

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

زهرا عزیزی^{۱*}

zazizi@srbiau.ac.ir

اصغر حسینی^۲

یعقوب ایرانمنش^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: برآورد دقیق زی توده جنگلی با هدف بررسی توان جنگل ها در ترسیب کربن اتمسفری از مسایل بسیار مهم در مدیریت جنگل هاست. 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 طبقه های 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، شاخه های اصلی، شاخه های فرعی و شاخ و برگ (تاج) تعیین گردید. با نمونه برداری از اجزاء مختلف درخت، چگالی هر جزء محاسبه و زی توده برای اجزای مختلف اندازه گیری شد. سپس زی توده برآورد شده از روش فتوگرامتری زمینی با زی توده به دست آمده از روش قطع و توزین مقایسه گردید.

یافته ها: نتایج نشان داد که اختلاف آماری معنی داری بین زی توده برآورد شده از روش فتوگرامتری زمینی با شیوه قطع که دقیق ترین روش برآورد زی توده است وجود ندارد.

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

واژه های کلیدی: بلوط ایرانی، فتوگرامتری برد کوتاه، زی توده.

۱- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانش گاه 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^{1*}

zazizi@srbiau.ac.ir

Asghar Hosseini²

Yaghoob Iranmanesh³

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 نمی باشد (۷). بنابراین، بررسی شیوه های غیرمخرب که ضمن دربرگرفتن هزینه و وقت کم تر، از اعتبار و دقت بالایی برخوردار باشند، ضروری است. این موضوع به ویژه در جنگل های زاگرس دارای اهمیت بیش تری است. این جنگل ها از جمله اکوسیستم های طبیعی کشور بوده که ارزش اقتصادی آن ها از جنبه ترسیب کربن بسیار حیاتی تر بوده و توجه به این مساله می تواند ارزش گذاری محیط زیستی این اکوسیستم های جنگلی را آشکارتر سازد (۸). از جمله روش های غیرمخرب در برآورد مشخصه های جنگل و درخت به کارگیری فنون دورسنجی است (۹). با این حال، هزینه برداشت عکس و تصویر با استفاده از سکوها و هواپیما و فضای بسیار زیاد و اغلب کیفیت داده ها برای تشخیص اجزای درخت به صورت تنه، شاخه و تاج ناکافی است. تکنولوژی لیدار و اسکنرهای لیزری اطلاعات مناسبی برای برآورد زی توده فراهم می کنند، اما این نوع داده ها نیز علاوه بر هزینه زیاد تهیه آن ها، نیازمند تکنولوژی و امکانات خاصی هستند و دستیابی به چنین داده هایی برای کل جنگل های زاگرس به آسانی امکان پذیر نیست.

تغییرات اقلیمی و پدیده گرمایش جهانی طی سال های اخیر، شرایط بحرانی را در سراسر جهان ایجاد کرده است تا جایی که سازمان ملل متحد برآن شد درخصوص این بحران، مدیریت و برنامه ریزی نوینی را به اجرا درآورد (۱). از آن جا که، ترسیب کربن ناشی از رویش گونه های جنگلی، به عنوان یک روش مقرون به صرفه در کاهش غلظت گازهای گل خانه ای است (۲)، ارزیابی کمی ذخیره کربن جنگل ها از مهم ترین برنامه هایی است که بر آن تاکید شده است (۳). لذا، امروزه برآورد دقیق زی توده جنگلی با هدف بررسی توان جنگل ها در کاهش گرمایش جهانی از موضوعات بسیار مهم در مدیریت جنگل هاست (۴). دقیق ترین روش برآورد زی توده و وضعیت ذخیره کربن، قطع و برداشت درختان است، اما قطع و توزین تعداد کافی درخت که بیان گر وضعیت یک گونه در رویش گاه باشد، بسیار پیچیده، وقت گیر، مخرب، خسته کننده و هزینه بر است (۵). به همین دلیل، بیش تر مطالعات به مناطق کوچک و تعداد نمونه های کم محدود می شوند (۶). از طرفی، روش های محدود به قطع درخت مناسب جنگل های با اکوسیستم شکننده و دارای گونه های 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 مشخصه های دوبعدی (ارتفاع درخت، قطر تنه و تاج) و سه بعدی (حجم سرپا، مقدار زی توده، حجم تاج) نشان داده است (۱۰).

در میان روش های مختلف اخذ داده، فتوگرامتری روشی مناسب و کم هزینه در برآورد زی توده روی زمینی درختان است، هم چنین، در اندک مطالعاتی که با استفاده از عکس برداری

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

- شیوه اجرای پژوهش

نمونه برداری در دو بخش انجام گرفت. در بخش اول انتخاب درختان قطع شده و نمونه برداری از اجزای این درختان صورت گرفت و در بخش دوم انتخاب درختان سرپا و عکس برداری 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 روی زمینی درخت اعم از تنه، شاخه‌های اصلی و فرعی و تاج (شاخ و برگ) درخت در عکس مشخص باشد. در زمان عکس برداری 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 پای 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 به دست 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 رویه زمینی را در یک جنگل سوزنی‌برگ در معرض تهدید با کمک فتوگرامتری زمینی و آنالیزهای غیرمخرب محاسبه نمود. Okuda و همکاران (۱۹) نیز زی‌توده رویه زمینی را در بخش‌های جنگل‌های بارانی با استفاده از تجزیه و تحلیل فتوگرامتری سه بعدی برآورد نمودند. در برخی مطالعات اخیر از اسکنرهای لیزری زمینی برای برآورد زی‌توده درختان جنگلی استفاده شده است (۲۰). هدف تحقیق حاضر، به کارگیری فتوگرامتری زمینی (برد کوتاه) به عنوان یک روش غیرمخرب در برآورد زی‌توده فرم رویشی تک پایه 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'

این بخش به پیکسل های حاشیه ای که قطعیتی در پوشش کامل آن‌ها وجود نداشت ارزش نیم پیکسل داده شد.

حجم شاخ و برگ تاج : از آن جا که سطح مقطع تاج اغلب

درختان منطقه بیضوی بود، لذا دو قطر کوچک و بزرگ (L و W) بر روی جفت عکس های مربوط به هر درخت اندازه گیری 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 اندازه گیری 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 - نمونه برداری 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 درجه سانتی‌گراد 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 سرشاخه ها، نمونه های تصادفی (یک نمونه در هر درخت) از سرشاخه ها (حداکثر قطر شاخه ها ۵ سانتی‌متر) گرفته شد. چگالی هر نمونه پس از اندازه گیری 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 نمونه برداری انجام گرفت و پس از خشک کردن در دمای ۷۶ درجه به مدت

ابتدا هر یک از عکس ها وارد نرم افزار Adobe Photoshop شد و اندازه پیکسل های عکس محاسبه گردید. سپس به هر یک از پیکسل هایی که مربوط به اجزای درخت بودند یک کد برحسب اجزای درخت داده شد.

B: پیکسل های مربوط به تنه (محور اصلی درخت)

H: پیکسل های مربوط به شاخه های اصلی، شاخه های با قطر بزرگ تر از ۵ سانتی‌متر

F: پیکسل های مربوط به شاخه های فرعی، شاخه های با قطر کوچک تر از ۵ سانتی‌متر

C: پیکسل های مربوط به شاخ و برگ درخت (تاج)

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

حجم پیکسل های تنه (B)

این پیکسل ها مربوط به تنه در حالت ایستاده می باشند. برای هر ردیف از پیکسل های 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 دایره ای 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 پیکسل ها 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 پیکسل شاخه های اصلی (H)

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

حجم پیکسل شاخه های فرعی (F)

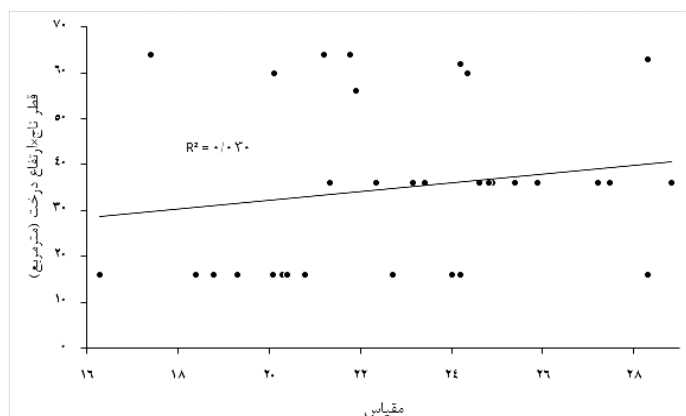
کلیه پیکسل های در برگیرنده شاخه های فرعی شمارش شد و با توجه به قطر کم شاخه های فرعی، حجم هر پیکسل به صورت یک مکعب با ابعاد مشخص (اندازه پیکسل) محاسبه گردید. در

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

۷۲ ساعت و با استفاده از رابطه (۶) چگالی شاخ و برگ (تاج) محاسبه شد. اندازه گیری حجم شاخه های فرعی و شاخ و برگ تاج با روش غوطه ورسازی در آزمایشگاه انجام گردید.

محاسبه زی توده درخت

محاسبه زی توده در دو بخش برای درختان قطع شده و برای درختان سرپا (با روش فتوگرامتری) انجام گرفت. در هر دو بخش زی توده برای هر جز درخت شامل تنه، شاخه های اصلی، شاخه های 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 شاخه های اصلی درختان (۷۶۴/۵۸ کیلوگرم در مترمکعب) بود. چگالی چوبی شاخه های فرعی و تاج بسیار کم تر بود. از جمله عوامل کاهش چگالی، فضای خالی زیاد بین قطعات تاج و شاخه های فرعی نسبت به تنه و شاخه های اصلی شناخته شد. درصد انحراف معیار شاخه های فرعی و تاج گویای ناهمگنی این بافت ها در درختان است.

براساس نتایج، مقیاس های به دست آمده از عکس ها برای درختان مورد مطالعه در دامنه ای 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 عکس برداری، در زمان تهیه عکس، فاصله (D) از درخت بیش تر 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.

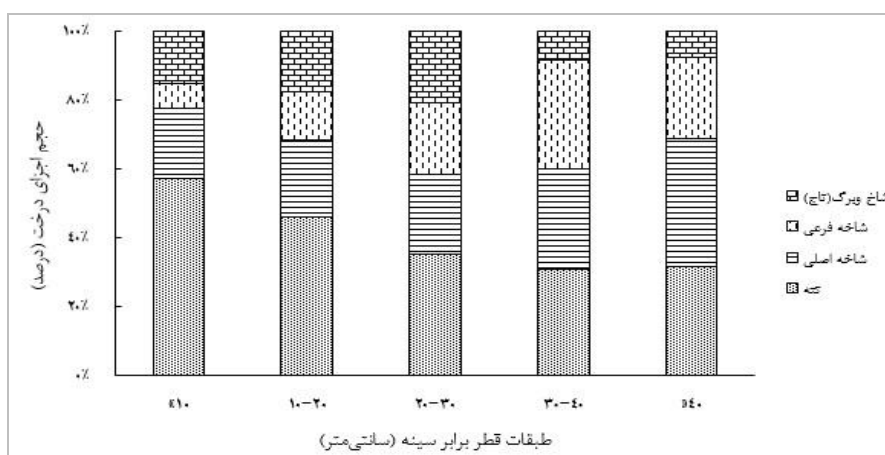
نتایج اندازه گیری چگالی چوب در اجزای درخت (تنه، شاخه اصلی، شاخه فرعی و تاج) در جدول (۱) آمده است. بیشترین

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 پیکسل های هر جزء به حجم با واحد مترمکعب نشان داد بر حسب طبقات قطری اجزای درخت نسبت های متفاوتی از حجم درخت را به خود اختصاص می دهند (شکل ۳).

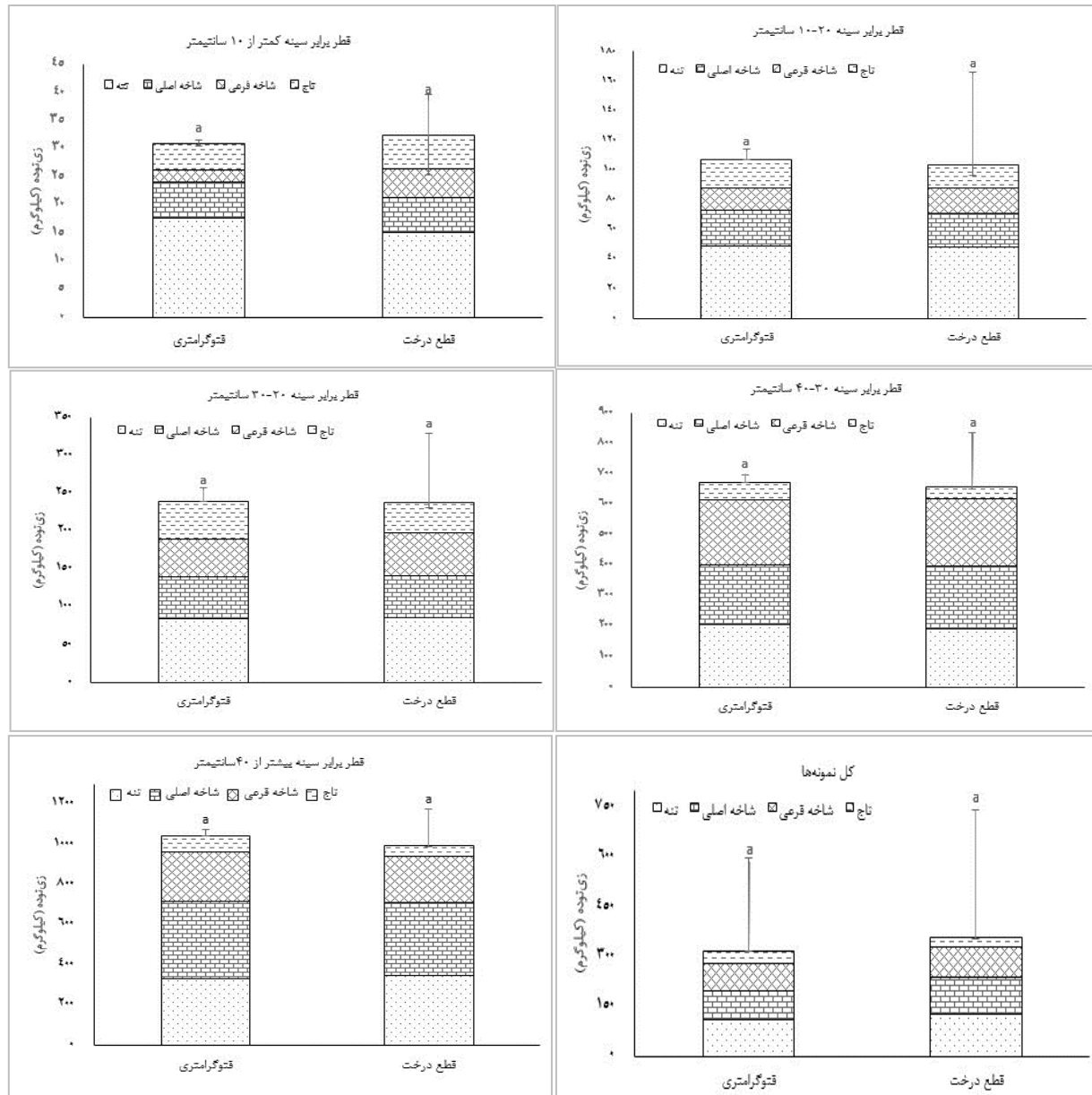


شکل ۳- درصد زی توده اختصاص یافته به اجزای درخت در طبقات قطری مختلف

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

معنی داری میان دو روش اندازه گیری 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 کم تر 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 اندازه گیری 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 کم تر از ده سانتی متر (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 کم تر از ده سانتی متر تشخیص و تفکیک تنه از دیگر اجزای درخت بر روی عکس واضح است، اما تفکیک شاخه اصلی، شاخه فرعی و شاخ و برگ از یک دیگر از قطعیت کم‌تری برخوردار می‌باشد.

لذا اریبی زی توده برآورد شده در این طبقات بیش تر از طبقات قطری بزرگ تر است. در کل، نتایج به دست 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 برنامه ریزی جنگل و بررسی جریان انرژی در اکوسیستم است که امروزه مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است (۲۴). مقدار زی توده علاوه بر این که 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 تک پایه) در اندام‌های مختلف درخت برآورد شد و با روش قطع درخت مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده با روش فتوگرامتری زمینی به خوبی نشان می‌دهد که اختلاف آماری

مطابقت دارد. اگرچه Good (۲۸) وجود آریبی مثبت در برآورد زی توده برگ و سرشاخه ها و آریبی منفی در زی توده 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 زی توده در قسمت های غیر چوبی مثل سرشاخه و برگ از خطای بیش تری برخوردار است. بررسی مقدماتی روش نمونه برداری شاخسار تصادفی در برآورد زی توده رویه زمینی درختان دست کاشت منطقه فولاد مبارکه به این نتیجه رسیدند که آریبی نسبی برآورد زی توده بین ۳/۳ تا ۷/۶ درصد بوده و بنابراین، این روش برای برآورد زی توده درخت، روش ناریبی است. چنانچه در نتایج مشاهده می شود (شکل ۳- نمودار کل نمونه ها) در هر دو روش مقدار RMSE زیاد است. دلیل این مساله را می توان مربوط به دخالت های انسانی، سرشاخه زنی و تخریب های شدیدی موجود در این جنگل ها دانست، به بیان 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 زی توده اجزای درخت نشان داد که مقدار نسبی زی توده تاج (شاخ و برگ) با افزایش سن درخت (طبقه قطری) کاهش می یابد. Wang و همکاران (۳۱) در بررسی ساختار زی توده 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 زی توده تنه افزایش یافته اما میزان نسبی شاخه و برگ کاهش یافته است. در طی رویش درخت، سن، اندازه، شکل و در نتیجه اجزاء زی توده درخت تغییر پیدا می کند. ساختار تاج (زی توده و سطح تاج) و بخش های مختلف آن (شاخه ها، سرشاخه و برگ) عوامل اصلی در اکولوژی جنگل هستند. رابطه بین شاخ و برگ و افزایش زی توده تنه به شدت با بهره وری و حاصل خیزی مرتبط بوده و به نام کارایی رشد نامیده می شود و می تواند به عنوان رویش زی توده تنه در واحد زی توده شاخ و برگ بیان شود (۳۳).

در مورد زی توده شاخه ها، مجموع شاخه های اصلی و فرعی بیشترین مقدار زی توده را در درختان با قطر بیش از ۲۰ سانتی متر به خود اختصاص داده اند. دلیل این مساله به ساختار و فرم رویشی بلوط ایرانی مربوط می شود. در طبقات قطری بالا گسترش تاج به نسبت اندازه کلی درخت بیش تر از طبقات قطری کم تر است (شکل ۲). با توجه به ساختار این گونه که به خاطر شرایط رویش گاهی و محیطی شاخه های آن از ارتفاع پایین تنه شروع می شوند، قسمت زیادی از زی توده درخت را شاخه های اصلی و فرعی منشعب از تنه تشکیل می دهند. شایان ذکر است که گیاهان معمولاً ساختار زی توده خود را در پاسخ به تغییرات محیطی تنظیم می کنند (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 می یابد و نیز سهم شاخه ها نسبت به کل افزایش می یابد. هرچند تغییرات سهم حجم شاخه های 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 می دارد که نیازهای هندسی در یک درخت به شکلی است که تنه یک درخت باید به اندازه کافی بزرگ و محکم باشد تا بتواند ضمن این که قسمت های مختلف درخت را بر روی خود نگه می دارد، شرایط سخت ناشی از فشارهای محیطی را تحمل کند. به عبارت دیگر مجموعه درخت، خود را تنها با مقدار برگ ها تنظیم نمی کند، بلکه همه بخش های درخت در این تنظیم هندسی سهیم هستند.

در مجموع می توان ادعان داشت به کارگیری فتوگرامتری زمینی به عنوان یک روش غیر مخرب در برآورده زی توده رویه زمینی در این تحقیق نتایج مطلوبی ارائه داده است. Montes و همکاران (۷) نیز که با استفاده از فتوگرامتری زمینی زی توده 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 زی توده روی زمینی معرفی کردند.

- 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.