University of Tehran Press

Journal of Natural Environment

Online ISSN: 2423-7817

Homepage: https://jne.ut.ac.ir/

Assessment and comparison of production, cost and damage to soil during semi-mechanized skidding and traditional transportation in Siahkal forests of Guilan

Farshad Keivan Behjou[1]✉ | **Parviz Fadaee**[2] | **Pourya Pourramezan**[3]

1. Corresponding Author, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh, Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: f_keyvan@uma.ac.ir
2. Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: parvizfadaee@gmail.com
3. Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: pouryapourramezan@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 15 January 2024

Received in revised form 01 March 2024

Accepted 01 April 2024

Published online 27 Aueust 2024

Keywords:

Cost, Production,

Semi-mechanized skidding,

Soil damage,

Traditional ransportation.

ABSTRACT

Research focused on economic and ecological aspects of logging are necessary to evaluate. The aim of present study was assessment of production, cost and damage to soil during semi-mechanized skidding and traditional transportation in Siahkal forests of Guilan. To this, after determining two skidding system and determine work elements, number of 110 skidding turns (70 related to semi-mechanized and 40 related to traditional logging) were studied, also soil sampling was done by systematic-random sampling. Resulted showed that the hourly production with and without delay in semi-mechanized skidding were 21.64 and 28.20m^3, respectively. Also, resulted showed that the hourly production with and without delay in traditional transportation were 0.31 and 0.33m^3, respectively. On the other hand, resulted showed that the unit cost with and without delay in semi-mechanized skidding were 941695 and 856087 Rial per m^3, respectively. Also, resulted showed that the unit cost with and without delay in traditional transportation were 1570172 and 1442825 Rial per m^3, respectively. Results of soil compaction and soil humidity in two studied skidding system proved that these indicators in trational method is more than semi-mechanized skidding in 0-10cm soil depth. We concluded that using semi-mechanized skidding is more ratinal that traditional transportation.

Cite this article: Keivan Behjou, F., Fadaee, P., & Pourramezan, P. (2024). Assessment and comparison of production, cost and damage to soil during semi-mechanized skidding and traditional transportation in Siahkal forests of Guilan. *Journal of Natural Environment*, 77 (2), 311-323. DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.371140.2643

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.371140.2643

محیط زیست طبیعی
شاپای الکترونیکی: ۷۸۱۷-۲۴۲۳
Homepage: https://jne.ut.ac.ir/
انتشارات دانشگاه تهران

بررسی و مقایسهٔ تولید، هزینه و آسیب به خاک در چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی در جنگل‌های سیاهکل استان گیلان

فرشاد کیوان بهجو[۱]✉ | پرویز فدایی[۲] | پوریا پوررمضان[۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: f_keyvan@uma.ac.ir
۲. گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: parvizfadaee@gmail.com
۳. گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: pouryapourramezan@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰

کلیدواژه‌ها:
آسیب به خاک،
انتقال سنتی،
چوبکشی نیمه‌مکانیزه،
تولید، هزینه.

چکیده

انجام پژوهش در زمینهٔ ارزیابی اقتصادی و اکولوژیک بهره‌برداری جنگل ضروری است. هدف از این تحقیق، بررسی تولید، هزینه و آسیب به خاک در شیوه‌های چوبکشی نیمه‌مکانیزه با اسکیدر و انتقال سنتی با قاطر است. این تحقیق در جنگل‌های سیاهکل استان گیلان انجام شده است. بدین‌منظور بعد از مشخص کردن اجزای کار در دو شیوه خروج نیمه‌مکانیزه و سنتی ۱۱۰ نوبت کاری مطالعه شد (۷۰ نوبت چوبکشی نیمه‌مکانیزه و ۴۰ نوبت انتقال سنتی). همچنین به‌منظور ارزیابی تأثیرات اکولوژیک، اقدام به برداشت ۶۰ نمونه خاک در مناطق تحت تأثیر و ۶۰ نمونه خاک در مناطق شاهد به شیوهٔ نمونه‌برداری تصادفی سیستماتیک شد. نتایج نشان داد میزان تولید در شیوهٔ نیمه-مکانیزه با احتساب و بدون احتساب زمان‌های تأخیر به‌ترتیب ۲۱/۶۴ و ۲۸/۲۰ مترمکعب در ساعت و میزان تولید در شیوهٔ انتقال سنتی با احتساب و بدون احتساب زمان‌های تأخیر به‌ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۳۳ متر مکعب در ساعت است. از طرفی هزینهٔ خالص و ناخالص مرکب شدهٔ واحد تولید برای چوبکشی ۱۶۶۷۶۵۷ ریال و ۱۸۳۵۰۹۷ ریال به‌ازای هر مترمکعب و برای انتقال سنتی ۲۸۱۱۶۷۵۰ ریال و ۳۰۵۹۸۲۱۰ ریال به‌ازای هر مترمکعب محاسبه گردید. نتایج آزمایش مشخصه‌های فیزیکی خاک نشان داد که درصد افزایش تراکم و رطوبت خاک در شیوهٔ انتقال سنتی بیشتر از شیوهٔ نیمه‌مکانیزه است. براساس یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود استفاده از شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه از نظر تولید، هزینه و آسیب به خاک نتایج مطلوب‌تری نسبت به شیوهٔ انتقال سنتی به‌همراه دارد.

استناد: کیوان بهجو، فرشاد؛ فدایی، پرویز؛ و پوررمضان، پوریا (۱۴۰۳). بررسی و مقایسهٔ تولید، هزینه و آسیب به خاک در چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی در جنگل‌های سیاهکل استان گیلان. *محیط زیست طبیعی*، ۷۷ (۲)، ۳۲۳-۳۱۱.

DOI: http//doi.org/10.22059/jne.2024.371140.2643

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

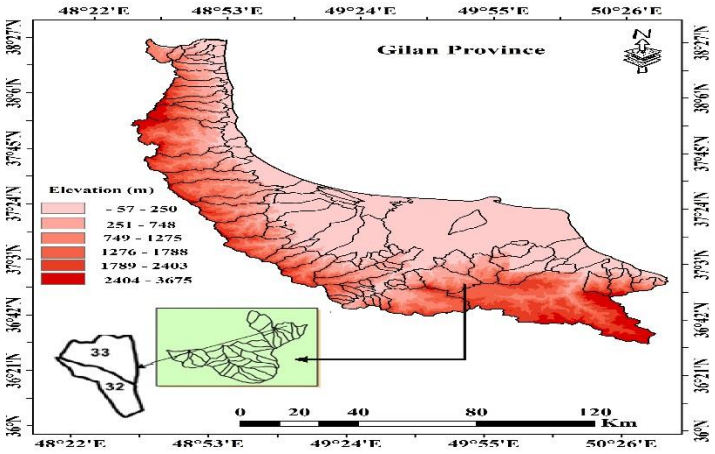
هر چند که برداشت درختان با ارزش اقتصادی پایین می‌تواند به‌صورت بالقوه ارزش موجودی تودهٔ جنگلی را افزایش دهد (Laitila and Väätäinen, 2022) اما در این وضعیت مدیران جنگل با کاهش محسوس درآمد ناخالص حاصل از فروش چوب‌آلات مواجه خواهند شد که باید نسبت به استفاده از روش‌های بهره‌برداری با تولید و کارایی بیشتر اقدام نمایند (Myata *et al*., 1981). در همهٔ اکوسیستم‌های جنگلی رخدادهای آشفتگی طبیعی مانند باد و طوفان به‌عنوان فرآیند کلیدی در افتادن درختان مطرح هست، درختان در اثر بیماری یا رسیدن به سن دیرزیستی می‌افتند ولی بیشترین علت افتادن درختان وزش باد و بروز پدیدهٔ بادافتادگی است. پدیدهٔ بادافتادگی در جنگل‌های شمال ایران وجود دارد، درختان بادافتاده سهم عمده‌ای از نشانه‌گذاری‌های سالیانه را به‌خود اختصاص داده است تا جایی‌که در سال‌های قبل از شروع طرح تنفس (استراحت) جنگل، در برخی حوزه‌های جنگلی عمده نشانه-گذاری‌ها درختان برای برداشت در قالب درختان بادافتاده صورت می‌گرفت. زمانی که باد افتادگی در یک جنگل روی می‌دهد یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها، خروج سریع و توجیه‌پذیر اقتصادی چوب‌آلات از مناطق است. نظر به محدودیت استفاده از شیوه‌های بهره‌برداری کاملاً مکانیزه در جنگل‌های شمال ایران به‌دلیل شرایط نامناسب توپوگرافی و پراکندگی مقطوعات استفاده از روش‌های بهره‌برداری مناسب برای خروج چوب‌آلات امری ضروری به‌نظر می‌رسد. بهره‌برداری جنگل، که جزء مرحلهٔ دوم نظام تولید در جنگل یعنی تولید مکانیکی محسوب می‌شود، بیشترین سهم هزینه‌ها در واحد بهره‌برداری را به‌خود اختصاص می‌دهد (wang *et al*., 2005) و یکی از حساس‌ترین مراحل تولید چوب به‌شمار می‌آید (Behjou *et al*., 2016) زیرا در این بخش با توجه به نیاز فراوان به سرمایه و نیروی کار برای استحصال و حمل و نقل چوب، باید کلیهٔ اقدامات بر پایهٔ اصول علمی و فنی دقیق استوار گردد تا ضمن خسارت کمتر به محیط‌زیست طبیعی اکوسیستم جنگل (Behjou *et al*., 2015)، نه تنها افت محصول به حداقل برسد، بلکه تولید محصول با حداقل هزینه صورت گیرد (Soenarno *et al*., 2022). تا قبل از شروع طرح تنفس جنگل (تا سال ۱۳۹۵)، دو سیستم چوبکشی در جنگل‌های شمال ایران تحت عناوین سنتی و نیمه‌مکانیزه در حال اجرا بوده است؛ از طرفی با توجه به فشار سازمان حفاظت محیط‌زیست، سیاست سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور در سال‌های منتهی به شروع طرح تنفس، خروج درختان ریشه‌کن شده و باد افتاده از جنگل ها بود؛ بنابراین آگاهی از هزینه‌های پرداخت شده به‌عنوان یک اهرم قوی برای مدیریت بهینهٔ جنگلداری جهت بهره‌مندی بهینه از امکانات و نیروی کار در صورت احیای مجدد برداشت از جنگل‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. در دنیا روش سنتی انتقال چوب زمانی که هنوز ماشین‌آلات وارد جنگل نشده بود روشی متداول بود امروزه نیز گونه‌های زیادی از حیوانات برای خروج چوب مورد استفاده قرار می‌گیرند و این امر بستگی به نوع کار و حیوانات در دسترس در منطقه دارد در بعضی از مناطق دنیا از حیوانات برای خروج چوب در جنگلداری استفاده می‌گردد (Jourgholami and Majnounian, 2010). از طرفی چوبکشی زمینی متداول‌ترین روش مورد استفاده برای خروج چوب‌آلات از جنگل در دنیا است (Wasterlund and Hassan, 1995). تخریب و کوبیدگی خاک‌های جنگلی از اثرات مهم بهره‌برداری با سیستم‌های چوبکشی زمینی است (Rab, 2004). این سیستم به‌دلایلی از جمله بالا بودن حجم چوب‌آلات قطع شده، وجود گونه‌های صنعتی و دارای ارزش افزودهٔ بالا، شیب‌دار بودن قسمت اعظم جنگل‌های شمال و کاهش هزینه‌های حمل و نقل اولیه در دهه‌های منتهی به طرح تنفس جنگل‌ها، در جنگل‌های شمال ایران رواج پیدا کرد (Jourgholami and Majnounian, 2008, Behjou *et al*., 2017). ماشین‌آلاتی که در عملیات بهره‌برداری جنگل بکار گرفته می‌شدند بیشتذ ماشین‌آلات سنگینی بودند که بکارگیری آن‌ها بدون تخریب و آسیب جدی به خاک و زادآوری ممکن نیست (Horn *et al*., 2004, Ampoorter *et al*., 2007).

با توجه به عدم برداشت چوب از جنگل‌های شمال ایران طی سال‌های اخیر و افزایش قاچاق چوب و زمین‌خواری در جنگل‌ها، با افزایش فشارهای متخصصان امر جنگل در جهت اجرای مجدد طرح‌های جنگلداری و بهره‌برداری کم اثر همراه با توجه به مسئلهٔ کاهش افت کمی و کیفی چوب درجریان عملیات بهره‌برداری مواجه هستیم بنابراین لازم است موضوعاتی با محوریت ارزیابی اقتصادی و اکولوژیک برداشت چوب از جنگل‌های شمال ایران با شیوه‌های سنتی و نیمه‌مکانیزه مورد توجه قرار گیرد تا در صورت برقراری مجدد برداشت چوب از جنگل، فشار سازمان‌هایی مثل حفاظت محیط‌زیست به سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کمتر شود. هر چند با محوریت ارزیابی اقتصادی و محیط‌زیستی بهره‌برداری جنگل، تحقیقاتی در جنگل‌های شمال انجام شده است اما با توجه به اینکه اعداد و ارقام مربوط به هر یک از مناطق جنگلی قابل استناد به همان ناحیه است بنابراین تحقیق حاضر با هدف

بررسی و مقایسهٔ تولید، هزینه و آسیب به خاک در روش‌های چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی در جنگل‌های سیاهکل استان گیلان انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش

منطقهٔ مورد مطالعه: منطقهٔ مورد بررسی در سری ۴ شیرقلایع سیاهکل که قسمتی از حوضهٔ آبخیز ۲۴ سیاهکل گیلان از جنگل‌های شمال ایران محسوب می‌گردد؛ واقع شده است که از نظر اداری و استحفاظی تابع ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان سیاهکل و ادارهٔ کل منابع طبیعی استان گیلان است. فاصلهٔ این طرح تا مرکز شهرستان سیاهکل در حدود ۱۵ کیلومتر است. جنگل‌های این سری براساس سیستم مختصات UTM در طول جغرافیایی (طول شرقی) ´۰۲ °۳۹ تا ´۹۰ °۳۹ و عرض جغرافیایی (عرض شمالی) ´۹۳ °۴۰ تا ´۰۰ °۴۱ واقع شده است و حدود ارتفاعی آن حداقل ۲۸۰ متر و حداکثر ۱۴۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. مساحت کل سری ۲۵۴۲ هکتار می‌باشد. سری ۴ شیرقلایع از شمال به طرح جنگلداری سری ۶ ملک رود و سری اشکراب و از جنوب و شرق به طرح جنگلداری سری ۴ سیستان (حوضهٔ ۲۳) و از غرب به طرح جنگلداری لونک محدوداست (شکل۱). این بررسی در دو پارسل مجاور هم از این سری یعنی پارسل‌های ۴۳۲ و۴۳۳ به‌ترتیب با مساحت‌های ۵۶ و ۷۵ هکتار انجام گرفت که پارسل ۴۳۳ دارای مسیر اسکیدررو به طول حدودی ۱۰۰۰ متر و پارسل ۴۳۲ دارای مسیر قاطررو به طول حدود ۲۵۰ متر بود. به‌طور کلی در سطح سری تیپ عمده راش ممرز و بعضاً راش خالص بوده و گونه‌های همراه نظیر توسکا، افرا، نمدار، بارانک و ملج و ندرتاً سرخدار مشاهده می‌شود. (Anonymous, 2009).



شکل ۱- موقیت سری شیرقلایع در حوزهٔ سیاهکل استان گیلان و پارسل‌های مورد بررسی

روش تحقیق: به‌منظور مقایسهٔ عملکرد (میزان تولید ساعتی و هزینهٔ واحد تولید) در دو شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه با اسکیدر تیمبرجک مدل ۴۵۰ سی و انتقال سنتی با قاطر از پای کنده تا محل انباشت کنار جاده اقدام به مطالعهٔ کار و زمان‌سنجی شد. در مطالعه اولیه ۱۱ نمونه زمان چوبکشی با اسکیدر و ۱۰ نوبت انتقال سنتی با قاطر، با در نظر گرفتن مقدار خطای ٪ ۵ تعداد ۶۶ نمونه برای چوبکشی با اسکیدر و ۳۴ نمونه برای انتقال سنتی جهت برداشت ضروری به‌نظر رسید (رابطهٔ ۱).

(رابطهٔ ۱)

$$n = \frac{t^2 * S^2}{E^2}$$

در رابطه (۱) n: تعداد نمونهٔ مورد نیاز، میزان t برابر ۲، S_x: انحراف معیار حاصل از آماربرداری اولیه و E: میزان دقت قابل قبول است. با توجه به لزوم ذخیرهٔ مقداری نمونه برای اعتبارسنجی در این بررسی، تعداد ۷۰ نمونه برای چوبکشی با اسکیدر و ۴۲ نمونه برای انتقال سنتی برداشت شد. برای بررسی میزان تولید و هزینهٔ خروج یک متر مکعب چوب در شیوه‌های چوبکشی نیمه‌مکانیزه

و انتقال سنتی، مطالعهٔ کار و زمان‌سنجی هر نوبت کار انجام شد. به‌منظور انجام این نوع مطالعه، ابتدا کار به‌اجزای مشخصی که در ادامه خواهد آمد، تقسیم شده و سپس زمان اجرای اجزای یک چرخهٔ کاری اندازه‌گیری می‌شود (Myata *et al*., 1981).

چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی: اجزای یک نوبت چوبکشی شامل زمان‌های حرکت بدون بار با اسکیدر، استقرار، بازکردن و کشیدن کابل وینچ، بستن قلاب به گرده‌بینه، جمع کردن وینچ (وینچینگ)، برگشت با بار (اسکیدینگ)، باز کردن قلاب در محل دپو و جابجایی و مرتب کردن در دپو (تخلیه) است که تأخیرها (تأخیر اجرائی، تأخیر فنی و تأخیر شخصی) نیز مشخص و با لحاظ آن زمان یک نوبت چوبکشی به روش زمان‌سنجی پیوسته با بهره‌گیری از کرونومتر انجام شد. همچنین متغیرهای طول مسیرهای چوبکشی و وینچینگ، شیب مسیر چوبکشی و وینچینگ، قطر و تعداد گرده‌بینه در هر نوبت کار اندازه‌گیری و ثبت شد. اجزای یک نوبت کار انتقال در شیوهٔ انتقال سنتی نیز شامل حمل بدون بار، بارگیری، حمل با بار و تخلیه است که زمان تأخیرها در حین مطالعهٔ کار و زمان‌سنجی ثبت شد. در شیوهٔ انتقال سنتی عواملی مانند فاصلهٔ چوبکشی (متر) شیب مسیر (درصد) و حجم بار (به مترمکعب) اندازه‌گیری و ثبت شد.

تولید در چوبکشی نیمه مکانیزه و انتقال سنتی: میزان تولید در چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی عبارت است از مقدار حجم حمل شده گرده‌بینه یا چوب‌آلات دیگر توسط اسکیدر یا قاطر به زمان کل صرف شده که از رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود.

(رابطهٔ ۲)

$$\text{مقدار تولید با و بدون تأخیر (مترمکعب در ساعت)} = \frac{\text{کل حجم حمل شده(متر مکعب)}}{\text{کل زمان صرف شده (ساعت)}}$$

هزینهٔ در چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی: میزان هزینه در چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی به‌صورت پیمانکاری انجام گرفته است، از این‌رو هزینه‌های پیمانکاری مستقیم وارد محاسبات شد که از مجموع هزینه‌های پرداخت شده به‌میزان تولید به مترمکعب و از رابطهٔ (۳) محاسبه شد.

(رابطهٔ ۳)

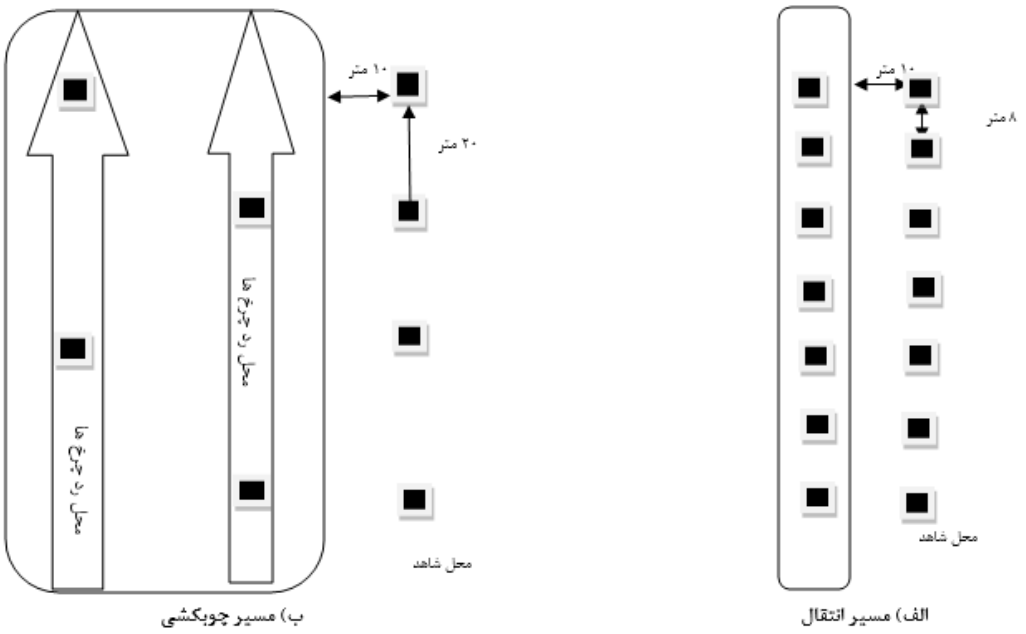
$$\text{هزینه چوبکشی (ریال به مترمکعب)} = \frac{\text{هزینه سیستم(ریال بر ساعت)}}{\text{میزان تولید(متر مکعب بر ساعت)}}$$

تأثیر چوبکشی نیمه‌مکانیزه و انتقال سنتی بر خصوصیات فیزیکی خاک: به‌منظور مقایسهٔ تأثیر شیوه‌های مورد بررسی (شکل ۲) بر خصوصیات فیزیکی خاک، پس از تعیین طرح (استراتژی) نمونه‌برداری (شکل ۳) به‌صورت تصادفی سیستماتیک، ابتدا بافت خاک در مسیرهای چوبکشی نیمه‌مکانیزه و مسیرهای انتقال (مالرو) در روش سنتی با برداشت نمونه‌های خاک از هر مسیر به روش هیدرومتری در آزمایشگاه، مشخص شد که بافت خاک در دو مسیر چوبکشی و انتقال یکسان، لومی سیلتی است. در هریک از شیوه‌ها بر طبق طرح نمونه‌برداری تشریح شده در شکل ۲، نمونه‌برداری خاک در محل مسیر چوبکشی و مسیر انتقال با حجم بار خارج شده به‌میزان یکسان (به‌ترتیب۱۵۰ متر مکعب چوب در هر مسیر) و همچنین در فاصلهٔ ۱۰ متری از لبهٔ این مسیرها به‌عنوان نمونه‌های دست‌نخورده (شاهد) به تفکیک انجام شد. بدین‌صورت که در هر یک از این مسیرها و محل‌های دست‌نخورده به‌ترتیب ۳۰ نمونه خاک در عمق (۱۰-۰ سانتی‌متر) و در کل ۱۲۰ نمونه خاک در فواصل مشخص‌شده از هم برداشت شد (شکل ۲). این نمونه‌ها توسط سیلندر استاندارد با قطر داخلی ۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری (با حجم ۱۹۶/۳۴ سی‌سی) به‌منظور تعیین مشخصه‌های فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص و رطوبت بعد از کنار زدن لایهٔ لاشبرگ برداشت شدند (Jourgholami and Majnounian, 2010). همچنین برای محاسبهٔ درصد تغییر خصوصیات وزن مخصوص و رطوبت خاک نسبت به مناطق شاهد از رابطهٔ (۴) استفاده شد.

رابطهٔ (۴)

$$\text{درصد تغییر} = \frac{\text{مقدار ثانویه}-\text{مقدار اولیه}}{\text{مقدار اولیه}}$$

شکل ۲- شیوهٔ انتقال سنتی با قاطر (تصویر بالا) و شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه با اسکیدر (تصویر پایین) در منطقهٔ پژوهش



شکل ۳- طرح (استراتژی) نمونه‌برداری خاک (نقاط مربعی با رنگ سیاه مکان‌های نمونه‌برداری خاک در محل‌های مسیر انتقال (الف) ردچرخ ها (ب) و محل‌های شاهد (الف و ب) را نشان می‌دهد)

مرکب نمودن جریان‌های نقدی: با توجه به این که تحقیق حاضر با داده‌های سال ۱۳۹۵ انجام شده است به‌منظور به‌روزکردن هزینه‌ها و جهت فهم بهتر در مورد هزینه‌های کنونی، بهره‌برداری به‌ویژه توسط مجریان طرح‌های جنگلداری با توجه به توقف

بهره‌برداری در وضعیت کنونی، جریان‌های نقدی به سال ۱۴۰۲ منتقل شد که بدین‌منظور از رابطهٔ اقتصادی مرکب کردن جریان‌های نقدی (رابطهٔ ۵) در چوبکشی نیمه مکانیزه و انتقال سنتی استفاده شد.

رابطهٔ (۵)

$$B= (1 + r)^{t} A$$

در این رابطه t: فاصلهٔ سال برداشت داده (۱۳۹۵) تا سال ۱۴۰۲ (سال انتشار پژوهش)، A: جریان نقدی در سال برداشت داده، r: نرخ فعلی کردن و B: ارزش در سال ۱۴۰۲ است.

یافته‌های پژوهش

محاسبات در شیوهٔ انتقال سنتی

مدل ریاضی آماری زمان پیش‌بینی یک نوبت چوبکشی: رابطهٔ (۶) مدل ریاضی زمان چوبکشی سنتی درختان را نشان می‌دهد

$$y = -۵۴۶/۱۱ + ۰/۰۴۴ x_۱ + ۰/۱۸۱ x_۲$$

که در آن:

y: زمان یک نوبت انتقال سنتی بدون احتساب زمان‌های تأخیر (دقیقه)

$x_۱$: فاصلهٔ حمل (متر)

$x_۲$: شیب مسیر چوبکشی (درصد)

محاسبات هزینه‌ای: جدول ۱ داده‌های مربوط به هزینه‌یابی خروج چوب در شیوهٔ انتقال سنتی را نشان می‌دهد. نرخ حیوان یا هزینش ساعتی سیستم حمل چوب با قاطر ۷۹۸۱۸ ریال است. از تقسیم هزینهٔ سیستم انتقال چوب بر میزان تولید، هزینهٔ واحد تولید به‌دست آمد. هزینهٔ واحد تولید (ریال به مترمکعب) با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون آن به‌ترتیب ۴۲۶۸۳۴ و ۳۹۵۱۳۸ ریال به‌ازای هر مترمکعب چوب به‌دست آمد.

جدول ۱- هزینه‌های مربوط به خروج چوب در شیوهٔ سنتی

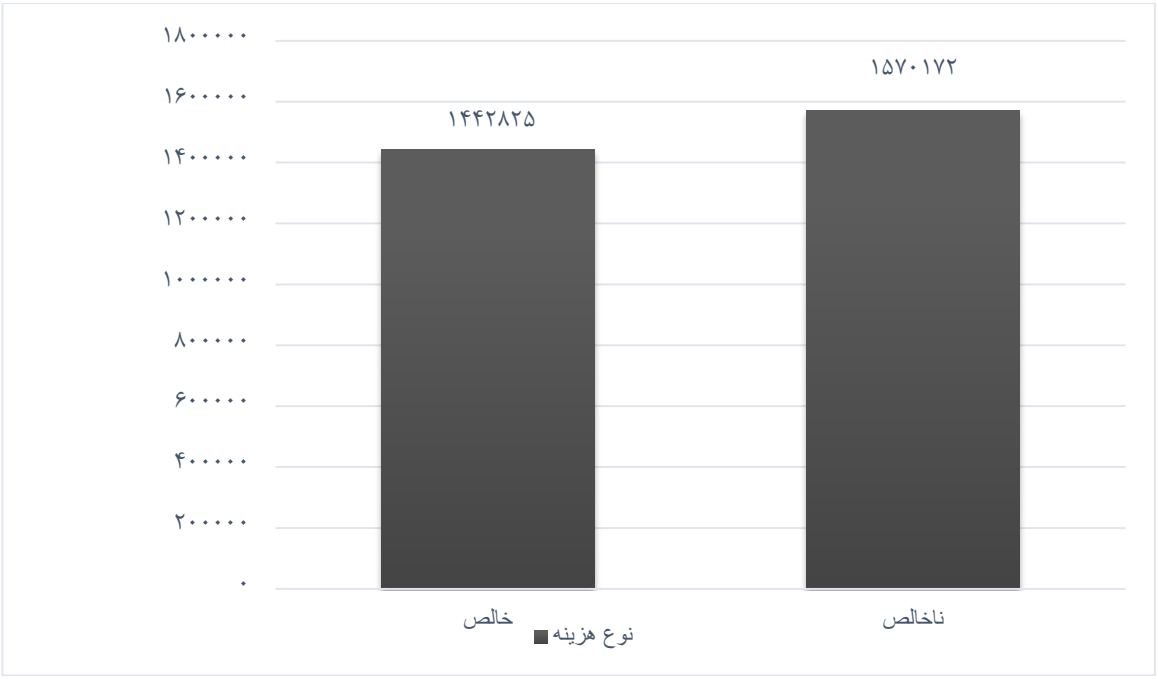
قیمت خرید قاطر (هزینهٔ ثابت)	۱۵۰۰۰۰۰۰ ریال
پالان قاطر (هزینهٔ متغیر)	۷۵۰۰۰۰ ریال سالیانه
افسار و ریسمان (هزینهٔ متغیر) (تعویض ماهیانه)	۲۵۰۰۰۰ ریال ماهیانه
نعل کردن قاطر (هزینهٔ متغیر) (هرده روز یک بار)	۴۰۰۰۰ ریال هر بار
هزینهٔ تعلیف روزانه	۴۵۰۰۰ ریال
هزینه‌های حمایتی شامل مکمل‌های غذایی، دارو، خدمات دامپزشکی، شستن و نگهبانی دادن، (هزینهٔ متغیر)	۷۵۰۰۰۰ ریال (پنج درصد قیمت خرید حیوان)
هزینه‌های کارگری (هزینه‌های کارگری برای بار زدن و راندن حیوان در طول کار) (هزینهٔ متغیر)	۲۰۰۰۰۰ ریال روزانه
نرخ حیوان (هزینهٔ ساعتی سامانهٔ حمل چوب با قاطر)	۷۹۸۱۸ ریال

بررسی اثرات تغییرات هر یک از متغیرهای وارد شده در مدل نشان داد که با افزایش متغیرهای مستقل شیب طولی و فاصلهٔ انتقال، هزینهٔ انتقال چوب‌آلات افزایش می‌یابد (جدول ۲).

جدول ۲- ارتباط متغیرهای مستقل فاصلهٔ چوبکشی و شیب طولی با متغیر وابستهٔ هزینهٔ واحد تولید

عنوان	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
حجم کل حمل شده (مترمکعب)	۳۹	۰/۱۱۷	۰/۲۰۲	۰/۱۵۵	۰/۰۲۰
فاصله (متر)	۳۹	۷۰۰	۹۵۶	۷۵۹/۶۴	۷۱/۴۵۹
شیب (٪)	۳۹	۲۵	۴۵	۳۵/۳۳	۴/۵۰۳
زمان (دقیقه)	۳۹	۲۲	۴۰	۲۸/۱۸	۴/۱۰۳

شکل ۴ داده‌های مربوط به هزینه‌های خروج چوب در سیستم سنتی را نشان می‌دهد که از تقسیم هزینهٔ سیستم چوبکشی بر میزان تولید، هزینهٔ واحد تولید به‌دست آمد. طبق شکل ۴، هزینهٔ واحد تولید (ریال بـه مترمکعب) با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون تأخیر بـه‌ازای مترمکعب چوب متفاوت است.



شکل ٤- میزان هزینهٔ خالص و ناخالص خروج چوب‌آلات در سیستم انتقال سنتی

مرکب کردن هزینه‌های واحد تولید

نرخ تنزیل: ۱۰ درصد $B= A(1 + r)^{t}$

خالص $۱۴۴۲۸۲۵ \times (۱/۱)^{۷} = ۲۸۱۱۶۷۵$

ناخالص $۱۵۷۰۱۷۲ \times (۱/۱)^{۷} = ۳۰۵۹۸۲۱$

باتوجه به نتایج شکل ۵ زمان حرکت بدون بار و حرکت با بار، بیشترین زمان یک نوبت انتقال با قاطر را به‌خود اختصاص داده است به‌طوری‌که ۷۴ درصد زمان یک نوبت چوبکشی را این دو مؤلفه به‌خود اختصاص داده‌اندکه در این بین سهم حرکت با بار، ۴ درصد بیشتر از حرکت بدون بار است که می‌تواند به‌دلیل خستگی حیوان در اثر حرکت بر خلاف شیب باشد.

محاسبات تولید: در این بررسی مشخص شد میزان تولید ساعتی سیستم (میزان چوب حمل شده به محل دپو در واحد زمان) با احتساب زمان‌های تأخیر، کمتر از حالت بدون احتساب زمان‌های تأخیر است (شکل ۶).

بررسی اثرات انتقال سنتی چوب برخصوصیات فیزیکی خاک: پارامترهای وزن مخصوص خاک و درصد رطوبت در هر یک از این مسیرها نسبت به هم مقایسه شد (جدول ۳).

محاسبات در شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه

مدل آماری ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی: رابطهٔ (۷) مدل ریاضی زمان چوب‌کشی با اسکیدر را نشان می‌دهد.

رابطهٔ (۷)

$$y=۴/۹۲۶+۰/۰۰۹\ x_۱+۰/۰۰۶x_۲$$

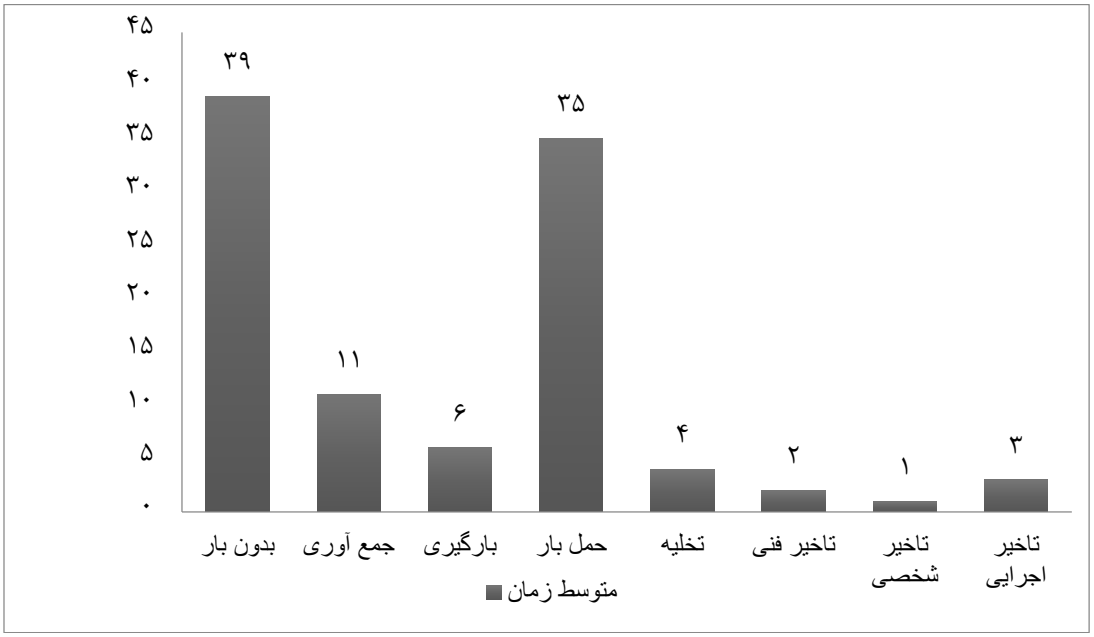
در این رابطه:

y: زمان یک نوبت چوبکشی با اسکیدر بدون احتساب زمان تأخیر (دقیقه)

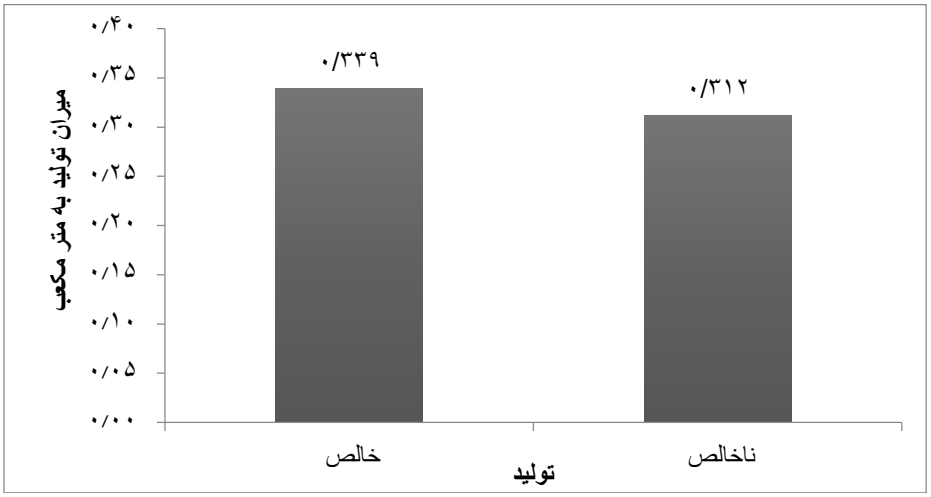
x_1: فاصله چوبکشی بار (متر)

x_2: شیب مکان تبدیل درختان ریشه‌کن (درصد)

در جدول ۴ خلاصهٔ مدل و تجزیه واریانس مدل ریاضی چوبکشی نشان داده شده است.



شکل ۵- متوسط درصد زمانی اجرای یک نوبت چوبکشی



شکل ٦ - میزان تولید خالص و ناخالص خروج سنتی چوب آلات

جدول ۳- وضعیت وزن مخصوص خاک و درصد رطوبت در مسیرهای انتقال

محل	وزن مخصوص خاک (gr/cm3)	درصد رطوبت خاک	درصد تغییر وزن مخصوص نسبت به شاهد	درصد تغییر رطوبت خاک نسبت به شاهد
شاهد	۱/۰۸	۲۵/۱۴	۲۹	۴۲
مسیر انتقال (مالرو)	۱/۳۹	۳۵/۷۶		

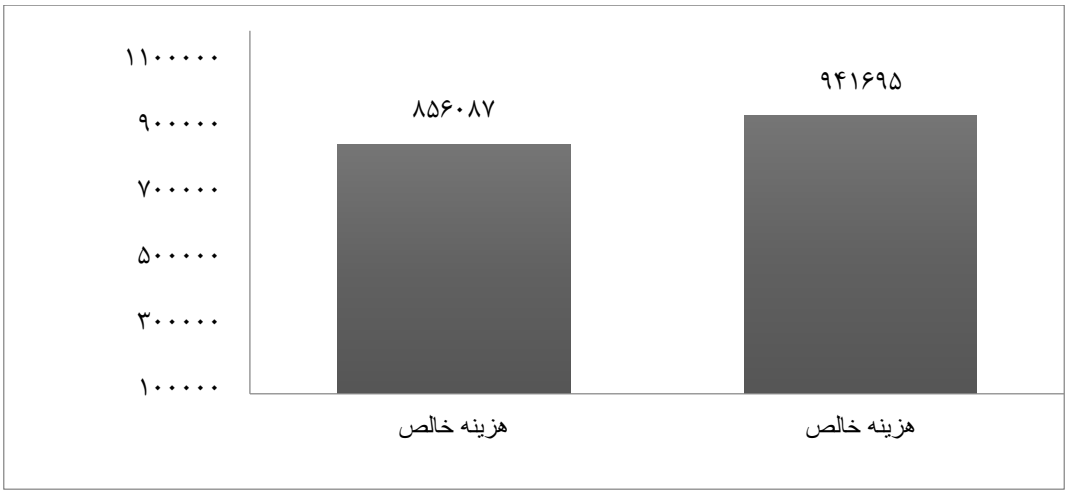
جدول ٤- خلاصهٔ مدل و تجزیه واریانس مدل ریاضی چوبکشی

منبع	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	R^2 (%)	R	P
رگرسیون	۷۱۵/۸۹۱	۲	۳۵۷/۹۴۶	۷۸/۶۵۵	۰/۸۴۸۱	۰/۹۲۱	۰/۰۰۰۱
خطا	۱۲۸/۲۲۸	۶۴	۲/۰۰۴				
مجموع	۸۴۴/۱۱۹	۶۶					

محاسبات هزینه‌ای: هزینهٔ واحد تولید (ریـال بـه مترمکعب) با احتساب زمان‌های تأخیر بیشتر از هزینهٔ واحد تولید (ریـال بـه مترمکعب) بدون احتساب این زمان‌ها به‌دست آمد (جدول ۵ و شکل ۷)؛ که بیانگر وجود زمان‌های تأخیر در حین اجرای عملیات چوبکشی است.

جدول۵ - هزینه‌های مربوط به چوبکشی نیمه‌مکانیزه

پارامتر	هزینه‌های ثابت (ریال در ساعت)			هزینه‌های متغیر (ریال در ساعت)					نرخ ماشین (ریال در ساعت)	هزینه کارگری (ریال در ساعت)	هزینه کل سیستم (ریال در ساعت)
هزینه	سود سرمایه	استهلاک	بیمه و مالیات	تعمیر و نگهداری	سوخت، روغن و فیلتر	تایر	کابل‌ها		۲۳۸۷۳۶۶۳	۲۶۷۹۹۵	۲۴۱۴۱۶۵۸



شکل ۷- هزینهٔ خالص و ناخالص شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه

محاسبات تولید: در این بررسی میزان تولید سیستم (میزان چوب حمل شده با اسکیدر به کنار جاده در واحد زمان) با احتساب زمان‌های تأخیر کمتر از حالت بدون احتساب زمان‌های تأخیر به‌دست آمد (شکل ۸).

تأثیر چوبکشی نیمه‌مکانیزه برخصوصیات فیزیکی خاک: براساس جدول ۶ مشخصه‌های وزن مخصوص خاک و درصد رطوبت در هر یک از این مسیرها نسبت به هم با توجه به قطعات نمونهٔ برداشت شده محاسبه و مقایسه شده است (جدول ۶).

مرکب کردن هزینه‌های واحد تولید

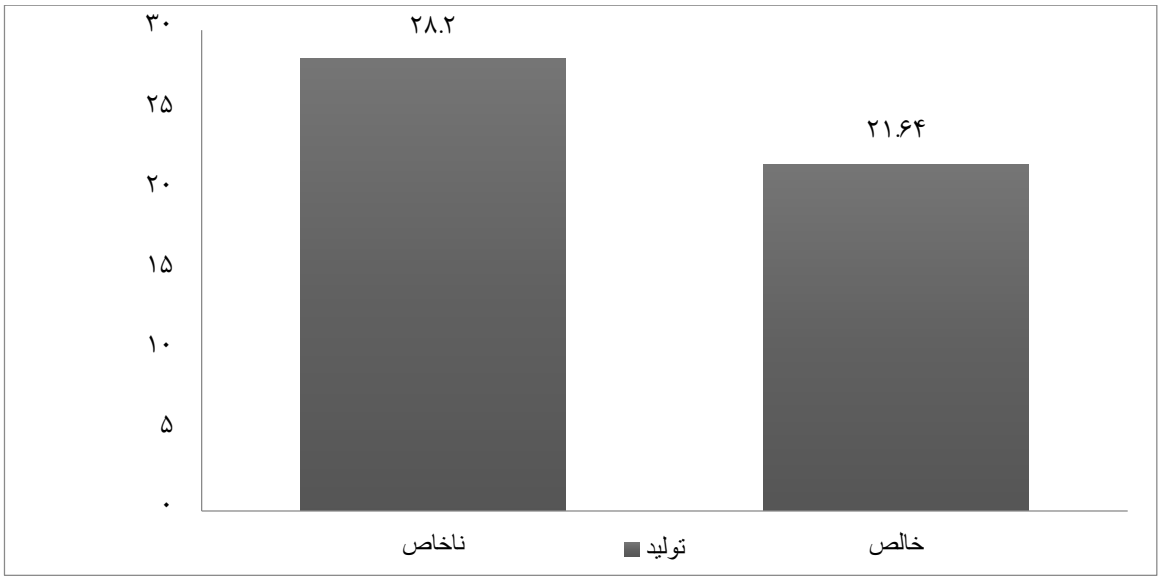
نرخ تنزیل: ۱۰ درصد

$$B= A(1 + r)^{t}$$

نیمه‌مکانیزه

خالص $۸۵۶۰۸۷ \times (۱/۱)^{۷} = ۱۶۶۷۶۵۷$

ناخالص $۸۵۶۰۸۷ \times (۱/۱)^{۷} = ۱۸۳۵۰۹۷$



شکل ۸- تولید خالص و ناخالص خروج چوب‌آلات با اسکیدر

جدول ٦- وضعیت وزن مخصوص خاک و درصد رطوبت در مسیرهای چوبکشی

مسیر	وزن مخصوص خاک (gr/cm3)	درصد رطوبت خاک	درصد تغییر وزن مخصوص نسبت به شاهد	درصد تغییر رطوبت نسبت به شاهد
شاهد	۱/۰۴	۲۷/۴۲	۱۱	۲۳
اسکیدررو	۱/۱۶	۳۳/۶۷		

بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر اجرای سیاست توقف برداشت چوب از جنگل‌ها موجب شده است که میزان فرآورده‌های چوبی حاصل از نشانه-گذاری به صفر برسد؛ که این خود بر ضعیف‌تر شدن وضعیت صنایع چوبی کشور افزوده است. هر چند در سال‌های اجرای طرح‌های جنگلداری تحقیقاتی در این زمینه انجام شده است اما انجام چنین پژوهش‌هایی با محوریت ارزیابی اقتصادی و اکولوژیک بهره-برداری جنگل در دورهٔ تنفس جنگل‌ها نیز به‌نظر امری ضروری است تا در صورت اجرای مجدد بهره‌برداری از جنگل‌ها، اطلاعات لازم در مناطق مختلف جنگل فراهم باشد چراکه با توجه به تنوع شرایط توپوگرافی و ساختاری درختان و جنگل، در هر سری جنگلی ممکن است نتایجی متفاوت حاصل شود. طبق یافته‌های محققان اجرای عملیات بهره‌برداری جنگل و استفادهٔ بهینه از خدمات و کالاهای آن امری ضروری و غیر قابل انکار برای مانایی این اکوسیستم تلقی می‌شود (Behjou *et al*., 2020). اگر طبق اصول و ضوابط اقتصادی بخواهیم کوچک‌ترین واحد مدیریتی جنگل را معرفی کنیم می‌توان سری جنگلی (که باید دارای طرح جنگلداری باشد) را به‌عنوان این واحد معرفی کرد بنابراین براساس تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی این واحد بایستی برای بقا و استمرار دارای سوددهی مناسب در میان مدت باشد (Saeed, 2006). از این‌رو استفاده از کالاهای استخراج شده از جنگل همراه با استفاده از خدمات حاصل از این اکوسیستم به‌صورت مستمر و پویا می‌تواند عاملی برای حفظ این اکوسیستم باشد (Laitila and Väätäinen, 2023). رویکردهای استفاده از اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند در قالب‌های کلی برداشت چوب (بهره‌برداری) و یا استفاده از کل کالاها و خدمات جنگل (بهره‌برداری و بهره‌وری) انجام شود (Soenarno *et al*., 2022). جنگل‌های شمال ایران در کنار کارکردهای اکولوژیک به تولید کالاهای ملموس چوبی معروف است بنابراین استفاده از رویکرد بهره‌گیری از کل کالاها و خدمات جنگل به‌نظر امری اجتناب‌ناپذیر و ضروری است تا بتوان در کنار پویایی صنایع وابسته به جنگل مقدمات حفاظت از این اکوسیستم را نیز فراهم نمود (Behjou, 2017) اما با توجه به رویکرد سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور از سال ۱۳۹۵ در قالب اجرای طرح تنفس جنگل‌ها می‌توان اذعان نمود این موضوع نتیجه‌ای جز استثمار بیشتر منابع جنگلی را به‌همراه نداشته و نخواهد داشت. براساس نتایج تحقیق حاضر استفاده از شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه و یا شیوهٔ انتقال سنتی می‌تواند آورده‌های تولیدی

و درآمدی در پی داشته باشد هرچند که هر کدام از این سیستم‌ها خسارت‌های اکولوژیک از جمله خسارت به خاک عرصه را به‌همراه داشته است (Wang *et al*., 2005). طبق نتایج تحقیق در منطقهٔ مورد بررسی میزان تولید در شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه از شیوهٔ انتقال سنتی بیشتر است (شکل‌های ۶ و ۸). براساس نتایج تحقیق میزان هزینهٔ واحد تولید در سیستم چوبکشی نیمه‌مکانیزه از شیوهٔ انتقال سنتی کمتر است (شکل‌های ۴ و ۷). چوبکشی به روش نیمه‌مکانیزه برای درختان ریشه‌کن شده در کنار جادهٔ جنگلی یا در محدودهٔ مسیرهای چوبکشی که در سال‌های گذشته مشخص شده امکان‌پذیر است اما در فواصل بیشتر وضع متفاوت خواهد شد و عملاً بیشترین زمان صرف شده در سیکل کاری به حرکت اسکیدر در طول مسیر اختصاص یافته (حرکت بدون بار وحرکت با بار)، که می‌تواند به‌دلیل فاصله بین چوب‌آلات از کنار کنده تا کنار مسیر یا جاده جنگلی (محل بارگیری) و همچنین پراکنش زیاد درختان ریشه‌کن شده باشد. پراکندگی این درختان در عرصهٔ جنگل، باعث تأثیرگذاری منفی بر میزان تولید ساعتی و افزایش هزینهٔ خروج هر مترمکعب چوب شده است. همان‌طورکه در تحقیقات دیگر نیز به اثبات رسیده است براساس نتایج این پژوهش در شیوهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیزه میزان تولید در ساعت بیشتر و هزینهٔ خروج کمتر است. با توجه به یافته‌های تحقیق، متغیرهای مستقلی که بر مدل ریاضی‌آماری پیش‌بینی زمان در دو سیستم انتقال سنتی و چوبکشی نیمه‌مکانیزه مؤثر بوده‌اند، در شیوهٔ سنتی شامل فاصلهٔ حمل و شیب مسیر و در شیوهٔ نیمه‌مکانیزه شامل فاصلهٔ چوبکشی و شیب است که این موضوع با تحقیقات (Behjou *et al*., 2008) مطابقت دارد. نظر به اینکه زمان بررسی میدانی پژوهش در سال ۱۳۹۵ انجام شده است به‌منظور آشنایی خوانندگان با میزان کنونی هزینه‌های بهره‌برداری در صورت اجرا، نویسندگان بر آن شدند برای اولین بار در پژوهش‌های این چنینی در ایران، جریان‌های نقدی (ریالی) را به سال ۱۴۰۲ انتقال دهند بنابراین برای رسیدن به این مهم از فرمول مرکب کردن جریان‌های نقدی با در نظر گرفتن نرخ فعلی کردن استفاده شده است که اعداد حاصل از این تبدیل نشان داد میزان هزینهٔ واحد تولید در انتقال سنتی از چوبکشی نیمه‌مکانیزه بیشتر است (هزینهٔ انتقال سنتی چندین برابر هزینهٔ چوبکشی نیمه‌مکانیز است). بیشترین زمان صرف‌شده در سیکل کاری شیوهٔ انتقال سنتی به‌طول مسیرهای چوبکشی اختصاص یافته است که می‌تواند به‌دلیل طول زیاد مسیرهای چوبکشی باشد. از طرفی پراکندگی درختان در عرصه و قدرت محدود شیوهٔ انتقال سنتی باعث کاهش میزان تولید ساعتی و افزایش هزینهٔ خروج هر مترمکعب چوب شده است. حرکت بدون بار و حرکت با بار بیشترین درصد زمان انتقال سنتی را تشکیل می‌دهد؛ هرچند در حرکت بدون بار، حیوان مسیری با شیب رو به بالا را طی می‌کرد که باعث می‌شد افزایش فاصلهٔ چوبکشی موجب کاهش قدرت حمل بارگردد. یکی دیگر از دلایل بالاتر بودن زمان حرکت بدون بار، حرکت در جهت خلاف شیب است؛ اما در حرکت با بار به‌دلیل مشخص بودن مقصد (دپو) مسافت کمتری طی شده و زمان کمتری نسبت به حرکت بدون بار را به‌خود اختصاص می‌دهد. نتایج این بررسی نشان داد میزان تولید در انتقال سنتی با و بدون احتساب زمان‌های تأخیر به‌ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۶۱ مترمکعب در ساعت است تأخیرها در مجموع ۶ درصد کل زمانی انتقال سنتی را به‌خود اختصاص دادند. عواملی مانند تأخیر برای بارگیری، تأخیر برای آماده‌کردن مجدد در محل دپو برای شروع حرکت بعدی و بازکردن بار و تأخیر برای دوباره در مسیر آوردن از مهم‌ترین عوامل وقفه درجریان کار می‌باشد. در شیوهٔ انتقال سنتی هزینه‌های خروج هر مترمکعب چوب با و بدون احتساب زمان‌های تأخیر به‌ترتیب ۱۵۷۰۱۷۲ و ۱۴۴۲۸۲۵ ریال برای هرمترمکعب محاسبه گردیدکه رقم بسیار بالایی است هر چند هنگامی که امکان دسترسی به منطقهٔ مورد مطالعه از طریق جاده‌های جنگلی و مسیرهای چوبکشی وجود ندارد و ب‌کارگیری ماشین‌آلات امکان‌پذیر نیست، خروج چوب به‌صورت سنتی جایگزین مناسبی است.

در بخش ارزیابی اکولوژیک با وجود اینکه عرض مسیرهای چوبکشی بیشتر از مسیرهای انتقال است اما از نظر کوبیدگی و رطوبت خاک، در مسیر چوبکشی نسبت به مسیرهای انتقال (مالرو)، کوبیدگی خاک کمتر بوده است؛ به‌طوری‌که درصد تغییرات وزن مخصوص خاک نسبت به منطقهٔ شاهد در شیوهٔ انتقال سنتی ۲۹ درصد ولی در شیوهٔ نیمه‌مکانیزه ۱۱ درصد بوده است. همچنین درصد تغییرات رطوبت خاک در شیوهٔ انتقال سنتی نسبت به منطقهٔ شاهد ۴۲ درصد ولی در شیوهٔ نیمه‌مکانیزه نسبت به منطقهٔ شاهد ۲۳ درصد بیشتر به‌دست آمد (جدول‌های ۳ و ۶). به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان چنین اذعان نمود که در صورت احیای مجدد بهره‌برداری جنگل و اجرای طرح‌های جنگلداری، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور بایستی در خروج گرده‌بینه‌ها از

عرصهٔ جنگل، رویکرد استفاده از شیوهٔ نیمه‌مکانیزه را در پیش بگیرد همچنین به‌منظور کمینه‌کردن خسارت‌های وارده به عرصه از روش‌های کاهش خسارت به عرصه مانند استفاده از ضایعات چوبی در مسیرها استفاده نماید.

References

Ampoorter, E. Goris, R., Cornelis, W., Verheyen, K., 2007. Impact of Mechanized Logging on Compaction Status of Sandy Forest Soils, Forest Ecology and Management 241(1), 162-174.

Anonymous, 2009. Shirghalaieh forest management plan, Natural resources and watershed management organization. 398 p. (In Persian)

Asghari, Sh., Ahmadnejad, S., Behjou, F.K., 2016. Deforestation effects on soil quality and water retention curve parameters in eastern Ardabil, Iran, Eurasian Soil Science 49(3), 338-346.

Behjou, F.K., 2017. Tree regeneration following ground-base skidding in a Caspian forest, Austrian Journal of Forest Science 134(2), 149-161.

Behjou, F.K., 2020. Biodiversity and Ecosystem, Jahad Daneshgahi press. First edition, 212 p. (In Persian)

Behjou, F.K., Majnounian, B., Namiranian, M., 2015.Technical Analysis of Created Scars on the Edge Trees of Skid-trail due to Skidding Operation, Journal of Forest and Wood Products 67(4), 541-552. (In Persian)

Behjou, F.K., Majnounian, B., Namiranian, M., Dvořák J., 2008. Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450C in Caspian forests, Journal of Forest Science 54(4), 183-188.

Behjou, F.K., Majnounian, B., Namiranian, M., Feghhi, J., Saeed, A., 2016. Estimation of production and logging costs in Shafaroud logging company. Iranian Journal of Natural Resources 69(3), 473-484. (In Persian)

Ebne Jalal, R., Bejestan, M., 1997. Soil mechanics, Shahid Beheshti University press, 729 p. (In Persian)

Gilanipoor, N., Najafi, A., Heshmat Vaezin, S.M., 2012. Productivity Model and cost of steel tracked skidder LTT-100A in downward skidding (Case Study: Research and Education Forest of University Tarbiat Modares). Iranian Journal of Forest 4(3), 243-252. (In Persian)

Horn R., Vossbrink J., Becker S., 2004: Modern Forestry Vehicles and Their Impacts on Soil Physical Properties. Soil and Tillage Research 79(2), 207-219.

Jourgholami, M. Majnounian, B., 2008. Productivity and cost of wheeled skidder in Hyrcanian forest. International journal of natural and engineering sciences 2(3), 99-103. (In Persian)

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)

Jourgholami, M., Majnounian, B., Zobeiri, M., Feghhi, J. 2008. Evaluation of production and costs of mule logging in down andup slopes (Case study: Kheirood forest), Journal of the Iranian Natural Resources 61 (3), 625-636. (In Persian)

Laitila, J., Väätäinen, K., 2023. The productivity and cost of harvesting whole trees from early thinnings with a felling head designed for continuous cutting and accumulation, International Journal of Forest Engineering 34 (1), 76-89.

Miyata, E.S., Steinhib, H.M., Winsauer, S.A., 1981. Using work sampling to analyze logging operations, United State Department of Agriculture, Research paper NC-213. 11pp.

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 (1-3), 329–340.

Saeed, A., 2006. Forest Economics. Tehran University press. First edition, 387 p. (In Persian)

Soenarno, D., Yuniawati, Suhartana, S., Gandaseca S., Rochmayanto, Y., Supriadi, A., Andini, S., 2022. Working Time, Productivity, and Cost of Felling in a Tropical Forest: A Case Study fromWijaya Sentosa's Forest Concession Area, West Papua, Indonesia 13(1), 11p.

Wang, J. Chris, B. Edwards, L P. Jones, M., 2005. Soil Bulk Density Changes Caused by Mechanized Harvesting: A Case Study in Central Appalachia, Forest Products Journal 55(11), 37-40.

Wasterlund, I., Hassan, A.E., 1995. Forest harvesting systems friendly to the environment. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, S-77698, Garpendberg, 30 p.