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

Landslide risk zoning and spatial instability analysis of rural settlements in Nahavand country using the LNRF model

Ali Akbar Sarmadi Seifi[1]✉

1. Corresponding author, Instructor, Rural Development Studies Center, Natural Disasters Research Institute, Tehran, Iran.
E-mail: sarmadi232003@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 21 April 2024
Received in revised form 13 February 2025
Accepted 8 April 2025
Available online 29 September 2025

Keywords:
Landslides,
GIS,
LNRF model,
hazard zonation,
rural settlements, Nahavand,
Hamadan Province.

ABSTRACT

Objective: This study uses the Landslide Nominal Risk Factor (LNRF) model within a Geographic Information System (GIS) framework to investigate the factors influencing landslide occurrence and provide a spatial analysis of rural settlements. The study area is located in the southern part of Hamadan Province, within Nahavand County. Geologically, it lies across the Sanandaj–Sirjan and Zagros imbricated zones.

Method: The research began with field surveys and a review of library and documentary sources to identify landslide events in the region. A total of 42 landslides were documented and analysed. Subsequently, maps of environmental factors, including lithology, climate, tectonic structures, slope, slope aspect and land use, were prepared. Each factor was overlain with the distribution of documented landslides to assess the relationship between environmental conditions and landslide occurrence. To zonate the landslide hazard, the LNRF model was employed, integrating six key environmental factors: lithology, land use, rainfall, distance from major tectonic faults, slope and slope aspect. The hazard map was then classified into three categories: low, moderate and high risk.

Results: The 42 identified landslides were used to validate the model by calculating the nominal risk factor for each parameter. The resulting hazard map showed that around 24% of the study area was in the high-risk zone. Within this zone, 34 rural settlements are directly exposed to landslide hazards. The high-risk areas are primarily concentrated on the northern slopes of Garin Mountain. These slopes are characterised by gradients of 15–30 per cent, unconsolidated and landslide-prone surface deposits (mainly clay), proximity to springs and drainage networks, and closeness to structural features such as faults. These factors collectively increase the terrain's susceptibility to slope failure.

Conclusions: The results indicate a strong correlation between the locations of past landslide events and the high-potential zones on the hazard map. This confirms the effectiveness of the LNRF model in landslide susceptibility assessment when applied within a GIS framework. Furthermore, the findings emphasise the vulnerability of rural settlements located in hazardous areas, highlighting the importance of land use planning and risk management strategies to mitigate potential losses.

Cite this article: Sarmadi Seifi, A.A. (2025). Landslide risk zoning and spatial instability analysis of rural settlements in Nahavand county using the LNRF model. *Housing and Rural Environment*, *44* (191), 77-86. https://doi.org/10.22034/44.191.77

© The Author(s).
Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).
DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

Introduction

This study investigates the factors influencing landslide occurrence and conducts a spatial analysis of rural settlements using the Landslide Nominal Risk Factor (LNRF) model within a Geographic Information System (GIS) framework. The study area is located in the southern part of Hamadan Province, within Nahavand County, and lies geologically within the Sanandaj–Sirjan and Zagros thrust zones.

Firstly, historical landslide events in Nahavand County were examined through field surveys and a review of library and archival sources. This resulted in the identification and analysis of 42 landslides. Subsequently, environmental factor maps were prepared, including those for lithology, climate, tectonics, slope gradient, slope aspect and land use. Each environmental factor was then overlaid with the identified landslides and a spatial analysis was conducted to evaluate the relationship between these factors and landslide occurrences.

To create a landslide hazard zonation map, the LNRF model was applied in GIS, integrating six key environmental variables: lithology, land use, rainfall, proximity to major tectonic faults, slope gradient and slope aspect. This generated a landslide hazard zonation map, classifying the area into three hazard levels: low, moderate, and high The 42 identified landslides were evaluated using an index called the Landslide Nominal Risk Factor (LNRF). This index was calculated for each contributing factor and was used for zonation purposes.

The model results indicate that 24% of the study area and 34 rural settlements fall within the high-risk zone. These are primarily located on the northern slopes of Garin Mountain. This area is characterised by slopes ranging from 15% to 30%, landslide-prone surface sediments (mainly clay) and proximity to springs, drainage networks and structural features and faults. The findings also confirm that areas identified as high-risk on the hazard zonation map correspond well with the locations of actual landslide occurrences.

This study examines the factors influencing landslide occurrence and conducts a spatial analysis of rural settlements using the LNRF model within a GIS framework. The study area is located in the southern part of Hamadan Province, within Nahavand County, and lies geologically within the Sanandaj–Sirjan and Zagros Thrust Zones.

Initially, historical landslide events in the region were identified and analysed based on field surveys and a review of library and documentary sources. This resulted in the recognition of 42 landslide incidents. Subsequently, environmental factor maps were prepared, including those showing lithology, climate, tectonics, slope gradient, slope aspect and land use. These factors were then overlaid with landslide locations and their spatial relationships analysed.

A landslide hazard zonation map was then produced using the LNRF model and GIS, integrating six key environmental variables: lithology, land use, rainfall, distance from major tectonic faults, slope gradient and slope aspect. The resulting hazard zonation map categorised the area into three risk levels: low, moderate and high. The identified landslides were evaluated using the LNRF index, which was calculated for each contributing factor.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

The results show that around 24 per cent of the study area and 34 rural settlements are in the high-risk zone, mainly on the northern slopes of Garin Mountain. These areas are characterised by slopes ranging from 15% to 30%, sensitive surface sediments (mainly clay), proximity to springs and drainage paths, and closeness to structural features and faults. The findings also show a strong correspondence between the zones with the highest potential for landslides on the hazard map and the actual locations of observed landslides.

Method

This research adopts an analytical–descriptive and technical approach to assess landslide susceptibility using the Landslide Nominal Risk Factor (LNRF) model within a Geographic Information System (GIS). The study area in Nahavand County was zoned based on selected environmental factors, and the vulnerability of rural settlements was evaluated through spatial overlay analysis and supplementary field surveys.

Multiple environmental datasets, including geological maps, slope and aspect information, land use, rainfall data, satellite imagery, aerial photographs and field observations, were compiled and analysed. Key factors such as lithology, distance from faults, slope gradient and slope aspect were examined in relation to the spatial distribution of recorded landslides using ArcGIS, allowing the identification of areas prone to slope instability.

The LNRF model (Gupta and Joshi) provides a statistical framework to quantify the relationship between landslide occurrence and individual environmental factors. LNRF values were calculated for each factor and classified into three hazard classes: low, moderate and high. Values greater than one indicate higher-than-average landslide susceptibility, while values less than one represent relatively stable conditions. Integrating these values within the GIS environment enabled the production of a landslide hazard zonation map.

For final hazard mapping, the LNRF classes were assigned weights and combined through a grid-based overlay technique. Weighted layers of all environmental factors were summed to calculate cumulative hazard values for each grid cell. Areas with higher cumulative weights represent zones of greater landslide susceptibility, providing a clear basis for identifying high-risk rural settlements and supporting land-use planning, risk mitigation and disaster management strategies.

Results

According to the findings, 24 per cent of the study area and 34 rural settlements are located in high-risk zones. These areas are primarily concentrated on the northern slopes of Garin Mountain and are characterised by slopes ranging between 15% and 30%, highly sensitive surface sediments (mainly clay), proximity to springs and drainage networks, and closeness to structural features and faults.

Conclusions

The results indicate that the zones with the highest potential for landslides on the landslide hazard map align closely with the actual locations of past landslide events. Amongst the

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

geological formations, undivided conglomerates interbedded with marl layers are more susceptible to landslides than other formations in the region. Furthermore, areas located less than 100 metres from tectonic structures, slopes with an incline of between 12% and 30%, and north-facing slopes are more unstable and at a higher risk of landslides.

Author Contributions

The author contributed to the conceptualization of the article and the writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Not applicable

Acknowledgements

Not applicable

Ethical considerations

The author 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 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

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

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش و تحلیل فضایی ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان نهاوند با مدل LNRF

علی اکبر سرمدی سیفی[1]✉

۱. نویسنده مسئول، مربی، گروه مرکز مطالعات توسعه روستایی، پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران، ایران. رایانامه: sarmadi232003@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷

کلیدواژه‌ها:
زمین‌لغزش،
پهنه‌بندی،
سکونتگاه روستایی،
GIS،
LNRF،
نهاوند.

چکیده

هدف: این تحقیق به بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش و تحلیل فضایی سکونتگاه‌های روستایی می‌پردازد که در آن مدل (LNRF) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌کارگرفته شده است. محدوده موردمطالعه ازنظر تقسیمات سیاسی–اداری در جنوب استان همدان در شهرستان نهاوند و ازنظر زمین‌شناسی در دو زون سنندج–سیرجان و زاگرس رورانده واقع شده است.

روش پژوهش: در ابتدا به بررسی سوابق رخداد زمین‌لغزش‌ها در شهرستان نهاوند بر اساس مطالعات میدانی، بررسی اسناد کتابخانه‌ای پرداخته شد که ۴۲ زمین‌لغزش شناسایی و تحلیل گردید. سپس نقشه‌های عوامل زمین محیطی شامل لیتولوژی، اقلیم، زمین‌ساخت، شیب و جهت شیب دامنه و کاربری اراضی تهیه شد. هر یک از عوامل زمین محیطی با زمین‌لغزش‌های رخداده هم‌پوشانی داده شد و به بررسی و تحلیل زمین‌لغزش‌های رخداده در هر یک از عوامل زمین محیطی پرداخته شد. در این پژوهش برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌ها از مدل LNRF با استفاده از نرم‌افزار GIS با تلفیق شش عامل زمین محیطی شامل: سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، هم‌باران، فاصله از شکست‌های تکتونیکی مهم، شیب دامنه و جهت شیب دامنه‌ها نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در سه کلاس پهنه خطر کم، متوسط و زیاد تهیه شد. در این خصوص تعداد ۴۲ لغزش شناسایی‌شده با شاخصی تحت عنوان ضریب صوری احتمال خطر وقوع حرکات دامنه‌ای (LNRF) نام‌گذاری گردید. این مقدار برای هر یک از عوامل دخیل در زمین‌لغزش‌ها محاسبه و پهنه‌بندی صورت گرفت.

یافته‌ها: یافته‌های به‌دست‌آمده از مدل نشان می‌دهد که ۲۴ درصد از محدوده مطالعاتی و ۳۴ سکونتگاه روستایی در پهنه خطر زیاد قرار دارد که عمدتاً محدود به دامنه‌های شمالی کوهستان گرین که دارای شیب بین ۱۵ تا ۳۰ درصد، رسوبات سطحی حساس (عمدتاً رس) به زمین‌لغزش، نزدیکی به چشمه‌ها و آبراهه‌ها و نزدیک به عوارض ساختاری و گسل‌ها هستند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که مناطق با پتانسیل بالا در نقشه پهنه‌بندی خطر با محل وقوع زمین‌لغزش‌های رخداده مطابقت دارد.

استناد: سرمدی سیفی؛ علی اکبر. (۱۴۰۴). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش و تحلیل فضایی ناپایداری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان نهاوند با مدل LNRF. *مسکن و محیط روستا*، ۴۴ (۱۹۱)، ۷۷-۸۶. https://doi.org/10.22034/44.191.77

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

© نویسندگان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

مقدمه

حرکات توده‌ای به‌ویژه زمین‌لغزش‌ها فرمی از فرایندهای دامنه‌ای و نوعی از سوانح طبیعی هستند که هرساله در نقاط مختلف جهان رخ می‌دهند و خسارات جانی، مالی و زیست‌محیطی قابل‌توجهی به بار می‌آورند. زمین‌لغزش‌ها ازجمله پدیده‌های مورفودینامیک هستند که تحت تأثیر عوامل مختلفی در سطح دامنه‌های مختلف کوهستانی در اشکال مختلف به وقوع می‌پیوندد (Abedini & Fathi, 2018). زمین‌لغزش‌ها ازجمله مخاطرات طبیعی هستند که همه‌ساله موجب خسارات جانی و مالی زیاد به‌ویژه در نواحی کوهستانی می‌شود (Hejazi et al., 2018). زمین‌لغزش به علت ماهیت خطرناک خود در مناطق کوهستانی مورفولوژی را به‌طور ناگهانی برهم می‌زند و خسارت‌هایی عمده به مناطق مسکونی، جاده‌های زمین کشاورزی و... وارد می‌کند (Dorishi & Mousavi Nedoushan, 2023) گرچه در میان سوانح طبیعی، زمین‌لغزش و حرکات توده‌ای ازنظر تلفات جانی و مالی نسبت به سوانح دیگری چون زلزله، سیلاب، سهم و نقش کمتری دارد؛ اما در نواحی خاص و مقیاس کوچک‌تر وقوع حرکات توده‌ای به‌ویژه زمین‌لغزش‌ها می‌تواند بسیار قابل‌توجه و مهم باشد. به‌طوری‌که امروز بعد از مخاطره سیل و زلزله بیشترین خسارات و تلفات جانی در جهان و کشور ایران ناشی از زمین‌لغزش است (abdinezhad et al., 2023).

به‌عنوان‌مثال، «زمین‌لغزش و سیلان واریزه در لس‌آنجلس در طی زمستان ۵۲-۱۹۵۱ باعث ۷/۵ میلیون دلار خسارت شد (Shariat Jafari, 1996). در سال ۱۹۶۳ نیز در ایتالیا، لغزش ۲۶ میلیون مترمکعب سنگ آهک در مخزن یک سد، امواجی به ارتفاع ۱۰۰ متر را ایجاد کرد. این امواج پس از گذشتن از تاج سد، به سکونتگاه‌های پائین‌دست خسارت وارد کرده و سبب مرگ ۲۰۰۰ نفر شد (Shariat Jafari, 1996).

کشور ایران نیز ازجمله کشورهایی است که درگیر مسائل مرتبط با حرکت توده‌ای و زمین‌لغزش‌ها است که این ناشی از عوامل زمین‌شناختی، توپوگرافیکی و اقلیمی است، برخی سوانح طبیعی چون زلزله، سیلاب و زمین‌لغزش‌ها در آن به کرات رخ داده است. زمین‌لغزش‌های منطقه گیلان طی رخداد زمین‌لرزه ۱۳۶۹ است که جان حدود ۲۰۰ نفر را گرفت. زمین‌لغزش روستای آبکار لبد کوهرنگ در استان چهار محال و بختیاری در فروردین‌ماه سال ۱۳۷۷ دریک شب بارانی بهار زیر آوار کوه برای همیشه مدفون شد و هرگز کسی از ساکنان مانده در خانه‌های آن روستا خبردار نشد (Hamshahri Newspaper, 2012).

علاوه بر گیلان و چهار محال و بختیاری، در برخی از استان‌های دیگر کشور ازجمله آذربایجان غربی روستای گوگرد شهرستان خوی، کردستان روستای تفین در شهرستان سروآباد، لرستان روستای تنگ محمدحاجی در شهرستان بروجرد، قزوین روستاهای بخش الموت قزوین و ... به وقوع پیوسته که خسارات مالی و زیست‌محیطی قابل‌توجهی را به دنبال داشته است.

منطقه موردمطالعه به دلیل موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناختی یکی از مناطق مستعد بروز حرکت‌های توده‌ای به‌ویژه زمین‌لغزش‌ها است. ساختار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی زاگرس، وجود ناهمواری‌های پرشیب، سازندهای سطحی حساس، توان بالای لرزه‌خیزی و وجود گسل‌های فعال (گسل نهاوند، گسل سراسری زاگرس رورانده، گسل سهران و ...) به همراه بارش قابل‌توجه در ناحیه باعث شده که استعداد وقوع حرکات توده‌ای در این منطقه بالا باشد. وقوع زمین‌لغزش‌ها در این حوضه هرساله خسارات قابل‌توجهی به زمین‌های زراعی مرتعی، محور ارتباطی نهاوند–الشتر و سکونتگاه‌های روستایی ازجمله روستاهای ورآینه، ده حیدر و گل حیدر و...وارد می‌کند.

از طرف دیگر، باتوجه‌به وجود سد برق آبی در بالادست روستای گل حیدر، مسئله زمین‌لغزش، فرسایش خاک و خطر رسوب‌گیری در آینده سد در این ناحیه اهمیتی دو چندان می‌یابد. بنابراین بررسی و پژوهش بر روی زمین‌لغزش و حرکات توده‌ای، دلایل وقوع آن‌ها، پهنه خطر وقوع در این حوضه می‌تواند تا حدودی خسارات جانی، مالی و زیست‌محیطی در آینده را بکاهد.

پیشینه پژوهش

گوپتا و جوشی[1] (۱۹۹۰) مدل LNRF را در رامجانگا هند و فانیو[2] (۲۰۰۷) در لانگان چین ارائه کردند. در این روش پس از بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش LNRF با نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) اقدام به وزن‌دهی

1. Gopata & Joshi
2. Fanyu

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

لایه‌ها و سپس پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش کردند.

قهرمان و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه النگ دره گرگان با استفاده از روش‌های LNRF، FAHP و AHP پرداختند. در این پژوهش عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش شامل شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه و جاده در نظر گرفته شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدل LNRF کارایی بسیار خوبی برای حوضه دارد و در مقایسه با دو روش دیگر از تطابق بیشتری برخوردار است.

شادفر و یمانی (۲۰۱۱) به پهنه‌بندی خطر حرکات دامنه‌ای در حوزه جلیسیان با استفاده از مدل LNRF پرداختند و به نتایج مطلوبی در این خصوص رسیدند. صابری و همکاران (۲۰۱۶) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل LNRF با ۱۳ پارامتر پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حاصل از مدل دقت خوبی دارد. فنی و قشمی (۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان «پهنه‌بندی و تحلیل فضایی حساسیت مخاطرات محیطی زمین‌لغزش، زلزله، فرونشست و سیل در مناطق ۲۲ گانه تهران» به این نتیجه رسیدند مهم‌ترین عامل در وقوع زمین‌لغزش، جنس زمین، شیب و تغییرات کاربری (جاده) است.

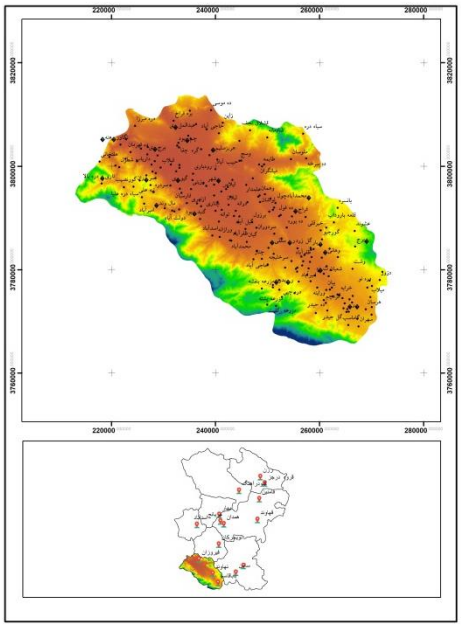
تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش و ارزیابی‌شده خطر آن می‌تواند کمک شایانی در زمینه مدیریت محیط و اتخاذ تصمیمات درست در مقابله با این مخاطره باشد (Abedini et al., 2014). به‌این‌ترتیب وجود نقشه‌های خطر و حساسیت زمین‌لغزش برای تعیین پتانسیل نواحی ازنظر خسارت زمین‌لغزش‌ها و کاهش آثار زیان‌بار اجتماعی–اقتصادی آن بسیار ضروری است (Martha et al., 2013).

موقعیت منطقه موردمطالعه

شهرستان نهاوند بین ˝۹ ˚۴۸ تا ˝۳۳ ˚۴۸ دقیقه طول شرقی و ˝۵۵ ˚۳۳ تا ˝۱۷ ˚۳۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهرستان در حوضه آبریز گاماسیاب یکی از زیرحوضه‌های آبریز کرخه است که در جنوب استان همدان واقع شده است. این شهرستان از طرف جنوب به شهرستان الشتر، از طرف شمال به شهرستان تویسرکان، از شرق به شهرستان ملایر و از غرب به شهرستان کنگاور و صحنه محدود می‌شود (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل ۱. دامنه لغزشی در کوهستان گرین



شکل ۲. موقعیت شهرستان نهاوند در استان همدان

روش‌شناسی پژوهش

روشی که در این تحقیق به کار گرفته شده روشی تحلیلی–توصیفی و تکنیکی است. در فرایند تحقیق از روش LNRF با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از روش LNRF به پهنه‌بندی محدوده شهرستان نهاوند بر اساس عوامل در نظر گرفته‌شده، پرداخته شد و سپس سکونتگاه‌های روستایی ازنظر آسیب‌پذیری در برابر خطر زمین‌لغزش

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

هم‌پوشانی و موردمطالعه میدانی مجدد قرار گرفتند. پارامترهای مورداستفاده در این مدل عبارت‌اند از: زمین‌شناسی، کاربری اراضی زمین، هم‌بارش، فاصله از گسل و جهت شیب و شیب زمین.

برای تهیه نقشه‌های خطر ابتدا جهت درک وابستگی‌های گوناگون از محیط، از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، مجموعه‌ای از اطلاعات صحرایی، زمین‌شناسی و توپوگرافی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در مرحله بعد عوامل زمین محیطی یعنی گسل‌ها، جنس سنگ، کاربری اراضی و شیب و جهت شیب در ارتباط با توزیع زمین‌لغزش‌ها در محیط برنامه‌های ARC GIS مورد تجزیه‌وتحلیل و قرار گرفت. با بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به زمین با استفاده از GIS می‌توان مستعدترین نواحی برای وقوع زمین‌لغزش‌ها را شناسایی کرد (جدول ۱).

جدول ۱. لایه‌ها و منبع مورداستفاده در تحقیق

نوع عارضه	لایه مورداستفاده	منبع
پلی گون	شیب	DEM ۱۲ متر منطقه
پلی گون	جهت شیب	DEM1 ۱۲متر منطقه
پلی گون	زمین‌شناسی	نقشه زمین‌شناسی نهاوند- ملایر- هرسین ۱:۱۰۰۰۰۰
پلی گون	انواع واحدهای سنگی	نقشه زمین‌شناسی نهاوند- ملایر- هرسین ۱:۱۰۰۰۰۰
خطی	گسل و عوارض ساختاری	سازمان زمین‌شناسی کشور ۱:۱۰۰۰۰۰
پلی گون	انواع کاربری اراضی (جنگل- مرتع- و..)	سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور- تصاویر ماهواره‌ای
پلی گون-نقطه‌ای	پراکنش زمین‌لغزش‌ها	سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور- عکس هوایی ۱:۲۰۰۰۰

جهت ارزیابی منطقه‌ای در مورد پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش عوامل متعددی نیاز است که این مسئله اهمیت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را روشن می‌سازد. GIS توان ذخیره، بازیابی و تجزیه‌وتحلیل انواع گوناگون داده‌ها را در یک نقطه جغرافیایی فراهم می‌کند. بر مبنای یک شبکه عمومی پایه داده‌های مختلف بر روی‌هم قرار گرفته و این مجموعه جدید از داده‌ها را می‌توان هر لحظه استفاده کرد. معمولاً ارزیابی عوامل مختلف زمین محیطی مانند جنس سنگ، وضعیت دامنه و فاصله از عوارض تکتونیکی از مقیاس‌های متفاوت استفاده می‌شود، برای انجام یک تفسیر مشترک از اطلاعات مختلف از یک روش تجربی استفاده می‌نماییم که در آن ارتباط آماری عوامل زمین محیطی با وقوع زمین‌لغزش ضریب احتمال خطر (LNRF)[3] را به وجود می‌آورد که این ضریب دارای مقیاس توصیفی است (مانند کم، زیاد و ...).

این مدل به مدل گوبتا و جوشی معروف است (Naderi & Haji, 2011). ضریب اسمی خطر زمین‌لغزش یک عامل زمین محیطی LNRF: تعداد لغزش‌ها در یک واحد از نقشه عامل/ میانگین تعداد لغزش‌ها در کل واحد نقشه عامل.

مقادیر زیاد LNRF (بزرگ‌تر از واحد) نشان می‌دهد که یک زیرمجموعه خاص نسبت به سایر زیرمجموعه‌های همان عامل محیطی استعداد بیش از میانگین دارد و مقادیر کمتر از واحد نشان‌دهنده آن است که زیرمجموعه مربوطه دارای دامنه‌های پایداری در مقابل حرکات دامنه‌ای است. در این مرحله به‌طوری‌که گفته شد ابتدا مقادیر LNRF برای هر یک از واحدها یا عوامل موردبررسی تهیه و به سه طبقه شد. برای محاسبه LNRF نسبت بین تعداد وقوع زمین‌لغزش در هر زیرمجموعه خاص به متوسط به‌دست‌آمده برای کل عوامل زمین محیطی در نظر گرفته شده است (جدول ۲).

جدول ۲. مقادیر وزنی زمین‌لغزش‌ها بر اساس روش LNRF

دامنه تغییرات	وزن طبقات	میزان ناپایداری
LNRF<0.67	۰	کم
1.3<LNRF<0.67	۱	متوسط
1.3<LNRF	۲	زیاد

به هر یک از سه گروه LNRF که گفته شد به ترتیب وزن‌های ۲ ،۱ ، ۰ داده شد، کل حوضه در محیط Arcinfo به شبکه‌هایی با مساحت واحد تقسیم شد و برای هر یک از عوامل زمین محیطی یک لایه ایجاد شد و به هر یک از پیکسل‌ها با مساحت واحد در هر لایه برحسب LNRF کسب‌شده وزن‌های مذکور اعمال شد و خطر پهنه‌بندی برای کل حوضه اعمال گردید.

3. The Landside Nominal Risk Factor.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

یافته‌های پژوهش

نقشه سنگ‌شناسی

یکی از عوامل تعیین‌کننده در وقوع زمین‌لغزش، نقش ویژگی زمین‌شناسی به‌ویژه جنس زمین است. برای تهیه نقشه زمین‌شناسی از نقشه‌های با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور برگه نهاوند، ملایر و هرسین استفاده و تدقیق گردید. با استفاده از نقشه زمین‌شناسی، نقشه واحدهای سنگی تهیه و ویژگی‌های سنگ‌شناسی در رابطه با زمین‌لغزش موردبررسی قرار گرفت و جنس سنگ‌های حوضه به پنج دسته تقسیم شده: ۱- کنگلومرای تفکیک‌نشده به همراه مارن؛ ۲- سنگ آهک؛ ۳- ماسه‌سنگ با شیل؛ ۴- مارن، شیل و ماسه‌سنگ؛ ۵- سنگ‌های دگرگونه.

برای مشخص کردن فراوانی وقوع زمین‌لغزش‌ها در هر واحد سنگی، نقشه سنگ‌شناسی با نقشه زمین‌لغزش‌ها با برنامه ARC GIS هم‌پوشانی شد و تعداد زمین‌لغزش‌ها در هر یک از گروه‌های سنگ‌شناسی مورد پردازش قرار گرفت. حداکثر وقوع زمین‌لغزش‌ها به ترتیب در سازند کنگلومرا با میان لایه‌هایی از مارن (۱/۶۶)، سنگ‌های آذرآواری، آهک، ماسه‌سنگ و رسوبات آبرفتی و در سنگ‌های دگرگونه رخ داده است (جدول ۳). فرسایش‌پذیری و واکنش سنگ‌ها به فرایندهای هوازدگی و فرسایش از عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش‌ها است، سنگ‌های کنگلومرا و آذرآواری و آهک سخت هستند و در مقابل فرسایش مقاومت می‌کنند و با عنایت به اینکه سازندهای سطحی آن‌ها اکثراً رس، مارن و آهک است، لذا پارامترهای مقاومت برشی (چسبندگی و ضریب اصطحکاک) ارتباط بسیار نزدیکی با سنگ‌شناسی مواد دارد و نقش تعیین‌کننده‌ای در نحوه شروع گسیختگی دامنه‌های حوضه دارد.

نقشه گسل‌ها

گسل‌ها در ایجاد و فعال‌سازی دوباره مناطق دارای پتانسیل زمین‌لغزش نقش مؤثری دارند (Kamran Zadeh et al., 2015) جهت دستیابی به ارتباط توزیع زمین‌لغزش‌ها با عوارض ساختاری اصلی زمین (گسل‌ها، راندگی‌ها و ...) در حوضه آبخیز گاماسیاب باتوجه‌به دوری و نزدیکی این عوارض ساختاری مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. برای این کار فاصله زمین‌لغزش‌ها از عوارض ساختاری موردانداز‌ه‌گیری قرار گرفت و سپس عملیات کلاس‌بندی انجام شد (Gupta and Joshi, 1990). به‌نحوی‌که مشاهده می‌شود حداکثر وقوع زمین‌لغزش‌ها در فاصله ۱۰۰۰ متر (۲/۱۴) و با دور شدن از ناحیه تکتونیکی مقدار وقوع زمین‌لغزش‌ها کاهش می‌یابد.

نقشه کاربری اراضی

کاربری اراضی در وقوع زمین‌لغزش مؤثر است و در بسیاری از موارد، ایجاد تغییر در نوع استفاده از زمین باتوجه‌به نقشه‌های قابلیت اراضی تحقیقات منابع آب‌وخاک، مطالعات میدانی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای پنج نوع کاربری شناسایی شد که عبارت‌اند از: ۱- زمین‌های زراعی؛ ۲- مسکونی؛ ۳- پوشش گیاهی؛ ۴- پوشش گیاهی پراکنده (زمین‌های بایر)؛ ۵- نواحی مرتفع همراه با ستیغ‌های بلند. فراوانی وقوع زمین‌لغزش‌ها در زمین‌های بایر و زمین‌های کشاورزی بیشتر از سایر واحدها است، نواحی فاقد پوشش گیاهی و زمین‌های بایر در مقابل فرسایش آسیب‌پذیر بوده و بیشتر ناپایدار هستند. در مناطقی که کشاورزی با بهره‌گیری علمی و فنی در روی دامنه‌ها انجام شده، دامنه‌ها پایداری بیشتری دارند؛ ولی عدم رعایت اصول شخم‌زنی و آبیاری غرقابی حساسیت دامنه را بالا برده و زمینه را برای ناپایداری دامنه‌ها حساس می‌کند.

نقشه شیب

شیب از عوامل اصلی افزایش استعداد گسیختگی دامنه‌ها و همچنین به‌عنوان عامل تهدیدکننده در نظر گرفته می‌شود (Mir Sanjari et al., 2018). افزایش مقدار شیب دامنه باعث افزایش میزان مؤلفه نیروی وزن در راستای شیب دامنه می‌شود. هرگاه این افزایش از مؤلفه عمودی نیروی وزن بیشتر شود، لغزش رخ می‌دهد (price, 2009). جهت تهیه نقشه شیب محدوده مطالعاتی از مدل رقومی ارتفاع استفاده شد و نقشه شیب در ۸ کلاس استخراج شد. بر اساس نقشه پهنه‌بندی و انطباق آن با نقشه پراکندگی زمین‌لغزش‌ها بیشتر تعداد زمین‌لغزش‌ها در محدوده شیب بین ۱۲ تا ۳۰ درصد است.

نقشه جهت دامنه

طبقات سنگی روند ساختاری شمال غربی-جنوب شرق را که منطبق بر روند فیزیوگرافی نیز است از خود نشان می‌دهد. بنابراین

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

تعیین توزیع فراوانی زمین‌لغزش‌ها برحسب جهات جغرافیایی مختلف می‌تواند در برآورد تأثیر ساختار عمومی طبقات و فیزیوگرافی بر فعالیت زمین‌لغزش‌ها مورداستفاده قرار گیرد.

برای تعیین جهات جغرافیایی از نرم‌افزار ARC GIS استفاده شد و باتوجه‌به نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با منحنی میزان ۲۰ متر جهات جغرافیایی به هشت گروه (N, NE, E SE, S, SW, W, NW) تقسیم شد.

نقشه هم‌باران

به‌منظور تهیه نقشه هم‌بارش محدوده مطالعاتی از داده‌ها و ایستگاه‌های هواشناسی سینوتیک، اقلیم‌شناسی و کلیماتولوژی اداره هواشناسی و وزارت نیرو استفاده شد و نقشه هم‌بارش در محیط GIS تهیه گردید.

جدول ۳. مقادیر LNRF برای واحدهای زمین محیطی محدوده مطالعاتی

LNRF	درصد وقوع زمین‌لغزش	تعداد زمین‌لغزش	فاصله از گسل (متر)
۲/۱۴	۳۵/۷	۱۵	۰–۱۰۰۰
۱/۴۲	۲۳/۸	۱۰	۱۰۰۱–۲۰۰۰
۰/۸۵	۱۴/۳	۶	۲۰۰۱–۳۰۰۰
۰/۷۱	۱۱/۹	۵	۳۰۰۱–۴۰۰۰
۰/۶	۹/۵	۴	۴۰۰۱–۵۰۰۰
۰/۲۸	۴/۸	۲	بیشتر از ۵۰۰۱
LNRF	درصد وقوع زمین‌لغزش	تعداد زمین‌لغزش	کاربری زمین
۱/۸	۰/۳۵	۱۵	زمین زراعی
۰/۳۵	۰/۰۷	۳	مسکونی
–	–	–	پوشش گیاهی متراکم
۲/۸۵	۰/۵۷	۲۴	زمین بایر
–	–	–	نواحی مرتفع همراه با ستیغ‌های بلند
LNRF	درصد وقوع زمین‌لغزش	تعداد زمین‌لغزش	جنس سنگ
۰/۲۳	۴/۸	۲	رسوبات آبرفتی
۱/۳	۲۶/۲	۱۱	شیل مارن ماسه‌سنگ
۰/۹	۱۹/۰۰	۸	ماسه‌سنگ با شیل
۰/۸	۱۶/۷	۷	آهک
۱/۶۶	۳۳/۳	۱۴	کنگلومرا با میان لایه مارن
LNRF	درصد وقوع زمین‌لغزش	تعداد زمین‌لغزش	جهت آزیموت
۲/۲۸	۲۸/۶	۱۲	شمال
۰/۹۵	۱۱/۹	۵	شمال شرقی
۰/۷۶	۹/۵	۴	شرق
۰/۷۶	۹/۵	۴	جنوب شرق
۱/۱۴	۱۴/۳	۶	جنوب
۰/۳۸	۲/۷۶	۲	جنوب غرب
۰/۳۸	۲/۷۶	۲	غرب
۱/۳۳	۱۶/۷	۷	شمال غرب
LNRF	درصد وقوع زمین‌لغزش	تعداد زمین‌لغزش	شیب(درصد)
–	–	۰	۲–۰
–	–	۰	۵–۲
–	–	۰	۸–۵
۰/۲۳	۴/۷۶	۲	۱۲–۸
۱/۶۶	۲۳/۸	۱۰	۲۰–۱۲
۴/۱۶	۷۱/۴	۲۵	۳۰–۲۰
۰/۹۳	۱۱/۹	۵	۳۰+
LNRF	درصد وقوع زمین‌لغزش	تعداد زمین‌لغزش	بارش(درصد)
––	––	––	۴۴۰–۳۴۰

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

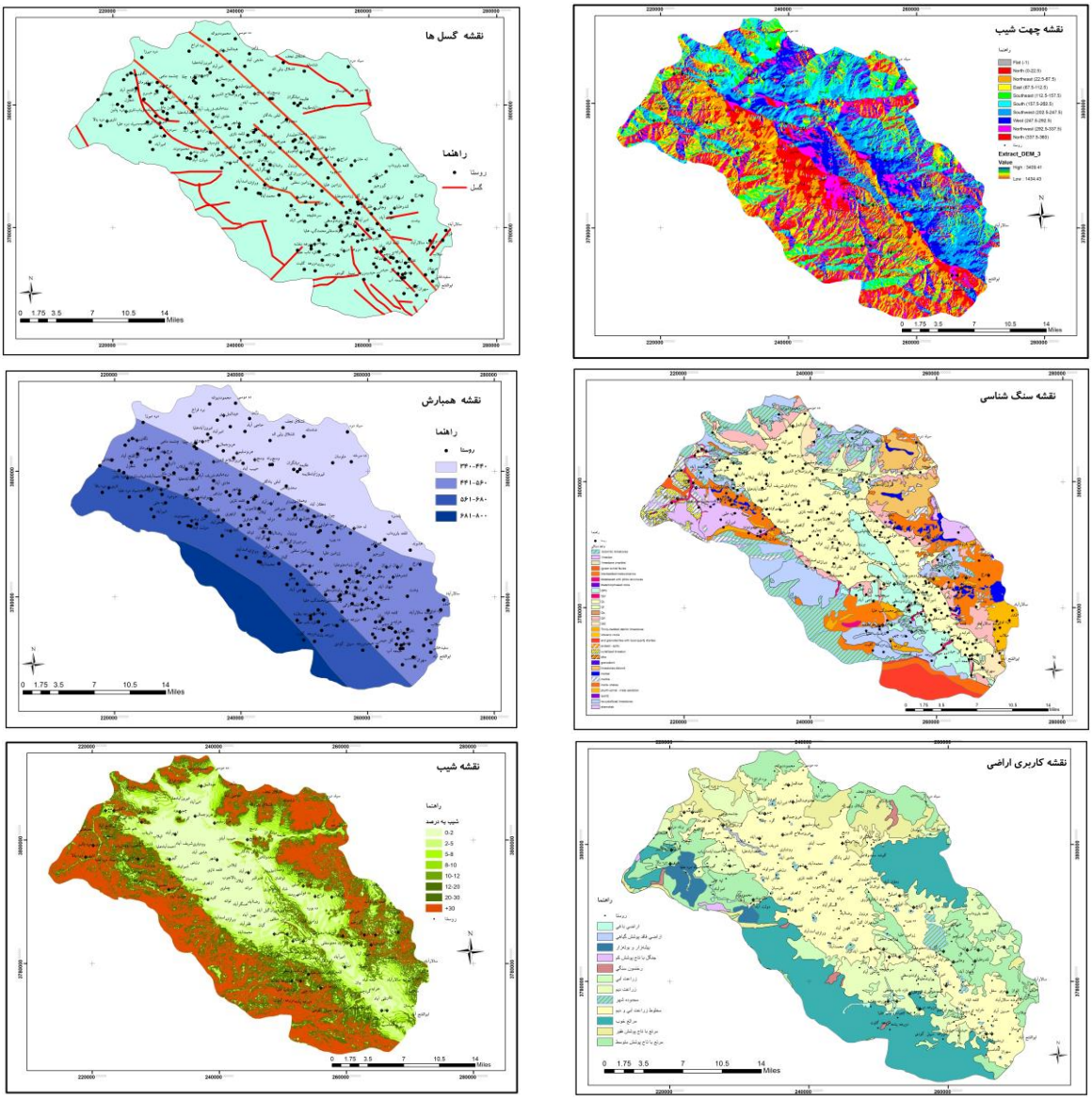
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

۰/۶۶	۱۶/۶	۷	۵۶۰–۴۴۱
۱/۶۱	۲۳/۶	۱۷	۶۸۰–۵۶۱
۱/۷۱	۴۲٫۸	۱۸	۸۰۰–۶۸۱

تهیه نقشه خطر وقوع زمین‌لغزش

بعد از تهیه نقشه‌های عوامل زمین محیطی (شکل ۳) و فراهم کردن داده‌ها، اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بر اساس مقادیر LNRF برای واحدهای زمین محیطی با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS شد. بدین ترتیب باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از مدل LNRF شهرستان نهاوند ازنظر پارامترهای در نظر گرفته‌شده شامل زمین‌شناسی (جنس زمین)، ساختارهای زمین و تکتونیکی، شیب زمین، جهت دامنه‌ها، کاربری اراضی و نقشه هم‌باران به سه پهنه خطر بالا، متوسط و پایین تقسیم‌بندی شد. پهنه‌های خطر بر روی شکل ۴ مشخص شده است.

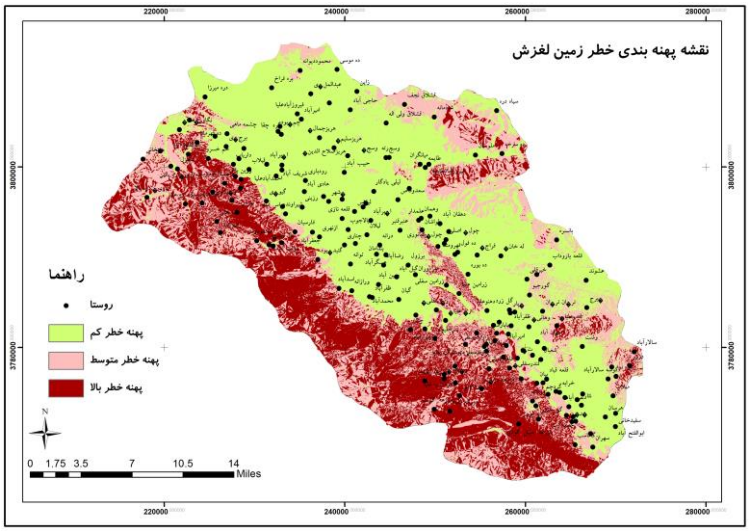
همان‌طور که در نقشه پهنه‌بندی مشخص است مناطق جنوبی شهرستان از خطر بالایی برخوردار هستند. محدوده‌های جنوبی شهرستان به دلیل وجود رشته‌کوه زاگرس مرتفع (کوه‌های گرین)، شیب زیاد دامنه‌ها و وجود عوارض تکتونیکی به‌ویژه گسل‌ها و چشمه‌ها از پتانسیل بالایی برخوردار است.



شکل ۳. نقشه عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین‌لغزش‌های شهرستان نهاوند

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]



شکل ٤. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

تحلیل فضایی پراکندگی روستاها با نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

محدوده مطالعاتی بر اساس آمار رسمی سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران، ۱۸۸ سکونتگاه روستایی با جمعیت ۸۵۳۶۳ خانوار بالغبر ۲۶۳۶۳ هزار نفر جمعیت دارد (جدول ۴).

جدول ٤. توزیع جمعیت و خانوار روستاهای شهرستان نهاوند

جمعیت	خانوار	تعداد	خانوار
۵۸۵	۱۷۳	۳۵	۵۰-۰
۳۷۰۸	۱۱۱۱	۳۳	۵۰-۲۰
۷۵۳۶	۲۲۸۴	۳۲	۱۰۰-۵۰
۳۵۳۲۱	۱۰۷۹۲	۶۳	۳۰۰-۱۰۰
۱۴۳۹۷	۴۵۸۶	۱۲	۵۰۰-۳۰۰
۲۴۴۰	۷۶۱۶	۱۱۵	+۵۰۰
۶۳۹۸۷	۲۶۵۶۲	۲۹۰	جمع

باتوجه‌به ویژگی منطقه و بر اساس نقشه‌های تهیه‌شده، ۲۰ درصد روستاهای محدوده مطالعاتی در واحد کوهستان قرار دارند. این روستاها بیشتر در دره‌های گاماسیاب و گیان استقرار پیدا کرده‌اند. بررسی‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که روستاهای ورآینه، ده حیدر، گل حیدر، تازه ناب سفلی و علیا و تاریک دره بالا در پهنه خطر زیاد قرار دارند (شکل‌های ۵ و ۶). آنچه سبب شده که این مناطق در پهنه خطر زیاد وقوع زمین‌لغزش قرار گیرند، نقش عوامل توپوگرافی و اقلیم در این منطقه است. شیب نسبتاً زیاد دامنه‌ها، بارش زیاد در فصل زمستان و بهار به‌ویژه ذوب برف و نفوذ آن به داخل رسوبات آبرفتی و حساس بودن واحدهای زمین‌شناسی به حرکات توده‌ای سبب گردیده که این مناطق در پهنه خطر زیاد قرار گیرند (جدول ۵).



شکل ٥. زمین‌لغزش رخ‌داده در بالادست گورستان روستای ده حیدر در سال ۱۳۹۸



شکل ٦. زمین‌لغزش چرخشی رخ‌داده روستای تازه ناب سفلی در سال ۱۳۹۸

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

جدول ۵. ارتباط سکونتگاه‌های روستایی با پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

پهنه خطر	تعداد	خانوار	جمعیت
خطر پایین	۲۲۸	۲۶۲۰۷	۶۲۳۱۷
خطر متوسط	۲۸	۱۶۵	۷۲۰
پهنه خطر زیاد	۳۴	۱۹۰	۹۵۰
جمع	۲۹۰	۲۶۵۶۲	۶۳۹۸۷

نتیجه‌گیری

مطالعات حاصل از بررسی زمین‌شناسی نشان می‌دهد که قسمت جنوبی منطقه موردمطالعه زاگرس رورانده و ادامه سلسله جبال شاهو و بیستون در کرمانشاه و قسمت شمالی جزء زون سنندج–سیرجان است و دشت نهاوند به‌صورت یک فروافتادگی بین دو زون زمین‌ساختی واقع شده است.

بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حدود ۲۴ درصد از شهرستان در پهنه خطر زمین‌لغزش زیاد و ۲۷ درصد در پهنه خطر متوسط قرار دارد. روستاهای واقع در زون زمین‌ساختی زاگرس رورانده در پهنه خطر زیاد قرار دارند. این پهنه‌ها به دلیل قرارگیری بر روی دامنه‌های شیب‌دار با شیب بیش از ۱۵ درصد، وجود، گسترش واحدهای سنگی مارنی و میانگین بارندگی بیش از ۵۰۰ میلی‌متر و همچنین تکتونیزه و بودن واحدهای سنگی سبب گردیده که بیشتر روستاها در پهنه زمین‌لغزش با خطر بالا قرار گیرند.

با نظری بر مقادیر LNRF به‌دست‌آمده مشخص می‌شود که کنگلومراهای تفکیک‌نشده با میان لایه‌هایی از مارن نسبت به سایر واحدهای سنگی از احتمال خطر بالاتری برای وقوع زمین‌لغزش‌ها برخوردارند. علاوه بر آن زمین‌های بایر و نواحی با پوشش تنک احتمال خطر زیادتری را برای وقوع حرکات دامنه‌ای نشان می‌دهند. مناطق نزدیک به عوارض تکتونیکی (۰–۱۰۰۰متر و با خطر بسیار بالا (LNRF = ۲/۱۴)) و نواحی با شیب‌های بین ۱۲–۳۰ درجه و دامنه‌های رو به شمال منطقه از ناپایداری بیشتری برخوردار است. یکی از عوامل مؤثر بر ناپایداری دامنه‌ای در دره گاماسیاب نهاوند احداث جاده ارتباطی نهاوند–نورآباد است. تغییر در شیب دامنه و ایجاد ترانشه سبب گشته در این محدوده زمین‌لغزش‌های زیادی به وقوع بپیوندد. انحراف کانال رودخانه گاماسیاب، تغییر و دست‌کاری در دامنه دره و از بین بردن تکیه‌گاه‌های جانبی در یال دره سبب رخداد چندین زمین‌لغزش شده است. یکی از مناطق درگیر زمین‌لغزش در محدوده روستای ورآینه، گل حیدر و ده حیدر است. ضخامت زیاد واحدهای رسی، بارندگی‌ها و ذوب برف در فصل بهار و درنتیجه شیب نسبتاً زیاد دامنه‌ها از عوامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش در این محدوده است.

نقشه احتمال خطر وقوع زمین‌لغزش شهرستان نهاوند، استعداد خطر نسبی مناطق مختلف را برای وقوع زمین‌لغزش نشان می‌دهد. هر تغییری در محیط فعلی (فعالیت‌های انسانی: جاده‌سازی، خطوط انتقال نیرو) و عوامل مورفوژنز طبیعی ممکن است احتمال خطر را برای وقوع زمین‌لغزش در منطقه را تغییر دهد.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]

References

Abdinezhad A, yamanni M, Hassanpour J, Goorabi A, Karimi ahmadabad M. (2023). Risk analysis of landslides for identifying development constraints in the physical structure of rural settlements; case study: Savadkooh region, Mazandaran. *JHRE*. *42*(183), 107-122. doi: 10.22034/42.183.107 (in Persian).

Abedini, M., Fathi, M. H., & Beheshti Javid, E. (2014). Landslide hazard potential zonation using fuzzy logic model: Case study of Quri Chay watershed. *First Iranian Conference on Geographical Sciences*, 1–6 (in Persian).

Abedini, M., & Fathi, M. H. (2018). Multi-criteria landslide susceptibility mapping in the Khalkhal Chay watershed. *Quantitative Geomorphology Research*, 2(4), 85–71 (in Persian).

Chenari Sabar, K., Vahdat Bardi, H., & Salmani, —. (2016). Evaluation of the LNRF model for preparing a landslide hazard map using GIS in the Ziarat watershed, Gorgan. Watershed Management Research, (112) (in Persian).

Dorishi, Y., & Mousavi Nedoushan, S. M. (2023). Spatial analysis of landslide susceptibility in rural and urban areas: Case study of Gorgan Subordinate Areas and Zarrin Gol watershed. *Geographical Engineering of the Land*, 2(16), 334–350 (in Persian).

Gopata. P. R. & Joshi. C. B (1990), Lanslide Hzard Zoning Using the GIS Appproach - A Case Study Foram the Ramaganga Cathment Hmalayas , Geology, Vol. 29 , PP. 119-131

Fanni, Z., & Ghashami, S. M. R. (2018). Zonation and spatial analysis of sensitivity to four environmental hazards (landslide, flood, earthquake, and land subsidence): A case study of the 22 districts of Tehran. Geographical Information (Scientific–Research Journal), 27(128). (in Persian).

Fanyu liu, Z.(2007). Study on Landslide Susceptibility Mapping Based GIS and with Bivariate Statistics a Case Study in Longnan Area Highway 212. Science paper online

Hamshahri Newspaper. (2012, April 1).

Hejazi, S. A., Rustaee, S., & Ranjbarian Shadbadi, M. (2018). Multi-criteria landslide susceptibility zonation in the Khalkhal Chay watershed. *Geomorphology Research*, 2(4), 71–85 (in Persian).

Kamran Zadeh, F., Emad Mohasel Afshar, M., Mojarab, M., & Memarian, H. (2015). Landslide hazard zonation in Tehran Province using data-driven and analytic hierarchy process methods. 97, 101–114 (in Persian).

Martha T,R.,.van Westen, C,J., Kerle, N., Jetten, V., Kumar K.V.,(2013) Landslide hazard and riska ssessment using semi-automatically created Landslide inventories, Geomorphology 184 (2013) 139–150

Mir Sanjari, M., Ildermi, A., Abadian, S., & Mohammadi, A. (2018). Landslide hazard zonation using LNRF model: Case study of Qamroud watershed, Aligudarz. *Environmental Hazards*, 109, 18–30 (in Persian).

Naderi, G., & Haji, M. (2011). Evaluation and efficiency of information value and Gupta-Joshi methods in landslide hazard zonation: Tale-Khab watershed, Ilam. 92, 95–103 (in Persian).

Price, D. G., (2009), Engineering geology: principles and practice, Springer, PP. 268-290

Shadfar, M., Yamani, M., & Namaki, M. (2011). *Landslide hazard zonation using the Information Value (IV) model, surface density, and the LNRF model in the Chalkarud Basin*. Watershed Engineering and Management Journal**,** 3(1). (in Persian).

Shariat Jafari, M. (1996). *Landslides: Principles and stability of natural slopes* (1st ed.). Tehran: Sazeh Publications (in Persian).

DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.191.77]