مقایسهٔ تولید و هزینهٔ قطع درخت با اره‌موتوری در دو روش مرسوم و هدایت‌شده (مطالعهٔ موردی: جنگل خیرود)

وحید ریزوندی*[۱] و مقداد جورغلامی[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۲]استادیار گروه جنگلداری دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۴/ ۱۰/ ۸۹، تاریخ پذیرش: ۱۱ / ۳ / ۹۰)

چکیده

قطع درخت یکی از مؤلفه‌های بسیار مهم سیستم بهره‌برداری است که زیرمولفه‌های قطع و انداختن، سرشاخه‌زنی، بینه‌بری و تاج‌بری را شامل می‌شود. این تحقیق برای ارزیابی زیرمؤلفهٔ قطع درخت در دو پارسل از بخش نمخانهٔ جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام گرفت. اهداف این تحقیق عبارتند از مطالعه زمانی عملیات قطع درخت به دو روش مرسوم و هدایت‌شده، برآورد و محاسبهٔ نرخ تولید و هزینهٔ اره موتوری و همچنین معرفی مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان قطع درخت. معادلهٔ رگرسیون چندمتغیرهٔ زمان قطع در روش مرسوم، تابعی از متغیر قطر و فاصلهٔ بین درختان قطع‌شده بوده و در روش هدایت‌شده تابعی از قطر و جهت انداختن درخت است. در این تحقیق مقدار تولید ساعتی قطع در روش مرسوم با در نظر گرفتن زمان‌های تاخیر و بدون آن، به ترتیب ۴۶/۴ و ۶۵/۶ مترمکعب در ساعت است، در حالی‌که در روش هدایت‌شده با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر و بدون آن، به‌ترتیب ۴۴/۴ و ۵۹/۱ مترمکعب در ساعت است. با افزایش قطر، مقدار تولید بدون تاخیر قطع درخت در دو روش مرسوم و هدایت‌شده به صورت رابطهٔ توانی افزایش می‌یابد. هزینه واحد تولید در قطع با اره‌موتوری در دو روش مرسوم و هدایت‌شده با افزایش قطر به‌صورت توانی کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که عملیات قطع درخت به روش هدایت‌شده از روش مرسوم گران‌تر است.

واژه‌های کلیدی: قطع درخت، مطالعهٔ زمانی، مدل رگرسیونی، قطع مرسوم، قطع هدایت‌شده، تولید، هزینه.

*نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۳۹ ۲۱۹۳۱۴۰ Email: rizvandi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه و هدف

بهره‌برداری، فعالیتی ضروری در مدیریت جنگل و شامل تمام فعالیت‌ها 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، همچنین افت زیاد چوب، استفاده محدود از منابع موجود و آسیب‌دیدگی نیروی کار منجر می‌شود (Sessions *et al*., 2007). در جنگل‌های شمال ایران اساس کار در عملیات قطع و تبدیل درخت، اره موتوری است. به‌علت شرایط و خصوصیات جنگل‌ها، درختان قطور و پهن‌برگ، توپوگرافی و ...، مکانیزاسیون در جنگل‌های شمال کاربرد چندانی نیافته است (ساریخانی، ۱۳۸۷). قطع درخت اولین گام از مراحل تبدیل درخت به محصول است. انداختن درخت با ارهٔ موتوری یکی از مولفه‌های به‌شدت کاربر و خطرناک عملیات بهره‌برداری است (ILO, 1998) و در واقع به‌عنوان شروع‌کنندهٔ زنجیرهٔ تولید، اهمیت دارد. با توجه به وضعیت و شرایط جنگل‌های ما و سطح مکانیزاسیون موجود، قطع درخت با ارهٔ موتوری، اولین و تنها گزینه است و یکی از مؤلفه‌های اثرگذار در مدیریت بهره‌برداری از جنگل‌های شمال ایران به شمار می‌رود (ساریخانی، ۱۳۸۷). در ناحیه بهره برداری هر درخت از نظر ایستایی و چگونگی افتادن در ارتباط با درختان مجاور آن، مورد توجه است. شکستن درختان و معیوب شدن آنها ممکن است به‌علت ناتوانی در انتخاب مسیر صحیح انداختن آنها باشد. مسیر و محل افتادن درخت، مکانی است که آن درخت پس از جدا شدن از کنده روی آن قرار خواهد گرفت. برای تعیین جهت انداختن چند اصل زیر باید رعایت شود: توجه به تمایل درخت؛ نبودن اجسام سخت مثل کنده و سنگ در محل افتادن درخت، آسیب ندیدن درختان و نهال‌های مجاور در هنگام انداختن؛ تسهیل عملیات چوبکشی و انتقال چوب؛ توجه به پوسیدگی درخت و آسیب در کندهٔ درخت؛ آسیب و افت کمتر چوب تنه در هنگام افتادن؛ توجه به جهت شیب و خطوط میزان، برجستگی یا پستی و بلندی‌های زمین اطراف (Dykstra & Heinrich, 1996).

کار با ارهٔ موتوری، خطرناک و سخت است (Dykstra & Heinrich, 1996) و در مراحل مختلف قطع از جمله انداختن درخت، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری، نیازمند انرژی، توانایی جسمی و روحی مناسب است (ILO, 1998). مقدار تولید ارهٔ موتوری در عملیات قطع، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری در جنگل‌های تروپیکال در محدودهٔ قطری ۱۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، برابر با ۵۰ تا ۳۰۰ درخت در روز است (FAO, 1976). در جنگل‌های طبیعی، قطر درخت عامل بسیار مهمی در زمان قطع، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری هر درخت است (Sessions *et al*., 2007). Conway (1984) در تحقیقی در ایالات متحده بیان می‌داشت که قطر درخت عامل تاثیرگذاری در مقدار تولید قطع و بینه‌بری درخت است و زمانی که حجم درخت کم باشد، هزینه‌ها افزایش یافته و در حالت عکس، کاهش می‌یابد. مقدار تولید عملیات قطع و بینه‌بری در جنگل‌های نواحی تروپیکال با اکیپ ۲ نفره روزانه ۷۰-۳۰ مترمکعب است و با افزایش قطر درخت، مقدار تولید ارهٔ موتوری افزایش می‌یابد (FAO, 1976). Wang *et al*., (2004) با بررسی کارایی و هزینهٔ سیستم قطع با ارهٔ موتوری در جنگل‌های پهن‌برگ آپالاچیان آمریکا، مدل رگرسیونی زمان قطع، سرشاخه‌زنی و تبدیل درخت را تهیه کردند که در آن متغیر قطر برابرسینه، بهترین عامل برای پیش‌بینی زمان قطع، سرشاخه‌زنی و تبدیل درخت است. تولید ارهٔ موتوری برای قطع درخت ۳۶۲ فوت مکعب به ازای هر ساعت کار مفید و متوسط زمان قطع درخت ۴/۵۷ دقیقه است. Lortz *et al*., (1997) با بررسی کارایی و زمان قطع درخت با ارهٔ موتوری در جنگل‌های کاج شمال آمریکا، نشان دادند که زمان قطع و تبدیل درخت متأثر از اندازهٔ تاج درخت است، زیرا که قطر تاج درخت به قطر درخت در ارتفاع برابرسینه بستگی دارد. همچنین نتایج نشان داد که مجموع زمان قطع درخت شامل زمان‌های حرکت به‌سمت درخت، آماده کردن محل، انداختن درخت و بینه‌بری و تاج‌بری است که با شدت برداشت رابطهٔ معکوس و با عوامل قطر برابرسینه و فاصلهٔ درختان رابطه مستقیم دارد. Rummer & Klepac (2002) با مقایسه دو سیستم بهره‌برداری شامل قطع درخت با اره‌موتوری و هاروستر[1] از

1- Harvester

Archive of SID

www.SID.ir

نظر تولید، هزینه و صدمه به توده باقی‌مانده در جنگل ملی وایمینگ دریافتند که با افزایش قطر درخت زمان دوره قطع درخت افزایش می‌یابد و همچنین نشان دادند که پردازش درخت، بیشترین میزان زمان یک چرخه قطع درخت را صرف می‌کند. Li *et al.*, (2006) به بررسی تولید و هزینهٔ سه سیستم بهره‌برداری در جنگل‌های آپالاچیای مرکزی ویرجینیا پرداختند و بیان کردند که عوامل مؤثر بر زمان قطع درخت با ارهٔ موتوری عبارتند از قطر درخت و فاصلهٔ بین درختان. همچنین هزینهٔ واحد تولید ارهٔ موتوری در مقایسه با فلربانچر[1] و هاروستر به‌مراتب بیشتر است. نیکوی (۱۳۸۶) در تحقیق خود در جنگل‌های گیلان مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع درخت را تهیه کرد. این مدل تابعی از متغیرهای قطر درخت و فاصلهٔ بین درختان قطع‌شونده است. در تحقیق یاد شده، مقدار تولید در سیستم قطع با احتساب زمان‌های تاخیر و بدون آن به ترتیب ۵۳ و ۶۷ مترمکعب در ساعت بود. این بررسی به‌منظور مطالعهٔ زمانی پیوستهٔ عملیات قطع درخت با ارهٔموتوری در دو روش مرسوم و هدایت‌شده، برآورد و محاسبهٔ نرخ تولید و هزینهٔ ارهٔموتوری و اکیپ قطع درخت، معرفی مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان قطع و استفاده از عوامل تأثیرگذار بر مدل برای برآورد زمان و هزینهٔ عملیات دو روش قطع انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

- منطقهٔ مورد تحقیق

این تحقیق در پارسل‌های ۲۰۸ و ۲۲۱ بخش نمخانهٔ جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام گرفت. مساحت پارسل‌های مذکور به ترتیب ۳۱/۳ و ۳۶/۸ هکتار و موجودی حجمی و تعداد در هکتار در پارسل ۲۰۸، به‌ترتیب ۴۰۳ سیلو و ۲۸۲ اصله، و در پارسل ۲۲۱، به‌ترتیب ۳۷۴ سیلو و ۱۴۹ اصله و همچنین تیپ فعلی جنگل، راش به‌همراه ممرز و توسکا است. ارتفاع از سطح دریا ۸۳۰ تا ۱۱۵۰ متر، بارندگی منطقه ۱۵۳۲ میلی‌متر و میانگین بارندگی در تیر و مرداد به‌ترتیب ۶۵/۶ و ۶۴/۳ میلی‌متر است (طرح جنگلداری بخش نمخانه، ۱۳۷۴).

شیوهٔ بهره‌برداری و جنگل‌شناسی در پارسل‌های مورد بررسی به‌صورت تک‌گزینی است. در پارسل ۲۰۸، در مجموع ۱۵۳ اصله درخت نشانه‌گذاری شده (۳ اصله در هکتار) و حجم نشانه‌گذاری به مترمکعب برابر ۷۱۹/۵ است (۱۳ مترمکعب در هکتار). در پارسل ۲۲۱ در مجموع ۱۰۹ اصله درخت نشانه‌گذاری شده (۳ اصله در هکتار) و حجم نشانه‌گذاری به مترمکعب برابر ۶۵۱/۷ است (۱۷/۷ مترمکعب در هکتار). شیب کلی پارسل‌های ۲۰۸ و ۲۱۱ به‌ترتیب ۳۵ و ۴۹ درصد است. عملیات جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در اسفند ۱۳۸۸ انجام گرفت. اره‌موتورچی دارای تجربهٔ کاری ۱۸ ساله بوده است.

- روش تحقیق

در این بررسی به کمک یک دستگاه زمان‌سنج، زمان‌سنجی به روش زمان‌های پیوسته صورت گرفت. برای تشخیص دقیق‌تر مشخصات جزء به جزء کار، باید کار را به اجزای کوچک کاری تقسیم و سپس زمان اجرای هر جزء را ثبت کرد. در این بررسی به کمک یک دستگاه زمان‌سنج، زمان‌سنجی به روش زمان‌های پیوسته انجام گرفت. عوامل مؤثر بر زمان قطع یک درخت با ارهٔ موتوری شامل قطر درخت (سانتی‌متر)، فاصلهٔ طی‌شده بین دو درخت (متر)، شیب طولی مسیر طی شده بین دو درخت (درصد)، شیب عرضی کنار کنده درخت (درصد) و جهت انداختن درخت اندازه‌گیری شدند (Pearce & Stenzel, 1972). جهت انداختن درخت با سه کد مشخص شد: کد ۱: انداختن درخت در جهت میل آن، کد ۲: انداختن درخت به طرفین میل درخت از ۰ تا ۹۰ درجه (جانبی) و کد ۳: انداختن درخت برخلاف میل از ۹۰ تا ۱۸۰ درجه. اجزای زمانی با توجه به چرخه کار عبارتند از زمان حرکت به‌سمت درخت، زمان تصمیم‌گیری در مورد جهت انداختن درخت، زمان بن‌زنی، زمان بن‌بری، زمان گوه زدن، زمان سرویس و سوخت‌گیری همچنین یک‌رشته زمان‌های تأخیر یا توقف نیز در طول هر مرحله از قطع درخت مشاهده و جداگانه ثبت شد. به‌منظور مطالعه زمانی برای تعیین مدل قطع درخت با ارهٔموتوری برای هر دو روش مرسوم و هدایت‌شده، ۲۰۰ نمونه (چرخه قطع درخت) اندازه‌گیری شد. بر این اساس با استفاده از نرم‌افزار SPSS، مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع به دو روش مرسوم و هدایت‌شده تهیه

1- Feller-buncher

Archive of SID

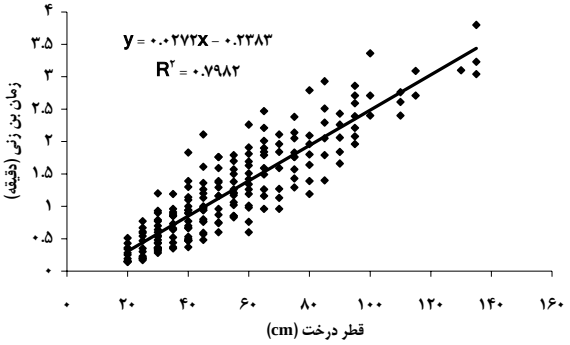
www.SID.ir

شد. بعد از وارد کردن داده‌های جمع‌آوری‌شده با به‌کارگیری این برنامه و با استفاده از پلات‌های نرمال و روش آندرسون-دارلینگ از نرمال بودن توزیع داده‌های موجود در هر قسمت اطمینان حاصل شد. رابطهٔ بین عوامل مؤثر اندازه‌گیری شده و اثرهای متقابل آنها به‌صورت ترکیب‌های دو تایی، با زمان قطع درخت بدون احتساب زمان تأخیر مشخص شد. برای تعیین ضرایب متغیر و ثابت مدل پیش‌بینی زمان قطع درخت از روش رگرسیون چندمتغیره و از فن رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد (جورغلامی و مجنونیان، ۱۳۸۹).

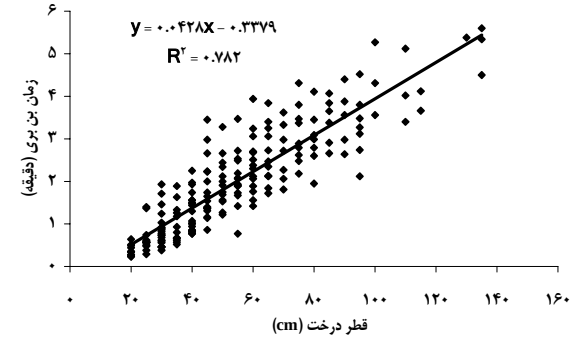
نتایج

- تحلیل داده‌ها در روش قطع مرسوم

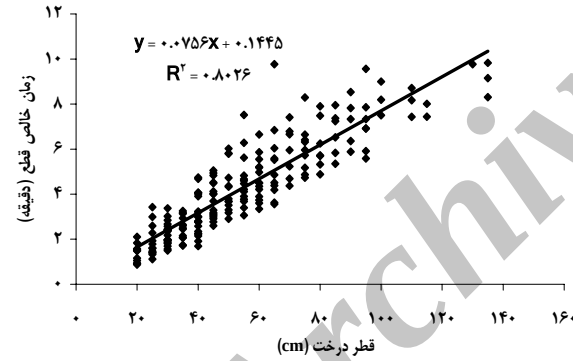
با اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر زمان قطع درخت در روش مرسوم، نمودار پراکنش ابرنقاط بین زمان قطع درخت (یک دورهٔ کار) با متغیرهای مذکور به‌دست آمد (شکل‌های ۱ تا ۳). همچنین مشخصه‌های مؤثر بر زمان قطع محاسبه شدند. جدول ۱ مشخصه‌های اندازه‌گیری‌شده در مطالعهٔ زمانی و متغیرهای مؤثر بر زمان قطع به‌روش مرسوم را نشان می‌دهد. شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش قطر درخت، زمان خالص قطع درخت به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (شکل ۲).



شکل ۱- پراکنش ابر نقاط زمان بن‌زنی قطع مرسوم و قطر درخت



شکل ۲- پراکنش ابر نقاط زمان بن‌بری قطع مرسوم و قطر درخت



شکل ۳- پراکنش ابر نقاط زمان خالص قطع مرسوم و قطر درخت

جدول ۱- مشخصه‌های آماری مطالعهٔ زمانی عملیات قطع درخت در روش مرسوم

پارامتر	قطر درخت (cm)	حرکت به سمت درخت (دقیقه)	تصمیم جهت انداختن (دقیقه)	زمان بن زنی (دقیقه)	زمان بن بری (دقیقه)	زمان گوه زدن (دقیقه)	سوختگیری و سرویس (دقیقه)	کل زمان کار (دقیقه)	فاصله بین دو درخت (دقیقه)	شیب طولی مسیر طی شده (درصد)	شیب عرضی کنار کنده (درصد)
میانگین	۵۸/۳۴	۰/۶۶	۰/۲۴	۱/۲۵	۲	۰/۱۲	۰/۱۱	۶/۰۵	۲۹/۴۲	۲۸/۱۲	۲۶/۷
حداقل	۲۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۲۳	۰	۰	۰/۸۷	۲	۵	۵
حداکثر	۱۳۵	۲/۸۲	۲/۱۵	۳/۸	۵/۶	۲/۱۷	۴/۲۳	۷۱/۰۵	۱۰۵	۶۵	۷۰
انحراف از معیار	۲۵/۶۱	۰/۴۴	۰/۲۲	۰/۷۸	۱/۲۴	۰/۵۳	۰/۵۶	۸/۴	۱۶/۶	۱۴/۱۹	۱۵/۲۵

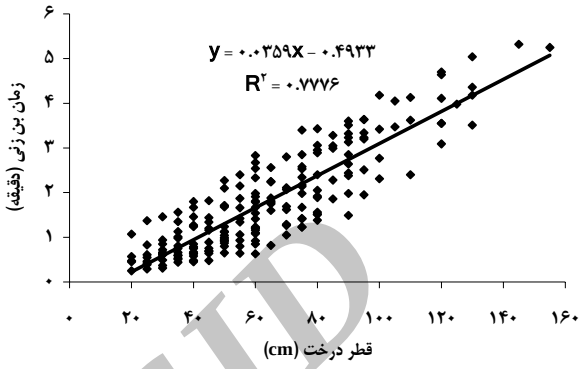
- تحلیل داده‌ها در روش قطع هدایت‌شده

با اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر زمان قطع هدایت‌شده درخت شامل، نمودار پراکنش ابر نقاط بین زمان قطع هدایت‌شدهٔ درخت (یک دورهٔ کار) با متغیرهای مذکور به‌دست آمد (شکل‌های ۴ تا ۶). همچنین مشخصه‌های مؤثر بر زمان قطع هدایت‌شده محاسبه شدند. جدول ۲ مشخصه‌های

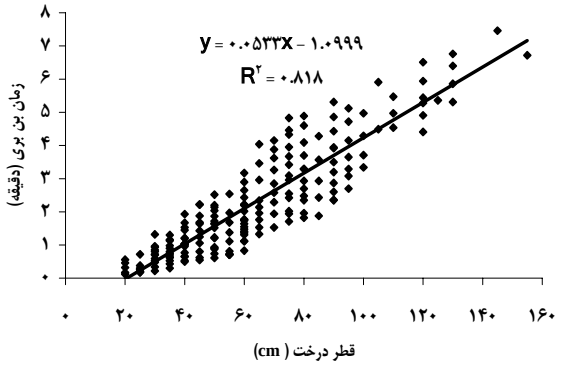
Archive of SID

www.SID.ir

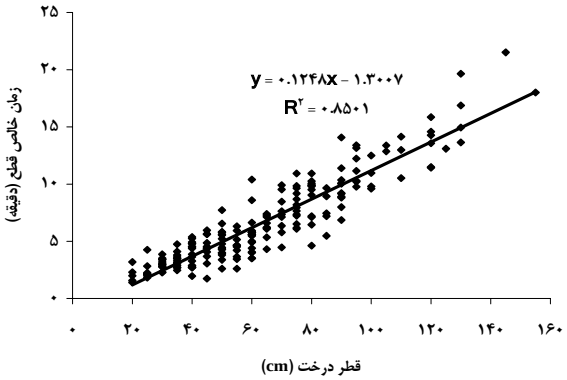
اندازه‌گیری‌شده در مطالعهٔ زمانی و متغیرهای مؤثر بر زمان قطع هدایت‌شده را نشان می‌دهد. شکل ۶ نشان می‌دهد که با افزایش قطر درخت، زمان خالص قطع درخت به روش هدایت‌شده به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (شکل ۴).



شکل ۴- پراکنش ابر نقاط زمان بن‌زنی قطع هدایت‌شده و قطر درخت



شکل ۵- پراکنش ابر نقاط زمان بن‌بری قطع هدایت‌شده و قطر درخت



شکل ۶- پراکنش ابر نقاط زمان خالص قطع هدایت‌شده و قطر درخت

جدول ۲- مشخصه‌های آماری مطالعهٔ زمانی عملیات قطع درخت در روش هدایت‌شده

پارامتر	قطر درخت (cm)	حرکت به سمت درخت (دقیقه)	تصمیم جهت انداختن (دقیقه)	زمان بن زنی (دقیقه)	زمان بن بری (دقیقه)	زمان گوه زدن (دقیقه)	سوختگیری و سرویس (دقیقه)	کل زمان کار (دقیقه)	فاصلهٔ بین دو درخت (دقیقه)	شیب طولی مسیر طی شده (درصد)	شیب عرضی کنار کنده (درصد)
میانگین	۶۳/۳۸	۰/۵۷	۰/۲۵	۱/۷۸	۲/۲۸	۱/۷۳	۰/۲۹	۸/۸	۳۳/۹	۱۷/۷۷	۳۵/۶۹
حداقل	۲۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۱۷	۰	۴۱۱	۰	۰	۰
حداکثر	۱۵۵	۳/۹۱	۲/۴۴	۵/۳۲	۷/۴۶	۶/۲۷	۵/۱۷	۷۶/۹۹	۱۳۱	۶۰	۸۰
انحراف از معیار	۲۷/۹۷	۰/۵	۰/۲۳	۱/۱۴	۱/۶۵	۱/۲۹	۶/۱	۸/۳۱	۲۶/۱۶	۱۱/۳۱	۱۳/۴۹

- مدل پیش‌بینی زمان قطع درخت به دو روش مرسوم و هدایت‌شده

مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع درخت به‌روش مرسوم با ارهٔ موتوری به‌دست آمده در این تحقیق، عبارت است از معادلهٔ رگرسیون چندمتغیره که تابعی از متغیر قطر درخت و فاصلهٔ بین درختان نشانه‌گذاری‌شده است (رابطهٔ ۱). همچنین مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع درخت به روش هدایت‌شده، تابعی از متغیر قطر درخت و جهت انداختن درخت است (رابطهٔ ۲).

$$Y = -۰/۳۸۵۳ + ۰/۰۷۴۴\ X_۱ + ۰/۰۱۹۳\ X_۲ \qquad ۱$$

$$Y = -۲/۲۰۸۱ + ۰/۱۱۸۱\ X_۱ + ۰/۷۱۴۳\ X_۳ \qquad ۲$$

Y= زمان قطع یک درخت (دقیقه)؛ X_1= قطر درخت (سانتی‌متر)، X_2= فاصلهٔ بین درختان نشانه‌گذاری‌شده (متر) و X_3= جهت انداختن درخت (با کد ۱: جهت میل درخت، ۲: جهت جانبی میل ۰تا ۹۰ درجه و ۳: خلاف میل ۹۰ تا ۱۸۰ درجه) است.

جدول‌های ۳ و ۴ خلاصهٔ جدول تجزیهٔ واریانس مدل رابطه‌های ۱ و ۲ را نشان می‌دهند. در جدول‌های ۳ و ۴ مقدار F به‌دست آمده، نشان می‌دهد که در سطح $\alpha = ۰.۰۱$، معنی‌دار است و متغیرهای وارد شده در مدل به ترتیب تا ۸۵ و ۸۶ درصد تغییرات را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع درخت به‌روش مرسوم

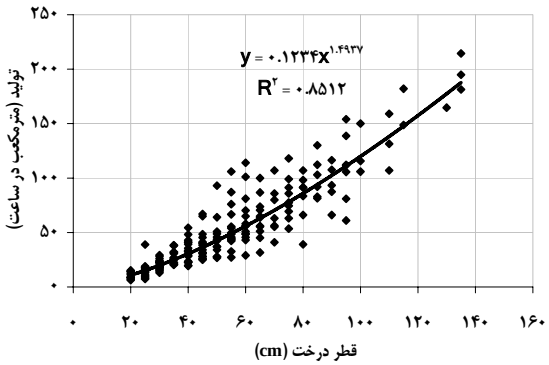
منبع	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	$F=\frac{MSK}{MSe}$	(%) R^2	r	P
رگرسیون	۷۸۵/۲۹	۲	۳۹۲/۶۵	۳۶۲/۵۸	۸۵	۰/۹۲	۰/۰۰۰
خطا	۱۳۷/۴۹	۱۹۷	۰/۷				
مجموع	۹۲۲/۷۹	۱۹۹					

جدول ۴- تجزیهٔ واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع درخت به‌روش هدایت‌شده

منبع	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	$F=\frac{MSK}{MSe}$	(%) R^2	r	P
رگرسیون	۲۴۷۷/۳۵	۲	۱۲۳۸/۶۸	۶۴۸/۲۱	۸۶	۰/۹۳	۰/۰۰۰
خطا	۳۷۶/۴۵	۱۹۷	۱/۹۱				
مجموع	۲۵۸۳/۸	۱۹۹					

- مقدار تولید قطع درخت در روش مرسوم با ارهٔ موتوری

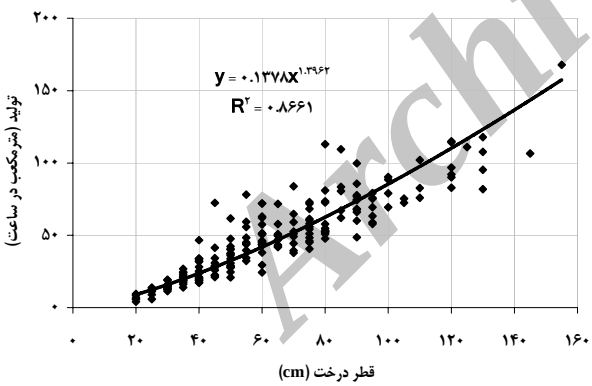
در این تحقیق مقدار تولید ساعتی قطع درخت با ارهٔ موتوری با در نظر گرفتن زمان‌های تاخیر و بدون آن، به ترتیب ۴۶/۴ و ۶۵/۶ مترمکعب در ساعت و ۱۰ و ۱۴ اصله در ساعت است. مقدار تولید ساعتی با احتساب زمان‌های تاخیر حدود ۲۹ درصد کمتر از تولید خالص قطع درخت با ارهٔ موتوری است. بررسی میزان تولید (مترمکعب در ساعت) قطع با اره‌موتوری به روش مرسوم نشان می‌دهد که با افزایش قطر، مقدار تولید بدون تاخیر قطع درخت به‌صورت رابطهٔ توانی افزایش ($F=۱۱۳۲/۶۸$ ،$p<۰/۰۱$) می‌یابد (شکل ۷).



شکل ۷- تغییرات تولید قطع درخت با ارهٔ موتوری به روش مرسوم با قطر درخت

- مقدار تولید قطع درخت در روش هدایت‌شده با ارهٔ موتوری

در این تحقیق میزان تولید ساعتی قطع درخت بوسیله ارهٔ موتوری با در نظر گرفتن زمان‌های تاخیر و بدون آن، به ترتیب ۴۴/۴ و ۵۹/۱ مترمکعب در ساعت، و ۷ و ۹ اصله در ساعت است. مقدار تولید ساعتی با احتساب زمان‌های تاخیر حدود ۲۵ درصد کمتر از تولید خالص قطع درخت با ارهٔ موتوری است. بررسی میزان تولید (مترمکعب در ساعت) قطع با ارهٔ موتوری به روش‌هدایت شده نشان می‌دهد که با افزایش قطر، مقدار تولید بدون تاخیر قطع درخت به‌صورت رابطه توانی افزایش ($F=۱۲۶۴/۸۵$ ،$p<۰/۰۱$) می‌یابد (شکل ۸).



شکل ۸- تغییرات تولید قطع درخت با ارهٔ موتوری به روش هدایت‌شده با قطر درخت

- هزینهٔ سیستم قطع درخت به دو روش مرسوم و هدایت‌شده

به‌منظور محاسبهٔ هزینهٔ سیستم از دستورالعمل پیشنهادی تهیهٔ طرح بهره‌برداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (سبحانی و رأفت‌نیا، ۱۳۷۶) استفاده شده است. با استفاده از این دستورالعمل، هزینه سیستم (که از مجموع هزینه‌های ارهٔ موتوری و هزینهٔ پرسنلی تشکیل می‌شود)،

Archive of SID
www.SID.ir

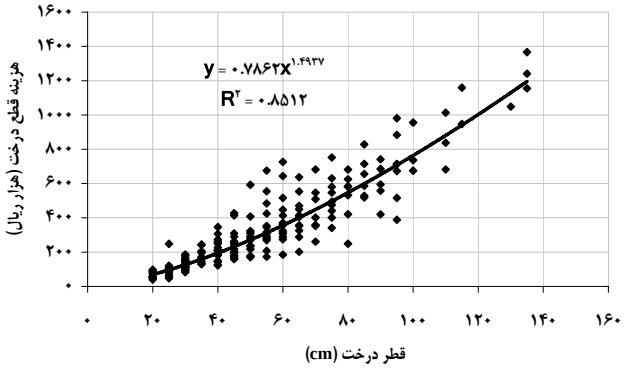
محاسبه شده است. از تقسیم هزینهٔ سیستم بر مقدار تولید، می‌توان هزینهٔ واحد تولید (مترمکعب) را محاسبه کرد. مبنای محاسبهٔ قیمت‌ها، بر اساس قیمت ماشین و دیگر لوازم و وسایل در سال ۱۳۸۹ است، با توجه به آب‌وهوای منطقه و همچنین اشتغال کارگران جنگل به امور دیگر، تعداد روزهای کار ۱۸۰ روز محاسبه شد. عمر مفید ماشین (ارهٔ موتوری) ۳ سال، قیمت خرید ۱۴ میلیون ریال و ضریب بهره‌وری ۸۳ درصد (ساعات کار برنامه‌ریزی‌شده و مفید به ترتیب ۶ و ۵ ساعت) در نظر گرفته شد. در جدول ۵ خلاصهٔ هزینه‌یابی عملیات قطع درخت نشانداده شده است. گروه ارهٔموتورچی متشکل از سه نفر شامل اره موتورچی، کمک اره موتورچی و کارگر همراه است.

جدول ۵- هزینه‌یابی عملیات قطع درخت با ارهٔ موتوری

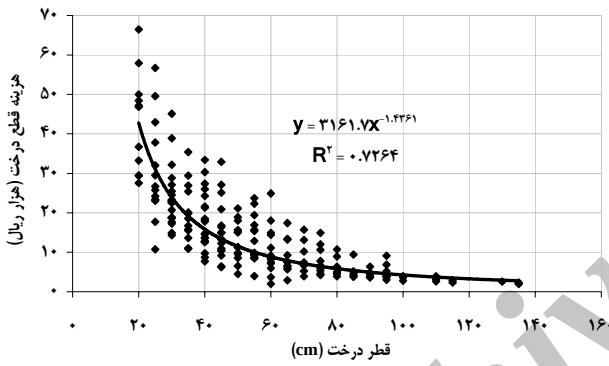
شاخص‌های هزینه	هزینه‌های ثابت (ریال)				هزینه‌های متغیر (ریال)				نرخ ماشین (ریال)	هزینهٔکار گری (ریال)	کل هزینهٔسیستم (ریال)
	استهلاک	سود سرمایه	بیمه و مالیات	هزینه در ساعت کار مفید	تعمیر و نگهداری	سوخت و روغن	زنجیر	هزینه در ساعت کار مفید			
هزینه (ریال)	۴۲۰۰۰۰۰	۱۸۱۳۰۰۰	۶۰۱۳۰۰	۷۳۴۹	۵۲۵۰	۲۳۵۰۰۰	۱۰۲۸۶	۲۵۰۵۳۶	۲۵۷۸۸۵	۱۶۰۰۰۰	۴۱۷۸۸۵

- هزینهٔ قطع درخت در روش مرسوم با ارهٔ موتوری

از تقسیم هزینهٔ سیستم بر مقدار تولید، هزینهٔ قطع درخت به‌دست می‌آید. هزینهٔ واحد تولید به‌روش قطع مرسوم با احتساب زمان‌های تاخیر و بدون احتساب آن، به ازای هر درخت به‌ترتیب ۴۲۱۱۰ و ۲۹۷۶۰ ریال بر مترمکعب و هزینهٔ واحد تولید با احتساب زمان‌های تاخیر و بدون احتساب آن، برای قطع درخت به‌ترتیب ۹۰۲۰ و ۶۳۷۰ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. تغییرات متغیر قطر درخت بر هزینهٔ قطع هر درخت محاسبه شد و نتایج نشان داد که با افزایش قطر، هزینهٔ قطع برای هر درخت افزایش می‌یابد که این افزایش به‌صورت رابطهٔ توانی است (شکل ۹)، ولی هزینهٔ واحد تولید (مترمکعب) چوب قطع‌شده با افزایش قطر کمتر می‌شود و به‌صورت یک تابع توانی کم‌شونده است (شکل ۱۰).



شکل ۹- اثر تغییرات قطر درخت بر هزینهٔ قطع مرسوم



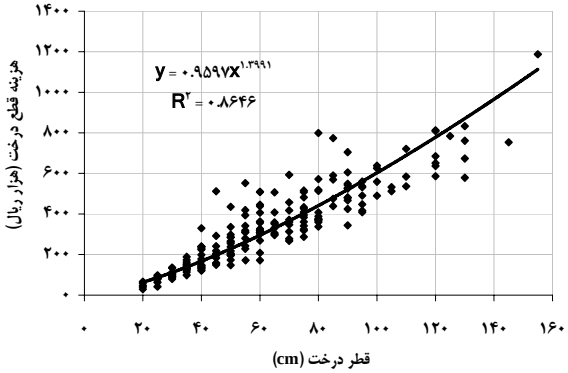
شکل ۱۰- اثر تغییرات قطر درخت بر هزینهٔ واحد تولید

- هزینهٔ قطع درخت در روش هدایت‌شده با ارهٔ موتوری

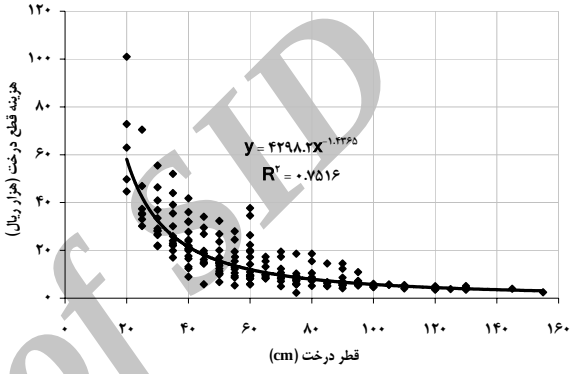
هزینهٔ واحد تولید به‌روش قطع هدایت‌شده با احتساب زمان‌های تاخیر و بدون احتساب آن، به ازای هر درخت به ترتیب ۶۱۲۸۰ و ۴۶۰۵۰ ریال بر مترمکعب و هزینهٔ واحد تولید با احتساب زمان‌های تاخیر و بدون احتساب آن، برای قطع درخت به ترتیب ۹۴۲۰ و ۷۰۷۰ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. تغییرات متغیر قطر درخت بر هزینهٔ قطع هر درخت در روش هدایت‌شده محاسبه شد و نتایج نشان داد که با افزایش قطر، هزینهٔ قطع برای هر درخت افزایش می‌یابد که این افزایش به‌صورت رابطهٔ توانی است (شکل ۱۱)، ولی هزینهٔ واحد تولید (مترمکعب) چوب قطع‌شده با افزایش قطر کمتر می‌شود و به‌صورت یک تابع توانی کم‌شونده است (شکل ۱۲).

Archive of SID

www.SID.ir



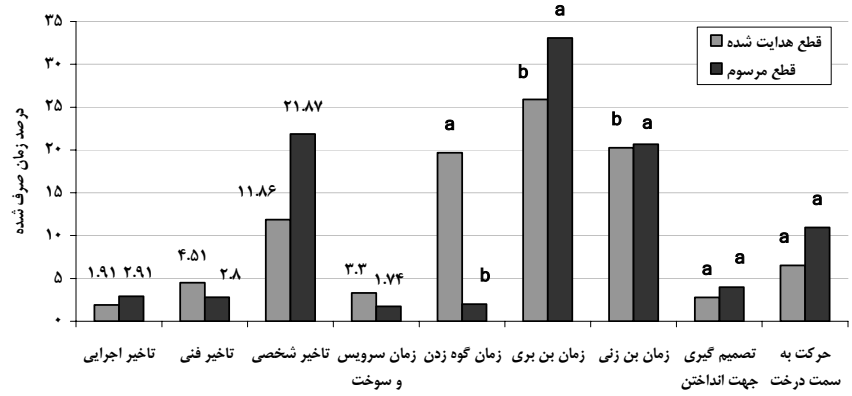
شکل ۱۱- اثر تغییرات قطر درخت بر هزینهٔ قطع هدایت‌شده



شکل ۱۲- اثر تغییرات قطر درخت بر هزینهٔ واحد تولید

- تجزیه‌وتحلیل اجزای عملیات قطع در دو روش مرسوم و هدایت‌شده

در روش قطع مرسوم به‌طور میانگین هر چرخه قطع درخت ۶/۰۵ دقیقه طول می کشد که ۴/۲۷ دقیقهٔ (۷۰/۶۸ درصد) آن را زمان خالص در برمی‌گیرد (شکل ۱۳). به‌عبارت دیگر، ۷۲/۴ درصد از زمان کار تولیدی است. زمان بن‌بری، تاخیر شخصی و بن‌زنی به‌ترتیب با ۳۳/۱، ۲۱/۹ و ۲۰/۷ درصد، بیشترین زمان یک نوبت قطع درخت را در بر می‌گیرد. میانگین زمان‌های تاخیر در هر نوبت کار ۱/۶۷ دقیقه (۲۷/۶ درصد) است که تاخیرهای شخصی، فنی و اجرایی به‌ترتیب ۷۹، ۱۰ و ۱۱ درصد کل زمان تاخیر را شامل می‌شود. نظارت نامناسب بر کار و همچنین ناهماهنگی در بخش‌های مختلف از دلایل اصلی افزایش تاخیرهای شخصی است. زمان گوه‌زدن به‌طور متوسط ۰/۱۲ دقیقه در هر چرخه است و ۲ درصد زمان کل قطع را شامل می‌شود. در روش هدایت‌شده به‌طور میانگین هر نوبت کار قطع درخت ۸/۸ دقیقه به‌درازا می‌کشد که ۶/۶۱ دقیقه (۷۵/۱۴ درصد) آن را زمان خالص تشکیل می‌دهد (شکل ۱۳). به‌عبارت دیگر، ۷۸/۴۴ درصد از زمان کار تولیدی است. آزمون t مستقل نشان داد که با توجه به مقدار معنی‌داری آزمون لیون، بین زمان قطع دو روش از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌داری وجود دارد ($p< ۰/۰۵$). زمان بن‌بری و بن‌زنی به‌ترتیب با ۲۵/۹ و ۲۰/۳ درصد بیشترین زمان یک نوبت قطع درخت را دربرمی‌گیرد. زمان گوه‌زنی برای هدایت مناسب درخت، ۱۹/۷ درصد زمان کل قطع در روش هدایت‌شده است و به‌طور میانگین ۱/۷۳ دقیقه به ازای هر چرخه را شامل می‌شود. تاخیرهای فنی مشاهده‌شده شامل خرابی اسپراکت، گیرکردن زنجیر و درآمدن زنجیر است. زمان سوختگیری جزء زمان‌های کاری قرار داده شده است، زیرا جزء زمان کار تولیدی بینه‌بری با ارهٔ موتوری است، در واقع بر اساس تقسیم‌بندی Bjorheden & Thompson (1995) زمان سوختگیری جزء زمان سرویس و به‌طور کلی زیرشاخهٔ زمان حمایتی کار است. همچنین نتایج آزمون t مستقل برای ۵ جزء اصلی قطع در دو روش نشان داد که بین دو جزء حرکت به‌سمت درخت، تصمیم‌گیری برای جهت انداختن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p< ۰/۰۱$). اما نتایج آزمون t مستقل نشان داد که بین زمان بن‌زنی ($p< ۰/۰۱$)، بن‌بری ($p< ۰/۰۵$) و گوه‌زنی ($p< ۰/۰۱$) در دو روش از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد.



شکل ۱۳- متوسط درصد زمان صرف‌شدهٔ اجزای یک قطع درخت در دو روش مرسوم و هدایت‌شده

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

عامل‌های زیادی بر تولید و کارایی عملیات قطع درختان اثر می‌گذارند. بسیاری از این عامل‌ها را نمی‌توان شناسایی و تعیین کرد و حتی بسیاری از آنها قابلیت کمی شدن ندارند. در این تحقیق متغیرهایی که بیشترین اثرگذاری را بر زمان قطع درخت در دو روش هدایت‌شده و مرسوم دارند، عبارتند از قطر برابرسینهٔ درختان، فاصلهٔ بین درختان و جهت انداختن درخت، که منطبق بر نتایج تحقیقات نیکوی، ۱۳۸۶؛ Wang *et al*., Li *et al*., 2006; Sessions *et al*., 2007 Lortz *et al*., 1997; Rummer & Klepac, 2002; 2004; است. در این بررسی‌ها متغیرهای تاثیرگذار بر زمان قطع درخت به‌ترتیب اهمیت عبارتند از قطر برابرسینه، فاصلهٔ بین درختان، شدت برداشت و نوع گونه. در این تحقیق، قطر درخت به‌عنوان متغیری مهم در هر دو روش قطع مرسوم و هدایت‌شده به‌دست آمد ولی در روش قطع هدایت‌شده از آنجایی که هدف انداختن درختان در جهت‌های تعیین شده بود، جهت انداختن به‌عنوان متغیر تاثیرگذار وارد مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان قطع شده است. عامل جهت انداختن درخت با در نظر گرفتن تمایل درختان به‌ویژه در درختان قطور زمان زیادی را صرف می‌کند که در تحقیقات مشابه کمتر مدنظر قرار گرفته است که دلیل اصلی آن وجود گونه‌های پهن‌برگ قطور در جنگل‌های شمال ایران است. در این تحقیق بر اساس دستورالعمل بین‌المللی در مورد زمان‌سنجی (Bjorheden & Thompson, 1995) زمان سوختگیری و تعمیر و نگهداری، جزء زمان کار حمایتی در نظر گرفته شده است. در تحقیقات Li *et al*., 2006 Lortz *et* Rummer & Klepac, 2002; Wang *et al*., 2004; *al*., 1997، چهار جزء کاری برای قطع درخت با ارهٔ موتوری در نظر گرفته شده است که شامل حرکت به‌سمت درخت، پیدا کردن درخت، قطع درخت و سرشاخه‌زنی و تاجبری است. در این تحقیق، قطع درخت به دو جزء بن‌زنی و بن‌بری تقسیم شده است و نکته شایان توجه این است که عملیات بینه‌بری و سرشاخه‌زنی به همراه قطع درخت انجام نمی‌گیرد و اره موتورچی بعد از قطع و انداختن درخت به طرف درخت بعدی حرکت می‌کند.

برازش هر جزء از قطع درخت نسبت به متغیر مستقل قطر برابرسینهٔ درخت در هر دو روش قطع مرسوم و هدایت‌شده، نشان داده است که دو جزء بن‌زنی و بن‌بری بیشترین مقدار تغییر را با افزایش قطر برابرسینهٔ درخت دارند، درحالی‌که دو جزء حرکت به سمت‌درخت و تصمیم برای قطع درخت، تأثیرپذیری کمتری نسبت به قطر برابرسینهٔ درخت دارند که نتایج تحقیق Lortz *et al*., 1997 نیز مؤید این مطلب است. مقدار تولید ساعتی با احتساب زمان‌های تاخیر در روش مرسوم ۹ درصد بیشتر از تولید خالص قطع درخت با ارهٔ موتوری به‌روش هدایت‌شده است. بررسی مقدار تولید (مترمکعب در ساعت) قطع با ارهٔ موتوری در هر دو روش مرسوم و هدایت‌شده نشان می‌دهد که با افزایش قطر، مقدار تولید بدون تاخیر قطع درخت به‌صورت رابطهٔ توانی افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیقات Lortz *et al*., 1997; Wang *et al*., 2004; Li *et al*., 2006 یکسان است. اره‌موتورچی باید فواصل بین درختان را برای یافتن درختان طی کند که این با توجه به شدت نشانه‌گذاری و شیوه نشانه‌گذاری تک‌گزینی، سبب افزایش زمان قطع درخت در هر دو روش خواهد بود. نتایج نشان داد که بین زمان گوه‌زنی در روش‌های قطع هدایت‌شده و مرسوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در هنگام قطع درخت سعی شده است که قطع به‌صورت هدایت‌شده صورت گیرد و با استفاده از بن‌زنی محاسبه‌شده و دقیق و همچنین استفاده از گوه، درخت در جهت مناسب انداخته شود تا حداقل خسارت به چوب تنه و عرصه و زادآوری وارد شود. اگرچه هزینهٔ قطع به ازای هر درخت در دو روش هدایت‌شده و مرسوم با افزایش قطر به تبع افزایش زمان افزایش می‌یابد، ولی هزینهٔ واحد تولید چوب قطع‌شده با افزایش قطر کمتر می‌شود و به‌صورت یک تابع نمایی کم‌شونده است، زیرا هزینهٔ تولید با افزایش حجم سرشکن می‌شود و کاهش می‌یابد. در این تحقیق زمان قطع درخت در روش هدایت‌شده بیشتر از زمان قطع در روش مرسوم است و به‌تبع آن هزینهٔ تولید عملیات در روش قطع هدایت‌شده بیشتر از روش مرسوم بوده و این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار است. تحقیقات دلالت دارد که این روش قطع درخت ممکن است بسیار گران باشد (نیکوی، ۱۳۸۶؛ Dykstra & Heinrich, 1996). در یک بررسی مشخص شده که هزینه‌های بهره‌برداری تا ۳۰ درصد افزایش یافته است، اگرچه قطع هدایت‌شدهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

درخت ممکن است هزینه‌های بهره‌برداری را افـزایش دهـد، ایـن هزینـه‌هـا ممکـن اسـت بـا افـزایش بـازدهی عملیـات چوبکشی، کاهش آسیب به تودهٔ باقی‌مانده و کـاهش مقـدار شکستگی حجم چوب شایان استفاده از ساقهٔ درخت جبران شـود (Dykstra & Heinrich, 1996). بـه‌منظـور بهبـود عملیات قطع، باید اولویت‌بندی مناسب با توجه به هدف‌های ذکرشده انجام گیرد تا مهـارت کـارگران قطـع بهبـود یابـد. همچنین مشوق‌هایی به منظور بهبود بخشیدن بـه عملیـات قطع، باید در نظر گرفته شود.

منابع

جـورغلامی، مقـداد و بـاریس مجنونیـان، ۱۳۸۹. بررسـی کارایی عملیات بینه‌بری بـا اره موتـوری بـه دو روش روش گرده‌بینه کوتاه و بلند. مجله جنگل ایران، ۲(۱): ۱۲-۱.

ساریخانی، نصرتا...، ۱۳۸۷. بهره‌برداری جنگل، انتـشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۰۹۹، چاپ سوم، ۷۷۶ ص.

گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، ۱۳۷۴. طرح جنگلـداری اولین تجدیدنظر بخش نم‌خانه جنگل آموزشی و پژوهـشی خیرودکنار نوشهر، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهـران، ۳۲۰ ص.

نیکوی، مهرداد، ۱۳۸۶. بهینه کـردن هزینـه‌هـای تولیـد و کاهش صدمات بهره‌برداری و حمل و نقل به چوب، درخت و جنگل با طراحی بهره‌برداری، رساله دکتری جنگلـداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۸۷ ص.

Bjorheden, R. & M.A. Thompson, 1995. An International Nomenclature for Forest Work Study. Paper presented at the XX IUFRO World Congress, Tampere, 16 pp.

Conway, S., 1984. Logging practice; principles of timber harvesting systems. Miller Freeman Publications, Inc. 465 pp.

Dykstra, D.P. and R. Heinrich. 1996. FAO model code of forest harvesting practice. FAO. Rome. 97 pp.

FAO, 1976. Harvesting planted forests in developing countries. A manual on techniques, roads, production and costs. FOI: TF-INT 74 (SWE), FAO, Rome, 76 pp.

Heinimann, 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, 279-285.

International Labour Office (ILO), 1998. Safety and health in forestry work. Geneva. Italy. 116 pp.

Li, Y., J. Wang, G. Miller and J. McNeel. 2006. Production economics of harvesting small-diameter hardwood stands in central Appalachia, *Forest Product Journal*, 56(3):81-86.

Lortz, D., R. Kluender, W. McCoy, B. Stokes & J. Klepac, 1997. Manual felling time and productivity in southern forests, *Forest Product Journal*, 47(10): 59-63.

Pearce J.k. & G. Stenzel, 1972. Logging and Pulpwood Production, the Ronald Press Co., New York, 453 pp.

Rummer, R. & J. Klepac, 2002. Mechanized or hand operations: which is less expensive for small timber? Proceedings from conference held February 25-27, 2002 in Spokane, Washington. Compiled and edited by D.M. Baumgartner, L.R. Johnson and E.J. DePuit, Washington State University Cooperative Extension, 268 pp.

Sessions, J. 1988. Making better tree-bucking decisions in the woods, *Journal of Forestry*, 10: 43-45.

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.

Wang, J., C. Long, J. McNeel & J. Baumgras, 2004. Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachain hardwood forests, *Forest Product Journal*, 54(12): 45-51.

Archive of SID

www.SID.ir

Production and cost comparison of conventional and directional tree felling (Case study: in Kheyrud forest)

V. Rizvandi[*1] and M. Jourgholami[2]
[1]MSc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received: 24 December 2010, Accepted: 31 May 2011)

Abstract
Tree felling is the most important component among tree harvesting which consists of cutting, limbing and bucking. This research was carried out in two compartments in Namkhaneh district of Kheyrud Forest. The Objective of this study were the time study of conventional and directional tree felling operation, estimation of productivity and costs of chainsaw for both conventional and directional methods, and development of regression model. Factors affecting on bucking time regression model were DBH of harvested tree and inter-tree distance for conventional method and DBH of harvested tree and direct of felling regarding to the lay directional felling. The hourly production of conventional tree felling with and without delay time was 46.4 and 65.6 m^3/h, respectively. However, in directional felling method, the hourly productions with and without delay time were 44.4 m^3/h and 59.1 m^3/h, respectively. Productivity of chainsaw felling increased related to tree DBH as power for both conventional and directional felling method. The cost of felling was increased as simple exponential equation when DBH of harvested tree decreased for both conventional and directional felling method. Result indicates that the directional felling was more expensive than conventional felling.

Key words: Tree felling, Time study, Regression model, Conventional method, Directional method, Production, Cost.

Archive of SID

[*]Corresponding author Tel: +98 939 2193140 Email: rizvandi@ut.ac.ir
www.SID.ir