نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲
ص ۴۷-۵۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۹

مطالعهٔ تولید و هزینهٔ خروج چوب با تراکتور کشاورزی (مطالعهٔ موردی: جنگل‌کاری‌های منطقهٔ شیخ‌نشین شفارود)

❖ **مهرداد نیکوی *؛** استادیار گروه جنگل‌داری دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
❖ **رامین نقدی؛** دانشیار گروه جنگل‌داری دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
❖ **آرزو اسماعیل‌نژاد؛** کارشناس ارشد مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

Archive of SID

چکیده

تراکتورهای کشاورزی ماشین‌های چندکاره‌ای هستند که کاربرد زیادی به‌خصوص در کشاورزی و بهره‌برداری جنگل دارند. حمل به روش چوب کوتاه با استفاده از تراکتور کشاورزی مجهز به یدک‌کش از روش‌های خروج چوب است که در جنگل‌کاری‌های شمال ایران مانند بسیاری از نقاط دیگر دنیا رایج است که طی آن گرده‌بینه‌های کوتاه از کنار کنده به محل دپو حمل می‌شوند. در این مطالعه، که در عرصه‌های جنگل‌کاری منطقهٔ شیخ‌نشین حوزهٔ آبخیز شفارود انجام شده است، ٦٩ نوبت چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی مطالعه و پس از تعیین عوامل تأثیرگذار بر زمان چوب‌کشی، مطالعهٔ زمانی اجزای یک نوبت چوب‌کشی برای تعیین مدل پیش‌بینی زمان آن انجام و هزینهٔ تولید بهره‌برداری در ساعات کار مفید و برنامه‌ریزی‌شده محاسبه شد. زمان چوب‌کشی تحت تأثیر تعداد گرده‌بینه، حجم بار، و فاصلهٔ چوب‌کشی است. نتایج نهایی نشان داد متوسط تعداد بینه در هر نوبت چوب‌کشی ۵۹ عدد، حجم بار ۳/۸۱ متر مکعب، و فاصلهٔ چوب‌کشی ۲۰۲ متر است و با این مقادیر میزان تولید ساعتی تراکتور کشاورزی در ساعات کار مفید ٥/٦٦ متر مکعب و در ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده ٥/٣٤ متر مکعب و هزینهٔ واحد تولید با و بدون احتساب زمان‌های تأخیر به‌ترتیب ٨٨١٩٦ و ٨٠٣٥٤ ریال بود. نتایج این مطالعه، همگام با تحقیقات پیش رو، با برآورد دقیق و با جزئیات هزینه‌های بهره‌برداری به برنامه‌ریزان بهره‌برداری جنگل، مدیران جنگل، و بهره‌برداران اجازه می‌دهد تا با مقایسه، ماشین مناسب را انتخاب کنند.

واژگان کلیدی: تولید و هزینه، جنگل‌کاری، چوب‌کشی، مطالعهٔ زمانی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۱۸۲۳۲۲۳۶۰۰ تلفن همراه ۰۹۱۱۳۳۸۸۳۰۵
Email: Nikooy@Guilan.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

کاهش بهره‌برداری از جنگل‌های طبیعی در کنار نیاز به چوب ـ به‌عنوان یک کالای مصرفی ــ برای کارخانجات چوب‌بری و سایر مصارف مربوط، استفاده از جنگل‌کاری برای تولید چوب را در شمال کشور متداول کرده است که پس از رسیدن به سن بهره‌برداری، قطع و از عرصه خارج می‌شوند. این کار از طریق همان ماشین‌آلاتی انجام می‌شود که در جنگل‌های کوهستانی برای عملیات بهره‌برداری استفاده می‌شوند. تراکتور کشاورزی یکی از این ماشین‌آلات است، که عموماً در عرصه‌های بهره‌برداری کوچک و جایی که استفاده از اسکیدرها اقتصادی نیست، استفاده می‌شود. بنابراین، تراکتور کشاورزی ماشین منحصربه‌فردی در عرصه‌های جنگلی تا شیب ۱۵ درصد است که در مناطق کوهستانی عموماً برای خروج چوب‌آلات هیزمی و کاتینی از آن استفاده می‌شود [۱]. استفاده از تراکتور کشاورزی، به‌عنوان ماشینی چندکاره، در کارهای کشاورزی و جنگل‌داری در بسیاری از کشورهای دنیا متداول است. امروزه، در بخش جنگل‌داری، تراکتورهای کشاورزی تغییر شکل یافته‌اند و برای خروج چوب از کنار کنده تا دپو به‌کار می‌روند. گاهی این تغییر شکل به‌صورت نصب یدکش به انتهای تراکتور، تجهیز تراکتور به چنگک، و همچنین نصب بازوی بارگیری برای بارگیری و تخلیهٔ چوب‌آلات است [۲]. در مناطقی که شرایط زمین و وسعت عملیات بهره‌برداری محدود نباشد استفاده از تراکتورهای کشاورزی در بخش جنگل‌داری متداول است. در کشورهای درحال‌توسعه، استفاده از ماشین‌آلات مکانیزه به‌سبب سرمایه‌گذاری اولیهٔ بالا و مصرف بالای سوخت، که به قیمت بالای سوخت مربوط است، اقتصادی نیست [۳، ۴]. بنابراین، در مناطق مسطح و کم‌شیب استفاده از تراکتورهای کشاورزی، که در مقایسه با سایر ماشین‌آلات مکانیزهٔ بهره‌برداری به سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های عملیاتی کمتری نیاز دارند، بهینه‌تر به‌نظر می‌رسد. استفاده از تراکتور برای چوب‌کشی، علاوه بر کارآمدبودن، خسارات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد [۵]. خروج گرده‌بینه با تراکتور کشاورزی از روش‌های سنّتی چوب‌کشی است که در مناطق مسطح و کم‌شیب ترکیه استفاده می‌شود [۲]. جنگل‌داران کشورهای اسکاندیناوی، برای خروج چوب در فصل زمستان، از تراکتوری که تجهیزات خاصی به آن متصل می‌شود استفاده می‌کنند [۵]. در امریکای شمالی، برای کسب درآمد بیشتر، از تراکتورهای کشاورزی برای خروج چوب استفاده می‌شود. این کار با تجهیز تراکتور به وسایل دیگر و استفاده از آن در فعالیت‌های مختلف بهره‌برداری، مانند قطع، تبدیل، چوب‌کشی، پردازش، و خروج انجام می‌گیرد [۶]. کسب اطلاعات در زمینهٔ تولید و هزینهٔ سیستم‌های بهره‌برداری، برای ارزیابی طرح‌های مدیریت جنگل در شمال ایران، اهمیت اساسی دارد [۷] و در حوزهٔ تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و انتخاب روش‌های صحیح بهره‌برداری ضروری است. پژوهشگران بسیاری به مطالعهٔ تولید و هزینهٔ عملیات چوب‌کشی پرداخته‌اند [۸، ۹، ۱۰]. در این مطالعات، برخی متغیرهای مستقل، بر زمان چوب‌کشی و به تبع آن بر تولید ماشین چوب‌کشی تأثیرگذار بوده‌اند [۱]. مطالعات دیگری نشان داده که زمان یک نوبت چوب‌کشی بیشتر تحت تأثیر فاصلهٔ چوب‌کشی [۱۱]، شیب مسیر چوب‌کشی، تعداد گرده‌بینه در هر نوبت چوب‌کشی، و اثر متقابل بین آن‌ها بوده است [۱۲]. مطالعهٔ دیگری بر روی پنج تراکتور کشاورزی (Messey Ferguson، Same، Older، Pasqual، Forest Ant) در جنگل‌های شمال شرق و شمال مرکزی امریکا میزان تولید ساعتی این ماشین‌آلات را

Archive of SID

www.SID.ir

به‌ترتیب ۳/۷۶، ۲/۹۸، ۵/۵۷، ۲/۴۶، و ۳/۴۰ متر مکعب برآورد کرده است. فاصلهٔ چوب‌کشی، تعداد گرده‌بینه در هر نوبت، و حجم بار از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در زمان یک نوبت چوب‌کشی در این ماشین‌آلات بوده‌اند [۱۳].

از مشخصه‌های جنگل‌داری صنعتی سرمایه‌گذاری برای خرید ماشین‌آلات مکانیزه همراه با تولید سالیانهٔ بالاست. این شیوه از جنگل‌داری که با ورود مکانیزاسیون پیشرفته در عملیات بهره‌برداری همراه بوده به شرایط خاصی وابسته است. اگر این شرایط مهیا نباشد، باید در جست‌وجوی راهکار مناسبی برای آن بود. سیستم‌های بهره‌برداری کوچک‌مقیاس[1] نتیجهٔ ناتوانی در سرمایه‌گذاری برای شروع جنگل‌داری صنعتی است. علت این ناتوانی عموماً به دلایلی مانند نبود منابع مالی کافی یا کمبود جنگل برای بهره‌برداری است. این نوع بهره‌برداری در کشورهایی مانند ایتالیا و کشورهای حوزهٔ دریای مدیترانه دیده می‌شود [۱۴]. در سیستم‌های بهره‌برداری کوچک‌مقیاس، مکانیزاسیون بهره‌برداری، بر تراکتور کشاورزی استوار است، زیرا این ماشین مطمئن، تطبیق‌پذیر، و ارزان است [۱۴]. علاوه بر این، تراکتور در مقایسه با ماشین‌آلات مکانیزهٔ بهره‌برداری جنگل وزن سبک‌تری دارد و خسارات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. ضمناً جنگل‌داران خصوصی هم از تراکتور استفاده می‌کنند.

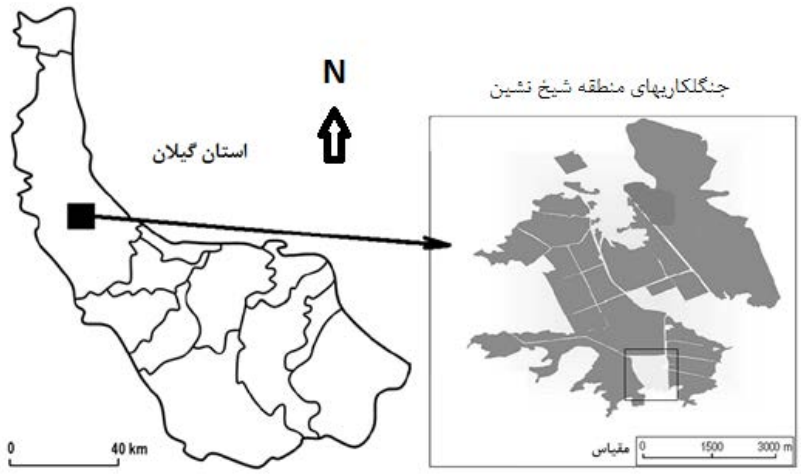
در مناطق جنگل‌کاری‌شده، که زمین خشک و مسطح است و ظرفیت تحمل بار دارد، امکان خروج چوب با تراکتور مهیاست. به همین سبب، یدک‌کش‌هایی به این ماشین متصل و از آن برای چوب‌کشی استفاده می‌شود؛ از این روش در جنگل‌های تروپیکال استفاده می‌شود [۱۵]. در مطالعه‌ای در جنگل‌های کوهستانی ترکیه گزارش داده شد که زمان یک نوبت چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند شیب مسیر چوب‌کشی، حجم بار در هر نوبت، تعداد گرده‌بینه، و شرایط زمین است [۲]. تراکتورهای کشاورزی از ماشین‌آلاتی هستند که در عملیات خروج چوب در جنگل‌های شمال ایران، به‌خصوص در مناطق جنگل‌کاری‌شده، نیز استفاده می‌شوند. استفاده از تراکتور برای خروج چوب (کاتین و هیزم) در مناطق کوهستانی و با استفاده از کابل در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس هم گزارش شده است [۱۶]. در این مطالعه، گرده‌بینه‌های کوتاه با حجم متوسط ۱/۵ متر مکعب در مسیر چوب‌کشی ۶۶۵ متر و شیب تا ۱۵ درصد و رو به پایین حمل شده است. اتصال گرده‌بینه به پشت تراکتور با استفاده از طنابی صورت می‌گرفت که برای این کار در پشت تراکتور بسته شده بود. فاصلهٔ چوب‌کشی و شیب مسیر چوب‌کشی از عوامل تأثیرگذار بر زمان یک نوبت چوب‌کشی در این مطالعه بودند که طی آن تولید ماشین چوب‌کشی با احتساب تأخیر ۲/۴۳ متر مکعب، و بدون احتساب تأخیر ۲/۶ متر مکعب در ساعت محاسبه شد. جنگل‌کاری‌ها در شمال ایران یکی از پتانسیل‌های تولید چوب برای صنایع کاغذسازی‌اند و به همین دلیل مطالعهٔ سیستم‌های بهره‌برداری در این مناطق اهمیت زیادی دارد. سطح کم جنگل‌کاری‌های شمال ایران و محدودیت‌های مالی اجازهٔ استفاده از مکانیزاسیون پیشرفته را برای برداشت چوب در این جنگل‌ها نمی‌دهد. بنابراین، تراکتور کشاورزی از متداول‌ترین ماشین‌آلات خروج چوب در این عرصه‌هاست که تاکنون بررسی نشده و در نتیجه، مطالعهٔ کار خروج چوب با این ماشین‌آلات برای برنامه‌ریزی عملیات بهره‌برداری در عرصه‌های جنگل‌کاری‌شده ضروری است. هدف از این مطالعه تعیین تولید و هزینهٔ خروج چوب با تراکتورهای کشاورزی و عوامل تأثیرگذار بر آن‌هاست.

1. Small scale harvesting systems

Archive of SID
www.SID.ir

روش‌شناسی

این مطالعه در جنگل‌کاری‌های صنوبر،[1] قطعهٔ ۵ منطقهٔ شیخ‌نشین، در حوزهٔ ۱۱ جنگل‌های شمال ایران در حوزهٔ شفارود، در ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقهٔ طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقهٔ عرض جغرافیایی انجام شد (شکل ۱). براساس اطلاعات دفترچهٔ طرح منطقه، ارتفاع آن از ۱۰ متر از سطح دریاهای آزاد شروع می‌شود و حداکثر به ۵۰ متر می‌رسد. آب و هوای منطقه در زمستان معتدل و در تابستان گرم و مرطوب است. حداکثر درجهٔ حرارت گرم‌ترین ماه سال ۲۸/۹ درجهٔ سانتی‌گراد، حداقل درجهٔ حرارت در سردترین ماه سال معادل ۴/۴ درجهٔ سانتی‌گراد، و متوسط بارندگی سالیانه در این مناطق ۱۶۵۶ میلی‌متر است. قطعهٔ بررسی‌شده در قسمت جنوبی جنگل‌کاری‌های شیخ‌نشین قرار دارد و مساحت آن ۶۵/۱ هکتار است [۱۷]. عملیات نشانه‌گذاری در این قطعه در سال ۱۳۸۸ انجام و قطع به‌صورت لکه‌ای با استفاده از اره‌موتوری انجام شد. در سال ۱۳۸۹ درختان مقطوعه در عرصهٔ پارسل به گرده‌بینه‌های کوتاه تبدیل و به روش دستی با تراکتور کشاورزیِ مجهز به یدک‌کش بارگیری و از عرصهٔ پارسل خارج شدند. مشخصات تراکتور کشاورزیِ استفاده‌شده در این مطالعه در جدول ۱ آمده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

جدول ۱. مشخصات فنی تراکتور کشاورزی [۱۸]

حداکثر قدرت موتور در ۲۰۰۰ دور در دقیقه	۷۵ اسب بخار	وزن روی محور جلو	۱۴۲۰ کیلوگرم
تعداد سیلندر	۴ عدد	وزن روی محور عقب	۱۶۹۴ کیلوگرم
حداکثر زاویهٔ چرخش	۵۵ درجه	وزن کل	۳۱۱۴ کیلوگرم
نوع ترمز	غوطه‌ور در روغن	فاصلهٔ محورهای جلو و عقب	۹۴۰۹ میلی‌متر
فاصلهٔ چرخ‌های جلو	۱۳۵۰ـ۱۹۴۰ میلی‌متر	مخزن سوخت	۹۰ لیتر
فاصلهٔ چرخ‌های عقب	۱۴۳۰ـ۲۱۳۰ میلی‌متر		

1. Populus deltoides

www.SID.ir

برای بررسی میزان تولید و هزینهٔ خروج یک متر مکعب چوب از مطالعهٔ کار و زمان‌سنجی استفاده شد. مطالعهٔ کار از روش‌های اصلی افزایش کارایی تولید است. مطالعهٔ زمانی ابزار اصلی به‌کاررفته برای مطالعهٔ آثار عوامل مدیریتی بر روی کارایی سیستم‌های بهره‌برداری است که طی سالیان متمادی در محاسبهٔ هزینه‌های عملیات بهره‌برداری استفاده شده است. در این مطالعه، ابتدا کار به اجزای مشخصی تقسیم و سپس زمان اجرای اجزای یک نوبت کاری اندازه‌گیری شد [۱۹].

مراحل خروج چوب با تراکتور کشاورزی شامل مراحل زمان حرکت بدون بار، زمان جمع‌آوری بار، زمان حرکت با بار، و زمان تخلیه بود. علاوه بر زمان‌های صرف‌شدهٔ مذکور در دو سیستم چوب‌کشی مورد استفاده، زمان‌های تأخیری نیز مشاهده می‌شود که به سه دستهٔ تأخیر اجرایی، تأخیر فنی، و تأخیر شخصی تقسیم شد. فاصلهٔ چوب‌کشی (متر)، تعداد گرده‌بینهٔ کوتاه در هر نوبت، و حجم بار در هر نوبت (متر مکعب) از عوامل تأثیرگذار در چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی در عرصه‌های جنگل‌کاری هستند. در این مطالعه، بعد از تعیین عوامل احتمالی تأثیرگذار، زمان اجزای یک نوبت چوب‌کشی به روش زمان‌سنجی پیوسته و با استفاده از زمان‌سنج انجام شد. تعداد نمونه‌های لازم برای زمان‌سنجی با استفاده از رابطهٔ (۱) به‌دست آمد.

$$n = \frac{t^2 \times (\%\, sx)^2}{(\%\, E)^2} \qquad (۱)$$

که در آن n تعداد نمونه، t ضریبی که به تعداد نمونه و سطح اعتماد مورد نظر بستگی دارد و از جدول t استودنت به‌دست می‌آید، S_X انحراف معیار به‌دست‌آمده از آماربرداری مقدماتی، و E دقت مورد نظر برای آماربرداری است.

گرده‌بینه‌های کوتاه با تراکتور کشاورزی به محل دپو حمل شدند و پس از شمارش تعداد آن‌ها، حجم با اندازه‌گیری طول و قطر در وسط گرده‌بینه و با فرمول هوبر محاسبه [۲۰] و طول مسیر چوب‌کشی با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد. بعد از واردکردن داده‌های جمع‌آوری‌شده در محیط نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۷ با استفاده از پلات‌های نرمال و روش اندرسون‌دارلینگ در محیط نرم‌افزار SPSS 13 از نرمال‌بودن توزیع داده‌های موجود در هر قسمت اطمینان حاصل شد. با استفاده از ترسیم پراکنش ابر نقاط، رابطهٔ بین عوامل مؤثر اندازه‌گیری‌شده مثل فاصله، حجم بار، تعداد گرده‌بینه‌های کوتاه، و آثار متقابل آن‌ها به‌صورت ترکیب‌های دوتایی با زمان قطع خالص تحلیل و بررسی شد. برای تعیین ضرایب متغیر و ثابت مدل پیش‌بینی زمان چوب‌کشی از روش رگرسیون چندمتغیره و رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد. برای اعتبارسنجی مدل، قبل از بررسی داده‌ها، ۳ نوبت از اطلاعات حاصل از زمان‌سنجی به‌طور تصادفی جدا شد و در تهیهٔ مدل دخالت داده نشد. برای تعیین اعتبار مدل، حدود اعتماد زمان چوب‌کشی محاسبه‌شده به کمک مدل، با زمان واقعی چوب‌کشی حاصل از زمان‌سنجی مقایسه شد. محاسبهٔ هزینه‌های تولید با استفاده از دستورالعمل سازمان جنگل‌ها، مراتع، و آبخیزداری انجام شد [۲۱].

نتایج و بحث

با استفاده از معادلهٔ ۱، و ۱۵ نمونهٔ اولیه، تعداد ۶۹ نوبت چوب‌کشی برای مطالعه انتخاب شد که طی آن ۲۶۳/۰۹ متر مکعب چوب (به تعداد ۴۰۹۳ گرده‌بینهٔ کوتاه) از عرصهٔ قطع خارج شد. جدول ۲ آمار توصیفی در رابطه با خروج گرده‌بینه‌های کوتاه با تراکتور کشاورزی را نشان می‌دهد.

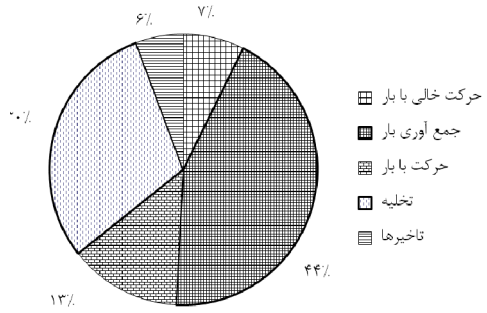
Archive of SID

www.SID.ir

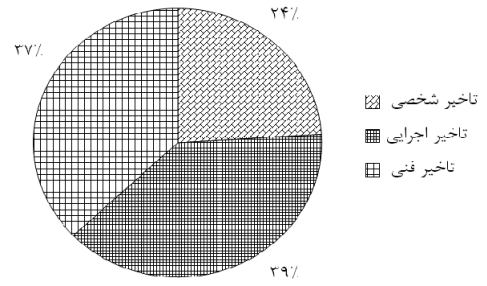
جدول ۲. خصوصیات مقطوعات خروجی با تراکتور کشاورزی در منطقهٔ مورد مطالعه

خصوصیات	حداقل	میانگین	حداکثر
تعداد روزهای مورد مطالعه		۵	
شرایط مسیر چوب‌کشی		خشک	
شیب مسیر چوب‌کشی		صاف	
کل حجم چوب خارج‌شده (متر مکعب)		۲۶۳/۰۹	
تعداد گرده‌بینه‌های کوتاه خروجی		۴۰۹۳	
تعداد نوبت‌های خروج		۶۹	
حجم بار در هر نوبت (متر مکعب)	۱/۳۰	۳/۸۱	۶/۸۰
تعداد گرده‌بینه در هر نوبت	۱۵	۵۹/۳۲	۹۸
طول گرده‌بینهٔ کوتاه (متر)	۱/۱۱	۱/۳۳	۲/۱
حجم گرده‌بینهٔ کوتاه (متر مکعب)	۰/۰۲۰	۰/۰۷۳	۰/۲۱۴
قطر گرده‌بینهٔ کوتاه (سانتی‌متر)	۸/۵	۲۳/۰۵	۴۴/۵
فاصلهٔ چوب‌کشی	۱۰۰/۲	۲۰۲/۰۸	۳۶۰/۵
زمان خالص یک نوبت چوب‌کشی	۱۷/۱	۴۰/۴	۶۱/۳
زمان ناخالص یک نوبت چوب‌کشی	۱۹/۱	۴۲/۹	۶۷/۳
تأخیرها	۰	۰/۸	۵/۳

از کل زمان صرف‌شده برای عملیات خروج چوب با تراکتور کشاورزی، ۹۴ درصد صرف زمان کار مفید و ۶ درصد مانده صرف زمان تأخیرها شد. زمان حرکت با و بدون بار تراکتور در امتداد مسیر چوب‌کشی در حدود ۲۰ درصد زمان یک نوبت چوب‌کشی را به خود اختصاص داد. در حالی که کار جمع‌آوری گرده‌بینه‌ها برای عملیات بارگیری به‌تنهایی ۳۹ درصد زمان یک نوبت چوب‌کشی را به خود اختصاص داد. ۶ درصد زمان هم به تخلیهٔ گرده‌بینه‌ها اختصاص یافت. شکل ۲ اجزای زمانی یک نوبت چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی را نشان می‌دهد. ۲۴ درصد زمان‌های تأخیر صرف تأخیرهای شخصی، مانند صحبت‌کردن، ۳۹ درصد صرف تأخیرهای اجرایی (آماده‌نبودن گرده‌بینهٔ کوتاه برای بارگیری و بلندبودن ارتفاع کنده که مانع حرکت تراکتور در هنگام حرکت با بار می‌شد.)، و ۳۷ درصد صرف تأخیرهای فنی (پنچرشدن چرخ تراکتور، جوش‌آوردن موتور) شد. شکل ۳ اجزای زمانی تأخیرهای مربوط به خروج چوب با این ماشین را نشان می‌دهد.



شکل ۲. اجزای زمانی یک نوبت چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی



شکل ۳. اجزای تأخیر در چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی

Archive of SID
www.SID.ir

در خروج چوب با تراکتور کشاورزی، ۴۴ درصد زمان یک نوبت چوب‌کشی صرف جمع‌آوری بار شد. قطع درختان در جهت‌های افت نامناسب، روی‌هم‌قرارگرفتن گرده‌بینه‌های کوتاه، آماده‌نبودن بار برای بارگیری، و بارگیری دستی از مهم‌ترین عوامل افزایش زمان جمع‌آوری بار بود. تخلیهٔ بار با استفاده از نیروی کارگر هم زمان این جزء از چوب‌کشی را افزایش داد. نبود بازوی بارگیری ماشین و استفاده از نیروی کارگر برای بارگیری و تخلیهٔ بار منجر به اختصاص ۷۴ درصدی زمان یک نوبت چوب‌کشی به آن‌ها شد. اتصال بازوی بارگیری و تخلیه به این ماشین کارایی آن را به‌طور چشمگیر افزایش می‌دهد. ۶ درصد کل زمان یک نوبت چوب‌کشی به تأخیرها اختصاص یافت که در این بین تأخیرهای اجرایی بیشترین زمان را به خود اختصاص دادند. حرکت تراکتور در عرصهٔ قطع و برخورد کندهٔ درختان مقطوعه به لاستیک تراکتور باعث مشکلاتی در هنگام تردد ماشین می‌شد. آماده‌نبودن گرده‌بینه‌ها برای بارگیری و صرف زمان برای تبدیل و آماده‌کردن آن‌ها برای انتقال به تراکتور از عوامل اصلی افزایش تأخیرهای اجرایی بودند.

مدل پیش‌بینی زمان خروج چوب با تراکتور کشاورزی عبارت است از معادلهٔ رگرسیون چندمتغیره که تابعی است از متغیرهای حجم بار، تعداد گرده‌بینه، و فاصلهٔ چوب‌کشی.

$$Y= ۸/۹۵۷ +۲/۳۶۹v+۰/۲۰۶n+ ۰/۰۵۰d \quad (۲)$$

که در آن Y زمان یک نوبت چوب‌کشی، v حجم بار، n تعداد گرده‌بینه، و d فاصلهٔ چوب‌کشی است. جدول ۳ محاسبهٔ ضریب تشخیص رگرسیون را نشان می‌دهد.

جدول ۴ خلاصهٔ تجزیهٔ واریانس مدل رابطه را نشان می‌دهد. در جدول مقدار F به‌دست‌آمده، بیانگر این است که در سطح $\alpha =$ ۰/۰۱، مدل معنی‌دار است و متغیرهای واردشده در مدل تا ۷۹/۱ درصد تغییرات را نشان می‌دهد.

جدول ۵ مشخصات نمونه‌های انتخابی برای احراز اعتبار مدل را نشان می‌دهد. احراز اعتبار نهایی مدل نشان داد که زمان واقعی حاصل از زمان‌سنجی در محدودهٔ حدود اعتماد است. از جدول ۵ می‌توان نتیجه گرفت که زمان‌های اندازه‌گیری‌شده بین دو حد به‌دست‌آمده قرار می‌گیرد. بنابراین، مدل به‌دست‌آمده برای چوب‌کشی از عرصهٔ قطع به دپو اعتبار لازم را دارد.

جدول ۳. محاسبهٔ ضرایب تشخیص رگرسیون

مدل	ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تعیین چندگانه	ضریب تعیین چندگانهٔ تعدیل‌یافته	انحراف معیار ضریب تعیین چندگانه
۱	۰/۸۸۹	۰/۷۹۱	۰/۷۸۱	۴/۰۳

جدول ٤. تجزیهٔ واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان در روش چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی

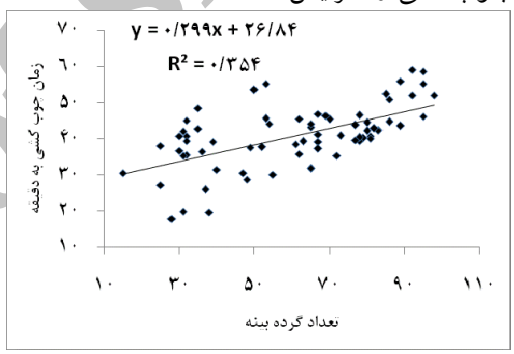
منبع	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	$F= \frac{MSK}{MSe}$	Sig
رگرسیون	۴۰۱۳/۴۴۵	۳	۱۳۳۷/۸۱۵	۸۱/۹۶۹	۰/۰۰۰
خطا	۱۰۶۰/۸۶۹	۶۵	۱۶/۳۲۱		
مجموع	۵۰۷۴/۳۱۴	۶۸			

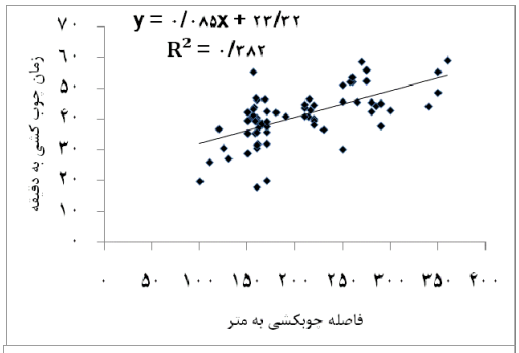
Archive of SID
www.SID.ir

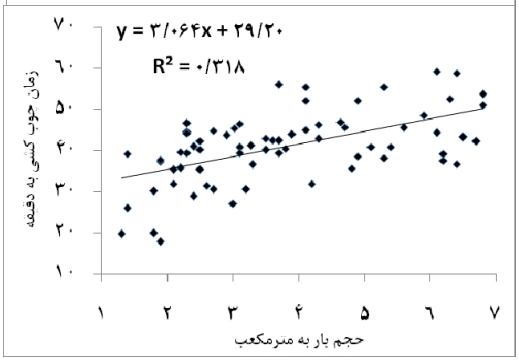
جدول ۵. مشخصات نمونه‌های انتخابی برای احراز اعتبار مدل تراکتور کشاورزی و احراز اعتبار مدل چوب‌کشی

نوبت کاری	فاصلهٔ چوب‌کشی	تعداد گرده‌بینهٔ کوتاه	حجم بار	زمان برآوردشده	زمان اندازه‌گیری‌شده	حدود اعتماد
۱	۱۵۰	۳۱	۶/۵	۳۸/۳۶	۳۵/۳	۵۰/۸۵> زمان اندازه‌گیری‌شده > ۲۵/۸۷
۲	۱۶۰	۵۰	۶/۸	۴۳/۵۱	۴۱/۲	۵۷/۲۱> زمان اندازه‌گیری‌شده > ۲۹/۸۰
۳	۱۶۰	۳۲	۶/۸	۳۹/۷۸	۳۵/۶	۵۲/۶۹> زمان اندازه‌گیری‌شده > ۲۶/۸۸

شکل ۴ اثر متغیرهای واردشده در مدل بر روی زمان یک نوبت چوب‌کشی را نشان می‌دهد. افزایش هریک از متغیرهای تعداد گرده‌بینه، حجم بار در هر نوبت، و فاصلهٔ چوب‌کشی زمان یک نوبت چوب‌کشی را افزایش داده است.







شکل ٤. اثر متغیرهای واردشده در مدل بر روی زمان یک نوبت چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی در منطقهٔ مورد مطالعه

مطالعهٔ خروج چوب با تراکتور کشاورزیِ مجهز به یدک‌کش در توده‌های بهره‌برداری‌شدهٔ صنوبر نشان داد متغیرهای تعداد گرده‌بینهٔ کوتاه، حجم بار در هر نوبت، و فاصلهٔ چوب‌کشی، به‌عنوان متغیرهای مؤثر بر زمان یک نوبت چوب‌کشی، وارد مدل زمانی این ماشین شده‌اند. محدودیت طول مقطوعات خروجی و تبدیل درختان به گرده‌بینه‌های کوتاه باعث شد برای تکمیل بار یک نوبت چوب‌کشی تعداد متغیری از گرده‌بینه با حجم‌های متفاوت بار یدک‌کش تراکتور شود که باعث ورود دو مؤلفهٔ تعداد گرده‌بینه و حجم بار ـ به‌عنوان متغیرهای اصلی ـ به مدل زمان‌سنجی شد. در مطالعات قبلی تأثیر فاصله و شیب مسیر چوب‌کشی [۱۶]، قدرت تراکتور، فاصلهٔ چوب‌کشی، تعداد گرده‌بینه، شیب عرصه [۲۲]، شیب مسیر چوب‌کشی، حجم بار در هر نوبت، و تعداد گرده‌بینه [۱۳] بر روی زمان چوب‌کشی نشان داده شده بود. کوهستانی‌بودن مناطق مورد مطالعه [۱۳، ۱۶، ۲۲] باعث ورود شیب به مدل زمان‌سنجی آن‌ها شد. در حالی که مسطح‌بودن عرصهٔ جنگل‌کاری در این مطالعه شیب را از عوامل تأثیرگذار بر زمان یک نوبت چوب‌کشی خارج کرد. افزایش تعداد گرده‌بینهٔ کوتاه، باعث افزایش حجم بار در هر نوبت شد و همین مسئله هزینهٔ واحد تولید را کاهش داد. در حالی که افزایش فاصلهٔ چوب‌کشی، هزینهٔ واحد تولید را افزایش داد. آکای و همکاران در مطالعات خود بر خروج چوب با تراکتور کشاورزی در جنگل‌های

Archive of SID

www.SID.ir

ترکیه هم به نتایج مشابهی دست یافتند [۳]. گیلانی‌پور در مطالعهٔ خود کاهش قدرت تراکتور در مقایسه با اسکیدرها را عامل کاهش تعداد بینه در هر بار گزارش کرد. در حالی که در این مطالعه برای تکمیل یک بار کامل تراکتور باید تعداد بینه‌های بیشتری بارگیری می‌شد و افزایش تعداد و افزایش حجم بار باعث ورود این دو متغیر در مدل زمانی این ماشین شد [۱۶].

هزینه‌های مربوط به خروج چوب با تراکتور کشاورزی در جدول ۶ آمده است. قیمت یک دستگاه تراکتور کشاورزی ۱۶۵ میلیون ریال، تعداد روز کاری ۲۰۰ روز در سال، ساعت کار مفید ۶ ساعت، ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده ۸ ساعت در روز، نرخ تورم ۱۲ درصد، عمر مفید ماشین ۲۰ سال، ضریب بهره‌وری ۷۵ درصد، عمر مفید تایر ۳۰۰۰ ساعت، و فاکتور هزینهٔ تعمیر ۰/۷ در نظر گرفته شد. هزینهٔ سیستم شامل هزینه‌های ثابت، متغیر، و هزینهٔ کارگری می‌شود. مجموع هزینهٔ پرسنلی گروهِ چوب‌کشی شامل هزینهٔ رانندهٔ تراکتور، اره‌موتورچی، و دو نفر کارگر است. میزان تولید تراکتور با تقسیم متوسط حجم گرده‌بینهٔ خارج‌شده از جنگل به متوسط زمان خروج گرده‌بینه به‌دست می‌آید. مقدار تولید تراکتور بدون درنظرگرفتن زمان تأخیر ۵/۶۶ متر مکعب در ساعت، و با درنظرگرفتن زمان تأخیر ۵/۳۴ متر مکعب در ساعت است. جدول ۶ محاسبهٔ هزینهٔ خروج چوب با تراکتور را نشان می‌دهد.

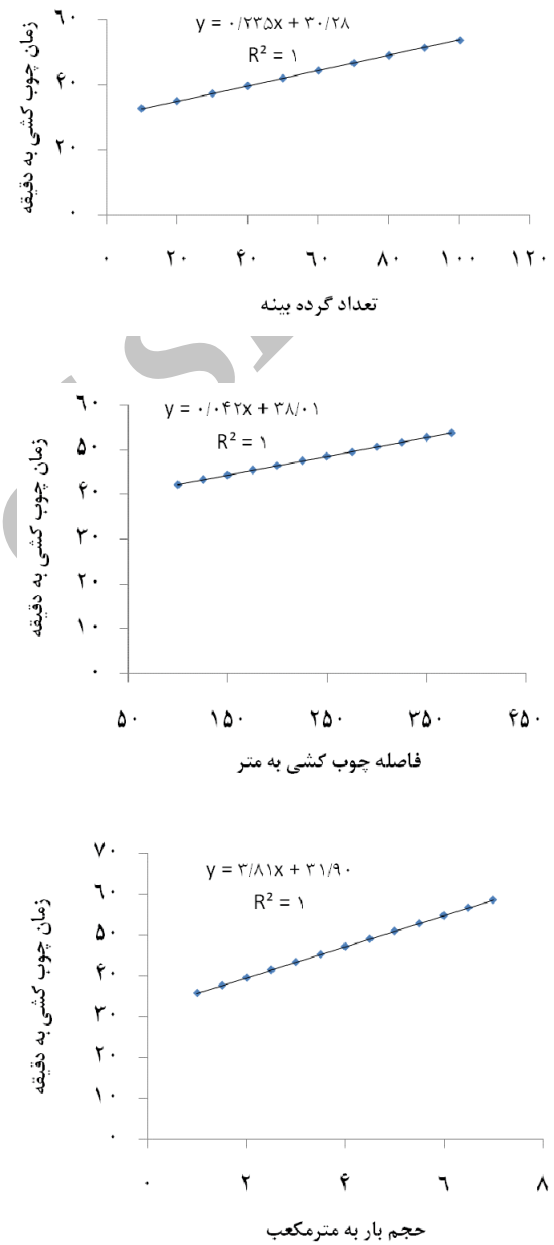
جدول ٦. هزینه‌یابی عملیات خروج چوب با تراکتور کشاورزی در منطقهٔ مورد مطالعه

هزینه (ریال)	اجزای هزینه
	هزینهٔ ثابت
۷۴۲۵۰۰۰	استهلاک ماشین
۱۱۳۳۵۵۰۰	سود سرمایه
۱۸۷۶۰۵۰	بیمه و مالیات
	هزینهٔ متغیر
۵۷۷۵	تعمیر و نگه‌داری
۶۴۵۰۰	سوخت و گریس و فیلتر
۳۷۳۳۳	تایر
۱۷۲۸۶.۸	مجموع هزینه‌ها در ساعات کار مفید
۱۲۹۶۵/۱	مجموع هزینه‌ها در ساعات کار برنامه‌ریزی‌شده
۳۳۰۰۰۰	هزینه‌های کارگری
۴۵۴۸۰۵	هزینهٔ کل
	تولید ساعتی
۵/۶۶	خالص
۵/۳۴	ناخالص
	هزینهٔ واحد تولید
۸۰۳۵۴	خالص
۸۸۱۹۶	ناخالص

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۵ اثر همان متغیرها را بر روی هزینهٔ واحد تولید نشان می‌دهد. هزینهٔ واحد تولید با افزایش فاصلهٔ چوب‌کشی افزایش، و با افزایش حجم بار و تعداد گرده‌بینه در هر نوبت کاهش یافته است.



شکل ۵. اثر متغیرهای واردشده در مدل بر روی هزینه‌های واحد تولید در چوب‌کشی با تراکتور کشاورزی در منطقهٔ مورد مطالعه

این مطالعه کاهش ۵/۶۵ درصدی تولید ناخالص را در مقایسه با تولید خالص نشان می‌دهد. تولید با احتساب زمان‌های تأخیر ۵/۳۴، و بدون احتساب زمان‌های تأخیر ۵/۶۶ متر مکعب در ساعت به‌دست آمده است. گیلانی‌پور در مطالعهٔ خود مقدار تولید تراکتور برای مناطق کوهستانی شمال ایران را ۲/۴۳ متر مکعب در ساعت برآورد کرده است [۱۶]. در حالی که مقدار متوسط تولید تراکتور در مطالعهٔ هویلر و لدوکس ۳/۶۴ متر مکعب بوده است [۱۳]. شرایط متفاوت توپوگرافی، نوع مقطوعات خروجی، و قدرت ماشین، امکان مقایسهٔ تولید این ماشین‌آلات را میسر نمی‌کند. اندازه و حجم گرده‌بینه از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تولید و هزینهٔ سیستم چوب‌کشی است. چوب‌کشی با گرده‌بینه‌های کوتاه و کم‌حجم، ضمن افزایش زمان جمع‌آوری بار، حجم بار در هر نوبت را هم کاهش می‌دهد که تأثیر زیادی بر تولید ماشین چوب‌کشی می‌گذارد؛ موضوعی که در مطالعات پیشین هم به آن اشاره شده است [۱۲، ۲۳]. افزایش حجم گرده‌بینه همراه با افزایش تعداد آن در هر نوبت چوب‌کشی هزینه‌های چوب‌کشی را کاهش داد. تبدیل درختان قبل از شروع عملیات چوب‌کشی و آماده‌کردن بار برای تراکتور، از تردد اسکیدر در عرصه برای جمع‌آوری بار می‌کاهد که این مسئله ضمن کاهش زمان جمع‌آوری، مقدار تولید ساعتی را کاهش می‌دهد و ضمناً در ارتقای سیستم چوب‌کشی با تراکتور نقش بسزایی ایفا می‌کند.

نتیجه‌گیری

استفاده از تراکتور کشاورزی با یدک‌کش برای خروج چوب در عرصه‌های جنگل‌کاری‌شده نوعی عملیات چوب‌کشی است که بارگیری و تخلیهٔ آن با دست صورت می‌گیرد. هزینهٔ سرمایه‌گذاری پایین و دردسترس‌بودن این ماشین در عرصه‌های جلگه‌ای امکان استفاده از آن را برای عملیات خروج چوب در این عرصه‌ها مهیا کرده است. تجهیز این ماشین با

Archive of SID
www.SID.ir

بازوهای بارگیری، کارایی این سیستم را برای خروج چوب در عرصه‌های جنگل‌کاری افزایش می‌دهد. استفاده از حداکثر توانایی ماشین در حمل بار، هزینه‌های واحد تولید را کاهش و بهره‌وری سیستم را افزایش می‌دهد. مدل به‌دست‌آمده از این مطالعه، در برنامه‌ریزی، بهینه‌سازی تولید، برآورد تولید، و هزینهٔ خروج چوب تحت شرایط مختلف کار در عرصه‌های جنگل‌کاریِ مشابه با شرایط این مطالعه، قابل استفاده است. با توجه به به‌کارگیری تراکتورهای کشاورزی از سوی شرکت‌های بهره‌برداری جنگل در خروج چوب در عرصه‌های جنگل‌کاری، نتایج این مطالعه اطلاعات مفیدی در اختیار مدیران بهره‌برداری در عرصه‌های جنگل‌کاری قرار می‌دهد تا با استفاده از این اطلاعات عملیات خروج چوب به‌صورت کارآمدتر انجام شود.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1]. Mousavi, R., Nikooy M., Nezhad, A. E., and Ershadfar, M. (2012). Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. Journal of Forest Science, 58(2): 79–87.

[2]. Ozturk, T., and Akay, A. E. (2007). Modifying Farm Tractors for Forest Harvesting Operations, In: Proceedings of International Symposium Bottlenecks, Solutions and Priorities in the Context of Functions of Forest Resource, October.17-19 Istanbul, Turkey. pp. 1111-1120.

[3]. Akay, A.E. (2005).Using farm tractors in small-scale forest harvesting operations. Journal of Applied Sciences Research, 1(2): 196-199.

[4]. Rodriguez, E. O. (1986). Wood extraction with oxen and agricultural tractors, FAO press, Rome.

[5]. Shaffer, R.M. (1998). Farm tractor logging for woodlot owner, College of natural resources, Virginia Polytechnic Institute and State University press, Blacksburg, VA, pp.1-6.

[6]. Heinrich, R. (1987). Appropriate Wood Harvesting Operations in Plantation Forest in Developing Countries, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) press, Rome.

[7]. Sobhani, H., and Stuart, W.B. (1991). Harvesting system evaluation in the Caspian Sea. Journal of Forest Engineering, 2(2): 21–24.

[8]. Klepac, J., and Rummer, B. (2000). Productivity and Cost Comparison of Two Different-Sized skidders, Presentation at the 2000.ASAE Annual International Meeting sponsored by ASAE Midwest Express Center, July.9-12, Milwaukee, Wisconsin, USA, pp.1-10.

[9]. Najafi, A. Sobhani, H. Saeed, A. Makdom, M., and Marvi- Mohjer, M, R. (2007). Time study of Skidder HSM 904. Journal of the Iranian Natural Resources, 60 (3): 921–930.

[10]. Mousavi, R. (2009). Comparison of productivity, cost and environmental impacts of two harvesting methods in Northern Iran: short-log vs. long-log, University of Joensuu press: 93.

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

[12]. Jourgholami, M., and Majnounian, B. (2008). Productivity and cost of wheeled skidder in Hyrcanian Forest, International Journal of Natural and Engineering Sciences, 2(3): 99–103.

[13]. Huyler, N. K., and Ledoux, C.B. (1991).A comparison of small tractors for thinning central hardwoods. In: Proceedings, 8th central hardwood forest conference. March.4-6 Pennsylvania, USA, pp. 92-104.

[14]. Spinelli, R., and Baldini, S. (1992). Productivity and cost analysis of logging arch used with farm tractor in Mediterranean forest skidding operations. Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales, 1(2): 211-221.

[15]. Sessions, J. (2007). Harvesting operations in the Tropics, Springer press. 170pp.

[16]. Gilanipoor, N. (2010). Investigation of productivity and cost of ground base operation and animal skiding for determining the best composition, MSc thesis, College of Natural Resources and Forest Sciences, University of Tarbiat Modares, 75pp.

[17]. Anonymous. (2002). Forestry plan of watershed number 11 of Sheikhneshin and Haftdaghanan, Shafaroud Company.

[18]. ITMC. (2010). Available at: http://www.itm.co.ir/(25/05/2010).

[19]. Naghdi, R. (2004). Comparative study of tree length and cut to length logging method, PhD thesis, College of Natural Resources, University of Tehran, Iran, 320p.

Archive of SID

www.SID.ir

[20]. Zobeiry, M. (2004). Forest Inventory (Measurement of Tree and Stand). University of Tehran Press, Tehran.

[21]. Sobhani, H., and Rafatnia, N. (1997).Forest harvest planning instruction, Forest, range and watershed organization of Iran press. Tehran.

[22]. Turk, Y., and Gumus, S. (2010). Log skidding with farm tractors. Forest Engineering Conference: Meeting the Needs of the Society and the Environment, July.11 – 14, Padova – Italy.pp1-6.

[23]. Kahala, M. (1982). Studies on the harvesting of small diameter whole threes in North Finland. Metsateho, Review 18, 1-4.

Archive of SID

www.SID.ir