

## تأثیر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک بر زمین لغزش‌های موجود در حاشیه جاده‌های جنگلی (مطالعه موردی: سری پهنه‌کلا، حوزه آبخیز تجن)

نجمه محمدی سوادکوهی<sup>۱</sup> و سید عطااله حسینی<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، (نویسنده مسؤل: at.hosseini@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۱۶

### چکیده

حرکت‌های توده‌ای نقش مؤثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق مسکونی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز دارند. با توجه به گستردگی عوامل مرتبط با زمین لغزش، با اهداف و دیدگاه‌های متفاوتی می‌توان به مطالعه این پدیده طبیعی پرداخت. در این مطالعه، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی زمین لغزش‌های رخ داده در اطراف جاده‌های جنگلی سری پهنه‌کلا پس از تعیین واحدهای همگن و موقعیت مکانی لغزش‌ها با برداشت ۲۴ گمانه انجام شد، ویژگی‌های بافت خاک و خصوصیات مکانیکی نمونه‌های برداشت شده در آزمایشگاه تعیین گردید. نتایج نشان داد که شرایط کلی منطقه مستعد زمین لغزش است و خطر وقوع آن در مناطق با شیب شمالی و حاوی بافت‌های ریزدانه و هم چنین با افزایش رطوبت خاک افزایش می‌یابد. بیشتر نمونه‌ها دارای حد خمیری و روانی متوسط بوده و نشان می‌دهند که در صورت افزایش رطوبت در این خاکها خطر وقوع زمین لغزش نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که برای ساخت جاده یا هر ابنیه دیگر، ضروری است که در مطالعات پایه توجه خاصی به بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک شده و در صورت ضرورت یافتن اجرای عملیات عمرانی در این مناطق، اقدامات احتیاطی و کنترل کننده از قبیل زهکشی و تثبیت مناطق مستعد به حرکت‌های توده‌ای انجام شود.

واژه‌های کلیدی: زمین لغزش، جاده جنگلی، واحد همگن، حد روانی، حد خمیری

### مقدمه

جنگلی به علت هزینه‌های سنگین مربوط به طراحی، احداث و نگهداری و نیز اثرات منفی حاصل از طراحی غیر اصولی بر محیط‌زیست و حیات وحش، دارای حساسیت زیاد از نظر اقتصادی، زیست محیطی و افکار عمومی است

شبکه جاده جنگلی به عنوان تاسیسات زیربنایی در سازمان‌دهی منطقه، بهره‌برداری، حمل و نقل محصولات، خدمات و حفاظت عرصه جنگلی، نقش اساسی دارد. جاده‌های

(۱۶). شناسایی، مهار، پیش‌بینی و پیشگیری از خسارات و تلفات جانی و اقتصادی- اجتماعی ناشی از خطرات طبیعی نظیر زمین لغزش از مباحث مهم علوم منابع طبیعی به شمار می‌رود. زمین لغزش‌ها نتیجه فرآیندهای مکانی- زمانی به هم وابسته شامل فرآیندهای هیدرولوژیکی (بارش، تبخیر و آب زیرزمینی)، وزن پوشش گیاهی، مقاومت ریشه، وضعیت خاک، سنگ مادر، توپوگرافی و فعالیت‌های انسانی می‌باشند (۱۷). عوامل متعددی مانند شرایط زمین‌شناسی، شرایط هیدرولوژیکی، وضعیت توپوگرافی، مورفولوژی، آب و هوا و هوازگی بر پایداری یک دامنه تأثیر گذاشته و می‌توانند باعث ایجاد لغزش شوند (۵، ۶، ۱۸). با استفاده از این روش با تشخیص و پهنه‌بندی بهینه زمین لغزش در یک عرصه، می‌توان برای عبور جاده از این نقاط اجتناب کرده و در صورتی که جاده از این بخش‌ها عبور کرده باشد و یا گریزی بجز عبور از آنها وجود نداشته باشد، تمهیدات و راهکارهای لازم اندیشیده شود تا بتوان به پایداری لازم در این عرصه‌ها دست یافت. زمین لغزش یکی از خطرات طبیعی است که همه ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را در مناطق کوهستانی، پرباران و لرزه‌خیز به همراه دارد (۷). حرکت‌های توده‌ای نقش مؤثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق مسکونی و ایجاد فرسایش و رسوب در حوزه‌های آبخیز دارند. با توجه به گستردگی عوامل مرتبط با زمین لغزش، با اهداف و دیدگاه‌های متفاوتی می‌توان به مطالعه این پدیده طبیعی پرداخت. احمدی و طالبی (۲) با بررسی عوامل موثر در ایجاد

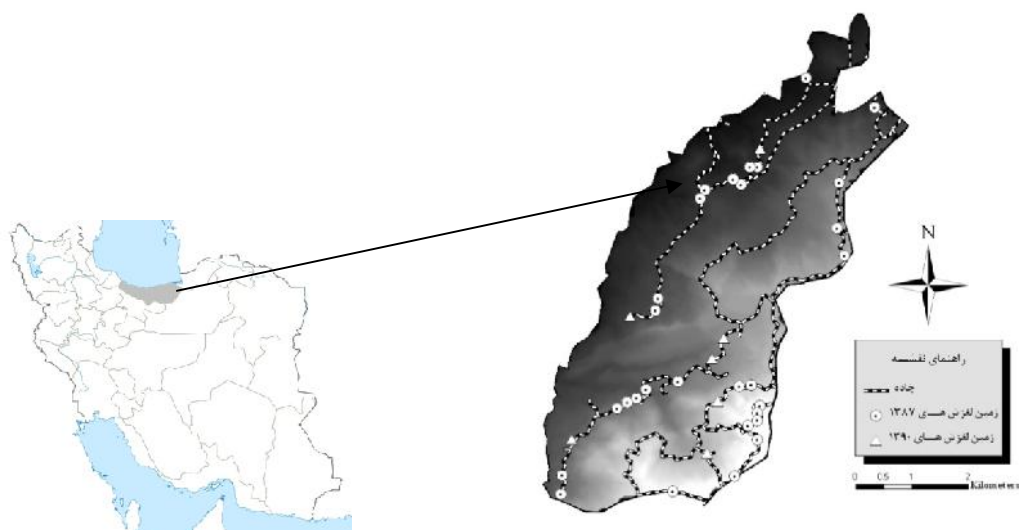
لغزش در منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری، رطوبت را به عنوان عامل موثر در ایجاد حد روانی، حد خمیری و هم‌چنین تکنیک عنوان نموده است. ضمناً عوامل تشدید کننده لغزش را کانی‌های رسی و تخریب پوشش گیاهی و جاده‌سازی غیر اصولی در پائین دست دامنه معرفی نمودند. عابدی و همکاران (۱) در دو منطقه لغزشی در کنار جاده دریافتند که خاک مناطق لغزشی دارای بافت شنی رسی و مناطق شاهد رسی با حد روانی پائین و رسی با حد روانی بالا هستند. آنها بیان نمودند که به علت وجود مواد ریز دانه در خاک مناطق لغزشی و همچنین جذب و نگهداری رطوبت توسط آن و نامناسب بودن جریان زهکشی خاک و انجام عملیات جاده سازی منطقه مورد مطالعه دچار تحریک و لغزش شده است. امیدوار و کاویان (۱۵) به بررسی تعداد ۴۴۲ زمین لغزش در استان مازندران پرداخته و اطلاعاتی شامل مساحت، حجم و عمق زمین لغزش را برداشت نموده و یک رابطه منطقی برای برآورد حجم ارائه و نشان دادند که در این مورد هم خوانی خوبی با داده‌های مشاهده‌ای وجود داشته است. کوه و ایس (۴) در منطقه کوهستانی سانجوان در جنوب غربی کلرادو وجود رس در خاک را به عنوان یک عامل موثر در لغزش دانسته که وضعیت هیدرولیکی و مکانیکی خاک را تحت کنترل دارد. آیالتو و یاماگاشی (۳) در کوه‌های کاکودایه‌یکو ژاپن عواملی از جمله زمین‌شناسی، رابطه شیب با سنگ بستر، ارتفاع از سطح دریا، درجه شیب، جهت شیب و فاصله از جاده را به عنوان متغیرهای مستقل

هدف از این پژوهش این است که فاکتورهایی چون حد روانی، حد خمیری، حد انقباض، بافت و رطوبت خاک را شناسایی، طبقه‌بندی و درک دلایل وقوع لغزش‌های مخرب را شناسایی و عوامل فیزیکی موثر در ایجاد لغزش را تشخیص دهد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۲۲۶۸ هکتار در سری پهنه‌کلا، حوزه آبخیز شماره ۷۱ در استان مازندران قرار دارد. بر اساس تقسیمات جنگلداری به عمل آمده سری شماره ۳، بخش ۳، حوزه ۱ تجن، از مجموعه سری‌های شرکت چوب و کاغذ مازندران را تشکیل می‌دهد که در حدود ۱۷ کیلومتری جنوب تا جنوب شرقی شهرستان ساری واقع می‌باشد (شکل ۱). جنگلهای سری پهنه‌کلا در طول جغرافیایی  $25^{\circ} 54' 02''$  تا  $20^{\circ} 54' 07''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 22' 25''$  تا  $36^{\circ} 36' 26''$  شمالی قرار دارد. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰ متر و حداکثر ۷۱۵ متر می‌باشد (۱۳، ۱۴).

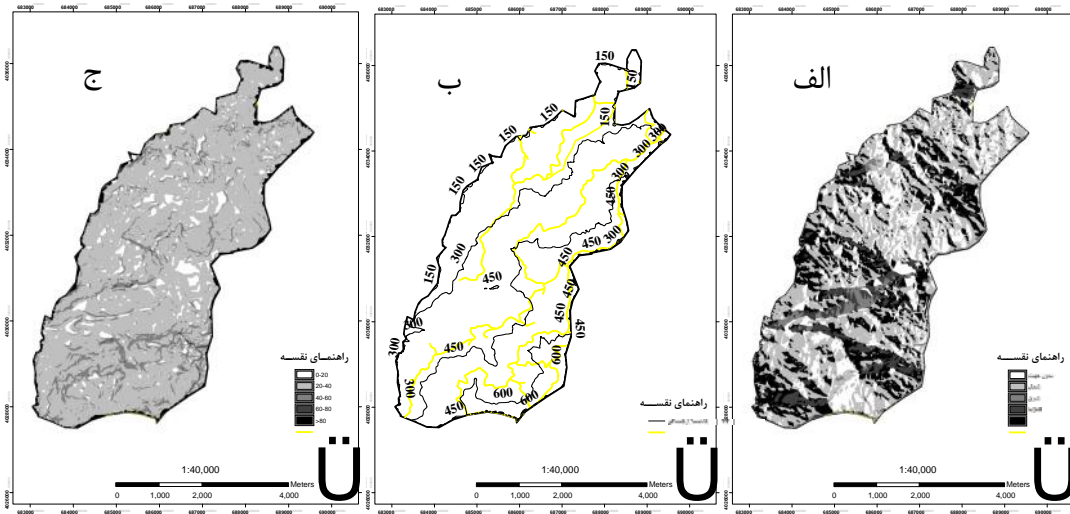
موثر در زمین لغزش دانسته و بر اساس آنها این منطقه را به پنج محدوده با حساسیت طبقه‌بندی کردند که محدوده‌های با حساسیت متوسط و بالا ۸۷/۸ درصد منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص دادند. حسینی و همکاران (۹) در مطالعه‌ای روی خاک زمین لغزش‌های اطراف جاده‌های جنگلی و تعیین سطح و حجم لغزش‌های پهنه‌کلا نشان دادند که در فاصله ۸۰-۱۰۰ متری از جاده نسبت به بقیه طبقات فاصله‌ای از جاده‌ها، اندازه لغزش معنی‌دارتر بود و ابعاد آن با افزایش شیب بیشتر شده و از سوی دیگر متوسط سطح و حجم لغزش‌ها در جهت شمال‌غربی معنی‌دار بوده است. هو و همکاران (۸) با مطالعه اثر توزیع مکانی ضخامت خاک برای پیش‌بینی وقوع زمین لغزش به این نتیجه رسیدند که توزیع مکانی ضخامت خاک در ارتباط با شاخص رطوبت می‌تواند یک برآورد منطقی را فراهم آورد که این امر به اجتناب از پیش‌بینی بیش از حد زمین لغزش در نواحی مستعد و پیش‌بینی کمتر از حد واقعی در مناطق پایدار کمک می‌کند.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه با موقعیت مکانی زمین لغزش‌های ثبت شده در دوره زمانی سه ساله

شکل ۲). تقسیم‌بندی‌های مذکور با توجه به نظر کارشناسان زمین‌شناسی اداره کل منابع طبیعی ساری و به کمک اساتید مجرب در زمینه زمین لغزش صورت پذیرفت. طبقه‌بندی‌های انجام شده برای متغیرهای شیب دامنه، جهت و ارتفاع چنین نشان دادند که در حاشیه ۳۰۰ متری از جاده دو طبقه شیب، سه طبقه جهت و چهار طبقه ارتفاعی وجود داشتند (جدول ۱).

در ابتدا با استفاده از نرم افزار ARC GIS 10، لایه‌های شیب و جهت را از لایه DEM منطقه استخراج کرده و سپس نقشه شیب را به پنج طبقه (۲۰-۴۰، ۰-۲۰، ۴۰-۶۰، ۶۰-۸۰، < ۸۰ درصد) و نقشه جهت را به پنج طبقه اصلی (شمال، شرق، جنوب، غرب و بدون جهت)، ارتفاع منطقه به چهار طبقه (۱۵۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۵۰، ۴۵۰-۶۰۰، < ۶۵۰ متر) طبقه‌بندی گردید (جدول ۱ و



شکل ۲- نقشه‌های (الف) جهت، (ب) ارتفاع و (ج) شیب دامنه در منطقه مورد مطالعه

منطقه تشخیص داده شد که این واحدها پس از تعیین حریم ۳۰۰ متری از جاده به ۲۴ واحد همگن موجود تقلیل یافت.

سپس تمامی این فاکتورها در محیط ARC GIS 9.3 تلفیق شده و واحدهای همگن بدست آمد. بعد از انجام تلفیق فاکتورهای مورد نظر، تعداد ۲۰۰ واحد همگن اولیه در

جدول ۱- کلاسه‌های موجود در منطقه بر اساس طبقه بندی‌های استاندارد

طبقات موجود	طبقات اولیه	فاکتورهای مورد نظر
	۰-۲۰	
۰-۲۰	۲۰-۴۰	
۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	شیب دامنه
	۶۰-۸۰	
	۸۰<	
	شمال	
شمال	شرق	
غرب	جنوب	جهت دامنه
بدون جهت	غرب	
	بدون جهت	
۳۰۰>	۳۰۰>	
۳۰۰-۴۵۰	۳۰۰-۴۵۰	ارتفاع از سطح دریا
۴۵۰-۶۰۰	۴۵۰-۶۰۰	
۶۰۰<	۶۰۰<	

انقباض و رطوبت خاک) در تمام واحدهای همگن به برداشت نمونه‌های خاک اقدام شد که مکان نمونه‌ها پس از تعیین در ARC GIS، به کمک GPS مکان یابی و سپس برداشت نمونه از آن صورت گرفت (جدول ۲).

این طبقات در حاشیه جاده جنگلی و تا مرز ۳۰۰ متری از دو طرف جاده‌ها مشاهده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت انجام عملیات صحرائی جهت برداشت اطلاعات خاکشناسی (بافت خاک، حدروانی، حد خمیری، حد

جدول ۲- مشخصه‌های واحدهای همگن موجود

ردیف	واحد همگن	شیب (درصد)	جهت	ارتفاع (متر)
۱	۱.۱.۱	۰-۲۰	بدون جهت	۱۵۰-۳۰۰
۲	۱.۱.۲	۰-۲۰	بدون جهت	۳۰۰-۴۵۰
۳	۱.۱.۳	۰-۲۰	بدون جهت	۴۵۰-۶۰۰
۴	۱.۱.۴	۰-۲۰	بدون جهت	۶۰۰-۷۵۰
۵	۱.۲.۱	۰-۲۰	شمال	۱۵۰-۳۰۰
۶	۱.۲.۲	۰-۲۰	شمال	۳۰۰-۴۵۰
۷	۱.۲.۳	۰-۲۰	شمال	۴۵۰-۶۰۰
۸	۱.۲.۴	۰-۲۰	شمال	۶۰۰-۷۵۰
۹	۱.۳.۱	۰-۲۰	غرب	۱۵۰-۳۰۰
۱۰	۱.۳.۲	۰-۲۰	غرب	۳۰۰-۴۵۰
۱۱	۱.۳.۲	۰-۲۰	غرب	۴۵۰-۶۰۰
۱۲	۱.۳.۴	۰-۲۰	غرب	۶۰۰-۷۵۰
۱۳	۲.۱.۱	۲۰-۴۰	بدون جهت	۱۵۰-۳۰۰
۱۴	۲.۱.۲	۲۰-۴۰	بدون جهت	۳۰۰-۴۵۰
۱۵	۲.۱.۳	۲۰-۴۰	بدون جهت	۴۵۰-۶۰۰
۱۶	۲.۱.۴	۲۰-۴۰	بدون جهت	۶۰۰-۷۵۰
۱۷	۲.۲.۱	۲۰-۴۰	شمال	۱۵۰-۳۰۰
۱۸	۲.۲.۲	۲۰-۴۰	شمال	۳۰۰-۴۵۰
۱۹	۲.۲.۳	۲۰-۴۰	شمال	۴۵۰-۶۰۰
۲۰	۲.۲.۴	۲۰-۴۰	شمال	۶۰۰-۷۵۰
۲۱	۲.۳.۱	۲۰-۴۰	غرب	۱۵۰-۳۰۰
۲۲	۲.۳.۲	۲۰-۴۰	غرب	۳۰۰-۴۵۰
۲۳	۲.۳.۳	۲۰-۴۰	غرب	۴۵۰-۶۰۰
۲۴	۲.۳.۴	۲۰-۴۰	غرب	۶۰۰-۷۵۰

درون نایلون در بسته قرار داده و به آزمایشگاه مکانیک خاک منتقل شد. آزمایشاتی از جمله حدروانی، حدخمیری، حد انقباض، درصد رطوبت و بافت خاک روی آنها صورت گرفت. از سوی دیگر با برداشت سطح لغزش‌های اتفاق

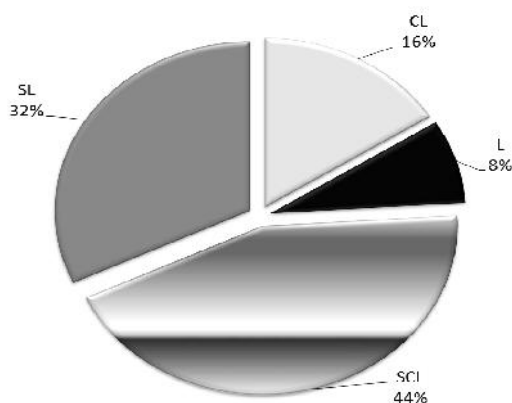
هر نمونه خاک (با کنار زدن لایه هوموس)، با گمانه (با ارتفاع گمانه ۸۰ و قطر آن ۱۴ سانتیمتر) تا عمق سنگ بستر (حداقل ۴۰ و حداکثر ۸۰ سانتی‌متر) برداشت شده و بعد از مخلوط کردن آن، وزنی معادل پنج کیلوگرم و

افتاده در تمام منطقه (۳۰۰ متر در طرفین جاده) اطلاعات مکانی و سطح لغزش‌ها در هر واحد همگن مشخص شدند.

### نتایج و بحث

خاک‌های حاوی مواد ریزدانه در نگهداری آب توان بالایی دارند و این امر سبب می‌شود که مدت بیشتری در حالت خمیری باقی بمانند و به مرور زمان تغییر شکل داده و به حالت روانی تبدیل شوند (۱). بر اساس نتایج حاصل شده از نمونه‌های خاک مشخص شد که تنها چهار نوع بافت خاک در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. بافت لومی با حد روانی پائین و بافت رسی با حد روانی پائین در

منطقه مورد مطالعه بیشترین سهم را داشته اما بافت خاک لومی دارای کمترین درصد حضور می‌باشد (شکل ۳). این در حالی است که تنها ۱۷ درصد از منطقه دارای بافت خاک رسی با حد روانی بالا است. این نتایج نشان می‌دهد که مقدار رس در منطقه مورد مطالعه نسبتاً زیاد بوده و این امر سبب تشدید افزایش وقوع زمین لغزش می‌شود. والس‌تاد و اندرسون (۱۶) نیز به موضوع ناپایداری خاک در اثر وجود لایه‌های رس اشاره کردند. لیبورگ و همکاران (۱۲) اشاره کردند که با وقوع بارندگی در مناطق دارای بافت خاک سیلتی رسی، خطر وقوع زمین لغزش افزایش می‌یابد.



شکل ۳- وضعیت بافت خاک در منطقه مورد مطالعه (ML: لومی با حد روانی پائین CL: رسی با حد روانی پائین GW: شنی با دانه بندی MH: لومی با حد روانی بالا)

آزمایش‌های مربوط به مشخصات فیزیکی خاک نشان داد که ۹۶ درصد نمونه‌های خاک دارای حد روانی متوسط است که چهار درصد باقیمانده در طبقه حد روانی زیاد قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تمامی خاک‌های منطقه دارای میزان حد روانی زیاد و خیلی زیاد

می‌باشند، این نوع خاک‌ها دارای قابلیت انقباض و انبساط زیاد در نتیجه افزایش یا کاهش رطوبت است که در این مناطق زهکشی مناسب نبوده و می‌باید برای ساخت جاده اقدام به تثبیت آنها شود و در غیر این صورت خطر لغزش و رانش افزایش می‌یابد

خشک این نوع خاک‌ها زیاد است و دارای قابلیت شکل پذیری بالایی می‌باشد. به خاطر وجود چنین مشخصه‌هایی عملیات راهسازی در آنها بسیار مشکل، پرهزینه و انجام عملیات عمرانی در این خاک‌ها مشکل می‌باشد (۱۱).

(۱۵). در مورد عامل حد خمیری، همه نمونه‌ها در درجه خمیری قرار گرفتند (جدول ۳). این نشان می‌دهد که قابلیت جذب آب در این خاک‌ها بسیار بالا است و در اثر جذب آب متورم می‌شوند و ظرفیت انقباضی بالایی در شرایط خشک خواهد داشت (۱۵). مقاومت

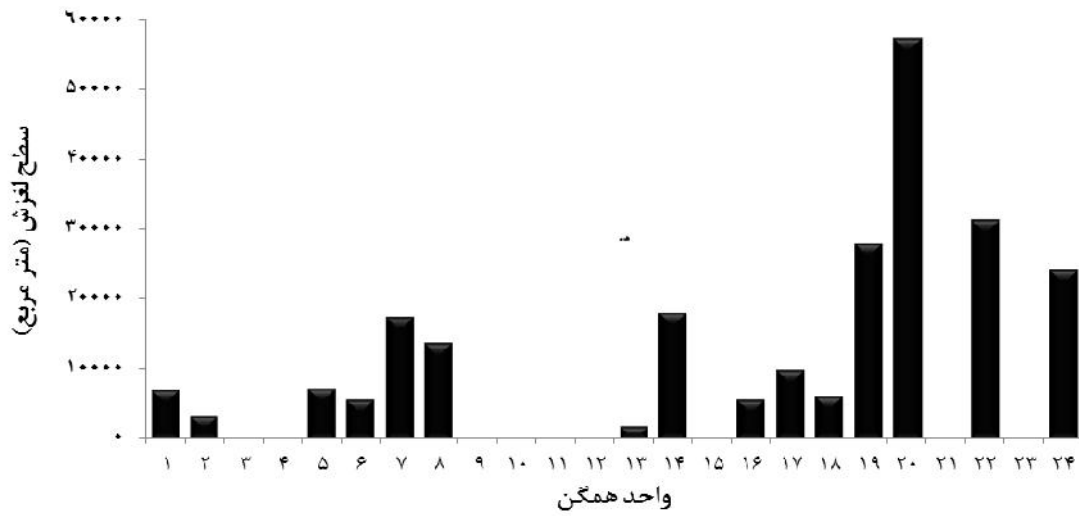
جدول ۳- فاکتورهای حد خمیری، روانی در نمونه‌های اندازه گیری شده بر اساس طبقه بندی استاندارد

فاکتور	درجات	دامنه (درصد)	درصد نمونه‌ها
حد روانی	کم	$30 >$	۰
	متوسط	۳۰-۵۰	۹۶
	زیاد	۵۰-۷۰	۴
	خیلی زیاد	$70 <$	۰
حد خمیری	غیرخمیری	۰-۵	۰
	خمیری متوسط	۵-۱۵	۰
	خمیری	۱۵-۳۵	۱۰۰
	خیلی خمیری	$35 <$	۰

لغزش با حجم و سطح بزرگتر می‌شود. علاوه براین، لای دارای استحکام پایینی بوده و این موضوع ضرورت توجه بیشتر در این واحد و انجام کارهای زهکشی و در صورت امکان ایجاد ابنیه و تاسیسات نگهدارنده را برای حفاظت از جاده ضروری می‌سازد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که واحد همگن ۱۷ دارای کمترین درصد رس بوده، درحالی که واحد همگن شماره ۱۹ بالاترین میزان رس را به خود اختصاص داده است (جدول ۴) و سطح لغزش رخ داده در این واحدها (سطح لغزش در واحد ۱۹ بیش از دو برابر واحد ۱۷) را می‌توان به درصد رس آنها مربوط دانست که با نظر سایر محققان مطابقت دارد (۱، ۹، ۱۱، ۱۵).

با توجه به نقشه واحدهای همگن و مجموع سطوح زمین لغزش‌های رخ داده در هر واحد، مشخص شد که واحد همگن شماره ۲۰ بیشترین سطح لغزش را داشته و برخی از واحدها فاقد وقوع لغزش بوده و برخی دیگر دارای مقداری بین این دو هستند (شکل ۴). این واحد در شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد و جهت شمالی واقع شده است و خاک آن دارای بافت لومی با حد روانی پائین است، که نشان دهنده خاکی لومی و ریزدانه بوده و حد روانی متوسط دارد، چون جهت های شمالی همیشه نسبت به سایر جهت‌ها رطوبت بیشتری دارند (۱). می‌توان گفت که به دلیل بافت ریزدانه و افزایش رطوبت در این واحد، خطر وقوع لغزش بالا رفته و در نهایت منجر به وقوع





شکل ۴- مجموع سطوح لغزش‌های اتفاق افتاده در واحدهای همگن

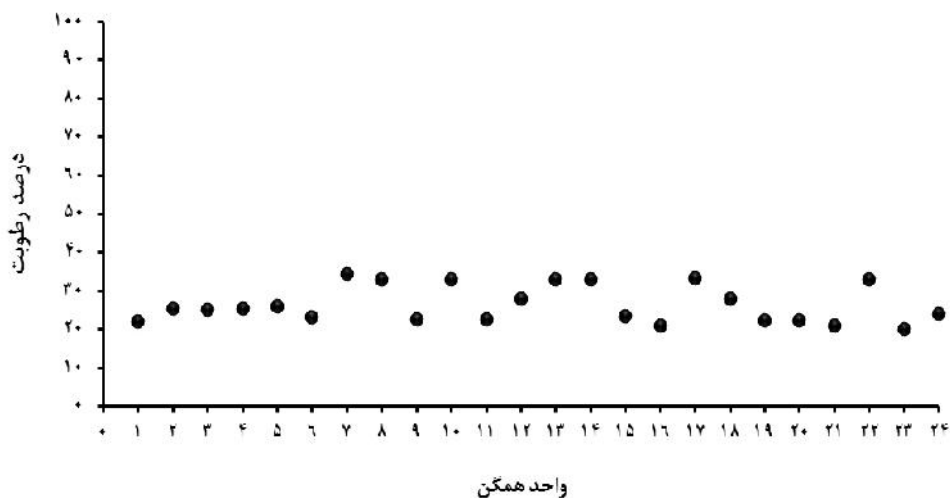
جدول ۴- مشخصات بافت خاک نمونه‌های برداشت شده در واحدهای همگن

شماره واحد همگن	رس	لای	ماسه	بافت خاک
۱	۳۲	۵۷	۱۱	ML
۲	۳۲	۶۰	۸	ML
۳	۳۰	۵۸	۱۲	ML
۴	۲۸	۶۲	۱۱	ML
۵	۲۴	۷۱	۴	ML
۶	۲۹	۵۷	۱۴	ML
۷	۳۰	۵۲	۱۸	MH
۸	۱۶	۴۴	۴۰	CL
۹	۳۲	۵۳	۱۵	ML
۱۰	۳۰	۵۰	۲۰	CL
۱۱	۳۱	۵۰	۱۹	ML
۱۲	۲۷	۵۶	۱۷	ML
۱۳	۲۴	۶۱	۱۵	ML
۱۴	۳۰	۵۰	۲۰	GW
۱۵	۲۳	۷۵	۲	ML
۱۶	۳۰	۵۵	۱۵	ML
۱۷	۱۰	۴۲	۴۸	CL
۱۸	۲۳	۷۲	۵	ML
۱۹	۳۴	۵۲	۱۴	ML
۲۰	۲۹	۵۷	۱۴	ML
۲۱	۳۰	۶۰	۱۰	ML
۲۲	۳۰	۵۰	۲۰	CL
۲۳	۲۴	۶۸	۸	ML
۲۴	۳۳	۵۴	۱۳	ML

ML: لومی با حد روانی پائین CL: رسی با حد روانی پائین GW: شنی با دانه بندی MH: لومی با حد روانی بالا

ارتباط مستقیم به میزان ریزدانه خاک و هم چنین جهت و شیب منطقه دارد (۱۰). استقرار این واحد در شیب شمالی می‌تواند از دلایل بالاتر بودن رطوبت در این واحد باشد (جدول ۲).

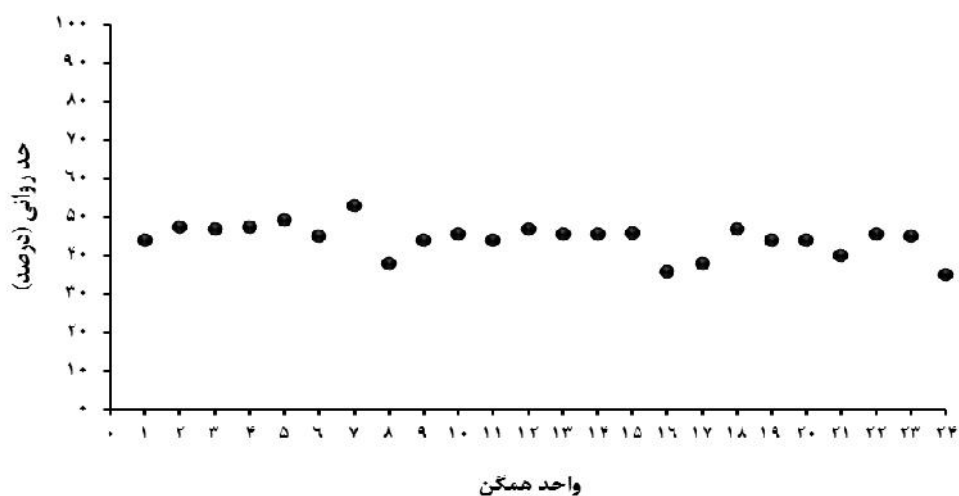
نتایج مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که بیشترین مقدار رطوبت در واحد همگن شماره ۷ و کمترین مقدار آن در واحد شماره ۲۳ می‌باشد (شکل ۵). ثابت شده است که میزان رطوبت موجود در خاک یکی از عوامل مهم وقوع لغزش می‌باشد که این موضوع



شکل ۵- مقادیر رطوبت خاک در نمونه‌های خاک واحدهای همگن

نظر می‌رسد که تأثیر لای در این واحد بیشتر از رس باشد و افزایش نسبی رطوبت در این واحد هم می‌تواند دلیل دیگری بر میزان حد روانی بالای خاک این واحد باشد. بر اساس این یافته‌ها، وجود لای و رطوبت زیاد در خاک می‌تواند سبب تشدید حرکت‌های توده‌ای شود (۱۱، ۱۵).

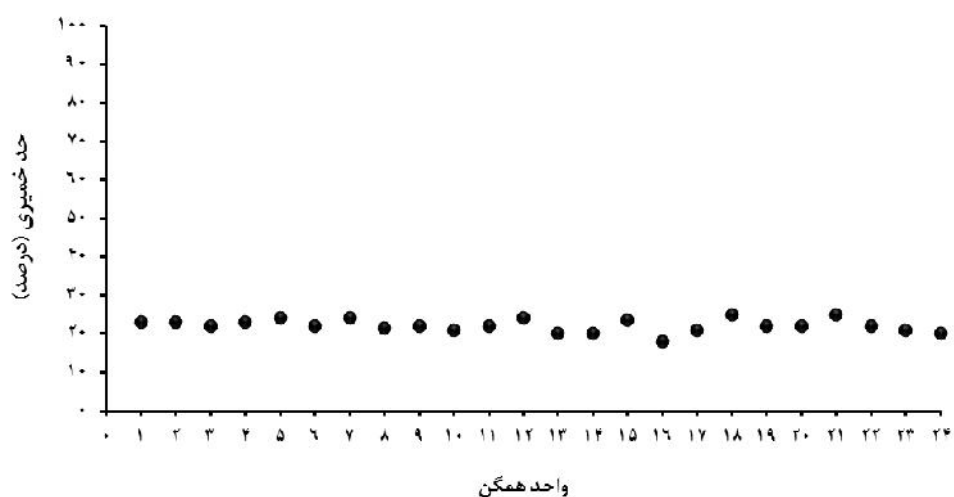
آزمایشات مربوط به فاکتورهای مکانیکی خاک نشان داد که بیشترین حد روانی در واحد همگن شماره ۵ و کمترین مقدار آن در واحد همگن شماره ۲۴ است (شکل ۶). این یافته‌ها نشان می‌دهند که حد روانی خاک ارتباط قوی با ریزدانه بودن بافت خاک دارد به طوری که در واحد شماره ۵، حدود ۹۶ درصد بافت خاک را رس و لای تشکیل می‌دهد و به



شکل ۶- مقادیر حد روانی در واحدهای همگن

هستند و کمتر بودن میزان رطوبت واحد ۱۶ و در نتیجه کاهش حد خمیری آن در نتیجه همین عامل است (۹). علاوه بر رطوبت، تغییرات مقادیر ریزدانه‌های خاک هم منجر به تغییر در خصوصیات مکانیکی خاک می‌شوند.

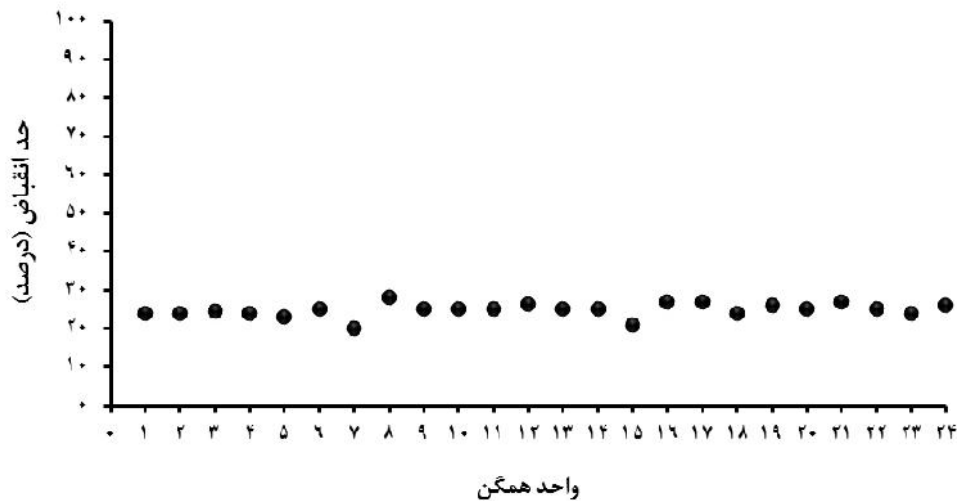
داده‌های مربوط به حد خمیری خاک نشان داد که کمترین مقدار در واحد همگن شماره ۱۶ و بیشترین مقدار آن در واحدهای شماره ۲۱ و ۱۸ می‌باشد (شکل ۷). این داده‌ها تاکید می‌کنند که مقادیر ویژگی‌های مکانیکی خاک در ارتباط مستقیم با میزان رطوبت خاک



شکل ۷- مقادیر حد خمیری در واحدهای همگن

شده، اختلاف زیادی را نشان ندادند، به نحوی که بافت خاک نمونه شماره ۷ که دارای کمترین حد انقباض است از لحاظ بافت مشابه با بسیاری از دیگر نمونه است (جدول ۴).

واحدهای شماره ۷ و ۸ به ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار حد انقباض در آزمایشات مکانیک خاک بودند (شکل ۸).



شکل ۸- مقادیر حد انقباض در واحدهای همگن

دقیقی جهت تعیین مناطق مستعد و پایدار در برابر وقوع زمین لغزش انجام گیرد. مطالعات خواص فیزیکی و مکانیکی خاک می‌تواند اطلاعات کاربردی مفیدی در اختیار متخصصین قرار دهد تا از وقوع زمین لغزش و پیامدهای آن جلوگیری کرد.

### تشکر و قدردانی

در پایان از زحمات جناب آقای لطفی که در این پژوهش همراه و یاری‌گر ما بود، صمیمانه تشکر می‌شود.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که وقوع زمین لغزش در اطراف جاده‌های جنگلی ارتباط مستقیمی با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک دارد، به طوری که در نواحی با شیب شمالی و با افزایش ریزدانه رطوبت خاک، احتمال وقوع زمین لغزش نیز افزایش می‌یابد که سطح زمین لغزش‌های ثبت شده این موضوع را تایید می‌کند. بنابراین، ضرورت دارد که در طراحی جاده‌های جنگلی و یا ایجاد هر گونه تاسیسات و ابنیه دیگر بویژه در مناطق کوهستانی، علاوه بر توجه به بیلان اقتصادی و مطالعات زیست محیطی، مطالعات پایه منظم و

## منابع

1. Abedi, T., S.A. Hosseini and R. Naghdi. 2009. Study of landslides and relation with mechanical soil properties around the forest roads (Case study: ChafRood Forest). *Journal of Watershed Management*, 1(1): 17-29. (In Persian)
2. Ahamdi, H. and Y.E. Talebi. 2001. Effective agents in creation of movement masses (Case study: Ardal in Charmahl and Bakhtiary Province). *Journal of Natural Resource*, 1(54): 323-329. (In Persian)
3. Ayalew, L. and H. Ymagishi. 2005. The application of GIS based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakudyahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology*, 65: 15-31.
4. Coe, J.A. and W.L. Ellis. 2003. Seasonal movement of the chaeslungullion Landslide determinate from Global Positioning System surveys and field instrumentation. *Engineering Geology*, (68): 67-101.
5. Garfi, G. and D.D. Bruno. 2007. Fan morph dynamics and slop instability in the Mucone River Basin (Sila Massif, Southern Italy): signification of weathering and role of land use changes. *Catena*, (50): 181-196.
6. Guzzetti, F., F. Ardizzone, M. Cardinali, M. Rossi and D. Valigi. 2009. Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, 279: 222-229.
7. Hattanji, T. and H. Moriwaki. 2009. Morphometric analysis of relic landslides using detailed landslide distribution maps: Implications for forecasting travel distance of future landslides. *Geomorphology*, 103: 447-454.
8. Hoa, J., K.T. Lee, T.G. Chang, Z.Y. Wang and Y.H. Liao. 2012. Influences of spatial distribution of soil thickness on shallow landslide prediction. *Engineering Geology*, 124: 38-46.
9. Hosseini, S.A., R. Lotfi, M. Lotfalian, A. Kavian and A. Parsakhoo. 2011. The effect of terrain factors on landslide features along forest road. *African Journal of Biotechnology*, (10): 14108-14115.
10. Hosseini, S.A. and T. Abedi. 2006. Study of landslides and relation with mechanical soil properties around the forest roads (Case study: Shafa Rood Forest). 2th seminar on natural hazard. Tehran. Iran, 8 pp. (In Persian)
11. Jamshidi, A., B. Majnounian, Gh. Zahedi Amiri and S.A. Hosseini. 2009. Forest soil classification to reduce costs of mechanical capability study for roadway and transportation (Case study: Agh- Mashhad Forest). *Journal of the Iranian Natural Resources*, 4(61): 877-888. (In Persian)
12. Lebourg. T., S. Hernandez, S. Zerate, H. Jomardand and B. Fresia. 2010. Landslide triggered factors analyzed by time lapse electrical survey and ultidimensional statistical approach. *Engineering Geology*, 10: 10-16.
13. Lotfi, R. 2008. The studying the landslide around of constructed forest roads.the case study of Pahnekola forest. M.Sc Thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resource University, 70 pp. (In Persian)
14. Majnunian, B., R. Shoja and H. Sobhani. 2007. Study of mechanical characteristics of the forest soil in Gorazboon district. Kheyrood Kenar Forest, to be used in Road Construction and Harvesting Operations. *Iranian Journal of Natural Resources*. 1(60): 537-544. (In Persian)

15. Omidvar, A. and A. Kavian. 2010. Estimation of landslide volume based on area in regional scale (Case study: Mazandaran State). *Iranian Journal of Natural Resources*, 4: 455-439. (In Persian)
16. Valstad, T.R. and L. Anderson. 2005. The storegga slide: evaluation of triggering sources and slides mechanics. *Marine and Petroleum Geology*, 22: 245-255.
17. Wu, W. and R.C. Slide. 1995. A distributed slope stability model for steep forested basins. *Water Research*, 31: 2097- 2110.
18. Zhou, C.H., C.F. Lee and J. Li. 2002. On the spatial relationship between landslides and causative factors on Lantau Island. *Hong Kong. Geomorphology*, 43: 197-207.

## **Effect of Physical and Mechanical Soil Properties on Landslide in Forest Road Edge (Case Study: Pahnekola District watershed Tajen)**

**Najmeh Mohammadi Savadkoobi<sup>1</sup> and Seyed Ataollah Hosseini<sup>2</sup>**

---

1- Former MSc Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2- Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

(Corresponding Author: at.hosseini@ut.ac.ir)

Received: May 27, 2012

Accepted: November 6, 2012

---

### **Abstract**

Mass movement has effective role on destruction of roads, pastoral and residential areas and crating the erosion and sediment in watersheds. Many factors are associated with landslide, and study of landslide is differing based on scope and viewpoint. In this study, physical and mechanical properties of 24 sample soil were determined in homogenous units around the forest roads and soil analysis was done in soil laboratory. Results showed that this area is susceptible for landslide and occurrences the hazard increase in northern slopes and soft particles and increase the soil moisture content. Most samples had moderate liquid and plastic index, that increase the water in these soils led to increase the landslide occurrences. Our findings revealed that for road construction and each structure, special attention to physical and mechanical soil properties are necessity, and for each civil action, safety and controller precaution such as drainage and soil stabilization are essential for susceptible areas to mass movement.

**Keywords:** Landslide, Forest road, Homogenous unit, Liquid index, Plastic index