دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

اثر مشخصات فنی و زهکشی جاده بر زمین‌لغزش‌های کنارجاده‌ای در حوزه جنگلی ۸۵ استان گلستان

آیدین پارساخو [۱]، ایوب رضایی‌مطلق [۲]، بنیامین متین‌نیا [۳] و زهره غلامی [۴]

۱- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، (نویسنده مسوول: aiubrezaee@yahoo.com)
۳- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲
صفحه: ۴۷ تا ۵۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: شناسایی میزان اثرگذاری مشخصات فنی مختلف و شرایط زهکشی راه یک روش علمی برای به تصویر کشاندن نقاطی است که خطر وقوع لغزش در آن‌ها وجود دارد.. زمین‌لغزش‌ها خسارت‌ها و مشکلاتی از قبیل افزایش هزینه ساخت جاده، افزایش هزینه نگهداری و تعمیرات، اختلال در حمل و نقل و بالا بردن خسارات به ماشین‌ها را به وجود می‌آورد. لذا به توجه به پیامدهای مخربی که زمین‌لغزش‌های کنارجاده‌ای بر امکان دسترسی به عرصه و هزینه‌های نگهداری راه متوجه مسئولین می‌سازد لازم است عوامل اصلی محرک زمین‌لغزش‌ها شناسایی و راهکارهای اجرایی مناسب جهت کنترل آنها اتخاذ شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر مشخصات فنی و زهکشی راه بر زمین‌لغزش‌های کنار جاده‌ای در حوزه جنگلی ۸۵ استان گلستان بود.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر ابتدا کل جاده‌های جنگلی حوزه پیمایش شد و تمامی زمین‌لغزش‌ها با مساحت‌های مختلف توسط سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) به ثبت رسید. سپس مشخصات فنی جاده شامل شیب طولی، ارتفاع و شیب ترانشه، حجم ترافیک، عرض و عمق جوی کناری، فاصله از آبروهای عرضی و قطر آبروها تا مسافت ۱۰۰ متری از دو طرف هر نقطه لغزشی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. همبستگی عوامل فنی و زهکشی جاده با فروانی فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها به کمک تجزیه و تحلیل آماری مشخص شد.

یافته‌ها: در مجموع ۱۲۱ مورد زمین‌لغزش در حوزه آبخیز ۸۵ استان گلستان به ثبت رسید که از این میان ۲۲ مورد در جاده‌های با استاندارد بالا، ۳۰ مورد در جاده‌های با استاندارد متوسط و ۶۹ مورد در جاده‌های با استاندارد پایین مشاهده شد. به‌طور متوسط هر نقطه لغزشی در جاده‌های با استاندارد بالا، متوسط و پایین به ترتیب ۱۳/۹۵، ۴۳/۱۷ و ۶۰/۱۴ مترمربع مساحت داشت و مساحت کل زمین‌لغزش‌ها در این سطوح استاندارد نیز به‌ترتیب ۳۰۷، ۱۲۹۵ و ۴۱۵۰ مترمربع بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌ها با قطر آبرو، شیب و ارتفاع ترانشه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. بدین معنی‌که با افزایش شیب و ارتفاع ترانشه، تعداد و وسعت زمین‌لغزش‌ها افزایش یافت. همچنین در جاهایی که آبروهای عرضی به دلیل دبی آب از قطر بیشتری برخوردار بودند تعداد و وسعت زمین‌لغزش‌ها بیشتر بود. حداکثر قطر آبروهای عرضی ۱۲۰ سانتی‌متر بود اما به‌دلیل دبی بالا و رطوبت خاک این آبروها نتوانستند جلوی زمین‌لغزش‌ها را بگیرند. لذا توصیه می‌شود در چنین مناطقی از پل و دیواره‌های حفاظتی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع ترانشه، زمین‌لغزش، جاده جنگلی، شیب ترانشه، قطر آبرو عرضی

مقدمه

احداث جاده در جنگل، دارای دو جنبه مثبت و منفی است. از یک‌سو وجود راه‌های ارتباطی و دسترسی در طرح‌های جنگلداری شمال کشور برای انجام امور جنگل مانند حمایت جنگل، پرورش جنگل، جنگل‌کاری، حفاظت و بهره‌برداری متناسب با بوم‌شناختی ضروری است. از طرف دیگر احداث جاده اثرات منفی زیست‌محیطی، از جمله کاهش سطح جنگل، تخریب زهکشی طبیعی، تخریب خاک و رسوب رودخانه‌ای را در پی دارد، به‌ویژه اگر استانداردهای طراحی رعایت نشده باشند. بنابراین با طراحی مناسب جاده‌ها می‌بایست کمترین خسارت به جنگل وارد شود. از این‌رو مطالعه جوانب دقیق اختصاصات ژئومورفولوژیکی، زمین‌شناسی و مکانیک خاک و هیدرولوژی منطقه، می‌تواند در انتخاب تکنیک‌های جاده‌سازی و اجرای عملیات ساختمانی مفید واقع شود (۹،۱۰،۱۵). مسائل متعددی در زمینه تأثیر رفتار خاک بر ساختمان جاده وجود دارد. مسائل مربوط به شرایط پایداری شیروانی‌های خاکی، پایداری دیواره‌های حائل و تأثیر حرکت یا سکون آب‌های زیرزمینی ازجمله مسائلی هستند که بررسی آن‌ها جهت احداث بستر جاده ضروری است. چنانچه ساخت جاده بدون شناخت از منطقه‌ای که قرار است جاده از آن عبور کند صورت می‌گیرد پی‌آمدهای خطرناکی را به دنبال خواهد داشت که از جمله می‌توان به هزینه‌های سنگین جاده‌سازی، نگهداری و بازسازی راه در خاک‌های دارای حساسیت به حرکت‌های توده‌ای و ساخت دیواره‌های حائل جهت تثبیت خاک‌های سطحی و شیروانی‌های خاکی اشاره نمود. به‌منظور جلوگیری و کاستن چنین پیامدهایی، به بررسی مشخصه‌های فنی راه و ظرفیت تخلیه آبروها و ارتباط آن‌ها با فراوانی و وسعت ناپایداری‌ها اقدام می‌شود (۵،۱۷).

ازجمله پدیده‌هایی که در ایران و در بسیاری از نقاط جهان به‌وفور دیده می‌شود، وقوع زمین‌لغزش‌های کنار جاده‌ای است. دانشمندان در طی چند دهه گذشته توجه خاصی به این پدیده طبیعی نموده‌اند (۱). از نظر ژئوتکنیکی، لغزش و رانش شیب‌های طبیعی موقعی رخ می‌دهد که نیروی چسبندگی و اصطکاک داخلی روی یک سطح، ناچیز شده و نیروی ثقل باعث جابجایی توده خاک به طرف پایین شود. لغزش ممکن است ناگهانی و یا تدریجی باشد (۱۱،۱۳). زمین‌لغزش‌ها خسارت‌ها و مشکلاتی از قبیل افزایش هزینه ساخت جاده، افزایش هزینه نگهداری و تعمیرات، اختلال در حمل و نقل و

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]

بالا بردن خسارات به ماشین‌ها را بـه وجـود مـی‌آورد. عوامـل مختلفی در وقوع زمین‌لغـزش دخیـل هسـتند کـه شـدت و ضـعف عملکرد آن‌ها به شرایط طبیعی حاکم در منطقه درگذشـته و حـال و همچنین به نحوه دخالت‌هـای انسـانی در محـیط بسـتگی دارد (۹). اختلال در شبکه جریانات سطحی و همچنین طراحی غیراسـتاندارد جاده‌های جنگلی می‌تواند یکـی از مهم‌تـرین دلایـل وقـوع زمـین لغزش‌های کنـار جـاده‌ای باشـد. عـدم انجـام لوله‌گـذاری و نصـب تأسیسات زهکشی در مکان‌های ضروری و عدم تناسب ابعاد آبروهـا با دبی جریان می‌تواند سبب انباشته شدن جریانات و افزایش قـدرت تخریبی آن‌ها گردد (۶). همچنین مشخصـات غیراسـتاندارد جـاده از قبیل ترانشه‌های مرتفـع و پرشـیب، ترافیـک بـالا و از بـین رفـتن پوشش گیاهی از عوامل فنی محرک لغـزش محسـوب مـی‌شـوند. لغزش و ناپایداری شیروانی‌ها موجب تخریـب و انسـداد راه‌هـا و یـا حداقل کاهش کیفیت و ایمنی آن‌ها می‌شـود و از جملـه پیامـدهای آن هزینـه‌هـای هنگفـت بازسـازی و نگهـداری جـاده اسـت (۲۴)؛ بنابراین ضروری است که مسائل ناپایداری کنـار جـاده‌ای و عوامـل دخیل در آن به‌طور گسترده و منسجم مورد پژوهش قـرار گیـرد تـا هم از آسیب بیشتر بـه سـرمایه‌هـای ملـی جلـوگیری شـود و هـم موجبات توسعه راه‌ها فراهم شود. رفتارسنجی بـه معنـی نظـارت است و منظور از آن هوشیاری از وضعیت یک سامانه یا پدیده از طریق مشاهده دگرگونی‌هایی است که ممکن است با گـذر زمان در آن سامانه یا پدیده رخ دهد (۷).

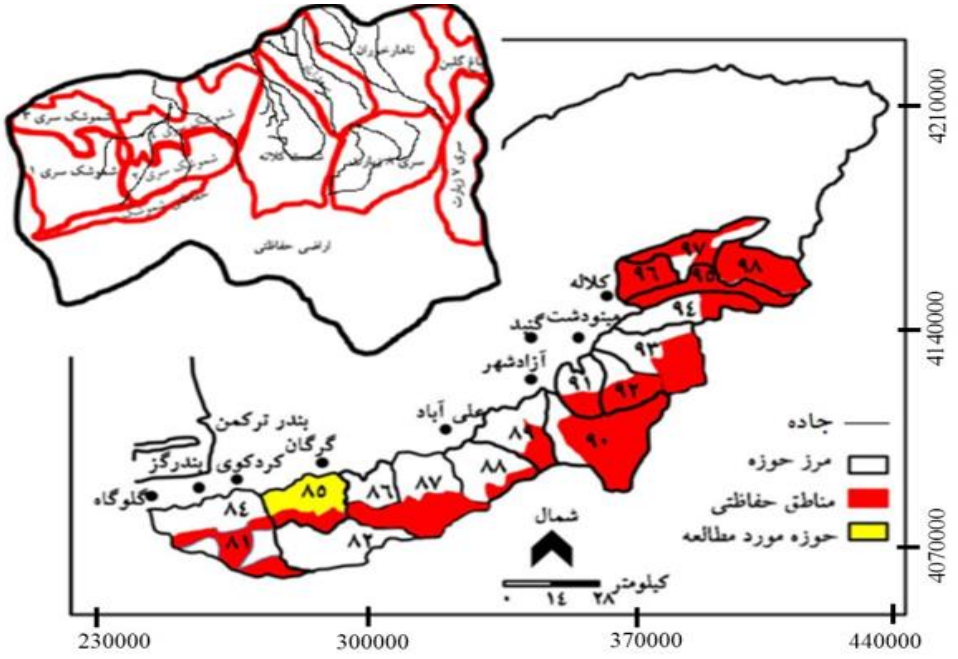
وو و همکاران (۲۲) در مطالعه خود در حاشیه رودخانه یانگسته چین به این نتیجه رسیدند که شیب بالای دامنـه‌ها از عوامـل اصلی بیشتر لغزش‌هـا بـود. ومپـل (۲۳) اثـر متقابـل جـاده و جریانات دامنه را در مناطق جنگلی کوهسـتانی بررسـی کـرد. وی دریافت که وضعیت توپوگرافی، شیب و طول دامنه، عمق و ویژگی‌های خاک از عوامل مؤثر در ایجـاد روانـاب و لغـزش است. سرکار و کانگو (۱۸) طی پژوهشی در منطقه هیمالیا بـه این نتیجه رسیدند که وقوع زمین‌لغزش‌هـا بـا برخـی عوامـل مانند جاده‌سازی، تـراکم زهکشـی و گسـل در ارتبـاط اسـت. هویکین و همکاران (۸) به مطالعه تـاثیر عوامـل محیطـی بـر پایداری جاده‌ها در مناطق کوهستانی پرداختند و نشـان دادنـد که شیب دارای همبستگی منفـی بـا ضـریب پایـداری اسـت. طالبی و همکاران در طبقه‌بندی عرصه‌های جنگلـی حفاظـت شده جهت طراحی شـبکه جـاده سـه معیـار شـیب، ارتفـاع و زمین‌شناسی را به عنوان مهم‌ترین فاکتورهای پایداری معرفی کردند (۲۱). نفسلیوگلو و همکاران (۱۶) عوامل موثر در وقـوع حرکت‌های توده‌ای در حوزه‌ی آبخیز ایسپیر (واقـع در شـمال شرقی ترکیه) را با استفاده از روش آماری چند متغیره بررسـی نمودند و به این نتیجه رسیدند که درجه شیب، ارتفاع از سطح دریا و فاصله از جاده‌ها مهم‌ترین عامل در وقوع حرکـت‌هـای توده‌ای در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. ابراهیمی و همکـاران (۴)، به بررسی اثر جاده‌سازی بر وقوع زمین‌لغزش‌های سطحی با استفاده از مدل پایـداری دامنـه‌ها در حوضـه آبخیـز کـلات پرداختند. نتایج نشان داد که جاده‌سازی در دامنه‌هایی با شیب تنـدتر (بـیش از ۱۷ درجـه) باعـث کـاهش پایـداری دامنـه‌ها می‌شود. نتایج پژوهش‌های ابراهیمی و همکاران (۳) نشان داد که احداث جاده و انجـام عملیـات خـاک‌برداری، سـبب قطـع جریان روانـاب و جریانـات زیرسـطحی دامنـه‌ها شـده و ایـن جریانات به‌صورت رواناب در سطح دامنه خـاک‌برداری و روی جاده جاری‌شده و سبب ناپایداری شیب دامنه‌های خاک‌برداری می‌شود. بیشتر تحقیقات صورت گرفته به این موضـوع اشـاره دارند که جاده‌ها یکی از عوامل اصلی و محرک زمین‌لغزش در اراضی جنگلی هستند و در رابطه بـا زمـین‌لغـزش‌هـای کنـار جاده‌ای نیز پژوهش‌ها معطوف به تهیه نقشه خطر با توجه بـه معیارهای محیطی تأثیرگذار شامل زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، اقلیم، شیب، جهت، فاصله از گسل و غیـره بـوده‌انـد. در ایـن میان پژوهشی که به‌طور تخصصی به بررسی تأثیر مشخصات زهکشی و فنی جاده روی فراوانی و وسعت لغزش‌ها پرداختـه باشد به‌ندرت انجام شده اسـت. لـذا بـه توجـه بـه پیامـدهای مخربی که زمین‌لغزش‌های کنارجاده‌ای بر امکان دسترسی به عرصه و هزینه‌های نگهداری راه متوجـه مسـئولین مـی‌سـازد لازم است عوامل اصلی محرک زمـین‌لغـزش‌هـا شناسـایی و راهکارهای اجرایی مناسب جهت کنترل آنها اتخاذ شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر مشخصات فنی و زهکشـی راه بـر زمین‌لغزش‌هـای کنـار جـاده‌ای در حـوزه جنگلـی ۸۵ اسـتان گلستان بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تحقیقات در حوزه آبخیز جنگلی ۸۵ استان گلستان به اجـرا درآمد. جنگل‌های حوزه آبخیز شـماره ۸۵ در سـال ۶۶-۱۳۶۵ در قالب طرح جامع مقدماتی جنگل‌های شـمال کشـور مـورد مطالعه و شناسایی قرار گرفـت. حـوزه آبخیـز ۸۵ دربرگیرنـده سری‌های یک، دو، سه و چهار شموشک، سری‌های یک و دو شصت‌کلاته، سری‌های هفت و هشت زیارت، سری سـعدآباد، سـری ناهـارخوران و سـری بـاغ‌گلـبن اسـت. در ایـن طـرح پژوهشی برداشت جاده‌های سـری بـاغ‌گلبن بـه‌دلیـل خرابـی جاده‌ها و عدم امکان دسترسی میسر نشد (شکل ۱).

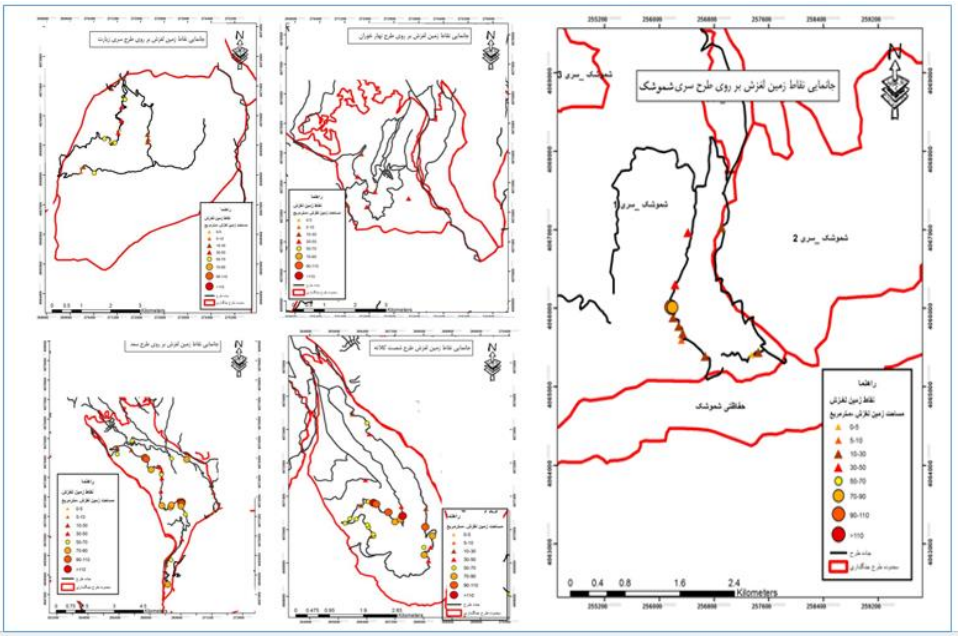
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Geographic location of the study area

روش تحقیق

در پژوهش حاضر ابتدا کل جاده‌های جنگلی حوزه آبخیز ۸۵ شامل سری‌های زیارت، شموشک، سعدآباد، نهارخوران و شصت‌کلاته پیمایش شد و موقعیت تمامی زمین‌لغزش‌ها توسط سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت و مساحت آنها به‌کمک متر لیزری مدل Distance Master 60 اندازه‌گیری گردید (شکل ۲). سپس مشخصات فنی جاده شامل شیب طولی، ارتفاع و شیب ترانشه، حجم ترافیک، عرض و عمق جوی کناری، فاصله از آبروهای عرضی و قطر آبروها تا مسافت ۱۰۰ متری (به‌دلیل وفور لغزش‌های متأثر از جاده تا این عمق) از دو طرف هر نقطه لغزشی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. شیب طولی جاده و شیب ترانشه‌ها توسط دستگاه شیب‌سنج، ارتفاع ترانشه، عرض و عمق جوی کناری، قطر آبروها و فاصله تا آبروهای عرضی توسط متر و حجم ترافیک از طریق استعلام از نگهبانی طرح‌ها (ثبت تردد روزانه انواع وسایل نقلیه) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.



شکل ۲- نقشه زمین لغزش‌های ثبت شده روی شبکه جاده‌های مناطق مورد مطالعه
Figure 2. Recorded landslides on forest road network in study areas

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]

همچنین جاده‌های مورد مطالعه براساس تجربیات بخش اجرا، نگارندگان مقاله و اطلاعات مندرج در نشریه ۱۳۱ سازمان برنامه و بودجه به سه طبقه استاندارد بالا، استاندارد متوسط و استاندارد پایین تقسیم شدند (جدول ۱). معیار این طبقه‌بندی کنترل حجم و سرعت رواناب به‌عنوان یکی از محرک‌های اصلی وقوع زمین‌لغزش می‌باشد. موقعیت مکانی عوارض نقطه‌ای شامل زمین‌لغزش‌ها و عوارض خطی شامل جاده‌ها در نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استخراج گردید و روی نقشه محدوده سری‌های جنگلی به نمایش درآمد.

جدول ۱- طبقه‌بندی استاندارد جاده‌های جنگلی درجه دو بر اساس نشریه ۱۳۱ (۱۳۷۳)
Table 1. Classification of the standard levels of forest main roads based on publication of 131 (1994)

مشخصات جاده	بالا	متوسط	پایین
شیب طولی (درصد)	کمتر از ۵	۶ تا ۹	بیشتر از ۱۰
درصد خاک لخت ترانشه	کمتر از ۲۵	۲۶ تا ۵۰	۵۱ تا ۱۰۰
فاصله قطعه تا آبرو (m)	کمتر از ۱۵۰ متر	۲۰۰-۱۵۱ متر	بیشتر از ۲۰۱ متر
حجم ترافیک (تعداد وسیله نقلیه در ساعت)	کمتر از ۲	۴-۲	بیشتر از ۴
ارتفاع ترانشه خاک‌برداری (m)	کمتر از ۱/۵ متر	۱/۶ تا ۲ متر	بیشتر از ۲/۱ متر
درصد شیب ترانشه خاک‌برداری	کمتر از ۴۰ درجه	۴۱ تا ۵۰ درجه	بیشتر از ۵۱ درجه
عمق جوی کناری (m)	۳۱ تا ۳۵ سانتی‌متر	۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر	۲۴>عمق > ۳۶
عرض جوی کناری (m)	۱ تا ۱/۲ متر	۰/۸ تا ۰/۹ متر	۰/۷>عرض>۱/۲

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن توزیع مشاهدات با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. آنالیز همبستگی پیرسون بین مشخصات فنی جاده‌های جنگلی با فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها و همچنین آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (به روش دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد) با نرم‌افزار SAS انجام پذیرفت (۱۹).

نتایج و بحث

فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در طرح جنگلداری ناهارخوران

بر اساس نتایج مطالعات میدانی در جاده‌های طرح جنگلداری نهارخوران، در مجموع ۱۴ مورد زمین‌لغزش با متوسط مساحت ۴۴/۸ مترمربع ثبت گردید. همچنین نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که این زمین‌لغزش‌ها بیش از همه متأثر از شیب و ارتفاع ترانشه و فاصله و قطر آبرو بودند ($p<0.05$)، به نحوی که با افزایش شیب ترانشه میزان مولفه نیروی وزن در راستای شیب دامنه افزایش، و به طبع آن پتانسیل ناپایداری، فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌ها نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۲). این یافته با نتایج تحقیقات هیگن و همکاران (۸) مطابقت دارد. آن‌ها دریافتند که پایداری جاده‌ها در مناطق کوهستانی دارای حداکثر همبستگی منفی با شیب دامنه است. طالبی اسفندرانی (۲۰)، به بررسی عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش گله شور در استان چهارمحال و بختیاری پرداخت. محاسبات آنالیز پایداری شیب دامنه با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Stable نشان می‌دهد که شیب، حساسیت سازند مارنی، تخریب و تبدیل پوشش گیاهی، نزولات جوی و جاده‌سازی در پایین‌دست دامنه از عوامل مؤثر در تشدید لغزش می‌باشند.

فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در طرح جنگلداری زیارت

بر اساس نتایج مطالعات میدانی در جاده‌های طرح جنگلداری زیارت، در مجموع ۲۲ مورد زمین‌لغزش با متوسط مساحت ۱۳/۱ مترمربع ثبت گردید. همچنین نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که مساحت این زمین‌لغزش‌ها بیش از همه متأثر از شیب و ارتفاع ترانشه و قطر آبروهای عرضی بود ($p<0.01$)، به نحوی‌که با افزایش فاصله زمین‌لغزش‌ها تا آبرو، مساحت زمین‌لغزش‌ها نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۲). با افزایش فاصله آبرو، تناسب بین ابعاد آبرو و دبی جریان از حالت تعادل خارج و این امر سبب انباشته شدن جریان، افزایش قدرت تخریب، کاهش پایداری و در نتیجه وقوع حرکت توده‌ای، لغزش و رانش شده است. برعکس هرچه فاصله یا طول آبروها کمتر، مقدار دبی و قدرت تخریب کمتر، جریان زهکشی بهتر و زمین لغزش کمتر اتفاق می‌افتد. (۲۴) نیز اشاره کرد که بهترین روش تثبیت شیروانی‌های تحت لغزش، روش زهکشی است. عابدی و همکاران (۱) بیان داشتند که نامناسب بودن جریان زهکشی خاک باعث تحریک و لغزش شیروانی‌های خاکی جاده‌های جنگلی شده است. در همین رابطه سرکار و کانگو (۱۸) طی پژوهشی در منطقه هیمالیا به این نتیجه رسیدند که وقوع زمین‌لغزش‌ها با برخی عوامل مانند جاده‌سازی، تراکم زهکشی و گسل در ارتباط است.

فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در طرح جنگلداری شصت‌کلاته

در جاده‌های طرح جنگلداری شصت‌کلاته، در مجموع ۲۹ مورد زمین‌لغزش با متوسط مساحت ۷۱/۵۵ مترمربع ثبت گردید. همچنین نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که فراوانی و مساحت این زمین‌لغزش‌ها بیش از همه متأثر از شیب ترانشه ($p<0.01$) و ارتفاع ترانشه ($p<0.05$) بود. با افزایش شیب ترانشه نیروی محرک ثقلی و رانشی افزایش یافته است که این امر سبب به هم خوردن تعادل بین نیروی محرک و مقاوم و کاهش نیروی مقاومت در برابر جابه جایی شده است. با کاهش نیروی مقاومت در برابر جابه جایی پتانسیل ناپایداری ترانشه ها افزایش پیدا کرده و در نتیجه فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌ها بیشتر شده است (جدول ۲) کراگستاد (۱۲) در تحقیق خود عوامل مؤثر در ایجاد لغزش را شیب و ویژگی‌های خاک معرفی نمود. وو و همکاران (۲۲)، در مطالعه خود در حاشیه رودخانه یانگسته به این نتیجه رسیدند که بافت سنگین

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]

خاک و شیب بالای دامنه‌ها از عوامل اصلی بیشتر لغزش‌ها در مناطق موردمطالعه بود.

فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در طرح جنگلداری سعدآباد

در جاده‌های طرح جنگلداری سعدآباد، در مجموع ۳۲ مورد زمین‌لغزش با متوسط مساحت ۶۱/۷۸ مترمربع ثبت گردید. همچنین نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که فراوانی و مساحت این زمین‌لغزش‌ها بیش از همه متأثر از شیب ترانشه ($p<0.05$) و ارتفاع ترانشه ($p<0.05$) بود، به نحوی‌که با افزایش شیب و ارتفاع ترانشه، فراوانی و مساحت زمین لغزش‌ها نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۲). مقیمی و همکاران (۱۴) با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه و وزن‌دهی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، میانگین بارش سالانه، فاصله از گسل، آبراهه و مراکز مسکونی دریافتند که از میان متغیرهای موردبررسی، دو عامل شیب و لیتولوژی بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش رودبار داشته است.

فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در طرح جنگلداری شموشک

در جاده‌های طرح جنگلداری شموشک، در مجموع ۲۴ مورد زمین‌لغزش با متوسط مساحت ۳۲/۶۷ مترمربع ثبت گردید. همچنین نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که فراوانی این زمین‌لغزش‌ها بیش از همه متأثر از قطر آبرو و ارتفاع ترانشه ($p<0.05$) بود به نحوی‌که با افزایش ارتفاع ترانشه، فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌ها نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۲). این یافته با نتایج پژوهش‌های کریستینا و کرومیناس (۲) مطابقت دارد. آنها به ارزیابی مستعد بودن زمین‌لغزش کم‌عمق با استفاده از تکنیک‌های آماری چند در نواحی آلپ در پیرنه شرقی پرداختند. یافته‌ها نشان داد که مهم‌ترین عوامل مؤثر در لغزش را به ترتیب زاویه شیب، مساحت حوزه بالادست، کاربری زمین، ضخامت نهشته‌های سطحی و شیب آبراهه اصلی معرفی نمودند. ومپل (۲۳) وضعیت توپوگرافی، شیب و طول دامنه، عمق و ویژگی‌های خاک را از عوامل مؤثر در ایجاد رواناب سطح جاده در زیر حوضه‌ها بیان نموده است.

فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در حوزه آبخیز ۸۵ استان گلستان

در مجموع ۱۲۱ مورد زمین‌لغزش در شبکه جاده‌های جنگلی حوزه آبخیز ۸۵ استان گلستان به ثبت رسید که از این میان ۲۲ مورد در جاده‌های با استاندارد بالا، ۳۰ مورد در جاده‌های با استاندارد متوسط و ۶۹ مورد در جاده‌های با استاندارد پایین به‌وقوع پیوست (شکل ۳). به‌طور متوسط هر نقطه لغزشی در جاده‌های با استاندارد بالا، متوسط و پایین به ترتیب ۱۳/۹۵، ۴۳/۱۷ و ۶۰/۱۴ مترمربع مساحت داشت (شکل ۴) و مساحت کل زمین‌لغزش‌ها در این سه سطح استاندارد نیز به ترتیب ۳۰۷، ۱۲۹۵ و ۴۱۵۰ مترمربع بود. با توجه به جدول ۲ فراوانی زمین‌لغزش‌ها در جاده‌هایی که در مجاورت دره قرار داشتند بیشتر از جاده‌های روی یال و روی دامنه بود. همچنین مساحت زمین‌لغزش‌های حادث شده در جاده‌هایی که در مجاورت دره قرار داشتند بیشتر از جاده‌های روی یال و روی دامنه بود (جدول ۳). نقشه زمین لغزش‌های ثبت شده روی شبکه جاده‌های مناطق مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج آنالیز همبستگی نشان داد که فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌ها با قطر آبرو، شیب و ارتفاع ترانشه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت ($p<0.05$). بدین معنی که با افزایش شیب و ارتفاع ترانشه، تعداد و وسعت زمین‌لغزش‌ها افزایش یافت. همچنین در جاهایی که آبروهای عرضی به دلیل دبی آب از قطر بیشتری برخوردار بودند تعداد و وسعت زمین‌لغزش‌ها بیشتر بود (جدول ۴).

جدول ۲- فراوانی زمین‌لغزش‌ها با توجه به موقعیت جاده در طبیعت

Table 2. Landslide frequency according to the road position on nature

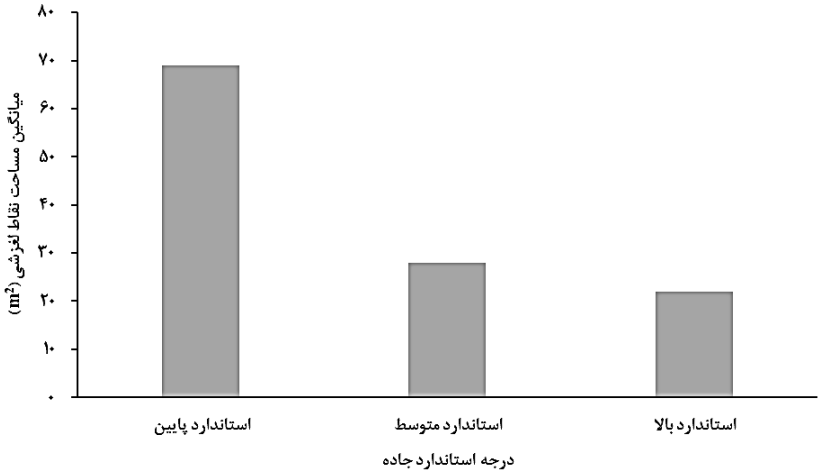
نام سری جنگلی	طول جاده (km)	تعداد زمین‌لغزش در هر کیلومتر			تعداد کل
		یال	دامنه	دره	
ناهارخوران	۳۰/۵	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۲۲	۱۴
زیارت	۱۷/۵	۰/۱۵	۰/۳۶	۰/۷۵	۲۲
شصت کلاته	۳۲	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۴۵	۲۹
سعدآباد	۴۳	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۳۷	۳۲
شموشک	۱۹	۰/۲۰	۰/۳۴	۰/۷۲	۲۴

جدول ۳- مساحت زمین‌لغزش‌ها با توجه به موقعیت جاده در طبیعت

Table 3. Landslide area according to the road position on nature

نام سری جنگلی	طول جاده (km)	مساحت زمین‌لغزش (مترمربع در هر کیلومتر)			مساحت کل (مترمربع)
		یال	دامنه	دره	
ناهارخوران	۳۰/۵	۳/۰۰	۷/۰۰	۱۰/۵۹	۶۲۸
زیارت	۱۷/۵	۳/۱۰	۵/۱۳	۸/۲۳	۲۸۸
شصت کلاته	۳۲	۱۰/۱۲	۱۳/۲۰	۴۱/۵۲	۲۰۷۵
سعدآباد	۴۳	۵/۰۰	۹/۱۷	۳۱/۸۱	۱۹۷۷
شموشک	۱۹	۶/۰۰	۱۳/۰۰	۲۲/۲۶	۷۸۴

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]

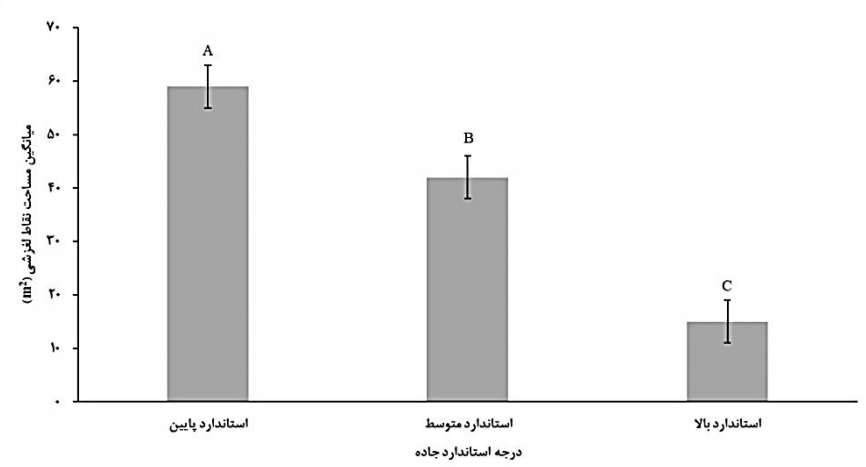


شکل ۳- فراوانی زمین‌لغزش‌ها در درجات مختلف استاندارد جاده‌های جنگلی
Figure 3. Frequency of landslides in different degrees of standard forest roads

جدول ۴- همبستگی مشخصات فنی جاده‌های جنگلی (متر) با فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در طرح جنگلداری ناهارخوران
Table 4. Correlation of technical specifications of forest roads with the frequency and extent of landslides in Naharkhoran forestry plan

متغیرها	ناهارخوران		زیارت		شصت کلاته		سعدآباد		شموشک		کل حوزه ۸۵	
	فراوانی لغزش	مساحت لغزش (m^2)	فراوانی لغزش	مساحت لغزش (m)	فراوانی لغزش	مساحت لغزش (m)	فراوانی لغزش	مساحت لغزش (m)	فراوانی لغزش	مساحت لغزش (m)	فراوانی لغزش	مساحت لغزش (m)
۱	۰/۳۴۲*	۰/۳۵۱*	۰/۳۰۲*	۰/۳۷۷**	۰/۱۹۷	۰/۰۷۱	۰/۱۶۸	-۰/۰۰۸	۰/۲۴۸	۰/۴۵۱**	۰/۳۶۸**	۰/۴۷۲**
۲	۰/۲۷۳	-۰/۱۶۷	۰/۲۲۱	-۰/۰۱۵	۰/۱۰۱	۰/۰۳۸	۰/۱۰۱	-۰/۰۵۱	۰/۱۰۱	-۰/۲۰۰	۰/۱۰۱	۰/۰۲۷
۳	۰/۱۰۵	-۰/۱۵۵	۰/۱۸۲	-۰/۲۲۹	۰/۱۵۳	۰/۲۶۱	۰/۱۱۱	۰/۲۰۶	۰/۱۱۱	-۰/۱۶۷	۰/۱۱۱	۰/۰۴۰
۴	۰/۰۵۳	۰/۱۳۲	۰/۱۵۹	۰/۱۳۲	۰/۱۶۱	-۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۰۸۸	۰/۱۰۲	-۰/۲۶۷	۰/۱۰۲	۰/۰۶۵
۵	۰/۳۲۵*	-۰/۲۴۵	۰/۲۰۰	۰/۱۶۶	۰/۳۵۵*	۰/۲۰۰	۰/۱۹۷	-۰/۲۲۵	۰/۲۲۲	۰/۱۱۲	۰/۳۳۱*	-۰/۱۳۹
۶	۰/۵۹۹**	۰/۵۳۹**	۰/۲۸۸	۰/۳۱۵*	۰/۳۹۷*	۰/۸۱۶**	۰/۳۲۵*	۰/۵۴۶*	۰/۱۱۷	۰/۲۴۸	۰/۳۹۷**	۰/۴۰۷**
۷	۰/۳۴۸*	۰/۲۱۴	۰/۳۶۹*	-۰/۵۵۸	۰/۵۴۷**	۰/۱۸۳	۰/۵۱۰**	۰/۱۴۳	۰/۵۵۷**	۰/۰۵۹	۰/۴۰۰**	۰/۶۸۸**
۸	۱	۰/۲۱۴	۱	۰/۶۵۶**	۱	۰/۲۴۷	۱	۰/۱۵۳	۱	۰/۴۴۴**	۱	۰/۵۵۳**

متغیرهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ به ترتیب عبارتند از قطر آبرو (m)، ابعاد جوی (m) ، شیب طولی (درصد)، خاک لخت (درصد)، فاصله تا آبرو (m) ، شیب ترانشه (درصد)، ارتفاع ترانشه (m) و فراوانی لغزش می‌باشند.



شکل ۴- میانگین مساحت هر زمین‌لغزش در درجات مختلف استاندارد جاده‌های جنگلی
Figure 4. Average area of each landslide in different degrees of standard forest roads

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]

در سالیان اخیر، خلاء مدیریتی ناشی از اجرای طرح تنفس سبب گشته است تا بودجه کافی برای نگهداری جاده‌ها و پاک‌سازی آبروهای عرضی وجود نداشته باشد. تداوم انسداد آبروها در نتیجه انباشت رسوب و شاخه و برگ موجب اختلال در روند طبیعی هدایت رواناب شده و بدنه راه و دامنه را دچار تنش می‌کند. بدین ترتیب که تنش برشی حاصل از رواناب، سبب فرسایش آبکندی کناره‌های جاده شده و در برخی موارد نیز جریان آب روی سطح جاده سرریز می‌نماید. این عوامل خود در نقش محرک‌های رانشی منجر به وقوع زمین‌لغزش می‌گردند. از زمان اجرای طرح تنفس فراوانی این لغزش‌ها بیشتر شده و اغلب آنها بدون هیچ‌گونه اقدام حفاظتی رها شده‌اند. در این تحقیق حداکثر قطر آبروهای عرضی ۱۲۰ سانتی‌متر بود اما به‌دلیل دبی بالا و رطوبت خاک این آبروها نتوانستند جلوی زمین‌لغزش‌ها را بگیرند. لذا توصیه می‌شود در چنین مناطقی از پل و دیواره‌های حفاظتی استفاده شود. همچنین جهت مدیریت شیب و ارتفاع ترانشه لازم است در مرحله ساخت و نگهداری عملیات تراس‌بندی انجام شود. علاوه بر موارد بالا لازم است که با اجرای عملیات آبخیزداری از جمله ایجاد پوشش گیاهی (استفاده از درختان بومی)، ایجاد کانال‌های زهکشی بتونی یا سنگی، ایجاد زهکش‌های هندسی با طول‌های زیاد و شاتکریت یا نیلینگ سطوح ترانشه میزان دبی را کاهش و خسارت وارده به جاده را به حداقل ممکن رساند.

منابع

1. 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 Prov). Journal of Watershed Management, 1(1): 17-29 (In Persian).
2. Cristina, B. and G. Corominas. 2001. Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. Earth Surface Processes and Landforms. 26: 1251-1263.
3. Ebrahimi, M., A. Zakerian, J. Dawoudian and A. Amir-Ahmadi. 2018. Stability Analysis and Stabilization Solutions for Landslides (Case Study: Khorramabad-Pole Zaal Freeway). Geography and Sustainability of Environment, 7(4): 1-17.
4. Ebrahimi, M., M. habibolahian, A. Amir-Ahmadi, M. Ali Zangeneh Asadi and H. Nezhadsoleimani. 2015. Considering the road building effect on the occurance of surface landslides by using the slope stability model (Case Study: Kalat Basin), 5(15): 149-162.
5. Emami, S.N., A. Jalalian and A. Khosravi. 2016. The Role of Soil Chemical and Physical Characteristics in Landslide Occurrence (Case Study: Afsar Abad Area in Chaharmahal and Bakhtiari Province). Journal of Watershed Management Research, 7(13): 182-192 (In Persian).
6. Felegari, M., A. Talebi and Y. Kiaoshkurian. 2013. Investigation of the effect of road building on landslide occurrence using the FLAC SLOPE model (Case Study: Ilam dam watershed).Journal of Soil and Water Conservation Research, 20(1): 227-329 (In Persian).
7. Hosseini, S.A.O. and N.M. Savadkuhi. 2011. Assessment and Studying Landslide, its type and displacement along Forest Road Edge (Case study: Tajan Watershed -Mazandaran), Journal of Forest Science and Engineering Research, 1(3): 1-11 (In Persian).
8. Huiqin, H., L. Shaocai, S. Hailong and T. Yang. 2011. Environmental factors of road slope stability in mountain area using principal component analysis and hierarchy cluster, Environmental Earth Sciences, 62: 55-59.
9. Jaada, M. 2009. Landslides Hazard Analysis Using Frequency Ratio Model. Universiti Putra Malaysia, Serdang. 181 pp. http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/5761/1/A_ITMA_2009_1.pdf.
10. Khaledi, Sh., Kh. Darfashi, A. Mehrjunjad, S. Gharachahi and Sh. Khaledi. 2012. Assessment of the landslide effective factors and zonation of this event using logistic regression in the GIS environment: the Taleghan watershed case study. Journal Geography and environmental hazards, 1(1): 65-82 (In Persian).
11. Komac, M.A. 2006. Landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Sloveni. Geomorphology, 74: 17-28.
12. Krogstad, F. 2001. Incorporating landslide probability into operations planning. In The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, 71-77 pp.
13. Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. Environ Geol, 52: 615-623.
14. Moghimi, A., M. Yamani and S. Rahimi Harabadi. 2013. Landslide risk assessment and zoning in Rudbar city using network analysis process. Journal Quantitative Geomorphological Research, 1(4): 103-118 (In Persian).
15. Naghdi, R., H. Pourbabaei, M. Heidari and M. Nouri. 2014. The effects of forest road on vegetation and some physical and chemical properties of soil, case study: Shafarood forests, district no.2. Iranian Forests Ecology, 2(3): 49-64 (In Persian).
16. Nefeslioglu, H., C. Gokceoglu and H. Sonmez. 2008. An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. Engineering Geology, 97: 171-191.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]

17. Pourghasemi, H., H. Moradi and F. Aghda. 2012. Preparation of landslide sensitivity map using neural-fuzzy inference system in the north of Tehran. Journal Earth Knowledge Research, 3(10): 63-78 (In Persian).
18. Sarkar, S. and D.P. Kanungo. 2003. Landslides in relation to terrain parameters, A remote sensing and GIS approach, www.gisdevelopement.net. 15 p.
19. SAS. Released 2021. Maintenance Release M5 for SAS Software, Version 9.4.
20. Talebi Esfandarani, A. 1996. Investigation of effective factors in landslides in Chaharmahal and Bakhtiari province. B.Sc. Thesis in Watershed Management, Department of natural resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. 162 pp (In Persian).
21. Talebi, M., B. Majnounian, M. Makhdoum, E. Abdi and M. Omid. 2021. Classification of Protected Forest Areas for Road Network Planning, Case Study: Arasbaran Area, Ecology of Iranian Forests, 8(16): 115-124 (In Persian).
22. Wu, S., L. Shi, R. Wang, C. Tan, D. Hu, Y. Mei and R. Xu. 2001. Zonation of the landslide hazards in the forereservoir region of the Three Gorges Project on the Yangtze River. Engineering Geology, 59(1-2): 51-58.
23. Wemple, B.C. 2003. Runoff production on forest roads in a steep, mountain catchment. Water Resources Research, 39(8): 21-29.
24. 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 ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]

Effect of the Road Technical and Drainage Properties on Roadside Landslides in Watershed 85 in Golestan Province

Aidin Parsakhoo[1], Aiub Rezaei Motlagh[2], Benyamin Matin Nia[3] and Zohreh Gholami[4]

1- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan
2- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, (Corresponding author: aiubrezaee@yahoo.com)
3- Ph.D. student of forest management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan
4- M.Sc. Student, Department of Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan
Received: 16 September, 2021 Accepted: 12 January, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Identifying the effectiveness of different technical specifications and road drainage conditions is a scientific method for imaging areas where there is a risk of landslides. Landslides Damage and problems such as increased road construction costs, increased maintenance costs, Disrupts transportation and increases damage to cars, Therefore, due to the destructive consequences those roadside landslides on the possibility of access to the area and road maintenance costs to the authorities, it is necessary to identify the main causes of landslides and adopt appropriate executive strategies to control them. Be. The purpose of this study was to investigate the effect of technical characteristics and drainage of roads on landslides, roadside in the forest area of 85 Golestan provinces**.**

Method and Materials: In the present study, first, all forest roads in the area were surveyed and all landslides with different areas were recorded by the Global Positioning System (GPS). Then, the technical characteristics of the road including longitudinal slope, height and slope of the trench, traffic volume, width and depth of the side atmosphere, distance from transverse slopes and diameter of slopes up to 100 meters on both sides of each slip point were measured. The correlation between technical factors and road drainage with the frequency and extent of landslides was determined by statistical analysis**.**

Results: A total of 121 landslides were recorded in the watershed of 85 Golestan provinces, of which 22 on high-standard roads, 30 on medium-standard roads and 69 on low-standard roads was observed. On average, each landslide point on high, medium and low standard roads was 13.95, 43.17 and 60.14 square meters, respectively, and the total area of landslides at these standard levels was 307, respectively. , 1295 and 4150 square meters**.**

Conclusion: The results showed that the frequency and area of landslides had a positive and significant correlation with trench diameter, slope and trench height. This means that with increasing slope and height of the trench, the number and extent of landslides increased. Also, in places where transverse ridges were larger in diameter due to water flow, the number and extent of landslides were higher. The maximum diameter of the transverse ridges was 120 cm, but due to the high flow rate and soil moisture, these ridges could not prevent landslides. Therefore, it is recommended to use bridges and protective walls in such areas**.**

Keywords: Cutslope gradient, Cutslope height, Culvert diameter, Forest Road, Landslide

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1401.10.19.19.4]
[DOI: 10.52547/ifej.10.19.47]