



## "مقاله پژوهشی"

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

آیدین پارساخو<sup>۱</sup>، ایوب رضایی‌مطلق<sup>۲</sup>، بنیامین متین‌نیا<sup>۳</sup> و زهره غلامی<sup>۴</sup>

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 مسؤل: aiubrezae@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: ۱۴۰۰/۰۶/۲۵ 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 کنارجاده‌ای 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 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، ۳۳/۱۷ 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 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. 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

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).

از جمله پدیده‌هایی که در ایران و در بسیاری از نقاط جهان به‌وفور دیده می‌شود، وقوع زمین‌لغزش‌های کنارجاده‌ای 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 (۱۳، ۱۱). زمین‌لغزش‌ها خسارت‌ها و مشکلاتی از قبیل افزایش هزینه ساخت جاده، افزایش هزینه نگهداری و تعمیرات، اختلال در حمل و نقل و

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 جنگل‌مانند 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 (۱۵، ۱۰، ۹). 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 از جمله مسائلی هستند که بررسی آن‌ها جهت احداث بستر جاده ضروری است. چنانچه ساخت جاده بدون

نمودند و به این نتیجه رسیدند که درجه شیب، ارتفاع از سطح دریا و فاصله از جاده‌ها مهم‌ترین عامل در وقوع حرکت‌های توده‌ای در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. ابراهیمی و همکاران (۴)، به بررسی اثر جاده‌سازی بر وقوع زمین‌لغزش‌های سطحی با استفاده از مدل پایداری دامنه‌ها در حوضه آبخیز کلات پرداختند. نتایج نشان داد که جاده‌سازی در دامنه‌هایی با شیب تندتر (بیش از ۱۷ درجه) باعث کاهش پایداری دامنه‌ها می‌شود. نتایج پژوهش‌های ابراهیمی و همکاران (۳) نشان داد که احداث جاده و انجام عملیات خاک‌برداری، سبب قطع جریان رواناب و جریانات زیرسطحی دامنه‌ها شده و این جریانات به‌صورت رواناب در سطح دامنه خاک‌برداری و روی جاده جاری شده و سبب ناپایداری شیب دامنه‌های خاک‌برداری می‌شود. بیشتر تحقیقات صورت گرفته به این موضوع اشاره دارند که جاده‌ها یکی از عوامل اصلی و محرک زمین‌لغزش در اراضی جنگلی هستند و در رابطه با زمین‌لغزش‌های کنارجاده‌ای نیز پژوهش‌ها معطوف به تهیه نقشه خطر با توجه به معیارهای محیطی تأثیرگذار شامل زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، اقلیم، شیب، جهت، فاصله از گسل و غیره بوده‌اند. در این میان پژوهشی که به‌طور تخصصی به بررسی تأثیر مشخصات زهکشی و فنی جاده روی فراوانی و وسعت لغزش‌ها پرداخته باشد به‌ندرت انجام شده است. 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 کنارجاده‌ای در حوزه جنگلی ۸۵ استان گلستان بود.

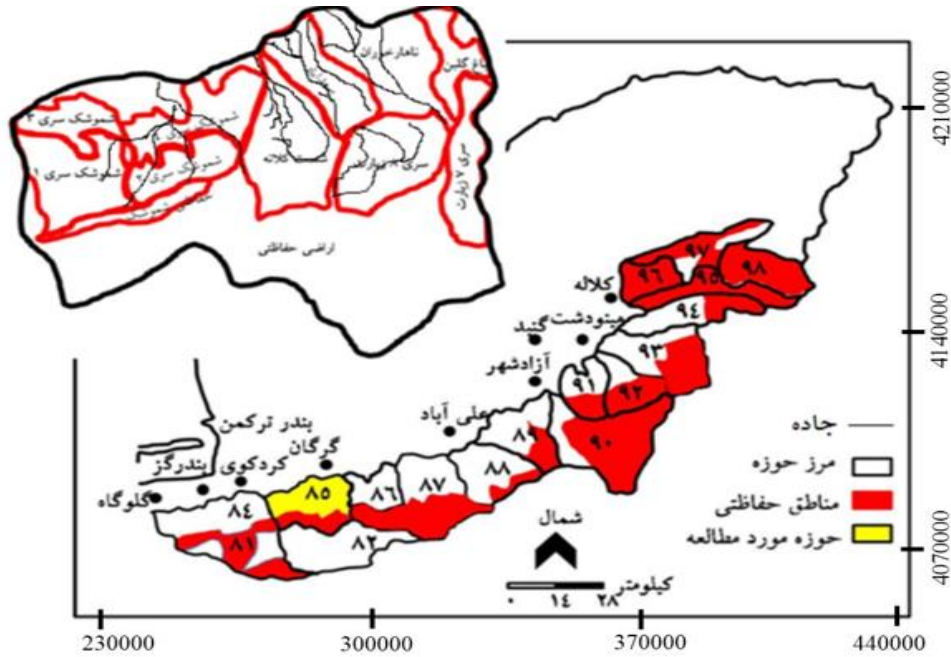
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

تحقیقات در حوزه آبخیز جنگلی ۸۵ استان گلستان به اجرا درآمد. جنگل‌های حوزه آبخیز شماره ۸۵ در سال ۶۶-۱۳۶۵ در قالب طرح جامع مقدماتی جنگل‌های شمال کشور مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفت. حوزه آبخیز ۸۵ دربرگیرنده سری‌های یک، دو، سه و چهار شمشوک، سری‌های یک و دو شصت کلاته، سری‌های هفت و هشت زیارت، سری سعادت‌آباد، سری ناهارخوران و سری باغ‌گلین است. در این طرح پژوهشی برداشت جاده‌های سری باغ‌گلین به‌دلیل خرابی جاده‌ها و عدم امکان دسترسی میسر نشد (شکل ۱).

بالا بردن خسارات به ماشین‌ها را به وجود می‌آورد. عوامل مختلفی در وقوع زمین‌لغزش دخیل هستند که شدت و ضعف عملکرد آن‌ها به شرایط طبیعی حاکم در منطقه در گذشته و حال و همچنین به نحوه دخالت‌های انسانی در محیط بستگی دارد (۹). اختلال در شبکه جریانات سطحی و همچنین طراحی غیراستاندارد جاده‌های جنگلی می‌تواند یکی از مهم‌ترین دلایل وقوع زمین‌لغزش‌های کنارجاده‌ای باشد. عدم انجام لوله‌گذاری و نصب تأسیسات زهکشی در مکان‌های ضروری و عدم تناسب ابعاد آبروها با دبی جریان می‌تواند سبب انباشته شدن جریانات و افزایش قدرت تخریبی آن‌ها گردد (۶). همچنین مشخصات غیراستاندارد جاده از قبیل ترانشه‌های مرتفع و پرشیب، ترافیک بالا و از بین رفتن پوشش گیاهی از عوامل فنی محرک لغزش محسوب می‌شوند. لغزش و ناپایداری شیروانی‌ها موجب تخریب و انسداد راه‌ها و یا حداقل کاهش کیفیت و ایمنی آن‌ها می‌شود و از جمله پیامدهای آن هزینه‌های هنگفت بازسازی و نگهداری جاده است (۲۴)؛ بنابراین ضروری است که مسائل ناپایداری کنارجاده‌ای و عوامل دخیل در آن به‌طور گسترده و منسجم مورد پژوهش قرار گیرد تا هم از آسیب بیشتر به سرمایه‌های ملی جلوگیری شود و هم موجبات توسعه راه‌ها فراهم شود. رفتارسنجی به معنی نظارت است و منظور از آن هوشیاری از وضعیت یک سامانه یا پدیده از طریق مشاهده دگرگونی‌هایی است که ممکن است با گذر 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 دامنه‌ها از عوامل اصلی بیشتر لغزش‌ها بود. ومپل (۲۳) اثر متقابل جاده و جریانات دامنه را در مناطق جنگلی کوهستانی بررسی کرد. وی دریافت که وضعیت توپوگرافی، شیب و طول دامنه، عمق و ویژگی‌های خاک از عوامل مؤثر در ایجاد رواناب و لغزش است. 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. هویکین و همکاران (۸) به مطالعه تأثیر عوامل محیطی بر پایداری جاده‌ها در مناطق کوهستانی پرداختند و نشان دادند که شیب دارای همبستگی منفی با ضریب پایداری است. طالبی و همکاران در طبقه‌بندی عرصه‌های جنگلی حفاظت شده جهت طراحی شبکه جاده سه معیار شیب، ارتفاع و زمین‌شناسی را به عنوان مهم‌ترین فاکتورهای پایداری معرفی کردند (۲۱). نفسلیوگلو و همکاران (۱۶) عوامل مؤثر در وقوع حرکت‌های توده‌ای در حوزه آبخیز ایسپیر (واقع در شمال شرقی ترکیه) را با استفاده از روش آماری چند متغیره بررسی

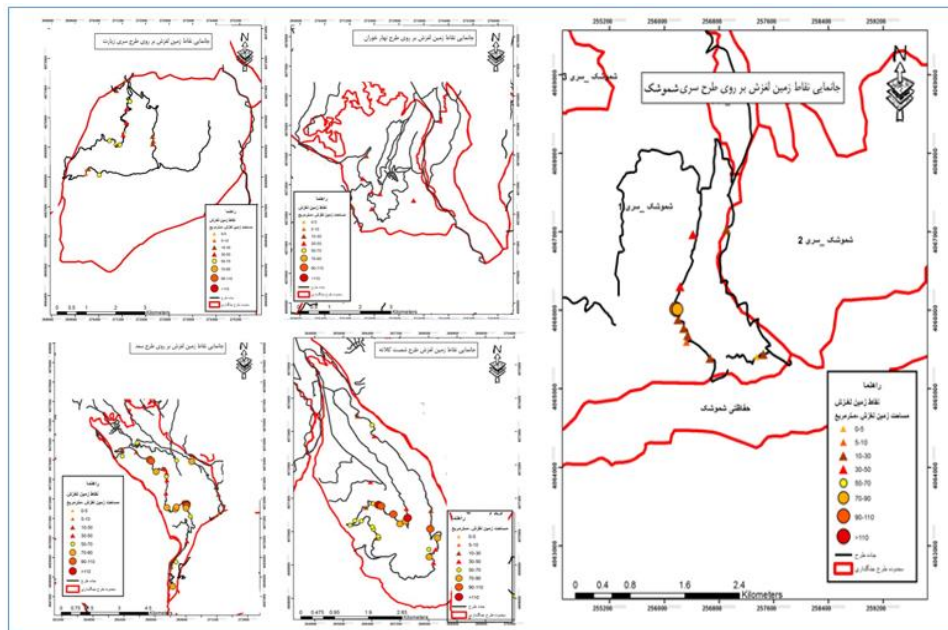


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. Geographic location of the study area

جوی کناری، فاصله از آبروهای عرضی و قطر آبروها تا مسافت ۱۰۰ متری (به دلیل 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 نگرهبانی طرح‌ها (ثبت تردد روزانه انواع وسایل نقلیه) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

### روش تحقیق

در پژوهش حاضر ابتدا کل جاده‌های جنگلی حوزه آبخیز ۸۵ شامل سری‌های زیارت، شمشوک، سعدآباد، نهارجوران و شصت‌کلاته پیمایش شد و موقعیت تمامی زمین‌لغزش‌ها توسط سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت و مساحت آنها به کمک 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



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

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	۱۵۱-۲۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۱ متر
حجم ترافیک (تعداد وسیله نقلیه در ساعت)	کمتر از ۲	۲-۴	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 ۲۵ سانتی‌متر	۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر	۲۴-عمق < ۲۶
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 مارتنی، 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 نحوی که 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 تخریب 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 شصت‌کلانه

در جاده‌های طرح جنگلداری شصت‌کلانه، 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 جابه‌جایی شده است. با کاهش نیروی مقاومت در برابر جابه‌جایی پتانسیل ناپایداری ترانشه‌ها 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

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 به وقوع 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 زمین‌لغزش‌های 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).

خاک و شیب بالای دامنه‌ها از عوامل اصلی بیشتر لغزش‌ها در مناطق مورد مطالعه 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 نحوی که با افزایش شیب و ارتفاع ترانشه، فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌ها 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 مورد بررسی، دو عامل شیب و لیتولوژی بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش رودبار داشته است.

### فراوانی و وسعت زمین‌لغزش‌ها در طرح جنگلداری شמושک

در جاده‌های طرح جنگلداری شמושک، 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 نحوی که 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

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

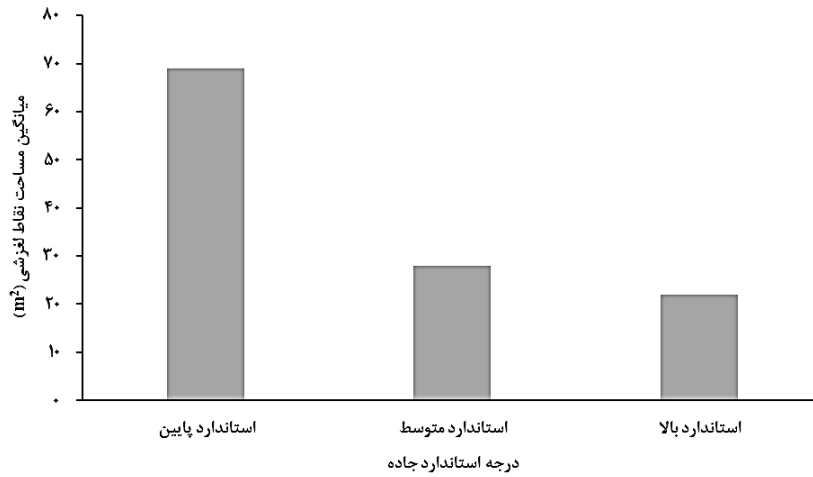
Table 2. Landslide frequency according to the road position on nature

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

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

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

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

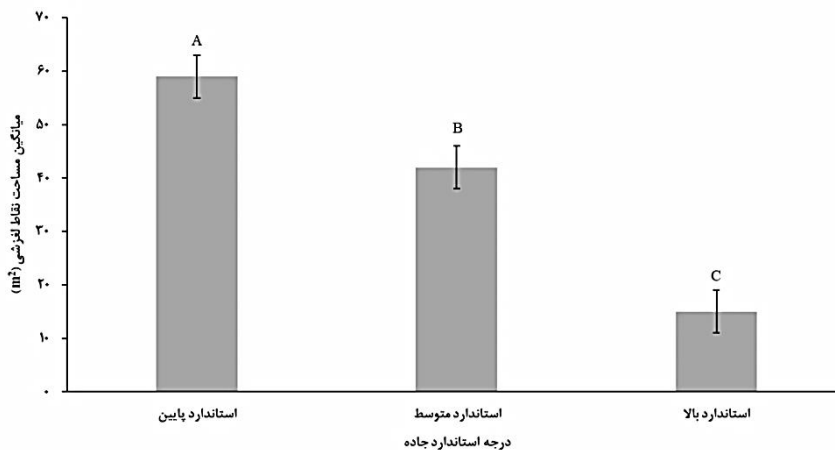


شکل ۳- فراوانی زمین‌لغزش‌ها در درجات مختلف استاندارد جاده‌های جنگلی  
Figure 3. Frequency of landslides in different degrees of standard forest roads

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	
	مساحت لغزش (m <sup>2</sup> )	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)	فراوانی لغزش
۱	۰/۳۴۲*	۰/۳۵۱*	۰/۳۷۷**	۰/۱۹۷	۰/۰۷۱	۰/۱۶۸	-۰/۰۰۸	۰/۲۴۸	۰/۴۵۱**	۰/۳۶۸**	۰/۴۷۲**	
۲	۰/۲۷۳	-۰/۱۶۷	-۰/۰۱۵	۰/۱۰۱	۰/۰۳۸	۰/۱۰۱	-۰/۰۵۱	۰/۱۰۱	-۰/۲۰۰	۰/۱۰۱	۰/۰۲۷	
۳	۰/۱۰۵	-۰/۱۵۵	-۰/۲۲۹	۰/۱۵۳	۰/۲۶۱	۰/۱۱۱	۰/۲۰۶	۰/۱۱۱	-۰/۱۶۷	۰/۱۱۱	۰/۰۴۰	
۴	۰/۰۵۳	۰/۱۳۲	۰/۱۳۲	۰/۱۶۱	-۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۰۸۸	۰/۱۰۲	-۰/۲۶۷	۰/۱۰۲	۰/۰۶۵	
۵	۰/۳۲۵*	-۰/۲۴۵	۰/۱۶۶	۰/۳۵۵*	۰/۲۰۰	۰/۱۹۷	-۰/۲۲۵	۰/۲۲۲	۰/۱۱۲	۰/۳۳۱**	-۰/۱۳۹	
۶	۰/۵۹۹**	۰/۵۳۹**	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*	۰/۵۴۷**	-۰/۵۵۸	۰/۱۸۳	۰/۵۱۰**	۰/۱۴۳	۰/۵۵۷**	۰/۴۰۰**	۰/۶۸۸**	
۸	۱	۰/۲۱۴	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 (mm)، 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

سانتی‌متر بود اما به دلیل 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 ترانس‌بندی 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 شاکریت یا نیلینگ سطوح ترانشه میزان دبی را کاهش و خسارت وارده به جاده را به حداقل ممکن رساند.

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

## 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 occurrence 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](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. Pourbabaie, 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.

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.gisdevelopment.net](http://www.gisdevelopment.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.



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

Aidin Parsakhoo<sup>1</sup>, Aiub Rezaei Motlagh<sup>2</sup>, Benyamin Matin Nia<sup>3</sup> and Zohreh Gholami<sup>4</sup>

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