

## بررسی کارایی عملیات بینه‌بری با اره‌موتوری به‌دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند (مطالعه موردی: بخش نمخانه جنگل خیرود)

مقداد جورغلامی\* و باریس مجنونیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

<sup>۲</sup> دانشیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۸ / ۲ / ۲۷، تاریخ تصویب: ۸۸ / ۸ / ۳)

### چکیده

قطع درخت یکی از مؤلفه‌های بسیار مهم سیستم بهره‌برداری است که شامل زیرمؤلفه‌های قطع و انداختن، سرشاخه‌زنی، بینه‌بری و تاج‌بری است. بینه‌بری عملیاتی است که در آن درخت قطع شده به قطعات کوچکتر تبدیل می‌شود، در جنگل‌های پهن‌برگ بینه‌بری بسیار مهم و تأثیرگذار است که نقش اساسی در فراهم کردن محصولاتی با حداکثر ارزش از تنه درختان قطع شده برای مصرف نهایی دارد. این تحقیق برای ارزیابی زیرمؤلفه بینه‌بری در دو پارسل از بخش نمخانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام شد. اهداف این تحقیق عبارتند از مطالعه زمانی عملیات بینه‌بری درخت به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند، برآورد و محاسبه نرخ تولید و هزینه اره‌موتوری و همچنین ارائه مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان بینه‌بری. معادله رگرسیون چندمتغیره زمان بینه‌بری در روش گرده‌بینه کوتاه به صورت تابعی از متغیر قطر و طول درخت بوده و در روش گرده‌بینه بلند تنها تابعی از طول درخت است. در این تحقیق میزان تولید ساعتی بینه‌بری درخت در روش گرده‌بینه کوتاه با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر و بدون آن، به ترتیب برابر ۳۵/۵۷ و ۵۶/۸۶ مترمکعب در ساعت است در حالیکه در روش گرده‌بینه بلند با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر و بدون آن، به ترتیب برابر ۷۹/۸۵ و ۱۳۴/۱۲ مترمکعب در ساعت است. با افزایش قطر، میزان تولید بدون تأخیر بینه‌بری درخت در دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند به صورت رابطه توانی افزایش می‌یابد. هزینه واحد تولید در بینه‌بری به‌وسیله اره‌موتوری در دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند با افزایش قطر به‌صورت توانی کاهش می‌یابد. متوسط زمان خالص یک نوبت کار بینه‌بری بدون تأخیر در دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند به ترتیب برابر با ۶/۷۷ و ۳/۴۴ دقیقه است.

**واژه‌های کلیدی:** بینه‌بری، مطالعه زمانی، مدل رگرسیونی، تولید، هزینه، گرده‌بینه کوتاه و بلند، جنگل خیرود.

## مقدمه و هدف

بهره‌برداری زنجیره‌ای از اقدام‌های پشت سرهم است که برای دستیابی به هدف مورد نظر باید با نظم و ترتیب معینی به‌انجام برسد. اهداف بهره‌برداری جنگل در واقع انجام طرح‌ها و عملیاتی است که به‌طور عملی و فنی قابل انجام بوده، از نظر اقتصادی قابل قبول و از نظر زیست‌محیطی سالم و بی‌خطر باشد. برای دستیابی به این اهداف، نیازمند است که بهترین برنامه‌ریزی‌ها صورت گرفته و به‌طور پیوسته بهبود یابد (Heinemann, 2004).

بهره‌برداری یک فعالیت ضروری در مدیریت جنگل است و شامل تمام فعالیت‌ها از قطع درخت تا تحویل چوب به کارخانه است که اگر به‌درستی برنامه‌ریزی و اجرا شود سود پیش‌بینی شده را محقق خواهد ساخت. در مقابل، طراحی و اجرای ضعیف برنامه‌ها پرهزینه خواهد بود و منجر به صدمات زیست‌محیطی، همچنین افت زیاد چوب، استفاده محدود از منابع موجود و صدمه به نیروی کار می‌شود (Sessions et al., 2007). بهره‌برداری از طراحی شروع و شامل مولفه‌هایی مانند قطع درختان، سرشاخه زنی، بینه زنی، حمل‌ونقل اولیه، بارگیری، حمل‌ونقل ثانویه و تخلیه تقسیم می‌شود (مجنونیان، ۱۳۶۸).

در بین مؤلفه‌های بهره‌برداری، قطع درخت به‌عنوان شروع و ابتدای زنجیره کار بهره‌برداری اهمیت زیادی دارد و به شدت بر روی مراحل بعدی کار تأثیرگذار است. قطع درخت شامل زیرمؤلفه‌های قطع و انداختن، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری و تاج‌بری است. در گذشته قطع، سرشاخه‌زنی و تبدیل در جنگل‌های طبیعی و جنگلکاری‌ها بیشتر با تبر، اره دوسر دندان‌دهنده و اره دستی انجام می‌شد، ولی امروزه در عملیات قطع و سرشاخه‌زنی در شمال ایران، اره موتوری جایگزین ابزار دستی شده است. در جنگل‌های کوهستانی شمال ایران به‌دلیل داشتن شیب‌های به‌نسبت زیاد، درختان قطور پهن‌برگ و استفاده از روشهای گزینشی، مکانیزاسیون پیشرفته و استفاده از ماشین‌های چندکاره قطع و تبدیل کاربرد چندانی ندارد (ساریخانی، ۱۳۸۷). بینه‌بری<sup>۱</sup> عملیاتی است که در آن درخت قطع شده به قطعات کوچک‌تر بریده می‌شود، به‌عبارت دیگر

بینه‌بری شامل تبدیل درختان به گرده‌بینه‌های با ابعاد مورد قبول برای مصرف نهایی است (Conway, 1984; Dykstra & Heinrich, 1996; Sessions et al., 2007) که برای مرحله بعدی یعنی چوبکشی یا انتقال آماده می‌شود (Pearce & Stenzel, 1972). طول گرده‌بینه بستگی به ابعاد درخت و سیستم چوبکشی دارد (Sessions et al., 2007)، هرچند بهره‌برداری به روش گرده‌بینه بلند گسترش بیشتری داشته و در این حالت چوب در دپو تبدیل می‌شود (Pearce & Stenzel, 1972). البته این حالت یک روش جایگزین مهم است، چون تنه درخت بدون هیچ تنشی در دپو قرار گرفته و اندازه‌گیری با دقت و بر اساس اندازه مورد نظر انجام می‌شود (Sessions et al., 2007). اگرچه ماشین چوبکشی باید به اندازه کافی ظرفیت داشته باشد تا گرده‌بینه‌های تمام‌تنه را به دپو بکشد. عامل‌های موثر در عملیات بینه‌بری عبارت است از اندازه چوب، تقاضای بازار، محدودیت‌های مربوط به وسایل و ماشین‌آلات، حمل‌ونقل ثانویه و درجه‌بندی چوب (Pearce & Stenzel, 1972). اندازه‌گیری یکی از اجزای مهم و اساسی عملیات بینه‌بری است که در اندازه‌گیری باید خصوصیات ظاهری، اندازه گره‌ها، درجه و نوع گرده‌بینه در نظر گرفته شود. توجه به عکس‌العمل تنه درخت قطع‌شده و چگونگی قرارگیری تنه و تنش‌های موجود در آن، نقش اساسی در کاهش شکافتن چوب و همچنین کاهش افت چوب دارد. کارگرانی که عملیات بینه‌بری را انجام می‌دهند باید دانش و آگاهی پایه‌ای در مورد درجه‌بندی و اندازه‌گیری چوب داشته باشند (Sessions, 1988).

کار با اره موتوری به‌عنوان یک کار خطرناک و سخت شناخته می‌شود (Dykstra & Heinrich, 1996) و در مراحل مختلف قطع از جمله انداختن درخت، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری نیازمند انرژی، توانائی جسمی و روحی مناسب است (ILO, 1998). مقدار تولید ارموتوری در عملیات قطع، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری در جنگل‌های تروپیکال در محدوده قطری ۱۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، برابر با ۵۰ تا ۳۰۰ قطر درخت در روز است (FAO, 1976). در جنگل‌های طبیعی قطر درخت عامل بسیار مهم در زمان قطع، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری هر درخت است (Sessions et al., 2007).

درختان قطع شونده است. در تحقیق فوق مقدار تولید در سیستم قطع با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون آن به ترتیب برابر با ۵۳ و ۶۷ مترمکعب در ساعت است. این بررسی به منظور مطالعه زمانی پیوسته عملیات بینه‌بری درخت با ارموتوری در دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند، برآورد و محاسبه نرخ تولید و هزینه ارموتوری و اکیپ بینه‌بری درخت، ارائه مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان بینه‌بری و استفاده از عوامل تأثیرگذار بر مدل برای برآورد زمان و هزینه عملیات بینه‌بری انجام می‌شود.

### مواد و روش‌ها

#### - منطقه مورد تحقیق

این تحقیق در پارسل‌های ۲۲۰ و ۲۲۵ بخش نمخانه جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود انجام شد. مساحت این دو پارسل در مجموع برابر ۸۳ هکتار است. موجودی حجمی و تعداد در هکتار در پارسل ۲۲۰ به ترتیب ۵۰۴ سیلو و ۱۷۳ اصله و حجم و تعداد در هکتار در پارسل ۲۲۵ به ترتیب برابر ۳۰۱ سیلو و ۱۲۳ اصله است (طرح جنگلداری بخش نمخانه، ۱۳۷۴). ارتفاع از سطح دریا ۱۰۰۰ تا ۱۱۹۰ متر و میزان بارندگی منطقه ۱۵۳۲ میلی‌متر است و میانگین بارندگی در تیر و مرداد به ترتیب ۶۵/۶ و ۶۴/۳ میلی‌متر و حداکثر متوسط حرارت ماهیانه مربوط به تیر و مرداد به ترتیب ۱۸/۰۵ و ۱۷/۵۵ درجه سانتی‌گراد است (اعتماد، ۱۳۸۱). شیوه بهره‌برداری و جنگل‌شناسی در پارسل‌های مورد بررسی به صورت تک‌گزینی و میزان حجم برداشت در پارسل ۲۲۰ و ۲۲۵ به ترتیب ۹۴۸ (۲۷۰ اصله) و ۷۸۲ (۱۸۱ اصله) سیلو (۳۵ و ۱۴ سیلو در هکتار) نشان‌گذاری شده است. شیب کلی پارسل‌های ۲۲۰ و ۲۲۵ به ترتیب ۴۵ و ۳۵ درصد است. عملیات جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در مرداد و شهریور ۱۳۸۷ انجام گرفت. ارموتورچی دارای تجربه کاری ۱۸ ساله بوده است.

#### - روش تحقیق

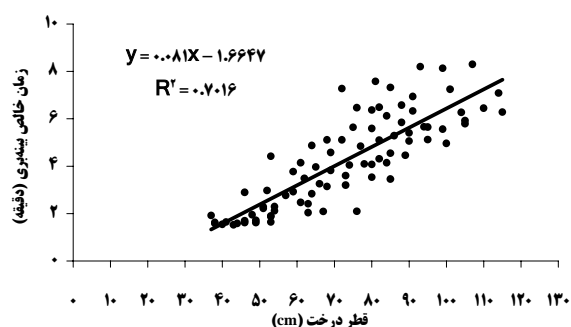
در این بررسی به کمک یک دستگاه زمان‌سنج، زمان سنجی به روش زمان‌های پیوسته انجام شد. عوامل مؤثر بر زمان بینه‌بری یک درخت به وسیله ارموتوری شامل قطر درخت (سانتی‌متر)، طول درخت (متر) و شیب عرضی کنار

Conway (1984) در تحقیقی در ایالات متحده بیان می‌دارد که قطر درخت عامل تأثیرگذاری در مقدار تولید قطع و بینه‌بری درخت است و زمانی که حجم درخت کم باشد، هزینه‌ها افزایش یافته و در حالت عکس هزینه کاهش می‌یابد. مقدار تولید عملیات قطع و بینه‌بری در جنگل‌های نواحی تروپیکال با اکیپ ۲ نفره روزانه ۳۰-۷۰ مترمکعب است و با افزایش قطر درخت مقدار تولید ارموتوری افزایش می‌یابد (FAO, 1976). Wang et al., (2004) با بررسی کارایی و هزینه سیستم قطع با ارموتوری در جنگل‌های پهن‌برگ آپالاجیان آمریکا، مدل رگرسیونی زمان قطع، سرشاخه‌زنی و تبدیل درخت را تهیه کردند که در آن متغیر قطر برابر سینه به عنوان بهترین عامل برای پیش‌بینی زمان قطع، سرشاخه‌زنی و تبدیل درخت است. Lortz et al., (1997) با بررسی کارایی و زمان قطع درخت با ارموتوری در جنگل‌های کاج شمال آمریکا، نشان دادند که زمان قطع و تبدیل درخت متأثر از اندازه تاج درخت است، بدان علت که قطر تاج درخت به قطر درخت در ارتفاع برابر سینه بستگی دارد. Rummer & Klepac (2002) با مقایسه دو سیستم بهره‌برداری شامل قطع درخت با ارموتوری و هاروستر<sup>۱</sup> از 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 زمان پردازش درخت بیشترین مقدار زمان یک سیکل قطع درخت را صرف می‌کند. Li et al., (2006) به بررسی تولید و هزینه سه سیستم بهره‌برداری در جنگل‌های آپالاجیای مرکزی ویرجینیا پرداختند و بیان کردند که عوامل مؤثر بر زمان قطع درخت با ارموتوری عبارتند از قطر درخت و فاصله بین درختان. همچنین میزان هزینه واحد تولید ارموتوری در مقایسه با فلربانچر<sup>۲</sup> و هاروستر به مراتب بیشتر است.

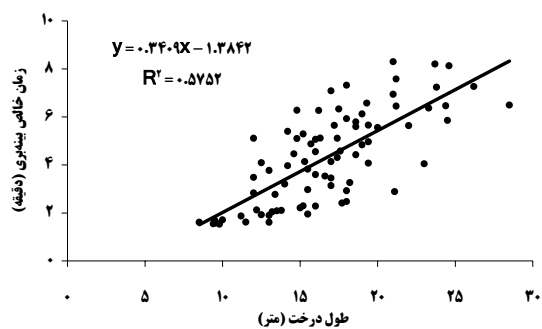
در این زمینه تاکنون در ایران تحقیق مدونی صورت نگرفته است. نیکوی (۱۳۸۶) در تحقیق خود در جنگل‌های گیلان مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع درخت را تهیه کرد که این مدل تابعی از متغیرهای قطر درخت و فاصله بین

1- Harvester  
2- Feller-buncher

با اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر زمان بینه‌بری درخت شامل: قطر درخت، طول درخت و شیب عرضی عرصه (درصد)، نمودار پراکنش ابر نقاط بین زمان بینه‌بری درخت (یک دوره کار) با متغیرهای مذکور به‌دست آمد (شکل‌های ۱ و ۲). همچنین مشخصه‌های مؤثر بر زمان بینه‌بری محاسبه شدند، جدول ۱ مشخصه‌های اندازه‌گیری شده در مطالعه زمانی و متغیرهای مؤثر بر زمان بینه‌بری را نشان می‌دهد. شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش قطر درخت زمان خالص بینه‌بری درخت به صورت خطی افزایش می‌یابد، همچنین بین متغیر طول درخت و زمان خالص بینه‌بری رابطه معنی‌داری وجود دارد (شکل ۲).



شکل ۱- پراکنش ابر نقاط زمان خالص بینه‌بری در ارتباط با قطر درخت



شکل ۲- پراکنش ابر نقاط زمان خالص بینه‌بری در ارتباط با طول درخت

تنه درخت (درصد) اندازه‌گیری شدند. اجزاء کار در عملیات بینه‌بری شامل اندازه‌گیری طول گرده‌بینه درخت سرشاخه‌زده شده (از زمانی که کمک ارموتورچی متر را برای اندازه‌گیری طول بینه باز می‌کند تا آغاز برش مقطع گرده‌بینه) و بینه‌بری (از روشن کردن ارموتوری به منظور آغاز برش مقطع گرده‌بینه تا پایان برش و جدا شدن گرده‌بینه) است (Pearce & Stenzel, 1972). به دلیل اینکه عملیات سرشاخه‌زنی درختان جدا از بینه‌بری انجام گرفت، بنابراین بررسی و هزینه‌یابی عملیات سرشاخه‌زنی به طور جداگانه انجام شد. به منظور مطالعه زمانی برای تعیین مدل بینه‌بری درخت با ارموتوری در دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند به ترتیب ۸۷ و ۹۴ نمونه (سیکل بینه‌بری درخت) اندازه‌گیری شدند (جدول‌های ۱ و ۲). نمونه‌ها از گونه‌های راش و ممرز بودند. در روش بهره‌برداری گرده‌بینه بلند درخت پس از قطع، به مضرب ۴ و ۵ و بیشتر اعداد ۲/۲، ۲/۴، ۲/۶، ۲/۸ متر، تبدیل می‌شود. در حالیکه در روش بهره‌برداری گرده‌بینه کوتاه، درخت پس از قطع، به مضرب ۲ و ۳ اعداد ۲/۲، ۲/۴، ۲/۶، ۲/۸ متر، تبدیل می‌شود. بر این اساس با استفاده از نرم‌افزار SPSS، مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بینه‌بری به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند تهیه شد. بعد از وارد کردن داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از این برنامه و با استفاده از پلات‌های نرمال<sup>۱</sup> و روش آندرسون-دارلینگ<sup>۲</sup> از نرمال بودن توزیع داده‌های موجود در هر قسمت اطمینان حاصل شد. رابطه بین عوامل مؤثر اندازه‌گیری شده و اثرهای متقابل آنها به صورت ترکیب‌های دوتایی، با زمان بینه‌بری تنه درخت بدون احتساب زمان تأخیر مشخص شد. برای تعیین ضرایب متغیر و ثابت مدل پیش‌بینی زمان بینه‌بری درخت از روش رگرسیون چندمتغیره و از فن رگرسیون مرحله‌ای<sup>۳</sup> استفاده شد.

## نتایج

- تحلیل داده‌های بینه‌بری در روش گرده‌بینه کوتاه

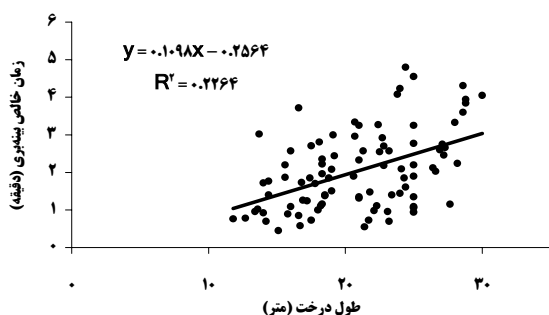
- 1- Normal Plots
- 2- Anderson-Darling
- 3- Stepwise Regression

جدول ۱- مشخصه‌های آماری مطالعه‌ی زمانی عملیات بینه‌بری درخت در روش گرده‌بینه کوتاه

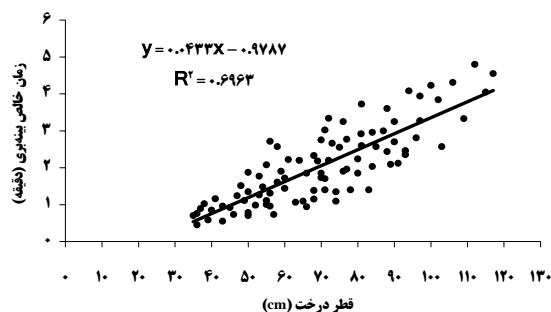
مشخصه	قطر درخت (سانتی متر)	طول درخت (متر)	حجم گرده‌بینه (مترمکعب)	تعداد گرده‌بینه	زمان اندازه‌گیری (دقیقه)	زمان بینه‌بری (دقیقه)	تأخیر فنی (دقیقه)	تأخیر اجرایی (دقیقه)	تأخیر شخصی (دقیقه)	کل زمان تأخیر (دقیقه)	زمان خالص (دقیقه)	بینه‌بری (دقیقه)	کل زمان
میانگین	۷۲/۸	۱۶/۵	۴/۰۱	۳/۱	۰/۶۲	۳/۶۲	۰/۴۸	۰/۳۳	۱/۷۳	۲/۵۳	۴/۲۳	۶/۷۷	
حداقل	۳۷	۸/۵	۰/۲۴	۲	۰/۱۹	۱/۲۴	۰	۰	۰	۰	۱/۵۳	۱/۵۳	
حداکثر	۱۱۵	۲۸/۵	۱۳/۴۸	۵	۱/۶	۷/۷۶	۶/۱۷	۶/۱۵	۶۵/۲۸	۶۵/۲۸	۸/۳	۷۰/۶۸	
انحراف از معیار	۲۰/۱	۴/۳	۳/۲۶	۰/۹	۰/۲۷	۱/۸	۱/۱۷	۱/۰۹	۹/۱۷	۹/۲۲	۱/۹۴	۹/۲۸	

شدند، جدول ۲ مشخصه‌های اندازه‌گیری شده در مطالعه‌ی زمانی و متغیرهای مؤثر بر زمان بینه‌بری را نشان می‌دهد. شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش قطر درخت زمان خالص بینه‌بری درخت به صورت خطی افزایش می‌یابد، همچنین بین متغیر طول درخت و زمان خالص بینه‌بری رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد (شکل ۴).

تحلیل داده‌های بینه‌بری در روش گرده‌بینه بلند با اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر زمان بینه‌بری درخت شامل: قطر درخت، طول درخت و شیب عرضی عرصه (درصد)، نمودار پراکنش ابر نقاط بین زمان بینه‌بری درخت (یک دوره کار) با متغیرهای مذکور به دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴). همچنین مشخصه‌های مؤثر بر زمان بینه‌بری محاسبه



شکل ۴- پراکنش ابر نقاط زمان خالص بینه‌بری در ارتباط با طول درخت



شکل ۳- پراکنش ابر نقاط زمان خالص بینه‌بری در ارتباط با قطر درخت

جدول ۲- مشخصه‌های آماری مطالعه‌ی زمانی عملیات بینه‌بری درخت در روش گرده‌بینه بلند

مشخصه	قطر درخت (cm)	طول درخت (متر)	حجم گرده‌بینه (m <sup>3</sup> )	تعداد گرده‌بینه	اندازه‌گیری زمان (دقیقه)	زمان بینه‌بری (دقیقه)	تأخیر فنی (دقیقه)	تأخیر اجرایی (دقیقه)	تأخیر شخصی (دقیقه)	کل زمان تأخیر (دقیقه)	زمان خالص (دقیقه)	بینه‌بری (دقیقه)	کل زمان
میانگین	۸/۶۹	۲۱	۴/۵۷	۲/۱	۰/۳۱	۱/۴۷	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۸۸	۱/۳۹	۲/۰۵	۳/۴۴	
حداقل	۳۵	۱۱/۸	۰/۲۹	۲	۰/۱۴	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰/۴۵	۰/۴۵	
حداکثر	۱۱۷	۳۰	۱۳/۹۱	۳	۰/۵۵	۴/۳۸	۲/۳۲	۳/۱۷	۲۵/۶۲	۲۶/۵۶	۴/۸	۲۷/۵	
انحراف از معیار	۲/۲۰	۴/۶	۳/۰۱	۰/۲	۰/۱۱	۱/۰۱	۰/۶۳	۰/۷۶	۴/۲۶	۴/۳۹	۱/۰۵	۴/۳۵	

$$Y = -0.97831 + 0.4333 x_1 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در رابطه ۱ و ۲

Y: زمان بینه‌بری یک درخت (دقیقه)؛ X<sub>1</sub>: قطر درخت (سانتی‌متر) و X<sub>2</sub>: طول درخت (متر) است.

جدول‌های ۳ و ۴ خلاصه جدول تجزیه واریانس مدل رابطه‌های ۱ و ۲ را نشان می‌دهند. در جدول‌های ۳ و ۴ مقدار F به‌دست آمده، بیانگر این است که در سطح  $\alpha = 0.01$  معنی‌دار است و متغیر وارد شده در مدل به‌ترتیب تا ۸۱ و ۶۹ درصد تغییرات را نشان می‌دهد.

- مدل پیش‌بینی زمان بینه‌بری درخت به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند

مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بینه‌بری در روش گرده‌بینه کوتاه با اره‌موتوری به‌دست‌آمده در این تحقیق، عبارت است از معادله رگرسیون چندمتغیره که تابعی از متغیر قطر و طول درخت است (رابطه ۱). همچنین مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بینه‌بری درخت با اره موتوری در روش گرده‌بینه بلند تابعی از متغیر قطر درخت است (رابطه ۲).

$$Y = -3.03359 + 0.5787 x_1 + 0.18467 x_2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

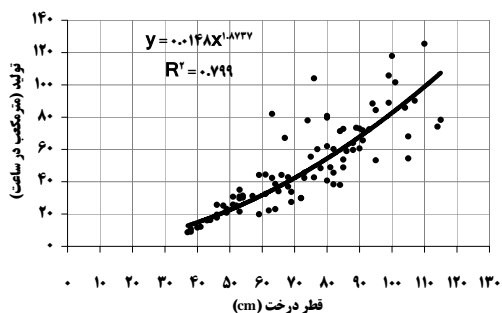
جدول ۳- تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بینه‌بری درخت با اره‌موتوری

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	$F = \frac{MSK}{MSe}$	$R^2$ (%)	r	P
رگرسیون	۲۵۹/۳۸	۲	۱۲۹/۱۹	۱۸۱/۷۴	۸۱	۰/۹	۰/۰۰۰
خطا	۵۹/۹۴	۸۴	۰/۷۱				
مجموع	۳۱۹/۳۲	۸۶					

جدول ۴- تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بینه‌بری درخت با اره‌موتوری

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	$F = \frac{MSK}{MSe}$	$R^2$ (%)	r	P
رگرسیون	۶۹/۹۶	۱	۶۹/۹۶	۲/۶	۶۹	۰/۸۳	۰/۰۰۰
خطا	۳۰/۵۷	۹۰	۰/۳۴				
مجموع	۱۰۰/۵۳	۹۱					

بدون تأخیر بینه‌بری درخت به صورت رابطه توانی افزایش می‌یابد (شکل ۵). همچنین با افزایش طول درخت، تولید ساعتی بینه‌بری افزایش می‌یابد که این رابطه نیز همانند رابطه قطر و زمان بینه‌بری به‌صورت نمایی افزایش یابنده است (شکل ۶).



شکل ۵- تغییرات تولید بینه‌بری درخت با اره‌موتوری با قطر درخت

- مقدار تولید سیستم بینه‌بری درخت در روش گرده‌بینه کوتاه

در این تحقیق مقدار تولید ساعتی بینه‌بری درخت به‌وسیله اره‌موتوری با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر و بدون آن از رابطه ۳ به‌دست می‌آید که به‌ترتیب برابر ۳۵/۵۷ و ۵۶/۸۶ مترمکعب در ساعت است.

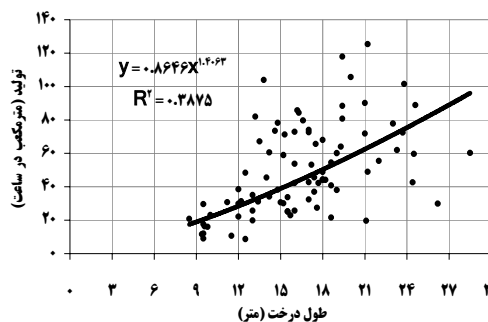
رابطه (۳)

$$\text{مقدار تولید کل حجم بینه‌بری شده (مترمکعب)} = \frac{\text{کل زمان صرف شده (ساعت)}}{\text{مقدار تولید}}$$

با و بدون تأخیر (مترمکعب در ساعت)

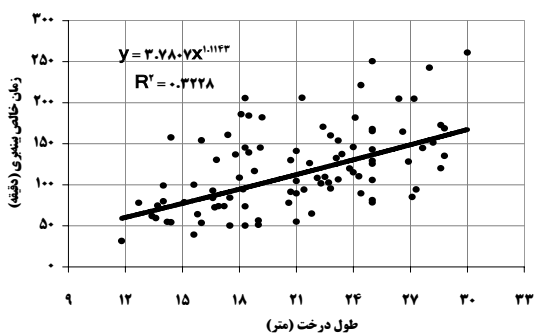
مقدار تولید ساعتی با احتساب زمان‌های تاخیر حدود ۳۸ درصد کمتر از تولید خالص بینه‌بری درخت با اره‌موتوری است. بررسی مقدار تولید (مترمکعب در ساعت) بینه‌بری با اره‌موتوری نشان می‌دهد که با افزایش قطر، مقدار تولید

رابطه ۳ به دست می آید که به ترتیب برابر ۷۹/۸۵ مترمکعب در ساعت و ۱۳۴/۱۲ مترمکعب در ساعت است. مقدار تولید ساعتی با احتساب زمانهای تأخیر حدود ۴۰/۵ درصد کمتر از تولید خالص بینه‌بری درخت با اره‌موتوری است. بررسی میزان تولید (مترمکعب در ساعت) بینه‌بری با اره‌موتوری نشان می‌دهد که با افزایش قطر، مقدار تولید بدون تأخیر بینه‌بری درخت به صورت رابطه توانی افزایش می‌یابد (شکل ۷). همچنین با افزایش طول درخت، تولید ساعتی بینه‌بری افزایش می‌یابد که این رابطه نیز همانند رابطه قطر و زمان بینه‌بری به صورت توانی افزایش یابنده است (شکل ۸).

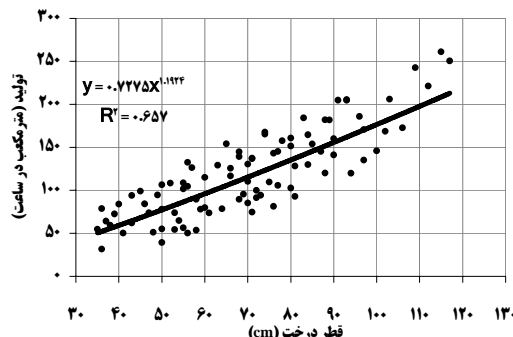


شکل ۶- تغییرات تولید بینه‌بری درخت با اره‌موتوری با طول درخت

مقدار تولید سیستم بینه‌بری درخت در روش گرده‌بینه بلند در این تحقیق مقدار تولید ساعتی بینه‌بری درخت به وسیله اره‌موتوری با در نظر گرفتن زمانهای تأخیر و بدون آن از



شکل ۸- تغییرات تولید بینه‌بری درخت با اره‌موتوری با طول درخت



شکل ۷- تغییرات تولید بینه‌بری درخت با اره‌موتوری با قطر درخت

ماشین و سایر لوازم و وسایل در سال ۱۳۸۷ است، با توجه به آب و هوای منطقه و همچنین اشتغال کارگران جنگل به امور دیگر، تعداد روزهای کار ۱۸۰ روز محاسبه شد. عمر مفید ماشین (اره‌موتوری) ۳ سال، قیمت خرید ۱۴ میلیون ریال و ضریب بهره‌وری ۸۳ درصد (ساعات کار برنامه ریزی شده و مفید به ترتیب ۶ و ۵ ساعت) در نظر گرفته شده است. جدول ۵ خلاصه هزینه‌یابی عملیات بینه‌بری درخت را نشان می‌دهد. گروه اره‌موتورچی متشکل از سه نفر شامل اره‌موتورچی، کمک اره‌موتورچی و کارگر همراه است.

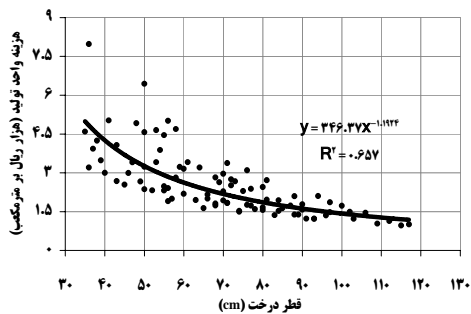
هزینه سیستم بینه‌بری درخت

به منظور محاسبه هزینه سیستم از دستورالعمل پیشنهادی تهیه طرح بهره‌برداری سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور (سیحانی و رأفت‌نیا، ۱۳۷۶) استفاده شده است. با استفاده از این دستورالعمل، هزینه سیستم (که از مجموع هزینه‌های اره‌موتوری و هزینه پرسنلی تشکیل می‌شود)، محاسبه شده است. از تقسیم هزینه سیستم بر میزان تولید، می‌توان هزینه واحد تولید (مترمکعب) را محاسبه نمود. مبنای محاسبه قیمت‌ها بر اساس قیمت

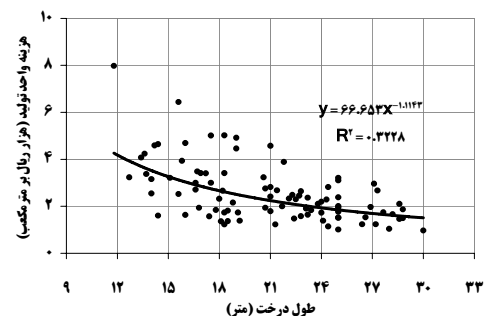
جدول ۵- هزینه‌یابی عملیات بینه‌بری با اره‌موتوری

کل هزینه سیستم (ریال)	هزینه کارگری (ریال)	نرخ ماشین (ریال)	هزینه‌های متغیر (ریال)				هزینه‌های ثابت (ریال)				شاخص‌های هزینه (ریال)
			هزینه در ساعت کار مفید	زنجیر	سوخت و روغن	تعمیر و نگهداری	هزینه در ساعت کار مفید	بیمه و مالیات	سود سرمایه	استهلاک	
۲۵۱۹۹۲	۱۳۷۵۰۰	۱۱۴۴۹۲	۱۰۷۱۴۳	۷۱۴۳	۱۰۰۰۰۰	۴۶۶۷	۷۳۴۹	۶۰۱۳۰۰	۱۸۱۳۰۰۰	۴۲۰۰۰۰۰	هزینه (ریال)

تولید (مترمکعب) چوب بینه‌بری شده با افزایش قطر و طول کمتر می‌شود و به‌صورت یک تابع توانی کم‌شونده است به‌علت اینکه هزینه تولید با افزایش حجم سرشکن شده و کاهش می‌یابد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۱- اثر تغییرات قطر درخت بر هزینه واحد تولید



شکل ۱۲- اثر تغییرات طول درخت بر هزینه واحد تولید

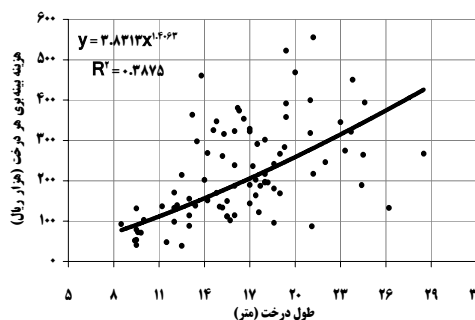
- تجزیه و تحلیل اجزای عملیات بینه‌بری در روش گرده‌بینه کوتاه و بلند

در روش گرده‌بینه کوتاه به‌طور میانگین هر سیکل کار بینه‌بری درخت ۶/۷۷ دقیقه زمان صرف می‌نماید که ۴/۲۳ دقیقه (۶۲/۵۵ درصد) آن را زمان خالص تشکیل می‌دهد (شکل ۱۳). به‌عبارت دیگر ۶۳ درصد از زمان کار تولیدی<sup>۱</sup> است. زمان بینه‌بری بیشترین زمان یک نوبت بینه‌بری درخت را تشکیل می‌دهد (۵۳/۴ درصد). میانگین زمان‌های تأخیر در هر نوبت کار ۲/۵۳ دقیقه (۳۷/۴۵ درصد) است که تاخیرهای شخصی، فنی و اجرایی به‌ترتیب ۱۹، ۶۸ و ۱۳ درصد کل زمان تأخیر را شامل می‌شوند. نظارت نامناسب بر کار و همچنین عدم هماهنگی در بخش‌های مختلف از دلایل اصلی ازدیاد تأخیرهای شخصی است. در روش گرده‌بینه بلند به‌طور میانگین هر نوبت کار بینه‌بری درخت ۳/۴۴ دقیقه زمان صرف می‌نماید که ۲/۰۵ دقیقه

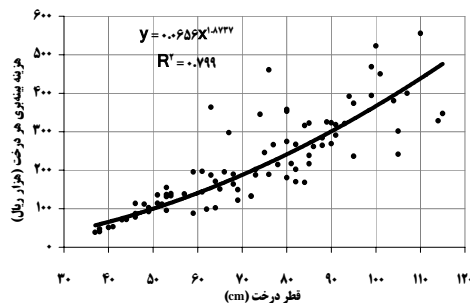
- هزینه بینه‌بری در روش گرده‌بینه کوتاه از تقسیم هزینه سیستم بر میزان تولید، هزینه بینه‌بری به‌دست می‌آید (رابطه ۴).

$$\text{هزینه سیستم (ریال/ساعت)} = \frac{\text{هزینه بینه‌بری}}{\text{میزان تولید (مترمکعب ساعت)}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

هزینه واحد تولید (ریال بر مترمکعب) با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون احتساب آن، برای بینه‌بری درخت به‌ترتیب برابر ۷۰۹۰ و ۴۴۳۰ ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. تغییرات متغیر قطر و طول درخت بر روی هزینه بینه‌بری هر درخت محاسبه شد و نتایج نشان داد که با افزایش متغیرهای فوق، هزینه بینه‌بری برای هر درخت افزایش می‌یابد که این افزایش به صورت رابطه توانی است (شکل ۹ و ۱۰).



شکل ۹- اثر تغییرات قطر درخت بر روی هزینه بینه‌بری



شکل ۱۰- اثر تغییرات طول درخت بر روی هزینه بینه‌بری

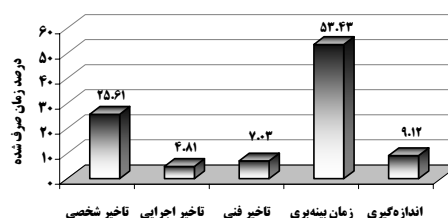
- هزینه سیستم بینه‌بری در روش گرده‌بینه بلند هزینه واحد تولید با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون احتساب آن از رابطه ۴ بدست می‌آید که برای بینه‌بری درخت به‌ترتیب برابر ۳۱۶۰ و ۱۸۸۰ ریال بر مترمکعب است. هزینه بینه‌بری به ازای هر درخت با افزایش قطر و طول به تبع افزایش زمان، افزایش می‌یابد ولی هزینه واحد



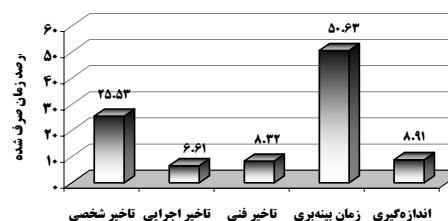
### بحث

به‌منظور حداکثر کردن حجم و ارزش چوب قابل بازیابی از هر درخت، اکیپ قطع برای انجام روش‌های مناسب بینه‌بری، باید آموزش‌های لازم را ببینند. همچنین باید تنه‌ها قبل از بینه‌بری اندازه‌گیری شوند و طول بینه بر طبق نیاز کارخانه تعیین شود. بهبود مهارت‌های بینه‌بری با استفاده از برنامه‌های آموزشی، سبب افزایش بهره‌وری تا ۲۰ درصد و بیشتر و همچنین افزایش ارزش گرده‌بینه از ۱۰ تا ۵۰ درصد می‌شود (Dykstra and Heinrich, 1996). بعلاوه گروهی که عملیات بینه‌بری را انجام می‌دهند باید علاوه بر توانایی و مهارت فنی، از مشخصات گرده‌بینه و محصولات با توجه به نوع گرده‌بینه و درجات آن، حدود مناسب ابعاد و طول گرده‌بینه آگاهی لازم را داشته باشند. نقش اساسی عملیات بینه‌بری، فراهم کردن محصولاتی با حداکثر ارزش از تنه درختان قطع شده است (Pearce & Stenzel, 1972; Conway, 1984; Sessions, 1988; Dykstra & Heinrich, 1996; Sessions et al., 2007). در این تحقیق عملیات بینه‌بری از نقطه نظر چوبکشی و میزان تولید و هزینه انجام آن بررسی شده است. گرچه در بازار فرآورده‌های چوب حاصل از طرح‌های جنگلداری محصولاتی مانند گرده‌بینه‌های درجه یک تا چهار، چوب‌آلات الواری، تراورس، کاتین و هیزم خرید و فروش می‌شوند، ولی هیچ‌گونه استاندارد یکسان و مقبول به‌منظور تولید و مصرف این محصولات وجود ندارد. به‌دلیل ساختار ناقص بازار چوب در ایران، مصرف هر کدام از فرآورده‌های ذکرشده در جایی که حداکثر ارزش افزوده را داشته باشد، صورت نمی‌گیرد. گرده‌بینه‌ای که در برخی موارد حتی تا ۲۰۰ سال برای تولید آن وقت صرف شده است، باید برای صنایع روکش‌گیری به‌کار رود که دارای حداکثر ارزش افزوده به‌ازای مترمکعب است ولی به‌دلیل بازار انحصاری تقاضای بسیار زیاد کارخانه‌های کاغذسازی، در دستگاه چپیر<sup>۱</sup> کارخانه به چپیس چوب تبدیل می‌شود و کاتین مورد مصرف کاغذسازی در صنایع فیبر و نئوپان مصرف می‌شود.

(۵/۵۹ درصد) آن را زمان خالص تشکیل می‌دهد (شکل ۱۴). به‌عبارت دیگر ۶۰ درصد از زمان کار تولیدی است. زمان بینه‌بری بیشترین زمان یک نوبت بینه‌بری درخت را تشکیل می‌دهد (۶/۵۰ درصد). میانگین زمان‌های تأخیر در هر دوره کار ۱/۳۹ دقیقه (۵/۴۰ درصد) است که تأخیرهای شخصی، فنی و اجرایی به ترتیب ۶۳، ۲۱ و ۱۶ درصد کل زمان تأخیر را شامل می‌شوند. تأخیرهای فنی مشاهده شده شامل سوهان کردن زنجیر، زمان سوخت‌گیری، گیرکردن زنجیر و درآمدن زنجیر هستند. تأخیرهای شخصی که عمدتاً مربوط به زمان‌های استراحت و صرف غذا است، بیش از ۲۵ درصد از زمان دوره کاری را به خود اختصاص داده است که می‌توان با مدیریت مناسب این نوع تأخیرها، به افزایش بازده کار کمک کرد. در روش گرده‌بینه بلند به‌علت اینکه تعداد بینه‌های تبدیل شده بیشتر از روش گرده‌بینه کوتاه است، بنابراین تأخیرها به ازای تعداد بینه‌ها سرشکن می‌شود. زمان مربوط به سوخت‌گیری جزء زمان‌های تأخیر قرار داده شده است چون جزء زمان کار تولیدی بینه‌بری با ارموتوری نیست، در واقع بر اساس تقسیم‌بندی (Bjorheden and Thompson, 1995) زمان سوخت‌گیری جزء زمان سرویس و به‌طور کلی زیر شاخه زمان حمایتی کار است و در این تحقیق نیز زمان کار تولیدی بینه‌بری به‌صورت جداگانه در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۳- درصد زمان صرف‌شده اجزای یک نوبت بینه‌بری در روش گرده‌بینه کوتاه



شکل ۱۴- درصد زمان صرف‌شده اجزای یک نوبت بینه‌بری در روش گرده‌بینه بلند

وارد شده در حالیکه در روش گرده‌بینه بلند این عامل تأثیرگذار نیست. همچنین زمان بینه‌بری به روش گرده‌بینه کوتاه، دو برابر بینه‌بری به روش گرده‌بینه بلند است. با افزایش طول درخت، زمان اندازه‌گیری زیاد شده و همچنین به دلیل افزایش دفعات بینه‌بری، زمان بینه‌بری نیز افزایش می‌یابد. مقدار تولید بدون تأخیر در روش گرده‌بینه بلند دو برابر بیشتر از تولید در روش گرده‌بینه کوتاه است و همچنین هزینه‌های بینه‌بری به روش گرده‌بینه کوتاه بیش از دو برابر هزینه‌های روش گرده‌بینه بلند با و بدون احتساب زمان‌های تأخیر است. با استفاده از عوامل تأثیرگذار بر مدل می‌توان زمان و هزینه بینه‌بری را برآورد و در نتیجه آن نیروی کار، ماشین‌آلات و بودجه لازم را پیش‌بینی کرد و برنامه‌ریزی بهره‌برداری سالیانه را انجام داد. پیشنهاد می‌شود علاوه بر بررسی تولید و هزینه عملیات بینه‌بری، افت چوب در اثر بینه‌بری با توجه به درجه‌بندی‌های معمول در طرح‌های جنگلداری شمال کشور نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. همچنین در مورد خسارت‌های وارده به توده باقیمانده و به‌خصوص گروه‌های زادآوری در اثر این دو روش باید بررسی جامع انجام شود.

#### منابع

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

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

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

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

مجنونیان، باریس، ۱۳۶۸. بررسی محل و موقعیت بهره‌برداری در سیستم تولید جنگل، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۳: ۱۰۲-۱۱۲.

در این تحقیق مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بینه‌بری درخت با ارموتوری به صورت تابعی از متغیر قطر و طول درخت است که با نتایج سایر محققین یکسان است. نکته قابل توجه این است که در شمال ایران سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درختان بعد از قطع درخت انجام می‌شود و به صورت مؤلفه‌ای جدا از قطع درخت در نظر گرفته می‌شود در حالیکه در تحقیقات ذکر شده در مقدمه سرشاخه‌زنی و بینه‌بری یکی از بخش‌های مؤلفه اصلی قطع درخت است (Rummer & Klepac, 2002; Wang et al., 2004; Sessions et al., 2007). مقدار تولید ساعتی با احتساب زمان‌های تأخیر حدود ۲۵ درصد کمتر از تولید خالص بینه‌بری درخت با ارموتوری در هر دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند است.

قطر درخت در بینه‌بری به دو روش گرده‌بینه کوتاه و بلند اثر مستقیمی بر روی زمان و در نتیجه آن هزینه بینه‌بری با ارموتوری دارد. در مورد هزینه‌یابی عملیات بینه‌بری نکته مهم و قابل توجه مدنظر قرار دادن هزینه‌های سرشاخه‌زنی است که در هر دو مشترک است یعنی درختان بعد از قطع، سرشاخه‌زنی می‌شوند که هزینه آن قابل توجه است. هرچند همراه با عملیات سرشاخه‌زنی، هیزم و کاتین تولید می‌شود، اما بعد از مرحله سرشاخه‌زنی است که درخت برای بینه‌بری آماده می‌شود. نکته دیگر این است که در روش گرده‌بینه بلند، با توجه به طول بلند بینه‌ها، بیشتر درختان به دو گرده‌بینه تبدیل شده و برای خروج آماده می‌شوند. اما در روش گرده‌بینه کوتاه، درخت سرشاخه‌زنی شده به ۲ تا ۵ بینه تبدیل شده و از این‌رو است که طول درخت نیز علاوه بر قطر درخت عامل مهم و اثرگذار در زمان و هزینه بینه‌بری است. چگونگی تبدیل درختان و ابعاد گرده‌بینه‌ها بر اساس طول درخت و ابعاد گرده‌بینه‌ها در هر روش است. در مدل پیش‌بینی زمان چوبکشی به روش گرده‌بینه کوتاه قطر و طول درخت هر دو به عنوان عامل تأثیرگذار وارد مدل شدند در حالیکه در روش گرده‌بینه بلند تنها قطر درخت متغیر مستقل اثرگذار بر روی زمان بینه‌بری است. چون در روش گرده‌بینه کوتاه ابعاد بینه کوتاه بوده و هر درخت به ۲ تا ۵ بینه تبدیل می‌شود بنابراین طول درخت عامل مهمی بوده و در مدل

cable skidding in central Appalachian hardwood forests, *Forest Products Journal*, 54(12): 45-51.

نیکوی، مهرداد، ۱۳۸۶. بهینه کردن هزینه‌های تولید و کاهش صدمات بهره‌برداری و حمل و نقل به چوب، درخت و جنگل با طراحی بهره‌برداری، رساله دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۱۸۷.

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. Manuscript, 16 p.

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

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

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

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, etc. P: 279-285.

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

Li, Y., J. Wang, G. Miller & J. McNeel, 2006. Production economics of harvesting small-diameter hardwood stands in central Appalachia. *Forest Products 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 Products Journal*, 47(10): 59-63.

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

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 P.

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 P.

Wang, J., C. Long, J. McNeel & J. Baumgras, 2004. Productivity and cost of manual felling and

## The study of bucking operation efficiency in short and long logs method (Case study: Namkhaneh District in Kheyroud Forest)

M. Jourgholami<sup>\*1</sup> and B. Majnounian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

<sup>2</sup>Associate prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 17 April 2009, Accepted: 25 October 2009)

### Abstract

Tree felling is the most important component among tree harvesting consisting of cutting, limbing, bucking and topping. Bucking is the operation resulting in a felled tree being cut into logs. Motor-manual tree bucking in hardwood forest is the effective and important components that will result in the greatest value being recovered from the tree for a specific end use. This research was carried out in two compartments of Namkhaneh district, in Kheyroud Forest to assess the efficiency of bucking operations. This research was aimed to time study of tree bucking operation in short and long log methods, estimate the productivity and costs of chainsaw, and develop a regression model. Factors affecting the bucking time regression model were DBH and tree length in short log and DBH in long log method. The hourly production of bucking in short log method with and without delay time was 35.57 m<sup>3</sup>/h and 56.86 m<sup>3</sup>/h, respectively. However, in long log method, the hourly productions with and without delay time were 79.85 m<sup>3</sup>/h and 134.12 m<sup>3</sup>/h, respectively. Bucking productivity in those methods were increased related to DBH as power. The unit cost of bucking operation in short and long log method were decreased as power when DBH increased. Total bucking cycle time with delay averaged 6.77 and 3.44 minutes in short and long log method, respectively.

**Key words:** Bucking, Time study, Regression model, Production, Cost, Short and long log method, Kheyroud forest.