Journal of Geography and Planning
Online ISSN: 2717-3534 Print ISSN: 2008-8078
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

Investigating land use changes and their effects on landslides (Case study: Namin County)

Leila Aghayary[1], **Sayyad Asghari Saraskanroud**[2]✉, **Batool Zeynali**[3]

1. Postdoctoral Researcher, Department of Physical Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: aghayary.leila@yahoo.com
2. Corresponding Author, Professor of Geomorphology, Department of Physical Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: s.asghari@uma.ac.ir
3. Professor of climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: zeynali.b@uma.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 15 April 2025
Revised: 2 September 2025
Accepted: 7 September 2025
Published: 29 July 2026

Keywords:
Landslide,
Land Use Changes,
ARAS Model,
Namin County.

ABSTRACT

Objective: "One of the types of landslide processes that causes significant human and financial losses every year in many parts of Iran and the world is the phenomenon of landslides. The increase in population and the expansion of human settlements in mountainous areas, the difficulty in predicting the time of landslide occurrence, and the numerous factors affecting the occurrence of this phenomenon, highlight the necessity of landslide risk zoning. The transfer of part of the slope sediments downwards will cause not only financial losses but also great risks to life; therefore, identifying areas that are prone to landslides can prevent this phenomenon as much as possible and protect the lives and property of people at risk. Therefore, the aim of the present study is to investigate the changes in different land uses and evaluate the effects of land use changes on landslides in Namin County.

Methods. In order to achieve the objectives of this research, first a land use map was prepared using the object-oriented method for the two periods of 2002 and 2024. In the next step, information layers of other effective factors for landslides in the city were prepared in the GIS environment. The evaluation and standardization of the layers were carried out using the fuzzy membership function and weighting of the criteria, using the CRITIC method. The final analysis and modeling was performed using the ARAS multi-criteria algorithm.

Results: The results of this study showed that the largest area in 2002 was related to poor pastures and rainfed agriculture, with 493.71 and 209.91 square kilometers, respectively, and in 2024, it was related to poor pastures and rainfed pastures with 422.62 and 271.93 square kilometers, respectively. According to the 2002 landslide zoning map, 15.15 and 22.46 percent of the county's area are in the very high and high-risk categories, respectively, and according to the 2024 landslide zoning, 15.92 and 26.04 percent of the county's area are in the very high-risk and high-risk categories, respectively.

Conclusions: In general, it can be said that the main reasons for the increase in the number of landslides in Namin Shib County are slope, land use change and human intervention through land use change, vegetation destruction, overgrazing, release of irrigation water at the end of agricultural lands, and road construction.

Cite this article: Aghayary, L., Asghari Saraskanroud, A., & Zeynali, B. (2026). Investigating land use changes and their effects on landslides (Case study: Namin County). *Journal of Geography and Planning*, 30(97), 49-68. http//doi.org/10.22034/gp.2025.66708.3388

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/gp.2025.66708.3388

Introduction

Iran, with its mountainous topography, high tectonic and seismic activity, and diverse climatic and tectonic conditions, has favorable conditions for the occurrence of landslides. Its importance is felt more in areas close to settlements and human facilities. Environmental hazards are defined based on the process of human interaction with the environment. Otherwise, the phenomena we call danger are part of the normal and common behavior of nature. This process has been dominant in geography since ancient times, perhaps since the dominance of environmental determinism, and according to many geographers, it is considered the main axis of geographical activities. Therefore, environmental risks are always considered one of the most important issues in societies. Mass movements, including landslides, are one of the most important issues in the field of natural hazards, because their occurrence can cause significant human and economic losses, especially in mountainous areas. The occurrence of landslides, which occur in many parts of the world and in Iran under favorable conditions, causes destruction of vegetation, gardens, agricultural lands, and even human deaths. With its predominantly mountainous topography, high tectonic and seismic activity, and diverse geological and climatic conditions, Iran has the most natural conditions for landslides to occur. One of the areas that is exposed to this risk is Namin County in Ardabil Province, which is exposed to the risk of landslides due to its hydrogeomorphology and hydroclimatic conditions. For this reason, this study has identified areas prone to landslides.

Materials and Methods

The research under study is an applied research type and its result is an investigation of land use changes and their impact on landslides in Namin city. This research is based on the use of remote sensing methods to obtain land use changes in the 22-year period of study and the use of the ARAS multi-criteria analysis method in the GIS environment to zone the soil landslides potential of Namin city due to land use changes. ARC GIS, Ecognition, ENVI, Idrisi Excel software have also been used to process images and analyze data. In order to investigate the risk of erosion in the data collection stage, first, considering the natural and human conditions of the region, the factors of slope, lithology, land use, precipitation, distance from communication road, distance from watercourse and soil were identified as effective factors in soil erosion in the study area. In the next stage, information layers related to each of the factors were prepared in the geographic information system environment. Information layers of communication roads and waterway network were prepared and measured using the map of communication lines and rivers of Ardabil province. The slope layer was prepared using a 12.5 m digital elevation model, Alos satellite, and Palsar sensor, taken from the site (vertex.daac.asf.alaska.edu). To extract information layers related to lithology (rock resistance), the geological map of Ardabil province was used with a scale of 1:10000. The precipitation map of the city was also drawn according to the data of meteorological and rain gauge stations and using the precipitation gradient equation (P:0.227H-85.04). Thus, in the ARC MAP software, using the Calculator Raster command, the elevation class map was replaced by the H component and then the precipitation map was extracted. In the present study, with the aim of extracting land use in Namin County, first, Landsat satellite images from (TM.OLI) sensors for two time periods from 2002 to 2024 were obtained in August from the US Geological Survey website, and then a land use map was extracted for the two time periods using an object-oriented method.

Results

The land use map of the study area is divided into 7 classes. The land use classes include forest, good pasture, poor pasture, residential, water cover, irrigated agriculture, and rainfed agriculture. Considering the distribution of landslide points in the area and comparing them with the land use map, it has been determined that the most landslide-prone land uses that have made the slopes susceptible to landslides include pastures, orchards, and agricultural lands, and the remaining land uses have played a lesser role in the occurrence of this phenomenon in this area. Land use is one of the most important components in relation to landslide occurrence because it indicates the nature of land cover and use. Rivers and stream drainage may cause failure and damage to river banks due to shear slope or flow erosion. Flowing water always moves in valleys and troughs and performs destruction, erosion, transport and sedimentation. Rivers also play an important role in cutting the foot of the slope and, like communication roads, are effective in slope instability, and areas close to waterways have a higher potential for slope movements, especially landslides. Elevation is one of the effective factors in the amount of precipitation, humidity, frost, etc. Typically, high areas are exposed to slope movements, including landslides, due to frost and high slopes. Given that the study area has a large difference in elevation. There is also a significant temperature difference between high and low areas, therefore altitude can indirectly increase the potential for landslide hazards. For this reason, with increasing altitude, especially above 1900 meters, the snowfall increases, and when it melts in the spring, it fills the rivers with water and plays an important role in the erosion of steep slopes. For this reason, altitude is considered as one of the important parameters. The highest

altitude is in the northeastern regions and the lowest in the central and southwestern parts of the region. By examining the studied area, the highest altitude is 2326 meters and the lowest is 1240 meters. The elevation lines

between 1500 and 1830 include the highest amount of landslides, and at an altitude of more than 2000 meters, the probability of landslides due to the type of soil at this altitude decreases. The rainfall layer of the area is divided into 4 classes, with rainfall ranging from 258 mm in the southwest to 607 mm in the east and northeast. A comparison of the location of landslides and the corresponding layer to the rainfall in the study area shows that most landslides occur in rainfall classes of 465 to 580 mm.

Conclusion

Landslides are processes in which numerous and diverse factors are involved in their occurrence and stimulation. The climatic characteristics, geological structure, topography, soil and hydrology of Namin County have provided a suitable environment for the emergence of geomorphological phenomena, especially landslides. Water and soil are among the most precious national resources of the country. Unfortunately, in the last decade, due to land use changes and destruction of vegetation, most of the precipitation has turned into runoff, in addition to wasting this vital resource, it also causes huge floods, causing great financial and human losses. Knowing the ratio of land uses and how it changes over time is one of the most important issues in planning and policy-making and preserving natural resources and people's lives and property. It can be said that land use changes are one of the important factors in creating environmental hazards, including landslides. Therefore, in the present study, land use changes and their role in the rate of landslides were investigated and analyzed using remote sensing techniques and ARAS multi-criteria analysis for two time periods of 2002 and 2024. The results of the studies showed that in 2002, the most dominant area of land use was related to poor pastures and rainfed agriculture, covering 493.71 and 209.91 percent of the basin area, respectively, and in 2024, the largest area was allocated to poor pastures and rainfed agriculture, covering 422.62 and 271.93 percent of the basin area. According to the results of the study during the period under study, the most important changes during this period include an increase in agricultural land, an increase in the area of human settlements, and barren land, while a decrease in good and poor pastures. According to the zoning output map of Namin County, it can be said that 15.15 percent of the total area of the study area in 2002 and 18.92 percent in 2024 is in the very high-risk category, 22.46 percent in 2000 and 26.04 percent in 2024 is in the high-risk category.

Keywords: Landslide, Land Use Changes, ARAS Model, Namin County.

جغرافیا و برنامه ریزی
شاپا چاپی: ۸۰۷۸-۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۳۵۳۴-۲۷۱۷
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر زمین لغزش (مطالعه موردی: شهرستان نمین)

لیلا آقایاری[۱]، صیاد اصغری سراسکانرود[۲]✉، بتول زینالی[۳]

۱. پژوهشگر پسادکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: aghayary.leila@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، استاد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: s.asghari@uma.ac.ir
۳. استاد اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: zeynali.b@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۰۷

کلیدواژه‌ها:
زمین لغزش،
تغییرات کاربری اراضی،
مدل ARAS،
شهرستان نمین.

چکیده

یکی از انواع فرآیندهای دامنه‌ای که هرساله موجب خسارات جانی و مالی فراوانی در بسیاری از نقاط ایران و جهان می‌شود، پدیده زمین‌لغزش است. افزایش قابل توجه جمعیت و گسترش اقامت‌گاههای انسانی درمناطق کوهستانی، دشواری زمان پیش‌بینی وقوع زمین‌لغزش و عوامل متعدد موثر در وقوع این پدیده، ضرورت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را آشکار می‌سازد. انتقال بخشی از رسوبات دامنه به سمت پایین آن علاوه برخسارت‌های مالی، خطرات جانی زیادی را نیز در پی خواهد داشت؛ بنابراین شناسایی مناطقی که مستعد زمین‌لغزش می‌باشند می‌تواند در حد ممکن از وقوع این پدیده جلوگیری کند و باعث حفظ جان و مال انسان‌های در معرض خطر شود. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات کاربری‌های مختلف اراضی و ارزیابی اثرات تغییرات کاربری‌ها بر وقوع زمین‌لغزش در شهرستان نمین است. برای دستیابی به اهداف این پژوهش، ابتدا نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش شیءگرا برای دو دوره زمانی ۲۰۰۲ و ۲۰۲۴ تهیه شد. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی سایر عوامل مؤثر برای زمین لغزش شهرستان در محیط GIS تهیه شد. ارزش‌گذاری و استانداردسازی لایه‌ها از طریق تابع عضویت فازی و وزن‌دهی معیارها، با استفاده از روش CRITIC انجام شد. تحلیل و مدل‌سازی نهایی با بهره گیری از الگوریتم چند معیارARAS، انجام گرفت. نتایج این پژوهش بیانگر این است که، بیشترین میزان مساحت در سال ۲۰۰۲ مربوط به مراتع ضعیف و زراعت دیم، به ترتیب با ۴۹۳/۷۱ و ۲۰۹/۹۱ کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۴، مربوط به مراتع ضعیف و مراتع دیمی به ترتیب با ۴۲۲/۶۲ و ۲۷۱/۹۳ کیلومترمربع می‌باشد. براساس نقشهٔ پهنه‌بندی زمین لغزش در سال ۲۰۰۲ به ترتیب ۱۵/۱۵ و ۲۲/۴۶ درصد و طبق پهنه‌بندی زمین لغزش ۲۰۲۴ به ترتیب ۱۵/۹۲ و ۲۶/۰۴ درصد از مساحت شهرستان نمین در دو طبقهٔ بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند. به طور کلی می توان گفت، عمده دلایل افزایش مقدار وجود زمین لغزش در سطح شهرستان نمین شیب، تغییر کاربری و دخالت عوامل انسانی از طریق تغییر کاربری اراضی، تخریب پوشش گیاهی، چرای بیش از حد، رها شدن آب آبیاری در انتهای اراضی زراعی، احداث جاده از جمله عوامل عمده زمین لغزش شهرستان نمین می‌توان عنوان کرد.

استناد: آقایاری، لیلا؛ اصغری سراسکانرود، صیاد و زینالی، بتول (۱۴۰۵). بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر زمین لغزش (مطالعه موردی: شهرستان نمین). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۳۰ (۹۷)، ۴۹-۶۸.
http//doi.org/10.22034/gp.2025.66708.3388

ناشر: دانشگاه تبریز.
© نویسندگان.

مقدمه

ایران با داشتن توپوگرافی کوهستانی، فعالیت‌های زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط بسیار متنوع اقلیمی و زمین‌ساختی شرایط مساعدی برای بروز پدیده زمین‌لغزش دارد. اهمیت و نیاز به مطالعه آن در مناطق نزدیک به سکونتگاه‌ها و تاسیسات انسانی بیشتر احساس می‌شود (عامری و همکاران، ۱۳۹۷). مخاطرات محیطی و طبیعی براساس فرایند رابطه انسان با محیط تعریف و بیان شده است. در غیر این‌صورت پدیده‌هایی که خطر ما می‌نامیم. جزء رفتار و واکنش معمول و رایج طبیعت است. مخاطرات محیطی از روزگاران قدیم و احتمالا از استیلای جبر محیطی بر جغرافیا و زمین حاکم بوده و به عقیده خیلی از جغرافی‌دانان محور اصلی فعالیت‌ها و مطالعات جغرافیایی محسوب می‌شود (علیجانی، ۱۳۹۳). براین اساس مخاطرات محیطی همواره از مهم‌ترین موضوعات مطرح در جوامع امروزه به شمار می‌آید (سیمونکیس[1] و همکاران، ۲۰۱۶). حرکات توده ای از جمله زمین‌لغزش از مهم ترین مباحث و بحران در زمینه مخاطرات طبیعی است، چرا که رخداد آن می‌تواند خسارات جانی و اقتصادی فراوانی را به ویژه در مناطق کوهستانی و مرتفع در پی داشته باشد (ژانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۹).

حرکات توده‌ای به حرکت نسبتا زیادی از مواد شامل سنگ و خاک روی یک زیربنای ثابت به دلایل مختلف گفته می‌شود که براساس شکل و عوامل ایجاد کننده آن به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین نوع حرکات توده‌ای، زمین لغزش است (قویمی پناه و همکاران، ۱۳۹۶). وقوع زمین‌لغزش به عوامل متعددی؛ همچون شیب، شرایط زمین‌شناسی، ویژگی‌های اقلیمی، هیدرولوژیکی، نوع کاربری‌زمین، پوشش‌گیاهی و عوامل انسانی بستگی دارد (ژو، ژو و تان[3]،۲۰۲۰؛ گورابی[4]، ۴۱۴۰۰). لغزش‌ها در بسیاری از نقاط یک تهدید جدی برای جمعیت ایجاد می‌کنند (پتلی[5]، ۲۰۲۱). بر روی مخاطره زمین لغزش پدیده‌های مختلفی تاثیرگذار هستند و در افزایش وقوع این پدیده نقش مستقیمی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به بارش، ذوب برف، تغییرات دما، زلزله، فعالیت‌های آتشفشانی و فعالیت‌های انسانی اشاره کرد (کروزیر[6]، ۲۰۱۰). این پدیده طبیعی به اختلال در سیستم آب و خاک، تخریب راه‌های ارتباطی، مناطق مسکونی، خطوط انتقال نیرو، سازه‌های مهندسی، تخریب پوشش‌گیاهی و اراضی کشاورزی، رسوب‌گذاری سریع و گسترده، تسریع فرایند فرسایش و انتقال حجم زیادی از رسوبات به پشت سدها و تغییر و تحول سیمای زمین منجر می‌گردد (ماترازی و همکاران[7]، ۲۰۲۱).

وقوع پدیده زمین‌لغزش که در بسیاری از نقاط دنیا و کشور ایران در شرایط مساعد رخ می‌دهد، موجب تخریب پوشش گیاهی، باغ‌ها، اراضی زراعی و حتی مرگ‌ومیرهای انسانی می‌شود (عابدینی، ۱۳۹۳). ایران با توپوگرافی عمدتا کوهستانی، فعالیت زمین ساختی و لرزه‌خیزی زیاد و شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، از عمده شرایط طبیعی برای رخداد زمین لغزش‌ها برخوردار است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۶).

مکانیسم وقوع این پدیده به این صورت هست که در سازندهای ریزدانه (رس، مارن و شیل) در اثر جذب آب، خاصیت کلوئیدی مصالح بهم ریخته و تا جائیکه که رطوبت نفوذ کرده باشد، خاک از توده اصلی جدا شده و در اثر نیروی ثقل در روی دامنه شروع به حرکت می‌کند (احمدی، ۱۳۸۶). اما، نکته‌ای که باید مورد توجه باشد این است که زمین لغزش‌ها جزو مخاطراتی محیطی هستند که امکان بررسی پتانسیل وقوع مناطق از لحاظ وقوع آن وجود دارد و می‌توان با پیش‌بینی نواحی با احتمال خطر زیاد، از خسارات و آسیب‌های انسانی و اقتصادی ناشی از آن با برنامه‌ریزی اصولی و مناسب پیشگیری کرد. برای این منظور روش‌های متعددی و فراوانی وجود دارد که از مهم‌ترین و اصولی‌ترین آن‌ها پهنه‌بندی می‌باشد. پهنه‌بندی مخاطره

1. Symeonakis
2. Zhang
3. Zhou, Zhou & Tan
4. Rabby
5. Petley
6. Crozier
7. Materazzi et al

زمین لغزش، ترسیم نقشه مناطق با احتمال وقوع یکسان در زمان معینی می‌باشد. از این رو سطح زمین به نواحی کاملا مجزایی از درجات بالفعل و بالقوه خطر (بسیار کم تا بسیار زیاد) تقسیم بندی می‌شود (بل و کلتید[1]، ۲۰۰۴). همچنین می‌توان بیان کرد، شناسایی دقیق و اصولی مناطق مستعد و دارای پتانسیل زمین‌لغزش و تولید نقشه‌های دقیق منطقه‌بندی براساس حساسیت به رانش زمین از موضوعات مهم و قابل توجه برای مطالعات مدیریت خطر می‌باشد (کلوکسن و همکاران[2]، ۲۰۱۶). نقشه‌های پهنه‌بندی می‌توانند در زمینه‌های مختلفی مانند مدیریت و حفاظت از خاک و منابع طبیعی، برنامه‌ریزی توسعه و گردشگری، مکان‌یابی اراضی مناسب برای توسعه شهری و روستایی، برنامه‌ریزی زیست‌محیطی، تعیین مسیر جاده‌ها و خطوط انتقال برق و انرژی، به برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیرندگان و مدیران مربوطه کمک و راهنمایی کنند (کرم، ۲۰۰۴). در سال‌های اخیر، روش‌های متعددی برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش مورد استفاده قرار گرفته است و یکی از روش‌هایی که بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است.

یکی از مناطقی که در معرض وقوع این مخاطره قرار دارد شهرستان نمین استان اردبیل می‌باشد که به دلیل وضعیت هیدروژئومورفولوژی و شرایط هیدرواقلیمی، در معرض مخاطره زمین لغزش قرار دارد. و به همین دلیل در این پژوهش به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در آن پرداخته شده است. ارزیابی تغییرات کاربری سطح زمین برای دستیابی به اطلاعات مستمر و دقیق در ارتباط با پویایی مناطق مختلف در یک دوره زمانی خاص برای هر نوع برنامه‌ریزی توسعه بسیار مهم است (مشتاق مهر و همکاران، ۱۴۰۴).در شهرستان نمین به دلیل عدم توجه به مسئله و قابلیت و تناسب کاربری زمین، بیشتر اراضی به صورت نامناسب و نامعقول استفاده می‌شوند که این استفاده نادرست، به شدت وقوع مخاطره به خصوص زمین‌لغزش را افزایش می‌دهد و همچنین با توجه به اینکه اغلب کاربری اراضی به صورت زمین‌های کشاورزی، باغات و مراتع می‌باشد، استفاده غیراصولی و بی‌رویه از اراضی، باعث افزایش میزان زمین‌لغزش در شهرستان نمین می‌گردد.

پیشینه پژوهش

با توجه به پیشینه تحقیق، از آنجایی که مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله مدل‌های تصمیم‌گیری هستند که در دو دهه اخیر از محبوبیت بالایی برخوردار بوده‌اند، در این مطالعه از روش ARA که مبتنی بر رویکرد برنامه‌ریزی بهینه و بهینه‌سازی چندمعیاره است، به عنوان یک قاعده تصمیم‌گیری چندمعیاره برای پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در شهرستان نمین استفاده خواهد شد. در این راستا، شناسایی مناطق مستعد زمین‌لغزش با استفاده از تکنیک‌های پهنه‌بندی برای مدیریت این خطر ضروری است (رابی و همکاران[3]، ۱:۲۰۲۲؛ نصیری و همکاران، ۱۰۶:۱۴۰۱).

مطالعات داخلی

در مورد موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که گزیده ای از آنها عبارتند :. اصغری و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های owa و ANN در شهرستان پاوه پرداختند و نتایج نشان داد که مناطق بسیار پرخطر و پرخطر، به طور عمده درشیب ۱۵–۳۰ درصد، کاربری زراعی، سازنده‌های نامقاوم و سست کواترنری و در خاک‌هایی با درصد زیاد رس، سیلت و مارن قرار دارند. در نهایت با مقایسه‌ی دو روش، مشخص گردید که مدل OWA دارای دقت بالاتری نسبت به روش ANN بوده است. خدایی و همکاران (۱۴۰۰) به پایش زمین‌لغزش‌ها با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری InSAR (مطالعه موردی : منطقه اهر تا ورزقان) پرداختند و نتایج این پژوهش حاکی از فعّال بودن تنها برخی از زمین-لغزش-های موجود در جنوب منطقه در طول مدت زمان اخذ تصاویر راداری است. همچنین نتایج نشان داد که داده-های راداری و روش پردازش تداخل سنجی InSAR در شناسایی، پایش زمین‌لغزش‌ها و محاسبه میزان

1. Bel and ghiteid
2. Koleksen et al
3. Rabby et al

جابجایی آن‌ها از پتانسیل خوبی برخوردار است و جهت دستیابی به نتایج دقیق-تر استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر در این زمینه سودمندتر خواهد بود. نگهبان و همکاران (۱۴۰۰) به شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش و جابجایی عمودی با استفاده از تصاویر راداری در محدوده شهری و حاشیه شهری لواسان پرداختند نتایج بیانگر این موضوع بود که مناطق مستعد لغزش ۳۰/۱ کیلومتر مربع مناطق دارای جابجایی بیش از ۴۵ میلی متر ۲۶/۲۷ کیلومتر مربع و همچنین مناطق مستعد لغزش و دارای جابجایی بیش از ۴۵ میلی متر ۶/۹۷ کیلومتر مربع از محدوده را در بر گرفته است. شریفی و همکاران (۱۴۰۰) پهنه بندی زمین لغزش شهرستان نور با استفاده از مدل تحلیل شبکه را بررسی کردند و یافته های پژوهش نشان می دهد که مناطقی که در شمالی، شمال‌غرب و شمال‌شرق قرار گرفتند بیشترین میزان زمین‌لغزش دارا می باشد که ۱۴/۹۴ درصد از کل مساحت شهرستان می‌باشد. همچنین حواشی شهر نور نیز براساس زمین لغزش در طبقه احتمال کم و احتمال خیلی کم قرار گرفته است که علت آن را می‌توان بارش کم، ارتفاعات و شیب های کم و .. عنوان کرد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی اثرات ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال و پهنه بندی خطر زمین لرزه با تاکید بر توان لرزه زایی گسل ها (مطالعه موردی: نمین، آستارا، تالش) پرداختند نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن‌است که شهرهای نمین، عنبران، لوندویل و اسالم در پهنه خطر بسیار زیاد زمین‌لرزه، آستارا در پهنه خطر زیاد، حویق در پهنه خطر متوسط و شهرهای هشتپر و آبی‌بیگلو در پهنه‌بندی خطر بسیار کم قرار دارند. حنیفی نیا و همکاران (۱۴۰۱)، به بررسی معیارهای موثر بر زمین‌لغزش و پهنه‌بندی حوضه آبخیز زیوه با استفاده از دو مدل آنتروپی شانون پرداختند نتایج بیانگر عملکرد خیلی خوب این مدل بر روی پهنه‌بندی زمین‌لغزش می‌باشد. ذاکری نژاد و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از داده های سنجش از دور و مدل حداکثر آنتروپی (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز کمه، جنوب استان اصفهان) پرداختند بر اساس نتایج حاصل شده، از کل مساحت منطقه مورد مطالعه، ۱۳۹۷۶۰ هکتار ۶۹/۸۴،درصد خیلی کم خطر ۵/۱۵۴۴۹ هکتار۹/۳۶درصد، کم خطر، ۳۹/۶۹۰۳ هکتار ۱۸/۴درصد، نسبتا کم خطر ۸۵/۲۴۵۶هکتار ۴۸/۱ درصد پر خطر و ۹۱/۴۴۵هکتار ۲۷/۰ درصد در طبقه خیلی پرخطر قرار دارد. ملکی و همکاران (۱۴۰۲) ارزیابی مخاطره زمین‌لغزش و واکاوی علل آن در جاده جدید سردشت– بانه حدفاصل سردشت -دارساوینرا مطالعه کردند و نتایج نهایی نشان داد که بازه‌های (یک) سردشت تا سه را قلته (و دو) سه راه قلته تا بریسو به ترتیب دارای پتانسیل ناپایداری و در سطح خطر بالایی قرار دارند. نتایج اعتبارسنجی بر مبنای منحنی *ROC* با مقدار ۸۱۱/۰ دال بر کارایی مدل بود. کنعانی (۱۴۰۲) به بررسی و شناسایی مناطق مستعد و دارای پتانسیل وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز سد ایلام با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای پرداختند براساس نتایج حاصل شده، بخش‌های مرکزی و غربی منطقه مورد مطالعه پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین‌لغزش دارند. درحقیقت، این مناطق به دلیل واقع شدن و نزدیکی به خطوط گسلی، رودخانه و جاده اصلی، نوع کاربری و شیب زیاد، مستعد وقوع خطر زمین‌لغزش هستند. همچنین بخش‌های شرقی منطقه به دلیل نوع کاربری، دور بودن از خطوط گسلی، دور بودن از جاده و رودخانه، دارای پتانسیل و احتمال وقوع کمی جهت وقوع زمین لغزش دارند. اورک و همکاران (۱۴۰۲) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهرستان باغملک پرداختند و نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان رخداد زمین لغزش‌ها مرتبط با شیب و جنس زمین بوده است. لجم اورک و همکاران (۱۴۰۲) پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) و فن *GIS* در شهرستان باغملک را بررسی کردند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که عامل شیب، جنس زمین و شبکه آب‌های سطحی با رتبه یک تا سوم بیشترین تاثیر و جاده و جهت شیب با رتبه هشتم و نهم نیز کم‌ترین تاثیر را در وقوع زمین لغزش در این منطقه داشته است . مناطق با خطر کم ۴۳/۲۵ درصد و مناطقی با درصد زیاد ۴/۰۱ درصد از منطقه را داشته اند. نتیجه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه در ارتباط با شیب و جنس زمین بوده، چرا که این عوامل با دخالت فعالیت‌های شبکه آب‌های سطحی، بارندگی و دیگر عوامل یاد شده، باعث سست شدن پیوند بین رسوبات شده و حرکت آنها را موجب می‌شود .حساس‌ترین قسمت‌های منطقه نیز جنوب غرب و قسمت هایی از شرق و غرب منطقه بوده و مقاوم ترین قسمت منطقه قسمت‌های شمال، شمال غرب و بخش‌هایی از شرق منطقه بوده است. انتظاری و همکاران (۱۴۰۳) بررسی وضعیت زمین لغزش حوضه آبریز طارم با استفاده از مدل همپوشانی ریسک–آسیب پذیری را مورد بررسی قرار دادند نتایج این پژوهش نشان داد که از کل سطح حوضه، ۱۷٪ کلاس ریسک آسیب پذیری خیلی کم، ۳۵٪ کلاس ریسک آسیب پذیری کم، ۲۳٪ کلاس

ریسک آسیب پذیری متوسط، ۱۶٪ کلاس ریسک آسیب پذیری زیاد و ۹٪ کلاس ریسک آسیب پذیری بسیار زیاد را به خود اختصاص داده اند. آقایاری و همکاران (۱۴۰۳) به شناسایی و پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع مخاطره زمین لغزش در شهرستان گرمی پرداختند می توان گفت مهم‌ترین عامل اصلی دخیل در افزایش مقدار و پتانسیل زمین‌لغزش در شهرستان گرمی، تغییر کاربری‌اراضی و افزایش زمین‌های کشاورزی و چراگاه‌های دامی می‌باشد. عابدینی و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی و شناسایی نواحی مستعد خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه نوبران استان مرکزی پرداختند و نتایج بررسی‌ها نشان داد؛ به ترتیب ۴۱۷/۱۱ و ۴۰۰/۳۰۰ کیلومترمربع از مساحت حوضه نوبران، در طبقه‌بندی بسیار پرخطر و پرخطر، قرار گرفته‌اند و مناطق بسیار پرخطر و پرخطر در سازندهایی با زیربنای سنگ سخت به همراه مواد رسوبی و سست سطحی و توده سنگ‌های ریولیتی، کاربری‌های کشاورزی و مرتع و چراگاه‌های دامی، شیب‌های ۳۵-۲۰ درصد و ارتفاعات بیش از ۱۶۰۰ متر قرار گرفته‌اند. غیور و همکاران (۱۴۰۳) به ارزیابی ریسک زمین لغزش با رویکرد ژئومورفولوژی در حوضه کالپوش پرداختند نتایج این روش نشان می دهد که ۱۰۹ زمین لغزش با زمان وقوع نسبی متفاوت (قبل از سال ۱۳۴۷ تا ۱۴۰۱) در حوضه کالپوش وجود دارد. قدیمی‌ترین آنها (قبل از سال ۱۳۴۷) دارای مساحت، عمق، حجم و شدت بیشتری بوده، بنابراین در صورت فعالیت مجدد خطر زیادی برای منطقه خواهند داشت. ۹ منطقه با ریسک لغزشی بالا به صورت متمرکز در جنوب و غرب حوضه کالپوش شناسایی گردید. همتی و همکاران (۱۴۰۴) پتانسیل خطر ناپایداری‌های دامنه‌ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک در حوضه آبریز شهرچای ارومیه را ارزیابی کردند نتایج این پژوهش نشان داد که در حوضه آبریز شهرچای ارومیه، ناپایداری‌های دامنه‌ای عمدتاً شامل لغزش‌های سطحی و ریزش سنگ هستند که بیشترین رخداد را داشته‌اند. این امر به‌طور خاص در مناطقی با شیب‌های تند، نزدیکی به گسل‌ها و جاده‌ها، و در مناطق فاقد پوشش گیاهی مشاهده شد.

مطالعات خارجی

همچنین در طی سال های اخیر از روش‌های متعددی به منظور پهنه‌بندی زمین‌لغزش استفاده شده است برای مثال؛ تاج‌الدین[1] و همکاران (۲۰۱۸)، در اولوکلانج، واقع درکشور مالزی، گیگاویس[2] و همکاران (۲۰۱۹)، در بخش غربی جمهوری صربستان، وجتکووا[3] و وجتک (۲۰۲۰)، در شهر هاندلوا اسلواکی. برا[4] و همکاران (۲۰۱۹)، مطالعه‌ای را به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تجزیه و تحلیل چند معیاره، در حوضه نامچی جنوبی در هیمالیا شرقی انجام دادند. در این مطالعه برای تعیین مقادیر وزن عوامل مختلف، از فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی استفاده شده است و مقادیر رتبه بندی نسبی، برای زیر کلاس های هر لایه موضوعی، بر اساس تأثیر متناظر آن‌ها بر روی محرک‌های رانش زمین اختصاص داده شده است. در نهایت، بر اساس تکنیک ترکیبی وزنی. نقشه خطر زمین لغزش منطقه نامچی در پنج طبقه به دست آمد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که روستاهای بومتار، جورثانگ، کوپچی، دونوک، نامتنگ، سمبوک، لانگچوک، مامینگ، تورونگ و میخولا، بسیار مستعد لغزش زمین هستند و از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش می‌توان، برای پیشگیری از خطر زمین لغزش، برنامه‌ریزی مناسب برای زیرساخت های آینده و توسعه کاربی اراضی در منطقه نامچی استفاده کرد. براگنانو[5] و همکاران (۲۰۲۰)، در بررسی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و با بهره‌گیری از عوامل ژئومورفولوژیکی (ارتفاع، جنبه، شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی، انحنای مشخصات)، زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی) و کاربری اراضی زمین‌لغزش در دو شهر بزرگ برزیل (پورتو آلگره و ریودوژانیر) را بررسی کردند. و نتایج نشان داد که روش *ANN*، ابزاری مؤثر برای کمک به توسعه نقشه‌های مستعد لغزش زمین می‌تواند باشد. وجتکووا[6] و وجتک (۲۰۲۰)، با استفاده از روش *AHP*، به ارزیابی و مطالعه استعداد لغزش زمین، در شهر هاندلوا اسلواکی پرداختند. با توجه به نتایج بررسی‌ها، مهم‌ترین عامل شیب شناخته شده و ۵۱/۹ درصد از کل منطقه مورد مطالعه دارای طبقه

1. Tajeddin
2. Geygawoos
3. Vojtekova
4. Brao
5. Bragagnolo
6.Vojtekova

بندی حساسیت بالا و بسیار بالا است. همچنین، با توجه به مقایسه نتایج مطالعه با نقشه پراکنش لغزش موجود، صحت نتایج مورد تأیید قرار گرفت. صالح‌پور جم و همکاران (۲۰۲۱)، به ارزیابی عملکرد مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره *LIM*، *TOPSIS*و *VIKOR*، حساسیت و پتانسیل احتمال رخداد زمین‌لغزش در حوزه آبخیز الموت ایران را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، مساحت زیر منحنی *ROC* برای *TOPSIS*، *LIM* و *VIKOR* به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۸۵ و ۰/۸۴ حساب شد. براین اساس، دقت مدل‌های *MCDM* برای مدل *TOPSIS*، قابل قبول و برای *IIM* و *VIKOR* عالی نتیجه‌گیری شده است. همچنین طبق نتایج ناشی از این بررسی می‌توان عنوان کرد که با توجه به وجود مناطق با پتانسیل زیاد و بسیار زیاد، مدیریت خطر مخاطره زمین لغزش در این حوضه بسیار مهم و حائز اهمیت است و براین اساس، نتایج ارزیابی عملکرد مدل‌های *MCDM*، عملکرد خوب مدل‌ها را برای تولید خطر زمین‌لغزش، نشان می‌دهد. کومار[1] و همکاران (۲۰۲۲)، به پیش‌بینی فضایی خطر زمین لغزش در منطقه کولو هیماچال پرادش هند، با استفاده از روش *AHP*، پرداختند. نتایج مطالعه نشان داده است که ۶۸ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی دارای پتانسیل بالای لغزش می‌باشد. همچنین با توجه به نقشه پراکنش لغزش‌های موجود، دقت پیش بینی ۹۰ درصدی برای این پژوهش، محاسبه شده است. ساها و همکاران (۲۰۲۳)، با بهره‌گیری از روش *AHP*، خطر زمین‌لغزش در بخشی از ناحیه دارجلینگ در شمال شرقی هند را مورد ازیابی قرار دادند و نتایج به دست آمده بیانگر این موضوع است که ۳۷/۸۶ درصد از منطقه در پهنه‌های پرخطر قرار دارد و با توجه به سطح زیر منحنی ۹۶/۸ ٪، کارایی مدل مورد تأیید قرار گرفته است.

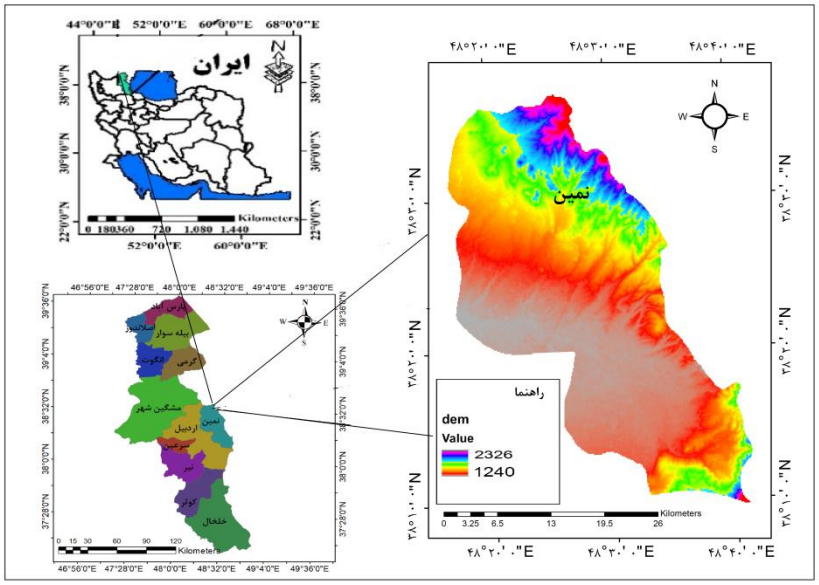
با توجه به پیشینه تحقیق، از آن نظر که الگوهای تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله الگوهای تصمیم‌گیری است که در دو دهه اخیراز استقبال بالایی برخوردار بوده است، در این بررسی نیز در نهایت از روش آراس، که براساس رویکرد برنامه‌ریزی مطلوب و بهینه‌سازی چندمعیاره پایه‌ریزی شده است، به عنوان قاعده تصمیم‌گیری چند معیاری، جهت پهنه‌بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش شهرستان نمین با توجه به تغییرات کاربری اراضی استفاده خواهد شد.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان نمین یکی از شهرستان‌های استان اردبیل واقع در شمال‌غربی ایران است. این شهرستان، با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). شهرستان نمین در شمال‌شرق استان اردبیل و در فاصله ۲۲ کیلومتری مرکز استان در کنار جاده ترانزیتی اردبیل به گیلان و تهران با وسعت ۱ هزار و ۳۷ کیلومترمربع در همسایگی کشور جمهوری آذربایجان واقع شده که حدود پنج و نیم درصد کل مساحت استان اردبیل را در بر می‌گیرد. جمعیت شهرستان حدود ۶۱ هزار نفرو دارای سه شهر نمین، ابی‌بیگلو و عنبران و شامل سه بخش مرکزی، ویلکیج و عنبران و همچنین دارای ۷ دهستان و ۹۱ روستا است. از نظر ارتفاع، شهرستان نمین در محدوده ارتفاعی ۱۳۴۱ تا ۲۳۲۶ متر از سطح دریا قرار دارد. کوه‌های شهرستان نمین شامل کوه قرخلر، کوه عنبران، کوه فندق پشته، کوههای ننه کران، کوه بزرگ (بیوک داغ) در شمال شرقی ده کلسر، کوه‌های دگرماندرق، کوههای آبی بیگلو که در جنگل واقع شده و گرمه‌چشمه و سوها و نیارق و حور که یک رشته‌کوه از نمین بلکه از مغانات رو به جنوب شرقی پیشرفته و به کوه‌های باغرو متصل شده است. هر یک از این کوه‌ها اسم محلی مخصوص دارد و مجموع آنها همان کوه تالش است. از نظر زمین‌ساختی منطقهٔ مورد مطالعه در زون زمین‌ساختی البرز غربی- آذربایجان قرار دارد و این واحد، یک واحد مرکب با ساختمان‌های زمین‌های شکسته، چین‌خورده و آتشفشانی می‌باشد. جنبش‌های زمین‌ساخت آخر کرتاسه (حرکت لارامید)، نخستین جنبش‌های منطقه‌اند و در نتیجه‌ی این حرکات، شمال غرب ایران، به شکل مرکز جنبش‌های زمین‌ساختی آتشفشانی ظاهر شده است. فعالیت‌های ماگمایی آذربایجان از نوع آتشفشانی بوده و محیط‌های رسوبی و مناطق چین‌خورده را پوشش داده است. به ترتیب واحدهای *Eav* (آندزیت ولکانیکی)، با پوشش ۳۳۹/۰۳ کیلومترمربع از سطح شهرستان و *Qt2* (رسوبات تراس‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های پایکوهی)، با پوشش

1. komar

۲۷۶/۲۱ کیلومترمربع از سطح شهرستان، بیش‌ترین مساحت به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، به ترتیب واحدهای *PAEav* (آندزیت آتشفشانی)، با مساحت ۳/۱۴۸ کیلومترمربع و *pcbr* (دولومیت و ماسه‌سنگ)، با مساحت ۸/۸۳۷ کیلومترمربع، کمترین مقدار از مساحت شهرستان را پوشانده‌اند. از نظر واحدهای ژئومورفولوژیکی، منطقه مورد مطالعه در واحد شمال‌غربی قرار دارد. نمین دارای آب و هوای معتدل، زمستان‌های سرد و تابستان‌های ملایم است (عابدینی، ۱۴۰۲). شیب نیز از عوامل مهم در وقوع زمین‌لغزش است. مناطق پرشیب پایداری کمی دارند و مواد روی این دامنه‌ها به دلیل اصطکاک کم و تحت تاثیر نیروی جاذبه و وزن مواد به سمت پایین‌دست حرکت می‌کنند. مناطقی که دارای شیب زیادی هستند، پتانسیل بالایی برای وقوع زمین‌لغزش دارند. با توجه به نقش و اهمیتی که جهت شیب در میزان رطوبت،بارش و یخبندان دارند، یکی از تاثیرگذارترین پارامترها در وقوع زمین‌لغزش هست. جهت شمالی به دلیل اینکه پشت به آفتاب هستند، رطوبت و یخبندان بیشتری دارند، بنابراین پتانسیل بیش‌تر جهت وقوع زمین‌لغزش دارند. همچنین جهات جنوبی به دلیل رطوبت و یخبندان کم‌تر، پانسیل کم‌تری جهت وقوع زمین‌لغزش دارند (گنجائیان، ۱۳۹۹: ۸۸).



شکل ۱. نقشه موقعیت شهرستان نمین

روش پژوهش

پژوهش مورد مطالعه از نوع تحقیقات کاربردی می‌باشد و نتیجه آن بررسی تغییرات کاربری زمین و تاثیر آن بر زمین لغزش درشهرستان نمین می‌باشد. این پژوهش مبتنی بر استفاده از روش‌های سنجش از دور برای رسیدن به تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۲ ساله‌ی مورد مطالعه و استفاده از روش تحلیل چند معیاره *ARAS*، در محیط *GIS* به منظور پهنه‌بندی پتانسیل زمین لغزش شهرستان نمین در اثر تغییرات کاربری اراضی، می‌باشد. به منظور بررسی خطر وقوع زمین لغزش در مرحله جمع-آوری داده‌های مورد نیاز، ابتدا با توجه به شرایط طبیعی و انسانی منطقه مورد مطالعه، عوامل خطوط ارتفاعی، بارش، آبراهه‌ها، گسل، شیب، راههای ارتباطی، لیتولوژی، کاربری و فاصله از شهر و روستا جزو عوامل تاثیرگذار دروقوع زمین لغزش منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید. در مرحله بعد در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر یک از عوامل، تهیه گردید. لایه‌های اطلاعاتی خطوط ارتباطی و شبکه آبراهه، با استفاده از نقشه‌ی خطوط ارتباطی و رودخانه‌های استان اردبیل، تهیه و مورد سنجش و بررسی قرار گرفت. لایه‌ی مورد نیاز شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر، ماهواره *Alos*، سنجنده *Palsar*، که از سایت *(vertex.daac.asf.alaska.edu)* دریافت شده، تهیه گردید. جهت استخراج و دریافت لایه‌های اطلاعاتی مربوط به لیتولوژی (مقاومت سنگ‌ها)، از نقشه زمین‌شناسی استان اردبیل؛ با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. نقشه

بارش شهرستان نیز، با توجه به داده‌های ۵ ایستگاه باران‌سنجی (جدول ۱) در طی بازه زمانی ۲۲ ساله و با بهره‌گیری از معادله گرادیان بارش (R^2=۰/۹۴ *P:0.227H-85.04)*، ترسیم شد. بدین صورت که در نرم‌افزار *ARC GIS 10*، با استفاده از دستور *Calculator Raster*، نقشه طبقات ارتفاعی جایگزین مولفه *H* شده و سپس نقشه بارش استخراج گردید.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های باران سنجی

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	تاریخ تاسیس	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
نمین	باران سنجی	۱۳۳۹	۴۸ درجه ۴۷ دقیقه	۳۸ درجه و ۴۲ دقیقه
کریق	باران سنجی	۱۳۷۸	۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه	۳۸ درجه و ۱۹ دقیقه
لورون	باران سنجی	۱۳۷۸	۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه	۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه
نیارق	باران سنجی	۱۳۷۸	۴۸ درجه و ۶۳ دقیقه	۳۸ درجه و ۲۶ دقیقه
آبی بیگلو	باران سنجی	۱۳۷۳	۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه	۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه

به منظور پایش تغییرات کاربری اراضی شهرستان نمین، در ابتدا از سایت زمین‌شناسی آمریکا تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های سال ۲۰۰۰ لندست ۵ سنجنده *TM* تاریخ ۲۰۰۲/۸/۶ و سنجنده *OLI* لندست ۹ تاریخ ۲۰۲۴/۸/۲۶ به شماره گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۳، اخذ شد. با توجه به این موضوع که اتمسفر همواره به عنوان یکی از عوامل تاثیرگذار در پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای است و اثرات ناشی از اتمسفر معمولاً به صورت خطای جمع شونده[1]، ظاهر و باعث روشنی بیش ازحد تصویر و کاهش وضوح و کیفیت تصاویر دریافتی می‌شوند (جوان و حسنی‌مقدم، ۱۳۹۶). براین اساس، خطاهای حاصل از اتمسفر در پردازش تصاویر باید تصحیح گردد و در ادامه، به‌منظور آماده‌سازی تصاویر، نسبت به تصحیحات اتمسفری در نرم‌افزار *Envi5.3*، اقدام شد. سپس، طبقه‌بندی با روش شی‌گرا و با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی توسط نرم‌افزار *ecognition*، انجام گردید. مبنای طبقه‌بندی شی‌گرا فرایند قطعه‌بندی (سگمنت‌سازی) است و با ایجاد سگمنت‌های مناسب زمینه برای اجرای بهتر الگوریتم‌های شئ‌گرا فراهم می‌شود. سگمنت به معنای گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که از لحاظ ارزش عددی و بافت به هم شبیه هستند. سگمنت‌سازی با تفکیک مکانی چندگانه یک روش بهینه‌سازی است که ناهمگنی متوسط پیکسل‌ها را به حداقل و همگنی مربوطه را به حداکثر می‌رساند (جعفرزاده و نظم‌فر، ۱۳۹۸). در مرحله بعد که مرحله قطعه‌بندی می‌باشد، پیکسل‌های تصویر بر اساس درجه ای از تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود میان آن‌ها در زمینه مشخصات طیفی و شکلی و با در نظر گرفتن درجه‌ای از ناهمگنی مجاز در هر قطعه، دسته‌بندی می‌شوند. که این قطعه‌ها یا شی‌های ساخته شده در مرحله بعدی به منظور شناسایی عوارض مورد نظر، کلاس‌بندی می‌شوند. در فرآیند قطعه‌بندی مفسر می‌تواند براساس خصوصیات شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی، فرایند قطعه‌بندی تصویر را انجام داده و با در نظر گرفتن نسبت اهمیّت هر یک از این عوامل انتخاب شده در ویژگی‌های طبقه‌های موردنظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمّیت آن‌ها را در فرایند قطعه‌بندی اعمال نماید. پارامترهای مؤثر بر استخراج کلاس‌ها در طبقه‌بندی شی‌گرا در این مطالعه عبارتند از: ۱- انحراف معیار باندها: انحراف معیار یکی از شاخص‌های پراکندگی انحراف معیار می‌باشد که نشان می‌دهد به‌طور متوسط، داده‌ها چه مقدار، از مقدار متوسط فاصله‌دارند. ۲- شاخص *NDVI*[2]: در این پژوهش به‌منظور جداسازی بهتر پوشش‌گیاهی از بقیه پدیده‌ها از شاخص *NDVI* استفاده گردید ۳- واریانس: از ارزش سلول‌ها داخل *GLCM* برای محاسبه بافت بر پایه میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین[3] به کار گرفته شد ۴- شاخص‌های هندسی، که پارامترهای تاثیرگذاری مانند حداکثر اختلاف، درجه روشنایی، ضخامت، مساحت و فشردگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه به منظور قطعه‌بندی از روش چند مقیاسه[4] استفاده شده است. برای این منظور با تجزیه و تحلیل، مقیاس ۳۵ برای تصویر سال ۲۰۲۴ و مقیاس ۴۰ برای تصویر سال ۲۰۰۲ انتخاب شد و شکل و ضریب فشردگی برای هر دو تصویر ۰/۴ و ۰/۶ در نظر گرفته شد. بررسی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهّم است و هیچ

1. Falling error
2. Normalized Difference Vegetation Index
3. Gray Level Co Gray Level Co-Occurrence Matrix
4. Multiresolution Segmentation

طبقه‌بندی تازمانی که دقت آن ارزیابی نشود، مستند نخواهد بود (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). پارامتر اصلی که برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد، صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشند. با توجه به نتایج به دست آمده، صحت کلی و ضریب کاپا بر روی تصویر ۲۰۰۲ به ترتیب دارای مقدار ۹۷٪ و ۹۶٪ می‌باشد و بر روی تصویر سال ۲۰۲۴ نیز مقدار ضریب کاپا با ۹۶٪ و مقدار صحت کلی با ۹۶٪ برابر است. در نهایت لایه‌های به‌دست آمده برای محاسبه مساحت کاربری‌ها، تهیهٔ نقشهٔ خروجی مناسب و اعمال نمودن معیار کاربری در فرآیند پهنه‌بندی خطر فرسایش، به نرم‌افزار *Arc GIS*، انتقال داده شدند.

تهیه نقشه پهنه‌بندی فرسایش با استفاده از روش(*ARAS*) ارزیابی نسبت جمعی

روش *ARAS* روشی است مبتنی بر این استدلال که با استفاده از مقایسه‌های ساده نسبی می توان پدیده‌های دنیای پیچیده را شناخت ودرک کرد (علیزاده و همکاران،۱۴۰۰). این تکنیک، روشی توانمند در ارائه میزان عملکرد و درجه مطلوبیت گزینه‌های مختلف نسبت به وضع بهینه است و برخوردار از سهولت کاربرد نسبی نیز می‌باشد (آنامرادنژاد و همکاران، ۱۳۹۷). مراحل الگوریتم پیاده‌سازی آراس به شرح و ترتیب ذیل می باشد.

۱: تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم در این روش به صورت معیار– گزینه است. یعنی یک ماتریسی که ستون‌ها و سطرهای آن را به ترتیب معیارهای مساله وگزینه‌ها تشکیل می‌دهند و هر سلول نیز در واقع امتیاز هر گزینه نسبت به هر معیار می‌باشد (جدول۲).

جدول ۲. ماتریس معیارهای مطرح در پهنه‌بندی زمین لغزش حوضه مطالعاتی

معیار پیکسل	کاربری	خاک	لیتولوژی	فاصله از آبراهه	فاصله از جاده	بارش	شیب
پیکسل ۱	*x11*	*X12*	*X13*	*X14*	*X15*	....	*X1n*
پیکسل ۲	*X21*	*x22*	*X23*	*X24*	*X25*	.....	*X2n*
...	.....	..... .	.....	.....	.....	.....	.....
پیکسل *M*	*Xm*	*Xm2*	*Xm3*	*Xm4*	*Xm5*	.....	*Xmn*

۲: نرمال کردن ماتریس تصمیم یا استانداردسازی: در پیاده‌سازی تمامی الگوریتم‌های مورد نیاز درمطالعه حاضر و همچنین مرحله استانداردسازی، جهت دستیابی به الگوی پهنه‌بندی مکانی خطر زمین لغزش، با توجه به تابع عضویت فازی صورت پذیرفت (جدول ۳). استاندارد نمودن داده‌ها به معنی همسان کردن دامنهٔ تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنهٔ مشخص شده دیگر است. در مجموعه‌های فازی، بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کم‌ترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه را در نظر می‌گیریم (بایومگرتل[1] و همکاران، حسینی و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۳. نوع توابع فازی سازی لایه‌های تاثیر گذار بر خطر زمین لغزش در شهرستان نمین

متغیر	توضیحات	نوع تابع فازی
بارش	با افزایش مقدار بارش، خطر و پتانسیل وقوع زمین لغزش افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی
شیب	کلاسه بندی مجدد و اختصاص کدها براساس اهمیت آن در وقوع خطر زمین لغزش و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
فاصله از آبراهه	در مناطق مجاور آبراهه‌ها، پتانسیل و امکان وقوع خطر زمین لغزش افزایش می‌یابد.	تابع بزرگ فازی
کاربری اراضی	اختصاص کدها براساس اهمیت آن در وقوع خطرزمین لغزش و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
گسل	در مناطق مجاور راه‌های ارتباطی، پتانسیل و امکان وقوع زمین لغزش افزایش می‌یابد.	تابع بزرگ فازی
لیتولوژی	اختصاص کدها براساس اهمیت آن در وقوع خطر زمین لغزش و سپس فازی کردن آن.	تابع بزرگ فازی
فاصله از راه‌های ارتباطی	در مناطق مجاور راه‌های ارتباطی، پتانسیل و امکان وقوع زمین لغزش افزایش می‌یابد.	تابع بزرگ فازی
فاصله از شهر و روستا	در مناطق مجاور شهرها، پتانسیل و امکان وقوع زمین لغزش افزایش می‌یابد	تابع بزرگ فازی
طبقات ارتفاعی	با افزایش ارتفاع، خطر زمین‌لغزش افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی

1. Baumgertel et all

۳: وزن‌دار کردن ماتریس نرمال: در مرحله سوم نیاز به وزن‌دهی پارامترهای تاثیرگذار می‌باشد که در این مطالعه، جهت وزن-دهی پارامترها از تکنیک *CRITIC* استفاده شده است. در این روش، داده‌ها بر مبنای میزان تداخل و تضادّ موجود بین عوامل یا معیارها مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و بعد از محاسبهٔ انحراف معیار پارامترها، ماتریس متقارنی به ابعاد $m \times m$ ایجاد می‌شود که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل شده است. با تعیین پارامترهای بالا، تضادّ موجود بین معیار j با معیارهای دیگر با استفاده از رابطهٔ ۱، محاسبه می‌گردد.

$$Cjk = \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk) \qquad \text{رابطه ۱)}$$

که در آن Cjk معرّف مجموع تضادّ معیار j با معیارهای k است که از $k = 1$ شروع شده و تا $k = m$ ادامه دارد و rjk، نشانگر همبستگی بین دو معیار k و j می‌باشد. میزان اطّلاعات عامل j را می‌توان با استفاده از رابطهٔ ۲، محاسبه نمود.

$$Cj = \delta j \sum_{k=1}^{m}(1 - rjk) \qquad \text{رابطه ۲)}$$

که در آن Cj، معرّف میزان اطّلاعات معیار j و انحراف معیار در مقادیر مربوط به عامل یا معیار j را بیان می‌کند. با توجّه به روابط یادشده، معیارهایی که دارای Cj بیشتری باشند وزن زیادی به خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عامل مانند j از رابطهٔ ۳، مشخص می‌گردد.

$$Wj = \frac{Cj}{\sum_{k=1}^{m} C_k} \qquad \text{رابطه ۳)}$$

که در آن Wj معرّف وزن پارامتر j و Ck بیانگر میزان اطّلاعات مجموع پارامترهای k است که از $k = 1$ شروع شده و تا $k = m$ ادامه می‌یابد. لذا، وزن نهایی هر معیار، از تقسیم میزان اطلاعات هر معیار بر مجموع میزان کل اطلاعات تمامی معیارها بدست می‌آید (علی‌نژاد و خلیلی[1]، ۲۰۱۹).

۴- محاسبه مطلوبیت کل هر معیار: برای محاسبه کردن تابع بهینگی S_i، اعداد نرمال شده وزین (x_{ij}) را به صورت سطری با هم جمع می‌کنیم (رابطه ۴). بزرگترین و بیشترین مقدار S_i بهترین است، و کمترین آن بدترین. همچنین با توجه به روند محاسبه شده، تابع بهینگی S_i دارای یک رابطه مستقیم و متناسب با مقادیر x_{ij} و وزن‌های w_j از معیارهای مطالعه شده و تأثیرگذاری نسبی آنها بر روی نتیجه‌ی نهایی است.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} \hat{x}_{ij\,;\, i=\overline{0.m.}} \qquad \text{رابطه ۴)}$$

۵- محاسبه مطلوبیت نسبی هر معیار و کلاس‌بندی معیارها: درجه‌ی مطلوبیت هر پارامتر (آلترناتیو) به وسیله مقایسه متغیری که تجزیه و تحلیل و بررسی شده است با حالت ایده آل یعنی S_o معیین می‌گردد. معادله مورد استفاده برای محاسبه درجه‌ی مطلوبیت K_i از یک گزینه a_i به صورت رابطه (۵) است (دیانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ زاوادسکاس و تورسکیس[2]، ۲۰۱۰).

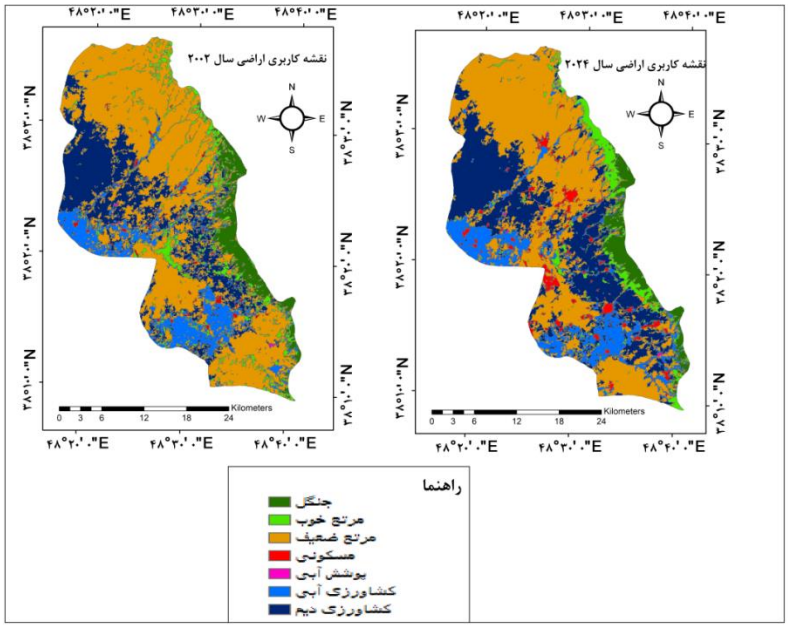
$$K_i = \frac{S_i}{S_0};\ i = \overline{0.m.} \qquad \text{رابطه ۵)}$$

نتایج

بیشترین میزان مساحت کاربری اراضی، در سال ۲۰۰۲ مربوط به مراتع ضعیف با ۴۹۳/۷۱ کیلومترمربع و کشاورزی دیم با ۲۰۵/۹۱ کیلومترمربع می‌باشد (شکل۲). در نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۴، به ترتیب کاربری‌های مراتع ضعیف با مساحت

1. Alinezhad and Khalili
2. Zavadskas and Turskis

۴۲۲/۶۲ کیلومترمربع، کشاورزی دیم با مساحت ۲۷۱/۹۳ کیلومترمربع و کشاورزی آبی با مساحت ۲۸ /۱۰۳ کیلومترمربع، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. به علاوه شایان ذکر می‌باشد که در سال ۲۰۰۲، مناطق با پوشش آبی با مساحت ۰/۵۵، نواحی مسکونی با مساحت ۹/۵۳ و جنگل با مساحت ۴۱/۵۹ کمترین میزان مساحت را داشته‌اند. هرچند که در سال ۲۰۲۴ نیز کاربری‌های با پوشش آبی با مساحت ۰/۸۹، نواحی انسان‌ساخت و مسکونی با مساحت ۳۴/۶۵ و جنگل با مساحت ۴۶/۷۳ کمترین مقدار از مساحت این شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند، ولی مساحت این کاربری‌ها در سال ۲۰۲۴، نسبت به سال ۲۰۰۲، افزایش داشته است.



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی شهرستان نمین سال ۲۰۰۲ و ۲۰۲٤

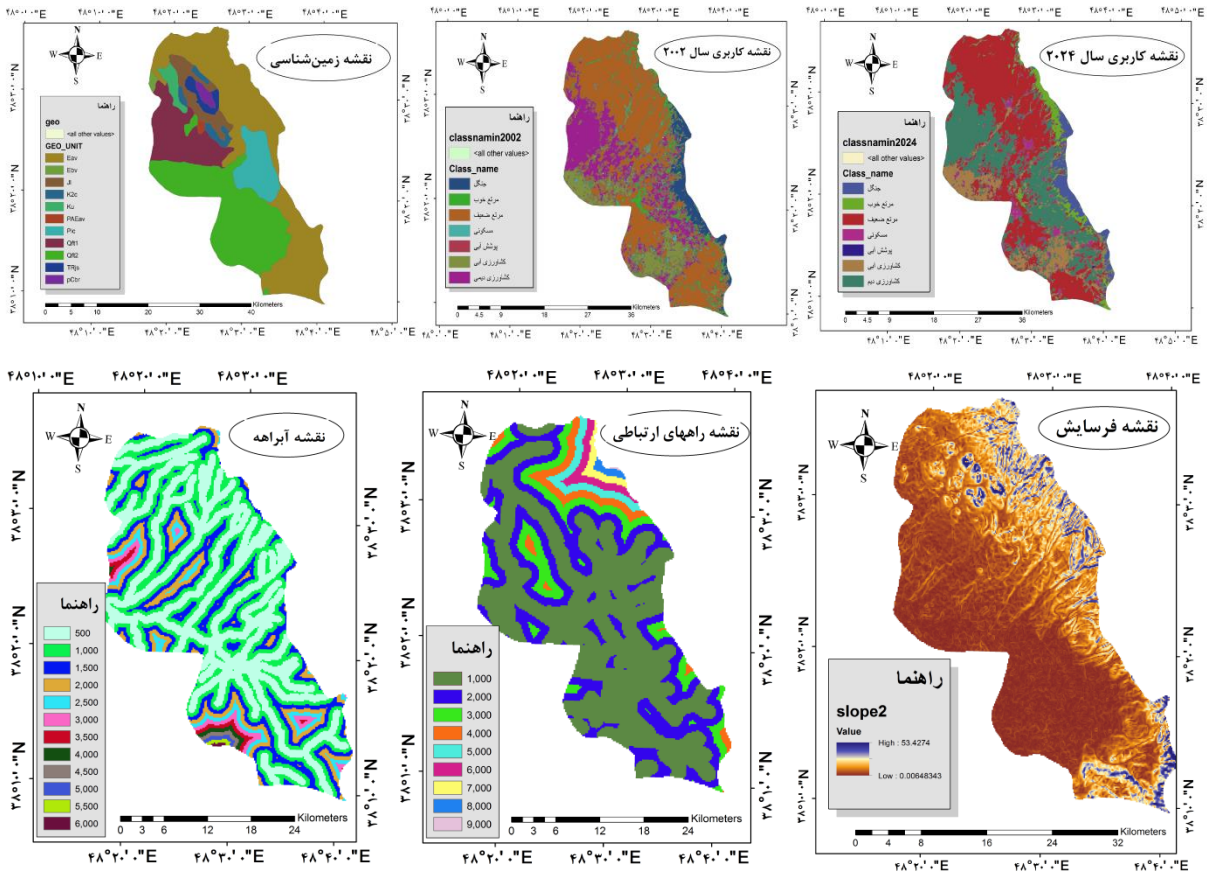
به طور کلی، بررسی تغییرات پوشش زمین با استفاده از ابزار سنجش از دور در شهرستان نمین، در طی بازه زمانی مورد بررسی، کاهش مساحت مراتع خوب و مناطق جنگلی در مقابل، افزایش کاربری‌های؛ مناطق مسکونی و انسان ساخت، زراعت دیم، زراعت آبی را نشان میدهد (جدول ۴). قابل ذکر می‌باشد در پژوهش حاضر، به جهت تفکیک بهتر با دقت بالاتر عوارض مراتع با توجه به میزان پوشش گیاهی با بررسی *NDVI* به دو بخش مرتع ضعیف و مرتع خوب تقسیم گردیده است،که در مطالعات مختلف به منظور بررسی مرتع، از تصاویر لندست به عنوان داده اصلی استفاده شده است.

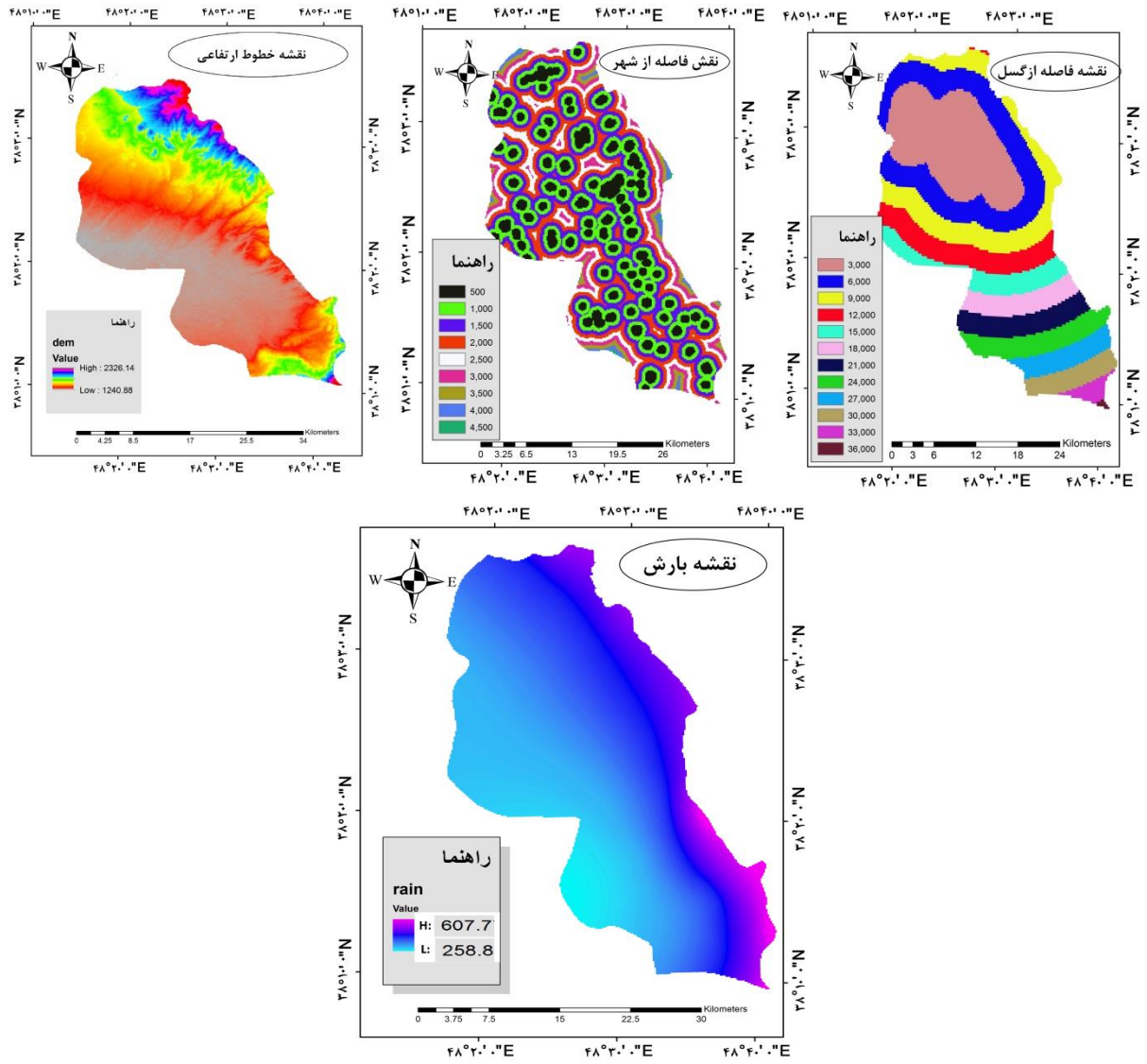
جدول ٤. مساحت و میزان تغییرات هر نوع از کاربرهای اراضی درسطح شهرستان نمین در سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲٤

نوع کاربری	در سال ۲۰۰۲ مساحت به کیلومترمربع	در سال ۲۰۰۲ به درصد	در سال ۲۰۲٤ مساحت به کیلومترمربع	در سال ۲۰۲٤ به درصد	میزان تغییرات به کیلومترمربع	درصد تغییرات به درصد	روند تغییرات
زراعت دیمی	۲۰۹/۹۱	۲۲/۰۸	۲۷۱/۹۳	۲۸/۶۱	۶۲/۰۲	۶/۵۳	افزایشی
زراعت آبی	۱۰۳/۲۸	۱۰/۸۶	۱۱۳/۴۷	۱۱/۹۴	۱۰/۱۹	۱/۰۸	افزایشی
جنگل	۵۹/۴۱	۶/۲۵	۴۶/۷۳	۴/۹۱	۱۲/۶۸	۱/۳۴	کاهشی
مرتع خوب	۷۳/۸۸	۷/۷۷	۵۵/۹۳	۵/۸۸	۱۷/۹۵	۱/۸۹	کاهشی
مراتع ضعیف	۴۹۳/۷۱	۵۱/۹۶	۴۲۲/۶۲	۴۴/۴۷	۷۱/۰۹	۷/۴۹	کاهشی
مسکونی	۹/۵۳	۱/۰۰	۳۸/۶۵	۴/۰۶	۲۵/۱۲	۳/۰۶	افزایشی
پوشش آب	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۸۹	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۰۴	افزایشی

پهنه بندی زمین لغزش

جهت پهنه‌بندی مخاطره زمین لغزش، با توجه به نقشه کاربری مربوط به دو بازه زمانی و نیز نقشه سایر پارمترهای مطرح (شکل ۳)، ابتدا وزن‌دهی این پارامترها انجام می‌گردد. مفروضات پایه‌ای شامل ماتریس تضاد، ماتریس همبستگی، انحراف معیار، میزان اطلاعات و همچنین، وزن نهایی حاصل از وزن‌دهی روش کرتیک در بین پارامترهای مطرح در پهنه‌بندی مخاطره زمین لغزش در شهرستان نمین، در جدول ۴، بیان گردیده است. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، به ترتیب معیارهای شیب، کاربری ارضی، گسل در هر دو دوره مورد مطالعه، بیشترین وزن و اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به اینکه در وزن‌دهی روش *CRITIC*، وزن معیارها، با توجه به میزان همبستگی و نقشه‌های معیار، انحراف معیار و تضاد بین لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده، مشخص می‌گردد، می‌توان عنوان کرد که استفاده از این تکنیک، در وزن‌دهی معیارها در مطالعه حاضر می‌تواند معضل استقلال صفات از یکدیگر که به هنگام مقایسهٔ زوجی بر پایه روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای وجود دارد را برطرف نماید. سپس با انجام مراحل تکنیک *ARAS*، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش شهرستان نمین، در ۵ طبقه بسیار پرخطر تا بسیار کم خطر، در دو بازه زمانی ۲۰۰۲ و ۲۰۲۴، استخراج گردید (جدول۶).





شکل ۳. نقشه معیارهای مطرح در پهنه‌بندی زمین لغزش شهرستان نمین

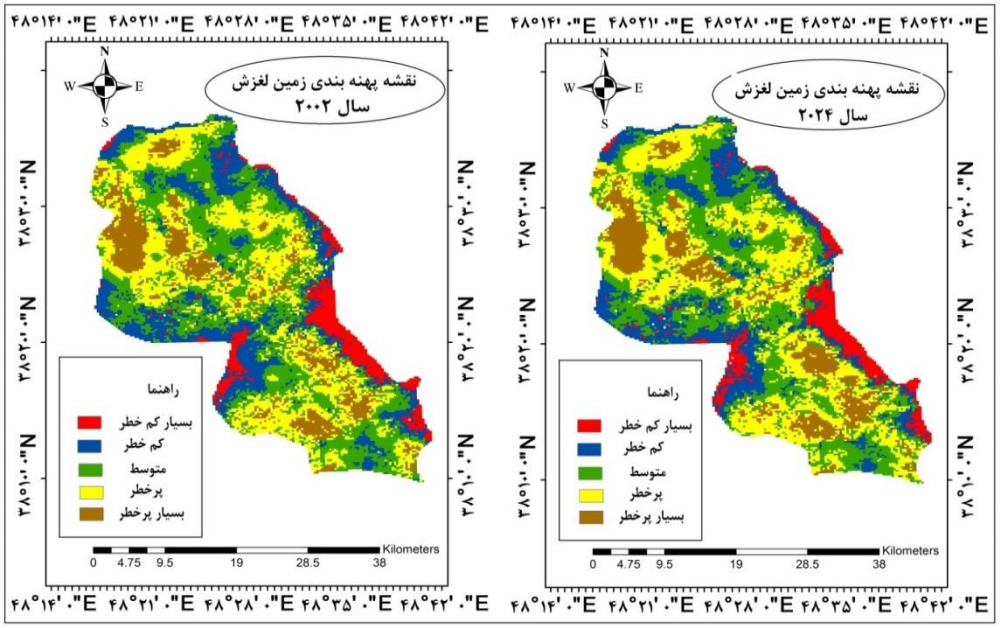
جدول ۵. مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی زمین لغزش شهرستان نمین

	معیار	مجموع تضاد	انحراف معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۲	شیب	۳/۴۳	۰/۲۹	۱/۱۰۰	۰/۱۷۱
	لیتولوژی	۲/۴۰	۰/۳۴	۰/۸۸	۰/۱۴۵
	کاربری اراضی	۲/۸۴	۰/۳۳	۰/۹۴	۰/۱۶۴
	گسل	۲/۶۸	۰/۳۶	۰/۹۰	۰/۱۵۶
	بارش	۲/۹۵	۰/۲۴	۰/۷۸	۰/۱۲۲
	فاصله از رودخانه	۲/۱۰	۰/۳۷	۰/۷۷	۰/۱۳۲
	فاصله از شهر	۲/۸۵	۰/۳۳	۰/۶۷	۰/۱۲۴
	خطوط ارتفاعی	۲/۷۹	۰/۳۵	۰/۷۹	۰/۱۳۹
	فاصله از راه ارتباطی	۲/۱۸	۰/۳۱	۰/۶۸	۰/۱۱۹

با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۴	شیب	۳/۴۱	۰/۳۹	۱/۰۱	۰/۱۷۰
	لیتولوژی	۷۹/۴۰	۰/۴۱	۰/۸۳	۰/۱۳۱
	کاربری اراضی	۲/۸۴	۰/۳۳	۰/۹۳	۰/۱۵۷
	گسل	۲/۵۴	۰/۳۶	۰/۹۳	۰/۱۵۶
	بارش	۲/۹۴	۰/۲۴	۰/۷۳	۰/۱۲۰
	فاصله از رودخانه	۲/۰۶	۰/۳۹	۰/۸۱	۰/۱۳۶
	فاصله از شهر	۲/۱۷	۰/۳۴	۰/۸۱	۰/۱۱۹
	خطوط ارتفاعی	۲/۰	۰/۳۹	۰/۷۵	۰/۱۳۰
	فاصله از راه ارتباطی	۲/۲۸	۰/۳۵	۰/۶۹	۰/۱۱۷

جدول ٦. اطلاعات طبقات خطر زمین لغزش سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۲٤

	طبقهٔ خطر	بسیار پرخطر	پرخطر	خطر متوسط	کم‌خطر	بسیار کم‌خطر
سال ۲۰۰۲	مساحت به کیلومترمربع	۱۳۵/۵۹	۲۰۲/۲۸	۲۱۵/۰۹	۲۰۳/۶۸	۱۴۰/۶۶
	مساحت به درصد	۱۵/۱۵	۲۲/۴۶	۲۴/۲۲	۲۲/۶۴	۱۵/۶۱
سال ۲۰۲۴	مساحت به کیلومترمربع	۱۴۵/۲۷	۲۰۵/۵۵	۲۱۳/۰۸	۲۰۰/۱۹۳	۱۴۵/۳۴
	مساحت به درصد	۱۸/۹۲	۲۶/۰۴	۲۱/۰۹	۲۰/۸۹	۱۵/۹۵



شکل ٤. نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش سال ۲۰۰۲ و ۲۰۲٤ شهرستان نمین با استفاده از مدل *ARAS*

جنس زمین و نوع سنگ از عوامل مهم و تاثیرگذار در وقوع زمین‌لغزش است. هر چقدر که سنگ‌ها سست‌تر و همچنین از کانی‌های مختلف‌تری تشکیل شده باشند و دارای درز و شکاف فراوان‌تری باشند، پتانسیل بالاتری جهت وقوع زمین‌لغزش دارند. دامنه‌هایی که از لحاظ لیتولوژی، از سازندهای سست همچون مارن، شیل و رس تشکیل شده باشند. به دلیل مقاومت کمتری که در برابر نیروی خارجی دارند و همچنین به دلیل پتانسیل بالای حرکت و تغییر شکلی که دارند. مستعد وقوع زمین لغزش هستند، همچنین با توجه به حساسیت متفاوت واحدهای زمین‌شناسی و تنوع ترکیب واحدهای زمین‌شناسی در منطقه و در لغزش، عامل لیتولوژی نقش تاثیرگذاری در پراکندگی حرکات توده‌ای خصوصا زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه دارند. در منطقه مورد مطالعه

هم رسوبات آبرفتی و مناطق شیلی و رسی مخصوصا در مرکز و جنوب‌شرقی پتانسیل زیادی جهت وقوع حرکات دامنه‌ای دارند. شیب نیز از عوامل مهم در وقوع زمین‌لغزش است. مناطق پرشیب پایداری کمی دارند و مواد روی این دامنه‌ها به دلیل اصطکاک کم و تحت تاثیر نیروی جاذبه و وزن مواد به سمت پایین‌دست حرکت می‌کنند. مناطقی که دارای شیب زیادی هستند، پتانسیل بالایی برای وقوع زمین‌لغزش دارند. با توجه به نقش و اهمیتی که جهت شیب در میزان رطوبت، بارش و یخبندان دارند، یکی از تاثیرگذارترین پارامترها در وقوع زمین‌لغزش هست. جهت شمالی به دلیل اینکه پشت به آفتاب هستند، رطوبت و یخبندان بیشتری دارند، بنابراین پتانسیل بیش‌تر جهت وقوع زمین‌لغزش دارند. همچنین جهات جنوبی به دلیل رطوبت و یخبندان کم‌تر، پتانسیل کم‌تری جهت وقوع زمین‌لغزش دارند (گنجائیان، ۱۳۹۹: ۸۸). با توجه به اینکه شهرستان نمین منطبق بر راه ارتباطی است، و جاده‌ها به عنوان یکی معیارهای موثر در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت. راه‌های ارتباطی در ایجاد و توسعه و وقوع حرکات دامنه‌ای نقش مهمی و تاثیرگذاری دارند و حرکات دامنه‌ای یکی از مشکلات و چالش‌های پیش‌روی فعالیت‌های عمرانی که مناطق کوهستانی با آن مواجه است (رجائی، ۱۳۸۲). توسعه راه‌های ارتباطی و زیربری پای دامنه‌ها در مناطق کوهستانی و پرشیب به خصوص در مناطقی که لیتولوژی ناپایداری دارند، زمینه را برای وقوع زمین‌لغزش فراهم می‌کند. براین اساس، مناطق نزدیک به جاده، پتانسیل بالایی ازنظر وقوع زمین‌لغزش دارند. علاوه بر لیتولوژی یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در زمین لغزش این منطقه خطوط گسلی می‌باشد که تاثیر زیادی در ناپایداری دامنه‌ها دارد. و با توجه به اینکه میزان تراکم سیستم درزه-ها، خردشدگی‌ها و شکستگی‌ها نقش بسزایی در ناپایداری دارند و گسل‌ها می‌توانند خردشدگی را به وجود آورند، مناطق نزدیک به خطوط گسلی پتانسیل بالایی جهت وقوع مخاطره زمین‌لغزش را دارند. براساس نقشه گسل منطقه، بخش‌های جنوب شرقی و شمال‌غربی منطقه به علت نزدیکی به خطوط گسل،پتانسیل بالایی از نظر وقوع زمین‌لغزش دارند. نوع کاربری اراضی نیز می‌تواند در تشدید و یا کاهش احتمال وقوع زمین‌لغزش موثر باشد. انواع کاربری‌های اراضی در رابطه با محافظت از شیب‌ها و پایداری و عدم پایداری آن‌ها عملکرد متفاوتی دارند. مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم هستند، پتانسیل کم‌تری جهت وقوع زمین-لغزش دارند. همچنین دامنه‌هایی که دارای پوشش گیاهی کم‌تری هستند، پتانسیل بیش‌تری جهت وقوع زمین‌لغزش دارند (گنجائیان، ۱۲۱:۱۳۹۹). نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در ۷ طبقه، بخش‌بندی شده است. طبقات کاربری اراضی شامل جنگل، مرتع خوب، مرتع ضعیف، مسکونی، پوشش آبی، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم است. با توجه به پراکندگی نقاط زمین لغزش منطقه و مقایسه آن‌ها با نقشه کاربری اراضی مشخص شده است که بیشترین کاربری‌هایی که مستعد زمین‌لغزش بوده و باعث حساسیت دامنه‌ها به زمین‌لغزش شده است شامل مراتع و باغات و زمین‌های کشاورزی می‌باشند و سایر کاربری‌ها در وقوع این پدیده در این منطقه نقش کمتری را داشته‌اند. کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین مولفه‌ها در رابطه با رخداد زمین‌لغزش است چرا که نشان‌دهنده ماهیت پوشش و کاربری زمین است. رودخانه‌ها و زهکشی جریان‌ها ممکن است به علت شیب برشی و یا فرسایش جریان سبب شکست و خرابی کناره‌های رودخانه‌ها گردند. آب‌های جاری همیشه در دره‌ها و خطالقعرها حرکت می‌کنند و عمل تخریب، فرسایش، انتقال و رسوب‌گذاری را انجام می‌دهند. همچنین یکی از عوامل تاثیرگذار در برش پای شیب، رودخانه‌ها می‌باشند و مانند خطوط ارتباطی در ناپایداری شیب دامنه تاثیرگذار و نقش مهمی دارند و مناطق نزدیک به آبراهه‌ها دارای پتانسیل بالاتری جهت حرکات دامنه‌ای به خصوص زمین لغزش هستند. ارتفاع از جمله عوامل موثر در میزان بارش، رطوبت، یخبندان و غیره است. به طور معمول، مناطق مرتفع به دلیل یخبندان و شیب زیاد، در معرض وقوع حرکات دامنه‌ای از جمله زمین‌لغزش هستند. با توجه به اینکه محدوده مورد مطالعه دارای اختلاف ارتفاع قابل توجهی است. تفاوت دمایی قابل توجهی نیز بین مناطق مرتفع با مناطق کم ارتفاع منطقه وجود دارد به همین دلیل ارتفاع به طور غیر مستقیم می‌تواند احتمال وقوع مخاطره زمین‌لغزش را افزایش دهد. به همین علت با افزایش ارتفاع در منطقه به ویژه بالاتر از ۱۹۰۰ متر میزان بارش برف افزایش می‌یابد و با ذوب شدن آن در فصل بهار، رودخانه‌ها را پر آب و نقش مهمی در زیربری دامنه‌های پرشیب دارد به همین دلیل ارتفاع به عنوان یکی از پارامترهای مهم در نظر گرفته می‌شود. بیشترین ارتفاع در مناطق شمال شرقی و کمترین آن در قسمت‌های مرکزی و جنوب غربی منطقه قرار دارند. با بررسی منطقه مورد مطالعه بیشترین ارتفاع ۲۳۲۶ متر و کمترین ۱۲۴۰ متر می‌باشد. خطوط ارتفاعی بین ۱۵۰۰ تا ۱۸۳۰ بیشترین میزان زمین لغزش را شامل می‌شود و در ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر

احتمال رخداد زمین‌لغزش به علت جنس زمین در این ارتفاع کم‌تر می‌شود. لایه بارندگی منطقه موردنظر به ۴ طبقه تقسیم شده که میزان بارش از ۲۵۸ میلی‌متر در جنوب غرب تا ۶۰۷ میلی‌متر در مناطق شرقی و شمال شرقی متغیر است. مقایسه موقعیت نقاط زمین‌لغزش و لایه مربوطه به میزان بارش در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیش‌ترین زمین‌لغزش‌های رخ داده در طبقات بارشی۴۶۵ تا ۵۸۰ میلی‌متر قرار دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

زمین‌لغزش‌ها فرایندهای می‌باشند که عوامل متعدد و متنوعی در وقوع و تحریک آنها دخالت دارند. ویژگی‌های زمین‌شناسی اقلیمی، توپوگرافی، خاک و هیدرولوژی شهرستان نمین، زمینه‌ی مناسبی را جهت پیدایش پدیده‌های ژئومورفولوژی و مخاطرات محیطی به خصوص زمین‌لغزش‌ها را فراهم کرده است. آب و خاک از گران‌بهاترین منابع ملی کشور هستند. متأسفانه در دهه اخیر، در اثر تغییر کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی، قسمت اعظم نزولات تبدیل به رواناب شده، علاوه بر هدررفت این منبع حیاتی، با ایجاد سیلاب‌های عظیم، باعث خسارات مالی و جانی فراوان می‌شود. اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در طی زمان یکی از مهم‌ترین و تاثیرگذارترین موارد در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی و حفظ منابع طبیعی و جان و مال مردم می‌باشد. می توان ادغان داشت که، تغییرات کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در ایجاد مخاطرات محیطی از جمله زمین‌لغزش است. لذا، در پژوهش حاضر نیز بررسی تغییرات کاربری اراضی و نقش آن در میزان زمین‌لغزش با استفاده از تکنیک‌های دور-سنجی و تحلیل چند معیاره *ARAS*، برای دو بازه زمانی ۲۰۰۲ و ۲۰۲۴، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج مطالعات نشان داد که در سال ۲۰۰۲، غالب‌ترین مقدار مساحت کاربری‌ها مربوط به کاربری‌های مراتع ضعیف و زراعت دیم به ترتیب با پوشش ۴۹۳/۷۱ و ۲۰۹/۹۱ درصد از مساحت حوضه، می‌باشد و در سال ۲۰۲۴ بیشترین میزان مساحت، به کاربری‌های مراتع ضعیف، و زراعت دیم، به مقدار ۴۲۲/۶۲ و ۲۷۱/۹۳ درصد از سطح حوضه، اختصاص دارد. با توجه به نتایج مطالعه در طی بازه‌ی زمانی مورد مطالعه، از مهم‌ترین تغییرات در این مدت می‌توان به افزایش زمین‌های کشاورزی، افزایش مساحت سکونتگاه-های انسانی، زمین‌های بایر و در مقابل کاهش مراتع خوب و ضعیف اشاره کرد. در مطالعه حاضر خطر وقوع زمین‌لغزش در شهرستان نمین، با استفاده از ترکیب تکنیک‌های کریتیک وآراس، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه، مشخص شده است که عامل شیب و کاربری اراضی بیش‌ترین میزان تاثیر را در وقوع زمین لغزش‌ها در منطقه داشته است. به گونه‌ای که در کاربری‌های کشاورزی، باغات و مراتع بیش‌ترین میزان لغزش‌ها رخ داده است. کم‌ترین عامل متاثر از زمین لغزش هم عامل فاصله از راه‌های ارتباطی و فاصله از شهر می‌باشد.

با توجه به نقشه خروجی پهنه‌بندی شهرستان نمین می‌توان گفت ۱۵/۱۵ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۰۲ و ۱۸/۹۲ درصد در سال ۲۰۲۴ در طبقه بسیار پرخطر،۲۲/۴۶ درصد در سال ۲۰۰۰ و ۲۶/۰۴ درصد در سال ۲۰۲۴ در طبقه پرخطر قرار دارد.

عابدینی و همکاران (۱۴۰۳) به پهنه‌بندی زمین‌لغزش در شهرستان نوبران با استفاده از مدل *ARAS* پرداختند نتایج نشان داد که در آن منطقه بیش‌ترین عامل تاثیرگذار در وقوع این مخاطره تغییرات کاربری اراضی می‌باشد و بیش‌ترین آسیب هم متوجه زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی در این منطقه می‌شود. عابدینی و همکاران (۱۴۰۳) تعیین مناطق مستعد زمین‌لغزش در مسیر ارتباطی نیر– سراب را بررسی کردند نتایج مطالعه نشان داد که به ترتیب عامل شیب، کاربری اراضی و لیتولوژی بیش‌ترین تاثیر را در رخداد زمین‌لغزش در منطقه داشتند.

همچنین می‌توان بیان کرد که نتایج به دست آمده از این پژوهش، بیانگر توان بالای شهرستان نمین، از لحاظ وقوع حرکات لغزشی می‌باشد. به همین دلیل مناطق پرخطر تعیین شده در این پژوهش اراضی هستند که نباید کارهای غیر اصولی و علمی از جمله تخریب پوشش‌گیاهی ناشی از تغییر کاربری اراضی مرتعی به زراعی و چراگاه‌های دامی، کشت دیم در اراضی شیب‌دار،

افول کمی و کیفی پوشش‌گیاهی در اثر چرای بی‌رویه دام‌ها در منطقه، عدم رعایت تناوب زراعی، ساخت و دستکاری‌های غیراصولی جهت احداث خطوط ارتباطی انجام گیرد. همچنین شایان ذکر است سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی مرتبط از جمله اداره‌ی راه و ترابری،اداره‌ی کل منابع طبیعی، بنیاد مسکن و سازمان آب منطقه‌ای شهرستان نمین، سازمان جهاد کشاورزی و ... در طراحی پروژه‌ها و پژوهش‌ها، اجرای برنامه‌ها، مدیریت‌های محیطی، طرح‌های عمرانی و هرگونه ساخت و سازها و فعالیت‌های زیربنایی در شهرستان نمین، به منظور انتخاب استراتژی صحیح و مناسب واصولی و همچنین دوری از مناطق مشخص شده با ریسک بالاو خطرناک، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش شهرستان را نیز مد نظر قرار دهند.

حامی مالی

مقاله حاضر جزو تعهدات دوره پسادکتری دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد.

منابع

اصغری سراسکانرود، صیاد؛ امامی، راشد و پیروزی، الناز (۱۴۰۰). ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش‌های OWA و ANN (مطالعه‌ی موردی: شهرستان پاوه). *مخاطرات‌محیط‌طبیعی*، ۱۰(۲۸)، ۱۳۱- ۱۵. 10.22111/JNEH.2021.33729.1645

انتظاری، مژگان؛ استکی، شکوه و غلام حیدری، حمیده (۱۴۰۳). بررسی وضعیت زمین لغزش حوضه آبریز طارم با استفاده از مدل همپوشانی ریسک-آسیب‌پذیری. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، 28(89)، 39-61 . 10.22034/GP.2023.54607.3073

تیموری، مهدی و اسدی نلیوان، امید (۱۳۹۸). پهنه بندی حساسیت و اولویت بندی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل حداکثرآنتروپی (مطالعه‌ی موردی: استان لرستان). *هیدروژئومورفولوژی*، ۶(۲۱)، ۱۵۵-۱۷۹. 20.1001.1.23833254.1398.6.21.8.3

تیموری، مهدی؛ بیات، اصغر؛ شهبازی، علی و اسدی نلیوان، امید (۱۴۰۳). مکان‌یابی سازه‌های آبخیزداری با استفاده از مدل یادگیری ماشین در حوزه آبخیز دهدر. *مدیریت جامع حوزه های آبخیز*. ۴(۳)، ۱۴-۲۹. 10.22034/IWM.2024.2021371.1126

خدائی قشلاق، لیلا؛ روستایی، شهرام؛ مختاری داود و ولیزاده کامران، خلیل (۱۴۰۰). پایش زمین‌لغزش‌ها با استفاده از روش تداخل‌سنجی راداری) InSAR مطالعه موردی: منطقه اهر تا ورزقان. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۵)، ۱۱۳-۱۲۶. 10.22034/GP.2021.10847

ذاکری نژاد، رضا و عموشاهی، ناهید (۱۴۰۱). ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از داده های سنجش از دور و مدل حداکثر آنتروپی (منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز کمه، جنوب استان اصفهان). *پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی*، ۱۱(۲)، ۱۲۸-۱۴۹. 20.1001.1.27173747.1400.2.6.4.0

رجایی، عبدالحمید (۱۳۸۲). *کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط*، چاپ دوم. تهران. نشر قومس.

شریفی، حسین؛ رمضانی‌پور، مهرداد؛ ابراهیمی، لیلا و حق زاد، آمنه (۱۴۰۰). پهنه بندی خطر زمین لغزش شهرستان نور با استفاده از مدل تحلیل شبکه. *پژوهش‌های جغرافیای اقتصادی*، ۲(۶)، ۴۰-۵۵. 20.1001.1.27173747.1400.2.6.4.0

عابدینی، موسی و پیروزی، الناز (۱۴۰۳). تعیین مناطق مستعد وقوع خطر زمین‌لغزش در مسیرارتباطی نیر- سراب. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۲۲(۷۴)، ۸۲-۱۱۰. *10.22111/GDIJ.2024.8147*

عابدینی، موسی؛ ایرانی، ویدا و اسفندیاری درآباد، فریبا (۱۴۰۱). بررسی اثرات ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال و پهنه بندی خطر زمین لرزه با تاکید بر توان لرزه‌زایی گسل‌ها (مطالعه موردی: نمین، آستارا، تالش). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۶(۸۲)، ۱۶۰-۱۴۵. 10.22034/GP.2022.48624.2909

عابدینی، موسی؛ پیروزی، الناز و آقایاری، لیلا (۱۴۰۴). بررسی و شناسایی نواحی مستعد خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه نوبران استان مرکزی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، انتشار آنلاین 10.22034/GMPJ.2025.491670.1538

عابدینی، موسی؛ قاسمیان، بهاره و شیرزادی، عطاالله (۱۳۹۳). مدلسازی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل آماری رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: استان کردستان، شهرستان بیجار)، *مجله جغرافیا و توسعه*، ۱۲ (۳۷)، ۸۵-۱۰۲. 10.22111/GDIJ.2015.1821

علیجانی، بهلول (۱۳۹۳). مبانی فلسفی مخاطرات محیطی، *فصلنامه تحلیل مخاطرات فضایی*، ۱(۱)، ۱-۱۵.

علیجانی، بهلول؛ قهرودی تالی، منیژه و امیراحمدی، ابوالقاسم. (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهانبا استفاده از GIS مطالعه موردی: حوضه اسطرخی شیروان، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۲(۱)، ۱۱۷-۱۳۲.

قویمی پناه، محمد حسین؛ خالدی درویشان، عبدالواحد و قویمی پناه، محمدرضا (۱۳۹۶). صحت‌سنجی روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و رگرسیون چند متغیره (MR) در پهنه‌بندی زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیر ولی‌عصر استان اردبیل. *مجله اکوهیدرولوژی*، ۴(۳)، ۷۷۵-۷۸۹. 10.22059/IJE.2017.62626

گنجائیان، حمید (۱۳۹۹). *مخاطرات ژئومورفولوژیک مناطق شهری، روشهای مطالعه و راهکارهای کنترل آن*، تهران، انتشارات انتخاب.

لجم اورک، مرتضی و پیری، زهرا (۱۴۰۲). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فن GIS (مطالعهٔموردی:شهرستان‌باغملک). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲(۳)، ۱۹۳-۲۱۵. 10.22067/GEOEH.2022.77009.1239

مشتاق مهر، عذرا؛ حجازی، اسدالله و کرمی، فریبا (۱۴۰۴). بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان مهاباد با استفاده از مدل زنجیره مارکوف. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۹(۹۱)، ۱۶۸-۱۹۱. 10.22034/GP.2024.60347.3231

ملکی، نصیبه؛ سالاری، ممند و طالب‌پور اصل، داود (۱۴۰۲). ارزیابی مخاطره زمین‌لغزش و واکاوی علل آن در جاده جدید سردشت- بانه حدفاصل سردشت- دارساوین. *پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی*، ۱۲(۱)، ۲۷۴-۲۹۱. 10.22034/GMPJ.2023.382414.1408

نگهبان، سعید؛ پی سوزی، تینا؛ گنجائیان، حمید و نوروزی، میلاد (۱۴۰۰). شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش و جابجایی عمودی با استفاده از تصاویر راداری (مطالعه موردی: محدوده شهری و حاشیه شهری لواسان. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۰(۳)، ۱-۱۸. 10.22067/geoeh.2021.71728.1094

Abedini, Musa; Irani, Vida and Esfandiari, Fariba. (2013). Investigation of geomorphological effects of active tectonics and earthquake hazard zoning with emphasis on the seismicity of faults (Case study: Namin, Astara, Talesh). *Geography and Planning*, 26(82), 145-160. [In persian] Doi: 10.22111/GDIJ.2024.8147

Alijani, Bahloul; Ghahrudi, Tali, Manijeh; Amir Ahmadi, A., 2007. Zoning of landslide risk in the northern slopes of Shah Jahan using GIS, case study: Shirvan Astrakhi Basin, *Quarterly Journal of Geographical Research*, 22 (1), 117-132. [In persian]

Asghari Saraskanroud, Sayyad; Emami, Rashed; and Piroozi, Elnaz (2014). Landslide hazard assessment and zoning using OWA and ANN methods (case study: Paveh County). *Natural Environment Hazards*, 10(28), 131-150. [In persian] Doi:10.22111/JNEH.2021.33729.1645

bedini, Musa; Piroozi, Elnaz; Aghayari, Leila (2015). Investigation and identification of landslide prone areas in the Nobaran Basin of Markazi Province. Quantitative Geomorphology Research, *online publication*. [In persian] Doi: 10.22034/GMPJ.2025.491670.1538

Bragagnolo, L. daSilva, R.V., Grzybowsk, J.M.V. (2020). Artificial neural network ensembles applied to the mapping of landslide susceptibility, *CATENA*, 184(10424), 1-19. Doi:10.1016/j.catena.2019.104240

Crozier, M. J., (2010). Deciphering the effect of climate change on landslide activity: a review *Geomorphology*, 124. 260-267. Doi: 10.1130/G33217.1

Entezari, Mojgan; Estaki, Shokoh and Gholam Heidari, Hamideh (2014). Investigating the landslide situation in Tarom watershed using the risk-vulnerability overlap model. *Geography and Planning*, 28(89), 61-39.[In persian] Doi: 10.22034/GP.2023.54607.3073

Ganjaian, Hamid (2019). Geomorphological hazards of urban areas, study methods and control strategies, *Entebbe Publications*, pp. 144. [In persian]

Ghoimipanah, Mohammad Hossein; Khalidi Darwishan, Abdolvahid and Ghoimipanah, Mohammad Reza (2017). Validation of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Multivariate Regression (MR) Methods in Landslide Zoning (Case Study: Vali-Asr Watershed, Ardabil Province. *Journal of Ecohydrology*, 4(3), 775-789. .[In persian] Doi: 22059/IJE.2017.62626

Khodai Gheshlagh, Leila; Roustaei, Shahram; Mokhtari Davoud and Valizadeh Kamran, Khalil. (1400). Landslide monitoring using InSAR radar interferometry method (Case study: Ahar to Varzaghan region. *Geography and Planning*, 25(75), 113-126. [In persian] Doi: 22034/GP.2021.10847

Lajm-Orak, Morteza and Piri, Zahra (2013). Landslide risk zoning using the Analytic Hierarchy Process (AHP) model and GIS technology (Case study: Baghmalek city). *Geography and Environmental Hazards*, 12(3), 193-215. .[In persian] Doi: GEOEH.2022.77009.1239

Maleki, Nasibeh; Salari, Mamand and Talebpour-Asl, Davud (2013). Landslide hazard assessment and analysis of its causes on the new Sardasht-Baneh road, Sardasht-Darsavin. *Quantitative Geomorphology Research*, 12(1), 274-291. [In persian] Doi: 10.22034/GMPJ.2023.382414.1408

Moshtagheh Mehr, A., Hejazi, A. and Karami, F. (2025). Investigation and modeling of land use changes in Mahabad county using Markov chain model. *Journal of Geography and Planning*, 29(91), 191-168. [In persian] Doi: 10.22034/GP.2024.60347.3231

Negahban, Saeed; Pei-Suzi, Tina; Ganjaeian, Hamid and Norouzi, Milad (2011). Identification of landslide and vertical displacement prone areas using radar images (Case study: urban area and urban outskirts of Lavasan. *Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 1-18. [In persian] Doi: 10.22067/geoeh.2021.71728.1094

Petley. D., (2012). Global patterns of loss of life from landslides, *Geology*, 40 (10). 927-930. Doi:10.1130/G33217.1

Rajaee, Abdul Hamid (2003). *Application of Geomorphology in Land Planning and Environmental Management*, Second Edition. Tehran: Qoms Publishing. .[In persian]

Saha, A. Villuri, VGK. Bhardwaj, A., Kumar, S.A. (2023). Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Approach for Landslide Susceptibility Mapping of a Part of Darjeeling District in North-East Himalaya, India., *Applied Sciences*; 13(8), 5062, 1-23. Doi: 10.3390/app13085062

Sharifi, Hossein; Ramezanipour, Mehrdad; Ebrahimi, Leila and Haqzad, Ameneh (2017). Landslide hazard zoning of Noor County using network analysis model. *Economic Geography Research*, 2(6), 40-55. [In persian] Doi: 27173747.1400.2.6.4.0

Symeonakis, E, Karathanasis, N, Koukoulas, S, Panagopoulos, G. (2016). Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: the case of lesvos island. *Land Degradation and Development*. 27, 1562–1573. Doi: doi.org/10.1002/ldr.2285

Teymouri, Mehdi and Asadi Nelivan, Omid (2019). Sensitivity zoning and prioritization of factors affecting landslide occurrence using the maximum entropy model (case study: Lorestan province).

Hydrogeomorphology, 6(21), 155-179. [In persian] Doi: 10.22034/IWM.2024.2021371.1126

Teymouri, Mehdi; Bayat, Asghar; Shahbazi, Ali and Asadi Nelivan, Omid (2014). Locating watershed management structures using a machine learning model in the Dehdar watershed. *Comprehensive Watershed Management*, 4(3), 14-29. [In persian] Doi: 20.1001.1.23833254.1398.6.21.8.3

Vojtekova, J., Vojtek, M., (2020). Assessment of landslide susceptibility at a localspatial scale applying the multi-criteria analysisand GIS: a case study from Slovaki, Geomatics, *Natural Hazards and Risk*, Vol 11, Issue 1, Pp 131–148. Doi:10.1130/G33217.1

Zakeri Nejad, Reza and Amoshahi, Nahid (2012). Landslide hazard assessment using remote sensing data and maximum entropy model (Study area: Kameh watershed, south of Isfahan province). *Quantitative Geomorphology Research*, 11(2), 128-149. [In persian] Doi: 20.1001.1.27173747.-1400.2.6.4.0

Zhang, T, Han, L, Han, J, Li, X, Zhang, H, Wang, H. (2019). Assessment of Landslide Susceptibility Using Integrated Ensemble Fractal Dimension with Kernel Logistic Regression Model. *Entropy*. 21(218), 1-23. Doi:10.3390/e21020218