



تأثیر زمین‌لغزش ناشی از فعالیت‌های اجرایی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه موردی: جنگل‌های تنکابن و رامسر)

سیدپیمان میثاقی^۱، رامین نقدی^{۲*}، علی صالحی^۳ و حسن پوربابایی^۲

^۱ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
^۲ استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
^۳ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۳۰)

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی تأثیر زمین‌لغزش ناشی از فعالیت‌های اجرایی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های تنکابن و رامسر است. بدین منظور موقعیت جغرافیایی زمین‌لغزش‌های موجود منطقه برداشت و در بین آنها زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت‌های اجرایی مشخص شد. زمین‌لغزش‌ها در طبقات ارتفاع از سطح دریا (کمتر از ۷۵۰ و بیشتر از ۷۵۰ متر)، جهت جغرافیایی (شمال، جنوب، شرق و غرب)، سن (کمتر از ۱۵ و بیشتر از ۱۵ سال) در دوازده طبقه دسته‌بندی شد. سپس از هر طبقه یک یا چند لغزش انتخاب و در هریک از طبقات لغزش‌ها سه قطعه نمونه و در جنگل شاهد مجاور یک قطعه نمونه دایره‌شکل یک‌آری به‌منظور اندازه‌گیری خصوصیات خاک برداشت شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل اسیدیته، کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری و حقیقی بود. در مجموع ۸۸ نمونه خاک برداشت شد. میانگین جرم مخصوص ظاهری، حقیقی، کربن آلی و pH خاک در منطقه لغزشی به‌ترتیب ۱/۶۹، ۲/۳۸، ۲/۳۳ و ۶/۸۰ و در منطقه شاهد به‌ترتیب ۱/۶۴، ۲/۳۲، ۳/۴۹ و ۶/۵۶ به‌دست آمد. بررسی خصوصیات خاک تحت تأثیر شیب نشان داد که مقدار اسیدیته و کربن آلی خاک در مناطق لغزشی کمتر از مناطق شاهد و مخصوص ظاهری خاک در مناطق لغزشی بیشتر از مناطق شاهد بود. بازیابی خصوصیات خاک نشان داد که به‌جز کربن آلی خاک، بقیه خصوصیات بررسی‌شده به‌طور کامل بازیابی شدند. نتایج آماری خصوصیات خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین کربن آلی خاک در مناطق لغزشی و شاهد در طبقات بررسی‌شده وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌های هیرکانی، حرکات توده‌ای، خصوصیات خاک، عوامل فیزیوگرافی.

مقدمه

زمین‌لغزش سبب تخریب ۶۷۶۳ هکتار جنگل، تخریب ۱۷۰ کیلومتر راه ارتباطی و حجم ۹۶۳۸۰۷ متر مکعب رسوب سالیانه شده است (Mirsanei & Kardan, 1999). زمین‌لغزش یکی از پدیده‌های طبیعی رایج در اراضی شیبدار در اکوسیستم‌های جنگلی و یکی از دلایل اصلی تخریب جنگل است (Walker & Shiels, 2012) که در مسیر جاده‌های جنگلی سبب ایجاد

زمین‌لغزش‌ها نوعی از حرکات دامنه‌ای‌اند که موجب حرکت مواد رسوبی، سنگ، خاک یا ترکیبی از آنها به‌طرف پایین دامنه در اثر نیروی ثقل می‌شوند (Sassa & Canuti, 2009). زمین‌لغزش پدیده‌ای است که سالانه خسارات فراوانی را از نظر جانی، مالی و منابع طبیعی در پی دارد. بررسی‌ها نشان داده است که

(2009) با بررسی خواص مکانیکی خاک و ایجاد لغزش در مسیر جاده جنگلی در حوضه آبخیز چفرود گیلان نشان دادند که رطوبت زیاد مناطق لغزشی نسبت به مناطق شاهد از سطح تا عمق نمونه‌های خاک سبب حرکت توده‌های خاک می‌شود. Mohammadi (2013) در حاشیه جاده‌های جنگلی حوضه آبخیز تجن نشان دادند که شرایط کلی منطقه مستعد زمین لغزش است و وقوع آن در مناطق با شیب شمالی و حاوی بافت‌های ریزدانه و همچنین با افزایش رطوبت خاک افزایش می‌یابد. Ballabh et al. (2014) با بررسی رابطه بین ویژگی‌های فیزیوگرافی و احتمال زمین لغزش در منطقه غرب هیمالیا نشان دادند که رابطه معنی‌داری بین فراوانی زمین لغزش‌ها با شیب و همچنین با فعالیت‌های انسانی وجود دارد. Emami et al. (2016) با بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در وقوع زمین لغزش در منطقه افسرآباد چهارمحال و بختیاری نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر رس، ماده آلی، سیلت، کلسیم، منیزیم و هدایت الکتریکی بین نمونه‌های شاهد و لغزش یافته وجود دارد. Gorgandipour et al. (2017) در بخش پاتم جنگل خیرود نشان دادند که اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات مکانیکی خاک در مناطق لغزشی با مناطق بدون لغزش وجود دارد، درحالی که اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات شیمیایی خاک مشاهده نشد. در پژوهشی دیگر Zare et al. (2021) با استفاده از مدل استنتاج عصبی فازی به پیش‌بینی حساسیت زمین لغزش در امتداد شبکه جاده‌های جنگلی در استان مازندران پرداختند و بیان کردند که مدل مذکور ابزاری مؤثر برای ارزیابی حساسیت زمین لغزش منطقه است. امروزه کاهش آسیب‌های محیط زیستی ناشی از اقدامات عمرانی در اکوسیستم‌های طبیعی مانند اکوسیستم‌های جنگلی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، تا آنجا که تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان پروژه‌های عمرانی در اکوسیستم‌های جنگلی را به فکر به‌کارگیری

مشکلاتی در مدیریت و بهره‌برداری از جنگل می‌شوند (Sarikhani & Gorji, 2003). شناسایی، مهار، پیش‌بینی و پیشگیری از خسارات و تلفات جانی و اقتصادی-اجتماعی ناشی از خطرهای طبیعی نظیر زمین لغزش از مباحث مهم علوم منابع طبیعی به‌شمار می‌رود. زمین لغزش‌ها نتیجه فرایندهای مکانی-زمینی وابسته به هم شامل فرایندهای هیدرولوژیکی (بارش، تبخیر و آب زیرزمینی)، وزن پوشش گیاهی، مقاومت ریشه، وضعیت خاک، سنگ مادر، توپوگرافی و فعالیت‌های انسانی هستند (Wu & Slide, 1995). عوامل متعددی مانند شرایط زمین‌شناسی، شرایط هیدرولوژیکی، وضعیت توپوگرافی، مورفولوژی، آب‌وهوا و هوازگی بر پایداری یک دامنه تأثیر می‌گذارند و ممکن است سبب ایجاد لغزش شوند (Zhou et al., 2002; Garfi & Bruno, 2007; Guzzetti et al., 2009). با توجه به طبقه‌بندی (Varnes 1978) زمین لغزش‌ها براساس دو پارامتر نوع حرکت مواد و نوع مواد درگیر تقسیم‌پذیرند. این طبقه‌بندی ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دسته‌بندی زمین لغزش‌هاست. حرکت یا ایستایی توده سنگ یا خاک روی دامنه، به اندازه شیب دامنه و ضریب اصطکاک سطح بستگی دارد. هرچه شیب دامنه بیشتر باشد، امکان ریزش توده سنگ یا خاک نیز بیشتر خواهد بود. همچنین ضریب اصطکاک سطح، خود متأثر از عوامل مختلفی از جمله جنس خاک یا سنگ، مقدار پوشش گیاهی، زهکشی و مقدار رطوبت سطح است. از نظر عمق نیز می‌توان لغزش زمین در جنگل‌های هیرکانی را به لغزش عمیق و لغزش کم‌عمق و از نظر فعالیت به لغزش فعال و لغزش خفته زمین طبقه‌بندی کرد. لغزش‌های کم‌عمق به‌طور معمول در نزدیکی جاده‌ها و رودخانه‌ها و در مکان‌هایی که پوشش گیاهی حذف شده رخ می‌دهد (Hafezi & Ghafoori, 2007). پژوهش‌ها درباره تأثیرات زمین لغزش بر زندگی انسان و زیرساخت‌ها پرشمار است، اما در مورد تأثیرات زمین لغزش بر محیط زیست تحقیقات کمی انجام گرفته است. Abedi et al.

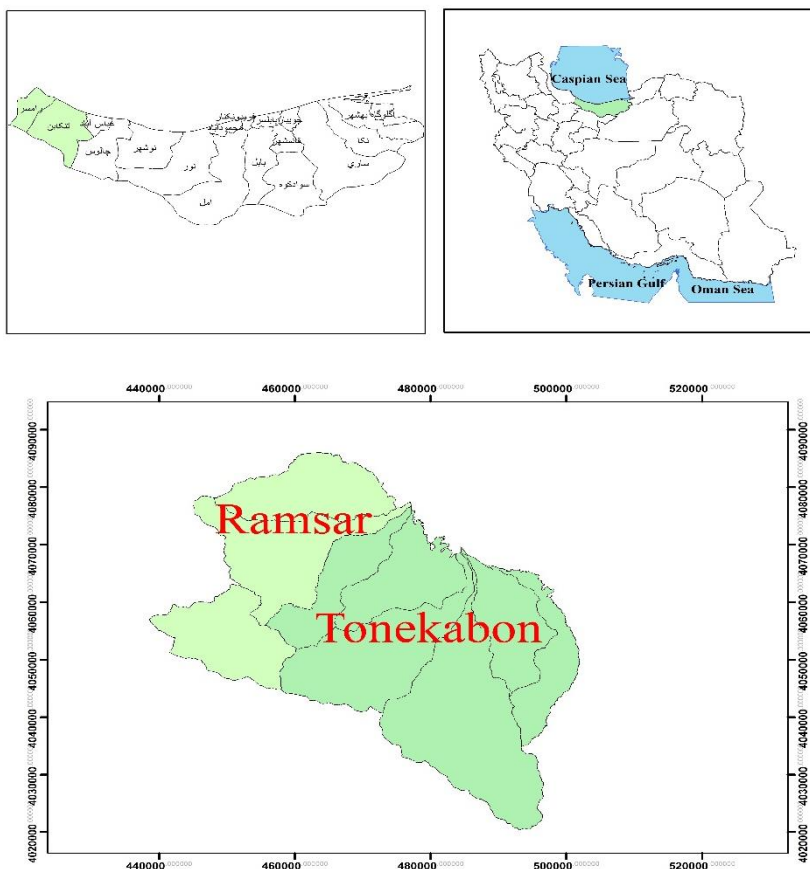
تیرم‌رود، ۱ تا ۵ دوهزار، ۱ تا ۴ سه‌هزار، ۱ تا ۴ لییره‌سر و ۱ تا ۵ (لساکوتی) با مساحت حدود ۲۳۴۰۰۰ هکتار انجام گرفت. منطقه از نظر مختصات جغرافیایی در طول جغرافیایی "۳۳' ۱۹° ۵۰" تا "۲۸' ۱۳° ۵۰" شرقی و عرض جغرافیایی "۲۳' ۱۹° ۳۶" تا "۱۴' ۵۷° ۳۶" شمالی واقع شده است (شکل ۱). پس از جنگل‌گردشی همه لغزش‌های موجود برداشت و لغزش‌های ناشی از فعالیت‌های اجرایی از بین آنها انتخاب شد. از فعالیت‌های اجرایی در مناطق تحت بررسی می‌توان به جاده‌سازی، مسیرهای چوبکشی و احداث ابنیه فنی اشاره کرد. در این مناطق هفت واحد سنگی یا رسوبی وجود دارد: ۱- رسوبات آبرفتی مربوط به کواترنز؛ ۲- واحدهای سنگی مربوط به کرتاسه فوقانی؛ ۳- رسوبات آهکی مربوط به ژوراسیک فوقانی؛ ۴- رسوبات سازند شمشک؛ ۵- رسوبات کنگلومرای؛ ۶- رسوبات مربوط به دوره تریاس؛ و ۷- واحدهای رسوبی مربوط به اواخر دوران اول پرمین. منطقه پژوهش با توجه به مواد مادری و عوامل تشکیل‌دهنده خاک دارای خاک‌های قهوه‌ای جنگلی است که به علت دارا بودن سنگ‌های مادری کنگلومرای و ماسه‌سنگی دارای واکنش اسیدی است. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۰۰ متر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۳۵۲۰ متر است. متوسط بارندگی سالیانه ۱۱۲۲ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۲/۷ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه نیز براساس طبقه‌بندی آمبرژه، معتدل و مرطوب است. پوشش گیاهی در منطقه پژوهش تا ارتفاع ۵۰۰ متری از سطح دریا در بعضی مناطق جنگلکاری از گونه‌های پهن‌برگ افرا و توسکا و در بیشتر مناطق ممرز به‌همراه خرمندی، لیلکی و توسکا یا ممرز به‌همراه انجیلی، خرمندی و روی یال‌ها به‌همراه بلوط، از ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا ممرز به‌همراه دیگر پهن‌برگان مانند بلوط، انجیلی، خرمندی و توسکا و از ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا به بالاتر راش به‌همراه ممرز و گونه‌های دیگر و در خیلی از عرصه‌ها راشستان خالص است (Booklet of forestry plan, 2007).

راهکارهایی برای به حداقل رساندن این‌گونه صدمات انداخته است. مناطق و عرصه‌های جنگلی در شمال کشور نیز از جمله مناطقی است که درصد زمین‌لغزش آنها به‌طور نسبی زیاد است (Ranjbar, 2012). نتایج تحقیقات متعدد نشان داده که وقوع زمین‌لغزش ارتباط مستقیمی با ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک دارد، به‌طوری که در نواحی‌ای با شیب شمالی و با افزایش ریزدانه‌ها و رطوبت خاک، احتمال وقوع زمین‌لغزش نیز افزایش می‌یابد (Mohammadi & Hosseini, 2013). بنابراین باید در هنگام طراحی مسیر جاده‌های جنگلی یا ایجاد هر گونه تأسیسات و ابنیه فنی به‌ویژه در مناطق کوهستانی، افزون‌تر توجه به بیان اقتصادی و تحقیقات محیط زیستی، بررسی‌های پایه‌ای منظم و دقیقی برای تعیین مناطق مستعد و ناپایدار در برابر وقوع زمین‌لغزش انجام گیرد. بررسی خصوصیات خاک می‌تواند اطلاعات کاربردی مفیدی در اختیار متخصصان قرار دهد تا از وقوع زمین‌لغزش و پیامدهای آن جلوگیری کرد. بنابراین سؤال پژوهش حاضر این است که آیا در منطقه تحت بررسی تفاوت معنی‌داری بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک متأثر از زمین‌لغزش‌ها با منطقه شاهد وجود دارد؟ بر این اساس، هدف این پژوهش بررسی تأثیر زمین‌لغزش ناشی از فعالیت‌های اجرایی بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، اسیدیتیه خاک و کربن آلی خاک مناطق لغزشی و مقایسه آن با منطقه بدون لغزش مجاور در جنگل‌های غرب استان مازندران است.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

این پژوهش در جنگل‌های غرب استان مازندران (شهرستان‌های تنکابن و رامسر) و در حوضه‌های آبخیز شماره ۳۰ تا ۳۶ مشتمل بر ۴۱ سری (سری‌های ۱ تا ۴ صفارود، ۱ تا ۳ بنشکی، ۱ تا ۹ چالکرو، ۱ تا ۷



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه پژوهش
Figure 1. Location of study area

بیشتر از ۵۰ درصد) دسته‌بندی شدند. به‌منظور برداشت نمونه‌های خاک در داخل هر طبقه از روش نمونه‌برداری ترانسکت استفاده شد. در امتداد هر ترانسکت سه قطعه نمونه مستطیل‌شکل چهارآری در عرصه‌های لغزشی و یک قطعه در عرصه شاهد مجاور پیاده و داده‌های مورد نظر برداشت شد (شکل ۲). برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در هر قطعه نمونه، نمونه‌برداری از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک تهیه شد (پنج نمونه شامل یکی در مرکز و چهار نمونه در گوشه‌ها گرفته و پس از مخلوط کردن آنها ۲ کیلوگرم برای آزمایش‌ها برداشت شد) (Salehi et al., 2012). در مجموع ۸۸ نمونه خاک در دو منطقه شاهد و لغزشی به‌منظور بررسی تأثیر خصوصیات خاک بر وقوع زمین‌لغزش برداشت شد.

شیوه اجرای پژوهش

به‌منظور بررسی تأثیر زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت‌های اجرایی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، موقعیت جغرافیایی همه لغزش‌های منطقه پژوهش با دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS Garmin 64sx) برداشت و ثبت شد. تعداد زمین‌لغزش‌های موجود در مناطق تحت بررسی ۴۴ لغزش بود. از این تعداد ۲۴ زمین‌لغزش ناشی از فعالیت‌های انسانی بود که بررسی نهایی آنها صورت گرفت. به‌دلیل توزیع زمین‌لغزش‌ها در محدوده ارتفاعی ۵۰ تا ۱۵۰۰ متر، زمین‌لغزش‌ها در دو طبقه ارتفاع از سطح دریا (کمتر از ۷۵۰ و بیشتر از ۷۵۰ متر)، جهت جغرافیایی (شمال، جنوب، شرق و غرب)، طبقه سنی (کمتر از ۱۵ و بیشتر از ۱۵ سال) و طبقه شیب (کمتر از ۵۰ و



شکل ۲- نمایی از منطقه لغزشی (سمت راست) و منطقه شاهد (سمت چپ)

Figure 2. View of landslide area (right) and control area (left)

شیمیایی خاک بررسی شده تحت تأثیر طبقات ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، سن زمین لغزشها و شیب از تجزیه واریانس تک متغیره و آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده شد. همه تجزیه و تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار آماری IBM SPSS ver. 22 و همه نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ ترسیم شد.

نتایج

بررسی خصوصیات خاک نشان داد که میانگین جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و مقدار pH خاک در منطقه لغزشی بیشتر از منطقه شاهد و میانگین کربن آلی کمتر از منطقه شاهد بود. با افزایش ارتفاع از سطح دریا، هم در منطقه لغزشی و هم در منطقه شاهد، جرم مخصوص ظاهری خاک روند کاهشی داشت، در حالی که جرم مخصوص حقیقی روند افزایشی نشان داد. همچنین با افزایش ارتفاع از سطح دریا، مقدار اسیدیته و کربن آلی خاک در منطقه لغزشی کاهش نسبت به شاهد یافت (جدول ۱).

نتایج آزمون تجزیه واریانس خصوصیات خاک

روش تحلیل

اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری با استفاده از دستگاه pH متر اندازه گیری شد (Kooch & Moghimian, 2015). کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر و براساس درصد اندازه گیری شد (Walkley & Black, 1934; Fathi et al., 2021). جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه و جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتری بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری شد (Kazemi et al., 2015). برای بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و برای همگن بودن واریانس ها از آزمون لون استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM انجام گرفت. از آزمون تجزیه واریانس تک متغیره (Univariate) به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر طبقات ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، سن زمین لغزشها و شیب در محل های مختلف نمونه برداری استفاده شد. همچنین به منظور مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکی و

تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و اسیدیته خاک هم در مناطق مختلف نمونه‌برداری (شاهد و لغزشی) و هم در طبقات ارتفاعی مختلف وجود ندارد، اما اختلاف معنی‌داری بین مقدار کربن آلی در دو منطقه شاهد و لغزشی وجود دارد (جدول ۲). مقدار اسیدیته و کربن آلی خاک در همه جهات بررسی شده در مناطق لغزشی کمتر از مناطق شاهد و میانگین جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک نیز در همه جهات جغرافیایی بررسی شده (به‌جز جهت غرب) در مناطق لغزشی بیشتر از مناطق شاهد بود (جدول ۳).

جدول ۱- میانگین \pm انحراف معیار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا
Table 1. Mean \pm standard deviation of physiochemical soil properties under effects of elevation

کل Total	ارتفاع از سطح دریا Elevation		محل نمونه‌برداری Sampling area	متغیر Variable
	بیشتر از ۷۵۰ متر > 750 m	کمتر از ۷۵۰ متر < 750 m		
1.69 \pm 0.22	1.66 \pm 0.24	1.71 \pm 0.21	لغزشی Landslide	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³) Bulk density (gr/cm ³)
1.64 \pm 0.19	1.643 \pm 0.19	1.644 \pm 0.19	شاهد Control	
2.38 \pm 0.20	2.43 \pm 0.23	2.33 \pm 0.16	لغزشی Landslide	جرم مخصوص حقیقی (gr/cm ³) Particle density (gr/cm ³)
2.32 \pm 0.19	2.321 \pm 0.25	2.320 \pm 0.15	شاهد Control	
6.80 \pm 0.61	6.88 \pm 0.74	6.73 \pm 0.48	لغزشی Landslide	اسیدیته pH
6.56 \pm 0.41	6.53 \pm 0.43	6.58 \pm 0.40	شاهد Control	
2.33 \pm 1.11	2.26 \pm 1.27	2.38 \pm 0.96	لغزشی Landslide	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
3.49 \pm 0.72	3.70 \pm 0.78	3.31 \pm 0.65	شاهد Control	

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات خاک تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا در محل‌های مختلف نمونه‌برداری
Table 2. ANOVA of soil properties under effects of elevation in the different sampling areas

کربن آلی O.C	اسیدیته pH	جرم مخصوص حقیقی P.D	جرم مخصوص ظاهری B.D	درجه آزادی d.f	منبع تغییرات
					Source
0.29 ^{ns}	0.035 ^{ns}	0.039 ^{ns}	0.007 ^{ns}	1	ارتفاع از سطح دریا Elevation
22.81 [*]	1.05 ^{ns}	0.068 ^{ns}	0.035 ^{ns}	1	محل نمونه‌برداری Sampling area
1.06 ^{ns}	0.179 ^{ns}	0.038 ^{ns}	0.006 ^{ns}	1	ارتفاع از سطح دریا \times محل نمونه‌برداری Elevation \times Sampling area
1.07	0.330	0.040	0.048	84	خطا Error

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵؛ ns نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵

*Significant difference at the 0.05 level and ns not significant difference at the 0.05 level

جدول ۳- میانگین \pm انحراف معیار خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر جهت جغرافیایی
Table 3. Mean \pm standard deviation of physiochemical soil properties under effects of aspect

کل Total	جهت جغرافیایی Aspect				محل نمونه‌برداری Sampling area	متغیر Variable
	غرب West	جنوب South	شرق East	شمال North		
1.69 \pm 0.22	1.68 \pm 0.22	1.63 \pm 0.32	1.70 \pm 0.18	1.72 \pm 0.16	لغزشی Landslide	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)
1.64 \pm 0.19	1.76 \pm 0.18	1.60 \pm 0.13	1.57 \pm 0.27	1.64 \pm 0.13	شاهد Control	Bulk density (gr/cm ³)
2.38 \pm 0.20	2.45 \pm 0.22	2.45 \pm 0.19	2.29 \pm 0.15	2.34 \pm 0.20	لغزشی Landslide	جرم مخصوص حقیقی (gr/cm ³)
2.32 \pm 0.19	2.48 \pm 0.25	2.33 \pm 0.17	2.24 \pm 0.13	2.24 \pm 0.17	شاهد Control	Particle density (gr/cm ³)
6.80 \pm 0.61	7.25 \pm 0.59	6.75 \pm 0.47	6.49 \pm 0.62	6.78 \pm 0.54	لغزشی Landslide	اسیدیته pH
6.56 \pm 0.41	6.95 \pm 0.06	6.48 \pm 0.15	6.21 \pm 0.48	6.64 \pm 0.37	شاهد Control	
2.33 \pm 1.11	1.8 \pm 1.1	2.0 \pm 0.85	2.7 \pm 1.0	2.5 \pm 1.1	لغزشی Landslide	کربن آلی (درصد)
3.49 \pm 0.72	3.5 \pm 0.78	3.6 \pm 0.58	3.1 \pm 0.73	3.6 \pm 0.87	شاهد Control	Organic carbon (%)

دارد. نتایج جرم مخصوص حقیقی و اسیدیته خاک نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین این مشخصات در جهات مختلف جغرافیایی وجود دارد، به طوری که بین جهت غرب با دیگر جهات اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴ و شکل ۳).

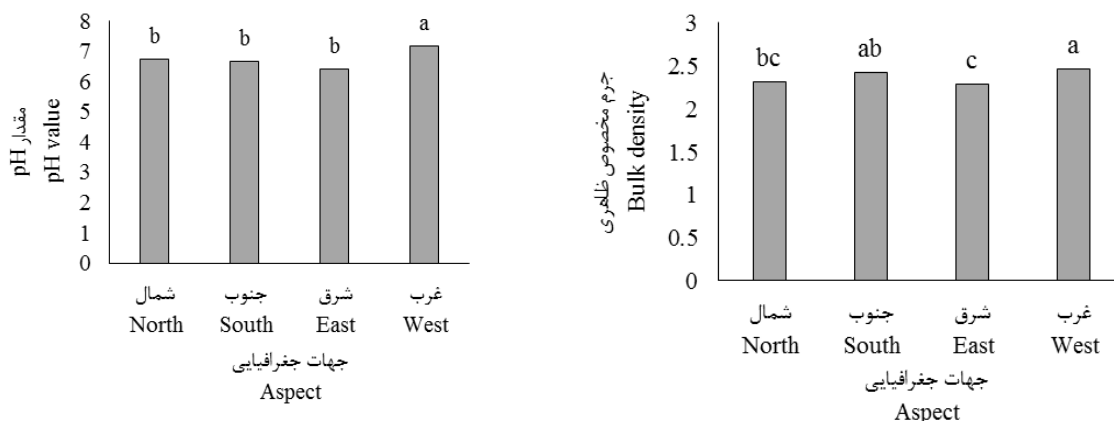
نتایج تجزیه واریانس جرم مخصوص ظاهری خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین این مشخصه در جهات مختلف و همچنین در منطقه شاهد و لغزشی وجود ندارد. نتایج کربن آلی نشان داد که بین جهات اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما بین منطقه شاهد و لغزشی اختلاف معنی‌داری بین کربن آلی وجود

جدول ۴- تجزیه واریانس خصوصیات خاک تحت تأثیر جهت جغرافیایی در محل‌های مختلف نمونه‌برداری
Table 4. ANOVA of soil properties under effects of aspect in the different sampling areas

کربن آلی O.C	اسیدیته pH	میانگین مربعات Mean square		درجه آزادی d.f	منبع تغییرات Source
		جرم مخصوص حقیقی P.D	جرم مخصوص ظاهری B.D		
0.48 ^{ns}	1.53 [*]	0.138 [*]	0.038 ^{ns}	3	جهت aspect
23.5 [*]	0.99 ^{ns}	0.057 ^{ns}	0.029 ^{ns}	1	محل نمونه‌برداری Sampling area
1.45 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.030 ^{ns}	3	جهت \times محل نمونه‌برداری aspect \times Sampling area
1.01	0.27	0.037	0.049	80	خطا Error

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵؛ ns نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵

*Significant difference at the 0.05 level and ns not significant difference at the 0.05 level



شکل ۳- مقایسه میانگین اسیدیته و جرم مخصوص حقیقی خاک تحت تأثیر جهت جغرافیایی
Figure 3. Mean comparison of pH and bulk density under effects of aspect

هر دو منطقه لغزشی و شاهد روند کاهش یافته (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات خاک تحت تأثیر شیب نشان داد که اختلاف معنی داری بین جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و اسیدیته خاک در طبقات شیب و مناطق لغزشی و شاهد وجود ندارد، اما اختلاف معنی داری بین مقدار کربن آلی خاک در دو منطقه شاهد و لغزش وجود دارد (جدول ۶).

بررسی خصوصیات خاک تحت تأثیر شیب نشان داد که مقدار اسیدیته و کربن آلی خاک در مناطق لغزشی کمتر از مناطق شاهد بود، اما جرم مخصوص ظاهری خاک در مناطق لغزشی بیشتر از مناطق شاهد بود. میانگین جرم مخصوص حقیقی نیز در مناطق لغزشی در طبقه کمتر از ۵۰ درصد بیشتر و در طبقه بیشتر از ۵۰ درصد کمتر از مناطق شاهد بود. با افزایش شیب، مقدار اسیدیته و کربن آلی خاک در

جدول ۵- میانگین ± انحراف معیار خصوصیات خاک تحت تأثیر شیب
Table 5. Mean ± standard deviation of physiochemical soil properties under effects of slope

کل Total	شیب Slope		محل نمونه برداری Sampling area	متغیر Variable
	بیشتر از ۵۰ درصد > 50 %	کمتر از ۵۰ درصد < 50 %		
1.69 ± 0.22	1.67 ± 0.22	1.70 ± 0.22	لغزشی Landslide	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³) Bulk density (gr/cm ³)
1.64 ± 0.19	1.66 ± 0.16	1.62 ± 0.22	شاهد Control	
2.38 ± 0.20	2.34 ± 0.21	2.41 ± 0.18	لغزشی Landslide	جرم مخصوص حقیقی (gr/cm ³) Particle density (gr/cm ³)
2.32 ± 0.19	2.39 ± 0.20	2.24 ± 0.16	شاهد Control	
6.80 ± 0.61	6.79 ± 0.61	6.81 ± 0.62	لغزشی Landslide	اسیدیته pH
6.56 ± 0.41	6.51 ± 0.46	6.61 ± 0.36	شاهد Control	
2.33 ± 1.11	2.29 ± 1.22	2.37 ± 1.0	لغزشی Landslide	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
3.49 ± 0.72	3.42 ± 0.62	3.55 ± 0.84	شاهد Control	

جدول ۶- تجزیه واریانس خصوصیات خاک تحت تأثیر شیب در محل‌های مختلف نمونه‌برداری
Table 6. ANOVA of soil properties under effects of slope in the different sampling areas

کربن آلی O.C	اسیدیته pH	میانگین مربعات Mean square جرم مخصوص حقیقی P.D	جرم مخصوص ظاهری B.D	درجه آزادی d.f	منبع تغییرات Source
0.18 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.030 ^{ns}	0.000 ^{ns}	1	شیب Slope
22.1 [*]	0.981 ^{ns}	0.060 ^{ns}	0.038 ^{ns}	1	محل نمونه‌برداری Sampling area
0.009 ^{ns}	0.027 ^{ns}	0.203 [*]	0.017 ^{ns}	1	شیب × محل نمونه‌برداری Slope × Sampling area
1.08	0.334	0.039	0.048	84	خطا Error

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵؛ ns نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵

*Significant difference at the 0.05 level and ns not significant difference at the 0.05 level

طبقات سنی زمین لغزش‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین جرم مخصوص حقیقی و اسیدیته خاک در دو طبقه سنی زمین لغزش بررسی شده وجود دارد. همچنین نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقدار کربن آلی در دو منطقه نمونه‌برداری (شاهد و لغزش) وجود دارد. براساس نتایج، اختلاف معنی‌داری بین جرم مخصوص ظاهری خاک در دو طبقه سنی زمین لغزش و در دو منطقه شاهد و لغزشی وجود ندارد (جدول ۸).

بررسی خصوصیات خاک تحت تأثیر طبقات سنی زمین لغزش‌ها نشان داد که با افزایش سن زمین لغزش، مقدار اسیدیته خاک افزایش می‌یابد، ولی میانگین جرم مخصوص حقیقی خاک روند کاهشی دارد. مقدار کربن آلی در هر دو طبقه سنی در مناطق لغزشی کمتر از مناطق شاهد بود. میانگین جرم مخصوص ظاهری نیز در مناطق لغزشی روند افزایشی نسبت به مناطق شاهد داشت (جدول ۷).
تجزیه واریانس خصوصیات خاک تحت تأثیر

جدول ۷- میانگین ± انحراف معیار خصوصیات خاک تحت تأثیر طبقات سنی زمین لغزش
Table 7. Mean ± standard deviation of physiochemical soil properties under effects of age classes

کل Total	سن زمین لغزش Landslide age		محل نمونه‌برداری Sampling area	متغیر Variable
	بیشتر از ۱۵ سال > 15 years	کمتر از ۱۵ سال < 15 years		
1.69 ± 0.22	1.72 ± 0.18	1.65 ± 0.25	لغزشی Landslide	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³) Bulk density (gr/cm ³)
1.64 ± 0.19	1.57 ± 0.18	1.71 ± 0.18	شاهد Control	
2.38 ± 0.20	2.34 ± 0.15	2.42 ± 0.23	لغزشی Landslide	جرم مخصوص حقیقی (gr/cm ³) Particle density (gr/cm ³)
2.32 ± 0.19	2.22 ± 0.13	2.41 ± 0.20	شاهد Control	
6.80 ± 0.61	6.60 ± 0.57	7.0 ± 0.59	لغزشی Landslide	اسیدیته pH
6.56 ± 0.41	6.48 ± 0.46	6.63 ± 0.35	شاهد Control	
2.33 ± 1.11	2.4 ± 0.95	2.2 ± 1.2	لغزشی Landslide	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
3.49 ± 0.72	3.3 ± 0.76	3.5 ± 0.71	شاهد Control	

جدول ۸- تجزیه واریانس خصوصیات خاک تحت تأثیر طبقات سنی زمین لغزش در محل‌های مختلف نمونه‌برداری
Table 8. ANOVA of soil properties under effects of age classes in the different sampling areas

کربن آلی O.C	اسیدیته pH	میانگین مربعات Mean square جرم مخصوص حقیقی P.D	جرم مخصوص ظاهری B.D	درجه آزادی d.f	منبع تغییرات Source
0.00 ^{ns}	1.28 [*]	0.29 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1	سن Age
22.1 [*]	0.98 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1	محل نمونه‌برداری Sampling area
0.62 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.18 [*]	1	سن × محل نمونه‌برداری Age × Sampling area
1.07	0.301	0.03	0.04	84	خطا Error

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵؛ ns نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵

*Significant difference at the 0.05 level and ns not significant difference at the 0.05 level

به‌طور کلی می‌توان گفت به‌دلیل پوشش جنگلی مناسب و در نتیجه میزان لاشه‌ریزه و لاشبرگ بیشتر در منطقه شاهد نسبت به منطقه لغزشی، مقدار کربن آلی خاک در لایه‌های سطحی خاک بیشتر است (Bahmaniar, 2002) و از آنجا که در اثر زمین‌لغزش، لایه سطحی خاک دچار جابه‌جایی می‌شود، می‌توان گفت کاهش مقدار کربن آلی در منطقه لغزشی به همین دلیل است. (Emami et al. 2016) با بررسی کربن آلی خاک در مناطق لغزشی بیان کردند که مقدار کربن آلی در منطقه شاهد بیشتر از منطقه لغزشی است و از نظر آماری نیز اختلاف معنی‌داری بین مقدار کربن آلی خاک منطقه لغزشی با منطقه شاهد وجود دارد که همسو با نتایج این پژوهش است. در پژوهشی دیگر، (Gorgandipour et al. 2017) در جنگل‌های بخش پاتم خیرود نشان دادند که مقدار کربن آلی در منطقه شاهد بیشتر از منطقه لغزشی است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. بررسی بازیابی کربن آلی خاک (طبقه سنی) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقدار کربن آلی در دو طبقه سنی زمین‌لغزش‌های بررسی‌شده (کمتر از ۱۵ سال و بیشتر از ۱۵ سال) وجود دارد؛ به عبارت دیگر می‌توان گفت که هنوز کربن آلی خاک به‌طور کامل بازیابی نشده است. (Zarin & Johnson 1995) با ارزیابی

بحث

در بررسی حاضر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر طبقات مختلف شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و سن در مناطق لغزشی ارزیابی شد. (Demir et al. 2013) با بررسی عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش‌ها در ترکیه و Ayalew & Ymagishi (2005) در مناطق کوهستانی ژاپن بیان کردند که شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش‌هاست. در پژوهشی دیگر، (Ballabh et al. 2014) در منطقه غرب هیمالیا در کشور هند بیان کردند که شیب، عاملی مؤثر در وقوع زمین‌لغزش است. ماده آلی خاک از عوامل تأثیرگذار بر بسیاری از ویژگی‌های خاک است (Salehi et al., 2012; Bahmaniar, 2002). در اثر وجود ماده آلی، تخلخل، نفوذپذیری خاک و همچنین درصد رطوبت خاک افزایش می‌یابد. ماده آلی با ایجاد خاکدانه اثر مهمی در افزایش ثبات ساختمان خاک دارد. در پژوهش حاضر نیز ماده آلی در مناطق لغزشی و شاهد تحت تأثیر طبقات مختلف شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و سن زمین‌لغزش‌ها بررسی شد که نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین درصد کربن آلی در منطقه لغزشی با منطقه شاهد وجود دارد (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و ۸).

که پس از گذشت ۴۰ سال، اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات خاک در منطقه لغزشی با منطقه بدون لغزش (شاهد) وجود ندارد. اصولاً در مقایسه بازمیابی خصوصیات فیزیکی در خاک‌ها، خصوصیات مانند جرم مخصوص‌های خاک نسبت به خصوصیات مانند بافت خاک بسیار زودتر بازمیابی می‌شوند (Salehi et al., 2012; Emami et al., 2016).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، عوامل زیادی در وقوع زمین لغزش‌ها و شدت خسارات ناشی از آن تأثیر دارند که یکی از این عوامل خصوصیات خاک و شرایط فیزیوگرافی منطقه است. نتایج بررسی حاضر نشان داد که تحت تأثیر زمین لغزش، تغییراتی در برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شرایط مختلف فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) ایجاد می‌شود. براساس نتایج، بازمیابی خصوصیات خاک و پوشش گیاهی در مناطق لغزشی به حالت اولیه قبل از وقوع لغزش به عوامل زیادی بستگی دارد و برای هر منطقه ممکن است متفاوت باشد که در این منطقه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی شده (به‌جز کربن آلی) به حالت اولیه قبل از وقوع زمین لغزش برگشته است. نتایج این پژوهش نشان داد که برای ساخت جاده یا هر ابنیه دیگر باید در مطالعات پایه به بررسی خصوصیات خاک توجه خاصی شود و در صورت ضرورت یافتن اجرای عملیات عمرانی در این مناطق، اقدامات احتیاطی و کنترل‌کننده مانند زهکشی و تثبیت مناطق مستعد به زمین لغزش انجام گیرد. با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بیشتری در این زمینه انجام گیرد و وضعیت گونه‌های گیاهی و خصوصیات خاک در طول توالی‌های ایجادشده توسط زمین لغزش‌ها به‌طور کامل بررسی شود.

مقدار کربن آلی خاک در مناطق لغزشی در جنگل‌های تروپیکال نشان دادند که بازمیابی کربن آلی خاک به حالت اولیه قبل از وقوع لغزش نسبت به دیگر خصوصیات زیستی یا حتی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک طولانی‌تر است که تأییدکننده نتایج این پژوهش است. ارتفاع از سطح دریا نیز یکی از عوامل مؤثر بر زمین لغزش است، به طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، حساسیت به زمین لغزش نیز بیشتر می‌شود (Pachauri et al., 1998). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه در ارتفاعات بالا هوازدگی سنگ‌ها بیشتر بوده و پدیده ذوب و انجماد غالب است (Dai & Lee, 2002)، این عامل می‌تواند در ایجاد حساسیت بیشتر به زمین لغزش در ارتفاعات بالاتر تأثیر داشته باشد. نتایج بررسی خصوصیات جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و اسیدیته خاک تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، شیب و طبقه سنی نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر این خصوصیات در مناطق لغزشی با مناطق شاهد وجود ندارد (جدول‌های ۲، ۴، ۶ و ۸). به‌عبارت دیگر می‌توان بیان کرد که پس از گذشت دو دهه از وقوع زمین لغزش، خصوصیات جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و اسیدیته به حالت اولیه خود بازگشته و بازمیابی شده‌اند. (Varedi Koolaei (2011 بیان می‌کند که پس از گذشت ۴۰ سال از توده لغزشی، اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات خاک مشاهده نشد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. (Gorgandipour et al. (2017 در جنگل‌های بخش پاتم خیرود بیان کردند که پس از گذشت دو دهه از وقوع زمین لغزش، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک به حالت اولیه قبل از لغزش برگشته است که همسو با نتایج این پژوهش است. (Mohammadi Savadkoobi & Hosseini (2013 توده‌های لغزشی در جنگل‌های دارابکلا نشان دادند

References

- Abedi, T., Hosseini, S.A., & Naghdi, R. (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.
- Ayalew, L., & Ymagishi, H. (2005). The application of GIS based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakudyahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology*, 65, 15-31.
- Bahmaniar, M.A. (2002). Effect of parent material on clay mineralogy in some woodland areas of Northern Iran. Symposium. 7, 358.
- Ballabh, H., Pillay, S., Negi, G.C.S., & Pillay, K. (2014). Relationship between selected physiographic features and landslide occurrence around four hydropower projects in Bhagirathi valley of Uttarakhand, Western Himalaya, India. *International Journal of Geosciences*, 5, 1088-1099.
- Booklet of forestry plan. (2007). Department of forestry technical, Chalooos, Forests, Range and Watershed Management Organization.
- Dai, F.C., & Lee, C.F. (2002). Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, 42, 213-228.
- Demir, G., Aytakin, M., Akgun, A., Ikizler, S.B., & Tatar, O. (2013). A comparison of landslide susceptibility mapping of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by likelihood-frequency ratio and analytic hierarchy process methods. *Natural Hazards*, 65, 1481-1506.
- Emami, S.N., Jalalian, A., & Khosravi, A. (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.
- Fathi, K., Jourgholami, M., Hosseini, S.A., & Khalighi Sigaroodi, Sh. (2021). Optimal distance among water diversion structures for mitigating runoff on the skid trails (case study: Kheyroud forest). *Iranian Journal of Forest*, 13(3), 237-250.
- Garfi, G., & Bruno, D.E. (2007). Fan morfolodynamics and slope instability in the Mucone River basin (Sila Massif, southern Italy): significant of weathering and role of land use changes. *Catena*, 50, 181-196.
- Gorgandipour, M., Hosseini, S.A., Abdi, E., & Zahedi Amiri, Gh. (2017). Comparison of stabilized sliding and control area based on herbaceous biodiversity and some soil properties (Case Study: Patom District, Kheyroud Forest). *Ecology of Iranian Forests*, 5(9), 17-23.
- Guzzetti, F., Ardizzone, F., Cardinali, M., Rossi, M., & Valigi, D. (2009). Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, 279, 222-229.
- Hafezi, M., & Ghafouri, M. (2007). Investigation of the distributions and causes of landslides in central Alborz, Iran. *World Applied Sciences Journal*, 2, 652-657.
- Kazemi, Sh., Hojjati, M., Fallah, A., & Tafazoli, M. (2015). Effects of forest management on soil physical and chemical properties of Khalil-Mahale forest. *Forest Research and Development*, 1(2), 167-180.
- Kooch, Y., & Moghimian, N. (2015). The effect of deforestation and land use change on ecophysiology indices of soil carbon and nitrogen. *Iranian Journal of Forest*, 7(2), 243-256.
- Mirsanei, S., & Kardan, R. (1999). An Analytically View on Country Landslides Properties. Proceedings of the 1st Iranian Conferences on Engineering Geology and Environment. Tehran, 13 p.
- Mohammadi Savadkoohi, N., & Hosseini, S.A. (2013). Effect of physical and mechanical soil properties on landslide in forest road edge (case study: Pahnekola district watershed Tajen). *Journal of Watershed Management Research*, 4(8), 28-42.
- Pachauri, A.K. (1998). Landslide mapping based on geological attributes. *Engineering Geology*, 32, 81-100.

- Ranjbar, M. (2012). Factors affecting of landslide in Gorganrood district using AHP model. *Gheography (Iranian Gheography Association)*, 10(35), 1-16.
- Salehi, A., Taheri Abkenar, K., & Basiri, R. (2012). Study of the recovery soil physical properties and establishment of natural regeneration in skid trails (case study: Nav-e Asalem forests). *Iranian Journal of Forest*, 3(4), 317-329.
- Sarikhani, N., & Gorji, M. (2003). Possibilities of Stabilizing Landslide and Mass Movement in forest roads (Case Study: Kheyroud Kenar Forest as a Scientific Model). *Iranian Journal of Natural Recourses*, 56(2), 29-37.
- Sassa, K., & Canuti, P. (2009). *Landslides- Disaster Risk Reduction*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. XVIII. 650 p.
- Varedi Koolaei, S.M. (2011). Comparison of Regeneration, Diversity of Understory Vegetation Cover and some of the Soil Factors in Afforestation and Land sliding Areas of Alder Stands with adjacent Forests (Case study: district No. 1 in Darab Kola forest), Master thesis of Forestry. Faculty of Natural Recourse. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 108p.
- Varnes, D.J. (1978). Slope movement types and processes, In: Schuster, R. L. & Krizek, R. J. (Eds.), *Landslides: Analysis and Control Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., Special Report, 176*, 11-33.
- Walkley, A.J., & Black, I.A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
- Walker, L.R., & Shiels, A.B. (2012). *Landslide Ecology*. Cambridge University Press, 314 pp.
- Wu, W., & Slide, R.C. (1995). A distributed slope stability model for steep forested basins. *Water Research*, 31, 2097- 2110.
- Zhou, C.H., Lee, C.F., & Li, J. (2002). On the spatial relationship between landslides and causative factors on Lantau Island. Hong Kong. *Geomorphology*, 43, 197-207.
- Zare, N., Hosseini, S.A., Hafizi, M.K., Najafi, A., Majnounian, B., & Geertsema, M. (2021). A Comparison of an adaptive neuro-fuzzy and frequency ratio model to landslide-susceptibility mapping along forest road networks. *Forests*, 12, 1-16. <https://doi.org/10.3390/f12081087>.
- Zarin, D.J., & Johnson, A.H. (1995). Nutrient Accumulation during Primary Succession in a Mountain Tropical Forest, Puerto Rico. *Soil Science Society of America Journal*, 59(5), 1444-1452.



Research Article

Effects of landslides causing by executive activities on some physical and chemical soil properties (Case study: Tonekabon and Ramsar forests)

S.P. Misaghi¹, R. Naghdi^{2*}, A. Salehi³, and H. Pourbabaei²

¹ Ph.D. Student in Forestry Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

² Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

³ Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

(Received: 27 December 2021; Accepted: 20 May 2022)

Abstract

This study aimed at investigating the effect of landslides causing by executive activities on some physical and chemical of soil properties in Tonekabon and Ramsar forests. For this purpose, the geographical location of the landslides was collected. Landslides in altitude (<750 and > 750 m), aspect (north, south, east and west), age (< 15 and > 15 years) and slope (< 50 and > 50%) were classified. In the each class, three sample plot (100 m²) were established to measure of soil properties. Soil properties including pH, organic carbon, bulk density and particle density. Totally, 88 sample of soil were collected. The results showed that the mean of BD, PD, OC and pH in the landslide area were 1.69, 2.38, 2.33 and 6.80, respectively, and in the control area they were 1.64, 2.32, 3.49 and 6.56, respectively. The study of soil properties under the effect of slope showed that the mean of pH and OC in the control area was higher than landslide areas, but the BD in the control area was less than the landslide area. Soil properties recovery showed that except soil OC, other soil properties were fully recovered. The statistical results of soil properties showed that there was a significant difference between the mean OC in landslide and control areas in all studied classes.

Keywords: Hyrcanian forests, mass movement, soil properties, physiographic factors.