



## Assessing of natural resilience of Khalkhal city against earthquake

Seyedeh Freya Aghayri<sup>1</sup>, Mohamad Taqi Masoumi<sup>2</sup>, Behnam Bageri<sup>3</sup>

1. PhD in Geography and Urban Planning, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran .

E: [freayari1993@yahoo.com](mailto:freayari1993@yahoo.com)

2. Assistant Prof., Department of Geography, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

E: [taqi.masoumi@gmail.com](mailto:taqi.masoumi@gmail.com)

3. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Payam Noor University, Tehran, Iran

E: [bagheribehnam@pnu.ac.ir](mailto:bagheribehnam@pnu.ac.ir) (Corresponding Author)

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Keywords

resilience  
vulnerability  
earthquake  
Khalkhal city  
hierarchical analysis  
Arc GIS

Today, governments take various strategies to reduce the effects of natural hazards. Therefore, from the point of view of many researchers, resilience is one of the most important issues to achieve sustainability, who seek to create resilient societies against natural hazards. Based on this, analyzing and increasing the resilience of human and environmental systems against natural disasters is very important on the way to sustainable development. The method of collecting information in this research is mainly field and library method was also used during the research. The main goal of this research is to measure and spatially analyze the urban resilience components of Khalkhal city from a natural point of view. In this research, in order to analyze the relative importance of data and give weight to the research indicators, the ANP network analysis model (multi-criteria decision making) was used in the form of Super Decision software, and in the environment of the Arc GIS geographic information system, after preparing a vulnerability map for each criterion, The final map of Khalkhal natural index is used in Arc GIS software. According to the output of the GIS software, it can be said that the western part of the city is naturally highly vulnerable and the conditions of this part of the city are critical; Therefore, this causes an increase in the number of human and financial losses during an earthquake. In general, it can be said that in the studied area, all the conditions and factors involved in the vulnerability to earthquakes have worked together and caused the formation of areas with high vulnerability.

#### Article History:

Received:

12 MA 2014

Received in revised form:

13 AU 2024

Accepted

14 AU 2024

Available online:

22 AU 2024

**Citation:** Aghayri, F., Masoumi, M. & Bageri, B. (2024). Assessing of natural resilience of Khalkhal city against earthquake. *Journal of Geography*, 22 (81), 113-130.

 <http://doi.org/10.22034/iga.2024.2026929.1304>



© The Author (s).

Publisher: Iranian Geographical Associati

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

## Extended Abstract

### Introduction

Today's metropolises are always exposed to damage caused by natural hazards for various reasons. These risks require immediate prevention and measures due to the many human and financial damages. One of the most destructive and common natural disasters is the earthquake, which has caused the greatest damage to human society from the past to the present day.

Several studies have been conducted in relation to the resilience and management of natural hazards at home and abroad; Among these studies, we can refer to the researches of Ebrahimzadeh et al. with the title of analysis on the vulnerability caused by earthquakes with emphasis on providing the optimal model for the location of special uses for health care and education, a case study of the worn out fabric of Tabriz city. Mansour Naimi et al.'s research titled "Earthquake Risk Microzoning with Fuzzy Hierarchy Analysis Model in Zone 1 of Ahvaz Metropolis", Alexander with a research titled "Resilience against Earthquake", Kusumastoti et al. Natural Indonesia as well as the doctoral thesis of Boston in relation to building resilience through design with the approach of improving the efficiency of hospitals after earthquakes.

Resilience as a concept can be used for any community and any type of disorder, whether natural, man-made or a combination of the two. The definition of resilience includes: 1. The ability of a system to absorb damage and loss, without going out of normal state 2. The ability of a system to organize and reorganize itself in different conditions 3. The ability of a system to increase and create Capacity to learn and strengthen its adaptability. Vulnerability is the possibility that a person or group is exposed to the incompatible effects of a hazard, which is actually an interaction between spatial hazards and social forms of societies.

One of the goals of this project is to provide solutions to improve resilience according to the results and the strengths and weaknesses of Khalkhal city. Knowing the characteristics of the resilient city, measuring the level of urban resilience and also determining the effective methods of evaluating the resilience of Khalkhal city are among the main reasons for conducting the present research.

### Methodology

The method of collecting information in this research is mainly field and library method was also used during the research. In this research, first, the theoretical framework of the research was done by collecting information using documentary studies. In the following, in order to check the degree of resilience of the studied cities by examining previous researches, criteria and sub-criteria of resilience were determined; Then, in order to analyze the data, from weighting to the research indicators, the ANP network analysis model was used in the form of Super Decision software, and in the Arc GIS environment, after preparing a vulnerability map for each criterion, using the technique of layer weighting and scoring the main and sub criteria. Its criteria have been used to prepare the final map of the natural index of Khalkhal city in Arc GIS software. Considering that some criteria are more important than other criteria and had a decisive role in the physical resilience of the city, a questionnaire was prepared to determine the relative importance of each of the indicators and it was distributed and completed among 15 expert experts.

### Results and Discussion

It should be mentioned here that in order to evaluate the natural resilience of Khalkhal city, all the layers and sub-criteria effective in the natural resilience of the region, which was the result of applying the weights obtained from ANP in the GIS environment, were analyzed and integrated, and then after standardizing all the indicators and using From the weight obtained from the network analysis model (ANP), standard balanced maps were prepared and finally zoning of resilient urban spaces. Therefore, at this stage, the resilience of the natural dimension was calculated using the Raster Calculator tool to be used in the final zoning of this dimension of resilience. This process was carried out for each index, and finally, the general natural resilience map of Khalkhal city, which is the result of combining 8 sub-criteria of the research, was extracted.

### Conclusion

In the researches that are formed with the aim of analyzing the state of resilience, the most

important issue that should be paid attention to is the analysis of vulnerability and the recognition of upcoming threats in order to identify the capacity and capabilities of resilience. The city of Khalkhal has little resilience against the earthquake crisis due to its geographical and tectonic location, numerous active faults, the irregular growth of the city in the boundaries of the faults and unstable lands, so planning to deal with this risk is considered vital. The current research aims to measure and evaluate the natural resilience of Khalkhal city against different earthquake intensities and to achieve the first step of planning to deal with the earthquake crisis, which is to identify the overall resilience of the city. In this research, using standard indicators, the degree of vulnerability of Khalkhal city has been determined, and taking into account the results of the methods and combining them with the geographic information system, the vulnerability map of the city has been drawn. According to the final map, which is the output of GIS software, it can be said that the western part of the city is naturally highly vulnerable. In the current research, it was determined that the conditions in the western part of Khalkhal city are critical and during an earthquake, the number of casualties and financial damages will be high. Finally, in this thesis, the obtained results showed that the method used in the research was able to evaluate the studied area well and showed the vulnerable parts, which mostly include the western areas of Khalkhal city, in the final map.

#### **Funding**

There is no funding support.

#### **Authors' Contribution**

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

#### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

#### **Acknowledgments**

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

#### **References**

- 1) Abbas, K., Jha., Miner, T. W. & Stanton-Geddes, Z. (2013). Building Urban Resilience: Principles, Tools and Practice. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 202-473.
- 2) Ahad nejad, M., Garakhlou, M. & Ziari, K. (2009). Modeling the building vulnerability of cities against earthquakes using the hierarchical analysis process method in the geographic information system environment, case example: Zanjan city, *Geography and Development*, 19(8), 198-217. [Persian].
- 3) Ahad nejad, M. (2009). Modeling the vulnerability of cities against earthquakes, a case study of Zanjan city, PhD dissertation in geography and urban planning under the guidance of Mehdi Garakhlou, University of Tehran. [ Persian].
- 4) Amani, H., Ezzat Panah, B. & Shams, M. (1400). Analysis of factors affecting the resilience of sensitive and vital urban centers based on passive defense (case study: District 11 of Tehran metropolis), *Geography (Quarterly scientific-research and international journal of the Geographical Society of Iran)*, 19(69), 118-97. [In Persian]. <http://dor.org/20.1001.1.1400.19.70.6>
- 5) Amaratunga, D. & Haigh, R. (2011). *Post-Disaster Reconstruction of the Built Environment - Building for Resilience*, Wiley-Blackwell, U.K.
- 6) Beatley, T., & Newman, P. (2013). Biophilic cities are sustainable, resilient cities. *Sustainability*, 5, 3328-3345.
- 7) Boston, M. (2017). *Building Resilience Through Design: Improving Post-Earthquake Function of Hospital*, Ph.D Thesis, Advisor Judith Mitrani, Department Of Civil Engineering, Johns Hopkins University.
- 8) Cerè, G., Rezgui, Y. & Zhao, W. (2017). Critical review of existing built environment resilience frameworks: Directions for future research, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25, 173–189

- 9) Chang, S. E. & Shinozuka, M. (2014). Measuring improvements in the disaster resilience of communities. *Earthquake Spectra*, 20(3), 739--755. <http://doi.org/10.1193/1.1775796>
- 10) Cutter, S. (1996). Societal Vulnerability to Environmental Hazards, *International Social Science Journal*. 47 (4): 525-536.
- 11) Derissen, S. Q., M. & Baumgartner, S. (2009). The relationship between Resilience and Sustainable Development of Ecological- Economic Systems, University of Luneburg Working Paper in Economics.
- 12) Hajinejad, A., Asgari, A., Mohammadi, S. & Ramzanzadeh Labsoui, M. (2012). The role of people's participation in the physical reconstruction process caused by natural disasters, case study: Bam earthquake. *Journal: Geography*, 11(37), 217-232. [ Persian].
- 13) Jena, R., Biswajeet P., Sambit, P. N. & Abdullah, M. A. (2021). Earthquake risk assessment in NE India using deep learning and geospatial analysis, *Geoscience Frontiers*, 12(3), <https://doi.org/10.1016/2020.11.007>.
- 14) Khedmatzadeh, A., Mousavi, M. N. & Yusufzadeh, A. (1400). Analysis of urban vulnerability indicators with the approach of earthquake crisis management (case study: Urmia city), human settlements planning studies, 16 (1), 43-62. [ Persian]. <http://dor.org/20.1001.1.25385968.1400.16>.
- 15) Kusumastuti R.D., Husodo Z.A., Suardi, L. & Danarsari, D, N. (2014). Developing a resilience index towards natural disasters in Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 10, 327-340. <https://doi.org/10.1016/2014.10.007>
- 16) Madhuri, M., Tewari, H. R. & Pradip, k. B. (2014). Livelihood vulnerability index analysis: an approach to study vulnerability in the context of Bihar. Original research. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies*, 6(1), 1-13. <http://doi.org/10.1007/43545.00918>
- 17) Matyas, D. & Pelling, M (2015). Positioning resilience for 2015: the role of resistance, incremental adjustment and transformation in disaster risk management policy. *Disasters*, 39, 1-18.
- 18) MCENTIRE, D. A. (2014). Disaster response and recovery: strategies and tactics for resilience, John Wiley & Sons, 1-56.
- 19) Mobaraki, O., Lalepour, M. & Afzali, Z. (2016). evaluation and analysis of dimensions and components of resilience of Kerman city, *Geography and Development*, 15(47), 89-104. [ Persian]. <https://doi.org/10.22111/2017.3185>
- 20) Mohammadi, S. & Rastgunjad, S. B. (2017). Investigating changes in livelihood resilience of rural households in two periods of living in the city and migrating to the countryside (a case study of Dezli Dehistan, Sarvaabad city), *Geography (Scientific-Research and International Quarterly of the Geographical Society of Iran)*, 16(59), 177-161 [ Persian].
- 21) Naimi, M. Rangzai, I., & Kabulizadeh, M. (2014). Earthquake risk microzoning with FAHP model; Study area: Area one of Ahvaz metropolis. The first national conference of geosciences and urban development in Tabriz. [ Persian].
- 22) Naqdi Pourbirgani, M. (2012). making cities resilient; A strategic approach for managing natural hazards in order to achieve sustainable urban development, *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development*. [Persian].
- 23) Norris, F. H. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American journal of community psychology*. 41(2), 127-150.
- 24) Pagano, A., Pluchinotta, I., Giordano, R. & Vurro, M. (2017). Drinking water supply in resilient cities: Notes from L'Aquila earthquake case study. *Sustainable Cities and Society*, 28, 435-449.
- 25) Paton, D., & Johnston, D. (2006). Disaster resilience: An integrated approach. Springfield.
- Pourahmad, A. & Hatami, A. (1400). Evaluating the level of resilience of the historical context of Kerman city against earthquakes and presenting strategies for its improvement, *Geography (Quarterly Scientific-Research and International Journal of the Geographical Society of Iran)*, 20(72), 37-59. [Persian]. <http://dor.org/20.1001.1.27833739.1401.20.72.3.9>
- 27) Rafiyan, M. R., Askari, A., Parhizgar, A. & Shayan, S. (2018). Conceptual explanation of resilience and its indexing in CBDM community-oriented disaster management, *Planning and Space Planning*, 4, 19-41. [Persian].
- 28) Ramzan Zadeh, L.M. (2015). Basics and concepts of urban resilience (models and models), vice president of studies and planning of infrastructure and master plan, management of studies and planning of technical and civil affairs, standardization and crisis affairs. [In Persian].
- 29) Renschler, C.S. & A. Frazier & L. Arendt & G.-P. Cimellaro & A.M. Reinhorn & M. Bruneau. (2010). A Framework for Defining and Measuring Resilience at the Community Scale: the PEOPLES Resilience Framework, MCEER, Buffalo.

- 30) Rezaei, M. R. & Rafiyan, M. (2012). An analysis of the concept and conceptual frameworks of resilience against natural disasters. Quarterly magazine of environmental planning and preparation, 15(4), 19-41. [Persian].
- 31) Rezaei, M. R., Rafieian, M. & Hosseini, S. M. (2015). Measurement and evaluation of physical resilience of urban communities against earthquake (Case study: Tehran neighborhoods). Human Geography Research, 47(4), 609-623. [Persian]. <http://doi.org/10.22059/2015.51228>
- 32) Sasanpour, F. Ahangari, N. & Hajinejad, S. (2017). Evaluation of the urban resilience against natural hazards in 12 region of Tehran Metropolis . Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 4 (3) :85-98. [ Persian].
- 33) Sejasi Kedari, H., Sadeghlou, T. & Veisi, I. (2013), measuring the level of crisis management knowledge of local rural managers with an emphasis on earthquakes (case study: Gosht village, Saravan city), Rural Research, 5(3), 541-564. [ Persian]. <http://doi.org/10.22059/2014.5318>
- 34) Selahshur, Z., Ahmadian, M. A. & Alizadeh, K. (1400). Assessing the vulnerability of urban infrastructures with passive defense approach (case study: Shirvan city), Geography (Quarterly scientific-research and international magazine of the Geographical Society of Iran), 20(72),153-137. [In Persian]. <http://dor.net/20.1001.1.27833739.1401.20.72.8.4>
- 35) UNISDR. (2010). Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. Preliminary version prepared as an interagency effort co-ordinated by the ISDR Secretariat, Geneva, Switzerland
- 36) Yadullah Nia, H., Rajaei, S. A., Pourahmad, A. & Khorasani, M. A. (1400). The effects of physical expansion on environmental resilience of the case study: Babol city, Geofria, 19(69),131-150. [Persian]. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.1400.19.69.9.7>
- 37) Zanganeh Shahraki, S. Ziari, K. & Pourakrami, M. (2015). Evaluation and analysis of the resilience of Kalbadab region 12 of Tehran against earthquakes using FANP and Vicor model, Geography (Quarterly scientific-research and international journal of the Geographical Society of Iran), new period, 15(52),81-102. [Persian].

## ارزیابی تاب آوری طبیعی شهر خلخال در برابر زمین لرزه

سیده فریا آقاییاری<sup>۱</sup>، محمدتقی معصومی<sup>۲</sup>، بهنام باقری<sup>۳</sup>

۱. دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

۲. استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران. E: [taqi.masoumi@gmail.com](mailto:taqi.masoumi@gmail.com)

۳. استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). E: [bagheribehnam@pnu.ac.ir](mailto:bagheribehnam@pnu.ac.ir)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

#### واژگان کلیدی:

تاب‌آوری  
آسیب‌پذیری  
زمین‌لرزه، تحلیل سلسله  
مراتبی  
Arc GIS

امروزه دولت‌ها برای کاهش اثرات مخاطرات طبیعی، راهبردهای متنوعی را در پیش می‌گیرند. از این رو تاب‌آوری از دیدگاه بسیاری از محققان یکی از مهم‌ترین موضوع‌ها برای رسیدن به پایداری است که به دنبال ایجاد جوامع تاب آور در برابر مخاطرات طبیعی هستند. بر این اساس، در مسیر رسیدن به توسعه پایدار، افزایش تاب‌آوری محیطی در برابر سوانح طبیعی از اهمیت بسیاری برخوردار است. روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش عمدتاً میدانی است و در طول انجام پژوهش از روش کتابخانه‌ای نیز استفاده شده است. هدف عمده این پژوهش، سنجش و تحلیل فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری شهر خلخال از لحاظ طبیعی است. در این پژوهش جهت تجزیه و تحلیل اهمیت نسبی داده‌ها و وزن دهی به شاخص‌های تحقیق از مدل تحلیل شبکه‌ی ANP (تصمیم‌گیری چند معیار) در قالب نرم‌افزار Super Descision استفاده شده و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی Arc GIS پس از تهیه نقشه آسیب‌پذیری برای هر معیار به تهیه نقشه نهایی شاخص طبیعی شهر خلخال در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شده است. با توجه به خروجی نرم‌افزار GIS می‌توان بیان نمود که بخش غربی شهر از نظر طبیعی آسیب‌پذیری بالایی دارد و شرایط این قسمت از شهر بحرانی است؛ بنابراین این امر موجب می‌شود که در هنگام زمین‌لرزه آمار تلفات جانی و مالی افزایش یابد. به‌طور کلی می‌توان گفت در محدوده مورد مطالعه همه شرایط و عوامل دخیل در آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه در ارتباط باهم عمل نموده و باعث شکل‌گیری نواحی با آسیب‌پذیری بالا گردیده است.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۲/۲۳

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۰۵/۲۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۵/۲۶

تاریخ چاپ:

۱۴۰۳/۰۶/۰۱

**استاد:** آقاییاری، سیده فریا؛ معصومی، محمدتقی و باقری، بهنام. (۱۴۰۳). ارزیابی تاب‌آوری طبیعی شهر خلخال در برابر زمین‌لرزه،

فصلنامه علمی جغرافیا، (۸۱) ۲۲، ۱۳۰-۱۱۳.

 <http://doi.org/10.22034/iga.2024.2026929.1304>

## مقدمه و پیشینه

انسان از آغاز آفرینش تا به امروز، همواره در معرض تهدیدات ناشی از جنگ‌ها، تهاجمات، بلایای طبیعی و انسانی بوده است و همین مسئله خود موجب وارد آمدن آسیب‌های جانی و مالی بسیاری بر آن‌ها شده است (سلحشور و همکاران، ۱۴۰۱:۱۳۸). جوامع شهری به عنوان مغز شهر عمل می‌کنند فعالیت‌های خود را هدایت می‌کنند و به نیازهای خود پاسخ می‌دهند در طول وقوع این سانحه شبکه‌های اجتماعی باید قادر به زندگی در شرایط سخت و منحصربه‌فرد باشند زیرا اگر آن‌ها توان مقاومت نداشته باشند نظام تصمیم‌گیری نابود می‌شود (یدالله نیا و همکاران، ۱۴۰۰:۱۳۴).

همواره به دلایل مختلف کلان شهرهای امروزی در معرض آسیب‌های ناشی از مخاطرات طبیعی قرار دادند. به دلیل آسیب‌های جانی و مالی فراوان این‌گونه مخاطرات نیازمند پیشگیری‌ها و اقدامات فوری می‌باشند (ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۶:۹۸). از مخرب‌ترین و شایع‌ترین بلایای طبیعی می‌توان به زمین‌لرزه اشاره کرد که از گذشته تا به امروز بیشترین آسیب را بر جامعه بشری وارد نموده است (حاجی نژاد و همکاران، ۱۳۹۲:۲۱۷؛ سجاسی قیداری، ۱۳۹۳:۵۴۱).

امروزه جوامع در تلاش برای دستیابی به شرایطی هستند که در صورت وقوع بحران سریع آن‌ها را به وضعیت پیش از بحران بازگردانند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱:۱). اگرچه نمی‌توان حوادث ناشی از زمین‌لرزه و پدیده‌های طبیعی را به‌طور کامل حذف نمود، اما آسیب‌پذیری ناشی از آن قابل تقلیل است (ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰:۱۱). از این‌رو در سال‌های اخیر به تاب‌آوری به‌جای آسیب‌پذیری تأکید خاصی می‌شود. در واقع دیدگاه غالب از تمرکز بر آسیب‌پذیری و کاهش صدمات آن به افزایش تاب‌آوری در برابر بحران و سوانح تغییر پیدا کرده است (نقدی پوربیرگانی و همکاران، ۱۳۹۲:۲). این تحقیق درصدد است با توجه به بحث موردنظر، تاب‌آوری شهر خلخال را در مقابل زمین‌لرزه بررسی نماید. در راستای افزایش تاب‌آوری طبیعی شهر خلخال و کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه، این ضرورت به طور جدی احساس می‌شود که با استفاده از مدل بهینه و به‌کارگیری انواع داده‌های جغرافیایی و غیر مکانی، میزان تاب‌آوری طبیعی نواحی شهر خلخال موردسنجش قرار گیرد؛ سپس با شناسایی مؤلفه‌های مؤثر در افزایش تاب‌آوری محدوده مورد مطالعه، به منظور کاهش خسارات و تلفات ناشی از وقوع زمین‌لرزه با استفاده از ارزیابی تاب‌آوری که هدف اصلی آن داشتن پیش‌آگاهی و برنامه‌ریزی جهت تاب‌آور نمودن شهر است، به کسب آمادگی لازم جهت مقابله با خسارات و تلفات ناشی از زمین‌لرزه پرداخت.

مطالعاتی متعدد در رابطه با تاب‌آوری و مدیریت مخاطرات طبیعی در داخل و خارج انجام شده است که در ذیل به نمونه‌هایی منتخب از مطالعاتی که در دنیا در ارتباط با پژوهش مورد مطالعه بوده است اشاره می‌گردد:

خدمت زاده و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری شهری با رویکرد مدیریت بحران زمین‌لرزه مطالعه موردی شهر ارومیه، به این نتیجه رسیده که این مطالعه بر اساس مجموعه‌ای از متغیرهاست که ارائه یک دید جامع از خطر لرزه‌ای شهر ارائه می‌دهد. این نتایج برای تفسیر و تصمیم‌گیری در مدیریت اضطراری توسط کاربران غیرتخصصی طراحی شده‌اند.

منصور نعیمی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به ریز پهنه‌بندی خطر زلزله با مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی در منطقه یک کلان‌شهر اهواز پرداخته و چنین نتیجه گرفته‌اند که در مجموع ۳۷ درصد منطقه با خطرپذیری بسیار زیاد و ۱۸ درصد با خطرپذیری متوسط مواجه می‌باشد و پهنه‌های در معرض خطر اکثراً در شمال، شرق و مرکز منطقه قرار دارند.

جینا و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی با عنوان ارزیابی خطر زلزله در شمال هند با استفاده از یادگیری عمیق تجزیه و تحلیل مکانی، به این نتیجه رسیده‌اند که از مساحت ۴۱۲/۲۱ کیلومترمربع در منطقه ذکر شده ۴۸۰ کیلومترمربع دارای درجه آسیب‌پذیری بالا و ۵۸۶/۳۴ کیلومترمربع دارای خطر متوسطی نسبت به زلزله می‌باشد.

بوستون<sup>۲</sup> (۲۰۱۷) در رساله دکتری خود تحت عنوان تاب‌آوری ساختمانی از طریق طراحی با رویکرد بهبود کارایی بیمارستان‌ها پس از زلزله در دانشگاه جانز هاپکینز انجام داده است در نتایج نهایی خود کدبندی و فراهم نمودن رتبه‌بندی تاب‌آوری ساختمان‌های بیمارستانی انجام گردیده است. چراکه با سیستم رتبه‌بندی می‌توان به عملکرد ساختمان‌ها در برابر زلزله مدیریت بهتری را در زمان بحران ارائه نمود.

کوسوماستوتی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان «توسعه فهرستی از معیارهای تاب‌آوری در مقابل سوانح طبیعی اندونزی» به توسعه یک چارچوب برای ارزیابی تاب‌آوری نواحی مستعد خطر اندونزی در مقابل مخاطرات طبیعی می‌پردازند.

از اهداف انجام این پروژه، ارائه راهکارهایی به‌منظور ارتقاء تاب‌آوری با توجه به نتایج حاصله و نیز نقاط ضعف و قوت موجود در شهر خلخال می‌باشد. شناخت ویژگی‌های شهر تاب‌آور، سنجش میزان تاب‌آوری شهری و همچنین تعیین روش‌های مؤثر ارزیابی تاب‌آوری شهر خلخال از جمله علت‌های اصلی انجام پژوهش حاضر می‌باشد.

نوآوری‌هایی که در این مقاله ارائه شد می‌تواند زمینه بسط و توسعه اندیشه‌های پایداری مقابله با بحران زمین‌لرزه را در اجتماعات انسانی فراهم کند. با توجه به اهمیت موضوع بحران زمین‌لرزه و قرارگیری شهر خلخال در نزدیکی گسل فعال، تحقیقی در خصوص آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر خلخال انجام نگرفته است. یکی از نوآوری این مقاله استفاده از روش‌های نوین در سنجش تاب‌آوری تک تک مؤلفه‌های طبیعی شهر در برابر زمین‌لرزه است. در چنین سنجشی برای هر مؤلفه شهری به‌صورت اختصاصی میزان تاب‌آوری تعیین می‌گردد و بر اساس میزان تاب‌آوری هر مؤلفه شهری، برنامه‌ریزی‌های لازم در قالب بهسازی و نوسازی تعیین می‌شود. انتظار می‌رود که پژوهش حاضر باعث ارتقاء دانش نظری جوامع در حوزه تاب‌آوری آن‌ها، شاخص‌ها، چارچوب‌ها و روش تحقیق در خصوص تحلیل و ارزیابی تاب‌آوری گردد؛ بنابراین بر اساس اهمیت و هدف تعیین‌شده، سؤال این پژوهش عبارت است از: وضعیت آسیب‌پذیری و تاب‌آوری طبیعی شهر خلخال در مواجهه با خطرات ناشی از زمین‌لرزه چگونه می‌باشد؟

## مبانی نظری

تاب‌آوری مفهومی است که اساساً در مورد اینکه چطور یک سیستم، جامعه و فرد با اختلال مواجه می‌شود و تغییر می‌کند، در ارتباط است (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۵: ۸۳). تعاریف تاب‌آوری شامل این موارد می‌باشد: ۱. توانایی یک سیستم در جذب میزان تخریب و زیان، بدون خارج شدن از حالت عادی ۲. میزان توانایی یک سیستم برای سازمان‌دهی مجدد خود در شرایط مختلف ۳. میزان توانایی یک سیستم در افزایش و ایجاد ظرفیت یادگیری و تقویت سازگاری آن (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۲)؛ همچنین تاب‌آوری می‌تواند برای هر نوع بی‌نظمی و هرگونه اجتماعی اعم از طبیعی، انسان‌ساخت یا ترکیبی از آن دو مورد استفاده قرار گیرد (Abbas, 2013: 473).

<sup>۱</sup>Jena

<sup>۲</sup>Boston

<sup>۳</sup>Kusumastuti

تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت بالقوه سیستم، جامعه در معرض مخاطرات برای سازگاری یا مقاومت در برابر تغییرات به‌منظور رسیدن یا حفظ سطح مناسبی از عملکرد و ساختار شناخته می‌شود نبود تاب‌آوری سیستم را به سمت محدودیت‌های آن سوق می‌دهد (محمدی و راستگونژاد، ۱۳۹۷: ۱۶۲)؛ بنابراین، با توجه به این تعریف کلی شهرها هرگاه قادر به مقابله با حوادث شدید بدون درد و رنج، خرابی و آسیب‌ها به سیستم‌های فیزیکی‌شان یا کاهش کیفیت زندگی برای شهروندان‌شان باشند تاب‌آور در نظر گرفته می‌شوند (پوراحمد و همکاران، ۱۴۰۱: ۴۱).

**رویکردهای مفهومی تاب‌آوری:** رویکردهای مفهومی تاب‌آوری را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد: ۱. مفهوم پایداری تاب‌آوری: ظرفیت حائل ۲. مفهوم بازیابی تاب‌آوری: بازیابی قبلی ۳. مفهوم گذار تاب‌آوری: خلاقیت (رفعیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۴). لازم به ذکر است توانایی ایستادگی، مقاومت و واکنش مثبت به فشار یا تغییر از جنبه مشترک در همه آن‌ها است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳).

۱. رویکرد پایداری: از مطالعات اکولوژیکی که تاب‌آوری را به عنوان توانایی بازگشت به حالت قبل تعریف می‌کند، بسط یافته است. این رویکرد، تاب‌آوری را به صورت مقدار اختلالی که سیستم قبل از اینکه به حالت دیگری منتقل شود، تعریف می‌شود (Beatley & Newman, 2013: 5).

در سال‌های اخیر رویکرد ایستایی در تاب‌آوری سیستم‌ها در مقابل مخاطرات طبیعی مورد استفاده روزافزونی یافته است؛ به‌عنوان نمونه پژوهش‌های اخیر همچون چانگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۴)، رضایی (۱۳۹۲) و پاگانو<sup>۲</sup> (۲۰۱۷) از این رویکرد استفاده نموده‌اند. در این رویکرد در راستای تعیین ایستایی، مشخص نمودن هر دو متغیر میزان خسارات و درصد عملکرد به ویژه در سیستم‌های شهری مورد نیاز است تا بر اساس بتوان میزان جذب شوک را محاسبه نمود. برخی، محققان آستانه‌ای را فراتر از آنچه جامعه سانحه زده قادر به برگشت به حالت عملکردی خود نیست را در نظر می‌گیرند، چون یک جامعه تاب‌آور دارای آستانه بالایی است و قادر به جذب فشار زیادی قبل از اینکه از حد آستانه‌اش بگذرد می‌باشد (WINDLE, 2014: 154)

۲. رویکرد بازیابی: در ارتباط با توانایی جامعه برای تغییر یا عامل فشار و بازگشت به گذشته اولیه آن است. تاب‌آوری در اینجا معیاری است به‌عنوان زمان صرف شده که جامعه برای بازیابی از تغییر اندازه‌گیری می‌شود (MCENTIRE, 2014). جامعه تاب‌آور قادر به بازگشت نسبتاً سریع به حالت اولیه است؛ درحالی‌که جامعه‌ای که تاب‌آوری کمتری دارد، ممکن است زمان بیشتری را صرف بازیابی خود کند یا اصولاً قادر به بازیابی نباشد. (Madhuri et al, 2014: 13).

۳. رویکرد گذار: این رویکرد بیشتر به‌عنوان ظرفیت جامعه و در ارتباط با تاب‌آوری اجتماعی برای واکنش به تغییر و به شکل سازگاران بیان می‌کند که به‌جای بازگشت به حالت اولیه می‌تواند به معنای تغییر به حالت جدید باشد (Matyas & Pelling)

## جدول ۱. تعاریف تاب‌آوری از دیدگاه دانشمندان رشته‌های مختلف

تعریف	محقق / سازمان
وسیله‌ی اندازه‌گیری چگونگی عملکرد افراد و جوامع در سازش با واقعیتی تغییر یافته و بهره‌گیری از امکانات جدید.	Paton & Johnston, ۲۰۰۶
یک‌روند متصل کردن مجموعه‌ای از ظرفیت‌های سازگاری به یک مسیر مثبت عملکرد و سازگاری پس از یک اختلال.	Norris, et al, ۲۰۰۸
میزان اختلالی که سیستم قبل از تغییر ساختار از طریق فرایندها و متغیرهای تغییردهنده و کنترل‌کننده رفتار قادر به تحمل آن است.	Derissen et al, 2009
به حداقل رساندن خسارات یک سانحه یا بحران و بازگشت به شرایط مناسب در کوتاه‌ترین زمان ممکن.	Gilbert, ۲۰۱۰
بازگشتن به وضعیت و شرایط قبل از سانحه، همچنین بهبود بخشیدن به وضعیت آن در راستای توسعه هرچه بیشتر در سیستم‌ها.	Amaratunga & Haigh, ۲۰۱۱
تاب‌آوری توانایی یک سیستم برای سازگاری فعالانه با اختلالات بیرونی و بهبودی از آن‌ها و آمادگی سیستم در واکنش نسبت به وقایع ناگوار است	Cerè et al, ۲۰۱۷
تاب‌آوری شامل شرایط ذاتی است و توانایی یک سیستم در واکنش و بازیابی از سوانح بوده و به سیستم اجازه می‌دهد با فرآیندهای سازگاری در سازمان‌دهی مجدد تغییر و درس گرفتن از واکنش‌ها انطباق پیدا کند.	مبارکی و همکاران، ۱۳۹۶

تعاریف مختلف از مفهوم تاب‌آوری جوامع نشان‌دهنده شناخت این واقعیت است که نمی‌توان از بروز همه تهدیدات جلوگیری کرد از این‌رو برای اطمینان از به حداقل رساندن اختلالات، باید مکانیسم‌هایی وجود داشته باشد (Renschler et al, 2010: 11).

در ادامه با توجه به تعاریف (جدول ۱) چنین می‌توان گفت که در طی زمان، تغییرات زیادی در مفهوم واژه تاب‌آوری ایجاد شده است؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت تاب‌آوری مشخصه بازگشتن به موقعیت و شرایط قبل از سوانح و همچنین بهبود بخشی به وضعیت آن در راستای توسعه هرچه بیشتر در سیستم‌ها می‌باشد (Amaratunga & Haigh, 2011: 14).

**چرخه تاب‌آوری:** چرخه تاب‌آوری شامل چهار مرحله به‌قرار جدول زیر است:

## جدول ۲. چرخه تاب‌آوری

کاهش	فعالیت‌هایی در جهت حذف یا کاهش آثار بحران و کاهش آثار سوء زمین‌لرزه
آمادگی	فعالیت‌هایی در جهت حفظ جان و مال مردم و کاهش آسیب‌ها با آماده‌سازی مردم برای عکس‌العمل مناسب در مواقع ضروری
واکنش	انجام فعالیت‌هایی هنگام زمین‌لرزه یا پس‌از آن برای فراهم نمودن کمک‌های ضروری به آسیب‌دیدگان حادثه و تسریع در عملیات بازیابی
بازیابی	فراهم کردن برنامه کمک‌ها و مسکن موقت و همچنین انواع وام‌ها برای افراد برای سرعت بخشیدن در بازیابی جوامع

منبع: (رمضان زاده لسبویی، ۱۳۹۵: ۶۲)

به میزانی از تفاوت‌های ظرفیتی جوامع شهری برای مقابله با اثرهای مخاطرات طبیعی بر اساس موقعیت آن‌ها و ویژگی‌های اجتماعی آن جوامع، آسیب‌پذیری شهری گفته می‌شود (احد نژاد روشنی، ۱۳۸۸: ۱۹۸)؛ همچنین آسیب‌پذیری عبارت است از احتمالی که شخص یا گروه در معرض اثرات ناسازگار یک مخاطره قرار گرفته‌اند که در واقع، آن تعاملی بین مخاطرات مکانی با اشکال اجتماعی جوامع می‌باشد (Cutter, 1996: 48). آسیب‌پذیری شهری و تاب‌آوری شهری دو مفهوم در مقابل یکدیگر هستند. بدین معنی که هرچه آسیب‌پذیری بیشتر باشد، تاب‌آوری کاهش می‌یابد و بالعکس (امانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۸).

**سطوح آسیب‌پذیری شهرها در برابر زمین‌لرزه:** به‌طور کلی می‌توان آسیب‌پذیری شهری در برابر زمین‌لرزه را در سطوح مختلفی به شرح زیر، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرارداد.

۱. سطح کلان: این سطح از تحلیل آسیب‌پذیری بر مبنای مقیاس‌های مطالعه در سطح بلوک‌های آماری، مناطق شهرداری، نواحی شهرداری و یا محدوده‌های شهری صورت می‌گیرد. این روش به دلیل امکان‌پذیر نبودن محل دقیق ساختمان‌ها از نظر نوع مصالح مورد استفاده در ساخت‌وساز، قدمت، تعداد طبقات و... برای تحلیل آسیب‌پذیری، نمی‌تواند یک روش دقیقی محسوب شود و از نتایج این نوع تحلیل‌ها فقط می‌توان در پهنه‌بندی مناطق مختلف شهری به صورت کلی استفاده نمود.

۲. سطح خرد: این سطح از تحلیل آسیب‌پذیری بر مبنای واحدهای پلاکی و به صورت پلاک به پلاک صورت می‌گیرد. از آنجا که در روش کلان امکان شناسایی تک‌تک ساختمان‌های شهری به راحتی امکان‌پذیر نبوده، برعکس در این روش می‌توان با در اختیار داشتن کلیه پارامترهای لازم جهت تحلیل آسیب‌پذیری، از نتایج این قبیل مطالعات در ریز پهنه‌بندی دقیق مسکن شهری در برابر زمین‌لرزه استفاده نمود.

۳. سطح تلفیقی: در این روش، با تلفیق اطلاعات حاصله از سطح کلان و خرد می‌توان به نتایج اطمینان‌بخش و دقیقی‌تری از میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زمین‌لرزه پرداخت (احد نژاد روشنی، ۱۳۸۸: ۸۷).

**اصول ده‌گانه برای تاب آور سازی شهرها در برابر بلایا:** از آنجایی که تاب‌آوری مفهومی کلی و نوپاست، بخش اعظم مطالعات موجود به توصیف و شرح این مفهوم و تعیین ابعاد و مشخصه‌های مختلف آن پرداخته‌اند. به طوری که تحقیقات نسبتاً اندکی در زمینه ایجاد ابزارهایی برای اندازه‌گیری و ارزیابی تاب‌آوری شهری ارائه شده است (شریفی و یاماگاتا، ۲۰۱۷: ۲۱۷). اصول ده‌گانه شامل اقدامات مهم و به هم وابسته‌ای است که دولت‌های محلی می‌توانند از طریق آن‌ها شهرهای خود را در مقابل سوانح تاب آورتر کنند و اقداماتی کلیدی که باید بخشی از فرآیند برنامه‌ریزی کلی کاهش خطرپذیری بلایا بوده و بر طراحی شهری اثرگذار باشند را ارائه دهند. در این بین اصول ده‌گانه‌ای برای ارزیابی میزان تاب‌آوری شهرها ارائه شده است که به قرار جدول زیر است:

### جدول ۳. اصول ده‌گانه برای تاب آور سازی شهرها در برابر بلایا

۱-نظم و هماهنگی سازمانی و اداری
۲-اختصاص بودجه برای سرمایه‌گذاری‌ها
۳-شناسایی و تهیه ارزیابی‌های خطرپذیری به منظور برنامه‌های شهرسازی و توسعه شهری
۴-سرمایه‌گذاری و حفظ زیرساخت‌های حیاتی
۵-ارزیابی ایمنی تأسیسات درمانی، مدارس و...
۶-کاربرد و اجرای مقررات ساختمانی و اصول برنامه‌ریزی کاربری اراضی مطابق با خطرپذیری احتمالی
۷-حفاظت از زیست‌بوم‌ها و بافرهای طبیعی در جهت کاهش سیل، طوفان و سایر مخاطرات
۸-نصب سیستم‌های هشداردهنده زود هنگام و ظرفیت‌های مدیریت سوانح
۹-محوری بودن تأمین نیازهای جمعیت آسیب‌دیده و پشتیبانی از سازمان‌های ذی‌ربط
۱۰-آموزش مدارس و جوامع در راستای کاهش خطرپذیری بلایا

منبع: (UNISDR, 2010, 29)

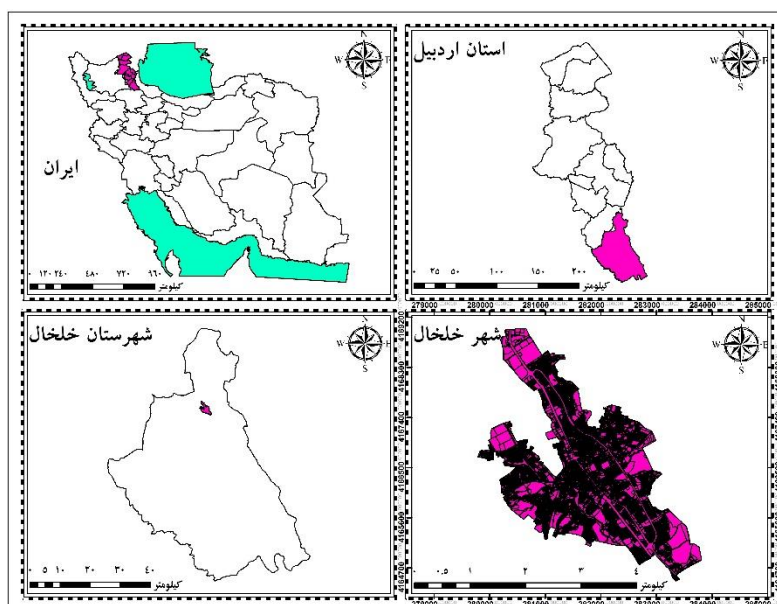
با توجه به مطالب مطرح شده و نیز به جهت فرارگیری شهر خلخال نزدیک به گسل‌های فعال کشور، توجه و تأکید بیشتر در امر تاب‌آوری شهری در شهر خلخال را ضرورت می‌بخشد. مقاله حاضر درصدد آن است تا با توجه به کاهش خطرپذیری بلندمدت و مفهوم تاب‌آوری همچنین در نظر گرفتن ارتباط متقابل با فرآیند توسعه به بررسی مطالعه و ارزیابی تاب‌آوری طبیعی نواحی شهر خلخال در برابر خطر زمین‌لرزه بپردازد؛ بنابراین هدف کلی تحقیق عبارت است از ارائه الگوی تاب‌آور و راهبردهای مؤثر در افزایش تاب‌آوری شهر خلخال در برابر خطرات زمین‌لرزه است.

## روش پژوهش

روش جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش عمدتاً میدانی است و در طول انجام پژوهش از روش کتابخانه‌ای نیز استفاده شده است. در این پژوهش، ابتدا چارچوب نظری تحقیق از طریق جمع‌آوری اطلاعات انجام گرفت و به‌منظور بررسی میزان تاب‌آوری شهرهای مورد مطالعه با بررسی پژوهش‌های قبلی، معیارها و زیرمعیارهای تاب‌آوری تعیین گردید؛ سپس به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از وزن دهی به شاخص‌های تحقیق از مدل تحلیل شبکه‌ی ANP در قالب نرم‌افزار Super Descision استفاده شده و در محیط Arc GIS پس از تهیه نقشه آسیب‌پذیری برای هر معیار، با استفاده از تکنیک روی هم گذاری وزنی لایه‌ها و امتیازدهی به معیار اصلی و زیر معیارهای آن، به تهیه نقشه نهایی شاخص طبیعی شهر خلخال در نرم‌افزار Arc GIS پرداخته شده است. با توجه به اینکه برخی از معیارها از اهمیت زیادی نسبت به دیگر معیارها برخوردارند و نقش تعیین‌کننده‌ای در تاب‌آوری کالبدی شهر داشتند، پرسشنامه‌ای جهت تعیین اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها تنظیم گردید و بین ۱۵ نفر از کارشناسان خبره توزیع و تکمیل گردید سپس (جدول ۲) حاصل گردید.

## محدوده مورد مطالعه

شهرستان خلخال در جنوب استان اردبیل واقع شده است و مرکز آن شهر خلخال است. این شهرستان از طرف شمال به شهرستان کوثر از طرف شرق به استان گیلان از طرف جنوب به استان زنجان و از طرف مغرب به شهرستان میانه حدود می‌شود. خلخال در ۴۸ درجه و ۱ الی ۵۴ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۳۷ درجه و ۷ الی ۵۶ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی واقع شده است. شهر خلخال در جنوب شرق استان اردبیل و در حوزه رودخانه قزل‌اوزن قرار گرفته است. شهرستان خلخال، از طرف شمال با شهرستان کوثر، از شرق با استان گیلان، از جنوب با استان زنجان و از غرب با شهرستان میانه آذربایجان شرقی هم‌مرز است. این شهرستان، یک منطقه کوهستانی می‌باشد که ارتفاع بلندترین نقطه آن ۳۳۰۰ متر (قله آق داغ) و پست‌ترین نقطه ۵۲۰ متر (در حاشیه رودخانه قزل‌اوزن) است.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر خلخال  
منبع: (ترسیم: نگارندگان)

## بحث و یافته‌ها

در پژوهش حاضر جهت ارزیابی میزان تاب‌آوری زیرساختی شهر خلخال در برابر شدت‌های مختلف زمین‌لرزه از ۱ شاخص اصلی (معیار طبیعی) و ۸ زیر معیار (بارش، دما، مسیل، کانون زمین‌لرزه، فاصله از گسل، رانش زمین، شیب و جهات شیب) استفاده گردید.

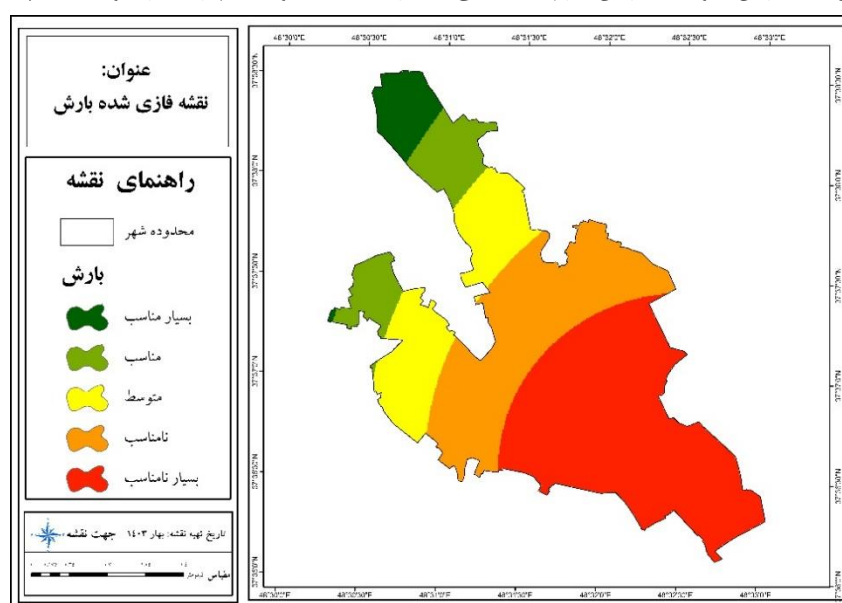
جدول ۴. محاسبه وزن معیارهای مؤثر با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions

وزن تاب‌آوری	زیر معیارها	شاخص تاب‌آوری طبیعی
۰,۰۷۱۰۳	بارش	
۰,۰۱۷۸۹	دما	
۰,۰۸۳۵۷	مسیل	
۰,۱۷۳۹۴	کانون زمین‌لرزه	
۰,۲۲۶۳۶	فاصله از گسل	
۰,۲۱۶۴۱	رانش زمین	
۰,۱۳۲۹۸	شیب	
۰,۰۷۷۸۲	جهت شیب	

بعد از اینکه وزن هر یک از زیرمعیارها در تحلیل شبکه‌ی (ANP) مشخص شد، بر روی لایه اصلی خود در محیط GIS اعمال شدند، سپس لایه‌های اصلی مورد پژوهش با استفاده از توازن زیرمعیارها که حاصل تحلیل (ANP) بود تهیه گردید.

## بارش

تغییرات در فشار جریان بارش می‌تواند باعث به وجود آمدن زمین‌لرزه شود. در صورت بروز بارندگی، محدوده آبراهه و مخروط افکنه و حتی محدوده هم‌جوار، در شرایط آسیب‌پذیری قرار خواهند داشت. بارش‌هایی که شدت آن‌ها کمتر اما مدت آن‌ها بیشتر است، تأثیر بسیار بیشتری در ناپایداری دارند زیرا بارش‌های شدید به سرعت جاری می‌شوند و کمتر نفوذ پیدا می‌کنند تا موجب لغزش شوند؛ بنابراین هرچه بارندگی بیشتر باشد، تاب‌آوری شهر کمتر خواهد شد (تأثیر معکوس).

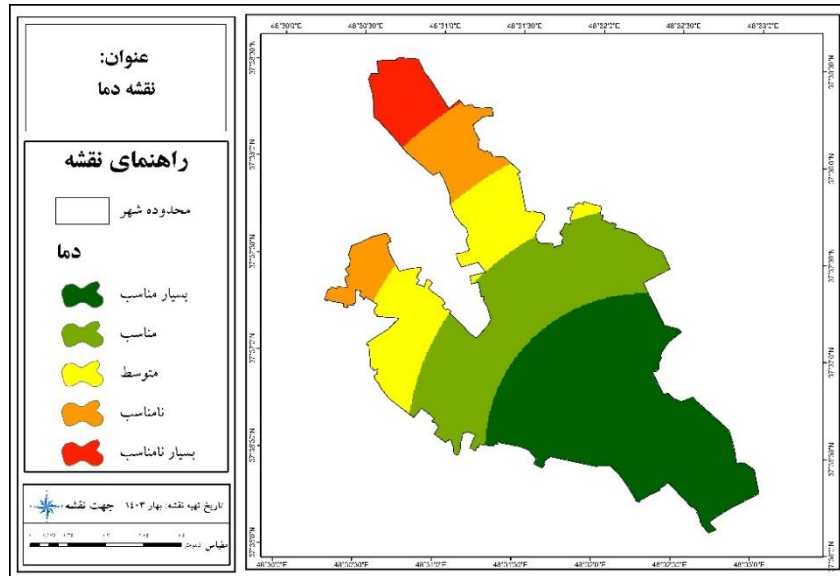


شکل ۲. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس بارش

منبع: (ترسیم نگارندگان)

**وضعیت دما**

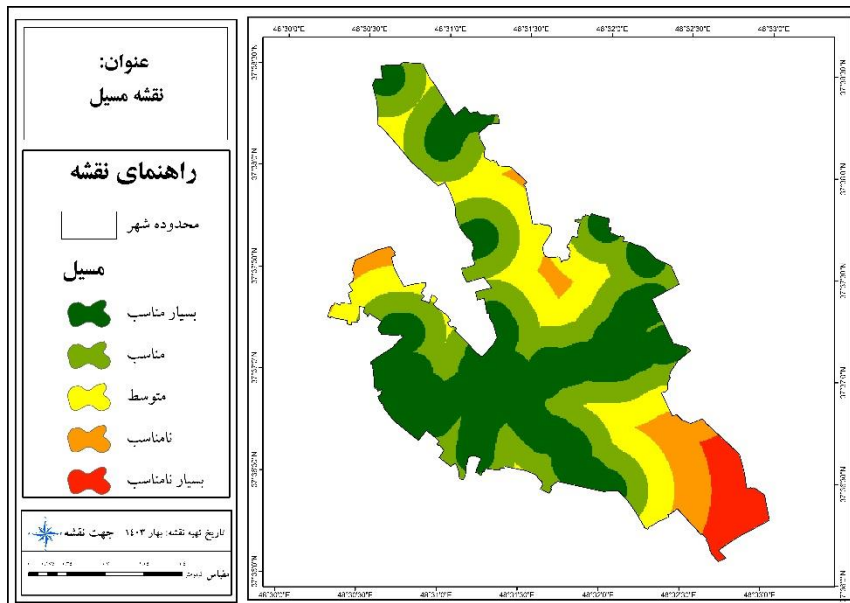
وضعیت دمایی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که این شهر در اقلیم مدیترانه‌ای سرد و به لحاظ دمایی در تیپ سردسیری قرار می‌گیرد. در هنگام افزایش دما، ذوب تدریجی برف موجب اشباع مواد رسوبی سطح دامنه‌ها و از بین رفتن مقاومت آن‌ها و سرانجام موجب حرکتشان می‌شود. هرچه دمای منطقه بیشتر باشد، تاب‌آوری شهر کمتر خواهد شد (تأثیر معکوس).



شکل ۳. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس دما  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

**مسیل**

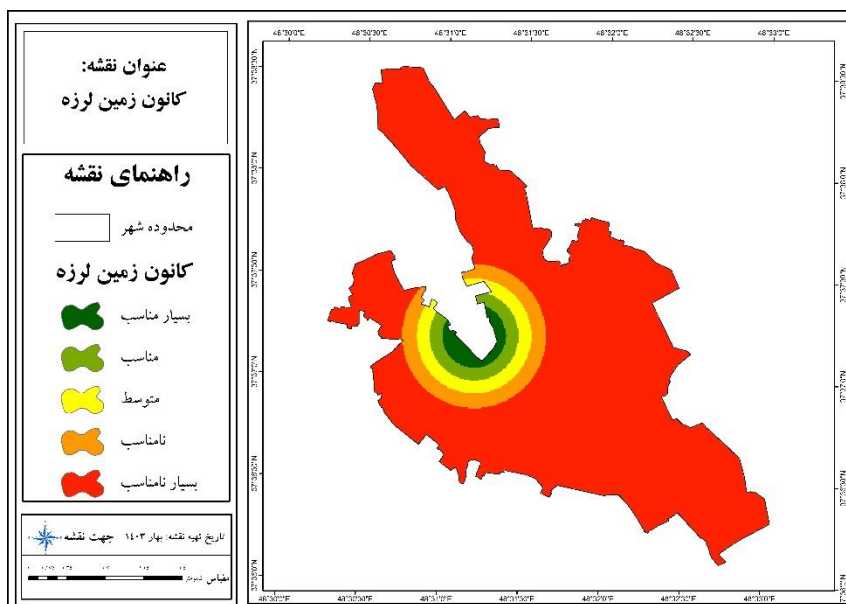
منظور از شاخص مسیل، مسیرهای هدایت رواناب از یک قسمت به قسمت دیگر از محدوده می‌باشد (مسیر رودخانه‌ها و دره‌ها و یا بحث آبراه و مخروط افکنه). هرچه فاصله از مسیل بیشتر باشد، تاب‌آوری شهر بیشتر خواهد شد (تأثیر مستقیم).



شکل ۴. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس مسیل  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

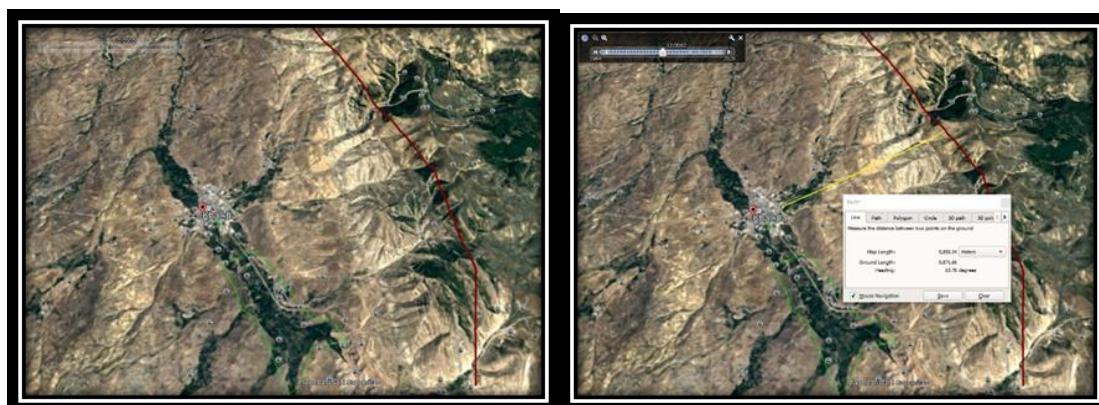
## کانون زمین لرزه

منظور از شاخص کانون زمین لرزه، زمین لرزه‌های رخ داده (۱۰۰ سال اخیر) در پیرامون محدوده مورد مطالعه می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که پهنه‌های خاصی پتانسیل وقوع زمین لرزه را دارند و اکثراً زمین لرزه هر محدوده دارای دوره برگشت زمانی خاصی می‌باشد. هرچه فاصله از کانون‌های وقوع زمین لرزه بیشتر باشد تاب‌آوری شهر بیشتر خواهد شد (تأثیر مستقیم).



شکل ۵. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس کانون زمین لرزه  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

شهر خلخال از نظر لرزه زمین ساختی فعال است و زمین لرزه‌های رخ داده در آن بیشتر از مناطق هم‌جوار آن است. از آنجا که بیشتر گسل‌های موجود در این منطقه، در نزدیکی شهر خلخال و فعال بوده و می‌تواند باعث زمین لرزه نسبتاً بزرگی در این منطقه شود، بدین رو مطالعات نشان داده که «مخرب‌ترین حادثه زلزله با بزرگی ۶/۹۴ ریشتر در آینده از تجدید فعالیت گسل نیکی در شرق شهر خلخال پیش‌بینی می‌شود»، بنابراین بررسی‌های انجام شده در برخی از شواهد تاریخی و تحقیقات علمی نشان می‌دهد که منطقه خلخال در موقعیت لرزه‌خیزی واقع شده است. اصلی‌ترین گسل‌های موجود در محدوده مطالعاتی عبارت‌اند از: گسل هروآباد، گسل نئو، گسل مجره، گسل فیروزآباد، گسل تراستی شیخ جانلو، گسل تراستی نیکی، گسل هاشم بالا است. شکل (۶) خطوط گسل و فاصله آن با شهر خلخال را نشان می‌دهد.

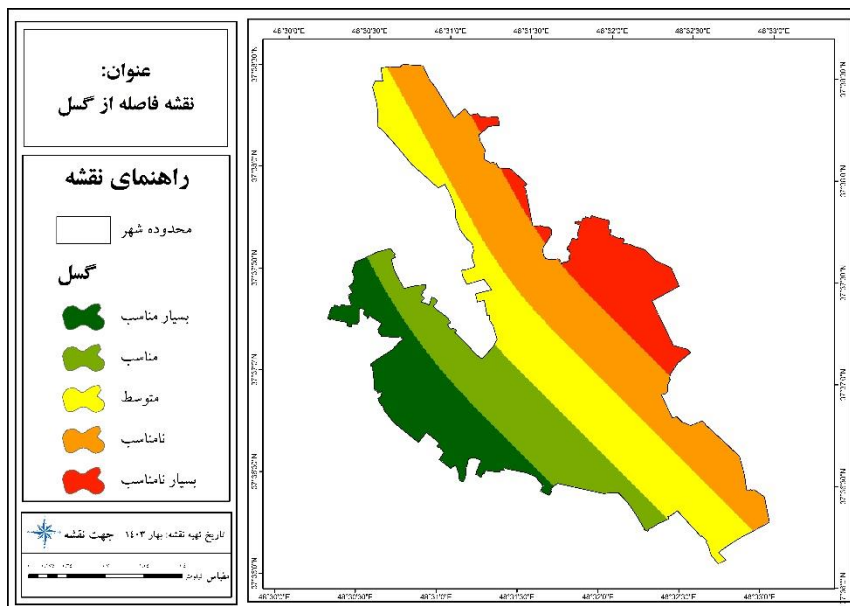




شکل ۶. تصاویر خطوط گسل و فاصله آن با شهر خلخال  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

### فاصله از گسل

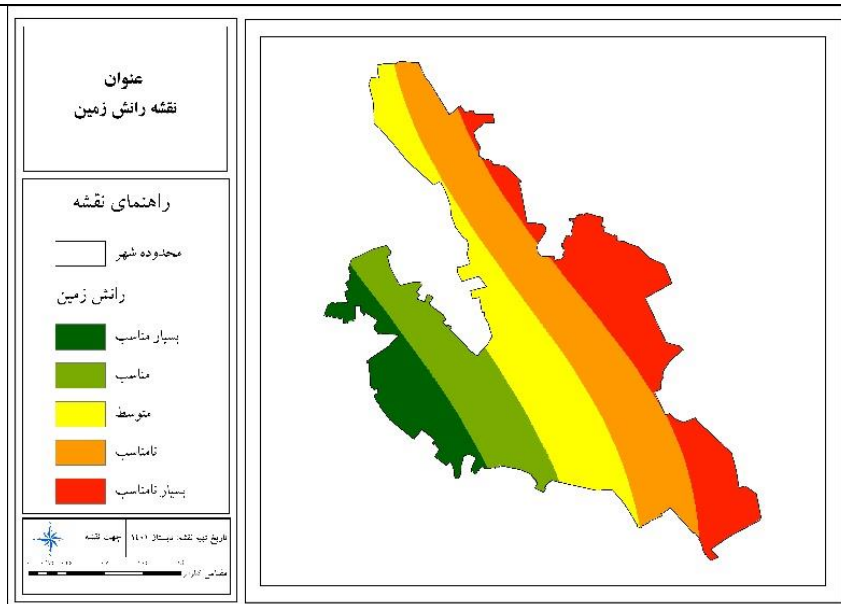
منظور از این شاخص، فاصله از گسل‌های پیرامون محدوده مورد مطالعه می‌باشد. قرار گرفتن گسل در محدوده مورد مطالعه یا نزدیکی بودن آن، باعث کاهش تاب‌آوری محدوده خواهد شد و احتمال وقوع زمین‌لرزه بالا خواهد بود. هرچه فاصله از گسل زیاد باشد، تاب‌آوری شهر بیشتر خواهد شد (تأثیر مستقیم).



شکل ۷. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس فاصله از گسل  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

### رانش زمین

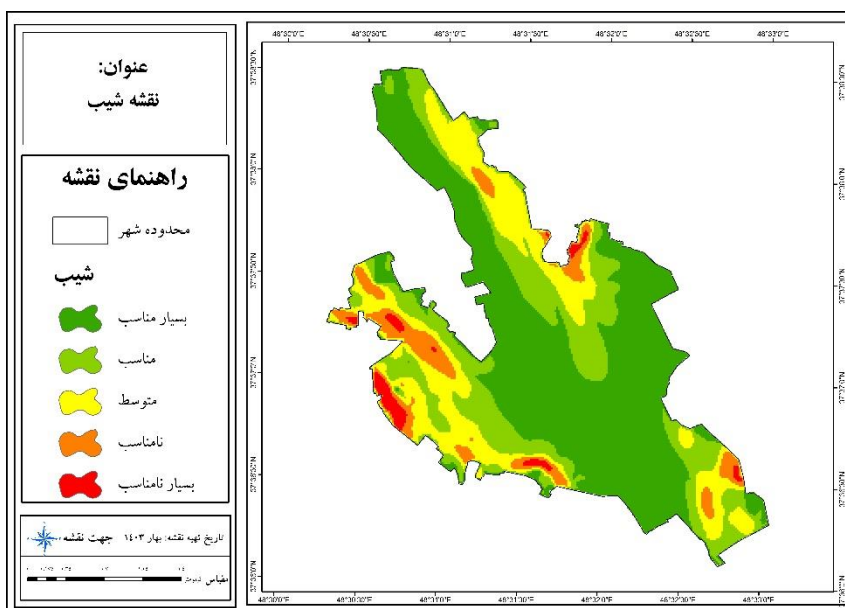
زمانی که خاک و سنگ و سایر اجزای زمین نمی‌توانند کنار هم باقی بمانند و تحت تأثیر جاذبه به حرکت درمی‌آیند، رانش زمین رخ می‌دهد؛ مهم‌ترین و خسارت‌بارترین حرکات دامنه‌ای، رانش زمین است؛ بنابراین هرچه فاصله از کانون‌های رانش زمین بیشتر باشد تاب‌آوری شهر بیشتر خواهد شد (تأثیر مستقیم).



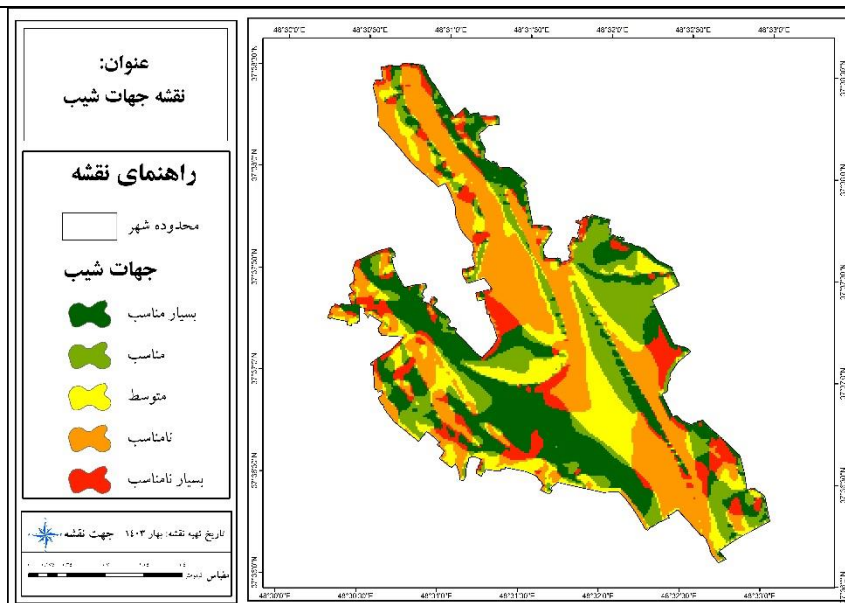
شکل ۸. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس رانش زمین  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

**شیب و جهات آن**

منظور از شاخص شیب، میزان (درصد یا درجه) شیب عمومی محدوده مورد مطالعه می‌باشد. میزان شیب از شاخص‌های مهم مخاطرات طبیعی است، پایین بودن آن در مخاطرات با منشأ زمین ساختی باعث آسیب‌پذیری محدوده خواهد شد. هرچه شیب بیشتر باشد، تاب‌آوری شهر کمتر خواهد شد (تأثیر معکوس).



شکل ۹. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس شیب  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

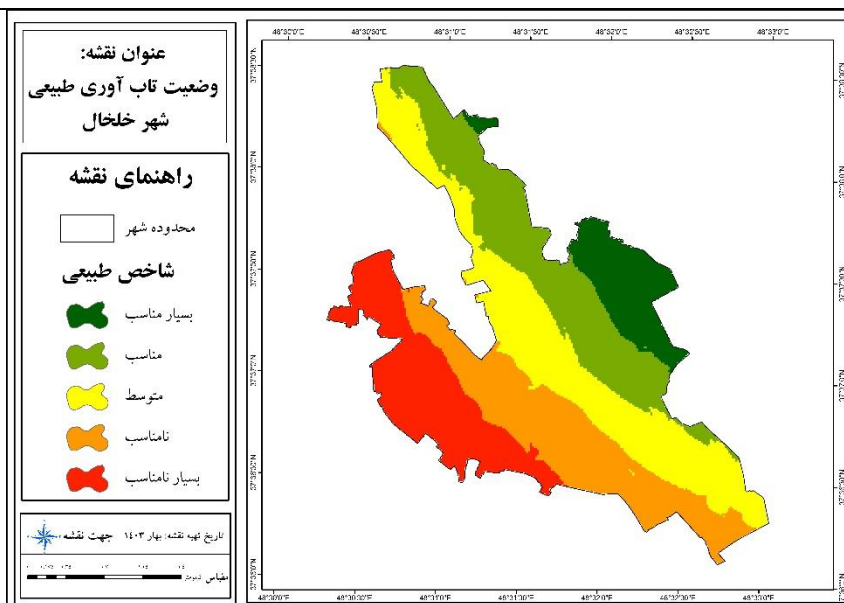


شکل ۱۰. نقشه توزیع فضایی ساختمان‌های شهر خلخال بر اساس جهات شیب  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

در اینجا قابل ذکر است که برای ارزیابی تاب‌آوری طبیعی شهر خلخال، تمامی لایه‌ها و زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری طبیعی منطقه که حاصل اعمال وزن‌های حاصل از ANP در محیط GIS بود مورد تحلیل و تلفیق قرار گرفت و سپس بعد از استانداردسازی کلیه شاخص‌ها و با استفاده از وزن به‌دست آمده از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP)، به تهیه نقشه‌های استاندارد موزون و در نهایت پهنه‌بندی فضاهای تاب آور شهری اقدام شد. از این رو، در این مرحله، تاب‌آوری بعد طبیعی با استفاده از ابزار Raster Calculator محاسبه گردید تا در پهنه‌بندی نهایی این بعد از تاب‌آوری، مورد استفاده قرار گیرد.

این فرایند برای تک‌تک شاخص‌ها اجرا شده و در نهایت نقشه تاب‌آوری طبیعی کلی شهر خلخال که حاصل از تلفیق ۸ زیر معیار تحقیق می‌باشد استخراج گردید. نقشه‌ی تاب‌آوری بعد طبیعی در (شکل ۱۰) نمایش داده شده است.

این نقشه محدوده شهر خلخال را از نظر میزان تاب‌آوری در برابر خطر زمین‌لرزه در پنج سطح بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب تقسیم نموده است. محدوده‌های پرخطر مناطقی از شهر می‌باشد که دارای درجه تاب‌آوری متوسط به پایین هستند و بر اساس پارامترهای مورد مطالعه، نسبت به خطر زمین‌لرزه حساسیت بیشتری را دارا می‌باشند.



شکل ۱۱. نقشه تاب آوری کلی منطقه به لحاظ ابعاد طبیعی  
منبع: (ترسیم نگارندگان)

### نتیجه گیری

کشور ایران در فرایندهای زمانی همواره به خاطر داشتن ساختارهای مکانی فضایی ویژه مخاطرات طبیعی زیادی را متحمل شده و یکی از آسیب پذیرترین نقاط جهان در برابر مخاطرات محیطی بوده است. از این رو از ۴۰ رخداد طبیعی ثبت شده در جهان ۳۰ نوع آن در ایران به وقوع پیوسته است. از آنجایی که ایران در کمربند زلزله خیز آلپ - هیمالیا قرار دارد و به عنوان یکی از بخش های جوان و در حال کوهزایی به شمار می رود جزء کشورهای زلزله خیز است در هشتاد سال گذشته در سطح جهان ۵/۱ میلیون و در ایران بیش از صد هزار نفر در اثر زلزله جان خود را از دست داده اند که رقم اخیر در مقایسه با کل تلفات ۶٪ است. در این میان شهر خلخال به علت وجود گسل های فعال و گسل های غیرفعال، قرارگیری بعضی از سکونتگاه های شهری و روستایی این شهر کنار خط گسل، تمرکز جمعیت، نداشتن برنامه های اصولی برای رویارویی با بحران های آتی، نبود آمادگی لازم از طرف مردم در رویارویی با بحران زلزله، عدم رعایت قوانین و مقررات مقاوم سازی، وجود انبوهی از ساخت و سازهای غیرمجاز، استفاده از مصالح ناسازگار در ساخت و سازهای اخیر به ویژه در ساختمان های بلندمرتبه و همچنین سابقه برخورداری از نقاط لرزه خیز نیازمند توجه به اقدامات قبل از بحران از جمله بررسی و ارزیابی و شناسایی پهنه های در معرض وقوع خطر زلزله و در نهایت ارائه راهبردها و استراتژی هایی برای کاهش میزان کاهش آسیب پذیری مالی و خسارات جانی از اهمیت و ارزش اساسی می باشد.

با توجه به اینکه تحلیل و افزایش تاب آوری سازه های شهری در برابر سوانح طبیعی در مسیر نیل به آرمان توسعه پایدار از اهمیت ویژه ای برخوردار است، پژوهش حاضر درصدد است تا میزان تاب آوری طبیعی شهر خلخال را در برابر زمین لرزه سنجش و ارزیابی نماید و به اولین گام برنامه ریزی برای مقابله با بحران زمین لرزه یعنی شناسایی میزان تاب آوری جامع شهری دست یابد. برای رسیدن به این هدف، ۱ شاخص اصلی (طبیعی) به همراه ۸ زیر معیار مؤثر در تاب آوری شهر خلخال در برابر زمین لرزه در قالب مدل های برنامه ریزی و تلفیقی چون ANP وزن دهی شدند. لایه های انتخابی در محیط GIS ترکیب و نهایتاً نقشه تاب آوری طبیعی کلی منطقه پیش از زمین لرزه تهیه گردید. با توجه به (شکل ۱۱) که نتیجه خروجی نرم افزار GIS می باشد، می توان بیان نمود که بخش غربی شهر از نظر طبیعی آسیب پذیری بالایی دارد. در پژوهش حاضر مشخص گردید که شرایط قسمت غربی شهر خلخال بحرانی است و در هنگام زمین لرزه آمار تلفات جانی و

آسیب‌های مالی بالا خواهد بود. در نهایت در این پایان‌نامه، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که روش به کار گرفته‌شده در تحقیق به‌خوبی قادر به ارزیابی منطقه مورد مطالعه بوده و قسمت‌های آسیب‌پذیر که بیشتر شامل مناطق غربی شهر خلخال می‌باشد را در نقشه نهایی به نمایش گذاشته است.

مهم‌ترین تفاوت پژوهش حاضر با پژوهش‌های ذکرشده را می‌توان در سنجش اختصاصی میزان تاب‌آوری هر یک از مؤلفه‌های طبیعی در پژوهش حاضر دانست؛ به‌طوری‌که در پژوهش‌های ذکر شده فقط وضعیت موجود مراکز جمعیتی در برابر بحران زلزله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است؛ اما در پژوهش حاضر علاوه بر وضعیت گذشته و موجود شهرستان خلخال، عدم قطعیت‌های پیش روی این شهرستان در برابر بحران زلزله در آینده مورد بررسی و واکاوی قرار گرفته است. این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های محدود مورد مطالعه قبل و بعد از بحران کاربرد داشته باشد.

نتایج حاصل از بررسی صورت گرفته و پژوهش دیگر محققان می‌تواند منجر به درس‌هایی در آمادگی افزایش تاب‌آوری در برابر واکنش‌ها و بحران‌ها باشد. به صورتی که ایمنی شهر در برابر خطرات همچون یک هدفی در تمامی سطوح برنامه‌ریزی مدنظر قرار گیرد که باعث کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری در شهرها باشد. پیشنهادها به‌منظور افزایش تاب‌آوری شهر خلخال در زیر آمده است. با توجه به تحلیل‌های انجام‌شده و نتایج به‌دست‌آمده پیشنهادهایی در ارتباط با کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهر خلخال در مقابل زمین‌لرزه ارائه می‌شود:

- ❖ راهکارهای مناسب با بعد طبیعی جهت افزایش سطح تاب‌آوری.
- ❖ جلوگیری از احداث و ساخت‌وسازها در نزدیکی مناطق مستعد خطر.
- ❖ تعیین حریم گسل و رعایت فاصله‌های استاندارد از حریم گسل‌ها جهت ساخت‌وسازها کاربری‌های در مناطق جمعیتی شهر خلخال
- ❖ جلوگیری از استقرار و ایجاد سکونتگاه‌های شهری و همچنین جلوگیری از ساخت‌وساز کاربری‌ها و ساختمان‌ها در حاشیه گسل‌ها به‌ویژه گسل‌های فعال
- ❖ مطالعه و بررسی میزان تاب‌آوری سازه‌های شهری در هنگام وقوع زمین‌لرزه و تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری در راستای شناسایی و برنامه‌ریزی جهت کاهش خسارات ناشی از زمین‌لرزه.
- ❖ اعمال قوانین در جهت مقاوم‌سازی ساختمان‌های فرسوده و افزایش ضریب ایمنی در ساخت و سازه‌های جدید به‌ویژه در بافت‌های فرسوده شهر خلخال.

### حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

### سهام نویسندگان

نویسندگان در انجام این پژوهش سهم برابر دارند.

### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند، هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

### تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، حامی مالی نداشته است.

## منابع

- ۱) احدنژاد، محسن؛ قرخلو، مهدی و زیاری، کرامت الله (۱۳۸۹). مدل سازی آسیب پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی: شهر زنجان. نشریه جغرافیا و توسعه، ۱۹(۸)، ۱۹۸-۱۷۱. <http://doi.org/10.22111/gdij.2010.1114>
- ۲) احدنژاد، محسن (۱۳۸۸). مدل سازی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله مطالعه موردی شهر زنجان، رساله دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری به راهنمایی مهدی قرخلو، دانشگاه تهران.
- ۳) امانی، حمیدرضا؛ عزت پناه، بختیار و شمس، مجید (۱۴۰۰). تحلیل عوامل مؤثر بر تاب آوری مراکز حساس و حیاتی شهری مبتنی بر پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: منطقه ۱۱ کلان شهر تهران)، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، ۱۹(۷۰)، ۹۷-۱۱۸. <http://dor.net/20.1001.1.27172996.1400.19.70.6.6>
- پوراحمد، احمد و حاتمی، احمد (۱۴۰۱). ارزیابی میزان تاب آوری بافت تاریخی شهر کرمان در برابر زلزله و ارائه راهبردهای ارتقاء آن، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، ۲۰(۷۲)، ۳۷-۵۹. <http://dor.net/20.1001.1.27833739.1401.20.72.3.9>
- ۵) حاجی نژاد، علی؛ عسگری، علی؛ محمدی، سمیه و رمضان زاده لسویی، مهدی (۱۳۹۲). نقش مشارکت مردم در فرایند بازسازی کالبدی ناشی از بلایای طبیعی، مورد مطالعاتی: زلزله شهر بم. نشریه: جغرافیا، سال ۱۳۹۲، ۱۱(۳۷)، ۲۱۷-۲۳۲.
- ۶) ذبیحی، حسین؛ حبیب، فرح؛ رهبری منش، کمال (۱۳۹۰). بررسی رابطه بین میزان رضایت از مجتمع های مسکونی و تأثیر مجتمع های مسکونی بر روابط انسان (مطالعه موردی: چند مجتمع مسکونی در تهران)، نشریه هویت شهر، ۵(۸)، ۱۱۸-۱۰۳. <http://dor.org/20.1001.1.17359562.1390.5.8.10.4>
- ۷) خدمت زاده، علی؛ موسوی، میرنخف و یوسف زاده، اردشیر (۱۴۰۰). تحلیل شاخص های آسیب پذیری شهری با رویکرد مدیریت بحران زلزله (مطالعه موردی: شهر ارومیه)، مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی، ۱۶(۱)، ۶۲-۴۳. <http://dor.net/20.1001.1.25385968.1400.16.1.4.7>
- ۸) رضایی، محمدرضا و رفیعیان، مجتبی (۱۳۹۱). تحلیلی بر مفهوم و چارچوب های مفهومی تاب آوری در برابر سوانح طبیعی. فصلنامه برنامه ریزی و آمایش محیط، ۱۵(۴)، ۴۱-۱۹.
- ۹) رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی و حسینی، سیدمصطفی (۱۳۹۴). سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی اجتماع های شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله های شهر تهران). پژوهش های جغرافیای انسانی، ۴۷(۴)، ۶۲۳-۶۰۹. <http://doi.org/10.22059/jhgr.2015.51228>
- ۱۰) رفیعیان، محمدرضا؛ عسگری، علی؛ پرهیزگار، اکبر و شایان، سیاوش (۱۳۹۰). تبیین مفهومی تاب آوری و شاخص سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع محور CBDM، برنامه ریزی و آمایش فضا، ۱۵(۴)، ۴۱-۱۹.
- ۱۱) رمضان زاده لسویی، مهدی (۱۳۹۵). مبانی و مفاهیم تاب آوری شهری (مدل ها و الگوها)، معاونت مطالعات و برنامه ریزی امور زیرساخت و طرح جامع، مدیریت مطالعات و برنامه ریزی امور فنی و عمرانی، استانداردسازی و امور بحران. ۳۷۳.
- ۱۲) زنگنه شهرکی، سعید؛ زیاری، کرامت الله و پورا کرمی، محمد (۱۳۹۵). ارزیابی و تحلیل میزان تاب آوری کالبد منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، ۱۵(۵۲)، ۸۱-۱۰۲.
- ۱۳) ساسان پور، فرزانه؛ آهنگری، نوید؛ حاجی نژاد، صادق (۳۹۶). ارزیابی تاب آوری منطقه ۱۲ کلانشهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴(۳)، ۹۸-۸۵.
- ۱۴) سجاسی قیداری، حمدالله؛ صادقلو، طاهره و وثیسی، اسلام (۱۳۹۳). سنجش سطح دانش مدیریت بحران مدیران محلی روستایی با تأکید بر زمین لرزه (مطالعه موردی: دهستان گشت، شهرستان سراوان)، پژوهش های روستایی، ۵(۳)، ۵۶۴-۵۴۱. <http://doi.org/10.22059/2014.53180>
- ۱۵) سلحشور، زهرا؛ احمدیان، محمدعلی و علیزاده، کتایون (۱۴۰۱). ارزیابی میزان آسیب پذیری زیرساخت های شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: شهر شیروان)، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیایی ایران)، ۲۰(۷۲)، ۱۳۷-۱۵۳. <http://dor.net/20.1001.1.27833739.1401.20.72.8.4>
- ۱۶) مبارکی، امید؛ لاله پور، منیژه و افضلی، زهرا (۱۳۹۶). ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه های تاب آوری شهر کرمان، جغرافیا و توسعه، ۱۵(۴۷)، ۱۰۴-۸۹. <http://doi/10.22111/2017.3185>

- (۱۷) محمدی، سعدی و راستگونژاد، سید بختیار (۱۳۹۷). بررسی تغییرات تاب‌آوری معیشتی خانوارهای روستایی در دو دوره سکونت در شهر و مهاجرت به روستاها (مطالعه موردی دهستان دزلی شهر سروآباد)، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیایی ایران)، ۱۶ (۵۹)، ۱۷۷-۱۶۱.
- (۱۸) نعیمی، منصور؛ رنگری، ابراهیم و کابلی زاده، مصطفی (۱۳۹۴). ریز پهنه‌بندی خطر زلزله با مدل FAHP؛ منطقه مورد مطالعه: منطقه یک کلان‌شهر اهواز. اولین همایش ملی علوم زمین و توسعه شهری تبریز.
- (۱۹) نقدی پوربیرگانی، معصومه و فیروزی، محمدعلی (۱۳۹۲). تاب‌آوری ساختن شهرها؛ رویکردی راهبردی برای مدیریت مخاطرات طبیعی در راستای دستیابی به توسعه پایدار شهری، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری.
- (۲۰) یدالله نیا، هاجر؛ رجایی، سید عباس؛ پوراحمد، احمد و خراسانی، محمدامین (۱۴۰۰). اثرات گسترش فیزیکی بر تاب‌آوری زیست محیطی مطالعه مورد: شهر بابل، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیایی ایران)، ۱۹ (۶۹)، ۱۵۱-۱۳۱. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.1400.19.69.9.7>
- 21) Abhas, K, Jha., Miner, T, W. & Stanton-Geddes, Z. (2013). Building Urban Resilience: Principles, Tools and Practice. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 202-473.
- 22) Ahad nejad, M., Garakhlou, M. & Ziari, K. (2009). Modeling the building vulnerability of cities against earthquakes using the hierarchical analysis process method in the geographic information system environment, case example: Zanjan city, Geography and Development, 19(8), 198-217. [Persian].
- 23) Ahad nejad, M. (2009). Modeling the vulnerability of cities against earthquakes, a case study of Zanjan city, PhD dissertation in geography and urban planning under the guidance of Mehdi Garakhlou, University of Tehran. [Persian].
- 24) Amani, H., Ezzat Panah, B. & Shams, M. (1400). Analysis of factors affecting the resilience of sensitive and vital urban centers based on passive defense (case study: District 11 of Tehran metropolis), Geography (Quarterly scientific-research and international journal of the Geographical Society of Iran), 19(69), 118-97. [Persian]. <https://dor.org/20.1001.1.1400.19.70.6>
- 25) Amaratunga, D. & Haigh, R. (2011). Post-Disaster Reconstruction of the Built Environment - Building for Resilience, Wiley-Blackwell, U.K.
- 26) Beatley, T., & Newman, P. (2013). Biophilic cities are sustainable, resilient cities. Sustainability, 5, 3328-3345.
- 27) Boston, M. (2017). Building Resilience Through Design: Improving Post-Earthquake Function of Hospital, Ph.D Thesis, Advisor Judith Mitrani, Department Of Civil Engineering, Johns Hopkins University.
- 28) Cerè, G., Rezzgui, Y. & Zhao, W. (2017). Critical review of existing built environment resilience frameworks: Directions for future research, International Journal of Disaster Risk Reduction, 25, 173-189.
- 29) Chang, S. E. & Shinozuka, M. (2014). Measuring improvements in the disaster resilience of communities. Earthquake Spectra, 20(3), 739--755. <http://doi.org/10.1193/1.1775796>
- 30) Cutter, S. (1996). Societal Vulnerability to Environmental Hazards, International Social Science Journal. 47 (4): 525-536.
- 31) Derissen, S. Q., M. & Baumgartner, S. (2009). The relationship between Resilience and Sustainable Development of Ecological- Economic Systems, University of Luneburg Working Paper in Economics.
- 32) Hajinejad, A., Asgari, A., Mohammadi, S. & Ramzanzadeh Labsoui, M. (2012). The role of people's participation in the physical reconstruction process caused by natural disasters, case study: Bam earthquake. Journal: Geography, 11(37), 217-232. [Persian].
- 33) Jena, R., Biswajeet P., Sambit, P. N. & Abdullah, M. A. (2021). Earthquake risk assessment in NE India using deep learning and geospatial analysis, Geoscience Frontiers, 12(3), <https://doi.org/10.1016/2020.11.007>.
- 34) Khedmatzadeh, A., Mousavi, M. N. & Yusufzadeh, A. (1400). Analysis of urban vulnerability indicators with the approach of earthquake crisis management (case study: Urmia city), human settlements planning studies, 16 (1), 43-62. [Persian]. <http://dor.org/20.1001.1.25385968.1400.16>
- 35) Kusumastuti R.D., Husodo Z.A., Suardi, L. & Danarsari, D, N. (2014). Developing a resilience index towards natural disasters in Indonesia. International journal of Disaster Risk Reduction. 10, 327-340. <https://doi.org/10.1016/2014.10.007>
- 36) Madhuri, M., Tewari, H. R. & Pradip, k. B. (2014). Livelihood vulnerability index analysis: an approach to study vulnerability in the context of Bihar. Original research. Jamba: Journal of Disaster Risk Studies, 6(1), 1-13. <http://doi.org/10.1007/43545.00918>

- 37) Matyas, D. & Pelling, M (2015). Positioning resilience for 2015: the role of resistance, incremental adjustment and transformation in disaster risk management policy. *Disasters*, 39, 1-18.
- 38) MCENTIRE, D. A. (2014). Disaster response and recovery: strategies and tactics for resilience, John Wiley & Sons, 1-56.
- 39) Mobaraki, O., Lalepour, M. & Afzali, Z. (2016). evaluation and analysis of dimensions and components of resilience of Kerman city, *Geography and Development*, 15(47), 89-104. [Persian]. <https://doi.org/10.22111/2017.3185>
- 40) Mohammadi, S. & Rastgunjad, S. B. (2017). Investigating changes in livelihood resilience of rural households in two periods of living in the city and migrating to the countryside (a case study of Dezli Dehistan, Sarvaabad city), *Geography (Scientific-Research and International Quarterly of the Geographical Society of Iran)*, 16(59), 177-161 [ Persian].
- 41) Naimi, M. Rangzai, I., & Kabulizadeh, M. (2014). Earthquake risk microzoning with FAHP model; Study area: Area one of Ahvaz metropolis. The first national conference of geosciences and urban development in Tabriz. [ Persian].
- 42) Naqdi Pourbirgani, M. (2012). making cities resilient; A strategic approach for managing natural hazards in order to achieve sustainable urban development, *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development*. [Persian].
- 43) Norris, F. H. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American journal of community psychology*. 41(2), 127-150.
- 44) Pagano, A., Pluchinotta, I., Giordano, R. & Vurro, M. (2017). Drinking water supply in resilient cities: Notes from L'Aquila earthquake case study. *Sustainable Cities and Society*, 28, 435-449.
- 45) Paton, D., & Johnston, D. (2006). Disaster resilience: An integrated approach. Springfield.
- 46) Pourahmad, A. & Hatami, A. (1400). Evaluating the level of resilience of the historical context of Kerman city against earthquakes and presenting strategies for its improvement, *Geography (Quarterly Scientific-Research and International Journal of the Geographical Society of Iran)*, 20(72), 37-59. [Persian]. <http://dor.org/20.1001.1.27833739.1401.20.72.3.9>
- 47) Rafiyan, M. R., Askari, A., Parhizgar, A. & Shayan, S. (2018). Conceptual explanation of resilience and its indexing in CBDM community-oriented disaster management, *Planning and Space Planning*, 4, 19-41. [ Persian].
- 48) Ramzan Zadeh, L.M. (2015). Basics and concepts of urban resilience (models and models), vice president of studies and planning of infrastructure and master plan, management of studies and planning of technical and civil affairs, standardization and crisis affairs. [In Persian].
- 49) Renschler, C.S. & A. Frazier & L. Arendt & G.-P. Cimellaro & A.M. Reinhorn & M. Bruneau. (2010). A Framework for Defining and Measuring Resilience at the Community Scale: the PEOPLES Resilience Framework, MCEER, Buffalo.
- 50) Rezaei, M. R. & Rafiyan, M. (2012). An analysis of the concept and conceptual frameworks of resilience against natural disasters. *Quarterly magazine of environmental planning and preparation*, 15(4), 19-41. [ Persian].
- 51) Rezaei, M. R., Rafieian, M. & Hosseini, S. M. (2015). Measurement and evaluation of physical resilience of urban communities against earthquake (Case study: Tehran neighborhoods). *Human Geography Research*, 47(4), 609-623. [Persian]. <http://doi.org/10.22059/2015.51228>
- 52) Sasanpour, F. Ahangari, N. & Hajinejad, S. (2017). Evaluation of the urban resilience against natural hazards in 12 region of Tehran Metropolis . *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 4 (3) :85-98. [ Persian].
- 53) Sejasi Kedari, H., Sadeghlou, T. & Veisi, I. (2013), measuring the level of crisis management knowledge of local rural managers with an emphasis on earthquakes (case study: Gosht village, Saravan city), *Rural Research*, 5(3), 541-564. [Persian]. <http://doi.org/10.22059/2014.5318>
- 54) Selahshur, Z., Ahmadian, M. A. & Alizadeh, K. (1400). Assessing the vulnerability of urban infrastructures with passive defense approach (case study: Shirvan city), *Geography (Quarterly scientific-research and international magazine of the Geographical Society of Iran)*, 20(72),153-137. [Persian]. <http://dor.net/20.1001.1.27833739.1401.20.72.8.4>
- 55) UNISDR. (2010). Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. Preliminary version prepared as an interagency effort co-ordinated by the ISDR Secretariat, Geneva, Switzerland
- 56) Yadullah Nia, H., Rajaei, S. A., Pourahmad, A. & Khorasani, M. A. (1400). The effects of physical expansion on environmental resilience of the case study: Babol city, *Geofria*, 19(69),131-150. [Persian]. <https://dor.org/20.1001.1.1400.19.69.9.7>
- 57) Zanganeh Shahraki, S. Ziari, K. & Pourakrami, M. (2015). Evaluation and analysis of the resilience of Kalbadab region 12 of Tehran against earthquakes using FANP and Vicor model, *Geography (Quarterly scientific-research and international journal of the Geographical Society of Iran)*, new period, 15(52),81-102. [Persian].