Housing and Rural Environment
Print ISSN: 2008 - 4994 Online ISSN: 2588 - 6215
Homepage: https://jhre.ir

Assessment of landslide risk and exposure rural settlements in Bazoft basin of Chaharmahal and Bakhtiari province

Asghar Norouzi[1]✉, **Amirhossein Halabian**[2]

1. Corresponding author, Associate professor, department of geography and rural planning, Payame Noor University, Tehran. Iran. E-mail: a.norouzi@pnu.ac.ir
2. Associate professor, department of geography, Payame Noor University, Tehran. Iran. E-mail: am_halabian@pnu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 15 September 2024
Received in revised form 29 April 2024
Accepted 16 November 2024
Available online 31 December 2024

Keywords:
Landslide,
Rural settlements,
AHP,
GIS,
Bazoft.

ABSTRACT

Objective: The increase in natural hazards and the damage caused by them, especially with the expansion of human dispersion in all parts of the world, has made attention to this issue an international necessity. Landslides are one of these hazards, which usually affect settlements in mountainous areas, especially villages. The identification of vulnerable areas and their prediction in programmes, as well as the attempt to identify, introduce and take into account areas at risk, is a requirement for land planning and management and can reduce a large part of the threat of this hazard. Therefore, the aim of this study is to evaluate the landslide situation in the Bazoft basin using the AHP model and the application of Geographic Information System (GIS).

Method: The type of research is applied and the approach that governs it is analytical and quantitative. In order to assess the risk, slope, slope direction, geology, fault, land use, temperature and precipitation indices, distance from road, waterway and also distance from settlements were used. In order to assess the landslide risk, a hierarchical structure of criteria and sub-criteria was first drawn up. After preparing the desired maps, the weight of each criterion was calculated based on the AHP process. The factor layers were prepared using different sources such as 1:50,000 topographic map, 1:100,000 geological map and Landsat satellite images in the ArcGIS environment.

Results: The zonation of the basin in terms of landslide sensitivity was examined in five classes from "very low" to "very high" sensitivity in the final map. The highest sensitivities are found in the southern, central and northeastern parts of the basin.

Conclusions: In terms of area, 10.15% of the basin is "very high risk", 22.24% is "high risk", 27% is "moderate risk", 27.61% is "low risk" and only 13% is "very low risk". The results also showed that out of the 219 settlements in the basin, about 23% are in the "very high risk" range and only 19% are in the "very low risk" range; this is considered a serious threat to the inhabitants and it is necessary to take measures related to the conditions of each of them.

Cite this article: Norouzi, A., & Halabian, A.H. (2024). Assessment Landslide Risk and Exposure of Rural Settlements to It in the Bazoft Basin of Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Housing and Rural Environment*, 43 (188), 119-131. https://doi.org/10.22034/43.188.119

© The Author(s).
Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).
DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

Introduction

The increase in natural hazards and the damage caused by them, especially with the expansion of human settlements in all parts of the world, has made attention to this issue an international necessity. Among these hazards, landslides are the ones that usually affect settlements in mountainous areas, especially villages; in fact, landslides are a common natural phenomenon in mountainous and hilly areas. They can alter the geomorphology of the landscape and the destruction they cause is therefore a cause for concern.

The identification of vulnerable areas and their prediction in programmes, as well as the attempt to identify, introduce and take into account areas at risk, is a requirement for land planning and management and can reduce a large part of the threat of this hazard. Therefore, the aim of this study is to evaluate the landslide situation in the Bazoft basin using the AHP model and the application of Geographic Information System (GIS).

The Bazoft basin is part of the Karun sub-basin and is a mountainous area that is highly prone to landslides. There are 219 rural settlements in the basin. These settlements have a low level of facilities and services. As they were mostly established by nomads and based on property boundaries, they do not have suitable sites. Conditions and factors that contribute to the occurrence of landslides, such as construction activities, rural development, tourism, local and national development activities (roads, power lines), etc., have also doubled the vulnerability of the settlements in the region.

Method

The type of research is applied and the approach is analytical and quantitative. To assess the risk, slope, direction of slope, geology, fault, land use, temperature and precipitation indices, distance from roads, waterways and also distance from settlements were used. In order to assess the landslide risk, a hierarchical structure of criteria and sub-criteria was first drawn up. After preparing the desired maps, the weight of each criterion was calculated based on the AHP process. In the analytical hierarchy process, the most weight is given to the layer that has the most influence on the determination of the target. The target is landslide.

In other words, the weighting is based on the most important role. In other words, the AHP method involves a weighting matrix based on pairwise comparisons. In fact, in this method, after identifying the important criteria in the slope movements, the factors were compared. The way of weighting in the table is in the form of numbers from 9 to 1. The opinions of 30 experts were used for the weighting.

The factor layers were created using various sources such as 1:50,000 topographic maps, 1:100,000 geological maps and Landsat satellite images in the ArcGIS environment. The climate parameters are also based on thirty years of weather station statistics up to 2018.

Results

This study was carried out to assess the landslide risk and determine the status of rural settlements in Bazoft. In order to create a landslide risk map and determine the effective factors, information layers were created using different sources such as topographic maps,

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

geological maps and Landsat satellite images in the ArcGIS environment. Each layer was then classified.

A cumulative frequency plot was used to classify factors such as slope, precipitation, distance from a watercourse, distance from a fault, road and residential areas.The basin was divided into five classes in terms of landslide susceptibility, from "very low" to "very high" in the final map.

The highest susceptibility is found in the southern, central and north-eastern parts of the basin. The results also showed that the distribution of susceptibility classes was not uniform. In fact, about 33 percent of the basin is in the high and very high susceptibility classes, indicating a high potential for landslides in the region.

In the final step, the weights obtained from the AHP method were multiplied by the weighted overlay method in ArcGIS and the final hazard map was obtained. This map was then divided into 5 landslide classes and finally the rural settlement layer was combined with the sensitivity classes.

Conclusions

Despite advances in science and technology, it is still difficult to accurately predict the occurrence of landslides. This hazard continues to cause economic, social and environmental damage. One of the basic strategies to reduce the threat and impact of this hazard is to identify vulnerable areas. Therefore, landslides were assessed in this study.

It was found that slope, geology, slope direction and land use are the most important factors and have the greatest influence on landslides. Slope direction also leads to more snow melt and can increase the occurrence of this phenomenon. Lithological conditions also play an important role. The presence of active faults, especially the Zagros Fault, can also be effective. Land use and the road factor are the next priorities.

The results showed that In terms of area, 10.15% of the basin is "very high risk", 22.24% is "high risk", 27% is "moderate risk", 27.61% is "low risk" and only 13% is "very low risk."

The results also showed that out of the 219 settlements in the basin, about 23% are in the "very high risk" range and only 19% are in the "very low risk" range; this is considered a serious threat to the inhabitants and it is necessary to take measures related to the conditions of each of them.

Author Contributions

First author: Preparation of theoretical foundations and research background, analysis of data and results, editing, compiling and finalizing the article.

Second author: Modeling and preparation of maps, performing research calculations and interpreting them.

Data Availability Statement

Not applicable

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

Acknowledgements

Not applicable

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

مسکن و محیط روستا
شاپا چاپی: ۴۹۹۴ - ۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۶۲۱۵ - ۲۵۸۸
Homepage: https://jhre.ir

ارزیابی خطر زمین‌لغزش و مواجهه سکونتگاه‌های روستایی با آن در حوضه بازفت استان چهارمحال و بختیاری

اصغر نوروزی[1]✉، امیرحسین حلبیان[2]

۱ . نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: a.norouzi@pnu.ac.ir

۲. دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: am_halabian@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

کلیدواژه‌ها:
زمین‌لغزش،
سکونتگاه‌های روستایی،
AHP،
GIS،
بازفت.

چکیده

هدف: افزایش مخاطرات طبیعی و خسارت‌های ناشی از آن‌ها به‌ویژه با گسترش پراکندگی انسان در اقصی نقاط کره زمین، توجه به این مهم را به یک ضرورت بین‌المللی تبدیل کرده است. ازجمله این مخاطرات که معمولاً سکونتگاه‌های نواحی کوهستانی و به‌ویژه روستاها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، زمین‌لغزش است. شناخت نواحی مستعد و پیش‌بینی آن در برنامه‌ها و تلاش برای تعیین، معرفی و لحاظ نمودن محدوده‌های در معرض خطر، لازمه برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین است و می‌تواند بخش عمده‌ای از تهدید این مخاطره را کاهش دهد. بنابراین هدف این پژوهش ارزیابی وضعیت زمین‌لغزش در حوضه بازفت با استفاده از مدل AHP و کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است.

روش پژوهش: نوع پژوهش کاربردی و رویکرد حاکم بر آن تحلیلی و کمی است. جهت ارزیابی خطر، شاخص‌های شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، گسل، کاربری اراضی، دما و بارش، فاصله از جاده، آبراهه و همچنین فاصله از سکونتگاه‌ها مورداستفاده قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی خطر زمین‌لغزش ابتدا ساختار سلسله‌مراتب معیارها و زیرمعیارها ترسیم شد. پس از تهیه نقشه‌های موردنظر، بر اساس فرایند (AHP)، وزن هر یک از معیارها محاسبه شده است. لایه‌های عوامل با استفاده از منابع مختلف مانند نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست در محیط ArcGIS تهیه شده است.

یافته‌ها: پهنه‌بندی حوضه ازلحاظ حساسیت به زمین‌لغزش در پنج کلاس از حساسیت «خیلی کم» تا «خیلی زیاد» در نقشه نهایی ممیزی شد. بیشترین حساسیت‌ها در بخش جنوبی، مرکزی و شمال شرقی حوضه دیده می‌شود.

نتیجه‌گیری: به لحاظ وسعت ۱۰/۱۵ درصد حوضه با خطر «حساسیت خیلی زیاد»، ۲۲/۲۴ درصد «حساسیت زیاد»، ۲۷ درصد «حساسیت متوسط»، ۲۷/۶۱ درصد «حساسیت کم» و تنها ۱۳ درصد «حساسیت خیلی کم» است. همچنین نتایج نشان داد از تعداد ۲۱۹ سکونتگاه مستقر در حوضه، حدود ۲۳ درصد در محدوده «بسیار پرخطر» و فقط ۱۹ درصد در محدوده با «خطر بسیار پایین» قرار دارند؛ که این تهدیدی جدی برای ساکنان تلقی می‌شود و اتخاذ تمهیداتی مرتبط با شرایط هرکدام از آن‌ها ضروری است.

استناد: نوروزی، اصغر؛ حلبیان، امیرحسین. (۱۴۰۳). ارزیابی خطر زمین‌لغزش و مواجهه سکونتگاه‌های روستایی با آن در حوضه بازفت استان چهارمحال و بختیاری. *مسکن و محیط روستا*، ۴۳ (۱۸۸)، ۱۱۹-۱۳۱. https://doi.org/10.22034/43.188.119

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

© نویسندگان.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

مقدمه

در طول میلیون‌ها سال مخاطرات به‌عنوان یک پدیده طبیعی رخ داده و تنها گاهی حیات گیاهی و یا جانوری از آن متأثر می‌شد (Alca ´ntara-Ayala, 2002)؛ اما وقوع آن‌ها در مناطقی که عوامل و پدیده‌های انسانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، آن‌ها را تبدیل به مخاطره و نتیجتاً بحران می‌کند؛ پدیده‌هایی که با افزایش جمعیت و گسترش سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های مختلف انسانی در پهنه سرزمینی شدت بیشتری یافته‌اند (Norouzi, 2017). بر اساس آمار گزارش‌شده توسط EM-DAT در سال ۲۰۱۹، حداقل ۳۹۶ بلای طبیعی در جهان رخ داده که منجر به جان باختن ۱۱۷۵۵ نفر، تحت تأثیر قرار گرفتن ۹۵ میلیون نفر شده و نزدیک به ۱۳۰ بیلیون دلار آمریکا هزینه داشته است. ایران نیز ازنظر جمعیتِ تحت تأثیر مخاطرات طبیعی، جزء ۱۰ کشور اول دنیا به شمار می‌رود (Halabian, 2020). ازجمله این مخاطرات زمین‌لغزش است.

درواقع زمین‌لغزش از پدیده‌های طبیعی رایج در نواحی کوهستانی و دامنه‌ای است که می‌تواند ژئومورفولوژی چشم‌انداز را تغییر دهد؛ بنابراین تخریب ناشی از آن نگران‌کننده است. با تغییرات اقلیم جهانی و افزایش فعالیت‌های عمرانی و مهندسی انسانی، زمین‌لغزش‌ها نیز بیشتر اتفاق می‌افتند که منجر به خسارات اقتصادی بزرگ و تلفات جانی زیادی می‌شوند (Liu et al, 2022)؛ تا آنجا که گفته می‌شود این مخاطره، رتبه سوم را در بین سایر بلایای طبیعی در آسیب‌رسانی به زیرساخت‌ها و حیات انسانی دارد (Abedin et al., 2020) و حدود ۱۷ درصد از بلایای طبیعی جهان در ارتباط با آن است (Pourghasemi et al., 2012)؛ بنابراین، ارزیابی خطر به‌ویژه در مناطق جمعیتی که مستعد زمین‌لغزش هستند یک ضرورت برای ارائه اطلاعات به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان است.

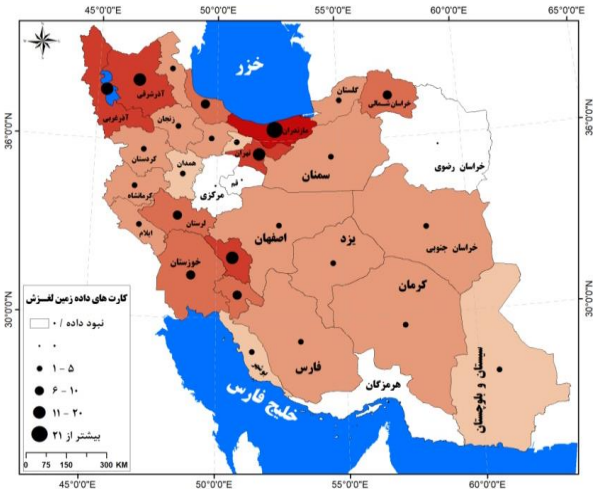
از نگاهی دیگر، امروزه وقوع بلایای زمین‌شناسی مانند زمین‌لغزش به عاملی محدودکننده در توسعه جوامع تبدیل شده است و در دهه‌های اخیر، بسیاری از کشورها توجه بیشتری به تحقیقات در این زمینه داشته و مطالعاتی را در مورد حساسیت و ارزیابی خطر زمین‌لغزش انجام داده‌اند (Feng et al., 2022). درواقع ازآنجایی‌که پیش‌بینی دقیق زمان وقوع زمین‌لغزش مشکل و علی‌رغم پیشرفت‌های علم و تکنولوژی از توان علمی و دانش امروزی بشر خارج است و همچنان منجر به خسارات اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی در سراسر جهان می‌شوند (Chalkias et al., 2014)، با شناسایی، تحلیل و ارزیابی خطر وقوع و پهنه‌بندی نواحی حساس و مستعد، ارزش و کاربرد بسیاری برای برنامه‌ریزان محیطی برای انجام اقدامات پیشگیرانه و کاهش آثار و خسارات دارد. به‌عبارتی‌دیگر شناخت نواحی مستعد یکی از گام‌های اولیه در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای–عمرانی است و برای تصمیم‌گیری مناسب و اتخاذ استراتژی، ارزیابی هر منطقه ازنظر وقـوع زمین‌لغزش و حساسیت به آن، ضروری است (MirAhmadi et al., 2022).

نواحی و جوامع روستایی به جهت اینکه به صورتی بی‌واسطه‌تر و جدی‌تر به طبیعت و منابع طبیعی وابسته‌اند، زودتر و بیشتر در معرض مخاطرات طبیعی قرار می‌گیرند. روستائیان به دلایل مختلف و ازجمله محرومیت‌های بیشتر و عدم در اختیار داشتن حداقل امکانات برای مقابله با حوادث غیرمترقبه طبیعی، بیشترین خسارات را از این‌گونه مخاطرات متحمل می‌شوند. ازاین‌رو، موضوع مخاطرات محیطی نواحی روستایی و مسائل آن از ضروریات انکارناپذیر مطالعات علمی امروزی است. بسیاری از سکونتگاه‌های روستایی در مکان‌های ناپایدار و در معرض خطر قرار دارند و هنوز فقر، سطح پایین زندگی، عدم دسترسی به امکانات مختلف، صدمه و زیان هر مخاطره‌ای را برایشان چندین برابر می‌کند. درواقع مخاطرات می‌توانند در جریان عادی زندگی روستائیان، تولید و معیشت آن‌ها وقفه ایجاد کرده و علاوه بر خسارات مالی و جانی، مشکلات اجتماعی و روانی جامعه را افزایش و طیف گسترده‌ای از آثار زیان‌بار به همراه داشته باشند (Nouri & Norouzi, 2017).

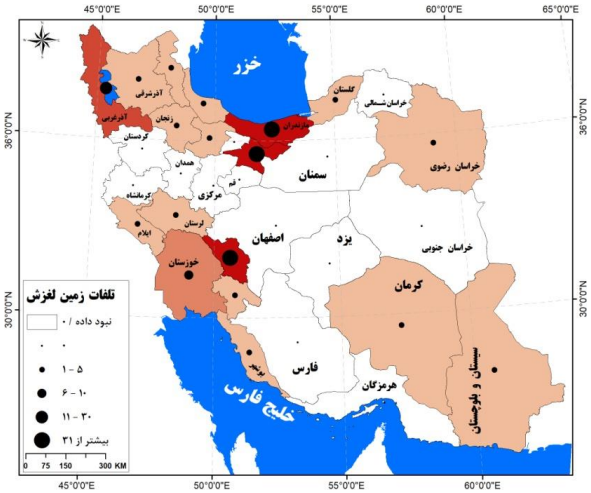
توزیع مکانی زمین‌لغزش‌ها اگرچه در جهان ناهمگن است، اما غالب آن‌ها (۷۵ درصد) در قاره آسیا از امتداد دامنه‌های هیمالیا، هند، چین، بنگلادش، اندونزی و فیلیپین گرفته تا خوشه‌های کوچک‌تر آن در ایران و ترکیه رخ می‌دهد. برای وقوع این پدیده نه‌تنها عوامل زمینه‌ساز طبیعی (زمین‌ساختی و اقلیمی) بلکه فعالیت‌های انسانی مؤثر بر رخداد آن‌ها در حال افزایش است. حدود ۱۴ درصد از تلفات ناشی از مخاطرات طبیعی جهان به این پدیده نسبت داده می‌شود و مرگ ۵۶۰۰۰ نفر بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶ نیز مهر تأییدی بر مرگ‌آور بودن آن است (Froude & petley, 2018). کشور ایران نیز به دلیل کوهستانی بودن، همواره

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

با مشکل حرکات توده‌ای مواجه است و این پدیده هرساله در بسیاری از مناطق خساراتی را به همراه دارد. بر اساس بررسی‌های انجام‌گرفته، حدود ۵۰ درصد از حرکات توده‌ای در ایران از نوع زمین‌لغزش است (Moradi et al., 2012)؛ این پدیده به علت آثاری که بر سازه‌های انسانی دارد، خسارات فراوانی را به‌ویژه بر روستاهای مناطق کوهستانی که بهترین شرایط وقوع را دارند، ایجاد می‌کند. بر اساس گزارش‌های موجود در پایگاه DesInventar Sendai تعداد کل رکوردهای (کارت‌های داده) زمین‌لغزش در ایران ۱۶۹ رکورد تا سال ۲۰۱۱ بوده است که به ترتیب استان‌های مازندران با ۳۱، چهارمحال و بختیاری با ۱۷ و آذربایجان شرقی با ۱۶ بالاترین تعداد را داشته‌اند (شکل‌های ۱ و ۲)؛ همچنین ثبت مجموع جان‌باختگان تا سال ۲۰۲۰ در ایران، ۱۱۶ نفر بوده است (Halabian, 2020). نمونه‌ای از وقوع زمین‌لغزش و بحران واقعی را می‌توان در مدفون شدن روستای «آبی کار» در مجاور رودخانه لبده در منطقه بازفت از شهرستان کوهرنگ استان چهارمحال و بختیاری اشاره کرد. در این واقعه، روستای «آبی کار» در عصر فروردین‌ماه سال ۱۳۷۷ و در پی بارش باران و وقوع لغزش به‌طور کامل مدفون شد و تمامی ساکنان آن (بیش از ۵۰ سکنه) کشته شده‌اند (Norouzi, 2017).



شکل ۱. تعداد زمین‌لغزش‌های ایران به تفکیک استان؛ منبع: Halabian, 2020



شکل ۲. پراکنش مکانی تعداد تلفات زمین‌لغزش ایران؛ منبع: Halabian, 2020

حوضه بازفت بخشی از زیرحوضه کارون و از مناطق کوهستانی و بسیار مستعد وقوع زمین‌لغزش است. از سویی دیگر، وجود تعداد ۲۱۹ سکونتگاه روستایی در این حوضه با سطح پایینی از امکانات و خدمات و عدم مکان‌یابی مناسب محل استقرار بیشتر سکونتگاه‌ها که بعضاً با اسکان عشایر و بر اساس محدوده مالکیت عرفی ایجاد شده‌اند و فراهم بودن شرایط و عوامل زمینه‌ساز در وقوع این پدیده، همچنین افزایش فعالیت‌های عمرانی، توسعه روستایی، گردشگری، برنامه‌ها و اقدامات توسعه‌ای محلی و ملی (جاده، خطوط انرژی) و...، آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های منطقه را دوچندان می‌کند. بنابراین در این پژوهش ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش و همچنین تبیین وضعیت مواجهه سکونتگاه‌ها که یک ضرورت برای برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای آینده است، مدنظر خواهد بود.

پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه حرکات توده‌ای انجام و تعاریف و طبقه‌بندی‌های مختلفی ارائه شده است. برخی واژه حرکات توده‌ای را برای تمامی حرکات دامنه‌ای و برخی از واژه زمین‌لغزش استفاده می‌کنند (Moradi et al., 2012). «زمین‌لغزش[1]» عبارت است از حرکت و پایین افتادن توده‌ای و یکپارچه حجم زیادی از مواد رسوبی روی دامنه‌ها که ممکن است در وسعت محدود و یا گسترده ایجاد شود. این پدیده به دنبال شرایط خاص توپوگرافی (شیب)، به همراه وجود لایه‌های زمین‌شناسی نفوذپذیر و غیرقابل‌نفوذ و در مناطق مرطوب و کوهستانی به وقوع می‌پیوندد (Norouzi, 2017)؛ این مواد ممکن است با افتادن، واژگون شدن، سُر خوردن، پخش شدن یا جاری شدن حرکت کنند (UNISDR, 2017). درواقع زمین‌لغزش یکی از انواع حرکات

1. Land slide

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

دامنه‌ای است که درمجموع می‌توان آن‌ها را بر اساس تقسیم‌بندی وارنس[۲] در ۵ گروه: ریزش سنگ، سقوط، لغزش، جریان خزشی و روانه‌های گِلی تقسیم کرد (Cooper, 2007). شارپ (۱۹۳۸) نیز حرکات توده‌ای را بر اساس نوع حرکت، نوع و حجم مواد، سرعت و میزان آب موجود بین مواد، به دو دسته لغزش و جریان (روانه) طبقه‌بندی می‌کند (Moradi et al., 2012). عوامل ایجادکننده زمین‌لغزش‌ها شامل عوامل مستعدکننده (شیب، نوع مصالح، عوامل ساختاری، گسیختگی‌های قبلی، وجود سطح یا جریان آب زیرزمینی) و عوامل تحریک‌کننده (زلزله، بارندگی، فعالیت‌های انسانی –حذف پوشش گیاهی، عمرانی) هستند (Fazel Nia et al., 2015; Fu et al, 2016; Wegman & Taubenbock, 2020)؛ بااین‌وجود عامل اصلی محرک زمین‌لغزش‌ها، نیروی جاذبه است. عمده‌ترین عوامل تحریک‌کننده نیز شامل فرسایش رودخانه‌ها، یخچال‌های طبیعی، امواج اقیانوس، تضعیف شیب سنگ و خاک ازطریق اشباع آب توسط ذوب برف یا باران‌های شدید، تنش‌ها و فشار بیش‌ازحد منافذ ناشی از نیروی زلزله (زلزله‌هایی با بزرگی بیشتر یا برابر با ۴ ریشتر)، فوران‌های آتش‌فشانی با تولید رسوبات خاکستر سست (لاهار)، سازه‌های انسانی و تغییرات توپوگرافی طبیعی ناشی از فعالیت‌های انسانی است (UNISDR, 2017). آبدین و همکاران نیز مهم‌ترین عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش را شامل ارتفاع، شیب، بارندگی، جهت شیب، کاربری/پوشش زمین، تغییر کاربری/تغییر پوشش زمین و فاصله تا شبکه راه‌ها می‌دانند (Abedin, 2020).

مفهوم دیگر در این زمینه «آسیب‌پذیری[۳]» است. مفهومی منفی که میزان آمادگی برای آسیب دیدن را بیان می‌کند. به‌عبارت‌دیگر، درجه‌ای از ناتوانی یک سیستم در برابر خطرات انسانی و طبیعی را تبیین می‌کند (Murphy & Scott, 2014). وستگیت و اوکیف[۴]، آن را به‌عنوان درجه‌ای از احتمال خطر که یک جامعه در وقوع پدیده‌های فیزیکی یا طبیعی شدید با آن روبه‌رو می‌شوند، می‌دانند (Norouzi, 2017) و بالاخره مفهوم «حساسیت زمین‌لغزش» به احتمال رخداد پدیده در یک منطقه اطلاق می‌شود و بیانگر مکان وقوع زمین‌لغزش است (Moradi et al., 2012). بر این مبنا زمین‌لغزش یک خطر است و استقرار سکونتگاه‌های روستایی در محدوده‌های احتمال وقوع، مواجهه و آسیب‌پذیری آن‌ها را تداعی می‌کند.

پیشینه توجه به مخاطرات محیطی یادآور تلاش همواره انسان برای مقابله با آن‌ها است؛ اما توجه و برخورد علمی و متکی بر برنامه‌ریزی، تاریخی نسبتاً جدید دارد. از دهه هفتاد موضوع مخاطرات محیطی به دلیل اهمیت یافتن نقش حوادث طبیعی در برنامه‌ریزی شهری، روستایی و ناحیه‌ای توجه برخی شاخه‌های علمی را به خود جلب کرد و در دهه ۱۹۸۰ با آشکار شدن رابطه بین توسعه‌نیافتگی و آسیب‌پذیری بیشتر در برابر مخاطرات به‌طور وسیعی توجه جهانی به آن معطوف شد. در دهه‌های اخیر نیز اهمیت بیشتری یافته؛ چنانکه سازمان ملل دهه ۱۹۹۰ را به‌عنوان دهه کاهش خسارت‌های ناشی از مخاطرات طبیعی معرفی کرده است (Nouri & Norouzi, 2017, quoted by Smith, 2012).

پیشینه کاربردی پژوهش نیز باتوجه‌به میان‌رشته‌ای بودن موضوع، متنوع است که در ادامه به برخی موارد اشاره می‌شود: جعفری و خدایی (۲۰۲۴) در پژوهشی به «پهنه‌بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین‌لغزش به کمک مدل شانون» پرداخته‌اند. بر اساس نتایج، پهنه‌های پرخطر ۴۱/۷۹ درصد و متوسط ۵۲/۷۶ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. امیراحمدی، جمال‌آبادی و دانشفر (۲۰۲۲) به «مدل‌سازی و پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌های حوضه لتیان» پرداخته‌اند. نتایج بازدید میدانی و ثبت موقعیت زمین‌لغزش‌های اتفاق افتاده، تطابق موقعیت موارد ثبت‌شده با نقشه پهنه‌بندی شده و هم‌پوشانی با طبقات حساسیت خیلی زیاد و زیاد را نشان می‌دهد. اجتماعی (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان «شناسایی پهنه‌های خطر ناشی از زمین‌لغزش در سکونتگاه‌های روستایی شهرستان داراب»، نقشه پهنه‌بندی را در ۵ طبقه با پتانسیل خطر خیلی زیاد تا خیلی کم تهیه کرد و نشان داد مناطق پرخطر منطبق با مناطق فاقد یا پوشش گیاهی کم، نزدیکی به آبراهه‌ها و گسل و شیب بین ۲۰ تا ۳۰ درجه است. همچنین حدود ۱۶ درصد منطقه در معرض خطر زیاد قرار دارد که ۱۰۱ آبادی را در خود جای داده‌اند. پیشنمازاحمدی، محمدزاده و ثقفی (۲۰۱۸) نیز به «پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش و خطرپذیری سکونتگاه‌های روستایی در زیرحوضه رودبار با روش تحلیل شبکه (ANP)» پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که بیش از ۵۰ درصد منطقه دارای خطر متوسط به

2. Varnes, 1978
3. Vulnerability
4. Westgate & O'Keefe (1976)

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

بالا بوده و از مجموع ۱۸۸ روستا، تعداد ۴۹ روستا (۲۵/۵۳ درصد) در پهنه‌های با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. فاضل‌نیا، حکیم دوست و یارمحمدی (۲۰۱۵) در پژوهشی به «پهنه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تأکید بر فاکتور زمین‌لغزش» پرداخته‌اند و به این نتیجه اشاره دارند که تعداد ۴۲ روستا در دهستان دوهزار شهرستان تنکابن در پهنه خطر خیلی زیاد و زیاد زمین‌لغزش قرار دارند. یمانی و همکاران (۲۰۱۳) «نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز کارون بزرگ را با استفاده از مدل AHP در محیط GIS» تهیه و نشان دادند که نواحی «خیلی پرخطر» و «پرخطر» اغلب در مجاورت مراتع و تپه‌ماهورها با حاشیه دامنه‌های بلند و ارتفاع متوسط در مجاورت روستاها هستند. تغییرات کاربری اراضی و توپوگرافیکی ناشی از احداث سد و جابه‌جایی خاک در کنار عوامل جانبی همچون فعالیت دام‌ها، عشایر کوچ‌رو و زراعت روستائیان در سطوح شیب‌دار به تشدید زمین‌لغزش‌های منطقه منجر می‌شود. رحیم زاده و علایی طالقانی (۲۰۱۲) احتمال وقوع لغزش را در حوضه آبخیز جوانرود با مدل تحلیل سلسله مراتبی بر اساس ویژگی‌های مورفولوژی شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که ۵۸ درصد از سطح حوضه جزء منطقه «بسیار پرخطر» و «پرخطر» است.

در بین پژوهش‌های خارجی نیز: فنگ[5] و همکاران (۲۰۲۲) خطر زمین‌لغزش را با استفاده از مدل‌های مختلف در محدوده‌های مناطق گسلی استان گانسو چین مورد ارزیابی قرار داده و با کاربرد هشت عامل شیب، ارتفاع، نوع شیب، جهت شیب، مهندسی، زمین‌شناسی، فاصله گسل، فاصله رودخانه و میزان بارش منطقه به‌عنوان شاخص ارزیابی ریسک در شرایط بارندگی، به ارائه مدلی جهت ارزیابی پرداختند. جیانچیانگ[6] و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی خطر زمین‌لغزش مبتنی بر پهنه‌بندی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در کریدور اقتصادی چین و پاکستان پرداخته‌اند. نتایج نشان داد عوامل اصلی کنترل‌کننده زمین‌لغزش مربوط به توپوگرافی، کاربری زمین و فاصله تا کانون زلزله است. لیو[7] و همکاران (۲۰۲۲) نیز به ارزیابی خطر زمین‌لغزش با رویکرد ترکیبی در منطقه شهری یانان چین پرداخته‌اند. نتایج نشان داد ۲۶ درصد منطقه دارای خطر بالا است که باید پویایی آن‌ها مورد پایش قرار گیرد. فرودلا[8] و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی خطر زمین‌لغزش در شهر آنتاناناریوو، ماداگاسکار پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که عوامل اصلی مؤثر بر زمین‌لغزش‌ها در منطقه مذکور شامل شیب، سنگ‌شناسی و فرسایش است و بیشتر رویدادهای زمین‌لغزش با بارندگی شدید ایجاد می‌شوند. مناطق مستعد عمدتاً در دامنه غربی، بخش جنوب شرقی و در شیب فرعی قرار دارند. بورنان و بوهداد[9] (۲۰۲۱) نیز تأثیر تغییر کاربری زمین بر زمین‌لغزش در شمال الجزایر را بررسی و نشان دادند ۴۰ درصد منطقه پرخطر و ۵۰ درصد در معرض خطر متوسط است. در ضمن فعالیت‌های انسانی عامل مهم محرک/تسریع‌کننده زمین‌لغزش‌های منطقه بوده‌اند. وگمن و توبنبوک[10] (۲۰۲۰) با کاربرد سنجش‌ازدور زمین‌لغزش‌های تاریخی را برای ارزیابی خطر در منطقه آنتیوکیا کلمبیا مورد شناسایی قرار دادند. تبیین ارتباط بین توپوگرافی و زمین‌لغزش از نتایج این پژوهش بوده است. فو[11] و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی عوامل محیطی در مناطق مستعد زمین‌لغزش در حوضه آبخیز شنمو (منطقه‌ای کوهستان با شیب‌های تند، توپوگرافی ناهموار و کوه‌های بلند) در تایوان پرداخته و نقش و سهم عوامل محیطی را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر موجب افزایش وقوع زمین‌لغزش شده است. در راستای مدیریت بهتر برای تصمیم‌گیرندگان (سیستم‌های هشدار، واکنش سریع، تخلیه) نیز نقشه‌های احتمال خطر تهیه شده است. چالکیاس[12] و همکاران (۲۰۱۴) با کاربرد GIS به بررسی و تهیه نقشه میزان حساسیت به زمین‌لغزش در شبه‌جزیره پلوپونز[13] یونان پرداخته‌اند. در این پژوهش عوامل ارتفاع، شیب، جهت، سنگ‌شناسی، پوشش زمین و میانگین بارش سالانه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در این پژوهش مدل رقومی مبتنی بر GIS نیز برای تعیین مناطق مستعد زمین‌لغزش مورد تأیید قرار گرفت. یالسین[14] و همکاران

5. Feng
6. Jianqiang
7. Liu
8. Frodella
9. Bourenane & Bouhadad
10. Wegman and Taubenbock
11. Fu
12. Chalkias
13. Peloponnese
14. Yalcin

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

(۲۰۱۱) به ارزیابی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل آماری رگرسیون لجستیک، AHP و GIS در ترابزون ترکیه به این نتیجه رسیدند که زمین‌شناسی، ارتفاع، فاصله از جاده و تغییر کاربری اراضی به‌عنوان پارامترهای مهم وقوع زمین‌لغزش در منطقه است. پرادهان[15] (۲۰۱۱) نیز به تجزیه‌وتحلیل میزان حساسیت زمین‌لغزش در منطقه سلانگور مالزی با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی، سنجش‌ازدور و GIS پرداخته است. مهم‌ترین دلایل وقوع زمین‌لغزش عامل بارندگی تشخیص داده شد. یوشیماتسو و ابه[16] (۲۰۰۶) ازطریق مدل AHP به پهنه‌بندی و ارزیابی خطر وقوع لغزش در ژاپن پرداخته و نهایتاً روشی برای پیش‌بینی مناطقی که متأثر از رخداد خطر لغزش هستند ارائه نمودند.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف کاربردی و ازنظر روش توصیفی–تحلیلی است. باتوجه‌به روش‌های مختلف کیفی و کمی در ارزیابی و پهنه‌بندی زمین‌لغزش‌ها، از روش کمی–آماری (مقادیر عددی حاصل از آنالیز لایه‌های اطلاعاتی) که پرکاربردترین روش‌های کمی تعیین حساسیت زمین‌لغزش به شمار می‌رود (Pour farrash zadeh & Asghari Sareskanrud, 2022)، استفاده شد. به این منظور از روش ترکیبی مدل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی که نسبت به سایر مدل‌های واسنجی شده نتایج مناسب‌تری ارائه و نسبت به سایر مدل‌ها برتری دارد (Yamani et al., 2013; Abdollahzadeh et al., 2016) و همچنین GIS به‌عنوان یک ابزار ضروری برای تهیه نقشه‌های مناطق مستعد خطر و به‌ویژه زمین‌لغزش (Tomas & Reyes, 2015, 166)، بهره گرفته شد.

عوامل مؤثر بر اساس مبانی نظری و پیشینه مطالعات علمی در خصوص زمین‌لغزش (ازجمله جعفری و خدایی (۲۰۲۴)؛ امیراحمدی، جمال‌آبادی و دانشفر (۲۰۲۲)؛ اجتماعی (۲۰۲۲)؛ فاضل‌نیا و همکاران (۲۰۱۵)؛ پورفراش‌زاده و اصغری سراسکانرود (۲۰۲۲)؛ یمانی و همکاران (۲۰۱۳)؛ فنگ و همکاران (۲۰۲۲)؛ فرودلا و همکاران (۲۰۲۲)؛ چالکیاس و همکاران (۲۰۱۴) و ...)، منطبق با موضوع و در دسترس و مرتبط بودن، شامل زمین‌شناسی، فاصله از گسل، شیب و جهت شیب، بارش و دما، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه و فاصله از نقاط سکونتگاهی تعیین شده‌اند. عامل زمین‌شناسی و گسل بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، شیب و جهت شیب با مدل رقومی زمین، کاربری اراضی بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای لندست (قابل‌دسترس در وبسایت earthexplorer.usgs.nasa.gov) و لایه‌های اطلاعاتی فاصله از آبراهه، جاده و سکونتگاه‌ها نیز بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیه شده‌اند. پارامترهای اقلیمی نیز بر مبنای آمار سی‌ساله ایستگاه‌های هواشناسی منتهی به سال ۲۰۱۸ تهیه شده است.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را دارد (Ghodsipour, 2013). درواقع روشی نیمه کیفی و شامل یک ماتریس وزن‌دهی بر مبنای مقایسات زوجی بین عوامل بوده و میزان مشارکت هریک از عوامل را مشخص می‌کند (Moradi et al., 2012). به‌منظور وزن‌دهی به معیارها، ابتدا مسئله تصمیم‌گیری (در این پژوهش یافتن نواحی مستعد زمین‌لغزش)، به‌صورت درخت سلسله مراتبی که شامل عناصر تصمیم‌گیری است، تدوین شد. پس از یکسان‌سازی داده‌های مورداستفاده، به‌منظور اجرای مدل، داده‌ها به یک فرمت رستری تبدیل و بر اساس نوع اولیه داده از یک روش مجزا و مشخص برای رستری کردن استفاده شد. در فرایند تحلیل سلسله‌مراتب بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف (زمین‌لغزش) دارد. به‌عبارت‌دیگر معیار وزن‌دهی به هر واحد اطلاعاتی بر اساس بیشترین نقشی است که در داخل آن لایه ایفا می‌کند و برای مؤلفه‌های مؤثر باتوجه‌به اهمیت آن‌ها، بالاترین ارجحیت و وزن‌دهی در نظر گرفته می‌شود. به بیانی دیگر، روش AHP شامل ماتریس وزن‌دهی بر مبنای مقایسات زوجی بین معیارهای مؤثر بوده و ارزش هر یک از عوامل مؤثر را در حرکات دامنه‌ای (زمین‌لغزش) مشخص می‌کند. درواقع، در این روش پس از مشخص شدن معیارهای مهم در حرکات دامنه‌ای، عوامل به‌صورت زوج با یکدیگر مقایسه و در ادامه هر یک از آن‌ها که اثرگذاری بیشتری داشته باشد، وزن بیشتری می‌گیرد. نحوه ارزش‌دهی در

15. Pradhan
16. Yoshimatsu & Abe

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

جدول ماتریس به‌صورت اعداد فرد تک‌رقمی از ۹ تا ۱ (بیشترین ارزش به کمترین ارزش) انتخاب شد، اعداد زوج تک‌رقمی نیز اولویت‌های فی‌مابین را تشکیل می‌دهند (جدول ۱). لازم به ذکر است برای وزن‌دهی و به عبارتی مقایسات زوجی از نظرات ۳۰ نفر از متخصصان و کارشناسان (با زمینه تخصصی جغرافیا، زمین‌شناسی، اقلیم‌شناسی، ژئومورفولوژی) استفاده شده است.

جدول ۱. مقادیر ترجیهات برای مقایسه‌های زوجی، منبع: Ghodsipour, 2013

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب	۹	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب	۳
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵	ترجیحات بین فواصل قوی	۸،۶،۴،۲

در مرحله بعد ماتریس‌های زوجی (وزن نسبی) و نرمالیزه محاسبه و وزن نهایی (مطلق) هرکدام از معیارها و زیرمعیارها (با تلفیق وزن‌های نسبی) به دست آمد. همچنین برای تعیین امتیاز نهایی عوامل (اولویت و ارجحیت‌ها)، از تلفیق ضرایب مزبور استفاده و برای این کار از اصل ترکیب سلسله مراتبی که منجر به بردار اولویت با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود (Ghodsipour, 2013; Bertolini & Braglia, 2006)، استفاده گردید. در ادامه برای محاسبه نرخ سازگاری، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی (A) را در بردار وزن (W) ضرب کرده تا تخمین مناسبی از λmax W به دست آید. به عبارتی A×W= λmax W باشد. با تقسیم مقدار λ max W بر W مربوطه مقدارλmax محاسبه می‌شود. سپس متوسطλmax را محاسبه و مقدار شاخص ناسازگاری را ازطریق رابطه ۱ می‌توان محاسبه نمود (Ghodsipour, 2013). نرخ ناسازگاری ازطریق رابطه ۲ محاسبه و I.R. نیز از جدول ۲ استخراج می‌شود.

رابطه ۱)
$$:I.I.= \frac{\lambda \max -n}{n-1}$$

رابطه ۲)
$$I.R.= \frac{I.I.}{I.I.R.}$$

جدول ۲. شاخص ناسازگاری ماتریس‌های تصادفی؛ منبع: Ghodsipour, 2013

n	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
I.I.R	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۵

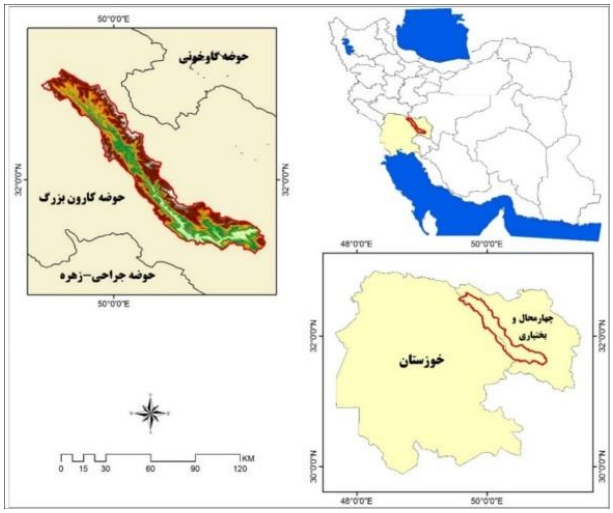
اگر نرخ ناسازگاری کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری قابل‌قبول است، در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر کرد. وزن نهایی لایه نیز ازطریق ضرب لایه‌های معیار و زیرمعیارها در وزنشان و حاصل جمع نهایی آن‌ها تعیین می‌شود.

محدوده موردمطالعه

زیرحوضه بازفت بخشی از ابرحوضه کارون بزرگ است که بخش اعظم آن در استان چهارمحال و بختیاری و بخش کوچکی از غرب و جنوب غربی آن در استان خوزستان قرار گرفته است (شکل ۳). این زیرحوضه در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۳ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه و ۲ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۳ دقیقه و ۲ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۴ ثانیه شمالی واقع شده است. بیشینه ارتفاعی در ارتفاعات شرقی و شمال غربی دیده می‌شود و کمینه ارتفاعی در بخش خروجی حوضه یعنی جنوب است. تغییرات ارتفاعی بین ۸۳۴ تا ۴۱۳۵ متر متغیر است؛ وسعت منطقه ۲۱۳۳ کیلومترمربع، متوسط رقم ارتفاعی معادل ۲۱۱۵ متر از سطح دریا و متوسط شیب حدود ۴۵ درصد است. متوسط بارش سالانه ۹۶۶ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۱۰/۴ درجه سلسیوس و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با محوریت افزایش بارش‌های شدید و کوتاه‌مدت نیز وجود دارد. ازنظر خاک‌شناسی، بافت‌های غالب شامل سیلتی لومی و رسی لومی بوده و بافت‌هایی نظیر شنی–لومی نیز مشاهده می‌شود. کاربری غالب مرتع بوده و کاربری جنگل و کشاورزی نیز از کاربری‌های عمده این حوضه است (Almasi et al., 2016). بخش زیادی از این محدوده دارای اقلیم معتدل سرد با تابستان خنک و خشک است (Mashayekhi et al., 2010). زمین‌شناسی منطقه با غالب سنگ‌های آهکی، آهک متخلخل، آهک مارنی، مارن آهکی و مارن با شرایط نسبتاً مناسب و مستعد وقوع زمین‌لغزش است (Yamani et al., 2013)؛ به‌ویژه لایه‌های سست سازند مارنی که عامل اصلی حرکات توده‌ای‌اند (Arab Ameri & Halabian, 2015) (شکل ۳).

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

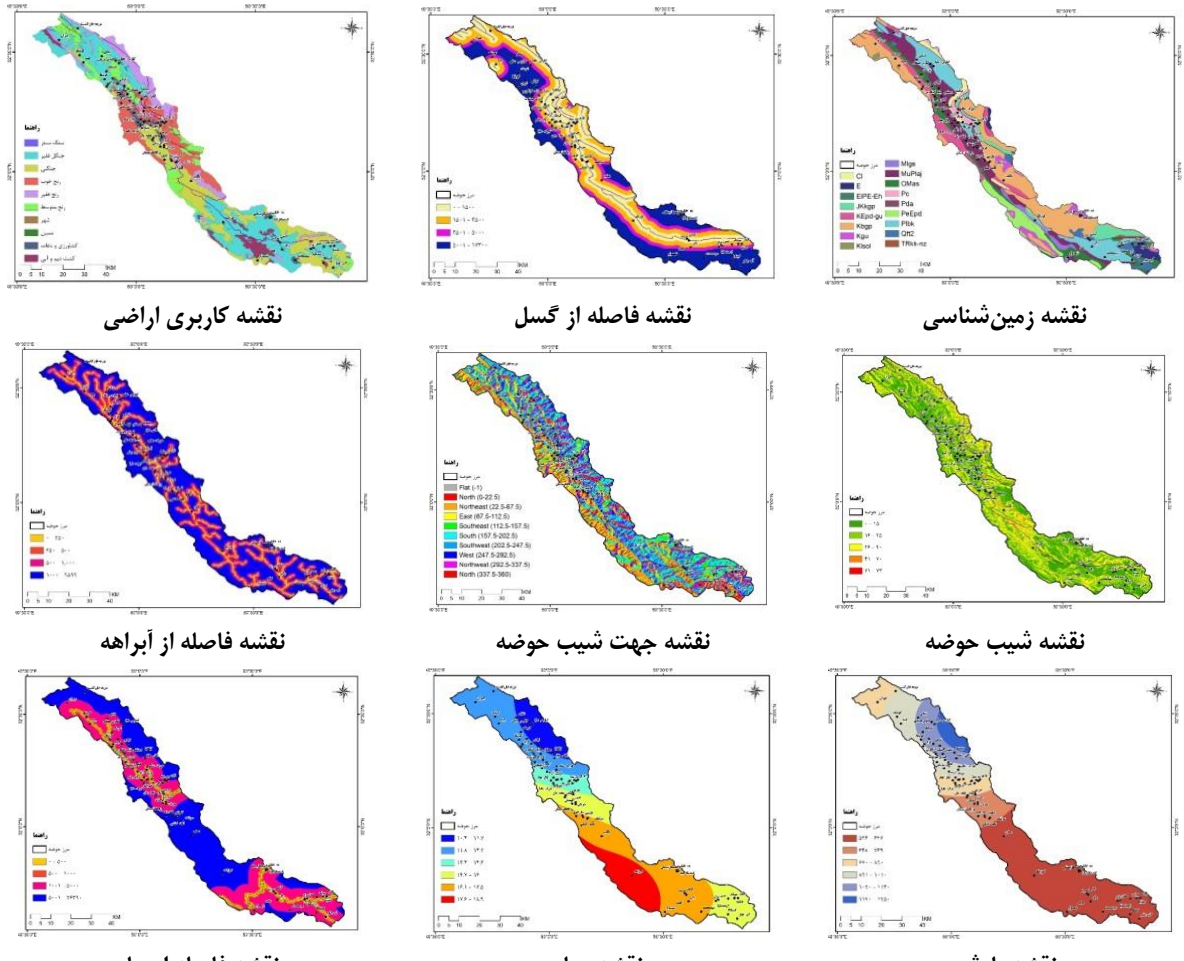
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]



شکل ۳. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

یافته‌های پژوهش

این پژوهش با هدف ارزیابی خطر زمین‌لغزش و تبیین وضعیت مواجهه سکونتگاه‌های روستایی انجام شد. برای تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش و تعیین عوامل مؤثر، لایه‌های اطلاعاتی عوامل با استفاده از منابع مختلف (نقشه توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای لندست و ...) در محیط ArcGIS تهیه و سپس هرکدام از آن‌ها برای به دست آوردن واحدهای همگن و کمّی کردن عامل و درنهایت دخالت در معادله، کلاس‌بندی شد (شکل ۴).



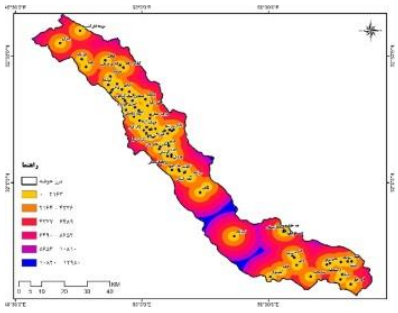
نقشه زمین‌شناسی **نقشه فاصله از گسل** **نقشه کاربری اراضی**

نقشه شیب حوضه **نقشه جهت شیب حوضه** **نقشه فاصله از آبراهه**

نقشه بارش **نقشه دما** **نقشه فاصله از جاده**

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]



نقشه فاصله از نقاط سکونتگاهی

شکل ٤. لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در حوضه بازفت

به‌منظور طبقه‌بندی عواملی مانند شیب، بارش، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، جاده و مناطق مسکونی باتوجه‌به ویژگی‌های آن‌ها از نمودار فراوانی تجمعی پیکسل در برابر ارزش هر پیکسل استفاده و مناطقی که روی این منحنی تغییر شیب پیدا کرده‌اند، به‌عنوان مرز یک طبقه با طبقه دیگر در نظر گرفته شد. نقشه‌های جهت شیب، زمین‌شناسی و کاربری اراضی نیز باتوجه‌به نوع آن‌ها، رده‌بندی نقشه‌های رقومی کلاس‌بندی انجام گرفت.

نقشه شیب و جهت شیب از مدل ارتفاعی رقومی تهیه و رده‌بندی آن نیز بر اساس نمودار فراوانی تجمعی پیکسل‌ها و جهات جغرافیایی صورت پذیرفت. نقشه کاربری اراضی بر مبنای تصاویر ماهواره‌ای لندست تهیه شده است. لایه‌های اطلاعاتی فاصله از آبراهه، جاده و مناطق مسکونی نیز بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های سازمان نقشه‌برداری تهیه و تماماً بر اساس مدل فاصله اقلیدسی به نقشه‌های رستری تبدیل شده‌اند. پارامترهای اقلیمی نیز بر مبنای آمار سی‌ساله ایستگاه‌های هواشناسی تهیه شده است.

به‌منظور ارزیابی خطر زمین‌لغزش و مواجهه سکونتگاه‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی، ابتدا ساختار سلسله‌مراتب معیارها و زیرمعیارها ترسیم شد. در ادامه پس از تهیه نقشه‌های موردنظر، بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن هر یک از معیارها محاسبه شده است (جدول ۳)؛ این وزن‌ها با استفاده از روش تقریبی میانگین حسابی محاسبه شده‌اند.

جدول ۳. وزن معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی خطر لغزش

معیار	گسل	جاده	آبراهه	بارش	دما	شیب	زمین‌شناسی	جهت شیب	کاربری	مسکونی
وزن	۰/۰۱۷	۰/۰۵۶	۰/۰۶۷	۰/۰۳۶	۰/۰۱	۰/۳۰۸	۰/۲۰۷	۰/۱۲۳	۰/۱۵۸	۰/۰۱۸

در آخرین مرحله وزن‌های حاصل از روش AHP در محیط ArcGIS در معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی خطر لغزش حوضه بازفت با روش Weighted Overlay ضرب گردید و نقشه نهایی خطر به دست آمد. سپس این نقشه بر مبنای نمودار فراوانی پیکسل‌ها و شکست‌هایی که در این نمودار حاصل می‌شود به ۵ کلاس لغزشی تقسیم‌بندی شد؛ درنهایت نیز روی‌هم‌گذاری لایه سکونتگاه‌های روستایی با طبقات حساسیت انجام شد (جدول ۴ و شکل ۵).

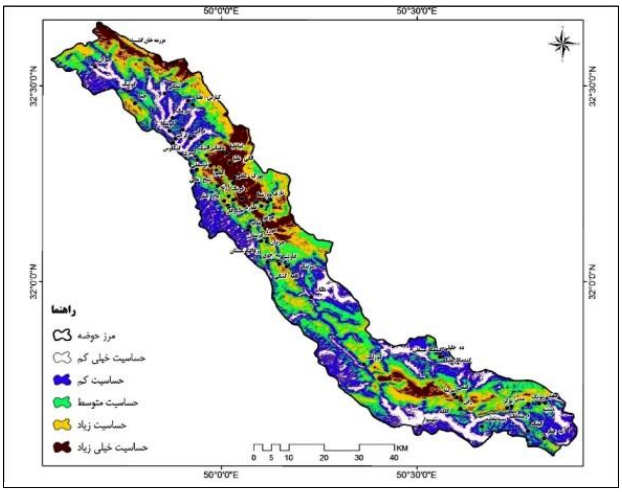
نکته پایانی این بحث این است که اگرچه در این پژوهش سعی شد با کاربرد معیارهای مختلف و ترکیبی انسانی (جاده، سکونتگاه و..) و طبیعی (زمین‌شناسی، اقلیم و..) بر غنای پژوهش افزوده شود، اما نتایج به لحاظ کاربرد مدل‌های ترکیبی با یافته‌های یمانی و همکاران (۲۰۱۳)، یالسین و همکاران (۲۰۱۱)، چالکیاس و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد. به لحاظ اولویت عوامل طبیعی با یافته‌های اجتماعی (۲۰۲۲) و جعفری و خدایی (۲۰۲۴)، مشابهت وجود دارد. همچنین نتایج با یافته‌های فرودلا و همکاران (۲۰۲۲) و بورنان و بوهداد (۲۰۲۱) و جیانچیانگ و همکاران (۲۰۲۲)، مبنی بر تأثیر عوامل انسانی و کاربری بر وقوع زمین‌لغزش، همسو است.

جدول ٤. کلاس‌بندی لغزش در ۵ طبقه خیلی کم تا خیلی زیاد

گستره لغزش	حساسیت خیلی کم	حساسیت کم	حساسیت متوسط	حساسیت زیاد	حساسیت خیلی زیاد
شکست‌ها	۵/۳	۶/۲	۶/۵	۶/۹	۷/۳

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]



شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی لغزش در زیرحوضه بازفت و وضعیت پراکنش سکونتگاه‌های روستایی

نتیجه‌گیری

امروزه علی‌رغم پیشرفت‌های علم و فناوری، هنوز پیش‌بینی دقیق زمان وقوع زمین‌لغزش‌ها مشکل است و این مخاطره همچنان منجر به خسارات اقتصادی، اجتماعی و محیطزیستی می‌شود. از راهکارهای اساسی در کاهش تهدید و آثار این مخاطره و در راستای برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین، شناخت نواحی مستعد و تلاش برای تعیین محدوده‌های در معرض خطر است؛ بنابراین در این پژوهش به ارزیابی وضعیت زمین‌لغزش و میزان مواجهه سکونتگاه‌های روستایی در حوضه بازفت با استفاده از مدل AHP و کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پرداخته شد. بدین منظور، از عوامل شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، گسل، کاربری اراضی، دما و بارش، فاصله از جاده، آبراهه و همچنین فاصله از سکونتگاه‌های روستایی استفاده شده است که مشخص گردید عوامل شیب، زمین‌شناسی، جهت شیب و نوع کاربری در اولویت‌اند و بیشترین تأثیر را در رخداد زمین‌لغزش در این حوضه دارند. درواقع مهیا بودن سایر شرایط با مداخله شیب و افزایش نیروی ثقل می‌تواند زمینه لغزش و به حرکت درآمدن دامنه‌ها را ایجاد نماید. جهت شیب و آفتاب‌گیری نیز منجر به ذوب و نفوذ بیشتر آب برف به سطوح نفوذپذیر زمین می‌شود و به‌ویژه در فصول بهار می‌تواند وقوع این پدیده را تقویت کند. وضعیت لیتولوژی (نفوذپذیری، جنس سنگ و...) نیز نقش زیادی در ناپایداری دامنه‌ها دارند. وجود گسل‌های فعال و به‌ویژه ابرگسل زاگرس نیز می‌تواند مزید بر علت باشد. نوع کاربری و تغییرات شدید آن در دهه‌های اخیر و متأثر از فعالیت‌های توسعه روستایی–کشاورزی و عمرانی نیز به همراه عامل جاده و مسیرهای ارتباطی که منجر به برش عرضی دامنه‌ها می‌شوند، در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

باتوجه‌به نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش، حوضه ازلحاظ حساسیت به زمین‌لغزش در پنج کلاس (حساسیت خیلی کم تا خیلی زیاد) پهنه‌بندی شد. بر اساس نتایج بیشترین حساسیت‌ها در بخش جنوبی، مرکزی و شمال شرقی وجود دارد. همچنین نتایج نشان داد توزیع طبقات حساسیت، توزیع منظم و یکسانی نداشته است و به لحاظ وسعت نیز ۱۰/۱۵ درصد حوضه با خطر «حساسیت خیلی زیاد»، ۲۲/۲۴ درصد «حساسیت زیاد»، ۲۷ درصد «حساسیت متوسط»، ۲۷/۶۱ درصد «حساسیت کم» و ۱۳ درصد با خطر «حساسیت خیلی کم» مواجه است. درواقع حدود ۳۳ درصد (یک‌سوم) این حوضه در طبقات زیاد و خیلی زیاد قرار دارد و این نشان از پتانسیل بالای منطقه در وقوع حرکات دامنه‌ای (زمین‌لغزش) است.

همچنین نتایج نشان داد از تعداد ۲۱۹ سکونتگاه مستقر در منطقه، تعداد ۵۰ سکونتگاه و آبادی (حدود ۲۳ درصد) در محدوده «بسیار پرخطر» قرار دارند و ضرورت توجه بیشتر به سکونتگاه‌های مذکور انکارناپذیر است. این در حالی است که فقط ۱۹ درصد روستاها در محدوده با «خطر بسیار پایین» قرار دارند.

باتوجه‌به نتایج مذکور پیشنهاد می‌شود اولاً با برنامه‌های دقیق و مطالعات مسائل محیطی و انسانی نسبت به مکان‌یابی برای روستاهای واقع در محدوده با خطر خیلی زیاد اقدام شود. دوم اینکه در عملیات و فعالیت‌های عمرانی و توسعه‌ای آتی منطقه نقشه‌های وضعیت خطر و آسیب‌پذیری ملاک عمل قرار گیرد. اقدامات حفاظتی (برای جاده‌ها، روستاهای در درجه دوم حساسیت

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]
[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

خطر و ...) نیز مدنظر قرار گیرد. جلوگیری از تغییرات شدید کاربری اراضی در محدوده روستاهایی مانند دهناش، دره مولا، دره هندو، دورک سفلی و علیا، طارم، تلورد، حسین‌آباد، الگی علیا، میان دوهان علیا و سفلی، تپا علیا، موچان، کاهیدان، دورک قنبری، سرمازه، کنمی، وقفی، ورزرد، ملکشیر، تولدان، گل‌شور، سربنه، دره قوطی، چوله‌دان، نالبندان که در محدوده خطر بسیار بالا قرار دارند ضروری است و می‌طلبد که متناسب با سایر شرایط در اولویت مکان‌یابی مجدد قرار گیرند.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی مبانی نظری و پیشینه پژوهش، تحلیل اطلاعات و نتایج، ویرایش، تدوین و نهایی‌سازی مقاله.
نویسنده دوم: انجام مدل و تهیه نقشه‌ها، انجام محاسبات پژوهش و تفسیر آن‌ها.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

References

Abdollahzadeh, A. Ownegh, M. Sadoddin, A. & Mostafazadeh, R. (2016). Comparison of two landslide-prone area determination methods in Ziarat Watershed, Golestan Province. *Emergency Management*, *5*(1), 5-13. (in persian).

Abedin, J. Wahid Rabby, Y. Hasan, Ik. Akter, H. (2020). An investigation of the characteristics, causes, and consequences of June 13, 2017, landslides in Rangamati District Bangladesh, *Geoenvironmental Disasters*, 7(23).

Alca ´ntara-Ayala, I. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, *Geomorphology*, 47 (2-4), 107–124. DOI:10.1016/S0169-555X(02)00083-1

Almasi, P. Soltani, S. Goodarzi, M. & Modarres, R. (2016). Studying the effects of climate change on surface runoff in the Bazofat watershed, *Journal of Water and Soil Sciences*, 20(78), 39-52. (in persian).

Arab Ameri, A. Halabian, A. H. (2015). Landslide hazard zoning using AHP weighted bivariate statistical model and geographic information system (case study: Zarand basin). *Quarterly Journal of Natural Geography*, 8(28), 65-85. (in persian).

Bertolini, M. Braglia, M. (2006). Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, *International Journal of Project Management*, 24(5), 422-430. DOI:10.1016/j.ijproman.2006.01.005

Bourenane, H. Bouhadad, Y. (2021). Impact of Land use Changes on Landslides Occurrence in Urban Area: The Case of the Constantine City (NE Algeria) ,*Geotechnical and Geological Engineering* , 39, 1–21.

Chalkias, Ch. Ferentinou, M. Polykretis, Ch. (2014). GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping on the Peloponnese Peninsula, *Greece, Geosciences*, 4, 176-190; doi:10.3390/geosciences4030176

Cooper, R.G. (2007). *Mass Movements in Great Britain*, Geological Conservation Review Series, No. 33, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 348 pp.

Ejtemaei, B. (2022). Identification of landslide hazard zones in rural settlements of Darab city. *Regional Planning*, *11*(44), 239-252. doi: 10.30495/jzpm.2021.28582.3952. (in p ersian).

Fazel Nia, GH. Hakim Doost, S.Y. & Yarmohammadi, M. (2015). Zoning of natural hazards in rural areas using geographic information system with emphasis on landslide factor (case study: Do Hezar village, Tonekabon city) *Journal of Rural Research and Planning*, 4(10). 11-20. (in persian).

Feng, W. Tang, Y. Hong, B. (2022) .Landslide Hazard Assessment Methods along Fault Zones Based on MultipleWorking Conditions: A Case Study of the Lixian–Luojiabu Fault Zone in Gansu Province (China). *Sustainability*, 14(13), 1-20. https://doi.org/10.3390/su14138098

Frodella, W. Rosi, A. Spizzichino, D. Nocentini, M. Lombardi, L. Ciampalini, A. Vannocci, P. Ramboason, N., Margottini, C., Tofani, V., Casagli, N. (2022). Integrated approach for landslide hazard assessment in the High City of Antananarivo, Madagascar (UNESCO tentative site). Landslide Research and Technology, 2(2), 361–371, https://link.springer.com/article/10.1007/s10346-022-01933-4.

Froude, M.J. Petley, D.N. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2161–2181. https://doi.org/ 10.5194/nhess-18-2161- 2018.

Fu, KL., Lin, BS., Thomas, K., Chen, CK., Hsing-Chuan. (2016). Evaluation of Environmental Factors in Landslide Prone Areas of Central Taiwan using Spatial Analysis of Landslide Inventory Maps. *Hazards Earth Syst*. doi: 10.5194/nhess-2016-127.

Ghodsipour, H. (2013). *Analytic Hierarchy Process*, 11th edition. Tehran, Amirkabir University of Technology. (in persian).

Halabian, A.H. (2020). *Atmospheric Hazards of Iran*. Isfahan, Jihad Daneshgahi. (in persian).

Jafari, G. H., & Khodaei, R. (2024). Zoning Land Surfaces of Shahroud Basin against the Occurrence of Landslides Using the Shannon Model. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(4), 253-274. doi: 10.22067/geoeh.2022.75401.1183 . (in persian).

Jianqiang, Zh. Yonggang, G., Yong, L. Qiang, Z., Yuhong, J. Huayong, C. Xiaoqing, C. (2022). Zonation-based landslide hazard assessment using artificial neural networks in the China-Pakistan Economic Corridor. *Geohazards and Georisks*, 10(1). https://www.frontiersin. Org/articles/

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]

10.3389/feart.2022.927102/full

Liu, W. Zhang, Y. Liang, Y. Sun, P., Li, Y. Su, X. Wang, A. Meng, X. (2022). Landslide Risk Assessment Using a Combined Approach Based on InSAR and Random Forest. *Remote Sens*. 14(9), 2131. https:// doi.org/10.3390/rs14092131

Mashayekhi, Z. Panahi, M. Karami, M. Khalighi, S. Khoshsolat, S. & Bakhtiari, F. (2010). Effect of forest covers on water conservation and surface runoff reduction in Bazoft river basin. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *18*(3), 364-352. (in persian).

MirAhmadi, A. jamalabadi, J. & daneshfar, R. (2022). Modeling and zoning of landslides in the Letian basin using a bivariate statistical comparison. *Emergency Management*, *11*(1), 97-127. (in persian).

Moradi, H R. Mohammadi, M. Pourghasemi, H. (2012). *Slope movements (mass movements) with emphasis on quantitative methods for analyzing landslide occurrence*, Tehran, Samt. (in persian).

Murphy, E. Scott, M. (2014). Household vulnerability in rural areas: Results of an index applied during a housing crash, economic crisis and under austerity conditions, *Geoforum*, 51, 75–86.

Norouzi, A. (2017). *Fundamentals of Crisis Management in Rural Areas*, Isfahan, Jahad Daneshgahi Publications. (in persian)

Nouri, S.H. & Norouzi, A. (2017). *Fundamentals of Environmental Planning for Sustainable Rural Development*, Isfahan, University of Isfahan. (in persian).

Pishnamazahmadi, M. mohamadzadeh, K. & saghafi, M. (2018). Landslide risk zonation and risk assessment of rural settlements in Rudbar basin by analytic network process (ANP). *Quantitative Geomorphological Research*, *7*(1), 211-225. (in persian).

Pour farrash zadeh, F. & Asghari Sareskanrud, S. (2022). Assessment and Zoning the Landslide Susceptibility Using Statistical Method in the Blaikhly Catchment (Yamchy Station). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *11*(2), 41-59. Doi: 10.22067/geoeh.2021.72256.1103. (in persian).

Pourghasemi, H. R. Moradi, H. R. Fatemi Aghda, S. M. Mahdavifar, M. R., & Mohammadi, M. (2012). Evaluation of geomorphological and geological parameters in landslide hazard mapping using fuzzy logic and AHP method (Case Study: a part of Haraz Watershed). *Journal of Water and Soil Conservation*, 18(4), 1-20. (in persian).

Pradhan, B. (2011). An Assessment of the Use of an Advanced Neural Network Model with Five Different Training Strategies for the Preparation of Landslide Susceptibility Maps. *Journal of Data Science*, (9), 65-81. doi.org/10.6339/JDS.201101_09 (1).0006

Rahimzadeh, Z. & Alaee Taleghani, M. (2012). Simulation of landslide risk in javanroud basin using AHP method considering geomorphic properties. *Geography and Environmental Planning*, *22*(4), 53-72. (in persian).

Smith, K. (2012). *Environmental Hazards*, Translated by: Ebrahim Moghimi and Shapour Goodarzi Nejad, Tehran, Samt. (in persian).

Tomas, D. Reyes, JR. (2015). Comparison of Semi-Quantitative and Statistical Regression Models in Assessing Landslide Prone Areas in Wahig-Inabanga Watershed, Bohol, Philippines, *International Journal of Environmental and Rural Development* , 2-6.

UNISDR. (2017). *Landslide Hazard and Risk Assessment*, https://www.unisdr.org/ files/52828_03 landslide hazard and risk assessment.pdf

Wegman, M. Taubenbock, H. (2020). Application of Remote Sensing Techniques to detect historical landslides for improving risk assessment in Antioquia, Colombia, https://www.researchgate.net/

Yalcin, A. Reis, S. Aydinoglu, AA., Yomralioglu, T. (2011). "A GIS basedComparative Study of Frequency Ratio, Analytical HierarchyProcess, Bivariate Statistics and Logistics Regression Methods forLandslide Susceptibility Mapping in Trabzon, NE Turkey,*Geomorphology*, Vol. 85, PP. 274-2. doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.014

Yamani, M. Hasanpoor, S. Mostafaei, A. Shadman Roodposhti, M. (2013). Mapping Landslide Hazard Zonation in Great Karoon Aquifer Basin by Analytical Hierarchy Process (AHP) model in Geographic Information System (GIS) Environment. *Geography and Environmental Planning*, *23*(4), 39-56. (in persian)

Yoshimatsu, H. Abe, S. (2006). A review of landslide hazards in Japan and assessment of their Susceptibility using an analytical hierarchic process (AHP) method. *Journal of Landslides*,(3), 149-158.

DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119

[Downloaded from jhre.ir on 2025-08-13]

[DOI: https://doi.org/10.22034/43.188.119]