



<https://gep.ui.ac.ir/?lang=fa>

Geography and Environmental Planning

E-ISSN: 2252- 0910

Document Type: Research Paper

Vol. 36, Issue 1, No.97, 2025, pp. 1- 22

Received: 01/12/2024 Accepted: 13/04/2025

Vulnerability Zoning of Abdanan County against Earthquake Risk

Mousa Abedini  *

Professor. in Geomorphology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
abedini@uma.ac.ir

Leila Aghayari

Ph.D. in Geomorphology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
aghayari.leila@uma.ac.ir

Elnaz Piroozi

Assistant professor, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
e.piroozi@uma.ac.ir

Abstract

Earthquakes are among the most devastating natural disasters, causing significant damage to human society. Therefore, assessing seismic vulnerability and developing strategies to mitigate this risk are critical issues today. Abdanan County located in southern Ilam Province is particularly susceptible to earthquakes due to numerous fault lines, a history of destructive seismic events, and inadequate adherence to safety standards. This study aimed to measure and evaluate the earthquake vulnerability of the county. To conduct this research, we first prepared digital layers representing the factors influencing earthquake occurrences. We then standardized the criteria maps using fuzzy membership functions and weighted the criteria through the CRITIC method. Finally, we employed the multi-criteria analysis method of ARAS to create a zoning map with 5 vulnerability levels. The results indicated that the most significant variables affecting vulnerability were the distance from the earthquake epicenter (weight: 0.153), land use (0.133), geological formation (0.130), and distance from faults (0.125). According to our findings, approximately 22.20 to 30.35% of the county's total area fell within the very high vulnerability category. Additionally, the cities of Abdanan, Murmuri, and Sarab Bagh, along with 40 villages, were classified as having very high vulnerability, while 16 villages were categorized as highly vulnerable. Furthermore, using the rock curve method and a sub-curve level of 0.80, we found that the accuracy of the ARAS method in identifying and zoning the vulnerable areas of Abdanan County in relation to earthquake risk was very promising.

Keywords: Hazard, Earthquake, Multi-Criteria Analysis, Geographic Information System (GIS).

*Corresponding Author

Abedini, M. , Aghayari, L. and Piroozi, E. (2025). Investigating and zoning of abdanan county's vulnerability to earthquake risk. *Geography and Environmental Planning*, 36 (1), 1 - 22 .



2252-0910 © University of Isfahan

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



10.22108/gep.2025.143524.1690

Introduction

Earthquakes are among the most destructive natural disasters, consistently inflicting severe damage on human society. According to United Nations reports, earthquakes are the most significant natural disaster in Iran, with a catastrophic event occurring approximately every 10 years, resulting in widespread homelessness and loss of life (Mohammadpour, 2019, p. 78). Creating a zoning map to assess residential vulnerability to earthquakes is an effective method for identifying at-risk areas (Heidarimozaffar & Tajbakhshian, 2022, p. 75). In this study, we focused on zoning the vulnerability of settlements in Abdanan County to earthquake risk, employing the ARAS multi-criteria algorithm to accurately estimate the seismic risk in this region using both spatial and descriptive data.

Materials & Methods

This study was applied in nature and employed a research methodology that integrated data analysis, Geographic Information Systems (GIS), and multi-criteria analysis techniques. We utilized ArcGIS, Idrisi, and Excel software for image processing and data analysis. To assess earthquake hazards, we first identified the key factors influencing vulnerability, including slope, Digital Elevation Model (DEM), geology, land use, distance from the epicenter of previous earthquakes, proximity to communication routes, distance from population centers (both cities and villages), distance from rivers, and distance from fault lines. Next, we prepared information layers corresponding to each factor within the GIS environment. Standardization of these layers was performed using fuzzy membership functions, while factor weighting was conducted using the CRITIC method. The final analysis was carried out using the ARAS multi-criteria method. After developing the vulnerability map for Abdanan County regarding earthquake risk, we evaluated the model's accuracy using the ROC curve.

Research Findings

The results from the ARAS method indicated that 531.12 km² of the total area of Abdanan County fell into the very high vulnerability category, while 726.22 km² was classified as high vulnerability. Additionally, 687.50 km² exhibited medium vulnerability potential. Meanwhile, 336.89 and 110.99 km² were categorized as having low and relatively low vulnerability potential, respectively. A comparative analysis of altitude and slope factors against the final vulnerability map revealed that these at-risk areas spanned various altitudes, ranging from 200 to 2000 m and slope classes from 5° to 80°. In terms of land use, residential areas, agricultural land, forest coverage, and medium pastures constituted the majority of regions with high and very high vulnerability potential. When comparing the distance from population centers to the zoning map, it became evident that vulnerable areas were situated within 0 to 1000 m of these centers. Regarding the distance from communication routes, regions with high vulnerability potential were typically located farther away, between 1000 and 5000 m from these routes. Additionally, the analysis of proximity to rivers indicated that highly vulnerable areas were found within close range, specifically 0 to 800 m from water sources. Notably, the population density of cities and villages tended to cluster near these water sources. Furthermore, areas classified as having very high and high vulnerability were located in close proximity to previous seismic foci, particularly within 0 to 1000 m of these sites.

Discussion of Results & Conclusion

The findings of this study indicated that the most significant factors influencing earthquake occurrence in the study area were distance from the epicenter, land use, geological formation, and distance from fault lines. Our analysis revealed that approximately 22.20 and 30.35% of the total area of Abdanan County fell within the very high and high vulnerability categories, respectively. Additionally, the cities of Abdanan, Murmur, and Sarab Bagh, along with 40 villages, were classified as having very high vulnerability, while 16 villages were designated as being in the high vulnerability zone. These results highlighted the considerable seismic risk faced by the region. Given the potential for earthquakes to cause devastating financial and human losses, it is crucial for responsible organizations to heed the findings of this study. They should implement appropriate protective measures developed in consultation with experts to mitigate risks and enhance community resilience against seismic events.

مقاله پژوهشی

بررسی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان آبدانان در مقابل خطر زلزله

موسی عابدینی* ، استاد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

abedini@uma.ac.ir

لیلا آقاییاری، دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

aghayary.leila@uma.ac.ir

الناز پیروزی، دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

e.pirouzi@uma.ac.ir

چکیده

زمین‌لرزه‌ها از مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی است که همواره خسارت‌های زیادی را به جامعه بشری تحمیل می‌کند؛ بنابراین بررسی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای و ارائه راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری از موضوعات مهم روز است؛ در این میان شهرستان آبدانان واقع در جنوب استان ایلام با توجه به وجود گسل‌های متعدد، سوابق زلزله‌های مخرب و رعایت نکردن استانداردها بسیار مستعد وقوع زمین‌لرزه است. بر این اساس، محققان در پژوهش حاضر به دنبال سنجش و ارزیابی آسیب‌پذیری این شهرستان در برابر خطر زلزله هستند. در این پژوهش پس از تهیه لایه‌های رقمی عوامل مؤثر بر وقوع این پدیده، استانداردسازی نقشه‌های معیار با استفاده از تابع عضویت فازی و وزن‌دهی معیارها با بهره‌گیری از روش کرتیک انجام شد. در نهایت، نقشه پهنه‌بندی در پنج طبقه با بهره‌گیری از روش تحلیل چندمعیاره آراس تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای فاصله از کانون زلزله (وزن ۰/۱۵۳)، کاربری اراضی (۰/۱۳۳)، سازند زمین‌شناسی (وزن ۰/۱۳۰) و فاصله از گسل (با وزن ۰/۱۲۵) بیشترین میزان اهمیت را دارند. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش به ترتیب ۲۲/۲۰ و ۳۰/۳۵ درصد از کل مساحت شهرستان پتانسیل آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد را دارد. همچنین، براساس نتایج پژوهش شهرهای آبدانان، مورموری و سراب باغ به همراه ۴۰ روستا در طبقه آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۱۶ روستا در پهنه آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. به علاوه، با توجه به بهره‌گیری از روش منحنی راک و سطح زیرمنحنی، (۰/۸۰) دقت روش آراس در شناسایی و پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر شهرستان آبدانان در مقابل خطر زلزله خیلی خوب است.

واژه‌های کلیدی: مخاطره، زمین‌لرزه، تحلیل چندمعیاره، سیستم اطلاعات جغرافیایی

*نویسنده مسئول

عابدینی، موسی، آقاییاری، لیلا و پیروزی، الناز. (۱۴۰۴). بررسی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان آبدانان در مقابل خطر زلزله، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۶ (۱)، ۲۲-۱.



مقدمه

زلزله فرآیندی درزمینه انباشت طولانی مدت و آزادشدن ناگهانی انرژی در طبیعت است (Yang et al., 2009, P. 206). به عبارت دیگر، به علت ذخیره شدن مقدار زیادی انرژی در درون زمین و با توجه به نظریه جابه‌جایی قاره‌ها تغییرات عمده‌ای در قسمت سطحی زمین رخ می‌دهد که زلزله یکی از این تغییرات است (عابدینی و سرمستی، ۱۳۹۵، ص. ۳۴). زلزله می‌تواند به اختلال در کارکرد اجتماع و اثرهای فراوان انسانی، اقتصادی و محیط‌زیستی منجر شود. عواقب زلزله از نظر فراوانی و خسارت‌هایی که به بار می‌آورد، بر جامعه تأثیر می‌گذارد (محمدی و همکاران، ۱۴۰۲، ص. ۱۹۱). طبق داده‌های CRED (Centre for research on the epidemiology of disasters) زمین‌لرزه‌ها بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ باعث کشته شدن ۷۲۱۱۴ نفر در سراسر جهان شد و ۱۱۸۳۴۴۳۲۲ نفر را تحت تأثیر قرار داد (Lian et al., 2021, P. 1). ساختمان ژئومورفولوژیکی ایران تحت تأثیر فازهای آلی و فشار پلیت‌ها (فشار پلیت عربستان در جنوب غربی، صفحه اوراسیا در شمال و صفحه هند در جنوب شرقی) حالت آنومالی دارد و به پایداری نسبی نرسیده است (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۱، ص. ۱۴۵؛ سالاری و همکاران، ۱۴۰۱، ص. ۱۱۴). بنابراین به دلیل تداوم حرکت صفحه‌ها در این ناحیه پهناور فشارشی فعالیت‌های لرزه‌ای به عنوان مهم‌ترین مخاطره طبیعی دیده می‌شود (اسدی و زارع، ۱۳۹۴، ص. ۷۱). به طوری که زلزله طبق گزارش‌های سازمان ملل مهم‌ترین سوانح طبیعی در ایران است و در هر ده سال یکبار زلزله ویرانگری اتفاق می‌افتد که باعث بی‌خانمانی و کشته شدن عدّه زیادی می‌شود. با نگاه به گذشته زلزله‌های مهیب بم، رودبار، طبرس و بوئین زهرا از آن جمله است (محمدپور، ۱۳۹۸، ص. ۷۸).

تهیه نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاهی در برابر زلزله از راه‌های مؤثر برای شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و تحت خطر است (حیدری مظفر و تاج‌بخشیان، ۱۴۰۱، ص. ۷۵). با توجه به اینکه زمین‌لرزه از جمله مخاطره‌هایی است که گزینه‌ها و معیارهای چندگانه دارد و با نظر به اینکه، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره امکان تعیین مقدار اهمیت کلیه معیارها و ادغام آنها را در یک شاخص ترکیبی فراهم می‌کند تا تصمیم‌گیرندگان قادر به شناسایی بهترین گزینه باشند (Zhu & Liu, 2021, P. 3)، به نظر می‌رسد، استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با یک رویکرد تلفیقی می‌تواند به برنامه‌ریزی سریع و مدیریت خطرهای احتمالی منجر شود (اصغری سراسکانرود و پیروزی، ۱۴۰۱، ص. ۷۲).

پیشینه پژوهش

محققان درباره بررسی خطر زلزله تاکنون در ایران و سایر نقاط جهان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پژوهش‌های گسترده‌ای انجام نداده‌اند. محققان در بیشتر پژوهش‌ها بر عملکرد مطلوب این روش‌ها در پهنه‌بندی خطر زلزله تأکید داشتند. حسینی‌خواه و ضرابی (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان «نقش مدل ترکیبی تصمیم‌گیری WASPAS در شناسایی پهنه‌های لرزه‌خیز: پژوهش موردی: مراکز جمعیتی شهرستان بهمئی» انجام دادند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داده است که ۲۵۲ کیلومتر مربع معادل ۲۰ درصد از شهرستان بهمئی در پهنه بدون خطر، ۳۸۶ کیلومتر مربع در پهنه کم‌خطر، ۲۸۹ کیلومتر مربع از شهرستان در پهنه متوسط و ۱۴۹ کیلومتر مربع در پهنه با خطر بسیار بالا قرار دارد.

خدادادی و همکاران (۱۳۹۹) پژوهشی با عنوان «تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش Electre fuzzy: مطالعه موردی: کلانشهر کرج» انجام دادند. نتایج حاصل شده حاکی از آسیب‌پذیر بودن مناطق ۶، ۸، ۱۰ و ۷ شهرداری کرج در برابر زلزله است. حدود ۲۰ درصد از شهر کرج به دلیل نزدیکی به گسل و وجود تراکم زیاد جمعیتی و ساختمانی در مناطق با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

آرامی و همکاران (۱۴۰۱) پژوهشی با عنوان «اولویت‌بندی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات: مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان اردبیل» انجام دادند. محققان در این مطالعه با استفاده از مدل ویکور سکونتگاه‌های روستایی بخش مرکزی شهرستان اردبیل را اولویت‌بندی کردند. براساس خروجی نهایی حاصل شده از مدل ویکور محدوده شمالی بخش مرکزی شهرستان اردبیل شامل دهستان‌های ارشق شرقی و غربی که روستاهای نمونه خواجه بلاغی، گل تپه و آق قلعه را دربر گرفته و در مجاورت گسل‌های اصلی است، بیشتر در معرض خطر زلزله قرار دارد.

پیروزی و همکاران (۱۴۰۲) پژوهشی با عنوان «ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان خلخال در برابر مخاطره محیطی زمین‌لرزه» انجام دادند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داده است که عوامل فاصله از گسل، کاربری اراضی و فاصله از کانون زلزله به ترتیب با ضریب وزنی ۰/۱۳۳، ۰/۱۲۰ و ۰/۱۱۳ بیشترین تأثیرگذاری را در رخداد زمین‌لرزه منطقه دارند. به علاوه، با توجه به نتایج حاصل از پژوهش ۲۴/۵۳ و ۱۵/۸۳ درصد از مساحت شهرستان پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد را دارد.

یاریان و همکاران پژوهشی با عنوان «نقشه‌برداری آسیب‌پذیری زلزله با استفاده از مدل‌های هیبریدی مختلف» انجام دادند. محققان در این مطالعه آسیب‌پذیری شهر سنندج را در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های ترکیبی و شبکه عصبی مصنوعی بررسی کردند و در نهایت، ۱۵ عامل به عنوان عوامل مؤثر در اندازه‌گیری آسیب‌پذیری لرزه‌ای انتخاب شد. براساس نتایج مدل هیبریدی، میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی به عنوان مدل بهینه تأیید شد. براساس نتایج این روش ۳۲ درصد از فضای شهر سنندج در طیف آسیب‌پذیر قرار دارد (Yariyan et al., 2020).

فرجی سبکبار و همکاران پژوهشی با عنوان «ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری در برابر زلزله در سکونتگاه‌های روستایی با استفاده از سیستم استنتاج فازی: مطالعه موردی: سکونتگاه‌های روستایی در کلانشهر تهران» انجام دادند. یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله است و پهنه‌بندی فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی محدوده مطالعاتی بیشترین شباهت را با شاخص آسیب‌پذیری واحدهای مسکونی دارد (Faraji Sabokbar et al., 2021).

فرهمند و همکاران پژوهشی با عنوان «پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله: مطالعه موردی: شهر ارومیه» انجام دادند. نتایج نشان داد که حدود ۵۰ درصد از شهر در برابر زلزله آسیب‌پذیر است. به طور دقیق‌تر، حدود ۱۵۱۵۷۴ متر مربع درجه آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۱۱۵۳۸۳۵۹ متر مربع درجه آسیب‌پذیری زیادی در برابر زلزله دارند (Farahmand et al., 2022).

شادمان و پاپی پژوهشی با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره Geo» انجام دادند. با توجه به نتایج حاصل شده مشخص شده است که از نظر آسیب‌پذیری فیزیکی به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۳۸، ۰/۲۳، ۰/۷ و ۰/۹ از کل منطقه در طبقات بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم قرار دارد (Shadmaan & Popy, 2023).

با توجه به اهمیت موضوع خطر زمین‌لرزه در استان ایلام که محدوده مطالعه شده نیز از نظر سیاسی بخشی از این استان است، مطالعاتی نیز در راستای بررسی این مسئله در محدوده این استان انجام شده است.

سپهوند و همکاران (۱۳۸۷) پژوهشی با عنوان «برآورد خطر زمین‌لرزه و پهنه بندی لرزه‌ای استان ایلام به دو روش تعینی و احتمالاتی» انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داده است که در بیشتر مناطق استان سطح نسبی خطر زلزله متوسط و تنها در قسمت کوچکی از استان در انتهای جنوب شرقی آن سطح خطر نسبی زمین‌لرزه پایین است.

ملکی و همکاران (۱۴۰۱) پژوهشی با عنوان «سنجش تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام در برابر زلزله» انجام دادند. تحلیل یافته‌ها بیان‌کننده این موضوع است که سنجۀ گسل اصلی با وزن ۰/۵۰۷ بیشترین ارزش وزنی را در بین سنجه‌های تحقیق دارد و مورموری، آب‌انبار، بیجنوند، شهاب، سراب‌باغ و هندیمنی، آسیب‌پذیرترین و هجدان‌دشت، زردلان، ابو غویر، زرنه و سید نصرالله ایمن‌ترین دهستان‌ها هستند و آسیب‌پذیری کمتری دارند.

بازدار و همکاران (۱۳۹۹) پژوهشی با عنوان «کامیابی سعید سنجش و ارزیابی کمی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله: نمونه مورد: استان ایلام» انجام دادند. با توجه به نتایج حاصل شده، به لحاظ آماری میانگین میزان شاخص ویکور به دست آمده برابر ۰/۱۲۵ درصد بوده است که نشان‌دهنده وضعیت نامناسب موضوع استان از لحاظ آسیب‌پذیری در برابر زلزله است.

شهرستان آبدانان نیز مانند بسیار دیگری از نقاط ایران از حادثه‌خیزترین نقاط کشور از نظر زمین‌لرزه است؛ برای مثال، زمین‌لرزه ۵/۵ ریشتری ۱۶ اردیبهشت ۱۳۹۱ در استان ایلام منجر به زخمی شدن ۱۲ نفر و تخریب تعدادی واحد مسکونی در بخش کلات مورموری شهرستان آبدانان شد. بر اثر این زمین‌لرزه پنج واحد مسکونی در بخش سراب‌باغ به طور کامل، تخریب و بسیاری از منزل‌های قدیمی منطقه دچار ترک‌خوردگی شده است. همچنین، به دنبال این زمین‌لرزه روستای هونکه با ۸۰ خانوار تخریب و غیرقابل سکونت شد. در مرداد ۱۳۹۳ زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۶/۱ ریشتر در منطقه مورموری استان ایلام روی داد که موجب قطع آب، برق و تلفن و تخریب ۸ روستا آبدانان شد. شمار مجروحان این زلزله به حدود ۲۵۰ نفر رسید. در طی این زمین‌لرزه منطقه مورموری و نواحی اطراف آن بیش از ۵۹۶ پیش‌لرزه و پس‌لرزه را داشت که بزرگ‌ترین پس‌لرزه رخ داده با قدرت ۵/۸ ریشتر بوده است. تمرکز بیشتر خسارت‌های حاصل از این زلزله در شهر مورموری (از توابع آبدانان استان ایلام) و روستاهای اطراف آن به ویژه در روستاهای آب‌انار و سیاهگل بوده است. به علاوه به دنبال این زلزله زمین‌لغزشی در محدوده کبیرکوه و در کیلومتر ۲۰ جاده دره‌شهر به آبدانان مشاهده شده است که این زمین‌لغزش‌ها موجب فرونشست زمین در کیلومتر ۳۲ جاده دره‌شهر به آبدانان شده است. ریزش کوه در پس‌لرزه‌های بعدی در هفته‌های بعد از رخداد زلزله نیز ادامه داشته است. در **شکل (۱)** تصاویری از خسارت‌های ناشی از زلزله رخ داده در ۱۳۹۳/۰۵/۲۷ آبدانان نمایش داده شده است. زلزله‌ای به بزرگی چهار ریشتر در ۱۴۰۱/۹/۳ شهرستان آبدانان در استان ایلام را لرزاند. کانون این زمین‌لرزه در هفت کیلومتری آبدانان، ۱۲ کیلومتری سراب‌باغ و ۲۵ کیلومتری دره‌شهر بوده است. در ۱۴۰۲/۱/۶ زمین‌لرزه‌ای به شدت ۴/۷ ریشتر در مقیاس امواج درونی زمین، شهر مورموری از توابع شهرستان آبدانان استان ایلام را لرزاند. این زمین‌لرزه در ۱ کیلومتری شهر مورموری، ۲۲ کیلومتری سراب‌باغ شهرستان آبدانان و ۳۵ کیلومتری شهر موسیان دهلران روی داده است. در ۱۴۰۲/۸/۱۹ زلزله‌ای با قدرت ۵/۱ در فاصله ۹ کیلومتری شهر مورموری از توابع شهرستان آبدانان

استان ایلام ثبت شده است. این زمین‌لرزه در عمق ۱۰ کیلومتری زمین و در فاصله ۱۳ کیلومتری شهر سراب باغ و ۳۰ کیلومتری شهر آبدانان روی داده است. شدت این زمین‌لرزه به حدی بوده است که در شهرهای آبدانان، دره‌شهر، دهلران و حتی پلدختر استان لرستان نیز احساس شده است. زلزله‌ای به بزرگی ۴/۱ ریشتر در ۱۴۰۲/۹/۳ بخش سراب باغ از توابع شهرستان آبدانان در جنوب استان ایلام را لرزاند. این زلزله در عمق ۱۱ کیلومتری زمین ثبت شده است (جمع‌بندی مطالب منتشرشده در بیش از ۱۰ سایت خبرگزاری داخلی).^۱ تاکنون مطالعه‌ای برای پهنه‌بندی شهرستان آبدانان از لحاظ خطر زلزله با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره آراس انجام نشده است؛ بنابراین در مطالعه حاضر پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهرستان آبدانان در برابر خطر زلزله با استفاده از این الگوریتم مدنظر قرار گرفته است تا از طرفی، برآورد مناسبی از خطرپذیری این شهرستان در برابر زلزله با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی انجام گیرد و از طرف دیگر، تأثیر هریک از معیارهای به کار رفته در میزان آسیب‌پذیری تعیین شود و در نهایت، با شناسایی مناطق اولویت‌دار از نظر خطر زمین‌لرزه اقدام‌های لازم برای کنترل، برنامه‌ریزی بهره‌برداری بهینه از منابع و استراتژی‌های مدیریت پایدار زمین به عمل آید.



شکل ۱: تصاویری از خسارت‌های ناشی از زلزله رخ داده در مورخه ۱۳۹۳/۰۵/۲۷ آبدانان

(جمع‌بندی مطالب منتشرشده در بیش از ۱۰ سایت خبرگزاری داخلی)

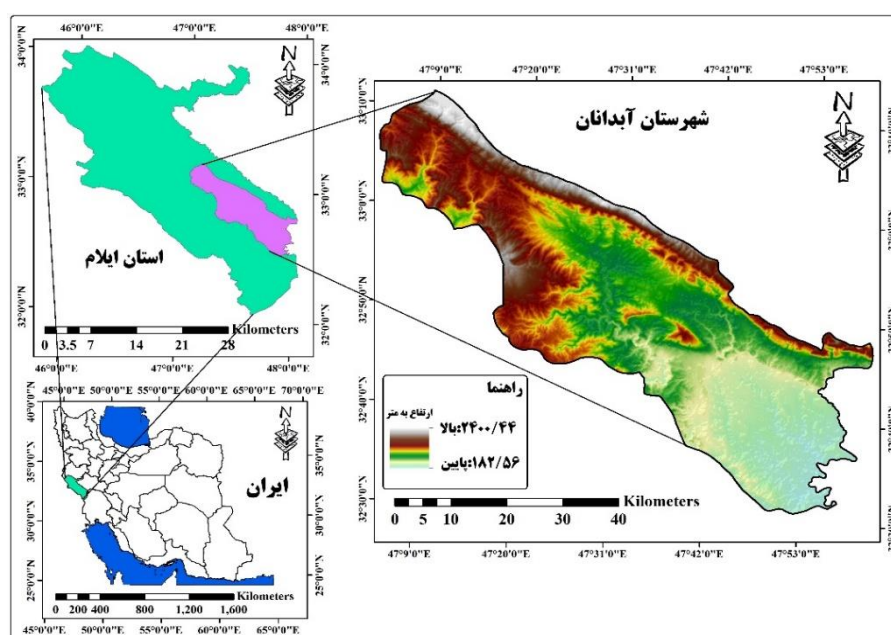
Figure 1: Images of the damage caused by the earthquake that occurred on 2014/08/18 in Abadan

¹ <https://donya-e-qtasad.com/>
<https://www.isna.ir/>
<https://fa.wikipedia.org/wiki/>
<https://www.mehrnews.com/>
<https://khabarban.com/>
<https://www.iribnews.ir/>
<https://nournews.ir/fa/>
<https://www.irna.ir/>
<https://www.etemadonline.com/>
<https://www.tasnimnews.com/>
<https://www.asriran.com/>
<https://nournews.ir/fa/>

روش‌شناسی پژوهش

محدوده مطالعه‌شده

شهرستان آبدانان با مرکزیت آبدانان در غرب ایران و در جنوب استان ایلام واقع شده است (شکل ۲). این شهرستان از غرب و شمال به شهرستان دهلران و بخش زرین‌آباد و شهرستان ملکشاهی، از جنوب به استان خوزستان و از شرق به شهرستان دره‌شهر منتهی می‌شود. شهرستان آبدانان چهارمین شهرستان پرجمعیت استان ایلام است که سه بخش مرکزی، سراب باغ، کلات و شش دهستان دارد. این شهرستان در میان ارتفاعات کبیرکوه و دینارکوه قرار گرفته است. شمال و جنوب شهرستان جغرافیای کوهستانی دارد و بیشتر طبیعت آن پوشیده از جنگل بلوط است؛ اما بخش‌های جنوبی به‌صورت دشت حاصلخیز و به‌طور متوسط، شهرستان از نظر آب‌وهوایی به‌نسبت معتدل است. از نگاه جغرافیایی و به‌ویژه زمین‌شناسی محدوده شهرستان بخشی از ارتفاعات باختر ایران است که زاگرس نام دارد. واحدهای مختلف سنگ‌شناسی منطقه به‌صورت واحدهای بنگستان، سنگ آهک‌های سازند آسماری، واحدهای سنگ چین‌های گروه فارس (دو سازند گچساران و آغاجاری)، سازند کنگلومرایی بختیاری و سازندهای زمان کواترنری گسترده شده است. به‌طور کلی، در مورفوتکتونیک استان ایلام که شهرستان آبدانان را نیز پوشش می‌دهد، رویدادهای تکتونیکی مهم و متعددی نقش داشته است که از میان آنها فازهای گوناگون آلپ پایانی به‌ویژه رویداد پاسادین بیشترین نقش و اثر را دارد؛ به‌طوری که در اثر پیامد این رویداد تکوین حوضه رسوبی خاتمه یافته و انباشته‌های رسوبی در یک راستای شمال غرب - جنوب شرق چین‌خورده و رخنمون یافته است. تداوم و تأثیر رویدادهای تکتونیکی بر نهشته‌های بعد از کوه‌زایی به‌خصوص رانده‌شدن نسبی رخنمون‌های سنگی در امتداد گسله‌های نهان روی نهشته‌های آبرفتی جوان نشان‌دهنده تداوم نیروهای فشارشی در استان ایلام است (آقاباتی، ۱۳۹۰، ص. ۵).



شکل ۲: نقشه موقعیت محدوده مطالعه‌شده (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

Figure 2: Location map of the study area

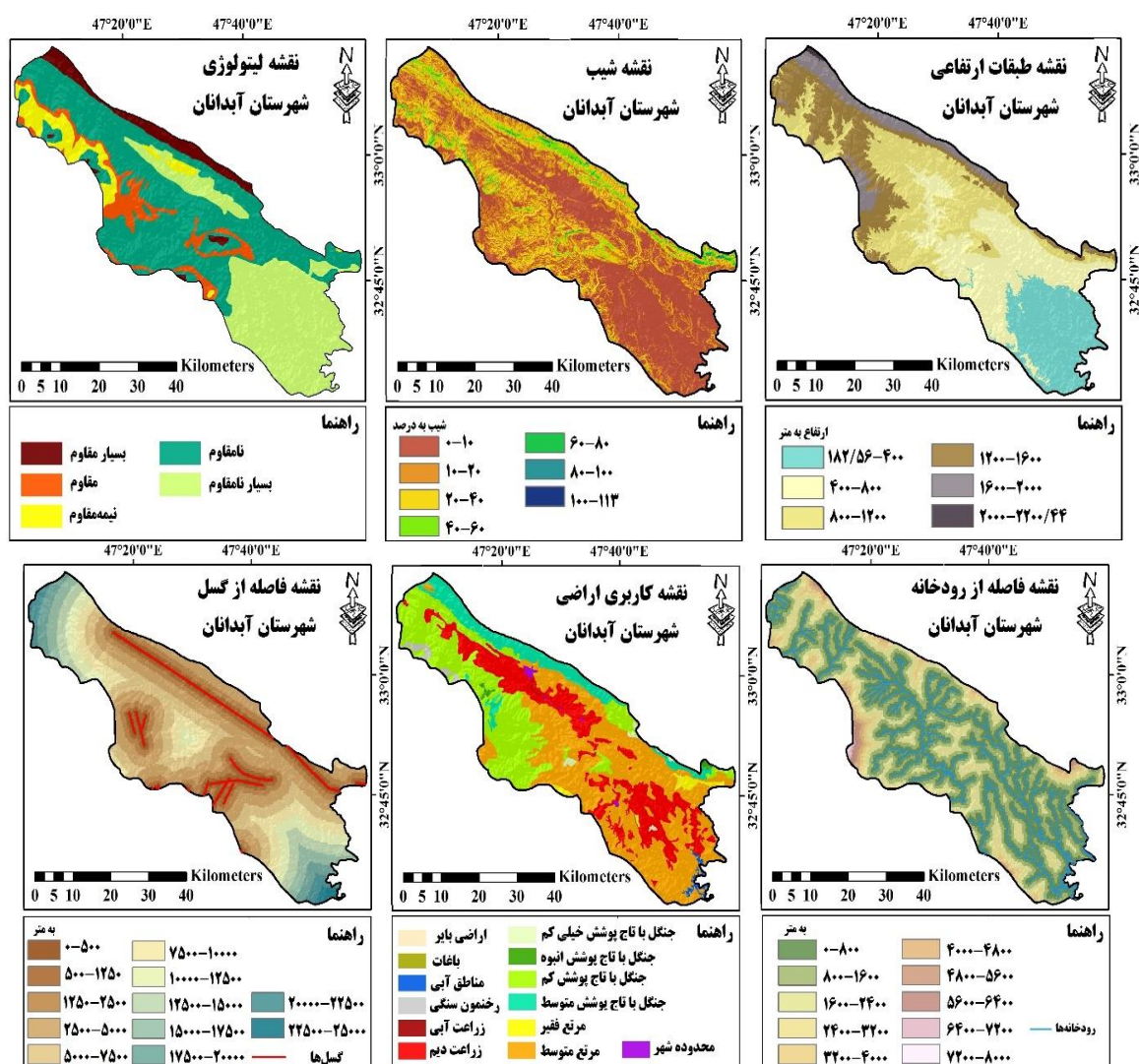
معیارهای بررسی شده

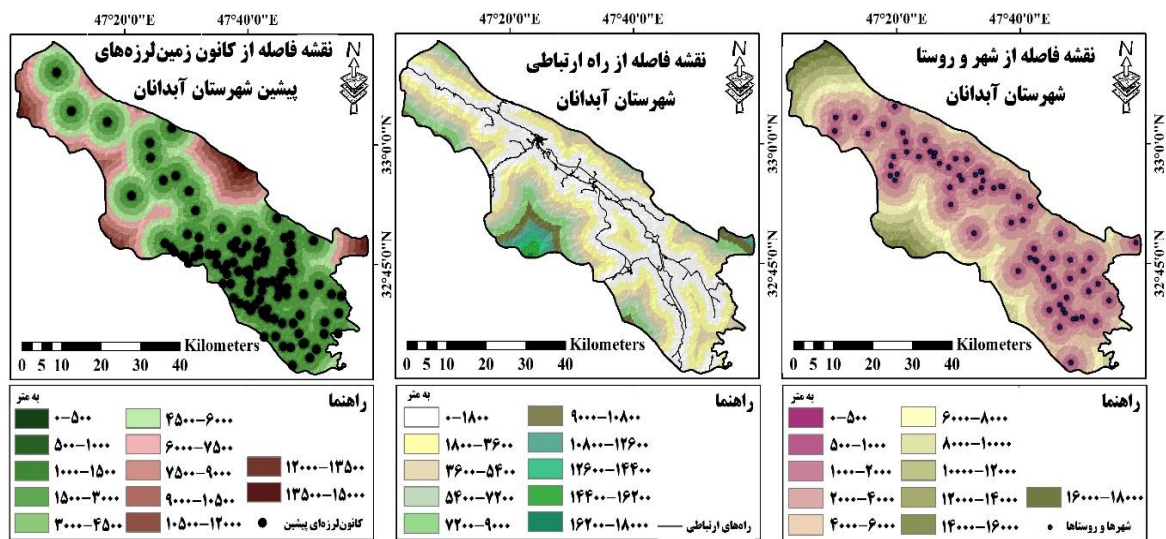
پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش آن معیاری-تحلیلی است. در این مطالعه ابتدا عوامل مؤثر در ایجاد خطر زمین‌لرزه محدودۀ مطالعه‌شده (شامل شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از کانون زلزله‌های پیشین، فاصله از راه ارتباطی، فاصله از مراکز جمعیتی (شهر و روستاها)، فاصله از رودخانه و فاصله از گسل) با مطالعه و مرور منابع از کانال‌هایی همچون مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، بررسی پیشینه موضوع و پیمایش نظرها و عقاید افراد صاحب‌نظر و با توجه به شرایط طبیعی و انسانی منطقه شناسایی و در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هریک از عوامل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد.

لایه‌های اطلاعاتی مراکز جمعیتی و راه‌های ارتباطی و شبکه آبراهه با استفاده از نقشه پراکنش مراکز جمعیتی، خطوط ارتباطی و رودخانه‌های استان ایلام تهیه شد. فاصله از مراکز جمعیتی شهرستان بین صفر تا ۱۸۰۰۰ متر و به ترتیب فاصله از راه ارتباطی و فاصله از آبراهه در سطح محدودۀ بین ۰-۱۸۰۰۰ و ۸۰۰۰-۰ متر است. نقشه مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک (۱۲/۵×۱۲/۵ متر) از سایت دانشگاه آلاسکا دریافت و بدین ترتیب محدودۀ مطالعه‌شده استخراج شد. با توجه به نقشه طبقات ارتفاعی، شهرستان آبدانان در ارتفاع ۱۸۲/۵۶ تا ۲۲۰۰/۴۴ متر از سطح دریا قرار گرفته است. به طور کلی، ۴۴۲/۵۷ کیلومتر مربع از مساحت محدودۀ در طبقه ارتفاعی ۴۰۰-۱۸۲/۵۶ متر قرار دارد. طبقات ارتفاعی ۸۰۰-۴۰۰، ۱۲۰۰-۸۰۰ و ۱۶۰۰-۱۲۰۰ متر به ترتیب ۶۰۸/۵۶، ۷۰۸/۰۶ و ۴۵۳/۳۵ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان را پوشش می‌دهند و به ترتیب ۱۷۴/۸۶ و ۵/۳۲ کیلومتر مربع از مساحت محدودۀ نیز مقدارهای ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۶۰۰ و ۲۲۰۰/۴۴-۲۰۰۰ متر را دارند. لایه شیب نیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی در Arc map تهیه شد. در محدودۀ مطالعه‌شده مقدار شیب بین ۰ تا ۱۱۳ درصد است و ۱۰۶۸/۹۱ کیلومتر مربع از مساحت محدودۀ مقدارهای شیب ۱۰-۰ درصد را دارد. طبقات شیب ۲۰-۱۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ به ترتیب شامل ۶۳۶/۴۲، ۵۳۲/۸۳ و ۱۳۱/۷۹ کیلومتر مربع از سطح شهرستان است. همچنین، به ترتیب ۲۰/۷۸، ۱/۹۰ و ۰/۰۹۴ کیلومتر مربع از سطح محدودۀ در طبقات شیب ۸۰-۶۰، ۱۰۰-۸۰ و ۱۱۳-۱۰۰ قرار گرفته است.

لایه‌های اطلاعاتی مربوط به لیتولوژی (مقاومت سنگ‌ها) و گسل‌ها با استفاده از نقشه رقومی‌شده استان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد. فاصله از گسل در محدودۀ مطالعاتی بین صفر تا ۲۵۰۰۰ متر است. از لحاظ لیتولوژی نیز به ترتیب ۱۳۱/۵۳، ۱۹۸/۱۹ و ۱۵۶/۸۳ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان به صورت بسیار مقاوم، مقاوم و با مقاومت متوسط است. سازندهای نامقاوم و بسیار نامقاوم نیز به ترتیب ۱۱۳۳/۶۸ و ۷۷۲/۶۷ کیلومتر مربع از شهرستان را پوشش می‌دهد. به طور کلی، سازندهای زمین‌شناسی گچساران (انیدریت، نمک، مارن خاکستری و قرمز متناوب و سنگ آهک) با مساحت ۱۰۴۱/۵۶ کیلومتر مربع و آغاچاری (ماسه سنگ‌های آهک‌دار قهوه‌ای-خاکستری، رگه‌های گچ و مارن قرمز و سیلتستون) با مساحت ۵۰۴/۶۵ کیلومتر مربع بیشترین مساحت شهرستان را داشته است. کاربری اراضی محدودۀ مطالعه‌شده با استفاده از نقشه کاربری اراضی استان ایلام استخراج شد. بر این اساس، انواع کاربری‌های شهرستان به صورت زراعت دیم و آبی (به ترتیب با پوشش ۴۷۲/۶۲ و ۵/۴۸ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان)، باغ‌ها (۴/۶۵ کیلومتر مربع)، اراضی بایر (۲/۹۳ کیلومتر مربع)، مناطق مسکونی (۸/۲۱ کیلومتر مربع)، مراتع فقیر و متوسط (به ترتیب

با ۲۹/۴۹ و ۹۸۶/۲۵ کیلومتر مربع)، مناطق آبی (۱۸/۶۴ کیلومتر مربع)، جنگل با تاج پوشش خیلی کم، جنگل با تاج پوشش کم، جنگل با تاج پوشش متوسط و جنگل با تاج پوشش انبوه (به ترتیب با ۱۲/۹۶، ۶۰۱/۷۵، ۲۱۷/۹۶، ۱۰/۰۵ کیلومتر مربع) و رخنمون سنگی (۲۱/۲۷ کیلومتر مربع) است. نقشه کانون زلزله‌های پیشین نیز با بهره‌گیری از نقشه نقاط لرزه‌ای کشور (اخذ شده از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله) به دست آمد. فاصله از کانون زلزله‌های پیشین در محدوده مطالعاتی در حد فاصل صفر تا ۱۵۰۰۰ متر است. نقشه معیارهای مطرح در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان آبدانان در برابر زلزله در شکل ۳ نمایش داده شده است.





شکل ۳: نقشه معیارهای بررسی شده در ارزیابی آسیب‌پذیری شهرستان آبدانان در برابر خطر زلزله (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

Figure 3: Map of criteria considered in assessing the vulnerability of Abdanan County to earthquake risk

مراحل تهیه نقشه پهنه‌بندی با استفاده از روش آراس (ارزیابی نسبت جمعی) (Additive Ratio Assessment)

مرحله اول

اولین گام در این روش تعیین عوامل و گزینه‌های پژوهش و تشکیل ماتریسی است که ستون‌های آن نشان‌دهنده معیارهای مسئله و سطرها نیز نشان‌دهنده گزینه‌هاست.

مرحله دوم

استانداردسازی، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هریک از معیارهاست که در پژوهش حاضر مرحله استانداردسازی با توجه به تابع عضویت فازی انجام شده است. در مجموعه‌های فازی به حداکثر عضویت، مقدار یک و به حداقل عضویت، مقدار عددی صفر تعقی می‌گیرد (Zhang et al., 2023, P. 17). در راستای استانداردسازی لایه‌ها از تابع بزرگ فازی در متغیرهای لیتولوژی و کاربری اراضی، از تابع خطی افزایشی در متغیرهای شیب، طبقات ارتفاعی و فاصله از راه و از تابع نزدیک فازی در متغیرهای فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از کانون زلزله و فاصله از شهر و روستا استفاده شده است.

مرحله سوم

در این مرحله ماتریس نرمال وزن‌دار می‌شود. در پژوهش حاضر برای وزن‌دهی عوامل از روش کرتیک استفاده شده است. داده‌ها در این روش براساس میزان همبستگی و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها تجزیه و تحلیل می‌شود و وزن نهایی معیارها با توجه به مقدارهای همبستگی، تضاد و انحراف معیار هر عامل به دست می‌آید (Alinezhad & Khalili, 2019, P. 199). در راستای انجام دادن مراحل وزن‌دهی کرتیک ابتدا در محیط نرم‌افزار ادریسی انحراف معیار و همبستگی میان لایه‌ها با استفاده از تابع REGRESS به دست آمد و سپس ماتریس تضاد، میزان اطلاعات و وزن نهایی در نرم‌افزار اکسل محاسبه شد.

مرحله چهارم

در این مرحله مطلوبیت کل هر گزینه با توجه به رابطه (۱) تعیین می‌شود. برای به دست آوردن تابع S_i اعداد نرمال‌شده وزین (x_{ij}) به صورت سطری با یکدیگر جمع می‌شود. بزرگ‌ترین مقدار S_i بهترین و کمترین آن بدترین است.

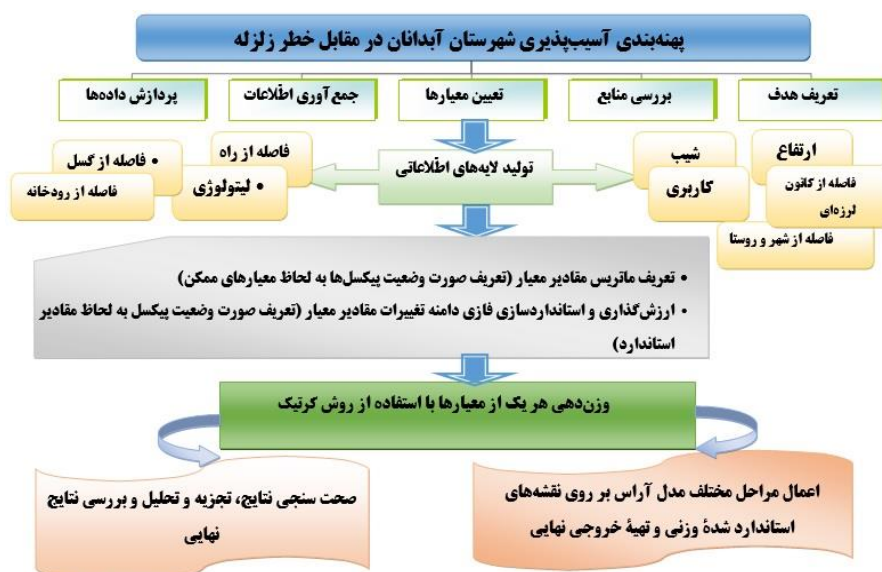
$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}; i = \overline{0.m.} \quad \text{رابطه ۱}$$

مرحله پنجم

در این مرحله مطلوبیت نسبی هر گزینه و رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام می‌شود. درجه مطلوبیت هر گزینه با مقایسه متغیری که تجزیه و تحلیل شده است با حالت ایدئال، یعنی S_0 مشخص می‌شود. معادله استفاده‌شده برای محاسبه درجه مطلوبیت K_i از یک گزینه a_i به صورت رابطه (۲) است (Bahrami et al., 2019, P. 11-13).

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; i = \overline{0.m.} \quad \text{رابطه ۲}$$

در نهایت، بعد از استخراج نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان آبادان در برابر خطر زلزله با نظر به این موضوع که اعتبارسنجی از مهم‌ترین مراحل ارزیابی یک مدل مکانی است که برای بررسی میزان موفقیت یک مدل انجام می‌شود (ادب و همکاران، ۱۴۰۰، ص. ۶۲)، صحت خروجی نهایی مطالعه با توجه به نقشه کانون زلزله‌های پیشین و با استفاده از روش منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) انجام شده است. در این راستا، با استفاده از دستور ROC در نرم‌افزار ادریسی لایه نقشه نهایی پهنه‌بندی به عنوان ورودی، نقشه کانون زلزله‌های پیشین به عنوان نقشه مرجع یا رفرنس و لایه مرز محدوده به عنوان نقشه ماسک یا برش معرفی می‌شود. در نهایت، نتیجه حاصل از محاسبه که به صورت جدول اطلاعاتی است در اکسل فراخوانی و سپس منحنی ترسیم می‌شود. روند پژوهش در شکل ۴ آمده است.

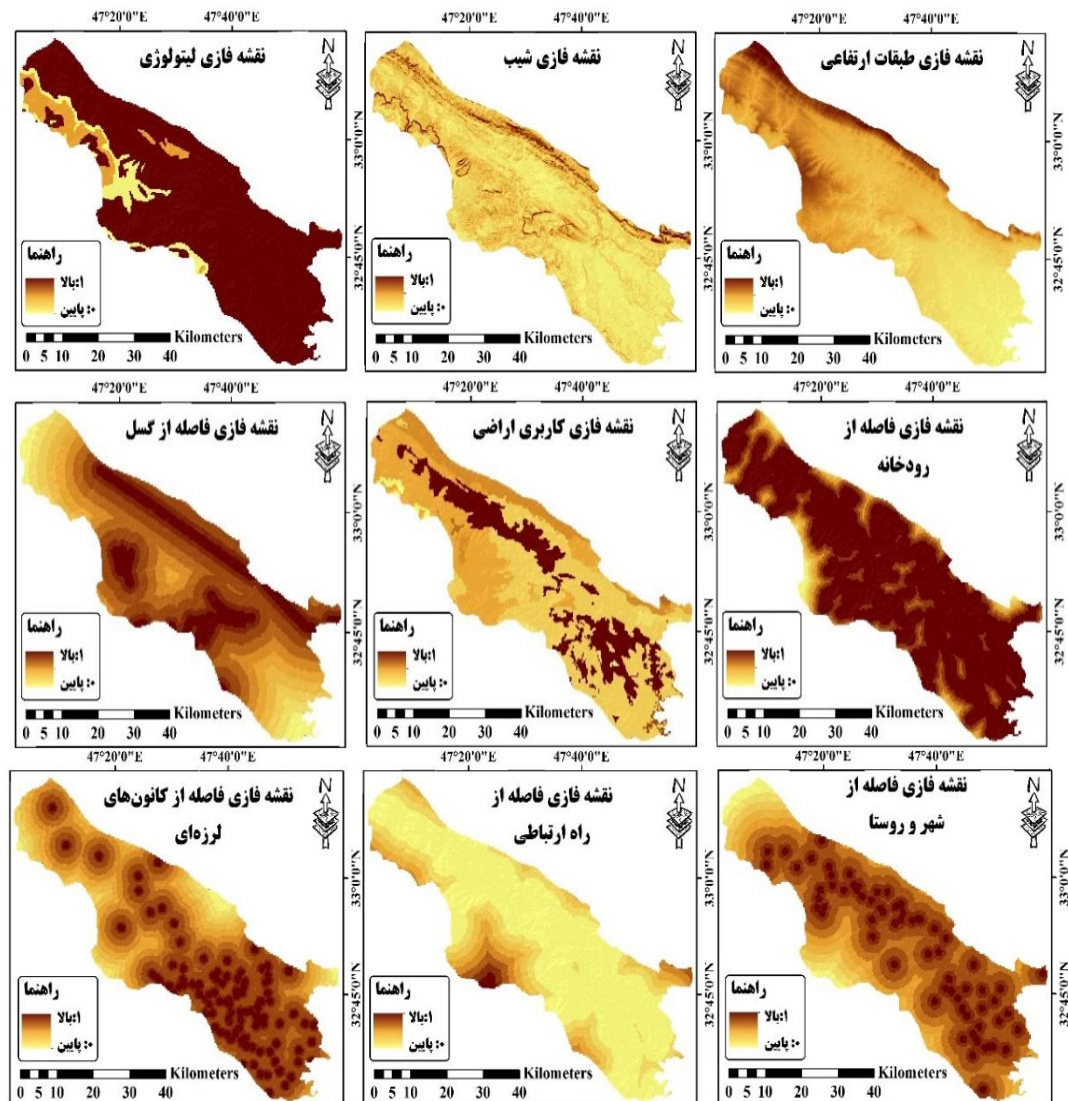


شکل ۴: فلوچارت مربوط به فرآیند پژوهش (منبع: نویسنده‌گان، ۱۴۰۳)

Figure 4: Flowchart of the research process

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل

پس از تعیین معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی و شناسایی وزن معیارها باید لایه‌های اطلاعاتی را با استفاده از یک روش مناسب با یکدیگر تلفیق کرد. در این پژوهش برای ترکیب لایه‌ها از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره آراس استفاده شده است؛ بنابراین پس از تهیه نقشه‌های استاندارد شده هریک از معیارهای مطرح (شکل ۵) و اعمال کردن وزن‌های مربوط (جدول ۱) و با اجرای دیگر مراحل به صورت عملیات ریاضی براساس روابط تعریف شده در مدل، نقشه خروجی نهایی در ۵ طبقه بسیار پرخطر تا بسیار کم خطر به دست آمد (شکل ۶).



شکل ۵: نقشه استاندارد شده معیارها (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

Figure 5: Standardized map of criteria

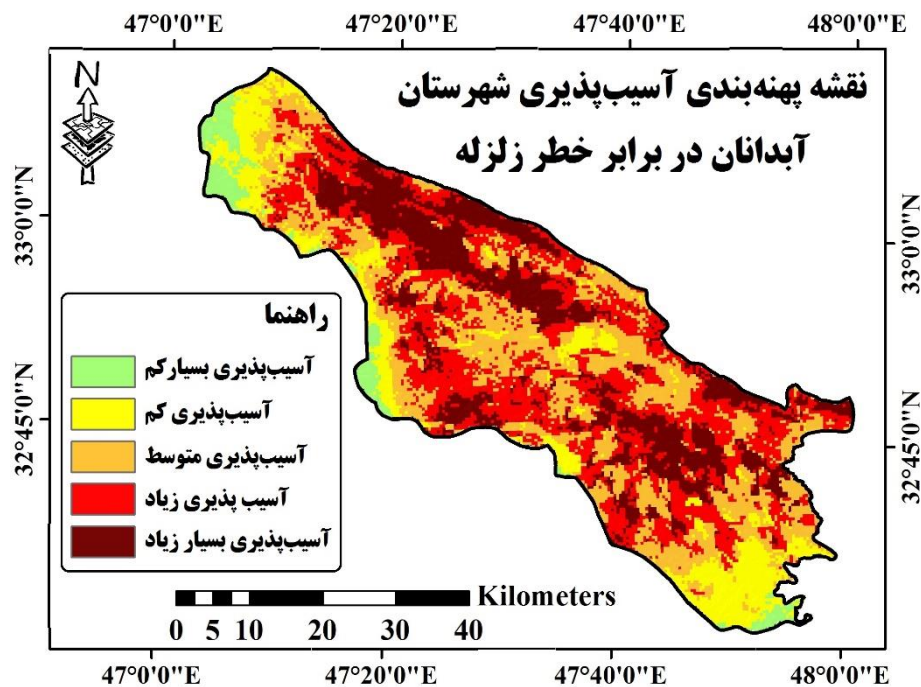
جدول ۱: ماتریس همبستگی، ماتریس تضاد و محاسبه وزن نهایی معیارها با استفاده از روش کریتیک

Table 1: Correlation matrix, contrast matrix and calculation of the final weight of the criteria using the critic method

ماتریس همبستگی									
معیار	شیب	ارتفاع	کانون زلزله	رودخانه	راه ارتباطی	شهر و روستا	زمین‌شناسی	گسل	کاربری
شیب	۱	۰/۱۶۳	۰/۲۴۱	-۰/۰۱۳	-۰/۱۸۷	۰/۱۴۲	-۰/۲۴۳	-۰/۱۲۱	۰/۲۴۳
ارتفاع	۰/۱۶۳	۱	۰/۱۴۱	-۰/۰۹۷	-۰/۱۴۲	۰/۱۸۷	-۰/۱۰۳	۰/۰۹۷	۰/۰۹۳
کانون زلزله	۰/۲۴۱	۰/۱۴۱	۱	-۰/۲۵۳	-۰/۵۳۲	۰/۶۵۱	-۰/۵۳۹	۰/۳۵۱	۰/۵۱۵
رودخانه	-۰/۰۱۳	-۰/۰۹۷	-۰/۲۵۳	۱	۰/۳۱۴	-۰/۱۲۶	۰/۰۷۱	-۰/۱۶۵	-۰/۰۷۴
راه ارتباطی	-۰/۱۸۷	-۰/۱۴۲	-۰/۵۳۲	۰/۳۱۴	۱	-۰/۳۷۲	۰/۴۱۲	-۰/۰۷۶	۰/۰۴۱
شهر و روستا	۰/۱۴۲	۰/۱۸۷	۰/۶۵۱	-۰/۱۲۶	-۰/۳۷۲	۱	-۰/۴۰۱	۰/۰۷۲	۰/۲۰۱
زمین‌شناسی	-۰/۲۴۳	-۰/۱۰۳	-۰/۵۳۹	۰/۰۷۱	۰/۴۱۲	-۰/۴۰۱	۱	۰/۱۵۳	-۰/۱۸۰
گسل	-۰/۱۲۱	۰/۰۹۷	۰/۳۵۱	-۰/۱۶۵	-۰/۰۷۶	۰/۰۷۲	۰/۱۵۳	۱	۰/۱۲۶
کاربری	۰/۲۴۳	۰/۰۹۳	۰/۵۱۵	-۰/۰۷۴	۰/۰۴۱	۰/۲۰۱	-۰/۱۸۰	۰/۱۲۶	۱
ماتریس تضاد									
معیار	شیب	ارتفاع	کانون زلزله	رودخانه	راه ارتباطی	شهر و روستا	زمین‌شناسی	گسل	کاربری
شیب	۰	۰/۸۳۷	۰/۷۵۹	۱/۰۱۳	۱/۱۸۷	۰/۸۵۸	۱/۲۴۳	۱/۱۲۱	۰/۷۵۷
ارتفاع	۰/۸۳۷	۰	۰/۸۵۹	۱/۰۹۷	۱/۱۴۲	۰/۸۱۳	۱/۱۰۳	۰/۹۰۳	۰/۹۰۷
کانون زلزله	۰/۷۵۹	۰/۸۵۹	۰	۱/۲۵۳	۱/۵۳۲	۰/۳۴۹	۱/۵۳۹	۰/۶۴۹	۰/۴۸۵
رودخانه	۱/۰۱۳	۱/۰۹۷	۱/۲۵۳	۰	۰/۶۸۶	۱/۱۲۶	۰/۹۲۹	۱/۱۶۵	۱/۰۷۴
راه ارتباطی	۱/۱۸۷	۱/۱۴۲	۱/۵۳۲	۰/۶۸۶	۰	۱/۳۷۲	۰/۵۸۸	۱/۰۷۶	۰/۹۵۹
شهر و روستا	۰/۸۵۸	۰/۸۱۳	۰/۳۴۹	۱/۱۲۶	۱/۳۷۲	۰	۱/۴۰۱	۰/۹۲۸	۰/۷۹۹
زمین‌شناسی	۱/۲۴۳	۱/۱۰۳	۱/۵۳۹	۰/۹۲۹	۰/۵۸۸	۱/۴۰۱	۰	۰/۸۴۷	۱/۱۸۰
گسل	۱/۱۲۱	۰/۹۰۳	۰/۶۴۹	۱/۱۶۵	۱/۰۷۶	۰/۹۲۸	۰/۸۴۷	۰	۰/۸۷۴
کاربری	۰/۷۵۷	۰/۹۰۷	۰/۴۸۵	۱/۰۷۴	۰/۹۵۹	۰/۷۹۹	۱/۱۸۰	۰/۸۷۴	۰
معیار	شیب	ارتفاع	کانون زلزله	رودخانه	راه ارتباطی	مراکز جمعیتی	زمین‌شناسی	گسل	کاربری
مجموع تضاد	۷/۷۷۵	۷/۶۶۱	۷/۴۲۵	۸/۳۴۳	۸/۵۴۲	۷/۶۴۶	۸/۸۳۰	۷/۵۶۳	۷/۰۳۵
انحراف معیار	۰/۲۰۱	۰/۱۳۳	۰/۲۸۱	۰/۱۲۶	۰/۱۳۵	۰/۱۸۸	۰/۲۰۱	۰/۲۲۵	۰/۲۵۸
میزان اطلاعات	۱/۵۶۲	۱/۰۱۸	۲/۰۸۶	۱/۰۵۱	۱/۱۵۳	۱/۴۳۷	۱/۷۷۴	۱/۷۰۱	۱/۸۱۵
وزن نهایی	۰/۱۱۴	۰/۰۷۴	۰/۱۵۳	۰/۰۷۷	۰/۰۸۴	۰/۱۰۵	۰/۱۳۰	۰/۱۲۵	۰/۱۳۳

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳

با توجه به خروجی حاصل از روش آراس به‌ترتیب ۵۳۱/۱۲ و ۷۲۶/۲۲ کیلومتر مربع از مساحت کل شهرستان در طبقه با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد قرار دارد. همچنین، ۶۸۷/۵۰ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان پتاسیل آسیب‌پذیری متوسط و به‌ترتیب ۳۳۶/۸۹ و ۱۱۰/۹۹ کیلومتر مربع پتاسیل آسیب‌پذیری کم و به‌نسبت کم نیز دارد (جدول ۲).



شکل ۶: نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان آبدانان در برابر خطر زلزله (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

Figure 6: Zoning map of Abadan County's vulnerability to hazards

جدول ۲: اطلاعات طبقات حاصل از به‌کارگیری الگوریتم چندمعیاره آراس

Table 2: Class information obtained by applying the ARAS multi-criteria algorithm

مقدار آسیب‌پذیری	آسیب‌پذیری بسیار زیاد	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری بسیار کم
مساحت (KM2)	۵۳۱/۱۲	۷۲۶/۲۲	۶۸۷/۵۰	۳۳۶/۸۹	۱۱۰/۹۹
درصد %	۲۲/۲۰	۳۰/۳۵	۲۸/۷۳	۱۴/۰۸	۴/۶۴

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳

ارتفاعات نقش بسزایی در تعیین تراکم جمعیت و بررسی میزان آسیب وارد شده بر منازل مسکونی، جانی، مالی در صورت بروز زلزله دارد (ریاحی و موسوی، ۱۴۰۰، ص. ۱۰). بررسی مقایسه‌ای عامل ارتفاع با نقشه نهایی حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که پهنه‌های آسیب‌پذیر در سطح‌های مختلف ارتفاعی از ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متری گسترده شده است. بررسی نقاط شهری و روستایی نیز بیان‌کننده این موضوع است که ۱۸ روستای شهرستان (معادل ۲۶/۰۹ درصد

از روستاهای شهرستان) در ارتفاع ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر قرار دارد. سطح‌های ارتفاعی ۴۰۰ تا ۸۰۰ متر شامل شهر مورموری و ۲۲ روستا (معادل ۳۱/۸۸ درصد از روستاهای شهرستان) است. شهرهای آبدانان و سراب باغ به‌همراه ۱۸ روستا (معادل ۲۶/۰۹ درصد از روستاهای شهرستان) نیز در ارتفاع ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر واقع شده است. همچنین، ۹ روستا (معادل ۱۳/۰۴ درصد از روستاها) و ۲ روستا (برابر با ۲/۹۰ درصد روستاها) به‌ترتیب در ارتفاعات ۱۶۰۰-۱۲۰۰ و ۲۰۰۰-۱۶۰۰ قرار دارد و بالاتر از ۲۰۰۰ متر روستایی مشاهده نمی‌شود. در بررسی شیب یک منطقه توزیع شیب نسبت به سطح آن در مطالعات توپوگرافی منطقه حائز اهمیت است. با افزایش شیب میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد (غضنفرپور و همکاران، ۱۴۰۲، ص. ۲۷). مقایسه بین نقشه پهنه‌بندی‌شده با نقشه شیب نیز نشان می‌دهد که نواحی آسیب‌پذیر در طبقات شیب ۵ تا ۸۰ درصد قرار دارد. به‌طور کلی، شهر آبدانان، مورموری و سراب باغ به‌همراه ۵۳ روستا (معادل ۷۸/۸۱ درصد از روستاهای شهرستان) در طبقات شیب صفر تا ۱۰ درصد قرار دارد. ۹ روستا (معادل ۱۳/۰۴ درصد از روستاهای شهرستان) در شیب ۲۰-۱۰ درصد و ۷ روستا (معادل ۱۰/۱۴ درصد از روستاهای شهرستان) نیز در شیب ۴۰ تا ۲۰ درصد واقع شده است.

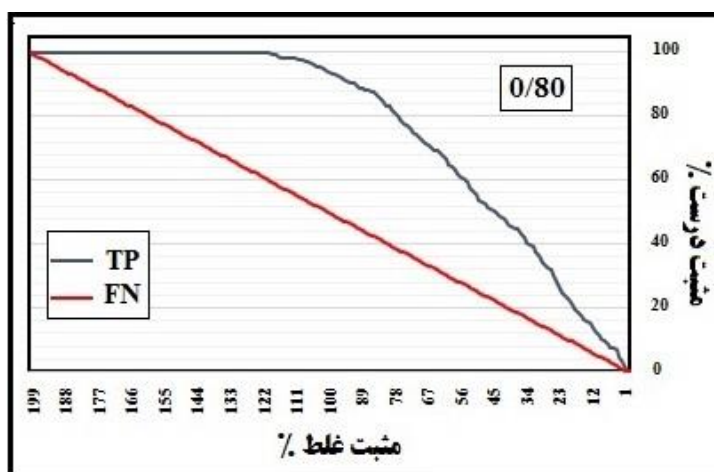
کاربری زمین از عوامل اصلی در تهیه نقشه خطر زمین‌لرزه است. کاربری‌های مختلف، پتانسیل آسیب‌پذیری متفاوتی دارند. از لحاظ معیار، کاربری اراضی، مناطق مسکونی، اراضی زراعی، پوشش‌های جنگلی و مراتع متوسط بیشترین مقدار از مساحت مناطق را با احتمال آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد داشته است. مخاطره‌های طبیعی زلزله به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل انهدامی سکونتگاه‌های شهری و روستایی است؛ اما باید در نظر داشت که با توجه به گستردگی مناطق روستایی در کشور حوزه تأثیر بیشتر زلزله‌ها در مناطق روستایی کشور بوده است. از طرف دیگر، سازه‌های روستایی در کشور ما به‌علت قدمت، ضعف ساخت‌وساز، نبود دانش فنی کافی و اجرایی و بهره‌گیری از مصالح کم‌دوام و نامرغوب وضعیت نامطلوب دارد؛ این رو بیشتر ساختمان‌های مناطق روستایی کشورمان در برابر زلزله بسیار آسیب‌پذیر است (علوی و همکاران، ۱۳۹۴، ص. ۱۲۶). بنابراین شناخت و تحلیل خطر زلزله در نواحی روستایی در کاهش خسارت‌ها و تلفات آنها عامل تعیین‌کننده‌ای است؛ زیرا در چرخه مدیریت پیش از بحران، برنامه‌ریزی و شناخت خطرپذیری سکونتگاه‌های روستایی برای دستیابی به سیاست عدم اتلاف منابع و بهره‌گیری از بیشترین توان‌ها ضرورت دارد (آقایاری هیر و ذاکری میاب، ۱۳۹۵، ص. ۱). مقایسه نقشه فاصله از مراکز جمعیتی با نقشه پهنه‌بندی نشان می‌دهد که پهنه‌های آسیب‌پذیر در فواصل نزدیک به این مناطق (از فاصله صفر تا فاصله ۱۰۰۰ متری) واقع شده است. بررسی موقعیت شهرها و روستاها در ارتباط با پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر وقوع زلزله بیان‌کننده این امر است که شهرهای آبدانان، مورموری و سراب باغ به‌همراه ۴۰ روستا (معادل ۵۷/۹۷ درصد از روستاهای شهرستان) از جمله روستاهای سیاه‌خانی، سرکوهه، هلیوه، ولاب، طلور، ورگر، سرابنقل، لرغه، سیاه‌گل، گنداب، ژبور و چرمل در پهنه با آسیب‌پذیری زیاد قرار گرفته است. ۱۶ روستا برابر با ۲۳/۱۹ درصد از کل روستاهای شهرستان (از جمله روستاهای مژاره، آب انار، هونکه، وچکاب، هفت‌چشمه، کله‌گراز و قدح بالا) در پهنه با آسیب‌پذیری زیاد واقع شده است. همچنین، پهنه‌های با پتانسیل آسیب‌پذیری متوسط ۱۱ روستا (معادل ۱۵/۹۴ درصد از روستاهای شهرستان) از جمله روستاهای بان‌گنبد، ماهوته، ارادان، چم‌شالان و گلهی را پوشش می‌دهد. به‌علاوه، ۲

روستای کنارجهانگیر و ابطاف (معادل ۲/۹۰ درصد از روستاهای شهرستان) با احتمال آسیب‌پذیری کم است. هیچ نقطه روستایی در پهنه‌هایی با آسیب‌پذیری بسیار کم مشاهده نمی‌شود.

شریان‌های ارتباطی مانند خیابان‌ها و معابر به‌عنوان نقاط اتصالی و گریز در شهرها در موارد بحران‌های طبیعی نقش بسیار اساسی دارند؛ به‌طوری که در صورت مسدودشدن ممکن است خسارت‌ها و صدمات را به‌هنگام و بعد از وقوع زلزله به‌چندین برابر برسانند (احدنژاد روشنی و همکاران، ۱۳۹۹، ص. ۷۷). هرچه دسترسی به جاده‌های اصلی کمتر باشد، (با توجه به اینکه امکان امداد رسانی به این مناطق کمتر می‌شود) میزان تلفات افزایش می‌یابد (غضنفرپور و همکاران، ۱۴۰۲، ص. ۲۷). از لحاظ معیار فاصله از راه ارتباطی هرچند برخی از پهنه‌های آسیب‌پذیر شهرستان در نواحی نزدیک به راه‌های ارتباطی است، باید اذعان کرد که نواحی با پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد، در فواصل نسبی دور از راه‌های ارتباطی و در فاصله ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متری از راه ارتباطی قرار دارد. در تمامی نقاط دنیا همیشه شهرها و یا روستاها در کنار و نزدیکی به منابع آبی به وجود آمده است؛ بنابراین منابع آبی ضمانت ادامه حیات تراکم‌های جمعیتی در یک منطقه است؛ ولی نزدیکی بیش از حد به منابع آبی و ساخت‌وساز در بستر رودها در زمان مخاطره‌های طبیعی باعث خسارت‌های جانی و مالی می‌شود (ریاحی و موسوی، ۱۴۰۰، ص. ۱۰). با نظر به معیار فاصله از رودخانه می‌توان نتیجه گرفت که مناطق بسیار آسیب‌پذیر در فاصله نزدیک از رودخانه (صفر تا ۸۰۰ متر) قرار دارد و تراکم جمعیتی شهرها و یا روستاها نیز در کنار و نزدیکی به منابع آبی واقع شده است؛ به‌طوری که شهرهای آبدانان، مورموری و سراب باغ و ۴۳ روستای شهرستان در حریم صفر تا ۸۰۰ متری از رودخانه جای گرفته است. همچنین، ۱۹ روستا در فواصل ۸۰۰ تا ۱۶۰۰ و ۷ روستا نیز در فاصله ۱۶۰۰ تا ۲۴۰۰ متری از رودخانه‌ها قرار گرفته است.

براساس شاخص نقاط لرزه‌خیز مناطقی که تا فاصله ۲ هزار کیلومتری از کانون‌های زلزله قرار دارند، در مقابل انرژی آزادشده مقاومت کمتری خواهند داشت. با فاصله‌گرفتن از کانون زلزله از شدت آسیب‌پذیری کاسته خواهد شد (غضنفرپور و همکاران، ۱۴۰۲، ص. ۲۷). براساس نقشه پهنه‌بندی حاصل از پژوهش پهنه‌های با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد در فواصل نزدیک به کانون‌های لرزه‌ای پیشین و به‌ویژه در فاصله صفر تا ۱۰۰۰ متری از این کانون‌ها قرار دارد. با بررسی موقعیت شهرهای شهرستان آبدانان و مقایسه آن با نقشه فاصله از کانون‌های لرزه‌خیزی می‌توان بیان کرد که شهر آبدانان و مورموری در فاصله صفر تا ۵۰۰ متری از کانون زلزله‌های پیشین قرار دارد و شهرهای سراب باغ در فاصله ۱۵۰۰ متری واقع شده است. ارزیابی موقعیت قرارگیری روستاهای شهرستان نسبت به کانون‌های لرزه‌خیزی نیز نشان می‌دهد که ۱۴ روستا (معادل ۲۰/۲۹ درصد از روستاهای شهرستان) در فاصله صفر تا ۱۵۰۰ متری و ۳۷ روستا (معادل ۵۳/۶۲ درصد از روستاهای شهرستان) در فاصله ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ قرار دارند و مابقی روستاها در فاصله بیش از ۴۵۰۰ متری قرار دارند. عامل زمین‌شناسی به‌عنوان یکی از پارامترهای اصلی در ایجاد خسارت ناشی از زمین‌لرزه است. اگر سری زمین‌شناسی سست‌تر باشد، باعث تشدید توان موج لرزه‌ای و هر قدر سری زمین‌شناسی سخت‌تر باشد، باعث کم‌شدن توان انتقال موج زمین‌لرزه و در نتیجه، تضعیف قدرت تخریبی زمین‌لرزه می‌شود (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۹، ص. ۱۰۷). درباره نقشه زمین‌شناسی می‌توان گفت که طبقات بسیار آسیب‌پذیر به‌طور عمده در سازندهای زمین‌شناسی گچساران (انیدریت، نمک، مارن خاکستری و قرمز متناوب و سنگ

آهک) و آجاجاری (آهک، ماسه سنگ، مارن قرمز، رگه‌های گچ و سیلتستون) قرار دارد. گسل‌ها می‌توانند نقش عمده‌ای در افزایش شدت و حتی در به وجود آوردن زلزله‌ها داشته باشند؛ به‌طوری که با نزدیک شدن به محدوده گسل انتظار بالارفتن مقدار آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۹، ص. ۱۰۷). براساس یافته‌های پژوهش پهنه‌های با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد به‌طور عمده در فواصل صفر تا ۲۵۰۰ متری از گسل‌ها قرار دارد. اعتبارسنجی نتایج حاصل از به‌کارگیری روش آراس با منحنی ROC مقدار سطح زیرمنحنی (۰/۸۰) را نشان می‌دهد. با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده برای سطح زیرمنحنی به‌صورت ۱-۰/۹: عالی، ۰/۸-۰/۹: خیلی خوب، ۰/۷-۰/۸: خوب، ۰/۶-۰/۷: متوسط، ۰/۵-۰/۶: ضعیف (Chen et al., 2018, P. 1009) دقت روش آراس در تشخیص مناطق با احتمال وقوع خطر زلزله شهرستان آبدانان در طبقه خیلی خوب قرار دارد (شکل ۷).



شکل ۷: منحنی تشخیص عملکرد نسبی و سطح زیر منحنی مربوط به نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله شهرستان آبدانان (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۳)

Figure 7: Relative performance detection curve and area under the curve for the earthquake hazard zoning map of Abdanan county

نتیجه‌گیری

زمین‌لرزه‌ها از مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی است که ظرف مدت چند ثانیه خسارت‌های عظیمی را در منطقه ایجاد می‌کند. به‌دلیل لرزه‌خیزی بیشتر مناطق ایران که شهرستان آبدانان نیز از این قاعده مستثنی نیست، مسئله زلزله نیازمند توجه بیشتری است تا وقوع آن کمترین تلفات را به بار آورد؛ بنابراین با نظر به اهمیت موضوع هدف از پژوهش حاضر شناسایی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری محدوده‌های در معرض خطر وقوع زلزله در شهرستان آبدانان است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که عوامل فاصله از کانون زلزله، کاربری اراضی، سازند زمین‌شناسی و فاصله از گسل به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در وقوع زلزله در منطقه مطالعه شده است. با توجه به یافته‌های پژوهش به‌ترتیب ۲۰/۲۲ و ۳۵/۳۰ درصد از کل مساحت شهرستان پتانسیل آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد دارد. همچنین، براساس نتایج مطالعه شهرهای آبدانان، مورموری و سراب باغ به‌همراه ۴۰ روستا در طبقه آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۱۶ روستا در پهنه آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند که این امر مؤید آسیب‌پذیری زیاد منطقه مطالعه شده در برابر وقوع خطر زمین‌لرزه است. سپهنوند و همکاران (۱۳۸۷)، ملکی و همکاران (۱۴۰۱)، بازدار و زندهمقدم (۱۳۹۹) نیز در پژوهش‌های خود به

پتانسیل زیاد وقوع خطر زمین‌لرزه و پتانسیل آسیب‌پذیری استان ایلام و شهرستان آبدانان که در محدوده سیاسی این استان واقع شده است، اشاره داشتند. باتوجه به این امر که زلزله می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیر مالی و جانی به دنبال داشته باشد، لازم است تا سازمان‌های متولی و مسئول از جمله استانداری ایلام، اداره کل مدیریت بحران، اداره کل راه و شهرسازی استان ایلام، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی و شهرداری‌ها به نتایج پژوهش حاضر توجه کنند و با انجام دادن اقدام‌های مسئولانه و هم‌افزایی لازم اقدام‌های حفاظتی مناسب و البته کارشناسی‌شده متخصصان را در دستور کار خود قرار دهند؛ بنابراین انجام دادن اقدام‌هایی از جمله جلوگیری از استقرار، صدور مجوز و ممانعت از ساخت‌وساز روی گسل‌ها، جلوگیری از استقرار و تمرکز سکونتگاه‌های شهری و روستایی در پهنه‌های با خطر زیاد، اصلاح ساختار و تراکم جمعیتی و ساختمانی در نواحی با پهنه‌های آسیب‌پذیر، تداوم و سرعت دادن به بحث مقاوم‌سازی اماکن روستایی و حتی شهری (به دنبال زلزله رخ داده در مرداد ۱۳۹۳ در شهرستان در تعداد زیادی از واحدهای مسکونی احداث شده در کمتر از سه سال اخیر قبل از وقوع زلزله و اغلب مسکن مهر در آبدانان خسارت‌ها و خرابی‌های فراوان دیده شد که این امر نشان‌دهنده کیفیت پایین منزل‌های احداث شده است) امری ضروری است. به علاوه، همان‌طوری که کشورهایی مانند ژاپن موفق به فرهنگ‌سازی مناسب و از تلفات جانی ناشی از زلزله به شدت کاسته شده است، ضرورت تبیین اقدام‌های صحیح و ارتقای آگاهی مردم پیش از زلزله، هنگام وقوع زلزله و پس از آن وظیفه‌ای است که نهادها و ارگان‌های مربوط باید به آن توجه بیشتری داشته باشند.

منابع

- احدث‌آدروشتی، محسن، تیموری اصغر، طهماسبی‌مقدم، حسین، و واعظ لیواری مهناز (۱۳۹۹). تحلیل فضایی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر زنجان). *مخاطرات محیط طبیعی*، ۹(۲۶)، ۷۷-۹۰. <https://doi.org/10.22111/jneh.2020.32365.1583>
- ادب، حامد، شیران، مهناز، و پورباقر، سیدمهدی (۱۴۰۰). مدل‌سازی احتمالاتی در بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد رودشکن‌ها (نمونه پژوهش: کمر بند کوهستانی زاگرس، حوضه قلعه شاهرخ). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۲(۱)، ۷۸-۶۱. <https://doi.org/10.22108/gep.2021.125425.1365>
- آرامی، ابراهیم، ایمانی، بهرام، و خلیفه، ابراهیم (۱۴۰۱). اولویت‌بندی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات (مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان اردبیل)، *مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی*، ۳(۱)، ۲۱۹-۲۳۶. <https://doi.org/10.52547/gsma.3.1.219>
- اسدی، زینب، و زارع، مهدی (۱۳۹۴). برآورد توان لرزه‌زایی گسل‌ها و ارزیابی بزرگای زمین‌لرزه‌های پیش از تاریخ از داده‌های زمین‌لغزش: مطالعه موردی: در دره نور (البرز مرکزی). *علوم زمین*، ۲۴(۹۵)، ۶۷-۷۸. <https://doi.org/10.22071/gsj.2015.41851>
- اصغری سراسکانرود، صیاد، و پیروزی، الناز (۱۴۰۱). ارزیابی مقایسه‌ای الگوریتم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره WLC، OWA، VIKOR و MABAC در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوضه گیوی‌چای استان اردبیل). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۴(۱)، ۶۵-۹۴.

<https://doi.org/10.22059/jphgr.2022.333658.1007656>

- آقائباتی، علی (۱۳۹۰). زمین‌شناسی و توان معدنی استان ایلام. *آموزش رشد زمین‌شناسی*، ۱۶ (۴)، ۴-۱۱.
https://www.roshdmag.ir/Roshdmag_content/media/article/2964.pdf
- آقایاری‌هیر، محسن، و ذاکری میاب، کلثوم (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک زلزله مبتنی بر مخاطره و آسیب‌پذیری در نواحی روستایی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مریخی). *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۰ (۵۷)، ۲۱-۱.
https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_5465.html?lang=en
- بازدار، سجاد، و زنده‌مقدم، محمدرضا (۱۳۹۹). کامیابی سعید سنجش و ارزیابی کمی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: استان ایلام). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۰ (۵۹)، ۱۹۷-۲۱۲.
<https://doi.org/10.29252/jgs.20.59.197>
- پیروزی، الناز، اصغری سراسکانرود، صیاد، و زینالی، بتول (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرستان خلخال در برابر مخاطره محیطی زمین‌لرزه. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۰ (۳)، ۲۴۵-۲۶۰.
<https://doi.org/10.22059/jhsci.2023.366500.79>
- حسینی‌خواه، حسین، و ضرابی، اصغر (۱۳۹۸). نقش مدل ترکیبی تصمیم‌گیری WASPAS در شناسایی پهنه‌های لرزه‌خیز (پژوهش موردی: مراکز جمعیتی شهرستان بهمنی). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۶ (۲)، ۱۶۷-۱۶۴.
<https://doi.org/10.29252/jsaeh.6.2.147>
- حیدری‌مظفر، مرتضی، و تاج‌بخشیان، مرضیه (۱۴۰۱). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهرستان نهاوند در برابر زلزله. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۱ (۳۴)، ۵۷-۷۸.
<https://doi.org/10.22111/JNEH.2022.39334.1830>
- خدادادی، فاطمه، انتظار، مژگان، و ساسان‌پور، فرزانه (۱۳۹۹). تحلیل آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با روش ELECTRE FUZZY (مطالعه موردی: کلانشهر کرج). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۰ (۵۶)، ۱۱۳-۹۳.
<https://doi.org/10.29252/jgs.20.56.93>
- ریاحی، وحید، و موسوی، مریم (۱۴۰۰). سنجش میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله (مورد مطالعه: دهستان بیان در شهرستان ایذه). *روستا و توسعه پایدار فضا*، ۲ (۱)، ۱-۱۹.
<https://doi.org/10.22077/VSSD.2021.4494.1031>
- سالاری، نرجس، انتظار، مژگان، و خبازی، مصطفی (۱۴۰۱). رتبه‌بندی آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با مدل ELECTRE FUZZY (مطالعه موردی: شهر کرمان). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۳ (۴)، ۱۱۳-۱۳۴.
<https://doi.org/10.22108/gep.2022.132688.1491>
- سپهوند، محمدرضا، نصرآبادی، افسانه، اسکندری، معصومه، و طاهری، لیلا (۱۳۸۷). برآورد خطر زمین‌لرزه و پهنه‌بندی لرزه‌ای استان ایلام به دو روش تعینی و احتمالاتی. *زمین*، ۳ (۳)، ۷۱-۷۸.
<https://www.sid.ir/paper/362723>
- عابدینی، موسی، و سرمستی، نادر (۱۳۹۵). ارزیابی ضریب آسیب‌پذیری کلانشهر تبریز در برابر خطر زلزله و برآورد تلفات انسانی. *جغرافیای طبیعی*، ۹ (۳۲)، ۳۲-۵۶.
https://journals.iau.ir/article_528622.html
- علوی، سیدعلی، رمضان‌نژاد، یاسر، فتاحی، احداالله، و خلیفه، ابراهیم (۱۳۹۴). پهنه‌بندی فضایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات محیطی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور (مطالعه موردی: شهرستان تالش). *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۵ (۲۰)، ۱۲۵-۱۳۶.
https://jzpm.marvdasht.iau.ir/article_1704.html

غضنفرپور، حسین، حسینی‌خواه حسین، کمالی، و باغراهی، اسماعیل (۱۴۰۲). تحلیل ریسک و آسیب‌پذیری لرزه‌ای سکونتگاه‌های انسانی شهرستان باشت با استفاده از مدل دیماتل فازی و Gis. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۲(۳۵)، ۲۱-۳۶.

<https://doi.org/10.22111/JNEH.2022.39945.1845>

محمدپور، ابراهیم (۱۳۹۸). مکان‌یابی مراکز اسکان موقت شهر اردبیل بعد از وقوع زلزله با استفاده از GIS. *فصلنامه پژوهش‌های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی*، ۱(۲۱)، ۷۷-۹۱.

<https://pantajournals.ir/buy.aspx?id=90089&t=1>

محمدی، چنور، نظم‌فر، حسین، و اصغری سراسکانرود، صیاد (۱۴۰۲). تحلیل وضعیت تاب‌آوری نهادی در برابر خطر زلزله در کلانشهر کرمانشاه. *جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه‌ای*، ۱۲(۴۵)، ۱۷۲-۱۹۱.

https://journals.iau.ir/article_695138.html

ملکی، سعید، پرویزیان، علیرضا، و علیزاده، مهدی (۱۴۰۱). سنجش تاب‌آوری دهستان‌های استان ایلام در برابر زلزله.

فصلنامه علمی فرهنگ ایلام، ۲۳(۷۶-۷۷)، ۷-۲۱. <https://doi.org/10.22034/farhang.2023.169581>

References

- Abedini, M., & Sarmasti, N. (2016). Vulnerability factor of Tabriz metropolitan against earthquake risk assessment and estimation of casualties. *Physical Geography Quarterly*, 9(32), 35-56. https://journals.iau.ir/article_528622.html [In Persian].
- Adab, H., Shiran, M., & Pourbagher, S. (2021). Probabilistic modeling in investigating the factors affecting knickpoints Case study: Zagros mountain belt Ghaleh Shahrokh basin. *Geography and Environmental Planning*, 32(1), 61-78. <https://doi.org/10.22108/gep.2021.125425.1365> [In Persian].
- Aghanabati, A. (2011). Geology and mineral potential of Ilam province. *Geological Growth Education*, 16(4), 4-11. https://www.roshdmag.ir/Roshdmag_content/media/article/2964.pdf [In Persian].
- Aghayari Hir, M., & Zakeri Miab, K. (2016). the assessment of earthquake risk based on hazard and vulnerability in rural areas Case study: Central district of Marand county. *Geography and Planning*, 20(57), 1-21. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_5465.html?lang=en [In Persian].
- Ahadnejad Raveshti, M., Teymouri, A., Tahmasebi Moghaddam, H., & Vaezlivari, M. (2020). Spatial analysis of road network vulnerability against earthquake with approach crisis management (The case of Zanjan downtown). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9(26), 77-90. <https://doi.org/10.22111/JNEH.2020.32365.1583> [In Persian].
- Alavi, A., Ramezannejad, Y., Fatahi, A., & Khalifeh, E. (2016). Spatial zone of rural settlements expose to environmental disasters by using Multi- Criteria Decision-Making techniques VIKOR (Case study: Talesh county). *Regional Planning*, 5(20), 125-136. https://jzpm.marvdasht.iau.ir/article_1704.html [In Persian].
- Alinezhad, A., & Khalili J. (2019). *New methods and applications in multiple attribute decision making (MADM)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9>
- Arami, E., Imani, B., & Khalifa, E. (2022). Prioritization of rural settlements exposed to hazards (Case study: Central part of Ardabil city). *Geographical Studies of Mountainous Regions*, 3(1), 219-236. <https://doi.org/10.52547/gsma.3.1.219> [In Persian].
- Asadi, Z., & Zare, M. (2015). Estimating seismic capability and magnitudes of prehistoric earthquakes from landslide data: Case study in Noor Valley (Central Alborz). *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 24(95), 67-78. <https://doi.org/10.22071/gsj.2015.41851> [In Persian].
- Asghari Saraskanroud, S., & Piroozi, E. (2022). Comparative evaluation of WLC, OWA, VIKOR, and MABAC multi-criteria decision-making methods in landslide risk zoning (Case study: Givi-chay watershed of Ardabil province). *Physical Geography Research Quarterly*, 54(1), 65-94. <https://doi.org/10.22059/jphgr.2022.333658.1007656> [In Persian].
- Bahrami, Y., Hassani, H., Maghsoudi, A. (2019). Bwm-Aras: A new hybrid MCDM method for Cu prospectivity mapping in the Abhar area NW Iran. *Spatial Statistics*, 33(1), 1-40. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2019.100382>
- Bazdar, S., Zandmoghaddam, M., & Kamyabi, S. (2020). Assessment and evaluation of urban vulnerability to earthquake in the province of Ilam. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 20(59), 197-212. <https://doi.org/10.29252/jgs.20.59.197> [In Persian].

- Chen, W., Zhang, S., Li, R., & Shahabi, H. (2018). Performance evaluation of the GIS-based data mining techniques of best-first decision tree, random forest and naïve bayes tree for landslide susceptibility modeling. *Sci. Total Environ*, 644(1), 1006-1018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.389>
- Farahmand, GH., Samet, K., Golmohammadi, NH., & Patel, N. (2022). Vulnerability zoning of urban areas against earthquake (Case study: Urmia city). *Geodesy and Cartography*, 48(3), 160-169. <https://doi.org/10.3846/gac.2022.14788>
- Faraji Sabokbar, H., Badri, S. A., & Tahmasi, B., (2021). Spatial assessment of vulnerability to earthquake in rural settlements using a fuzzy inference system (Case study: Rural settlements in the Tehran metropolitan area). *Journal of Sustainable Rural Development*, 5(2), 175-188. https://www.jsrd.ir/article_160161.html
- Ghazanfar Pour, H., Hosseinekhah, H., & Kamali, E., (2023). The analysis of risk and vulnerability seismic of human settlements in basht county using fuzzy dimatel and ArcGIS. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12(35), 21-36. <https://doi.org/10.22111/JNEH.2022.39945.1845> [In Persian].
- Heidarimozaffar, M., & TajBakhshian, M., (2022). Zoning the vulnerability of nahavand settlements to earthquakes. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 11(34), 57-78. <https://doi.org/10.22111/JNEH.2022.39334.1830> [In Persian].
- Hosseinekhah, H., & Zarrabi, A., (2019). Role combination mode decision Waspas in identify areas seismic (Case study: Township Bahmaei). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 6(2), 147-164. <https://doi.org/10.29252/jsaeh.6.2.147> [In Persian].
- Khodadadi, F., Entezari, M., & Sasanpour, F. (2020). Urban vulnerability analysis against earthquake hazard with the electre fuzzy method (Case study: Karaj metropolis). *Applied Researches in Geographical Sciences*, 20(56), 93-113. <https://doi.org/10.29252/jgs.20.56.93> [In Persian].
- Lian, P., Zhuo, Z., Qi, Y., Xu, D., & Deng, X., (2021). The impacts of training on farmers preparedness behaviours of earthquake disaster—evidence from earthquake-prone settlements in rural China. *Agriculture*, 11(8), 1-17. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080726>
- Maleki, S., Parvizian, A., & Alizadeh, M. (2023). Measurement of resilient of Ilam province villages against earthquake. *A Scientific Journal of Ilam Culture*, 23(76.77), 7-21. <https://doi.org/10.22034/farhang.2023.169581> [In Persian].
- Mohammadi, C., Nazmfar, H., & Asghari Saraskanroud, S. (2023). Analysis of institutional resilience against earthquake risk in the metropolis of Kermanshah. *Journal of Geography, Urban and Regional Studies*, 12(45), 172-191. https://journals.iau.ir/article_695138.html [In Persian].
- Mohammadpour, E. (2018). Location of temporary housing centers in Ardabil city after the earthquake using GIS quarterly journal of new researches in geography. *Architecture and Urban Planning*, 1(21), 77-91. <https://pantajournals.ir/buy.aspx?id=90089&t=1> [In Persian].
- Piroozi, E., Asghari Saraskanroud, S., & Zeinali, B. (2023). Evaluation and zoning of the vulnerability of Khalkhal city against the environmental hazard of earthquake. *Environmental Management Hazards*, 10(3), 245-260. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2023.366500.796> [In Persian].
- Riahi, V., & Musavi, M. (2021). Assessment vulnerability of rural settlements to earthquake (Pian distric in Eeze county). *Village and Space Sustainable Development*, 2(1), 1-19. <https://doi.org/10.22077/VSSD.2021.4494.1031> [In Persian].
- Salari, N., Entezari, M., & Khabazi, M. (2022). Urban vulnerability rating against earthquake hazard using electre fuzzy model: A case study of Kerman city. *Geography and Environmental Planning*, 33(4), 113-134. <https://doi.org/10.22108/gep.2022.132688.1491> [In Persian].
- Sepahvand, M.R., Nasrabadi, A., Eskandari, M., & Taheri, L. (2008). Earthquake hazard estimation and seismic zoning of Ilam province using two deterministic and probabilistic methods. *Earth*, 3(3), 71-78. <https://www.sid.ir/paper/362723> [In Persian].
- Shadmaan, S., & Popy, S. (2023). An assessment of earthquake vulnerability by multi-criteria decision-making method Geo. *Hazard Mechanics*, 1(1), 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.ghm.2022.11.002>
- Yang, W., Zeng, Z., & Luo, W. (2009). Three- Level tectonic model for intraplate earthquakes. *Earth Science Frontiers*, 16(1), 206-217. [https://doi.org/10.1016/S1872-5791\(08\)60073-1](https://doi.org/10.1016/S1872-5791(08)60073-1)
- Yariyan, P., Avand, M T., Soltani, F., Ghorbanzadeh, & Blaschke, T. (2020). Earthquake vulnerability mapping using different hybrid models, *Symmetry*, 12(405), 1-31. <https://doi.org/10.3390/sym12030405>
- Zhang, Y., Zhang, J., & Dong, L. (2023). Fuzzy logic regional landslide susceptibility Multi-Field information map representation analysis method constrained by spatial characteristics of mining factors in mining areas. *Processes*, 11(4), 985, 1-33. <https://doi.org/10.3390/pr11040985>
- Zhu, H., & Liu, F. (2021). A group-decision-making framework for evaluating urban flood resilience: A case study in yangtze river. *Sustain*, 13(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13020665>