Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas 13 (2023) 169-188

Online ISSN: 2717-2325

Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas

Journal homepage: http://www.gsma.lu.ac.ir

Lorestan University

Research Paper

Landslide risk assessment and zoning in Bionij watershed, Kermanshah province

Mahdi Zarei [a,*], Hadis Moradi [b], Seyed Hassan Alavinia [c], Kazem Aliabadi [d]

[a] Assisstant Professore, Research Center of Social Siences and Geographical Studies, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
[b] Phd Graduate, Department og Gaomorphology, Faculty of Geography and Environment Sicences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
[c] Assisstant Professore, Department of Watershed Management, University of Kashan, Kshan, Iran
[d] Research Center of Social Siences and Geographical Studies, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 26 June 2022;
Accepted: 15 February 2023
Available online 10 May 2023

Keywords:
Landslide, Bionij watershed, zoning, LIM model

ABSTRACT

Landslides is considered as one of the major natural hazards in mountainous areas. Identifying the effective factors in the occurrence of landslides in a basin and zoning its risk is one of the basic tools to achieve solutions to control this phenomenon and select the most appropriate and practical management option. The present study aimed to evaluate the factors affecting the occurrence of landslides and its zoning using the LIM model. For this purpose, after obtaining the weight of each of the factor maps and the weight column of each unit (including: altitude, slope, slope direction, drainage density, distance from the river, distance from the road, lithological units, distance from the fault, Vegetation, land use, annual rainfall and soil hydrological groups) The final weight and landslide zining map was obtained using a model from the algebraic sum of the 11 factor layers. According to the results, arounf 34 % of the study area located in the range of high to very high risk, around 41 % in the range of low to very low potential risk, and the rest in the range of medium potential of landslide occurrence. The results of the maximum values obtaned for the final weight of different variables indiated that slope, distance from the road, land use, vegetation, height, lithology, distance from the river, rainfall, soil hydrological group, slope direction and the distance from the fault have the most to the least influence on the occurrence of landslides in the studied region, respectively. In general, the research results can provide useful information to planners in various sectors, including agriculture, industry, environment, etc.

1. Introduction

Landslide is one of the types of mass movements, as a result of which materials flow downward along a certain surface on the slope (Zuzeli et al., 2018). Mass erosions, including landslides, lead to financial and human losses in different regions of the world and have devastating effects on the economic and social activities of human societies (Rahmati and Zand, 2018; Peng et al., 2014). In Iran, a lot of research has been done on the factors affecting the occurrence of landslides. For example, Dastranj et al., (2021) used fuzzy membership functions to determine the slopes sensitive to the erosion of the northern and southern slopes of Binaloud. Accordingly, the ROC curve and the distribution map of landslides, the results of their study showed that the gamma operators of 0.8 and 0.9 perform the best in landslide susceptibility modeling and zoning. Pourfrashzadeh and Asghari (2022) conducted research under the title of evaluation and zoning of

*Corresponding Author.
Email Adresses: m.zarei@hsu.ac.ir (M. Zarei), hadismoradi222@gmail.com (H. Moradi), s.h.alavinia@kashanu.ac.ir (SH. Aalavina), ka.aliabadi@hsu.ac.ir (K. Aliabadi)

To cite this article:
Zarei, M, Moradi, H, Alavinia, S.H, Aliabadi, K (2023), Landslide risk assessment and zoning in Bionij watershed, Kermanshah province. Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas, 4(13), 169-188

Doi:10.52547/gsma.4.1.169

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

landslide occurrence and preparation of risk probability map using statistical methods and applying 12 factors in the Balikhi watershed. The results showed that the conditions of occurrence of landslides at altitudes of 2400 to 2800 meters, slope above 40 degrees, north slope direction, concave lands, high unevenness, loose and low-resistance sediments, rainfall of 500 to 550 mm, average vegetation cover index (0.35% to 0.55%), distance less than 500 meters from faults, less than 200 meters from rivers, and 600 to 1000 meters from roads are more susceptible than other places.

2. Methodology

In this study, for the purpose of landslide zoning, the weighting of the effective factors in the occurrence of landslides was carried out based on the statistical analysis model of LIM (Landslide Index Method) in the ArcGIS software. In the LIM method, weighting is done based on the density of each of the layers at the points affected by the landslide in the region. In this way, the final weight of each layer in this model is calculated based on the logarithm of the density ratio of each unit to the sliding density in the entire area. In this model, the slip density in each unit is obtained based on the ratio of the frequency of slipped pixels in each unit to the total frequency of pixels in the unit. In the same way, the density of landslides in the whole area is calculated from the ratio of the frequency of landslide pixels in the entire basin to the frequency of pixels in the entire area. Then, the natural logarithm of the ratio between the landslide density in each unit and the landslide density in the entire basin is used to calculate the final weight of each unit. Therefore, the final weight ratio of each of the units in the landslide of the entire area is calculated and the descriptive information is taken into account for each of the factor maps, finally, 11 weight layers are obtained for landslide zoning. The more the weight of the units tends to the positive side, it indicates its more effective role in sliding.

3. Results

Based on the results of the factor layer of height above the sea level, it is clear that the fourth height layer (1606-1913) and then the third layer (1364-1606) have the highest frequency of landslides. Therefore, it can be concluded that there is no uniform order in the occurrence of landslides in the studied area with the increase or decrease in height from the sea level. It should also be stated that the northern slopes, which are exposed to light for a shorter period of time, have the highest frequency of sliding per unit, and the southwestern slopes have the lowest frequency. The amount of rainfall has an effective role in the absorption of moisture by soil rock, on the other hand, the movement of materials on the slope depends on the amount of water received by the slope materials. Based on the results of investigating the condition of the active layer of vegetation, the classes with low and medium vegetation have the highest and lowest frequency of slip per unit, respectively. Also, the investigation of the hydrological condition of the soil in the area showed that landslides in the studied area only occurred in the soil layer with high permeability. Regarding the last investigated variable and its relationship with the occurrence of landslides in the studied area, it was found that the highest frequency of occurrences of landslides occurred in the land use of rainfed agriculture.

4. Discussion

The effect of 11 factors of height above sea level, slope, slope direction, drainage density, distance from the road, lithology, distance from the fault, vegetation cover, land use, annual rainfall, and soil hydrology were investigated. Based on the results, the 3th and 4rd elevation classes of the study area showed the highest frequency and the 2th and 5nd floor showed the lowest frequency of landslides. Examining the occurrence of landslides in different directions of the slope of the area shows that the northern slope direction has the highest density of landslides per unit (0.039). the results of the distance from the river and its effect on landslides in the study area indicate the existence of the highest frequency of landslides in the first layer and the lowest frequency in the last layer as the distance from the river.

5. Conclusion

Based on the landslide zoning results, about 34% of the study area is in the range of high to very high risk of landslide occurrence, and about 18% of the area is in the range of very low potential. A very

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

important issue that we found in this research is the role of human manipulation in the studied area, which is the change of land use by humans to agricultural land and finally, the change of the slope of the slopes leads to the occurrence of landslides and They are intensifying in the region.

Acknowledgments

The authors appreciate the IRIMO and Geological Survey for providing the observational data.

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]

[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

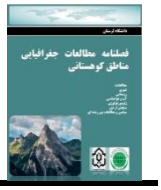
سال چهارم، شماره اول (پیاپی ۱۳)، بهار ۱۴۰۲، ۱۸۸-۱۶۹.

شاپای الکترونیکی: ۲۳۲۵-۲۷۱۷

فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی

http://www.gsma.lu.ac.ir

دانشگاه لرستان



مقاله پژوهشی

ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در حوزه آبخیز بیونیژ، استان کرمانشاه

مهدی زارعی[1*]؛ حدیث مرادی[2]؛ سید حسن علوی‌نیا[3]؛ کاظم علی‌آبادی[4]

[1*] استادیار، گروه پژوهشی جغرافیا، مرکز پژوهشی علوم جغرافیایی و مطالعات اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

[2] دانش‌آموخته، گروه ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

[3] استادیار، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

[4] مربی، گروه پژوهشی جغرافیا، مرکز پژوهشی علوم جغرافیایی و مطالعات اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:
۱۴۰۱/۰۴/۰۵

پذیرش نهایی:
۱۴۰۱/۱۱/۲۶

تاریخ انتشار:
۱۴۰۲/۰۲/۲۰

واژگان کلیدی:
زمین لغزش، حوضه آبخیز بیونیژ، پهنه‌بندی، مدل LIM.

چکیده

زمین لغزش به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی عمده در مناطق کوهستانی محسوب می شود. شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش در یک حوضه و پهنه‌بندی خطر آن از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین گزینه مدیریتی می‌باشد. تحقیق حاضر به منظور ارزیابی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از مدل LIM هدفگذاری شده است. بدین منظور پس از بدست آوردن وزن هر یک از نقشه‌های عاملی و ستون وزن هر یک از واحد ها (شامل: طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، واحدهای سنگ شناسی ، فاصله از گسل، پوشش گیاهی، کاربری‌اراضی، بارش سالانه و گروه های هیدرولوژیک خاک‌ها) با استفاده از مدل LIM از جمع جبری ۱۱ لایه عاملی، نقشه وزن نهایی و پهنه‌بندی زمین‌لغزش به دست آمد. بر اساس نتایج حدود ۳٤ درصد منطقه در محدود خطر زیاد تا خیلی زیاد، حدود ٤۱ درصد منطقه در محدوده پتانسیل کم تا خیلی کم خطر و مابقی منطقه در محدوده با پتانسیل متوسط وقوع زمین‌لغزش واقع شده‌اند. نتایج مقادیر بیشینه وزن نهایی متغیرهای مختلف نشان داد که متغییرهای شیب، فاصله از جاده، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ارتفاع، سنگ‌شناسی، فاصله از رودخانه، بارندگی، گروه هیدرولوژیکی خاک، جهت شیب و فاصله از گسل به ترتیب بیشترین تا کمترین تأثیرگذاری بر وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه را دارا می‌باشند. به طور کلی نتایج تحقیق می‌تواند اطلاعات مفیدی در اختیار برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف اعم از کشاورزی، صنایع، محیط زیست و.... قرار دهد.

نویسنده مسئول:

پست الکترونیک نویسندگان: m.zarei@hsu.ac.ir (م، زارعی)؛ hadismoradi222@gmail.com (ح، مرادی)؛ s.h.alavinia@kashanu.ac.ir (س.ح، علوی نیا). ka.aliabadi@hsu.ac.ir (ک، علی‌آبادی).

زارعی، مهدی، مرادی، حدیث، علوی نیا، سیدحسن، علی‌آبادی، کاظم(۱۴۰۲) ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در حوزه آبخیز بیونیژ، استان کرمانشاه. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، سال چهارم، شماره اول (پیاپی ۱۳)، بهار ۱۴۰۲

Doi:10.52547/gsma.4.1.169

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]

[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

۱. مقدمه

زمین‌لغزش از انواع حرکات توده‌ای است که در اثر آن مواد در امتداد سطحی مشخص روی دامنه به سمت پایین جریان می‌یابند (Zazuli et al, 2020: 617). وقوع فرساش‌های توده‌ای من جمله زمین‌لغزش منجر به ایجاد خسارات مالی و جانی در مناطق مختلف جهان شده و اثرات مخربی بر وضعیت فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی جوامع انسانی می‌گذارد (Rahmati and Zand, 2018: 64; Peng et al, 2014: 289). مناطق کوهستانی به دلیل شرایط شکل، موقعیت، شرایط توپوگرافی و اقلیمی خود تحت تأثیر فرآیندهای مختلف درونی و بیرونی قرار داشته و دچار تغییرات مورفولوژیکی فراوانی می‌شوند (Rajabi et al, 2022: 2). زمین لغزش به عنوان مخرب‌ترین خطر زمین‌شناسی در مناطق کوهستانی در نظر گرفته می‌شود (Pan et al, 2008: 187; Girma et al, 2015: 25; Hamza and Raghuvanshi, 2017: 151; Mengistu et al, 2019: 1). به منظور ارزیابی حساسیت زمین لغزش و پهنه‌بندی خطر آن تکنیکهای مختلفی همچون روش‌های آماری، روش‌های قطعی، روشهای احتمالی فهرست‌بندی زمین‌لغزش‌ها و ..... ارائه شده است (Corominas et al, 2014: 211; Raghuvanshi et al, 2014: 236; Raghuvanshi and Negassa, 2015: 153; Reichenbach et al, 2015: 64). مطالعات زیادی در زمینه بررسی خطر وقوع زمین‌لغزش در مناطق مختلف دنیا انجام شده است. مطالعه دینامیک حرکات توده‌ای ناشی از بارش سنگین در ناحیه داگوی ترکیه در غرب دریای سیاه به انجام شد. تحلیل داده‌های بارش برای دوره‌های طولانی و کوتاه روزانه و ساعتی به وضوح دلالت بر این دارد که بارش سنگین در زمین‌لغزش به عنوان یک عامل محرک نقش دارد، سپس پارامترهایی چون توپوگرافی، شیب لایه‌بندی مارن، تراکم زیاد درختان و افق خاک ضخیم بر روی زمین مارنی، نقش موثری در وقوع انواع زمین لغزش‌ها داشته‌اند (Ocakoglu et al., 2001: 329). نتایج بررسی ارتباط بین زمین لغزش و تغییر کاربری اراضی حوضه زهکشی لیخوکولا در تپه ماهورهای میانی نپال حاکی از وقوع ۳۸۱ مورد زمین لغزش بوده که غالبا به شکل گسیختگی در تراسهای آبیاری شده بود. بیشترین معناداری بین گسیختگی‌های بزرگ روی تراسهای رها شده و جنگلهای تخریب یافته وجود دارد. برآورد آنها نشان داد که بیشترین میزان فرسایش خاک ناشی از لغزش مربوط به جنگلهای تخریب شده و زمین‌های رها شده است (Gerrard and Gardner, 2002: 48). در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های بارشی و بار رسوبی روزانه در حوضه آناپورنای نپال به اثرات بارش و ویژگی‌های شیب دامنه در شروع زمین‌لغزشها در دوره بارشهای موسمی پرداخته شد. نتایج نشان داد که هر زمان طی دوره بارشهای موسمی آستانه بارش به بیش از ۸۶۰ میلی‌متر برسد، حرکات لغزشی به وقوع خواهد پیوست(Gabet et al, 2004: 131) . یانگ و همکاران. در پژوهشی به پهنه‌بندی منطقه‌ای زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی در گورجس چین پرداخته و نشان دادند که مدل مذکور کاربرد زیادی به عنوان یک روش جدید برای ارزیابی خطر زمین لغزش در مقیاس منطقه‌ای دارد (Yang et al, 2010: 1). سو و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی یک مدل پهنه‌بندی در منطقه‌ای در چین با اتخاذ روش اعتبارسنجی متقابل پنج لایه‌ای پرداختند. آنها از ۱۵ عامل برای شاخص‌های ارزیابی حساسیت‌پذیری سه مدل ماشین یادگیری شامل جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم‌گیری استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که دقت پیش‌بینی این سه مدل از ۸۳/۴۹ درصد تا ۹۹/۲۹ درصد در مرحله آموزش تا ۶۲/۲۶ درصد تا ۷۳/۵۸ درصد در مرحله اعتبارسنجی متغیر است. یافته‌ها نشان داد که مدل درخت تصمیم‌گیری دارای راندمان پیش‌بینی بهتری نسبت به جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان می‌باشد (Suet al, 2021: 237).

در ایران نیز تحقیقات زیادی روی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش انجام شده برای نمونه طلایی دولق و غیومیان طی بررسی عوامل موثر در لغزش‌خیزی روستاهای جنوب غرب خلخال به این نتیجه دست یافتند که حضور رس در سازندهای حساس منطقه با جذب آب و بر اثر خاصیت تورم و خمیری به عنوان یکی از عوامل اصلی حرکات دامنه‌ای است (Talaei Dolagh and Ghayomian,

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

2002: 129). مهرنهاد نقش زمین ساخت جنبا در ایجاد زمین لغزشهای منطقه مهاباد را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که وجود گسل‌های لرزه‌زا و جوان در شرق دشت مهاباد و گسل دهبنان در غرب آن حاکی از زمین ساخت جنبا منطقه می‌باشد و زمین لغزشهای مورد مطالعه را می‌توان نتیجه عملکرد گسلهای فوق و زلزله‌های حاصل از حرکات آنها به شمار آورد (Mehrnahad, 2000: 267). مسگری‌وش و همکاران طی بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش محمودآباد مسکون، یافتند که تراکم زمین لغزش‌ها در سنگ‌های تکتونیزه و به شدت هوازده با کانیهای سولفیدی بوده و بدین لحاظ نقش اساسی در رویکرد زمین‌لغزش ایفا نموده است و تغییرات ساختاری نظیر احداث ترانشه جاده کرمان – جیرفت، خاکریزی مصنوعی، احداث کانال آبیاری در دامنه، آبهای نفوذی جوی و ناشی از کانال آب و ایجاد لرزه‌های طبیعی و مصنوعی به عنوان عوامل ماشه‌ای در وقوع زمین‌لغزش عمل کرده‌اند(Mesgarivash et al, 2002: 177). خضری و همکاران ناپایداری دامنه‌ای در بخش مرکزی حوضه زاب را با استفاده از تحلیل سلولی بررسی و نشان دادند که مناطق ناپایدار بر شیب‌های تند و دامنه‌ای با شکل مقعر بر روی آبرفت‌ها و مواد پر شده نامقاوم در جوار گسل اصلی پیرانشهر بیشتر در کوهستان غربی و دامنه‌های پشت به آفتاب با پوشش غیر جنگلی گسترش دارند. مناطق پایدار بر اساس نقشه خطرپذیری در شیب‌های کم و سرزمین‌های هموار با پوشش جنگلی و بیشه‌زار در دامنه‌های منظم کم شیب با جنس مقاوم از جمله آهک بلوری و مرمری هستند (Khezri et al, 2006: 49). عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های دامنه‌های شمالی آلاداغ در استان خراسان شمالی توسط مقیمی و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج وجود لایه‌های غیر قابل نفوذ رسی، مارنی و تبخیری و سیمان انحلال‌پذیر کربناته در سازند شوریجه منطقه مورد مطالعه عامل اساسی در لغزه‌خیزی می‌باشد. لایه‌های آبدار زیرزمینی، افزایش وزن ناشی از رشد درختان تنومند در باغات، زیر بری دامنه توسط رودخانه چناران و نقاط با برف ماندگار در قالب عوامل موثر در کاهش و افزایش تنش برشی فاکتورهای مؤثر دیگر در زمین لغزش منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شوند (Moghimi et al, 2008: 53).

(۲۰۱۳) عابدینی و تمیمی با استفاده از روش LIM[1] اقدام به تهیه نقشه خطر زمین لغزش در منطقه علی‌آباد خلخال کردند. در این مطالعه از ۱۱فاکتور برای تهیه نقشه خطر استفاده شده و بر اساس نتایج ۹ درصد از منطقه دارای خطر زیاد و ۱۶/۲۰ درصد از منطقه دارای خطر بسیار زیاد تشخیص داده شد (Abedini and Tamimi, 2013; 130). مددی و همکاران اقدام به ارزیابی خطر زمین لغزش و پهنه‌بندی آن با استفاده از مدل LIM در حوضه آبخیز گیوی‌چای اردبیل کرده و از ۱۱ عامل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده نمودند طبق نتایج مناطق با بارش ۳۷۵-۴۰۵ میلیمتر در سال، طبقات ارتفاعی بین ۱۵۱۲-۱۹۲۷ متر از سطح دریا، مناطق با پوشش گیاهی کم، مناطق با نفوذپذیری زیاد خاک، دامنه‌های رو به شرق و شمال شرق حوضه به ترتیب بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش منطقه داشته‌اند(Madadi et al, 2013: 307). عابدینی و تمیمی احتمال خطر زمین لغزش‌های منطقه گلستان شهرستان خلخال را با استفاده از مدل LIM و بکارگیری ۱۲ پارامتر بررسی نمودند. بر اساس نتایج به ترتیب ۹۱ درصد از مساحت جنگل و ۵۱ درصد از مساحت مرتع با احتمال خطر زیاد روبرو است که دلیل اصلی آن را هم گسل و شیب زیاد تشخیص دادند(Abedini and Tamimi, 2014: 215).

(۲۰۱۵)، روستایی و همکاران در مطالعه دیگری به بررسی خطر وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز رودخانه میمه با روش تحلیل شبکه پرداخته و نشان دادند بارندگی و لیتولوژی بیشترین تأثیر را در میان هشت فاکتور موثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها داشته‌اند. همچنین بیشترین زمین‌لغزش‌ها در شیب‌های جنوبی و جنوب غربی در ارتفاع ۱۶۰۰ تا ۲۳۰۰ متر که تحت تأثیر پوشش تشکیلات سراواک و ایلام به وقوع پیوسته است (Roostaei et al, 2015: 101). دسترنج و همکاران با استفاده از توابع عضویت فازی به تعیین دامنه‌های حساس به فرسایش دامنه‌های شمالی و جنوبی بینالود

1. Landslide Index Method

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

پرداختند. نتایج مطالعه آنها با توجه به نتایج منحنی ROC و نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها نشان داد عملگرهای گامای ۰٫۸ و ۰٫۹ بهترین عملکرد را در مدل‌سازی و پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش انجام می‌دهند (Dastranj et al, 2021: 12). در پژوهشی دیگر مناطق مستعد زمین‌لغزش در محدوده سد شهید عباسپور پهنه‌بندی گردید. در این مطالعه از دو روش حائری-سمیعی و تحلیل سلسله مراتبی برای بررسی هفت عامل سنگ‌شناسی، زاویه شیب، طول گسل، طول راه و رودخانه، عامل بارندگی، شدت بارندگی و زمین لرزه استفاده شد. نتایج نشان داد در هر دو روش مذکور بیشترین مناطق حساس به لغزش در آبرفت‌های جوان کواترنری است و مهمترین عامل، سنگ‌شناسی است (Majd bavi and Moemeni pour, 2021: 65). در مطالعه‌رجبی و همکاران (۲۰۲۲) در حوزه الموت رود با استفاده از روش رگرسیون لجستیک با هشت عامل موثر شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از گسل و تراکم شبکه زهکشی مشخص شد که۵۶/۲۶ درصد از مساحت حوزه در محدوده ریسک بسیار کم و کم و ۱۷/۴۴ درصد در محدوده خطر زیاد و بسیار زیاد قرار دارند (Rajabi et al, 2022: 2). ارزیابی و پهنه‌بندی وقوع زمین‌لغزش و تهیه نقشه احتمال خطر با استفاده از روش آماری و بکارگیری ۱۲ فاکتور در حوضه آبخیز بالیخی توسط پورفراش زاده و اصغری انجام شد. نتایج نشان داد شرایط وقوع زمین‌لغزش‌ها در ارتفاعات ۲۴۰۰ تا ۲۸۰۰ متر، شیب بالای ۴۰ درجه، جهت شیب شمالی، زمین‌های مقعر، ناهمواری بالا، رسوبات سست و کم‌مقاوم، بارندگی‌های ۵۰۰ تا ۵۵۰ میلی‌متر، شاخص پوشش گیاهی متوسط (۰/۵۵- ۰/۳۵)، فاصله کمتر از ۵۰۰ متری گسل‌ها، فاصله کمتر از ۲۰۰ متری رودها، و فاصله ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از جاده‌ها، بیشتر از سایر جاها مهیاست. نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش نشان داد که ۵۶ درصد حوضه در طبقات با حساسیت بالا و خیلی بالا واقع شده و نشانگر پتانسیل قابل‌توجه منطقه از نظر خطر حرکات توده‌ای است (Pourffarash zadeh and Asgari, 2021: 41). زمین لغزش به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی عمده در مناطق کوهستانی محسوب می‌شود. حوضه بیونیژ نیز با داشتن چهره کوهستانی و مرتفع و شرایط طبیعی مختلف پتانسیل‌های بالقوه برای ایجاد زمین لغزش را دارا می باشد، این امر می‌تواند شهرها، روستاها، تأسیسات، مراتع و غیره را تهدید و خسارات زیادی به بار آورد. بنابراین تحقیق حاضر به منظور ارزیابی خطر وقوع زمین لغزش و پهنه‌بندی آن در حوضه مذکور با استفاده از روش LIM و بکارگیری ۱۱ عامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش هدفگذاری شده است.

۲. روش تحقیق

پژوهش حاضر نوعی تحقیق کاربردی بوده که از دیدگاه روش مورد استفاده مطالعه‌ای توصیفی- تحلیلی محسوب می‌شود. در این مطالعه به منظور پهنه‌بندی زمین‌لغزش، وزن‌دهی به عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش بر مبنای مدل تحلیل آماری LIM (روش شاخص زمین‌لغزش) در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام شد. این مدل نخستین بار در موسسه ITC کشور هلند به منظور پهنه‌بندی زمین‌لغزش ناحیه چین چینا در کلمبیا مورد استفاده قرار گرفته است. در این مدل مقادیر وزنی معمولا دامنه‌ای بین اعداد مثبت و منفی دارند که به ترتیب بیانگر نقش بیشتر و کمتر متغیرهای مورد برسی هستند (Van Westen, 1995, 82). منابع کتابخانه‌ای و اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، زمین-شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، خاک، پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه، مدل رقومی ارتفاع و تصاویر گوگل ارث (۲۰۱۹) بود.

در روش LIM، وزن‌دهی بر اساس تراکم هر کدام از لایه‌ها در نقاط تحت تأثیر لغزش در منطقه انجام می‌گیرد. بدین صورت که وزن نهایی هر لایه در این مدل بر اساس لگاریتم نسبت تراکم هر یک از واحدها به تراکم لغزش در کل منطقه محاسبه می‌گردد. در این روش متغیرهای کمی و کیفی زیادی برای پهنه‌بندی زمین-لغزش در نظر گرفته می‌شوند و میتوان متغیرهای کیفی را به کمی

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

تبدیل نمود. مدل LIM بر اساس رابطه زیر می‌باشد(Van Westen, 1995, 2):

$$Lnw = Ln\left[\frac{Densclas}{Densmap}\right] = Ln\left[\frac{\frac{NPix(Si)}{NPix(Ni)}}{\frac{\sum NPix(Si)}{\sum NPix(Ni)}}\right] \quad (۱)$$

که در آن W وزن هریک از واحدهای لایه عاملی بر اساس پیکسل

Densclas = تراکم لغزش در هر واحد از لایه عاملی بر اساس پیکسل

Densmap = تراکم لغزش در کل حوضه بر اساس پیکسل

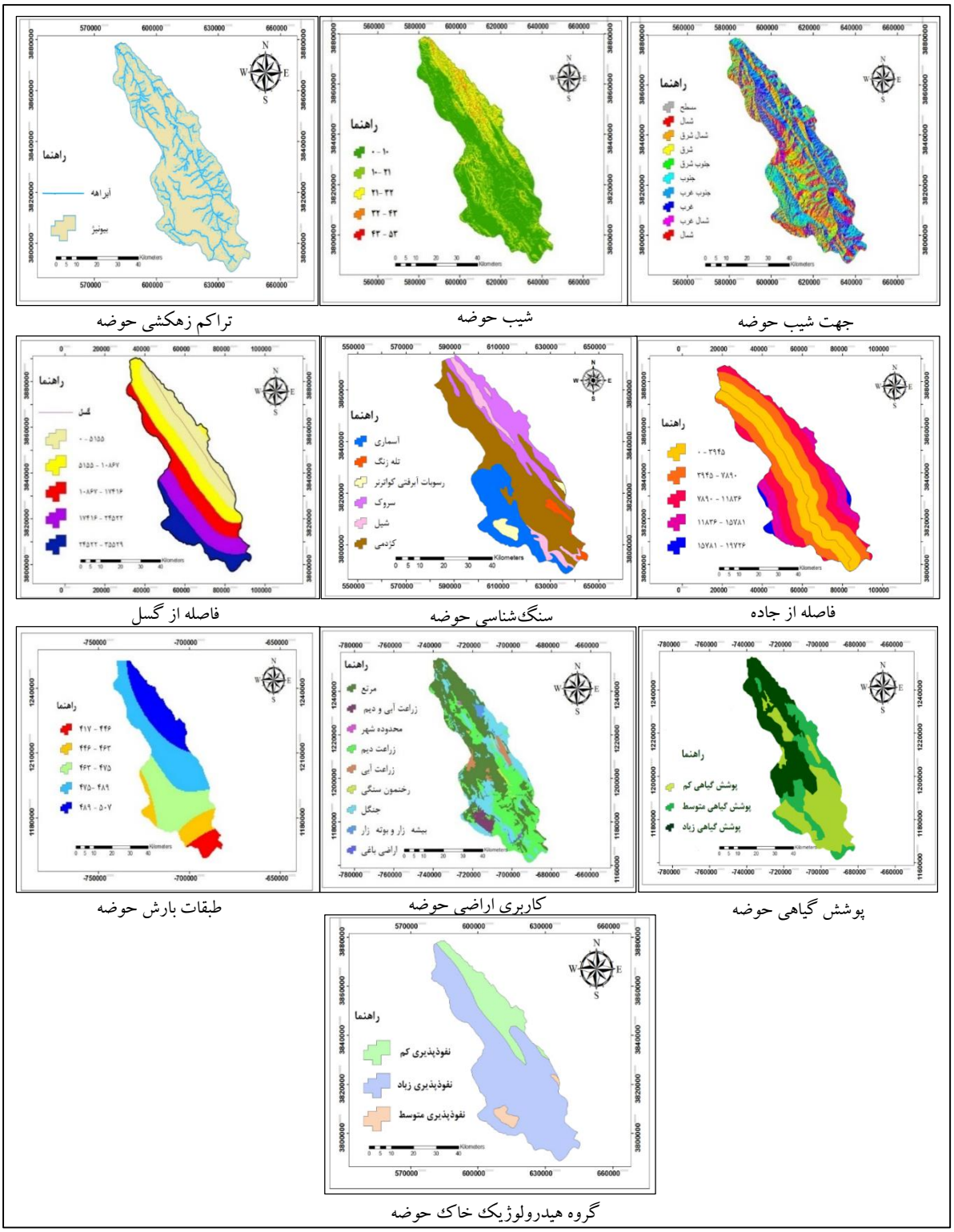
Npix (Si) = فراوانی لغزش در هر یک از واحدهای لایه عاملی و فراوانی کل لغزش بر اساس پیکسل

Npix (Ni) = فراوانی کل هر واحد از لایه عاملی و فراوانی کل حوضه بر اساس پیکسل است.

در این مدل بر اساس نسبت فراوانی پیکسل‌های لغزش‌یافته در هر واحد به فراوانی کل پیکسل‌های واحد، تراکم لغزش در هر واحد به دست می‌آید. به همین ترتیب از نسبت فراوانی پیکسل‌های لغزش یافته در کل حوضه به فراوانی پیکسل‌های کل حوزه تراکم لغزش در کل منطقه محاسبه می‌گردد. سپس از لگاریتم طبیعی نسبت بین تراکم لغزش در هر واحد به تراکم لغزش در کل حوضه به منظور محاسبه وزن نهایی هر واحد استفاده می‌گردد. بنابراین نسبت وزن نهایی هر یک از واحدها در لغزش کل منطقه محاسبه شده و اطلاعات توصیفی برای هر یک از نقشه‌های عاملی لحاظ می‌گردد و در نهایت ۱۱ لایه وزنی برای زون‌بندی زمین‌لغزش به دست می‌آید. هر چه وزن واحدها به طرف مثبت میل کنند نشاندهنده نقش موثرتر آن در لغزش می‌باشد. از جمع جبری تمام نقشه‌ها (شیب(slop)، زمین شناسی(geo)، طبقات ارتفاعی(Dem)و ...)، نقشه وزن‌دهی نهایی حاصل می‌گردد (Madadi et al, 2013).

شکل (۱) نقشه پراکنش زمین‌لغزشهای منطقه مورد مطالعه و عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش همچون طبقات ارتفاعی، جهت شیب، شیب، تراکم زهکشی، فاصله از جاده، واحدهای سنگ شناسی، فاصله از گسل، نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است. به منظور تهیه لایه های هم‌بارش حوضه از طریق ضریب همبستگی در محیط GIS اقدام به بررسی آمار سالانه ایستگاههای باران سنجی اعم از سینوپتیک، کلیماتولوژی حوضه و ایستگاههای مجاورشد. برای تهیه لایه اطلاعاتی گروه‌های هیدرولوژیک خاک، پس از نمونه‌برداری، در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه سبزوار چگونگی و مقدار نفوذ آب در خاک مشخص شد. بر اساس این آزمایش مشخص گردید که خاک‌های حوضه از نظر نفوذپذیری به سه نوع خاک های با نفوذذیری کم، متوسط و زیاد تقسیم شده اند.

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]



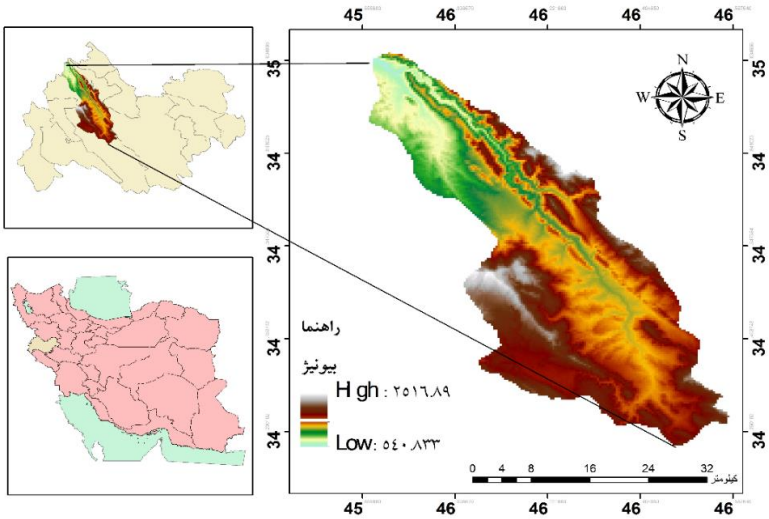
شکل ۲. نقشه پراکنش زمین‌لغزشهای موجود در حوضه و فاکتورهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، منبع نگارندگان، ۱۴۰۱

۲. ۱. معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعتی معادل ۲۳۱۹کیلومتر مربع در بخش غربی کشور و در موقعیت جغرافیایی ۳۴ دقیقه و ۱۳درجه تا ۳۵دقیقه و ۲درجه عرض شمالی و ۴۶دقیقه و ۴درجه تا ۴۶درجه و ۲۷دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. حوضه آبخیز بیونیژ از بخش

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

شمال شرقی به حوزه آبریز جوانرود، از قسمت غرب به حوضه های آبریز ازگله و ذهاب، از قسمت جنوب به حوضه‌های آبریز اسلام آباد و کرند، از قسمت شرق به حوضه آبریز روانسر محدود می-گردد (شکل ۲). مرتفع‌ترین نقطه ارتفاعی به ارتفاع ۲۵۴۷ متر از سطح دریا در بخش غربی منطقه مورد مطالعه و مربوط به کوه‌های دالاهو می باشد و پست‌ترین محل با ارتفاع مطلق ۵۱۸ متر از سطح دریا مربوط به شمال شرق منطقه مورد مطالعه و مربوط به مصب رودخانه بیونیژ در قسمت ثلاث باباجانی است. حضور کوه‌ها و تپه ها در بخش‌های وسیعی از اراضی حوضه آبخیز بیونیژ موجب افزایش شیب و میزان پستی و بلندی اراضی گردیده است.



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه، منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

۳. یافته‌های پژوهش

خصوصیات توپوگرافی در مناطق مختلف بر وقوع زمین‌لغزش تأثیرگذار می‌باشد. در این میان بر اساس نتایج حاصل از لایه عاملی ارتفاع از سطح دریا (جدول ۱) مشخص می‌گردد که طبقه ارتفاعی چهارم (۱۹۱۳-۱۶۰۶) و پس از آن طبقه سوم (۱۳۶۴-۱۶۰۶) بیشترین فراوانی وقوع لغزش را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت نظم یکنواختی در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه با افزایش یا کاهش ارتفاع از سطح دریا وجود ندارد. مقادیر فراوانی لغزش در واحد در طبقات شیب مختلف در حوضه مورد مطالعه (جدول ۲) نشان می‌دهد طبقه شیب بین صفر تا ۱۰ بیشترین تراکم لغزش را به خود اختصاص داده و مناطق با شیب بالای حوضه (طبقات چهارم و پنجم) کمترین تراکم لغزش در واحد را دارا می‌باشد. از آنجا که لازمه حرکت توده‌ای وجود خاک می‌باشد در طبقات شیب بالا حوضه که حداقل مساحت حوضه را دارا بوده و غالبا سنگی می‌باشند فراوانی زمین‌لغزش صفر می‌باشد. نگاهی به طبقات شش گانه جهت شیب در منطقه مورد مطالعه به عنوان سومین عامل توپوگرافی مؤثر بر زمین‌لغزش نشان می‌دهد دامنه‌های شمالی که مدت زمان کمتری در معرض نور قرار می‌گیرند بیشترین فراوانی لغزش در واحد و دامنه‌های جنوب غربی کمترین فراوانی را دارا می‌باشند (جدول ۳).

جدول ۱. وزن لایه عاملی ارتفاع حوضه آبخیز بیونیژ

طبقات ارتفاعی دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
۵۱۸-۱۰۶۶	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۳۸۶۶۹۵۸	۲۲۴۰۰۰	۰/۰۱۶	-۱/۵۶۸

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

۱۰۶۶-۱۳۶۴	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۴۱۰۶۴۹۸	۰	۰	۰
۱۳۶۴-۱۶۰۶	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۳۸۵۴۴۶۴	۱۵۶۹۴۰۰	۰/۱۱۳	۰/۳۷۹
۱۶۰۶-۱۹۱۳	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۲۹۳۹۲۳۹	۲۴۶۵۸۱۶	۰/۱۹	۰/۸۹۹
۱۶۰۶-۱۹۱۳	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۲۳۹۹۲۳۵	۰	۰	۰

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۲. وزن لایه عاملی شیب حوضه آبخیز بیونیژ

طبقات شیب دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
۰-۱۰	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۹۵۳۹۲۷	۳۱۳۸۸۰۰	۰/۳۱۵	۱/۴۰۳
۱۰-۲۱	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۸۵۲۵۸۹	۸۹۶۸۰۰	۰/۰۹۱	۰/۱۶
۲۱-۳۲	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۸۰۷۳۶۴	۴۴۸۴۰۰	۰/۰۴۵	-۰/۵۲۷
۳۲-۴۳	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۷۷۸۲۶۰	۰	۰	۰
۴۳-۵۳	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۷۶۹۵۰۳	۰	۰	۰

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۳. وزن لایه عاملی جهت شیب حوضه آبخیز بیونیژ

جهات شیب دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
شمال	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۸۱۷۹۲۱۴	۳۲۱۰۵۹	۰/۰۳۹	-۰/۶۸
شمال شرق	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۸۹۱۷۰۳۱	۱۸۶۵۴۲	۰/۰۲۰	-۱/۳۰۹
شرق	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۱۸۵۴۸۳	۳۶۶۶۹	۰/۰۰۳	-۲/۹۶۶
جنوب شرق	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۱۴۹۵۹۰	۲۵۹۲۲۴	۰/۰۲۸	-۱/۰۰۶
جنوب	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۸۱۶۱۱۶۱	۲۶۱۸۴۱	۰/۰۳۲	-۰/۸۸۲
جنوب غرب	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۱۴۱۶۸۳	۱۵۰۰۸	۰/۰۰۱	-۳/۸۵۴
غرب	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۳۵۵۲۰۸	۲۳۱۱۹	۰/۰۰۲	-۳/۴۴۵
شمال غرب	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۲۰۵۸۱۴	۲۸۰۳۹۶	۰/۰۳	-۰/۹۳۴

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

میزان بارندگی نقش مؤثری بر جذب رطوبت توسط سنگ خاک داشته از طرفی حرکت مواد روی دامنه به میزان آب دریافتی توسط مواد دامنه‌ای بستگی دارد. بررسی نقشه بارندگی حوضه و نتایج حاصل از وزن‌های به دست آمده برای عامل بارندگی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که طبقه دوم بارش (۴۴۶-۴۶۳) بیشترین و طبقه اول (۴۱۷-۴۴۶) کمترین وزن نهایی را به خود اختصاص داده است. از طرفی طبقات سوم تا پنجم تقریبا به صورت یکنواخت در وقوع زمین لغزش منطقه تأثیرگذار بوده و تراکم زمین لغزش در این طبقات نسبت به طبقه دوم بارش کمتر بوده است (جدول۴). بنابراین رابطه روشن و مشخصی میان میزان بارندگی و تراکم وقوع زمین-لغزش در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. بر اساس نتایج حاصل از بررسی وضعیت لایه عاملی پوشش گیاهی (جدول ۵) طبقات کلاس با پوشش گیاهی کم و متوسط به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی لغزش در واحد را دارا می‌باشند. همچنین بررسی وضعیت هیدرولوژیک خاک منطقه نشان داد، لغزش در منطقه مورد مطالعه تنها در طبقه خاک با نفوذپذیری بالا اتفاق افتاده است (جدول ۶). چرا که اگر نفوذپذیری

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

خاک زیاد باشد منجر به کاهش مقاومت برشی و افزایش تنش برشی مواد روی دامنه شده و سبب ناپایداری دامنه می‌گردد.

جدول ۴. وزن لایه عاملی بارش در حوضه آبخیز بیونیژ

طبقات بارش دچار لغزش(متر)	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
۴۴۶-۴۱۷	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۸۸۰۸۹۱	۷۹۰۹۶۲	۰/۰۷۲	-۰/۰۶۴
۴۴۶-۴۶۳	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۱۵۱۶۱۵۰	۱۴۹۰۵۴۱	۰/۱۲۹	۰/۵۱۲
۴۶۳-۴۷۵	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۱۳۴۶۲۸۷	۱۰۷۵۹۴۳	۰/۰۹۴	۰/۲۰۱
۴۷۵-۴۸۹	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۸۷۵۸۳۵	۱۰۹۸۷۳۵	۰/۱۰۱	۰/۲۶۴
۴۸۹-۵۰۷	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۳۳۵۶۵۱	۱۰۰۱۶۷۲	۰/۰۹۶	۰/۲۲۳

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۵. وزن لایه عاملی پوشش گیاهی حوضه آبخیز بیونیژ

پوشش گیاهی دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
پوشش کم	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۹۴۳۰۳۷۱	۴۱۳۸۹۱۲	۰/۲۱۳	۱/۰۱
پوشش متوسط	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۸۸۶۰۰۰۳	۱۲۱۶۵۴	۰/۰۰۶	-۲/۴۸۶
پوشش زیاد	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۶۶۶۴۵۱۹	۲۲۴۲۳۱	۰/۰۱۳	-۱/۷۵۱

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۶. وزن لایه عاملی گروه هیدرولوژیکی خاک حوضه

واحد هیدرولوژیکی خاک	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
نفوذپذیری زیاد	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۴۳۵۸۳۱۲۵	۴۴۸۴۰۰۰	۰/۱۰۲	۰/۲۸۳
نفوذپذیری متوسط	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۵۳۴۱۸	۰	۰	۰
نفوذپذیری کم	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۱۳۱۸۲۷۱	۰	۰	۰

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

عوامل زمین‌شناختی همچون سازندها و گسل‌ها نیز در کنار عوامل توپوگرافی در بروز پدیده زمین‌لغزش از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه از نوع آسماری، تله‌زنگ، آبرفتی کواترنری، سروک، شیل و کژدمی‌با شد (جدول ۷). بالاترین مقدار فراوانی لغزش به ترتیب به کژدمی با تراکم لغزش ۰/۱۸۷، شیل با تراکم لغزش ۰/۱۲۶ و سپس به واحدهای سنگی تله‌زنگ و آسماری به ترتیب با تراکم لغزش ۰/۰۵۵ و ۰/۰۲۳ تعلق دارد در حالی که در سازن‌های آبرفتی کواترنری و سروک لغزشی مشاهده نشده است. بدون تردید شکستگی‌های سطح زمین در رسوخ آب به داخل زمین و خرد شدن سنگها در نتیجه سست شدن اتصال بین مواد سنگی تأثیر زیادی دارد که خود منجر به فراهم نمودن شرایط وقوع حرکات توده‌ای می شود بر اساس نتایج بالاترین فراوانی زمین لغزش در منطقه مطالعاتی در طبقه چهارم فاصله از گسل رخ داده است (جدول ۸).

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

جدول ۷. وزن لایه عاملی سنگ شناسی حوضه آبخیز بیونیژ

واحد سنگ‌شناسی دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
آسماری	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۲۱۶۵۳۲	۲۲۰۱۳۲	۰/۰۲۳	-۱/۱۷۷
تله زنگ	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۴۰۷۹۵۶۷	۲۲۵۸۰۱	۰/۰۵۵	۰/۳۳۶
آبرفتی کواترنری	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۴۴۱۰۲۹۱	۰	۰	۰
سروک	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۵۲۲۱۷۱	۰	۰	۰
شیل	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۷۱۱۱۱۵۵	۸۹۶۸۱۰	۰/۱۲۶	۰/۴۸۶
کژدمی	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۶۷۳۸۷۰۳	۳۱۳۸۸۰۰	۰/۱۸۷	۰/۸۸۳

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۸ وزن لایه عاملی گسل در حوضه آبخیز بیونیژ

فاصله از گسل دچار لغزش(متر)	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
۰-۵۱۵۵	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۵۲۷۴۱۹۴	۰	۰	۰
۵۱۵۵-۱۰۸۶	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۷۹۶۹۵۲	۴۴۸۳۹۹	۰/۰۴۵	-۰/۵۲۶
۱۰۸۶-۱۷۴۱	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۸۸۳۸۴۹	۶۷۲۵۴۱	۰/۰۶۸	-۰/۱۳
۱۷۴۱-۲۴۵۲	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۰۰۰۶۹۶۰	۲۹۱۴۶۰۲	۰/۰۲۹	-۰/۰۹۷
۲۴۵۲-۳۵۵۲	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۹۹۹۱۲۳	۴۴۸۱۳۵	۰/۰۴۴	-۰/۵۴۷

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

نتایج حاصل از بررسی اثر تراکم زهکشی (جدول ۹) نشان داد که بیشترین لغزش‌ها در اولین طبقه یعنی فاصله ۱۸۸۵-۰ متری از رودخانه رخ داده است (جدول۹). تأثیر این عامل به صورت برداشت تکیه‌گاه جانبی و زیرین دامنه‌ها بر اثر فرسایش رودخانه‌ای و زیرشویی رودها است که منجر به افزایش ناپایداری دامنه و در نهایت تغییر هندسه و تند شدن آن می شود. در حالی که بر اساس نتایج کمترین میزان زمین‌لغزش در آخرین طبقه رخ داده است. نتایج حاصل در خصوص تأثیرگذاری فاصله از جاده بر زمین‌لغزش (جدول ۱۰) نشان داد با افزایش فاصله از جاده در منطقه مورد مطالعه فراوانی زمین-لغزش کاهش یافته به طوری که بیشترین فراوانی زمین‌لغزش در واحد به طبقه اول اختصاص یافته و در طبقات چهارم و پنجم مقدار آن صفر بوده است. احداث راه‌های ارتباطی در دامنه‌ها با ایجاد انفصال در پیوستگی دامنه و یا از بین بردن تکیه‌گاه دامنه منجر به سقوط و حرکت ناگهانی مواد دامنه‌ای به سمت پایین‌دست می‌شود. در خصوص آخرین متغیر مورد بررسی و ارتباط آن با وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه مشخص شد که بیشترین فراوانی وقوع زمین‌لغزش در کاربری اراضی زراعت دیم رخ داده است. بنابراین می‌توان گفت دخالت‌های انسانی از جمله تغییر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه به اراضی دیم، به دلیل تغییر شیب و ناپایدار نمودن دامنه‌ها باعث وقوع زمین‌لغزش و تشدید آن در منطقه مورد مطالعه می‌گردد.

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

جدول ۹. وزن لایه عاملی رودخانه در حوضه آبخیز بیونیژ

فاصله از رودخانه دچار لغزش(متر)	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
۰-۱۸۸۵	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۳۶۰۲۱۴	۱۵۶۹۴۰۰	۰/۱۵۱	۰/۶۷
۱۸۸۵-۴۲۵۸	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۳۹۰۲۶۸	۱۱۵۱۰۳۰	۰/۱۱	۰/۳۵۷
۶۷۵۲-۴۲۵۸	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۸۵۶۲۴۱	۱۱۲۰۱۲۹	۰/۱۰۳	۰/۲۸۵
۹۷۹۴-۶۷۵۲	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۱۰۵۲۴۵	۶۷۲۶۱۰	۰/۰۶۶	-۰/۱۵۲
۱۵۴۵۲-۹۷۹۴	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۰۰۰۹۶۲	۲۲۴۱۰۲	۰/۰۲۴	-۱/۱۳۵

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۱۰. وزن لایه عاملی جاده در حوضه آبخیز بیونیژ

فاصله از جاده دچار لغزش(متر)	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
۰-۲۹۴۵	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۲۴۷۴۲۶	۲۴۶۶۲۰۰	۰/۲۴	۱/۱۳۲
۲۹۴۵-۷۸۹۰	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۲۰۲۸۰۰	۱۷۹۶۵۲۹	۰/۱۷	۰/۸۲
۷۸۹۰-۱۱۸۳۶	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۳۲۷۰۳۵	۲۲۴۳۰۰	۰/۰۲۱	-۱/۲۷۲
۱۱۸۳۶-۱۵۷۸۱	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۰۴۲۰۰۸۲	۰	۰	۰
۱۵۷۸۱-۱۹۷۲۶	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۹۷۸۶۲۶۷	۰	۰	۰

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

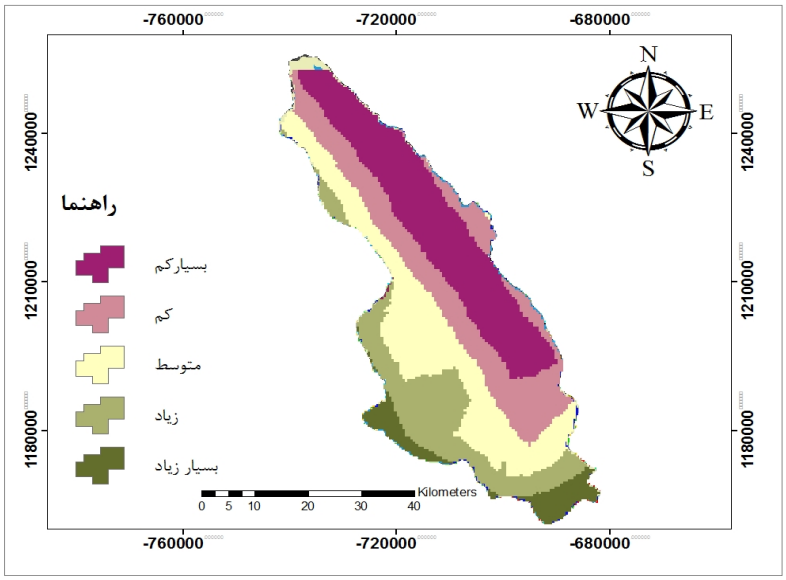
جدول ۱۱. وزن لایه عاملی کاربری اراضی حوضه آبخیز بیونیژ

نوع کاربری اراضی دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل واحد	فراوانی لغزش در واحد	تراکم لغزش در واحد	وزن نهایی واحدها
مرتع	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۴۰۰۱۳۳۷	۴۵۱۰۰۲	۰/۰۳۲	-۰/۸۷۸
زراعت آبی و دیم	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۹۰۵۷۹۱	۰	۰	۰
محدوده شهر	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۳۷۸۹۰	۰	۰	۰
زراعت آبی	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۳۸۰۲۳۰۱	۰	۰	۰
زراعت دیم	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۲۰۳۴۴۵۴	۲۷۴۰۴۰۰	۰/۲۲۷	۱/۰۷۷
رخنمون سنگی	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۱۹۳۴	۰	۰	۰
جنگل	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۱۳۵۷۹۰۱	۱۳۵۴۱۶۰	۰/۱۱۹	۰/۴۳
بیشه زار بوته زار	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۲۵۹۷۳	۰	۰	۰
اراضی باغی	۵۴۹۵۴۸۱۴	۴۲۵۹۸۱۶	۰/۰۷۷۵	۱۱۰۳۴۵۴	۰	۰	۰

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

در پژوهش حاضر پس از تعیین وزن هر یک از نقشه‌های عاملی و محاسبه وزن نهایی واحدها برای هر لایه عاملی (محاسبه شده بر اساس نسبت تراکم لغزش در واحد به تراکم لغزش در کل حوضه) مشخص شده با استفاده از مدل LIM، نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش منطقه بر اساس جمع جبری لایه-های مورد استفاده تهیه گردیده (شکل ۳) که حاکی از طبقات زمین‌لغزش با خطر خیلی زیاد (۱۴/۲٪)، زیاد (۱۹/۹۷٪)، متوسط (۲۴/۵۵ ٪)، کم (۲۲/۹۸ ٪) و خیلی کم (۱۸/۳) در منطقه مورد مطالعه می‌باشد(جدول ۱۲).

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]



شکل ۳. نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز بیونیژ، منبع نگارندگان،۱۴۰۱

جدول ۱۲. نتیجه ارزیابی کارایی مدل LIM در پهنه بندی خطر زمین لغزش بر اساس لغزش‌های موجود در حوضه به درصد

کلاس‌پهنه‌بندی	پتانسیل خیلی زیاد	پتانسیل زیاد	پتانسیل متوسط	پتانسیل کم	پتانسیل خیلی کم	مجموع
درصد	۱۴/۲	۱۹/۹۷	۲۴/۵۵	۲۲/۹۸	۱۸/۳	۱۰۰

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱

۴. بحث و نتیجه‌گیری

زمین لغزش یکی از مخرب ترین خطرات زمین شناسی در مناطق کوهستانی محسوب می‌شود، برای کاهش سیستماتیک و مدیریت زمین لغزش، ارزیابی زمین لغزش و پهنه بندی آن مورد نیاز است. تکنیک های زیادی برای این امر توسعه پیدا کرده یکی از این تکنیک‌ها استفاده از مدل آماری LIM است که در تحقیق حاضر برای حوضه بیونیژ استان کرمانشاه از آن استفاده شد. برای این امر اثر ۱۱ فاکتور ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب، تراکم زهکشی، فاصله از جاده، لیتولوژی، فاصله از گسل، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، بارندگی سالانه و هیدرولوژی خاک مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج طبقات ارتفاعی چهارم و سوم منطقه مطالعاتی بیشترین فراوانی و طبقه پنجم و دوم کمترین فراوانی زمین-لغزش را نشان دادند. که با نتایج (Roback et al., 2018) که نشان دادند زمین‌لغزش‌ها در طبقات ارتفاعی میانی تراکم بالا و در طبقات ارتفاعی بالا تراکم کمی دارند مطابقت دارد. بررسی متغیر شیب حاکی از وجود بیشترین فراوانی زمین-لغزش در شیب‌های ملایم منطقه مورد مطالعه بوده که با نتایج (Sujatha and Sridhar, 2021; Samadzadeh, 2015) مطابقت و با یافته‌های (Roback et al, 2018) که فراوانی وقوع لغزش در شیب‌های بالا را نشان داد، همخوانی ندارد. بررسی وضعیت وقوع زمین‌لغزش در جهات مختلف شیب منطقه نشان می‌دهد جهت شیب شمالی بیشترین تراکم زمین-لغزش در واحد (۰/۰۳۹) را دارا می‌باشد، این نتیجه با نتایج (Abedini et al, 2014) همخوانی دارد. بیشترین فراوانی لغزش در منطقه مورد مطالعه به طبقه دوم بارش (۴۶۳-۴۴۶) بیشترین و کمترین آن به طبقه اول بارش (۴۴۶-۴۱۷) منطقه

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

اختصاص دارد، که با نتایج (Abedini et al, 2014) مبنی بر تراکم بالای زمین‌لغزش در طبقات میانی بارش مغایرت دارد. نتایج فاصله از رودخانه و اثر آن بر زمین‌لغزش منطقه مطالعاتی حاکی وجود بالاترین فراوانی زمین‌لغزش در اولین طبقه و کمترین فراوانی در آخرین طبقه فاصله از رودخانه می‌باشد. نتیجه این بخش تحقیق با نتایج محققینی همچون (Mathew et al, 2013; Robach et al, 2018; and Abedini et al, 2014) مطابقت نشان داد. به طور کلی می‌توان از طریق مؤلفه وزن نهایی محاسبه شده برای متغییرهای مستقل مورد استفاده به اهمیت و نقش آنها در وقوع زمین‌لغزش پی برد. چنانچه بیشینه وزن نهایی بدست آمده برای هر لایه عاملی در منطقه مورد مطالعه را ملاک و معیار قرار دهیم، اهمیت عوامل تأثیرگذار در وقوع زمین‌لغزش در منطقه به این ترتیب خواهد بود: شیب، فاصله از جاده، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ارتفاع، سنگ‌شناسی، فاصله از رودخانه، بارندگی، گروه هیدرولوژیکی خاک، جهت شیب و فاصله از گسل. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت عوامل اولیه و اصلی جهت ظهور حرکات توده‌ای، در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه سهیم بوده اند. بر اساس نتایج پهنه‌بندی زمین‌لغزش حدود ۳۴ درصد منطقه مطالعاتی در محدوده خطر زیاد تا خیلی زیاد وقوع زمین‌لغزش قرار گرفته و حدود ۱۸ درصد منطقه در محدوده با پتانسیل خیلی کم واقع شده است. مسئله بسیار مهمی که در این تحقیق به آن دست پیدا کردیم نقش دستکاری انسانی در محدوده مورد مطالعه می باشد که به صورت تغییر کاربری اراضی توسط انسان به زمین‌های زراعی و در نهایت تغییر شیب دامنه‌ها منجر به و وقوع زمین‌لغزشها و تشدید آنها در منطقه می‌شوند. برای مطالعه‌ای که در حوضه چناران استان خراسان شمالی داشتند به ترتیب اهمیت فاکتورهای مناطق با نفوذپذیری زیاد خاک، طبقات ارتفاعی را تأثیر گذارترین عوامل در تشدید خطر زمین لغزش تشخیص دادند (Moghimi et al, 2008). مددی و همکاران برای منطقه گلستان شهرستان خلخال به ترتیب مناطق با بارش زیاد، طبقات ارتفاعی، مناطق با پوشش گیاهی کم و مناطق با نفوذ پذیری زیاد خاک را مهمترین فاکتورها تشخیص دادند (Madadi et al, 2013). در حوضه آبخیز بالیخلی در استان اردبیل عوامل طبقات ارتفاعی، شیب، خاک با رسوبات سست و کم مقاوم، مناطق با بارش زیاد و همچنین مناطق با پوشش گیاهی کم را تأثیرگذارترین عوامل در خطر رخداد زمین لغزش معرفی کردند (Pourffarash zadeh et al, 2021 and Asghari). محققینی مانند (Mathew ET AL, 2007; Kalimuthu et al, 2015) نیز در مطالعات خود شیب زمین را مهمترین عامل وقوع زمین لغزش معرفی کردند. در برخی مطالعات نیز علاوه بر شیب زمین، سنگ‌شناسی نیز به عنوان مهمترین عامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش شناخته شده است (Majd bavi and Moemeni pour, 2021; Samadzadeh, 2015). پیشنهاد می‌شود در اجرای پروژه‌های عمرانی در بخش‌های حساس محدوده مطالعاتی در برابر زمین‌لغزش، نسبت به رعایت ضوابط و مقرارات زیست محیطی و پایداری دامنه‌ها اهتمام ویژه‌ای به عمل آید. با توجه به حساسیت اراضی زارعی دیم در منطقه مورد مطالعه نسبت به وقوع زمین‌لغزش توصیه می‌شوداز تغییر کاربری اراضی و توسعه زراعت دیم در منطقه مطالعاتی اجتناب شود. از طرفی با توجه به وقوع زمین‌لغزش در اراضی با شیب ملایم منطقه از تأسیس مناطق صنعتی حساس و امنیتی در اراضی با شیب ملایم در منطقه ممانعت به عمل آید. همچنین ایجاد دیواره‌های محافظ در دامنه‌های حاشیه جاده‌ها به ویژه در بخش‌های ناپایدار دامنه با هدف افزایش پایداری دامنه‌ها و تثبیت آنها از اهمیت ویژه-ای برخوردار است.

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]
[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

فهرست منابع

Abedini, M., & Tmimi, R. 2013. The application of LIM model in risk zoning of the possibility of landslides in Aliabad Khalkhal region. The First National Conference on Environment, Energy and Biodefense. (In Persian).

Abedini, M., & Tmimi, R. 2014. Assessment and zoning of landslide risk in Golestan region of Khalkhal using LIM model. The Second National Conference on Environment, Energy and Biodefense. (In Persian).

Corominas, J., van Westen, CJ., Frattini, P., Cascini, L., Malet, JP., Fotopoulou, S., Catani, F., Eeckhaut, M., Mavrouli, OC., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, MG., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J., & Smith, JT. 2014. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk: bull Eng. Geol Environ, Vol.73, No.2, Pp. 209-263. http://dx.doi.org/10.1007/s10064-013-0538-8

Dastranj, A., Vakili tajareh, F., & Noor, H. 2021. Evaluation of Hazard Landslide Zonation Using Fuzzy Logic Method in Binalood Mountain. Journal of Watershed Management Sciences, Vol.15, No.53, Pp. 12-22. (In Persian) http://dorl.net/dor/20.1001.1.20089554.1400.15.53.5.9

Fallah Zazuli, M., Vafaei Nezhad, A., Alesheikh, A. A., Modiri, M., & Aghamohammadi, H. 2020. Landslide hazard zoning using Shannon Entropy and Information Value models in GIS environment - Case study: East Rudbar-e Alamut District-Qazvin Province. Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), Vol.28, No.112, Pp. 123-136. (In Persian). https://doi.org/10.22131/sepehr.2020.38611

Gabet, E. J., Douglas W. Burbank, and Jaakko K. Putkonen, 2004. Rainfall Thresholds forLandsliding in the Himalayas of Nepal. Geomorphology, Vol.63, No.4, Pp. 131-143. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.03.011

Gerrard, J., & Gardner, R. 2002. "Relationships between Landslid andLand Use in the Likhu Khola Drainage Basin", Middle Hills, Nepal, Mountain Research and Devlopment, Vol. 22, No. 1: 48-55. https://doi.org/10.1659/0276-4741 (2002)022[0048: RBLALU]2.0.CO;2

Ghafoori, M., & Ashoori, A. 1998. Landslide as one of the natural disasters in North Khorasan. Geographical Researchs, No.45, Pp. 90-101. (In Persian).

Girma, F., Raghuvanshi, TK., Ayenew, T., & Hailemariam, T. 2015. Landslide hazard zonation in Ada Berga district, Central Ethiopia – a GIS based statistical approach. Journal of Geomatics, Vol.9, No.1, Pp. 25-38

Hamza, T., & Raghuvanshi, TK. 2017. GIS based Landslide Hazard Evaluation and Zonation - A case from Jeldu District, Central Ethiopia. J King Saud Univ Sci, Vol.29, No.2, Pp. 151-165. http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2016.05.002

Kalimuthu, H., Tan, WN., Lim, SL., & Fauzi, MFA. 2015. Assessing frequency ratio method for landslide susceptibility mapping in Cameron Highlands, Malaysia. In 2015 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD) (pp. 93-99). IEEE.

Khezri, S., Roostaei, Sh., & Radjaei Asl, A. 2006. Evaluation and slope instability risk zonation in centeral section of Zab basin (Sardasht Township) by Anbalagan method.Journal of Spacial Planning, Vol.10, No.1, and pp. 49-80. (In Persian). http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-695-en.html

Khodiy gheshlagh, L., Roostaei, Sh., & Hejazi, S.A. 2017. Evaluation of logistic regression method in investigating the potential of landslides, case study: Hajilerchai River catchment area. Physical Geography

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]

[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

Quarterly, Vol.10, No.37, Pp. 45-57. (In Persian) https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1396.10.37.4.5

Madadi, A., Novei, B., & Esmaeili, A. 2013. Landslide risk assessment and its zoning using LIM model and applying GIS technique in Givi Chai watershed (Ardebil). Journal of Geography and Planning, No.43, Pp. 307-326. (In Persian).

Majd-bavi, A., & Mumipour, M. 2021. Landslide susceptibility zonation in Shahid Abbaspour Dam district. Journal of Geography and Environmental Hazards, Vol.10, No.1, Pp. 65-80. (In Persian). https://doi.org/10.22067/geoeh.2021.67029.0

Mathew, J., Jha, VK., & Rawat, GS. 2007. Application of binary logistic regression analysis and its validation for landslide susceptibility mapping in part of Garhwal Himalaya, India. International Journal of Remote Sensing, Vol.28, No.10, Pp. 2257-2275. https://doi.org/10.1080/01431160600928583

Mehrnahad, H. 2002. Investigating the role of Janba tectonics in causing landslides in Mahabad region. Second conference on engineering geology and environment of Iran, Tarbiat Modares University of Tehran, Pp. 267-277. (In Persian).

Mengistu, F., Suryabhagavan, KV., Raghuvanshi, TK., & Lewi, E. 2019. Landslide Hazard zonation and slope instability assessment using optical and InSAR data: a case study from Gidole town and its surrounding areas, southern Ethiopia. Remote Sensing of Land, Vol.3, No.1, Pp. 1-14. https://doi.org/10.21523/gcj1.190301013(1):1–14

Mesgarivash, A., Fllah, H., & Karimi Nasab, S. 2002.Investigating the role of effective factors in the occurrence of Mahmoud Abad Moskun landslide. Second conference on engineering geology and environment of Iran, Tarbiat Modares University of Tehran, Pp. 177-186. (In Persian).

Moghimi, E., Alavipanah, SK., & Jafari, T. 2008. Evaluation and Zonation of Effective Factors on Landslide Occurrence of Aladagh Northern Slopes. Physical Geography Research Quarterly, No.64, Pp. 53-75. (In Persian).

Ocakoglu, F., Gokeeoglu, C., & Ercanoglu, M. 2002. "Dynamics of aComplex Massmovement Triggered by Heavy Rainfall, a Case Studyfrom NW Turkey", Geomorphology, Vol.42, No.3, Pp. 329-341. http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00094-0

Pan, X., Nakamura, H., Nozaki, T., & Huang, X. 2008. A GIS-based landslide hazard assessment by multivariate analysis Landslides. J Jpn Landslide Soc, Vol.45, No.3, Pp. 187-195. http://dx.doi.org/10.3313/jls.45.187

Peng, L., Niu, R., Huang, B., Wu, X., Zhao, Y., & Ye, R. 2014. Landslide susceptibility mapping based on rough set theory and support vector machines: A case of the Three Gorges area, China. Geomorphology, No.3, Pp. 287- 301. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.013

Pour farrash zadeh, F., & Asghari, S. 2022. Assesment and zoning the landslide susceptibility using statistical method in Blaikhly catchment (Yamchy Station). Journal of Geography and Environmental Hazards, Vol.11, No.2(42), Pp. 41-59. (In Persian). https://doi.org/10.22067/geoeh.2021.72256.1103

Raghuvanshi, TK., Ibrahim, J., & Ayalew, D. 2014. Slope stability susceptibility evaluation parameter (SSEP) rating scheme—an approach for landslide hazard zonation. J Afr Earth Sci, Vol.99, Pp. 595–612. http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2014.05.004

Raghuvanshi, TK., Negassa, L., & Kala, PM. 2015. GIS based grid overlay method versus

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]

[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

modeling approach – a comparative study for landslide Hazard zonation (LHZ) in Meta Robi District of west Showa zone in Ethiopia. Egypt J Remote Sens Space Sci, Vol.18, No.2, Pp. 235-250. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.08.001

Rahmati, M., & Zand, F. 2018. Landslide hazard zonation using geographic information System landslide (Case study: Robat-Siahpoush rural district, Lorestan province). Journal of RS and GIS for Natural Resources, Vol.8, No.4, Pp. 63-75. (In Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.1735322.1401.22.77.1.8

Rajabi, M., Rezaei Moghadam, M H., & Takzare, A. 2022 Quantitative Analysis of Landslide Risk and Its Zoning in Alamut River Basin Using Logistic Regression Method, Vol.22, No.77, Pp. 1-14. (In Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.1735322.1401.22.77.1.8

Reichenbach, P., Rossi, M., Malamu, BD., Mihir, M., & Guzzetti, F. 2018. A review of statistically-based landslide susceptibility models. Ear Sci Revs, Vol.180, Pp. 60–91. http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.03.001

Roback, K., Clark, MK., West, AJ., Zekkos, D., Li, G., Gallen, SF., & Godt, JW. 2018. The size, distribution, and mobility of landslides caused by the 2015 Mw7. 8 Gorkha earthquake, Nepal. Geomorphology, Vol.30, Pp. 121-138. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.01.030

Roostaei, Sh., Mikhtari, D., Hosseini, Z., & Etmani Hagviran, M. 2015. The Study of Land Slide Occurance Potential in Mimeh River Ccachment in Ilam Provience Based on Analysis Network Process (ANP). Hydrogeomorphology, Vol.2, No.4, Pp. 101-123. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.23833254.1394.2.4.6.9

Samadzade, R. 2015. Monitoring and zonatione mass movements hazards in the Ardabil - Sarcham. Researches in Earth Sciences, Vol.6, No.3, Pp. 19-33. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088299.1394.6.3.2.0

Su, Q., Weiheng, T., Shiguang, M., Xiaoyuan, Zh., Kaixin, L., Xiaoye, S., Jianli, G., & Yonggang, Y. 2021. "Landslide Susceptibility Zoning Using C5. 0 Decision Tree, Random Forest, Support Vector Machine and Comparison of Their Performance in a Coal Mine Area." Frontiers in Earth Science, V. 9. https://doi.org/10.3389/feart.2021.781472

Sujatha, ER., & Sridhar, V. 2021. Landslide susceptibility analysis: a logistic regression model case study in Coonoor, India. Hydrology, Vol.8, No.1, P. 41. http://dx.doi.org/10.3390/hydrology8010041

Talaei Dolagh, R., & Ghayomian, J. 2002. Identifying and investigating the factors affecting the landslide in the southwest. Second conference on engineering geology and environment of Iran, Tarbiat Modares University of Tehran, Pp. 129-140. (In Persian).

Van, W., & C.J. 1995. "Geographic Information System inLandslide Hazard Zoning: A Review, with Example from the Andesof Colombia in: Price, M. and System", Taylor & Francis, Bsingstoke, U.K. PP 135-165.

Wan, S. 2009. A Spatial Decision Support System for Extracting the Core Factors andThresholds for Landslide Susceptibility Map. Engineering Geology, Vol.108, No.3-4, Pp. 237-251. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.06.014

Yang, Z., Qiao, J., & Zhang, X. 2010. Regional Landslide Zonation Based on Entropy Method in ThreeGorges Area, China. Seventh International Conference on Fuzzy Systems andKnowledge Discovery, (FSKD 2010). http://dx.doi.org/10.1109/FSKD.2010.5569097

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]

[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]

Zazuli, MF., Vafaeinejad, A., Alesheykh, A.A., Moridi, M., & Aghamohammadi, H. 2019. Mapping landslide susceptibility in the Zagros Mountains, Iran: a comparative study of different data mining models. Earth Sci Inform,Vol.12,pp:615-628. https://doi.org/10.1007/s12145-019-00389-w

Roback, K., Clark, M. K., West, A. J., Zekkos, D., Li, G., Gallen, S. F., ... & Godt, J. W. (2018). The size, distribution, and mobility of landslides caused by the 2015 Mw7. 8 Gorkha earthquake, Nepal. Geomorphology, Vol.301, Pp. 121-138. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.01.030

Sujatha, E. R., & Sridhar, V. (2021). Landslide susceptibility analysis: A logistic regression model case study in Coonoor, India. Hydrology, Vol.8, No.1, Pp. 41-59. https://doi.org/10.3390/hydrology8010041

Mathew, J., Babu, D.G., Kundu, S., Vinod Kumar, K., & Pant, C.C. 2013. Integrating intensity–duration-based rainfall threshold and antecedent rainfall-based probability estimate towards generating early warning for rainfall-induced landslides in parts of the Garhwal Himalaya, India. Landslides, Vol.11, Pp. 575–588. https://doi.org/10.1007/s10346-013-0408-2

Kalimuthu, H., Nee Tan, W., Liang Lim, S., & Ahmad Fauzi, M.F. 2015. Assessing frequency ratio method for landslide susceptibility mapping in Cameron Highlands, Malaysia. 2015 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD). https://doi.org/10.1109/SCORED.2015.7449440

[Downloaded from gsma.lu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.27172325.1402.4.1.9.9]

[DOI: Doi:10.52547/gsma.4.1.169]