دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره ششم، شماره سیزدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

بررسی اثرات ناشی از چوبکشی زمینی بر خاک جنگل (مطالعه موردی: جنگل کوهمیان آزادشهر)

علیرضا شهریاری[1]*، مصطفی مقدمی راد[2]، احسان عبدی[3]

[1]دانشیار گروه فضای سبز، دانشکده‌ی علوم زیست‌محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
[2]دانش آموخته دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان
[3]دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، کرج

تاریخ دریافت: ۳۰/۱/۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۱۳/۱۲/۱۳۹۶

چکیده

مسیرهای چوبکشی محل اصلی عملیات بهره‌برداری در جنگل محسوب شده و از سوی دیگر یکی از منابع اصلی تولید رواناب و رسوب در مناطق جنگلی به شمار می‌آیند. این پژوهش در جنگل کوهمیان آزادشهر واقع در استان گلستان انجام شد. هدف بررسی و تعیین میزان نفوذپذیری، کوبیدگی، مقاومت (مقاومت به فروروی) و رطوبت خاک در ۳ تیمار شامل شاهد (جنگل)، محل رد چرخ و وسط مسیر چوبکشی بود و در ۳ عمق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متری بود. نتایج این بررسی نشان داد که میزان نفوذپذیری کل و همچنین در زمان‌های مختلف (۲، ۴، ۶، ۹، ۱۵، ۲۵، ۵۰ و ۶۵ دقیقه) در منطقه شاهد افزایش معنی‌دار در سطح اطمینان ۱ درصد دارد. همچنین کوبیدگی، مقاومت به نفوذ و رطوبت خاک در **تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار با تیمارهای دیگر داشت و بیشترین مقدار مربوط به ردچرخ بود. نتایج بررسی نشان داد که** رابطه خطی و معکوس در هر دو مورد ارتباط نفوذپذیری - کوبیدگی ($r= -۰.۹۳$) و نفوذپذیری - مقاومت به فروروی ($r= -۰.۹٤$) **برقرار است. ازجمله پیشنهادهای حفاظتی می‌توان به ریختن مازاد مقطوعات روی مسیر چوبکشی برای کاهش کوبیدگی، محدود کردن زمان چوبکشی، استفاده از منحرف‌کننده‌های رواناب در روی مسیر چوبکشی اشاره کرد.**

واژه‌های کلیدی: **حفاظت خاک، مسیرهای چوبکشی، نفوذپذیری، وزن مخصوص ظاهری، مقاومت به فروروی، رطوبت خاک**

*نویسنده مسئول: alishahriari@eco.usb.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

مقدمه

یکی از مهم‌ترین مسائل در بخش مهندسی‌جنگل، زیرساخت‌ها و تأثیر آن‌ها بر محیط جنگل است. بخش عمده‌ای از زیرساخت‌ها مربوط به مسیرهای چوبکشی است که نقش مهمی در چرخه خروج چوب از جنگل دارند. مسیرهای چوبکشی، محلی به‌منظور تردد ماشین‌آلات در جنگل باهدف خروج چوب هستند که می‌توانند اثرهای منفی بر سیستم متعادل جنگل ازجمله تخریب خاک و تولید رواناب و رسوب در منطقه داشته باشند. فعالیت‌های بهره‌برداری توسط چوبکش‌های زمینی می‌تواند باعث تراکم، فشردگی خاک و ایجاد شیار شود. همچنین تردد ماشین‌آلات می‌تواند روی خواص هیدرولیکی خاک و میزان رواناب و رسوب نقش مهمی داشته باشد (Safari et al., ۲۰۱٦; Zemke, ۲۰۱٦).

مطالعات متعددی در دنیا درخصوص مسیرهای چوبکشی ازنقطه‌نظر نفوذپذیری، کوبیدگی و مقاومت به فروروی (به‌عنوان شاخصی از مقاومت خاک) صورت گرفته است (Cullen et al., ۱۹۹۱; Sutherland, ۲۰۰۰; Junior et al., ۲۰۰۷;Han et al., ۲۰۰۹; Donagh et al., ۲۰۱۰) که البته در بین این شاخص‌ها، نفوذپذیری نسبتاً کمتر موردمطالعه قرارگرفته است و تنها در برخی مطالعات تأثیر بهره‌برداری بر نفوذپذیری خاک بررسی‌شده است (Snider and Miller, ۱۹۸۵, Cullen et al., ۱۹۹۱, Sutherland, ۲۰۰۰) به‌طورکلی نتایج مطالعات نشان داده‌اند که تردد باعث افزایش کوبیدگی، مقاومت خاک و درنتیجه کاهش نفوذپذیری آن می‌شود. جلوگیری از نفوذ آب و گسترش ریشه‌ها، عدم انجام تبادل هوا و مواد مغذی در خاک (Han et al., ۲۰۰۹) و افزایش مقادیر رواناب و رسوب (Zemke, ۲۰۱۶; Jourgholami, ۲۰۱۷)، از دیگر اثرات تردد هستند. در ایران نیز مطالعات زیادی در مورد کوبیدگی‌خاک صورت گرفته است. برای مثال می‌توان به مطالعات (لطفعلیان، ۱۳۷۵؛ رافت‌نیا و همکاران، ۱۳۸۷؛ جورغلامی و مجنونیان، ۱۳۸۹) اشاره کرد که موید افزایش دانسیته خاک در اثر چوبکشی هستند. مطالعه نقدی و همکاران (Naghdi et al., ۲۰۰۹) موید شیاری شدن و به هم خوردگی خاک جنگل‌های اسالم گیلان و مطالعات عزتی و همکاران (Ezzati et al., ۲۰۱۲) و سلگی و نجفی (Solgi and Najafi., ۲۰۱۴) نیز افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک مسیرچوبکشی و کاهش تخلخل خاک نسبت به محیط جنگل را در پی داشت. البته به نظر می‌رسد با توجه به دائمی بودن مسیرهای چوبکشی در ایران، صرف بررسی کوبیدگی خاک بدون ارتباط دادن آن با مواردی مانند نفوذپذیری، رواناب، فرسایش و رسوب توجیه زیادی نداشته باشد. چون تراکم به‌خودی‌خود در زیرساخت شبکه جاده و مسیرهای چوبکشی یک عامل مثبت تلقی می‌گردد. مطالعات انجام‌شده در زمینه تحقیقات نفوذپذیری در مناطق جنگلی ایران، بسیار اندک است که از معدود موارد می‌توان به محمدی کنگرانی (۱۳۷۳) و داغستانی و همکاران (۱۳۸۴) اشاره نمود. در مورد اول رابطه تخریب

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

جنگل و نفوذپذیری و در مورد دوم نیز رابطه قطع گروهی و نفوذپذیری بررسی و در هر دو مورد نتایج حاکی از کاهش نفوذپذیری نسبت به مکان‌های شاهد بود. البته در زمینه تغییرات نفوذپذیری مسیرهای چوبکشی و با استفاده از وسایل اندازه‌گیری مستقیم نفوذپذیری، موردی در منابع فارسی یافت نشد. اهمیت این موضوع از آن جنبه است که چون مسیرهای چوبکشی بستر مستعدی برای برخورد بارندگی با زمین بدون پوشش است، احتمال ایجاد رواناب و درنتیجه فرسایش و تولید رسوب در آن‌ها بالا بوده و از طرف دیگر چون پژوهش‌های گذشته ثابت کرده‌اند که رابطه کوبیدگی و نفوذپذیری معکوس می‌باشد، درنتیجه کوبیدگی مسیرها نیز مزید علت شده و پتانسیل فرسایش و تولید رسوب را افزایش می‌دهد. با دانستن نوع و میزان تغییرات نفوذپذیری می‌توان عملیات‌های مدیریتی پیش‌گیرانه برای آن‌ها طراحی و پیش‌بینی نمود.

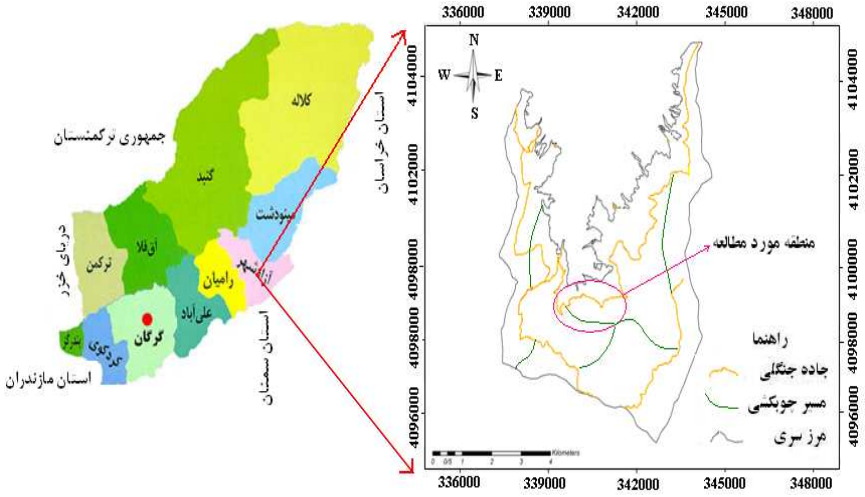
با توجه به مطالب ذکرشده، هدف از انجام این مطالعه، بررسی خصوصیات فیزیکی خاک با تأکید بر نفوذپذیری در اثر تردد ماشین‌آلات بهره‌برداری بر روی مسیرهای چوبکشی در دو قسمت رد چرخ و وسط مسیر و مقایسه آن با ناحیه شاهد (داخل جنگل) می‌باشد. از اهداف دیگر این تحقیق، کمی نمودن تغییرات نفوذپذیری (شاخص مناسبی جهت نمایش پتانسیل تولید رواناب و رسوب مسیرها) و بررسی رابطه بین نفوذپذیری، کوبیدگی و مقاومت خاک است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

طرح جنگلداری کوهمیان با مساحتی بالغبر ۳۶۷۱ هکتار در حوزه آبخیز ۸۹ از تقسیمات جنگل-های شمال کشور در حوزه اداره کل منابع طبیعی استان گلستان- گرگان واقع‌شده است. سری کوهمیان در حد شمالی حوزه آبخیز ۸۹ قرارگرفته است. این سری از شمال به روستاهای کوهمیان، مرزبان، فاضل‌آباد، خاندوز سادات و سرکهریزا از جنوب و غرب به طرح جنگلداری نعیم‌آباد و شرق به طرح جنگلداری وطن محدود است. طول جغرافیائی منطقه موردمطالعه بین ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۵ درجه و ۱۴ دقیقه و ۴۹ ثانیه شرقی و عرض جغرافیائی آن بین۳۷ درجه تا ۳۷ درجه و ۵۶ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی واقع است. منطقه دارای خاک لوم رسی و میزان متوسط نزولات در این جنگل ۷۰۰ میلی‌متر در سال است (اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، ۱۳۹۰). چوبکشی در منطقه توسط یک اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک C۴۵۰ با ظرفیت بارگیری کامل گرده‌بینه می-باشد. این دستگاه وزنی حدود ۱۰ تن و قدرت موتور ۲۲۰۰ دور در دقیقه می‌باشد. میانگین بار جابه‌جاشده روی مسیرهای چوبکشی ۳/۵۷ مترمکعب است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

روش تحقیق

به‌منظور انجام این پژوهش، پس از پایان بهره‌برداری چوب در منطقه، یک مسیر چوبکشی با شیب تقریباً یکنواخت (۲۰ درصد) با بیش از ۵۰ بار تردد در آن در نظر گرفته شد. با انتخاب نقطه‌ای تصادفی، اولین نمونه تعیین و سپس با فواصل ۱۰۰ متر دو نمونه دیگر نیز تعیین شدند. در ۳ تکرار، میزان نفوذپذیری، کوبیدگی، مقاومت خاک (مقاومت به فروروی) و رطوبت خاک در قسمت‌های مرکز مسیر (Han et al., ۲۰۰۹)، رد چرخ‌ها یا حاشیه میسر (Junior et al., ۲۰۰۷; Han et al., ۲۰۰۹ Donagh et al., ۲۰۱۰) و خارج‌ازمسیر به‌عنوان قسمت شاهد (۱۵-۱۰ متر از لبه مسیر به داخل جنگل) (Han et al., ۲۰۰۹; Donagh et al., ۲۰۱۰) نمونه‌گیری انجام شد. نفوذپذیری در مدت‌زمان ۶۵ دقیقه و در فواصل زمانی ۲، ۴، ۶، ۹، ۱۵، ۲۵، ۵۰ و ۶۵ دقیقه با استفاده از حلقه‌های نفوذسنج (داغستانی و همکاران، ۱۳۸۴) (شکل ۲) و نمونه‌برداری خاک به‌منظور تعیین وزن مخصوص ظاهری و رطوبت خاک با استفاده از سیلندر (Blake and Hartge, ۱۹۸۶) و در سه عمق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک و مقاومت به فروروی با استفاده از پنترومتر (Agrotronix) و در سه عمق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰ و ۲۰-۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک اندازه‌گیری شد. اطلاعات حاصله از هر آزمایش به‌صورت بانک اطلاعاتی در نرم‌افزار Excel ۲۰۱۰ ذخیره شد. نرمال بودن داده‌ها از روش کلموگروف- اسمیرنوف بررسی شد (Giessen et al., ۲۰۰۹) و مقایسه‌های آماری نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۸ در سطح اطمینان ۱ درصد با استفاده از آنالیز واریانس و آزمون دانکن انجام شد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



شکل ۲- اندازه‌گیری مقادیر نفوذپذیری در جنگل و مسیرچوبکشی

همچنین در این پژوهش برای بیان درصد تغییرات عوامل موردبررسی از رابطه زیر استفاده شد (Sutherland et al., ۲۰۰۰):

رابطه ۱.

$$\text{درصد تغییر نسبی} = \frac{(\text{مقدار نمونه دست خورده} - \text{مقدار نمونه دست نخورده})}{\text{مقدار نمونه دست نخورده}} \times ۱۰۰$$

نتایج

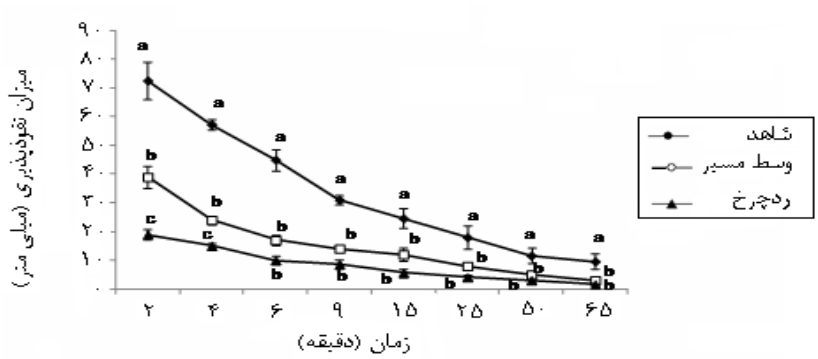
نتایج آنالیز واریانس تفاوت بین میزان نفوذپذیری مناطق مختلف و نیز در طول زمان را تأیید می‌نماید (جدول۱). میانگین تغییرات نفوذپذیری در خاک در طول زمان در تیمارها و قسمت شاهد در شکل ۳ آمده است. همان‌طور که قابل‌انتظار است میزان نفوذپذیری باگذشت زمان کاهش‌یافته و سیر نزولی داشته، اما در تمامی زمان‌ها نفوذپذیری در تیمار شاهد دارای مقدار بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها بوده است. تفاوت معنی‌دار قسمت وسط مسیر و رد چرخ تنها در دو قرائت اول مشاهده می‌شود.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

جدول ۱- آنالیز واریانس دوطرفه میزان نفوذپذیری در مناطق و زمان‌های مختلف

منابع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
منطقه	۸۲۶۷/۲۵	۲	۴۱۳۳/۶۲	۱۷۵/۳۸**
زمان	۱۱۳۶۷/۲۰	۷	۱۶۲۳/۸۸	۶۸/۸۹ **
نفوذپذیری × زمان	۳۱۱۲/۰۸	۱۴	۲۲۲/۲۹	۹/۴۳ **
خطا	۱۱۳۱/۳۳	۴۸	۲۳/۵۶	

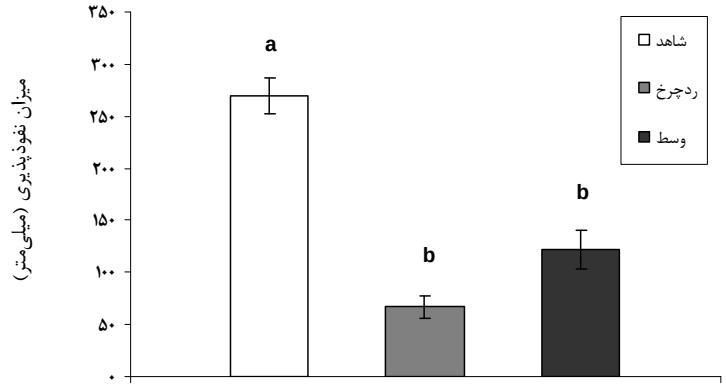
ضریب تبیین تصحیح‌شده =۰/۹۳۰ معنی‌دار در سطح ۱٪**



شکل ۳- روند تغییرات میزان متوسط نفوذپذیری خاک در مسیر چوبکشی و ناحیه شاهد (حروف مختلف نشان از تفاوت میانگین بین مناطق مختلف در هر زمان می‌باشد)

بررسی متوسط میزان نفوذپذیری در کل زمان مطالعه شده (۶۵ دقیقه) در سه منطقه نشان داد که میزان نفوذپذیری در ناحیه شاهد از مقدار بیشتری در مقایسه با منطقه رد چرخ و وسط برخوردار است (شکل۴).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



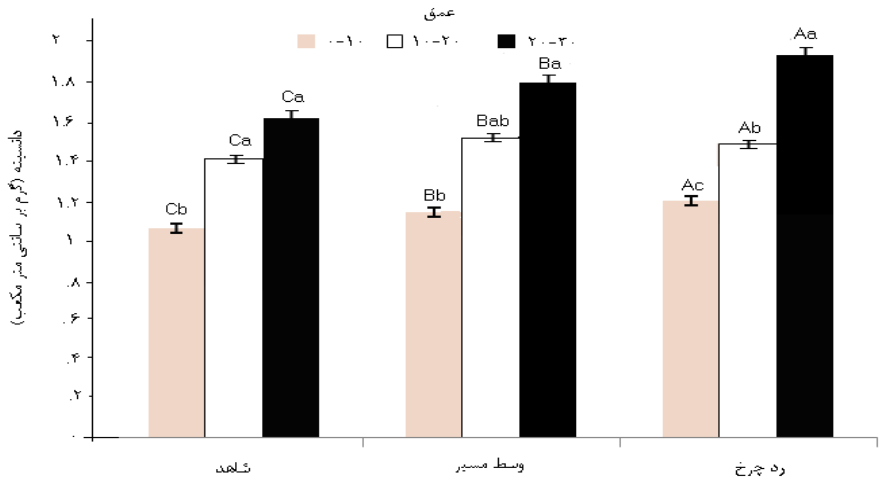
شکل ۴- میزان نفوذپذیری کل در ۶۵ دقیقه در مسیر چوبکشی و ناحیه شاهد (حروف کوچک مختلف، نشان از تفاوت معنی‌دار بین مناطق مختلف دارد).

همچنین نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر منطقه روی میزان کوبیدگی و مقاومت به فروروی خاک نیز معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج آزمون دانکن نشان داد که کوبیدگی رد چرخ بیشتر از وسط مسیر و کوبیدگی هر دو تیمار بیشتر از شاهد بود (شکل۵). همچنین مقاومت به فروروی به ترتیب از شاهد به وسط و رد چرخ افزایش معنی‌دار می‌یابد (شکل۶). همچنین در تمامی مناطق، بیشترین میزان کوبیدگی و مقاومت به فروروی در عمق اول (۰-۱۰) در مقایسه با دو عمق دیگر موردمطالعه بود (شکل ۵ و۶). همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است مقاومت به فر و روی در تیمار شاهد با افزایش عمق در مقایسه با تیمارهای دیگر، از سرعت رشد افزایشی بیشتر برخوردار است. در واقع ناحیه شاهد دارای ضریب تغییرات به‌مراتب بیشتری در مقایسه با سایر مناطق بود (درصد ضریب تغییرات برای تیمار شاهد، وسط مسیر و رد چرخ به ترتیب: ۱/۶۵، ۰/۶۷ و ۰/۴۳ بود).

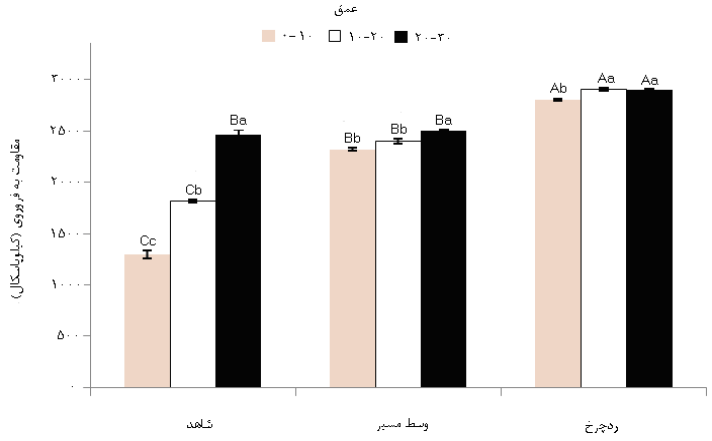
جدول ۲- آنالیز واریانس یک‌طرفه تأثیر منطقه روی مقاومت به فروروی و کوبیدگی

منبع	کوبیدگی				مقاومت به فروروی			
	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تیمار	۱/۹۶	۲	۰/۹۸	۱۰۱/۵۹**	۴/۵۷	۲	۲/۲۸	۲۵/۱۸**
خطا	۰/۲۳	۲۴	۰/۱۰		۲/۱۸	۲۴	۰/۰۹	
کل	۲/۱۹	۲۶			۶/۷۵	۲۶		

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



شکل ۵- میزان وزن مخصوص ظاهری در سه منطقه موردمطالعه در عمق‌های مختلف (P<۰.۰۱)



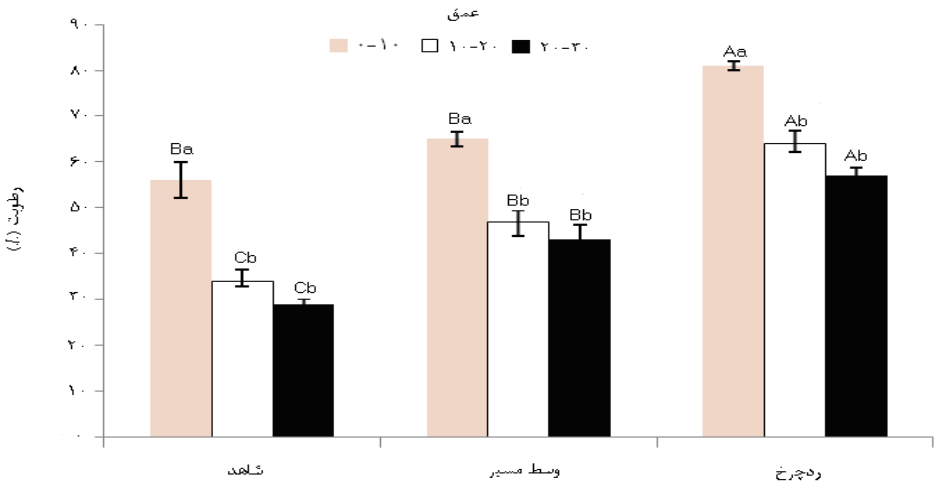
شکل ۶- مقاومت به فروروی در سه منطقه موردمطالعه در عمق‌های مختلف (P<۰.۰۱)

نتایج بررسی اثر سه منطقه بر میزان رطوبت خاک در جدول ۳ آورده شده است. نتایج آزمون دانکن نشان داد که میزان رطوبت خاک به ترتیب در ناحیه ردچرخ و وسط مسیر در تمامی عمق‌ها به‌صورت معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل۷). همچنین در تمامی ناحیه‌ها، عمق اول (۰-۱۰) از میزان رطوبت بیشتری در مقایسه با عمق دوم (۱۰-۲۰) و سوم (۲۰-۳۰) برخوردار بود. در تمامی، مناطق عمق دوم و سوم با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل۷).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

جدول ۳- آنالیز واریانس یک‌طرفه اثر منطقه روی میزان رطوبت خاک

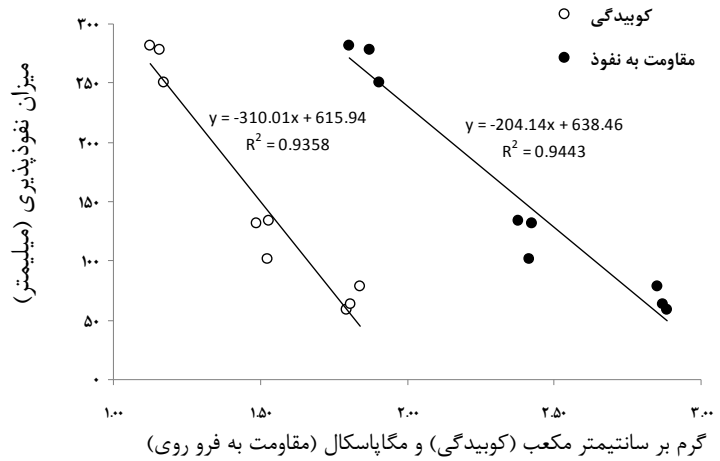
منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تیمار	۳۴۶۴/۶۶	۲	۱۷۳۲/۳۳	۱۱/۴۳**
خطا	۳۶۳۶/۰۰	۲۴	۱۵۱/۵۰	
کل	۷۱۰۰/۶۶	۲۶		



شکل ۷- درصد رطوبت خاک در سه منطقه موردمطالعه در عمق‌های مختلف (P<۰.۰۱)

نتایج بررسی ارتباط نفوذپذیری - کوبیدگی و نفوذپذیری - مقاومت به فروروی نشان داد که در هر دو مورد (شکل۸)، رابطه خطی و معکوس و با ضریب تبیین ۰/۹۴ بین آن‌ها برقرار بوده و آنالیز رگرسیون نیز در سطح اطمینان یک درصد معنی‌دار است (به ترتیب برای مدل نفوذپذیری – کوبیدگی؛ F=۹۹.٦۳; p=۰.۰۰ و مدل نفوذپذیری – مقاومت ; F=۱۲۲.۰٤; p= ۰.۰۰).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]



شکل ۸- رابطه نفوذپذیری و کوبیدگی و مقاومت به فروروی خاک

بحث و نتیجه‌گیری

هرگونه فعالیتی که باعث کوبیدگی یا در معرض بارندگی قرار گرفتن خاک شود، موجب کاهش نفوذپذیری، تجمع رواناب سطحی و درنتیجه افزایش فرسایش می‌شود (Jourgholami ;۲۰۰٤ ,Rab et al., ۲۰۱۷). اگر دانه‌های خاک فاقد ثبات باشند، خیس شدن خاک ممکن است باعث تجزیه ذرات بزرگ‌تر به ذرات ریزتر شده که این ذرات ریز می‌توانند باعث مسدود شدن منافذ خاک و کاهش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی شوند (Lister, ۱۹۹۹). مطالعات نشان داده‌اند که مسیرها و سطوحی مانند شبکه جاده می‌توانند به‌عنوان مناطقی مهم برای تولید رواناب عمل کنند (Sutherland et al., ۲۰۰۰; Croke, ۲۰۰۱; Jourgholami et al., ۲۰۱۷). پژوهش‌های متعددی نیز تأثیر کاهش خلل و فرج بزرگ خاک و نفوذپذیری با کوبیدگی خاک را نشان داده‌اند (به نقل از Sutherland et al., ۲۰۰۰). در این مطالعه با استفاده از حلقه‌های نفوذسنج، سیلندر و پنترومتر به مطالعه و مقایسه میزان نفوذپذیری، کوبیدگی، مقاومت و رطوبت خاک در ردچرخ، وسط مسیر چوبکشی و ناحیه شاهد پرداخته شد.

علت تفاوت معنی‌دار میزان نفوذ آب در خاک در منطقه شاهد در مقایسه با دو منطقه دیگر، می‌تواند تخلخل خاک و وجود فضاهای خالی بیشتر در منطقه شاهد نسبت به ۲ محل دیگر باشد. هنگامی‌که یک توده خاک فشرده یا ارتعاش می‌یابد، حجم اشغال‌شده توسط ذرات جامد خاک تغییر نمی‌کند، بلکه در این حالت حجم حفرات خالی موجود در خاک کاهش‌یافته و درنتیجه نفوذپذیری خاک نیز کاهش می‌یابد (رحیمی، ۱۳۸۴). میزان نفوذپذیری کل در ناحیه شاهد، وسط مسیر چوبکشی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

و محل رد چرخ به ترتیب برابر ۲۷۰، ۱۲۲ و ۶۷ میلی‌متر بود. بنابراین نفوذپذیری وسط مسیر و ردچرخ نسبت به ناحیه شاهد به ترتیب ۵۴/۸ و ۷۵/۲ میلی متر‌کاهش نشان می‌دهد. همچنین میزان نفوذپذیری اولیه در منطقه شاهد، وسط مسیر و رد چرخ به ترتیب ۷۲، ۳۹ و ۱۹ میلی‌متر می‌باشد که میزان نفوذپذیری وسط مسیر و رد چرخ به ترتیب ۴۵/۸ و ۷۳/۶ درصد نسبت به منطقه شاهد کاهش نشان می‌دهد. مقادیر گزارش‌شده کاهش نفوذپذیری نسبت به شاهد، ۶۰٪ برای مسیر چوبکشی (Snider and Miller ۱۹۸۵)، ۹۰-۶۵٪ شبکه ریزبافت (Sutherland et al., ۲۰۰۰) و ۶۸٪ برای ترافیک متوسط و ۸۲٪ برای ترافیک سنگین جاده چوبکشی (Cullen et al., ۱۹۹۱) می‌باشد که قابل‌مقایسه با نتایج پژوهش حاضر است. البته لازم به ذکر است که عواملی مانند نوع خاک، میزان رطوبت در زمان تردد، وزن ماشین‌آلات و سطح اتکای آن‌ها در میزان تأثیر وارده مؤثر هستند. پژوهشگران بسیاری کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب و فرسایش در مسیرهای چوبکشی و دیگر مناطق با ترافیک بالا را گزارش کرده‌اند (Fang et al., ۲۰۱۵; Etehadi Abari et al., ۲۰۱۷; Jourgholami et al., ۲۰۱۷). یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش نفوذپذیری خاک، تراکم لایه سطحی خاک به علت تردد ماشین‌های چوبکشی و فشرده شدن خاک است (داغستانی و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین ظرفیت هدایت هیدرولیکی و نگهداری آب به‌شدت در اثر کوبیدگی کاهش پیدا می‌کنند (Jusoff and Majid, ۱۹۸٦; Ezzati et al., ۲۰۱۲) که منطبق با نتایج این تحقیق است. اگر نفوذپذیری در پنج دقیقه اول مربوط به نفوذپذیری لایه سطحی خاک باشد (محمدی کنگرانی، ۱۳۷۳) وجود تفاوت معنی‌دار تنها در دو قرائت اول در ردچرخ و وسط مسیر، بیانگر تأثیر بالا و ملموس ترافیک در لایه سطحی است که با توجه به نقش آن‌ها در هدایت هیدرولیکی میزان تأثیر منفی بسیاری در کاهش نفوذپذیری خواهد داشت.

برخی پژوهشگران مرز ایجاد کوبیدگی خاک را افزایش ۱۵٪ یا بیشتر دانسیته دانسته‌اند (Snider and Miller, ۱۹۸۵). در تمامی افق‌های وسط مسیر و رد چرخ، تغییرات نسبی دانسیته بیش از ۱۵٪ (حداقل ۲۸٪ و حداکثر ۵۸٪) بود، بنابراین می‌توان از آن‌ها به کوبیدگی تعبیر کرد. افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک (کوبیدگی) در اثر فعالیت‌های بهره‌برداری، باعث کوبیدگی خاک و به‌تبع آن باعث کاهش نفوذپذیری و افزایش جریان‌های سطحی و فرسایش خاک در مسیرهای چوبکشی می‌شود (Cullen et al., ۱۹۹۱; Safari et al., ۲۰۱۶; Zemke, ۲۰۱۷) که منطبق با نتایج این تحقیق است. دلیل اصلی تغییر نفوذپذیری خاک را می‌توان به تفاوت معنی‌دار کوبیدگی خاک روی مسیرهای چوبکشی نسبت به مسیر شاهد مرتبط دانست. البته با توجه به قوانین موجود در ایران کوبیدگی مسیرها به‌عنوان بخشی از شبکه جاده، به دلیل ترافیک پذیری بالاتر، به‌خودی‌خود عاملی منفی تلقی نمی‌شود، بلکه به دلیل منتج شدن به کاهش نفوذپذیری و درنتیجه افزایش رواناب و فرسایش و تولید

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

رسوب مشکل‌ساز است. در این پژوهش افزایش ۵۷٪ و ۳۱٪ دانسیته در رد چرخ و وسط مسیر نسبت به شاهد به ترتیب باعث کاهش ۷۵ و ۵۴٪ نفوذپذیری نسبت به شاهد شده است که این تغییرات منطبق با مطالعات سهرابی و همکاران (۱۳۹۴)، راب (Rab, ۲۰۰۴)، عزتی و همکاران (Ezzati et al., ۲۰۱۲) و سلگی و نجفی (Solgi and Najafi., ۲۰۱۴) است، با این تفاوت که در این تحقیق به اندازه‌گیری مستقیم نفوذپذیری پرداخته شد. میک و همکاران (Meek et al., ۱۹۹۲) نشان دادند که با افزایش دانسیته خاک از ۱/۶ به ۱/۸ مگاگرم بر مترمربع (حدود ۱۳٪)، میزان نفوذپذیری ۵۴٪ کاهش می‌یابد که منطبق با نتایج این تحقیق است و اختلاف کمتر نفوذپذیری و دانسیته در تحقیق حاضر ممکن است ناشی از شرایط خاک، نوع وسیله بهره‌برداری، تعداد تردد و عوامل دیگر باشد. ایلشایر و همکاران (Wilshire et al., ۱۹۸۷) ۹۷٪ کاهش نفوذپذیری به ازای ۳۴٪ افزایش دانسیته را گزارش کردند. تنوع در نتایج پژوهش‌ها ممکن است مربوط به نوع خاک‌ها باشد، چراکه خاک‌های ریزدانه نسبت به درشت‌دانه درشت منفذهای (ماکروپور) کمتری داشته و به‌تبع آن، کوبیدگی تأثیر بیشتری بر آن‌ها دارد (Reeves, ۲۰۱۱). میزان تغییرات مقاومت به فروروی در وسط و رد چرخ به ترتیب در افق اول ۷۹ و ۱۱۶، افق دوم ۳۱ و ۵۹ و افق سوم ۱/۵ و ۱۶/۶٪ بود که در راستای مطالعات سهرابی و همکاران (۱۳۹۴) و نوگنت و همکاران (Nugent et al., ۲۰۰۳) است. گریسن و سندز (Greacen and Sands, ۱۹۸۰) و اسمیت و واس (Smith and Wass, ۱۹۸۵) افزایش معنی‌دار مقاومت به فروروی جاده چوبکشی با بافت ماسه‌ای را تا عمق ۵۰ سانتیمتر معنی‌دار گزارش کردند و مطالعه سادرلند و همکاران (Sutherland et al., ۲۰۰۰) نیز ۱۸-۱۴۰٪ افزایش مقاومت به فروروی به ازای ۹-۱۶٪ افزایش دانسیته را گزارش کردند که منطبق با نتایج تحقیق حاضر است. در مورد رطوبت، درصد تغییرات در وسط و رد چرخ به ترتیب در افق اول ۱۸ و ۴۷، افق دوم ۳۹ و ۹۱ و افق سوم ۴۷ و ۹۸٪ نسبت به منطقه شاهد بود. دلیل این تغییرات زیاد رطوبتی نسبت به منطقه شاهد را می‌توان به باران ربایی و جذب بخشی از آب روی لاشبرگ و مستقیماً بخار شدن آن و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک به دلیل تخلخل بالای خاک باشد (Jusoff and Majid, ۱۹۸۶; Cambi et al., ۲۰۱۵) بنابراین دو تیمار دیگر، رطوبت ورودی بالاتری نسبت به شاهد دارند.

پیشنهادها

با توجه به نتایج کسب‌شده به نظر می‌رسد که تخریب‌های غیرقابل‌اجتناب مسیرهای چوبکشی ضرورت طراحی و در نظر گرفتن تمهیداتی برای کاهش رواناب و تولید رسوب را ایجاب می‌کند. البته باید توجه داشت که در شیوه طراحی دائمی مسیرها این تخریب درواقع درازای صدمه ندیدن بقیه قسمت‌های جنگل توجیه گردد. در برخی منابع از ایجاد شیارهای عرضی برای هدایت رواناب به داخل

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

جنگل به‌منظور کاهش فرسایش (Solgi and Najafi, ۲۰۱۴) و احیا پوشش‌گیاهی (Cambi et al., ۲۰۱۵) به‌عنوان راهکار حفاظتی نام‌برده شده است. راهکار دیگر پیشنهادشده، استفاده از مازاد مقطوعات روی مسیرها (Mcnabb et al., ۲۰۰۱; Adekalu et al., ۲۰۰۶; Fernandez and Vega, ۲۰۱۶) برای شکل دادن لایه حفاظتی است که البته در این مورد لازم است قبلاً تأثیر این مواد بر رفتار مکانیکی خاک بعد از پوسیدن بررسی و موردتوجه قرار گیرد. درهرحال جدای از راهکار مورداستفاده، با توجه به نفوذپذیری پایین‌تر مسیر چوبکشی هدف باید هدایت رواناب به داخل جنگل و جلوگیری از جریان یافتن روی مسیر باشد چراکه با توجه به نفوذپذیری پایین و حساسیت بالا به فرسایش می‌تواند به‌عنوان بستر مناسبی برای ایجاد رواناب و فرسایش تبدیل شود. از آن‌جایی که امکان ایجاد شیار و فرسایش آبی در مسیرهای چوبکشی (فاقد روسازی) با طول وشیب طولی زیاد افزایش می‌یابد، بنابراین پیشنهاد می‌شود از مسیرهای کوتاه با تعداد بیشتر (لطفعلیان و همکاران، ۱۳۸۸) استفاده شود. شیب مسیرهای چوبکشی یکی از عواملی است که به‌طور معنی‌داری بر کوبیدگی خاک تاثیر می‌گذارد که باید شیب این مسیرها تا حدامکان کمتر در نظر گرفته شود (جورغلامی و مجنونیان، ۱۳۸۹). همچنین محدود کردن چوبکشی به زمان‌هایی با رطوبت کمتر خاک (Carter et al., ۱۹۹۷; McNabb et al., ۲۰۰۱; Johnson and Han, ۲۰۰۷)، کاهش فشار باد تایر (Saarilahti, ۲۰۰۲; Eliasson, ۲۰۰۵; Ziesak, ۲۰۰۶) در صورت امکان جهت افزایش سطح تماس و درنتیجه کاهش تنش فشاری به خاک، مهارت راننده و اپراتور (Harvey and Brais, ۲۰۰۲; Heninger et al., ۲۰۰۲) به‌منظور کاهش تردد و جابه‌جایی اسکیدر، استفاده از روش گرده‌بینه بلند به‌جای گرده‌بینه کوتاه (جورغلامی و مجنونیان، ۱۳۸۹) به دلیل کاهش تردد ماشین از راهکارهای دیگر حفاظت مسیرهای چوبکشی می‌باشد.

منابع

جورغلامی، م.، مجنونیان، ب. ۱۳۸۹. کوبیدگی و به‌هم خوردگی خاک جنگل در اثر خروج چوب با اسکیدر چرخ لاستیکی (مطالعه‌موردی: جنگل خیرود)، جنگل ایران، ۲ (۴): ۲۸۷-۲۹۸.

داغستانی، م.، سبحانی، ه.، محسنی ساروی، م.، مروی مهاجر، م. ر. ۱۳۸۴. بررسی اثر قطع گروهی بر خواص فیزیکی خاک جنگلی، جنگل ایران، ۵۸ (۴): ۷۶۹-۷۷۸.

رافت‌نیا، ن.، جگر، د.، طبری، م. ۱۳۸۷. اثرگذاری چوبکشی زمینی روی کوبیدگی خاک مسیرهای اسکیدررو در شیب‌های مختلف، جنگل ایران، ۶۱ (۱): ۷۳-۸۴.

رحیمی، حسن. ۱۳۸۴. مکانیک خاک، انتشارات دانش و فن، ۶۲۲ صفحه.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

سهرابی، ه.، جورغلامی، م.، مجنونیان، ب.، زاهدی امیری، ق.، عزتی، س. ۱۳۹۴. ارزیابی بازیابی بلند مدت وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و مقاومت به نفوذ خاک ۲۰سال پس از عملیات چوبکشی در جنگل خیرود، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۳ (۳): ۵۳۶-۵۴۸.

اداره کل منابع‌طبیعی استان گلستان. ۱۳۹۰. طرح جنگلداری کوهمیان، ۶۲۹ صفحه.

لطفعلیان، م.۱۳۷۵ . اثر چوبکشی تاف در فشردگی خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس،۱۱۴ صفحه.

لطفعلیان، م.، شیروانی، ز. نقوی، ح. ۱۳۸۸. بررسی عوامل مؤثر در فرسایش‌آبی مسیرهای چوبکشی، جنگل ایران، ۱ (۲): ۱۱۵-۱۲۴.

محمدی کنگرانی، ح. ۱۳۷۳. اثر تخریب خاک روی کیفیت آبهای سطحی و نفوذپذیری خاک. پایان نامه-کارشناسی ارشد دانشکده منابع دانشگاه تهران، ۸۳ صفحه.

Adekalu, K.O., Okunade, D.A., Osunbitan, J.A. ۲۰۰۶. Compaction and mulching effects on soil loss and runoff from two southwestern Nigeria agricultural soils. Geoderma, ۱۳۷: ۲۲۶-۲۳۰.

Blake, G.R., Hartge, K.H. ۱۹۸۶. Bulk density. In Methods of Soil Analysis, Part ۱. Physical and Mineralogical Method, Agronomy Monograph No. ۹, ۲nd edn, Klute A (ed.). American Society of Agronomy: Madison, WI; ۳۶۳-۳۷۵.

Cambi, M., Certini, G., Neri, F., Marchi, E. ۲۰۱۵. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. Forest Ecology and Management,۳۳۸, ۱۲۴-۱۳۸.

Carter, E., Rummer, B., Stokes, B. ۱۹۹۷. Site Disturbance Associated With Alternative Prescriptions in a Upland Hardwood Forest of Northern Alabama. ASAE Meeting Presentation, NO. ۹۷۵۰۱۳, ۱۸ p.p.

Croke, J., Hairsine, P., Fogarty, P. ۲۰۰۱. Soil recovery from track construction and harvesting changes in surface infiltration, erosion and delivery rates with time. Forest Ecology and Management, ۱۴۳: ۳-۱۲.

Cullen, J., Montagne, C., Fergusen, H. ۱۹۹۱. Timber Harvest Trafficking and Soil Compaction in Western Montana. Soil Sciece Society of America Journal, ۵۵: ۱۴۱۶-۱۴۲۱.

Donagh, P., Rivero, L., Garibaldi, J., Alvez, M., Cortez, P., Marek, M. ۲۰۱۰. Effects of selective harvesting on traffic pattern and soil compaction in a subtropical forest in Guarani, Misiones, Argentine. Sci. For. , Piracicaba, ۳۸(۸۵): ۱۱۵-۱۲۴.

Eliasson, L. ۲۰۰۵. Effects of forwarder tyre pressure on rut formation and soil compaction. Silva Fennica, ۳۹(۴): ۵۴۹-۵۵۷.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

Etehadi Abari, M., Majnounian, B., Malekian, A., Jourgholami, M. ۲۰۱۷. Effect of forest harvesting on runoff and sediment characteristics in the Hyrcanian forest, northern Iran. Europian Journal of Forestry Research, ۱۳۶: ۳۷۵-۳۸۶.

Ezzati, S., Najafi, A., Rab, M.A. Zenner, E. K. ۲۰۱۲. Recovery of soil bulk density, porosity and rutting from ground skidding over a ۲۰-year period after timber harvesting in Iran. Silva Fennica, ٤٦: ٥٢١-٥٣٨.

Fang, H., Sun, L., Tang, Z. ۲۰۱۵. Effects of rainfalland slope on runoff, soil erosion and rill development: An experimental study using two loess soils. Hydrology Process, ۲۹: ۲۶۴۹- ۲۶۵۸.

Fernandez, C., Vega, J. A. ۲۰۱۶. Effects of mulching and post-fire salvage logging on soil erosion and vegetative regrowth in NW Spain. Forest Ecology and Management. ۳۷۵: ۴۶-۵۴.

Froehlich, H.A., Miles, D.W.R., Robbins, R.W. ۱۹۸۵. Soil Bulk Density Recovery on Compacted Skid Trails in Central Idaho. Soil Science Society of America Journal, ۴۹: ۱۰۱۵-۱۰۱۷.

Geissen, V., Sánchez-Hernández, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepulveda-Lozada, A., Ochoa-Goana , S., de Jong, B.H.J., Huerta-Lwanga, E., Hernández-Daumas, S. ۲۰۰۹. Effects of land-use change on some properties of tropical soils-An example from Southeast Mexico. Geoderma, ۱۵۱: ۸۷-۹۷.

Greacen, E.L., Sands, R. ۱۹۸۰. Compaction of forest soils- a review. Australian Journal of Soil Research, ۱۸: ۱۶۳-۱۸۹.

Han, S.K., Han, H.S., Page Dumroese, D.S., Johnson, L.R. ۲۰۰۹. Soil compaction associated with cut to length and whole tree harvesting of coniferous forest. Canadian Journal of Forest Research, ۳۹: ۹۷۶-۹۸۹.

Harvey, B., Brais, S. ۲۰۰۲. Effects of Mechanized Careful Logging on Natural Regeneration and Vegetation Competition in the Southeastern Canadian Boreal Forest. Canadian Journal of Forest Research, ۳۲: ۶۵۳-۶۶۶.

Heninger, R., Scott, W., Dobkowski, A., Miller, R., Anderson, H., Duke, S. ۲۰۰۲. Soil Disturbance and ۱۰-Year Growth Response of Coast Douglas–Fir on Nontilled Skid Trails in the Oregon Cascades. Canadian Journal of Forest Research, ۳۲: ۲۳۳-۲۴۶.

Johnson, L.R., Page-Dumroese, D., Han, H.S. ۲۰۰۷. Effects of Machine Traffic on the Physical Properties of Ash-Cap Soils. Eds; Page-Dumroese, D.; Miller, R.; Mital, J.; McDaniel, P.; Miller, D, ۲۰۰۷. Volcanic-Ash-Derived Forest Soils of the Inland Northwest: Properties and Implications for Management and

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

Restoration, ۲۰۰۵; Coeur d'Alene, ID. Proceedings RMRS-P-۴۴; Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Jourgholami, M., Labelle, E. R., Feghhi,J. ۲۰۱۷. Response of runoff and sediment on skid trails of varying gradient and traffic intensity over a two-year perios. Forests, ۸: ۱-۱۳.

Junior, M.S.D., Fonseca, S., Junior, C.F.A., Silva, A.R. ۲۰۰۷. Soil compaction due to forest harvesting operations. Pesq. Agropec. Bras., Brasilia, ۴ (۲): ۲۵۷-۲۶۴.

Jusoff, K., Majid, M. ۱۹۸۶. The Impact of Skid Trails on the Physical Properties of Tropical Hill Forest Soils. Pertanika, ۹(۳): ۳۱۱ – ۳۲۱.

Lister, T. ۱۹۹۹. Forest harvesting disturbance and site preparation effects on soil processes and vegetation in a young pine plantation. MSc. Thesis, Blacksburg, Virginia, ۱۰۴ pp.

Masri, Z., Ryan, J. ۲۰۰۶. Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial. Soil Tillage Research, ۸۷:۱۴۶–۱۵۴.

McNabb, D.H., Startsev, A.D. Nguyen, H. ۲۰۰۱. Soil Wetness and Traffic Level Effects on Bulk Density and Air-Filled Porosity of Compacted Boreal Forest Soils. Soil Science Society of America Journal, ۶۵: ۱۲۳۸-۱۲۴۷.

Meek, B.D., Rechel, E.R., Carter, L.M., DeTar, W.R., Urie, A.L. ۱۹۹۲. Infiltration rate of a sandy loam soil: effects of traffic, tillage, and plant roots. Soil Science Society of America Journal, ۵۶:۹۰۸-۹۱۳.

Naghdi, R., Bagheri, I., Lotfalian, M., Setodeh, B. ۲۰۰۹. Rutting and soil displacement caused by ۴۵۰C timber jack wheeled (Asalem forest in northern of Iran). Journal of Forest. Science. ۵۵(۴): ۱۷۷-۱۸۳.

Nugent C., Kanali C., Owende, P.M.O., Nieuwenhuis M., Ward, S. ۲۰۰۳. Characteristic site disturbance due to harvesting and extraction machinery traffic on sensitive forest sites with peat soils. Forest Ecology and Management, ۱۸۰: ۸۵-۹۸.

Page-Dumroese, D.S. ۱۹۹۳. Susceptibility of volcanic ash-influenced soils in northern Idaho to mechanical compaction. Research Note. Int-۴۰۹. USDA Forest Service. Washington, D.C. ۵ pp.

Rab, M. A.۲۰۰۴. 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, ۱۹۱: ۳۲۹-۳۴۰.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

Reeves, D. ۲۰۱۱. Soil disturbance monitoring of timber harvest operations in the USDA forest service northern region. MSc thesis, College of Graduate Studies, University of Idaho. ۱۵۰ pp.

Saarilahti, M. ۲۰۰۲. Modeling of the wheel and tire. Tire and soil contact. Development of a protocol for ecoefficient wood harvesting on sensitive sites (ECOWOOD), Project report, Helsinki, ۳۸ p.

Safari, A., Kavian, A., Parsakhoo, A., Saleh, I., Jordan, A. ۲۰۱۶. Impact of different parts of skid trails on runoff and soil erosion in the Hyrcanian forest. Geoderma, ۲۶۳: ۱۶۱-۱۶۷.

Smith, R.B., Wass, E.F. ۱۹۸۵. Some chemical ans physical characteristics of skid roads and adjacent undisturbed soils. Canadian forestry service, pacific forest research center. Information report, BC-X-۲۶۱.

Snider, D., Miller, F. ۱۹۸۵. Effects of Tractor Logging on Soils and Vegetation in Eastern Oregon. Soil Science Society America Journal, ۴۹ (۵): ۱۲۸۰-۱۲۸۲.

Solgi, A., Najafi, A. ۲۰۱۴. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. Journal of Forest. Science, ۶۰(۱): ۲۸-۳۴.

Sutherland, A., Bussen, O., Plondke, L., Evans, M., Ziegler, D. ۲۰۰۰. Hydrophysical degradation associated with hiking-trail use: a case study of HAWAI`ILOA ridge trail, O`AHU, HAWAI`I. Land Degrad. Develop, ۱۲: ۷۱-۸۶

Wilshire, H.G., Nakata, J.K., Shipley, S., Prestegaard, K. ۱۹۷۸. Impacts of vehicles on natural terrain at seven sites in the San Francisco Bay area. Environmental Geology, ۲: ۲۹۵-۳۱۹.

Zemke, J. J. ۲۰۱۶. Runoff and soil erosion assessment on forest roads using a small scale rainfall simulator. Journal of Hydrology, ۳(۲۵): ۱-۲۱.

Ziesak, M. ۲۰۰۶. Avoiding soil damages, caused by forest machines, paper presented in: IUFRO Precision Forestry Conference, Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests. ۵ – ۱۰ March ۲۰۰۶ - Stellenbosch University. ۹ pp.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-09]