



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"

دوره یازدهم، شماره بیست و دوم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

تلفیق آمار زمینی و گوگل ارث برای برآورد زیست توده و ذخیره کربن درختان بلوط ایرانی (*Quercus branti*) (Lindl) (مطالعه موردی: منطقه دادآباد خرم آباد)

محسن یوسفوندمفرد^۱، جواد سوسنی^{۲*}، حامد نقوی^۳، کامبیز ابراری واجاری^۴ و نقی شعبانیان^۵

^۱ دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

^{۲*} نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

^۳ استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

^۴ دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

^۵ دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، کردستان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۳

چکیده

جنگل‌های زاگرس سطح وسیعی از جنگل‌های کشور را به خود اختصاص داده‌اند و نقش مهمی را در حفاظت خاک و ذخیره آب‌های زیرزمینی و دیگر خدمات اجتماعی-اقتصادی ایفا می‌کنند. جنگل‌ها نقش مهمی در ذخیره طبیعی کربن در مقیاس جهانی داشته و حفاظت از آن‌ها یکی از استراتژی‌های مهم و پلیدار برای مقابله با گرمایش جهانی است. به همین خاطر هدایت پلیدار این عرصه‌ها نیازمند اطلاعاتی برای درک و پیش‌بینی تغییرات این جنگل‌ها دارد. این تحقیق با هدف برآورد زیست توده و مقدار ذخیره کربن روی زمین درختان بلوط ایرانی که از مهم‌ترین عناصر جنگل‌های زاگرس هستند، با استفاده از تلفیق اطلاعات زمینی و تصاویر Google earth انجام شد. طبق نتایج مطالعه قبلی در این منطقه قطر متوسط تاج متغیر مناسب برای برآورد زیست توده گونه بلوط ایرانی بوده که به این منظور قطر متوسط تاج درختان بلوط ایرانی منطقه دادآباد لرستان در سطحی معادل ۴۸۸ هکتار، با استفاده از تصاویر گوگل ارث و به وسیله نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مقدار زیست توده روی زمین برای گونه بلوط ایرانی ۹/۶۸ تن در هکتار بود. همچنین مقدار ذخیره کربن برآورد شده برای جنگل‌های بلوط منطقه دادآباد لرستان برابر با ۶/۴۲۷ تن در هکتار به دست آمد. نتایج این مطالعه و مقایسه آن با مطالعات دیگر نشان داد که روش‌های غیرمخرب مثل سنجش از دور و استفاده تصاویر ماهواره‌ای و تلفیق آن‌ها با روابط آلومتریک محلی، امکان تخمین میزان زیست توده و کربن ذخیره شده در سطوح وسیع را با دقت مناسب امکان‌پذیر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: بلوط ایرانی، روابط آلومتریک محلی، زیست توده، روش‌های غیرمخرب، Google earth

مقدمه

جنگل‌های زاگرس که تحت عنوان جنگل‌های نیمه‌خشک طبقه‌بندی شده‌اند با پنج میلیون هکتار وسعت، ۴۰ درصد کل جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده‌اند (عرفانی فرد و همکاران، ۱۳۸۶). این جنگل‌ها از جمله مناطق مهم و باارزش منابع طبیعی کشور ایران هستند که وسعتی بیش از یک پنجم سطح و حدود یک سوم جمعیت

کل کشور را در خود جای داده‌اند (فتاحی، ۱۳۷۳). گونه غالب جنگل‌های زاگرس، بلوط ایرانی است که با واریته‌های مختلف در سطح این گستره پراکنش دارد (سوسنی و همکاران، ۱۳۹۳). جنگل‌های زاگرس علاوه بر کالاهای خدمات متنوعی که برای انسان مهیا می‌کنند، نقش مهمی در ذخیره طبیعی کربن در مقیاس جهانی دارند و حفاظت از آن‌ها یکی از راهبردهای مهم و پایدار برای

* نویسنده مسئول: soosani.j@lu.ac.ir

مقابله با گرمایش جهانی است (Löf et al., 2019). به همین خاطر مدیریت پایدار این عرصه‌ها نیازمند اطلاعاتی برای درک و پیش‌بینی تغییرات این جنگل‌ها است.

در این بین برآورد میزان زیست‌توده در بوم‌سازگان جنگلی به دو دلیل اهمیت دارد: اول برای برآورد مقدار ذخایر کربن از دست‌رفته، که از تبدیل جنگل به عرصه‌های غیرجنگلی حاصل می‌شود، و دوم برای پایش میزان تغییرات زیست‌توده در طول زمان (Houghton, 2005). زیست‌توده جزئی از چرخه کربن است و از این رو برآورد دقیق آن برای بسیاری اهداف از جمله تعیین میزان گازهای گلخانه‌ای، محاسبه کربن زمین و مدل‌سازی تغییرات آب و هوا مورد نیاز است (Van Breugel et al., 2011). همچنین زیست‌توده، پارامتری مهم برای ارزیابی تجاری جنگل‌ها و مراتع به عنوان سوخت، به‌شمار می‌رود (Nichol and Sarker, 2011).

دقیق‌ترین راه برای اندازه‌گیری زیست‌توده روش‌های مبتنی بر قطع و برداشت است (Saglan et al., 2008). این روش‌ها به‌ویژه برای اکوسیستم‌های جنگلی، مخرب، وقت‌گیر و هزینه‌بر است و به نیروی انسانی زیادی نیاز دارد، بنابراین روش‌های غیرمخرب برای تعیین زیست‌توده گونه‌های گیاهی توسعه پیدا کرده‌اند (Saatchi et al., 2007). برای دستیابی به میزان زیست‌توده توده‌های جنگلی، استخراج معادلات و روابط آلومتریک ضروری است. معادلات آلومتریک از جمله کارآمدترین روش‌های برآورد زیست‌توده در بین روش‌های غیرمستقیم برآورد زیست‌توده درختان به‌شمار می‌رود (Berhonger et al., 2015). در بیشتر مطالعات، زیست‌توده درختان با کاربرد معادلات رگرسیونی برآورد می‌شود که به‌وسیله معادله رگرسیونی بین وزن خشک اندازه‌گیری‌شده به صورت تخریبی (متغیر وابسته) و ابعاد درختان (متغیر مستقل) اندازه‌گیری شده است. (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۵). ارتباط بین زیست‌توده و متغیرهای درخت، بسته به ویژگی‌های تنه، سن درخت، عملیات مدیریتی، ساختار جنگل، خصوصیات اقلیمی و بیوفیزیکی رویشگاه، متفاوت است (Lott et al., 2000). در بعضی از مناطق زاگرس این روابط در سطوح محدود و به صورت محلی برای توده‌های شاخه‌زاد بلوط ایرانی استخراج شده‌اند (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۵؛ جمادشرف و همکاران، ۱۴۰۰). در

استان لرستان این روابط در منطقه مله‌شبانان شهرستان خرم‌آباد برای توده‌های شاخه‌زاد بلوط ایرانی در سطح محدود استخراج شده که در این مطالعه، مهمترین پارامتر در برآورد و تعیین میزان زیست‌توده روی زمین درختان بلوط ایرانی، قطر متوسط تاج عنوان شده است (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۵). اما محدودیت‌های اندازه‌گیری زمینی مثل هزینه بالا، زمان‌بر بودن و طاقت‌فرسا بودن جمع‌آوری داده‌ها در برآورد میزان زیست‌توده و مقدار کربن ذخیره شده موجب افزایش تمایل به استفاده از روش‌های جایگزین مثل سنجش‌ازدور برای حل این مسئله شده است (Hosseini et al., 2019).

سنجش از دور شامل ابزارها، نرم‌افزارها و روش‌های خاص و متنوعی است که از طریق آن کره زمین به همراه همه پدیده‌های موجود در آن نظارت می‌شود و نتایج آن معمولاً به صورت تصویری به روش‌های متنوع عرضه می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸). مزیت روش‌های مبتنی بر داده‌های سنجش‌ازدور در به‌دست‌آوردن سریع‌تر و ارزان‌تر اطلاعات و آسان‌تر به روز کردن این اطلاعات است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸). امروزه داده‌های سنجش از دور منبع اصلی برآورد میزان زیست‌توده محسوب می‌شوند (Hosseini et al., 2019). برای مثال در مطالعه لیو و لی (Liua and Li, 2012) در شهر Shenyang در شمال شرق چین، مقدار ذخیره و ترسیب کربن به‌وسیله معادلات زیست‌توده با استفاده از داده‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا تخمین زده شد. یکی از روش‌های برآورد زیست‌توده استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده در تصاویر ماهواره‌ای دارای توان تفکیک زمینی بالا، حتی به‌صورت یک تصویر ساده و فاقد باندهای طیفی که در بعضی مناطق به سهولت در دسترسند همانند تصاویر نرم‌افزار Google earth، از قابلیت‌های زیادی در طبقه‌بندی پوشش جنگلی و تهیه نقشه جنگل برخوردار هستند (سوسنی و همکاران، ۱۳۸۸).

استخراج اتوماتیک تاج‌پوشش درختان بلوط ایرانی با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی زیاد امکان‌پذیر است. تلفیق اطلاعات استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای دقیق و به‌روز، با معادلات و روابط آلومتریک استخراج‌شده از عملیات زمینی، تخمین دقیق‌تر میزان زیست‌توده در سطوح وسیع را برای ما امکان‌پذیر می‌سازد (جمادشرف و همکاران، ۱۴۰۰). برخلاف داده‌های

شده‌اند، میزان زیست‌توده در اندام‌های چوبی روی زمین، در سطوح وسیع‌تری از جنگل‌های این منطقه، با دقت مکانی بالا تعیین می‌گردد. استخراج اتوماتیک تصاویر تاج درختان از تصاویر تک لایه رنگی (RGB) و رایگان موجود در نرم‌افزار گوگل ارث و تلفیق آن با روابط دقیق آلومتریک محلی (مربوط به همان منطقه) که منجر به تعیین میزان زیست‌توده درختان در سطوح وسیع و در حد (دقت) تک درخت گردید، مهمترین جنبه نوآوری این پژوهش است.

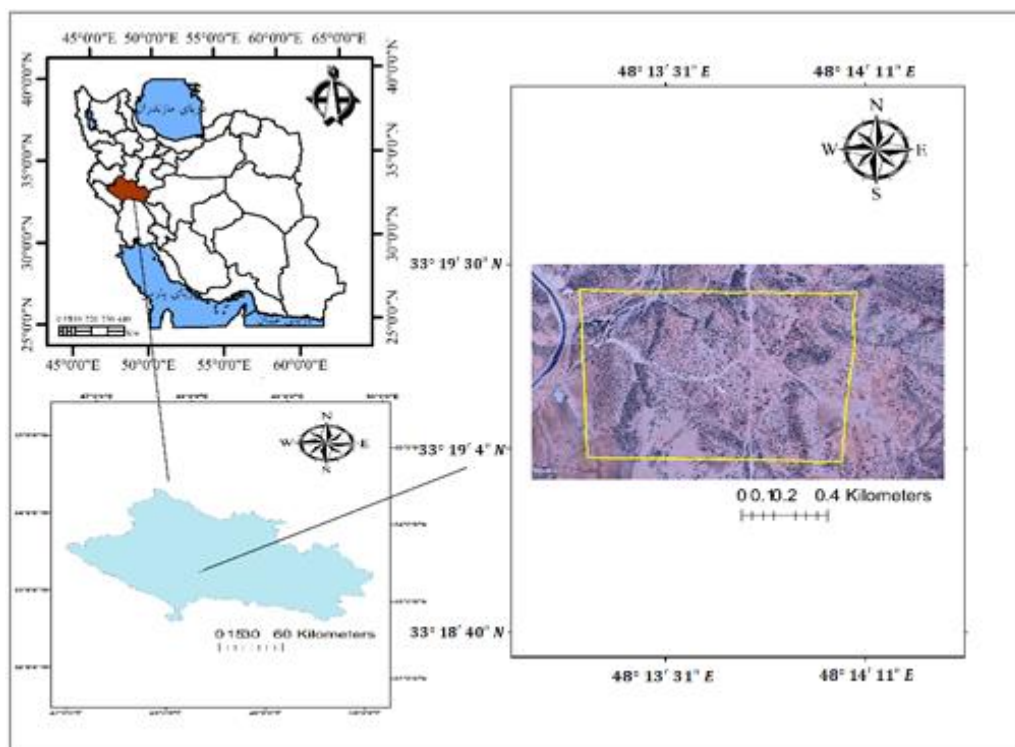
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در منطقه‌ای با وسعت ۴۸۸ هکتار از جنگل‌های منطقه دادآباد در جنوب خرم‌آباد استان لرستان که در محدوده جغرافیایی $33^{\circ}13'13''$ الی $33^{\circ}14'37''$ طول شرقی و $33^{\circ}18'35''$ تا $33^{\circ}19'42''$ عرض شمالی و متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۴۵۰ تا ۱۷۵۰ متر است، انجام شد. گونه اصلی این رویشگاه بلوط ایرانی است. این منطقه دارای سنگ مادر آهکی است و بر اساس آمار مربوط به ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد، میانگین دمای گرمترین و سردترین ماه سال در ۱۰ سال گذشته به ترتیب برابر با ۳۰ و ۵ درجه سانتیگراد بوده است. همچنین میانگین بارندگی سالانه در همین بازه زمانی برابر با ۴۳۷ میلیمتر بوده است که ۳۰ درصد در فصل بهار، کمتر از ۱ درصد در تابستان، ۳۲ درصد در پاییز و ۳۷ درصد در فصل زمستان باریده است (یوسفوند و همکاران، ۱۴۰۱). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در کشور ایران و استان لرستان نشان می‌دهد.

سنجش از دور طیفی، این داده‌ها رایگان و به سادگی توسط هر کاربری قابل دسترس هستند و قدرت تفکیک مکانی زیاد این تصاویر باعث شده است که در آن‌ها جزئیات سطح زمین در بیشتر مناطق به خوبی قابل رویت باشند (Lisle, 2006).

در زمینه استفاده از تصاویر Google earth جنگل مطالعات متعددی انجام شده است (Singh et al., 2011). اخیراً استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار Google earth برای آماربرداری از جنگل‌ها رواج پیدا کرده است (Agarwal and 2020; Singh et al., 2011). تحقیقات در زمینه برآورد ذخیره کربن در جنگل‌های استان لرستان می‌تواند بستر خوبی برای تعیین ظرفیت جنگل‌های این استان باشد، و از آنجاکه گونه اصلی این جنگل‌ها به صورت توده‌های شاخه‌زاد درآمده است و از نظر تولید چوب اهمیت زیادی ندارند، لذا بررسی شرایط زیست‌محیطی این توده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. تنوع رویشگاه‌های گونه بلوط ایرانی در گستره وسیع زاگرس و در عرض‌های جغرافیایی متفاوت، ضرورت مطالعه گسترده‌ای برای رسیدن به روابط آلومتریک برای برآورد زیست‌توده و مقدار کربن ذخیره شده روی زمین، در هر رویشگاه را ایجاب می‌کند. این روابط نه تنها در تعیین حجم در هکتار و سایر مولفه‌های کمی توده مفیدند، بلکه در اندازه‌گیری میزان کربن ترسیب شده و استخراج نقشه ترسیب کربن مفید خواهند بود. در تحقیق حاضر با استفاده از تصاویر با دقت مکانی بالای موجود در نرم‌افزار Google earth، مساحت تاج درختان بلوط ایرانی به صورت اتوماتیک برداشت و با تلفیق این اطلاعات با روابط آلومتریکی که برای جنگل‌های این منطقه استخراج



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی

روابط آلومتریک

رابطه بین مولفه‌های کمی درختان نمونه و زیست‌توده خشک درخت که دارای بیشترین میزان ضریب تبیین هستند، به صورت منحنی‌های رگرسیونی ترسیم شده

است. برای مدل‌سازی داده‌ها از مدل‌های خطی، توانی و درجه ۲ استفاده شد. نتایج تحلیل رگرسیونی بین قطر متوسط تاج و زیست‌توده درخت در جدول ۱ آمده است (یوسفوند و همکاران، ۱۴۰۱).

جدول ۱- نتیجه تحلیل رگرسیونی برای تعیین مدل برآورد زیست‌توده گونه بلوط ایرانی در منطقه دادآباد

متغیر مستقل	مدل	R ²	F	Sig	Std.Error	معادله
قطر متوسط تاج (متر)	خطی	۰/۷۹۳	۴۶/۵۱۱	۰/۰۰۰	۱۷/۶۰۲	$Y=89.361X-192.145$
	توانی	۰/۸۵۷	۵۲/۱۳۲	۰/۰۰۰	۰/۵۲۶	$Y=4.255X^{2.202}$
	درجه ۲	۰/۸۸۷	۱۷/۹۸۶	۰/۰۰۰	۱۴/۵۶۸	$Y=13.035X^2-17.385X-6.934$

روش جمع‌آوری داده‌ها

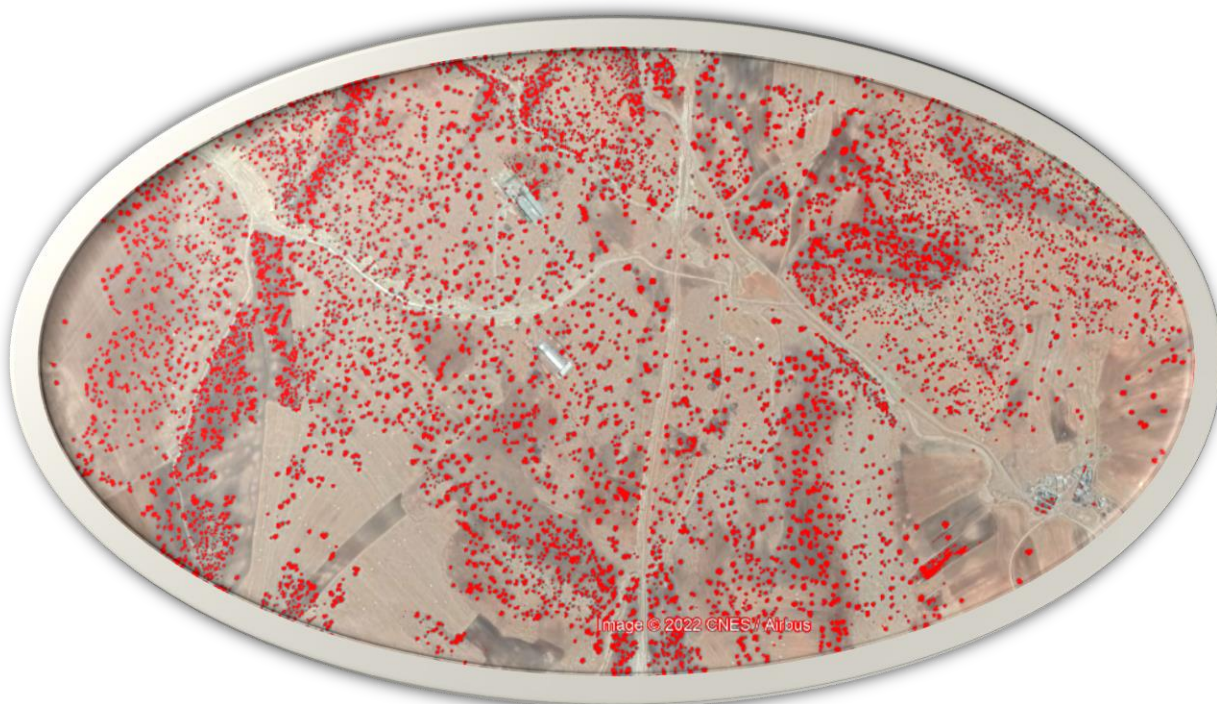
به منظور تهیه لایه‌های اطلاعاتی و داده‌های تحقیق برای تحلیل و ارزیابی زیست‌توده روی زمین درختان گونه بلوط ایرانی، از اطلاعات زمینی و تصاویر نرم‌افزار Google earth استفاده شد. Google earth غالباً به اسم یک نرم‌افزار شناخته می‌شود که توسط یک رابط گرافیکی قدرتمند تصاویر واقعی از سطح زمین را به صورت لایه‌های اطلاعاتی مختلف در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این نرم‌افزار اطلاعات خود را از پایگاه اطلاعاتی با همین نام

بر طبق نتایج این مطالعه قطر متوسط تاج متغیر مناسب‌تری برای برآورد زیست‌توده گونه بلوط ایرانی بوده است. از آنجاکه شکل منحنی مدل رگرسیونی توانی، سهمی بوده، وجود شیب زیاد و میل منحنی به سمت بی‌نهایت در دو طرف منحنی باعث شده که عملکرد این مدل برای برون‌یابی (Extrapolation) ضعیف باشد و گاهی نتایج به‌دست‌آمده دارای مقدار خطا و RMSE% زیادی بودند؛ به همین سبب در این مطالعه از مدل رگرسیون خطی برای برآورد زیست‌توده استفاده شد.

نرم افزار ImageJ با انتخاب فضای رنگی RGB برای تصویر منطقه و تغییر در آستانه بالا و پایین این طیفی رنگی، درختان منطقه به رنگ روشن در آمدند و از سایر قسمت های تصویر متمایز شدند. سپس سطح تاج پوشش درختان در این تصاویر با استفاده از نرم افزار ImageJ به صورت اتوماتیک تفکیک و میزان مساحت تاج در هر پایه به صورت مجزا مشخص و اندازه گیری شد (شکل ۲). در نهایت داده ها با استفاده از روابط آلومتریک محلی که برای این منطقه به دست آمد، توسط نرم افزارهای آماری تحلیل شد و میزان زیست توده در هر عنصر بلوط ایرانی موجود در منطقه به صورت مجزا مشخص گردید.

دریافت می کند. پایگاه اطلاعاتی Google earth یکی از بزرگ ترین و جامع ترین آرشیوهای تصاویر ماهواره ای در جهان است (جمادشرف و همکاران، ۱۴۰۰).

در این پژوهش به منظور تهیه تصویر موجود در نرم افزار Google earth از رابط کاربری UMD استفاده شد. این رابط کاربری پس از انتخاب محدوده و سطح مورد نظر که نشان دهنده تصویر ماهواره ای مورد استفاده و قدرت تفکیک مکانی آن است، تصاویر را به صورت یکپارچه و زمین مرجع از پایگاه مرکزی دریافت و در اختیار کاربر قرار می دهد. ابتدا تصویر منطقه مورد مطالعه با مساحت ۴۸۸ هکتار از جنگل های بلوط منطقه دادآباد تهیه گردید. در مرحله بعد تصویر اخذ شده در نرم افزار ImageJ، با استفاده از نرم افزار Google earth و انتخاب نقاط کنترل زمینی مقیاس گذاری شد. سپس در محیط



شکل ۲- نمایی از تفکیک اتوماتیک درختان بلوط توسط نرم افزار ImageJ

نمونه در سطح منطقه مورد مطالعه که از طریق نرم افزار ImageJ استخراج شده اند، در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج

آماره های مربوط به مشخصه قطر متوسط تاج درختان

جدول ۲- آماره های توصیفی مربوط به مولفه قطر متوسط تاج درختان نمونه

متغیر	تعداد (اصله)	میانگین	انحراف معیار	بیشترین	کمترین
قطر متوسط تاج (m)	۱۱۰۲۶	۶/۵۴۷	۲/۹۸۹	۲۴/۵۳	۱/۷۳

برآورد زیست توده

تلفیق آن با تصاویر استخراج شده از نرم افزارهای google Earth و ImageJ در جدول زیر آمده است.

نتایج برآورد زیست توده درختان با استفاده از روابط آلومتریک محلی استخراج شده برای منطقه مورد مطالعه و

جدول ۳- زیست توده برآورد شده درختان بلوط ایرانی در سطح منطقه مورد مطالعه بر حسب کیلوگرم

مدل	تعداد	میانگین	کمترین	بیشترین	جمع کل
خطی	۱۱۰۲۶	۴۲۷/۹۹	۷/۱۹	۲۲۹۴/۴۵	۴۷۱۹۰۳۵/۴۲
توانی	۱۱۰۲۶	۴۶۹/۲۸	۱۴/۷۷	۱۰۱۲۴/۸	۵۱۷۴۳۳۳/۱
درجه ۲	۱۱۰۲۶	۵۵۴/۴۴	۱۲/۰۴	۷۴۰۹/۲۹	۶۱۱۳۲۴۸/۶۹

برآورد ذخیره کربن

برابر با ۵۷/۹۷ درصد از وزن خشک نمونه ها بود. نتایج برآورد ذخیره کربن روی زمین در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روابط آلومتریک محلی و تلفیق آن با تصاویر استخراج شده از نرم افزارهای google Earth و ImageJ در جدول زیر آمده است.

نتایج به دست آمده برای محاسبه مقدار ذخیره کربن با استفاده از روابط موجود، نشان داد که مقدار کربن ذخیره شده در درختان بلوط ایرانی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۴- مقادیر ذخیره کربن برآورد شده برای درختان

متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمترین	بیشترین	تعداد	جمع کل
ذخیره کربن کل درخت (کیلوگرم)	۴۲۱/۳۲	۲۲/۲۸۸	۴/۱۶۸	۱۴۹۲/۹۳	۱۱۰۲۶	۳۱۳۶۷۴۲/۰۳

بحث

با توجه به اطلاعات استخراج شده از نرم افزار ImageJ میزان سطح تاج پوشش درختان بلوط ایرانی ۵۷/۱۱ هکتار معادل ۱۱/۷۱ درصد سطح کل بوده است. نتایج مطالعه جمادشرف و همکاران (۱۴۰۰) در جنگل های منطقه مله شبانان خرم آباد نشان دهنده سطح تاج پوشش ۱۳/۹ درصدی برای منطقه بوده است. نتایج مطالعه حیدری صفری و همکاران (۱۳۹۳) در بخش بازفت چهار محال و بختیاری نشان داد که قسمت عمده منطقه مورد مطالعه آن ها دارای تاج پوشش تنک یا باز (۰-۲۵ درصد) بوده است. نتایج ارزیابی قابلیت تصاویر ماهواره ای Quickbird در برآورد سطح تاج پوشش درختان شهری توسط عرب مومنی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که مقادیر حاصل از آماربرداری زمینی و تصویر Quickbird تفاوت معنی داری با هم ندارند و استفاده از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک مکانی بالا همانند Quickbird برای برآورد کلی سطح تاج پوشش درختان و مدیریت بهینه آن ها بسیار مفید است. همچنین نتایج مطالعه حمیدی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که با توجه به دقت زیاد و زمان کم تفسیر تصویر ماهواره ای، تصاویر IKONOS می تواند جایگزین مناسبی برای آماربرداری زمینی در برآورد تاج

با توجه به نتایج تحلیل تصاویر Google Earth تعداد در هکتار درختان در منطقه مورد مطالعه ۲۳ اصله در هکتار بود. جمادشرف و همکاران (۱۴۰۰) تعداد در هکتار در منطقه مله شبانان خرم آباد را با استفاده از تحلیل تصاویر گوگل ارث ۴۷ اصله به دست آوردند. یوسفوند و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی، تعداد در هکتار را برای منطقه مله شبانان خرم آباد ۵۸ اصله در هکتار برآورد کرد. فرهادی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص های مبتنی بر نزدیک ترین همسایه، تعداد در هکتار گونه بلوط را ۱۸۱ اصله در هکتار گزارش کردند. دلیل اختلاف در نتایج بالا این بود که توده های دلنه زادی که در ارتفاعات پایین و یا عرصه های کم شیب در حواشی روستاها واقع اند، عموماً یک اشکوبه و خالص بوده اند و این توده ها عموماً کهن سال و فاقد زادآوری بوده اند و در پیشینه خود زراعت در زیر اشکوب جنگل را داشته و دارند. همچنین در منطقه مورد مطالعه ما درختان دلنه زاد بسیار تنک بودند و به لحاظ داشتن موقعیت جغرافیایی نزدیک به بزرگراه پل زال دچار تخریب بوده است.

علت اختلاف در مقدار زیست‌توده برآورد شده در این مطالعه با پژوهش‌های یوسفوند و همکاران (۱۳۹۶) و نیز مطالعه جمادشرف و همکاران (۱۴۰۰) این است که در مطالعه حاضر بر خلاف دو مطالعه قبلی قسمت عمده درختان سطح منطقه مورد مطالعه را درختان تک پایه بلوط ایرانی تشکیل داده است که از پتانسیل تولید بالاتری نسبت به درختان شاخه‌زاد برخوردار هستند.

مقدار ذخیره کربن برآوردشده برای جنگل‌های بلوط منطقه دادآباد لرستان برابر با ۶/۴۲۷ تن در هکتار بود. جمادشرف و همکاران (۱۴۰۰) مقدار ذخیره کربن بلوط ایرانی در جنگل‌های مله شبانان را برابر با ۳/۰۷۴ تن در هکتار برآورد کردند. علی‌نژادی و همکاران (۱۳۹۴) میزان ذخیره کربن در جنگل‌های بلوط استان خوزستان را ۳/۴ تن در هکتار برآورد کردند. علت اختلاف در مقدار برآورد شده در این مطالعه نسبت به مطالعات دیگر، ظرفیت تولیدی درختان تک پایه بلوط ایرانی نسبت به جست‌گروه‌های این گونه است. هر تن کربن ذخیره شده توسط درختان ۳/۶۷ تن دی اکسید کربن اتمسفر را جذب می‌کند (Hunt 2009). منطقه مورد مطالعه در این تحقیق که ۴۸۸ هکتار از جنگل‌های بلوط ایرانی بوده مقدار ۱۱۵۱۱/۸۳ تن از دی اکسید کربن اتمسفر را در خود ذخیره کرده است. به عبارت دیگر هر هکتار از جنگل‌های بلوط ۲۳/۵۸ تن دی اکسید کربن جو را جذب می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

استخراج اتوماتیک تاج‌پوشش درختان بلوط ایرانی با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی بالا و تلفیق این اطلاعات با معادلات و روابط آلومتریک استخراج شده از عملیات زمینی، تخمین دقیق‌تر میزان زیست‌توده در سطوح وسیع را برای ما امکانپذیر می‌سازد. مقدار زیست‌توده روی زمین در منطقه دادآباد لرستان برای گونه بلوط ایرانی ۹/۶۸ تن در هکتار برآورد شد. همچنین مقدار ذخیره کربن برآورد شده برای جنگل‌های بلوط این منطقه برابر با ۶/۴۲۷ تن در هکتار به‌دست آمد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش و نتایج پژوهش هانت (Hunt, 2009) هر هکتار از جنگل‌های بلوط ایرانی ۲۳/۵۸ تن دی اکسید کربن جو را جذب می‌کنند. در نهایت، نتایج این مطالعه و مقایسه آن با

پوشش درختان باشد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق دشتی‌پاگردی و همکاران (۱۳۹۳)، در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین روش‌های اندازه‌گیری تراکم تاج پوشش، یعنی نمونه‌برداری زمینی و استفاده از تصاویر Google Earth وجود نداشته است.

برآورد زیست‌توده درختان یک مبحث مهم در مدیریت جنگل‌ها است که استفاده از روابطی با حداقل خطا برای برآورد مقدار زیست‌توده، بسیار ارزشمند است و باید توجه داشت که بهترین مدل‌ها برای برآورد زیست‌توده باید دارای ویژگی‌هایی مانند دقت و صحت مناسب، سادگی و کاربرد عملی باشند (Wang and Xing, 2008). در مطالعه حاضر برای برآورد مقدار زیست‌توده درختی از قطر تاج استفاده شده است که طبق یافته‌های یوسفوند و همکاران (۱۳۹۵)؛ یوسفوند و همکاران (۱۴۰۱)؛ فورستر و همکاران (Forester et al., 2021) قطر تاج را متغیر مناسبی برای برآورد زیست‌توده هوایی بلوط ایرانی و درختان اکالیپتوس در جنگل‌های جنوب استرالیا شناسایی کردند. با وجود اهمیت و کارایی زیاد معادلات آلومتریک در برآورد زیست‌توده، اما نتایج این معادلات دارای عدم قطعیت بالایی از ۲۰٪ تا ۶۰٪ است (Picard et al., 2015). در واقع، این مدل‌ها شرایط پیچیده محیطی (مانند طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ساختار جنگل) را در هنگام پیش‌بینی زیست‌توده روی زمین درختان، کاملاً در نظر نمی‌گیرند (Dai et al., 2020).

مجموع کل زیست‌توده برآورد شده در سطح ۴۸۸ هکتاری مورد مطالعه ۴۷۱۹/۰۳ تن برآورد شد. با توجه به میزان مساحت منطقه مورد مطالعه، مقدار زیست‌توده برآورد شده برای بلوط ایرانی در جنگلهای منطقه دادآباد برابر با ۹/۶۸ تن در هکتار به‌دست آمد. یوسفوند و همکاران (۱۴۰۱) مقدار زیست‌توده خشک بلوط ایرانی در منطقه دادآباد را ۱۲/۱۸۹ تن در هکتار برآورد کردند. همچنین یوسفوند و همکاران (۱۳۹۶) مقدار زیست‌توده برای پایه‌های شاخه‌زاد گونه بلوط ایرانی در منطقه مله‌شبانان خرم‌آباد را ۴/۰۶۸ تن در هکتار گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر جمادشرف و همکاران (۱۴۰۰) مقدار زیست‌توده برای جست‌گروه‌های گونه بلوط ایرانی در منطقه مله‌شبانان را ۵/۳ تن در هکتار برآورد کرده است.

مطالعات دیگر نشان داد که روش‌های غیرمخرب مثل سنجش از دور و استفاده تصاویر ماهواره‌ای، حتی تصاویر صرفاً تک باند رنگی موجود در محیط اینترنت و تلفیق اطلاعات استخراج شده از آن‌ها با روابط آلومتریک محلی، امکان تخمین میزان زیست‌توده و کربن ذخیره شده در سطوح وسیع را با دقت مناسب امکان‌پذیر می‌سازد.

منابع

جمادشرف، ع.، سوسنی، ج.، نقوی، ح.، ۱۴۰۰. برآورد ذخیره کربن روی زمین درختان شاخه‌زاد گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) با تلفیق اطلاعات زمینی و تصاویر پایگاه Google earth (مطالعه موردی: منطقه مله شبانان خرم آباد). پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان. صص ۷۳.

حمیدی، س.ک.، نمیرانیان، م.، فقهی، ج.، شعبانی، م.، ۱۳۹۲. کاربرد تصاویر ماهواره ای Google Earth در آمار برداری از جنگل شهری (منطقه مورد مطالعه: شهرستان ساری)، اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران. <https://civilica.com/doc/266474>

حیدری صفری کوچی، ا.، ایرانمنش، ی.، اسکندری شهرکی، آ. مرادیان فردجوقانی، ف.، ۱۳۹۳. بررسی نقش خاک در ترسیب کربن اتمسفری و عوامل مؤثر بر آن، دومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند. سوسنی، ج.، زبیری، م.، فقهی، ج.، ۱۳۸۸. کاربرد عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در نماسازی تغییرات پوشش جنگل در زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه کاکارضای استان لرستان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. دوره ۱۷، شماره ۲، صفحه ۲۴۹-۲۳۷).

سوسنی، ج.، فلاح، ا.، علیزاده، م.، نقوی، ح.، ۱۳۹۳. تاثیر عوامل محیطی بر محصول‌دهی درختان بلوط شاخه‌زاد زاگرس، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره شانزدهم، شماره ۳، صفحه ۱۲۶-۱۱۹.

عرب مومنی، ا.، فلاح، ا.، عباسی، م.، ارزیابی قابلیت تصاویر ماهواره‌ای Quickbird در برآورد سطح تاج پوشش درختان شهری مطالعه موردی: منطقه ۵ شهر اصفهان، اولین کنفرانس ملی راه کارهای دستیابی به توسعه پایدار (کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست)، تهران، <https://civilica.com/doc/198359>

عرفانی فرد، س. ی.، زبیری، م.، فقهی، ج.، نمیرانیان، م.، ۱۳۸۶. برآورد سطح تاج پوشش جنگل در هکس‌های هوایی با استفاده از شاخص سایه در زاگرس. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. جلد ۱۵ شماره ۳، صفحه ۲۷۸-۲۸۸.

علی‌نژادی، ص.، بصیری، ر.، طهماسبی، پ.، عسکری، م.، مرادی، م.، ۱۳۹۴. ذخیره کربن در توده‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* lindl) در منطقه بلوط بلند استان خوزستان. دانشکده منابع طبیعی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل. ۶۰ ص.

فتاحی، م.، ۱۳۷۳، ریشه‌های تخریب در جنگل‌های زاگرس، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. صص ۶۴.

فرهادی، پ.، سوسنی، ج.، عادلی، ک.، علیجانی، و.، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات موقعیت مکانی و تنوع گونه ای جنگل‌های زاگرس بر اثر تخریب جوامع محلی (مطالعه موردی: جنگل‌های قلعه گل خرم آباد). مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، دوره ۲۰، شماره ۴، صفحه ۸۰-۶۱.

کرمی، ج.، حسینی، س.م.، شتایی جویباری، ش.، مرادی، ح.ر.، ۱۳۸۸. کارایی عکس‌های هوایی در برآورد سطح تاج پوشش درختان خیلانی، سومین همایش ملی جنگل، کرج. <https://civilica.com/doc/109467>

یوسفوندمفرد، م.، سوسنی، ج.، اوستاخ، ع.، حسین‌زاده، ر.، ۱۳۹۵. روابط آلومتریک برای برآورد زی‌توده خشبی روی زمین گونه بلوط ایرانی (مطالعه موردی: منطقه مله‌شبانان خرم‌آباد). پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، دوره ۲۴، شماره ۴، صفحه ۱۶۳-۱۷۲.

یوسفوندمفرد، م.، سوسنی، ج.، نقوی، ح.، ابراری واجاری، ک.، شعبانیان، ن.، ۱۴۰۱. برآورد زیست‌توده و کاهش آن در جنگل‌های متاثر از زوال در منطقه دادآباد

- regeneration and ecosystem function for the future. *New Forest*, 50:139–151.
- Lott, J. N., Ockenden, I., Raboy, V., Batten, G. D. 2000. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate. *Seed Science Research*, 10(1): 11-33.
- Nichol, J.E., Sarker, M.L.R. 2011. Improved biomass estimation using the texture parameters of two high-resolution optical sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(3): 930-946.
- Picard, N., Rutishauser, E., Ploton, P., Ngomanda, A., Henry, M. 2015. Should tree biomass allometry be restricted to power models. *Forest Ecology and Management*, 353: 156-163.
- Saatchi, S.S., Houghton, A., Dos Santos Alvala, R.C Soare, J.V., Yu, Y. 2007. Distribution of above ground biomass in the Amazon. *Global Change Biol.*, 13: 816-837.
- Saglan, B., Kucuki, O., Bilgili, E., Durmaz, D., Basal, I. 2008. Estimating fuel biomass of some shrub species (Maquis) in Turkey. *Turk. J. Agric.*, 32: 349-356
- Singh, V., Tewari, A., Kushwaha, S.P.S. and Dadhwal, V.K. 2011. Formulating allometric equations for estimating biomass and carbon stock in small diameter trees. *Forest Ecology and Management*, 261: 1945–1949.
- Van Breugel M, Hirono M, Andreeva A, Yanagisawa HA, Yamaguchi S, Nakazawa Y, Morgner N, Petrovich M, Ebong IO, Robinson CV, Johnson CM, Veprintsev D, Zuber B. 2011. Structures of SAS-6 suggest its organization in centrioles. *Science* (New York, NY), 331:1196–1199.
- Wang, L., Xing, Y. 2008. Remote sensing estimation of natural forest biomass based on an artificial neural network. *J. Appl. Ecol.*, 19(2): 261–266
- استان لرستان. بوم‌شناسی جنگل‌های ایران (علمی-پژوهشی). (Preprint)
- Agarwala, S.H., Nagendra, H. 2020. Article classification of Indian cities using Google Earth Engine. *JOURNAL OF LAND USE SCIENCE*, 2020, VOL. 14: 425–439.
- Berhongaray, G., Verlinden, M.S., Broeckx, L.S., Ceulemans, R. 2015. Changes in belowground biomass after coppice in two populus genotypes. *Forest Ecology and Management*, 2015, 337 : 1-10.
- Dai, S., Zheng, X., Gao, L., Xu, C., Zho, S., Chen, Q., Wei, X., Ren, Y. 2020. Improving maps of forest aboveground biomass: A combined approach using machine learning with a spatial statistical model. *Biogeoscience Discussions*.
- Forester, D., Dumbrell, I., Elms, S., Paul, K., Pinkard, E.A., Roxburgh, S., Baker, T.G. 2021. Can crown variable increase the generality of individual tree biomass equations?. *Trees* 2021, 35: 15-26.
- Hosseini, Z., Naghavi, H., Latifi, H., Bakhtiari Bakhtiarvand, S. 2019. Estimating biomass and carbon sequestration of plantations around industrial areas using very high resolution stereo satellite imagery. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, , Volume 12 (6): 533-541.
- Houghton, J. 2005. Global Warming. *Reports on Progress in Physics*, , 68: 1343-1403.
- Hunt, C.A.G. 2009. Carbon sinks and climate change. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK, 2009, pp. 207-212.
- Lisle, j. 2006. Google Earth: a new geological resource. *Geology Today*, Volume 22 (1): 29-32.
- Liua, X., Li, X. 2012. Carbon storage and sequestration by urban forests in Shenyang, China. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11: 121 -128.
- Löf, M., Madsen, P., Metslaid, M., Witzell, J., Jacobs, D.F. 2019. Restoring forests:

The combination of field inventory and Google Earth to estimate the biomass and carbon storage of Iranian oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) (Case study: Dadabad region, Lorestan province)

Mohsen Yousofvand Mofrad¹, Javad Soosani^{2*}, Hamed Naghavi³, Kambiz Abrari Vajari⁴ and Naghi Shaabani⁵

¹ PhD Student, Forestry Dept, Faculty of Agriculture and Natural Resources Lorestan University, Khorramabad

² Associate professor., Forestry Dept, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad

³ Assistant prof., Forestry Dept, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan, Khorramabad

⁴ Associate Prof., In Silviculture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad

⁵ Assistant prof., Forestry Dept, Faculty of Natural Resources, Kurdistan University, Sanandaj

Received: 2023/04/20; Accepted: 2023/06/13

Abstract

Zagros forests cover a large area of the Iran and play an important role in soil protection storing underground water and other socio-economic services. Forests play an important role in the natural storage of carbon on a global scale and their protection is one of the important and sustainable strategies to deal with global warming. Therefore, the sustainable management of these areas requires information to understand and predict the changes of these forests. This research aimed to estimate the biomass and amount of carbon storage of Iranian oak trees, which are one of the most important elements of the Zagros forests, by using the combination of field inventory and Google Earth images. According to the results of the previous study in this area, the average diameter of the crown is a suitable variable for estimating the biomass of the Iranian oak species. For this purpose, the average diameter of the crown of the Iranian oak trees in the Dadabad region of Lorestan in an area of 488 hectares, using Google Earth images by ImageJ software was measured. The results showed that the amount of biomass on the ground for the Iranian oak species was 9.68 tons per hectare. Also, the amount of carbon storage estimated for the oak forests 6.427 tons per hectare. The results of this study and its comparison with other studies showed that non-destructive methods such as remote sensing and the use of satellite images and their integration with local allometric equations, allow the estimation of the amount of biomass and carbon storage in large areas with proper accuracy.

Keywords: Biomass, Google Earth, Local allometric equations, Non-destructive methods, *Quercus brantii*.

* Corresponding author's E-mail: soosani.j@lu.ac.ir