علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یک، شماره چهار، تیرماه ۹۸

اثر شیب طولی و پلان مسیر چوب‌کشی و تعداد تردد اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف E655 بر کوبیدگی خاک جنگل(مطالعه موردی: طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا)

حسین یازرلو [۱]

آیدین پارساخو [۲*]

Aidinparsakhoo@yahoo.com

هاشم حبشی [۳]

سلطانعلی سلطانی‌نژاد [٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۶/۰۸

چکیده

زمینه و هدف: هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر شیب طولی و پلان مسیر چوب‌کشی و تعداد تردد اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف بر کوبیدگی خاک در طرح جنگل‌داری دکتر بهرام‌نیا بود.

روش بررسی: ابتدا مسیرهای چوب‌کشی با جهت‌های چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین انتخاب و هر مسیر به دو بخش با تردد متوسط و شدید تقسیم شد. پلان مسیر به روش قطبی و نیم‌رخ طولی مسیر از طریق ترازیابی برداشت و وارد نرم‌افزار اتوکد گردید. مسیرهای چوب-کشی از نظر پلان به دو طبقه مسیر مستقیم و قوس‌های افقی و از نظر شیب طولی برای مسیر رو به بالا به طبقات ۱۵-۵، ۱۵-۲۵ و ۲۵< درصد و برای مسیر رو به پایین به طبقات ۵-۰، ۵-۱۵ و ۱۵< درصد تفکیک شدند. به‌منظور اندازه‌گیری کوبیدگی، تخلخل و رطوبت وزنی خاک در مجموع اقدام به برداشت ۲۲۸ نمونه خاک توسط استوانه فولادی در طبقات یادشده و منطقه شاهد (جنگل) شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک با افزایش شیب طولی مسیر و همچنین میزان تردد اسکیدر به‌طور معنی-داری افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه تردد زیاد، شیب طولی بالای ۲۵ درصد (۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر

۱- کارشناسی ارشد، جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲- استادیار، جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار، جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۴- مربی، جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

مکعب در چوب‌کشی رو به بالا) و بالای ۱۵ درصد (۱/۱۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب در چوب‌کشی رو به پایین) و بر روی قوس به ثبت رسید. کم‌ترین میزان تخلخل و رطوبت وزنی خاک نیز در همین شرایط مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری: در این تحقیق برای نخستین بار از نمایش‌گر سه‌بعدی Civil3D برای تحلیل فنی مسیرهای چوب‌کشی و تعیین مکان‌های نمونه‌برداری بهره گرفته شد. براساس یافته‌ها به‌منظور کاهش صدمات وارد به خاک مسیرهای چوب‌کشی باید حتی‌الامکان از ایجاد مسیرهای پر پیچ و خم، پرشیب و تردد زیاد روی آن‌ها پرهیز نمود.

واژه‌های کلیدی: مسیر چوب‌کشی، قوس افقی، تردد اسکیدر، شیب طولی، وزن مخصوص ظاهری خاک.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.4, June, 2019

The effect of longitudinal slope, skid trail plan and passes of skidder Tof E655 on forest soil compaction

(Case study: Bahramnia forestry plan)

Hossein Yazarlou [1]

Aidin Parsakhoo [2*]

Aidinparsakhoo@yahoo.com

Hashem Habashi [3]

Soltan Ali Soltauninejad [4]

Admission Date: August 30, 2017 Date Received: August 30, 2016

Abstract

Background and Objective: The objective of this study was to investigate the effect of longitudinal slope, skid trail plan and passes of skidder Tof E655 on forest soil compaction in Bahramnia forestry plan.

Method: Initially, skid trails with upward and downward directions were selected and then classified into sections with moderate and severe traffic. Using polar and Nivelmen methods, the plan of route and longitudinal profile of route were drawn, respectively and fed into the AutoCAD software. The skid trails were divided into straight routes and horizontal curves in terms of plan and classified into 5-15, 15-25 and >25% for upward direction and 0-5, 5-15 and >15% for downward direction in terms of longitudinal slope were c. 228 samples was taken using metal cylinder for measuring soil compaction, porosity and moisture in the mentioned classes and control (forest).

Findings: Findings showed that the soil bulk density increased with the increase of skidder passes and longitudinal slopes. The maximum soil bulk density was recorded for curves, severe traffic classes, and longitudinal slopes >25% (1.27 g cm^{-3} in upward skidding) and >15 (1.18 g cm^{-3} in downward skidding). The minimum soil porosity and moisture was also observed in this condition.

Discussion and Conclusion: In this study, the Civil3D 3D display was used for the first time to analyze the technical properties of skid trails and to determine the sampling locations. According to the results, to reduce the damage to the soil of skid trails it is necessary to avoid constructing spiral and steep routes and sever passes through them.

Keywords: Skid trail, horizontal curve, skidder traffic, longitudinal slope, soil bulk density.

1- MSc, Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2- Assistant Professor, Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. * *(Corresponding Author)*

3 Associate Professor, Forest Ecology and Silviculture, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

4 Lecturer, Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

مقدمه

مسیرهای چوب‌کشی، مسیرهای حمل و نقل اولیه چوب از کنار کنده تا دپو و یا مسیر عبور اسکیدر در داخل جنگل می‌باشند و اگر به‌لحاظ فنی- مهندسی درست طراحی نشوند با بهره‌برداری و ورود ماشین‌آلات به جنگل صدمات زیادی به گرده‌بینه، خاک و توده جنگلی وارد خواهد شد (۱، ۲ و ۳). یک تعریف کلی از صدمات وارده به خاک عبارت است از هر نوع تخریبی که منجر به تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک گردد (۴ و ۵). کوبیدگی و تخریب خاک مهم‌ترین عارضه استفاده از ماشین‌آلات چوب‌کشی است. وسعت و شدت تخریب خاک در استفاده از اسکیدرها متفاوت بوده و به شیب، بافت خاک، رطوبت خاک در زمان چوب‌کشی و نوع ماشین وابسته است (۶). به‌منظور کاهش این صدمات بهتر است مسیرهای چوب-کشی تا آنجا که ممکن می‌باشد مستقیم بوده و از یک شیب مساعد تا دپو برخوردار باشند. پلان مسیر شامل مجموعه خطوط مستقیم و قوس‌ها و پیچ‌ها است (۷). اگر مسیر چوب-کشی دارای پیچ و خم و یا به عبارت دیگر دارای تعداد قوس-های فراوان باشد، راننده اسکیدر مجبور است تا سرعت خود را کم کند. با این کار زمان یک نوبت چوب‌کشی افزایش می‌یابد، در غیر این صورت میزان صدمات وارده به رویشگاه افزایش خواهد یافت (۸).

کوبیدگی مقدمه‌ای برای کاهش مشخصه‌هایی مانند خلل و فرج، هدایت هیدرولیکی آب، تهویه و تبادلات گازی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در مناطق تحت تردد اسکیدر، وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش یافته است (۹). علاوه بر این، بیش‌ترین میزان کوبیدگی خاک در بخش پرتردد و در لایه ۱۰ سانتی‌متری روی مسیرها به‌دلیل تأثیرپذیری زیاد این افق از عملیات چوب‌کشی اتفاق می‌افتد (۱۰ و ۱۱). از دیگر عوامل تأثیرگذار بر روند تخریب خاک، شیب طولی مسیر می‌باشد، به-طوری‌که با افزایش شیب طولی مسیر، میزان تخریب خاک در اثر عملیات بهره‌برداری از نظر وسعت و شدت افزایش یافته که این میزان افزایش در شیب‌های بالای ۲۰ درصد بیش‌تر از شیب‌های پایین است (۱۱ و ۱۲). با افزایش شیب طولی مسیر چوب‌کشی به بیش از ۲۰ درصد، شدت تخریب خاک حدود دو برابر می‌شود (۱۳ و ۱۴). کوبیدگی ناشی از تردد ماشین‌آلات چوب‌کشی به کاهش حجم منافذ بزرگ خاک منجر می‌گردد (۱۵). به‌طوری که در برخی منابع افزایش ۱۵ درصدی متوسط وزن مخصوص ظاهری خاک بعد از عملیات چوب‌کشی را وزن مخصوص زیان‌آور خاک تعریف نمودند (۱۶). در جنگل‌های آمریکا افزایش ۲۰ درصدی وزن مخصوص ظاهری خاک در بیش از ۲۰ درصد سطح مورد عمل را آستانه کوبیدگی خسارت‌آور در نظر می‌گیرند که می‌تواند رویش آینده درختان مجاور و چرخه آب را تحت‌تأثیر قرار دهد (۱۷).

معمولاً کوبیدگی خاک در مسیرهای با جهت چوب‌کشی رو به-بالا بیش‌تر از مسیرهای با جهت چوب‌کشی رو به پایین است (۱۷). البته در زمینه تأثیر جهت‌های رو به بالا و رو به پایین بر کوبیدگی خاک مسیر چوب‌کشی و هم‌چنین تأثیر پلان مطالعات کمی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است و این مساله خود بیان‌گر ضرورت پژوهش حاضراست. ضمن آن‌که تاکنون تحلیل مسیرها از منظر عرضی، طولی و پلان به‌صورت یک بعدی و دو بعدی انجام پذیرفته و از نگاه سه‌بعدی و واقعی به مسیر به‌دلیل فقدان امکانات نرم‌افزاری اجتناب گردیده است. در این تحقیق برای نخستین بار از نمایش‌گر سه‌بعدی Civil3D برای تحلیل فنی مسیرهای چوب‌کشی و تعیین مکان‌های نمونه‌برداری بهره گرفته شد. با توجه به موارد اشاره شده لازم است تا پس از برداشت و مطالعه پلان و پروفیل طولی مسیرهای چوب‌کشی و طبقه‌بندی میزان تردد اسکیدر، به بررسی ارتباط بین طرح هندسی مسیر با نرخ بروز صدمات به خاک از نظر کوبیدگی و کاهش خلل و فرج پرداخته شود. آن-گاه می‌توان با اصلاح نقاط بحرانی و ارایه طرح هندسی مطلوب، نرخ بروز صدمات به رویشگاه را به حداقل رسانید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در قطعه ۷، سری یک طرح جنگل‌داری دکتر بهرام نیا از توابع شهرستان گرگان و در محدوده ارتفاعی

۴۸۰- ۳۰۰ متر از سطح دریا و شیب ۳۰-۰ درصد قرار داشت. از نظر زمین‌شناسی نوع سنگ‌مادری شیل همراه با ماسه‌سنگ آهکی و کنگلومرای دوران ژوراسیک بوده و از نظر نفوذپذیری سنگ مادری ضعیف تا متوسط می‌باشد. بافت خاک منطقه لومی سیلتی بود. سیمای عمومی جنگل شاخه و دانه‌زاد با جنگل جوان تا میان‌سال، دواشکوبه با وضعیت زادآوری متوسط می‌باشد که شامل درختان ممرز، انجیلی، بلوط، آزاد است. شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی شیوه رایج منطقه بوده و به‌منظور استخراج چوب از مسیرهای چوب‌کشی اسکیدرو و دواب استفاده شده است. اسکیدر مورد استفاده از نوع تاف E655 با وزن ۶/۶ تن بود. متوسط فشار وارده به زمین از سوی یک چرخ اسکیدر با سطح مقطع تماس ۰/۵ مترمربع (حاصل‌ضرب طول در عرض قسمتی از چرخ اسکیدر که با زمین در تماس است) معادل ۱/۳۲ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع برآورد شد. فشار وارد بر سطح از حاصل‌تقسیم وزن اسکیدر بر سطح مقطع تماس بدست آمد.

روش تحقیق

در این پژوهش ضمن جنگل‌گردشی، دو مسیر چوب‌کشی رو به پایین و رو به بالا در دامنه جنوب غربی انتخاب شد. چوب‌کشی در تابستان ۹۳ به‌وسیله اسکیدر چرخ‌لاستیکی تاف برای خروج گرده‌بینه و کاتین (حدود ۳۰۰ مترمکعب) به‌اجرا درآمد. هر مسیر به دو بخش با تردد متوسط در قسمت میانی مسیر و شدید در ابتدای مسیر چوب‌کشی تقسیم شد. طرح هندسی شامل پلان و نیم‌رخ طولی می‌باشد. در عملیات میدانی، پلان مسیرها به روش قطبی و پروفیل طولی از طریق ترازیابی با دوربین نیو برداشت شد و سپس در نرم‌افزار AutoCAD Civil3D طرح سه بعدی مسیرها بدست آمد. شیب طولی برای مسیر رو به بالا به طبقات ۱۵-۵، ۲۵-۱۵ و ۲۵< درصد و برای مسیر رو به پایین به طبقات ۵-۰، ۱۵-۵ و ۱۵< درصد تفکیک شدند. بدین‌ترتیب در هر یک از جهت‌های چوب‌کشی تأثیر عامل تردد در دو سطح، عامل پلان در دو سطح و عامل شیب طولی در سه سطح و در مجموع با ۱۲ تیمار بر مشخصات وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و رطوبت وزنی خاک بررسی گردید. برای هر تیمار قطعه نمونه‌ای به طول ۱۰ متر و عرض ۴ متر در نظر گرفته شد. در هر قطعه نمونه، ۴ خط عمود بر مسیر چوب‌کشی با فاصله ۲ متر از هم پیاده و سپس به‌طور تصادفی ۳ خط انتخاب و روی هر خط ۳ نمونه خاک به‌کمک استوانه فولادی (طول سیلندر ۱۰ سانتی‌متر و قطر داخلی ۵ سانتی‌متر) از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری به‌دلیل تأثیرپذیری زیاد این افق از عملیات چوب‌کشی برداشت شد (۱۱). در مجموع ۲۱۶ نمونه از مسیرهای چوب‌کشی و ۱۲ نمونه شاهد نیز از جنگل جمع‌آوری گردید. تعداد مناسب نمونه در هر قطعه به‌کمک فرمول کوکران و پس از محاسبه انحراف معیار آماربرداری مقدماتی و با توجه به خطای آماری ۸± درصد ۹ نمونه معین شد (زبیری، ۱۳۸۸). نمونه‌های خاک در پلاستیک قرار داده شده و بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه، وزن مرطوب آن‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس دستگاه آون خشک شده و مجدداً وزن شدند (۱۶). اندازه‌گیری حجم استوانه با استفاده از رابطه ۱ انجام شد:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 h \qquad (۱)$$

که در آن d قطر استوانه به اندازه ۵ سانتی‌متر و h طول استوانه به اندازه ۱۰ سانتی‌متر بود.

وزن مخصوص ظاهری خاک از رابطه ۲ به‌دست آمد (۱۵):

وزن مخصوص ظاهری = وزن کل خاک خشک ÷ حجم استوانه (۲)

رطوبت خاک نمونه‌های جمع‌آوری شده به‌کمک رابطه ۳ محاسبه شد (۱۶).

(۳)

درصد رطوبت وزنی خاک = [(وزن خاک مرطوب − وزن خاک خشک) ÷ وزن خاک خشک] × ۱۰۰

تخلخل نسبت فضای حفره‌ای خاک است به فضای کلی آن (رابطه ۴).

(۴)

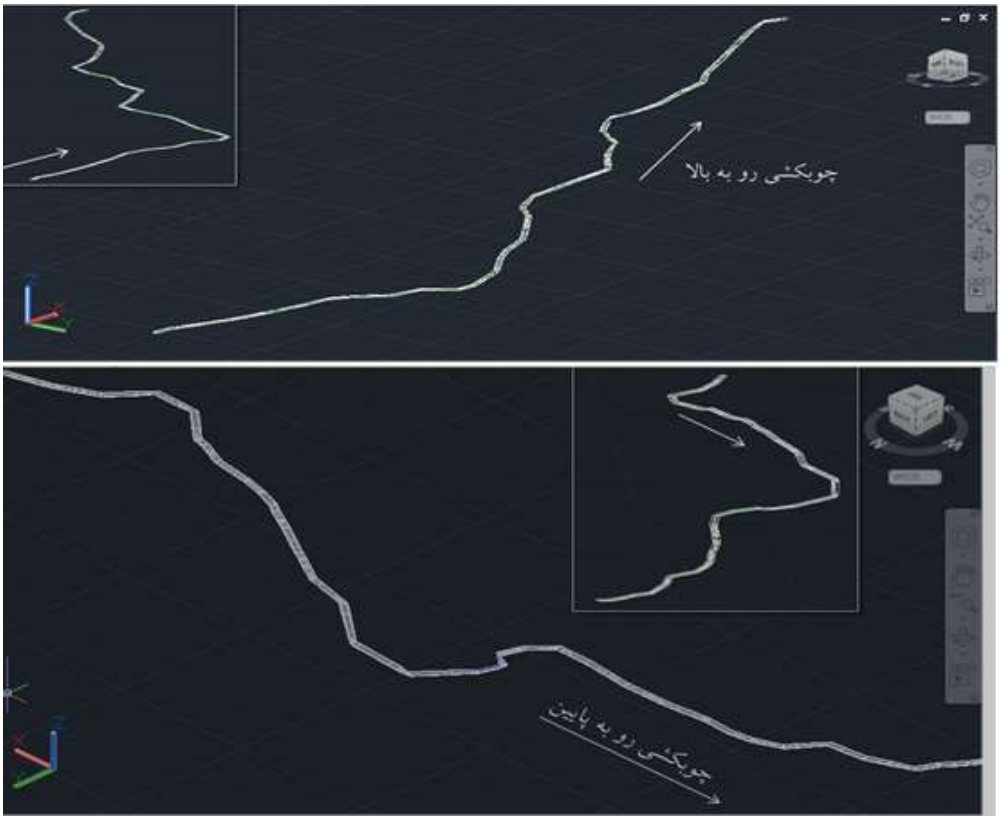
درصد تخلخل خاک = ۱۰۰ − (وزن مخصوص ظاهری ÷ وزن مخصوص حقیقی) × ۱۰۰

این پژوهش در قالب طرح فاکتوریل در نرم‌افزار SAS بـه‌اجـرا درآمد. ابتدا بـه وسـیله آزمـون کولمـوگرف-اسـمیرنوف میـزان تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال بررسی و به‌کمک تجزیه واریـانس (General Linear Model) اثـر متغیرهـای مسـتقل بـر وابسته آنالیز گردید. در مواردی که تجزیه واریانس اثر معنـی‌دار نشان داد از آزمون توکی (Tukey) برای مقایسـه میـانگین‌هـا بهره گرفته شد.

یافته‌ها

نقشه پلان و نیم‌رخ طولی سه‌بعدی مسیرهای چوب‌کشی

در تحقیق حاضر نقشه پلان و طرح سه‌بعدی مسیر چوب‌کشـی رو به بالا و رو به پایین که به منظور استخراج مشخصـات طـرح هندسی آن‌ها تهیه شد در شکل ۱ ارایه شده است.



شکل ۱- طرح سه بعدی مسیر چوب‌کشی رو به بالا به طول ۵۷۴ متر و مسیر چوب‌کشی رو به پایین به طول ۵۳۲ متر

Figure 1- 3D map of upward skid trail with a length of 574m and downward with a length of 532m

اثر شیب طولی، پلان و تعداد تـردد بـر وزن مخصـوص ظاهری، تخلخل و رطوبت خاک

در چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین، اثرات جداگانه تعداد تردد و شیب طولی بر وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاک معنـی-دار بود. در چوب‌کشی رو به بالا سه عامل پـلان، تعـداد تـردد و شیب طولی بر درصد رطوبت وزنی خاک اثـر متقابـل معنـی‌دار داشتند. در چوب‌کشی رو به پایین، اثرات جداگانه تعداد تـردد، پلان و شیب طولی مسیر چوب‌کشـی بـر رطوبـت وزنـی خـاک معنی‌دار بود. علاوه‌بر این، عوامل تعداد تردد و شیب طـولی بـر وزن مخصوص ظاهری و تخلخـل خـاک در سـطح احتمـال ۹۹ درصد اثر متقابل معنی‌دار داشتند. سایر تیمارها کـه در جـدول ارایه نشده‌اند فاقد اثر معنی‌دار بودند (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه‌واریانس اثر تردد، پلان و شیب طولی بر متغیرهای خاک در چوب‌کشی رو به بالا (اعداد جدول مقادیر F می‌باشند)

Table 1- ANOVA for the effect of number of passes, Plan and longitudinal slope on physical parammeters of soil in upward skidding (the numbers in table are F value)

جهت چوب‌کشی	متغیر	وزن مخصوص ظاهری	تخلخل	رطوبت وزنی
چوب‌کشی رو به بالا	تعداد تردد	۱۷/۷۰***	۱۸/۱۰***	۰/۵۲
	شیب طولی	۲/۹۳*	۲/۹۶*	۲/۱۴
	پلان×تعداد تردد×شیب طولی	۱/۸۹	۱/۸۴	۳/۲۵*
چوب‌کشی رو به پایین	تعداد تردد	۲۳/۰۹***	۲۳/۱۴***	۱۷/۵۲***
	پلان	۲/۳۹	۲/۳۵	۴/۲۱*
	شیب طولی	۱۰/۷۴***	۱۰/۶۷***	۶/۹۸**
	تعداد تردد×شیب طولی	۵/۵۸**	۵/۵۵**	۱/۶۹

*** معنی دار در سطح ۹۹/۹ درصد، ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد، * معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد و بدون علامت معنی دار نیست.

تغییرات وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و رطوبت خاک نسبت به شاهد

مطابق نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک در طبقه تردد زیاد و شیب‌های بالا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از طبقه تردد متوسط و شیب‌های پایین و هم‌چنین منطقه شاهد (شیب نزدیک به صفر) بود (جدول ۲). در طی عملیات چوب‌کشی میزان رطوبت و مجموع تخلخل خاک نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است (جدول ۲). در این پژوهش، بیش‌ترین مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک در طبقه تردد زیاد، شیب طولی بالای ۲۵ درصد (در چوب‌کشی رو به بالا) و بالای ۱۵ درصد (در چوب‌کشی رو به پایین) و بر روی قوس به ثبت رسید (جدول ۳). این یافته با نتایج مطالعات سایر محققین مطابقت دارد (۷ و ۱۱).

جدول ۲- مقایسه وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و رطوبت خاک مسیر چوب‌کشی با نمونه شاهد

Table 2- Comparison of the soil bulk density, porosity and moisture between skid trail and control

متغیر	وزن مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)		تخلخل (درصد)		رطوبت وزنی (درصد)	
تعداد تردد	رو به پایین	رو به بالا	رو به پایین	رو به بالا	رو به پایین	رو به بالا
متوسط	۰/۹۷^{b}	۰/۹۸^{b}	۶۳/۵۲^{a}	۶۳/۱۲^{a}	۴۰/۹۲^{b}	۳۶/۱۴^{b}
زیاد	۱/۰۹^{a}	۱/۱۴^{a}	۵۸/۶۳^{b}	۵۶/۸۹^{b}	۳۷/۱۶^{c}	۳۲/۶۲^{c}
شاهد	۰/۹۴^{b}	۰/۹۴^{b}	۶۴/۵۰^{a}	۶۴/۵۰^{a}	۴۵/۰۵^{a}	۴۵/۰۵^{a}
پلان	–	–	–	–	–	–
مستقیم	۱/۰۱^{a}	۱/۰۳^{a}	۶۱/۷۶^{a}	۶۰/۹۶^{a}	۳۸/۳۱^{b}	۳۶/۴۹^{b}
قوس	۱/۰۳^{a}	۱/۰۸^{a}	۶۰/۹۹^{a}	۵۹/۳۳^{a}	۳۶/۸۹^{b}	۳۴/۹۵^{b}
شاهد	۰/۹۴^{a}	۰/۹۴^{b}	۶۴/۵۰^{a}	۶۴/۵۰^{b}	۴۵/۰۵^{a}	۴۵/۰۵^{a}
شیب طولی	–	–	–	–	–	–
طبقه اول	۰/۹۵^{b}	۰/۹۹^{b}	۶۴/۴۰^{a}	۶۲/۵۲^{a}	۴۱/۱۷^{a}	۳۸/۶۵^{b}
طبقه دوم	۰/۹۹^{b}	۱/۱۱^{a}	۶۲/۴۶^{a}	۵۸/۱۶^{b}	۳۶/۴۱^{b}	۳۶/۰۸^{b}
طبقه سوم	۱/۰۸^{a}	۱/۱۴^{a}	۵۹/۳۰^{b}	۵۷/۱۶^{b}	۳۵/۰۲^{b}	۳۲/۱۳^{c}
شاهد	۰/۹۴^{b}	۰/۹۴^{b}	۶۴/۵۰^{a}	۶۴/۵۰^{a}	۴۵/۰۵^{a}	۴۵/۰۵^{a}

بر اساس آزمون توکی حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۳- اثرات متقابل شیب طولی، پلان و تعداد تردد بر وزن مخصوص ظاهری خاک مسیر چوب‌کشی

Table 3- Interaction of longitudinal slope, plan and number of passes on soil bulk density of skid trail

پلان	چوب‌کشی رو به بالا			پلان	چوب‌کشی رو به پایین		
	شیب طولی (٪)	تردد زیاد	تردد متوسط		شیب طولی (٪)	تردد زیاد	تردد متوسط
	۱۵-۵	۱/۱۰	۰/۹۹		۵-۰	۱/۰۱	۰/۹۵
مستقیم	۲۵-۱۵	۱/۱۵	۱/۰۳	مستقیم	۱۵-۵	۱/۰۸	۰/۹۷
	>۲۵	۱/۲۱	۱/۰۸		>۱۵	۱/۱۶	۱/۰۵
	۱۵-۵	۱/۱۱	۱/۰۳		۵-۰	۱/۰۵	۰/۹۶
قوس	۲۵-۱۵	۱/۱۸	۱/۰۸	قوس	۱۵-۵	۱/۱۷	۱/۰۰
	>۲۵	۱/۲۷	۱/۱۲		>۱۵	۱/۱۸	۱/۰۷

مقایسه وزن مخصوص، تخلخل و رطوبت خاک در چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین

جهت چوب‌کشی یکی از مؤلفه‌های مؤثر در میزان کوبیدگی خاک است، که اطلاعات کمی در مورد اثر این فاکتور وجود دارد. همان‌گونه که در جدول (۴) ملاحظه می‌شود، وزن مخصوص ظاهری و رطوبت وزنی خاک در چوب‌کشی رو به بالا بیش‌تر از چوب‌کشی رو به پایین به دست آمد، هر چند این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود. افزایش وزن مخصوص ظاهری در چوب‌کشی رو به پایین و در طبقه تردد زیاد ۱۵/۹ درصد بدست آمد (جدول ۵). البته در نتایج سایر محققین مشاهده شده است که در چوب‌کشی رو به بالا اسکیدر به دفعات بکسباد کرده و باعث کوبیدگی بیش‌تر خاک می‌شود. ضمن آن‌که در جهت رو به بالا، بار کاملاً روی زمین کشیده می‌شود و این ازدیاد فشار، سرعت حرکت ماشین را کاهش می‌دهد و بدین‌ترتیب نیروی ناشی از لرزش و تنش‌های برشی چرخ در مدت زمان بیش‌تری به لایه سطحی خاک وارد می‌شود و به همین دلیل کوبیدگی در مسیر رو به بالا بیش‌تر است (۱۱).

جدول ۴- مقایسه وزن مخصوص ظاهری، رطوبت وزنی و تخلخل خاک در مسیرهای چوب‌کشی رو به بالا و رو به پایین

Table 6- Comparison of soil bulk density, porosity and moisture between upward and downward trails

متغیر	چوب‌کشی رو به بالا	چوب‌کشی رو به پایین
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۱۱[a]	۱/۰۵[a]
رطوبت وزنی (٪)	۳۶/۳۴[a]	۳۷/۷۶[a]
تخلخل (٪)	۵۹/۰۴[a]	۵۹/۱۹[a]

جدول ۵- درصد افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک نسبت به نمونه شاهد

Table 7- Percentage of soil bulk density increasing relation to control

پلان	چوب‌کشی رو به بالا			پلان	چوب‌کشی رو به پایین		
	شیب طولی (٪)	تردد زیاد	تردد متوسط		شیب طولی (٪)	تردد زیاد	تردد متوسط
	۱۵-۵	۲۰/۹	۴/۰۲		۵-۰	۱۱/۹	۸/۶
مستقیم	۲۵-۱۵	۲۳/۵	۱۵/۴	مستقیم	۱۵-۵	۱۴/۹	۱۲/۲
	>۲۵	۲۸/۹	۱۸/۸		>۱۵	۲۳/۶	۱۸/۳
	۱۵-۵	۲۵/۳	۱۱/۴		۵-۰	۱۲/۰۰	۱۲/۴
قوس	۲۵-۱۵	۳۵/۸	۱۴/۷	قوس	۱۵-۵	۲۴/۶	۱۳/۱
	>۲۵	۴۶/۰۴	۲۵/۲		>۱۵	۳۹/۳	۱۷/۸

بحث و نتیجه‌گیری

شیب طولی مسیر از عوامل تأثیرگذار بر روند تخریب خاک می‌باشد، به‌طوری‌که با افزایش شیب طولی مسیر میزان تخریب خاک از نظر وسعت و شدت افزایش یافته که این افزایش در شیب‌های بالای ۲۰ درصد بیش‌تر از شیب‌های پایین است (۱۷). مطابق نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین‌ها، مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک در طبقه تردد زیاد و شیب‌های بالا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از طبقه تردد متوسط و شیب‌های پایین و هم‌چنین منطقه شاهد (شیب نزدیک به صفر) بود. این موضوع برای تخلخل خاک بالعکس بود. این نتیجه با یافته‌های نقدی و همکاران (۱۸) مطابقت دارد. جمشیدی و همکاران (۱۱) تغییرات وزن مخصوص خاک در لایه ۱۰ سانتی‌متری خاک مسیرهای چوب‌کشی اسکیدر را اندازه‌گیری کردند. آن‌ها گزارش دادند که میانگین وزن مخصوص روی مسیرهای چوب‌کشی بیش‌تر از شاهد (منطقه مجاور دست نخورده) بوده است. محققین در استرالیا دریافتند که فاکتور وزن مخصوص ظاهری خاک در مسیر چوب‌کشی ۲۲-۶۸ درصد بیش‌تر از منطقه شاهد و ماده آلی و لایه لاشبرگ به‌ترتیب ۴۱-۳۱ درصد و ۶۶-۴۴ درصد کم‌تر از ناحیه شاهد بوده است. علاوه بر این مشخص شد که در قسمت ترافیک شدید مسیر چوب‌کشی، بیشترین کوبیدگی حادث شده بود (۱۰). بر اساس یافته‌های حیدری و همکاران (۱۹) بیش‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک در تردد شدید و شیب بالای ۲۰ درصد و کم‌ترین میزان آن در عرصه شاهد و شیب پایین ۲۰ درصد بوده است که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد.

بیش‌ترین مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه تردد زیاد، شیب طولی بالای ۲۵ درصد (چوب‌کشی رو به بالا) و بالای ۱۵ درصد (چوب‌کشی رو به پایین) و بر روی قوس به ثبت رسید. در منطقه مورد مطالعه چوب‌کشی رو به پایین محدودیت چندانی ندارد (بجز قوس‌های افقی پرتردد با شیب بیش از ۵ درصد و مسیرهای مستقیم پرتردد با شیب بیش از ۱۵ درصد)، اما عملیات چوب‌کشی رو به بالا فقط در مسیرهای مستقیم و قوس‌های با شیب کم‌تر از ۲۵ درصد که در منطقه با تردد متوسط واقع شده‌اند، مجاز است. بدین‌ترتیب، به‌منظور کاهش صدمات وارد به خاک مسیرهای چوب‌کشی باید حتی‌الامکان از ایجاد مسیرهای پر پیچ و خم، پرشیب و تردد زیاد رو آن‌ها پرهیز نمود. لذا بر اساس استاندارد بخش خدمات جنگل ایالات متحده آمریکا (۱۷) درباره آستانه مضر کوبیدگی خاک (۲۰ درصد افزایش)، در منطقه مورد مطالعه عملیات چوب‌کشی رو به پایین محدودیت چندانی ندارد (بجز قوس‌های افقی پرتردد با شیب بیش از ۵ درصد و مسیرهای مستقیم پرتردد با شیب بیش از ۱۵ درصد)، اما عملیات چوب‌کشی رو به بالا فقط در مسیرهای مستقیم و قوس‌های با شیب کم‌تر از ۲۵ درصد که در منطقه با تردد متوسط واقع شده‌اند، مجاز است. بر اساس گزارشات انستیتو کیفیت خاک بخش حفاظت منابع طبیعی

(۲۰) وزن مخصوص ایده‌آل خاک‌های لومی سیلتی کم‌تر از ۱/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد و حد آستانه‌ای که در آن کوبیدگی بر مشخصات رویشی ریشه درختان اثر می‌گذارد ۱/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. بدین ترتیب بیشینه کوبیدگی که در این پژوهش بدست آمد (۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب در چوب‌کشی رو به بالا) کمی بیش‌تر از حد ایده‌آل و کم‌تر از آستانه مضر است.

Reference

1. Moradmand Jalali, A. 2010. Investigation of the hauling with traditional (mule) and industrial (Skidder) on forest soil. Environmental Sciences and Technology Journal, 12: 4.81-91. (In Persian)
2. Jourgholami, M., Majnounian, B. (2010). Traditional logging method in hyrcanian forest, impacts to forest stand and soil (case study: Kheyrud forest). Iranian Journal of Forest, 2(3): 221-229. (In Persian)
3. Sakai, H., Nordfjell, T., Suadicani, K., Talbot, B., Bøllehuus, E. 2008. Soil compaction on forest soils from different kinds of tires and tracks and possibility of accurate estimate. Croatian Journal of Forest Engineering, 29(1): 15-27.
4. Najafi, A., Arya, H., Guilanipour, N., Rafatnia, N., Habashi, H. 2011. Comparison of the soil compaction at two longitudinal slope classes after passes of crawler skidder Zetor. Iranian Natural Ecosystem Journal, 2: 83-92.
5. Solgi, A., Najafi, A. 2014. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. Journal of Forest science, 60(1): 28–34.
6. 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: Nave Asalem forests). Iranian Journal of Forest, 3(4): 317-329. (In Persian)
7. Horn, R., Vossbrink, J., Peth, S., Becker, S. 2007. Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. Forest Ecology and Management, 248: 56-63.
8. Gomez, A., Powers, R. F., Singer, M. J., and Horwath, W. R. 2002. Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in California's Sierra Nevada. Soil Science Society of America Journal, 66: 1334-1343.
9. Rollerson, T. P. 1990. Influence of wide-tire skidder operations on soil. International Journal of Forest Engineering, 2(1): 23-29.
10. 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.
11. Jamshidi, R., Jaeger, D., Raafatnia, N., Tabari, M. 2008. Influence of two ground-based skidding systems on soil compaction under different slope and gradient conditions. Journal of forest Engineering, 19(1): 9-16.
12. Hakansson, I., Reeder, R.C. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axial load extend, persistence and crop response. Soil Science Society of America Journal, 29: 277–304.
13. Krag, R., Higginbotham, K., and Rothwell, R. 1986. Logging and soil disturbance in southeast British Columbia. Canadian Journal of Forest Research, 16(6): 1345–1354.

14. Lotfalian, M., Parsakhoo, A. 2009. Investigation of forest soil disturbance caused by rubber-tired skidder traffic. International Journal of Natural and Engineering Sciences, 3(1): 99-104.
15. Shestak, C. J., Busse, M. D. 2005. Compaction alters physical but not biological indices of soil health. Soil Science Society of America Journal, 69: 236–246.
16. Jourgholami, M., Majnounian, B., Zobeiri, M., Feghhi, J. 2008. Evaluation of production and costs of mule logging in down and up slopes (case study : Kheyrud Forest). Iranian Journal of Natural Resources, 61(3): 625–636. (In Persian)
17. USFS. 1998. USDA Forest Service Manual, FSM 2520 (Watershed Protection and Management) R-6 Supplement No. 2500-98-1, Effective August 24, 1998. 25 p.
18. Naghdi, R., Bagheri, I., Akee, M., Mahdavi, A. 2007. Soil compaction caused by 450C Timber Jack wheeled skidder (Shefarood forest, northern Iran). Journal of forest science, 53(7): 314-319.
19. Heydari, S. A., Naghdi, R., Nikooy, M. 2014. Evaluation of the effects of rubber tire skidder (Timber jack 450c) on soil disturbance and rutting on skid trails (Case study: Shafarood forests). 2th National conference of forest sciences students, Karaj, Tehran University, 10p.
20. NRCS Soil Quality Institute. 2000. Soil quality test kit guide. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service and Natural Resource Conservation Service.