مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره چهار، تیر ماه ۱۴۰۳(۸۷-۷۷)

بهره‌گیری از روش نمونه‌برداری 3P برای تهیه جدول حجم گونه صنعتی راش

دنیا رحمانی حصار [1*]

d.rahmani.hasar@gmail.com

منوچهر نمیرانیان [2]

جواد آزاده [3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۷ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲**

چکیده

زمینه و هدف: تعیین و تخمین حجم درختان در جنگل از جمله موارد مهمی است که در مدیریت جنگل مطرح می‌باشد. یکی از راه‌کارها برای کاهش هزینه و افزایش سرعت جمع‌آوری داده‌ها، بهره‌گیری از جداول حجم در برآورد موجودی حجمی یک جنگل است. در این پژوهش از روش نمونه‌برداری 3P برای تهیه جدول حجم گونه صنعتی راش استفاده شد و سپس جدول به دست آمده با تاریف مورد استفاده در جنگل مقایسه شد.

روش بررسی: برای این منظور ۸۹۹ داده حاصل از نمونه‌برداری 3P و تجدید حجم درخت راش در جنگل خیرود نوشهر برای تهیه تاریف مورد استفاده قرار گرفتند. این داده‌ها به صورت آماده در اختیار نگارندگان قرار گرفت و جمع‌آوری داده‌ها مربوط به قبل از اجرای طرح تنفس بهره‌برداری از جنگل‌های شمال ایران می‌باشد(قبل از سال ۹۵). به‌منظور انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار R استفاده شد(آنالیزهای آماری در سال ۹۷ صورت گرفت). با بهره‌گیری از رگرسیون خطی تک‌متغیره، بهترین رابطه برای تعیین حجم بر اساس قطر برابرسینه، برازش داده شد. برای انتخاب رابطه رگرسیونی منتخب از معیارهای آماری نمودارهای پراکنش داده‌ها، نمودارهای جعبه‌ای، نمودارهای باقی‌مانده‌ها، آزمون تجزیه واریانس و برای اعتبارسنجی از معیارهای VIF، AIC و BIC استفاده شد. از رابطه رگرسیونی منتخب جهت تهیه تاریف استفاده شد.

یافته‌ها: جداول حجم حاصل، در همان دامنه از داده‌هایی که جهت به‌دست آوردن رابطه رگرسیونی استفاده شدند، به‌دست آمدند. سپس جداول تهیه شده و جداولی که موجود بودند توسط آزمون تی-جفتی مقایسه شدند. طبق نتایج آزمون آماری، در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین حجم اندازه‌گیری‌شده و حجم پیش‌بینی‌شده متناظر آن، وجود ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این تحقیق، روش نمونه‌گیری 3P به خاطر کاهش هزینه، تسریع زمان و دقت مناسب نسبت به روش صددرصد سنتی، برای تجدیدحجم درختان راش خیرود پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برآورد حجم، تاریف حجم، رابطه، رگرسیون خطی.

---

۱ - دانشجوی دکتری تخصصی جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲ - استاد بازنشسته گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳ - دانشجوی دکتری تخصصی جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 26, No. 4, July, 2024

Preparation of volume table of industrial species of beech based on data obtained from 3P sampling method

Donya Rahmani Hesar [1*]
d.rahmani.hasar@gmail.com
Manochehr Namiranian [2]
Javad Azadeh [3]

Admission Date: May 22, 2024 Date Received: April 26, 2024

Abstract

Background and Objective: Determining and estimating the volume of trees in the forest is one of the important issues in forest management. One way to reduce the cost and increase the speed of data collection is to use volume tables to estimate the volume inventory of a forest. In this research, the preparation of volume tariffs and their accuracy were investigated.

Material and Methodology: For this purpose, 899 data obtained from 3P sampling and beech re-sizing in Kheyrud forest of Nowshahr were used to prepare the tariff. R software was used for statistical analysis. Using one variable linear regression, the best relationship for determining the volume based on diameter equal to the chest was fitted. To select the best regression relationship, statistical criteria of data distribution charts, box charts, residual charts, analysis of variance were used and to validate models VIF, AIC, and BIC criteria were used. The selected regression relation was used to prepare the tariff.

Findings: The resulting volume tables were obtained in the same range from the data used to obtain the regression relation. Then the prepared tables and the available tables were compared by paired t-test. According to the results of the statistical test, at the 95% level, there is no significant difference between the measured volume and the corresponding predicted volume.

Discussion and Conclusion: According to the results of this study, 3P sampling method is recommended for re-volume of beech trees due to cost reduction, time acceleration and appropriate accuracy compared to the traditional 100% method.

Key words: Volume estimation, volume description, equation, linear regression.

1- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. *(*Corresponding Author*)
2- Professor, Department of Forestry and Forest economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی (خزری) از گذشته تاکنون یکی از عمده‌ترین منابع تولیدکننده چوب در کشور هستند. این جنگل‌ها به‌لحاظ قدمت طولانی، تنوع زیستی زیاد فون و فلور، وجود درختان کهنسال و گونه‌های بومی بسیار حائز اهمیت می‌باشند (۱). تا قبل از اجرای طرح تنفس جنگل‌های هیرکانی، این جنگل‌ها به دلیل تولید چوب صنعتی، منبع اصلی تامین سلولز در کشور بودند و در این اکوسیستم، برآورد حجم درختان و حجم جنگل برای برنامه‌ریزان و مدیریت پایدار منابع جنگلی بسیار ضروری است (۲). حجم درختان، پایه و اساس مدیریت واحد جنگل‌ها است و آگاهی از حجم توده‌های جنگلی و نسبت رویش برای مدیران در سطح منطقه‌ای و ملی بسیار حیاتی است (۲، ۳). از کاربردهای برآورد حجم می‌توان در مطالعات مربوط به ذخیره کربن، حفاظت تنوع گونه‌ای، چرخه آب، حاصلخیزی خاک، روند بهبود یا تخریب رویشگاه، امکان برداشت، مقدار رویش و خرید و فروش چوب اشاره کرد (۳).

در طرح‌های جنگلداری، مهم‌ترین مشخصه درخت که در برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل استفاده می‌شود، حجم درخت است. برای محاسبه ارزش ریالی بهره مالکانه طرح‌های جنگلداری، دانستن حجم تنه‌های صنعتی به مترمکعب و حجم هیزم به استر هر پروانه قطع نیاز است. به‌دلیل این‌که قسمت‌های مختلف تنه با توجه به قطر و کیفیت آن از ارزش اقتصادی و تجاری یکسانی برخوردار نیستند، مطابق تبصره ۱۰ ماده ۱۵ قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل، درختان نشانه‌گذاری شده پس از قطع، توسط کارشناسان و ناظران طرح‌های جنگلداری تجدید حجم شده و حجم تنه‌های صنعتی به‌تفکیک گونه و حجم کل هیزم هر پروانه قطع، اندازه‌گیری می‌شوند. تاکنون برای تخمین حجم روش‌های متعددی به‌کار گرفته شده که به دو روش کلی فرمول‌های حجم‌یابی و بهره‌گیری از جداول حجم دسته‌بندی می شوند. در سال ۱۳۷۹ خورشیدی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور پس از بررسی‌های همه جانبه به منظور کوتاه کردن زمان تجدید حجم و سرعت بخشیدن عملیات بهره‌برداری و با حفظ منافع دولت، دقت و سلامت کار، روش 3P را جایگزین روش آماربرداری صد درصد نمود. تا پیش از اجرای طرح تنفس جنگل‌های هیرکانی، روش 3P در بخش‌هایی از جنگل‌های هیرکانی که تعداد درختان نشانه‌گذاری شده در آن بیش از ۴۵۰ اصله درخت در هر پروانه قطع بود، اجرا می‌شد. نمونه‌برداری به روش 3p، یک روش آماربرداری است که در سال ۱۹۶۵ میلادی در آمریکا پیشنهاد گردید. روش 3P عبارت است از نمونه‌برداری درختان بااحتمال انتخاب آن‌ها به نسبت یا متناسب با مقدار پیش‌بینی شده مشخصه مورد آماربرداری. بکارگیری این روش، در ابتدا برای فروش درختان نشانه‌گذاری و به‌منظور برآورد دقیق چوب سرپا بوده است، در این روش پس از نشانه‌گذاری و برآورد حجم درختان سرپا که می‌توان از جدول حجم محلی نیز کمک گرفت، تعدادی از درختان را انتخاب کرده و حجم آن‌ها به دقت اندازه‌گیری و از نسبت حجم دقیق به حجم برآورد شده یا از رابطه بین حجم برآورد شده و حجم دقیق درختان انتخاب شده، حجم سایر درختان دقیق تر برآورد می‌گردد. در این روش انتخاب درختان به نسبت اهمیت آن‌ها می‌باشد. یعنی درختانی که قطر برابر سینه یا حجم آن‌ها بیشتر برآورد شده باشد، یا براساس جدول حجم، دارای حجم بیشتر می‌باشند، شانس انتخاب شدن زیادتری را خواهند داشت. انتخاب درختان به روش 3P به این صورت انجام می‌گیرد مشخصه اندازه‌گیری شده هر درخت (مثلاً حجم، قطر برابر سینه و ارتفاع) با اعداد جدولی که برای هر آماربرداری و براساس ارقام یا اندازه‌های مختلف آن توده جنگلی تهیه شده است، مقایسه می‌شود و اگر اندازه مشخصه برآورد شده مساوی یا بیشتر از مقدار عددی جدول باشد، آن درخت انتخاب و اندازه‌گیری می‌شود. ولی اگر اندازه مشخصه مورد نظر کوچک‌تر از عدد جدول باشد، آن درخت برای اندازه‌گیری انتخاب نمی‌شود.

تاکنون پژوهش‌هایی مختلفی به بررسی و تایید کارآیی روش 3P در برآورد حجم پرداخته است. برای نمونه، براون و براک (۴)، در تحقیق خود روش 3P را روشی مناسب اعلام کردند که با اندازه‌گیری یک یا دو پارامتر دقیق می‌توان حجم درخت‌زارها صنوبر را برآورد کرد. همچنین برای مناطقی که جدول حجم یا دستورالعمل مشخصی در اختیار نباشد، این روش مناسب است.

بوخاری (۵) با اطمینان اعلام کرد که نمونه‌برداری 3P می‌تواند یک روش کارآمد و مناسب در جنگل‌های پاکستان باشد و به‌عنوان یک روش به‌تنهایی و نیز به‌عنوان یک روش مناسب جهت بهبود کارایی و افزایش دقت سایر روش‌های آماربرداری مورد استفاده قرار گیرد. لی و گلدینگ (۶) نمونه‌برداری 3P را از نظر کارایی و هزینه جهت حجم‌یابی درختان در قطعه‌های نمونه، نسبت به روش نمونه‌برداری نقطه‌ای در توده جنگل‌کاری کاج زرد در نیوزلند مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان دادند که روش 3P از نظر هزینه در توده‌های جنگلی با مساحت تا پنج هکتار، یک روش مناسب و کارآمد است. جانسون و همکاران (۷) برای تخمین حجم چوب سرپا توده کاج زرد در آمریکا و همچنین برآورد ارزش فروش محصولات، از روش نمونه‌برداری 3P استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که خطای نمونه‌برداری 3P برای هر دو مورد برآورد حجم چوب و ارزش آن در حد قابل قبول است. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، تهیه تاریف حجم و تعیین دقت آنها برای برآورد حجم درختان راش با بهره‌گیری از روش نمونه‌برداری 3P در جنگل‌های خیرود بود.

روش بررسی

- منطقه مورد مطالعه

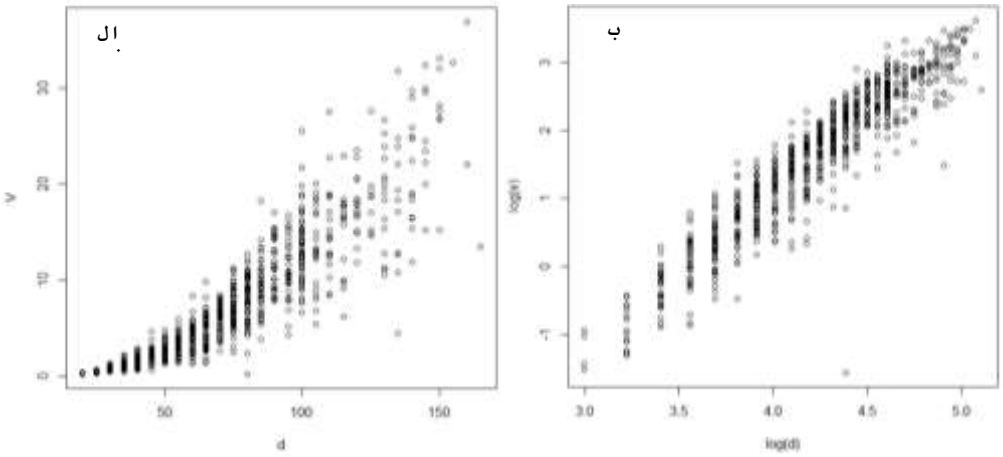
برای تهیه جداول حجم از داده‌های مربوط به جنگل خیرود نوشهر استفاده شد. جنگل خیرود در حوزه ۴۵ جنگل‌های شمال قرار دارد که واقع در هفت کیلومتری شرق نوشهر در حوزه اداره کل منابع طبیعی این شهر است. این منطقه در عرض جغرافیایی بین ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی تا ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه و در طول جغرافیایی بین ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه قرار دارد. مساحت کل جنگل خیرود حدود ۸۰۰۰ هکتار است.

- روش تحقیق

برای به دست آوردن جدول حجم درختان جنگل خیرود از داده‌های مربوط به تجدیدحجم به روش‌های 3P و صد درصد استفاده شد. این داده‌ها به‌صورت آماده در اختیار نگارندگان قرار گرفت و مربوط به قبل از سال ۹۵ بوده‌اند (پس از سال ۹۵ به دلیل اجرای طرح تنفس بهره‌برداری از جنگل‌های شمال، امکان جمع‌آوری چنین اطلاعاتی میسر نبود). در جمع‌آوری داده‌های میدانی پارامتر قطر برابرسینه اندازه‌گیری و در آنالیز این داده‌ها برای استفاده در معادلات رگرسیونی، ترکیب d (قطر برابر سینه درخت) و d^2 (قطر برابر سینه درخت به توان دو) لحاظ شد. هم‌چنین اندازه‌گیری‌های میدانی این داده‌ها شامل قطر برابر سینه (سانتی‌متر) و اطلاعات حاصل از تجدیدحجم درختانی که قطر برابر سینه آن‌ها قبل از قطع، اندازه‌گیری شده (مترمکعب)، بود. دلیل استفاده از رگرسیون خطی در تحقیق پیش رو، خطی‌شوندگی روابط رگرسیونی دخیل در محاسبات است. به‌منظور آماده‌سازی داده‌ها از نرم‌افزار Microsoft Excel2013 و برای تحلیل این داده‌ها از نرم‌افزار R (نسخه ۳/۱) و از برنامه‌نویسی جهت انجام انواع رگرسیون خطی در راستای به دست آوردن رابطه بین قطر و حجم در داده‌های جنگل خیرود استفاده شد. پس از به دست آوردن انواع روابط رگرسیون، با توجه به آماره‌های مختلف، بهترین مدل انتخاب و با کمک نرم‌افزار R خروجی برنامه به‌عنوان جدول حجم در قالب فایل Excel ایجاد شد(محاسبات مربوط به این مقاله در سال ۹۷ صورت گرفتند). پکیج‌های مورد نیاز جهت توابع رگرسیونی و اعتبارسنجی که در محیط نرم‌افزار R باید نصب و اجرا می‌شدند، از این قرار هستند: MASS-DAAG.

یافته‌ها

در شکل ۱-الف، مشاهده می‌شود که رابطه بین قطر و حجم داده‌های جمع‌آوری شده از نوع نمایی است و در شکل ۱-ب شاهد هستیم که با اعمال log بر داده‌ها و رسم نمودار مربوط به آن، داده‌ها به حالت خطی نزدیک شده‌اند.



شکل ۱- رابطه بین قطر (d) و حجم (v) داده‌های جمع‌آوری شده گونه راش

Figure 1. Relationship between diameter (d) and volume (v) of collected beech data

جدول ۱، نتیجه اجرای رابطه رگرسیونی است. روابط رگرسیونی مختلف با حضور d در برابر حجم، d^2 در برابر حجم، و نیز d و d^2 در برابر حجم، به دست آمدند که صرفاً مدل منتخب و دلایل انتخاب آن در ادامه آورده شد. در جدول یک، مقدار عرض از مبدا ۸/۰۱۸- و مقدار ضریب قطر با تاثیر عمل عکس لگاریتم ۲/۲۸۲ به دست آمده است. به طور کلی مقدار خطای استاندارد میانگین هرچه کمتر باشد، مناسبتر است چون نشان می‌دهد که میانگین نمونه از میانگین جمعیت تا چه حدی دور یا نزدیک است. این مقدار برای عرض از مبدا ۰/۱۱ و برای آماره قطر ۰/۰۲ است . در ستون آخر جدول، حضور عرض از مبدا و قطر با سه ستاره، نشان‌دهنده تاثیر قوی این دو در برآورد حجم است (در جداول رگرسیونی هرجا مقدار p-value کمتر از ۰/۰۵ باشد، متغیر مورد نظر در برازش مدل مناسب در سطح ۹۵ درصد موثر است). خطای استاندارد باقی‌مانده‌ها در این رابطه ۳۵/۶۹ درصد می‌باشد که نسبت به سایر روابط تفاوت چندانی نداشت. درجه آزادی ۸۹۳ است. مقدار ضریب تعیین ۰/۸۸۲ و مقدار ضریب تعیین تعدیل شده ۸۸/۲ درصد می‌باشد .

جدول ۱- رابطه رگرسیونی راش

Table 1. Beech regression relationship

ضرایب	مقدار برآورد شده	خطای استاندارد	مقدار احتمال	Pr(>|t|)
(عرض از مبدا)	۸/۰۱۸-	۰/۱۱۸	۶۷/۸۵	<2e-16 ***
قطر	۲/۲۸۲	۰/۰۲۸	۸۱/۷۶	<2e-16 ***

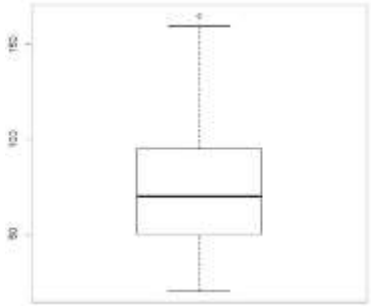
علایم معنی‌داری: سه ستاره (۹۹ هزارم معنی‌دار)، دوستاره: (۹۹ درصد معنی‌دار)

خطای استاندارد باقی مانده ها: ۰/۳۵۷ (با درجه آزادی: ۸۹۳)

ضریب تعیین تعدیل شده: ۸۸/۲ درصد – ضریب تعیین : ۰/۸۸۲

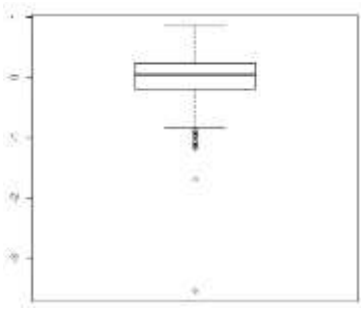
نمودارهای جعبه‌ای ساده‌ترین راه جهت تشخیص میانه و چارک‌های بالا و پایین و داده‌های پرت هستند. به طور کلی هرچه تعداد مقادیر پرت در داده‌های ورودی کمتر باشد و داده‌های یکدست‌تر داشته باشیم، معادله رگرسیونی که به دست خواهد آمد، دارای دقت بیشتری خواهد بود (چون داده‌های یک دست تر منجر به برازش بهترین معادله خواهند شد). پس از بررسی نمودارهای جعبه‌ای داده‌های پرت و ناهمگونی داده‌های ورودی مشخص می‌شود که باید دلیل حضور مقادیر پرت در داده‌های ورودی مشخص شود، اگر داده‌های پرت به دلیل خطای وارد کردن اعداد و یا خطای محاسباتی یا خطای آماربرداری باشند، باید حذف شوند،

در صورتی‌که تعداد داده‌های پرت فراوان باشند، باید آماربرداری مجدد صورت بگیرد. اگر حضور داده‌های پرت در طبیعت عادی باشد، آن‌ها را می‌پذیریم و محاسبات با اعمال این داده‌ها انجام می‌دهیم. از نمودارهای جعبه‌ای قطر این‌گونه بر می‌آید که پارامتر قطر، فقط یک داده پرت دارد (شکل ۲) و میانه در حدوداً ۷۰ سانتی‌متر و چارک پایین ۵۰ و چارک بالا ۱۰۰ سانتی‌متر است. بازوهای نمودار نشان‌دهنده دامنه داده‌های نرمال است که از بازه‌ی حدوداً ۷ سانتی‌متر تا ۱۶۰ سانتی‌متر می‌باشند. در نمودارهای جعبه ای حجم و باقی‌مانده‌های استاندارد شده، داده‌های پرت وجود دارند (شکل‌های ۳ و ۴). پس از بررسی مجدد داده‌های خام حجم، مشخص شد که این داده‌های پرت موجود در قطر درختان راش، مربوط به درختان با قطر بالا است که به دلیل دیرزیستی و پوسیدگی از درون، صرفاً مقدار زیادی چوب هیزمی تولید کرده و یا پس از قطع به طور کلی حجم گرده‌بینه حاصل از این درختان کم بوده است. به دلیل این‌که این مساله در حالت طبیعی در جنگل رخ می‌دهد، این داده‌ها حذف نشد (اگر داده پرتی غیرطبیعی تشخیص داده شود، به دلیل نزدیک کردن داده‌ها و نتایج آن به آنچه که در طبیعت رخ می‌دهد، باید حذف شود).



شکل ۲- نمودار جعبه‌ای قطر گونه راش. محور y نشان‌دهنده‌ی قطر (سانتی‌متر) است.

Figure 2. Box diagram of beech diameter. The y-axis represents the diameter (cm)



شکل ۳- نمودار جعبه‌ای حجم گونه راش. محور y نشان‌دهنده‌ی مقادیر پیش‌بینی شده حجم (مترمکعب)بر اساس فرمول به دست آمده است.

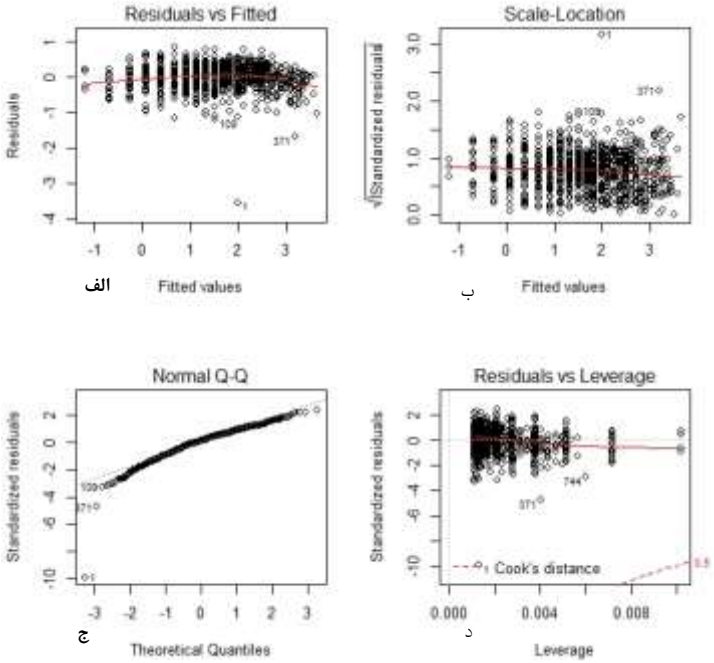
Figure 3. Box diagram of beech volume. The y-axis represents the predicted values of volume (m^3) based on the obtained formula

شکل ۴- نمودار جعبه‌ای باقی‌مانده‌های استاندارشده گونه راش. محور y ، مربوط به تفاوت مقادیر مشاهده شده حجم و مقادیر پیش‌بینی شده حجم بر اساس فرمول است

Figure 4. Box diagram of standardized residues of beech species. The y-axis is related to the difference between the observed volume values and the predicted volume values based on the obtained formula.

رابطه بدست آمده برای درختان راش خیرود به این شرح است: $V = e^{(-8.018 + 2.281d)}$. در این رابطه، V حجم (متر مکعب) و d قطر (سانتی‌متر) است. در ادامه بررسی‌های بیشتر رابطه رگرسیونی به دست آمده، از معیارهای AIC و BIC استفاده شد. هرچه مقدار این معیارها در رابطه‌ای پایین‌تر باشند، آن رابطه مناسب‌تر است، زیرا نشان می‌دهد استفاده از این مدل تا چه اندازه منجر به از دست رفتن اطلاعات حاصل از داده‌های خام می‌شود. معیار VIF یا عامل تورم واریانس، به هم‌خطی عوامل دخیل در رگرسیون اشاره دارد. هرچه این مقدار به یک نزدیکتر باشد، هم خطی کمتر است (مقدار یک نشان دهنده فقدان هم-خطی است). و در تفاسیر مختلف عدد ۵ یا عدد ۱۰ به بالا را نشان‌دهنده هم‌خطی در حد غیرقابل قبول می‌دانند (این تفاسیر بسته به تعداد متغیرهای مستقل دخیل در رابطه متفاوت است). مقادیر AIC (معیار آکاییک) و BIC (معیار شوارتز بیزین) و VIF (معیار همخطی) مربوط به رابطه رگرسیونی منتخب، به ترتیب ۶۹۹/۴۹، ۷۱۳/۸۹ و ۱ هستند. معیارهای AIC و BIC بالا رفته‌اند اما در مقایسه با سایر روابط رگرسیونی به دست آمده، تفاوت چندانی نداشتند (تفاوت در حدود ۵± واحد). VIF نشان-دهنده عدم وجود هم‌خطی در این رابطه است. شکل ۵ مربوط به باقی‌مانده‌های رابطه رگرسیونی است. به‌طور کلی در مورد رگرسیون خطی این قانون وجود دارد که هرچه باقی‌مانده‌ها نرمال‌تر باشند، برازش رابطه رگرسیونی مناسب‌تر است و داده‌ها از پراکندگی مناسب‌تری برخوردار هستند. براساس شکل ۵ می-توان گفت که مدل به‌طور کلی برازش خوبی را ارائه داده‌است، اما وجود داده‌های پرت، منجر به افزایش فاصله کوک شده است. در بررسی داده‌های خام مشخص شد که سه داده‌ای که به‌عنوان داده پرت موجب افزایش فاصله کوک شده‌اند مربوط به درختان با قطر برابر سینه و سن بالا بوده‌اند که در اثر دیرزیستی کیفیت تنه پایین آمده و محصول این درختان، صرفا چوب هیزمی بوده است. در شکل ۵-الف مربوط به مقادیر باقی‌مانده‌ها، در برابر مقادیر برازش شده است. باقی‌مانده‌ها در نمودار حول صفر هستند که بهترین حالت برازش یک رابطه را نشان می‌دهند. سه داده پرت مشخص است. شکل ۵-ب مربوط به مقادیر باقیمانده‌های استاندارد با اعمال رادیکال در برابر مقادیر برازش شده است. در این نمودار مقادیر باقی‌مانده‌های استاندارد حول عدد یک و در بهترین حالت ممکن جهت برازش مدل رگرسیونی هستند. سه داده پرتی که در شکل ۵-الف مشخص بودند در این قسمت هم مشخص شده‌اند. در شکل ۵-ج، باقیمانده‌های استاندارد در برابر کمیت‌های تئوریکال مشاهده می‌شود که تقریبا بر روی خطی صعودی در فواصل ۲± هستند. این نمودار نرمال بودن چارک‌ها (Normal Q-Q) و سیر کلی داده‌ها را نشان می‌دهد. سه داده-ای که در موارد قبل بعنوان داده پرت وجود داشتند، مجددا خودنمایی می‌کنند. در شکل ۵-د ، باقی‌مانده‌های استاندارد در برابر Leverage بررسی شده است. Leverage معیاری برای اندازه‌گیری تاثیر مقادیر متغیر مستقل در برآورد متغیر وابسته است. هرچه مقادیر Leverage بالاتر باشد، تفاوت مقادیر پیش-بینی شده و مقادیر متناظر آن (در متغیر وابسته) کمتر است. آنچه که با عنوان فاصله‌ی کوک مشخص می‌شود، نشان‌دهنده

داده‌ی پرتی است که بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر متناظر آن در طبیعت (منظور حجم درختان راش)، تفاوت زیادی دارد.



شکل ۵- نمودار مربوط به باقی‌مانده‌های رابطه رگرسیونی گونه راش

Figure 5. Chart of residuals regression relationship of beech species

در این مرحله با استفاده از رابطه‌ی رگرسیونی منتخب، جدول حجم یک عامله درختان راش جنگل خیرود، با استفاده از نرم‌افزار R تهیه می شود. دامنه قطری موجود در این جدول، برابر با دامنه قطری داده‌های جمع‌آوری شده است.

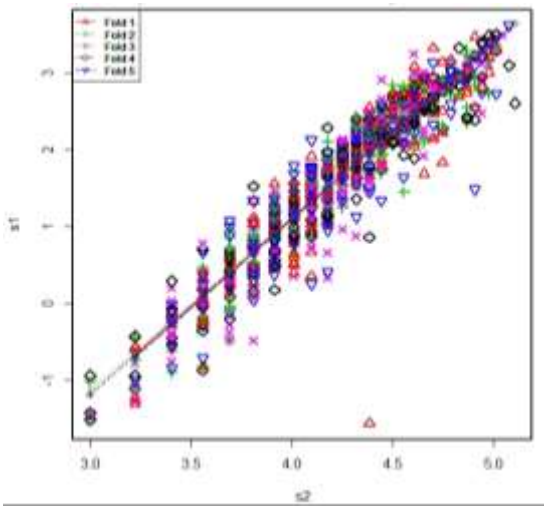
جدول ۳- جدول حجم تهیه شده برای گونه راش

Table 3. Volume table prepared for beech species

ردیف	قطر (سانتی‌متر)	تاریف خیرود (سیلو)	حجم (مترمکعب)	ردیف	قطر (سانتی‌متر)	تاریف خیرود (سیلو)	حجم (مترمکعب)
۱	۱۰	۰/۰۸	۰/۱۵۹	۱۷	۹۰	۱۰/۵۹	۱۰/۷۱۶
۲	۱۵	۰/۲۰	۰/۳۰۶	۱۸	۹۵	۱۱/۹۴	۱۲/۰۴۷
۳	۲۰	۰/۳۸	۰/۵۱۰	۱۹	۱۰۰	۱۳/۳۸	۱۳/۴۶۵
۴	۲۵	۰/۶۲	۰/۷۷۲	۲۰	۱۰۵	۱۴/۹۰	۱۴/۹۷۳
۵	۳۰	۰/۹۳	۱/۰۹۸	۲۱	۱۱۰	۱۶/۵۲	۱۶/۵۷۱
۶	۳۵	۱/۳۰	۱/۴۸۹	۲۲	۱۱۵	۱۸/۲۳	۱۸/۲۶۱
۷	۴۰	۱/۷۵	۱/۹۴۸	۲۳	۱۲۰	۲۰/۰۴	۲۰/۰۴۳
۸	۴۵	۲/۲۸	۲/۴۷۸	۲۴	۱۲۵	۲۱/۹۳	۲۱/۹۲۰
۹	۵۰	۲/۸۸	۳/۰۷۹	۲۵	۱۳۰	۲۳/۹۲	۲۳/۸۹۱
۱۰	۵۵	۳/۵۶	۳/۷۵۶	۲۶	۱۳۵	۲۶/۰۱	۲۵/۹۵۸
۱۱	۶۰	۴/۳۲	۴/۵۰۸	۲۷	۱۴۰	۲۸/۱۹	۲۸/۱۲۲
۱۲	۶۵	۵/۱۵	۵/۳۳۹	۲۸	۱۴۵	۳۰/۴۷	۳۰/۳۸۳
۱۳	۷۰	۶/۰۷	۶/۲۴۹	۲۹	۱۵۰	۳۲/۸۴	۳۲/۷۴۳

۱۴	۷۵	۷/۰۷	۷/۲۴۰	۳۰	۱۵۵	۳۵/۳۲	۳۵/۲۰۳
۱۵	۸۰	۸/۱۶	۸/۳۱۴	۳۱	۱۶۰	۳۷/۸۹	۳۵/۷۶۴
۱۶	۸۵	۹/۳۳	۹/۴۷۲	۳۲	۱۶۵	۴۰/۵۶	۴۰/۴۲۵

برای اعتبارسنجی مدل رگرسیونی و تاریف حاصل از آن، از روش k-fold استفاده شد که در این روش تمامی داده‌ها جهت تشکیل معادلات رگرسیونی استفاده شد و در مرحله اعتبارسنجی، داده‌ها به تعداد k دسته به‌طور تصادفی تقسیم شده و اعتبارسنجی برای هر تقسیم‌بندی به‌طور جداگانه ارائه می‌شود. در این روش، هرچه خطوط برازش یافته برای هر fold به نیم‌ساز ربع سوم نمودار منطبق‌تر باشد، نتایج مدل رگرسیونی، انطباق بیشتری با اعداد واقعی و در طبیعت دارند (شکل ۶).



شکل ۶- اعتبارسنجی مربوط به‌جدول ۳ (جدول حجم گونه راش)

Figure 6. Validation for Table 3 (beech Species Volume Table)

همان‌طور که از نتایج اعتبارسنجی مشاهده می‌شود، مدل تهیه شده برای درختان راش توانایی پیش‌بینی حجم درختان را در حد مناسبی دارد و خطوط ترسیمی برای هر fold به نیمساز ربع سوم نمودار نزدیک است. شایان ذکر است که جهت اجرای این نوع از اعتبارسنجی می بایست دو نکته زیر تعریف گردند:

(v) s1 = log

(d) s2 = log

برای بررسی این‌که آیا جداول حجم به‌دست آمده (جدول ۳) تفاوتی نسبت به‌جداول حجم مورد استفاده در جنگل خیرود دارد یا خیر، از آزمون تی-جفتی استفاده شد و تمامی ستون‌های ارتفاعی متناظر در هر دو جدول، مورد آزمون قرار گرفت. هدفی که در این تحقیق مد نظر قرار گرفت، در مرحله اول (به‌عنوان هدف اصلی) تهیه جداول و منحنی‌های حجم است که در فصل نتایج ارائه شدند. در راستای اهداف تحقیق پیش رو، جداول حجم به دست آمده با جداول حجم مورد استفاده در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود مقایسه می‌گردد. به‌این منظور از آزمون t-test جفتی جهت مقایسه جداول استفاده شد که حاکی از عدم معنی-دار بودن اختلاف بین جداول حجم ایجاد شده و جدول حجم تاریف مورد استفاده در جنگل خیرود دیده نمی‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که حجم نشانه‌گذاری درختان، حجم برآوردی است، برای اندازه‌گیری دقیق مشخصه حجم، پس از قطع درختان، اقدام به اندازه‌گیری دوباره حجم می‌شود که به این عمل تجدید حجم می‌گویند. در تحقیقات صورت گرفته توسط براون و براک (۴)، بوخاری (۵)، دیوسن (۸)، استاماتلیوس (۹)، جانسون و همکاران (۷)، وست (۱۰) و وود و همکاران (۱۱) روش 3P از نظر دقت و هزینه‌ی مصرف شده، بهتر از روش صد درصد یا سایر روش‌های آماربرداری اعلام شده است که در راستای نتایج این تحقیق می‌باشند. براساس تحقیقات سپالا (۱۲) روش 3P از نظر

زمان و دقت بهتر از روش آماربرداری تصادفی است. در تحقیقات صورت گرفته توسط ویانت و همکاران (۱۳) روش 3p از دقت لازم برخوردار نبوده و نتایج تحقیق پیش رو را تایید نمی‌کند. گال و بلا (۱۴) روش آماربرداری نواری را از نظر دقت، مناسب‌تر از روش 3P یافتند. یلمه و همکاران (۱۵) به ارزیابی روش‌های تجدید حجم 3P و سنتی صد درصد گونه ممرز در جنگل‌های شصت‌کلاته گرگان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که روش 3P به خاطر دقت بیشتر نسبت به روش صد درصد سنتی، برای تجدید حجم درختان قطع شده ممرز در مناطق احیایی کارآیی مناسبی دارد. منصورسمائی و همکاران (۱۶) به ارزیابی روش‌های تجدید حجم 3P و صددرصد در طرح جنگل‌داری پرچیوا مازندران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تجدید حجم به‌روش 3P نسبت به‌روش صددرصد روشی کم‌هزینه است و زمان کمتری را می‌طلبد و دارای دقت مناسبی است. عباسی و همکاران (۱۷) به بررسی و مقایسه شیوه‌های تجدیدحجم 3P و صددرصد در طرح جنگلداری سردآبرود مازندارن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که برای گونه‌های راش و توسکا، روش 3P برای تجدید حجم از عملکرد مناسبی برخوردار است. وست (۱۸)، نمیرانیان (۱۹) و یانگ و همکاران (۲۰) بیان می‌کنند که خروج سریع‌تر چوب از جنگل، افزایش سرعت عملیات تجدید حجم، صرفه‌جویی در زمان و نیروی کار و بهبود وضعیت پرداخت عوارض و بهره مالکانه از جمله نتایج مثبت استفاده از روش 3P است.

با توجه به این‌که اطلاعات مربوط به تهیه جداول مورد استفاده در جنگل خیرود با استفاده از روش تجدید حجم صد در صد جمع‌آوری شده اند، که زمان مصروفه جهت تجدید حجم در روش صد درصد بالاتر است و در طی انجام عملیات آماربرداری صد درصد خستگی و بی دقتی آماربرداران موجب بالاتر رفتن اشتباه می‌شود؛ جمع‌آوری اطلاعات به‌روش 3P از این نظر که زمان کمتر و هزینه کمتر و دقت بیشتری دارد از روش آماربرداری صد درصد مناسب‌تر است. در پایان پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های مشابه در دیگر نواحی جنگلی اکوسیستم‌های هیرکانی و هم‌چنین در دیگر گونه‌های جنگلی (مانند ممرز، بلندمازو و توسکا) برای بررسی دقت و صحت این روش انجام بگیرد. هم‌چنین، پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، تحقیقاتی در مورد بررسی دقت جداول حجم مورد استفاده و جداول به روزتر، صورت بگیرد تا در صورت لزوم جداول به‌روزتر و کاراتر جایگزین شوند و براساس سافته‌های روش 3P، این جداول اصلاح شوند.

References

1. Azaryan, M., Marvie Mohadjer, M. R., Etemaad, V., Shirvany, A., & Sadeghi, S. M. M. (2015). Morphological characteristics of old trees in Hyrcanian forest (Case study: Pattom and Namkhaneh districts, Kheyrud). Forest and Wood Products, 68(1), 47-59.
2. Adekunle, V. A. J., Nair, K. N., Srivastava, A. K., & Singh, N. K. (2013). Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: a case study of Katarniaghat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India. Journal of Forestry Research, 24(2): 217-226.
3. Altriell, D., Branthomme, A., & Tavani, R. (2010). Assessing growing stock and stock changes through multi-purpose national forest monitoring and assessment. FAO Forest Resources Assessment Program Working Paper, Rome. Available at: www.fao.org.
4. Brown, T. C., & Brack, C. (1996). 3P Centroid Volume Sampling. http:/Sres_associated.an. edu.au/mensuration/BrackandWood1998/3pcent. htm.
5. Bukhari, M. A. (1981). 3 P-sampling and its potential for forest inventory in Pakistan. A substantial essay submitted to the Australian National University for partial fulfilment of the requirement for the degree of Master of Science in forest management. Department of Forestry.
6. Lee, K. H., & Goulding, C. J. (2002). Practicality of 3P sampling with

accurate dendrometry for the pre-harvest inventory of plantations. New Zealand Journal of Forestry Science, 32(2), 279-296.

7. Johnson, F. A., Dahms, W. G., Hightree, P. E. (1967). A field test of 3P cruising. Journal of Forestry, 65, 722-726.
8. Deusen, P. C. (1987). 3-p sampling and design versus moled-based estimates. Canadian Journal of Forest Research, 17, 115-117.
9. Stamatellos, G. S. (1995). Comparison of point and point-3P sampling for forest volume estimation with cost analysis. Forest Ecology and Management, 74(1-3), 75-79.
10. West, P. W., (2011). Potential for wider application of 3P sampling in forest inventory. Canadian Journal of Forest Research, 41(7), 1500-1508.
11. Wood, G. B., & Wiant J. H. V. (1992). Comparison of point-3P and modified point-list sampling for inventory of mature native hardwood forest in southeastern New South Wales. Canadian Journal of Forest Research, 22(5), 725-728.
12. Seppälä, R., (1971). Variable probabilities in sample tree selection.
13. Wiant, J. H. V., Wood, G. B., & Gregoire, T. G., (1992). Practical guide for estimating the volume of a standing sample tree using either importance or centroid sampling. Forest Ecology and Management, 49(3-4), 333-339.
14. Gall, J., & Bella, I. E. (1995). Error assessment for a provincial timber inventory. The Forestry Chronicle, 71(5), 627-632.
15. Yolme, Gh., Moayyeri, M.H., Kian, S., Mohammadi, J., & Pormalekshah, A.A.M.A., (2015). Evaluation of renewal volume methods of 3P and one hundred percent for hornbeam species (Case study: District one of Shast-kolate Forestry Plan). Journal of Wood & Forest Science and Technology, 22(2), 171-187.
16. Mansour Samaei, R., Khalili, Z., & Resaneh, Y., (2019). Evaluation of 3P and 100% renewal volume methods (Case study: Parchiva forestry plan). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(4): 520-529.
17. Abbasi, H., Fallah, A., Poormajidian, M.R., Hojjati, M., & Rad Karimi, M., 2016. A comparison of volume renewal by 3P and traditional methods (Case study: forest management plan of Sardabrood). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(4): 671-679.
18. West, P.W., (2011). Potential for wider application of 3P sampling in forest inventory. Canadian Journal of Forest Research, 41(7): 1500-1508
19. Namiranian, M., (2010). Measurement of Tree and Forest Biometry. University of Tehran Press, 574 p. (In Persian)
20. Yang, T. R., Kershaw Jr, J. A., Weiskittel, A. R., Lam, T. Y., & McGarrigle, E. (2019). Influence of sample selection method and estimation technique on sample size requirements for wall-to-wall estimation of volume using airborne LiDAR. Forestry: An International Journal of Forest Research, 92(3), 311-323.