دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژ وهشی"

پهنه‌بندی و مطالعهٔ میدانی لغزش و رانش‌ها در اطراف جاده‌های جنگلی دارابکلا- ساری

مهران نصیری[۱]، مجتبی محمدزاده[۲]، مجید لطفعلیان[۳] و آیدین پارساخو[۴]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: m.nasiri@sanru.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری
۳- استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری
۴- دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۵
صفحه: ۱۰۵ تا ۱۱۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: در استان های شمالی کشور مخصوصا استان مازندران، گیلان و گلستان بدلیل ساخت جاده های جنگلی میزان درصد زمین‌لغزش به‌طور نسبی زیاد است. با توجه به اهمیت حفظ و نگهداری نگهداری جاده در مدت اجرای طرح تنفس جنگل، پهنه‌بندی مناطق مستعد از نظر وقوع لغزش و رانش و تهیه نقشه‌هایی با خطر بالای وقوع لغزش ضروری بنظر می‌رسد. از آنجاییکه اثرات طرح تنفس کمتر مورد بررسی قرار گرفته است این مطالعه بدنبال بررسی بیشتر تاثیر طرح تنفس بر حفاظت و نگهداری جاده های جنگلی می باشد. بنابراین هدف از این مطالعه مکانیابی دقیق مناطق پرخطر وقوع لغزش و رانش در اطراف جاده های جنگلی با در نظر گرفتن نقاط کنترل زمینی و مدلسازی عوامل موثر بر وقوع لغزش و رانش در اطراف جاده‌های جنگلی می باشد.

مواد و روش‌ها: جنگل دارابکلا در جنوب شرقی ساری به‌منظور این پژوهش انتخاب شد. ابتدا عوامل مهم و موثر بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه شناسایی شد. سپس لایه‌های شیب، جهت شیب، شبکه جاده و بافر فاصله از جاده، خاک، خطوط گسل و آبراهه‌ها با استفاده از نرم‌افزار QGIS ver. 3.61 تهیه شد. همچنین نقاط کنترل زمینی (GCPs) از مناطق مستعد لغزش و همچنین لغزش‌های انجام شده بصورت جداگانه در منطقه مورد مطالعه به وسیله دستگاه GPS ثبت و سپس در محیط QGIS رقومی‌شد. اولویت‌بندی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انجام و پس از اعمال وزن لایه‌ها و طبقه‌بندی مجدد نقشه نهایی پهنه‌بندی بدست آمد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج بدست آمده ۲۹/۷۱ و ۳۵/۲۸ درصد از مساحت منطقه به‌ترتیب دارای خطر خیلی کم و کم از نظر وقوع زمین‌لغزش هستند. ۲۱/۷۵ درصد مساحت منطقه دارای خطر متوسط، ۱۰/۸۹ درصد مساحت منطقه معادل ۲۸۹ هکتار دارای خطر زیاد و ۲/۳۷ درصد منطقه که معادل حدود ۶۳ هکتار منطقه است دارای خطر خیلی زیاد از نظر وقوع زمین‌لغزش هستند. نتایج صحت پهنه‌بندی لغزش و رانش‌ها نشان داد از بین ۲۹ نقطه ثبت شده به‌عنوان نقاط کنترل زمینی ۲۲ مورد آن از نظر پهنه‌بندی در مناطقی با خطر لغزش زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند و همچنین ۴ مورد آن در مناطقی با خطر زمین لغزش متوسط قرار دارند. بنابراین نتایج حاصل از پهنه‌بندی با درصد بالایی با واقعیت زمینی مطابقت دارد و تنها در ۳ مورد پهنه‌بندی کارایی کمتری نشان داد. در منطقه دارابکلا بدلیل وجود سنگ بستر مارن و زهکشی نادرست جاده لغزش های کم عمق متعددی با فواصل کمتر از ۲۰۰ متری حاشیه جاده ثبت شده است که بدلیل رها شدن جنگل و عدم اعمال مدیریت در حال توسعه و پیشرفت است. همچنین بیشتر لغزش‌های اتفاق افتاده در منطقه‌ی مورد مطالعه، در فاصله ای کمتر از ۲۰۰ متر از آبراهه‌ها مشاهده می‌شود. بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد که لغزش‌ها بیشتر در مناطقی مشاهده می‌شوند که جاده از کنار دره‌ها عبور کرده و یا آن را قطع می‌کند و بدلیل فقدان زهکشی سبب ایجاد لغزش و رانش‌های متعدد می‌شود.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد پهنه بندی تا حدود زیادی واقعیت‌های زمینی را تایید می‌کند. با توجه به آمار لغزش‌های ثبت شده در تقاطع جاده و آبراهه‌ها در محل دره‌های اطراف جاده، جاده‌های جنگلی دارابکلا نیاز به پروژه‌های مرتبط با حفاظت آب و خاک دارد. به نظر می‌رسد زهکشی اصولی جاده و استفاده از روش‌های زیست مهندسی خاک تا حدودی زیادی می‌تواند به حفظ جاده و احیا خاک و پوشش گیاهی منطقه کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: تنفس جنگل، جاده‌سازی، حفاظت خاک، زیست مهندسی خاک، فرسایش

مقدمه

درصد زیادی از زمین‌لغزش‌های موجود در اراضی جنگلی بر اثر دخالت‌های بی‌رویه انسان همچون راه سازی نادرست و تخریب پوشش گیاهی اتفاق افتاده اند. زمین‌لغزش پدیده‌ای مخرب است که در صورت عدم توجه سبب تخریب بخش‌هایی از بدنه جاده و عدم سرویس دهی مناسب به امور مدیریتی طرح بخصوص حفاظت از عرصه‌های طبیعی خواهد شد. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که نیروی حاصل از وزن مواد بیش از نیروی مقاومت ناشی از نیروی برشی خاک باشد (۲۱). ویلز و همکاران (۲۶) در پژوهشی نشان داد که بیش از ۴۰ درصد لغزش‌ها در اطراف جاده‌ها و حدود ۸۴ درصد لغزش‌ها در فاصله ۴۰ متری از جاده رخ داده است. نزولات جوی و نفوذ تدریجی آن‌ها به خاک‌های رسی موجب متورم شدن خاک و رسیدن رطوبت آن به حد خمیری شده و بر اثر فشار سربار سبب تسهیل در وقوع زمین لغزش می‌شود (۱۵). به‌طور کلی می‌توان عواملی مانند جنس سازند، شرایط توپوگرافی، دانه‌بندی خاک، نیروی ثقل، وضعیت تکتونیکی، شرایط آب و هوایی و نوع کاربری را در وقوع حرکات توده ای مؤثر دانست. از مهمترین عوامل موثر بر وقوع زمین‌لغزش را می‌توان دوری یا نزدیکی به آبراهه، شیب و شرایط توپوگرافی، جهت دامنه، نوع خاک و تراکم تاج پوشش در حاشیه یا سطح جاده نام برد (۴،۳،۶،۱۱،۲۰،۱۶،۱۸). ژانگ و همکاران (۲۸) مهم‌ترین و موثرترین عوامل بر وقوع لغزش و رانش را در مطالعه خود خصوصیات زمین شناسی، فاصله از جاده، شیب، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، ارتفاع و جهت شیب اعلام میکند. رعایت نکردن اصول فنی طرح هندسی جاده و همچنین نگه‌داری جاده‌های جنگلی لغزش و رانش‌های متعددی را سبب می‌شود. انواع فرسایش‌های آبی و لغزش های کم عمق معمولا در شیب های زیاد ترانشه‌ها رخ می‌دهد. وانگ و همکاران (۲۷) در منطقه‌ای از چین نشان دادند بیش‌تر زمین‌لغزش‌ها در زاویه شیب ۴۰ تا ۶۰ درجه رخ داده است. بنابراین با توجه به شیب زیاد (مخصوصا شیب‌های ۴:۱) شیروانی‌های خاکی جاده‌های جنگلی خطر لغزش در ترانشه‌های مستعد جاده از مهم‌ترین مواردی است که مبحث

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]

نگهداری جاده مطرح می‌شود و نیاز به برنامه‌ریزی و ارائه راهکار برای کاهش این حجم از خسارت‌ها است. حضور رطوبت زیاد در دامنه‌های بدون تابش آفتاب در طول روز (نسوم) و زهکشی نادرست و یا نداشتن شبکه زهکشی، مسدود بودن جوی کناری و کالورت‌ها و ... می‌تواند از دلایل وقوع لغزش های کم عمق باشد.

شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین‌لغزش از طریق پهنه‌بندی با استفاده از مدل‌های مختلف یکی از اقدامات موثر و ضروری در مدیریت بحران است که به‌منظور کاهش هزینه‌های احداث و نگه‌داری جاده‌ها انجام می‌شود (۱۰،۱۳،۲۳). شناسایی مناطق مستعد زمین‌لغزش و تهیه نقشه پهنه‌بندی دقیق از موضوعات مهم برای مدیریت خطر است. این فرآیند بر مبنای شناخت ویژگی‌های طبیعی و مدل‌سازی کمی بر پایه داده‌های ناحیه موجود صورت می‌گیرد. مطالعات زیادی نیز در این زمینه صورت گرفته است (۹،۸،۷،۲،۲۴،۱۲). تیموری و اسدی (۲۵) پهنه‌بندی زمین لغزش را با مدل حداکثر آنتروپی انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد ۳۵ درصد استان لرستان حساس به وقوع زمین لغزش است و عواملی نظیر بارندگی، فاصله از جاده، لیتولوژی و کاربری اراضی مهترین عوامل وقوع لغزش و رانش در منطقه را تشکیل دادند. کاویان و همکاران (۱۹) با روش جنگل تصادفی در حوزه سادات محله ساری به بررسی وقوع زمین لغزش با در نظر گرفتن عوامل مختلف پرداختند. نتایج ایشان نشان داد پوشش گیاهی و کاربری زمین بیشترین تاثیر را بر روی وقوع زمین لغزش دارد. در این مطالعه نقشه حساسیت به زمین لغزش به پنج طبقه حساسیت خیلی کم (۳/۸۵٪)، کم (۵/۳۸٪)، حساسیت متوسط (۲۳/۰۸٪)، زیاد (۵۰٪) و خیلی زیاد (۷/۶۹٪) تقسیم‌بندی شد. بهاروند (۶) با استفاده از مدلسازی عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش در محیط Arc GIS منطقه مورد مطالعه خود را پهنه‌بندی کرد. نتایج ایشان نشان داد ۱۸/۵ درصد در مناطق بسیار کم خطر، ۳۰/۶۷ درصد در مناطق کم خطر، ۲۶/۵۱ درصد در مناطق با خطر متوسط، ۱۸/۱۵ درصد در مناطق با خطر زیاد و ۶/۱۲ درصد در مناطق با خطر بسیار زیاد قرار گرفته اند. عمادالدین و مرادی (۱۴) با ثبت ۲۶۱ نقطه در مطالعات میدانی مستعد لغزش و ریزش و مدلسازی نقاط پرخطر در نرم‌افزار GIS نشان داد تمامی‌نقاط ثبت شده با خطر احتمالی ریزش مواجه است و ۱۹۱ مورد از نقاط ثبت شده با سطح پرخطر تشخیص داده شد. اولویت‌بندی عوامل موثر توسط محمدی و پورقاسمی (۲۲) با استفاده از الگوریتم نوین جنگل تصادفی نشان داد که فاصله از جاده، فاصله از گسل و ارتفاع به ترتیب بیش‌ترین تاثیر را در وقوع لغزش داشته‌اند و منطقه با توجه به مدلسازی چهار طبقه شامل حساسیت کم (۲۹/۱۸ درصد) متوسط (۳۳/۴۴ درصد) زیاد (۲۴/۸۲ درصد و خیلی زیاد (۱۲/۵۵ درصد) تقسیم شد. مناطق شمالی کشور از جمله مناطقی هستند که میزان درصد زمین‌لغزش آن‌ها به‌طور نسبی زیاد است. با توجه به اهمیت موضوع لغزش و رانش در عرصه‌های جنگلی بخصوص جاده‌های جنگلی شمال کشور و همچنین در نظر گرفتن اهمیت حفظ و نگهداری نگهداری جاده در مدت اجرای طرح تنفس جنگل پهنه‌بندی مناطق مستعد از نظر وقوع لغزش و رانش و تهیه نقشه‌هایی با خطر بالای وقوع لغزش ضروری بنظر می‌رسد. با توجه به اینکه تاثیر طرح تنفس بر حفاظت و نگهداری جاده‌های جنگلی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، این مطالعه با بررسی وضعیت موجود و مطالعه لغزش هایی که در چند سال اخیر به وقوع پیوسته است بدنبال بررسی بیشتر تاثیر طرح تنفس بر حفاظت و نگهداری جاده‌های جنگلی می‌باشد. بنابراین هدف از این مطالعه مکانیابی دقیق مناطق پرخطر وقوع لغزش و رانش در اطراف جاده‌های جنگلی با در نظر گرفتن نقاط کنترل زمینی و مدلسازی عوامل موثر بر وقوع لغزش و رانش در اطراف جاده‌های جنگلی می باشد.

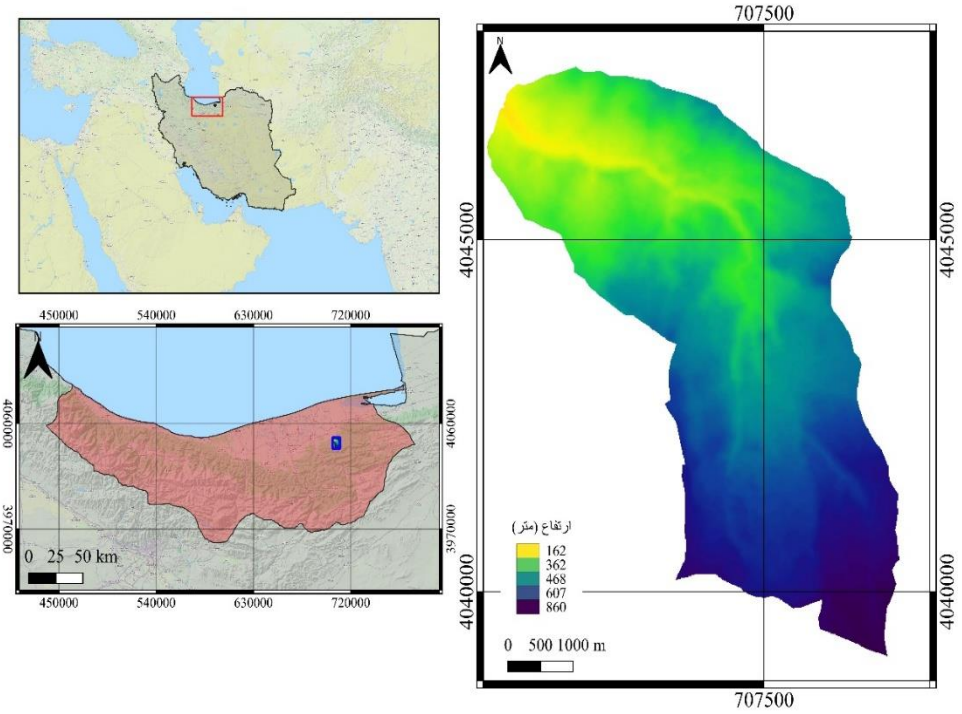
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل دارابکلا در جنوب شرقی ساری بین طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۴ دقیقه الی ۵۲ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه الی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه و دامنه ارتفاعی حداقل ۱۸۰ متر از سطح دریا و حداکثر ۸۷۴ متر از سطح دریا واقع شده است. درجه حرارت آن در فصول مختلف سال متغیر بوده و در روزهای گرم سال ماکزیمم مطلق درجه حرارت به ۲۸ درجه سانتی‌گراد و در روزهای سرد به ۰ تا ۳ درجه سانتی‌گراد زیر صفر می‌رسد. میانگین بارندگی ۷۰۰-۷۵۰ میلی‌متر در سال برآورد شده و گاهی ریزش در ارتفاعات به صورت برف دیده می‌شود. جهت عمومی‌شیب در جنگل‌های دارابکلا، شمالی و شمال غربی با میزان متوسط حدود ۴۰٪ است.

از نظر تقسیم‌بندی تکتونیکی ایران جز واحد زمین‌شناسی ساختمانی گرگان-دشت محسوب می‌شود و چندین گسل اصلی و فرعی با روند شرقی و غربی از بخش‌های مرکزی و بخش شمالی منطقه عبور کرده است که وجود این گسل‌ها منطقه را مستعد حرکات تکتونیکی کرده است. سنگ غالب منطقه مارن است که به دلیل رس فراوان و تخلخل بالا و نفوذپذیری کم، آب جذب نموده و متورم می‌شود و به دلیل ساخت ورقه‌ای روی هم سر خورده و لغزش‌های توده‌ای را ایجاد می‌کند. بافت خاک جنگل غالبا کمی‌سنگین (رسی-لومی) تا سنگین (سیلتی-رسی) است که نفوذپذیری آب در خاک متوسط تا ضعیف است که به علت لایه سنگین رس می‌باشد. مجموع شبکه جاده ساخته شده و جاده‌های پیش‌بینی شده در منطقه حدود ۵۰ کیلومتر است. متاسفانه در سال‌های اخیر به دلیل اجرای طرح تنفس و عدم حفاظت و نگهداری جاده‌های جنگلی تعداد لغزش‌های کم عمق در این منطقه رو به افزایش است.

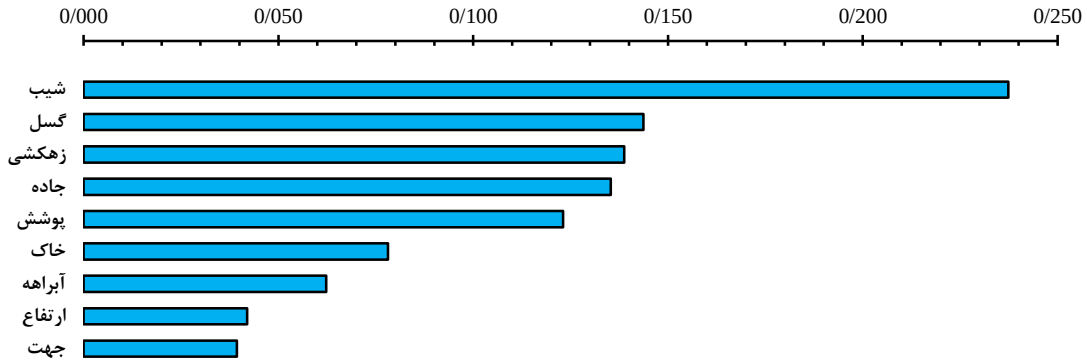
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]



شکل ۱ – منطقه مورد مطالعه در استان مازندران– جنگل دارابکلا
Figure 1. The study area in Mazandaran province- Darabkola forest

روش انجام مطالعه

ابتدا عوامل مهم و موثر بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه شناسایی شد. سپس لایه‌های شیب، جهت شیب، شبکه جاده و بافر فاصله از جاده، خاک، خطوط گسل و آبراهه‌ها با استفاده از نرم‌افزار QGIS ver. 3.61 تهیه و براساس تاثیرگذاری و اهمیت مقادیر آنها به کلاسه‌های مختلف طبقه‌بندی شدند. همچنین تهیه نقشه شاخص سبزینگی یا NDVI با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۲۰۱۹ میلادی در محیط Google Earth Engine انجام شد. به‌منظور شناسایی و اولویت‌بندی درست عوامل بخشی از این کار به وسیله پر کردن فرم پرسشنامه توسط متخصصان صورت گرفت و بخش دیگر با مقایسه تک تک هر کدام از عوامل با یکدیگر انجام شد. اولویت‌بندی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با استفاده از نرم‌افزار Expert choice انجام شد.



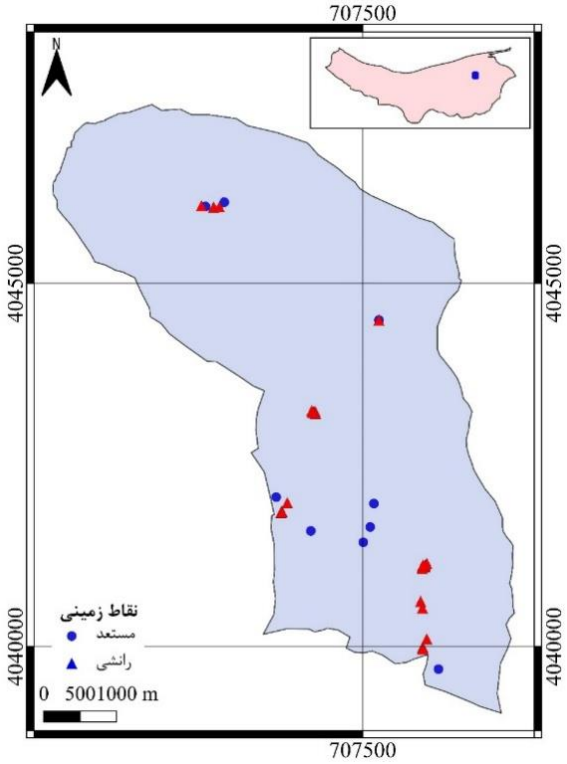
شکل ۲– اولویت‌بندی معیارها بر اساس نظر کارشناسی در منطقه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی
Figure 2. Prioritization of criteria based on expert opinion in the region using the AHP

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]

جدول ۱- محاسبات وزن نهایی لایه‌های مختلف مورد استفاده براساس نتایج AHP
Table 1. Calculations of the final weight of the different layers based on the results of AHP

معیار	زیرمعیار	وزن معیار	وزن زیرمعیار	وزن نهایی
شیب (درصد)	۰-۱۸	۰/۲۳۷	۰/۲	۰/۰۴۷۴
	۱۸-۲۸		۰/۴	۰/۰۹۴۸
	۲۸-۴۱		۰/۶	۰/۱۴۲۲
	۴۱-۸۰		۰/۸	۰/۱۸۹۶
جهت	F	۰/۰۳۹	۰	۰
	N		۱	۰/۰۳۹۰
	E		۰/۲	۰/۰۰۷۸
	S			
	W		۱	۰/۰۳۹۰
ارتفاع (متر)	۲۰۰-۴۰۰	۰/۰۴۲	۰/۲	۰/۰۰۸۴
	۴۰۰-۶۰۰		۰/۴	۰/۰۱۶۸
	۶۰۰-۹۰۰		۰/۶	۰/۰۲۵۲
شاخص سبزینگی	۰-۰/۳	۰/۱۲۳	۰/۶	۰/۰۷۳۸
	۰/۳-۱		۰/۲	۰/۰۲۴۶
*کد نوع خاک	A	۰/۰۷۸	۰/۲	۰/۰۱۵۶
	B		۰/۴	۰/۰۳۱۲
	C			
	D		۰	۰
گسل	۴۰۰-۰	۰/۱۴۴	۰/۸	۰/۱۱۵۲
آبراهه	۲۰۰-۰	۰/۰۶۲	۰/۸	۰/۰۴۹۶
شبکه جاده	۲۰۰-۰	۰/۱۳۵	۱	۰/۱۳۵
زهکشی	-	۰/۱۳۹	۰/۶	۰/۰۸۳۴

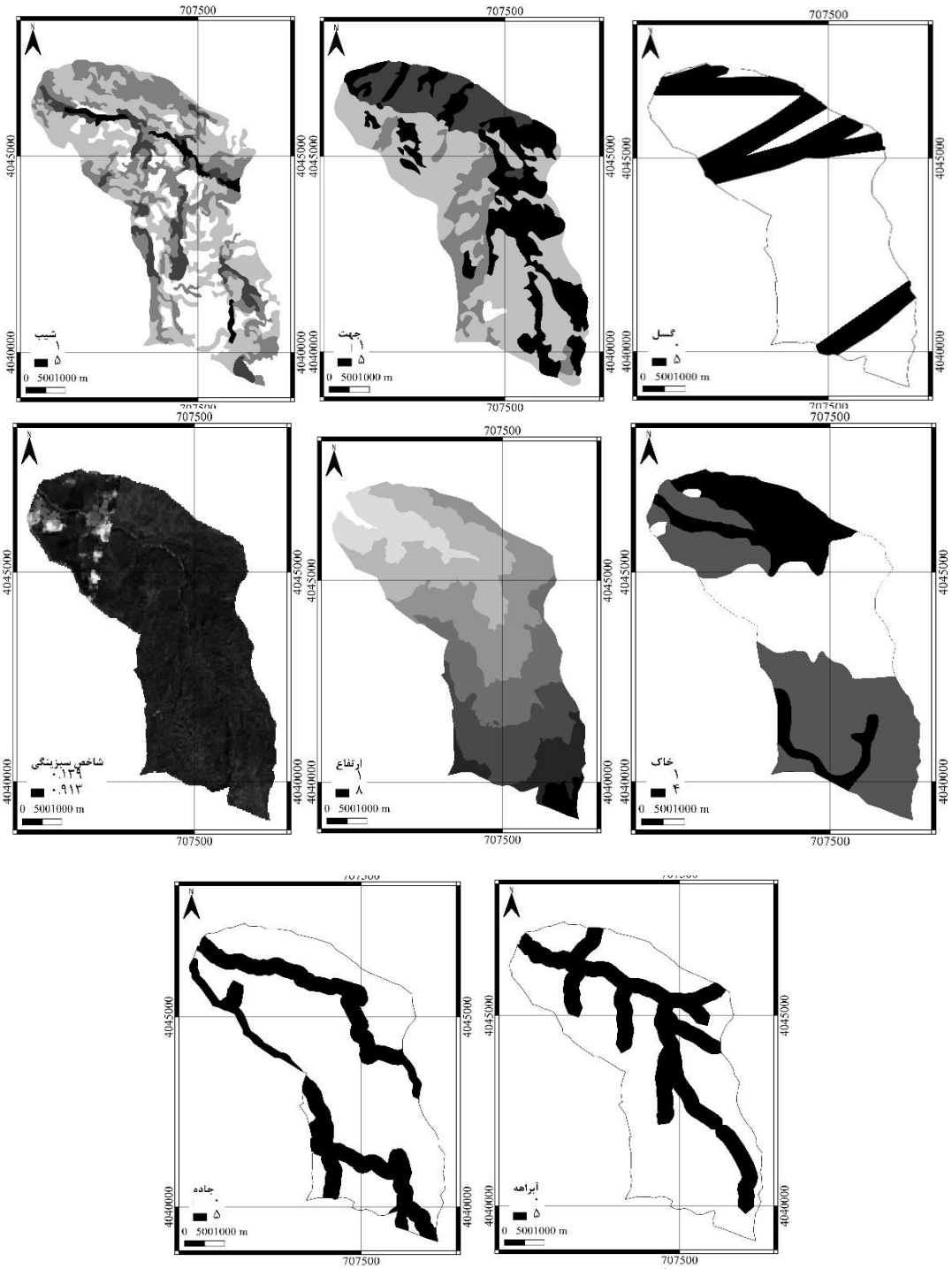
*کد A: خاک کم عمق با بافت سنگین
کد B: خاک نیمه عمیق و عمیق با بافت سنگین
کد C: خاک نیمه عمیق و عمیق با بافت درشت دانه
کد D: خاک‌های شنی عمیق



شکل ۳- برداشت نقاط کنترل زمینی با دستگاه GPS
Figure 3. Recording ground control points (GCPs) using GPS

علاوه بر تهیه نقشه‌ها بصورت نرم‌افزاری موقعیت دقیق هر کدام از مناطق مستعد لغزش و همچنین لغزش‌های انجام شده بصورت جداگانه در منطقه مورد مطالعه به وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت و سپس در محیط QGIS رقومی‌شد (شکل ۳) تا به‌عنوان یک لایه برداشت واقعیت زمینی؛ برای تعیین عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها جهت تلفیق، تکمیل و بررسی صحت نقشه پهنه‌بندی مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]



شکل ۴- آماده‌سازی نقشه‌ها به فرمت رستر برای انجام محاسبات پیکسلی
Figure 4. Preparing layers in raster format to pixel calculation

نقاط کنترل زمینی در این مطالعه نشان‌دهنده نقاطی هستند که سال‌های اخیر در این مناطق لغزش و رانش رخ داده است. ثبت این نقاط با بازدیدهای متعدد در یک دوره ۲/۵ ساله انجام شده است. پس از تهیه لایه‌ها و طبقه‌بندی مجدد آنها لایه‌ها به فرمت raster با پیکسل سایز ۱۰ در ۱۰ متر ذخیره شد (شکل ۴). وزن هر یک از لایه‌ها و زیرمعیارها با استفاده از اکستنشن EasyAHP وارد شده و محاسبات مربوطه برای وزن هر پیکسل مشخص شد (جدول ۱). سپس با مدلسازی در نرم‌افزار QGIS ver. 3.6 نقشه پهنه‌بندی مناطق پرخطر زمین لغزش بدست آمد. با توجه به نقشه بدست آمده مناطق مستعد لغزش علامت‌گذاری شدند و مجددا در منطقه مورد بازبینی قرار گرفتند. در نهایت با استفاده از نقاط برداشت شده

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]

زمینی نقشه پهنه‌بندی بدست امده از نظر صحت مورد بررسی قرار گرفت. لایه‌های مختلف مورد بررسی پس از ورود به محیط نرم‌افزار طبقه‌بندی مجدد Reclassify شدند. نقشه ارتفاع با توجه وضعیت ارتفاعی موجود در منطقه به ۸ طبقه ۱۰۰ متری، نقشه شیب به ۵ طبقه (۱)، نقشه جهت شیب بر اساس استاندارد ۵ جهته و نقشه خاک به ۴ کلاس بر اساس خاک‌های موجود تقسیم شدند. همچنین بافر گسل ۴۰۰ متر، جاده و شبکه آبراهه‌ها ۲۰۰ متر در نظر گرفته شدند. دلیل در نظر گرفتن این فاصله‌ها به این دلیل است که اولا این مطالعه بیشتر بدنبال بررسی زمین لغزش‌های کم عمق اطراف جاده می‌باشد و در نظر گرفتن این فاصله می‌تواند تا حدود زیادی اثرات ساخت غیر اصولی جاده و عدم نگهداری صحیح جاده بر بررسی وقوع زمین لغزش‌ها را پوشش دهد. ثانیا با توجه به اینکه در این مطالعه نقاط کنترل زمینی در تمام طول بافرها ثبت و بررسی می‌شود عریض کردن بافر به دلیل شرایط ناهمگن توپوگرافی در دره‌های منطقه دارابکلا سبب خستگی گروه نقشه برداری و عدم کنترل دقیق منطقه می‌شود. همچنین در مطالعات مطالعات داخلی و بین‌المللی دیگری فواصل ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر را در یافته‌های خود به‌عنوان فاصله موثر ذکر نمودند (۲۳،۱۹،۱۷،۱۳).

نتایج و بحث

بر اساس نتایج بدست آمده ۲۹/۷۱ و ۳۵/۲۸ درصد از مساحت منطقه به‌ترتیب دارای خطر خیلی کم و کم از نظر وقوع زمین‌لغزش هستند (جدول ۲). ۲۱/۷۵ درصد مساحت منطقه دارای خطر متوسط است. ۱۰/۸۹ درصد مساحت منطقه معادل ۲۸۹ هکتار داری خطر زیاد و ۲/۳۷ درصد منطقه که معادل حدود ۶۳ هکتار منطقه است دارای خطر خیلی زیاد از نظر وقوع زمین‌لغزش هستند. با توجه به نتایج میتوان دریافت بسیاری از لغزش ها در همین مناطق با خطر زیاد و خیلی زیاد رخ داده است. این مناطق همان نقاطی هستند که نیاز به کارهای مدیریتی و اجرای پروژه‌های حفاظت آب و خاک دارند. شکل (۶) نقشه پهنه‌بندی نهایی خطر وقوع زمین‌لغزش را نشان می‌دهد. مناطق سبز پررنگ دارای خطر خیلی کم، مناطق سبز کم‌رنگ دارای خطر کم، مناطق زرد دارای خطر متوسط، مناطق قرمز دارای خطر زیاد و مناطق با زنگ قرمز تیره دارای خطر خیلی زیاد از نظر وقوع زمین‌لغزش هستند. هیچ یک از نقاط رانشی برداشت زمینی در مناطق با خطر خیلی کم قرار نگرفت اما ۳ نقطه مستعد لغزش در این محدوده قرار گرفت. احداث جاده اگرچه برای توسعه اقتصادی مناطق مختلف ضروری است اما ممکن است که با احداث غیر اصولی باعث مسائل ناپایداری در دامنه‌ها گردد و زیان‌هایی را به تاسیسات و محیط زیست وارد نمایند. اگر مهندسان طراحی جاده بر اساس استانداردهای لازم نقاط مثبت مثل تراس ها را بیشتر مد نظر قرار دهند و از نقاط منفی بر اساس پهنه بندی پرهیز کنند وقوع لغزش و رانش‌ها به مراتب کمتر خواهد شد.

بررسی عامل فاصله از شبکه‌ی آبراهه نشان داد که بیشتر لغزش‌های اتفاق افتاده در منطقه‌ی مورد مطالعه، در فاصله‌ی ۲۰۰ متری از این عارضه مشاهده می‌شود. بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد که آبراهه‌ها بر اثر حفر و فرسایش آبراهه‌ای به حمل مواد پای شیب‌ها منجر شده و عامل مقاومت را از پای دامنه‌ها برداشته است. از سوی دیگر، سایش دیواره‌ی کنار آبراهه باعث به هم‌خوردن تعادل شیب و در نتیجه ناپایداری دامنه‌های مشرف به آبراهه است. خطکه و همکاران (۲۰) اظهار داشتند در منطقه مورد بررسی بیش از ۸۸ درصد لغزش‌ها مربوط به فاصله ۲۰۰ متری از آبراهه‌هاست و از این میزان ۴۵ درصد مرتبط با فاصله ۱۰۰ متری می‌باشد. در این مطالعه نیز این موضوع تایید می‌شود و بیشتر لغزش‌های مورد بررسی در فواصل بسیار کمی از آبراهه ها قرار دارند.

بر اساس نتایج این مطالعه طبقات با ارتفاع متوسط، بیشترین حساسیت را نسبت به زمین‌لغزش دارند. با توجه به اینکه منطقه دارابکلا تغییرات ارتفاعی زیادی ندارد این مورد نمی‌تواند دلیل محکم و مستدلی برای تحلیل باشد. شاید دلیل اصلی آن وقوع دره‌هایی با شیب زیاد در مناطق با ارتفاع متوسط باشد. بعد از عامل شیب، عامل گسل بیشترین تاثیر را در وقوع زمین‌لغزش نشان داد و با نتایج یالسین (۲۹)، همخوانی داشت. در بیشتر مطالعات فاصله ۰ تا ۲۰۰ متری را با ریسک بالا در نظر گرفته (۱۷،۱۸،۲۰) و در این مطالعه نیز با بررسی مناطق مستعد لغزش مشخص شد گسل‌ها تأثیر زیادی بر وقوع و شکل‌گیری لغزش‌ها دارند و در این مطالعه طبقه ۰ تا ۲۰۰ متر بیشترین تاثیر را داشته است.

جدول ۲- تعداد پیکسل‌ها و درصد مساحت با توجه خطر لغزش

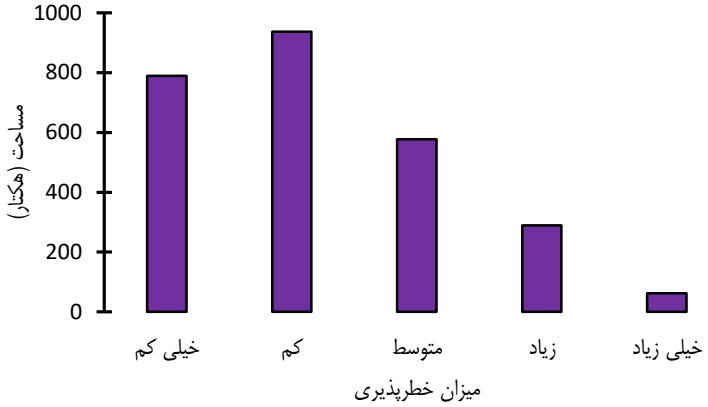
Table 2. Number of pixels and percentage of area according to landslide risk

خطر وقوع لغزش	تعداد پیکسل	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
خیلی کم	۷۸۸۸۷	۷۸۸/۸	۲۹/۷۱
کم	۹۳۶۹۳	۹۳۶/۹	۳۵/۲۸
متوسط	۵۷۷۶۸	۵۷۷/۶	۲۱/۷۵
زیاد	۲۸۹۰۷	۲۸۹/۱	۱۰/۸۹
خیلی‌زیاد	۶۲۸۹	۶۲/۹	۲/۳۷

فاصله از جاده نیز یکی از مهمترین عوامل شناسایی شده در وقوع زمین‌لغزش شناسایی شد؛ زیرا جاده در بسیاری از نقاط سبب قطع دامنه‌های با شیب تند شده است و شکل گیری لغزش را به دلیل عدم زهکشی تسهیل نموده است. با توجه به این قطع دامنه‌ها کادی (۱۷) در ترکیه نشان داد ۳۹ درصد جاده‌های منطقه در وضعیت پرخطر از نظر وقوع لغزش قرار دارند و با فاصله از جاده تعداد لغزش ها کاهش می‌یابد. آیالی و یاماگیشی (۵) در تحقیق خود در منطقه یاهیکو کاکودای ژاپن عنوان کردند که اکثر زمین‌لغزش‌ها در فاصله ۱۰۰ -۱ متری از جاده‌های متمرکز شده اند. در این مطالعه نیز هم برداشت زمینی با نقاط کنترل و هم تحلیل‌های نرم‌افزاری نشان می‌دهد ۶۵ درصد از لغزش‌های ثبت شده در

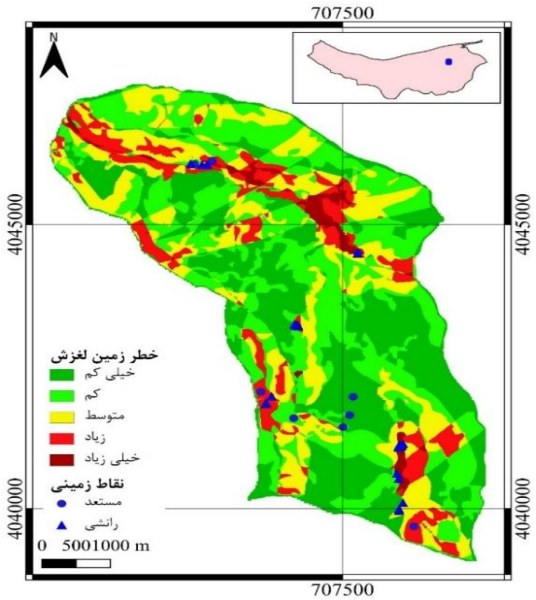
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]

فاصله کمتر از ۵۰ متری جاده واقع شده‌اند. نتایج این بخش با نتایج بسیاری از مطالعات مطابقت دارد (۱۷،۱۹،۲۰). پژوهشگران دیگری نیز (۱۲،۱۳،۲۰) نقش موثر فاصله از جاده را در وقوع زمین‌لغزش به اثبات رسانده اند. در منطقه مورد مطالعه بدلیل وجود سنگ بستر مارن این وضعیت بیشتر دیده می‌شود. پس از بارندگی و در صورت فقدان شبکه زهکشی آب به بدنه جاده نفوذ کرده و بدلیل اینکه سنگ مادر مارن اجازه نفوذ آب به لایه های پایین‌تر را نمی‌دهد سبب تجمع آب در زیر جاده شده و وقوع لغزش‌های کم عمق در اطراف جاده را تسهیل می‌کند. بیشتر لغزش‌های به وقوع پیوسته در اطراف جاده منطقه مورد مطالعه از این نوع می‌باشد.



شکل ۵- وضعیت میزان خطرپذیری با توجه به مساحت جنگل
Figure 5. Risk level status according to area of forest

در نتیجه جاده می‌تواند یکی از مهم ترین عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه باشد. طرح تنفس به‌عنوان طرح جایگزین طرح جنگلداری در سال‌های اخیر این موضوع را تشدید کرده است. مطالعات جهت شیب نشان داد بیشترین مساحت منطقه در جهت شمالی (۴۴/۸۶ درصد) و پس از آن در جهت غربی قرار دارد (۳۰/۶۱ درصد). با توجه به اینکه این دو جهت تقریبا ۷۵ درصد مناطق را پوشش داده اند اظهار نظر اینکه جهت تا چه اندازه در وقوع لغزش و رانش‌های منطقه نقش داشته است کاری بس دشوار است. زیرا عامل جهت می‌تواند تحت تاثیر عوامل دیگری همچون فیزیوگرافی منطقه نیز قرار گیرد و ممکن است رطوبت خاک و میزان دریافت نور خورشید تحت تاثیر عوامل دیگر تغییر نماید. نتایج صحت پهنه‌بندی لغزش و رانش‌ها نشان داد (جدول ۳) از میان ۲۹ نقطه ثبت شده به‌عنوان نقاط کنترل زمینی ۲۲ مورد آن از نظر پهنه‌بندی در مناطقی با خطر لغزش زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند و همچنین ۴ مورد آن در مناطقی با خطر زمین لغزش متوسط قرار دارند. بنابراین نتایج حاصل از پهنه‌بندی با درصد بالایی با واقعیت زمینی مطابقت دارد و تنها در ۳ مورد پهنه‌بندی کارایی کمتری نشان داد. از تعداد ۶۲۸۹ پیکسل مورد بررسی در مناطقی با خطر خیلی زیاد ۱۰۳۷ پیکسل جزئی از مناطق لغزشی بودند که حدود ۱۶/۴۹ درصد از پیکسل‌های طبقه را شامل می‌شد.



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با همپوشانی نقاط کنترل زمینی
Figure 6. Landslide risk zoning map with overlaying the ground control points

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]

جدول ۳- صحت پهنه‌بندی با نقاط برداشت زمینی

Table 3. Accuracy of zoning with ground control points

خطر لغزش	تعداد پیکسل کل منطقه	تعداد لغزش	تعداد مستعد لغزش	تعداد پیکسل لغزشی	درصد لغزش
خیلی کم	۷۸۸۸۷	۰	۳	۴۲۱	۰/۵۳
کم	۹۳۶۹۳	۳	۲	۴۰۵۸	۴/۳۳
متوسط	۵۷۷۶۸	۴	۰	۳۴۶۳	۵/۹۹
زیاد	۲۸۹۰۷	۱۱	۳	۱۸۹۸	۶/۵۷
خیلی زیاد	۶۲۸۹	۱۱	۱	۱۰۳۷	۱۶/۴۹
مجموع	۲۶۵۵۴۶	۲۹	۹	۱۰۸۷۷	

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه نشان داد پهنه‌بندی تا حدود زیادی واقعیت‌های زمینی را تایید می‌کند. از اینرو می‌تواند برای پروژه‌های راه‌سازی مورد استفاده قرار بگیرد. استفاده از نقشه‌هایی با قدرت تفکیک مکانی بیشتر، افزودن داده‌های مرتبط با مکانیک خاک و سنگ و بکارگیری مدلسازی نرم‌افزاری در جهت بررسی نوع لغزش‌های به وقوع پیوسته از جمله مواردیست که می‌تواند در پروژه های بعدی مورد استفاده قرار بگیرد. با توجه به آمار لغزش‌های ثبت شده در تقاطع جاده و آبراهه ها در محل دره‌های اطراف جاده، جاده های جنگلی دارابکلا نیاز به پروژه‌های مرتبط با حفاظت آب و خاک دارد. به نظر می‌رسد زهکشی اصولی جاده و استفاده از روش‌های زیست مهندسی خاک تا حدودی زیادی می‌تواند به حفظ جاده و احیا خاک و پوشش گیاهی منطقه کمک نماید. بنابراین پیشنهاد می‌شود اقدامات زیر صورت بگیرد:

- بررسی لوله‌های عرضی جاده و تخلیه رسوب و مازاد مقطوعات انباشت شده
- بررسی تقاطع جاده با آبراهه‌های فصلی و لوله‌گذاری در صورت نیاز به احداث
- اجرای روش‌های زیست مهندسی مانند تشک‌های کنترل فرسایش موقت در اطراف شیروانی‌های مستعد فرسایش و با رطوبت بالا
- بذرپاشی و احیای پوشش گیاهی در دیواره آبکندها و هدایت جریان آب به کالورت
- اجرای دیواره‌های گابیونی به‌همراه تکنیک لایه‌بندی بوته‌ها به‌منظور کنترل لغزش‌های کم عمق و سطحی اطراف جاده
- اجرای عملیات پرورشی برای درختانی که با سایه‌اندازی در حریم جاده سبب بروز فرسایش می‌شوند.
- پیشنهاد می‌شود محققان دیگر در سراسر کشور موضوع اثرات طرح تنفس بر حفاظت جاده‌های جنگلی را مورد بررسی و ارزیابی قرار دهند.

منابع

1. Abedini, M. and H. Setayeshi Nasaz. 2014. Landslide risk zoning using hierarchical analysis - Case study: Goljeh watershed. Journal of geograghy and planning, 18(49): 139-165.
2. Afjei Nasrabadi, H., SH. Shataei Joybari, N. Rafatnia and M. Shariat Jafari. 2008. Evaluation the efficiency of experimental landslide hazard zonation models (HaeriSamiei and Mora-Varson) for considering designed road network in Shastkalate forest, Gorgan. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(4): 556-573 (In Persian).
3. Akbar, T.A. and S.R. Ha. 2011. Landslide hazard zoning along Himalayan Kaghan Valley of Pakistan-by integration of GPS, GIS, and remote sensing technology. Landslides, 8(4): 527-540.
4. Arabameri, A., B. Pradhan, K. Rezaei, S. Lee and M. Sohrabi. 2020. An ensemble model for landslide susceptibility mapping in a forested area. Geocarto International, 35(15): 1680-1705.
5. Ayalew, L., H. Yamagishi, H. Marui and T. Kanno. 2005. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of result from methods and verifications. The journal of Engineering Geology, 81: 432-445.
6. Baharvand, S. 2021. Landslide Risk Zoning using Frequency Ratio Model (Case Study: Fathabad Rectangular Map Area, Lorestan Province). Geotechnical Geology, 17(2): 567-574.
7. Chen, X. and W. Chen. 2021. GIS-based landslide susceptibility assessment using optimized hybrid machine learning methods. Catena, 196: 104833.
8. Chowdhuri, I., S.C. Pal, R. Chakrabortty, S. Malik, B. Das and P. Roy. 2021. Torrential rainfall-induced landslide susceptibility assessment using machine learning and statistical methods of eastern Himalaya. Natural Hazards, 107(1): 697-722.
9. Colkesen, I., E.K. Sahin and T. Kavzoglu. 2016. Susceptibility mapping of shallow landslides using kernel-based Gaussian process, support vector machines and logistic regression. Journal of African Earth Sciences, 1(118): 53-64.
10. Das, I., S. Sashikant, V.W. Cees, A. Stein and R. Hack. 2010. Landslide susceptibility assessment using logistic regression and its comparison with a rock mass classification system, along a road section in the northern Himalayas (India). Geomorphology, 114(4): 627-637.
11. Das, I., A. Stein, N. Kerle and V.K. Dadhwal. 2012. Landslide susceptibility mapping along road corridors in the Indian Himalayas using Bayesian logistic regression models. Geomorphology, 179: 116-125.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]

12. Devkota, K.C., A.D. Regmi, H.R. Pourghasemi, K. Yoshida, B. Pradhan, I.C. Ryu and O.F. Althuwaynee. 2013. Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling–Narayanghat road section in Nepal Himalaya. Natural hazards, 65(1): 135-165.
13. Eker, R. and A. Aydin. 2016. Landslide susceptibility assessment of forest roads. European Journal of Forest Engineering, 2(2): 54-60.
14. Emadedin, S. and A. Moradi. 2018. Landslide risk assessment using hierarchical process (AHP), artificial neural network analysis (ANN) and field studies with risk reduction approach (Case study: Haraz Road). Quantitative morphological research, 6(4): 172-190.
15. Giannecchini, R. 2006. Relationship between rainfall and shallow landslides in the southern Apuan Alps (Italy). Natural Hazards and Earth System Science, 6(3): 357-364.
16. Heidari, M.J., A. Najafi and S.J. Alavi. 2016. Detecting the warning level of forest roads pavement using the genetic algorithm. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 4(24): 577-587 (In Persian).
17. Kadi, F., F. Yildirim and E. Saralioglu. 2021. Risk analysis of forest roads using landslide susceptibility maps and generation of the optimum forest road route: a case study in Macka, Turkey. Geocarto International, 36(14): 1612-1629.
18. Kamp, U., A.O. Lewis, J.G. Benjamin. 2010. Ghazanfar. Back analysis of landslide susceptibility zonation mapping for the 2005 Kashmir earthquake: An assessment of the reliability of susceptibility zoning maps. Natural Hazards, 54(1): 1-25.
19. Kavian, A., M. Rezaei, K. Shahedi and M.A. Hadian Amri. 2021. Evaluation of Random Forest Method in Landslide Susceptibility Mapping in Sadat Mahalleh Watershed of Sari. Watershed Management Research Journal, 34(1): 74-92.
20. Khetkeh, A.H., S.A. Hosseini, E. Abdi, Kh. Ahmad Auli and Sh. Koohi. 2021. Landslide Hazard Zoning by Density Area Model and Hierarchical Analysis to Assess the Pathway Designed for the Chellir District in the Khayrud Forest. Journal of Watershed Management Research, 12(3): 273-284 (In Persian).
21. Memarian, H. and M. Sayarpour. 2006. The role of slope on error in landslide risk zoning. Journal of the college of engineering, 40(1): 105-113.
22. Mohammady, M. and H.R. Pourghasemi. 2017. Prioritization of Landslide-Conditioning Factors and its Landslide Susceptibility Mapping using Random Forest New Algorithm. Journal of Watershed Management Research, 8(15): 161-169 (In Persian).
23. Remzi, E.K.E.R. and A. Aydin. 2014. Assessment of forest road conditions in terms of landslide susceptibility: a case study in Yığılca Forest Directorate (Turkey). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38(2): 281-290.
24. Sun, D., J. Xu, H. Wen and D. Wang. 2021. Assessment of landslide susceptibility mapping based on Bayesian hyperparameter optimization: A comparison between logistic regression and random forest. Engineering Geology, 281: 105972.
25. Teymori, M. and O. Asadi. 2020. Sensitivity zoning and prioritization of factors affecting landslide occurrence using maximum entropy model (Case study: Lorestan province). Hydrogeomorphology, 6(21): 155-179.
26. Vuillez, C., M. Tonini, K. Sudmeier-Rieux, S. Devkota, M.H. Drron and M. Jaboyedoff. 2018. Land use changes, landslide and roads in the phowa watershed, western Nepal FROM 1979 TO 2016. Applied Geography, 94: 30-40.
27. Wang, H.B., J.W. Li, B. Zhou, Z.Q.Yuan and Y.P. Chen. 2017. Application of a hybrid model of neural networks and genetic algorithms to evaluate landslide susceptibility. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 4(15): 353-388.
28. Zhang, Y., W. Wu, Y. Qin, Z. Lin, G. Zhang, R. Chen and C. Shao. 2020. Mapping landslide hazard risk using random forest algorithm in Guixi, Jiangxi, China. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(11): 695.
29. Yalcin, A. 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): comparisons of results and confirmations. Catena, 72(1): 1-12.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]

Zoning and Field Study of Landslid es along Forest Roads of Darabkola-Sari

Mehran Nasiri[1], Mojtaba Mohammadzade[2], Majid Lotfalian[3] and Aydin Parsakhoo[4]

1- Assistant Professor, Department of Forest Sciences and Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Corresponding author: m.nasiri@sanru.ac.ir)
2- Graduated M.Sc. Student. Department of Forest Sciences and Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Professor, Department of Forest Sciences and Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4- Assosiate Professor, Department of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
Received: 14 Februrary, 2022 Accepted: 4 April, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: In the northern provinces of Iran, especially Mazandaran, Gilan and Golestan provinces, the percentage of landslides is relatively high due to the construction of forest roads. Considering the importance of road maintenance projects during the implementation of the forest respiration plan, it's necessary to zoning areas suseptble to landslides. Given that the effects of the forest respiration plan were not studied; in this study we investigate the effect of respiration plan on the maintenance projects of forest roads. The purpose of this study is landslide hazard zoning around forest roads by considering the ground control points (GCPs) and modeling the factors affecting the occurrence of landslides around forest roads.

Material and Methods: Darabkola forest in the southeast of Sari was selected for this study. First, the factors affecting the occurrence of landslides were identified in the region. Then the layers of slope, slope direction, road network, soil and buffer of distance from road, fault lines and waterways was prepared using the QGIS 3.61 software. Also, GCPs from area suseptble to landslide as well as recently occurred landslides were recorded separately using the GPS device and then digitized in QGIS environment. Prioritization was performed using the analytical hierarchy process (AHP) and after applying the weight of the layers and reclassification, the final zoning map was obtained.

Results: According to the results, 29.71 and 35.28% of the area have very low and low risk of landslides, respectively. Also, 21.75% of the area has a medium risk, 10.89% of the area equivalent to 289 hectares has a high risk and 2.37% of the area which is equivalent to about 63 hectares of the area has a very high risk of landslides. The results of accuracy of landslide zoning showed that from 29 points recorded as ground control points, 22 of them are located in areas with high and very high landslide risk and only 4 of them are located in areas with moderate landslide risk. Therefore, the results of zoning are consistent with the ground reality with high accuracy and showed less efficiency in only 3 cases. In Darabkola forest, due to the presence of marl bedrock and lack of drainage, several shallow landslides with distances of less than 200 meters along the road have been recorded, which are developing due to lack of management. Also, most of the landslides in the study area observed at a distance of less than 200 meters from waterways. Field visits show that most recorded landslides observed in areas where the road crosses along valleys and or intersects the valleys and due to lack of drainage, it causes multiple landslide along the road.

Conclusion: This study showed that zoning confirms the ground realities. Accoeding to the intersection of roads and waterways in the valleys, Darabkola forest roads need projects related to soil and water conservation. It seems that improving the road drainage and using soil bioengineering methods can help to improve road maintainance and vegetation cover in landslide area.

Keywords: Erosion, Forest respiration, Road construction, Soil bioengineering, Soil conservation

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.25.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.105]