

ارزیابی و مقایسه کارایی دو روش چوبکشی با اسکیدر چرخ لاستیکی (مطالعه موردی: جنگل خیرود، نوشهر)

مقداد جورغلامی*^۱ و باریس مجنونیان^۲

^۱استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲استاد گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۱۹، تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۱)

چکیده

به منظور تهیه طرح بهره برداری جنگل، ارزیابی هزینه‌های گزینه‌های مختلف بهره برداری ضروری است. این کار نیازمند تخمین نرخ تولید بهره برداری، تجهیزات و هزینه‌های کارگری است. به همین منظور، برنامه ریزان بهره برداری باید از خصوصیات هزینه‌ای و اجرایی سیستم‌های موجود بهره برداری، به ویژه در مورد اندازه گرده‌بینه، فاصله و جهت چوبکشی آگاه باشند. مطالعات مربوط به کارایی به منظور تشریح، فهم و بهبود عملیات بهره برداری جنگل هنوز به فراوانی انجام می‌گیرد. این تحقیق با استفاده از اسکیدر چرخ لاستیکی تیمبرجک C450 در بخش نمخانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام گرفت. اهداف این مطالعه، معرفی مدل مطالعه زمانی برای دو روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند و تعیین عواملی مانند هزینه ساعتی و نرخ ماشین در مرحله چوبکشی است. در این تحقیق از مطالعه زمانی پیوسته بر اساس داده‌های واقعی در دو روش چوبکشی استفاده شد. مدل رگرسیونی برای روش گرده‌بینه کوتاه شامل عوامل فاصله چوبکشی و تعداد گرده‌بینه است، در حالیکه مدل رگرسیونی برای روش گرده‌بینه بلند شامل فاصله چوبکشی و فاصله کشیدن بار به پشت ماشین است. نتایج نشان داد که تولید دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر به ترتیب ۶/۷ و ۹/۸ مترمکعب در ساعت و بدون در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر به ترتیب ۸/۹ و ۱۳/۳ مترمکعب در ساعت است. هزینه روش گرده‌بینه کوتاه با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر و بدون آن به ترتیب ۹۸۱۰۰ و ۷۱۴۰۰ ریال در مترمکعب بوده و هزینه روش گرده‌بینه بلند، با و بدون تأخیرها به ترتیب ۶۶۹۰۰ و ۴۹۴۰۰ ریال در مترمکعب است. مقدار تولید در هر دو روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه و بلند به طور مستقیم با فاصله چوبکشی ارتباط دارد. همچنین تولید چوبکشی در هر دو روش نسبت به فاصله چوبکشی دارای حساسیت بیشتری در مقایسه با تعداد گرده‌بینه و فاصله کشیدن بار به پشت ماشین است. در این مقاله، مؤلفه تأخیر در داده‌های مطالعه زمانی نیز تجزیه و تحلیل شده است.

واژه‌های کلیدی: روش بهره برداری جنگل، اسکیدر چرخ لاستیکی، مطالعه زمانی، تولید، هزینه.

مقدمه و هدف

بهره‌برداری، زنجیره‌ای از اقدام‌های پیاپی است که برای دستیابی به هدف موردنظر، باید با نظم و ترتیب معینی به انجام برسد. اهداف بهره‌برداری جنگل در واقع اجرای طرح‌ها و عملیاتی است که به‌طور عملی و فنی، امکان‌پذیر بوده، از لحاظ اقتصادی پذیرفتنی و از لحاظ زیست‌محیطی سالم و بی‌خطر باشد. برای دستیابی به این اهداف، باید بهترین برنامه‌ریزی‌ها صورت گیرد و به‌طور پیوسته بهبود یابد (Heinemann, 2004). بهره‌برداری، فعالیتی ضروری در مدیریت جنگل و شامل تمام کارها از قطع درخت تا تحویل چوب به کارخانه است که اگر به‌درستی برنامه‌ریزی و اجرا شود، سود پیش‌بینی‌شده را محقق خواهد ساخت. در مقابل، طراحی و اجرای ضعیف برنامه‌ها پرهزینه است و به صدمات زیست‌محیطی و نیز افت زیاد چوب، استفاده محدود از منابع موجود و صدمه به نیروی کار منجر می‌شود (Sessions et al., 2007). چوبکشی در واقع مرحله‌ای از انتقال درختان یا گرده‌بینه‌ها از محوطه برش به دپو یا اطراف جاده است که برای حمل‌ونقل بعدی به کارخانه آماده می‌شوند. صرف نظر از نوع سیستم چوبکشی مورد استفاده، چوبکشی مشکل و اغلب عملیات آن پرخطر است و صدمات شدیدی به اکوسیستم جنگل وارد می‌سازد (Dykstra & Heinrich, 1996). کاهش موجودی سرپای جنگل‌ها به دلیل گذشت چهار دهه از اجرای طرح‌های جنگلداری و جوان شدن توده سرپا و همچنین اجرای سیاست کاهش برداشت (بالغ بر یک میلیون متر مکعب در سال) سبب شده است که تمهیداتی در مورد مسائل فنی و اقتصادی برای بهره‌برداری بهینه از جنگل‌های شمال مدنظر قرار گیرد.

Bjorheden & Thompson (1995) بیان داشتند که مطالعه زمانی کارهای مختلف جنگل، به‌منظور بهبود کارایی عملی و استفاده از آن در برنامه‌ریزی و کنترل کارهای آینده و همچنین تصمیم‌سازی^۱، کاربردهای فراوانی دارد. مطالعات زیادی در مورد کارایی، تولید و هزینه عملیات بهره‌برداری، چوبکشی و عوامل مؤثر بر آنها انجام گرفته است (Landford et al., 1990; McDonald, 1999;)

McDonald & Rummer, 2002; Wang & Haarla, 2003; Egan & Baumgras, 2003; Wang, 2003). بیشتر این مطالعات از مدل‌های پیش‌بینی زمان انجام کار استفاده شده است. Conway (1984) بیان می‌دارد که یک سیستم بهره‌برداری را با توجه به مؤلفه‌های آن تعریف می‌شود، نه براساس شکل چوب. Pulkki (2002) به‌طور کلی، مزایا و معایب روش‌ها و سیستم‌های گرده‌بینه کوتاه، تمام‌تنه و تمام‌درخت را با هم مقایسه کرده و سیستم‌ها و روش‌های بهره‌برداری رایج در آمریکای شمالی را به‌طور مختصر تشریح کرده است. Abeli (1993) بیان داشت که در ماشین‌های چوبکشی متفاوت، اختلاف بین بازده ماشین‌ها، ممکن است به نوع، اندازه ماشین، مهارت راننده و شیب منطقه مربوط شود. Ledoux & Huyler (2000) مقایسه نرخ تولید، هزینه‌های اجرایی و نقطه سربه‌سری^۲ برای دو سیستم بهره‌برداری گرده‌بینه بلند و کوتاه به این نتیجه رسیدند که هاروستر کوچک و بزرگ برای روش گرده‌بینه کوتاه به ترتیب ۱۱/۰۸ و ۱۴/۸۳ مترمکعب در ساعت کار مفید تولید دارند. اثر متوسط حجم درخت بر هزینه شایان توجه است، ولی برای هر دو روش یکسان است. Egan & Baumgas (2003) با تحقیق در زمینه چوبکشی زمینی و توزیع توده مورد بهره‌برداری، نتیجه گرفتند که ارتباط قوی و مثبتی بین فاصله چوبکشی و زمان چوبکشی در هر چرخه و ارتباط منفی معنی‌داری بین درصد درختان جابه‌جا شده و کل زمان چوبکشی وجود دارد. Akay et al., (2004) کارایی ماشین‌آلات بهره‌برداری شامل اسکیدر، فلر-بانچر، هاروستر، لودر و فوراردر را در جنگل‌های ترکیه بررسی کردند. Klepac & Rummer (2000) تحقیقی در زمینه عملیات چوبکشی در جنوب ایالات متحده، کارایی به ازای ساعات کار مفید ماشین را برای تیمبرچک ۴۶۰ و ۶۶۰ به ترتیب، ۴۶/۷ و ۵۱/۷ تن به‌دست آوردند.

فقهی (۱۳۶۸) دو سیستم مکانیزه بهره‌برداری درخت کامل و تمام‌تنه را در جنگل‌های شفارود در استان گیلان ارزیابی کرد و مقدار تولید در چوبکشی با کابل هوایی مادیل (درخت کامل) و تراکتور چرخ زنجیری و اسکیدر چرخ لاستیکی (تمام تنه) را به ترتیب ۶، ۸/۴۸، ۸/۵۸ متر مکعب

- روش تحقیق

زمان‌سنجی عبارت است از استفاده از فنونی که به منظور تعیین زمان لازم برای انجام عملیاتی خاص از قبل به خوبی بررسی و شناخته شده باشد. زمان‌سنجی به سه روش زمان‌های پیوسته، منقطع و ضریب دقایق انجام می‌گیرد (Bjorheden & Thompson, 1995; Spinelli & Visser, 2008). در این بررسی بعد از مشخص کردن اجزای کار یک نوبت چوبکشی از کنار کنده تا کنار جاده جنگلی، به کمک یک دستگاه زمان‌سنج یک‌صدم دقیقه‌ای، زمان‌سنجی به روش زمان‌های پیوسته انجام گرفت. همچنین زمان‌های تأخیر یا توقف نیز در طول هر نوبت چوبکشی اسکیدر مشاهده شد که به سه دسته تأخیر اجرایی، تأخیر فنی و تأخیر شخصی تقسیم می‌شوند.

- عوامل مؤثر بر زمان چوبکشی به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند

اندازه‌گیری‌ها در کار میدانی شامل اندازه‌گیری طول مسیرهای چوبکشی، شیب طولی مسیرها و زمان کار بود. هنگام اندازه‌گیری زمان اجزای تشکیل‌دهنده هر نوبت چوبکشی، طول و قطر میانی گرده‌بینه (برای تعیین حجم گرده‌بینه) و تعداد گرده‌بینه در هر نوبت چوبکشی نیز اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شیب مسیرها ضمن برداشت طول مسیر، با استفاده از شیب‌سنج سونتو، شیب‌های مربوط نیز تا دقت یک درصد محاسبه و یادداشت شد. برای هر مسیر یک میانگین شیب محاسبه شده است که به این منظور فواصل به صورت وزنی دخالت داده شدند. برای تعیین طول مسیر چوبکشی، به کمک متر نواری ۳۰ متری، فواصل روی سطح شیب‌دار و تا دقت متر اندازه‌گیری شد. برای تعیین حجم گرده‌بینه از فرمول هوبر استفاده شد (رابطه ۱).

$$V = g_m \times L \quad (1)$$

V = حجم گرده‌بینه (مترمکعب)، g_m = سطح مقطع میانی گرده‌بینه (مترمربع) و L = طول گرده‌بینه (متر) است. روش‌های مورد نظر در عملیات چوبکشی زمینی عبارتند از بهره‌برداری گرده‌بینه بلند و کوتاه. در روش بهره‌برداری گرده‌بینه بلند درخت پس از قطع، به ضرب ۴ و ۵ و بیشتر اعداد ۲/۲، ۲/۴، ۲/۶، ۲/۸ متر تبدیل می‌شود. در روش

در ساعت تعیین کرد. اقتصادی (۱۳۷۰)، فواصل اقتصادی کشیدن و حمل و نقل گرده‌بینه را در جنگل‌های حوزه طرح نکاچوب بررسی کرد که در نتیجه تولید اسکیدر تاف، ۱۰/۴۶ مترمکعب در ساعت و هزینه چوبکشی، ۵۴۳/۴ ریال بر مترمکعب برآورد شد. نقدی (۱۳۸۳) با بررسی و مقایسه روش‌های بهره‌برداری تمام‌تنه و گرده‌بینه در جنگل‌های نکا- ظالمروود نتیجه گرفت که مقدار تولید در چوبکشی با تیمبرجک ۴۵۰ سی در روش تمام‌تنه و گرده‌بینه بدون احتساب زمان‌های تأخیر به ترتیب ۱۷/۱ و ۱۱/۷۵ مترمکعب در ساعت و با احتساب زمان‌های تأخیر به ترتیب ۱۳/۶ و ۱۰/۱ مترمکعب است. هزینه چوبکشی در روش تمام‌تنه و گرده‌بینه به ترتیب ۳۸۷۵۳ و ۵۶۳۹۸ ریال بر مترمکعب (بدون احتساب زمان‌های تأخیر) است. هدف از این تحقیق، مقایسه روش‌های بهره‌برداری گرده‌بینه بلند و کوتاه از نظر مقدار تولید و هزینه‌های چوبکشی به مترمکعب و تعیین برتری روش‌ها نسبت به هم است.

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد بررسی

این تحقیق در پارسل‌های ۲۰۸ و ۲۱۱ بخش نمخانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام گرفت. مساحت پارسل‌های یادشده به ترتیب ۳۱/۳ و ۴۰/۹ هکتار و موجودی حجمی و تعداد در هکتار در پارسل ۲۰۸، به ترتیب ۴۰۳ سیلو و ۲۸۲ اصله و در پارسل ۲۱۱، به ترتیب ۲۰۱ سیلو و ۳۶۲ اصله و همچنین تیپ فعلی جنگل، راش به همراه ممرز و توسکاست (گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، ۱۳۷۵). ارتفاع از سطح دریا ۸۳۰ تا ۱۱۰۰ متر و مقدار بارندگی منطقه ۱۵۳۲ میلی‌متر (اعتماد، ۱۳۸۱) و شیوه بهره‌برداری و جنگل‌شناسی در پارسل‌های مورد بررسی به صورت تک‌گزینی است. شیب کلی پارسل ۲۰۸ و ۲۱۱، به ترتیب ۴۵ و ۳۵ درصد و حجم برداشت در پارسل ۲۰۸ و ۲۰۹، به ترتیب ۷۱۹ و ۶۰۰ سیلو است. جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در تابستان ۱۳۸۹ انجام گرفت.

درصد میانگین زمان باشد، با استفاده از رابطه ۲ تعداد نمونه مورد نیاز برای مطالعه زمانی محاسبه می‌شود.

$$n = \frac{t^2 \times (S_x \%)^2}{(E\%)^2} \quad (2)$$

که در آن n = تعداد نمونه، t = ضریبی که به تعداد نمونه و سطح اعتماد مورد نظر بستگی دارد و از جدول t به دست می‌آید، S_x = درصد انحراف از معیار به دست آمده از نمونه برداری مقدماتی و E = درصد دقت مورد نظر است.

نتایج

- تعداد نمونه لازم برای مطالعه زمانی عملیات چوبکشی
تعداد نمونه برای تعیین مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند در جدول ۱ آمده است.

بهره‌برداری گرده‌بینة کوتاه درخت پس از قطع، به مضر ۲ و ۳ اعداد ۲/۲، ۲/۴، ۲/۶، ۲/۸ متر، تبدیل و گرده‌بینة‌ها از عرصه قطع به دپو منتقل می‌شود. متداول‌ترین روش تجزیه و تحلیل که امروزه در مطالعات کار استفاده می‌شود مدل رگرسیون چندمتغیره است که در آن به کمک برآزش یک مدل ریاضی می‌توان زمان‌های اصلی کارها را پیش‌بینی کرد. ویژگی این مدل آن است که مجذور میانگین خطا بسیار کوچک است. برای تعیین ضرایب متغیر و ثابت مدل پیش‌بینی زمان اجراء از روش متداول رگرسیون چندمتغیره و از فن رگرسیون مرحله‌ای استفاده می‌شود.

در نمونه‌برداری تصادفی برای تعیین تعداد نمونه لازم، ابتدا آماربرداری مقدماتی به منظور تعیین واریانس زمان انجام کار بدون احتساب زمان تأخیر به عمل می‌آید و با احتساب اینکه در سطح ۹۵ درصد دقت مورد نظر چند

جدول ۱- تعداد نمونه برای تعیین مدل چوبکشی در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند

نوع روش	تعداد نمونه اولیه	تعداد نمونه برای رسیدن به دقت مورد نظر	تعداد نمونه برای احراز اعتبار مدل	کل تعداد نمونه اندازه‌گیری شده
گرده‌بینة کوتاه	۳۰	۷۱	۲	۷۳
گرده‌بینة بلند	۳۰	۸۱	۲	۸۳

کل با احتساب زمان‌های تأخیر، مشخص تجزیه و تحلیل شد. پارامترهای مؤثر بر زمان چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند اندازه‌گیری شد. جدول ۲ پارامترهای اندازه‌گیری شده در مطالعه زمانی و متغیرهای مؤثر بر زمان یک نوبت چوبکشی در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند را نشان می‌دهد. با توجه به پراکنش ابر نقاط مشخص شد که رابطه متغیرهای فاصله و تعداد بینه در هر بار با زمان خالص چوبکشی در روش گرده‌بینة کوتاه و نیز رابطه متغیرهای فاصله چوبکشی و فاصله وینچ با زمان خالص چوبکشی در روش گرده‌بینة بلند، خطی است و دیگر عوامل مؤثر بر زمان چوبکشی به صورت ابر پراکنده‌ای از نقاط است که نشان‌دهنده نبود رابطه مشخص بین آنهاست.

- تحلیل روابط و پارامترهای آماری

بعد از وارد کردن اطلاعات زمان‌سنجی کار، با استفاده از برنامه SPSS، عملیات تجزیه واریانس به منظور به دست آوردن چگونگی ارتباط تابع و متغیرها برای هر یک از اجزای زمان‌سنجی شده و فاکتورهای مؤثر، اجراء شد. با استفاده از ترسیم پراکنش ابر نقاط، رابطه بین اجزای یک نوبت چوبکشی با فاکتورهای مؤثر بر زمان چوبکشی در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند مشخص شد. همچنین رابطه بین فاکتورهای مؤثر اندازه‌گیری شده شامل فاصله چوبکشی، شیب طولی مسیر، حجم بار، تعداد گرده‌بینة در هر نوبت، فاصله کشیدن بار به پشت ماشین، شیب مسیر کشیدن بار به پشت ماشین و تأثیر متقابل آنها به صورت ترکیب‌های دوتایی با زمان چوبکشی خالص یعنی زمان چوبکشی بدون احتساب زمان تأخیر و نیز با زمان چوبکشی

جدول ۲- پارامترهای آماری مطالعه زمانی چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک در روش گرده‌بینه بلند و کوتاه

پارامتر	زمان چوبکشی خالص (دقیقه)		کل زمان چوبکشی (دقیقه)		طول تنه (متر)		تعداد بینه در هر بار		حجم بار (متر مکعب)		فاصله چوبکشی (متر)		شیب طولی مسیر (درصد)		فاصله وینچ (متر)	
	کوتاه	بلند	کوتاه	بلند	کوتاه	بلند	کوتاه	بلند	کوتاه	بلند	کوتاه	بلند	کوتاه	بلند	کوتاه	بلند
میانگین	۱۶/۹۸	۱۹/۰۴	۲۳/۰۲	۲۵/۳	۱۳/۶	۶/۱۶	۱/۲	۶/۲	۳/۷۷	۲/۸۲	۴۳۰/۹	۴۲۶/۱	۴/۲	۳/۷	۲۲/۳	۲۰/۱
حداقل	۵/۴۲	۴/۷۴	۵/۴۲	۴/۷۴	۸/۵	۰/۱	۱	۰/۱	۱/۱۲	۰/۷۳	۶۳	۶۵	-۱۴	-۱۳	۴	۵
حداکثر	۲۹/۹۵	۳۲/۷۸	۹۷/۹	۹۸/۹	۲۹	۸/۳	۲	۸/۳	۷/۸۶	۵/۰	۷۶۴	۷۶۱	۱۹	۱۶	۵۷	۴۷
انحراف از معیار	۶/۳۹	۶/۳۶	۱۷/۶۶	۱۹/۴۶	۴	۱/۳۶	۰/۴	۱/۴	۱/۴۹	۱/۲۳	۱۹۴/۴	۱۸۷/۵	۷/۶	۸	۱۵/۱	۱۰/۸

$$Y = 3/99979 + 0/02206 X_1 + 2/25552 X_2 \quad (3)$$

$$Y = 4/51274 + 0/02577 X_1 + 0/06111 X_3 \quad (4)$$

که در رابطه‌های ۳ و ۴: $Y =$ زمان خالص چوبکشی (دقیقه)؛ $X_1 =$ فاصله چوبکشی (متر)، $X_2 =$ تعداد بینه در هر بار و $X_3 =$ فاصله کشیدن بار به پشت ماشین است. خلاصه جدول تجزیه واریانس مدل چوبکشی روش‌های گرده‌بینه کوتاه و بلند در جدول‌های ۳ و ۴ آمده است.

- مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی

مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی در روش گرده‌بینه کوتاه به‌دست‌آمده، عبارت است از معادله رگرسیون چندمتغیره، به‌صورت تابعی از متغیر فاصله چوبکشی و تعداد بینه در هر بار (رابطه ۳) و در روش گرده‌بینه بلند به‌دست‌آمده، به‌صورت تابعی از متغیر فاصله چوبکشی و فاصله کشیدن بار به پشت ماشین است (رابطه ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان در روش چوبکشی گرده‌بینه کوتاه

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	$F = \frac{MSK}{MSe}$	R^2 (درصد)	r
رگرسیون	۲۱۱۵/۴۸	۲	۱۰۵۷/۷	۱۰۰/۸	۷۵	۰/۸۶
خطا	۷۱۳/۷۸	۶۸	۱۰/۵			
مجموع	۲۸۲۹/۲۶	۷۰				

جدول ۴- تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان در روش چوبکشی گرده‌بینه بلند

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	$F = \frac{MSK}{MSe}$	R^2 (درصد)	r
رگرسیون	۲۳۲۱	۲	۱۱۶۰/۵	۹۶/۱	۷۱	۰/۸۴
خطا	۹۴۱/۵	۷۸	۱۲/۰۷			
مجموع	۳۲۶۲/۵	۸۰				

- احراز اعتبار مدل

مدل استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل‌های یادشده از اعتبار آماری لازم برخوردارند. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان با اطمینان ۹۵ درصد به‌کارگیری روابط مطرح‌شده را در سطح جامعه مورد بررسی پذیرفت.

به‌منظور احراز اعتبار مدل ریاضی پیش‌بینی زمان چوبکشی در دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند، دو نوبت از اطلاعات زمان‌سنجی از داده‌های جمع‌آوری‌شده از هر منطقه به‌طور کاملاً تصادفی جدا و در تهیه مدل‌ها دخالت داده نشد و پس از برازش مدل رگرسیونی، از آنها برای تعیین اعتبار

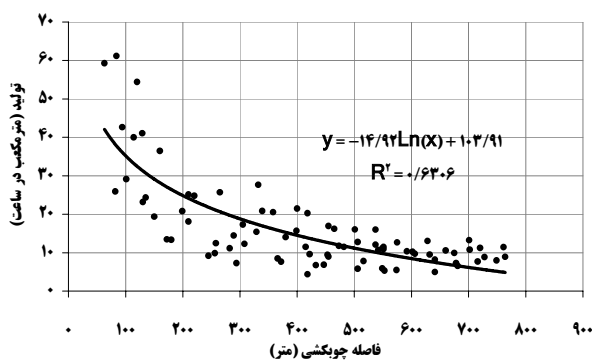
جدول ۵- نمونه اندازه‌گیری شده (مشاهده)، برآورد مشخصه به کمک دو مدل رگرسیونی

نمونه			زمان (دقیقه)			زمان (دقیقه)		
مشخصه	نمونه	مشاهده	برآورد	حد پایین	حد بالا	نمونه	مشاهده	برآورد
رابطه ۲	۱	۹/۸۳	۱۰/۹	۹/۳۷	۱۳/۷۲	۲	۶/۸۷	۵/۵۶
رابطه ۳	۱	۱۱/۳۵	۱۱/۰۹	۵/۷۴	۱۲/۹۴	۲	۵/۵۴	۶/۲۵
								۴/۸۳
								۸/۳۳
								۴/۵۸
								۷/۸۸

- محاسبه مقدار تولید

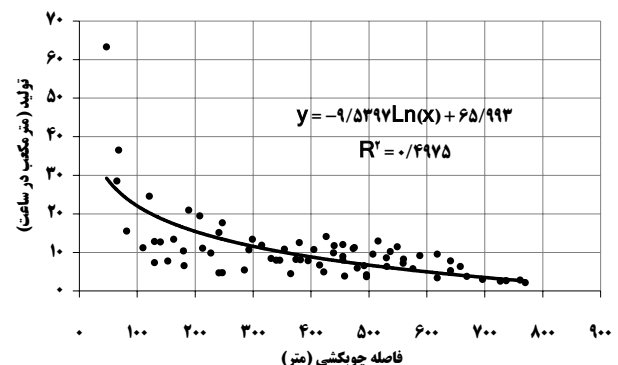
مقدار تولید ساعتی (مقدار چوب کشیده شده به دیو) با و بدون احتساب زمان تأخیر، در روش گرده‌بینة کوتاه در چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک به ترتیب ۶/۷۱ و ۸/۹۲ مترمکعب در ساعت است. تولید در روش گرده‌بینة کوتاه با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر، ۲۵ درصد کمتر از تولید خالص است. همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد، با افزایش فاصله از مقدار تولید ساعتی چوبکشی در روش گرده‌بینة کوتاه بدون احتساب زمان تأخیر به صورت تابع لگاریتمی کاسته می‌شود و نقطه بحرانی کاهش سریع تولید تا فاصله ۳۵۰ متر است و بعد از آن، روند تولید با آهنگ کندتری کاهش می‌یابد. تولید در فاصله چوبکشی ۵۰ متر، حدود ۳۰ متر مکعب در ساعت است و در فاصله ۳۵۰ متر، با کاهش ۳۰ درصدی به یک‌سوم تولید در فاصله ۵۰ متر (یعنی ۱۰ مترمکعب در ساعت) می‌رسد. هرچند در فاصله ۶۰۰ متر، مقدار تولید به ۵ مترمکعب در ساعت می‌رسد.

تولید ساعتی (چوب کشیده شده به دیو) با و بدون احتساب زمان تأخیر، در روش گرده‌بینة بلند در چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک به ترتیب ۹/۸۴ و ۱۳/۳۴ مترمکعب در ساعت است. مقدار تولید در روش گرده‌بینة بلند با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر ۲۶ درصد کمتر از تولید خالص است. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، با افزایش فاصله، مقدار تولید ساعتی چوبکشی در روش گرده‌بینة کوتاه بدون احتساب زمان تأخیر کاهش می‌یابد که این رابطه به صورت تابع لگاریتمی کاهنده و نقطه بحرانی کاهش سریع تولید در فاصله ۵۰۰ متر است و بعد از آن، تولید با آهنگ کندتری کاهش می‌یابد. مقدار تولید در فاصله چوبکشی ۵۰ متر، بیش از ۴۰ متر مکعب در ساعت است و در فاصله ۵۰۰ متر با کاهش ۷۵ درصدی به یک‌چهارم مقدار تولید در فاصله ۵۰ متر (۱۱ مترمکعب در ساعت) می‌رسد. اما در فاصله ۸۰۰ متر مقدار تولید، ۵ مترمکعب در ساعت است.



شکل ۲- تغییرات تولید چوبکشی در روش گرده‌بینة بلند در ارتباط با فاصله حمل

تولید خالص بدون زمان‌های تأخیر در چوبکشی به دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند، به ترتیب ۸/۹۲ و ۱۳/۳۴ مترمکعب است، به عبارت دیگر تولید خالص در روش گرده‌بینة کوتاه ۵۰ درصد کمتر از تولید خالص روش گرده‌بینة بلند است. مقایسه تغییرات



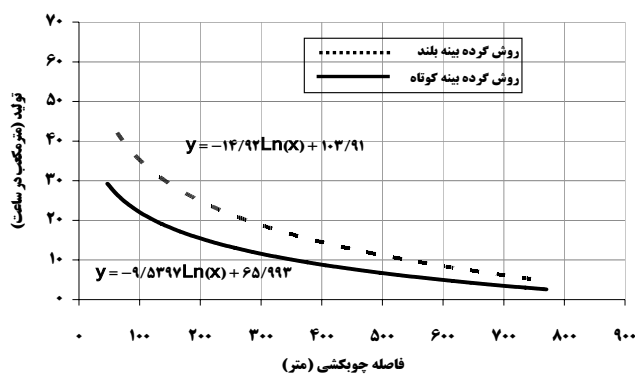
شکل ۱- تغییرات تولید چوبکشی در روش گرده‌بینة کوتاه در ارتباط با فاصله حمل

تولید با در نظر گرفتن تأخیرها در چوبکشی با اسکیدر در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند به ترتیب ۶/۷۱ و ۹/۸۴ مترمکعب در ساعت است. تولید با تأخیر در روش گرده‌بینة بلند ۴۷ درصد بیشتر از تولید در روش گرده‌بینة کوتاه است. همچنین

محاسبه هزینه چوبکشی

به‌منظور محاسبه هزینه سیستم چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک در دو روش گرده‌بینی کوتاه و بلند از دستورالعمل پیشنهادی تهیه طرح بهره‌برداری سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور (سبحانی و رافت نیا، ۱۳۷۶) استفاده شده است. با استفاده از این دستورالعمل، هزینه سیستم چوبکشی، شامل مجموع هزینه‌های ماشین و هزینه کارگری، محاسبه شده است. مبنای محاسبه قیمت‌ها، قیمت ماشین و سایر لوازم و وسایل در سال ۱۳۸۹ بوده است. با توجه به آب و هوای منطقه و همچنین اشتغال کارگران جنگل به امور دیگر، روزهای کار ۱۸۰ روز محاسبه شد. عمر مفید ماشین ۱۰ سال، قیمت خرید ۱/۲ میلیارد ریال و ضریب بهره‌وری ۷۱/۴ درصد در نظر گرفته شد. جدول ۶ خلاصه هزینه‌یابی سیستم چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک را نشان می‌دهد. گروه کاری متشکل از سه نفر شامل راننده، کمک‌راننده و کارگر همراه است.

تولید در دو روش گرده‌بینی کوتاه و بلند نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از مقدار تولید خالص کاسته می‌شود که این روند کاهش به‌صورت تابع لگاریتمی کاهش یافته است (شکل ۳). همچنین مقایسه روند تغییرات تولید نشان می‌دهد که در هر فاصله چوبکشی، تولید در روش گرده‌بینی بلند بیشتر از روش گرده‌بینی کوتاه است. همچنین مقدار تولید در روش چوبکشی گرده‌بینی بلند با افزایش فاصله، روند کاهشی کمتری نسبت به روش گرده‌بینی کوتاه دارد. برای مثال در فاصله ۱۰۰ متر، تولید در روش گرده‌بینی بلند ۶۴ درصد بیشتر از روش گرده‌بینی کوتاه است، هرچند در فاصله ۳۰۰ متری این مقدار به ۵۵ درصد می‌رسد، اما در فاصله ۷۵۰ متر، تولید در روش گرده‌بینی بلند دو برابر تولید روش گرده‌بینی کوتاه است.



شکل ۳- تغییرات تولید چوبکشی در دو روش گرده‌بینی کوتاه و بلند در ارتباط با فاصله حمل

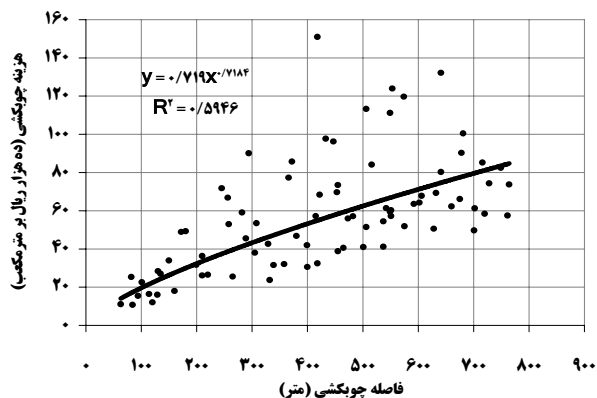
جدول ۶- هزینه‌یابی سیستم چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک

کل هزینه سیستم (ریال)	هزینه کارگری (ریال)	نرخ ماشین (ریال)	هزینه‌های متغیر (ریال)					هزینه‌های ثابت (ریال)				پارامتر هزینه
			هزینه در ساعت کار مفید	کابل	تایرها	سوخت و روغن	تعمیر و نگهداری	هزینه در ساعت کار مفید	بیمه و مالیات	سود سرمایه	استهلاک	
۶۵۸۳۶۰	۱۳۷۵۰۰	۵۲۰۸۶۰	۲۲۷۴۱۷	۲۹۸۶۷	۳۵۵۵۰	۵۴۰۰۰	۱۰۸۰۰۰	۲۹۳۴۴۳	۲۴۰۰۹۰۰۰	۱۳۲۰۹۰۰۰۰	۱۰۸۰۰۰۰۰۰	هزینه

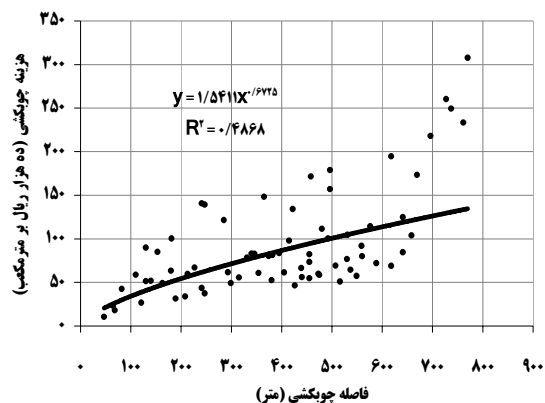
محاسبه زمان‌های تأخیر، در چوبکشی به‌روش گرده‌بینی بلند به‌ترتیب ۶۶۹۱۰ و ۴۹۳۵۲ ریال بر متر مکعب است. هزینه چوبکشی به‌روش گرده‌بینی بلند با احتساب تأخیرها بیشتر از هزینه تولید خالص (بدون در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر) است و با مدیریت تأخیرها می‌توان هزینه‌های تولید را تا ۲۶ درصد کاهش داد. با افزایش فاصله چوبکشی، هزینه حمل در روش گرده‌بینی بلند افزایش می‌یابد که این افزایش به‌صورت تابع توانی افزایش‌یابنده است (شکل ۵).

هزینه تولید یا هزینه چوبکشی

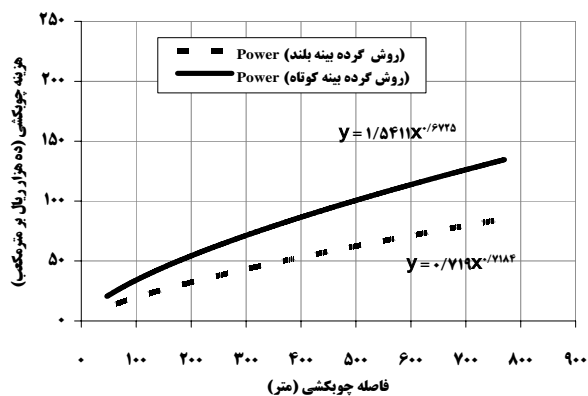
هزینه واحد تولید با و بدون احتساب زمان‌های تأخیر، در چوبکشی به‌روش گرده‌بینی کوتاه به‌ترتیب ۹۸۱۲۰ و ۷۳۸۱۰ ریال بر متر مکعب است. هزینه چوبکشی به‌روش گرده‌بینی کوتاه با احتساب تأخیرها بیشتر از هزینه تولید خالص است و با مدیریت تأخیرها می‌توان هزینه‌های تولید را تا ۲۵ درصد کاهش داد. با افزایش فاصله چوبکشی، هزینه حمل به‌روش گرده‌بینی کوتاه به‌صورت تابع توانی افزایش‌یابنده است (شکل ۴). هزینه واحد تولید با و بدون



شکل ۵- تغییرات هزینه چوبکشی به روش گرده‌بینة بلند با فاصله حمل



شکل ۴- تغییرات هزینه چوبکشی به روش گرده‌بینة کوتاه با فاصله حمل



شکل ۶- تغییرات هزینه چوبکشی در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند در ارتباط با فاصله حمل

- تجزیه و تحلیل اجزای یک چرخه چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک

متوسط زمان یک نوبت چوبکشی در روش گرده‌بینة کوتاه با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون آن به ترتیب ۲۵/۳ و ۱۹/۰۴ دقیقه است. حرکت با بار بیشترین زمان یک چرخه چوبکشی را با ۲۷/۷ درصد زمان صرف‌شده تشکیل می‌دهد. تأخیرهای شخصی با حدود ۱۹ درصد و بعد از آن هم، زمان حرکت بدون بار با ۱۷/۹ درصد زمان یک چرخه، بیشترین زمان یک نوبت چوبکشی را تشکیل می‌دهند. متوسط زمان‌های تأخیر در نوبت چوبکشی ۶/۲۶ دقیقه است که تأخیرهای شخصی، فنی و اجرایی به ترتیب ۷۶/۵، ۱۳/۴ و ۱۰/۱ درصد زمان صرف‌شده را شامل می‌شوند. مجموع سه مرحله کشیدن بار به پشت ماشین (زمان باز کردن کابل، بستن کابل و جمع کردن کابل)، ۲۰/۴ درصد زمان چوبکشی را به خود اختصاص می‌دهد. زمان باز کردن کابل از بین در

هزینه تولید با احتساب زمان‌های تأخیر در چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک به روش گرده‌بینة کوتاه و بلند به ترتیب ۹۸۱۲۰ و ۶۶۹۱۰ ریال بر مترمکعب و بدون احتساب زمان‌های تأخیر به ترتیب ۷۳۸۱۰ و ۴۹۳۵۰ ریال بر مترمکعب است. هزینه بدون تأخیر در چوبکشی به روش گرده‌بینة کوتاه، ۵۰ درصد بیشتر از هزینه چوبکشی به روش گرده‌بینة بلند است. همچنین مقدار هزینه با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر در چوبکشی به روش گرده‌بینة کوتاه ۴۷ درصد بیشتر از هزینه چوبکشی به روش گرده‌بینة بلند است. به عبارت دیگر می‌توان گفت با انتخاب چوبکشی به روش گرده‌بینة بلند تا حدود ۵۰ درصد از هزینه‌ها کاسته می‌شود و در مدیریت واحد بهره‌برداری این مقدار صرفه‌جویی در هزینه‌ها بسیار مهم و شایان توجه است. مقایسه تغییرات هزینه واحد تولید در چوبکشی به دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند نشان می‌دهد که با افزایش فاصله چوبکشی، هزینه افزایش می‌یابد که در دو روش چوبکشی، به صورت توانی افزایش‌یابنده است (شکل ۶). هرچند در فواصل یکسان، مقدار افزایش هزینه چوبکشی در روش گرده‌بینة کوتاه بیشتر از روش گرده‌بینة بلند است و مقایسه روند افزایش هزینه این دو روش نشان می‌دهد که با افزایش فاصله چوبکشی، افزایش هزینه در روش گرده‌بینة کوتاه، آهنگ افزایش بیشتری از روش گرده‌بینة بلند دارد.

نقدی (۱۳۸۳) مطابقت دارد. در مقابل، زمان چوبکشی در روش گرده‌بینی بلند تابعی از فاصله چوبکشی و فاصله کشیدن بار به پشت ماشین است. در این روش به‌طور معمول یک گرده‌بینه با طول بلند کشیده می‌شد و فواصل کشیدن بار به پشت ماشین به ازای هر چرخه چوبکشی در این روش بر زمان چوبکشی تأثیرگذار است و در نتیجه به‌عنوان یک عامل در مدل چوبکشی وارد شده است. تحقیقات متعددی در مورد مدل چوبکشی و استفاده از آن در برنامه‌ریزی بهره‌برداری انجام گرفته که به نتایج مشابهی انجامیده است (McDonald, 1999; McDonald & Rummer, 2002; Wang & Haarla, 2002; Egan & Baumgras, 2003; Wang, 2003).

مقدار تولید خالص در روش گرده‌بینی کوتاه ۵۰ درصد بیشتر از تولید خالص روش گرده‌بینی بلند است. تولید در روش گرده‌بینی بلند به‌مراتب بیشتر از روش گرده‌بینی کوتاه است که دلیل اصلی آن، کاهش زمان فراهم آوردن حجم بار در روش گرده‌بینی بلند، به‌دلیل ابعاد مناسب گرده‌بینه است. اما در روش چوبکشی گرده‌بینی کوتاه، برای فراهم کردن حجم بار مناسب در یک نوبت چوبکشی، باید چندین تنه به‌هم بسته شود که سبب افزایش زمان چوبکشی می‌شود. همان‌طور که از مدل ریاضی روش گرده‌بینی کوتاه مشاهده می‌شود، تعداد گرده‌بینه نیز بعد از فاصله وارد مدل رگرسیونی (به‌عنوان عاملی مهم و اثرگذار بعد از فاصله چوبکشی) شده که بر زمان یک نوبت چوبکشی اثر مستقیم دارد. مقایسه روند تغییرات تولید با افزایش فاصله چوبکشی نشان می‌دهد که در هر فاصله چوبکشی، تولید در روش گرده‌بینی بلند بیشتر از روش گرده‌بینی کوتاه است. همچنین تولید در روش چوبکشی گرده‌بینی بلند با افزایش فاصله، دارای روند کاهشی کمتری نسبت به روش گرده‌بینی کوتاه است. نتایج این تحقیق با یافته‌های فقهی (۱۳۶۸)، اقتصادی (۱۳۷۰) و نقدی (۱۳۸۳) مطابقت دارد.

زمان باز کردن کابل از بینه در دپو، ۳/۸ درصد زمان یک نوبت چوبکشی را شامل می‌شود، زیرا اکیپ چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک کامل نیست و راننده بعد از رسیدن ماشین به دپو با بار، از ماشین پیاده می‌شود و قلاب را باز می‌کند که این کار زمان چوبکشی را افزایش می‌دهد. زمان

دپو، ۳/۸ درصد و جابه‌جایی بینه‌ها، ۵/۵ درصد زمان چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک به‌روش گرده‌بینی کوتاه است. متوسط زمان یک نوبت چوبکشی به‌روش گرده‌بینی بلند با و بدون احتساب زمان‌های تأخیر ۲۳/۰۳ و ۱۶/۹۸ دقیقه است که زمان حرکت با بار بیشترین زمان یک نوبت چوبکشی با اسکیدر را شامل می‌شود (۲۹/۲ درصد) و همچنین زمان حرکت بدون بار و تأخیر شخصی به‌ترتیب ۱۷/۴ و ۱۵/۸ درصد زمان یک نوبت چوبکشی را دربر می‌گیرند. متوسط زمان تأخیر ۶/۰۴ دقیقه است که ۶۰ درصد آن تأخیر شخصی است و تأخیرهای فنی و اجرایی نیز به‌ترتیب ۲۲ و ۱۸ درصد آن را شامل می‌شوند. مجموع سه مرحله کشیدن بار به پشت ماشین ۱۷/۲ درصد بازکردن قلاب در دپو و جابه‌جایی تنه‌ها در دپو نیز به‌ترتیب ۴/۱ و ۵/۹ درصد زمان یک نوبت چوبکشی را شامل می‌شوند.

بحث

در هر دو روش فاصله چوبکشی، بیشترین تأثیر بر زمان چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک دارد، اما نکته شایان توجه این است که در روش گرده‌بینی کوتاه، تعداد بینه در هر بار بر زمان چوبکشی تأثیر داشته و وارد مدل پیش‌بینی زمان چوبکشی شده است. زیرا روش بهره‌برداری به‌صورت گرده‌بینی کوتاه بوده و حداکثر طول بینه‌ها ۶ متر است. در این حالت چندین بینه باید به هم بسته شود تا حجم بار کافی فراهم آید. این کار تأثیر زیادی بر زمان چوبکشی داشته، به‌طوری‌که از حجم بار و شیب مسیر چوبکشی به‌مراتب مؤثرتر است. به‌عبارت دیگر، کارگر باید کابل را به کنار بینه برود و با قلاب ببندد و آن را با وینچ به کنار مال‌بند اسکیدر برساند. برای چند بینه این چرخه باید تکرار شود که زمان‌بر است و هزینه چوبکشی را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر بعد از جمع کردن چند بینه به‌علت استفاده نکردن از چوکر، دسته‌بندی این چند بینه برای فراهم کردن یک بار و بستن آنها با هم، به زمان بیشتری نیاز دارد. به‌هم‌خوردن بار و باز شدن بینه‌ها و افتادن آنها در مسیر چندین بار طی این بررسی مشاهده شد، علاوه بر این پارگی کابل نیز زیاد اتفاق می‌افتد که این خود هزینه زیادی را موجب می‌شود. یافته‌های این تحقیق با نتایج بررسی‌های فقهی (۱۳۶۸) و

نیز در این حالت اتفاق می‌افتد که خود هزینه زیادی را سبب می‌شود. با مدیریت تأخیرها در روش گرده‌بینة کوتاه و بلند می‌توان هزینه‌های تولید را به ترتیب تا ۲۵ و ۲۶ درصد کاهش داد (Bjorheden & Thompson, 1995; Spinelli & Visser, 2008). با افزایش فاصله چوبکشی، هزینه حمل در دو روش گرده‌بینة کوتاه و بلند به صورت تابع توانی افزایش‌یابنده است. پیشنهاد می‌شود دپوها به طور مناسب طراحی و ساخته شوند و با بازدهی مناسب عمل کنند، تا ضمن کاهش مجموع هزینه ساخت و نگهداری دپو، حفاظت از نهرها و آب‌های زیرزمینی از رسوبات یا آلودگی به نحو مناسبی انجام گیرد و تمامی چوب‌آلات و گرده‌بینه‌های آورده شده به دپو نیز بدون از دست دادن معنی‌دار حجم یا کاهش کیفیت، به سیستم حمل و نقل ثانویه انتقال داده شود. خروج چوب از محل قطع به کنار جاده جنگلی تا حد زیادی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارد. وضعیت جوی از عوامل تأثیرگذار در کار چوبکشی است و از اختیار نیز خارج است، اما با داشتن اطلاعات از وضعیت اقلیمی و آب‌وهوایی منطقه می‌توان با آن وفق یافت و برنامه‌ریزی کار را براساس شرایط موجود انجام داد. غفلت از این موارد هزینه‌های سنگینی را تحمیل می‌کند.

منابع

اعتماد، وحید، ۱۳۸۱. بررسی کمی و کیفی بذر درخت راش در جنگل‌های استان مازندران، رساله دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۵۸ ص.

اقتصادی، علی، ۱۳۷۰. فواصل اقتصادی کشیدن و حمل و نقل گرده‌بینه در حوزه نکاچوب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، ۱۳۳ ص.

سبحانی، هوشنگ و نصرت‌ا... رافت‌نیا، ۱۳۷۶. دستورالعمل تهیه برنامه بهره‌برداری، ۳۹ ص.

فقهی، جهانگیر، ۱۳۶۸. ارزشیابی دو سیستم مکانیزه بهره‌برداری جنگل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۳ ص.

جابه‌جایی بینه‌ها ۵/۵ درصد زمان چوبکشی با اسکیدر تیمبرجک در روش گرده‌بینة کوتاه را شامل می‌شود که علت اصلی آن آماده نبودن دپو یا عدم طراحی و ساخت دپو در ابتدای مسیر چوبکشی و در کنار جاده جنگلی است. به علت مسطح نبودن و عدم ساخت دپو، دور زدن ماشین برای شروع چرخه بعدی کار مشکل است و جابه‌جا کردن بینه‌ها به سختی انجام می‌گیرد، نبود فضای کافی در دپو سبب می‌شود که ماشین بینه‌ها را به سمت پایین جاده هدایت کند و دوباره وارد مسیر چوبکشی شود. این کار، هم موجب تخریب جاده می‌شود و هم زمان چوبکشی در هر چرخه را افزایش می‌دهد.

متوسط زمان یک نوبت چوبکشی با تأخیر در روش گرده‌بینة کوتاه حدود ۱۰ درصد بیشتر از متوسط زمان چوبکشی در روش گرده‌بینة بلند است، همچنین متوسط زمان چوبکشی خالص در روش گرده‌بینة کوتاه، ۱۲ درصد بیشتر از روش گرده‌بینة بلند است. مجموع سه مرحله کشیدن بار به پشت ماشین (زمان باز کردن کابل، بستن کابل و جمع کردن کابل)، در چوبکشی به روش گرده‌بینة کوتاه، ۳۰ درصد بیشتر از روش گرده‌بینة بلند است. فواصل ۱۵۰ متری مسیرهای چوبکشی از یکدیگر در پارسل‌های مورد بررسی سبب شد که زمان کشیدن بار به پشت ماشین افزایش یابد، اما افزایش زمان کشیدن بار به پشت ماشین در روش گرده‌بینة کوتاه، به علت سیستم بهره‌برداری گرده‌بینة کوتاه است که به علت کوتاهی بینه‌ها، فراهم کردن حجم یک بار چوبکشی، گاهی به بستن ۳ تا ۴ بینه منجر می‌شود، که زمان کشیدن هر بینه به پشت ماشین جداگانه است، یعنی کارگر باید کابل را به کنار بینه ببرد و با قلاب ببندد و با وینچ به کنار مال‌بند اسکیدر برساند. این چرخه برای چند بینه باید تکرار شود، که کار زمان‌بری است و هزینه چوبکشی را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر بعد از جمع کردن چند بینه به علت استفاده نکردن از چوکر، جور کردن این چند بینه برای فراهم کردن یک بار و بستن آنها با هم به زمان بیشتری نیاز دارد. به هم خوردن بار و باز شدن بینه‌ها و افتادن آنها در مسیر، در طی این بررسی چندین بار مشاهده شد، علاوه بر این پارگی کابل

- Legault, R. & L.H. Powell, 1975. Evaluation of FMC 200 BG grapple skidder. Forest Engineering Research Institute of Canada, 25 pp.
- McDonald, T., 1999. Time study of harvesting equipment using GPS-derived positional data, In: proc. Forestry engineering for tomorrow, Edinburgh University, Edinburgh. Scotland, 9 p.
- McDonald, T. & B. Rummer, 2002. Automating time study of feller-buncher, In. proc: The 33rd Annual meeting of council of afforests Engineering, COFE. Corvallis, OR, 11 pp.
- Meng, C.H., 1984. A model for predicting logging machine productivity, *Canadian Journal of Forest Research*, 14: 191-194.
- Miyata, E.S., 1980. Determining fixed and operational costs of logging equipment, USDA Forest Service. General Technical Report, NC-55, 16 pp.
- Pulkki, R.P.F., 2002. Cut-to-length, tree-length or full tree harvesting, Available at: http://flash.lakeheadu.ca/~repulkki/ctl_ft.html. 6 p.
- Sessions, J., K. Boston, G. Murphy, M.G. Wing, L. Kellogg, S. Pilkerton, J.C. Zweede & R. Heinrich, 2007. Harvesting operation in the Tropics, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 170 pp.
- Spinelli, R. & R. Visser, 2008. Analyzing and estimating delays in wood chipping operations, *Biomass and Bioenergy*, 3: 1-5.
- Wang, J., 2003. A computer-based time study system for timber harvesting operations, *Forest Product Journal*, 53(3): 47-53.
- Wang, J. & H. Haarla, 2002. Production analysis of an Excavator-Based harvester: A case study in finish forest operation, *Forest Product Journal*, 53(3): 85-90.
- گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، ۱۳۷۴. طرح جنگلداری اولین تجدیدنظر بخش نم‌خانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود نوشهر، دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، ۳۲۰ ص.
- نقدی، رامین، ۱۳۸۳. بررسی و مقایسه روش‌های بهره‌برداری تمام‌تنه و گرده‌بینه به‌منظور ارائه مدل مناسب شبکه جاده‌های جنگلی در حوزه نکاء، پایان‌نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۳۸ ص.
- Abeli, W.S., 1993. Comparing productivity and costs of three upgrading machines. *Journal of Forest Engineering*, 5 (1): 33-39.
- Akay, A.E., O. Eradas & J. Sessions, 2004. Determining productivity of mechanized harvesting machines, *Journal of Applied Sciences*, 4(1): 100-105.
- Bjorheden, R. & M.A. Thompson, 1995. An International Nomenclature for Forest Work Study. Paper presented at the XX IUFRO World Congress, Tampere, 6-12 August 1995, 16 pp.
- Conway, S., 1984. Logging practice; principles of timber harvesting systems, Miller Freeman Publications, Inc. 465 pp.
- Dykstra, D.P. & R. Heinrich, 1996. FAO model code of forest harvesting practice, FAO, Rome, 97 pp.
- Egan, A.F. & J. Baumgas, 2003. Ground skidding and harvested stand attributes in Appalachian Hardwood stands in West Virginia, *Forest Product Journal*, 53(9): 59-65.
- Heinemann, H.R., 2004. Forest operation under mountainous conditions. In Encyclopedia of Forest Sciences, J. Burley, J. Evans, and J. Youngquist, Editors. Elsevier Academic Press: Amsterdam, etc. 279-285.
- Klepac, J. & B. Rummer, 2000. Productivity and cost comparison of two different-sized, ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, USA. 10 pp.
- Lanford, B.L., H. Sobhani & B.J. Stokes, 1990. Tree length loading production rates for southern pine, *Forest Products Journal*, 33(10): 32-39.
- Ledoux, C.B. & N.K. Huyler, 2000. Cost Comparisons for Three Harvesting Systems Operating in Northern Hardwood Stands. Research Paper, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, 4 p.

Evaluating and comparison of two skidding methods using wheeled cable skidder (Case study: Kheyroud forest, Noshahr)

M. Jourgholami^{*1} and B. Majnounian²

¹Assistant professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

²Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 10 December 2010, Accepted: 11 June 2011)

Abstract

Evaluating the cost of different harvesting alternatives is necessary to develop an efficient forest operation plan. This requires estimation of harvesting production rates, equipment and labor costs. To do this, the harvest planner must understand the operating and cost characteristics of the available logging systems especially considering the tree size, skidding distance, and skidding direction. Productivity studies are still frequently used to describe, understand and improve forest operations. This study was carried out in Namkhaneh district in Kheyroud forest using Timberjack 450c wheeled cable skidder. The objectives of this study were to formulate time-consumption models for short-log and long-log methods and determine factors such as production, cost per hour and machine rate during the skidding phase. The study used continuous time studies based on empirical data for two logging methods. The regression model for short-log method included the following factors: skidding distance and number of log. However, the model for long-log method included: skidding distance and winching distance. Results indicated that the productivity of the short-log and the long-log with delay times was found to be 6.71 and 9.84 m³/h, respectively. The productivity of the short-log and the long-log without delay times was found to be 8.92 and 13.34 m³/h, respectively. The cost in short-log method with and without delay times were 98120 and 73810 Rials/m³, and the cost in long-log method with and without delay times were 66910 and 49350 Rials/m³, respectively. Productions in both short and long log methods were directly related to skidding distance. Also, productivity was more sensitive to skidding distance than number of log and winching distance. Finally, this paper analyzes the delay component of time-study data sets.

Key words: Logging method, Wheeled skidder, Time study, Production, Cost.