

## به کارگیری فتوگرامتری زمینی در برآورد زی توده درختان تک پایه بلوط ایرانی

زهرا عزیزی<sup>۱\*</sup>

[zazizi@srbiau.ac.ir](mailto:zazizi@srbiau.ac.ir)

اصغر حسینی<sup>۲</sup>

یعقوب ایرانمنش<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** برآورد دقیق زی توده جنگلی با هدف بررسی توان جنگل‌ها در ترسیب کربن اتمسفری از مسایل بسیار مهم در مدیریت جنگل‌هاست. پژوهش حاضر به منظور برآورد زی توده درختان تک پایه بلوط ایرانی با استفاده از روش غیرمخرب فتوگرامتری زمینی صورت گرفت.

**روش بررسی:** در این تحقیق که در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد، ابتدا ۳۲ درخت تک پایه بلوط ایرانی در طبقه‌های قطری مختلف انتخاب و از هر درخت دو عکس در جهت عمود بر هم گرفته شد. سپس برای هر عکس مقیاس محاسبه گردید و حجم اجزای مختلف درخت اعم از تنه، شاخه‌های اصلی، شاخه‌های فرعی و شاخ و برگ (تاج) تعیین گردید. با نمونه‌برداری از اجزاء مختلف درخت، چگالی هر جزء محاسبه و زی توده برای اجزای مختلف اندازه‌گیری شد. سپس زی توده برآورد شده از روش فتوگرامتری زمینی با زی توده به‌دست آمده از روش قطع و توزین مقایسه گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین زی توده برآورد شده از روش فتوگرامتری زمینی با شیوه قطع که دقیق‌ترین روش برآورد زی توده است وجود ندارد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** این تحقیق دقت و کارایی روش فتوگرامتری زمینی را در برآورد زی توده روی زمینی در فرم رویشی تک پایه بلوط ایرانی نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** بلوط ایرانی، فتوگرامتری برد کوتاه، زی توده.

۱- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران\* (مسئول مکاتبات)

۲- کارشناس اداره کل منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد

# **Estimating Biomass of Single Oak Trees Using Terrestrial Photogrammetry**

**Zahra Azizi**<sup>1\*</sup>

[zazizi@srbiau.ac.ir](mailto:zazizi@srbiau.ac.ir)

**Asghar Hosseini**<sup>2</sup>

**Yaghoob Iranmanesh**<sup>3</sup>

Admission Date: May 1, 2016

Date Received: November 25, 2015

## **Abstract**

**Background and Objective:** Accurate estimation of forest biomass for assessment of the potential of forests to sequester atmospheric carbon is an important aspect in forest management. The present study aimed to estimate the biomass of single-stem *Quercus brantii* trees by using terrestrial photogrammetry as a nondestructive method.

**Method:** The study was conducted in Chaharmahal and Bakhtiari province. First, 32 individual trees from different diameter classes were selected and two photos were taken for each tree in perpendicular directions. Then, the scale of each photo was calculated and the volume of different components of trees was determined (trunk, main branches, branches and foliage (Crown)). Density of each component was measured using data collected from field and laboratory analysis; and biomass of each component was measured. Estimated biomass from terrestrial photogrammetry method was compared with the actual biomass obtained from the field method.

**Findings:** Results showed that there is no significant difference between the terrestrial photogrammetry method and the field method, which is accurate method in order to evaluate biomass.

**Discussion and Conclusions:** This study showed that terrestrial photogrammetry for estimation of above ground biomass for single-stem *Quercus brantii* trees is an accurate and efficient method.

**Keywords:** Iranian Oak, Terrestrial Photogrammetry, Biomass.

---

1- Assistant Professor, Department of GIS-RS, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran\*(Corresponding Author).

2- Expert of General Bureau of Natural Resource Chaharmahal and Bakhtiari, Shahrekord, Iran.

3- Assistant Professor, Research Division of National Resources, Chaharmahal and Bakhtiari Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran.

## مقدمه

معرض تهدید نمی‌باشد (۷). بنابراین، بررسی شیوه‌های غیرمخرب که ضمن دربرگرفتن هزینه و وقت کم‌تر، از اعتبار و دقت بالایی برخوردار باشند، ضروری است. این موضوع به‌ویژه در جنگل‌های زاگرس دارای اهمیت بیش‌تری است. این جنگل‌ها از جمله اکوسیستم‌های طبیعی کشور بوده که ارزش اقتصادی آن‌ها از جنبه ترسیب کربن بسیار حیاتی‌تر بوده و توجه به این مساله می‌تواند ارزش‌گذاری محیط‌زیستی این اکوسیستم‌های جنگلی را آشکارتر سازد (۸). از جمله روش‌های غیرمخرب در برآورد مشخصه‌های جنگل و درخت به‌کارگیری فنون دورسنجی است (۹). با این حال، هزینه برداشت عکس و تصویر با استفاده از سکوه‌های هوایی و فضایی بسیار زیاد و اغلب کیفیت داده‌ها برای تشخیص اجزای درخت به‌صورت تنه، شاخه و تاج ناکافی است. تکنولوژی لیدار و اسکنرهای لیزری اطلاعات مناسبی برای برآورد زی توده فراهم می‌کنند، اما این نوع داده‌ها نیز علاوه بر هزینه زیاد تهیه آن‌ها، نیازمند تکنولوژی و امکانات خاصی هستند و دستیابی به چنین داده‌هایی برای کل جنگل‌های زاگرس به آسانی امکان‌پذیر نیست.

تغییرات اقلیمی و پدیده گرمایش جهانی طی سال‌های اخیر، شرایط بحرانی را در سراسر جهان ایجاد کرده است تا جایی که سازمان ملل متحد برآن شد درخصوص این بحران، مدیریت و برنامه‌ریزی نوینی را به اجرا درآورد (۱). از آن‌جا که، ترسیب کربن ناشی از رویش گونه‌های جنگلی، به‌عنوان یک روش مقرون به‌صرفه در کاهش غلظت گازهای گل‌خانه‌ای است (۲)، ارزیابی کمی ذخیره کربن جنگل‌ها از مهم‌ترین برنامه‌هایی است که بر آن تاکید شده است (۳). لذا، امروزه برآورد دقیق زی توده جنگلی با هدف بررسی توان جنگل‌ها در کاهش گرمایش جهانی از موضوعات بسیار مهم در مدیریت جنگل‌هاست (۴). دقیق‌ترین روش برآورد زی توده و وضعیت ذخیره کربن، قطع و برداشت درختان است، اما قطع و توزین تعداد کافی درخت که بیان‌گر وضعیت یک گونه در رویش‌گاه باشد، بسیار پیچیده، وقت‌گیر، مخرب، خسته‌کننده و هزینه‌بر است (۵). به‌همین دلیل، بیش‌تر مطالعات به مناطق کوچک و تعداد نمونه‌های کم محدود می‌شوند (۶). از طرفی، روش‌های محدود به قطع درخت مناسب جنگل‌های با اکوسیستم شکننده و دارای گونه‌های در



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در تقسیمات کشوری

Figure 1. The position of the study area in IRAN

زمینی انجام شده است، نتایج قابل قبولی در برآورد مشخصه‌های دوبعدی (ارتفاع درخت، قطر تنه و تاج) و سه‌بعدی (حجم سرپا، مقدار زی توده، حجم تاج) نشان داده است (۱۰).

در میان روش‌های مختلف اخذ داده، فتوگرامتری روشی مناسب و کم‌هزینه در برآورد زی توده روی زمینی درختان است، هم‌چنین، در اندک مطالعاتی که با استفاده از عکس‌برداری

عرض شمالی واقع شده است. اقلیم منطقه به روش گوسن، مدیترانه‌ای گرم و خشک و تیپ غالب جنگل‌های این منطقه بلوط ایرانی است (۲۱).

- شیوه اجرای پژوهش

نمونه‌برداری در دو بخش انجام گرفت. در بخش اول انتخاب درختان قطع شده و نمونه‌برداری از اجزای این درختان صورت گرفت و در بخش دوم انتخاب درختان سرپا و عکس‌برداری از آن‌ها انجام شد.

**بخش اول - عکس برداری از درختان سرپا:** در این مرحله با استفاده از دوربین دیجیتال Sony DSC-55 (قدرت تفکیک ۱۴/۱ مگاپیکسل) دو عکس از هر درخت در دو جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی اخذ شد. در هر یک از عکس‌ها کادربندی به شکلی بود که همه اجزای روی‌زمینی درخت اعم از تنه، شاخه‌های اصلی و فرعی و تاج (شاخ و برگ) درخت در عکس مشخص باشد. در زمان عکس‌برداری فاصله افقی محل استقرار دوربین و خط فرضی که از مرکز درخت به صورت شاقولی عبور می‌کند اندازه‌گیری گردید. همچنین یک شاخص مدرج با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در زمان برداشت تمامی عکس‌ها در کنار تنه درختان قرار داده شد.

**محاسبه مقیاس:** در این مطالعه مقیاس نسبت ساده بین اندازه درخت در عکس و اندازه واقعی درخت نیست. مقیاس به اندازه شبکه مورد استفاده برای ثبت تصویر و قدرت تفکیک مکانی عکس بستگی داشته و با استفاده از رابطه ۱ برای هر عکس محاسبه شد:

$$S = \left[ \frac{D}{R} \times y \right] \times c \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه S مقیاس، D فاصله واقعی از درخت بر حسب متر، R قدرت تفکیک مکانی عکس بر حسب dpi، y فاصله بر روی عکس بر حسب میلی‌متر و c اندازه شبکه سلولی (پیکسل) عکس بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

**محاسبه حجم اجزای درخت شامل تنه، شاخه‌های اصلی، شاخه‌های فرعی و شاخ و برگ (تاج)**

فتوگرامتری از لحاظ ایستگاه گیرنده عکس، شامل فتوگرامتری زمینی (برد کوتاه)، فتوگرامتری هوایی و فتوگرامتری فضایی می‌باشد. فتوگرامتری زمینی از گذشته، به عنوان یکی از روش‌های برداشت اطلاعات پدیده‌های سطح زمین در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱ و ۱۲). ظهور فتوگرامتری رقومی امکان استفاده از این روش را به لحاظ برداشت اطلاعات و تحلیل‌های نرم افزاری نیز توسعه داده است (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶). از مزیت‌های فتوگرامتری رقومی می‌توان به مناسب بودن برای مناطق وسیع، نیاز به حضور کم‌تر در منطقه، هزینه پایین‌تر، سرعت بالاتر، امکان اتوماسیون، زمان کم‌تر، امکان کنترل بیش‌تر بر پردازش‌ها و ثبت عوارض به صورت طبیعی اشاره کرد (۱۷). مزیت اصلی فتوگرامتری در طول بررسی زمینی، پتانسیل بالقوه آن برای به‌دست آوردن قدرت تفکیک بالا و اطلاعات مستمر از عکس‌هایی است که ارائه‌دهنده یک رکورد دائمی از شکل پدیده‌ها است (۱۸). از جمله مطالعاتی که با فنون فتوگرامتری برای اندازه‌گیری و برآورد زی‌توده انجام شده است می‌توان به مطالعه Montes و همکاران (۷) اشاره نمود که زی‌توده رویه‌زمینی را در یک جنگل سوزنی‌برگ در معرض تهدید با کمک فتوگرامتری زمینی و آنالیزهای غیرمخرب محاسبه نمود. Okuda و همکاران (۱۹) نیز زی‌توده رویه‌زمینی را در بخشی از جنگل‌های بارانی با استفاده از تجزیه و تحلیل فتوگرامتری سه‌بعدی برآورد نمودند. در برخی مطالعات اخیر از اسکنرهای لیزری زمینی برای برآورد زی‌توده درختان جنگلی استفاده شده است (۲۰). هدف تحقیق حاضر، به‌کارگیری فتوگرامتری زمینی (برد کوتاه) به‌عنوان یک روش غیرمخرب در برآورد زی‌توده فرم رویشی تک‌پایه بلوط ایرانی و ارائه راه‌کار عملی مناسب برای تخمین دقیق مقدار زی‌توده این گونه است.

## مواد و روش‌ها

- معرفی منطقه

منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) بخشی از جنگل‌های شهرستان لردگان (جنگل‌های بارز) در استان چهارمحال و بختیاری است که در محدوده جغرافیایی ۳۸°، ۵۰' طول شرقی و ۳۱°، ۲۸' عرض

این بخش به پیکسل‌های حاشیه‌ای که قطعیتی در پوشش کامل آن‌ها وجود نداشت ارزش نیم پیکسل داده شد.

**حجم شاخ و برگ تاج:** از آن‌جا که سطح مقطع تاج اغلب درختان منطقه بیضوی بود، لذا دو قطر کوچک و بزرگ ( $L$  و  $W$ ) بر روی جفت عکس‌های مربوط به هر درخت اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه (۴) مقدار  $Db^2$  برای تاج تعیین شد و سپس حجم تاج با رابطه (۵) محاسبه گردید.

$$Db^2 = (L + W/2)^2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه حجم تاج با اندازه‌گیری ارتفاع تاج بر روی عکس از رابطه (۵) محاسبه شد (۲۲).

$$V_c(m^3) = \frac{\pi \cdot Db^2}{12} \quad \text{رابطه (۵)}$$

**بخش دوم - نمونه‌برداری از درختان قطع شده:** در این مرحله پس از قطع درخت، از اجزای تنه و شاخه اصلی (حداقل قطر شاخه ۵ سانتی‌متر) هر درخت تعداد سه قطعه چوبی مکعبی با ابعاد ۲ سانتی‌متر (مجموعاً ۴۸ نمونه برای هر جزء) تهیه گردید. در ادامه این قطعات در دمای ۸۰ درجه‌سانتی‌گراد و به مدت ۹۶ ساعت خشک شدند و سپس با کمک رابطه (۶) چگالی تنه و شاخه‌های اصلی درخت محاسبه شد.

$$b_d = \frac{M}{V} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این رابطه  $b_d$  چگالی،  $M$  جرم (وزن خشک) و  $V$  حجم قطعات چوبی می‌باشد.

برای محاسبه چگالی سرشاخه‌ها، نمونه‌های تصادفی (یک نمونه در هر درخت) از سرشاخه‌ها (حداکثر قطر شاخه‌ها ۵ سانتی‌متر) گرفته شد. چگالی هر نمونه پس از اندازه‌گیری وزن خشک محاسبه گردید (با خشک کردن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۶ ساعت).

برای محاسبه چگالی تاج نیز از شاخ و برگ هر یک از درختان قطع شده به صورت تصادفی از چهار طرف تاج نمونه‌برداری انجام گرفت و پس از خشک کردن در دمای ۷۶ درجه به مدت

ابتدا هر یک از عکس‌ها وارد نرم افزار Adobe Photoshop شد و اندازه پیکسل‌های عکس محاسبه گردید. سپس به هر یک از پیکسل‌هایی که مربوط به اجزای درخت بودند یک کد برحسب اجزای درخت داده شد.

**B:** پیکسل‌های مربوط به تنه (محور اصلی درخت)

**H:** پیکسل‌های مربوط به شاخه‌های اصلی، شاخه‌های با قطر بزرگ‌تر از ۵ سانتی‌متر

**F:** پیکسل‌های مربوط به شاخه‌های فرعی، شاخه‌های با قطر کوچک‌تر از ۵ سانتی‌متر

**C:** پیکسل‌های مربوط به شاخ و برگ درخت (تاج)

در ادامه تعداد پیکسل مربوط به هر جزء برای هر عکس محاسبه شد.

### حجم پیکسل‌های تنه (B)

این پیکسل‌ها مربوط به تنه در حالت ایستاده می‌باشند. برای هر ردیف از پیکسل‌های تنه شمارش پیکسل در ردیف انجام شد (قطر درخت در هر ردیف بر حسب تعداد پیکسل،  $d$ ). سپس با در نظر گرفتن یک سطح مقطع دایره‌ای به اندازه ارتفاع استوانه ( $h$ ، یک پیکسل) حجم هر ردیف محاسبه شد (رابطه ۲):

$$v = . / 25\pi \times d^2 \times h \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه همواره  $h=1$  است زیرا ارتفاع استوانه برای هر ردیف از پیکسل‌ها به اندازه یک پیکسل است.

حجم کل تنه از رابطه ۳ محاسبه شد در این رابطه  $n$  تعداد مقاطع دایره‌ای و  $V_i$  حجم هر ردیف است.

$$v_{total} = \sum_1^n v_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

### حجم پیکسل‌های شاخه اصلی (H)

این پیکسل‌ها مربوط به اجزای چوبی (شاخه اصلی) است که به صورت زاویه دار با تنه اصلی از تنه جدا شده‌اند. روش محاسبه حجم شاخه‌های اصلی مانند تنه اصلی است.

### حجم پیکسل‌های شاخه فرعی (F)

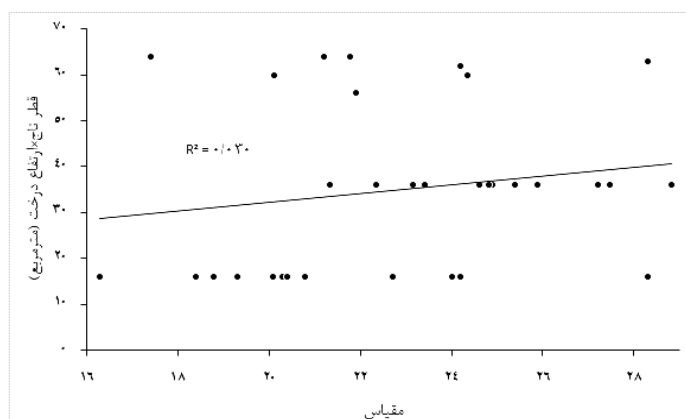
کلیه پیکسل‌های در برگ‌زنده شاخه‌های فرعی شمارش شد و با توجه به قطر کم شاخه‌های فرعی، حجم هر پیکسل به صورت یک مکعب با ابعاد مشخص (اندازه پیکسل) محاسبه گردید. در

در بخش اول با استفاده از نتایج تحقیق Iranmanesh و همکاران (۲۳) که با روش قطع درخت و اندازه‌گیری دقیق اجزای درخت انجام شده بود زی‌توده هر درخت محاسبه شد. در بخش دوم، مقادیر زی‌توده با استفاده از رابطه  $B = V \times d$  به دست آمد، B زی‌توده، V حجم برآورد شده پیکسل‌ها برای هر یک از اجزا درخت و d چگالی هر جزء می‌باشد.

۷۲ ساعت و با استفاده از رابطه (۶) چگالی شاخ و برگ (تاج) محاسبه شد. اندازه‌گیری حجم شاخه‌های فرعی و شاخ و برگ تاج با روش غوطه‌ورسازی در آزمایش‌گاه انجام گردید.

#### محاسبه زی‌توده درخت

محاسبه زی‌توده در دو بخش برای درختان قطع شده و برای درختان سرپا (با روش فتوگرامتری) انجام گرفت. در هر دو بخش زی‌توده برای هر جز درخت شامل تنه، شاخه‌های اصلی، شاخه‌های فرعی و تاج (شاخ و برگ) درخت محاسبه شد.



شکل ۲- رابطه ابعاد درخت با مقیاس عکس

Figure 2. Relation of tree dimension and image scale

#### نتایج

چگالی چوب مربوط به تنه و شاخه‌های اصلی درختان (۷۶۴/۵۸ کیلوگرم در مترمکعب) بود. چگالی چوبی شاخه‌های فرعی و تاج بسیار کم‌تر بود. از جمله عوامل کاهش چگالی، فضای خالی زیاد بین قطعات تاج و شاخه‌های فرعی نسبت به تنه و شاخه‌های اصلی شناخته شد. درصد انحراف معیار شاخه‌های فرعی و تاج گویای ناهمگنی این بافت‌ها در درختان است.

براساس نتایج، مقیاس‌های به‌دست آمده از عکس‌ها برای درختان مورد مطالعه در دامنه‌ای از ۱:۱۶/۵۰ تا ۱:۲۸/۸۲ قرار داشت. (شکل ۲). با بزرگ شدن ابعاد کلی درخت (قطر تاج × ارتفاع درخت)، با هدف کادربندی کامل در عکس‌برداری، در زمان تهیه عکس، فاصله (D) از درخت بیش‌تر در نظر گرفته شد. با این حال، به دلیل اختلاف ارتفاع کم درختان و شکل نامتعارف اغلب درختان، ابعاد درخت رابطه ضعیفی با عدد مقیاس برقرار کرد.

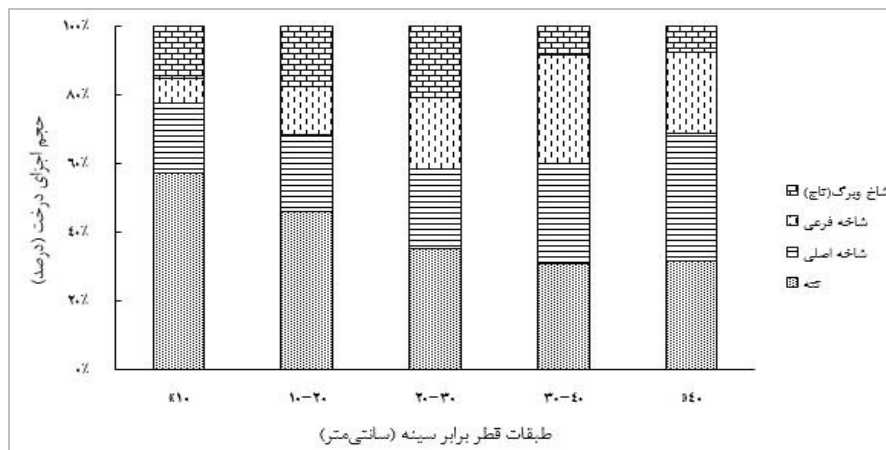
نتایج اندازه‌گیری چگالی چوب در اجزای درخت (تنه، شاخه اصلی، شاخه فرعی و تاج) در جدول (۱) آمده است. بیش‌ترین

جدول ۱- زی توده اجزای درخت در واحد حجم (کیلوگرم در مترمکعب)

Table 1. Components of tree biomass per unit volume (kg per cubic meter)

اجزای درخت	چگالی	درصد انحراف معیار
تنه و شاخه	۷۶۴/۵۸±۵۵/۲۶	۷/۲۳
شاخه فرعی	۳/۴۱±۱۲/۳۸	۲۷/۵۴
تاج	۴/۱۶±۱۸/۰۲	۲۳/۰۸

برآورد حجم اجزای مختلف تنه با استفاده از تبدیل پیکسل‌های هر جزء به حجم با واحد مترمکعب نشان داد بر حسب طبقات قطری اجزای درخت نسبت‌های متفاوتی از حجم درخت را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۳).

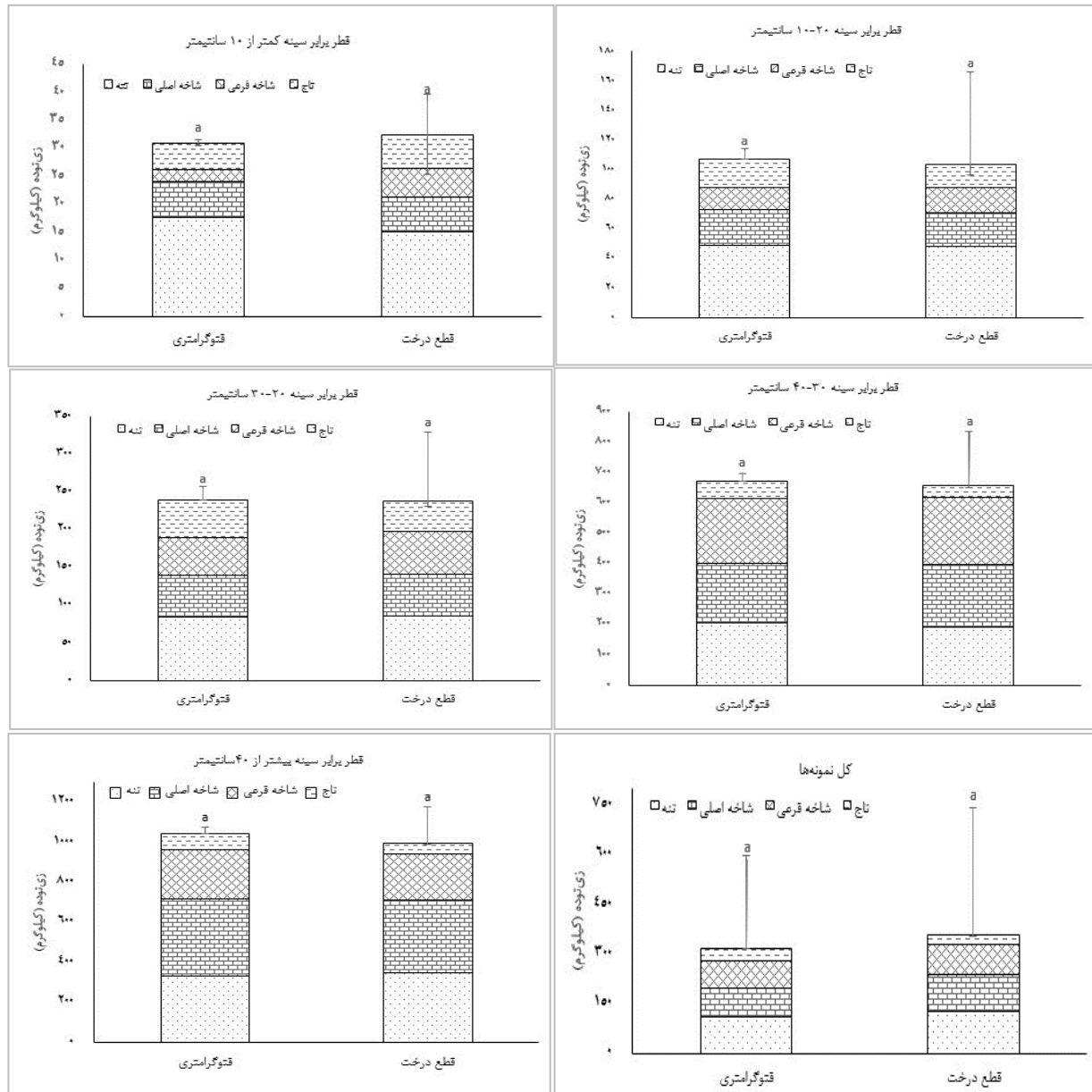


شکل ۳- درصد زی توده اختصاص یافته به اجزای درخت در طبقات قطری مختلف

Figure 3. Percent of each component tree biomass in different diameter classes

معنی‌داری میان دو روش اندازه‌گیری مقدار زی توده در هیچ یک از طبقات قطری و برای کل درختان مورد مطالعه وجود نداشت.

پس از محاسبه حجم اجزای درختان بر حسب طبقات قطری، نتایج به دست آمده با روش قطع درخت و فتوگرامتری زمینی با هم مقایسه شد (شکل ۴). براساس حاصل، آمده اختلاف



شکل ۴- مقایسه مقدار زی توده در اندام‌های روی زمینی درختان بلوط تک پایه در طبقات قطری مختلف با روش قطع درخت

#### و فتوگرامتری زمینی

Figure 4. Comparing of field method and terrestrial photogrammetry for estimation of above ground biomass for single-stem *Quercus brantii* trees in different diameter classes

شاخه‌های فرعی درختان طبقه قطری کمتر از ۱۰ سانتی‌متر است.

مقایسه مقدار میانگین هر یک از اجزای درختان در طبقات قطری مختلف در جدول (۲) آمده است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد بیش‌ترین اختلاف مربوط به اندازه‌گیری مقدار زی توده



جدول ۲- مقدار میانگین هر یک از اجزای درختان در طبقات قطری مختلف بر اساس روش اندازه‌گیری

Table 2. The mean value of each part of trees in different diameter classes based on the measurement methods

میانگین زی توده (اختلاف دو روش به درصد) / کیلوگرم					روش	طبقه قطری (سانتی‌متر)
کل	شاخ و برگ تاج	شاخه‌های فرعی	شاخه‌های اصلی	تنه	اندازه‌گیری	
۳۲/۵	۶/۱	۵/۱	۶/۱	۱۵/۲	قطع درخت	>۱۰
۳۱/۱ (-۴/۳۷)	۴/۷ (-۲۲/۶۲)	۲/۳ (-۵۴/۷۱)	۶/۳ (۳/۲۸)	۱۷/۸ (۱۶/۸۴)	فتوگرامتری	
۱۰۴/۹	۱۷/۲	۱۶/۹	۲۲/۸	۴۸/۰	قطع درخت	۱۰-۲۰
۱۰۶/۹ (۱/۸۹)	۱۹/۰ (۱۰/۵۲)	۱۵/۱ (-۱۱/۰۶)	۲۳/۹ (۵/۰۰)	۴۸/۹ (۱/۸۷)	فتوگرامتری	
۲۴۳/۶	۴۵/۹	۵۶/۸	۵۶/۰	۸۴/۹	قطع درخت	۲۰-۳۰
۲۳۹/۲ (-۱/۸۰)	۴۹/۶ (۷/۹۷)	۵۰/۰ (-۱۱/۹۲)	۵۵/۸ (-۰/۲۷)	۸۳/۸ (-۱/۳۴)	فتوگرامتری	
۶۷۳/۷	۵۴/۳	۲۱۹/۸	۲۰۸/۳	۱۹۱/۳	قطع درخت	۳۰-۴۰
۶۷۳/۳ (-۰/۰۶)	۵۶/۰ (۳/۰۶)	۲۱۵/۳ (-۲/۰۵)	۱۹۵/۶ (-۶/۱۱)	۲۰۶/۵ (۷/۹۴)	فتوگرامتری	
۱۰۲۷/۷	۸۹/۵	۲۲۶/۷	۳۶۶/۹	۳۴۴/۶	قطع درخت	>۴۰
۱۰۴۲/۸ (۱/۴۷)	۸۱/۷ (-۸/۷۴)	۲۴۴/۹ (۸/۰۵)	۳۸۷/۸ (۵/۷۰)	۳۲۸/۴ (-۴/۷۱)	فتوگرامتری	

## بحث

معنی‌داری با دقیق‌ترین شیوه تخمین زی توده وجود ندارد که در آن درخت را قطع و به تفکیک اندام‌ها تقسیم، خشک و توزین می‌نمایند. برای بررسی صحت روش فتوگرامتری زمینی از درصد اریبی استفاده شد. نتایج مقایسه درصد اریبی در قسمت‌های مختلف درختان و کل درخت نشان می‌دهد که این روش برای برآورد زی توده کل درختان تک پایه بلوط ایرانی روش نارایی است، اما در برآورد زی توده شاخه‌های فرعی و شاخ و برگ درختان طبقه قطری کم‌تر از ده سانتی‌متر (درختان کوچک) اریبی منفی قابل توجهی دارد. هم‌چنین در این طبقه قطری در برآورد زی توده تنه و شاخه‌های اصلی اریبی مثبت دارد. در طبقات قطری کم‌تر از ده سانتی‌متر تشخیص و تفکیک تنه از دیگر اجزای درخت بر روی عکس واضح است، اما تفکیک شاخه اصلی، شاخه فرعی و شاخ و برگ از یک‌دیگر از قطعیت کم‌تری برخوردار می‌باشد.

لذا اریبی زی توده برآورد شده در این طبقات بیش‌تر از طبقات قطری بزرگ‌تر است. در کل، نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر، با نتایج حاصل از تحقیق Peper و همکاران (۲۷)،

اندازه‌گیری و برآورد زی توده رستنی‌ها از جمله درختان، یکی از نیازهای اساسی در مدیریت و برنامه‌ریزی جنگل و بررسی جریان انرژی در اکوسیستم است که امروزه مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است (۲۴). مقدار زی توده علاوه بر این‌که بیان‌گر توان تولید در اکوسیستم‌های جنگلی در واحد سطح یا زمان است، بر چرخه‌های بیوژئوشیمیایی جنگل نیز تأثیرگذار است (۲۵). از جمله مسائلی که با اندازه‌گیری زی توده ارتباط مستقیم دارند بحران گرمایش جهانی و تعیین مقدار کربن ذخیره شده در زی توده درختان جنگلی در کل جهان، جنگل‌کاری با هدف تولید انرژی زیستی، تولید محصولات چوبی، تجارت چوب و کاغذ و ... است. از این‌رو اندازه‌گیری مقدار تولید زی توده درختی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (۲۶). در این تحقیق با استفاده از فتوگرامتری زمینی (برد کوتاه) زی توده گونه بلوط ایرانی (فرم تک‌پایه) در اندام‌های مختلف درخت برآورد شد و با روش قطع درخت مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده با روش فتوگرامتری زمینی به‌خوبی نشان می‌دهد که اختلاف آماری

در مورد زیتوده شاخه‌ها، مجموع شاخه‌های اصلی و فرعی بیش‌ترین مقدار زیتوده را در درختان با قطر بیش از ۲۰ سانتی‌متر به خود اختصاص داده‌اند. دلیل این مساله به ساختار و فرم رویشی بلوط ایرانی مربوط می‌شود. در طبقات قطری بالا گسترش تاج به نسبت اندازه کلی درخت بیش‌تر از طبقات قطری کم‌تر است (شکل ۲). با توجه به ساختار این گونه که به‌خاطر شرایط رویش‌گاهی و محیطی شاخه‌های آن از ارتفاع پایین تنه شروع می‌شوند، قسمت زیادی از زی‌توده درخت را شاخه‌های اصلی و فرعی منشعب از تنه تشکیل می‌دهند. شایان ذکر است که گیاهان معمولاً ساختار زی‌توده خود را در پاسخ به تغییرات محیطی تنظیم می‌کنند (۳۱) تا پایداری درخت تامین گردد.

در مقایسه حجم اجزای درختان که با فنون فتوگرامتری محاسبه گردید، مشاهده شد که حجم تنه نسبت به حجم کل اجزای درخت با افزایش قطر درخت کاهش می‌یابد و نیز سهم شاخه‌ها نسبت به کل افزایش می‌یابد. هرچند تغییرات سهم حجم شاخه‌های فرعی و شاخ و برگ در طبقات قطری روند مشخصی ندارند. البته، این موضوع با تئوری پایداری درخت قابل توجیه است. West (۲۹) در تفسیر تئوری پایداری بیان می‌دارد که نیازهای هندسی در یک درخت به شکلی است که تنه یک درخت باید به اندازه کافی بزرگ و محکم باشد تا بتواند ضمن این‌که قسمت‌های مختلف درخت را بر روی خود نگه می‌دارد، شرایط سخت ناشی از فشارهای محیطی را تحمل کند. به‌عبارت دیگر مجموعه درخت، خود را تنها با مقدار برگ‌ها تنظیم نمی‌کند، بلکه همه بخش‌های درخت در این تنظیم هندسی سهیم هستند.

در مجموع می‌توان اذعان داشت به‌کارگیری فتوگرامتری زمینی به عنوان یک روش غیر مخرب در برآورده زی‌توده رویه‌زمینی در این تحقیق نتایج مطلوبی ارائه داده است. Montes و همکاران (۷) نیز که با استفاده از فتوگرامتری زمینی زی‌توده بالای سطح زمین را با متوسط درصد خطای ۲/۵ تا ۷/۵ به ازای هر درخت برای درختان ارس محاسبه نمودند، این روش را یک روش قابل اعتماد در برآورد زی‌توده روی زمینی معرفی کردند.

مطابقت دارد. اگرچه Good (۲۸) وجود آریبی مثبت در برآورد زی‌توده برگ و سرشاخه‌ها و آریبی منفی در زی‌توده بخش چوبی را در تحقیق خود گزارش کرده است. همچنین Aguilar و همکاران (۲۹) در تحقیقات خود در مورد دو گونه بلوط (*Quercus castanea* و *Quercus laeta*) به این نتیجه رسیدند که معادلات برآورد زیتوده در قسمت‌های غیر چوبی مثل سرشاخه و برگ از خطای بیش‌تری برخوردار است. بررسی مقدماتی روش نمونه‌برداری شاخسار تصادفی در برآورد زی‌توده رویه‌زمینی درختان دست‌کاشت منطقه فولاد مبارکه به این نتیجه رسیدند که آریبی نسبی برآورد زی‌توده بین ۳/۳ تا ۷/۶ درصد بوده و بنابراین، این روش برای برآورد زی‌توده درخت، روش نارایی است. چنان‌چه در نتایج مشاهده می‌شود (شکل ۳- نمودار کل نمونه‌ها) در هر دو روش مقدار RMSE زیاد است. دلیل این مساله را می‌توان مربوط به دخالت‌های انسانی، سرشاخه‌زنی و تخریب‌های شدید موجود در این جنگل‌ها دانست، به‌بیان دیگر درختان بلوط منطقه مورد مطالعه، فرم اولیه یک درخت بلوط را ندارند همین مساله واریانس بالا بین مشاهدات را ایجاد کرده است.

بررسی نتایج مربوط به برآورد زی‌توده اجزای درخت نشان داد که مقدار نسبی زی‌توده تاج (شاخ و برگ) با افزایش سن درخت (طبقه قطری) کاهش می‌یابد. Wang و همکاران (۳۱) در بررسی ساختار زی‌توده در گونه *Abies nephrolepis* و Peichl و Arain (۳۲) نیز در مورد گونه *Pinus strobus* به نتیجه مشابهی دست یافتند. به عبارت دیگر با افزایش سن درختان، میزان نسبی زی‌توده تنه افزایش یافته اما میزان نسبی شاخه و برگ کاهش یافته است. در طی رویش درخت، سن، اندازه، شکل و در نتیجه اجزاء زی‌توده درخت تغییر پیدا می‌کند. ساختار تاج (زی‌توده و سطح تاج) و بخش‌های مختلف آن (شاخه‌ها، سرشاخه و برگ) عوامل اصلی در اکولوژی جنگل هستند. رابطه بین شاخ و برگ و افزایش زی‌توده تنه به‌شدت با بهره‌وری و حاصل‌خیزی مرتبط بوده و به نام کارایی رشد نامیده می‌شود و می‌تواند به عنوان رویش زی‌توده تنه در واحد زی‌توده شاخ و برگ بیان شود (۳۳).

- ground biomass in the Amazon. *Global Change Biol.*, 13: 816-837.
9. Zimble, D.A., D.L. Evans, G.C. Carlson, R.C. Parker, S.C. Grado and P.D. Gerard, 2003. Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne LiDAR, *Remote Sensing of Environment Journal*, 87(2003): 171-182.
10. Sohrabi, H., Zobeiri, M., Hosseini, S.M., 2009. Preparation of Aerial Volume Table using Visual Interpretation of Digital Aerial Images, *Journal of Forest and Wood Products (JFWP)*, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 62(3): 261-274.
11. Collin, R. L, and N.W.T. Chisholm, 1991. The photogrammetric record, *Geomorphological Photogrammetry Journal*, 13(78):845-854.
12. Welch, R. and T. Jordan, 1983. Analytical non-metric close-range photogrammetry for monitoring stream channel erosion, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Journal*, 49(3): 367-374.
13. Fryer, J.G., J.H. Chandler, and M.A.R. Cooper, 1994. On the accuracy of heighting from maps and aerial photographs: Implications for process modellers, *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol.19: 577-583.
14. Lane, S., K.S. Richards, and J.H. Chandler, 1993. Developments in photogrammetry; the geomorphological potential, *Progress in Physical Geography Journal*, 17(3): 306-328.
15. Brunsden, D. and J.H. Chandler, 1996. The continuing evolution of the Black Ven mudslide, 1946-95, *Advances in Hillslope Processes*, Wiley, Chichester, pp. 869-898.
- منابع
1. UNDP (United Nations Development Program), 1998. Human Development Report 1998. Oxford University Press, Oxford and New York.
  2. Zhang, X. Q. and Xu, D., 2003. Potential carbon sequestration in China's forests. *Environmental Science & Policy* 6: 421-432.
  3. UNFCCC, 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Article 12.
  4. IPCC, 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry., Hayama, Japan: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, 295 pp.
  5. Kaonga, M.L., T.P. Bayliss-Smith, 2010. Allometric models for estimation of aboveground carbon stocks in improved fallows in eastern Zambia, *Agroforestry Systems Journal*, 78(3): 217-232.
  6. Ketterings, Q.M., R. Coe, M.V. Noordwijk, Y. Ambagau, and C.A.Palm, 2000. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equation for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests, *Forest Ecology and Management Journal*, 146(2001): 199-209.
  7. Montes, N., T. Gauquelin, W. Badri, V. Bertaudiere, and El.H.Zaoui, 2000. A non-destructive method for estimating above-ground forest biomass in threatened woodlands, *Forest Ecology and Management Journal*, 130 (2000): 37-46.
  8. Saatchi, S.S., Houghton, A., Dos Santos Alvala, R.C., Soare, J.V. and Yu, Y., 2007. Distribution of above

- Agriculture and Natural Resources, Vol. 14(54): 53-68.
22. Hernandez, R.P, 2004. Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes, Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, 156P.
  23. Iranmanesh, Y., Sagheb Talebi, K., Sohrabi, H., Jalali, S.G., Hosseini, S.M., 2014: Biomass and carbon Stocks of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in two vegetation forms in Lordegan, Chaharmahal & Bakhtiari Forests, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 22(4): 749-762.
  24. Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. and Mencuccini, M., 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. SILVA FENNICA. Monographs 4.52p.
  25. Husch, B., T.W. Beers & J.A. Kershaw, 2003. Forest mensuration. 4th Edition, John Wiley & Sons Inc., 443 pp.
  26. West, P.W, 2009. Tree and Forest Measurement. Springer, 190 p.
  27. Peper, P. and Mcpherson, G., 1998. Comparison of four foliar and woody biomass estimation methods applied to open-grown deciduous trees, Journal of arboriculture, 24: 191-200.
  28. Good, N., M. Paterson., C. Brack and K. Mengersen., 2001. Estimating tree component biomass using variable probability sampling methods, Journal of agricultural, Biological and Environmental Statistics, 6: 258-267.
  29. Aguilar, R., Ghilardi, A., Vega, E., Skutsch, M. and Oyama, K., 2012. Sprouting productivity and allometric relationships of two oak species managed for traditional charcoal
  16. Chandler, G., 1996. Business similarity as a moderator of the relationship between pre-ownership experience and venture performance, Entrepreneurship Theory and Practice Journal, 20(3): 51-65.
  17. Schenk, T. and C. Toth, 1992. Conceptual Issues of Soft-copy Photogrammetric Workstations, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Journal, 58(1): 101-110.
  18. Stojic, M., J. Chandler, P. Ashrnore, and J. Luce, 1998. The assessment of sediment transport rates by automated digital photogrammetry, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Journal, 64(5): 387-395.
  19. Okuda, T., M. Suzuki, S. Numata, K. Yoshida, S. Nishimura, N. Adachib, K. Niiyama, N. Manokaran, and M. Hashim, 2004. Estimation of aboveground biomass in logged and primary lowland rainforests using 3-D photogrammetric analysis, Forest Ecology and Management Journal, 203(2004): 63-75.
  20. Seidel, D., F. Beyer, D. Hertel, S. Fleck, and C. Leuschner, 2011. 3D-laser scanning: A non-destructive method for studying above-ground biomass and growth of juvenile trees, Agricultural and Forest Meteorology Journal, 151(2011): 1305-1311.
  21. Soltani, S., Yaghmaee, L., Khodaghali, M., Sabohi, R., 2011. Bioclimatic Classification of Chaharmahal & Bakhtiari Province Using Multivariate Statistical Methods, Journal of Science and Technology of

32. Peichl, M., Arain, M.A., 2007. Allometry and partitioning of above- and belowground tree biomass in an age-sequence of white pine forests. *Forest Ecology and Management*, 253(1-3): 68-80.
33. Gersonde, R.F. and O'Hara, K. L., 2005. Comparative tree growth efficiency in Sierra Nevada mixed-conifer forests. *Forest Ecology and Management*, 219, 95-108.
30. Bakhtiarvand Bakhtiari, S., Sohrabi, H., 2012: Preliminary results of estimating above-ground biomass using Randomized Branch Sampling method for planted Mulberry and Black Locust in Mobarakeh Steel region, Vol. 19(4): 562-571.
31. Wang, X., Fang, J. and Zhu, B., 2008. Forest biomass and root-shoot allocation in northeast China. *Forest Ecology and Management*, 255: 4007-4020.