



بررسی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش 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 عطااله 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

زمین لغزش یکی از پدیده‌های مخرب منابع طبیعی بوده و پایداری جاده‌های جنگلی را تهدید می‌کند. هدف از تحقیق حاضر پهنه‌بندی خطر زمین لغزش جهت پایداری جاده‌های جنگلی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در سیستم اطلاعات جغرافیایی است. نقشه پهنه‌بندی نهائی خطر زمین لغزش بر اساس تلفیق نقشه‌های مختلف و معیارهای اصلی توپوگرافی، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک، آبراهه و جاده، در ۵ کلاس 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 (۰/۰۳ درصد) به دست 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 نفوذپذیری خوب)، از نظر زمین‌شناسی (سازند jmz و ql)، از نظر فاصله از گسل (فاصله ۲۰۰+ متر)، از نظر فاصله از آبراهه (فاصله ۱۰۰+ متر)، از نظر فاصله از جاده (فاصله ۱۰۰+ 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

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 زیست‌محیطی مؤثر بر مسیریابی را در محیط GIS شناسایی کرده‌اند. این عوامل عبارتند از زمین‌شناسی، فرسایش‌پذیری خاک، شیب، کاربری

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 حیات وحش 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

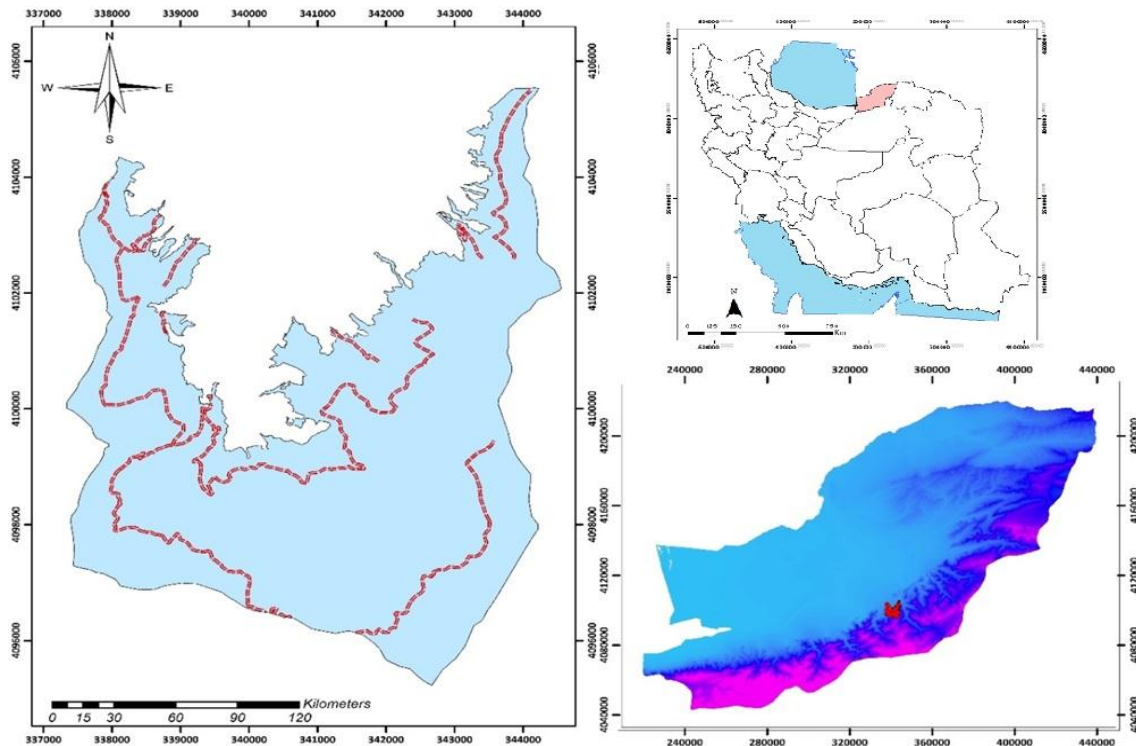
شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، زهکشی و فاصله از جاده انجام داده و نتیجه آن نشان داد که روش تحلیل سلسله مراتبی مناطق با حساسیت بالا و بسیار بالا را نسبت به واقعیت صحیح‌تر پیش‌بینی می‌کند (۴). در ارزیابی خطر زمین لغزش در شهر از میر ترکیه با استفاده از داده‌های سنجش از دور و GIS با توجه به قرار داشتن منطقه مورد مطالعه در منطقه فعال لرزه خیز، داده‌های لرزه 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 به‌سازمان تصمیم‌گیرنده 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 سلسله 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 ۳۷° ۰۰' 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).

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 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 آبی 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 کرده‌اند. 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 تأثیر بسزایی را ایفا می‌کند (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،



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، ملج‌آرام، 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 ۱۹۰ متر 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 میانگین 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، خرمنندی 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، لانا 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.

جدول ۱- ترجیحات پرسشنامه

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

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 دوجه 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 زمین لغزش مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از نرم‌افزار GIS و نقشه مدل رقمی ارتفاعی زمین، نقشه‌های زمین لغزش‌های موجود و نقشه‌های معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مؤثر در خطر زمین لغزش 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 زمین لغزش در ۵ کلاس خطر زمین لغزش به‌دست آمد.

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 زمین لغزش استفاده خواهد شد. با استفاده از نرم‌افزار GIS و نقشه مدل رقمی 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 رتبه‌بندی 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 کلاس 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،

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

| 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 ۰/۳۷۱۶۳ |
| اسکیدرو 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

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).

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.

جدول ۳- رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات شیب

Table 3. Risk of landslide hazard in slope categories

| رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه | نسبت لغزش به نسبت کل | تعداد پیکسل لغزش | تعداد پیکسل‌ها | مساحت هکتار | طبقات شیب |
|----------------------------|----------------------|------------------|----------------|-------------|-----------|
| ۵ | ۰/۲۲۳۹۹۰۲۰۸ | ۱۸۳ | ۸۱۷ | ۳۴۸/۶۸ | ۰-۱۵ |
| ۴ | ۰/۰۱۶۹۹۱۳۳۷ | ۴۷۸ | ۲۸۱۳۲ | ۱۱۲۵/۲۸ | ۱۵-۳۰ |
| ۳ | ۰/۰۰۹۳۹۳۱۴ | ۲۶۷ | ۲۸۴۲۵ | ۱۱۳۷ | ۳۰-۴۵ |
| ۲ | ۰/۰۰۷۳۰۲۳۷۹ | ۱۲۰ | ۱۶۴۳۳ | ۶۵۷/۳۲ | ۴۵-۶۰ |
| ۱ | . | . | ۶۷۶۰ | ۲۷۰/۴ | ۶۰-۷۵ |
| ۱ | . | . | ۲۰۵۷ | ۸۲/۲۸ | >۷۵ |

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

Table 4. Landslide risk rating table in slope steps

| رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه | نسبت لغزش به نسبت کل | تعداد پیکسل لغزش | تعداد پیکسل‌ها | مساحت هکتار | طبقات جهت شیب |
|----------------------------|----------------------|------------------|----------------|-------------|---------------|
| ۴ | ۰/۰۱۲۳۱۳۴۶۷ | ۴۵۲ | ۳۶۴۱۵ | ۱۴۵۶/۶ | شمال |
| ۳ | ۰/۰۰۵۵۰۴ | ۸۶ | ۱۵۶۲۵ | ۶۲۵ | شرق |
| ۲ | ۰/۰۰۲۲۴ | ۷ | ۳۱۲۵ | ۱۲۵ | جنوب |
| ۵ | ۰/۱۴۲۱۳۰۵۴۵ | ۵۰۳ | ۲۵۳۹ | ۱۴۱۴/۳۶ | غرب |

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 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

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

Table 5. Landslide risk rating in depths of soil

| رتبه خطر زمین لغزش هر طبقه | نسبت لغزش به نسبت کل | تعداد پیکسل لغزش | تعداد پیکسل‌ها | مساحت هکتار | طبقات عمق خاک CM |
|----------------------------|----------------------|------------------|----------------|-------------|------------------|
| ۱ | ۰/۰۰۰۷۵۵۲۸۷ | ۳ | ۳۹۷۲ | ۱۵۸/۸۸ | >۱۱۰ |
| ۳ | ۰/۰۰۷۵۹۵۰۹۴ | ۳۶۶ | ۴۸۱۸۹ | ۱۹۵۷/۵۶ | ۱۱۰-۱۰۰ |
| ۵ | ۰/۰۲۳۷۵۱۴۱۶ | ۵۱۴ | ۲۲۵۹۲ | ۹۰۳/۶۸ | ۱۰۰-۹۰ |
| ۴ | ۰/۰۲۱۷۶۱۳۰۶ | ۱۲۸ | ۵۸۸۲ | ۲۳۵/۲۸ | ۷۵-۹۰ |
| ۲ | ۰/۰۰۳۷۶۶۶۷ | ۳۷ | ۹۸۲۳ | ۳۹۲/۹۲ | کمتر از ۷۵ |

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

Table 6. Landslide risk rating in soil permeability classes

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

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 | . | ۱ |

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).

نزدیک به ۶۰ درصد عرصه مورد مطالعه را پوشش گیاهی ممزر 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

جدول ۸- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در معیار پوشش گیاهی

| کلاس خطر | مساحت هکتار | درصد عبور جاده | طول جاده (متر) |
|---------------|-------------|----------------|----------------|
| خطر خیلی 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 |

آبشویی در هنگام سیلابی شدن کناره رودخانه‌ها و برداشت پنجه در کناره آبراهه‌ها ارتباط پیدا می‌کند (جدول ۹).

در بررسی جدول فراوانی لغزش در طبقات فاصله از آبراهه‌ها در فاصله صفر تا ۱۰۰ متری از آبراهه‌ها روی داده و به

جدول ۹- جدول رتبه‌بندی خطر زمین لغزش در طبقات فاصله از آبراهه

| 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 | ۰/۰۱۱۷۱۹۳۳۹ | ۴ |
| ۱۰۰۰-۵۰۰ | ۴۷۱/۹۶ | ۱۱۷۹۹ | ۱۲۸ | ۰/۰۱۰۸۴۸۳۷۷ | ۴ |
| >۱۰۰۰ | ۱۱۷/۳۶ | ۲۹۳۴ | ۰ | . | ۱ |

خوردن عرصه با جاده‌سازی بوده و یا عدم رعایت اصول فنی نگهداری و یا احداث جاده است (جدول ۱۰).

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

جدول ۱۰- رتبه‌بندی خطر زمین‌لغزش در طبقات فاصله از مسیر جاده

| 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 | ۰/۰۱۲۴۸۹۳۱۶ | ۴ |

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).

در بررسی جاده عبوری در نقشه کلاسه‌بندی خطر توپوگرافی بیشترین عبور جاده در حدود ۴۵ درصد از جاده احدثی از کلاسه خطر خیلی زیاد عبور کرده و تنها در حدود یک درصد از جاده از منطقه خطر خیلی کم عبور می‌کند. در

جدول ۱۱- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در معیار خاک

Table 11. Landslide hazard zonation results in soil criteria

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

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 احدثی از کلاسه خطر زیاد و خطر خیلی زیاد عبور کرده است (جدول ۱۳).

در بررسی جدول کلاسه‌بندی خطر از نظر زمین شناسی بیشترین عبور جاده حدوداً نیمی از جاده احدث 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

جدول ۱۲- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در معیار زمین شناسی

Table 12. Landslide hazard zonation results in geological criteria

| طول جاده (متر) | درصد عبور جاده | مساحت هکتار | کلاسه خطر |
|----------------|----------------|-------------|---------------|
| ۱۱۳۳/۰۲۵۰۲۷ | ۳/۷۷۳۹۳۰۹۰۶ | ۲۴۲/۴۴ | خطر خیلی کم |
| ۷۶/۴۷۷۳۷۰۸۳ | ۰/۲۵۷۰۰۲۵۶۶ | ۶۹۰/۸۴ | خطر کم |
| ۷۰۵۰/۷۵۲۳۴۴ | ۲۳/۶۹۴۰۸۶۲۲ | ۶۹۴/۷۲ | خطر متوسط |
| ۱۴۶۷۸/۹۹۱۱۸ | ۴۹/۳۲۸۱۹۹۲ | ۱۲۸۹/۲۸ | خطر زیاد |
| ۶۸۲۸/۱۸۸۹۱۷ | ۲۲/۹۴۶۱۶۱۱۱ | ۶۱۷/۲۸ | خطر خیلی زیاد |

جدول ۱۳- نتایج پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در معیار آبراهه

Table 13. Results landslide hazard zonation in the criterion stream

| طول جاده (متر) | درصد عبور جاده | مساحت هکتار | کلاسه خطر |
|----------------|----------------|-------------|---------------|
| - | - | ۱۱۷/۳۶ | خطر خیلی کم |
| ۶۲۶۴/۵۷۴۹۷۹ | ۲۰/۸۱۳۵۷۸۰۶ | ۷۶۸/۳۶ | خطر کم |
| ۴۷۰۳/۹۱۸۱۷۴ | ۱۵/۶۲۸۴۱۵۸۱ | ۶۳۸/۲ | خطر متوسط |
| ۹۰۸۷/۶۷۳۱۶۲ | ۳۰/۱۹۳۱۰۸۹۳ | ۱۱۴۴/۷۲ | خطر زیاد |
| ۱۰۰۴۲/۳۳۳۸۹ | ۳۳/۳۶۴۸۹۷۲۱ | ۹۴۸/۶۸ | خطر خیلی زیاد |

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).

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 احدثی 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

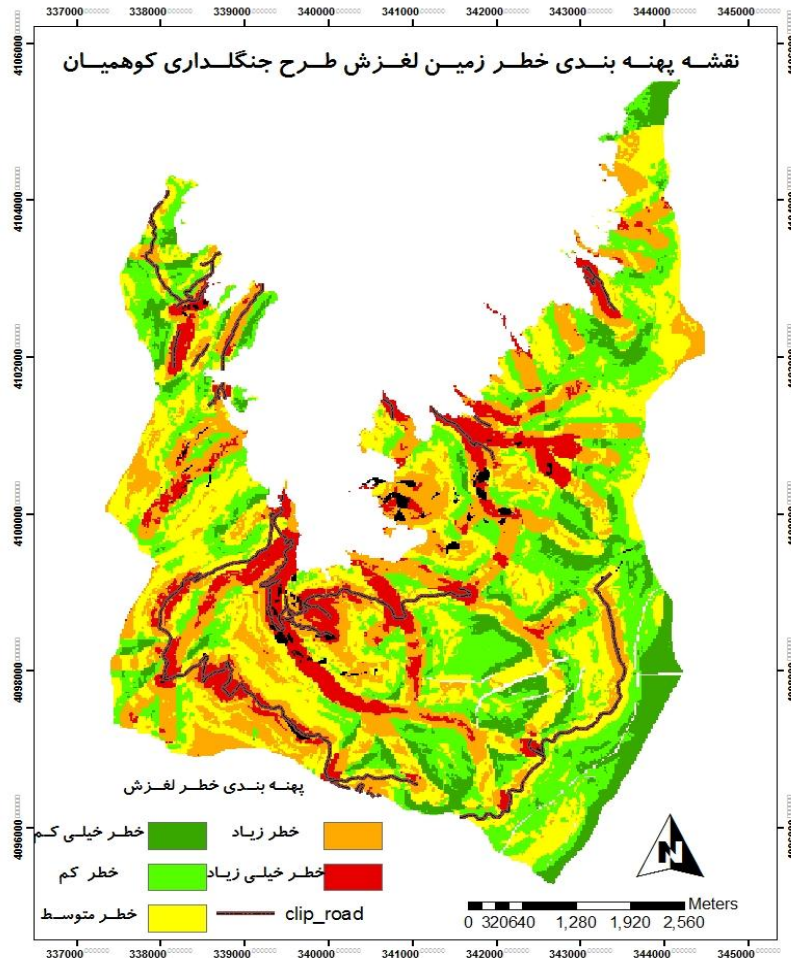
جدول ۱۴- نتایج پهنه‌بندی نهائی خطر زمین لغزش

Table 14. Results zoning Landslide

| طول جاده (متر) | درصد عبور جاده | تعداد پیکسل زمین لغزش | درصد وقوع زمین لغزش | مساحت هکتار | کلاسه خطر |
|----------------|----------------|-----------------------|---------------------|-------------|---------------|
| ۹/۹۱۳۰۸۸۷۴۸ | ۰/۰۳۳۳۷۸۹۷۸ | ۱ | ۰/۰۹۶۰۶۱۴۷۹ | ۳۴۷/۵۶ | خطر خیلی کم |
| ۱۸۶۷/۶۹۲۵۵۵ | ۶/۲۸۸۸۳۳۸۶ | ۲۸ | ۲/۶۸۹۷۲۱۴۳۲ | ۹۱۳/۶۸ | خطر کم |
| ۶۶۸۲/۵۶۳۵۲۲ | ۲۲/۵۰۱۲۷۵۲۴ | ۱۷۱ | ۱۶/۴۴۶۵۱۲۹۷ | ۱۰۴۶/۰۴ | خطر متوسط |
| ۹۲۰۴/۱۵۰۵۴۶ | ۳۰/۹۹۱۸۶۷۷۳ | ۴۱۲ | ۳۹/۵۷۷۳۲۹۴۹ | ۸۱۸/۹۲ | خطر زیاد |
| ۱۱۹۳۴/۲۷۹۳۴ | ۴۰/۱۸۴۶۵۴۱۹ | ۴۲۹ | ۴۱/۲۱۰۳۷۴۶۴ | ۳۸۲/۰۴ | خطر خیلی زیاد |

است و در حدود ۷۱ درصد از جاده موجود نیز طبق پهنه‌بندی انجام شده در کلاسه خطر زیاد و خطر خیلی زیاد واقع شده است (شکل ۲).

در حدود ۸۱ درصد زمین لغزش‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه در کلاسه‌های خطر زیاد و خطر خیلی زیاد اتفاق افتاده که این امر نشان دهنده صحت نقشه بدست آمده



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

سایر فعالیت‌های طرح را نیز تحت الشعاع قرار خواهد داد و بیشتر نیز با حرکت خاک و زمین باعث فرسایش و از بین 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

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

کناره رودخانه‌ها و برداشت پنجه 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 لغزش‌ها 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.

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 ممز 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 آبشویی در هنگام سیلابی شدن

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 Design model. Sadhana, 31: 621-633.
4. Akgun, A., C. Kincal 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).

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. Parsakho. 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).

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

Abdolmajid Jarjani¹, Hasan Akbari², Seyyed Ata Hosseini³ and Omid Abdi⁴

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