

## آثار کوتاه‌مدت ساخت جوی - پشته بر خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی پس از بهره‌برداری

مهسا هاشمی<sup>۱</sup>، مهرداد نیکوی<sup>۲\*</sup>، علی صالحی<sup>۲</sup>، رامین نقدی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۳. استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۲

### چکیده

استفاده از اقدامات حفاظتی برای کاهش آثار منفی ناشی از کوبیدگی خاک ضروری است. انحراف‌دهنده‌های آب از ابزار مدیریتی برای کاهش اثرهای منفی چوب‌کشی زمینی و کمک به بازیابی خاک است. در این پژوهش، اثر ساخت جوی-پشته‌های احداث‌شده بر خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی در جنگل‌های غرب استان گیلان بررسی شد. هفت سال پس از پایان عملیات چوب‌کشی و حفاظت آنها با احداث جوی-پشته، تغییر خصوصیات فیزیکی خاک در دو طبقه شیب و سه طبقه ترافیک در قطعات نمونه ۴۰ متر مربعی در محل رد چرخ و گرده‌بینی ارزیابی شد. نمونه‌های شاهد در فاصله ۳۰ متری از حاشیه مسیر چوب‌کشی انتخاب شدند. نمونه‌ها با استفاده از سیلندر تا عمق ۱۰ سانتی‌متر برداشت شد. مقاومت به نفوذ خاک با استفاده از نفوذسنج جیبی (پترومتر) اندازه‌گیری شد و اندازه‌گیری شیار با استفاده از شاخص ۵ متری انجام پذیرفت. تأثیر تغییرات شیب و ترافیک بر خصوصیات فیزیکی خاک در قالب دو تیمار و سه تکرار و ۷۲ نمونه بررسی شد. نتایج نشان داد که شیب مسیر چوب‌کشی، شدت ترافیک و اثر متقابل این دو تیمار بر جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، نفوذپذیری و عمق شیار معنی‌دار است. میانگین جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل و مقاومت به نفوذ در شیب زیر ۱۰ درصد و ترافیک کم تفاوت معنی‌داری با منطقه شاهد نداشت. در مجموع، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هفت سال پس از زمان چوب‌کشی، احداث جوی-پشته‌ها بر خصوصیات فیزیکی خاک در طبقه ترافیک کم و شیب کمتر از ۱۰ درصد تأثیر مثبت داشته است.

واژه‌های کلیدی: انحراف‌دهنده آب، جرم مخصوص ظاهری، حفاظت خاک، عمق شیار، مقاومت به نفوذ.

### مقدمه

می‌گیرد که چوب‌کشی زمینی یکی از این روش‌هاست. در چوب‌کشی زمینی خروج مقطوعات توسط اسکیدرهای چوب‌کشی چرخ لاستیکی یا زنجیری انجام می‌گیرد که طی آن چوب‌آلات از طریق مسیرهای چوب‌کشی به دپو حمل می‌شوند. به‌کارگیری ماشین‌آلات در خروج چوب‌آلات از جنگل بدون تخریب و آسیب به خاک غیرممکن است. از آنجا که خاک مسیرهای چوب‌کشی در

چوب از مهم‌ترین فرآورده‌های صنعتی در عصر حاضر است که عموماً از طریق بهره‌برداری جنگل وارد بازار مصرف می‌شود. خروج چوب‌آلات قطع‌شده در داخل جنگل به دپو کنار جاده به روش‌های مختلفی انجام

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۳۸۸۳۰۵

Email: nikooy@Guilan.ac.ir

ساخت مسیرهای چوب‌کشی از مهم‌ترین منابع آلودگی غیرنقطه‌ای<sup>۱</sup> در مناطق جنگلی شناخته شده است که برای کاهش این آلودگی‌ها استفاده از بهترین شیوه‌های مدیریتی<sup>۲</sup> توصیه شده است [۵]. متداول‌ترین شیوه‌های مدیریتی در این زمینه، طراحی قبل از برداشت، ساختارهای کنترل آب و پوشش خاک است. تحقیقات نشان داده است که این روش‌ها در صورت اجرای صحیح می‌توانند ۵۲-۹۴ درصد از غلظت جریان رسوب بکاهند [۶]. استفاده از کانال‌های عرضی<sup>۳</sup> از روش‌های مدیریتی در کاهش تولید رسوب مسیرهای چوب‌کشی است که در تحقیقات مختلفی به نقش اصلاحی آن پرداخته شده است [۷]. کانال‌های عرضی به‌تنهایی یا در تلفیق با بذر، مالچ‌های گیاهی، مازاد مقطوعات درختی (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) در مقادیر مختلف در کاهش تولید رواناب و رسوب بررسی شده‌اند [۸]. در کانال عرضی انحراف‌دهنده آب با استفاده از خاک یا چوب، مواعی عرضی به‌صورت قائم یا مورب در مسیر ایجاد می‌کنند که سبب توقف حرکت و نفوذ آب به داخل مسیر یا هدایت آن به اطراف مسیر چوب‌کشی می‌شود [۹، ۱۰]. برپایه دستورالعمل سازمان جنگل، مراتع و آبخیزداری کشور، حفاظت از مسیرهای چوب‌کشی با استفاده از روش جوی-پشته در فواصل مختلف از حدود یک دهه قبل در جنگل‌های شمال کشور شروع شده و مسیرهای خروج چوب‌آلات پس از پایان عملیات چوب‌کشی توسط جوی-پشته در برخی از نقاط حفاظت و نگهداری شده‌اند. هدف از کاربرد این روش‌ها مدیریت، حفاظت از خاک مسیرهای چوب‌کشی و کمک به بازیابی آنها در میان‌مدت و طولانی‌مدت است. استفاده از تیمارهای حفاظتی در بهبود خصوصیات خاک مسیرهای چوب‌کشی و اثرهای کوتاه‌مدت و بلندمدت این تیمارها کمتر بررسی شده است، هرچند موارد مرتبط با تولید رسوب و رواناب و نقش تیمارهای حفاظتی در کاهش مقدار

اثر تردد جابه‌جا می‌شود و پوشش محافظ سطحی خاک از بین می‌رود، فرسایش خاک در مسیرهای چوب‌کشی به‌مراتب بیشتر از عرصه‌های دست‌نخورده است. این تغییرات به‌صورت کوبیدگی، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش مقاومت به نفوذ، جابه‌جایی لایه لاشبرگ، کاهش تهویه و نفوذپذیری آب‌وهوا در خاک، شیاری شدن مسیر، جابه‌جایی و هدررفت خاک سطحی، کاهش ریشه‌دوانی گیاهان، فرسایش و تغییرات هیدرولوژی عرصه و اختلال در تبادل گازهاست [۱].

تردد ماشین‌آلات چوب‌کشی در جنگل و فشار ناشی از آن بر زمین و فشردگی و کوبیدگی خاک و تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم این رویداد بر دیگر عوامل زنده و غیرزنده در جنگل، همواره توجه مدیران و بهره‌برداران جنگل را جلب کرده است. مشخص‌ترین نتیجه فشردگی خاک، تأثیر آن بر وزن مخصوص ظاهری خاک است که البته شدت این تأثیرات در شرایط مختلف خاک و رویشگاه جنگل ممکن است متفاوت باشد [۲]. اثرهای نامطلوب بهره‌برداری جنگل را می‌توان با در نظر گرفتن معیارهای اکولوژیکی و اقتصادی قابل قبول و با کاربرد مؤثرترین راه‌حل‌های تکنولوژیکی و تکنیکی و انتخاب مناسب‌ترین زمان برای چنین عملیاتی محدود کرد [۳]. بازیابی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و عرصه جنگلی در اثر عملیات بهره‌برداری، در درازمدت سخت، پرهزینه، کند و زمان‌بر است. بنابراین باید در پی روش‌هایی برای کاهش این آثار بود. تخریب خاک در طی عملیات مدیریتی جنگل با گذشت زمان پدیده‌ای برگشت‌پذیر است که بسته به شرایط اقلیمی، توپوگرافی و فیزیوگرافی شدت و وسعت خسارات و سن توده، فعالیت فون و فلور خاک ممکن است از یک سال در لایه‌های سطحی تا ۱۰۰ سال در لایه‌های عمیق‌تر خاک به طول بینجامد [۴].

1. Nonpoint source pollutants (NPSP)  
2. Best management practices (BMP)  
3. Waterbar

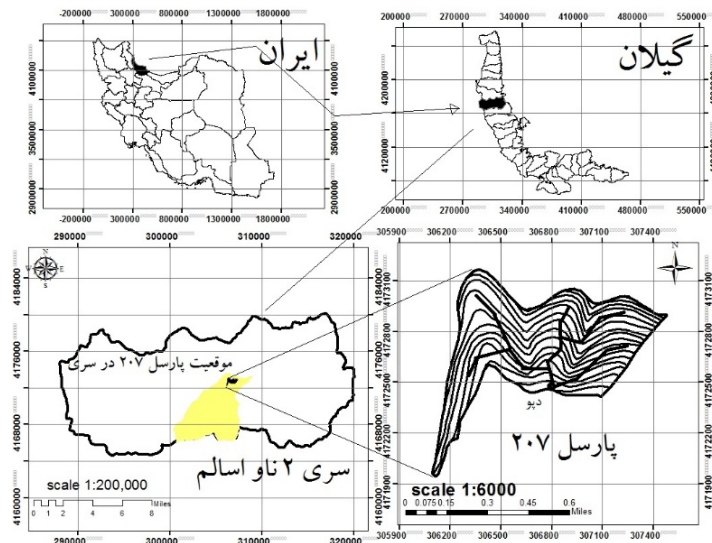
هکتار است. متوسط بارش سالانه منطقه پژوهش، ۸۴۸ میلی‌متر و حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۱۱۴۲ و ۶۵۱ میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد است که بیشترین آن به ماه مرداد و کمترین آن به ماه‌های دی و بهمن تعلق دارد. متوسط تعداد روزهای یخبندان منطقه، ۹۰ روز در سال است. نوع سنگ مادر سیلیسی، بافت خاک لیمون شنی، تیپ خاک قهوه‌ای جوان، عمق خاک نیمه‌عمیق، ساختمان خاک دانه‌ای و نوع هوموس مول جنگلی است. مسیر چوب‌کشی اصلی و شاخه‌های فرعی آن در تابستان ۱۳۸۹ طراحی و ساخته شد و هیچ‌گونه عملیات چوب‌کشی از قبل روی آن انجام نگرفته بود. حدود ۶۰۰ متر مکعب چوب از مسیر چوب‌کشی تحت بررسی خارج شد. چوب‌کشی با استفاده از اسکیدر چوب‌کشی تیمبرجک 450C با وزن ۱۰۲۵۷ کیلوگرم، چهارچرخ با قدرت ۱۷۷ اسب بخار، با ۲۲۱ کیلوپاسکال فشار وارد به زمین در تابستان ۱۳۸۹ انجام گرفت. مشخصات فنی اسکیدر چوب‌کشی در جدول ۱ آمده است. طول مسیرهای چوب‌کشی در پارسل تحت بررسی ۱۶۵۰ متر و تراکم در هکتار آن ۳۹ متر بود.

رواناب و رسوب بیشتر مورد توجه بوده [۹، ۱۱، ۱۲] و تأثیر ساخت این انحراف‌دهنده‌های آب بر خصوصیات خاک مسیرهای چوب‌کشی و روند بازیابی آن در ایران بررسی نشده است. هدف این پژوهش بررسی تغییر خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی هفت سال پس از ساخت جوی-پشته است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در پارسل شماره هفت سری دو ناو اسالم در جنگل‌های حوزه هفت شمال کشور انجام پذیرفت (طول جغرافیایی "۳۶°۴۴'۴۸"-۴۹°۵۸'۴۸" و عرض جغرافیایی "۲۳°۳۷'۳۷"-۳۷°۴۲'۳۱"). مساحت پارسل ۶۲ هکتار، مساحت بهره‌برداری شده آن ۴۲ هکتار و دامنه ارتفاع از سطح دریا ۸۵۰-۶۰۰ متر است (شکل ۱).

جهت عمومی پارسل شمالی است و بیشتر سطح پارسل در طبقه شیب ۶۰-۳۱ درصد قرار دارد. تیپ جنگل پهن‌برگ آمیخته با حضور غالب درختان راش-ممرز-شیردار با میانگین درصد تاج‌پوشش ۷۰ درصد است. شیوه جنگل‌شناسی به‌کاررفته در پارسل تک‌گزینی و حجم و تراکم درختان به ترتیب ۲۷۲ متر مکعب و ۲۷۹ اصله در

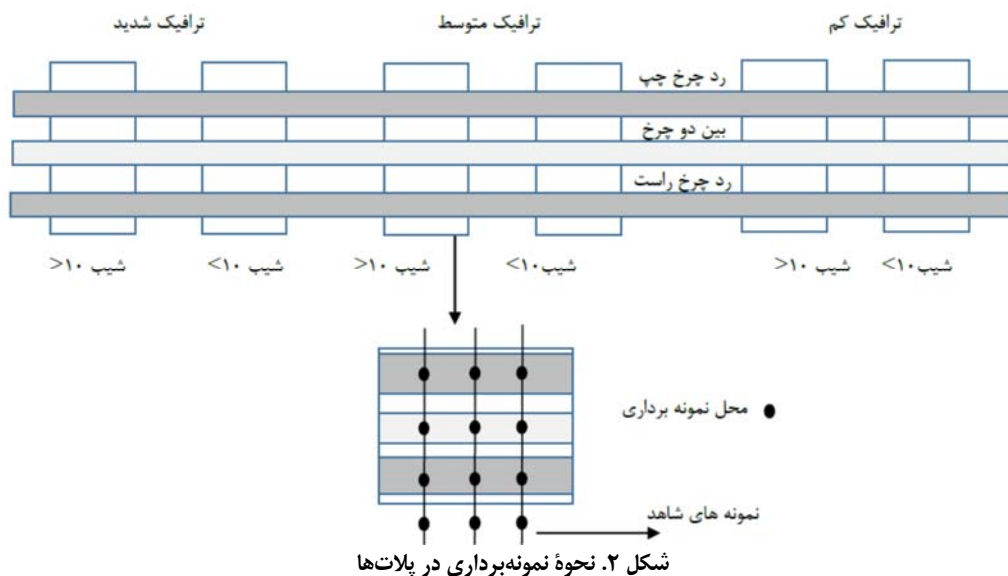


شکل ۱. نقشه منطقه پژوهش واقع در حوزه هفت جنگل‌های شمال ایران

## طرح آزمایش

پس از پایان عملیات چوب‌کشی در سال ۱۳۸۹ در کل مسیرهای چوب‌کشی پارسل، جوی پشته خاکی با استفاده از تیغه جلو اسکیدر احداث شد. عمق تقریبی جوی‌ها ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع تقریبی پشته‌ها ۳۰ سانتی‌متر و زاویه مسیر چوب‌کشی نسبت به محور اصلی در حدود ۳۰ درصد بود. با توجه به شرایط مسیرهای چوب‌کشی منطقه فاصله بین جوی‌پشته‌ها حدود ۳۰ متر در نظر گرفته شد. پس از گذشت هفت سال از زمان چوب‌کشی، در تابستان ۱۳۹۶ خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی بررسی شد. روی یک مسیر چوب‌کشی انتخاب‌شده به روش تصادفی براساس فاصله از دپو و شاخه‌های اصلی و فرعی، سه شدت تردد (کم، متوسط و زیاد) شناسایی و براساس شیب طولی در هر طبقه ترافیک، دو طبقه شیب (۱۰-۰

درصد و ۲۰-۱۰ درصد) جدا شد [۱۰، ۱۳] اندازه‌گیری شیب طولی مسیر با استفاده از شیب‌سنج سونتو انجام گرفت. در هر طبقه، ترافیک و شیب یک پلات ۴×۱۰ متر و در مجموع شش پلات پیاده شد [۱۰، ۱۳]. در هر پلات پنج خط با فاصله ۲ متر از همدیگر و از بین آنها سه خط به‌طور تصادفی برای پژوهش انتخاب شد [۱۳]. روی هر خط سه محل برای نمونه‌گیری در نظر گرفته شد، به‌طوری که یک نمونه در سمت چپ مرکز شیار، یک نمونه در سمت راست مرکز شیار و نمونه سوم در مرکز شیار وسط چرخ‌ها قرار گرفت. برای تعیین محل برداشت نمونه در منطقه شاهد (داخل جنگل) در مجاورت هر پلات و به‌ازای هر خط داخل مسیر در فاصله ۲۰ تا ۳۰ متری از مسیر چوب‌کشی، یک نقطه برداشت شد. در هر پلات ۱۲ نمونه و در مجموع ۷۲ نمونه برداشت شد (شکل ۲).



و نمونه‌های مربوط از خاک معدنی برداشت شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در داخل پلاستیک قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها قبل از خشک شدن (در روز نمونه‌برداری) و پس از آن (خشک شدن ۲۴ ساعته در آون در دمای ۱۰۵ سانتی‌گراد) با ترازوی دیجیتال با

نمونه‌ها از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متری به‌وسیله سیلندرهای فلزی (با قطر ۵ سانتی‌متر و طول ۱۰ سانتی‌متر) و با استفاده از ضربات چکش برداشت شدند. در هر پلات نیز یک نمونه برای بافت خاک برداشت شد. در هنگام جمع‌آوری نمونه‌ها ماده آلی خاک کنار زده شد

پیرسون بررسی شد. این پژوهش در قالب آزمایش طرح فاکتوریل برپایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شدت ترافیک (کم، متوسط و زیاد) و دو طبقه شیب (۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ درصد) در سه تکرار انجام گرفت. بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و بررسی همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون لون انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS ۱۸ انجام گرفت. برای بررسی اثر شیب مسیر چوب‌کشی (دو سطح) و ترافیک (سه سطح) بر متغیرهای تحت بررسی (جرم مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، مقاومت به نفوذ، عمق شیار و رطوبت خاک) از تجزیه واریانس دو عامله استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر هر یک از عامل‌ها، از آزمون چندگانه دانکن برای گروه‌بندی مقدار تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک استفاده شد.

## نتایج و بحث

### جرم مخصوص ظاهری

نتایج نشان داد که پس از هفت سال شیب مسیرهای چوب‌کشی و شدت ترافیک بر متغیر جرم مخصوص ظاهری تأثیر معنی‌داری دارد (جدول ۱). اثر متقابل شیب مسیر چوب‌کشی و شدت ترافیک بر جرم مخصوص ظاهری نیز معنی‌دار بود. با افزایش شدت ترافیک، جرم مخصوص ظاهری در هر دو طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد و بیشتر از ۱۰ درصد افزایش یافت و شدت افزایش در طبقه شیب فراتر از ۱۰ درصد بیشتر از طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد بود (شکل ۳، A۱). میانگین جرم مخصوص ظاهری در همه طبقات شیب و ترافیک به جز طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد و ترافیک کم به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه شاهد بود. با گذشت هفت سال از بهره‌برداری جنگل و استفاده از جوی-پشته برای حفظ مسیر چوب‌کشی، همچنان مقدار جرم مخصوص ظاهری

دقت میلی‌گرم وزن شدند. وزن مخصوص ظاهری هر نمونه خاک به کمک رابطه ۱، تخلخل با استفاده از رابطه ۲ و رطوبت با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$BD = \frac{m}{v} \quad (1)$$

$$TP\% = 100 - \left( \frac{BD}{PD} \times 100 \right) \quad (2)$$

$$W\% = \frac{Mw - Ms}{Ms} \times 100 \quad (3)$$

در این رابطه‌ها، BD وزن مخصوص ظاهری، m جرم خاک خشک‌شده در کوره الکتریکی برحسب گرم و v حجم سیلندر برحسب سانتی‌متر مکعب (۱۹۶/۲۵ سانتی‌متر مکعب)، PD جرم مخصوص حقیقی، W درصد رطوبت، Mw وزن خاک مرطوب و Ms وزن خاک خشک بود. برای اندازه‌گیری مقاومت به نفوذ خاک در هر نقطه نمونه‌برداری از دستگاه پترومتر جیبی (مدل EIJkelkamp, Zevenaar, Netherlands) استفاده شد [۱۳]. در این پژوهش جرم مخصوص حقیقی ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد [۱۰]. مقاومت به نفوذ خاک در یک روز آفتابی و در خاک خشک و در فاصله ۱۰ سانتی‌متری محل نمونه‌برداری خاک اندازه‌گیری شد [۱۰]. در صورت برخورد پترومتر به سنگ یا ریشه درخت یا هر مانع دیگر، مقاومت به نفوذ خوانده‌شده در نظر گرفته نشد. با توجه به تأثیر رطوبت خاک در برداشت نمونه‌های تحت بررسی، همه نمونه‌ها در روز آفتابی و در شرایط خشک خاک و در شرایط یکسان برداشت شد [۱۰]. اندازه‌گیری عمق شیار با استفاده از یک شاخص ۵ متری و از شروع خاک معدنی در دو طرف مسیر چوب‌کشی انجام گرفت. شاخص عمود بر مسیر چوب‌کشی مستقر شد و اندازه‌گیری عمق شیار در فواصل ۲۰ سانتی‌متری انجام گرفت. میانگین عمق شیار در فواصل به‌عنوان عمق شیار محاسبه شد [۱۴، ۱۵]. همبستگی بین جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ با استفاده از ضریب همبستگی

معنی‌داری بین آنها و منطقه شاهد وجود داشت و تیمارهای استفاده‌شده پس از شش سال موفق با بازیابی خاک نشده بود. Lotfalian و همکاران (۲۰۱۸) با مقایسه روش‌های اصلاح کوبیدگی خاک در سری یک دارابکلای مازندران دریافتند که استفاده از تیمارهای اصلاحی شامل بانکت مورب، بانکت قائم، مازاد مقطوعات و مختلط تأثیر معنی‌داری در کاهش وزن مخصوص ظاهری قبل و بعد از ۱۸ ماه استفاده نداشته است [۱۷]. Imani و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی عملکرد برخی تیمارهای اصلاحی در تغییر خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی در منطقه دارابکلای ساری نشان داد که ۱۸ ماه پس از کاربرد تیمارهای حفاظتی مسیرهای چوب‌کشی در طبقه شیب کمتر از ۲۰ درصد وزن مخصوص ظاهری در تیمار مرکب (۱/۱۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) به مقدار شاهد (۱/۰۰) گرم بر سانتی‌متر مکعب) نزدیک شده است، درحالی که بین وزن مخصوص ظاهری تیمارهای شیار مورب (۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، شیار قائم (۱/۱۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و مازاد مقطوعات (۱/۱۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در این پژوهش در طبقه شیب بیشتر از ۲۰ درصد هم تغییر معنی‌دار تیمارهای مختلف در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نشد [۹]. استفاده از تیمارهای اصلاحی در پژوهش Smidt و Kolka (۲۰۰۵) در یک دوره یک‌ساله تأثیر معنی‌داری در مقایسه با منطقه شاهد نشان نداد، هرچند مقدار وزن مخصوص ظاهری را کاهش داد [۱۸]. تغییر خصوصیات خاک با و بدون استفاده از تیمارهای حفاظتی دامنه متفاوتی از زمان را به خود اختصاص می‌دهد و به روشنی نمی‌توان گفت که چقدر طول خواهد کشید تا خاک یک مسیر بازیابی شود. عوامل و فاکتورهای مختلفی مانند، بافت و ماده آلی خاک، شرایط آب‌وهوایی، سطح کوبیدگی، شیب و فعالیت بیولوژیکی خاک در نرخ بازیابی خاک مؤثرند [۱۹].

در طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد و در طبقات ترافیک کم، متوسط و زیاد ۱۰/۹۵، ۱۹/۳۹ و ۲۵/۳۰ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود. همچنین این مقدار برای طبقه شیب بیشتر از ۱۰ درصد و در طبقات ترافیک کم، متوسط و شدید به ترتیب ۱۸/۳۲، ۲۳/۸۴ و ۲۸/۲۲ درصد بود. تغییر وزن مخصوص ظاهری خاک در هیچ‌کدام از طبقات ترافیک و شیب به منطقه شاهد نزدیک نشد و تفاوت معنی‌داری بین طبقات تحت بررسی روی مسیر چوب‌کشی و منطقه شاهد وجود داشت. تفاوت کم درصد تفاوت جرم مخصوص ظاهری در طبقه شیب ۱۰-۰ درصد در طبقه ترافیک کم (۱۰/۹۵ درصد) این انتظار را ایجاد می‌کند که در کوتاه‌مدت این بخش از مسیر بتواند جرم مخصوص ظاهری خود را تغییر دهد. Powers و همکاران (۱۹۹۸) تفاوت بیش از ۱۵ درصد را آستانه تغییر در جرم مخصوص ظاهری خاک و کوبیده شدن آن (حد بحرانی) عنوان کردند [۱۶]. هرچند شرایط آب‌وهوایی و خاک منطقه می‌تواند تأثیر زیادی بر روند تغییر داشته باشد. تحقیقات مختلف نشان داده است که بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک فرایندی زمان‌بر است و تیمارهایی مانند موانع عرضی چوبی و جوی-پشته همراه با تیمارهای پوششی مانند خاک‌اره و مازاد مقطوعات درختی می‌تواند در تسریع این روند مؤثر باشد. Jourgholami و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی محافظت‌شده با موانع عرضی چوبی و خاک‌اره شش سال پس از بهره‌برداری در جنگل‌های شمال ایران بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری را در طبقه شیب بیشتر از ۲۰ درصد و در طبقه ترافیک متوسط (۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و شدید (۱/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مشاهده کردند [۱۰]. نتایج پژوهش آنها نشان داد که علی‌رغم کاهش مقادیر جرم مخصوص ظاهری در طبقات شیب کمتر از ۲۰ درصد و ترافیک کم، هنوز تفاوت

جدول ۱. سطح معنی داری آزمون تجزیه واریانس اثر ترافیک و شیب طولی مسیر چوب کشی و اثر متقابل آنها بر خصوصیات فیزیکی خاک هفت سال پس از ساخت جوی-پشته

شیب × ترافیک	ترافیک	شیب	خصوصیات فیزیکی خاک
۰/۰۳۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	جرم مخصوص ظاهری
۰/۰۲۸	۰/۰۰	۰/۰۰	درصد تخلخل
۰/۹۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	مقاومت به نفوذ
۰/۰۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	عمق شیار
۰/۴۸۱	۰/۹۵۹	۰/۲۶۵	رطوبت خاک

### درصد تخلخل

نتایج نشان داد که شیب مسیرهای چوب کشی و شدت ترافیک بر متغیر درصد تخلخل تأثیر معنی داری دارد. بیشترین تخلخل کل با مقادیر ۶۱-۶۰ درصد در منطقه شاهد مشاهده شد. تفاوت معنی داری در مقدار تخلخل کل در طبقات مختلف شیب و ترافیک وجود داشت. بدون توجه به شیب مسیر چوب کشی با افزایش شدت ترافیک مقدار تخلخل کل کاهش یافت. کمترین مقدار تخلخل کل در طبقه شیب بیشتر از ۱۰ درصد و ترافیک زیاد به دست آمد (شکل ۳، ۳، ۳). در طبقه شیب زیر ۱۰ درصد در هر یک از طبقات ترافیک کم، متوسط و زیاد مقدار تخلخل کل به ترتیب ۸، ۱۷ و ۲۷ درصد کمتر از منطقه شاهد بود همچنین این مقدار در طبقه شیب بیشتر از ۱۰ درصد به ترتیب ۱۶، ۲۵ و ۳۳ درصد کمتر از منطقه شاهد در هر یک از طبقات ترافیک کم، متوسط و زیاد بود. در طبقه شیب زیر ۱۰ درصد و ترافیک کم تفاوت معنی داری با منطقه شاهد مشاهده نشد (شکل ۳، ۳، ۳). تغییرات تخلخل کل خاک همواره تابع تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک است [۱۳] و با افزایش وزن مخصوص ظاهری تخلخل کل خاک کاهش می یابد که ناشی از فشار زیاد به خاک و کاهش منافذ خاک است [۱۵].

تخلخل کل خاک در صورتی که به کمتر از ۲۰ درصد برسد ممکن است شرایط بحرانی برای خاک و رویش گیاه ایجاد کند، در حالی که در تیمارهای تحت بررسی تخلخل کل از ۳۲/۴۵ درصد کمتر نبود (شکل ۳، ۳، ۳). در تیمار شیب زیر ۱۰ درصد و ترافیک کم تخلخل کل تفاوت معنی داری با

منطقه شاهد نشان نداد، در حالی که بین تیمارهای دیگر و منطقه شاهد تفاوت معنی داری مشاهده شد (شکل ۳، ۳، ۳). اصلاح نشدن تخلخل در این تیمارها را می توان به عواملی مانند باقی ماندن وزن مخصوص ظاهری پس از هفت سال، تردد زیاد و فعالیت کم موجودات خاکزی نسبت داد. برخی محققان به تأثیر تیمارهای حفاظتی در تسریع اصلاح تخلخل کل خاک اشاره کرده اند که از آن جمله می توان به پژوهش Mulumb و Lal (۲۰۰۸) اشاره کرد [۱۹]. Jourgholami و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر خاکاره و کانال های عرضی چوب کشی را در افزایش نسبی تخلخل کل مؤثر دانسته اند. پژوهش آنها نشان داد که خاکاره بیشترین نرخ بازیابی را در شیب های کمتر از ۲۰ درصد و ترافیک متوسط و زیاد و کانال عرضی چوب کشی در شیب ۲۰ و ۳۰ درصد و ترافیک شدید داشته است [۱۰]. Imani و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود تفاوت معنی داری بین تخلخل کل تیمار شاهد (۷۵/۵۵) و هر یک از تیمارهای شیار مورب (۲۶/۴۸)، شیار قائم (۳۰/۴۹)، مازاد مقطوعات (۹۹/۴۸) و تیمار مرکب (۶۴/۵۰) در مسیرهای کم شیب (کمتر از ۲۰ درصد) مشاهده کردند [۹].

### مقاومت به نفوذ

آنالیز نتایج نفوذپذیری نشان داد که شیب و ترافیک اثر معنی داری بر مقاومت به نفوذ داشت. میانگین مقاومت به نفوذ با افزایش شیب و ترافیک افزایش یافت. بیشترین مقدار مقاومت به نفوذ در ترافیک شدید و شیب بیشتر از ۱۰ درصد مشاهده شد (۱۱/۳ مگاپاسکال). در طبقات

مقاومت به نفوذ خاک به بیش از ۲ مگاپاسکال سبب محدودیت رشد ریشه نهال‌ها و افزایش به ۳ مگاپاسکال توقف رشد ریشه در انواع خاک‌ها را در پی دارد [۱۰]. افزایش مقاومت به نفوذ سبب کاهش تحرک و حفر خاک توسط جانوران خاک‌زی می‌شود و اصلاح آن را به تأخیر می‌اندازد. این واقعیت که مقدار مقاومت به نفوذ در راستای جرم مخصوص ظاهری تغییر می‌کند در این پژوهش هم مشاهده شد (شکل ۴) که در پژوهش DeArmond و همکاران (۲۰۱۹) هم به آن اشاره شده است [۲۱]. Jourgholami و همکاران (۲۰۱۸) بر تأثیر تیمار حفاظتی خاک‌اره و کانال عرضی چوبی ۶ سال پس از چوب‌کشی بر خصوصیات فیزیکی خاک نشان داد که با افزایش جرم مخصوص ظاهری مقاومت به نفوذ به صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد [۱۰].

#### عمق شیار

نتایج نشان داد که شیب مسیرهای چوب‌کشی و شدت ترافیک و اثر متقابل آن تأثیر معنی‌داری بر عمق شیار دارد (جدول ۱). بیشترین عمق شیار در طبقه شیب بیشتر از ۱۰ درصد و ترافیک زیاد (۱۶/۵ سانتی‌متر) و کمترین مقدار آن در طبقه ترافیک کم و شیب کمتر از ۱۰ درصد (۶/۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۳، ۴). در هیچ‌کدام از تیمارهای بررسی‌شده، ترمیم شیار به‌طور کامل انجام نگرفت. شیب مسیر چوب‌کشی همراه با شدت ترافیک دو عامل تأثیرگذار بر عمق شیار بودند و افزایش آنها عمق شیار را افزایش داد که در پژوهش‌های دیگر نیز چنین نتایجی گزارش شده است [۱۳، ۱۷، ۲۲]. Jourgholami و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر تیمار حفاظتی خاک‌اره و کانال عرضی چوبی ۶ سال پس از چوب‌کشی نشان دادند که هیچ‌کدام از تیمارهای حفاظتی موفق به ترمیم شیار نشده‌اند [۱۰]. عوامل مهمی مانند نوع خاک، رطوبت خاک در هنگام چوب‌کشی، شیب مسیر و شدت ترافیک بر ترمیم شیار مؤثرند [۲۳]. شیارهای ناشی از تردد ماشین‌آلات

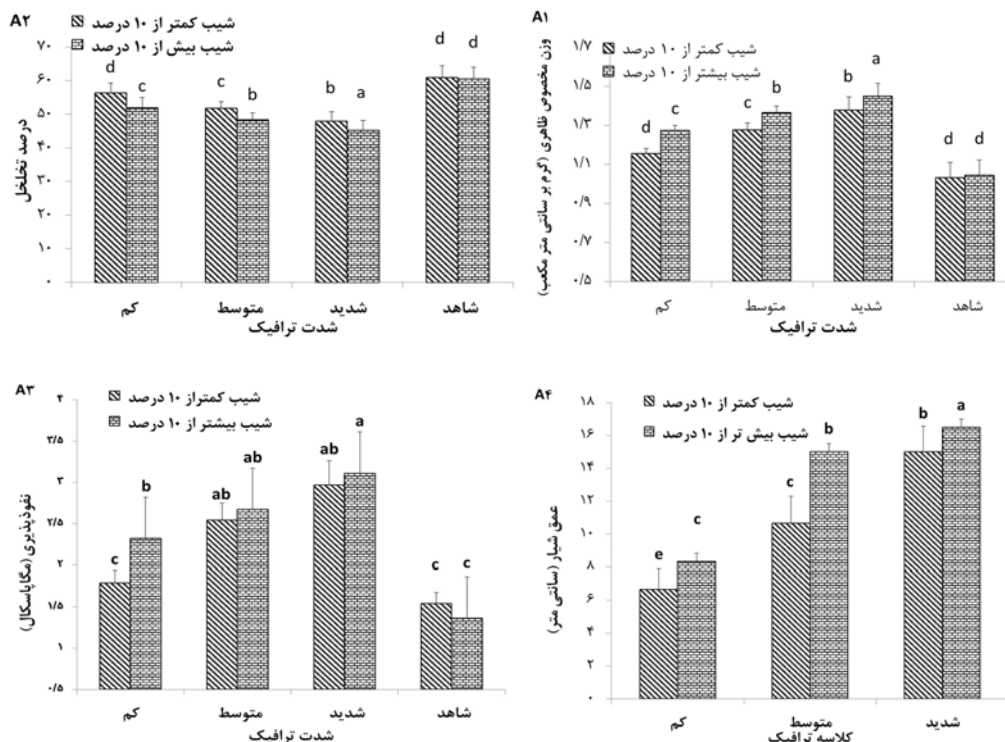
ترافیک کم، متوسط و زیاد مقدار مقاومت به نفوذ در طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد به ترتیب ۱۶، ۳۹ و ۴۸ و در طبقه شیب بیشتر از ۱۰ درصد ۴۱، ۴۹ و ۵۶ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود. بین مقدار مقاومت به نفوذ در طبقه ترافیک کم در شیب زیر ۱۰ درصد و منطقه شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در حالی که بین دیگر طبقات و منطقه شاهد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (شکل ۳، ۴). بررسی رابطه رگرسیونی بین جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ نشان داد که در سطح ۰/۰۱ درصد ارتباط توانی معنی‌داری بین این دو وجود دارد و با افزایش جرم مخصوص ظاهری، مقاومت به نفوذ هم افزایش می‌یابد (شکل ۴).

نتایج پژوهش نشان داد که مقاومت به نفوذ در طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد و ترافیک کم، کمتر از ۲ مگاپاسکال است و تفاوت معنی‌داری با منطقه شاهد ندارد (شکل ۳، ۴)، در حالی که دیگر طبقات تحت بررسی تفاوت معنی‌داری با منطقه شاهد نشان دادند. چوب‌کشی اثر معنی‌داری بر مقاومت به نفوذ خاک مسیر داشت و استفاده از روش جوی-پشته به‌جز در طبقه ترافیک کم در شیب کمتر از ۱۰ درصد موفق به اصلاح آن نشد. در واقع افزایش شیب و افزایش تردد دو عامل مهم در افزایش مقاومت به نفوذ و افزایش زمان بازیابی این متغیرند. اثر توأم شیب و ترافیک بر افزایش مقاومت به نفوذ و زمان بازیابی در پژوهش‌های Ezzati و همکاران (۲۰۱۲) و Bolding و همکاران (۲۰۰۹) هم بیان شده است [۱۳]. Jourgholami و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر تیمارهای حفاظتی بر بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای چوب‌کشی نشان دادند که بعد از گذشت ۶ سال هنوز مقاومت به نفوذ در مسیرهای چوب‌کشی با مقدار شاهد تفاوت معنی‌داری دارد، هرچند مقدار مقاومت به نفوذ در تیمارهای حفاظتی خاک‌اره و موانع چوبی عرضی در طبقه ترافیک کمتر از ۱/۵ مگاپاسکال بود. افزایش



ذخیره‌سازی و کاهش قدرت فرسایشی رواناب مؤثر باشد و در طولانی‌مدت به ترمیم شیار منجر شود [۲۳]. نتایج پژوهش نشان داد که رابطه خطی مستقیمی بین جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ وجود دارد.

چوب‌کشی تأثیر بسیار مهمی در جمع‌آوری و افزایش رواناب مسیرهای چوب‌کشی دارند که می‌تواند با جدا شدن ذرات خاک و فرسایش شیاری و در نهایت گالی همراه شود. استفاده از کانال‌های عرضی خاکی می‌تواند در



شکل ۳. میانگین جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، مقاومت به نفوذ و عمق شیار در طبقات مختلف شیب و ترافیک (L ترافیک کم، M ترافیک متوسط، H ترافیک شدید) همراه با نمونه شاهد (C) روی مسیر چوب‌کشی دارای جوی-پشته هفت سال پس از چوب‌کشی. حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح  $\alpha=0.05$  است



شکل ۴. رابطه توانی بین جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ با ضریب همبستگی ۰/۷۱

خاک بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد که استفاده از جوی-پشته در مسیرهای با ترافیک کم و شیب کمتر از ۱۰ درصد، جرم مخصوص ظاهری، مقاومت به نفوذ و مقاومت به نفوذ را اصلاح کرد، هرچند در هیچ‌کدام از طبقات ترافیک و شیب ترمیم شیار مشاهده نشد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که زمان بیشتری برای اصلاح و ترمیم خصوصیات فیزیکی خاک در مسیرهای چوب‌کشی حفاظت‌شده به روش جوی-پشته لازم است. با توجه به ترمیم برخی خصوصیات فیزیکی خاک، می‌توان امیدوار بود خاک مسیرهای چوب‌کشی حفاظت‌شده به روش جوی-پشته با گذشت زمان ترمیم شود. توجه به تأثیر فاصله بین جوی-پشته‌ها و کاهش فاصله آنها در مسیرهای پرشیب و ترافیک، رسیدن به تغییرات مثبت در خصوصیات خاک را سرعت می‌بخشد. توجه به احداث جوی-پشته‌ها و حفاظت و نگهداری از آنها پس از ساخت برای افزایش کارایی آنها در حفاظت از مسیرهای چوب‌کشی و تسریع ترمیم و اصلاح خاک ضروری به نظر می‌رسد.

بررسی نتایج بافت خاک نشان داد که خاک پلات‌های بررسی‌شده، لومی-رسی است و تفاوت معنی‌داری بین ذرات شن، رس و لای وجود ندارد ( $\alpha \geq 0/005$ ). همچنین درصد رطوبت خاک بین تیمارهای تحت بررسی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. میانگین درصد رطوبت در طبقه شیب کمتر از ۱۰ درصد و در طبقه ترافیک کم، متوسط و شدید به ترتیب ۱۴/۹، ۱۴/۲ و ۱۲/۹ درصد و در طبقه شیب بیشتر از ۱۰ درصد و طبقه ترافیک کم، متوسط و شدید به ترتیب ۱۴/۹، ۱۳/۶ و ۱۱/۴ درصد بود.

### نتیجه‌گیری

نگرانی‌های ناشی از کوبیدگی خاک در عملیات خروج چوب به روش چوب‌کشی زمینی با اسکیدرهای چوب‌کشی در بین همه مدیران جنگل وجود دارد و به همین منظور از بهترین فعالیت‌های مدیریتی برای ترمیم و اصلاح خاک‌های کوبیده‌شده استفاده می‌کنند. در این پژوهش، استفاده از روش جوی-پشته در مسیرهای چوب‌کشی و تأثیرات آن در اصلاح خصوصیات فیزیکی

### References

- [1]. Eisenbies, M. H., Aust, W. M., Burger, J. A., and Adams, M. B. (2007). Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians-A review. *Forest Ecology and Management*, 242(2-3): 77-98.
- [2]. Majnounian, B., and Jourgholami, M. (2013). Effects of rubber-tired cable skidder on soil compaction in Hyrcanian Forest. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34(1), 123-135.
- [3]. Agherkakli, B., A., Najafi, and Sadeghi, S. H. (2010). Ground based operation effects on soil disturbance by steel tracked skidder in a steep slope of forest. *Journal of Forest Science*, 56(6): 278-284.
- [4]. Wilpert, K. V., and Schaffer, J. (2006). Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. *European Journal of Forest Research*, 125: 129-138.
- [5]. Aust, W. M., Bolding, M. C., and Barrett, S. M. (2015). Best management practices for low-volume forest roads in the Piedmont region: Summary and implications of research. *Transportation Research Record*, 2472(1): 51-55.
- [6]. Edwards, P. J., and Williard, K. W. J. (2010). Efficiencies of forestry best management practices for reducing sediment and nutrient losses in the eastern United States. *Journal of Forestry*, 108(5): 245-9.
- [7]. Lotfalian<sup>1</sup>, M. and Parsakhoo, A., 2009. Investigation of forest soil disturbance caused by rubber-tired skidder traffic. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 3(1), pp.01-04.
- [8]. Solgi, A., Naghdi, R., Labelle, E. R., Behjou, F. K., and Hemmati, V. (2019). Evaluation of different best management practices for erosion control on machine operating trails. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40(2): 319-325.

- [9]. Imani, P., Lotfalian, M., Parsakhoo, A., Naghdi, R. (2018). Investigating the performance of some improvement treatments in restoring soil physical properties of skid trails (Case Study: Darabkola Forest, Sari). *Iranian Journal of Forest*, 10(2): 181-195.
- [10]. Jourgholami, M., Khajavi, S., and Labelle, E. R. (2018). Mulching and water diversion structures on skid trails: Response of soil physical properties six years after harvesting. *Ecological Engineering*, 123: 1-9.
- [11]. Parsakhoo, A., Mostafa, M., and Pourmalekshah, A. A. M. A. (2017). The effects of slash and sawdust on reducing soil compaction on skid trails. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(1): 172-183.
- [12]. Solgi, A., Naghdi, R., and Nikooy, M. (2015). Effects of skidder on soil compaction, forest floor removal and rut formation. *Madera y Bosques*, 21(2):147-155.
- [13]. Ezzati, S., Najafi, A., Rab, M. A., and Zenner, E. K. (2012). Recovery of soil bulk density, porosity and rutting from ground skidding over a 20-year period after timber harvesting in Iran. *Silva Fennica*, 46: 521-538.
- [14]. Solgi, A., Naghdi, R., Tsioras, P.A., Ilstedt, U., Salehi, A. and Nikooy, M., 2017. Combined Effects of Skidding Direction, Skid Trail Slope and Traffic Frequency on Soil Disturbance in North Mountainous Forest of Iran. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 38(1):97-106.
- [15]. Lotfalian, M., and Parsakhoo, A. (2009). Investigation of forest soil disturbance caused by rubber-tired skidder traffic. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 3(1): 1-4.
- [16]. Powers, R. F., Tiarks, A. E., and Boyle, J. R. (1998). Assessing soil quality: practicable standards for sustainable forest productivity in the United States. *The Contribution of Soil Science to The Development of and Implementation of Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management*, 53-80.
- [17]. Lotfalian, M., Parsakho, A., Sadeghi, M., Nazariani, N. (2018). Comparison of soil compaction recovery methods on Skid Trails', *Journal of Forest Research and Development*, 4(1), pp. 59-71.
- [18]. Kolka, R. K., and Smidt, M. F. (2005). Effects of forest road amelioration techniques on soil bulk density, surface runoff, sediment transport, soil moisture and seedling growth. *Forest Ecology and Management*, 202: 313-323.
- [19]. Mulumba, L. N., Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil Tillage Research*, 98(1): 106-111.
- [20]. Bolding, M. C., Kellogg, L. D., Davis, C. T. (2009). Soil compaction and visual disturbance following an integrated mechanical forest fuel reduction operation in southwest Oregon. *International Journal of Forest Engineering*, 20 (2): 47-56.
- [21]. DeArmond, D., Emmert, F., Lima, A. J. N., Higuchi, N. (2019). Impacts of soil compaction persist 30 years after logging operations in the Amazon Basin. *Soil Tillage Research*, 189: 207-216.
- [22]. Sohrabi, H., Jourgholami, M., Majnounian, B., Zahedi Amiri, G., Ezzati, S. (2015). Soil bulk density, porosity and penetration resistance recovery following timber harvest cessation on abandoned skid trails after 20 years, Kheyroud forest, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3): 536-548.
- [23]. Cambi, M., Certini, G., Neri, F., Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: a review. *Forest Ecology and Management*, 338, 124-138.

## Short-term effects of water bar construction on soil physical properties of skid trail after logging operation

**M. Hashemi**; Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran

**M. Nikooy\***; Assoc., Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran

**A. Salehi**; Assoc., Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran

**R. Naghdi**; Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran

(Received: 19 February 2020, Accepted: 31 March 2020)

### Abstract

Protective measures are needed to reduce the negative impacts of soil compaction. Water diversions are one of the management tools to reduce the negative impacts of ground skidding and helping soil recovery. In this research, the effects of constructed water bar were studied on the process of soil physical properties recovery in skid trail in west of Guilan. Seven years after logging completion and conservation of skid trail by constructed water bar, changes in soil physical properties were evaluated in two slope classes and three traffic classes in 40 m<sup>2</sup> sample plots at wheel tracks and between them. Control samples were selected within 30 m from the edge of the skid trail. Soil samples were collected using a cylinder to a depth of 10 cm. Soil penetration resistance and rut depth were measured by analog hand-held soil penetrometer and rut 5 meter leveling rod, respectively. Influence of slope and traffic changes on soil physical properties was investigated in two treatments, three replications, and 72 samples. The results showed that the slope of the skid trail, traffic intensity and their interaction have significant effective on bulk density, total porosity, penetration resistance and rut depth. Mean bulk density, total porosity and penetration resistance in slope below 10% and low traffic treatment were not significantly different from control area. Overall, the results of study indicated that after log skidding, water bar construction had positive effects on soil physical properties of low slope and traffic trails.

**Keywords:** Water diversion, Soil conservation, Bulk density, Total prosody, Penetration resistance, Rut depth.

---

\* Corresponding Author, Email: Nikooy@Guilan.ac.ir, Tel: +989113388305