دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

اولویت‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: بخشی از زون کپه‌داغ- هزار مسجد)

شیوا عبدی بسطامی[۱]، هادی معماریان[۲]، سیّد محمّد تاجبخش[۲] و محمود اعظمی‌راد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشگاه بیرجند، (نویسنده مسوول: Bastamish22@gmail.com)
۲- استادیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند
۴- معاونت آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی
تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۵
صفحه: ۱۵۴ تا ۱۷۰

چکیده

زمین‌لغزش در ایران به‌عنوان یک مخاطره طبیعی، سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی را به‌همراه دارد. لذا انجام مطالعات در این زمینه برای ارائه راه‌کارهای مفید به‌منظور پیشگیری و کاهش خسارات ناشی از زمین‌لغزش، امری اجتناب‌ناپذیر است. بر همین اساس پژوهش حاضر با استفاده از روش آماری رگرسیون لجستیک به اولویت‌بندی عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش‌های به‌وقوع پیوسته در بخشی از زون زمین‌شناسی کپه‌داغ-هزارمسجد در شمال‌شرق ایران که به‌دلیل شرایط طبیعی منطقه و اقدامات انسانی، دارای لغزش‌های بسیاری می‌باشد، پرداخته است. به همین منظور، پس از اعمال توابع GIS در لایه‌های اطلاعاتی اولیه، آنالیز رگرسیون لجستیک، روی داده‌ها صورت گرفت و پس از تعیین عوامل مؤثر، فراوانی زمین‌لغزش‌ها در هر طبقه مشخص شد. بر اساس مقادیر جدول آنالیز نوع دوم در رگرسیون لجستیک، از بین همه عوامل انتخاب‌شده، عامل خاک با کم‌ترین مقدار نسبت Pr> LR (۰/۰۰۱)، مهم‌ترین فاکتور در ایجاد زمین‌لغزش شناخته شد. پس از خاک، عامل ارتفاع، لایه زمین‌شناسی، شاخص‌های موقعیت توپوگرافی، توان رودخانه، پوشش‌گیاهی، شاخص زبری و کاربری اراضی به‌ترتیب با اختصاص مقادیر احتمال Pr> LR، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۳، ۰/۰۰٤، ۰/۰۳۲، ۰/۰۳٦، ۰/۱۰۰ و ۰/۱۰۹ بیش‌ترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه ایفا می‌کنند. هم‌چنین چهار عامل اولیه در سطح اطمینان ۹۹ درصد و سایر عوامل در سطح اطمینان ۹۵ درصد در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه مؤثر شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی، رگرسیون لجستیک، زمین‌لغزش، سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

انسان همواره با مسائل محیط زیستی فراوانی مواجه است که بلایای طبیعی جزئی از این مشکلات هستند و سالانه موجب کشته و مجروح شدن صدها هزار تن و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها نفر در سراسر جهان می‌شوند (۴۷). زمین‌لغزش‌ها، یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی بوده (۲۱) که به‌عنوان یکی از فرآیندهای فعال، نقش مهمی در فرسایش و تحول چشم‌اندازهای طبیعی دارد (۲۸) و عوامل مختلفی از قبیل زمین‌شناسی، سنگ‌بستر، شرایط خاک (نوع و عمق خاک)، ارتفاع، توپوگرافی (شیب، جهت و انحنای شیب)، کاربری زمین، شبکه‌های زهکشی ازجمله مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع پدیده زمین‌لغزش هستند. هم‌چنین متغیرهای اقلیمی و مکانی مانند بارش‌های شدید، زمین‌لرزه و فعالیت‌های آتش‌فشانی در ایجاد زمین‌لغزش نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۱۶،۷)؛ که هرساله منجر به خسارات مالی و جانی فراوانی در سراسر جهان می‌گردند. طبق مطالعات انجام‌شده، زمین‌لغزش به‌تنهایی ۱۷ درصد از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده و روند مذکور هم‌چنان به‌دلیل افزایش شهرنشینی بدون برنامه‌ریزی، جنگل‌زدایی، تغییر کاربری‌اراضی و تغییر شرایط اقلیمی درحال توسعه است (۵۴). کشور ایران به‌دلایل شرایط خاص توپوگرافی عمدتاً کوهستانی، فعالیت زمین ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی از پتانسیل بالایی برای وقوع زمین‌لغزش برخوردار است. در همین راستا بر اساس یک برآورد اولیه، سالانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت‌های مالی از طریق زمین‌لغزش‌ها بر کشور تحمیل می‌شود، این در صورتی است که از بین رفتن منابع طبیعی غیرقابل‌بازگشت به‌حساب آورده نشوند (۲۶)، بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، شناخت عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش و مناطقدارای پتانسیل خطر امری ضروری به‌نظر می‌رسد. ازاین‌رو در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی باهدف و روش‌های مختلفی مانند رگرسیون لجستیک، (عابدینی و همکاران (۱)، شیرانی و عرب‌عامری (۶۶))، رگرسیون لجستیک و نسبت احتمال (شهابی و همکاران (۶۳))، تحلیل سلسله مراتبی (قنواتی، (۱۸)) و روش فازی (ایلانلو و همکاران (۳۴)) و نیز مطالعاتی توسط پژوهشگران مختلف در مناطق گوناگون جهانبه‌منظور پهنه‌بندی زمین‌لغزش (کانورتینو و همکاران (۵)، کاستانزو و همکاران (۶)، دنگ و همکاران (۹) و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش استفاده شده و مورد تائید قرارگرفته‌اند. در همین راستا باسو و پال (۲)، در مطالعه‌ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، عوامل مورفومتریک مانند عامل شیب را به‌عنوان مهم‌ترین عامل در وقوع زمین‌لغزش معرفی نمودند. هم‌چنین در پژوهشی که توسط ماندال و موندال (۴۳)، در حوزه رودخانه بالاسون[۱] هیمالیا به روش رگرسیون لجستیک صورت گرفت، نتایج نشان‌دهنده دقت بالای مدل رگرسیون لجستیک و مناسب و کارآمد بودن این

1- Balason

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

روش را برای تهیه نقشه خطر پدیده زمین‌لغزش بود. معماریان و همکاران (۳۹) در بررسی تحلیل پایداری شیب در حوزه لانگات مالزی از مدل SINMA استفاده نموده و لایه‌های شاخص پایداری و شاخص اشباع خاک را به عنوان دو متغیر تأثیرگذار بر شبیه‌سازی کاربری اراضی به مدل مارکو فوارد کردند. در مطالعه‌ای که توسط پورقاسمی و همکاران (۵۶)، در شمال تهران با استفاده از آنتروپی شانون صورت گرفت عواملی همچون کاربری اراضی، زمین‌شناسی، درجه شیب، شاخص توان رودخانه و شاخص پوشش گیاهی به‌عنوان مؤثرترین عوامل، معرفی شدند. قویمی‌پناه و همکاران (۲۰) نیز در مطالعه‌ای روش آماری مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه به‌منظور پهنه‌بندی زمین‌لغزش را به‌سبب دقت بالای آن مورد تائید قراردادند. در پژوهش انجام شده توسط همتی و حجازی (۲۴) با استفاده از رگرسیون لجستیک، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبریز لواسانات انجام شد. براساس نتایج ایشان بیشترین پتانسیل لغزش منطقه در مراتع مرغوب و استپیو مراتع متوسط و در سازند سنوزوئیکوکواترنری بوده و عامل کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در وقوع لغزش‌های منطقه معرفی گردید.

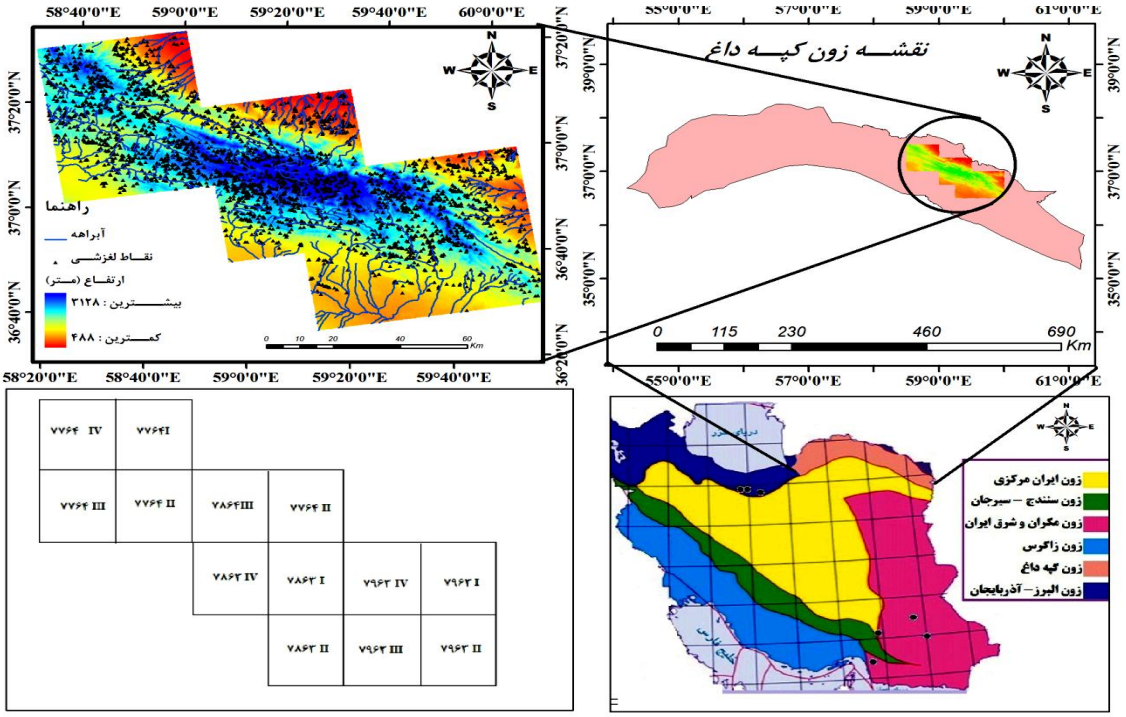
لذا با مرور سوابق پژوهشی در این زمینه و با توجه به این‌که بسیاری از خسارات ناشی از زمین‌لغزش به‌دلیل عدم رعایت اصول صحیح در گسترش مناطق مسکونی، ساخت سدها، احداث راه‌ها و تأسیسات و غیره به وجود آمده‌اند، لزوم شناخت مناطق حساس به زمین‌لغزش برای دستگاه‌های اجرایی اهمیت بسیاری دارد (۱۰). زون زمین‌شناسی کپه‌داغ هزار مسجد نیز، به‌دلیل ساختمان زمین‌شناسی، نوع خاک منطقه و سایر عوامل تشدیدکننده ناپایداری، در معرض خطر بالای وقوع زمین‌لغزش قرار دارد (۱۴). با توجه به مستعد بودن منطقه مورد مطالعه به وقوع زمین‌لغزش و نیز عدم وجود مطالعات با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در وقوع این پدیده در منطقه مورد مطالعه، انجام پژوهش‌هایی با اهداف مذکور توصیه می‌شود. در این پژوهش، با مطالعات جامع صورت گرفته بر پهنه وسیعی از زون کپه‌داغ هزارمسجد، بسیاری از عوامل و شاخص‌های مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش تهیه و با استفاده از روش آماری رگرسیون لجستیک به بررسی این عوامل و اولویت‌بندی آن‌ها پرداخته شده است. ضمن این‌که این مطالعه از لحاظ تعدد فاکتورهای مورد استفاده و سطح وسیع مطالعاتی دارای نوآوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

زون کپه‌داغ- هزارمسجد در شمال‌شرق ایران و قسمت‌هایی از ترکمنستان و شمال افغانستان قرار دارد. در اثر برخورد دو پلیت ایران و توران، این زون به‌صورت باریکه طویلی در شمال خراسان و ادامه آن در ترکمنستان به‌وجود آمده است. این زون با وسعتی حدود ۵۵۰۰۰ کیلومتر مربع در محدوده ´۳۰ °۳۵ تا ´۱۵ °۳۸ عرض شمالی ´۰۰ °۵۴ تا ´۱۳ °۶۱ طول شرقی واقع شده است و تقریبا ۳/۳ درصد از مساحت کل ایران را شامل می‌شود. کپه‌داغ ایران منطقه‌ای کوهستانی است با دو رشته کوه موازی که کوه‌های کپه‌داغ و هزار مسجد در شمال و کوه‌های گلستان، آلاداغ و بینالود در جنوب منطقه قرار گرفته‌اند و دشت‌های مشهد، قوچان، شیروان، بجنورد و گرگان در بین این دو رشته کوه واقع شده‌اند (۱۱،۸). قدیمی‌ترین سازندهای منطقه سازند کشف‌رود و شوریجه متشکل از لس، شیل و ماسه‌سنگ‌های قهوه‌ای مایل به خاکستری، رس، کنگلومرا و مقدار کمی سنگ‌های کربناته بوده که حساسیت بسیار بالایی به پدیده لغزش دارند. نهشته‌هایی مانند فیلیت‌ها، آهک‌های مارنی خردشده، کنگلومراها و دیگر سازندهایسست نیز استعداد بالایی برای ناپایداری‌ها در منطقه مورد مطالعه دارند (۱۴). از نگاه ریخت‌شناسی، کپه‌داغ منطقه‌ای کوهستانی است و ریخت‌شناسی منطقه، جوان بوده و توپوگرافی ناحیه، رابطه‌ای مستقیم با ساختارهای زمین‌شناسی دارد. به‌طور معمول، تاقدیس‌ها ارتفاعات و ناودیس‌ها دشت‌های میان‌کوهی را می‌سازند و سازندهای کربناتی مزدوران (ژوراسیک بالایی) و تیرگان (کرتاسه پایینی) واحدهای سیماساز منطقه هستند. دشت‌های سرخس، گرگان، مشهد- قوچان و شیروان- بجنورد از نواحی فروافتاده کپه‌داغ می‌باشند (۶۲). در این مطالعه، بخشی از زون زمین‌شناسی کپه‌داغ- هزارمسجد شامل قسمت‌هایی از کشف‌رود، قره‌تیکان، درونگر و تبارک‌آباد مورد مطالعه قرار گرفته است.آمار زمین‌لغزش‌های ثبت شده توسط سازمان زمین‌شناسی و سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و نیز مستعد بودن منطقه برای وقوع این پدیده، باعث افزایش اهمیت شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر این رخداد طبیعی شده که با انجام مطالعاتی با اهداف مذکور، می‌توان میزان قابل توجهی از مخاطرات حاصل از وقوع زمین‌لغزش را کاهش داد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]



شکل ۱– موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و شماره برگه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی مورد استفاده در تحقیق

Figure 1.Geographical location of the study area sheet number 1: 50000 topography used in the research

مجموعه داده‌ها

معیارها و عوامل محتمل بر وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه در این پژوهش بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و پژوهش‌های مشابه در این مورد شناسایی و انتخاب شده‌اند (۶۲،۲۲،۱۳).

این عوامل شامل لایه‌های شیب، ارتفاع، جهت شیب، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، بارش، خاک، شاخص وضعیت توپوگرافی[1]، شاخص حمل رسوب[2]، شاخص رطوبت[3]، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی[4]، شاخص توان آبراهه[5]، شاخص زبری[6]، انحنای سطح[7] و انحنای پروفیل[8]، در محیط GIS و با استفاده از معادلات مربوطه تهیه و آماده‌سازی شد. نقاط مشاهداتی زمین‌لغزش از مجموع داده‌های زمین‌لغزش معاونت آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور استخراج شده و برای انجام این پژوهش مورد استفاده واقع شد. شماره برگه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی که برداشت زمین‌لغزش‌ها بر اساس این برگه‌ها توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور صورت گرفته، در شکل ۱ نشان داده شده‌است. نقشه‌های پایه مورد استفاده در پژوهش حاضر، شامل نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه رقومی سری‌های خاک فائو و نقشه پوشش گیاهی تهیه شده توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور می‌باشند. در تهیه نقشه سری‌های خاک از اطلاعات موجود و نقشه‌های رقومی فائو در قالب نرم‌افزار HWSD[9] کمک گرفته شد (۵۵). مدل رقومی ارتفاع نیز از مجموعه داده‌های ماهواره Aster با توان تفکیک ۳۰ متر استخراج شد (۷۰). بر اساس نقشه‌های پایه دریافتی سایر نقشه‌های مورد نیاز تهیه و استخراج شدند. هم‌چنین به‌منظور استخراج شاخص پوشش گیاهی تصاویر ماهواره لندست[10]، سنجنده MSS[11] مربوط به سال‌های ۱۹۸۷–۱۹۷۲ استفاده شد. با توجه به این‌که در بررسی اولیه زمین‌لغزش‌ها توسط سازمان زمین‌شناسی، از عکس‌های هوایی مربوط به سال ۱۹۶۶ استفاده شده است، برای استخراج شاخص نرمال شده پوشش گیاهی نزدیک‌ترین بازه زمانی موجود تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سنجنده MSS (سال ۱۹۷۲) انتخاب شده است. برای تهیه لایه بارش سالانه از داده‌های سالانه ۲۷ ایستگاه باران‌سنجی استفاده و رابطه گرادیان بارش برای منطقه مورد مطالعه به‌صورت زیر استخراج شد:

$$P=۰/۰۷۵۶(H)+۱۷۷/۶ \qquad r^۲=۰/۵۹۳ \qquad (۱)$$

که در آن P میزان بارندگی سالانه (میلی‌متر) و H ارتفاع (متر) است.

نقشه‌های مربوط به عوامل مؤثر از قبیل لایه زبری، لایه سایه و روشن دامنه‌ها، شیب و جهت شیب و شاخص وضعیت توپوگرافی بر اساس مدل رقومی ارتفاع با اندازه تفکیک ۳۰ متر تهیه شدند. تابع همسایگی استفاده شده برای محاسبه شاخص وضعیت توپوگرافی در اکستنشن TPI از نوع حلقه‌ای[12] و مقادیر شعاع داخلی ۱۰۰۰ و شعاع خارجی ۱۵۰۰ متر انتخاب شد (۴۳). هم‌چنین از نرم‌افزار TAS[13] برای تهیه شاخص رطوبت، شاخص توان رودخانه، شاخص حمل رسوب، انحنای سطح و انحنای پروفیلی استفاده شده است (۷۲،۴۹).

روش پژوهش

شاخص رطوبت توپوگرافیک:شاخص رطوبت توپوگرافیک یا شاخص ترکیب توپوگرافیک[14]، برای توصیف الگوی فضایی رطوبت خاک استفاده می‌شود (۶۹). از این شاخص برای مطالعه حساسیت زمین‌لغزش (۲۲)، ارزیابی الگوی فضایی

1- Topographic Position Index (TPI) 2- Sediment Transport Index (STI) 3- Topographic Wetness Index (TWI)
4- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) 5- Stream Power Index (SPI) 6- Roughness Index
7- Plan Curvature 8- Profile Curvature9- Harmonized World Soil Database
10- Landsat 11- Multi Spectral Scanner 12- Annulus
13- Terrain Analysis System 14- Compound Topographic Index (CTI)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

رطوبت خاک و تغییرات حاصل از فرسایش در خاک و عموماً برای تعیین کنترل توپوگرافیک بر روی فرآیندهای هیدرولوژیکی استفاده می‌شود (۷۳) و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (۵۱):

$$TWI = \ln(A_s tan\beta) \quad (۲)$$

که در رابطه فوق As مساحت ویژه حوزه آبخیز، β گرادیان شیب برحسب درجه و TWI شاخص رطوبت حوزه آبخیز می‌باشد.

شاخص توان رودخانه

این شاخص نشان‌دهنده مدت زمان تداوم انرژی جریان بوده و میزان قدرت فرسایندگی آن را مشخص می‌کند و مقدار آن تحت تأثیر شیب و مساحت منطقه مورد مطالعه می‌باشد (۱۴). به‌طورکلی این شاخص در نواحی که نیم‌رخ و مماسی[1] محدب دارند (مناطق همگرا و تند)، فرسایش ویژه و در نواحی که نیم‌رخ مقعر دارند (مناطقی با کاهش ظرفیت جریان) رسوب ویژه را پیش‌بینی می‌کند (۶۴).

$$SPI = As/\tan\beta \quad (۳)$$

شاخص حمل رسوب

از جمله شاخص‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده در این مطالعه، شاخص حمل رسوب می‌باشد. این شاخص قدرت فرسایندگی جریان را نشان می‌دهد و بر اساس رابطه تجربی زیر محاسبه می‌گردد:

$$STI_{=} \left(\frac{A_S}{22.13}\right)^{0.6}\left(\frac{Sin\beta}{0.0896}\right)^{1.3} \quad (۴)$$

که در این رابطه STI شاخص حمل رسوب و یا به عبارتی عامل LS[2] مدل AUSLE[3] است؛ که مدل مذکور، مدل اصلاح شده معادله جهانی تلفات خاک[4] می‌باشد (۴۵).

جدول ۱- طبقه‌بندی لندفرم‌ها بر اساس TPI (۶۸)

Table 1. Land Form Classification based on TPI (75)

توصیفات	نوع لندفرم	مقدار TPI
آبراهه	Canyons, DeeplyIncisedStraems	TPI<-۱
دشت	Plains	-۱<TPI<۱, Slope≤۵°
شیب‌های باز	Open Slopes	- ۱<TPI<۱ , Slope≥۵°
یال‌های مرتفع، قله کوه	MountainTops, High Ridges	TPI>۱

شاخص پوشش گیاهی

NDVI یک نمایه از قابلیت انعکاس سطحی است و یک تخمین کمّی از رشد گیاهان و توده زنده را نشان می‌دهد (۲۳) و طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R) \quad (۵)$$

در رابطه فوق، NIR طول‌موج مادون‌قرمز نزدیک، R طول‌موج قرمز و NDVI مقدار شاخص پوشش گیاهی که مقدار آن بین ۱ و ۱- متغیر است، می‌باشد (۳۷).

شاخص موقعیت توپوگرافی

این شاخص راهکاری نوین جهت تعیین کمی لندفرم‌ها[5] است؛ اما وابستگی مستقیمی با اندازه تفکیک و شعاع پیکسل‌های همسایه دارد (۳۸). در این طبقه‌بندی، ارتفاع هر نقطه در مدل رقومی ارتفاع را با متوسط نقاط اطراف مقایسه کرده و برای هر منطقه مقادیر کمی بین ۱- تا ۱ ارائه می‌دهد. مقادیر مثبت TPI، نشان‌دهنده مناطقی است که بالاتر از نقاط اطراف قرار گرفته (تپه‌ها) و مقادیر منفی نشان‌دهنده مناطق پایین‌تر از اطراف خود (دره‌ها) هستند. مقادیر صفر و نزدیک به صفر نیز نشان‌دهنده مناطق مسطح (شیب نزدیک به صفر است) و مناطقی با شیب ثابت هستند. جدول (۲)، طبقه‌بندی لندفرم‌های منطقه مورد مطالعه را بر همین اساس نشان می‌دهد.

$$TPI = Z_0 - \frac{\sum_{n-1} Z_n}{n} \quad (۶)$$

در رابطه فوق؛ Z_0 ارتفاع نقطه مدل تحت ارزیابی، Z_n ارتفاع از شبکه، n تعداد کل نقاط در نظر گرفته‌شده در ارزیابی و TPI شاخص موقعیت توپوگرافی می‌باشد (۶۸).

اجرای مدل رگرسیون لجستیک

رگرسیون لجستیک، به‌دلیل توانایی بالایی که در مدل کردن متغیرهای وابسته دوسویی، مجموعه‌ای از متغیرهای دوسویی، متغیرهای چند دسته‌ای و متغیرهای ترتیبی دارد، بسیار پرکاربرد بوده و این مدل یکی از مدل‌های آماری مناسب جهت اجرای پهنه‌بندی بر اساس داده‌های موجود می‌باشد (۳۴). در واقع مدل رگرسیون لجستیک وقوع یا عدم وقوع متغیرها را با یک‌دیگر مرتبط ساخته و آن‌ها را بررسی می‌نماید. رگرسیون لجستیک مانند رگرسیون خطی از گروه مدل‌های GLM[6] بوده که در هر دو مدل، یک رویداد، مجموعه‌ای از متغیرهای کیفی می‌باشد. در رگرسیون خطی، متغیر وابسته از تابع توزیع خطی N $(\mu\sigma,)$ تبعیت می‌کند؛ که μ تابع خطی متغیرهای کیفی می‌باشد. در رگرسیون لجستیک برای پارامتر p (احتمال وقوع یک پدیده)، متغیر وابسته که به‌عنوان متغیر پاسخ نیز شناخته می‌شود، در صورت یک تکرار، از تابع توزیع برنولی تبعیت کرده و در صورت n تکرار، از تابع توزیع دو جمله‌ای[7] (n,p) پیروی می‌کند که در اینجا، احتمال وقوع پارامتر p یک ترکیب خطی از متغیرهای کیفی می‌باشد. توابع مختلفی برای احتمال وقوع متغیرهای کیفی وجود دارد که رگرسیون لجستیک یکی از بهترین مدل‌های متقارن و سیگموئیدی بوده و معادله آن مطابق رابطه زیر می‌باشد:

$$p = \frac{\exp(\beta X)}{1 + \exp(\beta X)} \quad (۷)$$

در رابطه فوق، βX ترکیب خطی از متغیرها (و ضرایب ثابت آن‌ها) می‌باشد (۲۵). از آن‌جایی‌که کاربرد مدل آماری

1- Tangential
2- Length and Slope
3- Adapted Universal Soil Loss Equation
4- Universal SoilLoss Equation
5- Land Form
6-Generalized Linear Models
7- Binomial

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

رگرسیون لجستیک ایجاد ارتباط بین عوامل ناپایدار کنندهشیب و متغیر وابسته دو حالته یعنی وقوع و عدم وقوع زمین‌لغزش است (۱)، در این مطالعه از مجموع ۲۹۹۶ نقطه لغزشی، علاوه بر ۳۱۶ نقطه لغزشی که به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شده، (۱۰ درصد کل نقاط)، ۳۱۶ نقطه دیگر به‌صورت تصادفی در سراسر حوزه در مناطق فاقد زمین‌لغزش انتخاب و پس از ادغام نقاط در محیط GIS، به نقاط لغزشی کد یک و به نقاط فاقد لغزش کد صفر داده شد و با استفاده از تابع لجستیک در محیط XLSTAT عوامل مؤثر در زمینلغزش، اولویت‌بندی و معادله رگرسیون ارائه شد. عوامل مؤثر در زمین‌لغزش نیز بر اساس نتایج حاصل از آنالیز لجستیک، در محیط GIS به کمکروش شکست‌های طبیعی هیستوگرام (بهینه‌سازی جنکس[1]) طبقه‌بندی شد. در این روش شکست‌های طبیعی هیستوگرام به‌گونه‌ای محاسبه شدند که مجموع واریانس‌ها در هر کلاس حداقل باشد (۳۹). این فرآیند با تقسیم‌بندی داده‌ها به طبقات مختلف آغاز می‌گردد. مراحل این روش به‌شرح زیر بوده و تا زمانی که واریانس هر طبقه به کم‌ترین مقدار خود برسد، ادامه می‌یابد.

– محاسبه مجموع مربع انحراف بین طبقات[2] (SDBC)

– محاسبه مجموع مربع انحراف از میانگین[3] (SDAM)

– محاسبه مجموع مربع انحراف از میانگین طبقات[4] (SDCM)

پس از محاسبه مقادیر SDBC، از طبقه‌ای با بیش‌ترین مقدار SDBC، به‌طرف طبقه‌ای که کم‌ترین مقدار SDBC را دارد یک واحد جابه‌جایی اعمال و انحراف طبقات جدید محاسبه شده و این مراحل تا زمان به حداقل رسیدن مقدار انحراف طبقات ادامه می‌یابد که منجر به یافتن بهترین برازش واریانس[5] (GVF) می‌گردد. مقادیر GVF بین صفر و یک متغیر بوده که صفر بدترین و یک بهترین برازش می‌باشد (۲۹).

$$GVF=(SDAM-SDCM)/SDAM \quad (۸)$$

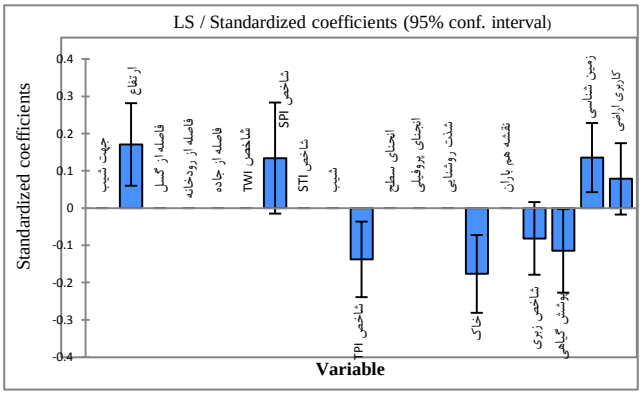
نتایج و بحث

پس از اجرای مدل لجستیک بر عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه، فاکتورهایی که بیش‌ترین نقش را داشته، مشخص شدند. بر اساس نتایج جدول آنالیز نوع دوم، هشت فاکتور به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار معرفی شدند. هنگامی‌که بیش از یک نوع متغیر وجود داشته باشد، استفاده از نتایج جدول آنالیز نوع دوم، کارآمد است. در این آنالیز، اگر مقدار احتمال Pr> LR، که Pr احتمال وقوع هر یک از عوامل و LR ضریب محاسبه شده مدل رگرسیون لجستیک می‌باشد، کمتر از یک آستانه معنی‌دار مشخص (۰/۰۵) باشد، سهم متغیر در وقوع یک پدیده از سایر عوامل بیش‌تر بوده و با توجه به این مقدار، می‌توان فاکتورهای مؤثر را معرفی نمود. به‌عبارت دیگر، اگر مقدار احتمال وقوع هر عامل از ضریب رگرسیون لجستیک بیشتر شود، مقدار سطح معنی‌داری از ۰/۰۵ کمتر شده، که به معنی احتمال وقوع در سطح اطمینان بالای ۹۵ درصد می‌باشد (۲۷).

جدول ۲– نتایج حاصل از آنالیز نوع دوم

Table 2. Result of analyse type II

لایه مؤثر در زمین‌لغزش	Pr> LR	لایه مؤثر در زمین‌لغزش	Pr> LR
لایه خاک	۰/۰۰۱	شاخص SPI	۰/۰۳۲
لایه ارتفاع	۰/۰۰۲	شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۳۶
لایه زمین شناسی	۰/۰۰۳	شاخص زبری	۰/۱۰۰
شاخص TPI	۰/۰۰۴	لایه کاربری اراضی	۰/۱۰۹



شکل ۲– ضرایب استاندارد شده در مدل رگرسیون لجستیک

Figure 2. Standardized coefficients in logistic regression model

علاوه بر این، ضرایب استاندارد شده (که به‌عنوان ضرایب بتا شناخته می‌شود) نیز عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش را مشخص می‌نماید (شکل ۲). این جدول مقایسه وزن نسبی متغیرها با یک‌دیگر را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که مقادیر مثبت ضرائب، نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین متغیر مستقل و وابسته و ضرائب منفی، معکوس بودن رابطه را بیان می‌کند. متغیری

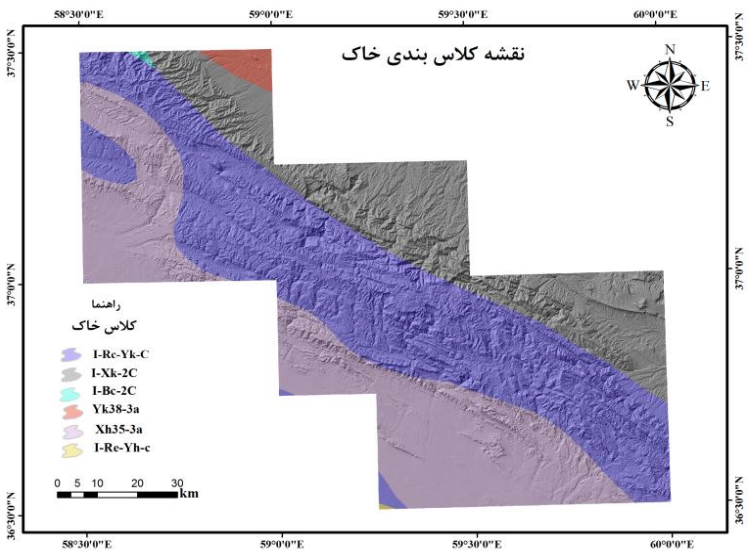
1- Jenks 2- Squared Deviations between Classes (SDBC) 3- Squared Deviations from the Array Mean (SDAM)
4- Squared Deviations from the Class Means (SDCM) 5- Goodness of Variance Fit (GVF)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

که ضریب بالاتری نسبت به سایر متغیرها داشته باشد، از ضریب وزنی بیش‌تری برخوردار بوده و زمانی که فاصله اطمینان در اطراف ضرایب استاندارد شده، مقادیر صفر را به خود اختصاص دهد، وزن متغیر در مدل معنی‌دار نیست (۲۸،۴).

عامل خاک

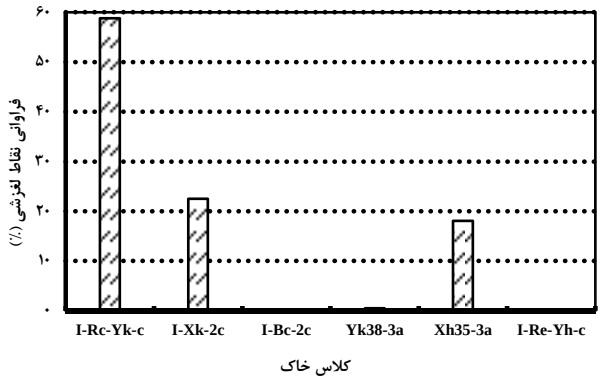
همان‌طور که از نتایج شکل ۳ و جدول ۲ مشخص است، عامل خاک با کم‌ترین مقدارr > LR مؤثرترین عامل بر وقوع زمین‌لغزش شناخته می‌شود. بر اساس تقسیم‌بندی فائو، منطقه مورد مطالعه در شش کلاس قرار می‌گیرد (شکل ۵)، که یکی از شاخص‌های کلاس خاک، بافت خاک می‌باشد. پس از تعیین بافت خاک، دو نوع بافت لوم[1] و کلی–لوم[2] برای منطقه مشخص شد؛ که بیش‌ترین نقاط لغزشی در بافت لومی مشاهده شده است.در خاک‌هایی که درصد شن از سایر ذرات خاک بیش‌تر بوده، خاک از نوع سبک بوده و از چسبندگی کمی برخوردار می‌باشد (۱۳). هم‌چنین میـزان سـیلت موجود در نیم‌رخ خاک رابطـه‌ای مسـتقیم بـا فرسـایش زیرسطحی و وقوع زمین‌لغزش دارد (۵۷،۱۱) و وجود این عوامل در کنار یک‌دیگر خطر بروز زمین‌لغزش را تشدید می‌نماید. بر اساس نتایج نمودار ۱، بیش‌ترین زمین‌لغزش‌های منطقه (۵۸/۸۱ درصد) در کلاس ۱ با بافت لومی به‌وقوع پیوسته که این امر ناشی از بالا بودن درصد شن (۴۱/۲۵ درصد) در این کلاس می‌باشد. میزان سیلت موجود در این کلاس، ۳۵ درصد بوده که باعث کاهش چسبندگی خاک و بروز زمین‌لغزش‌های بیشتر در این کلاس گردیده است. کم‌ترین لغزش‌های منطقه (۰/۱ درصد) در کلاس ۳ مشاهده شده است. وجود مقادیر بالای رس در مقایسه با سایر ذرات خاک، سبب پایداری خاکدانه و ساختمان خاک شده (۱۱) و مانعی برای وقوع پدیده لغزش می‌باشد. خاک منطقه دارای بافت کلی–لوم بوده و این کلاس با داشتن بیش‌ترین مقدار ذرات رس (۳۶/۵ درصد) نسبت به سایر ذرات، از چسبندگی بالایی برخوردار بوده و این امر سبب کاهش وقوع زمین‌لغزش در این کلاس شده است. PH خاک یکی دیگر از ویژگی‌های شیمیایی خاک بوده که در ایجاد حرکات توده‌ای و زمین‌لغزش‌های ناشی از فرسایش نقش دارد که بر اساس نتایج حاصل در خاک‌هایی با میزان PH بالا خطر وقوع انواع مختلف فرسایش مانند فرسایش‌های توده‌ای، بیش‌تر بوده است (۶۱). به نحوی که در کلاس ۱ با بیش‌ترین لغزش میزان PH، ۵ و در کلاس ۳ با کم‌ترین لغزش، ۳/۶ می‌باشد. همچنین هدایت الکتریکی (EC) از جمله عوامل تأثیرگذاری است که به‌عنوان مانعی برای رشد گیاهان، سبب از بین رفتن نقش حفاظتی گیاه بر خاک شده و بستر را برای وقوع زمین‌لغزش فراهم می‌کند (۱۹،۱۱). نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد میزان EC خاک در کلاس ۱ بیش‌ترین مقدار (۱/۳) و برای کلاس ۳ مقدار کمتری (۰/۰۵) را به‌خود اختصاص داده است و همین امر سبب کاهش پوشش گیاهی شده و افزایش فرسایش و حرکت عمیق توده‌ای خاک را در مناطق مذکور به همراه داشته است. از طرفی ریشه گیاهان ضمن کنترل مقدار رطوبت و کاهش عمق یخبندان تا حد زیادی به پایداری شیب‌ها کمک می‌کند (۲)؛ با توجه به نقش مهم پوشش گیاهی در ثبات خاک و حفظ استحکام زمین، کاهش و یا از بین رفتن آن در اثر عوامل مختلف باعث افزایش بروز خطر زمین‌لغزش می‌گردد (۵۵).



شکل ۳- نقشه طبقه‌بندی خاک منطقه مورد مطالعه
Figure 3. soil classes map of case study

1- Loam
2- Clay Loam

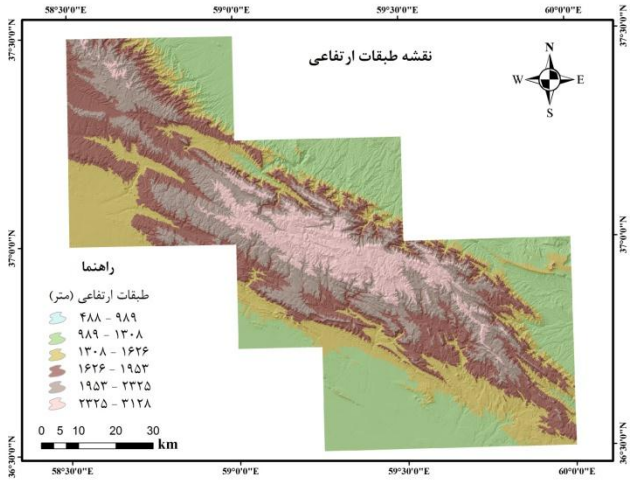
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]



شکل ۴- نمودار درصد فراوانی نقاط لغزشی در هر کلاس خاک
Figure 4. Plot offrequency percentage of landslide points in soil classes

عامل ارتفاع

این عامل به‌طور غیرمستقیم، تعیین‌کننده بسیاری از علل وقوع زمین‌لغزش مانند بارش سالانه، بارش‌های شدید و رگباری، نوع بارش، تغییرات دما، یخبندان و ذوب یخ، تخریب فیزیکی و هوازدگی شیمیایی است. با این وجود این عامل در وقوع زمین‌لغزش‌ها می‌تواند بسیار مهم و اثر گذار باشد (۴۱). همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، طیف‌هایی از منطقه که ارتفاع بیش‌تری داشته، با زمین‌لغزش‌های بیش‌تری نیز همراه هستند. در این مطالعه مناطق با ارتفاعات بیش‌تر، درصد کمتری از مساحت را به خود اختصاص داده و شاید این امر سبب شده تا بیش‌ترین لغزش‌ها در طبقه ارتفاعی ۱۹۵۳- ۱۶۲۶ با اختصاص ۲۳ درصد مساحت منطقه به خود، مشاهده شود (شکل ۶). با این وجود، مناطق مرتفع‌تر با اختصاص مساحت کمتر، از تعداد وقوع زمین‌لغزش بالایی به نسبت مساحت در برگرفته شده، برخوردار می‌باشند؛ اما با افزایش ارتفاع بیش‌تر از ۲۰۰۰ متر از تعداد لغزش‌های منطقه نسبت به سایر طبقات، کاسته می‌شود و این امر نشان‌دهنده رابطه معکوس بین وقوع زمین‌لغزش و ارتفاعات بیش‌تر از حدی مشخص، می‌باشد. با این وجود در نتایج برخی از مطالعات هرچه ارتفاع بیش‌تر می‌شود، حساسیت به خطر زمین‌لغزش در منطقه بیشتر می‌شود که علت آن را می‌توان افزایش نزولات به‌صورت برف، ماندگاری بیشتر آن و تسریع عمل یخبندان و ذوب در ارتفاعات بالا دانست (۵۶،۵۳،۵۰،۲۷). در حالت کلی در مورد پارامترهایی مانند ارتفاع، می‌توان چنین بیان نمود که با افزایش مقدار آن‌ها تا حد مشخصی، احتمال وقوع زمین‌لغزش نیز بالاتر می‌رود؛ اما این ارتباط مستقیم تا یک ارتفاع مشخص برقرار است؛ به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع، نوع بارش از باران به برف تغییر می‌یابد و نیز از میزان بسترهای سست کم شده و بر میزان بسترهای مقاوم، افزوده می‌گردد (۴۷). در منطقه مورد مطالعه نیز می‌توان چنین بیان نمود که در ارتفاعات بالا که خطر وقوع زمین‌لغزش کم شده به‌سبب وجود سازندهایی هم‌چون اتامیر (Ka ،K2at) در منطقه بوده که نسبت به سایر سازندهای منطقه از مقاومت بیش‌تری برخوردار می‌باشند (۴۶،۱۲).



شکل ۵- نقشه طبقات ارتفاعی موجود در منطقه مورد مطالعه
Figure 5. Elevation classes map of case study

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]



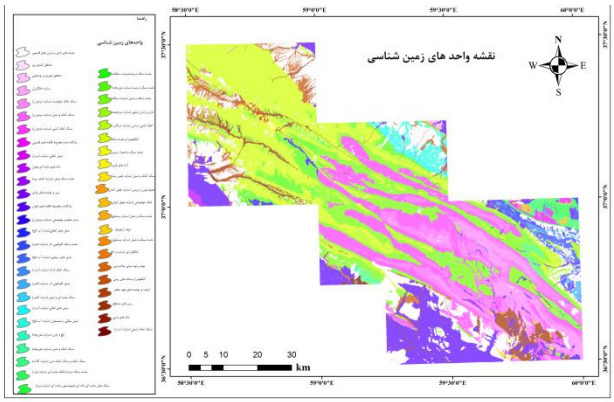
شکل ۶- نمودار درصد فراوانی نقاط لغزشی در طبقات ارتفاع
Figure 6. Plot of frequency percentage of landslide points in altitude classes

عامل زمین‌شناسی

زمین‌شناسی به‌دلیل تأثیر در ویژگی‌های ذاتی مقاومت در برابر هوازدگی و فرسایش و نیز واحدهای سنگ و خاک، همواره به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در وقوع لغزش زمین‌ها مطرح بوده است (۸،۵). در لایه‌های رسی، مارن و تبخیری، نفوذ آب‌های ناشی از آبیاری باغات و بارندگی از داخل درز و شکاف‌های متعدد، سبب تجمع زیاد آب در سطح مواد هوازده و پی‌سنگ شده و در نتیجه باعث لغزنده شدن، کاهش نیروی اصطکاک و مقاومت برشی مواد و تشدید حرکت لغزشی تحت‌تأثیر نیروی ثقل روی سطح شیب‌دار به طرف پایین دامنه می‌شود (۴۱). بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش و همانطور که از نمودار شکل ۸ مشخص است، بیش‌ترین زمین‌لغزش‌ها مربوط به واحد زمین‌شناسی Kt (سازند تیرگان) اتفاق افتاده که متشکل از سنگ آهک به همراه شیل‌های خاکستری بوده و بیش‌ترین گسترش سطحی را در منطقه دارد و هم‌چنین واحد زمین‌شناسی Ksh متعلق به سازند شوریجه، تشکیل شده از کنگلومرا به‌همراه سنگ‌های شنی خاکستری (۵۶) نیز زمین‌لغزش‌های زیادی را در خود جای داده است. سنگ آهک به‌دلیل قدرت جذب آب بالا و هم‌چنین وجود شیل به‌دلیل آبگیر بودن و فرسایش‌پذیری بالاتری که دارد مستعد ایجاد زمین‌لغزش بوده (۲۲) که در واحد زمین‌شناسی J3mz در سازند مزدوران، متشکل از سنگ آهک الیتی متوسط با شیل‌های فرعی سومین طبقه مستعد فرسایش بوده‌اند (شکل ۷).

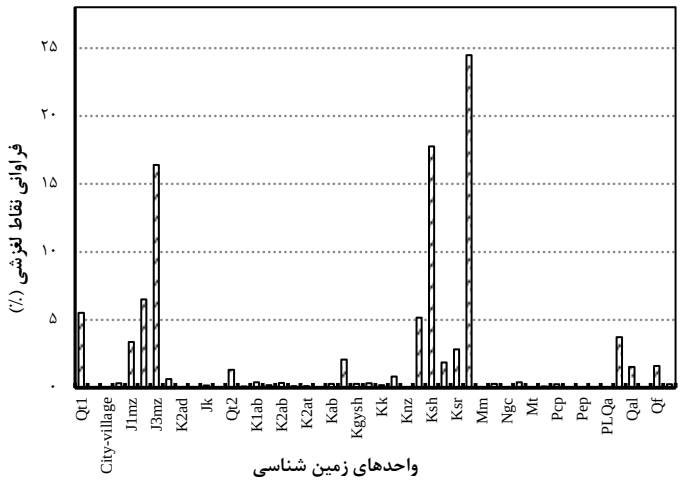
شاخص وضعیت توپوگرافی

بیش‌ترین سطح منطقه، لندفرم شیب‌های باز با اختصاص ۶۳/۲۵ درصد از کل مساحت منطقه به‌خود و با داشتن ۶۶/۳ درصد از زمین‌لغزش‌های منطقه، بیش‌ترین خطر وقوع زمین‌لغزش را دارد (شکل ۱۰). همان‌طور که از شکل ۶ مشخص است، مناطقی با لندفرم شیب‌های باز، مناطقی پرشیب بوده که در مناطق مرتفع، مسطح و یا دره‌ها یافت می‌شوند. در شیب‌های کم معمولاً نیروهای مقاوم مانند اصطکاک خاک و دیگر مواد دامنه‌ای بیشتر از نیروهای محرک مانند نیروی ثقل است. در شیب‌های خیلی زیاد نیز توان خاک‌سازی و تجمع خاک بهمنظور ایجاد زمین لغزش فراهم نیست. در نتیجه در مناطقی با شیب بیش‌تر از°۴۵، بیش‌تر مناطق صخره‌ای بوده و خاکی وجود ندارد و خطر وقوع زمین‌لغزش کاهش می‌یابد (۷۲). در شیب‌های متوسط (۳۰- ۱۵ درصد) میزان زمین‌لغزش به‌دلیل ذوب سریع‌تر برف درمناطق بالاتر و نیز افزایش نیروی محرک بیش‌تر است. هم‌چنین در شیب‌های خیلی کم، برآیند نیروها به‌صورتی است کـه نیروی مقاوم (عمودی) بیشتر از نیروی محرکه (افقی) بوده و شـرایط برای وقوع زمین‌لغزش فراهم نمی‌شود (۶۳،۵۲،۸). در لندفرم شیب‌های باز، به‌دلیل قرار گرفتن در شیب بیش‌تر از °۵ و هم‌چنین مقادیر TPI که نشان‌دهنده تپه‌ها و دره‌ها بوده زمین‌لغزش از تراکم بالاتری برخوردار بوده است (۵۶).

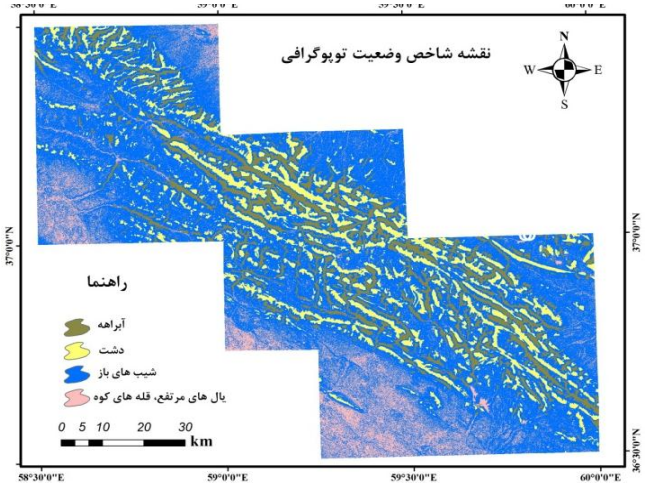


شکل ۷- نقشه واحدهای زمین‌شناسی موجود در منطقه مورد مطالعه
Figure 7. Geology unit map of case study

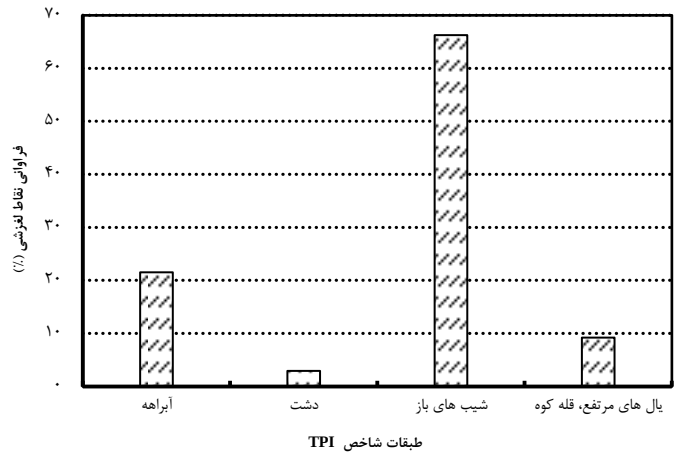
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]



شکل ۸- درصد فراوانی لغزش در واحدهای زمین‌شناسی
Figure 8. Plot of frequency percentage of landslide points in Geology units



شکل ۹- نقشه شاخص موقعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه
Figure 9. Topographic Position Index map of case study

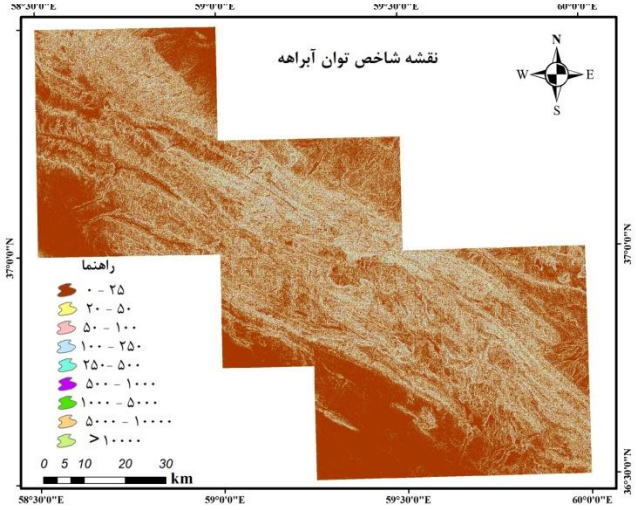


شکل ۱۰- نمودار درصد فراوانی لغزش در هر طبقه از شاخص TPI
Figure 10. Plot of frequency percentage of landslide points in TPI

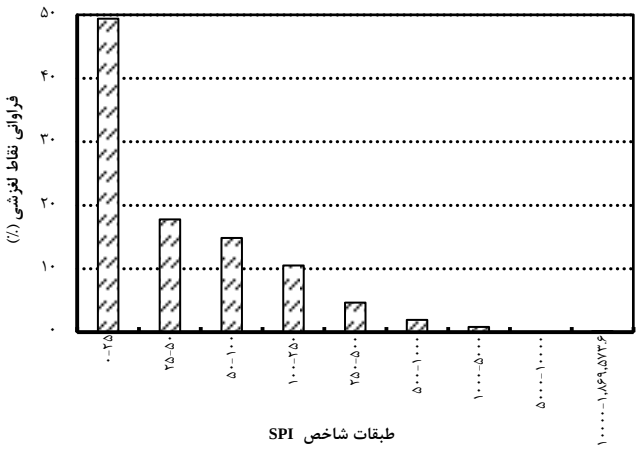
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

شاخص توان آبراهه

با افزایش شیب و مساحت حوزه، میزان جریان آب بالا دست افزایش و در نتیجه قدرت فرسایندگی آب و خطر ایجاد فرسایش بیش‌تر شده (۵۲) و در اثر ایجاد فرسایش، خطر بروز وقوع زمین‌لغزش افزایش می‌یابد (۷۷،۵۷،۵). در این مطالعه، شاخص توان آبراهه در نه طبقه (شکل ۱۱)، کلاس‌بندی شده و طبقه اول (۲۵–۰) با اختصاص بیش‌ترین مساحت به‌خود (۵۹/۸ درصد)، بیش‌ترین زمین‌لغزش‌ها (۱۴۸۰ لغزش) را در خود جای داده است. هم‌چنین با افزایش شیب، با افزایش نقاط لغزشی مواجه هستیم، به‌طوری که بیش‌ترین زمین‌لغزش‌ها در شیب (۲۰–۱۰ درجه) مشاهده شد. در قسمت‌هایی با شیب افقی (کم شیب)، به‌دلیل تمرکز جریان آب بالادست و نیز وجود رطوبت، قدرت فرسایندگی جریان افزایش یافته و با گذشت زمان، سبب ایجاد زمین‌لغزش می‌گردد (۵۰،۴۳).



شکل ۱۱– نقشه طبقه‌بندی شاخص SPI در منطقه مورد مطالعه
Figure 11.Stream Power Index map of case study

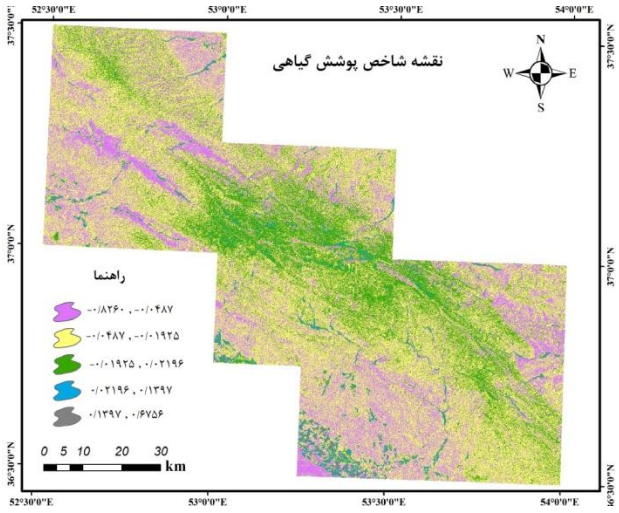


شکل ۱۲– نمودار درصد فراوانی لغزش در هر طبقه از شاخصSPI
Figure 12. Plot of frequency percentage of landslide points in SPI classes

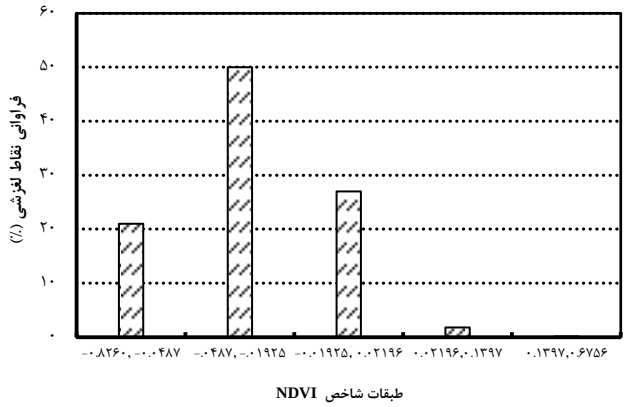
عامل شاخص پوشش گیاهی

مقادیر خیلی کم از NDVI (۰/۱ و کمتر)، منطبق با نواحی برفی و یا مناطقی با پوشش گیاهی بسیار فقیر می‌باشد. مقدارهای متوسط (۰/۲–۰/۳)، علفزارها و بوته‌زارها را نشان می‌دهد؛ درحالی‌که مقادیر بالا (۰/۶–۰/۸) جنگل‌های بارانی گرمسیری و معتدل دلالت می‌کند (۷۴). همانطور که از نتایج نمودار شکل ۱۴ و شکل ۱۳ مشخص است، بیش‌ترین زمین‌لغزش‌های منطقه در مقادیر (۰/۴۸۷–۰/۰۱۹۲۵) اتفاق افتاده‌است که مناطقی با پوشش گیاهی بسیار فقیر می‌باشد. پوشش گیاهی مانع فرسایش و حرکت عمیق توده‌ای خاک می‌گردد. ریشه گیاهان ضمن کنترل مقدار رطوبت و کاهش عمق یخبندان تا حد زیادی به پایداری شیب‌ها کمک می‌کند (۲)؛ با توجه به نقش مهم پوشش گیاهی در ثبات خاک و حفظ استحکام زمین، کاهش و یا از بین رفتن آن در اثر عوامل مختلف باعث افزایش بروز خطر زمین‌لغزش می‌گردد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]



شکل ۱۳- نقشه نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه
Figure 13. NDVI Index map of case study

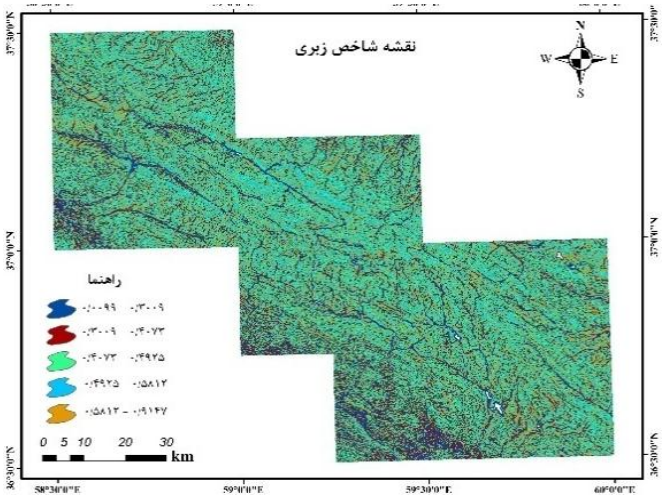


شکل ۱۴- نمودار درصد فراوانی لغزش در هر طبقه از شاخص NDVI
Figure 14. Plot of frequency percentage of landslide points in NDVI classes

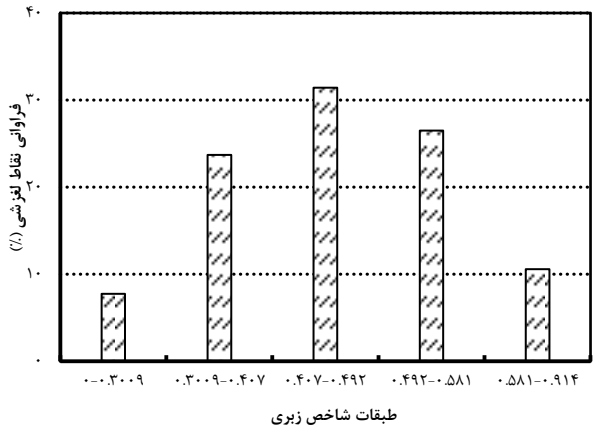
شاخص زبری

این شاخص به‌عنوان فاصله عمودی بین سطح واقعی و شکل مسطح شده مرز عوارض تعریف شده (۴۲،۱۳) و ناپیوستگی توپوگرافی منطقه را نمایش می‌دهد (۴۱،۳۸). در مناطقی از سطح زمین با عارضه زمین‌لغزش، سطح زمین نسبت به مناطق مجاور و فاقد زمین‌لغزش، از زبری بیش‌تری برخوردار می‌باشد (۵). در این مطالعه، با افزایش میزان زبری تا حدی مشخص (۰/۴۹۲۵–۰/۴۰۷۳)، تعداد زمین‌لغزش‌های منطقه نیز افزایش می‌یابد. در این طبقه ۳۰/۸۴ درصد زمین‌لغزش‌های منطقه به‌وقوع پیوسته و پس از این طبقه، با افزایش میزان شاخص، درصد وقوع زمین‌لغزش کاهش می‌یابد (شکل۱۶). درواقع با افزایش ناپیوستگی‌ها و پستی و بلندی سطح زمین تا حدی مشخص، میزان سستی بستر افزایش و درصد وقوع زمین‌لغزش افزایش می‌یابد (۶۶) (شکل ۱۵).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]



شکل ۱۵- نقشه طبقه‌بندی شاخص زبری منطقه مورد مطالعه
Figure 15. Roughness Index map of case study

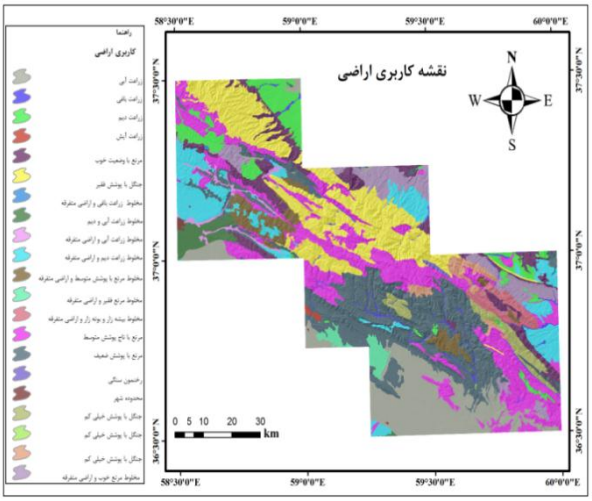


شکل ۱۶- نمودار درصد فراوانی لغزش در طبقات شاخص زبری
Figure 16. Plot of frequency percentage of landslide points in Roughness Index classes

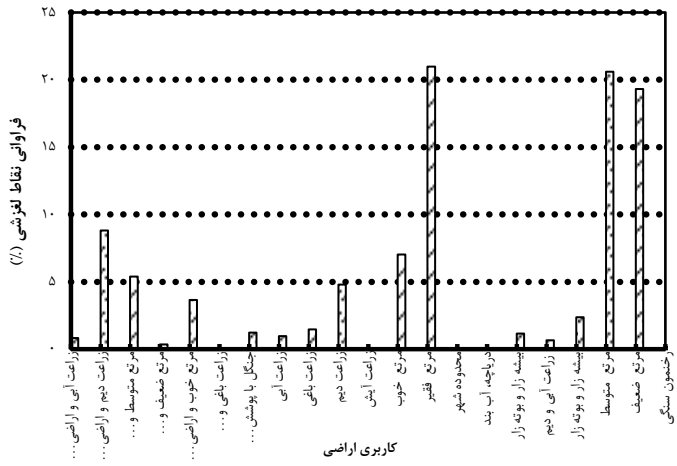
عامل کاربری اراضی

یکی از شاخص‌های مهم در ناپایداری دامنه‌ها نوع کاربری اراضی بوده، که ویژگی‌های زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب تغییر رفتار آن می‌گردد (۶۲،۳۴). با توجه به نمودار شکل ۱۸، بیش‌ترین زمین‌لغزش‌ها (۲۱ درصد) در کاربری مرتع با تاجپوشش فقیر (۸/۹ درصد مساحت کل منطقه) اتفاق افتاده و بعد از آن، کاربری مرتع با وضعیت پوشش متوسط با اختصاص مساحت ۱۸/۳، ۲۰ درصد از زمین‌لغزش‌های به‌وقوع پیوسته در منطقه را در خود جای داده است. در واقع بیش‌ترین زمین لغزش‌های منطقه در کاربری مرتع با پوشش گیاهی فقیر مشاهده شد که این امر را می‌توان به نقش مؤثر انسان در اکوسیستم‌های طبیعی و تخریب‌هایی که به‌واسطه تغییرکاربری اراضی در منطقه بهوجود می‌آید، نسبت داد (۷۲،۵۴،۴۵)؛ هم‌چنین کمبود وجود پوشش گیاهی در قسمت‌های ذکر شده، نشان‌گر نقش مهم پوشش گیاهی در پایداری و ناپایداری دامنه می‌باشد (۵۸،۷۱).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]



شکل ۱۷- نقشه کاربری اراضی
Figure 17. Land use map



شکل ۱۸- نمودار درصد فراوانی لغزش در کاربری‌های مختلف
Figure 18. Plot of frequency percentage of landslide in different land uses

به‌طور کلی می‌توان چنین بیان نمود که زمین‌لغزش‌ها از عملکرد نیروی گرانش زمین بر دامنه‌ها ناشی می‌شوند و تا زمانیکه مقاومت توده سنگ یا خاک بزرگتر یا مساوی نیروی گرانش باشد، نیروها در حال تعادل هستند و حرکتی رخ نمی‌دهد. به‌عبارت دیگر، زمین‌لغزش را می‌توان نمود تغییرات تعادلی سطوح شیب‌دار، به‌دنبال اغتشاشات محیطی وارد بر ژئوسیستم تلقی نمود. پایداری و حفظ شرایط تعادلی در برابر این نیروی وارده، به اکولوژی و ساختار هیدروژئومورفولوژیکی سطوح برمی‌گردد. در این مطالعه، نتایج حاصل از مدل رگرسیون لجستیک نشان داد علل اصلی وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه، به‌ترتیب؛ نوع خاک منطقه، ارتفاع، لایه‌های زمین‌شناسی، شاخص TPI، در سطح اطمینان ۹۹ درصد که با داشتن ضرائب استاندارد شده منفی و شاخص SPI، شاخص NDVI، شاخص زبری و کاربری اراضی در سطح اطمینان ۹۵ درصد، با ضرائب استاندارد شده مثبت، بیش‌ترین نقش را در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه دارند. همچنین پارامترهایی فیزیکی زمین مانند ارتفاع، شیب و تراکم جریان نقش زیادی را در رخ داد زمین‌لغزش ایفا می‌کنند. می‌توان چنین بیان نمود که با افزایش مقدار آن‌ها تا حد مشخصی، احتمال وقوع زمین‌لغزش نیز بالاتر می‌رود. از طرفی بیش‌ترین زمین‌لغزش‌های منطقه در کاربری مرتع با پوشش گیاهی فقیر مشاهده شد که این امر را می‌توان به نقش مؤثر انسان در اکوسیستم‌های طبیعی و تخریب‌هایی که به‌واسطه تغییر کاربری اراضی در منطقه به‌وجود می‌آید. با توجه به این‌که شش فاکتور از هشت فاکتور مؤثر بر زمین‌لغزش، از عوامل طبیعی حوزه بوده، بنابراین نمی‌توان پتانسیل ذاتی منطقه را در وقوع زمین‌لغزش نادیده گرفت؛ این در حالی است که عامل ششم و هشتم، منشا انسانی داشته و مدیریت‌پذیر می‌باشد. به این منظور می‌توان با احیا و توسعه پوشش‌گیاهی در مناطقی با پوشش ضعیف که مستعد بروز زمین‌لغزش بوده و با جلوگیری از تغییرات نادرست کاربری اراضی با توجه به شرایط ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی محل، خطر وقوع زمین‌لغزش را تا حد زیادی کاهش داد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

قدردانی و تشکر

از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی، شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به‌سبب همکاری و مساعدت لازم در فراهم آوردن داده‌ها و نقشه‌های مورد نیاز، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Abedini, M., B. Gasemyan and A.A. SHirzadi. 2015. Modelling the Hazard of Landslides by Using Statistical Method of Logistic Regression (Case study: Bijar of Kordestan). Journal of Geographi and development, 7(37): 85-102 (In Persian).
2. Basu, T. and S. Pal. 2018. Identification of landslide susceptibility zones in Gish River basin, West Bengal, India. Georisk. Journal of Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 12(1): 14-28.
3. Chen, Z. and J. Wang. 2007. Land slide hazard mapping using logistic regression model in Mskenzie Vally, Canada, Natural Hazards, 42: 75-89.
4. Choi, J., H.J. Oh, H.J. Lee, C. Lee and S. Lee. 2012. Combining landslide susceptibility maps obtained from frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network models using ASTER images and GIS. Engineering Geology, 124: 12-23.
5. Convertino, M., A. Troccoli and F. Catani. 2013. Detecting fingerprints of landslide drivers: a MaxEnt model. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 118(3): 1367-1386.
6. Costanzo, D., E. Rotigliano, C. Irigaray Fernández, J.D. Jiménez-Perálvarez and J. Chacón Montero. 2012. Factors selection in landslide susceptibility modelling on large scale following the GIS matrix method: application to the river Beiro basin (Spain). Journal of Natural Hazards and Earth System Sciences, 12: 327-340.
7. Dahal, R.K., S. Hasegawa, A. Nonomura, M. Yamanaka, S. Dhakal and P. Paudyal. 2008. Predictive modelling of rainfall-induced landslide hazard in the Lesser Himalaya of Nepal based on weights-of-evidence. Journal of Geomorphology, 102: 496-510.
8. Darvishzadeh, A. 2005. Geology of Iran. Amir Kabir press, Tehran, Iran. 901 pp (In Persian).
9. Deng, X., L. Li and Y. Tan. 2017. Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Susceptibility Mapping by Considering Structural Similarity. ISPRS International Journal of Geo-Information,6: 1-16.
10. Ebrahimi, M., M. Habibolelahiyan and A. Amir Ahmadi. 2015. Investigating the effect of road construction on surface landslides occurrence using slopes stability model, (Case study: Kalat Watershed). Journal of Geographical Planing of Space Quarterly, 59(15): 149-162 (In Persian).
11. Emami, S.N., A. Jalaliyan and A. Khosravi. 2016. The role of physical and chemical properties of soil in the occurrence of landslide, (Case study: Afsar Abad Chaharmahal va Bakhtiari). Journal of Watershed Management Research, 7(13): 182-192 (In Persian).
12. Ezati. M., M. AghAtabai, M. Raghimi and Sh. Shataee. 2012. Analysis of Some Morphotectonic Indices of Shirinrud Subcatchment, (Case study: Central Kopeh Dagh). Journal of Geographic Planning of Space Quarterly, 2(6): 1-16 (In Persian).
13. FazeliSHahroodi, E. and S.A. Hosseyni. 2013. Investigating the Factors of Occurrences of forest andslide. 8th Iranian Engineering and Environmental Geology Congress, Mashhad, Iran, 1-9 (In Persian).
14. Florinsky, I. 2016. Digital terrain analysis in soil science and geology. Academic Press, 506 pp.
15. Fooruzanfar, M., GH.Vahabzadeh and H.R. Pourghasemi. 2014. Landslide Susceptibility Mapping Using Fusion Models of Frequency Ratio (FR) and Analytical Hierarchy Process (AHP) (Case study: Talar basin). Journal of Environmental Erosion Research, 3(4): 17-29 (In Persian).
16. Garfi, G., D.E. Bruno, D. Calcaterra and M. Parise. 2007. Fan morph dynamics and slope instability in the Mucone River basin (Sila Massif, southern Italy): significance of weathering and role of land use changes. Catena, 69: 181-196.
17. Ghafouri, M. and A.R. Ashouri. 1997. Landslide as one of the natural disasters in northern Khorasan. Journal of Geographic Research, 445: 90-101.
18. Ghanavati, E.A. 2011. Land slide zoning using hierarchical analysis method (Case study: Jajrood basin). Journal of Applied Geosciences Research, 8(20): 51-68 (In Persian).
19. Gharehshaeikhloo, A.H., M.R. Vahabi and H.R. Karimzadeh. 2010. Comparison of soil characteristics of land with\without vegetation (Case study: Dagh-e-SorkhArdestan catchment). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 14(53): 89-97 (In Persian).
20. Ghavimipanah, M.H., A.A. Khaledi Darvishan and M.R. Ghavimipanah. 2017. Verification Methods of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Multivariate Regression (MR) in Landslide Zoning (Case Study: Valiasr Watershed in Ardabil Province). Journal of Ecohydrology, 4(3): 775-789 (In Persian).
21. Goetz, J.N., R.H. Guthrie and A. Brenning. 2011. Integrating physical and empirical landslide susceptibility models using generalized additive models.Journal of Geomorphology, 129 (3-4): 376-386.
22. Gorum, T., B. Gonencgil, C. Gokceoglu and H.A. Nefeslioglu. 2008. Implementation of reconstructed geomorphologic units in landslide susceptibility mapping: the Melen Gorge (NW Turkey). Natural Hazards, 46: 323-351.
23. Hall, F.G., J.R. Townshend and E.T. Engman. 1995. Status of remote sensing algorithms for estimation of land surface state parameters. Journal of Remote Sensing of Environment, 51(1): 138-156.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

24. Hemati, F. and S.A. Hejazi. 2017. Landslide hazard zonation using logistic regression statistical method (Case study: Lavasanat Watershed). Applied Researches in Geographical Seiences, 17(45): 7-24 (In Persian).
25. Hosmer, D.W. and S. Lemeshow. 2000. Applied Logistic Regression, Second Edition. John Wiley and Sons, New York. Doi: 10.1002/0471722146.
26. Hosseinzadeh, M.M., M.R. Servati, A. Mansoori, B. Mirbagheri and S. Khazri. 2009. Zoning the risk of massmovement occurrences using logestic regression model, (Case study:in vicinity of Sanandaj-Dehgolan road). Journal of Geology, 3(11): 27-37 (In Persian).
27. Ilanloo, M., E. Moghimi, M.R. Servati and M. GhahroodiTali. 2010. Zoning the Risk of Mass Moves Using Fuzzy Logic Method (Case Study: Sierra Watershed). Journal of Georraphical Landscape, 5(11): 12-26 (In Persian).
28. Ildormi, A.R., H. Nori, M. Naderi, A. Aghbeigi and H. Zeinivand. 2015. Land use Change Prediction using Markov Chain and CA Markov Model, (Case Study: Gareen Watershed). Journal of Watershed Management Research, 8(16): 232-240 (In Persian).
29. Jenks, G.F. 1967. The data model concept in statistical mapping. International yearbook of cartography,7: 186-190.
30. Jenness, J. 2006. Topographic Position Index extension for ArcView 3. x, v. 1.3 a. Jenness Enterprises.[online: www. jennessent. com/arcview/tpi. htm].
31. Kalarestaghi, A.A., M. Habibnejad and H. Ahmadi. 2007. Study of landslide occurrence in relation to land use change and road construction, (Case study: Tajan watershed, Sari). Journal of Geographic research, 1849: 81-91.
32. KarimiSangchini, E., M. Ownegh and A. Sadoddin. 2016. Landslide Hazard Management for Two Normal and Critical Scenarios in the Chehel-Chay Watershed, Golestan Province. Journal of Watershed Management Research, 7(13): 173-181.
33. Lee, C.T., C.C. Huang, J.F. Lee, K.L. Pan, M.L. Lin and J.J. Dong. 2008. Statistical approach to earthquake-induced landslide susceptibility. Journal of Engineering Geology, 100: 43-58.
34. Lee, S.A. 2004. Verification of Spatial Logistic Regression for Landslide Susceptibility Analysis: A Case Study of Korea. Journal of Geomorphology, 44: 15-18.
35. Lillesand, T., R.W. Kiefer and J. Chipman. 2014. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons, Hoboken.
36. Lindsay, J.B. 2005. The terrain analysis system: A tool for hydro-geomorphic applications. Hydrological Processes, 19(5): 1123-1130.
37. Liu, H.Q. and A. Huete. 1995. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33: 457-465.
38. Maleki, A., H. Marabi and H. Rahimi. 2016. Evaluation of Topographic Position Index (TPI), (Case Study: Zone Sanandaj-Sirjan and Broken Zagros). Journal of Quantitative Geomorphology Research, 5(1): 129-141 (In Persian).
39. Memarian, H., S.K. Balasundram, J.B. Talib, C.T.B. Sung, A.M. Sood and K. Abbaspour. 2012. Validation of CA-Markov for simulation of land use and cover change in the Langat Basin, Malaysia. Journal of Geographic Information System, 4(6): 542-554.
40. Memarian, H., M. Tajbakhsh, A. Safdari and E. Akhondi. 2006. Statistical Landslide Risk Zonation on the Shourijeh Formation in GIS Framework, (Case study: Estarkhy Watershed in the Northeast of Iran).Geomatics Conference, Tehran, 1-11.
41. Moghimi, A., S.K. Alavipanah and T. Jafari. 2008. Evaluation and Zonation of Effective Factors on Landslide Occurrence of Aladagh Northern Slopes (Case study: Chenaran drainage basin in North Khorasan Province) .Quarterly. Journal of Geographical Research, 64: 53-75 (In Persian).
42. Mohammadi, M., H.R. Moradi, S. Feiznia and H.R. Pourghasemi. 2009. Landslide hazard mapping using density area and AHP models. Journal of Watershed Engineering and Management, 1(4): 248-258.
43. Mondal, S. and S. Mandal. 2017. RS&GIS-based landslide susceptibility mapping of the Balason River basin, Darjeeling Himalaya, using logistic regression (LR) model. Journal of Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 1-16.
44. Moore, I.D., P.E. Gessler, G.A. Nielsen and G.A. Peterson. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis.Soil Science Society of America Journal, 57: 443-452.
45. Moore, I.D., R.B. Graysonand A.R. Ladson. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Journal of Hydrological Processes, 5: 3-30.
46. Moradi, H.R., M. Mohamadi and H.R. Poorghasemi. 2014. Domain moves (mass movements) with emphasis on quantitative methods of landslide analysis. Samtperss, 224 pp (In Persian).
47. Moradi, H.R., H.R. Pourghasemi, M. Mohammadi and M.R. Mahdifar. 2011. Landslide hazard zoning using Gamma fuzzy operator (Case study: Haraz watershed). Journal of Natural science, 7(4): 129-142 (In Persian).
48. Nachtergaele, F., H. van Velthuizen, L. Verelst, N. Batjes, K. Dijkshoorn, V. van Engelen, G. Fischer, A. Jones, L. Montanarella, M. Petri, S. Prieler, E. Teixeira, D. Wiberg and X. Shi. 2009. Harmonized world soil database. Wageningen: ISRIC, 1-43.
49. Negahban, S. and M. Mokarami. 2015. Landform classification using Topographic Position Index (TPI) (Case study: Hakan watershed, Jahrom city). Journal of Environmental Erosion Research, 5(17): 75-89 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

50. Nefeslioglu, H.A., T.Y. Duman and S. Durmaz. 2008. Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey).Geomorphology, 94(3-4): 401-418.
51. Ocakoglu, F., C .Gokceoglu and M. Ercanoglu. 2002. Dynamics of a complex mass movement triggered by heavy rainfall: a case study from NW Turkey. Journal of Geomorphology, 42(3): 329-341.
52. Ohlamcher, G.C. and J.C. Davis. 2003. Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas USA. Journal of Engineering Geology, 69: 331-343.
53. Pachauri, A.K. and M. Pant. 1992. Landslide hazard mapping based on geological attributes. Journal of Engineering Geology, 32(1-2): 81-100.
54. Pourghasemi, H.R., M. Mohammady and B. Pradhan. 2012. Landslide susceptibility mapping using index of entropy and conditional probability models in GIS: Safarood Basin, Iran. Catena, 97: 71-84.
55. Pourghasemi, H.R., B. Pradhan and C. Gokceoglu. 2012. Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. Natural hazards, 63: 965-996.
56. Pourghasemi, H.R., H.R. Moradi and S.M. Fatemi Oghda. 2015. Prioritizing the factors affecting landslide occurrence and zoning its sensitivity using Shannon Entropy Index, (Case Study: North of Tehran). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 18(70): 181-192 (In Persian).
57. Raffatniya, N.A., M.K. Kaviyanpoor and T. Ahmadi. 2011. The study of landslide in Glendrood forest, (Case study: Distriact 3 from catchment area 48). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 6(1): 53-63 (In Persian).
58. Rasai, A., Kh. Khosravi, M. Habibnejad Roshan, A. Heidari and A. Mashayekh Khan. 2015. Lnadslide Hazard Zonation using Multivariate Regression in GIS Environment (Case Study: Aghmashhad Watershed, Mazandaran). Juornal of Watershed Management Research, 6(12): 205-215 (In Persian).
59. Różycka, M., P. Migoń and A. Michniewicz. 2017. Topographic Wetness Index and Terrain Ruggedness Index in geomorphic characterisation of landslide terrains, on examples from the Sudetes, SW Poland. Zeitschriftfür Geomorphologie, Supplementary Issues, 61(2): 61-80.
60. Saldivar-Sali, A. and H.H. Einstein. 2007. A landslide risk rating system for Baguio, Philippines. Journal of Engineering Geology, 91: 85-99.
61. Salmasi, R. and A. Ahmadi. 2012. Relationship between Some Properties of Marls and Different Types of Erosions in Talkhe-rood Watershed, Journal of Geography and sustainability of Environment, 2(3): 11-23 (In Persian).
62. Seyed-Emami, K. and A.A. Aryai. 1981. Ammoniten aus dem unteren Cenoman von Nordostiran (Koppeh-Dagh). Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie, 21(2): 23-39.
63. Shahabi, H., S. Khezri, B.B. Ahmad and M. Hashim. 2014. Landslide susceptibility mapping at central Zab basin, Iran: a comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models.Catena, 115: 55-70.
64. Sharma, B., N. Sharma and N. Sharma. 2010. Simulation of different SPI Models. International Journal of Computer Applicationz, 10: 1-6.
65. Shirani, K. and A.R. Arab Ameri. 2015. Landslide Hazard Zonation Using Logistic Regression Method (Case Study: Dez-e-Oulia Basin). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 19(72): 321-334 (In Persian).
66. Sörensen, R., U. Zinko and J. Seibert. 2006. on the calculation of the topographic wetness index. Evaluation of different methods based on field observations. Journal of Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 10: 101-112.
67. Weier, J. and D. Herring. 2005. Measuring Vegetation (NDVI and EVI). Earth Observatory Library of NASA. /http.Earthobservatory. nasa. gov/Library/Measuring-Vegetations.
68. Weiss, A. 2001. Topographic position and landforms analysis. In Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA(Vol. 200).
69. Wilson, J.P. and J.C. Gallant. (Eds). 2000. Terrain analysis. Principles and applications. John Wiley & Sons, New York.
70. www.usgs.com
71. Yilmaz, I. 2009. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: a case study from Kat landslides (Tokat-Turkey).Computers & Geosciences, 35(6): 1125-1138.
72. Zare, M., M.H. Jouri, D. Asharizadeh, T. Salarian and M. Fakhre Ghazi. 2016. An Evaluation of Landslide Hazard in Masooleh Watershed using Dempster- Shafer Theory and GIS, Journal of Watershed Management Research, 7(13): 209-217 (In Persian).
73. Zevenbergen, L.W. and C.R. Thorne. 1987. Quantitative analysis of land surface topography.Earth surface Processes and Landforms, 12(1): 47-56.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]

Prioritization of Landslide Effective Factors using Logistic Regression (Case Study: A Part of KopeDagh-Hezar Masjed Zone)

Shiva Abdi Bastami[1], Hadi Memarian[2], Seyed Mohammad Tajbakhsh[2] and Mahmood Azami Rad[3]

1- M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Birjand (Corresponding author: Bastamish22@gmail.com)
2- Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Birjand
3- Assistant Manager of Watershed Management, Natural Resources and Watershed Management Department of Khorasan Razavi Province
Received: November 4, 2017 Accepted: August 17, 2018

Abstract

Landslideeventin Iran, as a natural hazard, causes a lot of mortal and financial losses annually. Thus, the comprehensive researches are necessary to provide useful solution for preventing and reducing the damages caused by landslide events. Accordingly, the present study uses a logistic regression approach whit the aim of prioritizing the factors affecting the occurrence of landslides in a part of KopetDagh-HezarMasjed zone, in North-East of Iran. In this work, after applying the GIS functions on each initial information layer,the logistic regression analysis was performed to identify the effective factors, and then the frequency of landslides in each class was determined. Based on the results of Type II analysis, among all selected factors, soil factor with the lowest value of Pr>LR ratio (0.001) was identified as the most important driving force in landslide happening. After that, altitude, lithology, Topographic Position Index (TPI), Stream Power Index (SPI),Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), roughness index and landuse, with the Pr>LR values of0.002, 0.003, 0.004, 0.032, 0.037, 0.100, and 0.109,had the most impact on the occurrence of landslides in the study area, respectively. Four initial factors at the 99% confidence level and other factors at 95% confidence level were effective in landslide occurrence in the study area.

Keywords: Geographic Information System (GIS), Landslide, Logistic Regression, Prioriz

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.11.4]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.154]