دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش جاده جنگلی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: طرح جنگلداری کوهمیان آزادشهر)

عبدالمجید جرجانی[۱]، حسن اکبری[۲]، سید عطاالله حسینی[۳] و امید عبدی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: hassan_akbarivas@yahoo.com)
۳- استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشگاه تهران، کرج
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۱۶

چکیده

زمین‌لغزش یکی از پدیده‌های مخرب منابع طبیعی بوده و پایداری جاده‌های جنگلی را تهدید می‌کند. هدف از تحقیق حاضر پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش جهت پایداری جاده‌های جنگلی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در سیستم اطلاعات جغرافیایی است. نقشه پهنه‌بندی نهائی خطر زمین‌لغزش بر اساس تلفیق نقشه‌های مختلف و معیارهای اصلی توپوگرافی، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک، آبراهه و جاده، در ۵ کلاسه خطر زمین لغزش خیلی زیاد (۴۰/۱۹ درصد)، خطر زیاد (۳۰/۹۹ درصد)، خطر متوسط (۲۲/۵۰ درصد)، خطر کم (۶/۲۹ درصد) و خطر خیلی کم (۰/۰۳درصد) به‌دست آمد. براساس نتایج بیشترین مساحت زمین لغزش از نظر شیب (۳۰ -۱۵ درصد)، از نظر جهت (جهت شمال)، از نظر عمق خاک (عمق ۱۱۰-۱۰۰ سانتی‌متر)، از نظر نفوذپذیری خاک (با نفوذ پذیری خوب)، از نظر زمین‌شناسی (سازند jmz و ql)، از نظر فاصله از گسل (فاصله ۲۰۰-۰ متر)، از نظر فاصله از آبراهه (فاصله ۱۰۰-۰ متر)، از نظر فاصله از جاده (فاصله ۱۰۰-۰ متر) ثبت شده است که بر اساس فرآیند AHP از صحت و دقت مناسبی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله مراتبی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، معیار اصلی، جاده جنگلی، لغزش، نقشه پهنه‌بندی

مقدمه

جنگل به عنوان یک منبع تجدیدشونده نقش مؤثر و مهمی در فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی دارد. جاده‌های جنگلی به علت هزینه‌های سنگین مربوط به طراحی، احداث، نگهداری و نیز اثرات منفی بر محیط‌زیست و حیات‌وحش از نظر اقتصادی، زیست‌محیطی و افکار عمومی دارای حساسیت زیادی است. طراحی مناسب مسیرها و برنامه‌ریزی بهینه جاده‌های جنگلی از عوامل مؤثر در توسعه پایدار جنگل‌ها به شمار می‌رود که باعث افزایش کارایی شبکه جاده‌ها، کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از تخریب جنگل می‌گردد (۲۸). با توجه به مطالعات انجام‌شده عوامل مؤثر در رخداد زمین لغزش می‌توان به ارتفاع از سطح دریا، درجه شیب، شکل شیب، بارندگی، فاصله از گسل، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از جاده، کاربری اراضی و سنگ‌شناسی نام برد (۲۱). جاده‌سازی در اراضی حساس موجب افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری جاده در آینده و همچنین خسارت‌های جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی می‌گردد. بدین منظور پهنه‌بندی زمین لغزش یکی از روش‌هایی است که می‌توان به کمک آن مناطق بحرانی و حساس را مشخص کرد. در نهایت مناطق بی‌خطر، کم خطر را در اولویت طراحی جاده‌های جنگلی قرار داده و نهایتاً پهنه‌های با خطر بالا با رعایت نکات ضروری از جمله افزایش تعداد آبراهه‌ها، تثبیت بیولوژیکی و مکانیکی ترانشه‌ها در اولویت آخر قرار داد (۱۶). زمین لغزش یکی از پدیده‌های مخرب بوده که در صورت عدم توجه به مناطق مستعد این پدیده در پروژه‌های طراحی شبکه جاده در جنگل، سرمایه‌گذاری انجام شده به هدر خواهد رفت و باعث عدم سرویس‌دهی مناسب به امور مدیریتی طرح بخصوص حفاظت از طرح و دسترسی در مواقع حساس مثلاً اطفاء حریق به چالشی بزرگ تبدیل خواهد شد. بنابراین بررسی موضوع خطر زمین لغزش قبل از طراحی مسیر جاده این امکان را خواهد داد که مسیرهای طراحی شده از مناطق کم خطر عبور کرده و ضمن پایداری جاده احداثی از نظر اقتصادی طرح نیز کمتر و مدیریت بهینه طرح‌های جنگلداری را در پی داشته باشد. در سال‌های اخیر، وقوع زمین لغزش‌ها در مناطق مختلف کشور به دلایل گوناگون از جمله تغییر در استفاده از زمین و احداث جاده افزایش یافته است. از این رو بررسی و تحقیق در خصوص این پدیده، ارزیابی عوامل مؤثر و همچنین شناسایی مناطق حساس برای پیشگیری یا اجتناب از خسارات ناشی از آن به خوبی احساس می‌شود (۱۵).

به منظور بررسی خطر زمین لغزش در جنگل کوهمیان، تهیه نقشه زمین لغزش به منظور استفاده کاربردی در جاده‌سازی جنگل، بررسی شبکه جاده موجود و درصد عبور آن از مناطق لغزشی مطالعاتی انجام شده است. در این زمینه (۱) در مطالعه ارزیابی مدل‌های تجربی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در جنگل شصت کلاته، به بررسی وضعیت جاده‌های طراحی شده جنگل شصت کلاته در محیط GIS پرداخته و مساحتی در حدود یک سوم سطح سری دارای استعداد بروز خطر زیاد و خیلی زیاد زمین لغزش بوده و بیشترین طول جاده شماره ۳ از این مناطق عبور می‌کند و پیشنهاد کاهش جاده‌های عبوری از طبقه با خطر زیاد را دادند (۹). در تحقیقی با عنوان مسیریابی جاده بر اساس اصول زیست‌محیطی در شرق تهران (جاده پارچین)، عوامل زیست محیطی مؤثر بر مسیریابی را در محیط GIS شناسایی کرده‌اند. این عوامل عبارتند از زمین‌شناسی، فرسایش‌پذیری خاک، شیب، کاربری

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

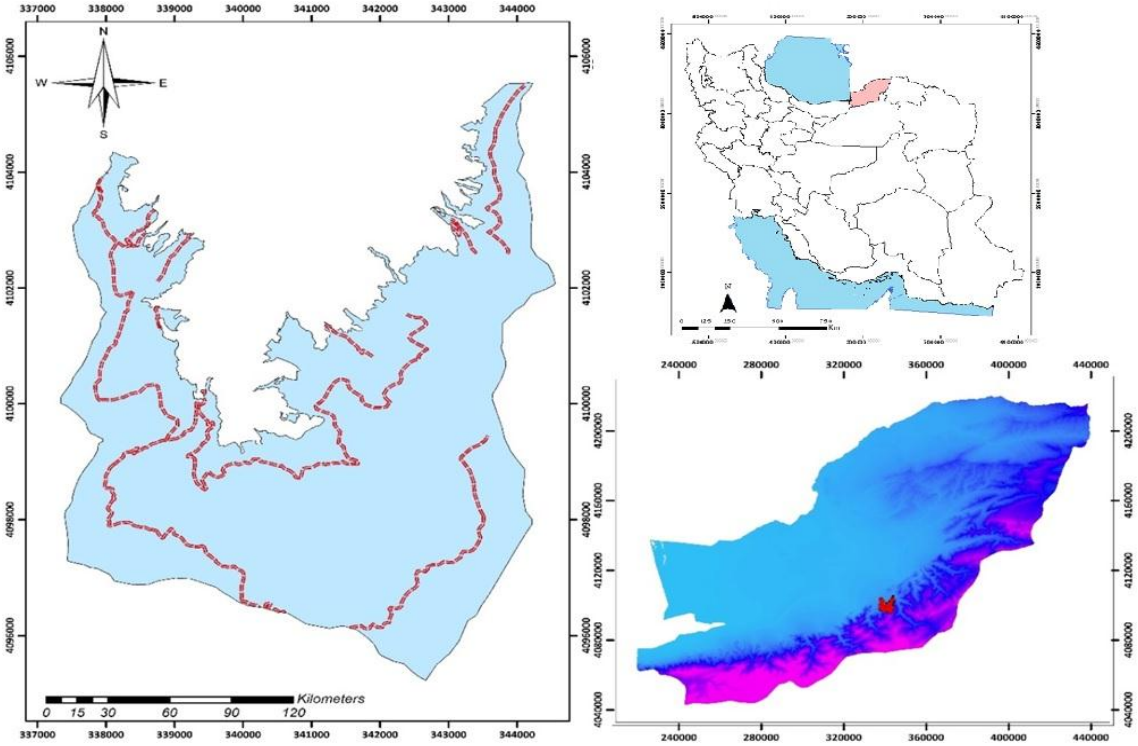
اراضی، جریان‌های آبی، گسل و ارتفاع، نقشه‌های کاربری اراضی، سپس با تعیین دو سناریوی مختلف و تعدادی نقطه پیشنهادی برای شروع مسیر جاده، کریدورهای مختلفی را به طور خودکار با استفاده از GIS طراحی نموده است. نتیجه این تحقیق نشان داد که با شناسایی عوامل تأثیرگذار به خوبی می‌توان مسیر مناسب را برای احداث راه ضمن رعایت اصول GIS زیست‌محیطی تعیین نمود (۲۹). با هدف تعیین روش مناسب مسیریابی جاده‌های جنگلی و کوهستانی در حوزه سرخاب خرم آباد با توجه به اصول زیست محیطی اقدام به شناسایی عوامل تأثیرگذار در مسیریابی جاده نموده‌اند. سپس نقشه‌های شیب، خطر پهنه‌بندی زمین لغزش، کاربری آتی اراضی، فاصله از مناطق روستایی، تفرجی و زیارتی را با فرمت رستری تهیه کرده و با توجه به طبقات نقشه‌های تهیه شده، آنها را در دامنه نسبی ۱ تا ۹ رتبه‌بندی کرده‌اند. در مرحله بعد با تلفیق نقشه‌های وزن داده شده عوامل تأثیرگذار در مسیریابی، نقشه مناطق مناسب عبور مسیر جاده را تهیه کرده اند. در نهایت مسیر جاده‌ها را به صورت خودکار در محیط GIS طراحی نموده‌اند (۱۲). اذعان داشتند بیشترین تراکم وقوع زمین لغزش حداکثر تا فاصله ۷۵ متر از مرکز جاده با تعداد ۲۱ زمین لغزش و تراکم ۰/۲۱۹ تعداد (در کیلومتر) در منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز تجن ساری است. همچنین روند کاهش تعداد زمین لغزش با فاصله گرفتن از جاده بیانگر اثر جاده‌سازی در وقوع زمین لغزش‌ها است (۲۸). علی‌رغم تأثیر به‌سزای عوامل طبیعی از قبیل شیب عرصه، هیدرواقلیم، پوشش گیاهی، خصوصیات خاک و زمین، عوامل انسانی نیز در وقوع حرکات توده‌ای در جنگل گلندرود مازندران تاثیر بسزائی را ایفا می کند (۳۳). بیشترین زمین لغزش‌ها در سازندهای شمشک و الیکادر حوزه آبخیز واز مازندران می‌باشد و ساخت جاده باعث ایجاد زمین لغزش‌های زیادی در اطراف آن شده است. از طرفی کلاس‌های خطر زیاد و خیلی زیاد در محیط جنگلی بوده که نشان دهنده نقش درختان در بالا بردن وزن توده خاک و ایجاد زمین لغزش است (۱۸). افزایش رطوبت خاک و حد خمیری میانگین ابعاد لغزش افزایش یافته و مدل رگرسیونی نشان می‌دهد حد روانی و حد خمیری و رطوبت خاک به طور قابل توجهی منطقه را تحت تأثیر لغزش قرار داده و اکثریت لغزش در امتداد جاده‌ها روی گسل‌ها واقع شده و سایر لغزش‌ها نسبت به آن شایعتر است (۱۳). با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و تهیه لایه‌های رقومی و رستری فاکتورهای مؤثر بر زمین لغزش مناسب‌ترین و کوتاه‌ترین مسیر جاده را در بین دو نقطه مورد مطالعه (مسیر راه بند بن–لایی در جنوب نکا) را مشخص و ارائه نمودند (۳). استفاده از سیستم سخت افزار و نرم‌افزار برای ساخت جاده و محاسبه فرسایش انجام کار را سرعت داده و انجام عملیات بهتر است (۳۲). در مطالعه منطقه اردسن ترکیه و تهیه نقشه خطر زمین لغزش با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مراتبی روی عوامل زمین‌شناسی، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، زهکشی و فاصله از جاده انجام داده و نتیجه آن نشان داد که روش تحلیل سلسله مراتبی مناطق با حساسیت بالا و بسیار بالا را نسبت به واقعیت صحیح‌تر پیش‌بینی می‌کند (۴). در ارزیابی خطر زمین لغزش در شهر ازمیر ترکیه با استفاده از داده‌های سنجش از دور و GIS با توجه به قرار داشتن منطقه مورد مطالعه در منطقه فعال لرزه خیز، داده‌های زلزله به‌عنوان عامل تحریک اولیه در نظر گرفته و با کمک داده‌هایی مانند زمین‌شناسی، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از رودخانه با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک مدل لغزش ساخته شد در نهایت با ترکیب شاخص آسیب‌پذیری و شاخص خطر نقشه خطر زمین لغزش بدست آمده که مناطق مستعد لغزش در آینده را مشخص و در کاربری اراضی توسط مقامات دولتی و محلی استفاده می‌شود (۵). در مطالعه برای تشخیص و بررسی زمین لغزش بوسیله تصاویر ماهواره‌ای و منطق فازی در غرب دریای سیاه ترکیه دریافتند که نقشه تولید شده توسط عملگر فازی جمع طبقه‌بندی بهتری را نسبت به سایر عملگرها جهت طبقه‌بندی خطر زمین لغزش ارائه نموده و پیشنهاد استفاده از روش مورد مطالعه را به مدیران جهت برنامه‌ریزی و مدیریت نواحی در مناطق مستعد زمین لغزش را دادند (۲۷). در ارزیابی خاک و ارتباط آن با حوادث زمین لغزش با استفاده از داده‌های سنجش از دور GIS در جزیره پنانگ مالزی به این نتیجه رسیدند همبستگی آماری بین فرسایش خاک و محل لغزش بطور مستقیم وجود دارد و تجزیه و تحلیل و پیش آگاهی در فرسایش خاک به سازمان تصمیم گیرنده در طراحی برنامه‌های حفاظت خاک کمک خواهد کرد.

از این رو هدف از انجام پژوهش پیش رو بررسی و تحقیق در خصوص پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش جاده جنگلی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسه مراتبی در محیط GIS برای طرح جنگلداری کوهمیان آزادشهر است.

مواد و روش‌ها

طرح جنگلداری کوهمیان با مساحت ۳۷۶۰ هکتار در مسیر جاده آزادشهر–شاهرود و جنوب شرقی شهرستان آزادشهر و به فاصله ۵/۵ کیلومتری آن قرار دارد. این حوضه محاط در بلندی (یال) هلالی شکلی است و بنام روستای پایین دست آن (کوهمیان)، نامگذاری شده که روستاهای فاضل آباد، خاندوزسادات، کوهمیان و مرزبان را در بر می‌گیرد. منطقه مورد بررسی در محدوده طول شرقی ″۳۰ ′۱۰ °۵۵ تا ″۴۹ ′۱۴ °۵۵ و عرض شمالی ″۰۰ ′۰۰ °۳۷ تا ″۱۵ ′۵۶ °۳۷ واقع شده که از شمال به زمین‌های زراعی، از جنوب و غرب به طرح جنگلداری نعیم آباد، از شرق به طرح جنگلداری وطن متصل می‌باشد (شکل ۱).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه، روی نقشه ایران، استان گلستان و جنگل کوهمیان
Figure 1. Location of the studied area ,On the map of Iran, Golestan Province; and Forest Kohmian

ابتدا با جنگل گردشی در کل عرصه ۳۷۶۰ هکتاری جنگل کوهمیان، زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته در سطح جنگل بوسیله دستگاه GPS ثبت گردید و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS 9.3.1 لایه‌های زمین لغزش موجود جهت انجام عملیات بعدی ثبت گردید و همچنین برداشت عمق‌های مختلف خاک جهت انجام تطبیق با کلاسه‌های پهنه‌بندی استفاده شده است. در گستره طرح جنگلداری کوهمیان چین‌خوردگی‌ها در سنگ بسترها به روشنی نمود نداشته و اغلب در دره‌های اصلی می‌توان به شناخت دیاکلازها پی برد. با توجه به دامنه‌های متفاوت و با جهات گوناگون در طرح جنگلداری کوهمیان، همچنین وجود پستی و بلندی‌های متعددی چون یال‌های گهواره کوه، جوزک، چلم پرچین، لهاشو، ملچ‌آرام، آرام یورد، باریک کوه و دره‌های گنجشک‌مست، فاضل‌آباد، لهاشو، کلاغ کلو، مرزبن، سنگ خراس با اکثریت رو به شمال تغییرات محیطی و شرایط رویشی را برای گونه‌های مختلف درختی، درختچه‌ای و علفی ایجاد نموده است. رویشگاه جنگلی طرح جنگلداری کوهمیان در گستره‌ای جنگلی با حداقل ارتفاع ۱۹۰متر و حداکثر ۱۶۰۰ متر از سطح دریا گسترده است. میانگین سالانه دما در محدوده طرح برابر ۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بالاترین میانگین دما مربوط به ماه مرداد با ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین میانیگن دما مربوط به ماه بهمن با ۵/۹ درجه سانتی‌گراد است. این در حالی است که میانگین حداکثر و حداقل دما در طرح به ترتیب برابر ۲۲/۳ و ۸/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد پوشش گیاهی در طرح جنگلداری کوهمیان شامل گونه‌های درختی و درختچه‌ای و گونه‌های علفی و خشبی است. گونه‌های درختی با تاج‌پوشش میانگین ۷۰ درصد شامل انواعی چون انجیلی، ممرز، بلند مازو، خرمندی و افرا می‌باشد. گونه‌های درختچه‌ای در طرح جنگلداری کوهمیان با پوششی به میزان ۱۰-۵ درصد شامل انواعی مثل سیاه ولیک، آلوچه جنگلی، سرخ ولیک و ازگیل جنگلی بوده و در بخش کف پوشش علفی نیز گونه‌های مختلف مانند انواع گرامینه، سرخس، النا و فرفیون به میزان ۲۰ الی ۵۰ درصد (اوایل سال بیش‌تر از سایر فصول است) حضور دارند (۲۰).

براساس تجزیه مسائل پیچیده به سلسله مراتب استوار است که در رأس آن هدف کلی قرار دارد. در مرحله بعدی معیارها و زیر سطوح مختلف به صورت دوتائی باهم مقایسه می‌شوند. سپس بر اساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزشگذاری صورت می‌گیرد. پس از ایجاد ساختار درختی، مشخصه‌های همسطح و مرتبط نسبت به هم دو به دو مقایسه می‌شوند. نتیجه این مقایسه‌ها به صورت یک مقدار کمی است که میزان آن بین ۱ تا ۹ می‌باشد که مفهوم هر یک در جدول زیر آورده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

جدول ۱- ترجیحات پرسشنامه

Table 1. Preferences questionnaire

ترجیحات (اهمیت)	مقدار عددی
بی‌نهایت مهم	۹
خیلی مهم	۷
مهم	۵
نسبتاً مهم	۳
اهمیت برابر (عدم ترجیح)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۲،۴،۶،۸

پرسشنامه‌های تهیه شده از نظرات کارشناسان مجرب در طراحی و ساخت جاده در جنگل و زمین لغزش در ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران (ساری) و گلستان را وارد نرم‌افزار Super Decisions گردید.

پس از ورود اطلاعات پرسشنامه‌ها به نرم‌افزار Super Decision که حاصل آنالیز آن ارزش تأثیرگذاری هر معیار و زیر معیار را مشخص می‌کند. از مجموع ارزش‌های تأثیرگذار مورد قبول پس از آنالیز میانگین گرفته که بعنوان ارزش تأثیرگذاری آن معیار یا زیر معیار در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده خواهد شد.

با استفاده از نرم‌افزار GIS و نقشه مدل رقومی ارتفاعی زمین طرح جنگلداری کوهمیان، نقشه زمین لغزش‌های موجود و نقشه‌های معیارهای اصلی و زیر معیارهای مؤثر در خطر زمین لغزش در محیط نرم‌افزار GIS تهیه و پس از رتبه-بندی و وزن‌دهی معیارها براساس فرآیند سلسله مراتبی، نقشه‌های تهیه شده تلفیق و پهنه‌بندی براساس معیارها انجام و سپس با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی معیارهای اصلی نقشه پهنه‌بندی نهائی خطر زمین لغزش در پنج کلاسه خطر بدست آمد.

به‌منظور انجام مراحل تحقیق پرسشنامه‌ای توسط تیم بررسی‌کننده با نظر کارشناسان متخصص در زمینه مطالعاتی مورد نظر شامل معیارهای اصلی زمین‌شناسی، بافت خاک، پوشش گیاهی، توپوگرافی، مسیر جاده و آبراهه تهیه شد. بر اساس مطالعات گذشته در این پژوهش از شش فاکتور بعنوان معیار اصلی که هر کدام دارای زیر معیارهایی بودند بعنوان فاکتور تعیین‌کننده امکان وقوع خطر زمین لغزش مورد بررسی قرار داده که با استفاده از پرسشنامه تهیه شده از نظرات کارشناسان مجرب در طراحی و ساخت جاده جنگلی و زمین لغزش مقادیر اولویت‌بندی و رتبه‌هایی بین ۱ تا ۹ رتبه‌بندی گردید. پرسشنامه‌های تهیه شده از نظرات کارشناسان جهت مقایسه دوبه دو عوامل برای بررسی و تعیین ارزش تأثیرگذاری هر معیار و شاخص آنالیز شد. از مجموع ارزش‌های مورد قبول پس از آنالیز، میانگین گرفته شد که در تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از نرم‌افزار GIS و نقشه مدل رقومی ارتفاعی زمین، نقشه‌های زمین‌لغزش‌های موجود و نقشه‌های معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مؤثر در خطر زمین‌لغزش تهیه و پس از رتبه‌بندی و وزن‌دهی به معیارها بر حسب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تلفیق و پهنه‌بندی انجام شد. در نهایت با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی معیارهای اصلی شامل توپوگرافی، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک، آبراهه و جاده، نقشه پهنه‌بندی نهائی خطر زمین‌لغزش در ۵ کلاسه خطر زمین لغزش به‌دست آمد.

جدول ۲- وزن عوامل تأثیر گذار بر خطر زمین لغزش در طرح جنگلداری کوهمیان

Table 2. Weight of factors influencing the risk of landslide in the Kohimish forestry plan

پوشش ۰/۱۱۵۸۱۳		زمین ۰/۱۰۶۹۶۵		هیدروگرافی ۰/۲۱۷۸۳۱	
زیر معیارهای پوشش		زیر معیار زمین شناسی		زیر معیار هیدروگرافی	
تراکم	۰/۳۰۰۳۵۲	فاصله از گسل	۰/۵۳۸۴۶۵	تراکم آبراهه	۰/۲۵۳۴۰۲
تیپ	۰/۳۳۹۶۰۱	سازند زمین	۰/۴۶۱۵۳۵	فاصله آبراهه	۰/۱۲۰۲۶۸
موجودی	۰/۳۵۹۵۲۷			نهر مصنوعی	۰/۲۲۱۱۳
				فاصله چشمه	۰/۱۰۸۸۳
				کانال آب	۰/۱۷۱۳۶۹
مسیر	۰/۱۱۶۷۷۸	خاک	۰/۱۵۵۶۸	توپوگرافی	۰/۲۸۶۹۳۱
زیر معیار مسیر		زیر معیار خاک		زیر معیار توپوگرافی	
راه روستایی	۰/۲۵۸۶۴۵	عمق	۰/۲۳۰۷۶۳	شیب	۰/۳۴۱۲۳۸
درجه ۱	۰/۱۹۵۷۲۶	روانگرایی	۰/۳۰۲۲۷۹	انحنا شیب	۰/۱۳۱۸۴۵
درجه ۲	۰/۱۵۱۵۱۸	نفوذپذیری	۰/۲۶۳۹۱۳	پروفیل شیب	۰/۱۲۸۶۷۷
درجه ۳	۰/۱۵۰۱۱۴	بافت خاک	۰/۲۰۳۰۴۵	جهت شیب	۰/۲۷۱۶۳
اسکیدررو	۰/۲۴۳۹۹۷			ارتفاع	۰/۱۲۷۰۶۱

در این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر در خطر زمین لغزش و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه جهت استفاده در امور جاده‌سازی و نگهداری جاده‌های جنگلی پرداخته شد تا بهم ریختگی حاصل از مسائل جاده‌سازی در جنگل کمتر به طبیعت آسیب برساند. ساخت جاده در جنگل برای نیل به اهداف طرح‌های جنگلداری از قبیل اجرای پرورش جنگل، حفاظت از جنگل، اطفای حریق، بهره‌برداری از جنگل و سایر مسایل مربوط به آن اجتناب ناپذیر بوده و از نظر اقتصادی یکی از بالاترین هزینه‌های طرح‌های جنگلداری را شامل می‌گردد و با تبعیت از آن نگهداری و مرمت جاده‌ها نیز از رقم قابل ملاحظه‌ای از هزینه‌های طرح را شامل خواهد شد. این موضوع در لغزش جاده‌های جنگلی فقط به ارزش اقتصادی آن بسنده نکرده و سایر فعالیت‌های طرح را نیز تحت‌الشعاع قرار خواهد داد و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

بیشتر نیز با حرکت خاک و زمین باعث فرسایش و از بین رفتن خاک را نیز فراهم می‌نماید.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد بیشترین لغزش از نظر مساحت در طبقه شیب ۱۵ تا ۳۰ درصد روی داده و کمترین لغزش از نظر مساحت در طبقه شیب بیش از ۷۵ درصد رخ داده است. شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد به دلیل کاهش نیروی ثقل و شیب‌های بیش از ۷۵ درصد بدلیل کاهش خاک تأثیری بر لغزش ندارند (جدول ۳). فراوانی زمین لغزش طبق نتایج نشان داد بیشترین لغزش از نظر مساحت در جهت شمال و غرب روی داده و کمترین لغزش از نظر مساحت در جهت جنوبی رخ داده است. (جدول ۴).

جدول ۳- رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات شیب

Table 3. Risk of landslide hazard in slope categories

طبقات شیب	مساحت هکتار	تعداد پیکسل‌ها	تعداد پیکسل لغزش	نسبت لغزش به نسبت کل	رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه
۰-۱۵	۳۴۸/۶۸	۸۱۷	۱۸۳	۰/۲۲۳۹۹۰۲۰۸	۵
۱۵-۳۰	۱۱۲۵/۲۸	۲۸۱۳۲	۴۷۸	۰/۰۱۶۹۹۱۳۲۷	۴
۳۰-۴۵	۱۱۳۷	۲۸۴۲۵	۲۶۷	۰/۰۰۹۳۹۳۱۴	۳
۴۵-۶۰	۶۵۷/۳۲	۱۶۴۳۳	۱۲۰	۰/۰۰۷۳۰۲۳۷۹	۲
۶۰-۷۵	۲۷۰/۴	۶۷۶۰	۰	۰	۱
>۷۵	۸۲/۲۸	۲۰۵۷	۰	۰	۱

جدول ۴- جدول رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات جهت شیب

Table 4. Landslide risk rating table in slope steps

طبقات جهت شیب	مساحت هکتار	تعداد پیکسل‌ها	تعداد پیکسل لغزش	نسبت لغزش به نسبت کل	رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه
شمال	۱۴۵۶/۶	۳۶۴۱۵	۴۵۲	۰/۰۱۲۴۱۲۴۶۷	۴
شرق	۶۲۵	۱۵۶۲۵	۸۶	۰/۰۰۵۵۰۴	۳
جنوب	۱۲۵	۳۱۲۵	۷	۰/۰۰۲۲۴	۲
غرب	۱۴۱۴/۳۶	۳۵۳۹	۵۰۳	۰/۱۴۲۱۳۰۵۴۵	۵

از نظر عمق خاک و لغزش‌های صورت پذیرفته بیشترین لغزش در عمق‌های ۹۰ تا ۱۰۰ و ۱۰۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر روی داده که این امر را می‌توان در سطح پوشش این طبقات در سطح سری عنوان کرد که تقریباً ۷۸ درصد سطح سری را شامل می‌گردند. بیشترین لغزش‌های صورت گرفته در طبقه‌بندی فرسایش در طبقه فرسایش شیاری گالی بوده که سطح این طبقه نیز بیش از ۴۰ درصد سطح را شامل می‌گردد که به تبع آن لغزش نیز بیشتر مشاهده گردیده است. از نظر نفوذپذیری خاک بیشترین لغزش‌ها در خاک‌های با نفوذپذیری خوب رخ داده است.

از نظر فاصله از گسل نیز بیشترین لغزش‌ها در فاصله صفر تا ۲۰۰ متر از گسل‌ها رخ داده است که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم فعالیت‌های زمین در رخداد زمین لغزش است (جدول ۷).

جدول ۵- رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات عمق خاک (کتابچه طرح جنگلداری) (Anonymous, 2011)

Table 5. Landslide risk rating in depths of soil

طبقات عمق خاک CM	مساحت هکتار	تعداد پیکسل‌ها	تعداد پیکسل لغزش	نسبت لغزش به نسبت کل	رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه
>۱۱۰	۱۵۸/۸۸	۳۹۷۲	۳	۰/۰۰۰۷۵۵۲۸۷	۱
۱۱۰-۱۰۰	۱۹۵۷/۵۶	۴۸۱۸۹	۳۶۶	۰/۰۰۷۵۹۵۰۹۴	۳
۱۰۰-۹۰	۹۰۳/۶۸	۲۲۵۹۲	۵۱۴	۰/۰۲۲۷۵۱۴۱۶	۵
۹۰-۷۵	۲۳۵/۲۸	۵۸۸۲	۱۲۸	۰/۰۲۱۷۶۱۳۰۶	۴
کمتر از ۷۵	۳۹۲/۹۲	۹۸۲۳	۳۷	۰/۰۰۳۷۶۶۶۷	۲

جدول ۶- رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات نفوذپذیری خاک (کتابچه طرح جنگلداری) (Anonymous, 2011)

Table 6. Landslide risk rating in soil permeability classes

طبقات نفوذپذیری خاک	مساحت هکتار	تعداد پیکسل‌ها	تعداد پیکسل لغزش	نسبت لغزش به نسبت کل	رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه
ضعیف	۶۷۷/۸	۱۶۹۴۵	۱۹۷	۰/۰۱۱۶۲۵۸۴۸	۳
ضعیف تا متوسط	۷۱۳/۴۸	۲۰۳۳۷	۱۳۷	۰/۰۰۶۷۳۶۴۹	۲
متوسط تا خوب	۱۰۱۵/۲	۲۵۳۸۰	۲۹۷	۰/۰۱۱۷۰۲۱۲۸	۴
خوب	۱۱۱۱/۸۴	۲۷۷۹۶	۴۱۷	۰/۰۱۵۰۰۲۱۵۹	۵

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

جدول ۷- رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات فاصله از گسل (کتابچه طرح جنگلداری) (Anonymous, 2011)
Table 7. Landslide hazard rating in the distance classes of faults

طبقات فاصله از گسل متر	مساحت هکتار	تعداد پیکسل‌ها	تعداد پیکسل لغزش	نسبت لغزش به نسبت کل	رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه
۲۰۰-۰	۷۸۸/۸۴	۱۹۷۲۱	۳۹۰	۰/۰۱۹۷۷۵۸۷۳	۵
۴۰۰-۲۰۰	۷۶۸/۸۸	۱۹۲۲۲	۱۳۸	۰/۰۰۷۱۷۹۲۷۴	۳
۸۰۰-۴۰۰	۱۱۴۴/۱۲	۲۸۶۰۳	۲۷۸	۰/۰۰۹۷۱۹۲۶	۳
۱۲۰۰-۸۰۰	۵۳۵/۷۲	۱۳۳۹۳	۲۱۱	۰/۰۱۵۷۵۴۴۹۹	۴
۱۶۰۰-۱۲۰۰	۲۵۲/۳۶	۶۳۰۹	۲۲	۰/۰۰۳۴۸۷۰۸۲	۲
>۱۶۰۰	۱۳۲/۶۴	۳۳۱۶	۰	۰	۱

نزدیک به ۶۰ درصد عرصه مورد مطالعه را پوشش گیاهی ممرز انجیلی بوده که در نتیجه بیشترین لغزش روی داده در این طبقه از نقشه پوشش گیاهی را شامل می‌گردد. بررسی لغزش‌های اتفاق افتاده در جدول بررسی فراوانی لغزش در نقشه تراکم جنگل بیشترین لغزش در طبقه ۶۰ تا ۷۵ درصد تاج پوشش رخ داده است که این موضوع نسبت مستقیم با مساحت این طبقه در منطقه مورد مطالعه دارد و توجیه دیگری برای آن ندارد. از نظر نسبت سطح لغزش به سطح هر طبقه نیز طبقه با تاج پوشش بیش از ۷۵ درصد بالاترین درصد را به خود اختصاص می‌دهد (جدول ۸).

جدول ۸- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در معیار پوشش گیاهی
Table 8. Landslide hazard zonation results in Vegetation Criteria

کلاسه خطر	مساحت هکتار	درصد عبور جاده	طول جاده (متر)
خطرخیلی کم	۱۰۸/۴	۱۱/۷۲۶۵۴۴۶۴	۳۵۸۵/۹۵۷۳۵۶
خطر کم	۱۰۳۱/۳۲	۲۴/۷۰۴۲۹۷۳۳	۷۵۵۴/۵۳۱۹۹۷
خطر متوسط	۱۰۰۶/۸۸	۲۱/۹۸۵۱۸۴۱۷	۶۷۲۳/۰۳۱۸۳۱
خطر زیاد	۴۱۴/۸۴	۵/۵۷۸۵۵۵۷۱۷	۱۷۰۵/۹۱۲۸۲۶
خطر خیلی زیاد	۱۰۵۲/۳۶	۳۶/۰۰۵۴۱۸۱۴	۱۱۰۱۰/۳۹۵۴۷

در بررسی جدول فراوانی لغزش در طبقات فاصله از آبراهه‌ها در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری از آبراهه‌ها روی داده و به آبشوئی در هنگام سیلابی شدن کناره رودخانه‌ها و برداشت پنچه در کناره آبراهه‌ها ارتباط پیدا می‌کند (جدول ۹).

جدول ۹- جدول رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات فاصله از آبراهه
Table 9. Landslide hazard rating table in the distance between the waterways

طبقات فاصله از آبراهه (متر)	مساحت هکتار	تعداد پیکسل‌ها	تعداد پیکسل لغزش	نسبت لغزش به نسبت کل	رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه
۱۰۰-۰	۹۴۸/۶۸	۲۳۷۱۷	۴۷۱	۰/۰۱۹۸۵۹۱۷۳	۵
۲۰۰-۱۰۰	۷۶۸/۳۶	۱۹۲۰۹	۹۵	۰/۰۰۴۹۴۵۵۹۸	۲
۳۰۰-۲۰۰	۶۳۸/۲	۱۵۹۵۵	۱۵۵	۰/۰۰۹۷۱۴۸۲۳	۳
۴۰۰-۳۰۰	۴۰۳/۱۲	۱۰۰۷۸	۱۲۴	۰/۰۱۲۳۰۴۰۲۹	۴
۵۰۰-۴۰۰	۲۶۹/۶۴	۶۷۴۱	۷۹	۰/۰۱۱۷۱۹۳۲۹	۴
۱۰۰۰-۵۰۰	۴۷۱/۹۶	۱۱۷۹۹	۱۲۸	۰/۰۱۰۸۴۸۳۷۷	۴
>۱۰۰۰	۱۱۷/۳۶	۲۹۳۴	۰	۰	۱

لغزش‌های رخ داده در جدول طبقات فاصله از جاده نیز همانند آبراهه‌ها در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری از جاده بیشترین لغزش‌ها را ثبت کرده است. این موضوع نیز نشان‌دهنده بهم خوردن عرصه با جاده‌سازی بوده و یا عدم رعایت اصول فنی نگهداری و یا احداث جاده است (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- رتبه‌بندی خطر زمین‌لغزش در طبقات فاصله از مسیر جاده
Table 10. Landslide risk rating in the distance between roads and roads

طبقات فاصله از مسیر جاده (متر)	مساحت هکتار	تعداد پیکسل‌ها	تعداد پیکسل لغزش	نسبت لغزش به نسبت کل	رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه
۱۰۰-۰	۵۹۴/۹۶	۱۴۸۷۴	۴۱۵	۰/۰۲۷۹۰۱۰۳۵	۵
۲۰۰-۱۰۰	۴۳۷/۰۴	۱۰۹۲۶	۷۹	۰/۰۰۷۲۳۰۴۵۹	۲
۳۰۰-۲۰۰	۳۹۲/۱۲	۹۸۰۳	۳۸	۰/۰۰۸۷۶۳۶۴	۱
۴۰۰-۳۰۰	۳۵۲/۲۴	۸۸۰۶	۷۴	۰/۰۰۸۴۰۳۳۶۱	۲
۵۰۰-۴۰۰	۳۲۳/۲	۸۰۸۰	۳۹	۰/۰۰۴۸۲۶۷۳۳	۱
۱۰۰۰-۵۰۰	۱۱۹۸/۹۲	۲۹۶۹۸	۲۹۰	۰/۰۰۹۷۶۴۹۶۷	۳
>۱۰۰۰	۳۳۵/۰۸	۸۳۷۷	۱۱۳	۰/۰۱۳۴۸۹۳۱۶	۴

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

در بررسی جاده عبوری در نقشه کلاسه‌بندی خطر توپوگرافی بیشترین عبور جاده در حدود ۴۵ درصد از جاده احداثی از کلاسه خطر خیلی زیاد عبور کرده و تنها در حدود یک درصد از جاده از منطقه خطر خیلی کم عبور می‌کند. در نقشه کلاسه بندی خطر پوشش گیاهی نیز بیشترین درصد عبور جاده از کلاسه خطر خیلی زیاد بوده و حدود ۳۶ درصد جاده را شامل می‌شود و حدود ۱۱ درصد از جاده از کلاسه خطر خیلی کم عبور می‌کند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در معیار خاک

Table 11. Landslide hazard zonation results in soil criteria

کلاسه خطر	مساحت هکتار	درصد عبور جاده	طول جاده (متر)
خطرخیلی کم	۴۸۴/۱۲	۳/۵۰۷۲۱۴۸۲۵	۱۰۷۲/۶۶۰۴۰۴
خطر کم	۴۵۶/۸۴	۵/۷۱۴۲۸۱۴۳۷	۱۷۴۷/۶۷۸۳۵۵
خطر متوسط	۹۸۲/۸۴	۳۳/۶۸۸۹۵۲۲۷	۱۰۳۰۳/۵۶۱۹۳
خطر زیاد	۹۶۴	۳۴/۵۸۴۹۲۷۶۸	۱۰۵۷۷/۵۹۰۵۸
خطر خیلی زیاد	۷۲۵/۶۴	۲۲/۵۰۴۶۲۳۷۹	۶۸۸۲/۹۰۲۸۳۱

در بررسی جدول کلاسه‌بندی خطر از نظر زمین شناسی بیشترین عبور جاده حدوداً نیمی از جاده احداث شده از کلاسه خطر زیاد عبور کرده و تنها نزدیک به ۴ درصد از جاده از کلاسه خطر خیلی کم و خطر کم عبور می‌کند. در بررسی جدول کلاسه‌بندی خطر از نظر خاک تقریباً ۱۰ درصد از جاده از کلاسه خطر خیل کم و خطر کم عبور و ۹۰ درصد جاده از کلاسه‌های خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد عبور کرده است (جدول ۱۲).

در بررسی کلاسه‌بندی خطر عامل آبراهه در حدود ۶۳ درصد از جاده‌های احداثی از کلاسه خطر زیاد و خطر خیلی زیاد عبور کرده است (جدول ۱۳).

جدول ۱۲- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در معیار زمین شناسی

Table 12. Landslide hazard zonation results in geological criteria

کلاسه خطر	مساحت هکتار	درصد عبور جاده	طول جاده (متر)
خطرخیلی کم	۲۴۲/۴۴	۳/۷۷۳۹۳۰۹۰۶	۱۱۲۳/۰۲۵۰۲۷
خطر کم	۶۹۰/۸۴	۰/۲۵۷۰۰۲۵۶۶	۷۶/۴۷۷۳۷۰۸۳
خطر متوسط	۶۹۴/۷۲	۲۳/۶۹۴۰۸۶۲۲	۷۰۵۰/۷۵۲۲۴۴
خطر زیاد	۱۲۸۹/۲۸	۴۹/۳۲۸۸۱۹۲	۱۴۶۷۸/۹۹۱۱۸
خطر خیلی زیاد	۶۱۷/۲۸	۲۲/۹۴۶۱۶۱۱۱	۶۸۲۸/۱۸۸۹۱۷

جدول ۱۳- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در معیار آبراهه

Table 13. Results landslide hazard zonation in the criterion stream

کلاسه خطر	مساحت هکتار	درصد عبور جاده	طول جاده (متر)
خطر خیلی کم	۱۱۷/۳۶	–	–
خطر کم	۷۶۸/۳۶	۲۰/۸۱۳۵۷۸۰۶	۶۲۶۴/۵۷۴۹۷۹
خطر متوسط	۶۳۸/۲	۱۵/۶۲۸۴۱۵۸۱	۴۷۰۳/۹۱۸۸۷۴
خطر زیاد	۱۱۴۴/۷۲	۳۰/۱۹۳۱۰۸۹۳	۹۰۸۷/۶۷۳۱۶۲
خطر خیلی زیاد	۹۴۸/۶۸	۳۳/۳۶۴۸۹۷۲۱	۱۰۰۴۲/۳۳۳۸۹

در بررسی جدول کلاسه‌بندی خطر نهائی که از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه بدست آمده است در کلاسه خطر خیلی زیاد در حدود ۴۰ درصد جاده احداثی عبور کرده و ۴۱ درصد لغزش‌های ثبت شده از نظر سطح لغزش‌های ثبتی در این کلاسه و در کلاسه خطر زیاد در حدود ۳۱ درصد جاده‌ها و در حدود ۳۹ درصد سطح لغزش‌های ثبت شده را شامل می‌شود که این موضوع در این دو کلاسه در حدود ۸۰ درصد از سطح لغزش‌های ثبت شده را در دو کلاسه یاد شده را شامل شده و تأییدی بر صحت نقشه پهنه‌بندی تهیه شده است. این موضوع دقت پهنه‌بندی به روش AHP در تراکم سطح را مناسب نشان داد (جدول ۱۴).

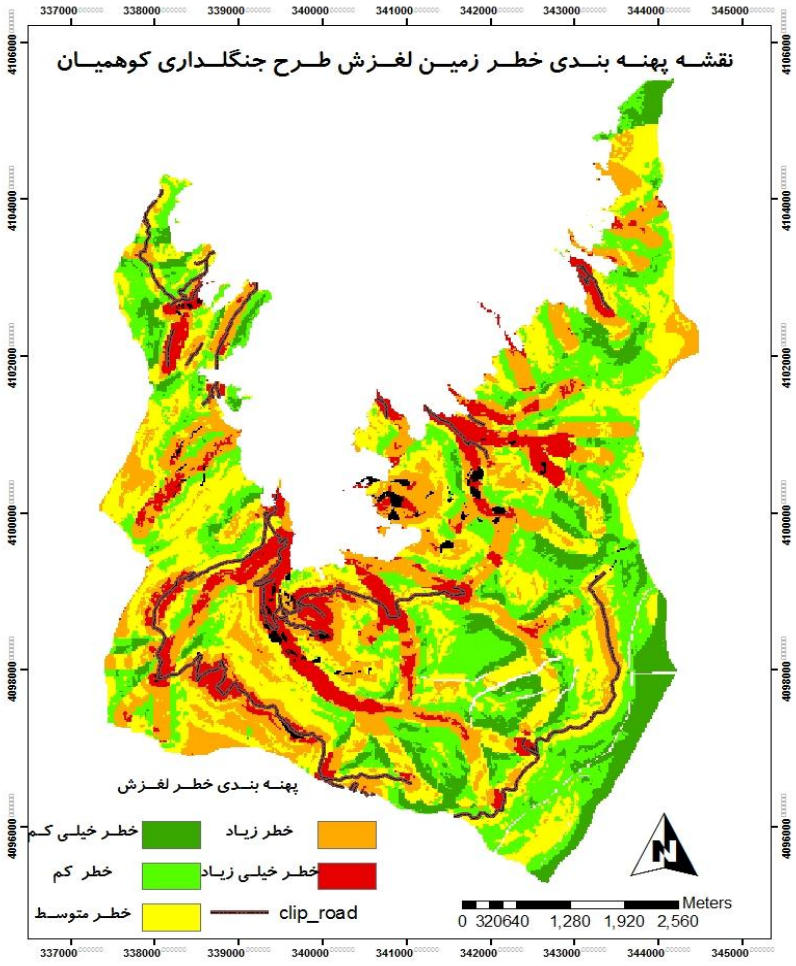
جدول ۱۴- نتایج پهنه‌بندی نهائی خطر زمین لغزش

Table 14. Results zoning Landslide

کلاسه خطر	مساحت هکتار	درصد وقوع زمین لغزش	تعداد پیکسل زمین لغزش	درصد عبور جاده	طول جاده (متر)
خطرخیلی کم	۳۴۷/۵۶	۰/۰۹۶۰۶۱۴۷۹	۱	۰/۰۳۳۳۷۸۹۷۸	۹/۹۱۳۰۸۸۷۴۸
خطر کم	۹۱۳/۶۸	۲/۶۸۹۷۲۱۴۲۲	۲۸	۶/۲۸۸۸۲۳۸۶	۱۸۶۷/۶۹۲۵۸۵
خطر متوسط	۱۰۴۶/۰۴	۱۶/۴۲۶۵۱۲۹۷	۱۷۱	۲۲/۵۰۱۲۷۵۲۴	۶۶۸۲/۵۶۳۵۲۲
خطر زیاد	۸۱۸/۹۲	۳۹/۵۷۷۳۲۹۴۹	۴۱۲	۳۰/۹۹۱۸۶۷۷۳	۹۲۰۴/۱۵۰۵۴۶
خطر خیلی زیاد	۳۸۲/۰۴	۴۱/۲۱۰۳۷۴۶۴	۴۲۹	۴۰/۱۸۴۶۵۴۱۹	۱۱۹۳۴/۲۷۹۳۴

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

در حدود ۸۱ درصد زمین لغـزش‌هـای برداشـت شـده در منطقه مورد مطالعه در کلاسه‌های خطر زیاد و خطر خیلی زیاد اتفاق افتاده که این امر نشان دهنده صحت نقشه بدست آمده است و در حدود ۷۱ درصد از جاده موجود نیز طبق پهنه‌بنـدی انجام شده در کلاسه خطر زیاد و خطر خیلی زیـاد واقـع شـده است (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در طرح جنگلداری کوهمیان
Figure 2. Landslide hazard zonation map in Koohmian forestry plan

در این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر در خطر زمین لغزش و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه جهت استفاده در امور جاده‌سازی و نگهداری جاده‌های جنگلی پرداخته شد تا بهم ریختگی حاصل از مسائل جاده‌سازی در جنگل کمتر به طبیعت آسیب برساند. ساخت جاده در جنگل برای نیل به اهداف طرح‌های جنگلداری از قبیل اجرای پرورش جنگل، حفاظت از جنگل، اطفای حریق، بهره‌برداری از جنگل و سایر مسایل مربوط به آن اجتناب ناپذیر بوده و از نظر اقتصادی یکی از بالاترین هزینه‌های طرح‌های جنگلداری را شامل می‌گردد و با تبعیت از آن نگهداری و مرمت جاده‌ها نیز از رقم قابل ملاحظه‌ای از هزینه‌های طرح را شامل خواهد شد این موضوع در لغزش جاده‌های جنگلی فقط به ارزش اقتصادی آن بسنده نکرده و سایر فعالیت‌های طرح را نیز تحت الشعاع قرار خواهد داد و بیشتر نیز با حرکت خاک و زمین باعث فرسایش و ازبین رفتن خاک را نیز فراهم می‌نماید. براساس نتایج جدول ۷، فراوانی زمین لغزش منطقه مورد مطالعه از نظر مساحت در طبقه ۱۵ تا ۳۰ درصد شیب رخ داده و کمترین لغزش در طبقه شیب بیش از ۷۵ درصد رخ داده است که با نتایج کاران (۲۴،۲۶،۹، ۱۶) هم‌خوانی دارد. شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد به دلیل کاهش نیروی ثقل و شیب‌های بیش از ۷۵ درصد بدلیل کاهش خاک تأثیری بر لغزش ندارند. فراوانی زمین لغزش طبق نتایج جدول ۴ بیشترین لغزش در جهت شمال و سپس در جهت غرب رخ داده این نتیجه با نتایج (۱۷،۲۴،۲۶،۹)، همخوانی دارد که این موضوع ارتباط به رطوبت بیشتر در جهت‌های شمالی و غرب می‌باشد. از نظر عمق خاک و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

لغزش‌های صورت پذیرفته بیشترین لغزش در عمق‌های ۹۰ تا ۱۰۰ و ۱۰۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر روی داده که این امر را می‌توان در سطح پوشش این طبقات در سطح سری عنوان کرد که تقریباً ۷۸ درصد سطح سری را شامل می‌گردند. بیشترین لغزش‌های صورت گرفته در طبقه‌بندی فرسایش در طبقه فرسایش شیاری گالی بوده که سطح این طبقه نیز بیش از ۴۰ درصد سطح را شامل می‌گردد که به تبع آن لغزش نیز بیشتر مشاهده گردیده است. از نظر نفوذپذیری خاک بیشترین لغزش‌ها در خاک‌های با نفوذپذیری خوب رخ داده است که این امر با نتایج (۸) هم‌خوانی داشته و نتایج آنها نشان‌دهنده وجود لغزش در مناطق با درصد رطوبت بالا بوده و این موضوع ارتباط با نوع خاک منطقه و جذب رطوبت و سنگین شدن آن و عدم نفوذپذیری سنگ مادری و لغزش خاک سطحی را امکان‌پذیر می‌سازد. از نظر سازند زمین‌شناسی بیشترین لغزش‌ها در سازندهای jmz و ql رخ داده است که در سازند jmz به نوع سازند و استعداد خوب آن در برابر انحلال و ایجاد کارست و در سازند ql (لس) هم به ریز دانه بودن و نفوذپذیری بالای این سازند می‌باشد. از نظر فاصله از گسل نیز بیشترین لغزش‌ها در فاصله صفر تا ۲۰۰ متر از گسل‌ها رخ داده است که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم فعالیت‌های زمین در رخداد زمین لغزش می‌باشد. نزدیک به ۶۰ درصد عرصه مورد مطالعه را پوشش گیاهی ممرز انجیلی بوده که در نتیجه بیشترین لغزش روی داده در این طبقه از نقشه پوشش گیاهی را شامل می‌گردد. بررسی لغزش‌های اتفاق افتاده در جدول بررسی فراوانی لغزش در نقشه تراکم جنگل بیشترین لغزش در طبقه ۶۰ تا ۷۵ درصد تاج پوشش رخ داده است که این موضوع نسبت مستقیم با مساحت این طبقه در منطقه مورد مطالعه دارد و توجیه دیگری برای آن ندارد از نظر نسبت سطح لغزش به سطح هر طبقه نیز طبقه با تاج پوشش بیش از ۷۵ درصد بالاترین درصد را بخود اختصاص می‌دهد. از نظر موجودی نیز بیشترین لغزش در جدول بررسی فراوانی لغزش در نقشه ظرفیت، در طبقه ۲۰۰ تا ۳۰۰ مترمکعب موجودی رخ داده است. در بررسی جدول فراوانی لغزش در طبقات فاصله از آبراهه‌ها در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری از آبراهه‌ها روی داده که این موضوع با مطالعه (۱۶) همخوانی داشته و به آبشوئی در هنگام سیلابی شدن کناره رودخانه‌ها و برداشت پنچه در کناره آبراهه‌ها ارتباط پیدا می‌کند. لغزش‌های رخ داده در جدول طبقات فاصله از جاده نیز همانند آبراهه‌ها در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری از جاده بیشترین لغزش‌پها را ثبت کرده که با پژوهش (۱۲) هم‌خوانی دارد این موضوع نیز نشان‌دهنده بهم خوردن عرصه با جاده‌سازی بوده و یا عدم رعایت اصول فنی نگهداری و یا احداث جاده می‌باشد. در بررسی جاده عبوری در نقشه کلاسه‌بندی خطر توپوگرافی بیشترین عبور جاده در حدود ۴۵ درصد از جاده احداثی از کلاسه خطر خیلی زیاد عبور کرده و تنها در حدود یک درصد از جاده از منطقه خطر خیلی کم عبور می‌کند. در نقشه کلاسه‌بندی خطر پوشش گیاهی نیز بیشترین درصد عبور جاده از کلاسه خطر خیلی زیاد بوده و حدود ۳۶ درصد جاده را شامل می‌شود و حدود ۱۱ درصد از جاده از کلاسه خطر خیلی کم عبور می‌کند. در بررسی جدول کلاسه‌بندی خطر از نظر زمین شناسی بیشترین عبور جاده حدوداً نیمی از جاده احداث شده از کلاسه خطر زیاد عبور کرده و تنها نزدیک به ۴ درصد از جاده از کلاسه خطر خیلی کم و خطر کم عبور می‌کند. در بررسی جدول کلاسه‌بندی خطر از نظر خاک تقریباً ۱۰ درصد از جاده از کلاسه خطر خیلی کم و خطر کم عبور و ۹۰ درصد جاده از کلاسه‌های خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد عبور کرده است. در بررسی کلاسه‌بندی خطر عامل آبراهه در حدود ۶۳ درصد از جاده‌های احداثی از کلاسه خطر زیاد و خطر خیلی زیاد عبور کرده است. در بررسی جدول کلاسه‌بندی خطر نهایی که از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه بدست آمده است در کلاسه خطر خیلی زیاد در حدود ۴۰ درصد جاده احداثی عبور کرده و ۴۱ درصد لغزش‌های ثبت شده از نظر سطح لغزش‌های ثبتی در این کلاسه و در کلاسه خطر زیاد در حدود ۳۱ درصد جاده‌ها و در حدود ۳۹ درصد سطح لغزش‌های ثبت شده را شامل می‌شود که این موضوع در این دو کلاسه در حدود ۸۰ درصد از سطح لغزش‌های ثبت شده را در دو کلاسه یاد شده را شامل شده و تأییدی بر صحت نقشه پهنه‌بندی تهیه شده می‌باشد. این موضوع دقت پهنه‌بندی به روش AHP در تراکم سطح را مناسب نشان داده که با تحقیقات (۳۲،۳۱،۱۰،۶) هم‌خوانی دارد.

منابع

1. Afjeh Nasrabadi, H., Sh. Shatay, N. Raftnya and M. Sharia Ja'fari. 2008. Evaluation of the efficiency of statistical models of information value and surface density in landslide hazard zonation in forest areas (Series in Shasta Kalateh Forest of Gorgan). Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 15(6) (In Persian).
2. Abdi, A. 2005. Forest road network design with minimum construction cost using GIS, Master's thesis, University of Tehran, 83 pp (In Persian).
3. Akay, A. 2006. Minimizing Total Costs of Forest Roads with Computer-Aided Designmodel. Sadhana, 31: 621-633.
4. Akgun, A., C. Kıncal and B. Pradhan. 2012. Application of remote sensing data and GIS for landslide risk assessment as an environmental threat to Izmir city (west Turkey). Environmental Monitoring and Assessment 184, 9: 5453-5470.
5. Aksoy, B. and M. Ercanoglu. 2012. Landslide identification and classification by object-based image analysis and fuzzy logic: An example from the Azdavay region (Kastamonu, Turkey). Computers & Geosciences, (38)1: 87-98.
6. Abdul Khani, A. and A.S. Jamali. 2012. Application of GIS and Analytical Hierarchy Process in Landslide Risk Mitigation and Comparison of the Preference of Factors Influencing Slippage - Case Study: Mangashed Watershed Yazd. Conference and Exhibition Geotechnical, 88 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

7. Arabameri, A., K. Shirani and K. Rezaeei. 2017. A Comparative Assessment between Weights-of-Evidence and Frequency Ratio Models for Landslide Hazard Zonation in Vanak Basin. Journal of Watershed Management Research, 15: 147-160 (In Persian).
8. Abedi, T., S.A. Hoseini and R. Naghdi. 2010. Study of Relationship between Soil Mechanical Characteristic and Landslide in Forest Road Route (Case Study: Chafroud Watershed Guilan Province), Watershed Management Research, 1(1): 17-29 (In Persian).
9. Ahmadi, E., A. Dervish adjective, M. Makhdoom and Sh. Abolqasemi. 2005. Road Routing Based on Environmental GIS Principles Using Geomatics Conference 84, 8 pp (In Persian).
10. Anonymous. 2011. Kohimish forestry revision plan.
11. Buia, D.T., B. Pradhanc, O. Lofmana, I. Revhauga and O.B. Dicka. 2012. Landslide susceptibility mapping at Hoa Binh province (Vietnam) using an adaptive neuro-fuzzy inference system and GIS. Computers & Geosciences, 45: 199-211.
12. Kalarstagi, A.S., M. Habib Nejad and H. Ahmadi. 2007. Study of landslides occurring in relation to land use change and road construction Case study of Tajan watershed, Sari. Geographic Research, 62 (86): 91-81 (In Persian).
13. Fattahi Bandpei, M., M. Ghafouri, Gh. Lashkaripoor and N. Hafzii Moghads. 2012. Locating the Pathway Band-Banay Road in the south of Neka using GIS. Practical Geology Quarterly, 2: 123-111 (In Persian).
14. Graee, P., H. Karimi and M. Timurid. 2011. Landslide hazard zonation in Vavanest watershed – Sari. Seventh National Conference on Watershed Engineering Sciences, 8 pp (In Persian).
15. Graee, P., H. Karimi and M. Tavakoli. 2007. Landslide hazard zonation and determining the factors affecting it in the Ilam Dam area. Water and Soil Science, 53: 99-111 (In Persian).
16. Hayati, A., B. Majnonian, A. Abdi, A. Dastrang and A.A. Nazari Samani. 2012. Landslide risk zoning for use in the design of forest road network. Journal of Forest and Wood Products, Iranian Journal of Natural Resources, 65(1): 19-32 (In Persian).
17. Hosseini, S.A. 1993. Study of the landslide phenomenon on mountainous roads, Master's Thesis, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University. 98 p. Faculty of Natural Resources, Sari, 60 pp (In Persian).
18. Hosseini, S.A., R. Lotfi, M. Lotfalian, A. Kavian and A. Parsakhoo. 2011. The effect of terrain factors on landslide features along forest road African Journal of Biotechnology, 10(64): 14108-14115.
19. Kamani, M. and M. Dadkhah. 2011. Investigating the role of the slope in the zoning of the risk of landslide and eliminating the errors of the collected articles of the thirteenth congress of earth sciences from 1 to 3 March 2011. 7 pp (In Persian).
20. Kanungo, D.P. and S. Sarkar. 2003. Landslides and terrain parameters in Darjeeling Himalaya. Jour. of Himalayan Geology, Dehradun, (24): 55-62.
21. Motavaly, M., R. Ismaili and M.M. Hosseinzadeh. 2009. Determination of landslide landslide sensitivity using logistic regression in Mazandaran province basin. Natural History Quarterly, 2(5): 73-83 (In Persian).
22. Mousavi Khatir, S.Z., A. Kavian and K. Solimani. 2010. Preparation of landslide susceptibility map in Sajavand watershed using logistic regression model. Journal of Agricultural Science and Technology of Natural Resources, Water and Soil Science, 53: 99-111 (In Persian).
23. Mohammadi, M., H. Pourghasemi and P. Feyznaya. 2010. Analyzing and estimating landslide hazard using the hierarchical analysis process method in a part of the road of Haraz. Moderator of Human Sciences - Space Planning and Planning, 14(2): 155 pp (In Persian).
24. Mohammadi, M. and A. Pourghasemi. 2017. Prioritization of Landslide-Conditioning Factors and its Landslide Susceptibility Mapping using Random Forest New Algorithm, Journal of Watershed Management Research, 8(15): 161-170 (In Persian).
25. Pourghasemi, H., G. Jirandeh, A. Pradhan, B. Chong xu and C. Gokceoglu. 2013. Landslide susceptibility mapping using support vector machine and GIS at the Golestan Province, Iran. Journal of Earth System Science, 122(2): 349-369.
26. Pradhan, B., A. Chaudhari, J. Adinarayana and M.F. Buchroithner. 2012. Soil erosion assessment and its correlation with landslide events using remote sensing data and GIS: a case study at Penang Island, Malaysia. Environmental Monitoring and Assessment, 184(2): 715-727.
27. Rafta Nia, N., M. Kavianpour and T. Ahmadi. 2011. Investigating the causes of landslide phenomenon in Golindrood Forest (Case Study, Series 3 of Watershed Area 48). Journal of Science and Technology of Natural Resources, 6(1): 63-53 (In Persian).
28. Rafta Nia, N., M. Kavianpour and T. Ahmadi. 2010. Study of the causes of landslide in Glendrood forest (Case study, Series 3, Watershed Area 48), Journal of Natural Resources Science and Technology, 6(1): 53-63.
29. Sarikhani, N. and B. Majnanian. 2005. Guidelines for the design, implementation and exploitation of forest roads. Journal Publications of Planning and Budget Organization, 131:170 pp (In Persian).
30. Shadfar, P. and M. Yamani. 2007. Landslide hazard zonation in the Jalisen watershed using the LNRF model. Geographic Research, 62: 11-23 (In Persian).
31. Yalcin, A. 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, Catena, 1-12.
32. Zare, M., H. Ahmadi and Sh. Gholami. 2010. Landslide hazard assessment using multi-criteria decision making process and Geographic Information System (GIS) Case Study, Waz Basin. Scientific Papers of Natural Ecosystems of Iran, 1(2): 179-168 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]

Investigation of Landslide Ranger Zoning using Analytical Hierarchy Process in GIS Environment (Case Study: Azadshahr Kohmian Forestry Design)

Abdolmajid Jarjani[1], Hasan Akbari[2], Seyyed Ata Hosseini[3] and Omid Abdi[4]

1- Graduted M.Sc. Student, In Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (Corresponding author: hassan_akbarivas@yahoo.com)
3- Professor of Forestry and Forest Economics Department of Tehran University, Karaj
4- Graduted M.Sc. Student, Forest Sciences Faculty, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University
Received: December 5, 2017 Accepted: August 7, 2018

Abstract

Landslide is one of the destructive phenomena of natural resources and threatens the sustainability of forest roads. The purpose of this study is to determine the zoning of land risk for the stability of forest roads using the process of analyzing the hierarchy in the GIS. The final zoning map of landslide hazard based on the combination of different maps and main criteria of topography, vegetation, geology, soil, waterways and roads, in 5 classes of landslide danger (40.19%), high risk (30.99%), medium risk (22.5%), low risk (6.29%) and very low risk (0.03%). According to the results, the maximum area of landslide in terms of slope (15-30%), in terms of direction (north direction), in terms of soil depth (100-110 cm depth), soil permeability (with good permeability), in terms of The geology (jmz and ql formations), in terms of distance from the fault (0-200 m), is recorded in terms of distance from the road (0-100 m) in terms of distance from the road (0-100 m). Which is based on the AHP process of accuracy.

Keywords: Analytical Hierarchy process (AHP), Geography information system (GIS), Main criterion, Road forest, Slippage, Zoning map

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.23.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.197]