

## ارزیابی روند بازیابی خاک و استقرار تجدید حیات طبیعی در مسیر چوبکشی پس از گذشت ۲۰ سال از اجرای چوبکشی زمینی

ستار عزتی<sup>۱</sup>، اکبر نجفی<sup>۲\*</sup> و وحید حسینی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

<sup>۲</sup> دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

<sup>۳</sup> استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۲۶)

### چکیده

عملیات چوبکشی زمینی به عنوان مهم ترین عامل آسیب زدن به توده سرپا و خاک عرصه جنگلی شناخته شده است. مطالعه حاضر به بررسی کوبیدگی خاک و تجدید حیات استقرار یافته در یک مسیر چوبکشی که حدود ۲۰ سال پیش، عملیات چوبکشی زمینی در آن متوقف شده بود می پردازد. بدین منظور پس از مطالعات صحرایی، یک مسیر چوبکشی رهاسده به طول یک کیلومتر در جنگل های حوزه نکا ظالمروود انتخاب شد. برای بررسی روند تغییرات وزن مخصوص ظاهری در طول مسیر چوبکشی، بر اساس فاصله از دپو، سه طبقه ترافیک (کم، متوسط و شدید) و در هر طبقه ترافیک دو طبقه شیب (۰ تا ۲۰ و بیشتر از ۲۰ درصد) جدا شد. سپس در هر تیمار پنج قطعه نمونه با ابعاد ۴×۱۰ متر مستقر و سه قطعه نمونه به طور تصادفی برای برداشت نمونه های خاک انتخاب شد. تأثیر کوبیدگی خاک بر تجدید حیات استقرار یافته، در داخل قطعات نمونه که نمونه های خاک در آن برداشت شد، بررسی شد و تمام نهال های موجود در آن شمارش شد. نتایج نشان داد که در مسیرهای پر ترافیک با شیب طولی بیشتر از ۲۰ درصد، وزن مخصوص ظاهری در مقایسه با ناحیه شاهد به طور معنی داری کاهش پیدا نکرده. به طوری که این عامل در شیب زیر ۲۰ و بالای ۲۰ درصد در سه طبقه ترافیک کم، متوسط و شدید به ترتیب ۶/۱۲، ۴۱/۸۳ و ۴۰/۳۸ درصد و ۳۷/۷۵، ۱۷/۳۴ و ۴۵/۹۰ درصد هنوز باقی مانده بود. این مطالعه نشان داد که گونه راش مقاوم ترین، و گونه های افرا و توسکا حساس ترین گونه ها در برابر کوبیدگی در تردد شدید پس از گذشت ۲۰ سال هستند. به منظور کاهش آثار کوبیدگی در جنگل، دائمی نمودن مسیرهای چوبکشی و پرهیز از تردهای نابجا در عرصه های جنگلی به ویژه در شیب های بیشتر از ۲۰ درصد توصیه می شود.

**واژه های کلیدی:** بازیابی خاک، بهره برداری جنگل، جنگل های حوزه نکا ظالمروود، شیب مسیر چوبکشی.

## مقدمه و هدف

جنگل‌های تحت مدیریت شرکت نکا چوب در استان مازندران، از گونه‌های چوبی پهن‌برگ تشکیل شده است. این جنگل‌ها، به دلیل واقع شدن در کمربند سبز جنگل‌های تولیدی-تجاری شمال ایران و داشتن گونه‌های چوبی بارزش صنعتی نظیر راش، بلوط، ممرز، افرا، نمدار و بارانک، ارزش اقتصادی زیادی دارند (نقدی و همکاران، ۱۳۸۷). بهره‌برداری جنگل حلقه اتصال بخش تولید بیولوژیک و صنعتی است، بنابراین هرگونه قصور در این زمینه، آینده جنگل را به نابودی خواهد کشاند. عبور و مرور ماشین-آلات چوبکشی نه تنها بر رشد توده جنگلی باقی مانده تأثیرگذار است، بلکه بیشترین تأثیر آنها متوجه خاک عرصه و به ویژه مسیرهای چوبکشی است. بسته به شیوه جنگل‌شناسی، روش‌های بهره‌برداری متفاوتی برای خروج مقطوعات از جنگل وجود دارد. این نکته به ویژه در جنگل‌های کوهستانی که از شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی (نزدیک به طبیعت) بهره می‌گیرند اهمیت خاصی دارد. در این جنگل‌ها به دلیل پراکنده بودن فعالیت‌ها در پارسل‌های تحت بهره‌برداری، مساحتی از جنگل به واسطه اختصاص آن به مسیرهای چوبکشی از فرایند تولید بیولوژیک خارج می‌شود (McMahon et al., 1999; Rab et al., 2005). از این رو در اثر تردد ماشین‌های چوبکشی زمینی قسمت زیادی از عرصه جنگل مورد تردد ماشین‌آلات قرار می‌گیرد و خسارات جبران‌ناپذیری بر خاک عرصه وارد می‌شود (Murphy, 2004). کوبیدگی، شیاری شدن، جابه‌جایی خاک، شکسته شدن ساختارهای زهکشی و برداشته شدن لایه آلی از سطح خاک در مسیرهای چوبکشی از جمله آثار مخرب ماشین‌آلات بهره‌برداری است (Rab, 2004; Makineci et al., 2007; Najafi et al., 2010). کوبیدگی و برداشته شدن لایه سطحی خاک ممکن است سبب تغییر سیستم و

کاهش ریشه‌دوانی گیاه شود و ظرفیت خاک را در تأمین اکسیژن، عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه تقلیل دهد (Murphy, 2004).

Froehlich (1985) به مطالعه بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک تخریب‌شده در اثر چوبکشی زمینی در جنگل‌های شرق ایالت ایداهو در آمریکا پرداخت. وی گزارش داد که کوبیدگی خاک‌های با سنگ مادر گرانیتی، حتی ۲۳ سال پس از توقف عملیات بهره‌برداری، به اندازه منطقه شاهد بازیابی نشد. Rab (2004) به مطالعه تأثیر عملیات چوبکشی زمینی بر خاک مسیر چوبکشی در قالب قطعات نمونه دائمی در جنگل‌های بالابند استرالیا پرداخت و به این نتیجه رسید که بیشترین کوبیدگی خاک در بخش پر ترافیک مسیر چوبکشی اتفاق افتاده بود. به طوری که ۱۰ سال پس از توقف عملیات بهره‌برداری، وزن مخصوص ظاهری هنوز به اندازه ۶۸-۲۲ درصد بیشتر از ناحیه شاهد بود.

با افزایش شیب طولی مسیر، شدت تخریب خاک در اثر عملیات بهره‌برداری بیشتر می‌شود. مطالعات توسط Smith and Wass, 1976; Krage et al., 1986 ثابت کرد که با افزایش شیب طولی مسیر چوبکشی به بیش از ۲۰ درصد، شدت تخریب خاک حدود دو برابر شده بود. Ezzati et al. (2012) در بررسی روند بازیابی خصوصیات فیزیکی تخریب‌شده در مسیرهای چوبکشی در یک دوره ۲۰ سال پس از عملیات چوبکشی زمینی در جنگل‌های حوزه نکا ظالم‌رود نشان دادند که بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک بسته به شیب و شدت تردد در مسیر چوبکشی متفاوت بوده است، به طوری که وزن مخصوص ظاهری و تخلخل‌های درشت‌دانه در شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد و تردد شدید هنوز به طور کامل بازیابی نشده بود و اعلام کردند که بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک در جنگل‌های خزری، به بیشتر از ۲۰ سال زمان نیاز دارد. همچنان Shestak and Buss (2005) بررسی بیولوژیک کوبیدگی خاک به این نتیجه

<sup>1</sup> Residual stand

تخریب، شرایط خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن، عوامل اقلیمی و زمان ممکن است متغیر باشد. جمشیدی (۱۳۸۴) به بررسی تأثیر روند تغییرات وزن مخصوص خاک در اثر دو نوع چوبکشی زمینی در جنگل‌های خزری پرداخت و نتیجه گرفت که کوبیدگی خاک در کوتاه‌مدت تأثیر معنی‌داری بر رشد ریشه نونهال‌های افرا و توسکا داشته است. مطالعات *Mariani et al. (2006)* در جنگل‌های بورال در مورد زادآوری گونه صنوبر و *Demir et al. (2008)* در جنگل‌های راش ترکیه در بازه زمانی ۵ سال پس از عملیات بهره‌برداری نتایج مشابهی داشت. صالحی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی بازبانی خصوصیات فیزیکی خاک و استقرار تجدیدحیات طبیعی در مسیرهای چوبکشی در جنگل‌های ناو اسالم پس از ۱۰ سال پرداختند. نتایج نشان داد که بین وزن مخصوص ظاهری، تخلخل، درصد رطوبت اشباع و بافت خاک در مسیرهای چوبکشی و جنگل طبیعی، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین از نظر تجدید حیات طبیعی گونه‌های افرا، شیردار، ممرز و توسکا، اختلاف معنی‌داری بین مسیرهای چوبکشی و جنگل طبیعی وجود دارد، درحالی‌که تجدیدحیات گونه‌های راش و افراپلت در دو مکان یادشده، اختلاف معنی‌داری نداشته است.

در مورد تأثیرات کوبیدگی خاک و توزیع تجدیدحیات طبیعی گونه‌های چوبی در مسیرهای چوبکشی ره‌اشده واقع در جنگل‌های کوهستانی در طولانی‌مدت اطلاعات اندکی وجود دارد، به‌ویژه چنین مطالعاتی در ایران سابقه چندانی ندارد. این اطلاعات برای پیش‌بینی نقش و تأثیرات کوبیدگی خاک ناشی از تردد ماشین‌آلات چوبکشی بر رشد توده جنگل در درازمدت و بیان راهکارهای کاربردی به‌منظور به حداقل رساندن این تأثیرات نقش مهمی را داراست.

بر این اساس، هدف از مطالعه حاضر، بررسی شدت کوبیدگی خاک و تأثیر آن بر رشد تجدیدحیات استقرار یافته با مدنظر قرار دادن شدت ترافیک و

رسیدن که اعمال فشار در اثر کوبیدگی ناشی از تردد ماشین‌آلات چوبکشی به کاهش حجم منافذ بزرگ‌دانه<sup>۱</sup> خاک منجر شده و این کاهش تأثیر معنی‌داری بر مقدار مبادله گازها بین اتمسفر و خاک گذاشته بود. هنگامی که تخلخل تهویه‌ای به کمتر از ۱۰ درصد می‌رسد، حجم کل خاک و شدت فعالیت‌های میکروبی در آن به شدت کاهش می‌یابد. تغییر در تراکم و جهت‌گیری جدید ذرات خاک و بهم خوردن حجم منافذ آن ناشی از اعمال فشار، ممکن است بر رشد ارتفاعی، قطری و ریشه‌ای تجدید حیات توده جنگلی تأثیر منفی داشته باشد و از این طریق کاهش حاصلخیزی رویشگاه را در طولانی‌مدت به دنبال داشته باشد (*Kozłowski, 1999; Makineci, 1999*). *et al., 2008* در بررسی تأثیرات روش بهره‌برداری گرده‌بینه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جنگل‌های اسکروفیل شرق گیپسلند در استرالیا پس از ۲۵ سال گزارش دادند که بین مقدار رشد ارتفاعی و قطری نهال‌های اکالیپتوس و تمرکز ریشه‌دوانی گیاه در مسیر چوبکشی و ناحیه دیو نسبت به ناحیه شاهد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. *Murphy (2004)* در بررسی آثار طولانی‌مدت بهره‌برداری جنگل بر رشد نهال‌های *Pinus radiata* پس از ۲۱ سال، به این نتیجه رسید که رشد حجمی نهال‌ها در بخشی از مسیر چوبکشی که دچار تخریب سطحی بوده، ۸ درصد و در جایی که تخریب عمقی بوده، ۱۶ درصد در مقایسه با ناحیه شاهد کاهش یافت. بسیاری از محققان ضمن مطالعه آثار طولانی‌مدت بهره‌برداری بر حاصلخیزی توده جنگلی بیان داشتند که افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک تا رسیدن به حد بحرانی آن، به کاهش رشد ارتفاعی و قطری نهال‌ها تا ۵۰ درصد منجر می‌شود (*Greacen and Sands., 1980; Rab, 1994*) هرچند که تأثیر این فعالیت‌ها بسته به شدت و وسعت

<sup>1</sup> Macro porosity

متوقف شده بود انتخاب شد. مسیر چوبکشی دارای جهت چوبکشی رو به پایین با حداقل دست‌خوردگی و همچنین فاقد شیب عرضی بوده است. برای نمونه‌گیری سعی شد مسیر در منطقه‌ای انتخاب شود که به لحاظ حجم در هکتار، گونه درختی و تراکم تاج پوشش وضعیت همگنی داشته باشد تا بتوان نقش این عوامل را خنثی و اثر تیمار مورد نظر بر عامل یا عوامل تحت مطالعه را بررسی کرد. در طول مسیر چوبکشی، ابتدا سه طبقه ترافیک (کم، متوسط و زیاد) بر اساس فاصله از دیو و انشعابات مسیر جدا شد (Rab, 2004). سپس در هر طبقه ترافیک دو کلاسه شیب (۰-۲۰ درصد و بیشتر از ۲۰ درصد) جدا شد. در هر تیمار که شامل ۳ طبقه ترافیک و ۲ طبقه شیب بوده است، ابتدا ۵ قطعه نمونه با ابعاد ۴ × ۱۰ متر پیاده شد که از این تعداد، ۳ قطعه نمونه به‌طور تصادفی انتخاب شد (Najafi et al., 2009). نمونه‌های خاک در روی هر یک از این خطوط در سه نقطه آن (شیار سمت راست، چپ و بین دو شیار) در عرض مسیر چوبکشی برداشت شد (شکل ۱). به‌طور کلی، در مطالعه حاضر، ۱۸ قطعه نمونه از ۳۰ قطعه نمونه پیاده‌شده در طول مسیر چوبکشی به‌طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری شد، که طی آن تعداد ۱۰۸ نمونه خاک (۳۶ نمونه در هر تیمار) از آنها برداشت و در آزمایشگاه بررسی شد. وزن مخصوص ظاهری در لایه سطحی خاک، در عمق ۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر (Demir et al., 2008) با استفاده از سیلندرهای فلزی با ابعاد (۵۰ میلی‌متر قطر و ۱۰۵ میلی‌متر طول) برداشت شد. در هر قطعه نمونه نیز یک نمونه برای بافت خاک گرفته شد. بررسی تأثیر طولانی‌مدت کوبیدگی خاک بر رشد و زادآوری مستقرشده در مسیر چوبکشی در هر تیمار در داخل قطعات نمونه مستقرشده در طبیعت برای برداشت نمونه‌های خاک انجام گرفت و تمام تجدیدحیات درختی موجود در آن با استفاده از روش آماربرداری صددرصد شمارش شد. در مجاورت هر پلات به فاصله ۳۰ تا ۵۰ متر از مسیر چوبکشی، در

شیب طولی در مسیر چوبکشی رهاشده پس از گذشت ۲۰ سال از توقف عملیات چوبکشی زمینی در جنگل‌های حوزه نکا ظالمروود است.

## مواد و روش‌ها

### - معرفی منطقه

تحقیق حاضر در جنگل‌های تحت نظارت شرکت نکاچوب واقع در ۵۰ کیلومتری شهرستان ساری، در بخش ۷، سری ۲، پارسل ۷۲ با طول جغرافیایی  $53^{\circ} 33' 5''$  تا  $53^{\circ} 33' 25''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 21' 14''$  تا  $36^{\circ} 21' 50''$  شمالی انجام گرفته است. متوسط عمق خاک ۲۵۰ میلی‌متر، متوسط بارندگی ۱۳۰۰ میلی‌متر، حداقل دما ۸ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد است و بیشتر نزولات به‌صورت برف است (بی‌نام، ۱۳۷۶). پارسل بررسی‌شده در دامنه ارتفاعی ۱۴۰۳ تا ۱۴۷۰ متر از سطح دریا قرار دارد، جهت عمومی دامنه، شمالی است و متوسط شیب آن ۲۰ درصد است. بنا به اسناد و مدارک موجود در دفتر فنی شرکت نکا چوب، طی ۲۰ سال گذشته روش بهره‌برداری در این پارسل گردبینه- کوتاه بوده است که تحت شیوه پناهی مدیریت شده است (بی‌نام، ۱۳۷۶). ماشین چوبکشی، اسکیدر چرخ لاستیکی تاف (E655) با وزن ۱۲ تن، فشار وارد بر سطح ۶۵۹ کیلوپاسکال، ابعاد لاستیک ۶۱۰ × ۴۷۰ و قدرت موتور ۶۵ اسب بخار، ساخت رومانی بوده است. گونه غالب منطقه، راش (*Fagus-orientalis* Lipsky) است که با گونه‌های افرا شیردار (*Acer cappadocicum*)، ممرز (*Carpinus betulus*) و بلوط بلندمازو (*Quercus castanifolia*) همراه است.

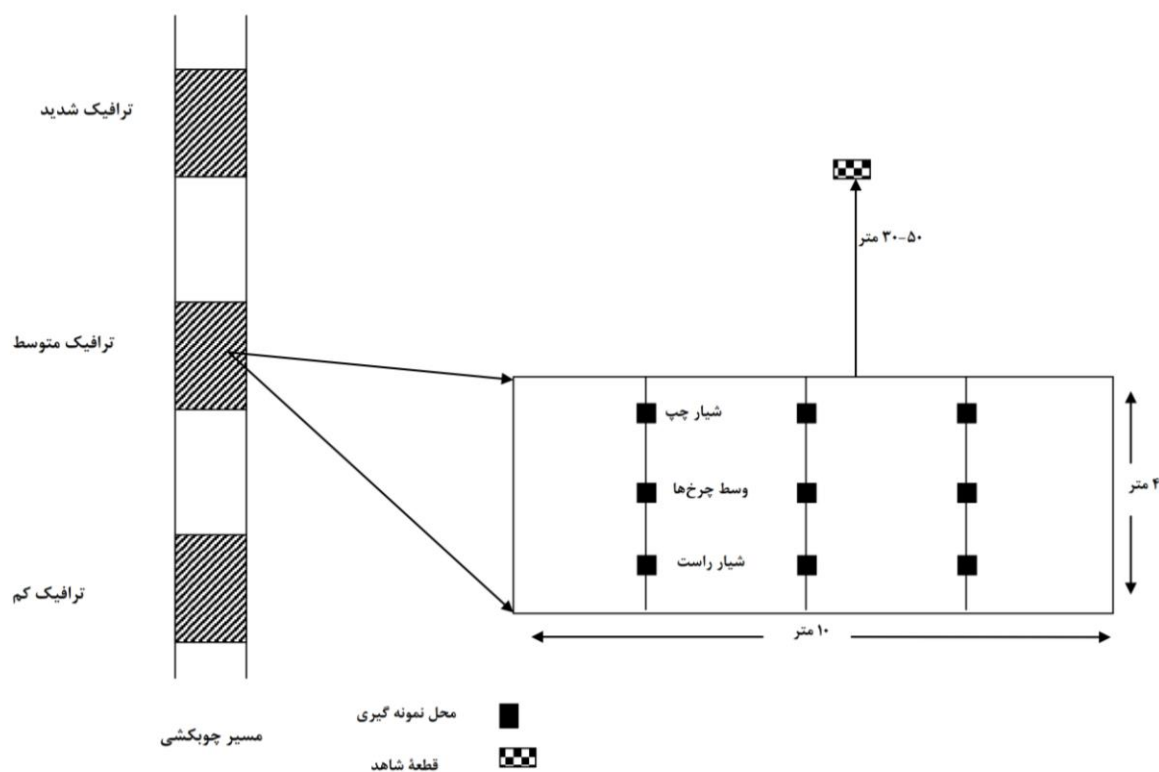
### - طرح تحقیق

پس از جنگل‌گردشی متوالی، یک مسیر چوبکشی رهاشده در طبیعت به طول یک کیلومتر که حدود ۲۰ سال پیش عملیات بهره‌برداری در آن به‌طور کامل

### - متغیرهای تحقیق

نمونه‌های خاک بلافاصله پس از برداشت در کیسه پلاستیکی دولایه گذاشته و به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل و توزین شد. سپس نمونه‌ها ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد گذاشته و برای اندازه‌گیری وزن خشک دوباره توزین شدند و در نهایت وزن مخصوص ظاهری تعیین شد. بافت خاک نیز با استفاده از روش هیدرومتری تعیین شد (Kalra and Maynard 1991).

منطقه دست‌نخورده، سه نمونه خاک استخراج شد تا نتایج حاصل از اندازه‌گیری وزن مخصوص و خصوصیات اکولوژیکی نهال‌ها مانند تنوع گونه‌ای، تعداد گونه و قطر یقه، در مسیر چوبکشی با ناحیه شاهد مقایسه شده و از این لحاظ روند بازیابی، پیگیری و بررسی شود (Makineci *et al.*, 2007; Ezzati *et al.*, 2011; ) (Ezzati *et al.*, 2012).



شکل ۱- شمای طرح نمونه‌گیری پیاده شده در مسیر چوبکشی

ترافیک‌های مختلف بررسی شد. مقایسه‌های چندگانه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن، و بررسی فراوانی تجدیدحیات مستقرشده در هریک از تیمارها پس از وزن‌دهی داده‌ها با استفاده از آزمون مربع کای انجام گرفت. تمام آزمون‌های آماری در نرم افزار SPSS11.5 انجام گرفته است.

به منظور انجام تجزیه و تحلیل، ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس با استفاده از آزمون لون همگنی واریانس داده‌ها بررسی شد. در نهایت با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) ارتباط وزن مخصوص ظاهری در شدت ترافیک و شیب‌های مختلف مسیر چوبکشی و تجدیدحیات مستقرشده در شدت

## نتایج

بافت خاک در این عرصه به طور کلی رسی - لومی بوده است.

نتایج حاصل از اندازه گیری بافت خاک در تیمارهای تحت مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

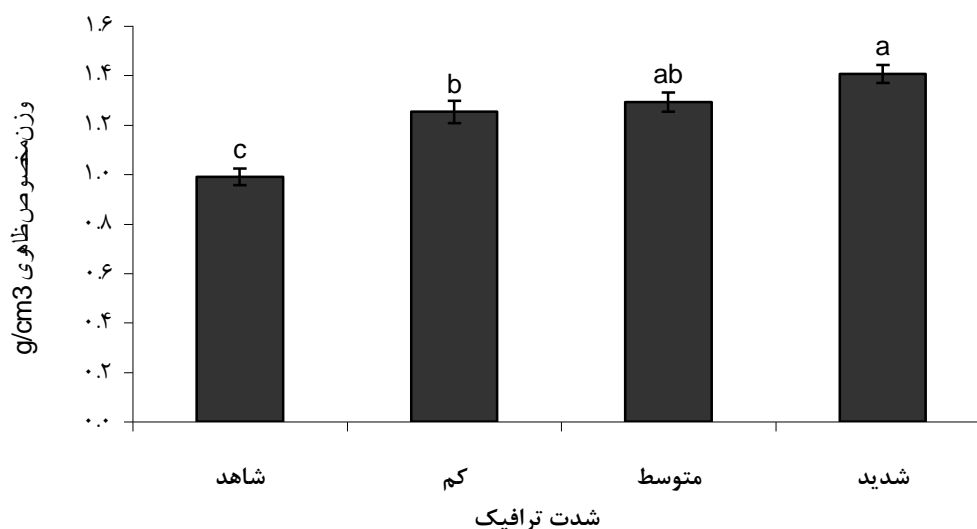
جدول ۱- نتایج آزمایش هیدرومتری خاک در طول مسیر چوبکشی

محل نمونه برداری	بافت خاک	اجزای خاک به درصد		
		ماسه	رس	سیلیت
شاهد	رسی - لومی	۲۵	۳۱	۴۴
ترافیک کم	رسی - لومی	۳۰	۳۰	۴۰
ترافیک متوسط	رسی - لومی	۲۴	۳۸	۳۸
ترافیک شدید	رسی - لومی	۲۱	۳۹	۴۰

## - روند تغییرات وزن مخصوص ظاهری خاک

آنالیز واریانس داده‌های مربوط به وزن مخصوص ظاهری در مسیر چوبکشی پس از گذشت ۲۰ سال از توقف عملیات چوبکشی نشان داد، که اثر شدت ترافیک بر مقدار بازیابی وزن مخصوص ظاهری معنی‌دار بوده است. وزن مخصوص ظاهری در منطقه شاهد ۰/۹۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است. نتیجه

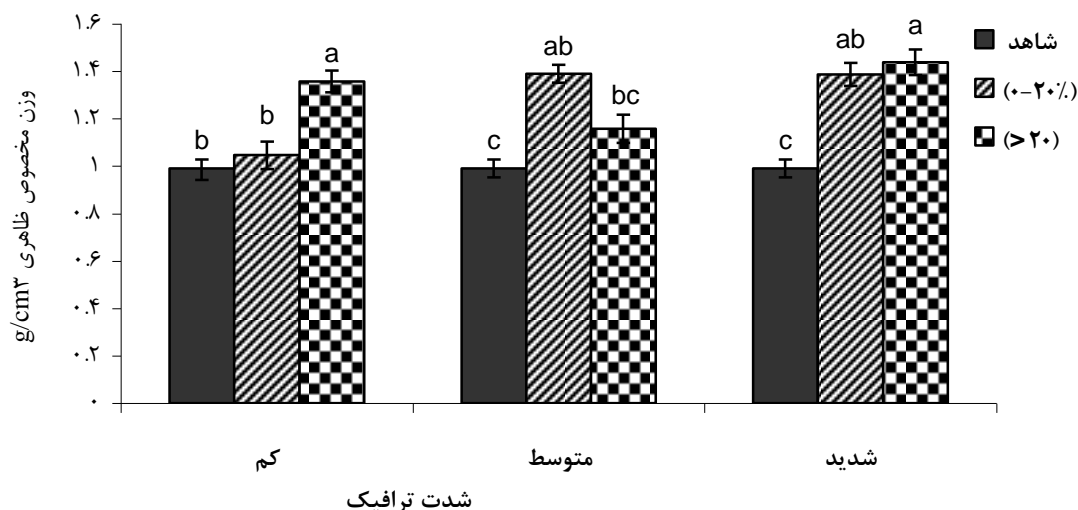
مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون توکی نشان داد که وزن مخصوص ظاهری در شدت ترافیک شدید و کم، اختلاف معنی‌داری با هم دارند و مقادیر آنها هنوز به اندازه ۲۶ و ۴۵ درصد بیشتر از منطقه شاهد است (شکل ۲).



شکل ۲- روند تغییرات وزن مخصوص ظاهری خاک در شدت ترافیک‌های مسیر چوبکشی

شدت ترافیک کم، متوسط و شدید، در مقایسه با ناحیه شاهد به ترتیب ۶/۱۲، ۴۱/۸۳ و ۴۰/۳۸ درصد و در شیب بیشتر از ۲۰ درصد، به ترتیب ۳۷/۷۵، ۱۷/۳۴ و ۴۴/۹۰ درصد بوده است.

بررسی اثر متقابل شیب و ترافیک نشان داد که وزن مخصوص ظاهری در شیب بیشتر از ۲۰ درصد هنوز بیش از شیب زیر ۲۰ درصد است (شکل ۳). هرچند که استثنایی در ترافیک متوسط رخ داده است. به طور کلی درصد باقی ماندن وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب کمتر از ۲۰ درصد در سه



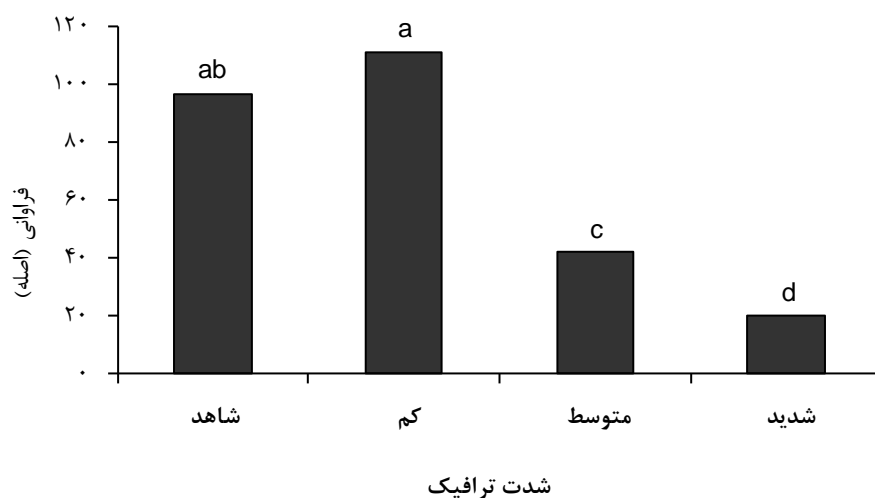
شکل ۳- روند تغییرات وزن مخصوص ظاهری در شیب‌های مسیر چوبکشی

درصد کمتر بوده است (شکل ۴).

برای تعیین دقیق‌تر حساسیت گونه‌ها در برابر کوبیدگی پس از یک دوره طولانی مدت در اثر عملیات چوبکشی در جنگل علاوه بر شمارش تجدیدحیات مستقرشده در مسیر چوبکشی، تنوع گونه‌ای آنها نیز بررسی شد. نتایج در جدول ۲ به تفکیک شدت ترافیک ارائه شده است.

- تجدیدحیات مستقرشده در مسیر چوبکشی

بررسی تجدیدحیات مستقرشده پس از گذشت ۲۰ سال در مسیر چوبکشی به تفکیک شدت ترافیک در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج آزمون مربع کای نشان داد که فراوانی تجدیدحیات با حرکت از تردد کم به تردد شدید به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است. به طور کلی فراوانی تجدیدحیات در سه کلاس ترافیک کم، متوسط و شدید، در مقایسه با ناحیه شاهد به ترتیب ۱۴/۴۳ درصد بیشتر، و ۶۶/۷۰ و ۷۹/۳۸



شکل ۴- فراوانی تجدید حیات در قطعه نمونه بدون توجه به نوع گونه در شدت ترافیک‌های مسیر چوبکشی

جدول ۲- تغییرات گونه‌ای بر حسب شدت ترافیک‌های مسیر چوبکشی

جمع	تنوع گونه‌ای (فراوانی)				مسیر چوبکشی
	سایر	توسکا	افرا	راش	
۹۷	۲	۴۲	۳۳	۲۰	شاهد
۱۱۱	۲	۲	۴۹	۵۸	ترافیک کم
۴۲	۲	۰	۱۰	۳۰	ترافیک متوسط
۲۰	۰	۰	۱	۱۹	ترافیک شدید

جدول ۳- بررسی فراوانی و قطر یقه تجدید حیات طبیعی مستقر شده در مسیر چوبکشی

تعداد نهال در قطعه نمونه شاهد	تعداد کل نهال در شدت تردد مختلف				کلاسه قطری (قطر یقه به سانتی‌متر)
	مجموع	شدید	متوسط	کم	
۷۷	۱۵۸	۲۰	۴۰	۹۸	۰-۲/۴۹
۱۱	۱۵	۰	۲	۱۳	۲/۵-۴/۹۹
۳	۰	۰	۰	۰	۵-۷/۴۹
۶	۰	۰	۰	۰	>۷/۵



بسیست سال پس از پایان عملیات چوبکشی زمینی، بیشترین و کمترین مقدار باقی ماندن وزن مخصوص ظاهری به ترتیب مربوط به تیمارهای ترافیک شدید، شیب بالای ۲۰ درصد، و ترافیک کم، شیب زیر ۲۰ درصد بوده است (شکل ۳). به طوری که در تیمار تردد کم شیب زیر ۲۰ درصد، وزن مخصوص ظاهری فاقد اختلاف معنی دار با ناحیه شاهد بوده و تاحدی بازیابی شده است، هرچند که تراکم خاک آن هنوز به اندازه ۰/۰۶ بیشتر از ناحیه شاهد است. (Krage *et al.* (1986) در بررسی آثار تخریب خاک ناشی از بهره برداری در جنوب بریتیش کلمبیا و Ezzati *et al.* (2012) در بررسی بازیابی خاک در جنگل های خزری به این نتیجه رسیدند که شیب طولی مسیر چوبکشی تأثیر زیادی بر آسیب دیدگی خاک و بازیابی آن داشته است. آنان ابراز کردند که با افزایش شیب طولی مسیر، شدت خسارات افزایش می یابد و به دنبال آن زمان بازیابی خصوصیات فیزیکی خاک به تعویق می افتد. پابرجا بودن وزن مخصوص ظاهری در ترافیک شدید، شیب بالای ۲۰ درصد در مطالعه حاضر به اندازه ۴۵ درصد، با میزان ۵۴ درصد وزن مخصوص ظاهری باقی مانده در مطالعه Anderson *et al.* (1992) پس از ۲۵ سال و ۵۱ درصد در مطالعه Rab (2004) پس از ۱۰ سال در جنگل های اکالیپتوس استرالیا و ۲۹ درصد در Pennington *et al.* (2004) در فاصله زمانی ۱۷-۲۳ سال پس از بهره برداری قابل مقایسه است. این اختلافات شاید به دلیل تفاوت در شرایط اقلیمی (رطوبت بیشتر هوا و خاک در جنگل های شمال و انبساط و انقباض سریع خاک در اثر نوسانات اقلیمی و محیطی)، تغییرات ادافیکی، نوع ماشین و از همه مهم تر طول مدت زمان رها شدن از توقف کامل عملیات بهره برداری بوده باشد. به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد پس از گذشت ۲۰ سال، باقی ماندن وزن مخصوص ظاهری در شیب بالای ۲۰ درصد بیشتر از شیب زیر ۲۰ درصد بوده است (به جز تردد متوسط). اگرچه تحقیق حاضر

نتایج نشان می دهد که گونه راش در همه تیمارها دارای بیشترین تراکم بوده است. در ترافیک کم، گونه های راش و افرا بیشترین تراکم را در مقایسه با سایر گونه ها به خود اختصاص داده اند (جدول ۲). در ترافیک شدید تنها گونه های باقی مانده یا استقرار یافته، راش و افرا هستند در حالی که گونه توسکا و سایر گونه ها (ممرز و بلوط) نتوانسته اند مستقر شوند و رشد کنند. نتایج بررسی ساختار قطری تجدید حیات (قطر برابریه نهال) مستقر شده در مسیر چوبکشی در جدول ۳ ارائه شده است. به طوری که بیشترین تعداد نهال مستقر شده در مسیر چوبکشی در طبقه قطر یقه ۲/۴۹-۰ سانتی-متر است و در کلاسه قطر یقه بالاتر از ۵ سانتی-متر هیچ نهالی مشاهده نشد.

## بحث

حدود ۲۰ سال پس از توقف کامل عملیات چوبکشی زمینی، وزن مخصوص ظاهری هنوز به اندازه منطقه شاهد بازیابی نشد. میانگین وزن مخصوص ظاهری در سه شدت ترافیک پس از گذشت ۲۰ سال به اندازه ۲۶، ۳۰ و ۴۵ درصد، هنوز بیشتر از ناحیه شاهد بود. این یافته با نتایج تحقیق سایر محققان (Froehlich, 1985; Shestak and Buss, 2005) در مورد عدم بازیابی وزن مخصوص ظاهری در لایه سطحی خاک به دنبال توقف کامل عملیات بهره برداری با گذشت زمان مطابقت دارد. با توجه به باقی ماندن وزن مخصوص ظاهری بیشتر از ۳۰ درصد در دو شدت ترافیک متوسط و شدید، می توان نتیجه گرفت این تأثیر در جنگل های کوهستانی ایران ممکن است تا بیست سال و حتی بیشتر پس از توقف کامل عملیات بهره برداری در مسیرهای چوبکشی رها شده پابرجا باشد و کاهش فعالیت فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی درختان حاشیه مسیرهای چوبکشی به ویژه در محدوده های اطراف ترافیک شدید را تا مدت های مدیدی به دنبال داشته باشد (Dykstra and Curran, 2006; Makineci *et al.*, 2007).

کاهش یافته بودند. این مطالعه نشان داد که در درازمدت مقاوم‌ترین گونه در برابر کوبیدگی لایه سطحی خاک، راش و حساس‌ترین گونه‌ها، افرا و توسکا هستند. هرچند که این گونه‌ها (افرا و توسکا) با هر گونه دخالت در طبیعت به‌عنوان گونه‌های پیشاهنگ عمل می‌کنند و عمل تخریبی انسان در میکروکلیمای ایجادشده در جنگل را به سرعت می‌پوشانند، اما نتایج تحقیق حاضر نشان داد که این مسئله تنها در کوتاه‌مدت صادق است و در درازمدت این گونه‌ها به‌دلیل ضعف در دسترسی به عناصر غذایی و آب، از پایداری در برابر استرس ناشی از کوبیدگی ناتوانند. همچنین گونه‌های پیشاهنگ و گونه‌های نظیر مرز به‌دلیل ریشه‌دوانی ضعیف و سطحی بودن سیستم ریشه‌ای (Mariani *et al.*, 2006)، در مقایسه با گونه راش از قدرت رقابت کمی در خاک‌های کوبیده شده برخوردارند و در درازمدت از بین می‌روند. هرچند که در استقرار تجدیدحیات طبیعی در مسیرهای چوبکشی ممکن است عوامل دیگری غیر از تراکم و دانه‌بندی، رطوبت خاک، شدت نور و خصوصیات شیمیایی، مقدار عناصر غذایی در دسترس خاک و رقابت گونه‌ای مؤثر باشد که در مطالعه حاضر بررسی نشد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Heninger *et al.* 2002). نتایج این پژوهش نشان داد ۲۰ سال پس از توقف عملیات بهره‌برداری، تراکم تجدیدحیات صرف‌نظر از گونه، در ترافیک کم بیشتر از منطقه شاهد بوده است (۴۳/۱۴ درصد). این واقعیت را می‌توان به دو صورت تفسیر کرد: ۱- در مسیرهای کم ترافیک، شدت کوبیدگی و تردد ماشین‌آلات کمتر بوده و این حجم تردد، ممکن است نقش خراش سطحی را داشته باشد؛ ۲- شاید وضعیت نوری و دمایی مناسب‌تری نسبت به منطقه شاهد حکم‌فرما بوده باشد (Forman *et al.* 2002). در مسیر چوبکشی بیشترین تعداد تجدیدحیات در کلاس قطری ۲/۴۹-۰ سانتی‌متر ثبت شد (۱۵۸ در مقابل ۷۷ اصله نهال)، اما باید عنوان کرد که این تجدیدحیات مستقرشده،

نتوانست دلیل کمتر بودن وزن مخصوص در شیب بالای ۲۰ درصد در ترافیک متوسط را در مقایسه با شیب زیر ۲۰ درصد همین تیمار توجیه کند.

#### - تجدیدحیات مستقرشده در مسیر چوبکشی

فراوانی تراکم نهال در قطعات نمونه استقرار یافته در مسیر چوبکشی پس از گذشت ۲۰ سال از پایان عملیات چوبکشی نشان داد که با حرکت از ترافیک کم به شدید، سهم تجدیدحیات مستقرشده در مسیر چوبکشی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Hatchel *et al.*, 1970; Murphy, 2004). در اثر تردد ماشین‌آلات چوبکشی، ساختمان خاک دچار تخریب می‌شود و در اثر اعمال فشار سهم منافذ درشت‌دانه خاک کاهش، و در مقابل سهم منافذ ریزدانه افزایش می‌یابد و به دنبال آن قدرت نگهداری آب در خاک بالا می‌رود (Ezzati *et al.* 2012). این کاهش حجم خاک سبب کاهش ریشه‌دوانی و کاهش رشد ارتفاعی و قطری نهال می‌شود (Kozłowski, 1999). تأثیر فشار اعمال شده در اثر وزن ماشین‌آلات بر خاک مسیر چوبکشی، ناشی از حرکت جانبی ذرات در اثر اعمال فشار است که بسته به شدت و وسعت نیروی واردشده تأثیرگذاری آن بر لایه سطحی خاک متغیر است و کاهش حاصلخیزی رویشگاه را در درازمدت به دنبال دارد (Murphy, 2004; Makineci *et al.*, 2008). نتایج این مطالعه با نتیجه (Heninger *et al.* 2002) که اعلام کردند آثار عملیات چوبکشی بر رشد ارتفاعی نهال‌های سوزنی برگ در کوتاه‌مدت است، مطابقت ندارد. این مورد ممکن است به‌دلیل متفاوت بودن شرایط اقلیمی، فیزیوگرافی و مدت زمان تحقیق پس از توقف عملیات بهره‌برداری بوده باشد. بیست سال پس از پایان چوبکشی زمینی، گونه راش بیشترین مقاومت را در برابر کوبیدگی از خود نشان داد، به‌طوری‌که در ترافیک کم، ۵۸ پایه و در ترافیک شدید، ۱۹ پایه از این گونه ثبت شد. اما گونه‌های افرا و توسکا در ترافیک‌های متوسط و شدید، به‌شدت

گیرد و طراحی عملیات چوبکشی زمینی باید در محدوده شیب زیر ۲۰ درصد محدود شود. در شیب‌های بالاتر از ۲۰ درصد، عملیات چوبکشی باید در روزهای خشک سال که رطوبت خاک در کمترین حد خود است محدود شود، ضمن اینکه در این زمان ظرفیت باربری خاک برای تحمل نیروهای وارد بر آن خاک نیز زیاد است (Rab et al. 2005)، همچنین می‌توان از روش بهره‌برداری سنتی با رعایت شرایط مرتبط با آن استفاده کرد (Ezzati et al. 2011).

### منابع

بی‌نام، ۱۳۷۶. کتابچه طرح جنگلداری بخش ۷، جنگل‌های حوزه نكاء ظالمرو، ۱۸۲ ص.

جمشیدی، رضا، ۱۳۸۴. اثرات چوبکشی زمینی روی خصوصیات فیزیکی خاک مسیرهای اسکیدرو و تولید جنگل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۷۵ ص.

صالحی، علی، کامبیز طاهری آبکنار، و رضا بصیری، ۱۳۹۰. بررسی ارزیابی خصوصیات فیزیکی خاک و استقرار تجدیدحیات طبیعی در مسیرهای چوبکشی (مطالعه موردی: جنگل‌های حوضه ناو اسالم)، مجله جنگل ایران، ۳، (۴): ۳۱۷-۳۲۹.

نقدی، رامین، نصرت‌الله رأفت‌نیا، ایرج باقری و وحید همتی، ۱۳۷۸. ارزیابی خسارات وارده به درختان باقی‌مانده در حفره‌های قطع و مسیرهای خروج چوب در روش تک-گزینی، مطالعه موردی: جنگل لونک، مجله منابع طبیعی ایران، ۱۱۱۶ (۱): ۱۱-۳۱.

Anderson, H., D. Boddington and H. Van Rees, 1992. The long-term effects of saw log-only harvesting on some soil physical and chemical properties in east Gippsland, unpublished, Department of conservation and environment, Victoria, Australia, 29 pp.

Demir, M.E., Makineci and B.S. Gungor, 2008. Plant species recovery on a compacted skid road, *Journal of Sensors*, 8(5): 3123-3133.

پس از گذشت ۲۰ سال نتوانسته بود به کلاس‌های قطری بالاتر از ۲/۵-۴/۹۹ سانتی‌متر وارد شود. تجدیدحیات مستقرشده پس از این مدت در مسیر چوبکشی می‌تواند دو دلیل اصلی داشته باشد؛ ۱- ممکن است تجدیدحیات ثبت‌شده در سال‌های اخیر مستقر شده باشد و نهال با قطر یقه بالا در مسیر چوبکشی وجود نداشته باشد؛ ۲- به دلیل فشردگی زیاد خاک مسیر چوبکشی پس از گذشت ۲۰ سال، تجدیدحیات پیش‌جا با قطر کم هنوز نتوانسته به کلاس قطری بالاتر برود. به این معنا که آثار کوبیدگی پس از گذشت ۲۰ سال از توقف عملیات بهره‌برداری هنوز پابرجا است (Anderson et al. 1992).

البته ۲۰ سال پس از توقف عملیات بهره‌برداری و رهاسازی مسیر چوبکشی در طبیعت، مدت زمان کمی برای قضاوت نهایی در این مورد است. هرچند در کشور ما پیدا کردن چنین مسیرهایی در طبیعت با سابقه بهره‌برداری طولانی دور از انتظار است. بنابراین، باید مطالعات بیشتری شبیه مطالعه حاضر در این زمینه به‌خصوص در مورد خاک‌هایی با بافت‌های مختلف در اعماق تحتانی و طبقات شیب متفاوت برای ماشین‌های رایج چوبکشی در جنگل‌های خزری صورت گیرد تا شدت تخریب عملیات بهره‌برداری را بتوان به حداقل ممکن رساند. با توجه به کوهستانی بودن جنگل‌های شمال و شیب بالای ۲۰ درصد در اکثر موارد و متمرکز بودن سهم عملیات چوبکشی در این نواحی به‌خصوص بخش ترافیک شدید و نزدیکی این محل‌ها به محل دپوهای چوب، به‌نظر می‌رسد بیشترین سهم تخریب به خاک در طول مسیر چوبکشی در عرصه در این نواحی متمرکز باشد، که این امر سبب طولانی شدن مدت بازیابی خصوصیات خاک به حالت اولیه، افزایش تأثیرات جانبی آن بر محیط اطراف و کاهش حاصلخیزی رویشگاه در طولانی‌مدت می‌شود. این مسئله باید در طراحی مسیرهای چوبکشی به‌ویژه در شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد مدنظر قرار

- Dykstra, P.R. and M.P. Curran, 2006. Tree growth on rehabilitated skid roads in southeast British Columbia, *Forest Ecology and Management*, 133: 145–156.
- Ezzati, S., A. Najafi and T. Durston, 2011. Impact of animal logging on soil physical properties in mule trail in Hyrcanian forests, *Transportation Research Part D*, 16: 316-320.
- Ezzati, S., A. Najafi, M. A. Rab and E. Zenner, 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 (4): 521-538.
- Forman, R.T.T., D. Sperling, J.A., Bissonette, P. Clevenger, C.D. Cutshall, V.H. Dale, L. Fahrig, R. France, C.R. Goldman, K. Heanue, A.J. Jones, F.J. Swanson, T. Turrentine and T.C. Winter, 2002. Road Ecology: Science and Solutions, Washington, D.C., Island Press, 481 pp.
- Froehlich, H.A., 1985. Soil compaction from low ground-pressure, torsion-suspension logging vehicles on three forest soils, forest research laboratory, Oregon State University, Corvallis, Research Paper, 36-12 pp.
- Greacen, E.L. and R. Sands, 1980. Compaction of forest soils: a review, *Australian Journal of Soil Research*, 18: 163-189.
- Hatchel, G.E., C.W. Ralston and R.R. Foil, 1970. Effects on soil characteristics and growth of loblolly pine in the Atlantic coastal plain, *Journal of Forestry*, 68: 772-5.
- Heninger, R., W. Scott, A. Dobkowski, R. Miller, H. Anderson and S. Duke, 2002. Soil disturbance 10-year growth response of coast Douglas-fir on no tilled and tilled skid trails in the Oregon cascades, *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 233-246.
- Kalra, Y.P. and D.G. Maynard, 1991. Methods manual for forest soil and plant analysis, Forestry Canada, Edmonton, AB. Information Report NOR-X-319E, 116 pp.
- Krage R., B.K. Higgings and R. Rottwell, 1986. Logging and soil disturbance in southeast British Columbia, *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 1345-1354.
- Kozłowski, T.T., 1999. Soil compaction and growth of woody plants, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14: 596-619.
- Makineci, E., M. Demir and E. Yilmaz, 2007. Long-term harvesting effects on skid road in a fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) plantation forest, *Journal of Building and Environment*, 42: 1538-1543.
- Makineci, E., B.S. Gungor and M. Demir, 2008. Survived herbaceous plant species on compacted skid road in a fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) forest – a note, *Transportation Research Part D*, 13: 187–192.
- Mariani, L., S.X. Chang and R. Kabzems, 2006. Effects of tree harvesting, forest floor removal, and compaction on soil microbial biomass, microbial respiration, and N availability in boreal aspen forest in British Columbia, *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 1734-1744.
- McMahon, S., R. Simcock, J. Dando and C. Ross, 1999. A fresh look at operational soil compaction, *New Zealand Journal of Forestry*, 44 (3): 33–37.
- Murphy, G., 2004. Long-term impacts of forest harvesting related soil disturbance on log product yields and economic potential in a New Zealand forest, *Silva Fennica*, 38 (3): 279–289.
- Najafi, A., A. Solgi and S.H.R. Sadeghi, 2010. Effect of ground skidding and skid trail slope on soil disturbance. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8:13-23.
- Pennington, P.I., M. Laffan, R. Lewis and K. Churchill, 2004. Impact of major snig tracks on the productivity of wet *Eucalyptus oblique* forest in Tasmania measured 17-23 years after harvesting, *Australian Forestry*, 67: 17-24.
- Rab, M.A., 1994. Changes in physical properties of a soil associated with logging of *Eucalyptus regnans* forest in southeastern Australia, *Forest Ecology and Management*, 70: 215-229.
- Rab, M.A., 2004. Recovery of soil physical properties from compaction and soil profile disturbance caused by logging of native forest in Victorian central highlands, Australia, *Forest Ecology and Management*, 191: 329-340.

Rab, A., J. Bradshaw, R. Campbell and S. Murphy, 2005. Review of factors affecting disturbance, compaction and traffic ability of soils with particular reference to timber harvesting in the forests of south-west western Australia. Department of conservation and land management SFM Technical Report No. 2, 160 pp.

Smith, R.B. and E.F. Wass, 1976. Soil disturbance, vegetative cover and regeneration on clear cuts in the nelson forest district, British Columbia, Canadian Forest Service, *Pacific Forrester Research*, Cent. Inf. Rep. BC-X-151, 37 pp.

Shestak, C.J. and M.D. Busse, 2005. Compaction alters physical but not biological indices of soil health, *Soil Science American Journal*, 69: 236-246.

## Assessment of soil recovery and establishment of natural regeneration 20 years after stopping from ground-based skidding

S. Ezzati<sup>1</sup>, E. Najafi<sup>2\*</sup>, and V. Hosseini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University, I. R. Iran

(Received: 30 June 2013, Accepted: 17 March 2014)

### Abstract

Ground-based skidding operations are known as an important source of damages to the residual stands and surface soil of forests. This research aims at studying the soil compaction and establishment of natural regeneration in an abandoned skid trail 20-year after cessation of timber harvest operations. For this purpose, an abandoned skid trail about 1 Km in length was chosen by field inspection at Neka-Zalemrud forest catchments. Before sampling, the skid trail was divided into three traffic intensities (low, medium and high) based on distance to log-landing. Two slope categories were then delineated for each traffic intensity. Treatments include three traffic intensities and two slope classes with three replicates for each category. Three sample plots (4×10 m) out of five ones were randomly selected for taking soil samples. The effect of soil compaction on all established regenerations was studied in same plots. Results showed that with increasing the traffic intensity and slope gradients, soil bulk density did not decrease compared to controlled areas. Soil bulk density values remained by about 6.12, 41.38 and 40.38 and 37.75, 17.34, and 45.91% for slope class 0-20% and over 20% within three traffic intensity including low, medium and high, respectively. Furthermore, results confirmed that the most tolerant and intolerant species to the compaction were beech and maple and alder in high traffic intensity, 20- year since stopping timber operations, respectively. To minimize the negative impacts of skidding operations on forest soils, permanent skid trail is required and ground-based skidding operations should be limited to areas where slope gradients do not exceed 20%.

**Keywords:** Forest harvesting, Necka-Zalemrood forest, Skid trail slope, Soil recovery.