



پراکنش نقاط حساس به زمین لغزش و ارائه راهکارهای مدیریتی کارآمد در حوضه آبخیز کرگانه (لرستان)

ابراهیم کریمی سنگچینی^{۱*}، صمد شادفر^۲، امید رحمتی^۳، سید حسین آرامی^۴

۱- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران. رایانامه: e.karimi64@areo.ac.ir | کد ارکید: 0000-0002-6543-3013

۲- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۴- استادیار، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۸

چکیده

در آبخیز کرگانه هر ساله زمین لغزش رخ می‌دهد و به جاده‌ها، خانه‌ها و زمین‌های کشاورزی خسارت می‌زند. در این مقاله، نشانه‌های وقوع زمین لغزش با زبانی ساده و کاربردی معرفی شده‌اند. همچنین، راهکارهای عملی و کم‌هزینه برای پیشگیری از وقوع لغزش و کاهش خسارت‌های ناشی از آن ارائه می‌شود. هدف اصلی آن است که کشاورزان، دهیاران و مدیران محلی بتوانند مناطق مستعد و پرخطر را شناسایی کنند و از ساخت‌وساز و فعالیت‌های مخاطره‌آمیز در این مناطق خودداری کنند. تاکنون ۹۵ نقطه زمین لغزشی در این منطقه شناسایی و ثبت شده است که در مجموع حدود ۱۴۸۳ هکتار، معادل نزدیک به ۵ درصد از مساحت کل منطقه را دربر می‌گیرد. یکی از چالش‌های اصلی منطقه، نبود نقشه‌ای دقیق برای شناسایی و تعیین پهنه‌های مستعد زمین لغزش است. از این رو، بخشی از ساخت‌وسازها و تغییرات کاربری اراضی بدون آگاهی کافی از میزان خطر انجام می‌شود. در این پژوهش با بررسی ۹۵ زمین لغزش ثبت شده و تحلیل الگوها و عوامل مشترک مؤثر بر وقوع آن‌ها، کل منطقه در پنج طبقه حساسیت از خیلی کم تا خیلی زیاد پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد که حدود ۲۴ درصد از مساحت آبخیز معادل نزدیک به ۷۰۰۰ هکتار در طبقه‌های با حساسیت زیاد و بسیار زیاد نسبت به زمین لغزش قرار دارد. استفاده از نقشه حساسیت زمین لغزش می‌تواند به کاهش خسارت‌های آینده و حفاظت بهتر از جان و مال ساکنان منطقه کمک کند. برای بهره‌برداری عملی از این دستاورد، دهیاران و مدیران محلی می‌توانند پیش از اجرای هرگونه ساخت‌وساز، نقشه حساسیت را بررسی کنند و از احداث بنا در پهنه‌های پرخطر خودداری کنند. همچنین، در بخش‌های پرخطر مسیرهای ارتباطی از جمله جاده‌های منتهی به روستاهای ریگ سفید، نمکلان، گرگابله، ده سفید بالا و طالقان می‌توان متناسب با شرایط محل، اقدامات حفاظتی و تثبیتی از جمله احداث سازه‌های نگهبان و نصب تابلوهای هشدار را در نظر گرفت.

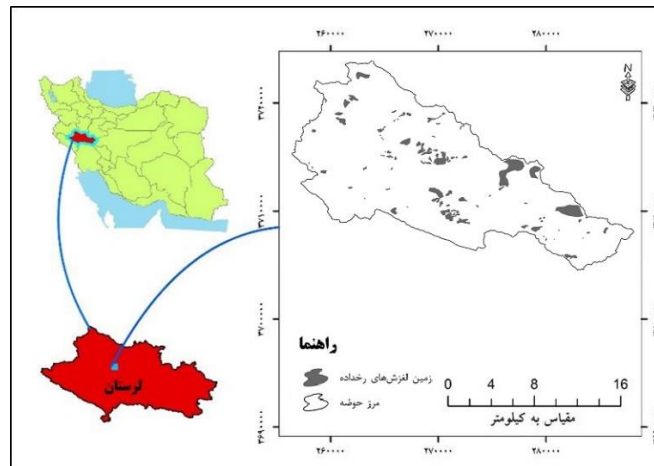
واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی حساسیت، تغییر کاربری اراضی، سازه‌های حفاظتی، مدیریت مخاطرات طبیعی.

بیان مسئله

زمین‌لغزش یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی در مناطق کوهستانی است که می‌تواند پس از بارندگی‌های شدید یا در نتیجه تأثیر متقابل عوامل طبیعی و انسانی سبب ناپایداری دامنه‌ها و وارد آمدن خسارت به زیرساخت‌ها، اراضی کشاورزی و سکونتگاه‌های انسانی شود. زمین‌لغزش به حرکت مواد تشکیل‌دهنده دامنه، شامل سنگ، خاک، مواد مصنوعی یا ترکیبی از آن‌ها، تحت تأثیر نیروی ثقل به سمت پایین دامنه اطلاق می‌شود (Varnes, 1984). رشد نامتوازن جمعیت و افزایش فشار بر منابع طبیعی به همراه تغییرات گسترده در کاربری اراضی می‌تواند زمینه تشدید مخاطرات طبیعی به‌ویژه زمین‌لغزش را فراهم کند (اونق، ۱۳۸۷). در این میان، فعالیت‌های انسانی مانند احداث راه، توسعه سکونتگاه‌ها و تغییر کاربری اراضی در دامنه‌های ناپایدار، از جمله عوامل مؤثر در افزایش احتمال وقوع زمین‌لغزش به‌شمار می‌روند.

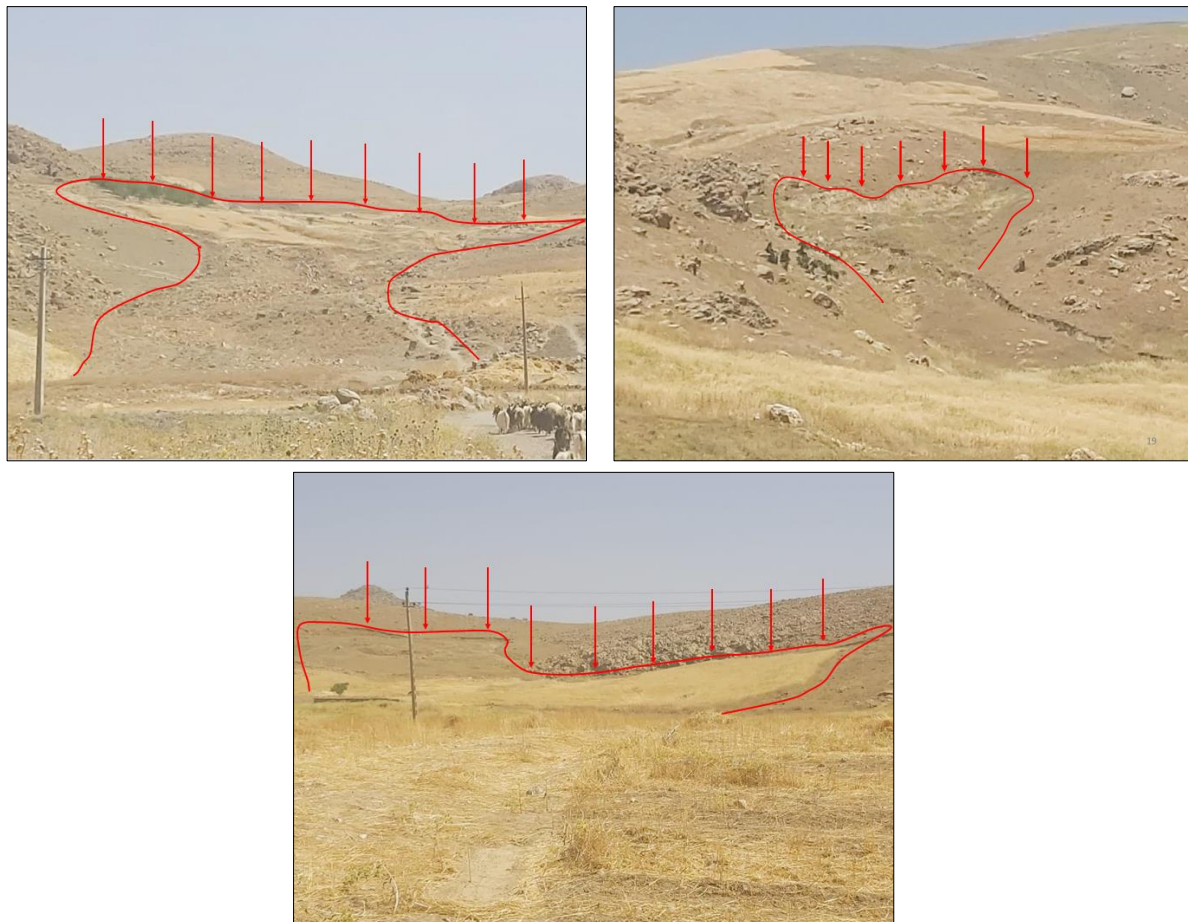
حوضه آبخیز کرگانه در استان لرستان با مساحت حدود ۲۹/۴۱۶ هکتار (۲/۲۹۴ کیلومتر مربع)، یکی از زیرحوضه‌های مهم آبخیز خرم‌آباد است. ارتفاع این حوضه از حدود ۱۳۰۰ تا ۲۷۰۰ متر از سطح دریا متغیر است و حدود ۶۰ درصد از مساحت آن دارای شیب بیشتر از ۱۲ درصد است که بیانگر شرایط غالب کوهستانی و ناهمواری قابل توجه منطقه است (Karimi Sangchini et al., 2025). بررسی‌های میدانی و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای نشان داده است که تاکنون ۹۵ مورد زمین‌لغزش در این حوضه ثبت شده و مجموع مساحت عرصه‌های لغزش‌یافته حدود ۱۴۸۳ هکتار، معادل حدود ۵ درصد از سطح حوضه است (شکل‌های ۱ و ۲). وقوع زمین‌لغزش تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی قرار دارد. از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر می‌توان به شیب، جهت شیب، طبقه‌های ارتفاعی، زمین‌شناسی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، فاصله از روستا، بارش، کاربری اراضی و شاخص‌های توپوگرافی و ژئومورفولوژیک اشاره کرد (کریمی سنگچینی و همکاران، ۱۳۹۲). در همین راستا، شریفی و همکاران (۱۴۰۰) نشان دادند که احداث راه‌های ارتباطی در دامنه‌های پرشیب دارای خاک‌های سست و ضخیم از مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش است. همچنین، کرنزادی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از مدل جنگل تصادفی در حوضه آبخیز اوغان، حدود ۱۰ درصد از سطح حوضه را در طبقه‌های حساسیت زیاد و بسیار زیاد نسبت به زمین‌لغزش طبقه‌بندی کردند.

در پژوهش پیش‌رو از الگوریتم جنگل تصادفی برای مدل‌سازی و تهیه نقشه حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش در حوضه آبخیز کرگانه استفاده شد. تهیه نقشه حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش از چند جنبه دارای اهمیت است. نخست، پیش از انجام این پژوهش، نقشه‌ای جامع و مبتنی بر تحلیل‌های کمی برای شناسایی و پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبخیز کرگانه در دسترس نبود. فقدان چنین اطلاعاتی می‌تواند تصمیم‌گیری در زمینه توسعه سکونتگاه‌ها، احداث راه و تغییر کاربری اراضی را با عدم قطعیت همراه کند و احتمال استقرار فعالیت‌های انسانی در مناطق ناپایدار را افزایش دهد، بنابراین نقشه حساسیت‌پذیری می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی کاربری اراضی و کاهش خطرات ناشی از زمین‌لغزش استفاده شود. دوم، تهیه نقشه حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش در مقایسه با هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از وقوع زمین‌لغزش می‌تواند ابزاری مقرون‌به‌صرفه برای مدیریت پیشگیرانه مخاطرات باشد. این نقشه‌ها، در صورت به‌روزرسانی متناسب با تغییرات محیطی و کاربری اراضی، قابلیت استفاده در برنامه‌ریزی‌های میان‌مدت و بلندمدت را دارند و می‌توانند از طریق شناسایی پهنه‌های پرخطر به کاهش خسارت‌های احتمالی وارد بر جاده‌ها، اراضی کشاورزی و سکونتگاه‌ها کمک کنند. سوم، انتخاب الگوریتم جنگل تصادفی برپایه توانایی مناسب این مدل در تحلیل روابط پیچیده و غیرخطی میان عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش انجام شد. نتایج پژوهش‌های مختلف نیز کارایی و دقت مناسب این الگوریتم را در مدل‌سازی و پیش‌بینی حساسیت زمین‌لغزش تأیید کرده‌اند (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۴۰۵؛ Zhou et al., 2021). از مجموع ۹۵ مورد زمین‌لغزش ثبت‌شده در این پژوهش، ۷۰ درصد نمونه‌ها به‌صورت تصادفی برای آموزش مدل و ۳۰ درصد باقی‌مانده برای ارزیابی و اعتبارسنجی عملکرد مدل انتخاب شدند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز کرگانه در استان لرستان

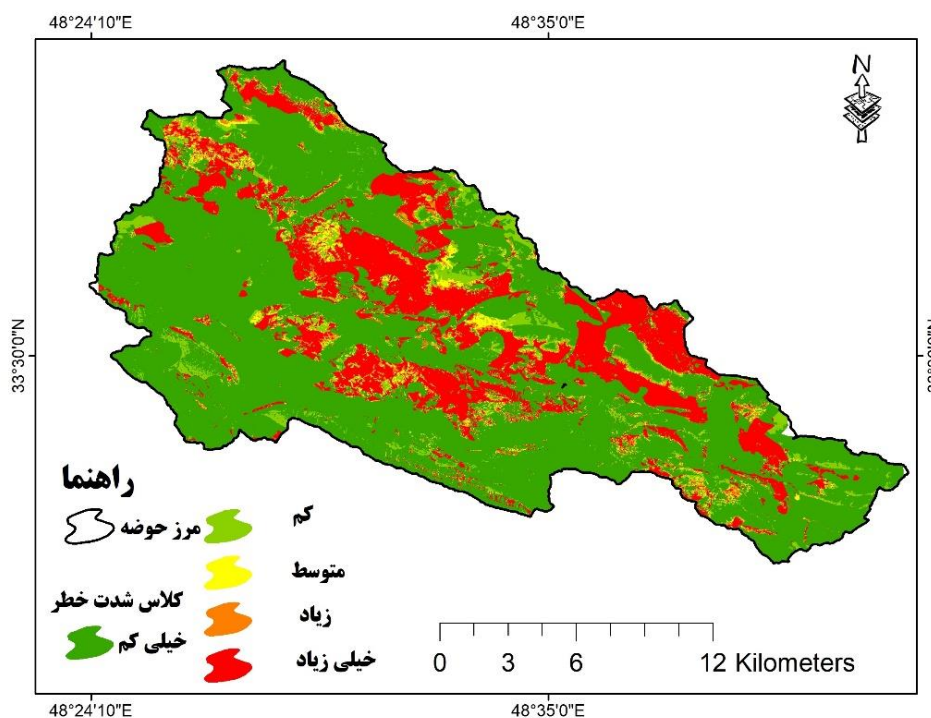
عملکرد مدل با استفاده از منحنی مشخصه عملکرد گیرنده (ROC) ارزیابی شد. مقدار سطح زیر منحنی (AUC) برابر با ۰/۸۶۵ به دست آمد که نشان دهنده دقت بسیار خوب مدل جنگل تصادفی در پهنه‌بندی مناطق مستعد زمین لغزش است. هدف این پژوهش، تهیه نقشه پهنه‌های حساس و مستعد وقوع زمین لغزش در حوضه آبخیز کرگانه با استفاده از روش جنگل تصادفی و ارائه رویکردی ساده و کاربردی برای کاهش خطر و بهبود مدیریت اراضی است.



شکل ۲- تصاویر زمین لغزش‌های رخ داده در حوضه آبخیز کرگانه

دستاوردها

در این پژوهش، نقشه حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش حوضه آبخیز کرگانه تهیه شد که میزان استعداد نسبی بخش‌های مختلف حوضه را برای وقوع زمین‌لغزش در آینده نشان می‌دهد. این نقشه با استفاده از مدل جنگل تصادفی تهیه و منطقه براساس میزان حساسیت به زمین‌لغزش در پنج طبقه شامل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد (شکل ۳). براساس نتایج، حدود ۶/۷۲ درصد از سطح حوضه، معادل نزدیک به ۲۱/۴۰۰ هکتار در دو طبقه با حساسیت خیلی کم و کم قرار دارد. همچنین، حدود ۷/۲ درصد از سطح حوضه، معادل حدود ۸۰۰ هکتار دارای حساسیت متوسط است. در مقابل، حدود ۷/۲۴ درصد از سطح حوضه، معادل نزدیک به ۷/۲۵۰ هکتار در دو طبقه با حساسیت زیاد و خیلی زیاد به زمین‌لغزش قرار گرفته است (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه بخش عمده‌ای از حوضه آبخیز کرگانه از حساسیت کم یا خیلی کم نسبت به وقوع زمین‌لغزش برخوردار است، اما نزدیک به یک‌چهارم سطح حوضه در پهنه‌های با حساسیت زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. این مناطق می‌توانند در اولویت بررسی‌های دقیق‌تر، پایش مستمر و اعمال ملاحظات لازم در برنامه‌ریزی‌های عمرانی و مدیریت کاربری اراضی قرار گیرند.

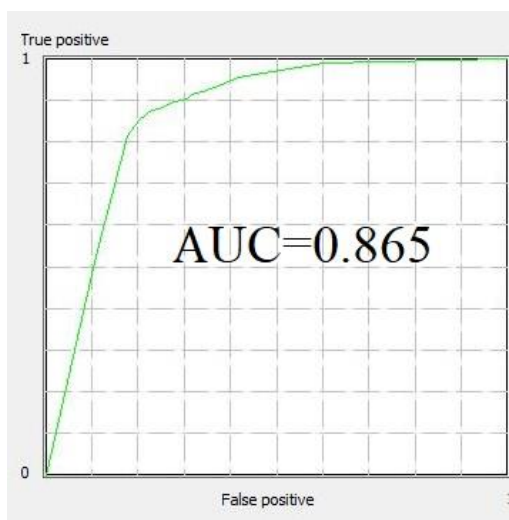


شکل ۳: نقشه شدت حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش با مدل جنگل تصادفی در حوضه آبخیز کرگانه

جدول ۱: توزیع فراوانی کلاس‌های حساسیت‌پذیری زمین‌لغزش با مدل جنگل تصادفی آبخیز کرگانه

کلاس خطر	طبقه‌های نقشه خطر	صفات بیانی	مساحت طبقه (هکتار)	درصد مساحت
۱	۰-۰/۲	خیلی کم	۱۹۶۸۱/۲۹	۶۶/۹
۲	۰/۲-۰/۴	کم	۱۶۹۱/۳۲	۵/۷
۳	۰/۴-۰/۶	متوسط	۷۹۹/۷۴	۲/۷
۴	۰/۶-۰/۸	زیاد	۹۹۲/۳۹	۳/۴
۵	۰/۸-۱	خیلی زیاد	۶۲۵۱/۵	۲۱/۳
مجموع			۲۹۴۱۶/۲۴	۱۰۰

نتیجه نشان داد که دقت روش مورد نظر حدود ۸۷ درصد (مقدار AUC برابر ۰/۸۶۵) است. به بیان دیگر، از هر ۱۰ زمین لغزشی که بعداً رخ داده، این روش حدود ۹ مورد را از پیش به درستی پیش‌بینی کرده بود (شکل ۴).



شکل ۴: منحنی ROC و مقدار AUC محاسبه شده برای ارزیابی اعتبارسنجی عملکرد مدل جنگل تصادفی

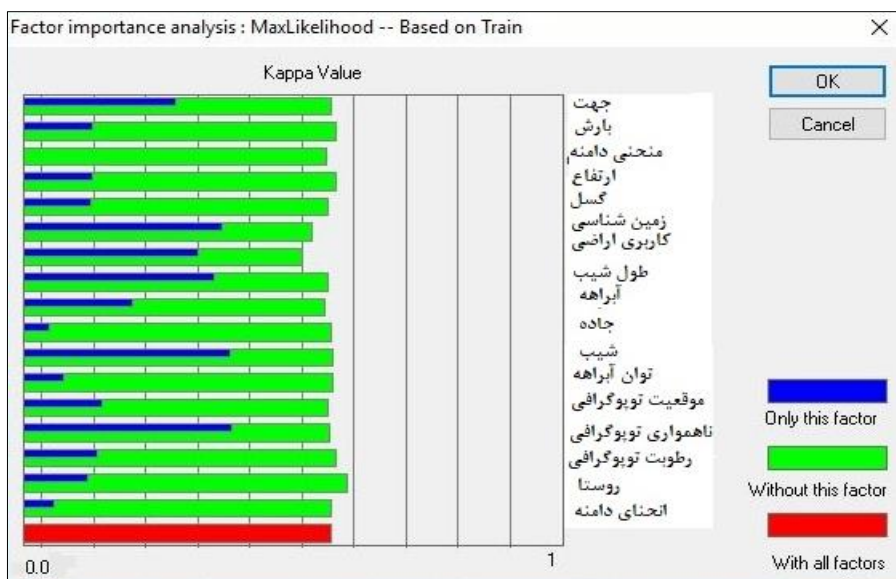
کدام زمین‌ها در آبخیز کرگانه بیشتر در معرض خطر هستند؟

نتایج این پژوهش در حوضه آبخیز کرگانه نشان داد که احتمال وقوع لغزش در برخی واحدهای اراضی بیشتر از مناطق دیگر است. مهم‌ترین عوامل مرتبط با افزایش حساسیت به لغزش عبارت‌اند از:

- شیب زیاد دامنه‌ها: با افزایش شیب، ناپایداری دامنه و در نتیجه، احتمال وقوع لغزش افزایش می‌یابد. این وضعیت به‌ویژه در دامنه‌های پرشیب محدوده روستاهای ده سفید بالا و طالقان مشهود است.
- وجود خاک‌های سست و رسی: مناطقی که از مواد خاکی نرم، رسی و کم‌مقاومت تشکیل شده‌اند، به‌ویژه در محدوده‌های مرتبط با آهک‌های خردشده کرتاسه، در برابر بارش‌های شدید، حساسیت بیشتری به ناپایداری و لغزش دارند.
- تغییر کاربری جنگل و مرتع به اراضی دیم: پوشش گیاهی طبیعی از طریق شبکه ریشه‌ای درختان، درختچه‌ها و بوته‌ها، نقش مهمی در تثبیت خاک و افزایش پایداری دامنه‌ها دارد، بنابراین تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی زراعی دیم و حذف پوشش گیاهی طبیعی می‌تواند با کاهش استحکام و پایداری خاک، حساسیت دامنه‌ها به فرسایش و لغزش را افزایش دهد (شکل ۵).

دستورالعمل گام‌به‌گام استفاده میدانی از نقشه حساسیت‌پذیری زمین لغزش

تهیه نقشه حساسیت‌پذیری زمین لغزش، زمانی ارزش مدیریتی پیدا می‌کند که نتایج آن در برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و اقدامات میدانی به کار گرفته شود. این نقشه می‌تواند به عنوان ابزاری برای شناسایی پهنه‌های پرخطر، هدایت فعالیت‌های عمرانی و کشاورزی، اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی و کاهش پیامدهای احتمالی زمین لغزش استفاده شود. بر این اساس، مراحل زیر به عنوان یک چارچوب کاربردی برای بهره‌گیری از نقشه حساسیت‌پذیری در عرصه پیشنهاد می‌شود.



شکل ۵- نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوضه آبخیز کرگانه

گام نخست: ارزیابی اولیه عرصه پیش از ساخت‌وساز

پیش از احداث ساختمان، انبار، راه یا تأسیسات دیگر، موقعیت عرصه مورد نظر باید بر روی نقشه حساسیت‌پذیری بررسی شود. در عرصه‌های واقع در پهنه‌های با حساسیت متوسط تا بسیار زیاد، انجام بررسی‌های میدانی و کارشناسی پیش از هرگونه عملیات عمرانی ضروری است. وجود شیب زیاد، ترک‌ها و شکاف‌های سطحی، نشانه‌های ناپایداری دامنه، تغییر شکل زمین و نیز تغییر کاربری‌های اخیر، ازجمله عواملی هستند که باید در ارزیابی میدانی مورد توجه قرار گیرند. در صورت مشاهده چنین نشانه‌هایی، انجام عملیات ساخت‌وساز باید پس از بررسی کارشناسی و با رعایت ضوابط فنی و قانونی مربوط انجام شود.

گام دوم: مدیریت کاربری اراضی در دامنه‌های حساس

در اراضی کشاورزی واقع در دامنه‌های شیب‌دار و پهنه‌های حساس، از عملیات خاک‌ورزی نامتناسب و شخم در راستای شیب دامنه تا حد امکان اجتناب شود. حفظ پوشش گیاهی دائمی و استفاده از گونه‌های مناسب با شرایط بوم‌شناختی منطقه می‌تواند به افزایش پایداری خاک، کاهش رواناب سطحی و محدودکردن فرسایش کمک کند. در این مناطق، استفاده از گونه‌های مرتعی و درختچه‌ای بومی و سازگار ازجمله بادام‌کوهی و گون در چارچوب طرح‌های اصلاح و احیای پوشش گیاهی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

گام سوم: افزایش ایمنی راه‌ها و زیرساخت‌های واقع در پهنه‌های پرخطر

راه‌های ارتباطی واقع در پهنه‌های با حساسیت زیاد ازجمله مسیرهای روستاهای ریگ‌سفید، نمکلان، گرگ‌بله، ده‌سفید بالا و طالقان باید در اولویت بازدیدهای دوره‌ای و اقدامات پیشگیرانه قرار گیرند. در نقاط مستعد ناپایداری، سازه‌های پایداری دامنه و دیوارهای حائل، پس از مطالعات فنی و متناسب با شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی محل می‌تواند برای کاهش خطر تخریب راه اجرا شوند. همچنین، احداث و نگهداری مناسب آبروها و سامانه‌های زهکشی به‌منظور هدایت ایمن رواناب و جلوگیری از تمرکز آب در دامنه و بدنه راه، اهمیت ویژه‌ای دارد.

گام چهارم: اطلاع‌رسانی و هشدار در پهنه‌های پرخطر

در ورودی روستاها، مسیرهای ارتباطی و سایر نقاط واقع در پهنه‌های با حساسیت زیاد می‌توان از تابلوهای هشداردهنده و اطلاع‌رسانی عمومی استفاده کرد. محتوای این تابلوها باید ضمن هشدار درباره احتمال وقوع زمین‌لغزش از ایجاد ترس غیرضروری

در میان ساکنان جلوگیری کند و بر رعایت ضوابط ساخت و ساز و توجه به هشدارهای مدیریت بحران تأکید داشته باشد. برای مثال: این محدوده دارای حساسیت زیاد به زمین لغزش است. از ساخت و ساز بدون مجوز، تغییر کاربری و هرگونه فعالیتی که موجب ناپایداری دامنه یا اختلال در مسیر زهکشی شود، خودداری کنید.

گام پنجم: تدوین برنامه آمادگی و واکنش اضطراری

در روستاها و سکونتگاه‌های واقع در پهنه‌های با حساسیت زیاد به ویژه مناطقی مانند گرگابه و زردآباد، لازم است با مشارکت دهیاری، دستگاه‌های مسئول و ساکنان محلی، برنامه‌ای ساده و عملیاتی برای آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری تدوین شود. در این برنامه باید نقاط امن، مسیرهای خروج، محل تجمع اضطراری و نحوه اطلاع‌رسانی به ساکنان مشخص شود. همچنین، در دوره‌های بارندگی شدید و مستمر، پایش میدانی دامنه‌ها و مسیرهای ارتباطی و آمادگی برای تخلیه احتمالی مناطق در معرض خطر باید در اولویت قرار گیرد.

براساس نتایج حاصل از پهنه‌بندی، نقشه حساسیت‌پذیری زمین لغزش حوضه کرگانه با دقت ۸۷ درصد، حدود ۲۴ درصد از مساحت حوضه، معادل تقریبی ۷۲۵۰ هکتار، را در طبقه‌های با حساسیت زیاد و بسیار زیاد نشان داده است. همچنین، نتایج بیانگر نقش مهم ویژگی‌های زمین‌شناسی به ویژه حضور سازندهای سست و تغییر کاربری اراضی به خصوص تبدیل مراتع به دیم‌زار در افزایش حساسیت منطقه به زمین لغزش است.

جمع‌بندی و توصیه‌های ترویجی

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که زمین لغزش از مخاطرات مهم در حوضه آبخیز کرگانه است و بخش‌هایی از اراضی، راه‌ها و سکونتگاه‌های منطقه را تهدید می‌کند. نقشه حساسیت‌پذیری تهیه‌شده با استفاده از مدل جنگل تصادفی با دقت ۸۶/۵ درصد توانست پهنه‌های مستعد زمین لغزش را شناسایی و اولویت‌بندی کند. حدود ۲۴/۷ درصد از مساحت حوضه در طبقه‌های حساسیت زیاد و بسیار زیاد قرار دارد. عواملی مانند شیب، سازندهای سست و تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها به اراضی دیم در افزایش حساسیت منطقه نقش مهمی دارند. استفاده از این نقشه در تصمیم‌گیری‌های محلی، مدیریت ساخت و ساز و تغییر کاربری و اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی می‌تواند به کاهش خسارات و افزایش ایمنی منطقه کمک کند.

توصیه‌های ترویجی

- کشاورزان: از شخم و کشت سالانه در دامنه‌های شیب‌دار خودداری و از پوشش گیاهی دائمی و روش‌های حفاظتی استفاده کنید.
- دهیاران و بخشداران: پیش از صدور مجوز ساخت و ساز، موقعیت عرصه را براساس نقشه حساسیت‌پذیری و بررسی کارشناسی ارزیابی کنید.
- راهداری: جاده‌های واقع در پهنه‌های حساس به ویژه مسیرهای ریگ‌سفید، نمکلان، گرگابه، ده‌سفید بالا و طالقان، به‌طور دوره‌ای پایش و از نظر زهکشی و پایداری دامنه بررسی شوند.
- منابع طبیعی: از تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها در دامنه‌های حساس جلوگیری کنید و اجرای اقدامات حفاظتی مانند تراس و بانکت را در اراضی مستعد مورد توجه قرار دهید.
- روستائیان: در سکونتگاه‌های واقع در پهنه‌های حساس، برنامه آمادگی و خروج اضطراری تهیه و از ساخت و ساز جدید در دامنه‌های ناپایدار خودداری کنید.

فهرست منابع

- اونق، م.، ۱۳۸۷. ارزیابی خطر و مدیریت زمین‌لغزش در حوزه‌های آبخیز. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۸۰ صفحه.
- سلیمان‌پور، س.م.، رحمتی، ا.، شادفر، ص.، ۱۴۰۵. توصیه‌های علمی و کم‌هزینه برای مهار فرسایش خندقی در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس. زیست‌بوم و توسعه پایدار زاگرس، ۱(۱): ۷-۱.
- شریفی پیچون، م.، شیرانی، ک. و شیرانی، م.، ۱۴۰۰. اولویت بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش و پهنه بندی حساسیت آن با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره خطی (مطالعه موردی: حوضه آبریز وهرگان-غرب استان اصفهان). نشریه هیدروژئومورفولوژی، ۸(۲۶): ۱۶۳-۱۳۹.
- کرنزادی، ا.، اونق، م.، پورقاسمی، ح.ر.، بهره‌مند، ع. و معتمدی، م.، ۱۳۹۹. پیش‌بینی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های ترکیبی فاصله ماهاالانوبیس و یادگیری ماشین (مطالعه موردی: حوزه آبخیز اوغان، استان گلستان). مجله پژوهش‌های دانش زمین، ۱۱(۴۲): ۱۸-۱.
- کریمی سنگچینی، ا.، اونق، م. و سعدالدین، ا.، ۱۳۹۲. ارزیابی خطر و خسارت زمین‌لغزش در حوزه آبخیز چهل چای، استان گلستان. فصلنامه پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۹۸: ۶۵-۷۴.
- Karimi Sangchini, E., Arami, S. and Dastranj, A., 2025. Preparation of landslide risk map in Karganeh watershed, Lorestan Province, Iran. International Journal of Mining and Geo-Engineering, 59(3): 211-220.
- Varnes, D.J., 1984. Landslide hazard zonation: A review of principles and practice. UNESCO, Paris, France, 63p.
- Zhou, X., Wen, H., Zhang, Y., Xu, J. and Zhang, W., 2021. Landslide susceptibility mapping using hybrid random forest with GeoDetector and RFE for factor optimization. Geoscience Frontiers, 12(5): 101211.



Distribution of landslide-sensitive points and provision of efficient management strategies in the Karganeh watershed (Lorestan, west of Iran)

Ebrahim Karimi Sangchini^{1*}, Samad Shadfar², Omid Rahmati³, Seyed Hossein Arami⁴

1*- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Khorramabad, Iran. Email: e.karimi64@areeo.ac.ir | ORCID ID: 0000-0002-6543-3013

2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran

4- Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

Received: 18/ May /2026 Revised: 20/July/2026 Accepted: 11/August/2026

Abstract

Landslides occur annually in the Karganeh watershed, Lorestan Province, Iran, causing damage to roads, houses, and agricultural lands. This article presents the signs and indicators of landslide occurrence in a simple and practical manner and provides feasible, low-cost measures for preventing landslides and reducing their associated impacts. The main objective is to enable farmers, village administrators, and local managers to identify susceptible and high-risk areas and avoid construction and other potentially hazardous activities in these locations. To date, 95 landslide locations have been identified and documented in the study area, covering approximately 1,483 ha, equivalent to nearly 5% of the total area. One of the major challenges in the region is the lack of an accurate map for identifying and delineating landslide-susceptible areas. Consequently, some construction activities and land-use changes have been undertaken without adequate consideration of the level of landslide susceptibility. In this study, 95 documented landslides were analyzed to identify common spatial patterns and factors associated with their occurrence, and the entire study area was classified into five susceptibility classes, ranging from very low to very high. The results showed that approximately 24% of the watershed, equivalent to nearly 7,000 ha, falls within the high and very-high landslide susceptibility classes. The use of a landslide susceptibility map can contribute to reducing future losses and improving the protection of the lives and property of local residents. For practical application of the findings, village administrators and local authorities can consult the susceptibility map before initiating any construction activities and avoid development in high-susceptibility zones. In high-risk sections of transportation routes, including roads leading to Rig-Sefid, Namaklan, Gorgabeleh, Deh-Sefid-e Bala, and Taleqan villages, site-specific protective and stabilization measures, such as retaining structures and warning signs, can also be considered.

Key words: Landslide susceptibility mapping, land-use change, natural hazard management, protective structures.