



Research Paper

Assessing the vulnerability of rural areas against natural hazards (Case study: villages of Oraman region)

Hamid Ganjaeian^a, Mozghan Nosrati^b, Atrin Ebrahimi^c, Saied Saedi Ghisarian^d

^a Ph.D. of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran

^b M. A in Geomorphology, University of Kordestan, Sanandaj, Iran

^c Ph.D. of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^d Bachelor of Natural Resources, Rangeland and Watershed Management, University of Malayer, Malayer, Iran

ARTICLE INFO

Received: 2025/02/18

Accepted: 2025/04/07

PP: 57-70

Use your device to scan and
read the article online



Keywords: Natural hazards, Mountainous territory, Rural areas, Oraman region.

Abstract

Natural hazards are one of the most important challenges for the advancement of mountain areas. One of the areas exposed to natural hazards is the Oraman region in the west of the country. Considering the importance of the subject, in this research, the vulnerability of the villages of Oraman region to natural hazards has been evaluated. Descriptive-analytical methods have been used in this research. The most important research data were the digital model of 30 meters high STRM, the digital layer of 1:100000 geological maps of the area and the information layers related to the used parameters. The most important used tools were ArcGIS and Expert Choice. Fuzzy-AHP integrated model is also used in this research. In this study, the vulnerable areas against landslides, floods and earthquakes have been identified first, and then a map of the region's risk status has been prepared. The results of this study have shown that the central areas of Oraman (including the villages of Bargharo, Nayabad, Degagah, Maziben, Nasl and Boridar) have high vulnerability potential in terms of all three hazards (landslides, earthquakes, and floods). More findings show, it can be said that the Oraman region has a high vulnerability potential against natural hazards, so it is necessary to consider factors such as the stability of buildings against earthquakes in the development planning of this region, Determining the boundaries of rivers and preventing settlements from advancing towards them in flood-prone areas, as well as the potential for slope movement.

Citation: Ganjaeian, H., Nosrati, M., Ebrahimi, A & Ghisarian, S. S. (2025). Assessing the vulnerability of rural areas against natural hazards (Case study: villages of Oraman region), *Journal of Environmental Research in Mountainous Regions*, 1(2), 57-70.

DOI: 10.22034/ermr.2024.63510



© The Author(s).

Publisher: University of Kurdistan Press

* **Corresponding author:** Hamid Ganjaeian, **Email:** h.ganjaeian@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

In recent years, under the influence of the increasing trend of population, residential and man-made areas have been associated with a lot of growth, and considering that in many areas, the environmental strength of the region has not been paid attention to, the development of these uses increases the possibility of Risks have become normal. Based on this, the increase and intensity of some natural hazardous events are under the direct influence of human activities. The surveys conducted on natural hazards indicate that these hazards are on the rise and millions of people around the world are exposed to them. The vulnerability of residential areas to natural hazards is influenced by various geomorphological, geological and hydroclimatic factors, and each area may be exposed to one or more types of hazards. One of the areas that are exposed to several types of natural hazards is the Oraman region in the west of the country. The location of the Oraman region in the Zagros mountain unit has caused a large part of this region to be included in the mountain unit and considering that the Oraman mountains have significant snowfall and also considering the proximity to the main fault lines and the tectonic nature of the area. This area is exposed to the dangers of earthquakes, landslides and floods. Considering the importance of the subject, in this research, the vulnerability of the villages of Oraman region to natural hazards has been evaluated.

Methodology

Descriptive-analytical methods have been used in this research. The most important research data were the digital model of 30 meters high STRM, the digital layer of 1:100000 geological maps of the area and the information layers related to the used parameters. The most important tools used were ArcGIS (executing the Fuzzy-AHP model and preparing the desired maps) and Expert Choice (weighting the desired parameters). Fuzzy-AHP integrated model is also used in this research. According to the subject and objectives, this research has been done in 4 general stages. In the first stage, by using 8 parameters of height, slope, direction of slope, distance from the river, distance from the communication road, type of land use, lithology and distance from the fault, vulnerable

areas against slope movements have been identified. In the second stage, by using 6 parameters of slope, slope direction, height, distance from the river, land use and lithology, vulnerable areas against floods have been identified. In the third stage, by using 4 parameters of distance from the fault, distance from earthquake epicenters, lithology and slope, vulnerable areas against earthquakes have been identified. In the fourth stage, based on the results obtained from the previous stages, the hazard map of Oraman region has been prepared.

Results and Discussion

Examining the geomorphology and geology of the region shows that this region has a high potential for the occurrence of hazards caused by slope movements, floods and earthquakes. The results of the identification of areas prone to landslides have shown that many parts of the area are prone to landslides, the main reason of which can be considered the existence of steep slopes and undercuts caused by the river and communication road. The results of the evaluation of the region's vulnerability to flood risk have shown that considering that a large part of the studied area is located in the mountain unit, therefore only a few parts of the area that are located near the river and at low altitudes are in They are at risk of flooding. Also, due to the fact that a large part of the studied area is located in the vicinity of fault lines and earthquake epicenters, and also due to the mountainous nature of the area, this logic has a high vulnerability potential against earthquakes.

Conclusion

The natural condition of Oraman region has caused this region to have a high risk potential. Investigations have shown that in recent years, this area has been faced with various hazards such as landslides, floods, and earthquakes, and this is the reason for investigating these hazards in this area. The results of this research have shown that the central areas of Oraman, including the villages of Bargharo, Nayabad, Degagah, Maziben, Nasl and Boridar, because they have the potential of damage in terms of all three hazards (landslides, earthquakes and floods). They are highly adaptable, they are considered as the most vulnerable villages in Oraman region. According to the obtained

results, it can be said that the Oraman region has a high vulnerability potential against natural hazards, so it is necessary to consider factors such as the stability of buildings against earthquakes in the development planning of this region. Special attention should be paid to rivers

and preventing settlements from moving towards them in flood-prone areas, as well as the potential of slopes.

Financial sponsor

According to the responsible author, this article has no financial sponsor.

Contribution of the authors to the research

The first author: Scientific supervision of all research stages, data analysis, and final writing of the article.

Second author: Collecting library resources, data entry, and map drawing.

Third author: Conducting spatial and locational analyses using specialized software, preparing and

interpreting charts and tables, and developing the theoretical framework of the research.

fourth author:Collecting field data and contributing to the final analysis of findings.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest in writing or publishing this article.

Appreciation and thanks

The authors sincerely thank all the people who have cooperated with them in collecting field data.



مقاله پژوهشی

ارزیابی وضعیت آسیب پذیری روستاهای مناطق کوهستانی در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: روستاهای منطقه اورامان)

حمید گنجائیان* : دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مژگان نصرتی: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

عطربین ابراهیمی: دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

سیدسعدی قیصریان: کارشناسی منابع طبیعی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

چکیده	اطلاعات مقاله
مخاطرات طبیعی یکی از مهم ترین چالش های پیش روی مناطق کوهستان محسوب می شوند. از جمله مناطقی که در معرض مخاطرات طبیعی قرار دارد، منطقه اورامان در غرب کشور است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به ارزیابی وضعیت آسیب پذیری روستاهای منطقه اورامان در برابر مخاطرات طبیعی پرداخته شده است. در این تحقیق از روش های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. مهم ترین داده های تحقیق مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر STRM، لایه رقومی نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و لایه های اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد استفاده بوده است. مهم ترین ابزارهای مورد استفاده، ArcGIS و Expert Choice بوده است. همچنین در این تحقیق از مدل تلفیقی Fuzzy-AHP استفاده شده است. در این تحقیق ابتدا به شناسایی مناطق آسیب پذیر در برابر مخاطرات زمین لغزش، سیلاب و زمین لرزه پرداخته شده است و سپس نقشه وضعیت مخاطره پذیری منطقه تهیه شده است. نتایج پژوهش نشان داد مناطق مرکزی محدوده اورامان از جمله روستاهای برقر، نی آباد، دگاگاه، ماضی بن، نسل و بوری در به دلیل اینکه از نظر هر سه مخاطره (زمین لغزش، زمین لرزه و سیلاب) دارای پتانسیل آسیب پذیری بالایی هستند، به عنوان مخاطره پذیرترین روستاهای منطقه اورامان محسوب می شوند. با توجه به نتایج حاصله می توان گفت که منطقه اورامان دارای پتانسیل آسیب پذیری بالایی در برابر مخاطرات طبیعی است، بنابراین ضروری است تا در برنامه ریزی های توسعه ای این منطقه، به عواملی همچون استحکام ساختمان ها در برابر زمین لرزه، تعیین حریم رودخانه ها و جلوگیری از پیشروی سکونتگاه ها به سمت آن ها در مناطق سیل خیز و همچنین پتانسیل حرکت دامنه ها توجه ویژه ای شود.	تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸ شماره صفحات: ۷۰-۵۷ از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید واژه های کلیدی: مخاطرات طبیعی، قلمرو کوهستانی، نواحی روستایی، منطقه اورامان.

استناد: گنجائیان، حمید؛ نصرتی، مژگان؛ ابراهیمی، عطربین و قیصریان، سیدسعدی (۱۴۰۴). ارزیابی وضعیت آسیب پذیری روستاهای مناطق کوهستانی در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: روستاهای منطقه اورامان)، نشریه علمی پژوهش های محیطی در قلمروهای کوهستانی، ۷۰-۵۷، (۲).

DOI: 10.22034/ermr.2024.63510

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه کردستان



© نویسندگان

مقدمه

مخاطرات می‌تواند منشأ طبیعی و یا انسانی داشته باشد و مناطق مختلف با توجه به موقعیت جغرافیایی و اوضاع سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، پتانسیل‌های مختلفی در زمینه وقوع انواع مخاطرات دارند (فن و ما^۱؛ ۲۰۲۴؛ کیو^۲ و همکاران، ۲۰۲۴؛ رنجبر و بیات، ۱۳۸۹؛ سالاری و همکاران، ۱۳۹۶؛ نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸). کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی که دارد، پتانسیل بالایی در زمینه مخاطرات و خصوصاً مخاطرات طبیعی دارد. مخاطرات طبیعی هر ساله در ایران سبب وارد آوردن خسارات جانی و مالی زیادی می‌شود که این مسئله در کند شدن روند توسعه کشور بسیار اثرگذار است (اولیویرا و همکاران، ۲۰۰۶؛ بین^۳ و همکاران، ۲۰۲۳؛ محمدخان و همکاران، ۱۳۹۸). مناطق مختلف ایران و خصوصاً نواحی روستایی آن، پتانسیل‌های متفاوتی در زمینه انواع مخاطرات دارند که ضروری است در برنامه‌های مختلف، خصوصاً برنامه‌ریزی‌های عمرانی به این مسئله مهم توجه ویژه‌ای شود (لی و همکاران، ۲۰۱۵؛ نیری و همکاران، ۱۳۹۷). بررسی مخاطرات رخ داده در نواحی روستایی ایران بیانگر این است که مخاطرات طبیعی و خصوصاً مخاطرات ژئومورفولوژیک، بیش‌ترین اثر را در نواحی کوهستانی داشته است، بر این اساس سکونتگاه‌هایی که در مناطق کوهستانی قرار دارند، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر مخاطرات طبیعی هستند (گنجائیان، ۱۳۹۹).

در طی سال‌های اخیر تحت تاثیر روند افزایشی جمعیت، نواحی سکونتگاهی و انسان‌ساخت با رشد زیادی همراه بوده‌اند (کومار^۴ و همکاران، ۲۰۲۵؛ نیری و همکاران، ۱۳۹۶) و با توجه به اینکه در بسیاری از مناطق به توان محیطی منطقه توجه نشده است، توسعه این کاربری‌ها سبب افزایش احتمال بروز مخاطرات طبیعی شده است. بر این اساس، افزایش و شدت برخی رویدادهای مخاطره‌آمیز طبیعی تحت تاثیر مستقیم فعالیت‌های انسانی می‌باشد (وانگ^۵ و همکاران، ۲۰۱۲).

بررسی‌های صورت گرفته در مورد مخاطرات طبیعی بیانگر این است که این مخاطرات دارای روند افزایشی هستند (چینی و همکاران، ۲۰۱۹) و میلیون‌ها نفر از مردم در سراسر دنیا در معرض آن قرار دارند (برونفمان^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). میزان آسیب‌پذیری نواحی سکونتگاهی در برابر مخاطرات طبیعی تحت تاثیر عوامل مختلف ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و هیدرواقلمی قرار دارد (نگهبان و همکاران، ۱۴۰۰؛ نصرتی و همکاران، ۱۴۰۱) و هر منطقه ممکن است در معرض یک و یا چند نوع مخاطره باشد (کیمورا و یاماگوچی، ۲۰۱۰). از جمله مناطقی که در معرض چند نوع مخاطره طبیعی قرار دارد، منطقه اورامان در غرب کشور است. قرار گرفتن منطقه اورامان در واحد کوهستانی زاگرس سبب شده است تا بخشی زیادی از این منطقه را واحد کوهستان دربرگیرد و با توجه به اینکه کوهستان‌های اورامان دارای بارش برف قابل توجهی هستند و همچنین با توجه به نزدیکی به خطوط گسل اصلی و تکتونیزه بودن منطقه، این منطقه در معرض مخاطرات زمین‌لرزه، زمین‌لغزش و سیلاب قرار دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری روستاهای منطقه اورامان در برابر مخاطرات طبیعی پرداخته شده است.

مرور ادبیات و سوابق پژوهش

در ارتباط با موضوع مورد مطالعه، پژوهش‌های مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به پنگ^۷ (۲۰۱۲) و همکاران اشاره کرد که به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی در چین پرداخته است. خاتاک و همکاران (۲۰۱۶) مناطق در معرض آسیب‌پذیری در مجاورت رودخانه کابل را شناسایی کرده‌اند. نشان دادند که حدود ۴۰ درصد از منطقه مورد مطالعه، دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی است. هریال^۸ و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری استان یوگیاکارتا^۹ در برابر مخاطرات طبیعی پرداختند و نشان دادند که مهم‌ترین راهکار کنترل آن استفاده از راهکارهای سازه‌ای می‌باشد. آبی و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل AHP به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لغزش در اتیوپی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که شیب و لیتولوژی، مهم‌ترین عامل تاثیرگذاری در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه است. الجزولی و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل AHP به پتانسیل‌سنجی مخاطره زمین‌لغزش در مراکش پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داده است که دره‌های رودخانه‌ای و زمین‌های شیب‌دار دارای بالاترین پتانسیل آسیب‌پذیری هستند. امیریان و همکاران (۱۳۹۹) به پهنه‌بندی حریم ایمنی و آسیب‌پذیری در شهر اهواز از منظر پدافند غیرعامل پرداختند.

1. Fan & Ma

2. Qi

3. Beyene

4. Kumar

5. Wang

6. Bronfman

7. Peng

8. Herryal

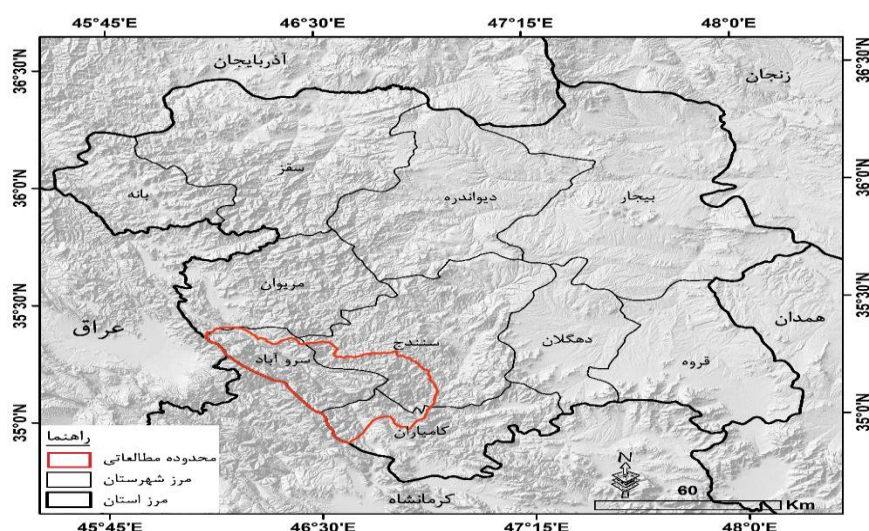
9. Yogyakarta

نتایج این پژوهش نشان داده است حدود ۳۰ درصد از محدوده مطالعاتی دارای پتانسیل آسیب‌پذیری خیلی زیادی است. آتش‌افروز و صفایی‌پور (۱۴۰۰) به ریز پهنه‌بندی زمین‌لغزش در بخش دهدز استان خوزستان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داده است که بیش از ۳۰ درصد از محدوده در پهنه با پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. جعفری و خدایی (۱۴۰۲) به پهنه‌بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین‌لغزش به استفاده از مدل شانون پرداختند. نتایج این پژوهش تحقیق نشان داده است که حدود ۸۰ درصد از وسعت حوضه را مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لغزش تشکیل داده است. لجم‌اورک و پیری (۱۴۰۲) به پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در شهرستان باغملک پرداختند. در این تحقیق از مدل تلفیقی Fuzzy-AHP استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که حدود ۴ درصد از وسعت شهرستان دارای پتانسیل آسیب‌پذیری زیادی است. احمدزاده و داورپناه (۱۴۰۲) به تحلیل فضایی خطر وقوع سیل با رویکرد برنامه‌ریزی و مدیریت کاربری اراضی در شهر ارومیه پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داده است که حدود ۴۴ درصد از وسعت محدوده مطالعاتی، پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطره سیلاب دارد. صفاری و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی پتانسیل آسیب‌پذیری شهر رودهن در برابر مخاطرات طبیعی پرداختند. در این پژوهش از مدل تلفیقی Fuzzy-ANP استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که بخش زیادی از شهر رودهن مستعد وقوع مخاطرات زمین‌لغزش، زمین‌لرزه و سیلاب است. گنجائیان (۱۴۰۳) به ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری کلانشهرهای ایران در برابر مخاطره زمین‌لرزه پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان داده است که در بین کلانشهرهای ایران، کلانشهر شیراز پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر مخاطره زمین‌لرزه دارد. در راستای تحقیقات پیشین صورت گرفته، هدف از این پژوهش بررسی وضعیت آسیب‌پذیری روستایی منطقه اورامان در برابر مخاطرات زمین‌لرزه، زمین‌لغزش و سیلاب است.

روش‌شناسی پژوهش

محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر شامل منطقه اورامان در استان کردستان است. در واقع، محدوده روستاهای اورامانی زبان در استان کردستان در نظر گرفته شده است. این محدوده از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده شهرستان‌های سروآباد، کامیاران و سنندج قرار دارد (شکل ۱). از نظر تقسیمات مورفوتکتونیک، این محدوده در واحد زاگرس قرار دارد و همین مسئله سبب شده است تا بخش زیادی از این محدوده را واحد کوهستان و اراضی پرتپش دربرگیرد. از نظر تقسیمات حوضه‌ای در حوضه آبریز سیروان قرار دارد و رودخانه سیروان، مهم‌ترین رودخانه این منطقه است. از نظر اقلیمی نیز به دلیل قرار گرفتن در مسیر بادهای غربی، دارای زمستان‌های سرد و مرطوب و همچنین تابستان‌های نسبتاً معتدل است (گنجائیان و امانی، ۱۳۹۸).



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

روش تحقیق

در این تحقیق از روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. مهم‌ترین داده‌های تحقیق مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر STRM، لایه رقومی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و لایه‌های اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد استفاده بوده است. مهم‌ترین ابزارهای مورد استفاده، ArcGIS (اجرای مدل Fuzzy-AHP و تهیه نقشه‌های مورد نظر) و Expert Choice (وزن دهی به پارامترهای مورد نظر) بوده است.

همچنین در این تحقیق از مدل تلفیقی Fuzzy-AHP استفاده شده است. با توجه به موضوع و اهداف مورد نظر، این تحقیق در ۴ مرحله کلی انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

- **مرحله اول (شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لغزش):** به منظور شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در این منطقه، از ۸ پارامتر ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از راه ارتباطی، نوع کاربری اراضی، لیتولوژی و فاصله از گسل استفاده شده است. انتخاب پارامترها بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای (چن^۱ و همکاران، ۲۰۱۷؛ کلای^۲ و همکاران، ۲۰۲۰؛ گنجائیان و همکاران، ۲۰۲۱؛ کسانتینی^۳ و همکاران، ۲۰۲۵؛ پیره و گنجائیان، ۱۴۰۳)، نظرات کارشناسان و وضعیت منطقه بوده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد نظر، به منظور استانداردسازی لایه‌ها و تهیه نقشه نهایی، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی فازی‌سازی شده‌اند که برای این منظور به مناطق با ارتفاع و شیب زیاد، جهات شیب شمالی، مناطق نزدیک به راه‌های ارتباطی، رودخانه و گسل، مناطق دارای لیتولوژی سست و مناطق دارای پوشش گیاهی کم تراکم، ارزش نزدیک به ۱ داده شده است. همچنین به مناطق با ارتفاع و شیب کم، جهات شیب جنوبی، مناطق دور از راه‌های ارتباطی، رودخانه و گسل، مناطق دارای لیتولوژی مقاوم و مناطق با پوشش گیاهی متراکم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. پس از استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی، با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نظرات کارشناسان، به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شده است. پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌ها با استفاده از عملگر گامای فازی با هم ترکیب شده‌اند و نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لغزش تهیه شده است.
- **مرحله دوم (شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب):** به منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب از ۶ پارامتر شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و لیتولوژی استفاده شده است. انتخاب پارامترها بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای (صفری‌نامیوندی و همکاران، ۱۴۰۳؛ نگهبان و همکاران، ۱۴۰۳)، نظرات کارشناسان و وضعیت منطقه بوده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد نظر، به مناطق با ارتفاع و شیب کم، جهات شیب شمالی، مناطق نزدیک به رودخانه، مناطق دارای لیتولوژی نفوذناپذیر و مناطق با پوشش گیاهی کم تراکم، ارزش نزدیک به ۱ داده شده است. همچنین به مناطق با ارتفاع و شیب زیاد، جهات شیب جنوبی، مناطق دور از رودخانه، مناطق دارای لیتولوژی نفوذناپذیر و مناطق با پوشش گیاهی متراکم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. در این مرحله همانند مرحله اول از روش Fuzzy-AHP استفاده شده است.
- **مرحله سوم (شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه):** به منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه از ۴ پارامتر فاصله از گسل، فاصله از کانون‌های زمین‌لرزه، لیتولوژی و شیب استفاده شده است. انتخاب پارامترها بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای (دیو^۴ و همکاران، ۲۰۲۳؛ هی و همکاران، ۲۰۲۴؛ تیان و همکاران، ۲۰۲۴)، نظرات کارشناسان و وضعیت منطقه بوده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، به مناطق نزدیک به گسل و کانون‌های زمین‌لرزه‌های رخ داده، مناطق دارای لیتولوژی نامقاوم و شکننده و مناطق با شیب زیاد، ارزش نزدیک به ۱ داده شده است. همچنین به مناطق دور از گسل و کانون‌های زمین‌لرزه‌های رخ داده، مناطق دارای لیتولوژی مقاوم و انعطاف‌پذیر و مناطق با شیب کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است. در این مرحله نیز همانند مراحل اول و دوم از روش Fuzzy-AHP استفاده شده است.
- **مرحله چهارم (تهیه نقشه مخاطره‌پذیری محدوده مطالعاتی):** پس از تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات زمین‌لغزش، سیلاب و زمین‌لرزه، در این مرحله بر مبنای نتایج حاصله از مراحل قبل، نقشه مخاطره‌پذیری منطقه اورامان تهیه شده است. در این مرحله، مناطق دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالا در برابر هر سه مخاطره با هم ترکیب شده و در نهایت نقشه مخاطره‌پذیری محدوده مطالعاتی تهیه شده است.

یافته‌ها و بحث

بررسی وضعیت ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی منطقه بیانگر این است که این منطقه پتانسیل بالایی از نظر وقوع مخاطرات زمین‌لغزش، سیلاب و زمین‌لرزه دارد که در ادامه به تشریح مناطق مستعد وقوع هر کدام از این مخاطرات پرداخته شده است:

مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لغزش

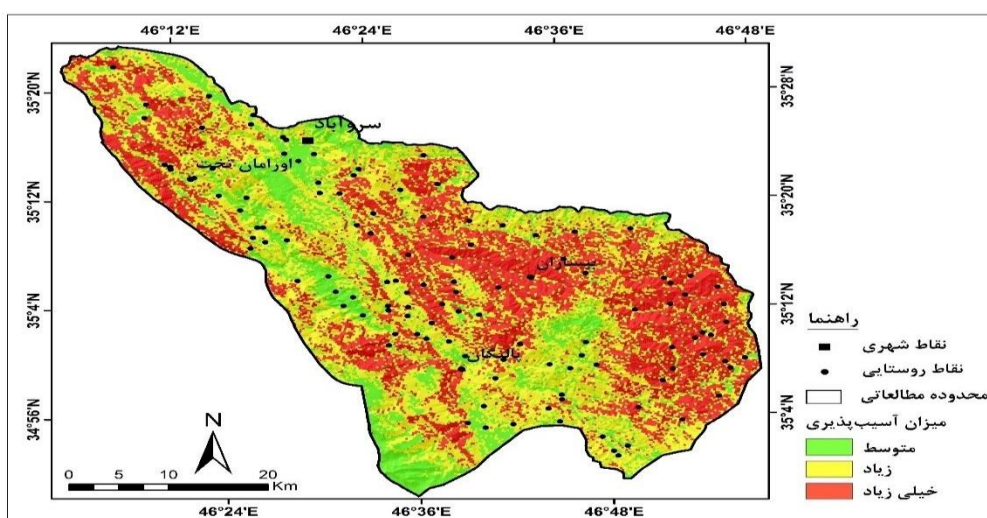
وضعیت ژئومورفولوژی منطقه اورامان سبب شده است تا این منطقه پتانسیل بالایی جهت وقوع حرکات دامنه‌ای داشته باشد. مهم‌ترین حرکت

1 .Chen
2 .Klai
3 .Ksantini
4 .Dun

دامنه‌ای که این منطقه را تهدید می‌کند، زمین‌لغزش است، به همین دلیل در این پژوهش مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در منطقه اورامان شناسایی شده است. بررسی پارامترهای طبیعی و انسانی منطقه اورامان نشان داده است که هم عوامل طبیعی و هم عوامل انسانی، زمینه را برای وقوع مخاطره زمین‌لغزش در این منطقه فراهم آورده است. در واقع، با توجه به اینکه بخش زیادی از منطقه را دامنه‌های پرشیب دربرگرفته است و در بسیاری از مناطق، دامنه‌ها توسط فعالیت‌های انسانی از جمله راه‌های ارتباطی ناپایدار شده‌اند، بنابراین بخش زیادی از منطقه اورامان در معرض مخاطره زمین‌لغزش قرار دارد. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لغزش، از ۸ پارامتر استفاده شده است و با استفاده از نظرات کارشناسان و مدل AHP به این پارامترها وزن داده شده است (جدول ۱). پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن بدست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده است و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی با هم ترکیب شده و نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش تهیه شده است (شکل ۲). بر اساس نقشه تهیه شده، بخش‌های زیادی از منطقه مستعد وقوع زمین‌لغزش است که علت اصلی آن را می‌توان وجود دامنه‌های پرشیب و زیربسی‌های صورت گرفته توسط رودخانه و راه ارتباطی دانست.

جدول ۱. وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل AHP

پارامتر	شیب	جهت شیب	ارتفاع	لیتولوژی	فاصله از گسل	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
وزن	۰/۲۱۳	۰/۷۸	۰/۹۹	۰/۱۰۱	۰/۱۱۵	۰/۱۲۷	۰/۱۶۲	۱۰۵



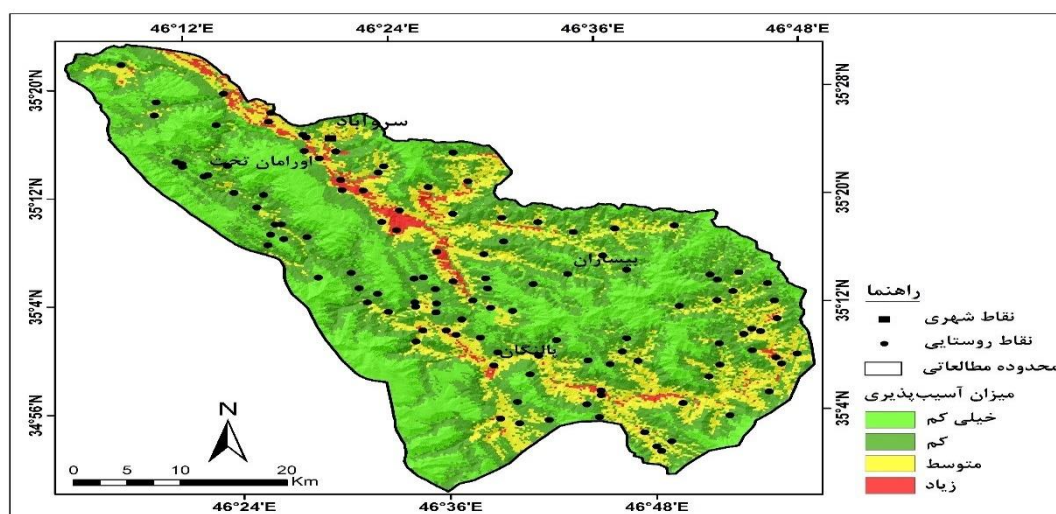
شکل ۲. نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش (منبع: نگارندگان)

مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره سیلاب

یکی دیگر از مخاطرات تهدیدکننده منطقه، سیلاب است. در واقع، وجود رودخانه‌های با دبی بالا و برف‌گیر بودن منطقه، شرایط را برای وقوع سیلاب در مناطق پایین‌دست فراهم آورده است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش با استفاده از ۶ پارامتر به شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب پرداخته شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر پارامتر و فازی‌سازی آن‌ها، وزن هر لایه با استفاده از مدل AHP مشخص شده است (جدول ۲) و در نهایت با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی، نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب تهیه شده است (شکل ۳). بر اساس نقشه تهیه شده، بر خلاف مخاطره زمین‌لغزش، میزان آسیب‌پذیری در برابر مخاطره سیلاب کم‌تر است. درواقع، با توجه به اینکه بخش زیادی از منطقه مورد مطالعه در واحد کوهستان قرار دارد، تنها بخش‌های کمی از منطقه که در مجاورت رودخانه و در ارتفاعات پایین قرار دارند، در معرض مخاطره سیلاب هستند.

جدول ۲. وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل AHP

پارامتر	شیب	جهت شیب	ارتفاع	فاصله از رودخانه	لیتولوژی	کاربری اراضی
وزن	۰/۲۲۳	۰/۱۱۲	۰/۱۶۶	۰/۲۶۷	۰/۱۰۷	۰/۱۲۵



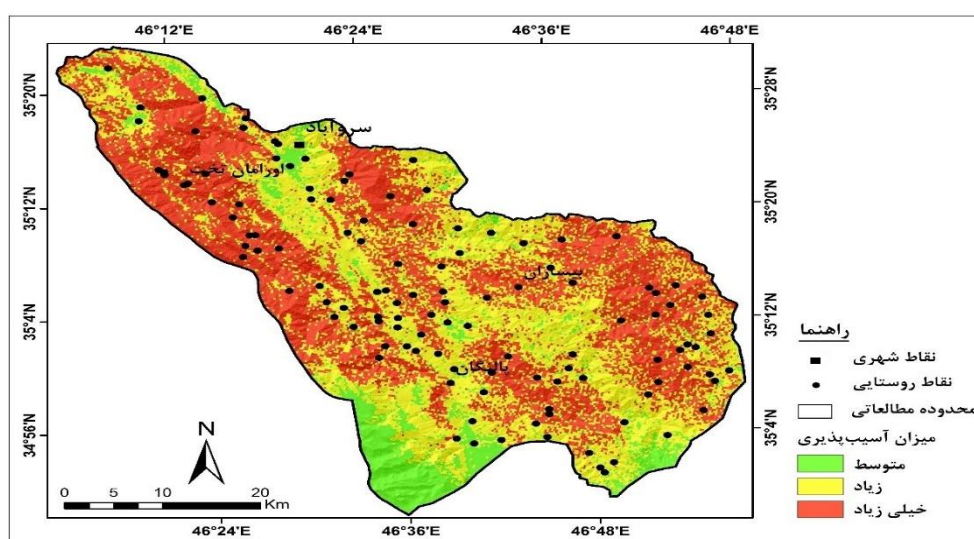
شکل ۳. نقشه نهایی مناطق مستعد وقوع سیلاب (منبع: نگارندگان)

مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه

قرارگیری منطقه اورامان در واحد زاگرس و نزدیکی به گسل‌های فعال سبب شده است تا این منطقه پتانسیل لرزه‌خیزی بالایی داشته باشد. با توجه به اینکه مخاطره زمین‌لرزه همواره با خسارات جانی و مالی زیادی همراه است، در این بخش با استفاده از ۴ پارامتر به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر این مخاطره پرداخته شده است. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر پارامتر و فازی‌سازی آن‌ها، وزن هر لایه با استفاده از مدل AHP مشخص شده است (جدول ۳) و در نهایت با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی، نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه تهیه شده است (شکل ۴). با توجه به اینکه بخش زیادی از منطقه مورد مطالعه در مجاورت خطوط گسل و کانون‌های زمین‌لرزه قرار دارد و همچنین به دلیل کوهستانی بودن منطقه، این منطقه دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر زمین‌لرزه است.

جدول ۳. وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مدل AHP

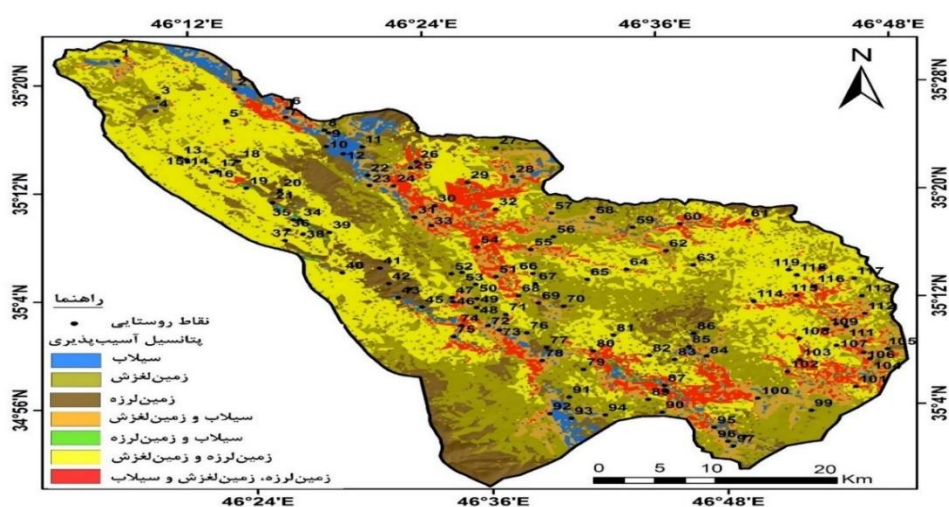
پارامتر	فاصله از گسل	فاصله از کانون زمین‌لرزه	لیتولوژی	شیب
وزن	۰/۲۸۹	۰/۲۲۳	۰/۱۸۴	۰/۳۰۴



شکل ۴. نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه (منبع: نگارندگان)

تهیه نقشه مخاطرات طبیعی منطقه اورامان

در این پژوهش پس از پتانسیل‌سنجی منطقه از نظر وقوع مخاطرات مختلف، نقشه مخاطرات منطقه اورامان تهیه شده است (شکل ۵) که بر روی آن موقعیت تمامی روستاها مشخص شده است. در این بخش به بررسی موقعیت روستاهای منطقه و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر هر کدام از مخاطرات پرداخته شده است. در جدول ۴ موقعیت روستاها و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر مخاطرات ناشی از زمین‌لغزش، سیلاب و زمین‌لرزه نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده، از نظر آسیب‌پذیری در برابر سیلاب، ۹ روستا در طبقه پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد، ۳۷ روستا در طبقه متوسط، ۵۸ روستا در طبقه کم و ۱۶ روستا در طبقه کم قرار دارند. در واقع، با توجه به کوهستانی بودن منطقه، میزان آسیب‌پذیری منطقه در برابر مخاطره سیلاب، کم‌تر از سایر مخاطرات است. از نظر آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لغزش ۲۵ روستا در طبقه پتانسیل آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۶۰ روستا در طبقه زیاد و ۳۵ روستا در طبقه متوسط قرار دارند. همچنین از نظر آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه نیز ۴۸ روستا در طبقه پتانسیل آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۶۴ روستا در طبقه زیاد و ۸ روستا در طبقه متوسط قرار دارند (جدول ۴).



شکل ۵. نقشه وضعیت آسیب‌پذیری منطقه اورامان در برابر مخاطرات طبیعی (منبع: نگارندگان)

جدول ۴. موقعیت روستاهای منطقه اورامان و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر مخاطرات محیطی

موقعیت در نقشه	روستا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	آسیب‌پذیری در برابر سیلاب	آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لغزش	آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه
۱	دزلی	۰۴۶ ۰۸'	۰۳۵ ۲۲'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۲	بهرام آباد	۰۴۶ ۱۵'	۰۳۵ ۲۱'	کم	متوسط	زیاد
۳	دمیو	۰۴۶ ۱۱'	۰۳۵ ۲۰'	کم	زیاد	زیاد
۴	درکی	۰۴۶ ۱۱'	۰۳۵ ۱۹'	متوسط	زیاد	زیاد
۵	بندول	۰۴۶ ۱۵'	۰۳۵ ۱۹'	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۶	تازه آباد تقلی	۰۴۶ ۱۸'	۰۳۵ ۲۰'	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
۷	تقلی	۰۴۶ ۱۸'	۰۳۵ ۱۹'	متوسط	زیاد	زیاد
۸	ابراهیم آباد	۰۴۶ ۲۰'	۰۳۵ ۱۹'	متوسط	متوسط	زیاد
۹	احمدآباد تقلی	۰۴۶ ۲۱'	۰۳۵ ۱۹'	زیاد	متوسط	زیاد
۱۰	دورود	۰۴۶ ۲۱'	۰۳۵ ۱۸'	متوسط	متوسط	زیاد
۱۱	ترخان آباد	۰۴۶ ۲۳'	۰۳۵ ۱۸'	متوسط	متوسط	متوسط
۱۲	محمودآباد	۰۴۶ ۲۲'	۰۳۵ ۱۷'	زیاد	متوسط	متوسط
۱۳	کماله	۰۴۶ ۱۳'	۰۳۵ ۱۵'	خیلی کم	متوسط	خیلی زیاد
۱۴	ری وری	۰۴۶ ۱۴'	۰۳۵ ۱۶'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۱۵	ویسیان	۰۴۶ ۱۴'	۰۳۵ ۱۵'	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۱۶	اورامان تخت	۰۴۶ ۱۶'	۰۳۵ ۱۵'	کم	زیاد	خیلی زیاد

موقعیت در نقشه	روستا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	آسیب‌پذیری در برابر سیلاب	آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لغزش	آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه
۱۷	سرپیر	۰۴۶ ۱۶'	۰۳۵ ۱۵'	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۱۸	مرچلم	۰۴۶ ۱۷'	۰۳۵ ۱۶'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۱۹	بلبر	۰۴۶ ۱۸'	۰۳۵ ۱۴'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۲۰	ژیوار	۰۴۶ ۲۰'	۰۳۵ ۱۴'	خیلی کم	متوسط	زیاد
۲۱	سلین	۰۴۶ ۱۹'	۰۳۵ ۱۳'	متوسط	متوسط	خیلی زیاد
۲۲	خانقاه رزآب	۰۴۶ ۲۴'	۰۳۵ ۱۶'	زیاد	زیاد	زیاد
۲۳	رزآب	۰۴۶ ۲۴'	۰۳۵ ۱۵'	کم	متوسط	زیاد
۲۴	کرآباد	۰۴۶ ۲۵'	۰۳۵ ۱۶'	زیاد	زیاد	زیاد
۲۵	گوشخانی	۰۴۶ ۲۶'	۰۳۵ ۱۷'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۲۶	نسل	۰۴۶ ۲۶'	۰۳۵ ۱۸'	کم	متوسط	خیلی زیاد
۲۷	میانه	۰۴۶ ۳۰'	۰۳۵ ۱۹'	خیلی کم	متوسط	زیاد
۲۸	نگل	۰۴۶ ۳۱'	۰۳۵ ۱۷'	زیاد	خیلی زیاد	زیاد
۲۹	برقرو	۰۴۶ ۲۹'	۰۳۵ ۱۶'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۳۰	نی آباد	۰۴۶ ۲۸'	۰۳۵ ۱۴'	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۳۱	دگاگاه	۰۴۶ ۲۷'	۰۳۵ ۱۳'	متوسط	زیاد	زیاد
۳۲	لنگریز	۰۴۶ ۳۱'	۰۳۵ ۱۵'	متوسط	زیاد	زیاد
۳۳	ماضی بن	۰۴۶ ۲۸'	۰۳۵ ۱۳'	زیاد	زیاد	زیاد
۳۴	ورگه ویر	۰۴۶ ۲۱'	۰۳۵ ۱۳'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۳۵	گیجه ناو	۰۴۶ ۲۱'	۰۳۵ ۱۲'	متوسط	متوسط	خیلی زیاد
۳۶	کلجی	۰۴۶ ۲۱'	۰۳۵ ۱۱'	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۳۷	ناو	۰۴۶ ۲۱'	۰۳۵ ۱۰'	خیلی کم	متوسط	خیلی زیاد
۳۸	نوبین	۰۴۶ ۲۲'	۰۳۵ ۱۱'	خیلی کم	متوسط	خیلی زیاد
۳۹	عباس‌آباد	۰۴۶ ۲۳'	۰۳۵ ۱۲'	کم	متوسط	خیلی زیاد
۴۰	اسپه ریز	۰۴۶ ۲۴'	۰۳۵ ۰۸'	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۴۱	روار	۰۴۶ ۲۶'	۰۳۵ ۰۹'	کم	متوسط	زیاد
۴۲	زوم	۰۴۶ ۲۷'	۰۳۵ ۰۸'	کم	متوسط	زیاد
۴۳	دشته قلبی	۰۴۶ ۲۸'	۰۳۵ ۰۷'	کم	متوسط	زیاد
۴۴	دل	۰۴۶ ۲۸'	۰۳۵ ۰۷'	خیلی کم	متوسط	زیاد
۴۵	دله مرز	۰۴۶ ۲۹'	۰۳۵ ۰۹'	کم	متوسط	خیلی زیاد
۴۶	فقیه کان	۰۴۶ ۳۰'	۰۳۵ ۰۷'	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۴۷	کولیچ	۰۴۶ ۳۰'	۰۳۵ ۰۸'	کم	متوسط	متوسط
۴۸	کانی حسین بگ	۰۴۶ ۳۲'	۰۳۵ ۰۷'	کم	زیاد	زیاد
۴۹	دیور	۰۴۶ ۳۲'	۰۳۵ ۰۸'	متوسط	متوسط	زیاد
۵۰	ژریژه	۰۴۶ ۳۱'	۰۳۵ ۰۹'	کم	زیاد	زیاد
۵۱	چشمیدر	۰۴۶ ۳۲'	۰۳۵ ۱۰'	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۵۲	کلکیک آباد	۰۴۶ ۳۰'	۰۳۵ ۱۰'	کم	زیاد	زیاد
۵۳	سرومال	۰۴۶ ۳۰'	۰۳۵ ۱۰'	کم	زیاد	زیاد
۵۴	بوری در	۰۴۶ ۳۱'	۰۳۵ ۱۳'	زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۵۵	هرسین	۰۴۶ ۳۳'	۰۳۵ ۱۲'	کم	خیلی زیاد	زیاد
۵۶	خواست	۰۴۶ ۳۳'	۰۳۵ ۱۳'	کم	خیلی زیاد	زیاد
۵۷	سفیدین	۰۴۶ ۳۴'	۰۳۵ ۱۵'	متوسط	زیاد	زیاد
۵۸	نجی	۰۴۶ ۳۶'	۰۳۵ ۱۵'	متوسط	زیاد	زیاد
۵۹	سالیان	۰۴۶ ۳۸'	۰۳۵ ۱۵'	متوسط	زیاد	زیاد

موقعیت در نقشه	روستا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	آسیب‌پذیری در برابر سیلاب	آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لغزش	آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه
۶۰	آویهنک	۰۴۶ ۴۱'	۰۳۵ ۱۵'	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۶۱	ویسر	۰۴۶ ۴۴'	۰۳۵ ۱۶'	کم	متوسط	خیلی زیاد
۶۲	هویه	۰۴۶ ۴۰'	۰۳۵ ۱۳'	کم	زیاد	زیاد
۶۳	سرهویه	۰۴۶ ۴۲'	۰۳۵ ۱۲'	کم	زیاد	زیاد
۶۴	بیساران	۰۴۶ ۳۹'	۰۳۵ ۱۱'	کم	زیاد	زیاد
۶۵	ژان	۰۴۶ ۳۷'	۰۳۵ ۱۰'	کم	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۶۶	نسنار	۰۴۶ ۳۴'	۰۳۵ ۱۰'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۶۷	یوژنان	۰۴۶ ۳۴'	۰۳۵ ۰۹'	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۶۸	اریان	۰۴۶ ۳۴'	۰۳۵ ۰۸'	کم	خیلی زیاد	زیاد
۶۹	ژنین	۰۴۶ ۳۵'	۰۳۵ ۰۸'	کم	خیلی زیاد	زیاد
۷۰	پایگلان	۰۴۶ ۳۶'	۰۳۵ ۰۸'	کم	زیاد	متوسط
۷۱	سوره نو	۰۴۶ ۳۳'	۰۳۵ ۰۷'	کم	زیاد	زیاد
۷۲	دزوند علیا	۰۴۶ ۳۳'	۰۳۵ ۰۶'	متوسط	متوسط	زیاد
۷۳	دزوند سفلی	۰۴۶ ۳۳'	۰۳۵ ۰۵'	متوسط	زیاد	زیاد
۷۴	جولانده	۰۴۶ ۳۱'	۰۳۵ ۰۵'	متوسط	متوسط	زیاد
۷۵	دیوزناو	۰۴۶ ۳۱'	۰۳۵ ۰۵'	متوسط	متوسط	زیاد
۷۶	دهکانان	۰۴۶ ۳۴'	۰۳۵ ۰۵'	کم	متوسط	زیاد
۷۷	تفین	۰۴۶ ۳۶'	۰۳۵ ۰۵'	کم	متوسط	زیاد
۷۸	پالنگان	۰۴۶ ۳۶'	۰۳۵ ۰۴'	متوسط	زیاد	زیاد
۷۹	دژن	۰۴۶ ۳۸'	۰۳۵ ۰۳'	کم	زیاد	زیاد
۸۰	شایبر	۰۴۶ ۳۹'	۰۳۵ ۰۵'	کم	متوسط	زیاد
۸۱	گواز	۰۴۶ ۳۹'	۰۳۵ ۰۶'	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۸۲	سرریز	۰۴۶ ۴۱'	۰۳۵ ۰۵'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۸۳	مزرعه سرریز	۰۴۶ ۴۲'	۰۳۵ ۰۵'	کم	زیاد	خیلی زیاد
۸۴	محراب	۰۴۶ ۴۴'	۰۳۵ ۰۵'	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۸۵	نیز	۰۴۶ ۴۳'	۰۳۵ ۰۶'	کم	زیاد	زیاد
۸۶	تنگی سر	۰۴۶ ۴۳'	۰۳۵ ۰۷'	کم	زیاد	زیاد
۸۷	سموریدر	۰۴۶ ۴۲'	۰۳۵ ۰۳'	زیاد	متوسط	زیاد
۸۸	پیرباغ	۰۴۶ ۴۳'	۰۳۵ ۰۲'	متوسط	متوسط	خیلی زیاد
۸۹	سیویه	۰۴۶ ۴۲'	۰۳۵ ۰۲'	متوسط	متوسط	زیاد
۹۰	میرگسار	۰۴۶ ۴۳'	۰۳۵ ۰۱'	کم	زیاد	زیاد
۹۱	یوزیدر	۰۴۶ ۳۸'	۰۳۵ ۰۱'	کم	زیاد	متوسط
۹۲	تنگپور	۰۴۶ ۳۷'	۰۳۵ ۰۱'	متوسط	زیاد	زیاد
۹۳	فیروزآباد	۰۴۶ ۳۸'	۰۳۵ ۰۰'	متوسط	متوسط	متوسط
۹۴	کاشتر	۰۴۶ ۴۰'	۰۳۵ ۰۰'	کم	زیاد	زیاد
۹۵	هندیمن	۰۴۶ ۴۶'	۰۳۵ ۰۰'	کم	زیاد	زیاد
۹۶	فرج آباد	۰۴۶ ۴۷'	۰۳۴ ۵۹'	کم	زیاد	متوسط
۹۷	فارس آباد	۰۴۶ ۴۷'	۰۳۴ ۵۹'	کم	زیاد	زیاد
۹۸	طای	۰۴۶ ۴۸'	۰۳۵ ۰۰'	کم	زیاد	زیاد
۹۹	دولاب	۰۴۶ ۵۱'	۰۳۵ ۰۲'	کم	زیاد	زیاد
۱۰۰	نزار	۰۴۶ ۴۸'	۰۳۵ ۰۳'	کم	خیلی زیاد	زیاد
۱۰۱	بزلانه	۰۴۶ ۵۳'	۰۳۵ ۰۴'	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۰۲	وصی سفلی	۰۴۶ ۴۹'	۰۳۵ ۰۵'	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۰۳	وصی علیا	۰۴۶ ۴۹'	۰۳۵ ۰۶'	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد

موقعیت در نقشه	روستا	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	آسیب‌پذیری در برابر سیلاب	آسیب‌پذیری در برابر لغزش زمین	آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه
۱۰۴	دره کوله	۵۳' ۴۶°	۰۶' ۳۵°	متوسط	خیلی زیاد	زیاد
۱۰۵	سواریان	۵۴' ۴۶°	۰۷' ۳۵°	کم	زیاد	متوسط
۱۰۶	کانی شلانه	۵۲' ۴۶°	۰۷' ۳۵°	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۰۷	آندراب	۵۱' ۴۶°	۰۷' ۳۵°	کم	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۰۸	گلین	۴۹' ۴۶°	۰۸' ۳۵°	کم	زیاد	خیلی زیاد
۱۰۹	خانقاه گلین	۵۰' ۴۶°	۰۸' ۳۵°	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۱۰	هشلی	۵۰' ۴۶°	۰۹' ۳۵°	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۱۱	درویشان	۵۱' ۴۶°	۰۹' ۳۵°	کم	متوسط	زیاد
۱۱۲	برزاب	۵۲' ۴۶°	۱۰' ۳۵°	متوسط	خیلی زیاد	زیاد
۱۱۳	پتلیدر	۵۱' ۴۶°	۱۱' ۳۵°	کم	زیاد	زیاد
۱۱۴	شیان	۴۶' ۴۶°	۱۰' ۳۵°	کم	زیاد	زیاد
۱۱۵	توریور	۴۸' ۴۶°	۱۱' ۳۵°	متوسط	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۱۶	اندر	۴۹' ۴۶°	۱۲' ۳۵°	کم	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۱۷	تخته	۵۱' ۴۶°	۱۳' ۳۵°	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد
۱۱۸	تکیه هشمیز	۴۸' ۴۶°	۱۲' ۳۵°	خیلی کم	زیاد	خیلی زیاد
۱۱۹	هشمیز	۴۷' ۴۶°	۱۳' ۳۵°	خیلی کم	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۲۰	حلوان	۴۹' ۴۶°	۱۳' ۳۵°	متوسط	زیاد	زیاد

نتیجه‌گیری

وضعیت طبیعی منطقه اورامان سبب شده است تا این منطقه پتانسیل مخاطره‌پذیری بالایی داشته باشد. بررسی‌های صورت گرفته نشان داده است که در طی سال‌های اخیر این منطقه با مخاطرات مختلفی از جمله حرکات دامنه‌ای، سیلاب و زمین‌لرزه مواجه شده است و همین مسئله سبب شد تا در این پژوهش به بررسی این مخاطرات در این منطقه پرداخته شود. نتایج ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری منطقه اورامان از نظر مخاطره زمین‌لغزش نشان داده است که بخش زیادی از محدوده مطالعاتی، خصوصاً مناطق شمال غربی و شرقی محدوده به دلیل ارتفاع و شیب زیاد، نزدیکی به رودخانه و راه‌های ارتباطی، همانند مناطق جنوبی بخش دهم‌زد شهرستان ایزه (آتش‌افروز و صفائی‌پور، ۱۴۰۰) و مناطق مرکزی حوضه آبریز شاهرود (جعفری و خدایی، ۱۴۰۲) دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است. از نظر مخاطره سیلاب، به دلیل کوهستانی بودن منطقه و ارتفاع زیاد، بخش کم‌تری از منطقه اورامان در طبقه پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. درواقع، بخش محدودی از مناطق مرکزی آن که ارتفاع و شیب کم‌تری دارند و در نزدیکی رودخانه‌ها هستند، در برابر مخاطره سیلاب آسیب‌پذیر هستند. از نظر مخاطره زمین‌لرزه نیز همانند مخاطره زمین‌لغزش، بخش زیادی از منطقه، خصوصاً مناطق غربی و جنوب غربی منطقه به دلیل نزدیکی به کانون زمین‌لرزه‌های رخ داده و نزدیکی به خط گسل، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی هستند. درمجموع نتایج این پژوهش نشان داده است که مناطق مرکزی محدوده اورامان از جمله روستاهای برقرو، نی‌آباد، دگاگاه، ماضی‌بن، نسل و بوری در به دلیل اینکه از نظر هر سه مخاطره (زمین‌لغزش، زمین‌لرزه و سیلاب) دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی هستند، به‌عنوان مخاطره‌پذیرترین روستاهای منطقه اورامان محسوب می‌شوند. با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که منطقه اورامان همانند بخش‌های زیادی از محدوده شهری سنندج (نصرتی و همکاران، ۱۴۰۱) و بخش‌های مرکزی شهرستان رودهن (صفاری و همکاران، ۱۴۰۲) دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطرات طبیعی است، بنابراین ضروری است تا در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای این منطقه، به عواملی همچون استحکام ساختمان‌ها در برابر زمین‌لرزه، تعیین حریم رودخانه‌ها و جلوگیری از پیشروی سکونتگاه‌ها به سمت آن‌ها در مناطق سیل‌خیز و همچنین پتانسیل حرکت دامنه‌ها توجه ویژه‌ای شود.

حامی مالی

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسنده اول: نظارت علمی بر تمامی مراحل تحقیق، تحلیل داده‌ها و نگارش نهایی مقاله

نویسنده دوم: گردآوری منابع کتابخانه‌ای، ورود اطلاعات و ترسیم نقشه‌ها
نویسنده سوم: انجام تحلیل‌های مکانی و فضایی با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی، تهیه و تفسیر نمودارها و جداول، تدوین چارچوب نظری پژوهش
نویسنده چهارم: جمع‌آوری داده‌های میدانی، مشارکت در تحلیل نهایی یافته‌ها.

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

نویسندگان از تمامی افرادی که در گردآوری داده‌های میدانی با آنها همکاری کرده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱. آتش‌افروز، نسرين، و صفائی‌پور، مسعود. (۱۴۰۰). ریز پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از تکنیک دیمتل و AHP فازی (مطالعه موردی: بخش دهدز استان خوزستان)، *مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای*، دوره ۱، شماره ۴، صص ۸۱-۶۱. https://www.srds.ir/article_134524.html
۲. احمدزاده، حسن، و داورپناه، مصطفی. (۱۴۰۲). تحلیل فضایی خطر وقوع سیل با رویکرد برنامه‌ریزی و مدیریت کاربری اراضی شهر ارومیه. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۲)، ۸۰-۶۳. <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.77571.1255>
۳. امیریان، سهراب، صفایی‌پور، مسعود، حسینی امینی، حسن، و عبادی، حسین. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی حریم ایمنی و آسیب‌پذیری در شهر اهواز از منظر پدافند غیرعامل، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۰ (۵۶)، ۳۰۹-۲۹۹. <http://dx.doi.org/10.29252/jgs.20.56.299>
۴. پیره، مهین؛ گنجائیان، حمید. (۱۴۰۳). تحلیل زمین‌لغزش‌های رخ داده در ارتباط با عوامل محیطی (مطالعه موردی: شهرستان سنندج). *جغرافیا و روابط انسانی*، ۷ (۳)، ۲۷۸-۲۴۲. <https://doi.org/10.22034/gahr.2025.458065.2135>
۵. جعفری، غلامحسین، و خدایی، روح‌اله. (۱۴۰۲). پهنه‌بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین‌لغزش به کمک مدل شانون. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۴)، ۲۷۴-۲۵۳. <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.75401.1183>
۶. رنجبر، محسن، و بیات، سارا. (۱۳۸۹). بررسی مخاطرات طبیعی شهرستان خمین با تاکید بر زلزله و مدیریت بحران. *جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس*، ۲ (۴)، ۴۹-۳۷. <https://www.sid.ir/paper/175735>
۷. سالاری، ممند؛ نیری، هادی؛ گنجائیان، حمید؛ امانی، خبات. (۱۳۹۶). مکان‌گزینی جهات مناسب توسعه شهری کامیاران با رویکرد مخاطره‌شناسی مبتنی بر اعمال مناطق ممنوع ژئومورفولوژیکی. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۴ (۴)، ۴۱۹-۴۳۶. <https://doi.org/10.22059/jhsci.2018.252694.341>
۸. صفاری، امیر، کیانی، سارا، و عباس‌زاده، امیرعلی. (۱۴۰۲). پتانسیل‌سنجی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر رودهن). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۲)، ۲۸۳-۲۶۷. <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.73710.1249>
۹. صفری‌نامیوندی، مهدی؛ گنجائیان، حمید؛ نصرتی، مژگان؛ محمدیان، کلثوم. (۱۴۰۳). شناسایی مناطق سیل‌زده و تحلیل عوامل موثر در وقوع آن (مطالعه موردی: جنوب شرق استان سیستان و بلوچستان). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۳۱ (۱)، ۱۹۴-۱۸۱. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2024.449586.1494>
۱۰. گنجائیان، حمید. (۱۳۹۹). مخاطرات ژئومورفولوژیک مناطق شهری، روش‌های مطالعه و راهکارهای کنترل آن. *نشر/انتخاب*، ۱۴۴ صفحه. <https://www.gisoom.com/book/11628118>
۱۱. گنجائیان، حمید. (۱۴۰۳). ارزیابی استعداد لرزه‌خیزی کلان شهرهای ایران. *فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»*، ۳۳ (۱۳۲)، ۱۸۸-۱۷۳. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2024.2019284.3047>
۱۲. گنجائیان، حمید. (۱۴۰۳). تحلیل مکانی و زمانی زمین‌لرزه‌های ایران در طی سال‌های ۱۹۰۷ تا ۲۰۲۳. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۳ (۴)، ۲۴۳-۲۲۲. <https://doi.org/10.22067/geoh.2024.87246.1470>
۱۳. گنجائیان، حمید؛ یمانی، مجتبی؛ گورابی، ابوالقاسم؛ مقصودی، مهران. (۱۴۰۲). ارزیابی میزان جابجایی سطح زمین در دشت کرمانشاه و تاثیر زلزله ازگله بر روند جابجایی با استفاده از روش SBAS. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۱۲ (۱)، ۱۳-۱. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2021.141038>
۱۴. گنجائیان، حمید؛ یمانی، مجتبی؛ گورابی، ابوالقاسم؛ مقصودی، مهران. (۱۳۹۹). انطباق شاخص‌های مورفوتکتونیک با کانون‌های زمین‌لرزه در زاگرس شمال غرب (حوضه‌های سیروان و قره‌سو). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۱ (۴)، ۱۳۰-۱۱۳. <https://doi.org/10.22108/gep.2021.124247.1335>
۱۵. لجم‌اورک، مرتضی، و پیری، زهرا. (۱۴۰۲). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و فن GIS (مطالعه موردی: شهرستان باغملک). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۳)، ۲۱۵-۱۹۳. <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.77009.1239>

۱۶. محمدخان، شیرین؛ گنجائیان، حمید؛ شهری، سمیه؛ عباس‌زاده، امیرعلی. (۱۳۹۸). بینی روند توسعه شهری به سمت مناطق مخاطره‌آمیز با استفاده از تصاویر چندزمانه؛ مطالعه موردی: شهر مریوان. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۸ (۱۱۰)، ۱۱۷-۱۰۷. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.36615>
۱۷. نصرتی، مژگان، خضری، سعید، و کاظمی، آفاق. (۱۴۰۱). بررسی و تحلیل مخاطرات طبیعی و مسائل انسانی و محیطی شهر سندرچ به منظور ارائه راهکارهای مناسب. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۱ (۱)، ۹۹-۱۱۵. <https://doi.org/10.22067/geoeoh.2021.71620.1092>
۱۸. نگهبان، سعید، پیسوزی، تینا، گنجائیان، حمید، و نوروزی، میلاد. (۱۴۰۰). شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش و جابجایی عمودی با استفاده از تصاویر راداری (مطالعه موردی: محدوده شهری و حاشیه شهری لواسان). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۰ (۳۹)، ۱۸-۱. <https://doi.org/10.22067/geoeoh.2021.71728.1094>
۱۹. نگهبان، سعید؛ گنجائیان، حمید؛ ابراهیمی، عطرن؛ امامی، کامیار. (۱۳۹۸). پایش و پیش‌بینی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی با استفاده از تصاویر چند زمانه (مطالعه موردی: شهر سنقر). فیزیک زمین و فضا، ۴۵ (۲)، ۳۴۳-۳۵۴. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2019.275076.1007084>
۲۰. نگهبان، سعید؛ گنجائیان، حمید؛ ابراهیمی، عطرن؛ قیصریان، سیدسعدی. (۱۴۰۳). تحلیل نقش عوامل محیطی در وقوع سیلاب‌ها با استفاده از سامانه گویگل ارث انجین (مطالعه موردی: غرب استان گلستان). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۵ (۴)، ۱۸-۱. <https://doi.org/10.22108/gep.2024.142342.1659>
۲۱. نگهبان، سعید؛ گنجائیان، حمید؛ فریدونی‌کردستانی، مژده؛ چشمه‌سفیدی، زیبا. (۱۳۹۸). ارزیابی توسعه فیزیکی شهرها و گسترش به سمت مناطق ممنوعه ژئومورفولوژیکی با استفاده از LCM (مطالعه موردی: شهر سندرچ). مخاطرات محیط طبیعی، ۲۰ (۲)، ۵۲-۳۹. <https://doi.org/10.22111/jneh.2018.21943.1317>
۲۲. نیری، هادی؛ سالاری، ممد؛ گنجائیان، حمید؛ امانی، خبات. (۱۳۹۶). ارزیابی ژئومورفولوژیکی تناسب زمین برای گسترش کالبدی شهر سندرچ با اعمال مناطق ممنوعه. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۵ (۱)، ۱۲۵-۱۴۷. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2017.63213>
۲۳. نیری، هادی؛ گنجائیان، حمید؛ امانی، خبات. (۱۳۹۷). ارزیابی شاخص‌های محیطی تناسب زمین برای گسترش کالبدی شهر سروآباد با تلفیق دو مدل تحلیل شبکه ای و منطق فازی. جغرافیای اجتماعی شهری، ۵ (۱)، ۶۲-۴۹. <https://doi.org/10.22103/JUSG.2018.1961>
24. Asmelash, A., Giulio, B., & Woldearegay, K. (2019). GIS-based landslide susceptibility evaluation using analytical hierarchy processes (AHP) approach: the case of Tarmaber District, Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, 11(1), 14-36. <http://dx.doi.org/10.4314/mejs.v11i1.2>
25. Beyene, E., & Minal, A.S. (2023). Modeling urban land use dynamics using Markov-chain and cellular automata in Gondar City, Northwest Ethiopia. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 21(2), 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2023.06.007>
26. Bronfman, N.C., Cisternas, P.C., Repetto, P.B., & Castaneda, J.V. (2019). Natural disaster preparedness in a multi-hazard environment: Characterizing the sociodemographic profile of those better (worse) prepared. *PLoS One*, 14(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214249>
27. Chen, Z., Huang, Y., He, X., Shao, X., Li, L., Xu, C., Wang, S., Xu, X., & Xiao, Z. (2023). Landslides triggered by the 10 June 2022 Maerkang earthquake swarm, Sichuan, China: spatial distribution and tectonic significance. *Landslides*, 20(10), 2155-2169. <https://doi.org/10.1007/s10346-023-02080-0>
28. Chini, M., Pelich, R., Pulvirenti, L., Pierdicca, N., Hostache, R., & Matgen, P. (2019). Sentinel-1 InSAR Coherence to Detect Floodwater in Urban Areas: Houston and Hurricane Harvey as a Test Case. *Remote Sens*, 11, 107. <http://dx.doi.org/10.3390/rs11020107>
29. Du, W., Wu, K., Fu, X., Sheng, Q., Chen, J., & Wang, X. 2023 Failure history, mechanism, and recent run-out reproduction of the Xinhua Village landslide triggered by the 2022 Ms 6.1 Lushan earthquake. *Landslides*, 20, 2675-2693. <https://doi.org/10.1007/s10346-023-02148-x>
30. El Jazouli, A., Barakat, A., & Khellouk, R. (2019). GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in oum Er high basin (Morocco). *Geoenviromental Disasters*, 6 (3), 1-12. <https://geoenviromental-disasters.springeropen.com/articles/10.1186/s40677-019-0119-7>
31. Fan, Y., & Ma, S. (2024). Integrating fuzzy analytic hierarchy process into ecosystem service-based spatial planning: A case study of the Shenyang metropolitan area, China. *Ecological Informatics*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102625>
32. Ganjaeian, H., Rezaei Arefi, M., Peysoozi, T., & Emami, K. (2021). Zonning susceptible areas of landslide using WLC and OWA methods -A case study in Mountain cliff Khan, Iran. *Sustainable Earth Trends*, 1(2), 35-43. <https://doi.org/10.52547/sustaineearth.1.2.43>
33. He, X., Xu, C., Qi, W., & Huang, Y. (2024). Contrasting landslides distribution patterns and seismic rupture processes of 2014 Jinggu and Ludian earthquakes, China. *Sci Rep*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79682>
34. Herryal, Z. A., Yustiningrum, E., Andriana, N., Sagala, A., & Anggun, M.S. (2017). Measuring Community Resilience to Natural Hazards: Case Study of Yogyakarta Province. *Disaster Risk Reduction in Indonesia*, 609-633. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-54466-3_25

35. Khattak, M. S., Anwar, F., Usman Saeed, T., Sharif, M., Sheraz, K., & Ahmed, A. (2016). Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River. *Civil engineering*, 40, 1375-1390. <http://dx.doi.org/10.1007/s13369-015-1915-3>
36. Kimura, H., & Yamaguchi, Y. (2000). Detection of landslide Areas Using Satellite Radar Interferometry. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66 (3), 337-344. <https://www.researchgate.net/publication/264004819>
37. Klai, A., Haddad, R., Bouzid, M.K., & Rabia, M.C. (2020). Landslide susceptibility mapping by fuzzy gamma operator and GIS, a case study of a section of the national road n°11 linking Mateur to Béja (Nortshern Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, 13(58). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-5029-1>
38. Ksantini, F., Sdiri, A., Aydi, A., Almeida-Naunay, A.F., Achour, H., & Tarquis, A.M. (2025). A comparative study based on AHP and fuzzy logic approaches for landslide susceptibility zoning using a GIS-based multi-criteria decision analysis. *Euro-Mediterr J Environ Integr*, 10, 649–668. <https://doi.org/10.1007/s41207-024-00552-w>
39. Kumar, S., Midya, K., Ghosh, S., Kumar, P., & Mishra, V.N. (2025). Land use change analysis and prediction of urban growth using multi-layer perceptron neural network Markov chain model in Faridabad- A data-scarce region of Northwestern India. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2025.103884>
40. Lee, M.j. (2015). Analysis on the flood vulnerability in the Seoul and Busan metropolitan area, Korea using spatial database, *EGU General Assembly*, 17 (1). <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015EGUGA..17.4667L/abstract>
41. Oliveira, C.S., Roca, A., & Goula, X. (2006). Assessing and managing earthquake risk: Geo-scientific and Engineering Knowledge for Earthquake Risk Mitigation: developments, tools, techniques. *Springer*. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-3608-8_1
42. Peng, Y. (2012). Regional earthquake vulnerability assessment using a combination of MCDM methods. *Ann Oper Res*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-012-1253-8>
43. Qi, S., Hu, S., & Cao, S. (2024). Spatial and temporal changes of social vulnerability of cities to natural hazards in Zhejiang province, China. *Heliyon*, 10(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27120>
44. Tian, H., Chang, C., Bo, J., Sun, X., Feng, F., Dai, T., Zhou, W., Li, H., & Gu, J. (2024). Research on the three-dimensional spatio-temporal dynamic evolution and kinematic characteristics of loess landslides induced by strong earthquakes. *Bull Eng Geol Environ*, 83, 230. <https://doi.org/10.1007/s10064-024-03736-4>
45. Wang W., Zhang W., & Xia Q. (2012). Landslide Risk Zoning Based on Contribution Rate Weight Stack Method. *International Conference on Future Energy, Environment, and Materials*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.030>

