



## "مقاله پژوهشی"

# روابط آلومتریکی زی توده راش (*Fagus orientalis* L.) در توده‌های بهره‌برداری شده و شاهد جنگل صفارود استان مازندران

امین خادمی<sup>۱</sup>، مرتضی معدنی‌پور کرمانشاهی<sup>۲</sup> و بهروز کرد<sup>۳</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی فضای سبز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، ملایر، ایران، (نویسنده مسؤول: aminkhademi28@yahoo.com)

۲- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، پرند، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی فضای سبز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۹

صفحه: ۱۰۳ تا ۱۱۴

## چکیده

اندازه‌گیری زی توده برای ارزیابی ساختار و شرایط رویشگاه از نظر بوم‌شناختی و اقتصادی مهم است و می‌تواند مبنای برآورد کربن ترسیب شده در اندام‌های مختلف درخت باشد. به‌منظور برآورد میزان زی توده در توده‌های بهره‌برداری شده و شاهد (حفاظت شده) راش، دو پارسل ۵۱۱ و ۵۱۴ در جنگل صفارود رامسر انتخاب و با آماربرداری صددرصد از درختان سرپا در محدوده ۶،۲۵ هکتاری در هر پارسل، مشخصه‌های کمی شامل قطر برابر سینه، ارتفاع درخت، ارتفاع و قطر تاج مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. میزان زی توده با استفاده از روش برداشت مستقیم (قطع و توزین) در مورد درختان نشانه‌گذاری شده و روابط آلومتریکی برای کل توده استفاده شد. در پارسل بهره‌برداری شده ۱۵ درخت از کل درختان قطع شده به شکل تصادفی، انتخاب و شاخه‌زنی و استر بندی شدند. سه دیسک از ابتدا، وسط و انتهای هر تنه انتخاب و برش داده شد. در مورد شاخه‌ها، یک استر از هر پایه مشخص شد. به‌منظور تعیین وزن خشک (زی توده)، دیسک‌ها و شاخه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در کوره نگهداری و سپس توزین شدند. بر اساس نتایج روابط آلومتریکی میانگین میزان ذخیره زی توده در منطقه بهره‌برداری شده و شاهد به ترتیب ۲۲۲/۱۸ و ۳۱۱/۵۸ تن در هکتار برآورد شد که با توجه به نتایج آزمون t در سطح اطمینان ۹۵ درصد از اختلاف معنی‌داری برخوردار بودند. نتایج حاکی از آن است که دخالت‌های صورت گرفته به‌ویژه برداشت درختان قطور منجر به کاهش تعداد در طبقات قطری بالاتر و میانگین قطر و ارتفاع توده‌های جنگلی و در نتیجه کاهش حجم و زی توده در منطقه بهره‌برداری شده، گردیده است.

واژه‌های کلیدی: توده تحت مدیریت، توده مدیریت نشده، راش، رامسر، زی توده

## مقدمه

را نیز حفظ و ارتقاء دهد (۲۱). میزان رشد درختان به‌وضوح، تاثیر فاکتورهای خاک، زمین‌شناسی و میکروبی را منعکس می‌کند و درختان در حال رشد در مناطق حاصلخیز، زی توده و مواد مغذی بیشتر ذخیره می‌کنند. بر این اساس کسب اطلاعات در مورد ذخیره زی توده برای ارزیابی تأثیرات عملیات پرورشی ضروری است (۱۷).

دقیق‌ترین شیوه تعیین زی توده درخت، روشی است که در آن درخت قطع و اندام‌های مختلف هوایی و زیرزمینی را خشک و توزین نمایند. به‌دلیل آنکه اندازه‌گیری مستقیم زی توده کل درخت و اجزای آن مخرب، وقت‌گیر و پرهزینه است، استقرار معادلات آلومتریکی بر اساس متغیرهایی مانند قطر برابر سینه یا ارتفاع درخت که به آسانی اندازه‌گیری می‌شوند، مورد توجه بسیاری از کارشناسان است. استقرار معادلات آلومتریکی این امکان را فراهم می‌آورد که داده‌های حاصل از آماربرداری به اطلاعاتی درباره زی توده و حتی کربن تبدیل شود (۲۳، ۱۳). روابط آلومتریکی در واقع معادلات رگرسیونی هستند که به‌طور مستقیم اندازه‌گیری‌هایی نظیر قطر و ارتفاع را به زی توده کل درخت تبدیل می‌کنند (۱۴). با استفاده از معادلات آلومتریکی به‌سهولت می‌توان میزان ذخیره زی توده و کربن را با روند غیرمخرب و صرفاً با اندازه‌گیری قطر برابر سینه و ارتفاع درختان افتاده جنگلی برآورد کرد (۱۹). انتخاب مدل آلومتریکی با مشخصات سایت (شرایط

اکوسیستم‌های خشکی به‌عنوان یک منبع بزرگ جذب کربن اتمسفری محسوب می‌شوند و جنگل‌های معتدله نقش کلیدی در چرخه کربن جهان داشته که باعث کاهش غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر از طریق فتوسنتز می‌گردند. جنگل‌ها جزو مهمترین اکوسیستم‌های خشکی بوده که نقش عمده‌ای در جریان انرژی، ماده و تبدیل این دو، بین زمین و اتمسفر بازی می‌کند (۱۱). روند تخریب جنگل‌ها در اثر عوامل گوناگون، سبب از بین رفتن گونه‌های با ارزش جنگلی شده است. بنابراین نگرش به جنگل از دیدگاه توسعه پایدار، لزوم حفظ گونه‌های جنگل را به‌عنوان ذخیره ژنتیکی در اولویت قرار می‌دهد. زادآوری طبیعی از مهمترین عوامل موثر بر بقا و پایداری جنگل تلقی می‌شوند، بنابراین شناخت عوامل موثر بر روند استقرار زادآوری گونه‌های جنگلی در شناخت بهتر مراحل مختلف توالی این اکوسیستم‌ها تاثیرگذار خواهد بود (۱۸). مدیریت جنگل بر اساس اصول جنگل‌شناسی همگام با طبیعت رویکردی مناسب برای برآورده ساختن معیارهای جنگلداری پایدار است (۱۰). بهره‌برداری و دیگر دخالت‌ها در عرصه‌های جنگلی می‌تواند باعث تاثیر شدید بر ترکیب و تنوع گونه‌ای شود، بنابراین مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی از طریق اجرای شیوه‌های جنگل‌شناسی بایستی به نحوی باشد که علاوه بر تولید چوب و تنوع زیستی، پایداری اکوسیستم

می‌کنند. در میان درختان جنگلی گونه‌های غالب تاثیر بیشتری در در مقادیر مختلف ترسیب کربن دارند. بنابراین راش یکی از مهم‌ترین گونه‌های غالب با موجودی حجمی بالا به‌عنوان یکی از حوضچه‌های کربن در جنگل شمال محسوب می‌گردد (۴).

با توجه به اهمیت گونه راش به‌عنوان یکی از با ارزش‌ترین گونه‌ای صنعتی شمال و نقش مهم جوامع راش از جهت محیط زیستی، تولید چوب و اهمیت زی‌توده جنگل در چرخه کربن و ذخیره و نگهداری کربن، هدف اصلی این تحقیق استفاده از روابط آلومتریکی به‌منظور برآورد میزان زی‌توده اندام‌های هوایی (تنه و شاخه) در توده‌های ناهمسال طبیعی مدیریت نشده (توده شاهد) و بهره‌برداری شده راش می‌باشد تا بر اساس مدل‌های رگرسیونی و متغیرهایی که به راحتی قابل اندازه‌گیری هستند بتوان زی‌توده اندام‌های هوایی را با روش‌های غیرمخرب، سریع و کم هزینه برآورد نمود.

### مواد و روش‌ها

#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه پارسل ۵۱۴ به‌عنوان منطقه شاهد به مساحت ۵۱/۶ هکتار و پارسل ۵۱۱ به‌عنوان منطقه بهره‌برداری شده با مساحت ۵۲/۸ هکتار از سری ۵ جنگل صفارود در منطقه رامسر که در عرض جغرافیایی  $25^{\circ} 49'$  تا  $36^{\circ} 27'$  و  $53^{\circ} 36'$  شمالی و طول جغرافیایی  $46^{\circ} 22'$  تا  $50^{\circ} 28'$  شرقی واقع می‌باشد (شکل ۱). ارتفاع منطقه حدود ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ متر از سطح دریا بوده و جهت عمومی دامنه شمالی می‌باشد. منشأ خاک از سنگ مادری ماسه‌سنگ و تیپ خاک، قهوه‌ای جنگلی اسیدی و از نظر عمق دارای خاک‌های نیمه‌عمیق تا عمیق می‌باشد. متوسط بارش سالیانه حدود ۱۲۰۰ میلیمتر و متوسط درجه حرارت سالیانه حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بر اساس روش دومارتن دارای اقلیم نیمه‌مرطوب سرد بوده و نمودار آمبروترمیک در منطقه مورد بررسی در دو ماه تیر و مرداد دارای فصل خشک می‌باشد. مهمترین جامعه گیاهی موجود در منطقه (*Fagetum hyrcanum*) می‌باشد که

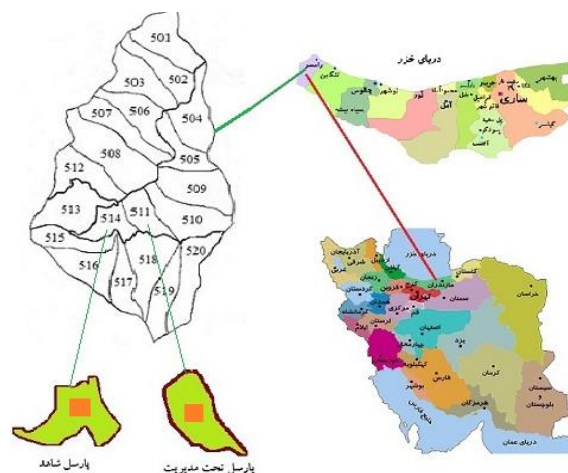
گونه‌های درختی راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.M)، ممرز (*Carpinus betulus* L.) و گونه‌علفی (*Galium odoratum* L.) از جمله مهمترین گونه‌های درختی و علفی موجود در این جامعه می‌باشند. تیپ راش خالص، سطح وسیعی از منطقه را پوشش داده و تیپ‌های راش- توسکا و راش- ممرز نیز مشاهده می‌شوند (۴). پارسل ۵۱۱ در یک دوره ده‌ساله از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ به شیوه تک‌گزینی تحت مدیریت بوده و با توجه به اطلاعات کتابچه طرح حجم در هکتار این پارسل ۳۹۰/۷ مترمکعب و حجم کل ۱۷۱۹۱/۷ مترمکعب می‌باشد که حجم نشانه‌گذاری شده برای برداشت دوره ده‌ساله ۱۱۰۰ مترمکعب برآورد گردیده است.

توپوگرافی، شیب، جهت، میزان مواد مغذی، نوع گونه، خصوصیات کمی و کیفی درختان، ذخایر زی‌توده و کربن) و هدف مورد نظر و ارزیابی عملکرد توده بستگی دارد (۶). معادلات آلومتریکی می‌تواند برای تخمین زی‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه‌هایی که در شرایط اکولوژیکی مشابه رشد می‌کنند، کاربرد داشته باشد، از متغیرهای درخت مورد استفاده، قطر برابر سینه قابل اطمینان‌ترین مشخصه پیش‌بینی زی‌توده‌های اندام‌های زمینی و هوایی هستند، در حالیکه مشخصه‌های ارتفاع و قطر تاج، دقت پایین‌تری در برآورد زی‌توده توده‌ها دارند (۲۲، ۱۵).

سهرابی و شیروانی (۲۰) به‌منظور برآورد زی‌توده اندام‌های هوایی بنه (*Pistacia atlantica*) در پارک ملی خجیر از معادله آلومتریکی استفاده نمودند که از بین متغیرهای مستقل، قطر تاج معادلاتی با شاخص‌های مدل‌سازی بهتر تولید کرد، دریایی و سهرابی (۲) به‌منظور تعیین زی‌توده روی زمین درختان ممرز (*Carpinus betulus* L.) راش و انجیلی (*Parrotia persica* P.) در جنگل آموزشی صلاح‌الدین کلا نوشهر با استفاده از رگرسیون توانی به این نتیجه رسیدند که متغیر قطر برابر سینه مناسب‌ترین برآورد کننده زی‌توده اندام‌های مختلف هوایی درختان کم قطر هست. نتایج بررسی خادمی و همکاران (۸) در برآورد ذخیره زی‌توده گونه‌آوری (*Quercus macranthera*) در جنگل‌های اندیل خلخال با استفاده از معادلات آلومتریکی نشان داد که قطر برابر سینه و ارتفاع بیشترین همبستگی را با زی‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی داشتند. نتایج تحقیق ناوار (۱۳) برای تخمین میزان زی‌توده و کربن گونه‌های مناطق استوایی و معتدله در جنگل‌های سینالوا مکزیکو نشان داد که قطر برابر سینه یک متغیر مناسب برای معادلات آلومتریکی در اندازه‌گیری زی‌توده است.

نتایج مطالعات استرفی و همکاران (۶) در برآورد زی‌توده درختان جوان بلوط ترکیه (*Quercus cerris* L.)، ممرز اروپایی (*Carpinus betulus* L.)، شاه بلوط نوشین (*Castanea sativa* Mill.) و زبان گنجشک (*Fraxinus ornus* L.) با روابط آلومتریکی نشان داد که مشخصه قطر برابر سینه برای برآورد زی‌توده اندام‌های هوایی و زمینی و اجزای سازنده درختان جوان، پیش‌بینی کننده قابل اعتمادی است، اما استفاده از مشخصه ارتفاع در تعیین زی‌توده باعث بهبود برآورد زی‌توده نمی‌شود. ضرایب ثابت قطر ( $\beta_0$ ) و ارتفاع ( $\beta_1$ ) نه تنها در بین گونه‌های پهن‌برگ، بلکه در بین اندام‌های یک گونه هم متفاوت بود که مقادیر آنها منعکس کننده تفاوت در میزان قد کشیدگی ساقه به‌دلیل استراتژی‌های مختلف رشد هر یک از گونه‌ها در مراحل اولیه توسعه است.

جنگل‌های طبیعی شمال ایران یکی از مهمترین ذخایر ژنتیکی بیوسفر زمین به‌شمار می‌رود و با قدمتی بیش از یک میلیون سال یکی از مهمترین و بزرگترین ذخایر کربن جهان می‌باشد. در اکوسیستم‌های جنگلی، درختان در مقایسه با سایر رستنی‌ها نقش بیشتری در مقدار زی‌توده و ترسیب کربن ایفا



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه  
Figure 1. The location of the study area

و شاخه‌زنی و استر بندی شدند. حجم درختان با استفاده رابطه ۱ تعیین گردید.

$$V = \frac{\pi}{4} d_{1.30}^2 \times h \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه  $d_{1.30}$ : قطر برابر سینه،  $h$ : ارتفاع درخت و  $f$ : ضریب شکل درخت (که با استفاده از جدول حجم سه عامله تعیین گردیده است) می‌باشد.

در هر کلاس قطری ۵ پایه به گونه‌ای انتخاب گردید که زیرکلاسه‌های موجود در هر کلاس قطری را شامل گردد. به دلیل اینکه برداشت درختان نشانه‌گذاری شده در پارسل مورد بهره‌برداری در فصل زمستان انجام می‌گرفت و درختان فاقد برگ بودند و همچنین درصد کمی از زی‌توده راش مربوط به برگ می‌باشد، در این تحقیق برآورد زی‌توده راش در اندام‌های تنه، شاخه‌های اصلی و فرعی صورت گرفت.

#### برآورد زی‌توده تنه

به منظور تعیین وزن تر و زی‌توده راش، با توجه به ضریب کاهش قطری تنه سه دیسک به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر از ابتدا، وسط و انتهای هر تنه انتخاب (۴۵ دیسک در مجموع) و برش داده شدند. وزن تر دیسک‌ها توزین و حجم آنها محاسبه گردید. به منظور تعیین وزن خشک (زی‌توده)، دیسک‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در کوره نگهداری، سپس با ترازو با دقت گرم توزین شدند (۸). با توجه به حجم تنه و حجم و وزن خشک دیسک‌ها با استفاده از رابطه ۲ زی‌توده هر تنه محاسبه گردید.

$$B_t = \frac{w_d \times v_t}{V_d} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه  $B_t$ : زی‌توده هر تنه (تن)،  $W_d$ : وزن خشک دیسک (تن)،  $V_t$ : حجم تنه (مترمکعب) و  $V_d$ : حجم دیسک (مترمکعب) است.

بر اساس رابطه رگرسیونی توانی که دارای بیشترین ضریب همبستگی بود، معادله آلومتریک بین قطر برابر سینه و زی‌توده ۱۵ پایه برقرار گردید و با توجه به آماربرداری صد درصد پایه‌ها

#### روش بررسی

به منظور تعیین زی‌توده راش (تنه و شاخه) پس از انجام جنگل‌گردشی دو پارسل ۵۱۴ (منطقه شاهد که هیچگونه برداشتی در آن صورت نگرفته است) به مساحت ۵۱/۶ هکتار و پارسل ۵۱۱ (منطقه بهره‌برداری شده) به مساحت ۵۲/۸ هکتار از سری ۵ جنگل صفارود رامسر انتخاب شدند. با توجه به محدودیت‌های موجود در انتخاب توده‌های طبیعی، ابتدا پارسل ۵۱۴ که دخالتی در آن صورت نگرفته است به عنوان پارسل شاهد تعیین و پارسل ۵۱۱ که در سری تحت مدیریت به شیوه تک‌گزینی بوده و از لحاظ شرایط محیطی (ارتفاع از سطح دریا، شیب عمومی، جهت جغرافیایی کلی و فیزیوگرافی) تقریباً مشابه پارسل شاهد می‌باشد، انتخاب گردید. در هر پارسل حدود ۱۰ درصد از حجم جامعه انتخاب و مورد آماربرداری قرار گرفت (۲۴). بنابراین محدوده‌ای به مساحت ۶/۲۵ هکتار (۲۵۰×۲۵۰ متر) که از لحاظ شرایط محیطی و پوشش گیاهی در دو توده نسبتاً مشابه بودند، پیاده و با آماربرداری صد درصد از محدوده تعیین شده، مشخصه‌های قطر برابر سینه (با متر نواری)، ارتفاع کل (با شیب‌سنج)، متوسط قطر تاج (با متر) و ارتفاع تاج (با شیب‌سنج) اندازه‌گیری شدند. در پارسل بهره‌برداری شده به دلیل برداشت‌های مجاز یا غیرمجاز دوره‌های گذشته و باد افتادگی، قطرهای بالای ۱۵۰ سانتیمتر دیده نشد و در پارسل شاهد نیز قطرهای بالای ۱۵۰ سانتیمتر به ندرت در محدوده آماربرداری مشاهده گردید. به منظور داشتن تعداد نمونه کافی و پراکنش مناسب تعداد درختان، طبقات قطری به سه کلاس قطری کم، قطر، میان قطر و قطور تقسیم و برآورد زی‌توده در سه کلاس قطری کمتر از ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر انجام گردید. در پارسل بهره‌برداری شده پس از قطع درختان نشانه‌گذاری شده و با توجه به دامنه قطری درختان موجود در پارسل مورد بررسی و محدودیت تعداد درختان مقطوعه در طبقات قطری مختلف ۱۵ درخت (۵ درخت در هر یک از کلاسه‌های قطری کمتر از ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر) از کل درختان قطع شده به شکل تصادفی، انتخاب

ذخیره زی توده) در توده های بهره برداری شده و شاهد از آزمون  $t$  مستقل استفاده شد. همچنین به منظور مقایسه اختلاف میانگین ها (میزان ذخیره زی توده) در هر سه طبقه قطری مورد مطالعه از تجزیه واریانس و آزمون دانکن استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### تعداد در طبقات قطری و ارتفاعی

بر اساس نتایج آماربرداری متوسط قطر برابر سینه و ارتفاع درختان توده بهره برداری شده به ترتیب  $33/7$  سانتی متر و  $22/93$  متر و متوسط قطر برابر سینه و ارتفاع درختان توده شاهد به ترتیب  $50/56$  سانتی متر و  $26/91$  متر می باشد. تعداد در هکتار گونه راش در توده شاهد (مدیریت نشده)  $196$  اصله و در توده بهره برداری شده  $211$  اصله بود. که فراوانی درختان در طبقات قطری کمتر از  $50$ ،  $50$  تا  $100$  و بیش از  $100$  سانتی متر در توده شاهد به ترتیب  $60$ ،  $117$  و  $19$  اصله در هکتار و در توده بهره برداری شده  $180$ ،  $27$  و  $4$  اصله در هکتار شمارش گردید. با توجه به نمودار تعداد در طبقات قطری، حداکثر حضور درختان در منطقه بهره برداری شده در طبقات قطری  $10$  تا  $50$  سانتی متر (طبقات قطری اولیه) دیده می شود. بیش از  $80$  درصد فراوانی نسبی درختان مربوط به کلاسه کم قطر بوده و با دخالت های صورت گرفته، خصوصاً با برداشت درختان قطور برخی از طبقات قطری در عرصه دیده نمی شوند (شکل ۲). در حالیکه در منطقه شاهد، تمامی طبقات قطری مشاهده گردیده و حداکثر حضور درختان در طبقات قطری  $10$  تا  $30$  سانتی متر (طبقات قطری اولیه) است (شکل ۳). در منطقه بهره برداری شده حداکثر حضور درختان در طبقات ارتفاعی  $10$  و  $30$  متری می باشد که بعد از یک کاهش در طبقه ارتفاعی  $20$  متری، روند صعودی را نشان می دهد که در طبقه  $30$  متری دوباره به اوج می رسد (شکل ۴). در منطقه شاهد حداکثر حضور درختان در طبقات ارتفاعی  $35$  و  $40$  متر می باشد (شکل ۵).

و داشتن اطلاعات مربوط به قطر و ارتفاع پایه ها در دو توده بهره برداری شده و شاهد و استفاده از رابطه آلومتریک، زی توده تنه در هر هکتار از منطقه مورد مطالعه برآورد گردید.

### برآورد زی توده شاخه

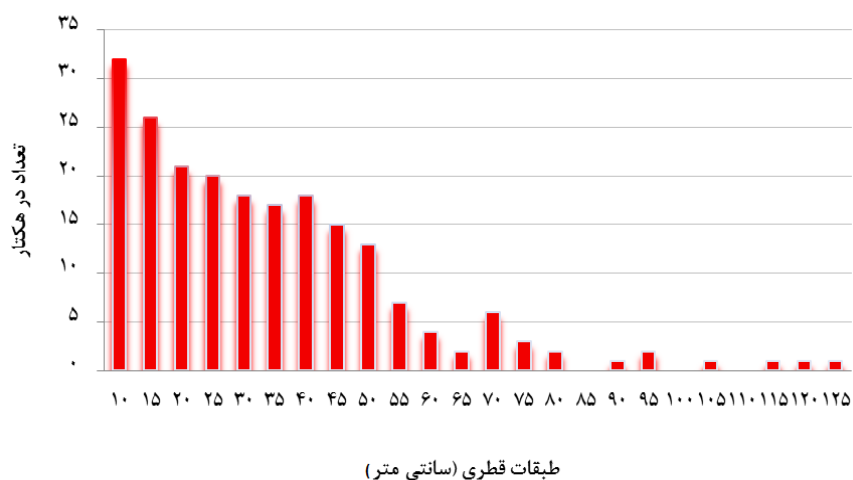
برای برآورد زی توده شاخه، شاخه های  $15$  درخت انتخابی استر بندی و تعیین حجم (هر استر =  $0/6$  مترمکعب) شدند (۱۲). برای تعیین وزن تر شاخه ها، از کل استرهای هر پایه، یک استر به شکل تصادفی مشخص و توزین شدند. سپس به مدت  $48$  ساعت در دمای  $80$  درجه سانتی گراد در کوره نگهداری و جهت تعیین وزن خشک یا زی توده با دقت گرم توزین شدند (۸). بر اساس حجم شاخه ها و حجم و وزن خشک شاخه های استر نمونه و با استفاده از رابطه  $3$  زی توده شاخه های هر پایه محاسبه گردید.

$$B_b = \frac{w_s \times v_b}{v_s} \quad \text{رابطه (۳)}$$

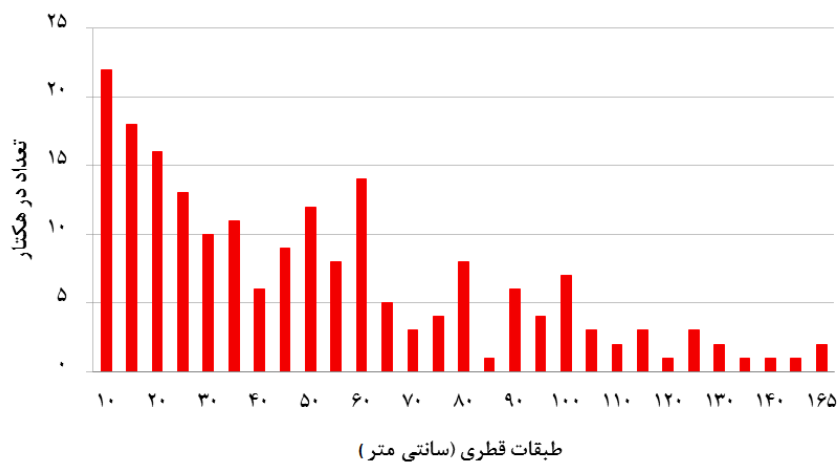
که در این رابطه  $B_b$ : زی توده شاخه های هر پایه (تن)،  $W_s$ : وزن خشک استر نمونه (تن)،  $V_s$ : حجم استر نمونه (مترمکعب) و  $V_b$ : حجم شاخه های هر پایه (مترمکعب) است. بر اساس رابطه رگرسیونی توانی، معادله آلومتریک بین قطر برابر سینه و زی توده شاخه های  $15$  پایه برقرار گردید و با توجه به آماربرداری صد درصد پایه ها و داشتن اطلاعات مربوط به قطر و ارتفاع پایه ها در دو توده بهره برداری شده و شاهد و استفاده از رابطه آلومتریک زی توده شاخه ها در هر هکتار از منطقه مورد مطالعه برآورد گردید.

### تجزیه و تحلیل داده ها

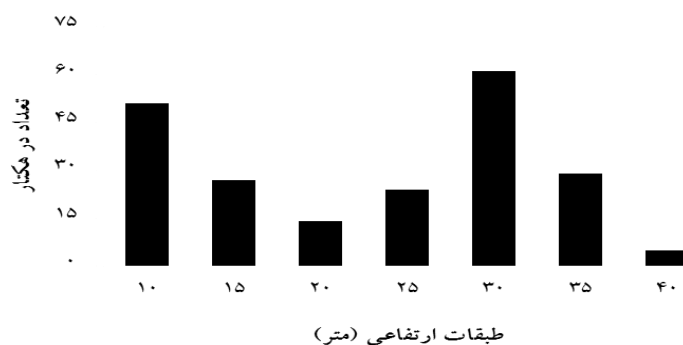
تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه  $23$  انجام شد. به منظور تحلیل آماری ابتدا داده ها از نظر نرمال بودن با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نرمال بودن داده ها، رابطه رگرسیونی و معادلات برازش شده به آنها بین مشخصه های اندازه گیری شده محاسبه گردید. با استفاده از معادله های به دست آمده همبستگی بین میزان ذخیره زی توده با قطر برابر سینه تعیین شد. برای مقایسه اختلاف میانگین ها (میزان



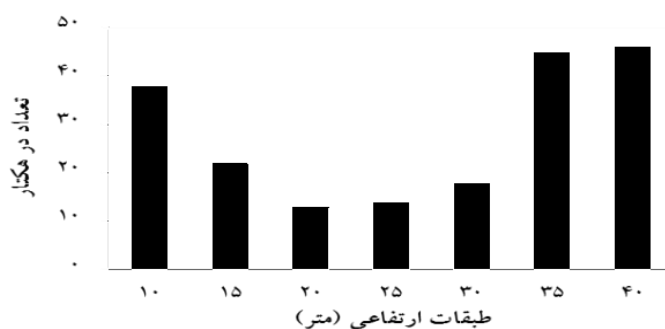
شکل ۲- تعداد در طبقات قطری توده بهره‌برداری شده  
Figure 2. distribution of number in diameter classes of harvested stand



شکل ۳- تعداد در طبقات قطری توده شاهد  
Figure 3. distribution of number in diameter classes of unmanaged stand



شکل ۴- تعداد در طبقات ارتفاعی توده بهره‌برداری شده  
Figure 4. distribution of number in height classes of harvested stand



شکل ۵- تعداد در طبقات ارتفاعی توده شاهد

Figure 5. distribution of number in height classes of unmanaged stand

به‌دست آمده از اندازه‌گیری پایه‌های برداشت شده در توده بهره‌برداری شده، میانگین کل زی‌توده ۵ درخت اندازه‌گیری شده در طبقه‌های قطری کمتر از ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر به‌ترتیب عبارتند از ۰/۵۵۹، ۴/۱۲۵ و ۱۰/۱۶۲ تن که از این مقدار به‌ترتیب ۱/۵، ۶/۹ و ۷۲/۸ درصد در تنه ذخیره شده است (جدول ۲).

### مهم‌ترین شاخص‌های آماری و روابط آلومتریک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مشخصه‌های آماری ۱۵ درخت قطع شده انتخابی برای برآورد میزان زی‌توده و تعیین روابط آلومتریک نشان می‌دهد که متوسط قطر برابر سینه، ارتفاع کل، قطر تاج و ارتفاع تاج به‌ترتیب ۷۲/۳ سانتی‌متر، ۲۴/۱ متر، ۱۶/۹ متر و ۱۱/۱ متر می‌باشد (جدول ۱). بر اساس نتایج

جدول ۱- مشخصه‌های آماری ۱۵ درخت انتخاب شده در توده مورد بهره‌برداری

Table 1. Statistical Characteristics of 15 Harvesting trees in harvested stand																			
کلاس قطری	کمتر از ۵۰ سانتیمتر					۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر					بیش از ۱۰۰ سانتی متر					میانگین	انحراف از معیار		
	۱	۲	۳	۴	۵	۱	۲	۳	۴	۵	۱	۲	۳	۴	۵				
قطر برابر سینه (سانتی متر)	۱۴٫۲	۲۰٫۵	۲۸٫۰	۳۱٫۴	۴۴٫۸	۵۵٫۵	۶۶٫۴	۷۵٫۴	۸۴٫۷	۹۴٫۹	۱۰۴٫۸	۱۰۸٫۱	۱۱۰٫۲	۱۱۹٫۶	۱۲۵٫۴	۷۲٫۲۶	۳۸٫۰۵		
ارتفاع (متر)	۱۵٫۰۶	۱۳٫۳۶	۱۲٫۱۰	۲۱٫۲۴	۲۱٫۸۶	۲۰٫۱۸	۲۳٫۱۷	۳۰٫۲۸	۲۶٫۲۱	۲۷٫۵۴	۳۳٫۴۲	۲۷٫۳۹	۳۱٫۰۴	۳۰٫۳۹	۲۸٫۶۱	۲۴٫۱۲	۴۴٫۳۷		
قطر تاج (متر)	۴٫۳	۶٫۱	۷٫۶	۹٫۲	۱۲٫۷	۱۴٫۵	۱۷٫۱	۱۸٫۴	۱۹٫۶	۲۱٫۳	۲۲٫۱	۲۳٫۶	۲۵٫۳	۲۴٫۸	۲۶٫۱	۱۶٫۸۵	۷٫۳۸		
ارتفاع تاج (متر)	۴٫۹	۶٫۲	۸٫۱	۹٫۸	۱۰٫۱	۱۰٫۲	۱۰٫۷	۱۱٫۲	۱۲٫۱	۱۲٫۷	۱۳٫۸	۱۳٫۸	۱۴٫۳	۱۴	۱۴٫۷	۱۱٫۰۵	۸٫۶۵		

جدول ۲- میانگین زی‌توده ۵ درخت اندازه‌گیری شده در هر طبقه قطری در توده بهره‌برداری شده

مشخصه	طبقات قطری (سانتی‌متر)	تعداد	میانگین زی‌توده (تن)	انحراف معیار
کل (تنه و شاخه)	۵۰ <	۵	۰/۵۵۹۶	۰/۵۴۱۵
	۵۰ - ۱۰۰	۵	۴/۱۲۵۴	۱/۸۴۲۲
	۱۰۰ <	۵	۱۰/۱۶۱۷	۱/۳۷۰۹
تنه	۵۰ <	۵	۰/۳۴۴۴	۰/۳۶۷۹
	۵۰ - ۱۰۰	۵	۲/۹۶۹۴	۱/۳۶۸۲
	۱۰۰ <	۵	۷/۴۰۱۷	۰/۳۹۲۱
شاخه	۵۰ <	۵	۰/۲۱۵۲	۰/۲۱۰۷
	۵۰ - ۱۰۰	۵	۱/۱۵۶۰	۰/۵۷۴۲
	۱۰۰ <	۵	۲/۷۶۰۰	۰/۷۹۵۶

جدول ۳- بررسی همبستگی زی‌توده اندام‌های مختلف هوایی با مشخصه‌های قطر و ارتفاع

متغیر مستقل	متغیر وابسته	درجه آزادی	R <sup>2</sup>	F	sig	معادله
قطر برابر سینه	زی‌توده کل (تنه و شاخه)	۱۴	۰/۸۳۴	۱۳۳/۳۰۳	۰/۰۰۸	$Y = 0.0002 X^{2.2974}$
	زی‌توده تنه	۱۴	۰/۸۵۱	۱۴۳/۶۲۳	۰/۰۰۱	$Y = 0.00009 X^{2.4209}$
	زی‌توده شاخه	۱۴	۰/۷۶۴	۹۳/۶۴۲	۰/۰۲۳	$Y = 0.0002 X^{1.956}$

Y = زی‌توده (تن)، X = قطر برابر سینه (سانتی‌متر)

۰/۲۷۳، ۲/۲۳۸ و ۷/۶۳۴ تن و در توده بهره برداری شده به ترتیب ۰/۳۵۳، ۴/۳۴۰ و ۱۰/۱۱۴ تن برآورد گردید. میزان ذخیره زی توده در اندام های هوایی تنه و شاخه گونه راش در منطقه شاهد ۳۱۱/۵۸ تن در هکتار و در منطقه بهره برداری شده ۲۲۲/۱۸ تن در هکتار برآورد گردید. میزان ذخیره زی توده کل در منطقه شاهد در طبقات قطری کمتر از ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی متر به ترتیب ۳۱/۹۲۷، ۱۳۴/۳۰۴ و ۱۴۵/۳۵۱ تن در هکتار و در توده بهره برداری شده به ترتیب ۶۳/۴۵۵، ۱۱۶/۶۵۳ و ۴۲/۰۷۶ تن در هکتار برآورد گردید که جدول ۴ مقادیر شاخص های مرکزی و پراکندگی متغیر زی توده را برای اندام های هوایی مختلف در طبقات قطری تعیین شده را نشان می دهد.

با توجه به معادله های رگرسیونی قطر برابر سینه رابطه معنی داری با زی توده در سطح اطمینان ۹۵ درصد از خود نشان می دهد و متغیر مستقل قطر برابر سینه با ضرایب ۰/۹۳۴، ۰/۸۶۴ و به ترتیب بیشترین همبستگی را با زی توده تنه، زی توده مجموع تنه و شاخه و زی توده شاخه گونه راش در توده مورد مطالعه را دارد (جدول ۳).

#### میزان ذخیره زی توده در مناطق مورد بررسی

بر اساس نتایج به دست آمده از روابط رگرسیون میانگین ذخیره زی توده کل (مجموع تنه و شاخه) هر پایه در منطقه شاهد (مدیریت نشده) ۱/۵۹۰ تن و در منطقه بهره برداری شده ۱/۰۵۴ تن برآورد گردید که در منطقه شاهد در طبقات قطری کمتر از ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی متر به ترتیب

جدول ۴- میانگین زی توده هر پایه (تن) و میزان ذخیره زی توده در هر هکتار (تن) از طبقات قطری مورد مطالعه

طبقات قطری	اندام های هوایی	منطقه	تعداد در پلات	میانگین زی توده هر پایه	میزان زی توده در هکتار	انحراف معیار	اشتباه معیار
کمتر از ۵۰ سانتی متر	کل (تنه و شاخه)	بهره برداری شده	۱۱۲۴	۰/۳۵۳	۶۳/۴۵۵	۰/۳۳۶	۰/۰۱۰
		شاهد	۷۳۱	۰/۲۷۳	۳۱/۹۲۷	۰/۲۷۴	۰/۰۱۰
	تنه	بهره برداری شده	۱۱۲۴	۰/۲۴۲	۴۳/۵۵۲	۰/۲۴۴	۰/۰۰۷
		شاهد	۷۳۱	۰/۱۸۶	۲۱/۶۷۱	۰/۱۹۴	۰/۰۰۷
۵۰ تا ۱۰۰ سانتی متر	شاخه	بهره برداری شده	۱۱۲۴	۰/۱۱۱	۱۹/۹۵۵	۰/۰۸۹	۰/۰۰۳
		شاهد	۷۳۱	۰/۰۸۷	۱۰/۲۳۴	۰/۰۷۸	۰/۰۰۳
	کل	بهره برداری شده	۱۶۸	۴/۳۴۰	۱۱۶/۶۵۳	۰/۵۱۴	۰/۱۱۷
		شاهد	۳۷۵	۲/۲۳۸	۱۳۴/۳۰۴	۰/۰۷۰	۰/۰۵۵
بیش از ۱۰۰ سانتی متر	تنه	بهره برداری شده	۱۶۸	۳/۵۳۲	۹۰/۱۱۱	۱/۲۲۵	۰/۰۹۴
		شاهد	۳۷۵	۰/۶۷۳	۱۰۰/۳۷۹	۰/۸۴۲	۰/۰۴۳
	شاخه	بهره برداری شده	۱۶۸	۰/۹۷۶	۲۶/۳۳۸	۰/۲۹۵	۰/۰۲۳
		شاهد	۳۷۵	۰/۵۵۲	۳۳/۱۴۱	۰/۲۲۵	۰/۰۱۲
تمام طبقات	کل	بهره برداری شده	۲۶	۱۰/۱۱۴	۴۲/۰۷۶	۰/۹۸۲	۰/۳۸۹
		شاهد	۱۱۹	۷/۶۳۴	۱۴۵/۳۵۱	۲/۴۷۰۵	۰/۲۲۰
	تنه	بهره برداری شده	۲۶	۸/۱۵۵	۳۳/۹۲۷	۱/۶۹۰	۰/۳۳۱
		شاهد	۱۱۹	۶/۰۷۳	۱۱۵/۶۳۲	۲/۰۲۱	۰/۱۸۵
	شاخه	بهره برداری شده	۲۶	۲/۰۱۸	۸/۳۹۶	۰/۳۳۴	۰/۰۶۵
		شاهد	۱۱۹	۱/۵۸۲	۳۰/۱۳۰	۰/۴۲۲	۰/۰۳۹
	کل	بهره برداری شده	۱۳۱۸	۱/۰۵۴	۲۲۲/۱۸۴	۱/۹۶۹	۰/۰۵۴
		شاهد	۱۲۲۵	۱/۵۹۰	۳۱۱/۵۸۳	۲/۳۸۱	۰/۰۶۸
	تنه	بهره برداری شده	۱۳۱۸	۰/۷۹۵	۱۶۷/۵۸۹	۱/۵۶۸	۰/۰۴۳
		شاهد	۱۲۲۵	۰/۲۱۳	۲۳۷/۷۷۲	۱/۹۰۴	۰/۰۵۴
	شاخه	بهره برداری شده	۱۳۱۸	۰/۲۵۹	۵۴/۵۸۹	۰/۴۰۶	۰/۰۱۱
		شاهد	۱۲۲۵	۰/۳۷۵	۷۳/۵۰۴	۰/۴۸۷	۰/۰۱۴

(جدول ۵ و ۷). نتایج آزمون دانکن نشان می دهد میانگین زی توده سه کلاسه قطری در هر منطقه مورد بررسی (شاهد و بهره برداری شده) در سه گروه مختلف قرار دارند (جدول ۶ و ۸).

#### مقایسه میانگین های زی توده

نتایج آزمون f نشان می دهد که متوسط میزان ذخیره زی توده در کلاسه های قطری مورد مطالعه در هر دو منطقه بهره برداری شده و شاهد از اختلاف معنی داری برخوردار است

جدول ۵- تجزیه واریانس میزان ذخیره زی توده کل در سه کلاسه قطری مورد بررسی در توده بهره برداری شده

تیمار	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی داری
خطا	۴۵۰۰۶۵۷	۲	۲۲۵۰۳۲۸	۴۸۶۸/۲۲۲	۰/۰۰۱
کل	۵۱۰۸۵۱۳	۱۳۱۵	۰/۴۶۲		
		۱۳۱۷			



جدول ۶- تجزیه واریانس میزان ذخیره زی‌توده در سه کلاسه قطری مورد بررسی در توده شاهد

Table 6. Analysis of variance of total biomass storage in three diameter classes of unmanaged stand

تیمار	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره f	سطح معنی‌داری
خطا	۵۷۷۲/۶۵۰	۲	۲۸۸۶/۳۲۵	۳۰۲۵/۹۳۷	۰/۰۰۱
کل	۱۱۶۵۶۱۹	۱۲۲۲	۰/۹۵۴		
	۶۹۳۸/۲۶۹	۱۲۲۴			

جدول ۷- نتایج آزمون دانکن میزان ذخیره زی‌توده کل (تنه و شاخه) در سه کلاسه قطری در توده بهره‌برداری شده

Table 7. Duncan test results on total biomass storage (trunk and branch) in three diameter classes of harvested stand

سطح اطمینان ۹۵ درصد	طبقات قطری (سانتی‌متر)	فراوانی نمونه‌ها	۱	۲	۳
	< ۵۰	۱۱۲۴	۰/۳۵۳A		
	۵۰-۱۰۰	۱۶۸		۴/۳۹AB	
	۱۰۰ <	۲۶			۱۰/۱۱۴C
سطح معنی‌داری			۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

جدول ۸- نتایج آزمون دانکن میزان ذخیره زی‌توده کل (تنه و شاخه) در سه کلاسه قطری در توده شاهد

Table 8. Duncan test results on total biomass storage (trunk and branch) in three diameter classes of unmanaged stand

سطح اطمینان ۹۵ درصد	طبقات قطری (سانتی‌متر)	فراوانی نمونه‌ها	۱	۲	۳
	< ۵۰	۷۳۱	۰/۲۷۳A		
	۵۰-۱۰۰	۳۷۵		۲/۲۳AB	
	۱۰۰ <	۱۱۹			۷/۶۳۴C
سطح معنی‌داری			۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

نتایج آزمون t نشان می‌دهد که میانگین زی‌توده کل اندام‌های هوایی (تنه و شاخه)، زی‌توده تنه و زی‌توده شاخه گونه راش در هر هکتار از توده بهره‌برداری شده و شاهد در کل توده، کلاسه قطری کمتر از ۵۰ سانتی‌متر (به جز زی‌توده

شاخه)، کلاسه قطری ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر در سطح اطمینان ۹۵ درصد از اختلاف معنی‌داری برخوردار هستند (جدول ۹).

جدول ۹- نتایج آزمون t در مورد مقایسه میانگین زی‌توده در دو توده بهره‌برداری شده و شاهد

Table 9. Results of t test for comparison of biomass in harvested and unmanaged stands

نمونه‌های مستقل	اختلاف میانگین	انحراف معیار	ارزش t	درجه آزادی	f	سطح معنی‌داری
زی‌توده کل	۰/۰۷۹۹	۱/۹۶۹	- ۶/۲۰۴	۲۵۴۱	۴۳/۲۲	۰/۰۰۴
زی‌توده تنه	۰/۰۵۶۱	۱/۵۶۸	- ۶/۰۶۶	۲۵۴۱	۴۲/۶۹۸	۰/۰۰۱
زی‌توده شاخه	۰/۰۲۳۵	۰/۴۰۶	- ۶/۵۴۷	۲۵۴۱	۴۷/۱۵۳	۰/۰۱۸
زی‌توده کل	۰/۰۷۹	۰/۳۳۶	۵/۳۶۷	۱۸۵۳	۰/۰۴۱	۰/۰۱۱
زی‌توده تنه	۰/۰۵۶	۰/۲۴۴	۵/۲۳۰	۱۸۵۳	۰/۵۷۵	۰/۰۰۹
زی‌توده شاخه	۰/۰۲۳	۰/۰۸۸	۵/۸۳۲	۱۸۵۳	۲/۳۱۱	۰/۰۰۸
زی‌توده کل	۲/۱۰۱	۱/۵۱۴	۱۸/۴۸۴	۵۴۱	۲۰/۶۱۷	۰/۰۰۱
زی‌توده تنه	۱/۶۷۹	۱/۲۲۴	۱۸/۵۲۷	۵۴۱	۲۵/۰۳۱	۰/۰۰۱
زی‌توده شاخه	۰/۴۲۴	۰/۲۹۵	۱۸/۳۳۵	۵۴۱	۱۰/۴۵۸	۰/۰۰۱
زی‌توده کل	۲/۴۸۰	۱/۹۸۲	۴/۹۰۴	۱۴۳	۱/۲۶۴	۰/۰۰۱
زی‌توده تنه	۲/۰۸۲	۱/۶۹۰	۴/۸۹۱	۱۴۳	۱/۰۵۲	۰/۰۰۱
زی‌توده شاخه	۰/۴۳۶	۰/۳۳۳	۴/۹۳۹	۱۴۳	۱/۹۷۰	۰/۰۰۱

برابرسینه و ارتفاع توده شاهد به ترتیب ۵۰/۵۶ سانتی‌متر و ۲۶/۹۱ متر می‌باشد. تعداد در هکتار درختان راش در توده شاهد ۱۹۶ و در توده بهره‌برداری شده ۲۱۱ اصله می‌باشد. پراکنش تعداد در هکتار در طبقات قطری نشان داد که در منطقه بهره‌برداری شده، مراحل اولیه رشد (طبقات قطری کمتر از ۵۰ سانتی‌متر) دارای بیشترین فراوانی است (۸۰ درصد فراوانی نسبی) و با دخالت‌های صورت گرفته، خصوصاً

روش برداشت مستقیم برای برآورد زی‌توده به نیروی کار، هزینه و زمان زیاد نیاز دارد. کاربرد معادله آلومتریک یک روش معمول و غیرمخرب است که زی‌توده را از روی ویژگی‌هایی از درخت که به راحتی قابل اندازه‌گیری هستند، برآورد می‌کند (۳۳، ۱۹، ۱۴، ۱). بر اساس نتایج آماربرداری متوسط قطر برابرسینه و ارتفاع توده بهره‌برداری شده به ترتیب ۳۳/۷ سانتی‌متر و ۲۲/۹۳ متر و متوسط قطر

صحیح می‌تواند نه تنها مانع از کاهش موجودی شده، بلکه با تنظیم اختلاط گونه‌ای و ایجاد ساختار مناسب در توده‌های جنگلی، موجبات افزایش موجودی و ذخیره بیشتر زی‌توده در توده‌های جنگلی شود (۲۲،۷). بررسی تاثیر عملیات حفاظتی، حمایتی و جنگل‌شناسی در تغییر میزان بیوماس در رویشگاه‌های مختلف جنگلی می‌تواند برای دستیابی به یک الگوی مشخص در بهره‌برداری و نوع دخالت مفید واقع شود (۲۳). نتایج بررسی والت (۲۲) در مورد مقادیر زی‌توده ذخیره شده در جنگل‌های *Nothofagus pomilica* نشان می‌دهد که در مراحل مختلف تکامل میزان زی‌توده ذخیره شده متفاوت بوده و در انتهای مرحله میانی رشد، بیشترین زی‌توده تولید می‌گردد که در توده بهره‌برداری شده مورد مطالعه، پایه‌ها قبل از رسیدن به این مرحله حذف شده‌اند. همچنین مطالعات کربای (۹) نشان می‌دهد که در جنگل‌های مدیریت شده با برداشت تک‌گزینی در انتهای مرحله اپتیمال می‌توان از کاهش ذخیره جنگل جلوگیری کرد، که عدم توجه به این امر در منطقه مورد مطالعه و برداشت درختان قبل از رسیدن به پایان مرحله اپتیمال بخشی از ذخایر زیتوده و در نتیجه ارزش اقتصادی آن‌را از دست داده‌ایم. همچنین در استفاده از طبیعت به‌عنوان الگو برای دخالت، بایستی دخالت در عرصه در مراحل انتهایی رشد میانی صورت گیرد، چرا که بیشترین میزان حجم‌گیری در این مرحله صورت می‌گیرد. بر اساس نتایج آزمون دانکن، میانگین میزان ذخیره زیتوده در کلاسه‌های قطری مورد مطالعه در توده شاهد و بهره‌برداری شده از اختلاف معنی‌داری برخوردار است.

نتایج تحقیق پورقلی و همکاران (۱۶) در بررسی ساختار توده‌های راش جنگل اسالم در فاز تحولی نشان می‌دهد که با توجه به رقابت بالای درختان به‌منظور کسب نور و نیز تراکم بالای درختان در فاز تحولی، اجرای عملیات تنک کردن در این مرحله ضروری است. بر این اساس با استفاده از اطلاعات حاصل از کمی‌سازی توده‌های دست‌نخورده با این شاخص‌ها علاوه بر کمی‌سازی ساختار فعلی جنگل، بتوان سیر تکامل آن و همچنین نتایج حاصل از فعالیت‌های مدیریت جنگل را مورد ارزیابی قرار داد و مسیر حرکت مدیریت برای توده‌های مشابه را مشخص نمود تا در نحوه نشانه‌گذاری‌های توده‌های جنگلی بر اساس الگوی طبیعت به شکل اصولی عمل نمود.

در نهایت دخالت انجام شده منجر به کاهش تعداد در طبقات قطری بالاتر، کاهش میانگین ارتفاع و حجم و در نتیجه کاهش زیتوده در منطقه بهره‌برداری شده، گردیده است. بنابراین در مدیریت جنگل، چنانچه به پراکنش مناسب تعداد در طبقات قطری نیز توجه شود، علاوه بر تحقق مهمترین اصول مربوط به اهداف عمومی جنگل‌داری (اصل بازده مستمر و اصل بازده حداکثر)، جنگلی با ویژگی‌های یک جنگل ایده‌آل ایجاد خواهد شد. این جنگل ایده‌آل که (جزو اهداف اولیه در اجرای طرح‌های جنگل‌داری است)، می‌تواند شرایط لازم را برای مدیریت پایدار جنگل فراهم آورد که علاوه بر اهداف تولیدی (که در اولویت قرار ندارد)، نقش خود را به‌خوبی در زمینه‌های مختلف از جمله چرخه کربن و ذخیره زی‌توده با حداکثر پتانسیل ایفا نماید.

برداشت درختان قطور در توده، برخی از طبقات قطری از منطقه حذف گردیده است. نمودار پراکنش تعداد در طبقات ارتفاعی نشان داد که در منطقه شاهد بیشترین فراوانی در اشکوب غالب دیده می‌شود اما در منطقه بهره‌برداری شده در نمای کلی منطقه درختان از ارتفاع کمتری برخوردار است که این امر می‌تواند به‌دلیل کاهش رقابت نوری درختان در نتیجه باز شدن بیش از اندازه عرصه باشد. دخالت‌های انجام شده در منطقه بهره‌برداری شده به‌ویژه برداشت درختان قطور منجر به کاهش متوسط ارتفاع توده و درختان قطور و در نتیجه کاهش حجم و زی‌توده در منطقه شده است.

با توجه به معادله‌های رگرسیون، متغیر مستقل قطر برابر سینه با ضریب همبستگی ۰/۸۵۱ و سطح معنی‌داری ۰/۰۰۱ بیشترین همبستگی را با ذخیره زی‌توده تنه دارند، که نتایج بررسی خادمی و همکاران (۸) در مورد برآورد زی‌توده بلوط اوری در خلخال و هوندا و همکاران (۵) در جنگل‌های آسیای میانه این موضوع را تأیید می‌کند.

تعداد در هکتار درختان در طبقات قطری کمتر از ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر در منطقه شاهد به‌ترتیب ۱۱۷، ۶۰ و ۱۹ اصله و در منطقه بهره‌برداری شده به‌ترتیب ۱۸۰، ۲۷ و ۴ اصله می‌باشد. میزان ذخیره زی‌توده در طبقات قطری کمتر از ۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر در منطقه شاهد به‌ترتیب ۳۱/۹۲۷، ۱۳۴/۳۰۴ و ۱۴۵/۳۵۱ تن در هکتار و در منطقه بهره‌برداری شده به‌ترتیب ۶۳/۴۵۵، ۱۱۶/۶۵۳ و ۴۲/۰۷۶ تن در هکتار می‌باشد. میزان ذخیره زیتوده در طبقه قطری کمتر از ۵۰ سانتی‌متر در منطقه بهره‌برداری شده به‌دلیل تعداد بیشتر درختان در هر هکتار بیش از منطقه شاهد بوده و همچنین با توجه به باز شدن تاج در توده بهره‌برداری شده و دریافت نور کافی، درختان این طبقه از رشد حجمی بیشتری برخوردار می‌باشند، به‌طوری که متوسط ذخیره زی‌توده در هر درخت این توده ۰/۳۵۳ تن می‌باشد. میزان متوسط ذخیره زی‌توده در هر درخت از طبقه قطری ۵۰ تا ۱۰۰ و بیش از ۱۰۰ سانتی‌متر در توده بهره‌برداری شده بیشتر از توده شاهد می‌باشد، اما به‌دلیل تعداد بالای درختان در هر هکتار از توده شاهد نسبت به توده بهره‌برداری شده، میزان ذخیره زی‌توده در هر هکتار از منطقه شاهد بیش از توده بهره‌برداری شده می‌باشد.

نتایج آزمون  $t$  در مورد مقایسه میانگین زی‌توده کل، تنه و شاخه در کل توده و کلاس‌های قطری مورد مطالعه (به‌جز زی‌توده شاخه در کلاس قطری کمتر از ۵۰ سانتی‌متر) در توده‌های بهره‌برداری شده و شاهد بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین زی‌توده در سطح اطمینان ۹۵ درصد در دو توده می‌باشد. تفاوت میزان ذخیره زی‌توده در دو منطقه و معنی‌دار بودن این اختلاف می‌تواند به‌دلیل عدم اجرای صحیح شیوه تک‌گزینی یا برداشت‌های غیرمجاز در منطقه باشد. نتایج این تحقیق با نتایج بررسی کربای (۹) در پاناما و فریدمن (۴) در جنگل‌های طبیعی راش اروپا مطابقت دارد. دلیل این امر برداشت درختان در مرحله میانی رشد (حذف یک مرحله رشد) در منطقه بهره‌برداری شده، بوده که پایه‌ها قبل از رسیدن به مرحله نهایی رشد برداشت شده است. در حالی که مدیریت

## منابع

1. Alvarez, E., A. Duque and J. Saldarriaga. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 267: 297-308.
2. Daryaei, A. and H. Sohrabi. 2015. Aboveground biomass estimation of small diameter trees of *carpinus betulus*, *Fagusorientalis* and *Parrotio persicaby* using power regression model. *J. of Wood & Forest Science and Technology*, 22: 137-150 (In persian).
3. Fatemi Talab, S.R., A. Mataji and S. Babai Kafaki. 2012. Determination of stand dynamic and its relationship with understory biodiversity in managed and unmanaged stands of Beech forests ( Case study: Safarud forest). *Iranian Journal of Forest*, 4: 277-288 (In persian).
4. Fridman, J. 2000. Conservation of forest in Sweden: a strategic ecological analysis. *Biol. Conserv*, 96: 95-103.
5. Honda, Y., H. Yamamoto and K. Kajiwara. 2000. Biomass Information in Central Asia. *Center for Environmental Remote Sensing*, 263: 1-33.
6. Istrefi, E., E. Toromani, N. Collaku and B. Thaci. 2019. Allometric biomass equations for young trees of four broadleaved species in Albani. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 49: 1-14.
7. Ju, W. and J. Chen. 2007. Future carbon balance of china's forest under climate change and incrasing CO<sub>2</sub>. *Journal of Environmental Management*, 86: 11-18.
8. Khademi, A., S. Babaie and A. Mataji. 2010. The role of coppice oac stand in carbon storage CO<sub>2</sub> uptak (Case study: Khalkhal, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18: 252-263 (In persian).
9. Kirby, R. 2007. Variation in carbon storage among tree species; implications for the management of a small- scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 93: 23-31.
10. Lelli, C., H. Henrik Bruun, A. Chiarucci and D. Donati. 2019. Biodiversity response to forest structure and -management: Comparing species richness, conservation relevant species and functional diversity as metrics in forest conservation. *Forest Ecology and Management*, 432: 707-717.
11. Loretta, G., M. Luciano, F. Anna Rita, B. Andrea and D. Valter. 2018. Carbon sequestration capability of *Fagus sylvatica* forests developing in the Majella National Park (Central Apennines, Italy). *Journal of Forestry Research*, 4: 1-9.
12. Lotfalian, M. 2012. *Logging*. 1st edn. AyiiZh Press, Thran, Iran, 488 pp.
13. Navar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 257: 427-434.
14. Peichl, M. 2006. Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140: 51-63.
15. Poorter, H., M. Jagodzinski, R. Ruiz-Peinado, V. Usoltsev and L. Sack. 2015. How does biomass distribution change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents. *New phytologist*, 208: 736-749.
16. Pour-Gholi, Z., F. Iran-Dost, S. Sefidi, Kh. Sagheb-Talebi and F. Keivan-Behjo. 2019. Investigating the structure of beech stands in the gap making phase (Case study: Asalem forests, Guilan). *Ecology of Iranian Forests*, 13: 29-35 (In persian).
17. Rousseau, L., L. Venier, I. Ubin and B. Berthiaume. 2019. Woody biomass removal in harvested boreal forest leads to a partial functional homogenization of soil mesofaunal communities relative to unharvested forest. *Oil Biology and Biochemistry*, 133: 129-136.
18. Safari, M, K. Sefidi, A. Alijanpoor and M. Reza Elahian. 2018. Study of natural regeneration in *Quercus macranthera* stands in different physiographic conditions in Arasbaran Forests. *Ecology of Iranian Forests*, 12: 1-8 (In persian).
19. Sawadogo, L., P. Savadogo, D. Tiveau, S. Dayamba and S. Guinko. 2010. Allometric prediction of above-ground biomass of eleven woody tree species in the Sudanian savanna-woodland of West Africa. *J. For. Res*, 21: 475-481.
20. Sohrabi, H. and H. Shirvani. 2012. Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. *mutica*) in Khojir National Park. *Iranian Journal of Forest*, 4: 55-64 (In persian).
21. Takafumi, H. and T. Hiura. 2009. Effects of disturbance history and environmental factor on diversity and productivity of understory vegetation in a cool-temperate forest in Japan, *Journal of Forest Ecology and Management*, 257: 843-857.
22. Vallet, P. 2009. Species substitution for carbon storage: Sessile oak versus Corsican pine in France as a case study. *Forest Ecology and Management*, 257: 1314-1323.
23. Vejprustkova, M., D. Zahradník, T. Cihák and V. Sramek. 2015. Models for predicting aboveground biomass of European beech(*Fagus sylvatica* L). in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 61: 45-54.
24. Zobeiri, M. 2003. *Forest Biometry*. 1st edn, Tehran University Press, Thran, Iran, 389 pp.

## Allometric Equations of Beech (*Fagus orientalis* L.) Biomass in Managed and Unmanaged Stands in Safarood's Forest, Mazandaran Province

**Amin Khademi<sup>1</sup>, Morteza Madanipour-Kermanshahi<sup>2</sup> and Behrouz Kord<sup>3</sup>**

1- Assistant Professor, Department of Green Space Engineering, Islamic Azad University, Malayer Branch, Iran  
(Corresponding author: aminkhademi28@yahoo.com)

2- Assistant Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, Parand Branch, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Green Space Engineering, Islamic Azad University, Malayer Branch, Iran.

Received: August 17, 2019

Accepted: November 20, 2019

### Abstract

Biomass measurement is important in terms of ecological and economical evaluation of the structure and conditions of habitat and can provide an estimate for carbon sequestration in different organs of tree. In order to assess the amount of biomass in harvested and unmanaged Beech stands, two compartments (511 and 514) of Safarood's forest were selected. A plot of 6.25 hectare from each compartment were determined and diameter at breast, height, diameter and height of crown were measured under full inventory. The amount of biomass for tagged trees based on Direct biomass measurement and total stands were utilized using allometric equation. In the harvested compartment, 15 trees from all tagged trees were selected, limbing and Volumes were determined. Three discs from each trunk were selected and cut. Concerning the branches, one stere from each tree was specified. In order to determine the dry weight (biomass), discs and branches were kept in a kiln for 48 hours at temperature of 80°C and then weighed. The results of the study revealed that the amount of biomass storage in unmanaged and harvested stand was estimated as 222.18 and 311.58 tons per hectare, respectively. The results of t-test indicated significant difference ( $\alpha=5$ ) between the mean of trunk and branches of biomass storage in total stand and diameter classes of these two compartments. Effect of management intervention on harvesting stand, specifically harvesting of Thick tree, has resulted in decreasing the average diameter and height of the stands and volume and biomass in the managed area.

**Keywords:** Beech species, Biomass, Harvested stand, Unmanaged stand, Ramsar