ مجتبی رفیعیان (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.jscity.ir/article_92798.html

رهنما، محمدرحیم؛ محمد قنبری؛ سمیه محمدی حمیدی؛ سیدمصطفی حسینی (۱۳۹۸). ارزیابی و سنجش زیست‌پذیری شهری در کلان‌شهر اهواز، فصلنامۀ 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 (مطالعۀ موردی: محله‌های شهر تهران)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۷. شماره ۴. صفحات ۶۲۳-۶۰۹.
https://jhgr.ut.ac.ir/article_51228.html?lang=fa
تیموری، سارا (۱۴۰۰). تشدید پیامدهای منفی سیل ناشی از تغییر در چرخۀ هیدرولوژیکی طبیعی حوضۀ کرخه (تغییر کاربری اراضی در تالاب هورالعظیم)، ایران طبیعت. دوره ۵. شمار ۶. صفحات ۲۰-۱۳.
https://jwem.areeo.ac.ir/article_119566.html
جمشیدی علیرضا؛ علی‌اکبر عنابستانی (۱۳۹۹). الگوی ساختاری ـ تفسیری عوامل تأثیرگذار بر توسعۀ تاب‌آوری روستاییان غرب دریاچۀ ارومیه در برابر تغییر اقلیم (با تأکید بر خشکسالی)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. دوره ۱۱. شماره ۴۲. صفحات ۲۲-۱.
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 زرآبادی؛ مصطفی بهزادفر (۱۳۹۹). شناسایی و بررسی وضعیت موجود تغییرات اقلیمی و چالش‌های آن در تاب‌آوری بوم شناسانه، فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای). دوره ۱۰. شماره ۳-۱.صفحات۴۶۲-۴۴۷.
http://www.jgeoqeshm.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
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