

Passive Defense Approach in Urban Vulnerability Assessment Based on the Principles of Residential Complex Design (Case Study: District 1 of Ahvaz Metropolis)

Seyed Jafar Hejazi^{1*}, Reza Nazarpour Dezaki²

1. Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2. PhD Student in Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

ARTICLE INFO

Research Paper

Article history:

Received: 14 May 2026

Accepted: 01 August 2026

Published online:
05 August 2026



Keywords: *Passive Defense, Fuzzy Logic, Vulnerability of Residential Areas, Principles of Residential Complex Design, Ahvaz Metropolis.*

Abstract

Background and Objective: The post-metropolitan era can be called the era of urban vulnerability, because cities simultaneously face natural hazards, technological crises, and social-security threats. The present study aims to evaluate the vulnerability of residential areas in District 1 of Ahvaz metropolis based on the principles of passive defense in the design of residential complexes.

Methodology: This research is applied-developmental in terms of purpose and descriptive-analytical in nature, based on spatial modeling in ArcGIS. The investigated indicators include 10 indicators covering 4 dimensions of vulnerability (physical, spatial-locational, social-demographic, and service-infrastructure). For weighting and integrating the indicators, the Fuzzy Logic model with Gamma operator ($\lambda=0.9$) was used.

Results and Conclusion: The findings indicate that more than 90% of residential buildings in District 1 are located in zones from no vulnerability to low vulnerability, and only 1% (equivalent to 232 buildings) are located in high and very high vulnerability zones. These critical hotspots are mainly concentrated in two areas, Baghe Moin and Baghe Sheykh, the causes of which are adjacency to hazardous land uses (gas stations and military-law enforcement centers) and deteriorated fabric. The assessment of compliance with the five principles of passive defense shows that the principles of hierarchical protection and minimum vulnerability are in favorable condition, universal coverage is in moderate condition, dynamic protection requires improvement, and relative self-sufficiency is in weak condition. It is suggested that measures be undertaken at three levels: short-term (relocation of hazardous land uses), medium-term (rehabilitation of deteriorated fabric), and long-term (revision of the detailed plan), especially in the critical hotspots of Baghe Moin and Baghe Sheykh.

Citation: Hejazi, S J and Nazarpour Dezaki, R . (2026). Passive Defense Approach in Urban Vulnerability Assessment Based on the Principles of Residential Complex Design (Case Study: District 1 of Ahvaz Metropolis). Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 7(2), 604-629. https://www.srds.ir/article_250243.html?lang=en

© The Author(s). Publisher: Private.



* Corresponding author: hejazi_J@scu.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Cities, as the most complex human-made structures, have always faced numerous challenges and disasters throughout history. With the rapid growth of urbanization in the contemporary world, in addition to providing facilities, the context for new and unpredictable crises has also been created. Therefore, the post-metropolitan era can be called the era of urban vulnerability; because on the one hand, along with the increasing complexity of urban life, cities face "natural hazards and technological crises" in various dimensions, and on the other hand, they face "social-security crises" (Mohammadi Deh Cheshmeh, 2014: 54). Passive defense against dominant patterns of urban risk is one of the most important strategies for securing urban spaces proposed by urban planners (Lane, 2003: 263). Defensive urban planning, by incorporating safety and security principles in the vicinity and adjacency of special land uses (vital, sensitive, and important) in optimal urban land use planning, is one of the main strategies of passive defense, especially in cities prone to hazards.

Ahvaz metropolis, due to its location in the Zagros fold-thrust belt, proximity to the active Ahvaz fault, the presence of loose alluvial sediments, and its border location, has high natural and man-made vulnerability. District 1 of this metropolis, as the economic, administrative, and medical heart of the city, has special strategic importance. The present study aims to evaluate the vulnerability of residential areas in District 1 of Ahvaz metropolis based on the principles of

passive defense in the design of residential complexes.

Methodology

This research is applied-developmental in terms of purpose and descriptive-analytical in nature, based on spatial modeling in ArcGIS. Initially, using library studies, the theoretical foundations and research background were extracted, and using field studies and data from comprehensive and organizational plans, the required data were collected. Research Indicators: The investigated indicators include 10 indicators covering 4 dimensions of vulnerability:

1. Physical Dimension: Skeleton type, building age, number of floors, built-up area

2. Spatial-Locational Dimension: Distance from gas stations, distance from military and law enforcement centers, access to roads

3. Social-Demographic Dimension: Population density

4. Service-Infrastructural Dimension: Access to fire stations, access to healthcare centers

Analytical Model: For weighting and integrating the indicators, the Fuzzy Logic model with Gamma operator ($\lambda=0.9$) was used. After fuzzification and standardization of layers using fuzzy functions in ArcGIS software, the Gamma operator with a value of 0.9 was applied for final integration. Then, the final vulnerability map was classified into 6 classes (from no vulnerability to very high vulnerability) using spatial analysis tools.

Conclusion

Urban planning as an intermediary increases defensive power and has a

positive effect on fulfilling the need for safety and security in Maslow's hierarchy of needs, contributing to human survival. With a psychological approach to urban planning, safety and security should be considered at all levels of planning and design, from macro issues to technical details.

Considering the strategic position of Ahvaz metropolis at the provincial and national levels, the importance of District 1 as the economic, administrative, and medical heart of the city, and the high population density in this area, the results of this research show that the overall vulnerability status of residential areas in District 1 is relatively favorable, with more than 90% located in low-risk zones. However, critical hotspots in Bagh-e Moin and Bagh-e Sheykh require immediate and special actions. Adjacency to hazardous land uses, including gas stations and military centers, is the main cause of high vulnerability, while deteriorated fabric and high population density are other aggravating factors.

In a good city, "appropriate adaptation" and the application of passive defense principles play an important role. The compatibility of form and function in public road networks, public gathering places, buildings, and structures gives meaning to the phenomenon of "appropriate adaptation." This is the most important point in urban planning based on passive defense laws, and the protection of citizens' lives and property should be given more attention.

Based on the identified causes, including adjacency to hazardous land uses and deteriorated fabric, and the five principles of passive defense, practical and prioritized strategies are proposed at three levels to reduce the vulnerability of

residential areas in District 1. In the short-term, relocation of hazardous land uses including gas stations and military-law enforcement centers should be prioritized. In the medium-term, rehabilitation of deteriorated fabric and development of specific regulations for the renovation of old fabrics should be undertaken. In the long-term, revision of the detailed plan and establishment of a continuous vulnerability monitoring system are recommended, particularly in the critical hotspots of Bagh-e Moin and Bagh-e Sheykh. These measures should be implemented with special attention to the critical areas identified in this study.

Declarations

Funding: There is no funding support for this study.

Authors' Contribution: The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

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

References

1. Abazarlou, S., Baghersad, M., & Poori Rahim, A. A. (2021). Vulnerability Modeling of Key Assets of Cities with a Passive Defense Approach Using Fuzzy Logic (Case study: District 6 of Tehran). *Journal of Safe City*, 2. https://www.ispdrc.ir/article_701244.htm
2. Ahadnezhad Roshti, M., & Jalilpour, Sh. (2013). Evaluation of internal factors affecting the vulnerability of urban buildings against earthquakes using GIS (Case study: Old fabric of Khoy city).

Environmental Planning Quarterly, 6(20), 7-29. [In Persian] <https://origin-ir.magiran.com/p1150982>

3. Ahvaz Municipality. (2017). Statistical yearbook of Ahvaz metropolis. Ahvaz: Public Relations and International Affairs Publications of Ahvaz Municipality. [In Persian] <https://planning.ahvaz.ir/>

4. Akbari Motlaq, M., & Abbaszadeh, Gh. (2010). Investigating the position and dimensions of passive defense in the spiritual capital of Iran. First National Conference on Passive Defense and Resistant Structures, Noshirvani University of Technology, Babol, Iran. [In Persian]

https://www.researchgate.net/publication/215587537_brrsy_jaygah_w_abad_pdfand_ghyraml_dr_paytkht_mnwy_ayran

5. Al-Sabbagh, T. A., Almuqataf, M. M., Elsaed, E. L., El Kenawy, A. M., Younes, A., Elkadeem, M. R., & Kotb, K. M. (2025). Advanced GIS and fuzzy logic integration for strategic fire station placement in Yanbu industrial city, Saudi Arabia. *GeoJournal*, 90(2), Article 59. <https://doi.org/10.1007/s10708-025-11304-w>

6. Amanpour, S., Parvizian, A., & Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2018). Evaluation of passive defense requirements in the vicinity of industries (Case study: Ahvaz metropolis). *Geography and Urban-Regional Planning*, 8(26), 217-244. [In Persian] [10.22111/gajj.2018.3768](https://doi.org/10.22111/gajj.2018.3768)

7. Azizi, M. M., & Bornafar, M. (2011). The optimal urban planning process during aerial attacks from the perspective of passive defense (Case study: District 1 of Region 11, Tehran). *Urban Studies Quarterly*, 1(1), 9-22. [In Persian] https://urbstudies.uok.ac.ir/article_1271.html

8. Bakhshi, H., Arezoo, H., & Pournaghan, A. Gh. (2012). Structural and architectural

requirements for hospital construction with a passive defense approach. National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development, Khavaran Institute of Higher Education, Mashhad, Iran. [In Persian]

<https://civilica.com/doc/206612/>

9. Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2014). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (2nd Ed). Routledge.

10. Esmaeili Shahrokht, M. (2010). Urban planning with a passive defense approach (Case study: Birjand city). Master's Thesis in Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran. [In Persian]

11. Esmaeilpour, M., Lalehpour, M., & Mamghani, S. (2022). Evaluation of vulnerability of housing in Tabriz city against earthquake hazard (Case study: District 10 of municipality). *Geography and Planning*, 26(82), 27-48. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/gp.2022.48908.2921>

12. ESRI. (2023). *How Fuzzy Membership works*. ArcGIS Pro Documentation. Available at: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-fuzzy-membership-works.htm>

13. Fajr Tose-e Consulting Engineers. (2012). Studies of deteriorated fabric and empowerment of neighborhoods in Ahvaz city (Lashkarabad, Koye Alavi, Koye Siyahi). Project Report, Ahvaz Municipality. [In Persian]

14. Farhoudi, R., Habibi, K., & Zandi Bakhtiari, P. (2005). Locating municipal solid waste landfill sites using fuzzy logic in GIS environment (Case study: Sanandaj city). *Journal of Fine Arts*, 33(2), 17-30 [In Persian]

https://jhz.ut.ac.ir/article_10710.html

- 15.Fathi Rashid, A., & Gholizadeh, E. (2009). Passive defense in deteriorated urban fabric. Second Conference on Safe City Community, Tehran, Iran, 33-49. [In Persian] <https://sid.ir/paper/807764/fa>
- 16.Firoozi, M. A., Mohammadi Deh Cheshmeh, M., Nazarpour Dezaki, R., & Shojaeian, A. (2016). Assessment of structural vulnerability of hospitals from the perspective of passive defense using FAHP model (Case study: Hospitals of Ahvaz metropolis). *Spatial Planning and Geomatics Quarterly*, 20(1), 149-178. [In Persian] https://hsm.sp.modares.ac.ir/article_14508.html
- 17.Forsyth, A., Molinsky, J., & Kan, H. Y. (2019). *Improving housing and neighborhoods for the vulnerable: Older people, small households, urban design, and planning*. *Urban Design International*, 24(3), 171–186. <https://doi.org/10.1057/s41289-019-00081-x>
- 18.García Almirall, P., Cornadó, C., Piasek, G., & Vima Grau, S. (2023). Review of socio-residential vulnerability identification methodologies: Application to the cities of Bilbao and Barcelona. *VITRUVIO – International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 8(1), 70–83. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2023.19477>
- 19.Ghaed Rahmati, S., & Aziminia, B. (2017). Evaluation of density and its relationship with seismic vulnerability (Case study: District 4 of Tehran Municipality). *Geography and Planning*, 21(61), 279-298. [In Persian] https://journals.tabrizu.ac.ir/article_7025.html
- 20.Ghazanfarpour, H., & Hamed, M. (2020). Classification of vulnerability levels of Kerman city's fabrics based on fuzzy logic indicators. *Geography and Development*, 18(60), 1-20. (In Persian) <https://doi.org/10.22111/gdij.2017.3365>
- 21.Ghouchani, M., Khorram, A., Gholizadeh, F., & Rafiei, S. (2023). Evaluate the efficiency of contextual elements in reducing the vulnerability of urban historical fabrics based on passive defense principles. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(2), Article 101837. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101837>
- 22.Goodarzi, M., Soltani, Z., & Nazarpour Dezaki, R. (2023). Assessment of the Vulnerability of Riverine Cities and Their Coping Capacity against Floods (Case Study: Ahvaz Metropolis). *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 11(3). World Scientific Publishing. <https://doi.org/10.1142/s2345748123500173>
- 23.Habibi, K., Pourahmad, A., Meshkini, A., Asgari, A., & Nazari Adli, S. (2007). Determination of structural/construction factors affecting the vulnerability of the historical fabric of Zanjan using Fuzzy Logic & GIS. *Journal of Fine Arts*, 33(2), 27-36. (In Persian) <https://ecc.isc.ac/showJournal/994/6832/74566>
- 24.Haji Ebrahim Zargar, A., & Mesgari Houshiar, S. (2007). Passive defense in architecture: A strategy for reducing risk against disasters. Third International Conference on Integrated Crisis Management in Natural Disasters, Tehran, Iran. [In Persian] <https://civilica.com/doc/33337/>
- 25.Hashemi Fesharaki, J., & Shakibamanesh, A. (2011). Urban design from the perspective of passive defense (1st Ed.). Tehran: Bustan-e Hamid Publications. [In Persian]
- 26.Hosseinzadeh Dalir, K., Maleki, K., Shafaati, A., & Heidarifard, M. R. (2012). Passive defense and sustainable urban

development with emphasis on vulnerable land uses of Tabriz metropolis from the perspective of war. *Geography and Environmental Sustainability*, 2(5), 18-32.

[In Persian]

https://ges.razi.ac.ir/article_197.html

27. Hussein, A. A. H (2025). *Planning and Design Strategies for Enhancing Passive Defense in Future Cities During Wartime*. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 10(4), 699–716.

<https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2025.04.07>

28. Javidan, M. (2024). Validation of safety indicators from the perspective of passive defense in educational land uses. *New Ideas in Geographical Sciences*, 3(2), 1-18. [In Persian]

<https://doi.org/https://doi.org/10.71787/10.71787/ntigs.2024.783449>

29. Karam, A., & Yaghoubnejad Asl, N. (2013). Application of fuzzy logic in evaluating land suitability for physical development of the city (Case study: Karaj metropolis). *Geography Quarterly*, 11(36), 230-246. [In Persian]

<https://sid.ir/paper/150399/fa>

30. Kindo, A. A., Kaladzavi, G., Malo, S., Camara, G., Tapsoba, T. M.-Y., & Kolyang. (2020). Fuzzy logic approach for knowledge modeling in an Ontology: A review. In *2020 IEEE 2nd International Conference on Smart Cities and Communities (SCCIC)* (pp. 1-8). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/SCCIC51516.2020.9377335>

31. Lane, M. B. (2003). Reviewing the regional forest agreement experience: The wicked problem of common property forests. Paper presented at the *Regional Forest Agreements and the Public Interest: A National Symposium*, Australian National University, Canberra, Australia.

32. Lotfizadeh, D., Goodarzi, M., & Soltani, Z. (2026). Assessing the role of urban social resilience in facing the consequences of war (Case study: Ahvaz city). *Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies (JSURDS)*, 7(1), 476-502. [In Persian]

https://www.srds.ir/article_243177.html

33. Maleki, S., & Mavedat, E. (2024). An analysis on the management of urban crisis caused by the earthquake, with an emphasis on physical indicators (Case Study: Ilam province). *Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies (JSURDS)*, 4(4), 24-38. [In Persian]

https://www.srds.ir/article_190290.html

34. Mansour Naeimi, E. (2014). Locating temporary housing during natural hazards in District 1 of Ahvaz Municipality [Master's Thesis]. Faculty of Earth Sciences and GIS, Shahid Chamran University of Ahvaz [In Persian]

35. Marouf Nezhadeh, A., & Khoozestani, L. (2023). Assessment of the importance of passive defense in ports. *New Ideas in Geographical Sciences*, 1(2), 95-114. [In Persian]

<https://doi.org/https://doi.org/10.71787/10.71787/ntigs.2024.783418>

36. Mercader-Moyano, P., Morat, O., & Serrano-Jiménez, A. (2021). Urban and social vulnerability assessment in the built environment: An interdisciplinary index-methodology towards feasible planning and policy-making under a crisis context. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103082.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103082>

37. Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2013). *Urban safety and passive defense* (1st ed.). Ahvaz: Shahid Chamran University of Ahvaz Press. [In Persian]

38. Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2014). Measuring the permeability of Karaj urban fabric against hazards. *Spatial*

Planning and Geomatics Quarterly, 18(3), 53-77. [In Persian]

https://hsmasp.modares.ac.ir/article_14456.html

39.Mohammadi Deh Cheshmeh, M., & Heidarinia, S. (2015). Spatial modeling of the vicinity of special land uses from the perspective of passive defense in Ahvaz metropolis. *Space Planning and Planning*, 19(2), 211-236. [In Persian]

https://hsmasp.modares.ac.ir/article_14475.html

40.Motaghed, S., Eftekhari, N., Emadali, L., & Sayadpour, H. (2024). Revision of earthquake hazard analysis of Ahvaz city considering the status of the Ahvaz fault. *Advanced Applied Geology*, 14(4), 1072-1098. [In Persian]

<https://doi.org/10.22055/aag.2024.44810.2405>

41.Nazarpour Dezaki, R. (2014). Assessment of vulnerability of special land uses from the perspective of passive defense in Ahvaz metropolis (Case study: Healthcare land use) [Master's Thesis]. Faculty of Earth Sciences and GIS, Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian]

42.Nazaryan, Y., Haghzad, A., Ebrahimi, L., & Abozorgmehr, K. (2026). Analysis of urban resilience against earthquakes with emphasis on land use planning (Case study: Tabriz metropolis). *Journal of Geography and Spatial Planning*, 26(80), 254-273. <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3832-en.html>

43.Parizi Maimandi, S., & Kazeminia, A. (2014). Vulnerability zoning of Kerman city based on passive defense principles. *Land Use Planning*, 7(1), 119-144. [In Persian]

<https://doi.org/10.22059/jtcp.2015.54784>

44.Pasban, A., & Abedini, M. (2025). Military site selection based on passive defense approach (integrating RS, GIS, and the analytic network process [ANP] model) at Ardabil Township. *Journal of*

Sustainable Urban and Regional Development Studies (JSURDS), 6(2), 381-396. [In Persian]

https://www.srds.ir/article_220760.html

45.Pattanaik, S., Singh Dhillon, S., & Vinciarelli, A. (2025). Fuzzy logic in governance and policy making. In *Fuzzy Logic in Governance and Policy Making* (Chapter 10). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781003636724>

46.Piri, H., & Salehi Asl, M. (2013). Evaluation of effective components on passive defense in Shiraz railway station against aerial threats. *Passive Defense Quarterly*, 4(1), 65-82. [In Persian]

https://pd.ihu.ac.ir/article_206115.html

47.Rahmani, Gh., Chitsazan, M., & Ghafouri, H. R. (2022). Determining the relationship between groundwater level decline and land subsidence in the Damaneh-Daran plain aquifer using a combination of numerical and analytical models. *Advanced Applied Geology*, 12(2), 259-275. [In Persian]

<https://doi.org/10.22055/aag.2021.36217.2190>

48.Rahnamaei, M. T., & Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2009). An analysis of social instability in the Iranian eco-city. *Political-Economic Information Journal*, 259-260, 284-296. [In Persian]

<https://www.ensani.ir/fa/article/323946>

49.Rezaei Anvar, M., Ashtiani, R., & Jahani, A. (2021). Evaluation of urban spaces based on passive defense principles; Case study: Enghelab Square area, Tehran. *Geographical Research Quarterly*, 36(3), 291-303. [In Persian]

<http://georesearch.ir/article-1-1125-fa.html>

50.Salari, N., Entezari, M., & Khabazi, M. (2022). Ranking urban vulnerability against earthquake hazard using ELECTRE FUZZY model (Case study: Kerman city). *Geography and Environmental Planning*, 33(4), 113-134. [In Persian]

<https://doi.org/10.22108/gep.2022.13268.8.1491>

51. Sarvar, H., Kashani Asl, A., & Kheirizadeh, M. (2015). Evaluation of vulnerability of urban spaces against earthquake crisis using fuzzy logic (Case study: Ahar city). *Sustainable City*, 2(4), 71-90. [In Persian]

<https://elmnet.ir/doc/1535356-19163>

52. Taghvaei, M., & Joozi Khamselooi, A. (2012). Investigating the vulnerability of urban land uses along pilgrimage routes with a passive defense approach (Case study: Isfahan metropolis). *Environmental Planning Quarterly*, 5(16), 125-148. [In Persian]

<https://search.isc.ac/dl/search/defaultta.aspx?DTC=8&DC=546120>

53. UN Habitat. (2008). *Enhancing urban safety and security: Global report on human settlements*. United Nations Human Settlements Programme. <https://unhabitat.org/fr/node/93541>

54. Van den Berg, L. (2003). *The safe city: Safety and urban development in European cities*. Ashgate Publishing Company.

55. Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge.

<https://www.routledge.com/At-Risk-Natural-Hazards-Peoples-Vulnerability-and-Disasters/Blaikie-Cannon-Davis-Wisner/p/book/9780415252164>

56. Zangiabadi, A., & Esmaeilian, Z. (2012). Analysis of vulnerability indicators of urban housing against natural hazards (Case study: Housing in Isfahan city). *Geography and Environmental Hazards*, 1(4), 113-129. [In Persian]

<https://doi.org/10.22067/geo.v1i4.19513>



نوع مقاله: پژوهشی

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای

https://www.srds.ir/article_250243.html?lang=fa

دوره هفتم، شماره دوم، پیاپی (۲۴)، تابستان ۱۴۰۵

صص ۶۲۹-۶۰۴

رویکرد پدافند غیرعامل در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری براساس اصول طراحی مجموعه‌های مسکونی (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر اهواز)

سید جعفر حجازی^۱: دانشیار گروه معماری، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.*

رضا نظریور دزکی: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: عصر پست‌متروپلیتن را می‌توان عصر آسیب‌پذیری شهر نامید، زیرا شهرها هم‌زمان با مخاطرات طبیعی، بحران‌های تکنولوژیک و تهدیدات اجتماعی-امنیتی روبه‌رو هستند. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی منطقه یک کلان‌شهر اهواز مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی انجام شده است.

روش بررسی: این پژوهش از نظر هدف، توسعه‌ای-کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی مبتنی بر مدل‌سازی مکانی در ArcGIS می‌باشد. شاخص‌های مورد بررسی شامل ۱۰ شاخص پوشش دهنده ۴ بعد آسیب‌پذیری (کالبدی، فضایی-مکانی، اجتماعی-جمعیتی و خدماتی-زیرساختی) می‌باشد و برای وزن‌دهی و تلفیق شاخص‌ها، از مدل منطق فازی با عملگر گاما ($\lambda=0.9$) استفاده شد.

یافته‌ها و نتایج: یافته‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد از ساختمان‌های مسکونی منطقه یک در پهنه‌های بدون آسیب‌پذیری تا آسیب‌پذیری کم قرار دارند و تنها ۱ درصد (معادل ۲۳۲ ساختمان) در پهنه با آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد واقع شده‌اند. این کانون‌های بحرانی عمدتاً در دو ناحیه باغ معین و باغ شیخ متمرکز شده‌اند که علل آن همجواری با کاربری‌های خطرناک (پمپ‌بنزین و مراکز نظامی-انتظامی) و بافت فرسوده است. بررسی تطابق با اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل نشان می‌دهد که اصول محافظت سلسله‌مراتبی و کمترین آسیب‌پذیری در وضعیت مطلوب، پوشش سراسری در وضعیت متوسط، محافظت پویا نیازمند بهبود و خودکفایی نسبی در وضعیت ضعیف قرار دارند. پیشنهاد می‌شود اقدامات در سه سطح کوتاه‌مدت (جابجایی کاربری‌های خطرناک)، میان‌مدت (بازآمایی بافت فرسوده) و بلندمدت (بازنگری طرح تفصیلی) به‌ویژه در کانون‌های بحرانی باغ معین و باغ شیخ در دستور کار قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پدافند غیرعامل، منطق فازی، آسیب‌پذیری مناطق مسکونی، اصول طراحی مجموعه‌های مسکونی، کلان‌شهر اهواز.

۱. مسئول مکاتبات: hejazi_J@scu.ac.ir

ارجاع به این مقاله: حجازی، سید جعفر و نظریور دزکی، رضا. (۱۴۰۵). رویکرد پدافند غیرعامل در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری براساس اصول طراحی مجموعه‌های مسکونی (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر اهواز). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، ۷(۲)، ۶۰۴-۶۲۹.

مقدمه و بیان مسأله

شهرها به‌عنوان پیچیده‌ترین ساخته بشری همواره در طول تاریخ با چالش‌ها و سوانح متعددی روبه‌رو بوده‌اند با رشد شتابان شهرنشینی در جهان معاصر علاوه بر ایجاد تسهیلات، بستر بروز بحران‌های نوین و پیش‌بینی‌ناپذیر را فراهم کرده است (Lotfizadeh et al., 2026: 477) از این‌رو عصر پست‌متروپولیتن^۱ را می‌توان عصر آسیب‌پذیری شهر نیز نامید؛ زیرا از یک‌سو، همسو با پیچیدگی روزافزون حیات شهری، شهرها در ابعاد مختلف با «مخاطرات طبیعی و بحران‌های فناورانه» و از سوی دیگر با «بحران‌های اجتماعی - امنیتی» روبه‌رو هستند (Mohammadi Deh Cheshmeh, 2014: 54). آبراهام مازلو با طرح سلسله‌مراتب نیازها، ایمنی و امنیت را یکی از نیازهای پایه‌ای جوامع بشری معرفی کرده (Van den Berg, 2007: 132) و ایمنی را پیش‌نیاز آسایش شهروندی خوانده است. در نگاه سیاست‌گذاران و صاحب‌نظران، ایمنی شهری یکی از اساسی‌ترین پیش‌فرض‌های جامعه جهانی برای برنامه‌ریزی انسان‌محور محسوب می‌شود و بر این اساس، برنامه‌ریزان شهری راهبردهای بهینه‌ای را برای دستیابی به آن طراحی کرده‌اند.

پدافند غیرعامل در برابر الگوهای غالب خطرپذیری شهری، از مهم‌ترین راهبردهای ایمن‌سازی فضاهای شهری است که توسط برنامه‌ریزان شهری پیشنهاد شده است (Lane, 2003: 263). شهرسازی دفاعی با لحاظ نمودن اصول ایمنی و امنیت در همجواری و مجاورت کاربری‌های ویژه (حیاتی، حساس و مهم) در برنامه‌ریزی بهینه کاربری اراضی شهری، به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری در مواجهه با مخاطرات احتمالی، از راهبردهای اصلی دفاع غیرعامل به‌ویژه در شهرهای مستعد پذیرش مخاطرات به شمار می‌رود.

از مهم‌ترین گام‌های اجرایی پدافند غیرعامل در مناطق شهری برای رویارویی با بحران، توجه به آسیب‌پذیری فیزیکی و انسانی مناطق مختلف شهری است. توجه ویژه به این آسیب‌پذیری، نقش مهمی در تعیین مقیاس بحران ایفا می‌کند (Taghvaei & Joozi Khamseloo, 2012: 126). گرچه تعیین کمی و کیفی آسیب‌های احتمالی وارده به‌طور کامل امکان‌پذیر نیست، اما بررسی این پارامتر و اشراف بر مسائل بعدی و احتمالی ناشی از حملات دشمن، این امکان را برای مسئولین فراهم می‌نماید که تمهیدات لازم را برای برخورد مناسب در صورت وقوع بحران پیش‌بینی نمایند. همچنین با آموزش نیروی انسانی و افزایش درجه مقاومت کالبدی مناطق مسکونی، می‌توان نسبت به کاهش زیان‌ها و برگشت سریع به وضع عادی اقدام نمود (Esmaeili Shahrokht, 2010: 68). تجربیات به‌دست‌آمده از طرح‌های شناخت بافت‌های آسیب‌پذیر از منظر پدافند غیرعامل قبل از وقوع بحران و رفع مشکلات این مناطق، نقشی اساسی در پایداری سکونت‌گاه‌های انسانی و مدیریت طرح‌های کاهش بحران ایفا می‌کند.

رشد جمعیت و گسترش سکونت‌گاه‌ها در مناطق پرمخاطره به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه در حال افزایش است (Maleki & Mavedat, 2024: 24). در این میان کشور ایران علاوه بر دارا بودن موقعیت ژئواستراتژیک و ژئواکونومیک^۲ ویژه و وقوع ۳۱ بحران از ۴۸ بحران شناخته‌شده جهانی (United Nation, 2008: 26)، با پدیده پویش جمعیتی شهرگرا و تمرکزگرا نیز مواجه (Rahnamaei & Mohammadi Deh Cheshmeh, 2009: 284). این امر زمینه‌ساز شکل‌گیری کانون‌های شهری عموماً ناایمن، به‌ویژه کلان‌شهرها، در برابر مخاطرات و حوادث غیرمترقبه شده است.

کلان‌شهر اهواز یکی از این کلان‌شهرها می‌باشد که با جمعیت بیش از یک‌میلیون نفر (Ahvaz Municipality, 2017: 213)، جایگاه اقتصادی و سیاسی ویژه‌ای در استان و کشور دارد. موقعیت مرزی این شهر، خطرات ناشی از بحران‌های انسان‌ساز را نیز دوچندان کرده است. به همین دلیل، نیاز به شناخت نقاط آسیب‌پذیر بافت شهری این

۱ عصر پست‌متروپولیتن (Post-Metropolitan Era) به دوره‌ای اطلاق می‌شود که در آن شهرها از شکل کلاسیک و متمرکز خود خارج شده و به الگوهای پراکنده، شبکه‌ای و چندمرکزی تبدیل می‌شوند. در این عصر، شهرها دیگر موجودیت‌های ساده و قابل‌کنترلی نیستند؛ بلکه به سیستم‌های پیچیده، پویا و آسیب‌پذیری تبدیل شده‌اند که با مخاطرات طبیعی، بحران‌های تکنولوژیک و تهدیدات اجتماعی-امنیتی دست‌وپنجه نرم می‌کنند.

کلان‌شهر، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. علاوه بر تهدیدات انسان‌ساز، کلان‌شهر اهواز به دلیل قرارگیری در کمربند چین‌خوردگی زاگرس، مجاورت با گسل فعال اهواز (با طول بیش از ۱۰۰ کیلومتر)، وجود رسوبات آبرفتی سست، سطح بالای آب زیرزمینی و شیب توپوگرافی بسیار کم، از آسیب‌پذیری طبیعی بالایی نیز برخوردار است (Motaghed et al., 2024; Rahmani et al., 2022). این ویژگی‌ها، اهمیت توجه به ایمنی زیرساخت‌ها و مناطق مسکونی را در این کلان‌شهر دوچندان کرده است.

شهرها و ازجمله مناطق مسکونی به علت بافت فشرده و جمعیت متراکم و شبکه‌های متنوع شهری، معمولاً در جنگ‌ها در برابر تهاجم زمینی و هوایی به‌عنوان یک مانع محسوب می‌شوند. از طرفی خواسته یا ناخواسته، جنگ‌ها به سمت شهرها سوق پیدا کرده‌اند و باعث تلفات بالای غیرنظامیان و خسارات زیاد به مناطق مسکونی شده است (Azizi & Bornafar, 2011: 11). آمار و اطلاعات مناقشات و جنگ‌های اخیر نشان می‌دهد که بیش از ۸۰ درصد کشته‌شدگان، غیرنظامی هستند. دشمن از بمباران مناطق مسکونی و کشتار غیرنظامیان، شش هدف راهبردی را دنبال می‌کند که عبارت‌اند از: ایجاد فشار بر دولتمردان، برهم زدن نظم اجتماعی، ایجاد ازم‌گسیختگی و مهاجرت اجباری، ایجاد نارضایتی عمومی، تضعیف روحیه رزمندگان و از بین بردن مقاومت عقبه‌های شهری. این اهداف نشان می‌دهد که بمباران سکونتگاه‌های شهری نه تنها اهداف نظامی، بلکه اهداف روانی، اجتماعی و سیاسی را نیز شامل می‌شود و بر ضرورت اتخاذ راهبردهای مؤثر در حوزه پدافند غیرعامل برای کاهش آسیب‌پذیری مناطق مسکونی تأکید دارد (Akbari Motlaq & Abbaszadeh, 2010: 5).

تجربیات به‌دست‌آمده در دهه‌های اخیر در زمینه وقوع بحران‌های انسانی و طبیعی به‌وضوح نشان می‌دهد که شهرها برای مقابله با این‌گونه حوادث باید به عوامل دفاعی و پدافندی ویژه‌ای مجهز باشند تا بتوانند در زمینه مدیریت بحران به موفقیت دست یابند. بعد فضایی این مسئله را می‌توان در ارزیابی آسیب‌پذیری کاربری‌های شهری از منظر پدافند غیرعامل و به‌ویژه در سه حوزه مورد بررسی قرار داد؛ حوزه نخست، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری است که بر مؤلفه‌هایی نظیر فاصله از کاربری‌های خطرناک و تراکم جمعیت تأکید دارد و به مکان‌گزینی بهینه کاربری‌ها برای کاهش آسیب‌پذیری می‌پردازد. حوزه دوم، طراحی شهری (شهرسازی دفاعی) است که با مؤلفه‌های دسترسی به معابر و پراکندگی مناسب کاربری‌ها، زمینه را برای تخلیه اضطراری و کاهش تمرکز اهداف فراهم می‌آورد. حوزه سوم، مقاوم‌سازی کالبدی است که شامل مؤلفه‌هایی چون نوع اسکلت، قدمت بنا و مساحت زیربنا می‌باشد و بر استحکام فیزیکی ساختمان‌ها در برابر تهدیدات تأکید دارد (Mohammadi Deh Cheshmeh, 2013; Azizi & Bornafar, 2011).

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی منطقه یک کلانشهر اهواز (به‌عنوان قلب اقتصادی، اداری و درمانی شهر) از منظر اصول پدافند غیرعامل و تطبیق وضعیت موجود با اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی انجام شده است. سؤال اصلی پژوهش آن است که آسیب‌پذیری کاربری مسکونی این منطقه در چه سطحی قرار دارد و الگوی توزیع فضایی کانون‌های بحرانی آن چگونه است؟ سؤال فرعی نیز به ارزیابی تطابق وضعیت موجود با اصول پنج‌گانه (محافظت سلسله‌مراتبی، پوشش سراسری، محافظت پویا، خودکفایی نسبی و کمترین آسیب‌پذیری) می‌پردازد. ضرورت انجام پژوهش از سه جهت قابل توجیه است: اول؛ قرارگیری منطقه در هسته مرکزی و تاریخی شهر با تمرکز بالای جمعیت و سرمایه دوم؛ وجود بافت فرسوده و تراکم بالای ساختمانی و جمعیتی و سوم؛ نبود مطالعه‌ای که به‌طور هم‌زمان به ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی با ترکیب ۱۰ شاخص و تطبیق با اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل پرداخته باشد. از این رو پژوهش حاضر می‌تواند خلأ موجود در ادبیات موضوع را پر کرده و راهکارهای عملیاتی برای کاهش آسیب‌پذیری این منطقه راهبردی ارائه نماید.

مبانی نظری پژوهش

۱- مفاهیم و مضامین پایه

پدافند غیرعامل: پدافند غیرعامل به معنی استفاده از روش‌هایی که آثار ناشی از اقدامات دشمن را بکاهد (Marouf, 2023: 100) و شامل مجموعه اقدامات غیرمسلحانه‌ای است که باعث کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تأسیسات و تجهیزات و شریان‌های کشور در مقابل عملیات خصمانه و مخرب دشمن یا کاهش مخاطرات ناشی از سوانح غیرطبیعی می‌گردد (Hashemi Fesharaki & Shakibamanesh, 2011: 21). در تعریفی دیگر، پدافند غیرعامل به بهره‌گیری از راهبردهای پوشش، اختفاء، استتار، پراکندگی، فریب و واپایش (کنترل) حرکات در روشنایی معنا شده است (Mohammadi Deh Cheshmeh, 2013: 141).

آسیب‌پذیری شهری: آسیب‌پذیری مفهومی است که به‌وسیله علوم اجتماعی تکامل یافته (Javidan, 2024: 7) و عبارت از میزان خساراتی است که در صورت بروز سانحه به یک شهر بر اجزاء و عناصر آن برحسب ماهیت و کیفیت آن‌ها وارد می‌شود. در تعریفی جامع‌تر، آسیب‌پذیری شهری به میزانی از تفاوت‌های ظرفیتی جوامع شهری جهت مقابله با اثرات مخاطرات بر اساس موقعیت آن‌ها در جهان مادی (ساختار فضایی شهر) و ویژگی‌های اجتماعی آن جوامع (ساختار اجتماعی شهر) اطلاق می‌شود (Ahadnezhad Roshti & Jalilpour, 2013: 29). مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف مردم ساکن در نواحی خطرخیز شهر، بسته به سطح زندگی و وضعیت اجتماعی و فیزیکی آن‌ها در نقاط مختلف متفاوت است (Wisner et al. 2004). آسیب‌های ناشی از آن همواره علاوه بر غافلگیری مسئولان، هزینه‌های زیادی را تحمیل کرده و قابلیت بسیار بالایی برای تبدیل شدن به انواع دیگر آسیب‌ها اعم از سیاسی، اقتصادی و فرهنگی دارد (Blaikie et al., 2014).

۲- اهداف پدافند غیرعامل در حوزه شهری و ارتباط آن‌ها با پژوهش

جهت شناخت بهتر نقش اجرای الزامات پدافند غیرعامل در کاهش آسیب‌پذیری شهری، می‌توان به اهداف کلی پدافند غیرعامل در شکل (۱) اشاره کرد. این اهداف شامل کاهش آسیب‌پذیری، افزایش بازدارندگی، تسهیل مدیریت بحران، پشتیبانی از نیروهای نظامی و حفظ زیرساخت‌های حیاتی می‌باشد (Piri & Salehi Asl, 2013: 21). در جدول (۱)، نیز اهداف پدافند غیرعامل در کاهش آسیب‌پذیری شهری و نحو بررسی این اهداف در پژوهش حاضر بیان شده است.



شکل ۱- اهداف کلی پدافند غیرعامل در کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری (مأخذ: پیری و صالحی اصل، ۱۳۹۲).

Figure 1. General objectives of passive defense in reducing vulnerability and increasing resilience (Source: Piri & Salehi Asl, 2013)

جدول ۱- اهداف پدافند غیرعامل و نحوه بررسی این اهداف در پژوهش (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 1. Objectives of passive defense and how they are examined in this research (Source: Authors, 2026)

ردیف	هدف پدافند غیرعامل	نحوه بررسی در این پژوهش
۱	کاهش آسیب‌پذیری	پهنه‌بندی مناطق مسکونی بر اساس میزان آسیب‌پذیری
۲	افزایش بازدارندگی	شناسایی کانون‌های بحرانی برای اقدامات پیشگیرانه
۳	تسهیل مدیریت بحران	ارائه راهکارهای عملیاتی برای کاهش آسیب‌پذیری
۴	حفظ زیرساخت‌های حیاتی	تمرکز بر کاربری مسکونی به‌عنوان مهم‌ترین زیرساخت انسانی

۳- اصول پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی

حاجی ابراهیم زرگر و مسگری هوشیار (۱۳۸۶: ۹) به نقل از داعی‌نژاد، اصول پدافند غیرعامل در طراحی و تجهیز مجموعه‌های مسکونی را به‌صورت زیر تشریح نموده‌اند:

اصل اول - محافظت سلسله‌مراتبی: این اصل به معنای درجات متفاوت آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف یک مجموعه است. طبق این اصل، فضاهایی که در برابر یک سانحه دارای بیشترین آسیب‌پذیری هستند، باید از بالاترین سطح آمادگی جهت مواجهه مؤثر با شرایط بحران برخوردار باشند. اصل دوم - پوشش سراسری: این اصل اهمیت سرعت در استقرار در نقاط امن و نیز سرعت در امداد و نجات و مهار دامنه آسیب‌ها را مورد تأکید قرار می‌دهد. اصل سوم - محافظت پویا: این اصل بیانگر آن است که به کمک سه ویژگی انعطاف‌پذیری، تنوع و کارایی، عناصر حفاظتی در محیط باید به‌صورت پیوسته و به شکل‌های متنوع طراحی شوند. اصل چهارم - خودکفایی نسبی: با فرض بدترین شرایط بحران، مجموعه باید قادر به تأمین حیاتی‌ترین نیازهای آسیب‌دیدگان در شرایط اندکی قبل و بلافاصله پس از وقوع خطر باشد. از مهم‌ترین این نیازها می‌توان به اعلام خطر، مقابله با آتش، فوریت‌های پزشکی، سیستم‌های جایگزین و امکانات ضروری جهت اسکان اضطراری نام برد. اصل پنجم - کمترین آسیب‌پذیری: این اصل بر لزوم دقت در جانمایی عناصر محیط و استفاده هوشمندانه از امکانات طراحی جهت کاهش صدمات ناشی از رخداد انفجار تأکید دارد. در جدول (۲)، اصول پدافند غیرعامل در کاهش آسیب‌پذیری شهری و کاربرد آن در طراحی مجموعه‌های مسکونی ایمن بیان شده است.

جدول ۲- کاربرد اصول پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 2. Application of passive defense principles in the design of residential complexes (Source: Authors, 2026)

اصل	عنوان	مفهوم	کاربرد در مناطق مسکونی
اول	محافظت سلسله‌مراتبی	درجات متفاوت آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف یک مجموعه	فضاهای پرتراکم مسکونی باید بالاترین سطح آمادگی را داشته باشند
دوم	پوشش سراسری	سرعت در استقرار در نقاط امن و سرعت در امداد و نجات	دسترسی عادلانه همه واحدهای مسکونی به پناهگاه‌ها
سوم	محافظت پویا	طراحی پیوسته و متنوع عناصر حفاظتی	استفاده از مصالح مقاوم و پخش‌شده در بافت مسکونی
چهارم	خودکفایی نسبی	تأمین نیازهای حیاتی آسیب‌دیدگان در شرایط بحران	ذخیره آب، غذا و تجهیزات پزشکی در محلات مسکونی
پنجم	کمترین آسیب‌پذیری	دقت در جانمایی عناصر محیط و استفاده هوشمندانه از طراحی	فاصله مناسب از کاربری‌های خطرناک و پرخطر

بر اساس مبانی نظری ارائه‌شده، ۱۰ شاخص انتخاب‌شده در این پژوهش (جدول ۳) به ابعاد چهارگانه آسیب‌پذیری شهری (کالبدی، فضایی- مکانی، اجتماعی- جمعیتی و خدماتی- زیرساختی) و اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی مرتبط می‌باشند. ابعاد آسیب‌پذیری شهری نیز بر اساس چارچوب‌های چندبعدی طبقه‌بندی‌شده

است. بعد کالبدی شامل مؤلفه‌های سازه‌ای نظیر نوع اسکلت، قدمت بنا، تعداد طبقات و مساحت زیربنا می‌باشد بعد فضایی- مکانی بر فاصله از کاربری‌های خطرناک و دسترسی به معابر تأکید دارد. اجتماعی- جمعیتی با شاخص تراکم جمعیت سنجیده می‌شود و بعد خدماتی- زیرساختی نیز دسترسی به مراکز آتش‌نشانی و درمانی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

جدول ۳- شاخص‌های پژوهش مستخرج از مبانی نظری و اصول پدافند غیرعامل (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 3. Research indicators derived from theoretical foundations and passive defense principles (Source: Authors, 2026)

منبع	اصل پدافند غیرعامل مرتبط	علت تأثیرگذاری	نوع تأثیر بر آسیب‌پذیری بافت	بعد آسیب‌پذیری	شاخص
(Ghaed, Esmaeilpour et al., 2022), (Rahmati & Aziminia, 2017)	محافظت سلسله‌مراتبی	افزایش تراکم جمعیت، شدت خسارات جانی را افزایش می‌دهد.	افزایشی	اجتماعی- جمعیتی	تراکم جمعیت
	کمترین آسیب‌پذیری	ساختمان‌های بلندمرتبه، اهداف آسیب‌پذیرتری هستند.	افزایشی	کالبدی	تعداد طبقات
(Salari, Esmaeilpour et al., 2022), (Zangiabadi & et al., 2022), (Habibi et al., Esmaeilian, 2012, 2007)	کمترین آسیب‌پذیری	بناهای قدیمی، مقاومت کمتری دارند.	افزایشی	کالبدی	قدمت بنا
	کمترین آسیب‌پذیری	مساحت کم، نشانه بافت فرسوده است.	کاهشی	کالبدی	مساحت زیربنا
	کمترین آسیب‌پذیری	اسکلت ضعیف، مقاومت کمتری دارد.	کاهشی	کالبدی	نوع اسکلت
	پوشش سراسری، خودکفایی نسبی	عدم دسترسی، زمان امداد را افزایش می‌دهد.	افزایشی	خدماتی- زیرساختی	دسترسی به آتش‌نشانی
(Salari et al., 2022)	پوشش سراسری، خودکفایی نسبی	عدم دسترسی، مرگ‌ومیر را افزایش می‌دهد.	افزایشی	خدماتی- زیرساختی	دسترسی به مراکز درمانی
	پوشش سراسری	کاهش دسترسی، تخلیه اضطراری را با مشکل مواجه می‌کند.	افزایشی	فضایی- مکانی	دسترسی به معابر
(Salari, Esmaeilpour et al., 2022), et al., 2022	کمترین آسیب‌پذیری	نزدیکی به پمپ‌بنزین، خطر انفجار را افزایش می‌دهد.	کاهشی	فضایی- مکانی	فاصله از پمپ‌بنزین
	کمترین آسیب‌پذیری	این کاربری‌ها اهداف اولیه حمله هستند.	کاهشی	فضایی- مکانی	فاصله از مراکز نظامی

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۵

پیشینه پژوهش

مطالعات پیشین در حوزه ارزیابی آسیب‌پذیری شهری با رویکرد پدافند غیرعامل عمدتاً بر پهنه‌بندی کلی شهرها یا ارزیابی کاربری‌های ویژه متمرکز بوده‌اند. باین حال مطالعات پیشین در سه حوزه اصلی قابل دسته‌بندی هستند:

۱- پژوهش‌های مرتبط با پدافند غیرعامل و کاربری‌های شهری

پاریزی میمند و کاظمی‌نیا (۱۳۹۳) شهر کرمان را با بررسی ۹ کاربری اصلی پهنه‌بندی کردند و مهم‌ترین عوامل خطرناک را تراکم جمعیت بالا، تراکم ساخت‌وساز و ریزدانی واحدهای مسکونی معرفی نمودند. در اهواز، در حوزه ارزیابی آسیب‌پذیری

کاربری‌های ویژه، محمدی‌ده‌چشمه و حیدری‌نیا (۱۳۹۴) به مدل‌سازی مکانی همجواری کاربری‌های ویژه از دیدگاه پدافند غیرعامل با استفاده از مدل ترکیبی FGIS-FAHP پرداختند و نتایج نشان داد که ۰.۵۷ درصد از کاربری‌های ویژه در پهنه با خطرپذیری زیاد مستقر هستند. فیروزی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل FAHP به سنجش آسیب‌پذیری سازه‌ای بیمارستان‌های کلان‌شهر اهواز از منظر پدافند غیرعامل پرداختند و نشان دادند که بخش قابل‌توجهی از بیمارستان‌های شهر در پهنه‌های با آسیب‌پذیری بالا قرار دارند. امان‌پور و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از مدل FAHP و Fuzzy Overlay با گامای ۰.۹ به ارزیابی الزامات پدافند غیرعامل در همجواری صنایع کلان‌شهر اهواز پرداخته و نشان دادند که ۱۳۸۰۱ کاربری در شعاع تخریب صنایع سنگین و نیمه‌سنگین قرار گرفته‌اند. همچنین رضائی‌انور، آشتیانی و جهانی (۱۴۰۰) با استفاده از روش AHP و GIS به ارزیابی فضاهای شهری مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل در محدوده میدان انقلاب تهران پرداختند و شاخص‌هایی چون شریان‌های حیاتی، ساختار کالبدی و تراکم جمعیت را مورد بررسی قرار دادند. پاسبان و عابدینی (۱۴۰۴) شهرستان اردبیل را با استفاده از مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای (ANP) و تلفیق سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پهنه‌بندی کرده و مهم‌ترین عوامل مؤثر در مکان‌یابی مراکز نظامی با رویکرد پدافند غیرعامل را ارتفاع، شیب، فاصله از گسل، فاصله از جاده، کاربری اراضی و پوشش گیاهی معرفی نمودند. نتایج نشان داد که حدود ۳۰ درصد از مساحت شهرستان (مناطق مرکزی و غربی) در پهنه‌های «مناسب» و «کاملاً مناسب» و ۴۰ درصد (مناطق شمالی و جنوبی) در پهنه‌های «نامناسب» و «کاملاً نامناسب» قرار دارند.

در مطالعات خارجی نیز، فورسایت و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله «بهبود مسکن و محله‌ها برای گروه‌های آسیب‌پذیر؛ طراحی شهری و برنامه‌ریزی» نقش طراحی محلات مسکونی، دسترسی به خدمات و کیفیت محیط ساخته‌شده را در کاهش آسیب‌پذیری ساکنان بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که طراحی مناسب محلات، دسترسی مطلوب به خدمات و برنامه‌ریزی کالبدی می‌تواند تاب‌آوری و ایمنی سکونتگاه‌های شهری را افزایش دهد. قوچانی و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله «ارزیابی کارایی عناصر زمینه‌ای در کاهش آسیب‌پذیری بافت‌های تاریخی شهری بر پایه اصول پدافند غیرعامل» به بررسی نقش عناصر کالبدی و فضایی نظیر عرض معابر، تراکم ساختمانی، نحوه استقرار کاربری‌ها و سازمان فضایی در کاهش آسیب‌پذیری شهری پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که رعایت اصول طراحی شهری مبتنی بر پدافند غیرعامل می‌تواند به‌طور معناداری آسیب‌پذیری بافت‌های شهری را کاهش دهد. حسین (۲۰۲۵) در مقاله «راهنمای برنامه‌ریزی و طراحی برای ارتقای پدافند غیرعامل در شهرهای آینده در زمان جنگ» به بررسی نقش برنامه‌ریزی کاربری اراضی، شبکه معابر، طراحی شهری، تراکم ساختمانی و الگوی استقرار کاربری‌ها در افزایش تاب‌آوری شهرها پرداخت. نتایج پژوهش نشان داد که طراحی چندمرکزی، کاهش تراکم، بهبود شبکه دسترسی و توزیع مناسب زیرساخت‌ها از مهم‌ترین راهبردهای ارتقای پدافند غیرعامل در شهرها هستند.

۲- پژوهش‌های در حوزه کاربرد منطق فازی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری

سرور و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از ۱۵ شاخص در سه طیف سازه‌ای، برنامه‌ریزی و طبیعی و مدل فازی، آسیب‌پذیری شهر اهر را ارزیابی نمودند و حدود ۳۰ درصد از فضاهای شهری این شهر آسیب‌پذیری متوسط به بالا دارند. زنگی‌آبادی و اسماعیلیان (۱۳۹۱) نیز به تحلیل شاخص‌های قدمت بنا و مساحت زیربنا در آسیب‌پذیری مسکن شهر اصفهان پرداختند. غضنفرپور و حامدی (۱۳۹۹) با استفاده از مدل منطق فازی (SDM FUZZY) و شاخص‌هایی چون نوع مصالح، تراکم جمعیت، عرض معابر و تراکم سازه‌ای به سطح‌بندی بافت‌های شهر کرمان پرداختند. اسمعیل‌پور، لاله‌پور و ممقانی (۱۴۰۱) با استفاده از Fuzzy Logic و GIS و ۱۲ شاخص شامل تعداد طبقات، نوع مصالح، تراکم جمعیت، فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی، فاصله از بیمارستان‌ها و فاصله از تأسیسات خطرزا به ارزیابی آسیب‌پذیری مسکن

شهر تبریز پرداختند. همچنین سالاری، انتظاری و خبازی (۱۴۰۱) با مدل ELECTRE Fuzzy و شاخص‌هایی چون کیفیت ابنیه، عرض معابر و دسترسی به مراکز امدادی، آسیب‌پذیری شهر کرمان را رتبه‌بندی کردند. در مطالعات خارجی، مرکادر مویانو و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله «ارزیابی آسیب‌پذیری شهری و اجتماعی در محیط ساخته‌شده؛ ارائه یک روش‌شناسی میان‌رشته‌ای برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری شهری» با ارائه یک مدل میان‌رشته‌ای، نقش شاخص‌های کالبدی، اجتماعی و محیطی را در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری بررسی کردند. نتایج نشان داد که تلفیق این شاخص‌ها موجب افزایش دقت برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای کاهش آسیب‌پذیری شهری می‌شود. همچنین مبارکی و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله «ارزیابی آسیب‌پذیری شهر با رویکرد پدافند غیرعامل؛ مطالعه موردی شهر رشت» با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل شاخص‌های کالبدی، دسترسی، تراکم ساختمانی و کاربری اراضی، آسیب‌پذیری شهری را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که تراکم ساختمانی، شبکه معابر و استقرار نامناسب کاربری‌های حساس از مهم‌ترین عوامل افزایش آسیب‌پذیری شهری هستند.

بر اساس بررسی‌های انجام‌شده در حوزه ارزیابی آسیب‌پذیری شهری با رویکرد پدافند غیرعامل، مطالعات پیشین عمدتاً بر پهنه‌بندی کلی شهرها، ارزیابی کاربری‌های ویژه (مانند بیمارستان‌ها، صنایع و مراکز نظامی) یا تحلیل تک‌بعدی (صرفاً کالبدی یا جمعیتی) متمرکز بوده‌اند. در سطح بین‌المللی نیز پژوهش‌های موجود بیشتر بر ابعاد اجتماعی-جمعیتی یا طراحی محلات برای گروه‌های آسیب‌پذیر تأکید داشته و کمتر به تلفیق اصول طراحی مجموعه‌های مسکونی با رویکرد پدافند غیرعامل پرداخته‌اند. با وجود پژوهش‌های متعدد در حوزه منطق فازی و کاربرد آن در ارزیابی آسیب‌پذیری شهری، مطالعه‌ای به طور هم‌زمان به ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی با ترکیب ۱۰ شاخص متنوع (شامل تراکم جمعیت، تعداد طبقات، دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی، دسترسی به مراکز درمانی، دسترسی به معابر، قدمت بنا، فاصله از پمپ‌بنزین، فاصله از مراکز نظامی و انتظامی، مساحت زیربنا و نوع اسکلت)، تطبیق با اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی و استفاده از مدل منطق فازی با عملگر گاما ($\lambda=0.9$) در منطقه یک کلان‌شهر اهواز (به عنوان قلب اقتصادی، اداری و درمانی شهر) نپرداخته است. از این رو پژوهش حاضر درصدد پر کردن این خلأ پژوهشی با رویکردی جامع و چندشاخصه است تا ضمن شناسایی کانون‌های بحرانی، راهکارهای عملیاتی برای کاهش آسیب‌پذیری مناطق مسکونی ارائه نماید.

روش‌شناسی پژوهش

۱- ماهیت و روش پژوهش

پژوهش حاضر بر اساس هدف، توسعه‌ای- کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش، توصیفی - تحلیلی می‌باشد. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مبانی نظری و پیشینه تحقیق استخراج گردید و با بهره‌گیری از مطالعات میدانی و اطلاعات طرح‌های جامع و سازمانی داده‌های موردنیاز جمع‌آوری و سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS (نسخه ۱۰،۳) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۲- مدل تحلیل: منطق فازی (Fuzzy Logic)

نظریه منطق فازی (Fuzzy Logic) برای اولین بار توسط پروفسور عسکر لطفی‌زاده، دانشمند ایرانی و استاد دانشگاه برکلی آمریکا، برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد (Pattanaik et al., 2025; Kindo & Kaladzavi, 2020). منطق فازی قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (Farhudi et al., 2005: 17). پژوهش‌های معاصر (Nazaryan et al., 2026; Abazarlou et al., 2021; Al-Sabbagh et al., 2025)

نشان داده‌اند که این رویکرد در حوزه برنامه‌ریزی شهری و ارزیابی آسیب‌پذیری شهری کارایی بالایی دارد. در جدول (۴)، مؤلفه‌های مدل منطق فازی و کاربرد آن‌ها در این پژوهش بیان شده است.

جدول ۴- مؤلفه‌های اصلی مدل منطق فازی (منبع: (ESRI (2023) و نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 4. Main components of the Fuzzy Logic model (Source: Authors, 2026 & ESRI (2023))

ردیف	مؤلفه	توضیح	کاربرد در این پژوهش	مقدار (λ لاند)
۱	درجه عضویت پذیری	میزان تعلق هر عنصر به یک مجموعه فازی (۰ تا ۱)	تعیین میزان آسیب‌پذیری هر ساختمان	-
۲	اجتماع (Union)	ترکیب مجموعه‌های فازی با عملگر OR	تلفیق شاخص‌ها با حساسیت کم	$\lambda = 1$
۳	اشتراک (Intersection)	ترکیب مجموعه‌های فازی با عملگر AND	تلفیق شاخص‌ها با حساسیت زیاد	$\lambda = 0$
۴	عملگر گاما (Gamma)	ترکیب تعدیل‌شده اشتراک و اجتماع	تلفیق نهایی ۱۰ شاخص (این پژوهش)	$\lambda = 0.9$ (مورد استفاده در این پژوهش)

عملگر فازی گاما (Fuzzy Gamma): پس از فازی‌سازی^۱ داده‌ها، لازم است عملیات ریاضی بر روی داده‌های فازی شده انجام پذیرد. این عملیات به‌وسیله عملگرهای متعددی اجرا می‌شود. شبکه استنتاج فازی از عملگرهایی مانند OR، AND، ضرب جبری (Product)، جمع ضربی (Sum) و عملگر منطقی گامای فازی (Gamma) استفاده می‌کند. عملگر فازی گاما (Fuzzy Gamma) به‌منظور تعدیل حساسیت بسیار بالای عملگر فازی ضرب (Fuzzy Product) و حساسیت بسیار کم عملگر فازی جمع (Fuzzy Sum) معرفی شده است. این عملگر حفاصل ضرب و جمع جبری فازی می‌باشد (Karam & Yaghoubnezhad Asl, 2013: 240) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_{\text{Gamma}} = \left(1 - \prod_{i=1}^{10} (1 - \mu_i)\right)^{0.9} \times \left(\prod_{i=1}^{10} \mu_i\right)^{0.1} \quad \text{رابطه (۱): فرمول ریاضی عملگر گاما}$$

علت انتخاب مقدار گاما: انتخاب مقدار ۰٫۹ برای گاما بر اساس آزمون‌های متعدد و با هدف دستیابی به بهترین همبستگی با واقعیت زمینی صورت گرفته است (Karam & Yaghoubnezhad Asl, 2013). در این فرآیند، مقادیر مختلف λ (از ۰ تا ۱) بر روی داده‌های منطقه یک اهواز اعمال و نتایج با واقعیت زمینی (نقشه بافت فرسوده و کاربری‌های خطرناک) مقایسه شد. بهترین تطابق در $\lambda = 0.9$ حاصل گردید. این مقدار به این معناست که خروجی نهایی ۹۰٪ به عملگر جمع فازی (حساسیت کم) و ۱۰٪ به عملگر ضرب فازی (حساسیت زیاد) وابسته است. این نسبت وزنی دو مزیت دارد: (۱) حذف مناطق پرخطر در صورت ضعف در یک شاخص جلوگیری می‌کند و (۲) از قرارگیری اشتباه مناطق کم‌خطر در پهنه پرخطر پیشگیری می‌نماید. این یافته با پژوهش‌های پیشین در حوزه کاربرد عملگر گاما در ارزیابی تناسب زمین و آسیب‌پذیری شهری (Karam & Yaghoubnezhad Asl, 2013; Amanpour et al., 2018) که مقادیر ۰٫۸ تا ۰٫۹ را برای گاما در محیط‌های شهری پیشنهاد داده‌اند، همخوانی دارد.

برای استانداردسازی ۱۰ شاخص مؤثر، از توابع فازی موجود در ابزار Fuzzy Membership نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید. در جدول (۵)، توابع فازی عملگر گاما مورد استفاده در این پژوهش بیان شده است.

جدول ۵- توابع فازی عملگر گاما مورد استفاده در استانداردسازی شاخص‌ها (منبع: (ESRI (2023) و نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 5. Fuzzy functions of the Gamma operator used in standardizing indicators
(Source: Authors, 2026 & ESRI (2023))

تابع	کاربرد	نحوه عملکرد
Linear (افزایشی)	شاخص‌هایی که با افزایش مقدار، آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد.	نگاشت خطی مقادیر به بازه ۰ تا ۱
Linear (کاهشی)	شاخص‌هایی که با کاهش مقدار، آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد.	نگاشت خطی معکوس مقادیر به بازه ۰ تا ۱
Small	شاخص‌هایی که نزدیکی به آن‌ها (فاصله کم) خطرناک است.	کاهش غیرخطی درجه عضویت با افزایش فاصله (ESRI, 2023)

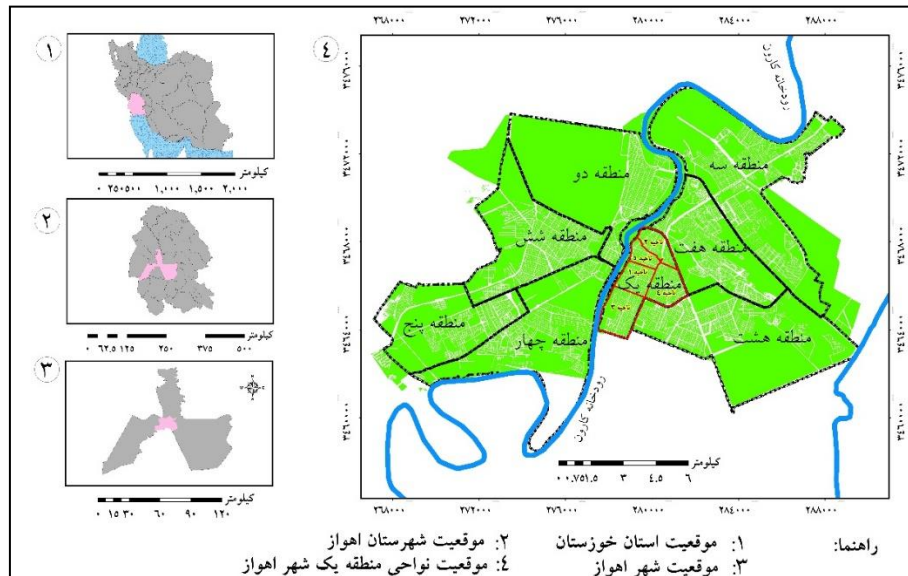
معرفی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش منطقه یک کلان‌شهر اهواز، مرکز استان خوزستان در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی واقع شده (Goodri et al., 2023؛ Arvin et al., 2017: 168) که ارتفاع آن از سطح دریا به طول میانگین حدود ۱۸ متر (Ahvaz Municipality, 2017: 9) و وسعت کلان‌شهر اهواز در محدوده قانونی شهری ۲۲۲ کیلومترمربع (Nazarpour Dezaki, 2014: 63) و دارای ۸ منطقه شهری می‌باشد. از نظر جمعیتی هفتمین کلان‌شهر کشور می‌باشد (Mohammadi Deh Cheshmeh et al., 2018: 223) به‌گونه‌ای که طبق آخرین سرشماری رسمی (سال ۱۳۹۵) جمعیت آن برابر با ۱۱۸۴۷۸۸ نفر بوده است (Ahvaz Municipality, 2017: 27). منطقه یک شهرداری اهواز با مساحت تقریبی ۱۱۰۲ هکتار، کم‌ترین مساحت را در میان مناطق هشت‌گانه شهر به خود اختصاص داده است (Arseh Architecture & Urban Planning Consulting Engineers, 2012: 1). دارای ۵ ناحیه شهری می‌باشد و جمعیت این منطقه در آخرین سرشماری (۱۳۹۵) برابر با ۱۲۵۰۲۵ نفر بوده است (Ahvaz Municipality, 2017: 28). منطقه یک به دلیل قرارگیری در هسته مرکزی و تاریخی شهر، به‌عنوان قلب اقتصادی، اداری و درمانی (CBD) اهواز محسوب می‌شود (شکل ۲). امروزه منطقه یک کلان‌شهر اهواز به دلایل زیر از جایگاه ویژه‌ای در مطالعات پدافند غیرعامل برخوردار است (جدول ۶).

جدول ۶- دلایل جایگاه ویژه منطقه یک کلان‌شهر اهواز (منبع: منصور نعیمی، ۱۳۹۳ و نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 6. Reasons for the special status of District 1 of Ahvaz metropolis (Source: Mansour Naeimi 2014 & Authors, 2026)

ردیف	ویژگی	توضیح
۱	موقعیت مکانی	قرارگیری در حوزه میانی شهر و وجود هسته تاریخی و تجاری اهواز
۲	بافت فرسوده	وجود بافت فرسوده گسترده در محدوده منطقه
۳	آشفته‌گی کالبدی	بی‌نظمی در بدنه معابر و سیمای نامناسب شهری
۴	تراکم بالا	تراکم بالای ساختمانی، جمعیتی و تمرکز سرمایه
۵	تنوع قومی	آمیزش گروه‌های قومی و فرهنگی مختلف در بافت اجتماعی منطقه



شکل ۲- نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه. (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)
Figure 2. Location map of the study area (Source: Authors, 2026)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

۱- مراحل ارزیابی آسیب‌پذیری و تطبیق با اصول پدافند غیرعامل

جهت تحلیل میزان آسیب‌پذیری مناطق مسکونی منطقه یک کلان‌شهر اهواز از منظر پدافند غیرعامل، مراحل زیر به ترتیب اجرا گردید:

مرحله اول: آماده‌سازی و حریم‌دهی لایه‌ها

در این مرحله، ابتدا قالب تمام لایه‌های مکانی به یک سیستم مختصات مشترک (UTM Zone 39N) تبدیل شد. سپس برای هر یک از ۱۰ شاخص، با استفاده از ابزار Euclidean Distance در نرم‌افزار ArcGIS، حریم (Buffer) مناسب تعریف گردید.

مرحله دوم: استانداردسازی فازی (Fuzzy Membership)

نقشه‌های مؤثر در سنجش میزان آسیب‌پذیری مناطق مسکونی که در مرحله قبل تولید شده‌اند، به دلیل عدم همگن بودن واحدها، نیاز به استانداردسازی دارند. به همین منظور، از ابزار Fuzzy Membership در نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید. در جدول (۷)، نوع توابع به کاررفته در (FuzzyMembership) برای استانداردسازی فازی هر شاخص بیان شده است. در شکل‌های (۳) تا (۱۲) نیز نقشه استانداردسازی هر شاخص نشان داده شده است.

دامنه استانداردسازی فازی: بین ۰ تا ۱

- عدد ۱: نشان‌دهنده بیشترین آسیب‌پذیری مناطق مسکونی
- عدد ۰: نشان‌دهنده کمترین آسیب‌پذیری مناطق مسکونی.

جدول ۷- توابع فازی گاما در استانداردسازی شاخص‌های مؤثر در سنجش آسیب‌پذیری از نظر پدافند غیرعامل
(منبع: ESRI (2023) و نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 7. Fuzzy Gamma functions in standardizing indicators effective in vulnerability assessment from the perspective of passive defense (Source: Authors, 2026& ESRI (2023))

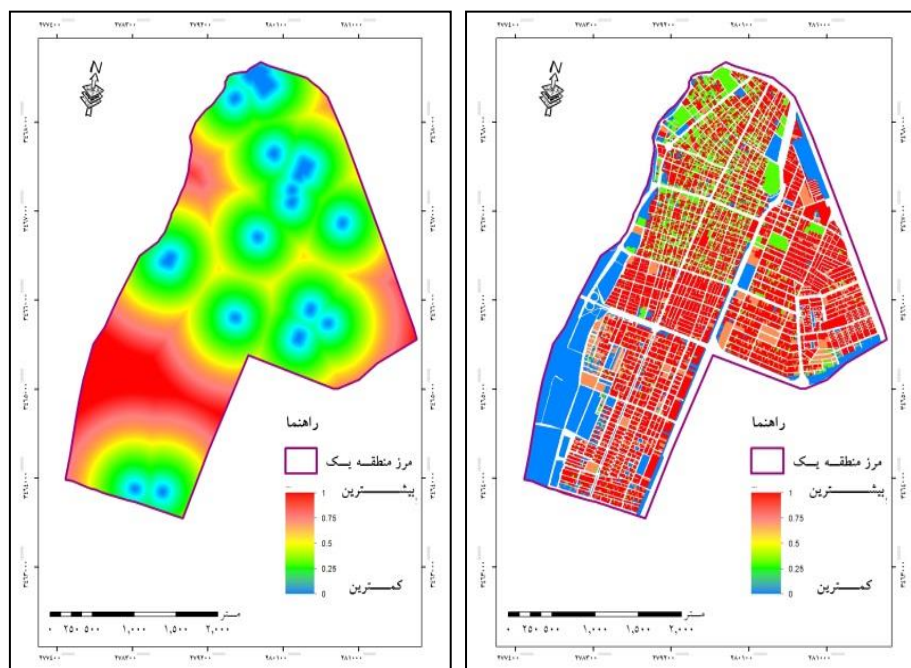
ردیف	شاخص	نوع تابع	شکل تابع فازی ^۱	Spread ^۲	فاصله (متر)	شرایط افزایش آسیب‌پذیری
۱	تراکم جمعیت	Linear ^۳	افزایشی	-	-	افزایش این شاخص
۲	تعداد طبقات	Linear	افزایشی	-	-	افزایش تعداد طبقات
۳	دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی	Linear	افزایشی	-	۵۰۰	عدم دسترسی به خدمات
۴	دسترسی به کاربری بهداشتی و درمانی	Linear	افزایشی	-	۶۰۰	عدم دسترسی به خدمات
۵	دسترسی به معابر	Linear	افزایشی	-	۲۰۰	کاهش دسترسی
۶	قدمت بنا	Linear	افزایشی	-	-	افزایش قدمت ساختمان
۷	فاصله از پمپ‌بنزین	Small ^۴	کاهشی	۵	۲۵۰	نزدیکی به تأسیسات
۸	فاصله از کاربری نظامی و انتظامی	Small	کاهشی	۸	۲۰۰	نزدیکی به کاربری (هدف قرار گرفتن)
۹	مساحت زیربنا	Linear	کاهشی	-	-	کاهش مساحت (نشانه بافت فرسوده)
۱۰	نوع اسکلت	Linear	کاهشی	-	-	مقاومت کم اسکلت

۱ شکل تابع فازی، افزایش و کاهشی دو حالت از تابع Linear در (Fuzzy Membership) می‌باشد و زمانی که رابطه بین ورودی و خروجی به صورت خطی و یکنواخت باشد (با افزایش فاصله، عضویت به صورت خطی افزایش یا کاهش یابد) به کار می‌رود.

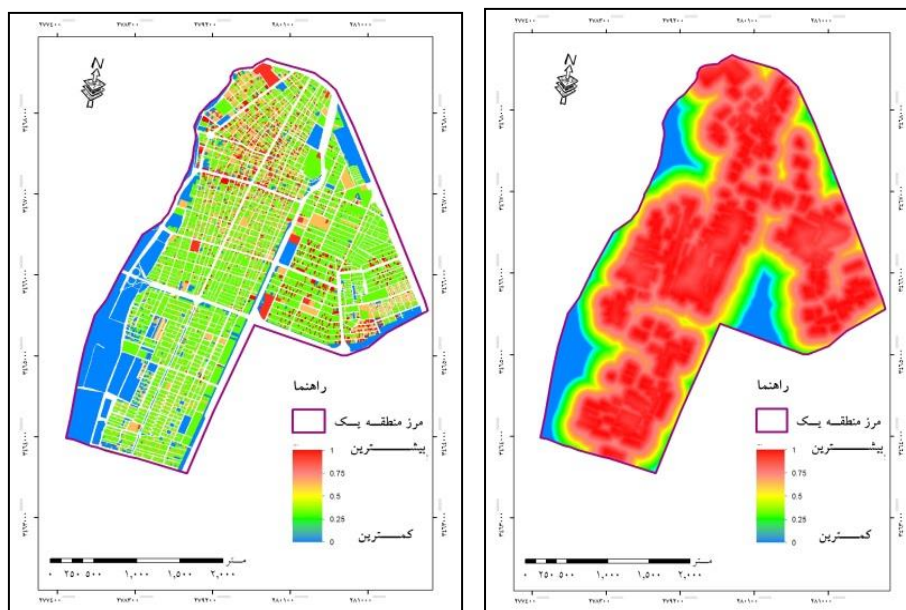
۲ Spread: نقطه عطف (Inflection Point) که پس از آن، درجه عضویت به شدت کاهش می‌یابد و به سمت صفر میل می‌کند. درواقع برای شاخص‌هایی که فاصله کم از آن‌ها خطرناک است (مانند فاصله از گسل، فاصله از پمپ‌بنزین، فاصله از مراکز نظامی).

۳ Linear: از گزینه‌های (Fuzzy Membership) در نرم‌افزار (Arc GIS) می‌باشد؛ که موارد کاربرد آن در شاخص‌هایی است که فاصله گرفتن از آن‌ها به صورت خطی آسیب‌پذیری را کاهش یا افزایش می‌دهد.

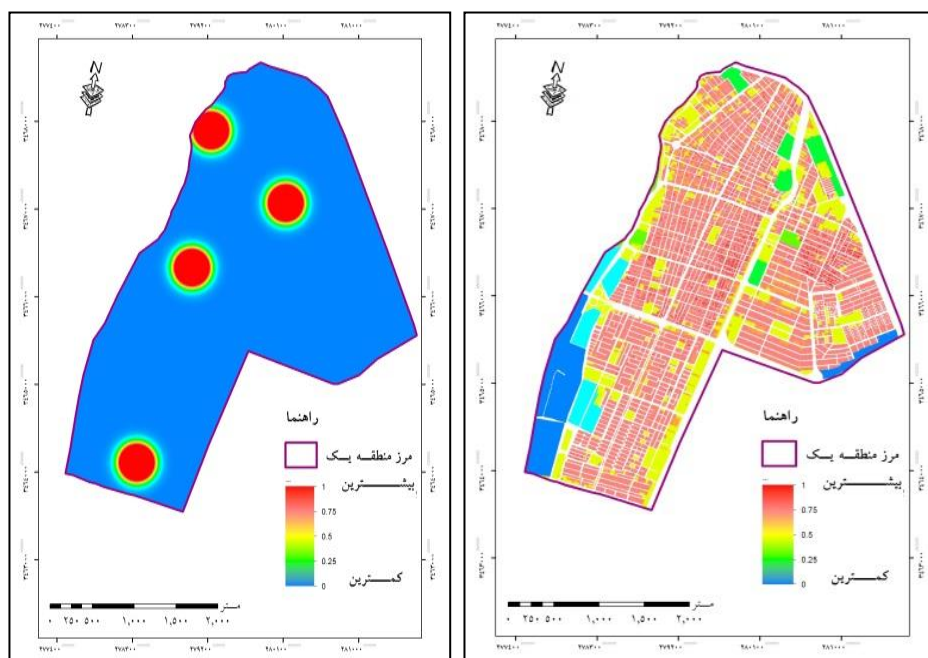
۴ Small: از گزینه‌های (Fuzzy Membership) در نرم‌افزار (Arc GIS) می‌باشد. برای شرایطی طراحی شده است که مقادیر کوچک (نزدیک به صفر) دارای درجه عضویت بالاتری هستند و با افزایش مقدار، درجه عضویت به صورت غیرخطی (نمایی یا سیگموئیدی) کاهش می‌یابد.



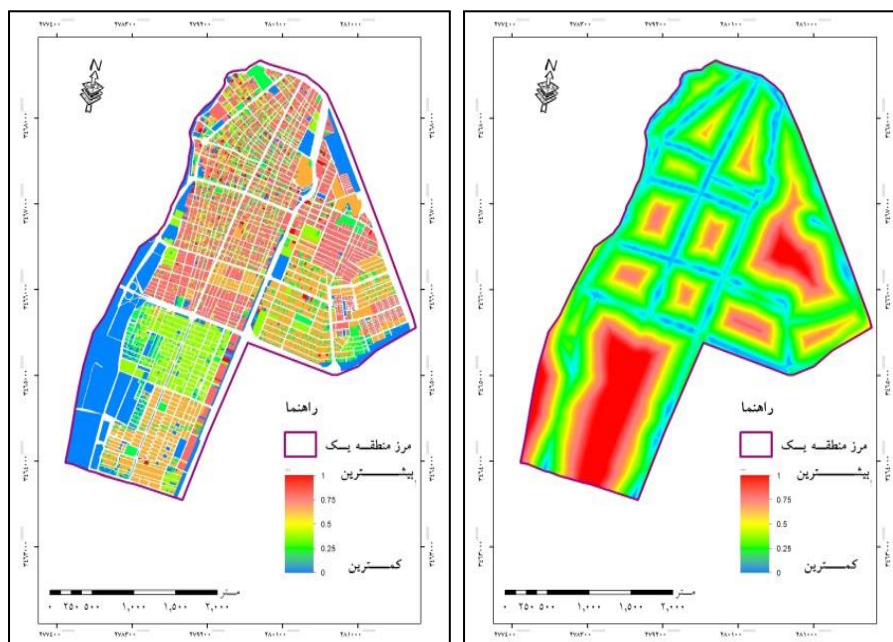
شکل ۳- نقشه پراکنش نوع اسکلت در منطقه یک / شکل ۴- نقشه فاصله از مراکز خدمات درمانی در منطقه یک (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)
 Figure 3. Distribution map of skeleton type in District 1 / Figure 4. Distance map to healthcare centers in District 1 (Source: Authors)



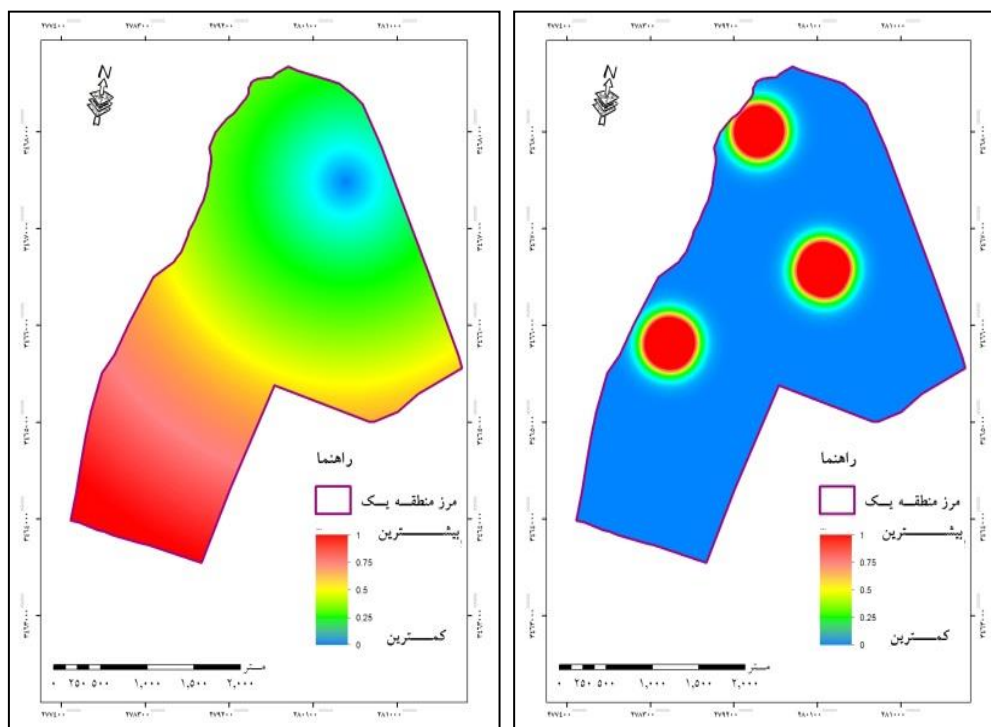
شکل ۵- نقشه پراکنش تراکم جمعیتی در منطقه یک / شکل ۶- نقشه پراکنش تعداد طبقات ساختمان در منطقه یک (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)
 Figure 5. Distribution map of population density in District 1 / Figure 6. Distribution map of building floor count in District 1 (Source: Authors)



شکل ۷- نقشه پراکنش مساحت زیربنا در منطقه یک / شکل ۸- نقشه فاصله از مراکز نظامی و انتظامی در منطقه یک (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)
 Figure 7. Distribution map of built-up area in District 1 / Figure 8. Distance map to military and law enforcement centers in District 1 (Source: Authors)



شکل ۹- نقشه فاصله از معابر اصلی در منطقه یک / شکل ۱۰- نقشه پراکنش قدمت ساختمان در منطقه یک (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)
 Figure 9. Distance map to main roads in District 1 / Figure 10. Distribution map of building age in District 1 (Source: Authors)

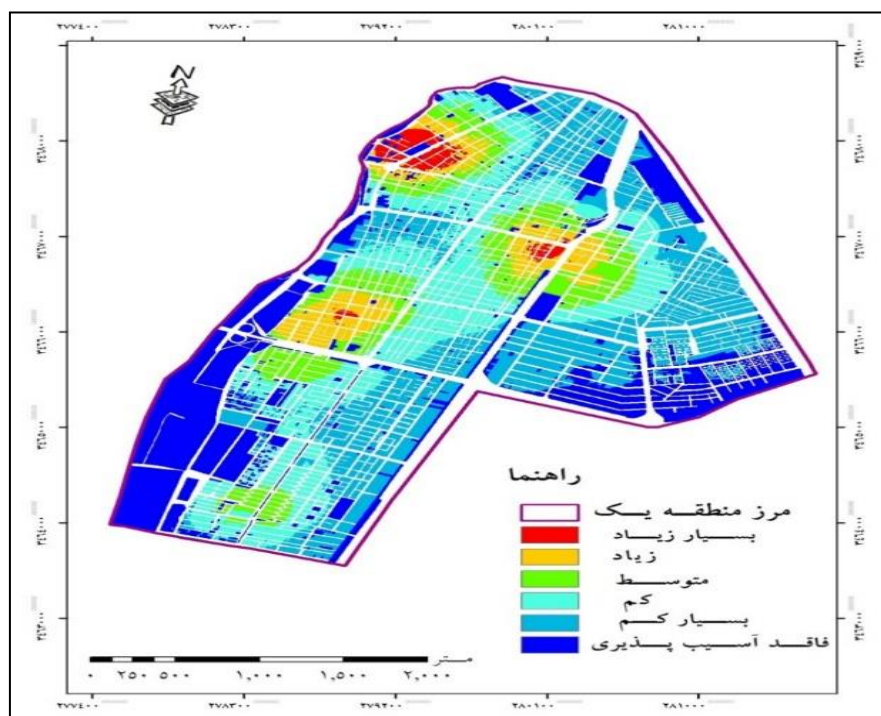


شکل ۱۱- نقشه فاصله از جایگاه‌های سوخت در منطقه یک / شکل ۱۲- نقشه فاصله از ایستگاه آتش‌نشانی در منطقه یک (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Figure 11. Distance map to gas stations in District 1 / Figure 12. Distance map to fire stations in District 1 (Source: Authors)

مرحله سوم: همپوشانی لایه‌ها با Fuzzy Overlay (Gamma)

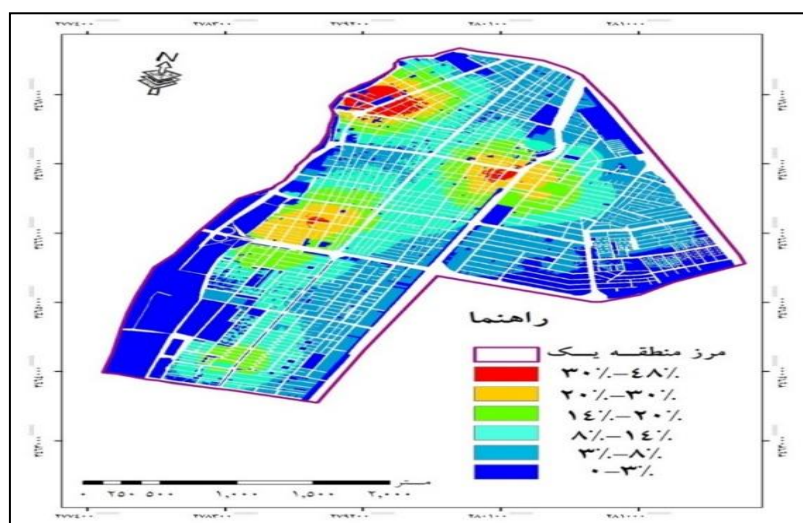
در این مرحله، ۱۰ لایه استاندارد شده فازی با استفاده از ابزار Fuzzy Overlay و با به‌کارگیری عملگر گاما (Gamma) به مقدار $\lambda = 0.9$ در محیط ArcGIS با یکدیگر تلفیق گردیدند. خروجی این مرحله، نقشه میزان آسیب‌پذیری کاربری‌های شهری (با تأکید بر کاربری مسکونی) منطقه یک می‌باشد که امتیازات آن در بازه (۰ تا ۱) قرار دارد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نقشه میزان آسیب‌پذیری کاربری‌های شهری منطقه یک از منظر پدافند غیرعامل (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)
 Figure 13. Vulnerability map of urban land uses in District 1 from the perspective of passive defense (Source: Authors)

مرحله چهارم: تبدیل به نقشه درصد آسیب‌پذیری

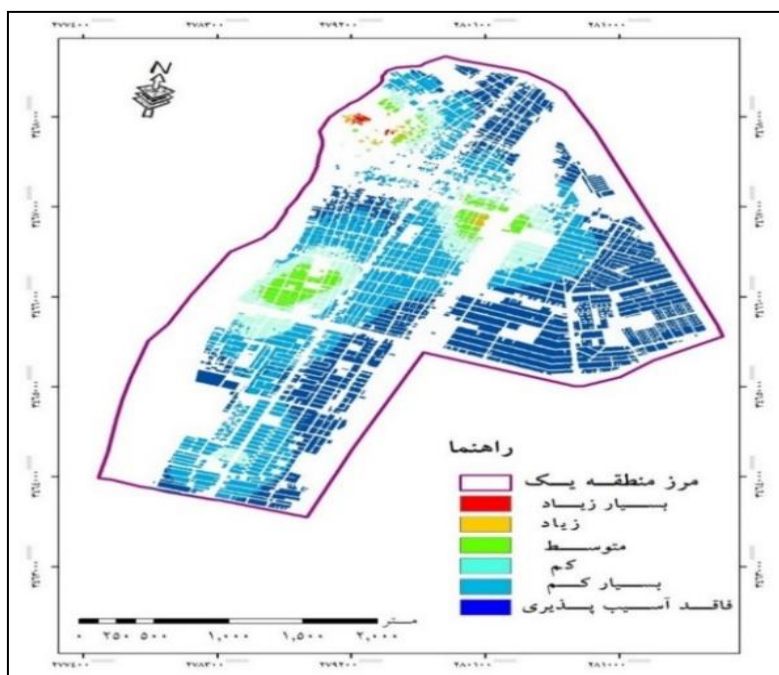
نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری حاصل از مرحله قبل (بازه ۰ تا ۱) با استفاده از ابزار Map Algebra در جعبه‌ابزار Spatial Analyst Tools نرم‌افزار ArcGIS، در عدد ۱۰۰ ضرب گردید تا نقشه درصد آسیب‌پذیری (کمی) حاصل شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- نقشه درصد آسیب‌پذیری کاربری‌های شهری منطقه یک از منظر پدافند غیرعامل (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)
 Figure 14. Vulnerability percentage map of urban land uses in District 1 from the perspective of passive defense (Source: Authors)

مرحله پنجم: استخراج کاربری مسکونی و محاسبه تعداد ساختمان‌ها

در این مرحله، نقشه درصد آسیب‌پذیری با استفاده از ابزار Reclassify طبقه‌بندی مجدد شده و سپس با ابزار Raster to Polygon به فرمت وکتور تبدیل گردید. در ادامه، کاربری‌های مسکونی از سایر کاربری‌های شهری جدا شده و در نهایت تعداد و درصد ساختمان‌های مسکونی در هر طبقه آسیب‌پذیری محاسبه شد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نقشه آسیب‌پذیری کاربری مسکونی منطقه یک شهر اهواز از منظر پدافند غیرعامل (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Figure 15. Vulnerability map of residential land use in District 1 of Ahvaz from the perspective of passive defense (Source: Authors)

مرحله ششم: طبقه‌بندی نهایی آسیب‌پذیری

با توجه به اینکه آسیب‌پذیری امری نسبی است و از یک مکان به مکان دیگر میزان‌های متفاوتی می‌توان برای آن در نظر گرفت، در تحقیق حاضر، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کاربری‌های مسکونی در ۶ طیف از «فاقد آسیب‌پذیری» تا «آسیب‌پذیری بسیار زیاد» طبقه‌بندی گردید (جدول ۸). پس از تحلیل داده‌های موردنظر با استفاده از مدل منطق فازی در محیط (Arc GIS)، یافته‌های تحقیق حاکی از آن می‌باشد که تعداد زیادی از ساختمان‌های مسکونی منطقه یک فاقد آسیب‌پذیری بوده‌اند که مقدار تقریبی آن‌ها، ۴۲ درصد کل ساختمان‌های مسکونی منطقه و ساختمان‌های مسکونی در آسیب‌پذیری بالاتر، به ترتیب بسیار کم با (۳۸ درصد)، کم با (۱۳ درصد)، متوسط (۶ درصد)، زیاد (۰٫۸ درصد) و خیلی زیاد (۰٫۲ درصد) را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۸- توزیع تعداد ساختمان‌های مسکونی از نظر میزان آسیب‌پذیری (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 8. Distribution of residential buildings by vulnerability level (Source: Authors)

ردیف	وضعیت آسیب‌پذیری	مقدار (واحد مسکونی)	درصد	وضعیت بافت
۱	ساختمان‌های فاقد آسیب‌پذیری	۱۰۶۲۶	۴۲	وضعیت مطلوب
۲	ساختمان‌های با آسیب‌پذیری بسیار کم	۹۷۳۳	۳۸	وضعیت نسبتاً مطلوب
۳	ساختمان‌های با آسیب‌پذیری کم	۳۲۴۴	۱۳	نیاز به توجه
۴	ساختمان‌های با آسیب‌پذیری متوسط	۱۶۱۶	۶	نیاز به برنامه‌ریزی
۵	ساختمان‌های با آسیب‌پذیری زیاد	۱۹۵	۰,۸	بحرانی
۶	ساختمان‌های با آسیب‌پذیری بسیار زیاد	۳۷	۰,۲	بسیار بحرانی

مطالعات انجام شده در جهان نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری گروه‌های مختلف مردم ساکن در نواحی خطرپذیر شهر، بسته به سطح زندگی و وضعیت اجتماعی و فیزیکی آن‌ها در نقاط مختلف متفاوت است (Wisner et al., 2004). آسیب‌های ناشی از آن، همواره علاوه بر غافلگیری مسئولان، هزینه‌های زیادی را تحمیل کرده و قابلیت بسیار بالایی برای تبدیل شدن به انواع دیگر آسیب‌ها اعم از سیاسی، اقتصادی و فرهنگی دارد (Blaikie et al., 2014). پژوهش حاضر با استفاده از مدل منطق فازی (عملگر گاما ۰,۹) و در قالب ۱۰ شاخص مؤثر (شامل تراکم جمعیت، تعداد طبقات، دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی، دسترسی به مراکز درمانی، دسترسی به معابر، قدمت بنا، فاصله از پمپ‌بنزین، فاصله از مراکز نظامی و انتظامی، مساحت زیربنا و نوع اسکلت) به ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی منطقه یک کلان‌شهر اهواز از منظر پدافند غیرعامل پرداخت. نتایج حاصل از تحلیل مکانی در محیط Arc GIS نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد از ساختمان‌های مسکونی منطقه یک در پهنه «فاقد آسیب‌پذیری» تا «آسیب‌پذیری کم» قرار دارند و تنها ۱ درصد (حدود ۲۳۲ ساختمان) در پهنه با آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد واقع شده‌اند که نشان‌دهنده جانمایی نسبتاً مناسب کاربری مسکونی از منظر پدافند غیرعامل است. با این حال، وجود ۲۳۲ ساختمان در پهنه پرخطر (با تمرکز در نواحی باغ معین و باغ شیخ) نیاز به اقدامات اصلاحی فوری دارد.

۲- تحلیل علل آسیب‌پذیری

بر اساس نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی (شکل ۱۵) و تحلیل میدانی، مناطق با آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد عمدتاً در دو ناحیه «باغ معین» و «باغ شیخ» متمرکز شده‌اند. علل اصلی این آسیب‌پذیری عبارت‌اند از الف) همجواری با کاربری‌های خطرناک (شاخص‌های ۷ و ۸ شامل فاصله از پمپ‌بنزین و فاصله از کاربری نظامی و انتظامی) در مجاورت مناطق مسکونی و ب) بافت فرسوده (شاخص‌های ۶ و ۹ شامل قدمت بنا و مساحت زیربنا) محله که باعث فرسودگی بالای بافت کالبدی و کاهش مقاومت سازه‌ای شده، می‌باشند. این موضوع در برخی از پژوهش‌ها (اکبری مطلق و عباس‌زاده، ۱۳۸۹؛ عزیزی و برنافر، ۱۳۹۰) نیز تایید شده است که از منظر پدافند غیرعامل، کاربری‌هایی نظیر پمپ‌بنزین و مراکز نظامی و انتظامی در زمان حمله دشمن، جزء اولین اهداف محسوب می‌شوند؛ بنابراین همجواری با این کاربری‌ها، خطرات ثانویه (مانند انفجار، آتش‌سوزی و حملات هوایی) را برای ساکنان مناطق مسکونی مجاور به شدت افزایش می‌دهد. در جدول (۹)، وضعیت آسیب‌پذیری بافت مسکونی، کانون‌های بحرانی و علل آسیب‌پذیری این کانون‌ها در منطقه ۱ کلان‌شهر اهواز بیان شده است.

جدول ۹- وضعیت آسیب‌پذیری مسکونی، کانون‌های بحرانی و علل آسیب‌پذیری کانون‌ها در منطقه ۱ کلان‌شهر اهواز (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 9. Residential vulnerability status, critical hotspots, and causes of vulnerability in District 1 of Ahvaz metropolis (Source: Authors)

ردیف	سؤال	پاسخ مستخرج از یافته‌ها
۱	چه درصد و تعدادی از ساختمان‌های مسکونی منطقه یک در هر یک از طبقات شش‌گانه آسیب‌پذیری (فاقد، بسیار کم، کم، متوسط، زیاد، بسیار زیاد) قرار دارند؟	۴۲٪ (۱۰،۶۲۶ واحد) فاقد، ۳۸٪ (۹،۷۳۳ واحد) بسیار کم، ۱۳٪ (۳،۲۴۴ واحد) کم، ۶٪ (۱،۶۱۶ واحد) متوسط، ۰،۸٪ (۱۹۵ واحد) زیاد، ۰،۲٪ (۳۷ واحد) بسیار زیاد
۲	کانون‌های بحرانی با آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد در منطقه یک کدامند و در چه نواحی متمرکز شده‌اند؟	دو ناحیه «باغ معین» و «باغ شیخ» به‌عنوان کانون‌های بحرانی شناسایی شدند
۳	مهم‌ترین علل افزایش آسیب‌پذیری در کانون‌های بحرانی (باغ معین و باغ شیخ) کدامند؟	۲ علت اصلی: ۱) همجواری با کاربری‌های خطرناک (پمپ‌بنزین، مراکز نظامی) و ۲) بافت فرسوده (قدمت بنا و مساحت زیربنا)

۳- تطابق یافته‌ها با مبانی نظری و اصول پدافند غیرعامل

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که منطقه یک کلان‌شهر اهواز از نظر اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی در وضعیت نسبتاً مطلوبی قرار دارند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- وضعیت بافت مسکونی منطقه ۱ کلان‌شهر اهواز از نظر تطابق با اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۵)

Table 10. Status of residential fabric in District 1 of Ahvaz metropolis in terms of compliance with the five principles of passive defense (Source: Authors)

ردیف	اصل پدافند غیرعامل	کاربرد در مناطق مسکونی	وضعیت در منطقه یک	توضیح
۱	محافظت سلسله‌مراتبی	فضاهای پرتراکم مسکونی باید بالاترین سطح آمادگی را داشته باشند	خوب	پهنه‌بندی آسیب‌پذیری به‌وضوح مشخص شده است.
۲	پوشش سراسری	دسترسی عادلانه همه واحدهای مسکونی به پناهگاه‌ها	متوسط	دسترسی به خدمات ایمنی در برخی محلات محدود است.
۳	محافظت پویا	استفاده از مصالح مقاوم و پخش شده در بافت مسکونی	نیاز به بهبود	تنوع مصالح مقاوم در بافت فرسوده کافی نیست.
۴	خودکفایی نسبی	ذخیره آب، غذا و تجهیزات پزشکی در محلات مسکونی	ضعیف	تأمین نیازهای حیاتی در زمان بحران پیش‌بینی نشده است.
۵	کمترین آسیب‌پذیری	فاصله مناسب از کاربری‌های خطرناک و پرخطر	خوب	جانمایی کاربری مسکونی عمدتاً مناسب است (به‌جز ۱ درصد).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برنامه‌ریزی شهری به‌عنوان واسطه‌ای میان ساختار کالبدی شهر و نیازهای انسانی، با ارتقای کیفیت محیط ساخته‌شده و سازمان‌دهی فضایی کاربری‌ها، قدرت دفاعی سکونتگاه‌های شهری را افزایش می‌دهد. این امر در چارچوب سلسله‌مراتب نیازهای مازلو، با تأمین نیاز به ایمنی و امنیت، زمینه‌ساز بقا و تداوم زیستی شهروندان می‌گردد. از این‌رو، با نگاهی جامع‌نگر به شهرسازی، مؤلفه‌های ایمنی و امنیت باید در تمامی سطوح برنامه‌ریزی و طراحی شهری، از سیاست‌های کلان توسعه تا جزییات فنی اجرایی، موردتوجه قرار گیرند.

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از مدل منطق فازی (عملگر گاما با مقدار $\lambda=0.9$) و ۱۰ شاخص چندبعدی به ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی منطقه یک کلان‌شهر اهواز از منظر اصول پدافند غیرعامل پرداخته است. یافته‌های حاصل

یافته‌های حاصل از تحلیل مکانی در محیط GIS نشان می‌دهد که الگوی توزیع فضایی آسیب‌پذیری در منطقه یک، از تمرکز نسبتاً بالایی در پهنه‌های کم‌خطر برخوردار است؛ به‌گونه‌ای که ۹۰ درصد از ساختمان‌های مسکونی (معادل ۲۲،۹۰۳ واحد) در پهنه‌های با آسیب‌پذیری پایین (از فاقد تا کم) قرار گرفته‌اند. در مقابل، تنها ۱ درصد از ساختمان‌ها (معادل ۲۳۲ واحد) در پهنه‌های با آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد واقع شده‌اند که بیش از ۹۵ درصد از این پهنه‌های پرخطر، در دو کانون بحرانی «باغ معین» و «باغ شیخ» متمرکز شده‌اند. این الگوی توزیع، بیانگر تمرکزگرایی آسیب‌پذیری در نقاط خاصی از منطقه است که نیازمند مداخلات هدفمند و اولویت‌بندی شده می‌باشد. تحلیل علل آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که دو عامل اصلی در این زمینه نقش دارند: نخست، همجواری با کاربری‌های خطرناک (پمپ‌بنزین و مراکز نظامی و انتظامی) که در زمان بروز بحران، اهداف اولیه تهدیدات محسوب می‌شوند و خطرات ثانویه نظیر انفجار و آتش‌سوزی را برای ساکنان مجاور به همراه دارند. دوم، بافت فرسوده که با شاخص‌هایی چون قدمت بالای بنا و مساحت کم زیربنا مشخص می‌شود و مقاومت سازه‌ای را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. همچنین ارزیابی تطابق با اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل در طراحی مجموعه‌های مسکونی نشان می‌دهد که اصول «محافظة سلسله‌مراتبی» و «کمترین آسیب‌پذیری» در وضعیت مطلوب، اصل «پوشش سراسری» در وضعیت متوسط، اصل «محافظة پویا» نیازمند بهبود و اصل «خودکفایی نسبی» در وضعیت ضعیف قرار دارند. این یافته‌ها بیانگر آن است که باوجود جانمایی نسبتاً مناسب کاربری مسکونی در منطقه یک، کاستی‌هایی در زمینه تأمین خدمات پشتیبان، تنوع مصالح مقاوم و زیرساخت‌های خودکفا در زمان بحران وجود دارد که نیازمند برنامه‌ریزی و مداخله هدفمند است. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که «انطباق مناسب» میان فرم و عملکرد در شبکه‌های معابر عمومی، فضاهای باز و ابنیه، و نیز به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل، نقش کلیدی در کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهری ایفا می‌کند. از این‌رو، تأمین ایمنی و امنیت شهروندان به‌عنوان محور اصلی برنامه‌ریزی شهری، نیازمند بازنگری در سیاست‌های توسعه و تقویت زیرساخت‌های پدافند غیرعامل در مناطق راهبردی نظیر منطقه یک کلانشهر اهواز است.

همسویی: یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین در حوزه پدافند غیرعامل در کلانشهر اهواز همسو است؛ به‌گونه‌ای که محمدی‌ده‌چشمه و حیدری‌نیا (۱۳۹۴) به اهمیت همجواری کاربری‌های ویژه در آسیب‌پذیری شهری اشاره کرده‌اند (۰،۵۷ درصد کاربری‌های ویژه در پهنه پرخطر) که با یافته‌های پژوهش حاضر (۱ درصد ساختمان‌های مسکونی در پهنه پرخطر) همخوانی دارد. همچنین نقش تراکم جمعیت در تشدید آسیب‌پذیری با پژوهش‌های اسمعیل‌پور و همکاران (۱۴۰۱) و قائدرحمتی و عظیمینیا (۱۳۹۶) همسو است. در سطح بین‌المللی، یافته‌ها با مطالعات حسین (۲۰۲۵) در مورد نقش تراکم پایین جمعیت و طراحی چندمرکزی، قوچانی و همکاران (۲۰۲۳) در مورد تأثیر عناصر زمینه‌ای، و مرکادر-مویانو و همکاران (۲۰۲۱) و فورسایت و همکاران (۲۰۱۹) در مورد نقش دسترسی به خدمات در کاهش آسیب‌پذیری، همخوانی کامل دارد. **ناهمسویی:** از سوی دیگر، برخلاف پژوهش پاریزی میمن‌دی و کاظمی‌نیا (۱۳۹۳) که بیش از نیمی از شهر کرمان را در پهنه پرخطر معرفی کرده‌اند، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد از مناطق مسکونی منطقه یک در پهنه‌های کم‌خطر قرار دارند که نشان‌دهنده جانمایی نسبتاً مناسب کاربری مسکونی در این منطقه است. همچنین برخلاف پژوهش امان‌پور و همکاران (۱۳۹۷) که نشان دادند ۱۳،۸۰۱ کاربری در شعاع تخریب صنایع سنگین در اهواز قرار گرفته‌اند، پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در منطقه یک به‌عنوان قلب اقتصادی شهر، تمرکز صنایع سنگین کمتر بوده و آسیب‌پذیری ناشی از همجواری با صنایع به مراتب کمتر از سایر مناطق است. در سطح بین‌المللی، برخلاف یافته‌های حسین (۲۰۲۵) که بر ضرورت کاهش تراکم جمعیت تأکید دارد، در منطقه یک اهواز با وجود تراکم بالای جمعیت در هسته مرکزی، آسیب‌پذیری کلی در سطح پایینی قرار دارد که نشان می‌دهد صرفاً وجود تراکم بالا به معنای آسیب‌پذیری زیاد نیست و عوامل دیگری نظیر کیفیت ابنیه، دسترسی به خدمات و فاصله از کاربری‌های خطرناک نیز نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. همچنین برخلاف پژوهش مرکادر-مویانو و همکاران (۲۰۲۱) در

شهرهای اروپایی که شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی را پررنگ‌تر معرفی کرده‌اند، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در منطقه یک اهواز، شاخص‌های کالبدی-فضایی (نوع اسکلت، قدمت بنا و همجواری با کاربری‌های خطرناک) نقش تعیین‌کننده‌تری در آسیب‌پذیری مناطق مسکونی ایفا می‌کنند که می‌توان آن را به تفاوت در ساختار کالبدی و الگوی توسعه شهری در شهرهای ایرانی نسبت داد.

پیشنهادهای: بر اساس علل شناسایی‌شده آسیب‌پذیری (همجواری با کاربری‌های خطرناک و بافت فرسوده) و اصول پنج‌گانه پدافند غیرعامل، پیشنهادها و راهکارهای عملیاتی در سه سطح زمانی پیشنهاد می‌گردد:

در کوتاه‌مدت جابه‌جایی یا ایمن‌سازی پمپ‌بنزین‌های مجاور مناطق مسکونی پرخطر (باغ معین و باغ شیخ)، در میان‌مدت بازآمایی و مقاوم‌سازی بافت فرسوده در محلات باغ معین و باغ شیخ با اولویت ساختمان‌های دارای آسیب‌پذیری زیاد، تدوین ضوابط خاص پدافند غیرعامل برای صدور پروانه ساخت‌وساز و ایجاد پناهگاه‌های محلی با تأمین ذخایر اضطراری در دستور کار قرار گیرد. در بلندمدت بازنگری طرح تفصیلی منطقه یک با تأکید بر اصول پدافند غیرعامل، ایجاد کمربند سبز و فضاهای باز در حریم کاربری‌های حساس و استقرار سیستم پایش آسیب‌پذیری بافت‌های شهری با استفاده از سنجش از دور و GIS توصیه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله به شکل توضیح داده شده از سوی مجله، مورد تأیید نویسندگان این مقاله است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

سپاسگزاری

از کلیه کسانی که در مراحل مختلف نوشتن این مقاله با نظرات خود ما را یاری دادند، سپاسگزاری می‌کنیم.

References:

1. Abazarlou, S., Baghersad, M., & Poori Rahim, A. A. (2021). Vulnerability Modeling of Key Assets of Cities with a Passive Defense Approach Using Fuzzy Logic (Case study: District 6 of Tehran). *Journal of Safe City*, 2. https://www.ispdrc.ir/article_701244.html
2. Ahadnezhad Roshti, M., & Jalilpour, Sh. (2013). Evaluation of internal factors affecting the vulnerability of urban buildings against earthquakes using GIS (Case study: Old fabric of Khoy city). *Environmental Planning Quarterly*, 6(20), 7-29. [In Persian] <https://origin-ir.magiran.com/p1150982>
3. Ahvaz Municipality. (2017). Statistical yearbook of Ahvaz metropolis. Ahvaz: Public Relations and International Affairs Publications of Ahvaz Municipality. [In Persian] <https://planning.ahvaz.ir/>
4. Akbari Motlaq, M., & Abbaszadeh, Gh. (2010). Investigating the position and dimensions of passive defense in the spiritual capital of Iran. First National Conference

- on Passive Defense and Resistant Structures, Noshirvani University of Technology, Babol, Iran. [In Persian] https://www.researchgate.net/publication/215587537_brrsy_jaygah_w_abad_pdafnd_ghyraml_dr_paytkht_mnwy_ayran
5. Al-Sabbagh, T. A., Almuqataf, M. M., Elsaed, E. L., El Kenawy, A. M., Younes, A., Elkadeem, M. R., & Kotb, K. M. (2025). Advanced GIS and fuzzy logic integration for strategic fire station placement in Yanbu industrial city, Saudi Arabia. *GeoJournal*, 90(2), Article 59. <https://doi.org/10.1007/s10708-025-11304-w>
 6. Amanpour, S., Parvizian, A., & Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2018). Evaluation of passive defense requirements in the vicinity of industries (Case study: Ahvaz metropolis). *Geography and Urban-Regional Planning*, 8(26), 217-244. [In Persian] [10.22111/gaj.2018.3768](https://doi.org/10.22111/gaj.2018.3768)
 7. Azizi, M. M., & Bornafar, M. (2011). The optimal urban planning process during aerial attacks from the perspective of passive defense (Case study: District 1 of Region 11, Tehran). *Urban Studies Quarterly*, 1(1), 9-22. [In Persian] https://urbstudies.uok.ac.ir/article_1271.html
 8. Bakhshi, H., Arezoo, H., & Pournoghan, A. Gh. (2012). Structural and architectural requirements for hospital construction with a passive defense approach. National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development, Khavaran Institute of Higher Education, Mashhad, Iran. [In Persian] <https://civilica.com/doc/206612/>
 9. Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2014). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (2nd Ed). Routledge.
 10. Esmaeili Shahrokht, M. (2010). Urban planning with a passive defense approach (Case study: Birjand city). Master's Thesis in Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran. [In Persian]
 11. Esmaeilpour, M., Lalehpour, M., & Mamghani, S. (2022). Evaluation of vulnerability of housing in Tabriz city against earthquake hazard (Case study: District 10 of municipality). *Geography and Planning*, 26(82), 27-48. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/gp.2022.48908.2921>
 12. ESRI. (2023). *How Fuzzy Membership works*. ArcGIS Pro Documentation. Available at: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-fuzzy-membership-works.htm>
 13. Fajr Tose-e Consulting Engineers. (2012). Studies of deteriorated fabric and empowerment of neighborhoods in Ahvaz city (Lashkarabad, Koye Alavi, Koye Siyahi). Project Report, Ahvaz Municipality. [In Persian]
 14. Farhoudi, R., Habibi, K., & Zandi Bakhtiari, P. (2005). Locating municipal solid waste landfill sites using fuzzy logic in GIS environment (Case study: Sanandaj city). *Journal of Fine Arts*, 33(2), 17-30 [In Persian] https://jhz.ut.ac.ir/article_10710.html
 15. Fathi Rashid, A., & Gholizadeh, E. (2009). Passive defense in deteriorated urban fabric. Second Conference on Safe City Community, Tehran, Iran, 33-49. [In Persian] <https://sid.ir/paper/807764/fa>
 16. Firoozi, M. A., Mohammadi Deh Cheshmeh, M., Nazarpour Dezaki, R., & Shojaeian, A. (2016). Assessment of structural vulnerability of hospitals from the perspective of passive defense using FAHP model (Case study: Hospitals of Ahvaz metropolis). *Spatial Planning and Geomatics Quarterly*, 20(1), 149-178. [In Persian] https://hsmsp.modares.ac.ir/article_14508.html

17. Forsyth, A., Molinsky, J., & Kan, H. Y. (2019). *Improving housing and neighborhoods for the vulnerable: Older people, small households, urban design, and planning*. *Urban Design International*, 24(3), 171–186.
<https://doi.org/10.1057/s41289-019-00081-x>
18. García Almirall, P., Cornadó, C., Piasek, G., & Vima Grau, S. (2023). Review of socio-residential vulnerability identification methodologies: Application to the cities of Bilbao and Barcelona. *VITRUVIO – International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 8(1), 70–83. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2023.19477>
19. Ghaed Rahmati, S., & Aziminia, B. (2017). Evaluation of density and its relationship with seismic vulnerability (Case study: District 4 of Tehran Municipality). *Geography and Planning*, 21(61), 279-298. [In Persian] https://journals.tabrizu.ac.ir/article_7025.html
20. Ghazanfarpour, H., & Hamedi, M. (2020). Classification of vulnerability levels of Kerman city's fabrics based on fuzzy logic indicators. *Geography and Development*, 18(60), 1-20. (In Persian) <https://doi.org/10.22111/gdij.2017.3365>
21. Ghouchani, M., Khorram, A., Gholizadeh, F., & Rafiei, S. (2023). Evaluate the efficiency of contextual elements in reducing the vulnerability of urban historical fabrics based on passive defense principles. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(2), Article 101837. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101837>
22. Goodarzi, M., Soltani, Z., & Nazarpour Dezaki, R. (2023). Assessment of the Vulnerability of Riverine Cities and Their Coping Capacity against Floods (Case Study: Ahvaz Metropolis). *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 11(3). World Scientific Publishing. <https://doi.org/10.1142/s2345748123500173>
23. Habibi, K., Pourahmad, A., Meshkini, A., Asgari, A., & Nazari Adli, S. (2007). Determination of structural/construction factors affecting the vulnerability of the historical fabric of Zanjan using Fuzzy Logic & GIS. *Journal of Fine Arts*, 33(2), 27-36. (In Persian) <https://ecc.isc.ac/showJournal/994/6832/74566>
24. Haji Ebrahim Zargar, A., & Mesgari Houshiar, S. (2007). Passive defense in architecture: A strategy for reducing risk against disasters. Third International Conference on Integrated Crisis Management in Natural Disasters, Tehran, Iran. [In Persian] <https://civilica.com/doc/33337/>
25. Hashemi Fesharaki, J., & Shakibamanesh, A. (2011). *Urban design from the perspective of passive defense* (1st Ed.). Tehran: Bustan-e Hamid Publications. [In Persian]
26. Hosseinzadeh Dalir, K., Maleki, K., Shafaati, A., & Heidarifar, M. R. (2012). Passive defense and sustainable urban development with emphasis on vulnerable land uses of Tabriz metropolis from the perspective of war. *Geography and Environmental Sustainability*, 2(5), 18-32. [In Persian] https://ges.razi.ac.ir/article_197.html
27. Hussein, A. A. H (2025). *Planning and Design Strategies for Enhancing Passive Defense in Future Cities During Wartime*. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 10(4), 699–716. <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2025.04.07>
28. Javidan, M. (2024). Validation of safety indicators from the perspective of passive defense in educational land uses. *New Ideas in Geographical Sciences*, 3(2), 1-18. [In Persian] <https://doi.org/https://doi.org/10.71787/10.71787/ntigs.2024.783449>

29. Karam, A., & Yaghoubnejad Asl, N. (2013). Application of fuzzy logic in evaluating land suitability for physical development of the city (Case study: Karaj metropolis). *Geography Quarterly*, 11(36), 230-246. [In Persian] <https://sid.ir/paper/150399/fa>
30. Kindo, A. A., Kaladzavi, G., Malo, S., Camara, G., Tapsoba, T. M.-Y., & Kolyang. (2020). Fuzzy logic approach for knowledge modeling in an Ontology: A review. In *2020 IEEE 2nd International Conference on Smart Cities and Communities (SCCIC)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SCCIC51516.2020.9377335>
31. Lane, M. B. (2003). Reviewing the regional forest agreement experience: The wicked problem of common property forests. Paper presented at the *Regional Forest Agreements and the Public Interest: A National Symposium*, Australian National University, Canberra, Australia.
32. Lotfizadeh, D., Goodarzi, M., & Soltani, Z. (2026). Assessing the role of urban social resilience in facing the consequences of war (Case study: Ahvaz city). *Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies (JSURDS)*, 7(1), 476-502. [In Persian] https://www.srds.ir/article_243177.html
33. Maleki, S., & Mavedat, E. (2024). An analysis on the management of urban crisis caused by the earthquake, with an emphasis on physical indicators (Case Study: Ilam province). *Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies (JSURDS)*, 4(4), 24-38. [In Persian] https://www.srds.ir/article_190290.html
34. Mansour Naeimi, E. (2014). Locating temporary housing during natural hazards in District 1 of Ahvaz Municipality [Master's Thesis]. Faculty of Earth Sciences and GIS, Shahid Chamran University of Ahvaz [In Persian]
35. Marouf Nezhadeh, A., & Khoozestani, L. (2023). Assessment of the importance of passive defense in ports. *New Ideas in Geographical Sciences*, 1(2), 95-114. [In Persian] <https://doi.org/https://doi.org/10.71787/10.71787/ntigs.2024.783418>
36. Mercader-Moyano, P., Morat, O., & Serrano-Jiménez, A. (2021). Urban and social vulnerability assessment in the built environment: An interdisciplinary index-methodology towards feasible planning and policy-making under a crisis context. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103082. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103082>
37. Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2013). Urban safety and passive defense (1st ed.). Ahvaz: Shahid Chamran University of Ahvaz Press. [In Persian]
38. Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2014). Measuring the permeability of Karaj urban fabric against hazards. *Spatial Planning and Geomatics Quarterly*, 18(3), 53-77. [In Persian] https://hsmasp.modares.ac.ir/article_14456.html
39. Mohammadi Deh Cheshmeh, M., & Heidarinia, S. (2015). Spatial modeling of the vicinity of special land uses from the perspective of passive defense in Ahvaz metropolis. *Space Planning and Planning*, 19(2), 211-236. [In Persian] https://hsmasp.modares.ac.ir/article_14475.html
40. Motaghed, S., Eftekhari, N., Emadali, L., & Sayadpour, H. (2024). Revision of earthquake hazard analysis of Ahvaz city considering the status of the Ahvaz fault. *Advanced Applied Geology*, 14(4), 1072-1098. [In Persian] <https://doi.org/10.22055/aag.2024.44810.2405>
41. Nazarpour Dezaki, R. (2014). Assessment of vulnerability of special land uses from the perspective of passive defense in Ahvaz metropolis (Case study: Healthcare land use) [Master's Thesis]. Faculty of Earth Sciences and GIS, Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian]

42. Nazaryan, Y., Haghazad, A., Ebrahimi, L., & Abozorgmehr, K. (2026). Analysis of urban resilience against earthquakes with emphasis on land use planning (Case study: Tabriz metropolis). *Journal of Geography and Spatial Planning*, 26(80), 254-273. <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3832-en.html>
43. Parizi Maimandi, S., & Kazeminia, A. (2014). Vulnerability zoning of Kerman city based on passive defense principles. *Land Use Planning*, 7(1), 119-144. [In Persian] <https://doi.org/10.22059/jtcp.2015.54784>
44. Pasban, A., & Abedini, M. (2025). Military site selection based on passive defense approach (integrating RS, GIS, and the analytic network process [ANP] model) at Ardabil Township. *Journal of Sustainable Urban and Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(2), 381-396. [In Persian] https://www.srds.ir/article_220760.html
45. Pattanaik, S., Singh Dhillon, S., & Vinciarelli, A. (2025). Fuzzy logic in governance and policy making. In *Fuzzy Logic in Governance and Policy Making* (Chapter 10). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781003636724>
46. Piri, H., & Salehi Asl, M. (2013). Evaluation of effective components on passive defense in Shiraz railway station against aerial threats. *Passive Defense Quarterly*, 4(1), 65-82. [In Persian] https://pd.ihu.ac.ir/article_206115.html
47. Rahmani, Gh., Chitsazan, M., & Ghafouri, H. R. (2022). Determining the relationship between groundwater level decline and land subsidence in the Damaneh-Daran plain aquifer using a combination of numerical and analytical models. *Advanced Applied Geology*, 12(2), 259-275. [In Persian] <https://doi.org/10.22055/aag.2021.36217.2190>
48. Rahnamaei, M. T., & Mohammadi Deh Cheshmeh, M. (2009). An analysis of social instability in the Iranian eco-city. *Political-Economic Information Journal*, 259-260, 284-296. [In Persian] <https://www.ensani.ir/fa/article/323946>
49. Rezaei Anvar, M., Ashtiani, R., & Jahani, A. (2021). Evaluation of urban spaces based on passive defense principles; Case study: Enghelab Square area, Tehran. *Geographical Research Quarterly*, 36(3), 291-303. [In Persian] <http://georesearch.ir/article-1-1125-fa.html>
50. Salari, N., Entezari, M., & Khabazi, M. (2022). Ranking urban vulnerability against earthquake hazard using ELECTRE FUZZY model (Case study: Kerman city). *Geography and Environmental Planning*, 33(4), 113-134. [In Persian] <https://doi.org/10.22108/gep.2022.132688.1491>
51. Sarvar, H., Kashani Asl, A., & Kheirizadeh, M. (2015). Evaluation of vulnerability of urban spaces against earthquake crisis using fuzzy logic (Case study: Ahar city). *Sustainable City*, 2(4), 71-90. [In Persian] <https://elmnet.ir/doc/1535356-19163>
52. Taghvaei, M., & Joozi Khamseloo, A. (2012). Investigating the vulnerability of urban land uses along pilgrimage routes with a passive defense approach (Case study: Isfahan metropolis). *Environmental Planning Quarterly*, 5(16), 125-148. [In Persian] <https://search.isc.ac/dl/search/defaultta.aspx?DTC=8&DC=546120>
53. UN Habitat. (2008). *Enhancing urban safety and security: Global report on human settlements*. United Nations Human Settlements Programme. <https://unhabitat.org/fr/node/93541>
54. Van den Berg, L. (2003). *The safe city: Safety and urban development in European cities*. Ashgate Publishing Company.
55. Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge. <https://www.routledge.com/At-Risk->

[Natural-Hazards-Peoples-Vulnerability-and-Disasters/Blaikie-Cannon-Davis-Wisner/p/book/9780415252164](https://doi.org/10.22067/geo.v1i4.19513)

56. Zangiabadi, A., & Esmaeilian, Z. (2012). Analysis of vulnerability indicators of urban housing against natural hazards (Case study: Housing in Isfahan city). *Geography and Environmental Hazards*, 1(4), 113-129. [In Persian]
<https://doi.org/10.22067/geo.v1i4.19513>



COPYRIGHTS



© The Author(s). This is an open access article under the CC BY-NC license:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Publisher:

Private.