

تولید و هزینه عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری با ارموتوری

(مطالعه موردی: جنگل خیرود)

- ❖ **مقداد جورغلامی***؛ دانشیار گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ **باریس مجنونیان**؛ استاد گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ **نصرت‌الله زرغام**؛ دانشیار گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه شامل تمام فعالیت‌های انجام‌گرفته برای آماده‌کردن تنه قطع‌شده برای چوب‌کشی است. این تحقیق در سری گرازین جنگل آموزشی - پژوهشی خیرود انجام شده است. اهداف این تحقیق، دستیابی به خصوصیات ویژه و اندازه‌گیری زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت، تولید، هزینه، و به‌دست‌آوردن مدل رگرسیونی زمان کار با ارموتوری است. مطالعه زمانی پیوسته برای اندازه‌گیری زمان انجام گرفت و یک دوره کار به اجزای تشکیل‌دهنده آن تقسیم شد. زمان سرشاخه‌زنی بیشترین زمان تشکیل‌دهنده یک دوره کار بود و بعد از آن به‌ترتیب زمان بینه‌بری و زمان صرف غذا و استراحت کارگران قرار دارند. تأخیر اجرایی و شخصی بیشترین زمان تأخیرها را شامل می‌شود. نتایج نشان داد که زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت با افزایش قطر افزایش می‌یابد. هزینه‌های کارگری و هزینه ثابت ماشین به‌ترتیب ۳۷ و ۱/۵ درصد هزینه‌های ساعتی را تشکیل می‌دهند. بین زمان خالص زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت و قطر درخت رابطه خطی معنی‌داری وجود دارد. با افزایش قطر، تولید و هزینه سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه به‌صورت رابطه توانی افزایش می‌یابد. همچنین، هزینه واحد تولید با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون آن، برای زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری به‌ترتیب برابر ۲۰۳۷۱۰ و ۱۷۹۷۹۶ ریال بر متر مکعب به‌دست آمد. هزینه واحد تولید چوب سرشاخه‌زنی و بینه‌بری شده با افزایش قطر کمتر می‌شود و به‌صورت یک تابع توانی کم‌شونده است. به‌طور میانگین، هر دوره کار سرشاخه‌زنی و بینه‌بری ۲۵/۳۱ دقیقه زمان می‌برد که ۲۲/۳۴ دقیقه آن را زمان خالص تشکیل می‌دهد.

واژگان کلیدی: بخش گرازین، بینه‌بری، تولید، سرشاخه‌زنی، مطالعه زمانی، هزینه.

مقدمه

در بین مؤلفه‌های بهره‌برداری، قطع درخت، که شروع و ابتدای زنجیره کار بهره‌برداری است، اهمیت زیادی دارد و بسیار بر مراحل بعدی کار تأثیرگذار است. قطع درخت شامل زیرمؤلفه‌های قطع و انداختن، سرشاخه‌زنی، و بینه‌بری است. در جنگل‌های پهن‌برگ که دارای درختان قطور با تاج گسترده‌اند سرشاخه‌زنی بسیار مهم و تأثیرگذار است [۱]. در گذشته، قطع، سرشاخه‌زنی، و تبدیل در جنگل‌های طبیعی و جنگل‌کاری‌ها بیشتر با تبر و اره دوسر دندان‌رنده‌ای و اره دستی انجام می‌شد، ولی امروزه در عملیات قطع و سرشاخه‌زنی در شمال ایران، اره‌موتوری جایگزین ابزار دستی شده است. در جنگل‌های کوهستانی شمال ایران به دلیل وجود شیب‌های نسبتاً زیاد و درختان قطور پهن‌برگ و استفاده از روش‌های گزینشی، مکانیزاسیون پیشرفته و استفاده از ماشین‌های چندکاره قطع و تبدیل کاربرد چندانی ندارد [۲]. از سوی دیگر، با وجود کارخانه‌های تولید نئوپان و فیبرسازی در شمال ایران و همچنین توسعه زیرساخت‌های جنگل‌داری در شمال ایران، علاوه بر استفاده بهینه از درخت، سرشاخه‌های درختان و هیزم حاصله نیز دارای ارزش افزوده می‌شود و از عرصه جنگل جمع‌آوری و خارج می‌شود. در جنگل‌های طبیعی قطر درخت عامل بسیار مهم در زمان قطع، سرشاخه‌زنی، و بینه‌بری هر درخت است [۳]. در تحقیقی در ایالات متحده نتیجه‌گیری شد که قطر درخت عامل تأثیرگذاری در میزان تولید قطع درخت است و زمانی که حجم درخت کم باشد هزینه‌ها افزایش، و در حالت عکس هزینه کاهش می‌یابد [۴].

بررسی کارایی و زمان قطع درخت با اره‌موتوری در جنگل‌های کاج شمال آمریکا نشان داد که زمان سرشاخه‌زنی متأثر از اندازه تاج درخت است؛ بدان علت که قطر تاج درخت به قطر درخت در ارتفاع

برابر سینه بستگی دارد [۵]. در تحقیقی نتیجه‌گیری شد که متوسط زمان سرشاخه‌زنی درخت ۲/۰۱ دقیقه است و از ۰/۳۳ تا ۷/۳۵ متغیر است. همچنین مدل رگرسیونی نیز برای زمان سرشاخه‌زنی درخت تهیه شد که در آن متغیر قطر برابر سینه مؤثرترین عامل برای پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی است [۶]. عوامل مؤثر بر زمان قطع درخت با اره‌موتوری عبارت‌اند از: قطر درخت و فاصله بین درختان [۷]. در تحقیقی در جنگل‌های گیلان مدل ریاضی پیش‌بینی زمان قطع درخت تهیه شد که این مدل تابعی از متغیرهای قطر درخت و فاصله بین درختان قطع‌شونده است. در این تحقیق، میزان تولید در سیستم قطع با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون آن به ترتیب برابر با ۵۳ و ۶۷ متر مکعب در ساعت است [۸]. کارایی و تولید عملیات قطع درختان با اره‌موتوری بررسی و مدل رگرسیونی زمان قطع ارائه شد که تابعی از قطر درختان قطع‌شده و فاصله طولی طی شده بین درختان است [۹]. توانایی گروه‌های قطع در انجام قطع هدایت‌شده درخت ارزیابی شد و با مقایسه میانگین خطای قطع، نتیجه گرفته شد که هیچ یک از گروه‌های قطع موفق به اجرای قطع هدایت‌شده نشدند [۱۰].

بینه‌بری عملیاتی است که در آن درخت قطع‌شده به قطعات کوچک‌تر بریده می‌شود. به عبارت دیگر، بینه‌بری شامل تبدیل درختان به گرده‌بینه‌های با ابعاد مقبول برای مصرف نهایی است [۱، ۳، ۴] که برای مرحله بعدی، یعنی چوب‌کشی یا انتقال، آماده می‌شود [۱۱]. طول گرده‌بینه به ابعاد درخت و سیستم چوب‌کشی بستگی دارد [۳]؛ هرچند بهره‌برداری به روش گرده‌بینه بلند گسترش بیشتری دارد و در این حالت چوب در دپو تبدیل می‌شود [۱۱]. این بررسی، برای مطالعه زمانی پیوسته عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت با اره‌موتوری، برآورد و محاسبه نرخ تولید و هزینه اره‌موتوری و گروه کاری، و ارائه مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری انجام شده است.

جدول ۱. مشخصات تشریح پارسل‌های مورد مطالعه در سری گرازبن

پارسل	۳۰۵	۳۰۶	۳۰۹
مساحت به هکتار	۲۲/۰ هکتار	۱۹/۱ هکتار	۴۷/۴ هکتار
ارتفاع از سطح دریا	۱۱۰-۹۵۰ متر	۹۱۰-۱۰۷۰ متر	۹۹۰-۱۲۰۰ متر
پستی و بلندی	دو دره نسبتاً عمیق در جهت شمالی - جنوبی	دامنه پرشیب در جهت جنوبی	وجود یک دره در حاشیه غربی پارسل
جهت عمومی	دامنه جنوبی	جنوبی	جنوبی
تیپ خاک	قهوه‌ای جنگلی با بافت لیمویی	قهوه‌ای جنگلی تا قهوه‌ای شسته‌شده	پس‌دوگلی و قهوه‌ای جنگلی
موجودی در هکتار (سیلو)	۴۰۴/۸ سیلو	۴۲۱/۸ سیلو	۴۲۷/۷ سیلو
تعداد در هکتار (اصله)	۲۷۸ اصله	۷۱۸ اصله	۲۰۱ اصله
زمین‌شناسی	آهکی مربوط به دوره ژوراسیک	آهکی مربوط به دوره ژوراسیک	آهکی مربوط به دوره ژوراسیک

۲۶۵۰ متر مکعب است [۱۲]. جدول ۱ خلاصه مشخصات تشریح پارسل‌های مورد مطالعه در سری گرازبن را نشان می‌دهد.

روش مطالعه

در این بررسی، به کمک یک دستگاه زمان‌سنج (کرونومتر)، زمان‌سنجی به روش زمان‌های پیوسته انجام شد. به دلیل اینکه اجزای کار معمولاً با تکرار فراوان و به‌طور نامنظم در هر دوره کاری تکرار می‌شود، تفکیک زمان هر یک از اجزای کار بسیار مشکل است. بنابراین، در این تحقیق فقط به اندازه‌گیری زمان خالص و زمان ناخالص (همراه با زمان‌های تأخیر) اکتفا شد. همچنین، زمان‌های تأخیر یا توقفی نیز در طول هر مرحله از سرشاخه‌زنی درخت مشاهده و جداگانه ثبت شد. اجزای کار در عملیات بینه‌بری شامل اندازه‌گیری طول تنه درخت سرشاخه‌زده‌شده، بینه‌بری، سرویس، سوخت‌گیری، زمان صرف غذا و استراحت کارگران، و زمان‌های تأخیر است. علاوه بر زمان‌های مذکور، زمان‌های تأخیر یا توقفی نیز در طول هر نوبت کار مشاهده شده که این زمان تأخیرها نیز به سه دسته تأخیرهای

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، و ۳۰۹ سری گرازبن انجام شده که با وسعت ۱۰۰۱/۵ هکتار، سومین سری جنگل آموزشی - پژوهشی خیرود است. اولین دوره طرح جنگل‌داری این سری پس از تصویب در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰ آغاز و اجرا شده است. شیوه بهره‌برداری و جنگل‌شناسی در پارسل مورد مطالعه به صورت تک‌گزینی است. گونه غالب منطقه راش^۱ است که با گونه‌های ممرز^۲، افرا^۳، و توسکا^۴ همراه است. جاده دسترسی پارسل‌های مورد مطالعه در مرز شمالی و جنوبی از امتداد دو جاده اصلی سری گرازبن ساخته شده است. عملیات جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در بهار و تابستان ۱۳۹۰ انجام گرفت. در پارسل‌های ذکرشده در مجموع تعداد ۷۵۱ اصله درخت از گونه‌های راش، ممرز، افرا، بلوط، و توسکا نشانه‌گذاری شده و حجم نشانه‌گذاری برابر

1. *Fagus orientalis* Lipskey
2. *Carpinus betulus* L.
3. *Acer velutinum* Bioss
4. *Alnus subcordata* L.

متقابل آن‌ها به صورت ترکیب‌های دوتایی، با زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری بدون احتساب زمان تأخیر مشخص شد. داده‌های حاصل از مطالعه زمانی در دو مرحله تجزیه و تحلیل شدند. در مرحله اول، برای هر جزء از مراحل سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه نسبت به متغیر مستقل قطر برابر سینه (سانتی‌متر) رابطه‌ای برآزش شد. برای محاسبه هزینه سیستم از دستورالعمل پیشنهادی تهیه طرح بهره‌برداری سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور [۱۵] استفاده شد. با استفاده از این دستورالعمل، هزینه سیستم، که از مجموع هزینه‌های اره‌موتوری و هزینه پرسنلی تشکیل می‌شود، محاسبه شده است.

نتایج و بحث

تعداد نمونه برای تعیین مدل سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت با اره‌موتوری برابر با ۱۸۱ دوره به‌دست آمد و در نهایت با در نظر گرفتن ۳ نمونه برای اعتبارسنجی مدل، تعداد ۱۸۴ نمونه برای تعیین مدل اندازه‌گیری شد. بر این اساس، با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS، مدل ریاضی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه تهیه شد. در شکل ۱ فاصله عمودی بین خطوط میانگین زمان برای هر جزء تعریف شده و خط بالایی کل زمان لازم را برای سرشاخه‌زنی و بینه‌بری هر درخت نمایش می‌دهد. در مرحله بعد، مدل‌سازی با عوامل وابسته انجام شد. با اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری شامل قطر درخت، فاصله طی شده بین دو درخت (متر)، و شیب عرضی کنار کنده (درصد)، نمودار پراکنش ابرنقاط بین زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت (یک دوره کار) با مهم‌ترین متغیر مؤثر، یعنی قطر، به‌دست آمد (شکل‌های ۲ و ۳). جدول ۲ پارامترهای اندازه‌گیری شده در مطالعه زمانی و متغیرهای مؤثر بر زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری را نشان می‌دهد.

اجرائی، شخصی، و فنی تقسیم می‌شود [۱۳، ۱۴]. عوامل مؤثر بر زمان سرشاخه‌زنی یک درخت به‌وسیله اره‌موتوری شامل قطر درخت (سانتی‌متر) و شیب عرضی کنار تنه درخت (درصد) بودند و عوامل مؤثر بر زمان بینه‌بری یک درخت به‌وسیله اره‌موتوری شامل قطر تنه (سانتی‌متر)، طول تنه (متر)، و شیب عرضی کنار تنه (درصد) بودند و اندازه‌گیری شدند. با آماربرداری مقدماتی و تعیین واریانس زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت بدون احتساب زمان تأخیر و با احتساب اینکه در سطح ۹۵ درصد، دقت مورد نظر ۱۰ درصد میانگین زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت باشد، با استفاده از رابطه ۱ تعداد نمونه مورد نیاز محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad n = \frac{t^2 \times (s_x \%)^2}{(E\%)^2}$$

که در این رابطه $n =$ تعداد

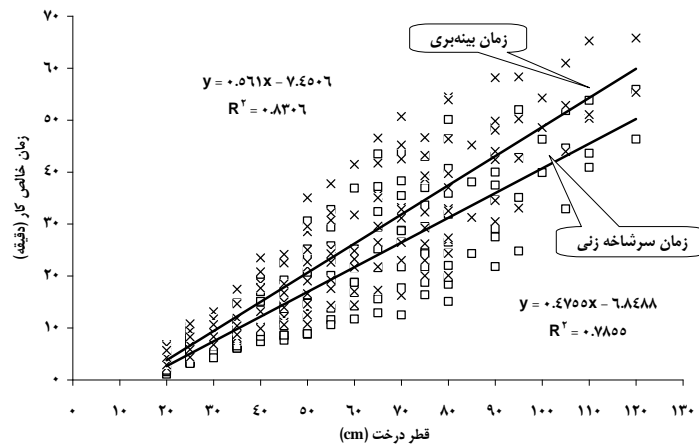
نمونه؛ $t =$ ضریبی که به تعداد نمونه و سطح اعتماد مورد نظر بستگی دارد و از جدول t به‌دست می‌آید؛ $S_x =$ انحراف از معیار به‌دست‌آمده از آماربرداری مقدماتی؛ و $E =$ دقت مورد نظر است.

در هنگام جمع‌آوری داده‌های این تحقیق، دوره‌های اندازه‌گیری شده به‌صورت تصادفی در طول پیشرفت کار در داخل توده و در شرایط مختلف اندازه‌گیری شدند. بر این پایه با استفاده از نرم‌افزار SPSS، مدل ریاضی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت تهیه شد. بعد از وارد کردن داده‌های جمع‌آوری شده حاصل از زمان‌سنجی، با استفاده از روش اندرسون - دارلینگ^۱ از نرمال‌بودن توزیع داده‌ها اطمینان حاصل شد. برای تعیین ضرایب متغیر و ثابت مدل پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت از روش متداول رگرسیون چندمتغیره و از روش رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد. رابطه بین عوامل مؤثر اندازه‌گیری شده و آثار

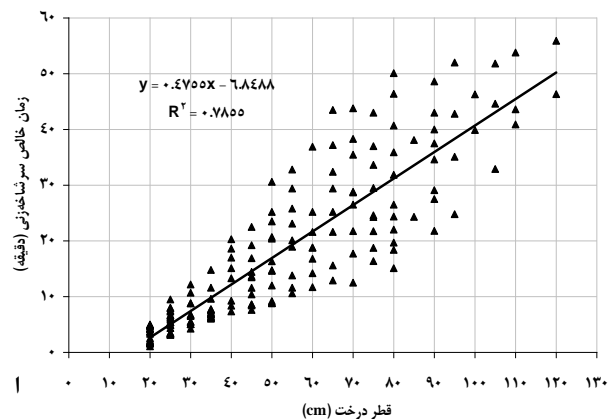
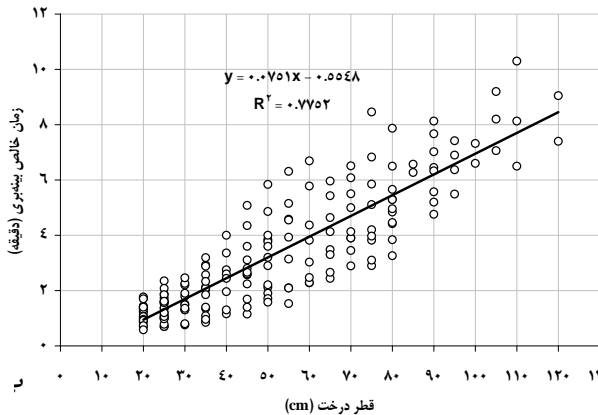
جدول ۲. آماره‌های مطالعه زمانی عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری با اره‌موتوری

پارامتر	قطر	حجم درخت (سیلو)	زمان خالص قطع	حرکت به سمت درخت	سوخت‌گیری و سرویس	تأخیر فنی	تأخیر شخصی	تأخیر اجرایی	تغذیه و استراحت	زمان سرشاخه‌زنی
میانگین	۵۱/۹۳	۳/۶۵	۲/۸۲	۰/۶۵	۰/۳	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۱/۹۵	۱۷/۸۵
حداقل	۲۰	۰/۲۶	۰/۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۰۹
حداکثر	۱۲۰	۲۰/۰۴	۷/۹۴	۵/۲۱	۳/۹۷	۹/۱۲	۳۴/۰۳	۳۴/۵۶	۷۰/۲	۵۵/۹
انحراف از معیار	۲۵/۹۵	۳/۸۱	۱/۶	۰/۵۴	۰/۷۶	۱/۰۳	۲/۵۹	۲/۵۸	۱۰/۲۵	۱۳/۹۲

پارامتر	اندازه گیری	زمان بینه‌بری	زمان خالص کار	کل تأخیر	کل زمان کار	فاصله	شیب طولی	شیب عرضی	مجموع قطع و سرشاخه‌زنی	مجموع قطع و سرشاخه‌زنی بینه‌بری
میانگین	۰/۴۹	۳/۳۴	۲۲/۳۴	۰/۷۲	۲۵/۳۱	۴۱	۲۷/۵۴	۲۷/۲۷	۲۰/۶۷	۲۴/۵
حداقل	۰/۱۴	۰/۵۸	۲/۶۲	۰	۲/۶۲	۲۲	۵	۱۰	۱/۹۴	۳/۱۶
حداکثر	۱/۸۸	۱۰/۳	۶۶/۶۱	۳۴/۰۳	۱۰۰/۴۸	۸۰	۶۵	۷۰	۶۳/۸۴	۷۳/۷۴
انحراف از معیار	۰/۳۶	۲/۲۱	۱۶/۰۷	۲/۸۶	۱۹/۵۷	۱۵	۱۳/۹۴	۱۵/۹۷	۱۵/۲۲	۱۷/۳



شکل ۱. اجزای تشکیل‌دهنده یک دوره قطع و تبدیل درخت



شکل ۲. نمودار پراکنش ابرنقاط زمان سرشاخه‌زنی (الف) و بینه‌بری (ب) تنه درخت در رابطه با قطر درخت

$$Y = -0.55477 + 0.7506 X_1 \quad (3)$$

که در این رابطه‌ها $Y =$ زمان سرشاخه‌زنی (زمان بینه‌بری) یک درخت (دقیقه)؛ $X_1 =$ قطر درخت (سانتی‌متر)؛ و $X_2 =$ شیب طولی مسیر طی شده بین درختان (درصد) است. جدول‌های ۳ و ۴ خلاصه جدول تجزیه واریانس مدل رابطه‌های ۲ و ۳ را نشان می‌دهند. در جدول‌های ۳ و ۴ مقدار F به دست آمده، بیانگر این است که در سطح $\alpha = 0.01$ معنی‌دار است و متغیرهای وارد شده در مدل به ترتیب تا ۷۹ و ۷۸ درصد تغییرات را نشان می‌دهند.

جدول ۳. تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی تنه

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	$F = \frac{MSK}{MSe}$	R^2 (%)	r	P
رگرسیون	۲۷۶۱۶/۵	۲	۱۳۸۰۸/۲۵	۳۳۷/۵۴	۷۹/۰	۰/۸۸	۰/۰۰۰
خطا	۷۲۸۱/۸۱	۱۷۸	۴۰/۹۱				
مجموع	۳۴۸۹۸/۳۲	۱۸۰					

جدول ۴. تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان بینه‌بری تنه

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	$F = \frac{MSK}{MSe}$	R^2 (%)	r	P
رگرسیون	۶۸۲/۹۳	۱	۶۸۲/۹۳	۶۱۷/۳۸	۷۸/۰	۰/۸۸	۰/۰۰۰
خطا	۱۹۸/۰۱	۱۷۹	۱/۱۱				
مجموع	۸۸۰/۹۴	۱۸۰					

که در این رابطه $Y =$ زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری یک درخت (دقیقه)؛ $X_1 =$ قطر درخت (سانتی‌متر)؛ و $X_2 =$ شیب طولی مسیر طی شده بین درختان (درصد) است. جدول ۵ خلاصه جدول تجزیه واریانس مدل رابطه ۴ را نشان می‌دهد. در جدول ۵ مقدار F به دست آمده، بیانگر این است که در سطح $\alpha = 0.01$ معنی‌دار است و متغیرهای وارد شده در مدل تا ۶۱ درصد تغییرات را نشان می‌دهند.

مدل پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه

مدل ریاضی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی درخت با ارموتوری عبارت است از: معادله رگرسیون چندمتغیره زمان سرشاخه‌زنی یک درخت، به صورت تابعی از قطر درخت و شیب طولی مسیر طی شده بین تنه درختان قطع شده و زمان بینه‌بری تنه، به صورت تابعی از قطر درخت. همچنین:

رابطه (۲)

$$Y = -4/95755 + 0.47983 X_1 - 0.7677 X_2$$

مدل پیش‌بینی مجموع زمان سرشاخه‌زنی و

بینه‌بری تنه

مدل ریاضی پیش‌بینی مجموع زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت با ارموتوری عبارت است از: معادله رگرسیون چندمتغیره زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه، به صورت تابعی از قطر درخت و شیب طولی مسیر طی شده بین تنه درختان قطع شده:

رابطه (۴)

$$Y = -0.99687 + 0.59354 X_1 - 0.16398 X_2$$

جدول ۵. تجزیه واریانس مدل ریاضی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	$F = \frac{MSK}{MSe}$	R^2 (%)	r	P
رگرسیون	۴۲۳۲۴/۸۸	۲	۲۱۱۶۲/۴۴	۱۴۱/۵۶	۶۱/۰	۰/۷۸	۰/۰۰۰
خطا	۲۶۶۰۹/۹۴	۱۷۸	۱۴۹/۴۹				
مجموع	۶۸۹۳۴/۸۲	۱۸۰					

احراز اعتبار مدل

برای احراز اعتبار مدل ریاضی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه با اره‌موتوری، قبل از اتمام تجزیه و تحلیل‌ها، سه نوبت از اطلاعات حاصل از زمان‌سنجی از داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به‌طور تصادفی جدا شدند و در تهیه مدل‌ها دخالت داده نشدند و پس از برآزش مدل رگرسیونی، از آن‌ها برای تعیین اعتبار مدل استفاده شد. تجزیه و تحلیل به کمک نرم‌افزار SPSS انجام گرفت، زیرا این نرم‌افزار

این قابلیت را دارد که حدود اعتماد مدل را در سطح ۵ درصد یا ۱ درصد خطا، به‌طور مستقیم در اختیار کاربر قرار دهد و نتیجه‌گیری شد که این مدل‌ها اعتبار آماری لازم را دارند. جدول‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ اطلاعات مربوط به اندازه‌های مشاهده‌شده، برآوردشده توسط روابط، و دو حد پایین و بالای دامنه پیش‌بینی برای یک نمونه در سطح اطمینان ۹۵ درصد را برای دو مدل رگرسیونی مطرح‌شده و سه نمونه نشان می‌دهند.

جدول ۶. مشخصات نمونه‌های اندازه‌گیری شده (مشاهده‌شده)

نمونه	گونه	قطر (سانتی‌متر)	شیب طولی (درصد)	زمان سرشاخه‌زنی (دقیقه)	زمان بینه‌بری (دقیقه)
۱	ممرز	۲۰	۱۰	۱/۵۹	۰/۸۹
۲	راش	۷۰	۴۵	۱۷/۷۲	۵/۲۸
۳	راش	۱۰۵	۳۰	۴۴/۶۲	۸/۲۲

جدول ۷. دو حد بالا و پایین به‌دست‌آمده در مدل‌های حاصل از زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه

متغیر	مدل سرشاخه‌زنی		مدل زمان بینه‌بری	
	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین
ضریب ثابت	-۲/۲۷	-۷/۶۴	-۰/۰۱۸	-۳/۱۷
قطر	۰/۵۲	۰/۴۴	۰	۲۴/۸۵
شیب	-۰/۰۱	-۰/۱۴	-	-

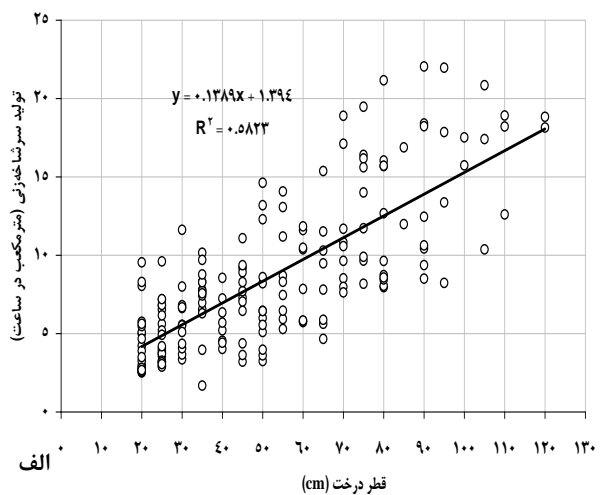
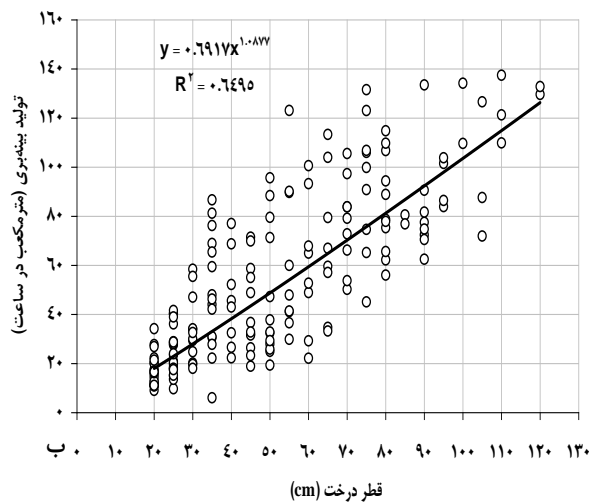
جدول ۸. برآورد مشخصه به کمک دو مدل رگرسیونی و دو حد پایین و بالا در سطح اطمینان ۹۵ درصد

مشخصه	نمونه	زمان (دقیقه)				زمان (دقیقه)				
		مشاهده	برآورد	حد پایین	حد بالا	مشاهده	برآورد	حد پایین	حد بالا	
رابطه (۱)	۱	۱/۵۹	۳/۸۷	-۰/۲۴	۸/۰۳	۲	۱۷/۷۲	۲۵/۱۷	۱۶/۸۶	۳۳/۶۸
	۳	۴۴/۶۲	۴۳/۱۱	۳۴/۳۶	۵۲/۰۳	۲	۵/۲۸	۵/۰۵	۴	۵/۳۹
رابطه (۲)	۱	۰/۸۹	۱/۰۵	۰/۵	۱/۳۹	۲	۵/۲۸	۵/۰۵	۴	۵/۳۹
	۳	۸/۲۲	۷/۸۵	۶/۴۵	۸/۱۹	۲	۵/۲۸	۵/۰۵	۴	۵/۳۹

میزان تولید سیستم سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه با اره‌موتوری

در این تحقیق، میزان تولید ساعتی سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت به وسیله اره‌موتوری با در نظر گرفتن زمان‌های تأخیر و بدون آن، به ترتیب برابر ۸/۶۵ متر مکعب در ساعت (۲ درخت در ساعت) و ۹/۸۱ متر مکعب در ساعت (۳ درخت در ساعت) است. میزان تولید ساعتی با احتساب زمان‌های تأخیر حدود ۱۳ درصد کمتر از تولید خالص سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت با

اره‌موتوری است. بررسی میزان تولید (متر مکعب در ساعت) سرشاخه‌زنی تنه با اره‌موتوری نشان می‌دهد که با افزایش قطر، میزان تولید بدون تأخیر سرشاخه‌زنی تنه درخت به صورت رابطه خطی افزایش می‌یابد (شکل ۳ الف). همچنین، بررسی میزان تولید (متر مکعب در ساعت) بینه‌بری تنه با اره‌موتوری نشان می‌دهد که با افزایش قطر، میزان تولید بدون تأخیر بینه‌بری تنه درخت به صورت رابطه توانی افزایش می‌یابد (شکل ۳ ب).



شکل ۳. تغییرات تولید سرشاخه‌زنی (الف) و بینه‌بری (ب) تنه درخت با اره‌موتوری با قطر درخت

هزینه سیستم سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه

از تقسیم هزینه سیستم بر میزان تولید، می‌توان هزینه واحد تولید (متر مکعب) را محاسبه کرد. مبنای محاسبه قیمت‌ها بر اساس قیمت ماشین و سایر لوازم و وسایل در سال ۱۳۹۰ 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 برنامه‌ریزی شده و مفید به ترتیب ۶ و ۵ ساعت) در نظر گرفته شده است. جدول ۹ خلاصه هزینه‌یابی عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت را نشان می‌دهد. گروه کاری متشکل از سه نفر، شامل اره‌موتورچی، کمک اره‌موتورچی، و کارگر همراه است.

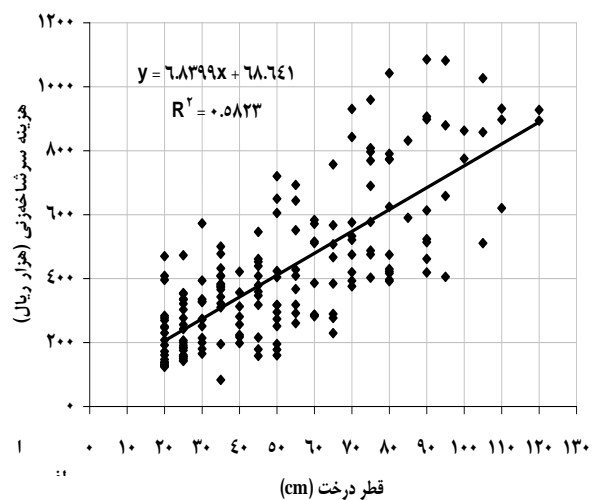
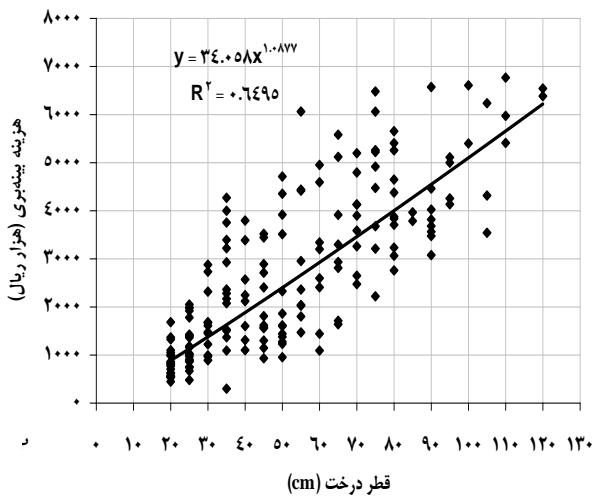
جدول ۹. هزینه‌یابی عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه با اره‌موتوری

شاخص هزینه	هزینه‌های ثابت (ریال)			هزینه‌های متغیر (ریال)			کل هزینه سیستم (ریال)
	سود سرمایه	بیمه و مالیات	هزینه در ساعت کار مفید	سوخت و روغن	زنجیر	هزینه در ساعت کار مفید	
هزینه (ریال)	۴۲۰۰۰۰۰	۶۰۱۳۰۰	۷۳۴۹	۲۸۰۰۰۰	۱۰۲۸۶	۲۹۵۵۳۶	۴۸۲۸۸۵
	۱۸۱۳۰۰۰	۶۰۱۳۰۰	۷۳۴۹	۲۸۰۰۰۰	۱۰۲۸۶	۲۹۵۵۳۶	۴۸۲۸۸۵

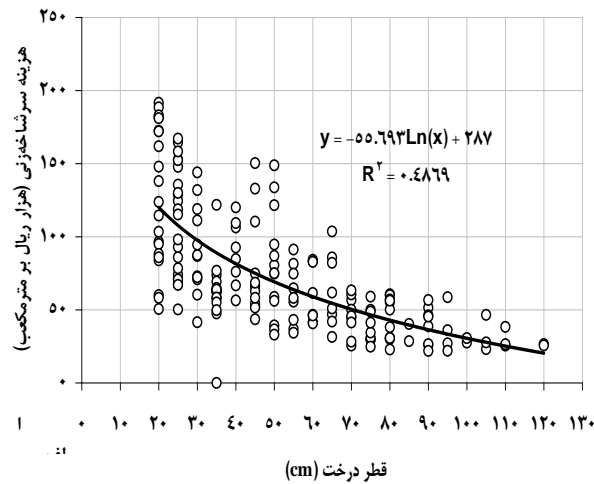
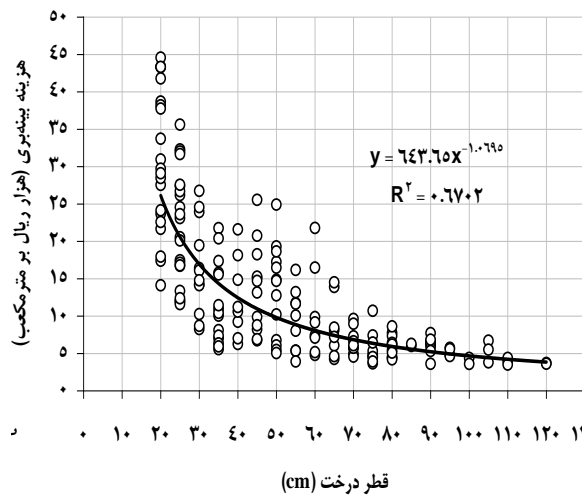
هزینه واحد تولید

هزینه واحد تولید با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون احتساب آن، به‌ازای هر درخت به ترتیب برابر ۵۷۹۰ و ۴۹۲۴۰ ریال بر متر مکعب به‌دست آمد. همچنین هزینه واحد تولید با احتساب زمان‌های تأخیر و بدون احتساب آن، برای سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت به ترتیب برابر ۲۰۳۷۱۰ و ۱۷۹۷۹۶ ریال بر متر مکعب به‌دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش قطر،

هزینه سرشاخه‌زنی و بینه‌بری برای هر درخت افزایش می‌یابد که این افزایش به ترتیب به‌صورت رابطه خطی توانی و توانی است (شکل ۴ الف و ب). ولی هزینه واحد تولید (متر مکعب) چوب سرشاخه‌زنی و بینه‌بری شده با افزایش قطر کمتر می‌شود و به ترتیب به‌صورت یک تابع لگاریتمی و توانی کم‌شونده است (شکل ۵ الف و ب).



شکل ۴. اثر تغییرات قطر درخت بر هزینه سرشاخه‌زنی (الف) و بینه‌بری (ب) تنه



شکل ۵. اثر تغییرات قطر درخت بر هزینه واحد تولید سرشاخه‌زنی (الف) و بینه‌بری (ب) تنه

به سوخت‌گیری جزء زمان‌های کاری قرار داده شده است، چون جزء زمان کار تولیدی بینه‌بری با اره‌موتوری است.

نتیجه‌گیری

برازش هر جزء از عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درختان نسبت به متغیر مستقل قطر برابر سینه، نشان داده است که دو جزء سرشاخه‌زنی و بینه‌بری بیشترین مقدار تغییرات را با افزایش قطر برابر سینه درخت دارند که نتایج تحقیق [۵] این نکته را تأیید می‌کند. عوامل زیادی بر تولید و کارایی عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درختان اثر می‌گذارند. بسیاری از این عوامل قابل شناسایی و تعیین نیستند و حتی بسیاری از آن‌ها قابلیت کمی‌شدن را ندارند. طبق این تحقیق، متغیرهایی که بیشترین اثر را بر زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری تنه درخت دارند، عبارت‌اند از: قطر برابر سینه درختان و شیب مسیر طی شده بین تنه درختان، که مطابق نتایج سایر مطالعات انجام شده [۳، ۵، ۶، ۷] 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 سرشاخه‌زنی و بینه‌بری

تجزیه و تحلیل اجزای عملیات سرشاخه‌زنی

و بینه‌بری

به‌طور میانگین، برای هر دوره کار سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت ۲۵/۳۱ دقیقه زمان صرف می‌شود که ۲۲/۳۴ دقیقه (۸۸/۲۶ درصد) آن را زمان خالص تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر، ۸۸/۲۶ درصد از زمان کار تولیدی است. به‌طور میانگین، در هر دوره کار، جزء سرشاخه‌زنی تنه درخت ۱۷/۸۵ دقیقه زمان می‌برد که ۷۰/۵ درصد کل زمان کار را تشکیل می‌دهد. در حالی که بینه‌بری تنه درخت در هر دوره، به‌طور متوسط ۳/۸۳ دقیقه زمان می‌برد که ۱۵/۱۶ درصد زمان کار را تشکیل می‌دهد. زمان سرشاخه‌زنی، زمان بینه‌بری، و زمان صرف غذا و استراحت به ترتیب با ۷۰/۵، ۱۳/۲۱، و ۷/۷ درصد بیشترین زمان یک نوبت تبدیل درخت را تشکیل می‌دهند. میانگین زمان‌های تأخیر در هر نوبت کار ۰/۷۲ دقیقه (۲/۶۷ درصد) است که تأخیرهای اجرایی، شخصی، و فنی به ترتیب ۱/۰۱، ۱/۰۱، و ۰/۶۵ درصد کل زمان تأخیر را شامل می‌شوند. تأخیرهای فنی مشاهده‌شده شامل خرابی اسپرکت، گیرکردن زنجیر، و درآمدن زنجیر است. زمان مربوط

وارد مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری نشدند. به عبارت دیگر، تأثیر این عوامل اندازه‌گیری شده کمتر از تأثیر عامل قطر درخت است. میزان تولید خالص حدود ۱۵ درصد بیشتر از تولید ناخالص است. هرچند در این تحقیق زمان‌های صرف غذا و استراحت کارگران و همچنین زمان سوخت‌گیری و سرویس دستگاه جزء زمان‌های کاری تلقی شده است. هزینه ساعتی محاسبه شده نشان می‌دهد که ۳۷ درصد آن را هزینه‌های کارگری (اکیپ سرشاخه‌زنی و بینه‌بری) تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر، هنوز هم بخش عمده‌ای از کار با اره‌موتوری، وابسته به نیروی انسانی است.

زمان حرکت از یک درخت به درخت دیگر ۲/۵۹ درصد زمان را شامل می‌شود، زیرا 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. اندازه‌گیری از اجزای مهم و اساسی عملیات بینه‌بری است که در آن باید خصوصیات ظاهری، اندازه گره‌ها، و درجه و نوع گرده‌بینه را در نظر گرفت که در این تحقیق ۲ درصد زمان کار را شامل شد. توجه به عکس‌العمل تنه درخت قطع شده 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. برای حداکثر کردن حجم و ارزش چوب قابل بازیابی از هر درخت، گروه قطع برای به‌کاربردن روش‌های مناسب بینه‌بری، باید آموزش‌های لازم را ببینند. همچنین تنه‌ها قبل از بینه‌بری باید اندازه‌گیری شوند و طول بینه بر طبق نیاز کارخانه تعیین شود. بهبود مهارت‌های بینه‌بری با

درخت در هر دو روش خواهد بود. بخش گرازبن جنگل خیرود برای اولین بار به‌طور علمی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و طرح جنگل‌داری آن در سال ۱۳۸۹ تصویب شده است. به همین سبب، متوسط قطر درختان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری شده در بخش گرازبن ۵۱/۹ سانتی‌متر بود و حداقل و حداکثر قطر درختان قطع شده به ترتیب ۲۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر است. متوسط فاصله بین درختان قطع شده، ۲۲/۴ متر و حداقل و حداکثر آن ۲ و ۹۰ متر است. این مقدار فاصله نشان می‌دهد که تراکم درختان قطع شده بیشتر بوده و اره‌موتورچی فاصله کمتری را برای سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درختان طی کرده است. زمان کل سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت در بخش گرازبن به‌طور متوسط ۴۶/۳۳ دقیقه بوده و حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۴/۶۸ و ۱۹۵/۸۵ دقیقه به‌ازای هر درخت است. زمان خالص سرشاخه‌زنی و بینه‌بری هر درخت به‌طور متوسط ۴۰/۱۲ دقیقه به‌ازای هر درخت بوده است که حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۴/۶۸ و ۱۴۹/۳ دقیقه است.

دو جزء اصلی تبدیل درخت، یعنی سرشاخه‌زنی و بینه‌بری، به‌طور متوسط ۳۴/۶۴ و ۴/۸۵ دقیقه به‌ازای هر درخت است و ۸۵ درصد کل زمان عملیات سرشاخه‌زنی و بینه‌بری را شامل می‌شود. نکته مهم آن است که زمان سرشاخه‌زنی بیشتر از زمان بینه‌بری است که این حالت به دلیل قطر بالای درختان قطع شده است که زمان لازم برای سرشاخه‌زنی را افزایش می‌دهد. مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت در بخش گرازبن تابعی از عامل قطر درخت است و سایر عوامل اثر تأثیرگذاری بر زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درخت نداشته‌اند و عامل قطر درخت به‌تنهایی ۹۲ درصد تأثیر بر زمان سرشاخه‌زنی و بینه‌بری را توجیه می‌کند. سایر عوامل مورد بررسی

سیاس گزارى

این مقاله، حاصل قسمتی از نتایج طرح پژوهشی به شماره ۸۸۰۰۱۰۸۴ است که با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور اجرا شده است. بدین وسیله نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌کنند.

استفاده از برنامه‌های آموزشی، سبب افزایش بهره‌وری تا ۲۰ درصد و حتی بیشتر و همچنین افزایش ارزش گرده‌بینه از ۱۰ تا ۵۰ درصد می‌شود [۱]. علاوه بر این، گروهی که عملیات قطع و بینه‌بری را انجام می‌دهند علاوه بر توانایی و مهارت فنی، باید کاملاً با مشخصات گرده‌بینه و محصولات با توجه به نوع گرده‌بینه و درجات آن، حدود مناسب ابعاد، و طول گرده‌بینه آشنا باشند.

References

- [1]. Dykstra, D., and Heinrich, R. (1996). FAO. Model code of forest harvesting practice. Rome, FAO. 85 p.
- [2]. Sarikhani, N. (2008). Forest utilization. Tehran University, Tehran. 728 p.
- [3]. Sessions, J. K., Boston, G., Murphy, M.G., Wing, L., Kellogg, S., Pilkerton, J.C., Zweede, and Heinrich, R. (2007). Harvesting operation in the Tropics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 170 p.
- [4]. Conway, S. (1979). Logging practice, principle of timber harvesting system. Miller Freeman, USA, 416 p.
- [5]. Lortz, D., Kluender, R., McCoy, W., Stokes, B., and Klepac, J. (1997). Manual felling time and productivity in southern forests. *Forest Product Journal*, 47(10): 59-63.
- [6]. Wang, J., Long, C., McNeel, J., and Baumgras, J. (2004). Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachian hardwood forests. *Forest Product Journal*, 54(12): 45-51.
- [7]. Li, Y., Wang, J., Miller, G., and McNeel, J. (2006). Production economics of harvesting small-diameter hardwood stands in central Appalachia. *Forest Product Journal*, 56(3): 81-86.
- [8]. Nikooy, M. (2007). Optimizing Production Cost and Damage Reduction to Wood, Trees and Forest by Harvest Planning (Case Study: Asalem Forest District area). Ph.D. Thesis. Natural Resources Faculty. University of Tehran. 215 p.
- [9]. Behjou, F.K., Majnounian, B., Dvorák, J., Namirianian, M., Saeed, A., and Fegghi, J. (2009). Productivity and cost of manual felling with a chainsaw in Caspian forests. *Journal of Forest Science*, 55(2): 96-100.
- [10]. Ershadifar, M., Nikooy, M., and Naghdi, R. (2011). Ability assessment of felling crew in directional felling in west forest of Guilan province. *Iranian Journal of Forest*, 3(2): 169-176.
- [11]. Pearce, K., and Stenzel, G. (1972). Logging and pulp wood production, John Wiley & Sons, 453p.
- [12]. Anonymous. (2010). Gorazbon forest management plan. Department of Forestry and Forest economics. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. 460 p.
- [13]. Bjorheden, R., and Thompson, M.A. (1995). An International Nomenclature for Forest Work Study. Paper presented at the XX IUFRO World Congress, Tampere, 6-12 August 1995. 16 p.
- [14]. Spinelli, R., and Visser, R. (2008). Analyzing and estimating delays in wood chipping operations. *Biomass and Bioenergy*, 3: 1-5.
- [15]. Sobhani, H., and Rafatneia, N. (1997). Guideline for forest harvesting plan. Forest, Range and Watershed Management Organization. Iran. 39 p.