

برآورد مدل و هزینه تولید اسکیدر چرخ زنجیری زتور در جهت چوبکشی رو به پایین (مطالعه موردی: جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس)

نجیبه گیلانی پور^۱، اکبر نجفی^{۲*} و سیدمهدی حشمت‌الواعظین^۳

^۱ دانش‌آموخته جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

^۲ استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

^۳ استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۵، تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۳)

چکیده

امروزه با گسترش مکانیزاسیون، ارزیابی مقدار تولید و محاسبه هزینه متوسط در ساعتی سیستم‌های چوبکشی به‌منظور شناسایی و استفاده بهینه از آنها ضروری است. به این منظور، در این تحقیق مدل ریاضی تولید و هزینه اسکیدر چرخ زنجیری زتور در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس بررسی شد. برای بررسی اجزای کار ماشین در مسیر چوبکشی رو به پایین از زمان سنجی پیوسته و به‌منظور ارائه مدل تولید از رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیرهای فاصله چوبکشی، شیب و حجم بار در هر نوبت چوبکشی بر زمان هر نوبت چوبکشی تأثیر می‌گذارد. تأخیرها ۱۴/۹۴ درصد از زمان چوبکشی را شامل می‌شوند که ۴۴ درصد از این تأخیرها، مربوط به تأخیر فنی (تأخیر اجتناب‌ناپذیر) است و تأخیر شخصی و اجرایی به ترتیب ۳۳ و ۲۱ درصد از تأخیرها را تشکیل می‌دهند. مقدار تولید زتور بدون در نظر گرفتن زمان تأخیر ۵/۸۴ مترمکعب در ساعت و با در نظر گرفتن زمان تأخیر ۴/۹۸ مترمکعب در ساعت برآورد شده است. هزینه متوسط سیستم ۲۶۵۶۷۸ ریال در ساعت و برای منطقه مورد نظر ۵۴۳۳۰ ریال در هر مترمکعب به‌دست آمد. به دلیل کم بودن سرعت و بازده زتور، این سیستم برای عملیات چوبکشی در فواصل طولانی مناسب نیست، ولی از آنجا که قدرت این ماشین زیاد و استقرار آن سریع است، به‌کارگیری این سیستم به‌طور ترکیبی با دیگر سیستم‌ها توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: چوبکشی زمینی، اسکیدر زتور، هزینه چوبکشی، زمان سنجی پیوسته.

مقدمه و هدف

بهره‌برداری از جنگل، مهم‌ترین عملیات در جنگلداری است و در عین حال که بیشترین درآمدهای یک واحد بهره‌برداری را به همراه دارد، عمده‌ترین هزینه‌ها نیز مربوط به این بخش است (حقدوست و نجفی، ۱۳۸۹). در بین مراحل مختلف بهره‌برداری، حمل و نقل اولیه یکی از حساس‌ترین و گران‌ترین عملیات است (Dvorak, 2005) که مدیریت جنگل و واحد بهره‌برداری را ملزم به ایجاد تأسیسات، وسایل و امکانات متنوع، پیچیده و پرجز با صرف سرمایه‌های کلان می‌کند (ساریخانی، ۱۳۸۷).

در خروج گرده‌بینه‌های تولیدشده، از سیستم‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد که مقدار تولید و هزینه آنها با توجه به قدرت ماشین و شرایط منطقه، متفاوت است. امروزه با گسترش مکانیزاسیون و تنوع ماشین‌آلات چوبکشی، آگاهی از میزان کارایی و هزینه سیستم‌های چوبکشی به‌منظور استفاده بهینه از ماشین‌آلات و بهره‌برداری اصولی از جنگل‌ها ضرورت دارد. یک روش برای دستیابی به این اطلاعات، استفاده از فنون مطالعه کار است. عوامل مؤثر در چرخه کار، دستیابی به هزینه ماشین‌آلات، تأخیرهای کاری و علل آنها با روش مطالعه کار امکان‌پذیر است. در پی مطالعه کار، ارائه مدل پیش‌بینی زمان چوبکشی برای ماشین‌آلات کشنده چوب در جهت پیش‌بینی زمان و به‌دنبال آن برآورد هزینه انجام کار، در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه کار بسیار اهمیت دارد. به همین منظور تحقیقاتی در زمینه عملکرد ماشین‌آلات مختلف برای چوبکشی در جنگل انجام گرفته است که نشان می‌دهد پارامترهای مختلفی در کارایی ماشین‌آلات و هزینه‌های آن مؤثرند. پارامترهای اصلی مؤثر در هر نوبت چوبکشی عبارتند از: فاصله چوبکشی (نقدی، ۱۳۸۴؛ نجفی و همکاران، ۱۳۸۴؛ پیرباوقار و همکاران، ۱۳۸۶؛ Howard, 1987; Kluender, 1997; Behjou et al., 2008)، شیب مسیر چوبکشی (پیرباوقار و همکاران، ۱۳۸۶)، حجم بینه در هر نوبت (نقدی، ۱۳۸۳؛ پیرباوقار و همکاران، ۱۳۸۶؛ Kluender, 1997)، تعداد بینه در هر نوبت (نجفی و همکاران، ۱۳۸۴؛ پیرباوقار و همکاران، ۱۳۸۶؛ Howard, 1987; Kluender, 1997)، فاصله وینچ (نقدی، ۱۳۸۴؛ پیرباوقار و همکاران، ۱۳۸۶؛

Behjou et al., 2008) و اثر متقابل این متغیرها (پیرباوقار و همکاران، ۱۳۸۶؛ Behjou et al., 2008; Ghaffarian & Sobhani, 2008).

تحقیقات انجام گرفته در داخل کشور اغلب روی اسکیدرهای چرخ‌لاستیکی و به‌طور خاص روی اسکیدر چرخ‌لاستیکی تیمبرجک ۴۵۰c بوده و اطلاعات چندانی در زمینه عملکرد و هزینه اسکیدر چرخ زنجیری زتور وجود ندارد. عمده مطالعات انجام گرفته در مورد زتور مربوط به تخریب خاک به‌وسیله این ماشین است. از آنجا که هم‌اکنون در جنگل‌های شمال شرکت‌های بزرگ دولتی و پیمانکاران خصوصی از این ماشین‌ها استفاده می‌کنند، انجام مطالعه زمانی، ساخت مدل ریاضی تولید و برآورد هزینه‌های آن به‌منظور استفاده بهینه از این ماشین ضروری است. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی عملکرد و هزینه اسکیدر چرخ زنجیری زتور در جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد بررسی

این بررسی از خرداد تا شهریور ۱۳۸۸ در پارسل ۳۰۶ جنگل آموزشی - پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس واقع در جنوب شرقی شهرستان نوشهر انجام گرفته است. ارتفاع از سطح دریا در این منطقه به‌طور متوسط ۶۵۰ متر، مساحت پارسل ۸۰ هکتار و تیپ جنگل راش-ممرز همراه با دیگر گونه‌هاست. بافت خاک منطقه سیلتی-رسی و از نظر زمین‌شناسی از نوع L-GK1 است که اغلب از طبقات ضخیم آهکی با شیب زیاد و عمق کم خاک با پوشش جنگلی ضعیف و نفوذپذیری خوب و پایداری متوسط تشکیل می‌شود (طرح جنگلداری کجور، ۱۳۸۰). در این پارسل گرده‌بینه قطور (قطر بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر) با زتور، گرده‌بینه کم‌قطر (کمتر از ۵۰ سانتی‌متر) با تراکتور و هیزم با روش سنتی حمل با قاطر از عرصه خارج شدند. چوبکشی در این پارسل در جهت رو به پایین انجام گرفته است. یک مسیر چوبکشی برای خروج چوب‌آلات در این پارسل طراحی شده بود که طول مسیر تقریباً ۱۷۰۰ متر و متوسط شیب آن ۱۵- درصد بود. متوسط حجم بینه

حمل شده در مسیر ۱/۸۹ مترمکعب بود. برداشت شکل مسیر چوبکشی و نقاط شروع چوبکشی و محل دیو با استفاده از دستگاه GPS انجام گرفت و شیب با دستگاه شیب‌سنج برداشت شد. سپس اطلاعات GPS وارد محیط نرم‌افزار Arcview شد و فواصل چوبکشی بر حسب متر به‌دست آمد.

- مطالعه زمانی زتور

در این تحقیق تراکتور چرخ زنجیری زتور بررسی می‌شود که خصوصیات آن در جدول ۱ آمده است (Aghrkakli et al., 2010).

جدول ۱- خصوصیات تراکتور چرخ زنجیری زتور LTT-100A

طول (m)	عرض (m)	عرض مسیر (m)	قدرت ماشین (kwt)	فشار بر خاک (MPa)	فشار در سیستم هیدرولیک (MPa)	تعداد دندان (دندانه)	عرض زنجیر (cm)	وزن موتور (Kg)
۶	۲/۶	۳	۸۸/۲	۰/۰۴۹	۱۴	۹	۴۴	۱۱۲۰۰

g_m : سطح مقطع میانی بینه، h : ارتفاع بینه و v : حجم بینه است (زبیری، ۱۳۸۴).

- برآورد و اعتبارسنجی مدل چوبکشی

یکی از اهداف این تحقیق برآورد مدل پیش‌بینی زمان چوبکشی زتور بود. مدل به‌صورت ترکیبی از متغیرهای مؤثر بر کار سیستم است. متداول‌ترین مدل در مطالعات کار، مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره هستند که نتیجه آنها مدل ریاضی پیش‌بینی زمان‌های چرخه کاری است. داده‌های مربوط به اجزای یک نوبت چوبکشی و نیز حجم چوب‌آلات حمل‌شده در هر نوبت وارد نرم‌افزار SPSS17 شد و آزمون کلوموگروف - اسمیرنوف برای تست نرمال بودن داده‌ها انجام گرفت و متغیرهایی که بیشترین تأثیر را در کاهش باقیمانده تغییرات داشتند، وارد مدل شدند. در مرحله بعد با استفاده از رگرسیون گام به گام^۲ متغیرها وارد فرایند مدلسازی شدند. در این تحقیق زمان هر نوبت چوبکشی (دقیقه) به‌عنوان متغیر وابسته و فاصله چوبکشی (متر)، شیب (درصد)، حجم بینه (مترمکعب) و تعداد بینه در هر نوبت چوبکشی و همچنین اثر متقابل آنها به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. به‌منظور اعتبارسنجی مدل، شش نوبت چوبکشی به‌طور تصادفی انتخاب شد و در محاسبات مدلسازی وارد نشدند تا در مراحل اعتبارسنجی مدل استفاده شوند. برای تعیین اعتبار مدل، حدود اعتماد زمان چوبکشی محاسبه شده از طریق مدل به‌دست می‌آید و با زمان واقعی چوبکشی

در گام اول با حضور در عرصه و مشاهده ماشین در حین عملیات چوبکشی، اجزای مختلف یک نوبت چوبکشی شناسایی شد. برای برآورد زمان تولید و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از روش زمان‌سنجی پیوسته^۱ استفاده شد و زمان هر یک از اجزا در یک نوبت چوبکشی اندازه‌گیری شد. هنگام زمان‌سنجی، زمان‌های مربوط به وقوع تأخیرهای مختلف کاری (تأخیر فنی، شخصی و اجرایی) نیز اندازه‌گیری و علل آن ثبت شد. زمان‌ها با استفاده از زمان‌سنج تا دقت ثانیه اندازه‌گیری و در کاغذ یادداشت شد. برای تعیین تعداد نمونه مورد نیاز با آماربرداری مقدماتی و تعیین واریانس زمان حمل بدون تأخیر و با احتساب اینکه در سطح ۹۵ درصد، دقت مورد نظر ۱۰ درصد میانگین زمان حمل چوب است، از فرمول زیر استفاده شد.

$$N = \frac{t^2 \times s^2}{E^2} \quad (1)$$

N : تعداد نمونه، t : ضریبی که به تعداد نمونه و سطح اعتماد مورد نظر بستگی دارد و از جدول t به‌دست می‌آید، s : انحراف معیار به‌دست‌آمده از آماربرداری مقدماتی و E : اشتباه آماربرداری مورد نظر است.

برای به‌دست آوردن حجم از متر نواری و دستگاه قطر‌سنج کالیپر استفاده شد و حجم با استفاده از فرمول هوبر محاسبه شد:

$$V = g_m \cdot h \quad (2)$$

از زمان سنجی متغیرهای به کاررفته در مدل به منظور محاسبه زمان یک نوبت حمل چوب و Sp^{-1} : معکوس ماتریس sp است (نقدی، ۱۳۸۳).
- محاسبه مقدار تولید و هزینه سیستم
مقدار تولید متوسط در واحد زمان از نسبت حجم چوب خارج شده به زمان به دست می آید. هزینه ماشین براساس دستورالعمل سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور محاسبه می شود:

حاصل از زمان سنجی مقایسه می شود. اگر زمان واقعی حاصل از زمان سنجی در محدوده حدود اعتماد باشد، می توان پذیرفت که مدل اعتبار آماری دارد. برای تعیین حدود اعتماد مدل رگرسیونی از فرمول زیر استفاده می شود:

$$Y \pm t(a, df) * \sqrt{(MSe)(1 + 1/n + \xi sp^{-1})} \quad (3)$$

Y : زمان یک نوبت حمل بدون احتساب زمان تأخیر حاصل از مدل، MSe : مجذور میانگین خطا، N : تعداد نوبت‌های چوبکشی به کار رفته در تهیه مدل، ξ : ارزش عددی حاصل

جدول ۲- هزینه‌های سیستم چوبکشی با زتور و روابط ریاضی آنها

روابط ریاضی هزینه‌ها	هزینه	انواع هزینه
-	قیمت خرید دستگاه (P)	
$S = \frac{1}{N} \times 100, r = i' - i$	قیمت اسقاطی (S)	
$A = [\{(P-S) \times (N+1)\} / 2N] + S$	متوسط ارزش سرمایه‌گذاری (A)	
$D = \alpha \cdot \frac{r \cdot (1+r)^t}{(-1) + (1+r)^t}, \alpha = P - S$	استهلاک (D)	هزینه ثابت (FC)
$I = A \times r$	سود سرمایه بانکی (I)	
$T = (D+I) \times 10\%$	بیمه و مالیات (T)	
$TFC/PH = (D+I+T)/PH$	مجموع هزینه‌های ثابت در ساعت‌های کار مفید (TFC/PH)	
$TFC/SH = (D+I+T)/SH$	مجموع هزینه‌های ثابت در ساعات کار برنامه‌ریزی شده (TFC/SH)	
$MR = [(P-S)/(N \times PH)] \times F$	هزینه نگهداری و تعمیرات با نرخ (MR) (F=0.9)	
-	سوخت، روغن و گریس در ساعت (FLC)	هزینه جاری (OC)
جمع ساعات عمر زنجیر / قیمت زنجیر $\times (1+i)$	هزینه زنجیر (t)	
عمر مفید کابل / قیمت کابل $\times (1+i)$	استهلاک کابل (k)	
-	هزینه کارگری (LC)	هزینه کارگری (LC)

i : نرخ استهلاک، i : نرخ تورم، r : نرخ اسمی تنزیل، r : نرخ واقعی تنزیل، N : عمر مفید ماشین که ۲۰ سال است، $t=10$

$$N = \frac{t^2 \times s^2}{E^2} = \frac{(2/22^2 \times 40/0.3^2)}{100} = 79$$

نتایج

بر اساس نتایج به دست آمده حرکت با بار، حرکت خالی و وینچ کردن به ترتیب با ۳۹، ۳۸ و ۸ درصد از زمان کل هر نوبت کاری، بیشترین درصد زمان یک نوبت چوبکشی را تشکیل می دهند (جدول ۳).

مشاهدات میدانی نشان داد در عملیات چوبکشی با زتور اجزای یک نوبت کاری شامل حرکت خالی، استقرار، باز کردن وینچ، وینچ کردن، جمع کردن وینچ، حرکت با بار، تخلیه، مانور و دسته‌بندی است. تعداد نمونه مورد نیاز با استفاده از رابطه ۱ و با توجه به آماربرداری اولیه و دقت ۱۰ درصد، ۷۹ نمونه به دست آمد.

جدول ۳- زمان و درصد اجزای کار در هر نوبت چوبکشی با زتور

زمان	حرکت بدون بار	استقرار	وینچ کردن	حرکت با بار	تخلیه	دسته‌بندی	تأخیر فنی	زمان کل
دقیقه	۱۱۹۰/۲۸	۶۸/۲۵	۲۵۶/۹۱	۱۲۱۶/۳۱	۵۵/۸۶	۱۱۳/۱۶	۲۴۲/۷۱	۳۱۴۳/۴۸
درصد	۳۷/۸۷	۲/۱۷	۸/۱۷	۳۸/۶۹	۱/۷۸	۳/۶۰	۷/۷۲	۱۰۰

نتایج نشان داد که تأخیرها ۱۵/۶ درصد از زمان هر سیکل را به خود اختصاص می‌دهند که ۴۴ درصد از این تأخیرها، مربوط به تأخیر فنی (پاره شدن کابل، خراب شدن دستگاه و خراب شدن زنجیر) است و تأخیر شخصی (صحبت کردن با همکار یا گم شدن وسایل کار) و اجرایی (انجام عمل بینه‌بری در حین چوبکشی) به ترتیب ۳۳ و ۲۱ درصد از تأخیرها را تشکیل می‌دهند (جدول ۴).

مدل ریاضی زمان چوبکشی زتور - نتایج حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای فاصله چوبکشی، شیب، حجم بینه در هر سیکل و تعداد بینه در هر سیکل در جدول ۵ آمده است.

جدول ۴- زمان و درصد تأخیرها

زمان	تأخیر فنی	تأخیر شخصی	تأخیر اجرایی	زمان کل تأخیرها
دقیقه	۲۴۲/۷۶	۱۸۲/۶۳	۱۱۸/۵۸	۵۴۳/۹۳
درصد	۴۴	۳۳	۲۱	۱۰۰

جدول ۵- متغیرهای اندازه‌گیری شده در طول زمان سنجی

متغیرها	تعداد	متوسط	انحراف از معیار	ماکزیمم	مینیمم
فاصله چوبکشی (متر)	۷۹	۶۴۱/۲	۳۶۴	۱۷۰۷/۵	۸۸/۳
شیب (درصد)	۷۹	-۱۴/۴۴	-۶/۵۶	-۳/۰۲	-۳۰/۵۵
حجم بینه (مترمکعب)	۷۹	۳/۵۷	۱/۵۹	۷/۹۸	۱/۲۰
تعداد بینه	۷۹	۱/۹۱	۰/۶۶	۳	۱

با استفاده از مدل رگرسیونی چندمتغیره گام به گام، مدل ریاضی تولید زتور به صورت زیر به دست آمد:

$$Y = 0.02D + 6.03V + 0.92s \quad R^2 = 0.55$$

Y: زمان چوبکشی (دقیقه)، D: فاصله چوبکشی (متر)، V: حجم بینه در هر نوبت چوبکشی (مترمکعب)، S: شیب مسیر چوبکشی (درصد).

نتایج آنالیز واریانس مدل چوبکشی زتور در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶- جدول آنالیز واریانس (ANOVA) مدل چوبکشی زتور

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	sig
رگرسیون	۱۷۰۸۸/۸۸	۳	۵۶۹۶/۲۹		
باقیمانده	۱۳۸۸۱/۰۰	۷۵	۱۸۵/۰۸	۳۰/۷۷	۰/۰۰۰
مجموع	۳۰۹۶۹/۸۸	۷۸			

اعتبارسنجی مدل - به منظور اعتبارسنجی مدل، قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، شش نوبت از اطلاعات حاصل از زمان سنجی به طور تصادفی جدا شده و در تهیه مدل دخالت داده نشد. حدود اعتماد اعتبارسنجی مدل، قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، شش نوبت از اطلاعات حاصل از زمان سنجی به طور تصادفی جدا شده و در تهیه مدل دخالت داده نشد. حدود اعتماد

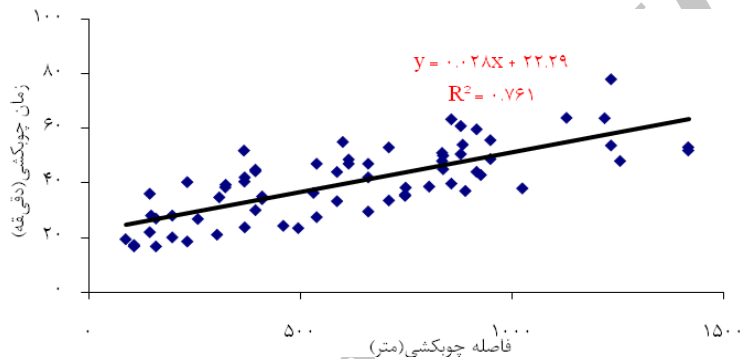
زمان چوبکشی برآوردی به دست آمده است. از آنجا که زمان واقعی چوبکشی که با زمان سنجی به دست آمده بین دو حد قرار می‌گیرد، پس مدل از اعتبار آماری لازم برخوردار است (جدول ۷).

www.SID.ir

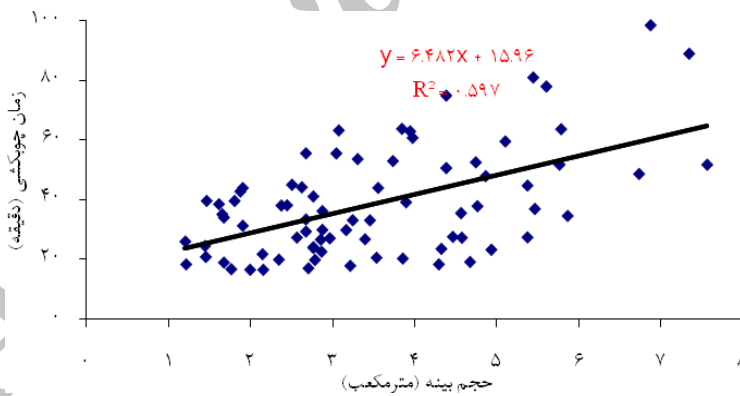
جدول ۷- زمان واقعی و حدود اعتماد مربوط (دقیقه)

حدود اعتماد	زمان واقعی چوبکشی	زمان چوبکشی برآوردی
$16/32 < t < 43/52$	۱۷/۰۵	۲۹/۹۲
$17/36 < t < 44/56$	۲۵/۵۲	۳۰/۹۶
$25/08 < t < 52/28$	۳۳/۵۵	۳۸/۶۸
$19/54 < t < 46/74$	۲۷/۹۸	۳۳/۱۴
$43/68 < t < 70/88$	۴۹/۲۸	۵۷/۲۸
$40/4 < t < 67/6$	۴۹/۷	۵۴/۰۰

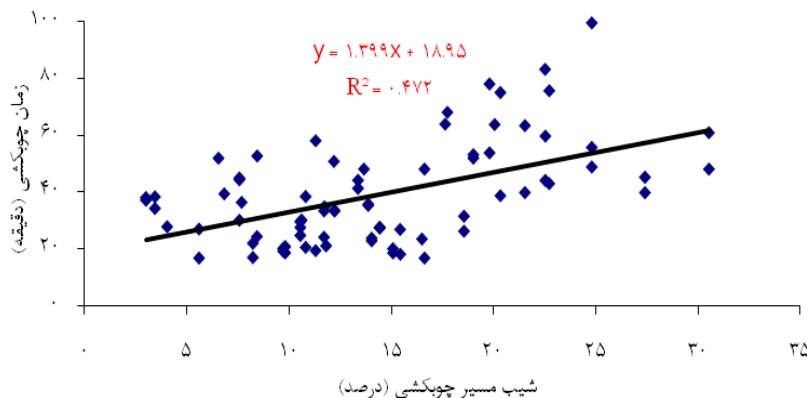
فاصله چوبکشی، شیب و حجم بینه در هر نوبت چوبکشی متغیرهای مستقلی هستند که با زمان هر نوبت چوبکشی در سطح ۱ درصد ارتباط معنی داری دارند (شکل های ۱، ۲ و ۳). با افزایش فاصله چوبکشی و حجم بینه هر نوبت چوبکشی افزایش می یابد.



شکل ۱- تأثیر فاصله چوبکشی بر زمان خروج چوب



شکل ۲- تأثیر حجم بینه در هر نوبت بر زمان چوبکشی



شکل ۳- تأثیر شیب مسیر بر زمان چوبکشی

- مقدار تولید و هزینه

۵/۳۶ مترمکعب در ساعت و با در نظر گرفتن زمان تأخیر ۴/۸۹ مترمکعب در ساعت است. هزینه سیستم شامل هزینه‌های ثابت و متغیر است که در جدول ۸ بر مبنای سال ۱۳۸۹ محاسبه شده است.

مقدار تولید زتور با نسبت متوسط حجم گرده‌بینه خارج شده از جنگل به متوسط زمان خروج گرده‌بینه به‌دست آمده است. مقدار تولید زتور بدون در نظر گرفتن زمان تأخیر

جدول ۸- محاسبه هزینه سیستم چوبکشی با زتور

عنوان هزینه	نوع هزینه	هزینه (ریال)
استهلاک ماشین	ثابت	۳۹۰۴۷۱۵۴
سود سرمایه	ثابت	۱۰۶۶۷۹۲۸
بیمه و مالیات	ثابت	۴۹۷۱۵۰۸
مجموع هزینه ثابت در ساعات کار مفید		۴۵۵۷۲
مجموع هزینه ثابت در ساعات برنامه‌ریزی شده		۳۴۱۷۹
استهلاک کابل	متغیر	۱۵۸۶
تعمیرات	متغیر	۸۳۳۳۳
سوخت	متغیر	۱۴۲۵۰
زنجیر	متغیر	۴۷۸۱۲
مجموع هزینه جاری	متغیر	۱۴۶۹۸۱
هزینه کارکنان (راننده و یک کارگر)	متغیر	۷۳۱۲۵

قیمت یک دستگاه زتور ۷۰۰ میلیون ریال، نرخ بهره ۱۵ درصد و تعداد روز کاری ۲۰۰ روز در سال است.

نرخ ماشین (MRH):

$$\text{MRH/PH} = \text{TFC} + \text{TOC} = ۱۹۲۵۵۳ \text{ ریال}$$

نرخ اجاره کردن ماشین:

$$\text{MRH/SH} = ۱۸۱۱۶۰ \text{ ریال}$$

هزینه کل سیستم:

$$\text{ریال} = ۲۶۵۶۷۸ = \text{هزینه کارکنان} + \text{نرخ ماشین}$$

هزینه تولید بدون تأخیر:

ریال $۴۹۵۶۶ = (۲۶۵۶۷۸) / (۵/۸۴) =$ میزان تولید بدون تأخیر/ هزینه سیستم

هزینه تولید با تأخیر:

$$\text{ریال} = ۵۴۳۳۰ = (۲۶۵۶۷۸) / (۴/۹۸) =$$
 میزان تولید با تأخیر/

هزینه سیستم

هزینه تولید با وجود زمان تأخیر حدود ۴۸۰۰ ریال به ازای هر ساعت برای هر مترمکعب چوب‌آلات افزایش می‌یابد. در جدول ۹ درصد و هزینه ساعتی هر یک از تأخیرها آمده است. مقدار تولید ساعتی زتور بدون احتساب زمان تأخیر ۵/۸۴ مترمکعب و هزینه ساعتی آن ۲۶۵۶۷۸ ریال به‌دست آمد.

جدول ۹- درصد و مقدار هزینه تأخیرها در هر نوبت چوبکشی با زتور

تأخیرها	تأخیر فنی	تأخیر شخصی	تأخیر اجرایی	زمان کل بدون احتساب زمان تأخیر	زمان کل با احتساب زمان تأخیر
متوسط زمان هر نوبت چوبکشی (دقیقه)	۳/۰۶	۲/۲۷	۱/۴۹	۳۶/۹	۴۳/۷۲
هزینه تولید (ریال در ساعت)	۲۷۷۱	۲۰۵۸	۱۳۴۵	۳۳۴۱۱	۳۹۵۸۶
درصد	۷	۵/۲	۳/۴	۸۴/۴	۱۰۰

بحث

کاهش می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش فاصله چوبکشی، مدت زمان لازم برای هر سیکل چوبکشی افزایش می‌یابد. همانطور که گفته شد علت این امر کندرو بودن زتور است و با افزایش فاصله چوبکشی، این مسئله مشهودتر است. این نتایج با یافته‌های مصطفی‌نژاد (۱۳۸۵)، Sabo & Porsinsky (2005) و Howard (1987) مطابقت دارد.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، ۱۵/۶ درصد هزینه‌ها مربوط به تأخیرهاست. ۷ درصد افزایش هزینه‌ها به تأخیر فنی و ۵/۲ درصد آن به تأخیر شخصی مربوط است. آماده کردن بینه‌ها و بینه‌بری به‌منظور کاهش یا حذف زمان تأخیر ضروری است. به‌علاوه پرداخت دستمزد به کارکنان بر اساس مقدار تولید آنها می‌تواند راهکاری در جهت کاهش زمان‌های تأخیر و افزایش تولید باشد. با مدیریت صحیح و سازماندهی کارها می‌توان تأخیرها را کاهش داد تا به این ترتیب هزینه چوبکشی کاهش یابد. بنابراین به‌دلیل اینکه سرعت زتور و در نتیجه بازده آن کم است، در فواصل طولانی و در جاهایی که زمان چوبکشی محدود است، استفاده از این سیستم برای عملیات چوبکشی توصیه نمی‌شود. ولی از آنجا که قدرت این ماشین زیاد و استقرار آن نیز سریع است، به‌کارگیری این سیستم به‌طور ترکیبی با دیگر سیستم‌ها توصیه می‌شود.

منابع

حقدوست، نیلوفر و اکبر نجفی، ۱۳۸۹. برآورد هزینه‌های عملیات بهره‌برداری از جنگل، همایش ملی منابع طبیعی آسیب‌ها و چالش‌ها، پژوهش‌های کاربردی و راهکارهای عملی.

پیرباوقار، مهتاب، هوشنگ سبحانی، جهانگیر فقهی، علی‌اصغر درویش‌صفت و محمدرضا مهاجر، ۱۳۸۶. بررسی تولید و هزینه تیمبرجک 450°C در دو جهت چوبکشی مخالف در سیستم بهره‌برداری ترکیبی (مطالعه موردی: جنگل آموزشی-پژوهشی خیرودکنار نوشهر)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۵(۴): ۳۸۵-۳۷۴.

در سیستم چوبکشی اسکیدر چرخ زنجیری زتور از بین اجزای هر نوبت چوبکشی، حرکت با بار و حرکت خالی بیشترین زمان هر سیکل را تشکیل می‌دهند، زیرا زتور یک ماشین چرخ زنجیری کندرو است و سرعت زیادی ندارد و زمان حرکت ماشین در طول مسیر زیاد است. این مسئله نشان می‌دهد که باید از این ماشین در فواصل چوبکشی کمتر از ۱۷۰۰ متر استفاده شود. به‌کارگیری این ماشین در کنار جاده و در مسیر فرعی برای جمع‌آوری چوب و قرار دادن در کنار مسیر اصلی چوبکشی و خروج چوب‌آلات با اسکیدر چرخ لاستیکی توصیه می‌شود.

از بین تأخیرها، تأخیر فنی بیشترین زمان را شامل می‌شود و از این لحاظ این پژوهش با نتایج پژوهش نجفی و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد و با یافته‌های نقدی (۱۳۸۴) و پیرباوقار و همکاران (۱۳۸۶) مغایر است. پاره شدن کابل عامل اصلی تأخیر فنی در سیکل کاری زتور بوده است. یکی از دلایل پاره شدن کابل، علاوه بر عدم استفاده از چوکر و بستن مستقیم کابل به گرده‌بینه، این است که این ماشین قدرت زیاد و سرعت کمی دارد. در نتیجه برای افزایش بازدهی ماشین، حجم زیادی را به ماشین می‌بندند و کابل پاره می‌شود. بنابراین به‌منظور کاهش تأخیر فنی، در موقع بستن بار باید توانایی کابل هم در نظر گرفته شود، همچنین از کابل‌های باکیفیت‌تر و چوکربندهای ماهر استفاده شود. در بعضی موارد عملیات تبدیل بر روی درختان افتاده انجام نگرفت و راننده زتور مجبور بود منتظر بماند تا ارموتورچی تبدیل بینه‌ها را انجام دهد که این نوع تأخیر، تأخیر اجرایی است. بنابراین باید عمل بینه‌بری به‌طور کامل قبل از عملیات چوبکشی انجام گیرد تا این نوع تأخیر کاهش یابد. همچنین با رعایت نظم و نظارت بیشتر بر امور می‌توان زمان تأخیر شخصی را به حداقل رساند.

در این مدل فاصله چوبکشی، شیب مسیر چوبکشی و حجم هر نوبت معنی‌دار و تعداد بینه در هر نوبت چوبکشی در مدل چوبکشی معنی‌دار نشده است. این مسئله می‌تواند احتمالاً به استقرار سریع اسکیدر زتور به‌دلیل چرخ زنجیری بودن آن و نیز پهن بودن مالبندها نسبت داده می‌شود که هر دو ویژگی آن زمان استقرار ماشین را برای وینچ کردن

Dvorak, J., 2005. Analysis of forest stand damages caused by the usage of harvester technologies in mountain areas, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 8: 1-9.

Ghaffarian, M.R. & H. Sobhani, 2008. Optimum road spacing of ground based skidding operations in Nowshahr, Iran, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 6(2): 105-112.

Howard, A.F., 1987. Modelling the cost and profitability of timber harvesting with cable skidders Northern, *Journal of Applied Forestry*, 4: 87-92.

Kluender, R.A., 1997. Productivity of rubber-tired skidders in southern pine forests, *Forest Products Journal*, 47: 53-5

Sabo, A. & T. Porsinsky, 2005. Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forest of Gorsky Kotar, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26: 13-27.

زبیری، محمود، ۱۳۸۴. آماربرداری در جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۲۳۸، چاپ سوم، ۴۰۱ ص.

ساریخانی، نصرت‌الله، ۱۳۸۷. بهره‌برداری جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۰۹۹، تهران، ۷۷۶ ص.

طرح جنگلداری کجور سری ۳ آغوزچال آبخیز ۴۶، ۱۳۸۱-۱۳۸۰، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، اداره منابع طبیعی استان مازندران-نوشهر.

مصطفی‌نژاد، سیدرضا، ۱۳۸۵. مقایسه کشیدن چوب به بالا و پایین دامنه با اسکیدر در طرح جنگلداری نکا-ظالمرو، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹(۲): ۴۱۰-۴۰۳.

نجفی، اکبر، هوشنگ سبحانی، ارسطو سعید، مجید مخدوم و محمدرضا مروی مهاجر، ۱۳۸۴. بررسی زمان‌سنجی و هزینه‌یابی اسکیدر اچ اس ام ۹۰۴، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰(۳): ۹۳۰-۹۲۱.

نقدی، رامین، ۱۳۸۳. بررسی و مقایسه روش‌های بهره‌برداری تمام‌تنه و گرده‌بینه به‌منظور ارائه مدل مناسب شبکه جاده‌های جنگلی در حوزه نکا، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۳۹ ص.

نقدی، رامین، ۱۳۸۴. بررسی بازدهی تیمبرجک ۴۵۰C در جنگل سفارود گیلان، مجله منابع طبیعی، ۵۷: ۶۸۷۵-۶۷۵.

Aghrkakli, B., A. Najafi & H. Sadeghi, 2010. Ground based operation effects on soil disturbance by steel tracked skidder in a steep slope of forest, *Journal of forest science*, 56(6): 1-9.

Behjou, F.K., B. Majnounian, M. Namiranian & J. Dvorak, 2008. Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450c in Caspian forest, *Journal of forest science*, 54(4): 183-188.

Curro, P. & S. Verani, 2001. On the maximum skidding output of the Timberjack 380 Forest Tractor, *Journal of Forest Engineering*, 35 p.

Productivity model and cost of steel tracked skidder LTT-100A in downward skidding (Case study: Research and educational forest of University of Tarbiat Modares)

N. Gilanipoor¹, A. Najafi^{*2} and S.M. Heshmatalvaezin³

¹M.Sc. Graduate, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres, I. R. Iran

²Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modarres, I. R. Iran

³Assistant Prof, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 5 July 2010, Accepted: 22 April 2012)

Abstract

Nowadays, with mechanization development, evaluation of machine productivity and calculation of average cost of skidding for each hour and each cubic meter is necessary to compare their efficiency. In this study, the mathematical model of production and cost of steel tracked skidder LTT-100A was studied in Tarbiat Modares University Experimental Forest (TMUF). Continuous time study was applied during skidding operation to record the time spent for each component of skidding. The obtained data was then analyzed using multivariable regression analysis to build the mathematical model of production. Results showed that skidding distance, skid trail slope and volume of logs at each cycle are significant variables influencing skidding time. The share of delay was 14.94 % of total time while 44% of delays time was identified as technical delay (unavoidable delay), personal and operational delay were recorded 33% and 21% percent, respectively. Skidder productivity regardless of delay time and effective time were calculated 5.84 m³/h and 4.98 m³/h, respectively. Total average cost of system was estimated 265678 RLS/h and 54330 RLS/m³, respectively (Rials= 50cent).

Key word: Ground-based skidding, Steel tracked skidder LTT-100A, Time study, Multiple regression model, Hourly cost, Hourly productivity.