جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶
ص ۴۸۹-۴۹۸

دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

DOI: 10.22059/jfwp.2017.139138.684

کاهش ارزش اقتصادی ترسیب کربن در اثر فعالیت‌های بهره‌برداری در مسیرهای چوبکشی (مطالعهٔ موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود)

وحید ریزوندی[۱]، مقداد جورغلامی[۲*]، باریس مجنونیان[۳]، قوام‌الدین زاهدی امیری[۴]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۲. دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳. استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۴. استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۹

چکیده

استفاده از ماشین‌های پیشرفتهٔ بهره‌برداری سنگین در مسیرهای چوبکشی، نیروی زیادی را به خاک وارد می‌آورد و سبب تخریب و آسیب جدی خاک و کاهش ذخیرهٔ کربن در آن می‌شود. بررسی‌های متعدد نشان‌دهندهٔ بازیابی طولانی‌مدت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است. این پژوهش به‌منظور تعیین تأثیرات شیب مسیر، مقدار تردد و رد چرخ چوبکشی زمینی بر مقدار ذخیرهٔ کربن و برآورد ارزش اقتصادی این مقدار ذخیره، به‌منظور برنامه‌ریزی برای کاهش خسارت به خاک انجام گرفت. به این منظور، مسیرهای تردد با توجه به شیب مسیر به دو دستهٔ شیب کمتر از ۱۰ درصد و شیب بیشتر از ۱۰ درصد و هر دسته نیز با توجه به تعداد تردد، به سه دستهٔ کم‌تردد، متوسط و پرتردد تقسیم شد. در هر دسته، در مسیر از رد چرخ‌ها، وسط مسیر و منطقهٔ شاهد در سه تکرار نمونه‌برداری شد و ارزشگذاری اقتصادی کارکرد ترسیب کربن به روش ارزش سایه‌ای تعیین شد. نتایج نشان داد که با افزایش شیب مسیر، تعداد تردد و در محل رد چرخ‌ها، مقدار ترسیب کربن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. ارزش هر هکتار از زمین‌های مورد مطالعه به‌لحاظ ترسیب کربن خاک و لایهٔ آلی تا عمق ۱۰ سانتی‌متری، ۱۷۹۸/۸ دلار در هکتار برآورد شد. از طرفی، کاهش ترسیب کربن در مسیرهای چوبکشی، سالانه ۵۱۶/۱۲ دلار در هکتار هزینهٔ اقتصادی دارد. آگاهی از این‌گونه هزینه‌ها به سیاست‌گذاران در حفاظت و تخصیص منابع مالی به‌ویژه در وضعیت محدودیت بودجه، کمک شایانی خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌برداری جنگل، تردد، ترسیب کربن، رد چرخ، شیب، مسیرهای چوبکشی.

مقدمه و هدف

فعالیت‌های اقتصادی انسان موجب تغییرات زیادی در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها می شود و تأثیرات منفی بر محیط زیست انسان دارد. یکی از این تأثیرات، اثر بر چرخه های نیتروژن و کربن است. غلظت دی‌اکسید کربن در اتمسفر از سال ۱۷۵۰ تاکنون، ۳۱ درصد افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود در ۱۰۰ سال آینده افزایش چشمگیری داشته باشد که در نهایت سبب افزایش دمای کرهٔ زمین می‌شود [۱]. حدود ۷۵ درصد از کربن اتمسفر در خاک ذخیره می‌شود و خاک‌های مناطق جنگلی ۴۰ درصد از این مقدار را می‌توانند ذخیره کنند [۲]. افزایش نگرانی در زمینهٔ گرمایش جهانی و تغییر اقلیم موجب شده است که به خاک و قابلیت آن در ترسیب کربن به‌صورت پایدار، توجه ویژه‌ای شود [۳]. از طرفی، بهره‌برداری جنگل برای تداوم

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۲
Email: mjgholami@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

پایداری چرخهٔ تولید ضرورتی انکارناپذیر است [۴]. با افزایش مکانیزاسیون عملیات بهره‌برداری، ماشین‌آلات سنگین‌تر و بیشتری به‌منظور جمع‌آوری گرده‌بینه‌ها و مقطوعات چوبی از طریق مسیرهای چوبکشی به‌محل دپو به‌کار گرفته می‌شوند که آسیب جدی خاک و تخریب خاک در این مسیرها را در پی دارد [۵]. چوبکشی زمینی به‌عنوان معمول‌ترین روش مورد استفاده در حمل‌ونقل اولیهٔ مقطوعات جنگلی در جنگل‌های شمال ایران، ممکن است سبب صدمات گسترده در خاک و تغییر خصوصیات آن شود. تردد اسکیدرها و حمل گرده‌بینه، موجب شکسته شدن خاکدانه‌ها به قطعات کوچک می‌شود. فضای بین خاکدانه‌ای و به این ترتیب حجم حفره‌های خاک کاهش می‌یابد؛ در نتیجه، بر خصوصیات شیمیایی خاک مانند کاهش ترسیب کربن خاک تأثیر می گذارد و سبب دگرگونی های زیاد در تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفری و در نتیجه کاهش کارکرد مناسب اکوسیستم می‌شود [۷،۶].

خدمات و کارکردهای محیط زیستی جنگل‌ها از جمله ترسیب کربن رایگان نیست و ارزش و بهای اقتصادی نهفته‌ای دارند که بسیار شایان ملاحظه است. به‌منظور برآورد ارزش ترسیب کربن در بیشتر موارد، برآورد ارزش برحسب سودهایی است که اکوسیستم به‌واسطهٔ کنترل پدیدهٔ گرمایش زمین در جهان ایجاد می‌کند. ارزش جذب دی‌اکسید کربن را می‌توان از طریق استفاده از هزینه‌ها و منافع جنگلکاری یا از طریق مالیات بر کربن برآورد کرد [۸]. در زمینهٔ استفاده از هزینه‌ها و منافع جنگلکاری به‌عنوان ارزش سایه‌ای جذب کربن، در برخی تحقیقات، هزینهٔ جذب کربن با استفاده از هزینهٔ جنگلکاری برآورد شده است، ولی برآوردهایی که با استفاده از منافع جذب کربن انجام می‌گیرند، به‌نحو بهتری ارزش سایه‌ای دی‌اکسید کربن را نشان می‌دهند [۹]. بازارهای کربن برای مقابله با گرم شدن جهانی هوا در سال ۱۹۹۲ به‌وجود آمدند. در پروتکل کیوتو (۱۹۹۷) نیز به هر کشور مجوزی داده شد که در آن سهمیهٔ تولید دی‌اکسید کربن آن کشور تعیین شده است. چنانچه این کشور در یک سال مشخص، نسبت به مجوز خودش مقدار کمتری دی‌اکسید کربن تولید کند، می‌تواند اختلاف بین سهمیهٔ تعیین‌شده در مجوز و مقدار تولید خود را به کشوری که مقدار تولید دی‌اکسید کربن آن بیش از مجوزش است، بفروشد. بانک جهانی (۲۰۰۵) با بررسی روند قیمت‌های خرید و فروش مجوزهای کربن، قیمت آن را بین ۱۲/۹ تا ۱۸/۱ دلار در هر تن آمریکا برآورد کرد. لزومی به استفاده از برآوردهای بانک جهانی برای محاسبهٔ ارزش ذخیرهٔ کربن توسط جنگل‌ها نیست، چراکه این قیمت‌ها براساس کاهش کربن و خرید و فروش مجوزها تعیین شدند و حفاظت از جنگل‌ها در تعیین آنها وارد نشده است. این قیمت‌ها می‌توانند نشان‌دهندهٔ ارزش ترسیب کربن باشند، ولی لزوماً قیمت‌های نهایی نیستند [۱۰]. در تحقیقی با مرور ۲۱۱ مطالعهٔ صورت‌گرفته بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۶، ارزش سایه‌ای کربن ۲۳ دلار برای هر تن کربن برآورد شد [۱۱]. ارزش پولی ترسیب کربن مبتنی بر قیمت‌گذاری سایه‌ای، معادل ۲۰ دلار بر تن برای سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۱، ۲۲/۸ دلار بر تن برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۱، ۲۵/۳ دلار بر تن برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۱ و ۲۷/۸ دلار بر تن برای سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۲۱ برآورد شده است [۱۲]. ارزشگذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی، نقطهٔ شروع مناسبی برای درک ارزش خدمات متعدد اکوسیستم‌های طبیعی است. با دانستن ارزش اقتصادی اکوسیستم‌ها، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قادر به تصمیم گیری جامع‌نگرتر و صحیح‌تر و تعیین اولویت بین گزینه‌های موجود خواهند بود. با توجه به بی اعتنایی مجریان طرح‌های بهره‌برداری در کشور به مقولهٔ تخریب خاک و آسیب‌دیدگی جدی خاک جنگل‌های بهره‌برداری‌شدهٔ کشور، امید است این مقاله با بیان عوامل تخریب و معرفی راهکار، اهمیت حفاظت خاک را به جامعهٔ جنگلبانی بشناساند و فعالیت‌های اجرایی و اصلاحی اساسی پس از عملیات بهره‌برداری جنگل صورت پذیرد.

Archive of SID

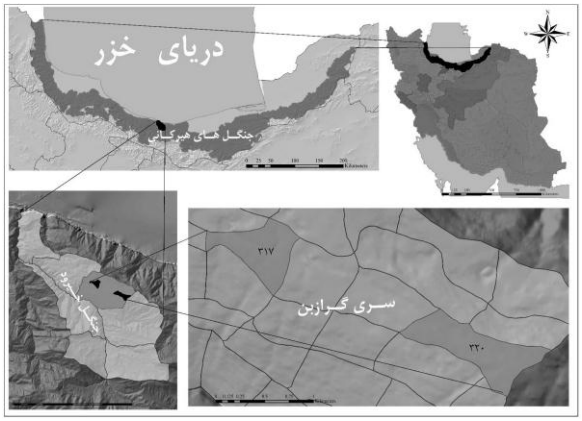
www.SID.ir

هدف اصلی این تحقیق، تعیین اثر شیب مسیر، مقدار تردد و رد چرخ چوبکشی زمینی بر مقدار ذخیرهٔ کربن و برآورد ارزش اقتصادی مقدار این ذخیره به‌منظور کسب اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری دربارهٔ نحوهٔ مدیریت جامع منابع جنگلی است. مطالعه دارای دو بخش مجزاست: بخش اول، شامل برآورد مقدار کربن ترسیب‌شده در خاک و بررسی رابطهٔ بین مقدار و نوع بهره‌برداری (شیب مسیر، تردد و رد چرخ) و مقدار ترسیب کربن است. بخش دوم، به ارزشگذاری اقتصادی کارکرد مذکور با استفاده از روش‌های مبتنی بر هزینه و برآورد ارزش اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در جنگل مورد تحقیق می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

منطقهٔ تحقیق بخش گرازبن از جنگل آموزشی پژوهشی دانشگاه تهران (جنگل خیرود) واقع در جنگل‌های شهرستان نوشهر است (شکل ۱). تیپ‌های خاک موجود در بخش گرازبن عبارت‌اند از قهوه‌ای آهکی اسکلتی، قهوه‌ای کالسیک، قهوه‌ای جنگلی و قهوه‌ای شسته‌شده و بافت لومی رسی تا لومی. در این پژوهش، مسیرهای چوبکشی دو پارسل ۳۱۷ و ۳۲۰ به‌ترتیب با مساحت ۳۵/۳۱۵ و ۴۲/۲۴ هکتار بررسی شد. در این پارسل‌ها، به‌منظور حمل‌ونقل گرده‌بینه‌ها از سیستم چوبکشی زمینی، به‌وسیلهٔ اسکیدر چرخ‌لاستیکی تیمبرجک ۴۵۰ به وزن تقریبی ۱۰/۳ تن استفاده شد. این تحقیق در چند مسیر جدید که تاکنون ماشین‌های چوبکشی در آنها تردد نداشتند، انجام گرفت. طول مسیرهای چوبکشی در دو پارسل ۳۱۷ و ۳۲۰ به‌ترتیب ۲۷۷۷ و ۳۲۰۶ متر است که به‌ترتیب دارای تراکم طولی ۷۸/۶ و ۷۵/۹ متر در هکتارند. مساحت این مسیرها با در نظر گرفتن عرض ۴ متر، به‌ترتیب ۱/۱۱ و ۱/۲۸ هکتار است که در مجموع ۲/۳۹ هکتار مساحت دارند که برای محاسبهٔ سطح تخریب به‌کار گرفته شد.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ تحقیق

روش پژوهش

با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه (شیب غالب مسیرها کمتر از ۲۰ درصد است) و پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینهٔ کوبیدگی خاک در مسیرهای چوبکشی، به‌منظور بررسی تأثیر شیب و تعداد تردد در مقدار ترسیب کربن، ابتدا مسیرهای تردد ماشین‌آلات با توجه به شیب مسیر، در دو دستهٔ شیب کمتر از ۱۰ و بیش از ۱۰ درصد دسته‌بندی شد و هر گروه نیز با توجه به تعداد تردد، به سه دستهٔ کم‌تردد (تا ۳ تردد)، متوسط (۱۰-۴ تردد) و پرتردد (بیشتر از ۱۰ تردد) تقسیم شد. پس از دسته‌بندی مسیر، در هر کدام از این دسته‌ها از مناطقی با پوشش گیاهی یکسان و مشابه (پوشش گیاهی بین ۲۵ تا ۴۰ درصد)، از خاک و لایهٔ آلی چهار نمونه گرفته شد که دو نمونهٔ آن روی رد چرخ‌ها، یک نمونه در وسط مسیر و یک نمونه هم در فاصلهٔ ۴ متری از مسیر چوبکشی به‌عنوان نمونهٔ شاهد برداشت شد. این نمونه‌ها در سه تکرار با فاصلهٔ دست‌کم ۵۰ متر از هم برداشت شد. برای تعیین مقدار تغییر ذخیرهٔ کربن در افق‌های معدنی و آلی خاک در این نمونه‌ها، به‌ترتیب از روش تجربی واکلی–بلاک و روش احتراق در کوره استفاده شد. به‌این منظور، ابتدا یک چارچوب ۰/۲۵ متر مربعی در سطح خاک پیاده و لایه‌های آلی خاک L (Litter)، F (Fragment) و H (Humus) برداشت شد. در همین نقطه، از قسمت معدنی خاک با استفاده از سیلندرهای فلزی از عمق صفر تا ۱۰

Archive of SID

www.SID.ir

سانتی‌متری خاک [۵]، به‌دلیل تأثیرپذیری زیاد این عمق از عملیات چوبکشی و تغییرات معنی‌دار خصوصیات خاک نسبت به عمق‌های پایین‌تر [۱۳] نمونه‌گیری شد. در آزمایشگاه برای تعیین ذخیرهٔ کربن در نمونه‌های خاک آلی، از روش احتراق و برای تعیین ذخیرهٔ کربن در لایهٔ نمونه‌های معدنی، از روش واکلی–بلاک و سپس برای تعیین مقدار این ذخیره در سطح مشخص از رابطهٔ ۱ استفاده شد.

$$Cc = ۱۰۰۰۰ * C(\%) * Bd * e \quad (۱)$$

CC: وزن کربن در خاک معدنی برحسب گرم بر متر مربع، C (%): درصد تراکم کربن به‌دست‌آمده از روش والکی- بلک در عمق‌های مشخص خاک، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و e: عمق خاک برحسب سانتی‌متر است.

این آزمایش‌ها در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. پس از جمع‌آوری داده‌ها و وارد کردن داده‌ها در نرم‌افزار اکسل، برای تجزیه‌وتحلیل آنها از نرم‌افزار SPSS ۲۱ استفاده شد. ابتدا با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. به‌منظور بررسی اثر هر یک از متغیرهای تعداد تردد، شیب و رد چرخ بر مقدار ذخیرهٔ کربن خاک و لایهٔ آلی از تجزیهٔ واریانس استفاده شد. درصورتی که اثر هر یک از عوامل در تجزیه‌وتحلیل واریانس معنی‌دار باشد، از آزمون مقایسه‌ای چندگانه دانکن برای گروه‌بندی استفاده می‌شود.

برآورد ارزش پولی کارکرد ذخیرهٔ کربن و خسارت ناشی از کاهش ذخیره

پس از تعیین مقدار ترسیب کربن، ارزش اقتصادی این کارکرد با استفاده از روش ارزش سایه‌ای تعیین شد. در روش ارزشگذاری سایه‌ای حاصل‌ضرب مقدار ترسیب کربن در ارزش سایه‌ای آن، ارزش ترسیب کربن را نشان می‌دهد. با توجه به مرور منابع انجام‌گرفته، در این تحقیق با استناد به نتایج پژوهش‌ها [۱۲،۱۱] رقم ۲۵/۳ دلار بر تن (با توجه به نرخ هر دلار ۲۶۵۰۹ ریال در سال ۱۳۹۳ بانک مرکزی) و معادل ریالی برابر ۶۷۰۶۷۸ ریال، به‌عنوان ارزش سایه‌ای کربن برای سال ۱۳۹۳ مدنظر قرار گرفت و براساس آن، ارزش کارکرد خاک جنگل در ترسیب کربن محاسبه شد.

نتایج و بحث

مقایسهٔ مقدار درصد کربن و ذخیرهٔ کربن در افق معدنی در شیب، تردد و محل رد چرخ‌ها

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه وتحلیل آماری داده‌های ذخیرهٔ کربن افق معدنی در جدول‌های ۱ و ۲ و شکل‌های ۲ و ۳، بین مقدار ذخیرهٔ کربن در افق آلی در دو شیب، تعداد تردد مختلف و محل رد چرخ و منطقهٔ شاهد اختلاف معنی‌داری (در سطح ۹۹ درصد) وجود دارد. جدول ۱ مقایسهٔ میانگین ذخیرهٔ کربن در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. در مناطق پرشیب، تأثیر چوبکشی بیشتر از مناطق کم‌شیب است و کمترین مقدار درصد و ذخیرهٔ کربن در مناطق کم‌شیب در مسیر پرتردد و در محل رد چرخ (به‌ترتیب ۲۷ درصد و ۰/۳ تن در هکتار) است. در مناطق پرشیب نیز این مقدار، در مسیر پرتردد و در محل رد چرخ (به‌ترتیب ۲۲ درصد و ۰/۳ تن در هکتار) است که این مقادیر به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهاست. شکل ۲ تأثیر تعداد تردد روی مقدار ذخیرهٔ کربن را نشان می‌دهد. همان‌طورکه دیده می‌شود با افزایش سطح تردد، میانگین مقدار ذخیرهٔ کربن کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که مقدار ذخیرهٔ کربن لایهٔ آلی از ۶/۶ تن در هکتار در منطقهٔ شاهد (بدون تردد) به ۰/۵ تن در هکتار در مسیر پرتردد کاهش می‌یابد. شکل ۳ تأثیر محل نمونه روی مقدار ذخیرهٔ کربن را نشان می‌دهد. همان‌طورکه دیده می‌شود مقدار ذخیرهٔ کربن لایهٔ آلی از ۶/۶ تن در هکتار در منطقهٔ شاهد، به ۱/۷ تن در هکتار در محل رد چرخ‌ها کاهش می‌یابد که نشان دهندهٔ تأثیر منفی چوبکشی روی ذخیرهٔ کربن است.

مقایسهٔ مقدار درصد کربن و ذخیرهٔ کربن خاک در افق آلی در شیب، تردد و محل رد چرخ‌ها

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌وتحلیل آماری

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های ذخیرهٔ کربن در افق آلی در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ و شکل های ۲ و ۳، بین مقدار ذخیرهٔ کربن در دو شیب، تعداد ترددهای مختلف و محل رد چرخ و منطقهٔ شاهد اختلاف معنی‌داری (در سطح ۹۹ درصد) وجود دارد. مقایسهٔ میانگین مقدار ذخیرهٔ کربن خاک در تیمارهای مختلف در جدول ۱ نشان می‌دهد که در مناطق پرشیب تأثیر چوبکشی بیشتر از مناطق کم‌شیب است و کمترین مقدار درصد و ذخیرهٔ کربن در مناطق کم‌شیب در مسیر پرتردد و در محل رد چرخ (به‌ترتیب ۲/۵ درصد و ۳۶/۲۴ تن در هکتار) است. در مناطق پرشیب نیز این مقدار در مسیر پرتردد و در محل رد چرخ (به‌ترتیب ۲/۱ درصد و ۳۲/۰۳ تن در هکتار) است که این مقادیر به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارهاست. در شکل ۲ تأثیر تعداد تردد بر مقدار ذخیرهٔ کربن نشان داده است. همان‌طورکه دیده می‌شود، با افزایش سطح تردد میانگین مقدار ذخیرهٔ کربن در افق آلی کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که مقدار ذخیرهٔ کربن خاک از ۶۵/۳ تن در هکتار در منطقهٔ شاهد، به ۳۷/۴ تن در هکتار در مسیر پرتردد کاهش می‌یابد. در شکل ۳ تأثیر محل نمونه روی مقدار ذخیرهٔ کربن نشان داده است. همان‌طور که دیده می‌شود، مقدار ذخیرهٔ کربن خاک از ۶۵/۳ تن در هکتار در منطقهٔ شاهد به ۳۷/۳ تن در هکتار در محل رد چرخ‌ها کاهش می‌یابد که نشان از تأثیر منفی چوبکشی روی ذخیرهٔ کربن دارد.

جدول ۲ نشان می‌دهد که عامل‌های شیب مسیر، تردد مسیر و محل نمونه تأثیر معنی داری (سطح ۹۹ درصد) بر مقدار درصد کربن و ذخیرهٔ کربن خاک و لایه آلی دارند. تأثیرات متقابل دوتایی شامل شیب × محل، شیب × تردد و تردد × محل نمونه برای ذخیرهٔ کربن افق A معنی‌دار است و برای سایر موارد تأثیر معنی‌داری ندارد. همچنین تأثیرات متقابل سه‌تایی شیب × محل × تردد، تأثیر معنی‌داری روی مقدار درصد کربن و ذخیرهٔ کربن خاک و لایهٔ آلی ندارد.

جدول ۱. میانگین مقدار درصد کربن و مقدار ذخیرهٔ کربن در لایه‌های آلی و معدنی خاک در مسیرهای چوبکشی (تن در هکتار)

شیب مسیر	تعداد تردد	محل نمونه	درصد کربن هوموس (افق آلی)	درصد کربن افق A	ترسیب کربن افق A	اشتباه معیار	ترسیب کربن افق معدنی	اشتباه معیار
کم‌شیب	کم تردد	شاهد	۴۲	۶/۹	۶۶/۹۱	۰/۱۳۵	۸/۸	۰/۱۱۹
		چپ	۳۳	۵	۶۰/۶۵	۰/۱۱۸	۳/۹	۰/۰۶۸
		وسط	۳۸	۶	۶۴/۲۲	۰/۰۹۵	۵/۹	۰/۰۹۷
		راست	۳۴	۵/۱	۶۴/۸۴	۰/۰۸۸	۴	۰/۰۶۸
	تردد متوسط	شاهد	۳۹	۶/۶	۶۶/۴۱	۰/۱۱۷	۷	۰/۱۰۵
		چپ	۳۰	۳/۷	۴۷/۴۱	۰/۰۹۴	۱/۹	۰/۰۶۰
		وسط	۳۶	۴/۵	۵۴/۱۴	۰/۱۲۶	۳/۱	۰/۰۷۳
		راست	۳۱	۳/۹	۵۳/۰۹	۰/۰۹۴	۱/۹	۰/۰۵۹
	پرتردد	شاهد	۳۷	۶/۳	۶۹/۳۳	۰/۰۹۳	۷/۵	۰/۱۱۵
		چپ	۲۷	۲/۵	۳۶/۲۴	۰/۱۲۱	۰/۳	۰/۱۲۳
		وسط	۳۰	۳/۱	۴۴/۱۷	۰/۰۳۵	۱	۰/۰۷۰
		راست	۲۸	۲/۷	۳۹/۶۸	۰/۱۱۷	۰/۴	۰/۱۰۳
پرشیب	کم‌تردد	شاهد	۳۷	۶/۴	۶۴/۰۷	۰/۰۸۱	۶/۳	۰/۱۰۳
		چپ	۲۸	۴	۴۹/۷۱	۰/۰۸۶	۲/۳	۰/۰۵۲
		وسط	۳۳	۴/۹	۵۶/۱۷	۰/۰۹۹	۴/۱	۰/۰۶۹
		راست	۲۹	۴/۲	۵۴/۷۱	۰/۰۸۶	۲/۵	۰/۰۵۳
	تردد متوسط	شاهد	۳۳	۶	۶۲/۴۳	۰/۰۹۲	۵/۳	۰/۰۶۲
		چپ	۲۷	۳/۱	۴۳/۸۶	۰/۰۳۵	۱/۵	۰/۰۷۱
		وسط	۳۰	۳/۹	۵۱/۹۳	۰/۰۹۳	۲/۳	۰/۰۴۷
		راست	۲۶	۳/۲	۴۶/۸۸	۰/۰۳۵	۱/۳	۰/۰۷۲
	پرتردد	شاهد	۳۱	۵/۸	۶۲/۶۴	۰/۱	۴/۹	۰/۰۳۴
		چپ	۲۲	۲/۱	۳۲/۰۳	۰/۱	۰/۳	۰/۱۰۵
		وسط	۲۵	۲/۷	۳۹/۴۱	۰/۱۱۶	۰/۷	۰/۰۷۷
		راست	۲۳	۲/۲	۳۲/۷۲	۰/۰۹۸	۰/۳	۰/۱۱۳

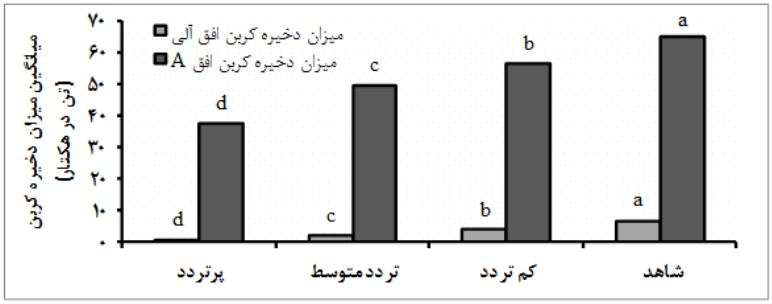
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس صفات بررسی‌شده (میانگین مربعات)*

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	درصد کربن افق A	درصد کربن افق آلی	ذخیرهٔ کربن افق A	ذخیرهٔ کربن افق آلی
شیب مسیر	۱	۷/۹۳۳**	۴۶۵/۹۸۶**	۶۳۲/۷۰۲**	۲۱/۵۱۷**
تردد مسیر	۲	۲۴/۰۳۶**	۲۰۵/۷۹۶**	۲۰۰۲/۴۲۸**	۴۸/۷۹۶**
محل نمونه	۲	۳/۱۴۳**	۸۱/۷۹۶**	۲۰۱/۹۹۷**	۷/۶۵۰**
شیب×تردد	۲	۰/۳۷۹**	۰/۰۵۶$^{n.s}$	۴۰/۲۳۹**	۲/۷۴۶**
شیب×محل	۲	۰/۰۰۳$^{n.s}$	۱/۰۵۶$^{n.s}$	۸/۶۳۱*	۰/۰۹۰$^{n.s}$
تردد×محل	۴	۰/۰۴۸$^{n.s}$	۲/۸۵۲$^{n.s}$	۱۰/۷۶۲**	۰/۹۵۱**
شیب×تردد×محل	۴	۰/۰۰۵$^{n.s}$	۱/۲۷۸$^{n.s}$	۲/۰۸۰$^{n.s}$	۰/۰۱۴$^{n.s}$
خطا	۵۲	۰/۰۴۵	۴/۰۳۰	۱/۷۸۲	۰/۲۳۰

* در جدول علامت‌های $^{n.s}$ بیانگر معنی‌دار نبودن و * و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد است.



شکل ۲. تأثیر تعداد تردد بر تغییرات ذخیرهٔ کربن (تن در هکتار) در لایه‌های آلی و معدنی خاک. حروف لاتین نامتشابه بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

شکل ۳. تأثیر محل قرار گرفتن نمونه بر تغییرات ذخیرهٔ کربن (تن در هکتار) در لایه‌های آلی و معدنی خاک. حروف لاتین نامتشابه بیانگر معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد است.

جدول ۳. میانگین مقدار ترسیب کربن خاک (تن) در افق‌های آلی (L, F, H) و لایهٔ معدنی خاک در مسیرهای چوبکشی

شیب مسیر چوبکشی	تعداد تردد	مساحت مسیر (هکتار)	ذخیرهٔ کربن خاک (تن)	انشتاه معیار ترسیب کربن خاک	ترسیب کربن لایهٔ آلی (تن)	انشتاه معیار ترسیب کربن لایهٔ آلی	مقدار کاهش ترسیب کربن خاک	مقدار کاهش ترسیب لایهٔ آلی	هزینهٔ کاهش ترسیب کربن خاک (دلار)	هزینهٔ کاهش ترسیب لایهٔ آلی (دلار)
کم‌شیب	شاهد	۱/۵۴	۱۰۰/۶	۰/۰۷۹	۱۰/۸	۰/۱۱۱	۰	۰	۰	۰
	کم‌تردد	۰/۲۹	۱۷/۵۱	۰/۰۵۱	۱/۳	۰/۰۳۶	۱/۴	۰/۷	۳۵/۴۲	۱۷/۷۱
	تردد متوسط	۰/۸۸	۴۴	۰/۰۳۹	۲/۱	۰/۰۳۹	۱۳/۵	۲/۷	۳۴۱/۵۵	۶۸/۳۱
	پرتردد	۰/۳۸	۱۵/۴	۰/۰۵۰	۰/۳	۰/۰۳۵	۵/۵	۰/۸۵	۱۳۹/۱۵	۲۱/۵۱
پرشیب	شاهد	۰/۸۵	۵۳/۷	۰/۰۵۶	۴/۷	۰/۰۹۸	۰	۰	۰	۰
	کم‌تردد	۰/۱۵	۷/۹	۰/۰۴۰	۰/۵	۰/۰۲۴	۱/۶	۰/۴	۴۰/۴۸	۱۰/۱۲
	تردد متوسط	۰/۵۴	۲۵/۶	۰/۰۳۶	۱	۰/۰۳۲	۸/۵	۲	۲۱۵/۰۵	۵۰/۶
	پرتردد	۰/۱۵	۵/۳	۰/۰۴۸	۰/۱	۰/۰۲۷	۴/۳	۰/۷	۱۰۸/۷۹	۱۷/۷۱
جمع شاهد		۲/۳۹	۱۵۴/۳	۰/۰۸۳	۱۵/۵	۰/۱۰۳	۰	۰	۰	۰
جمع تردد		۲/۳۹	۱۱۵/۷	۰/۱۰۹	۵/۲	۰/۱۰۴	۳۸/۶	۱۰/۳	۹۷۶/۵۸	۲۶۰/۵۹

www.SID.ir

ارزش ریالی ذخیرهٔ کربن در شیب، تردد و محل رد چرخ‌ها

مساحت مسیرهای چوبکشی با احتساب ۴ متر حاشیه دو طرف آن، در دو پارسل برابر ۲/۳۹ هکتار است که برای محاسبهٔ سطح تخریب خاک به‌کار رفت. اگر مقدار ترسیب کربن در این مساحت برای منطقهٔ شاهد محاسبه شود، ترسیب کربن خاک و لایهٔ آلی در این مساحت به‌ترتیب برابر ۱۵۴/۳ و ۱۵/۵ تن است که به‌طور میانگین برابر ۶۴/۶ و ۶/۵ تن در هکتار (ارزشی معادل ۱۶۳۴/۳۸ و ۱۶۴/۴۵ دلار در هکتار) است. با توجه به مجموع مساحت دو پارسل یعنی ۷۷/۵۵ هکتار و نیز مقدار ترسیب کربن در منطقهٔ شاهد در هکتار، ترسیب کربن خاک و لایهٔ آلی در کل منطقه (۷۷/۵۵ هکتار) به‌ترتیب برابر ۵۰۱۰ و ۵۰۴ تن در سال (ارزشی معادل ۱۲۶۷۵۴/۳ و ۱۲۷۵۳/۹ دلار در هکتار) است. در مسیرهای چوبکشی نیز مقدار کاهش ترسیب کربن خاک و لایهٔ آلی با افزایش تردد شیب کمتری دارد، یعنی در چند تردد اولیه مقدار کاهش ترسیب کربن بسیار زیاد است و با افزایش تردد مقدار کاهش ترسیب کربن به‌نسبت خیلی کمتر است. به‌طور کلی، مقدار ترسیب کربن خاک و لایهٔ آلی در مسیر چوبکشی در این مساحت به ترتیب برابر ۳۸/۶ و ۱۰/۳تن است که به‌طور میانگین برابر ۱۶/۱ و ۴/۳ تن در هکتار کربن است. هزینهٔ کاهش ترسیب کربن خاک و مادهٔ آلی در این مسیرها نیز به‌ترتیب معادل ۹۷۶/۵۸ و ۲۶۰/۵۹ دلار یعنی در مجموع ۱۲۳۷دلار (۴۰۷/۳۳ و ۱۰۸/۷۹ میلیون ریال در هکتار) است. در مجموع هزینهٔ اقتصادی کاهش ترسیب کربن در مسیرهای چوبکشی سالانه حدود ۵۱۶/۱۲ میلیون ریال در هکتار (در مجموع ۱۲۳۷ دلار در کل مسیرها) است که نشان‌دهندهٔ تأثیر شایان توجه عملیات چوبکشی بر کاهش ذخیرهٔ کربن است.

تجزیه وتحلیل مقدار ذخیرهٔ کربن خاک در مسیرهای چوبکشی تأثیرات نامطلوب عملیات چوبکشی را به‌خوبی در این مناطق نشان داد. به‌طوری‌که در مسیرهای پرشیب، درصد کاهش مقدار ذخیرهٔ کربن خاک و افق آلی همواره بیشتر از مناطق کم‌شیب است. در مسیرهای کم‌شیب در محل‌های با تردد کم، متوسط و زیاد، کاهش مقدار ذخیرهٔ کربن خاک به‌ترتیب برابر ۴/۸، ۱۵/۳ و ۱۴/۵ درصد و در مسیرهای پرشیب به‌ترتیب برابر ۱۰/۷، ۱۵/۷ و ۲۸/۷ درصد است. در مسیرهای کم‌شیب در محل‌های با تردد کم، متوسط و زیاد، کاهش مقدار ذخیرهٔ کربن افق آلی به‌ترتیب ۲/۴، ۳ و ۲/۲ درصد و در مسیرهای پرشیب، به‌ترتیب ۲/۷، ۳/۷ و ۴/۷ درصد است. در نواحی شیبدار به‌دلیل ناکافی بودن استحکام خاک، کاهش سرعت ماشین و به‌هم‌خوردگی تعادل ماشین، خاک مدت زمان بیشتری تحت لرزش و تنش قرار می‌گیرد که خود سبب کوبیدگی بیشتر خاک و در نتیجه کاهش بیشتر کربن می‌شود که این نتایج با نتایج تحقیق‌های دیگری در این زمینه [۱۷، ۱۸] همسوست. یکی از عوامل بحرانی مؤثر بر مقدار ترسیب کربن، تعداد دفعات عبور ماشین از یک نقطه است. در تمام مسیرهای چوبکشی با افزایش شدت تردد مقدار ذخیرهٔ کربن خاک و افق آلی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که در هر مسیر چوبکشی، تردد شدید دارای کمترین مقدار ذخیرهٔ کربن خاک بود. این نتایج با نتایج تحقیقات محققان دیگر [۵، ۶، ۷] منطبق است. کاهش مقدار کربن آلی خاک ممکن است به‌دلیل حذف پوشش کف جنگل و برداشته شدن لایهٔ آلی خاک، هدررفت خاک، تحریک مادهٔ آلی خاک به تجزیهٔ سریع، آمیختگی لایهٔ آلی با خاک معدنی و کوبیدگی شدید باشد. همچنین در محل رد چرخ، وزن اسکیدر فشار بیشتری را به خاک وارد کرده است و همچنین به‌دلیل تأثیر چرخش لاستیک‌ها روی به‌هم‌خوردگی خاک، مقدار ذخیرهٔ کربن دارای کمترین مقدار است.

ارزش هر هکتار از زمین‌های مورد مطالعه از نظر ترسیب کربن در خاک و لایهٔ آلی تا عمق ۱۰ سانتی‌متری، ۱۷۹۸/۸ دلار در هکتار در سال برآورد شد که در مجموع این دو پارسل مورد بررسی با مساحت ۷۷/۵ هکتار، ارزشی معادل ۱۳۹۵۰۸/۳ دلار در سال دارند. در مجموع

Archive of SID

www.SID.ir

هزینهٔ اقتصادی کاهش ترسیب کربن در اثر فعالیت چوبکشی سالانه ۵۱۶/۱۲ دلار در هکتار است. به‌عبارت دیگر، با محاسبات فعلی، چوبکشی زمینی حدود ۳۰ درصد از ارزش ترسیب کربن در مسیرهای چوبکشی را کاهش می‌دهد. نتایج مربوط به ارزشگذاری اقتصادی کارکرد ترسیب کربن در جنگل‌های منطقهٔ تحقیق، نشان دهندهٔ ارزش چشمگیر و شایان توجه این اکوسیستم‌ها از لحاظ ترسیب کربن است. با شفاف‌سازی خدمات مهمی چون ذخیرهٔ کربن توسط اکوسیستم جنگلی، سیمای اهمیت جنگل تنها از دید درآمد حاصل از فروش چوب به سوی منبع ذخیرهٔ کربن حرکت می‌کند و مدیریت باید در جهت حفظ هر دو خدمات اقتصادی و زیست‌محیطی باشد. اطلاعات این تحقیق می‌تواند به کاهش تأثیرات تخریب بهره‌برداری روی خاک در مسیرهای چوبکشی کمک کند، چراکه با داشتن این گونه اطلاعات، می‌توان بهره‌بردار را موظف به کاهش خسارت به خاک کرد و در صورت رعایت نکردن نکات فنی و تخریب زیاد برای او جریمه‌ای مناسب تعیین کرد. اگرچه جنگل در کنار ترسیب کربن و تنظیم گازها کارکردها و خدمات دیگری مانند تنظیم جریانات هیدرولوژیکی، حفظ خاک، ارزش تفریحی، ارزش زیستگاهی و غیره نیز دارد که با برآورد آنها می‌توان به ارزش اقتصادی کل[1] جنگل دست یافت. هرچند، این‌گونه مطالعات به زمان، هزینه و اطلاعات وسیع و جامعی نیاز دارد.

نتیجه‌گیری

چوبکشی زمینی به‌عنوان معمول‌ترین روش مورد استفاده در حمل ونقل اولیهٔ مقطوعات جنگلی در جنگل‌های شمال ایران، می‌تواند موجب ایجاد صدمات گسترده در خاک و تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شود. ازآنجا که سرمایه‌های طبیعی و خدمات اکوسیستمی در آینده بیشتر تحت فشار قرار می‌گیرند و کمیاب‌تر می‌شوند، ضرورت دارد که با استفادهٔ بهینه و درخور از این اکوسیستم‌های ارزشمند به حفاظت از این میراث طبیعی کمک کرد. ارزشگذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی نقطهٔ شروع مناسبی برای درک ارزش خدمات متعدد اکوسیستم‌های طبیعی است. با دانستن ارزش اقتصادی کل اکوسیستم‌ها، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قادر به تصمیم‌گیری جامع‌نگرتر و صحیح‌تر و تعیین اولویت بین گزینه‌های موجود خواهند بود و می‌توان از آنها برای برنامه‌ریزی به عنوان کاهش خسارت بهره‌برداری استفاده کرد. تحقیقات مشابه در خصوص تخریب و تحولات خاک، اغلب به‌عنوان راهنمایی برای کاهش تأثیرات منفی تردد ماشین‌آلات روی خاک به‌کار می‌روند، در پایان به‌منظور به‌حداقل رساندن خسارات چوبکشی در جنگل‌های شمال ایران پیشنهاد های زیر ارائه می‌شود:

– با توجه به فشردگی زیاد خاک در مسیرهای چوبکشی، خراش خاک پس از پایان عملیات چوبکشی در روی مسیرهای اسکیدررو تأکید می‌شود. البته درصورتی‌که دیگر نتوان آنها را به‌عنوان مسیر چوبکشی در سال‌های بعدی به‌عنوان مسیر چوبکشی قرار داد؛

– استفاده از مازاد مقطوعات جنگلی،[2] در مسیرهای اسکیدررو برای کاهش وزن ماشین‌آلات جنگلی و کاهش کوبیدگی خاک‌های جنگلی؛

– در شرایطی که خاک خشک و رطوبت کمی دارد، باید عملیات چوبکشی انجام گیرد، زیرا رطوبت خاک هنگام تردد ماشین‌آلات اثر زیادی در کاهش و جابه‌جایی فضاهای خالی خاک دارد. خاک‌های خشک در مقابل تغییرات پراکنش اندازهٔ فضاهای خالی بسیار مقاوم‌ترند و این مقاومت با افزایش رطوبت خاک، کاهش می‌یابد؛

– باید به شاخص‌هایی مانند جنس خاک، سنگ بستر، وضعیت زادآوری، توپوگرافی، شیب و ناهمواری در

1. Total Economic Value

2. Slash

Archive of SID

www.SID.ir

طراحی مسیرهای چوبکشی، طراحی مسیرهای چوبکشی در امتداد خطوط منحنی میزان برای کاهش فرسایش خاک در زمان ساخت و جلوگیری از ایجاد رواناب در مسیر توجه کرد. برای جلوگیری از تخریب خاک باید از مسیرهای چوبکشی کوتاه‌تر، با پوشش عرضی کمتر، انشعابات کمتر و تعداد بیشتر در مسیر استفاده کرد.

References

[1]. Backe´us, S., Wikstrom, P., and Lamas, T. (2005). A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production. Forest Ecology and Management, 216(1): 28-40.

[2]. Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.E.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., and Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science, 263: 185-190.

[3]. Lal, R. (2001). Potential of soil carbon sequestration in forest ecosystems to mitigate the greenhouse effect. SSSA Special Publication, 57: 137-154.

[4]. 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.

[5]. Najafi, A., Solgi, A., and Sadeghi, S.H. (2009). Soil disturbance following four wheel rubber skidder logging on the steep trail in the north mountainous forest of Iran. Soil and Tillage Research, 103(1): 165-169.

[6]. Naghdi, R. Mohammadi, Z., Akef, M., and Bagheri, I. (2015). Natural recovery of some soil micromorphological properties of skid trails for twenty years period (Case study: Asalem forest, Guilan province). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 22(1): 111-132.

[7]. Saiedifar, Z., and Asgari, H.R. (2014). Effects of soil compaction on soil carbon and nitrogen sequestration and some physico-chemical features (Case study: North of AqQala). Ecopersia, 2(4): 743-755.

[8]. Xue, D., and Tisdell, C. (2001). Valuing ecological functions of biodiversity in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve in northeast China. Biodiversity and Conservation, 10(3): 467-481.

[9]. Bateman, I.J., Langford, I.H., Turner, R.K., Willis, K.G., and Garrod, G.D. (1995). Elicitation and truncation effects in contingent valuation studies. Ecological Economics, 12(2): 161-179.

[10]. Merlo, M., and Croitoru, L. (Eds.). (2005). Valuing Mediterranean forests: towards total economic value. CABI publishing. 391pp.

[11]. Tol, R.S.T. (2008). The social cost of carbon: trends, outliers and catastrophes. Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal, 25 (2): 1-21.

[12]. Fankhauser, S. (1994). The social costs of greenhouse gas emissions: an expected value approach. The Energy Journal, 15(2): 157-184.

[13]. Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W.M., and Verheyen, K. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. Forest Ecology and Management, 241(1): 162-174.

[14]. Jourgholami, M., and Majnounian, B. (2013). Effect of Soil Moisture and Number of Skidder Passes on Rutting in Skid Trails (Case Study: Kheyrud Forest), Journal of Forest and Wood Products, 65(4): 421-430.

[15]. Jourgholami, M., Soltanpour, S., Etehadi Abari, M., and Zenner, E.K. (2014). Influence of slope on physical soil disturbance due to farm tractor forwarding in a Hyrcanian forest of northern Iran. iForest-Biogeosciences and Forestry, 7(5): 342-348.

Archive of SID

www.SID.ir

Estimation of economic value decrease in soil carbon sequestration due to skidding operation in the skid trails (A case Study: Gorazbon district)

V. Rizvandi; Ph.D. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

M. Jourgholami*; Assoc. Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

B. Majnounian; Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

Gh. Zahedi Amiri; Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

(Received: 20 January 2016, Accepted: 28 January 2017)

ABSTRACT

Using modern machinery for logging will entail considerable pressure to the soil and cause serious damage to the soil and reduce the carbon sequestration. Many studies show the long-term recovery of soil physical and chemical properties. The aim of this study was to investigate the effects of skidding slope, traffic, and place of the wheel on the carbon stocks and estimate the economic value of these reserves to obtain the information needed for comprehensive decision-making about the management of forest resources. The treatments included two slope classes (>10% and ≤10%), each class includes three traffic levels (low, medium and high), and in each group, on the wheels route, middle route, and control area, four samples were taken in three replicates. The economic valuation of the carbon sequestration function was determined using the shadow value method. The results showed that with increasing the slope path, the number of traffic and on the wheel route, the amount of carbon sequestration decreased significantly. The value of each hectare of the study area in terms of soil carbon sequestration and organic layer up to a depth of 10 cm was estimated about 1798.8 $ per hectare. On the other hand, reducing carbon sequestration in skid trails costs an average of 5,166 $ per hectare annually. Awareness of these costs will help the policymakers in the conservation and allocation of financial resources, especially in the context of budget constraints.

Keywords: Forest harvesting, Skid trails, Carbon sequestration, Slope, Traffic, Wheel rut.

* Corresponding Author, Email: mjgholami@ut.ac.ir, Tel: +982632249312

Archive of SID

www.SID.ir