

ارزیابی روش‌های اندازه‌گیری تاج درختان شاخه‌زاد در جنگل‌های زاگرس با استفاده از تصاویر هوایی UltraCam-D

❖ سید یوسف عرفانی فرد*: استادیار، بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
❖ معصومه موصولو: دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیده

تاج پوشش مهم‌ترین ویژگی زیست‌سنجی مورد استفاده در مدیریت جنگل‌های زاگرس بوده که اندازه‌گیری این ویژگی در درختان شاخه‌زاد با شکل تاج نامتقارن اهمیت بیشتری دارد. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی صحت و دقت روش‌های میدانی تعیین مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی و امکان برآورد قطر متوسط تاج این درختان با استفاده از تصاویر هوایی UltraCam-D انجام گرفت. بدین منظور، در یک محدوده به مساحت ۳۰ هکتار در جنگل‌های بلوط ایرانی در جنگل‌های استان کهگیلویه و بویراحمد دو قطر بزرگ و کوچک تاج ۱۲۵ پایه درخت بلوط ایرانی شاخه‌زاد اندازه‌گیری شد. مساحت تاج هریک از آن‌ها نیز از تصاویر هوایی UltraCam-D منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. سپس دو شکل بیضی و دایره و دو روش محاسبه قطر تاج متوسط هندسی و حسابی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد مساحت واقعی تاج درختان با هریک از روش‌های اشاره شده اختلاف معنی‌داری نداشته و از صحت کافی برخوردارند. البته محاسبه مساحت تاج درختان مذکور با شکل دایره با قطر متوسط حسابی، ۸/۹ درصد، و با شکل دایره با قطر متوسط هندسی و شکل بیضی، ۷/۷ درصد بیشتر از مقدار واقعی بود. همچنین استفاده از شکل بیضی بیشترین دقت را در برآورد مساحت تاج در مقایسه با دو روش دیگر ارائه داد. برآورد قطر متوسط تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی نیز از روی تصاویر هوایی مذکور و با استفاده از یک مدل درجه سوم بدون اختلاف معنی‌دار از مقدار واقعی ممکن است.

واژگان کلیدی: بلوط ایرانی، تاج پوشش، تصاویر هوایی UltraCam-D، زاگرس، شاخه‌زاد، شکل تاج بیضی، شکل تاج دایره.

مقدمه

چوب قابل استفاده در صنایع نیست و با توجه به ساختار این جنگل‌ها، مشخصه تاج پوشش به‌عنوان عاملی مناسب برای مطالعه و پایش آن‌ها انتخاب شد [۱۰، ۱۲، ۱۵]. بنابراین، مطالعه دقیق این مشخصه مهم زیست‌سنجی بیش از پیش ضروری به‌نظر می‌رسد.

محققان روش‌های متعددی را در مطالعات میدانی برای اندازه‌گیری مساحت تاج درختان به‌کار برده‌اند. به‌طور کلی، برای این منظور از دو شکل دایره و بیضی استفاده می‌شود. این روش‌های متفاوت محاسبه، می‌تواند در پاسخ به اشکال متفاوت تاج درختان در جنگل باشد. بدین‌صورت که با توجه به شکل تاج، که به‌صورت متقارن (دایره‌ای) باشد یا نامتقارن و گسترده (حالت نزدیک‌تر به شکل بیضی)، روش محاسبه آن متفاوت می‌شود [۲، ۱۶، ۱۷]. در رویشگاه جنگلی زاگرس، درختان دانه‌زاد شکل متقارن و منظم دارند و برای بررسی تاج پوشش در این توده‌ها، شکل دایره برای تاج درختان تصور شد و با اندازه‌گیری قطرهای کوچک و بزرگ (قطرهای عمود بر هم) و محاسبه متوسط آن‌ها، ویژگی مذکور اندازه‌گیری شد [۱۸-۲۰]. در برخی از بررسی‌ها در زاگرس [۷، ۱۰] و سایر مناطق [۲۱-۲۳] نیز شکل دایره برای تاج درختان در نظر گرفته شد که این موضوع بدون توجه به فرم رویشی آن‌ها بوده است. ساختار جنگل‌های زاگرس، بر اثر تخریب وسیع و ممتد این جنگل‌ها طی حدود ۵۰ قرن بهره‌برداری مستمر، از فرم رویشی دانه‌زاد به توده‌های شاخه‌زاد تبدیل شده است که به‌دلیل وجود جست‌گروه‌ها در این فرم رویشی، درختان دارای تاج کشیده و بیضی‌شکلی‌اند که آن‌ها را از درختان دانه‌زاد متمایز می‌کند [۱۰، ۲۴، ۲۵]. توجه به فرم رویشی شاخه‌زاد به‌عنوان فرم غالب در جنگل‌های زاگرس، از این حیث که برای اندازه‌گیری سطح تاج پوشش در

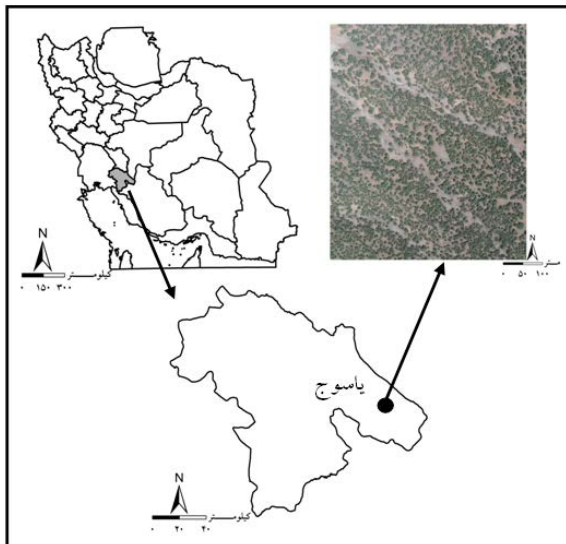
جنگل از پیچیده‌ترین بوم‌سازگان زمین است که از اجزای مختلفی تشکیل شده که بدنه آن‌ها را درختان و درختچه‌ها تشکیل می‌دهند. مدیریت پایدار یک جامعه جنگلی نیازمند اطلاعات به‌روز، صحیح، و دقیق، به‌همراه جزئیات کافی از درختان و جامعه آن‌هاست. این اطلاعات را می‌توان از طریق روش‌های مناسب آماربرداری به‌دست آورد [۱، ۲]. تاج پوشش از مشخصه‌های زیست‌سنجی چندمنظوره است که در تشخیص گونه‌های گیاهی، ارزیابی خرداقلیم بوم‌سازگان‌های جنگلی، و برآورد متغیرهای کاربردی، نظیر شاخص سطح برگ، اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین مطالعه تاج پوشش درختان در جنگل کاربردهای مهم بوم‌شناختی مانند ارزیابی تغییرات ترسیب کربن در جنگل و کاربردهای اقتصادی دارد [۳-۶]. به‌سبب این اهمیت، برآورد سطح تاج درختان در جنگل، به‌عنوان نسبتی از کف جنگل، که به‌وسیله تصویر عمودی تاج درختان پوشیده شده است، در بسیاری از برنامه‌های آماربرداری جنگل گنجانده شده است [۴، ۷، ۸]. بنابراین، این پژوهش با توجه به ضرورت انتخاب روش بهینه آماربرداری تاج درختان، به‌ویژه در درختان شاخه‌زاد با شکل تاج نامتقارن [۹]، انجام گرفت.

جنگل‌های زاگرس از مناطق مهم و باارزش منابع طبیعی ایران است. این جنگل‌ها بخش وسیعی از سلسله‌جبال زاگرس را شامل می‌شوند که با عنوان جنگل‌های نیمه‌خشک طبقه‌بندی شده‌اند و ۴۰ درصد کل جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده‌اند [۱۰-۱۲]. با توجه به اهمیت این جنگل‌ها به لحاظ بوم‌شناختی، اقتصادی، و اجتماعی، مدیریت آن‌ها در چهارچوب یک سیاست جنگل‌داری منسجم کاملاً ضروری به‌نظر می‌رسد [۱۲-۱۴]. از آنجا که پوشش گیاهی موجود در جنگل‌های زاگرس قادر به تولید

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان کهگیلویه و بویراحمد است. این محدوده پوشیده از درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی است که امکان اندازه‌گیری‌های مورد نیاز این پژوهش را فراهم می‌آورد. مساحت محدوده انتخاب شده ۳۰ هکتار و به ابعاد ۶۰۰×۵۰۰ متر است. مختصات جغرافیایی منطقه تحقیق از ۳۶° ۴۲' تا ۵۱° ۳۷' ۰۱" طول شرقی و از ۳۱° ۳۷' تا ۳۰° ۳۷' ۵۱" عرض شمالی است (شکل ۱) [۷].



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کهگیلویه و بویراحمد و تصویر هوایی آن

مساحت منطقه مورد مطالعه بر مساحت یک قطعه از تصویر هوایی UCD برداشت شده از این منطقه نزدیک منطبق است. براساس منحنی آمبروترمیک ایستگاه یاسوج، بیش از ۸۱ درصد بارندگی در نیمه دوم سال اتفاق می‌افتد. این مسئله در کنار حرکت بخش عمده‌ای از آب روی سطح به سبب قابلیت اندک نفوذ خاک بر اثر کوبیدگی، تأثیر به‌سزایی در تشکیل جنگل‌های تنک با تاج پوشش کم داشته است. متوسط بارندگی سالیانه ۹۰۲/۹ میلی‌متر،

توده‌های شاخه‌زاد باید از روش‌های متفاوتی در مقایسه با توده‌های دانه‌زاد استفاده کرد، اهمیت دارد. در این پژوهش فرض بر این است که تاج درختان شاخه‌زاد متفاوت از درختان دانه‌زاد بوده و به شکل بیضی نزدیک‌تر است و استفاده از فرمول محاسبه مساحت بیضی نتایج صحیح‌تری ارائه می‌کند. البته در نظر گرفتن شکل بیضی برای درختان شاخه‌زاد در برخی تحقیقات به چشم می‌خورد [۹، ۲۶، ۲۷]؛ در حالی که در جنگل‌های زاگرس به این مسئله توجه نمی‌شده است. بنابراین، بررسی مقایسه‌ای روش‌های اندازه‌گیری مساحت تاج درختان و انتخاب شکل بهینه تاج برای درختان شاخه‌زاد جنگل‌های زاگرس ضروری به نظر می‌رسد. در مطالعات میدانی برای اندازه‌گیری مساحت تاج درختان باید با دید عمودی، قطرهای بزرگ و کوچک را در دو جهت عمود بر هم اندازه‌گیری کرد [۱۹، ۲۸، ۲۹] که این موضوع در توده‌های شاخه‌زاد با درختان دارای تاج نامتقارن و بیضی شکل دشواری‌های بیشتری را به همراه دارد. بهترین راه مطالعه تاج درختان و اندازه‌گیری مساحت آن‌ها استفاده از داده‌های سنجش از دور است [۳۰ - ۳۲] که این داده‌ها امکان تعیین مساحت تاج درختان را با فراهم آوردن دید از بالا ممکن می‌کنند [۳۳ - ۳۵]. در این پژوهش از تصاویر هوایی UltraCam-D برای این منظور استفاده شد. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی صحت و دقت روش‌های اندازه‌گیری سطح تاج درختان در توده‌های شاخه‌زاد با شکل تاج نامتقارن با استفاده از تصاویر هوایی UltraCam-D انجام گرفت تا شکل مناسب و روش اندازه‌گیری مطلوب مساحت تاج درختان شاخه‌زاد در زاگرس تعیین شود. علاوه بر این، امکان برآورد متوسط قطر تاج درختان شاخه‌زاد با استفاده از ارائه مدل‌های مناسب روی داده‌های سنجش از دور بررسی شد.

محدوده مورد مطالعه از موزاییک نهایی استخراج شد. پس از تفسیر تصویر هوایی مربوطه و مشاهده تمام درختان منطقه مورد مطالعه، تعداد ۱۲۵ درخت شاخه‌زاد بلوط ایرانی در منطقه مورد مطالعه وجود داشت که محدوده تاج آن‌ها مشخص بود و فاقد پوشش مشترک با درختان اطراف بودند و برای انجام این پژوهش انتخاب شدند. سپس با تکیه بر توان تفکیک مکانی بالای تصویر مذکور، مرز تاج درختان منتخب در سامانه اطلاعات مکانی با دقت بالا به شکل چندضلعی ثبت شد و مساحت هریک از آن‌ها محاسبه و به‌عنوان مساحت واقعی تاج آن‌ها در نظر گرفته شد. همچنین نقشه مکانی تاج این درختان برای انجام عملیات میدانی در سامانه اطلاعات مکانی تهیه شد. با توجه به محدوده کم مورد بررسی (۳۰ هکتار) و در اختیار داشتن نقشه مکانی هریک از درختان هدف و نقشه توپوگرافی منطقه، امکان یافتن درختان انتخاب‌شده روی تصویر در عملیات میدانی فراهم شد.

در مرحله بعد، دو قطر کوچک و بزرگ (قطرهای عمود بر هم) برای ۱۲۵ درخت شاخه‌زاد انتخاب‌شده در آماربرداری میدانی اندازه‌گیری شد. در این پژوهش، برای برآورد مساحت تاج درختان دو روش به‌کار رفت. با توجه به اینکه در اکثر تحقیقات انجام‌شده [۱۸-۲۰] از شکل دایره برای تاج درختان شاخه‌زاد استفاده شده، این روش مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفت (رابطه ۱) [۱۸، ۳۷].

$$CC = \frac{\pi}{4} CD^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه ۱، CC نشان‌دهنده مساحت تاج پوشش و CD نماد قطر متوسط تاج است. برای محاسبه قطر متوسط از دو قطر بزرگ و کوچک اندازه‌گیری شده، می‌توان از دو روش میانگین‌گیری استفاده کرد. در روش اول از میانگین حسابی قطرهای بزرگ و کوچک در محاسبات استفاده می‌شود (رابطه ۲) [۱۸].

میانگین دمای سالیانه ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد، و طول مدت خشکی پنج ماه در سال است. بنابراین، این منطقه به لحاظ اقلیمی نیمه‌مرطوب است [۱۰].

تصاویر هوایی UltraCam-D

تصاویر هوایی UltraCam-D (UCD) با توان تفکیک مکانی بسیار بالا (۶ سانتی‌متر) امکان اندازه‌گیری بسیار دقیق مساحت تاج درختان را در سامانه اطلاعات مکانی ممکن می‌کند. تصاویر هوایی UCD موجود در ایران را سازمان جغرافیایی ارتش تهیه کرده است. دوربین مورد استفاده برای تهیه این تصاویر دارای فاصله کانونی ۱۰۱/۴ میلی‌متر و زاویه دید ۳۷° بوده و تصاویرهای این دوربین ۱۱۵۰۰×۷۵۰۰ سلول با ابعاد ۹ میکرون است که داده‌ها را در ۵ باند پانکروماتیک، آبی، سبز، قرمز، و مادون قرمز نزدیک تولید می‌کند [۳۶]. با توجه به زاویه دید (IFOV) کوچک دوربین UCD، مساحت محدود تحت پوشش در هر تصویر (حدود ۳۰ هکتار)، و ارتفاع پرواز نزدیک به ۷۰۰ متر، مقدار جابه‌جایی بسیار کمتر از عکس‌های هوایی معمولی شد و امکان اندازه‌گیری مساحت با استفاده از تصویر عمودی تاج با حداقل جابه‌جایی فراهم شد. تصویر UCD مورد استفاده در این پژوهش در اول دی ۱۳۸۷ با مقیاس متوسط ۱:۷۰۰۰ تهیه شده است.

روش کار

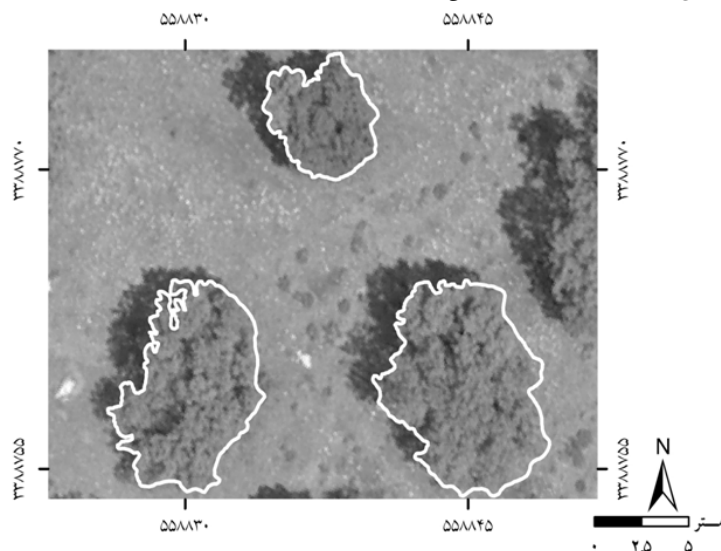
برای دستیابی به اهداف این پژوهش، آگاهی از مساحت دقیق تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی در منطقه مورد مطالعه ضروری بود که باید از روی تصویر هوایی UCD تعیین می‌شد. ابتدا، این تصاویر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و با خطای جذر میانگین مربع‌های (RMSE) ۰/۲۸ (X سلول) و ۰/۰۹ (Y RMSE) تصحیح هندسی شد و دارای مختصات جغرافیایی شد. سپس

محاسبه مساحت تاج بر روی تصویر هوایی، و Sx_2 انحراف از معیار حاصل از محاسبه تاج پوشش به روش زمینی است. در نهایت، از df و t به دست آمده از رابطه ۵ در جدول استفاده شد و معنی‌داری اختلاف میانگین‌های روش‌های مورد استفاده با میانگین واقعی بررسی شد.

از آنجا که اندازه‌گیری قطر متوسط تاج نامتقارن درختان شاخه‌زاد در مطالعات میدانی با دشواری همراه است، امکان برآورد آن با استفاده از ایجاد یک مدل مناسب نیز بررسی شد. با استفاده از اطلاعات موجود شامل مساحت دقیق تاج درختان روی تصویر هوایی و متوسط قطر تاج همان درختان به دو روش هندسی و حسابی، مدل‌های ریاضی مختلف تهیه شد و براساس مقدار ضریب همبستگی‌شان مقایسه شدند.

نتایج

پس از تعیین محدوده تاج هریک از درختان بررسی شده در سامانه اطلاعات مکانی (شکل ۲)، نتایج اندازه‌گیری نشان داد متوسط مساحت واقعی تاج ۱۲۵ درخت شاخه‌زاد بلوط ایرانی در منطقه مورد مطالعه $29/67 \pm 18/19$ متر مربع است. از این متوسط مساحت به‌عنوان واقعیت زمینی و مبنای مقایسه در سایر روش‌های مورد بررسی استفاده شد.



شکل ۲. تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی که مرز آن‌ها روی تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه مشخص شده است.

$$\overline{CD}_m = \frac{\sum CD_1 + CD_2}{2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه ۲ CD_1 نشان‌دهنده قطر بزرگ و CD_2 نشان‌دهنده قطر کوچک است. در روش دوم، برای میانگین هندسی قطرهای بزرگ و کوچک برای محاسبه مساحت تاج درختان از شکل دایره استفاده می‌شود (رابطه ۳) [۳۷].

$$\overline{CD}_g = \sqrt[2]{CD_1 * CD_2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

همان‌طور که اشاره شد، شکل تاج درختان شاخه‌زاد به دلیل وجود جست‌گروه‌ها، نامتقارن بوده و به شکل بیضی نزدیک‌تر است. بنابراین، در این پژوهش، علاوه بر شکل دایره، شکل بیضی نیز برای تعیین مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بررسی شد (رابطه ۴) [۱۸].

$$CC = \frac{\pi}{4} (CD_1 * CD_2) \quad \text{رابطه (۴)}$$

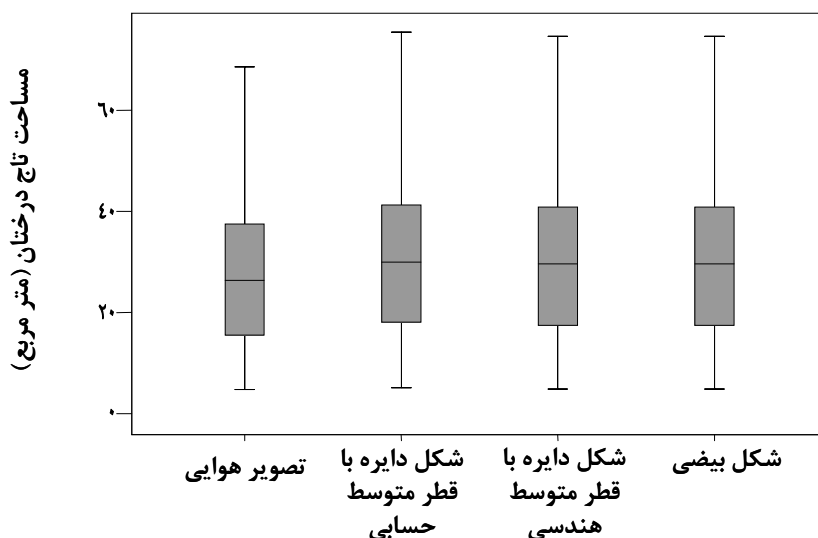
برای بررسی معنی‌داری اختلاف بین مقدار مساحت واقعی تاج درختان شاخه‌زاد و نتایج حاصل از هریک از سه روش مورد استفاده از آزمون t -test استفاده شده است (رابطه ۵) [۳۷، ۱۸].

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_{\bar{x}_i}}; df = n_1 - 1 \quad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه ۵، میانگین \bar{x}_1 حاصل از محاسبه مساحت تاج به روش زمینی؛ \bar{x}_2 میانگین حاصل از

میانگین مساحت تاج این درختان با شکل دایره با قطر متوسط حسابی و هندسی به ترتیب $\pm ۱۹/۹۰$ و $۳۲/۵۶ \pm ۱۸/۶۳$ متر مربع است (جدول ۱). برای ارزیابی صحت هر یک از روش‌های مورد استفاده، میانگین مساحت تاج درختان به دست آمده از دو شکل دایره و بیضی و دو روش محاسبه میانگین قطر با مقدار واقعی آن‌ها ($۲۹/۶۷$ مترمربع) با استفاده از آزمون t مقایسه شد و نتایج نشان داد در سطح ۵ درصد هیچ اختلاف معنی داری به لحاظ آماری بین آن‌ها وجود ندارد (جدول ۲).

نمودار جعبه‌ای روش‌های اشاره شده در روش کار نشان داد میانه و دامنه تغییرات داده‌ها در دو شکل بیضی و دایره با قطر متوسط هندسی کاملاً مشابه‌اند (شکل ۳). همچنین دامنه تغییرات داده‌ها در شکل دایره با قطر متوسط حسابی اندکی بیشتر از دو روش قبلی است. در هر سه روش میانه بیشتر و دامنه تغییرات داده‌ها گسترده‌تر از مقدار واقعی میانگین مساحت تاج درختان است (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی مورد بررسی با شکل بیضی دارای میانگین $۱۷/۰۴ \pm ۳۲/۱۲$ متر مربع است.



شکل ۳. نمودار جعبه‌ای محاسبه مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی به چهار روش مورد استفاده

جدول ۱. محاسبات مربوط به میانگین مساحت تاج درختان شاخه‌زاد با سه روش اندازه‌گیری

روش	میانگین (متر مربع)	اشتباه معیار	اشتباه آماری برداری	درصد اشتباه آماری برداری
دایره با قطر متوسط حسابی	۳۲/۵۶	۱/۷۸	۳/۴۹	۱۰/۷
دایره با قطر متوسط هندسی	۳۲/۱۲	۱/۶۷	۳/۲۷	۱۰/۲
بیضی	۳۲/۱۲	۱/۵۲	۲/۹۹	۹/۳

جدول ۲. مقایسه آماری میانگین مساحت واقعی تاج درختان با هر یک از روش‌های اندازه‌گیری

روش	میانگین (متر مربع)	آماره t	معنی داری (در سطح ۵ درصد)
دایره با قطر متوسط حسابی	۳۲/۵۶	۱/۷۶	غیر معنی دار
دایره با قطر متوسط هندسی	۳۲/۱۲	۱/۵	غیر معنی دار
بیضی	۳۲/۱۲	۱/۵	غیر معنی دار

به‌منظور برآورد قطر متوسط تاج درختان مورد بحث، استفاده از مدل‌های ریاضی بررسی شد. پیش از تهیه مدل مناسب برای برآورد ویژگی مذکور از روی مساحت تاج آن درخت در تصویر هوایی UCD، ابتدا همبستگی این دو متغیر بررسی شد (جدول ۳). با توجه به وجود همبستگی معنی‌دار، مدل‌های مختلف برای این منظور استفاده شد (جدول ۴). این مدل‌ها با استفاده از اطلاعات مربوط به ۸۵ درخت اندازه‌گیری شده (از ۱۲۵ درخت) تهیه شدند.

جدول ۳. همبستگی مساحت تاج درختان روی تصویر هوایی UCD و قطر متوسط تاج

قطر متوسط تاج به روش حسابی		قطر متوسط تاج به روش هندسی		متغیر
معنی‌داری	ضریب همبستگی	معنی‌داری	ضریب همبستگی	
(در سطح ۱ درصد)		(در سطح ۱ درصد)		
معنی‌دار	۰/۹۷۵	معنی‌دار	۰/۹۷۵	مساحت تاج درخت روی تصویر هوایی UCD

جدول ۴. ضریب همبستگی مدل‌های مختلف برازش شده برای برآورد قطرهای هندسی و حسابی از روی مساحت تاج اندازه‌گیری شده در تصویر هوایی UCD

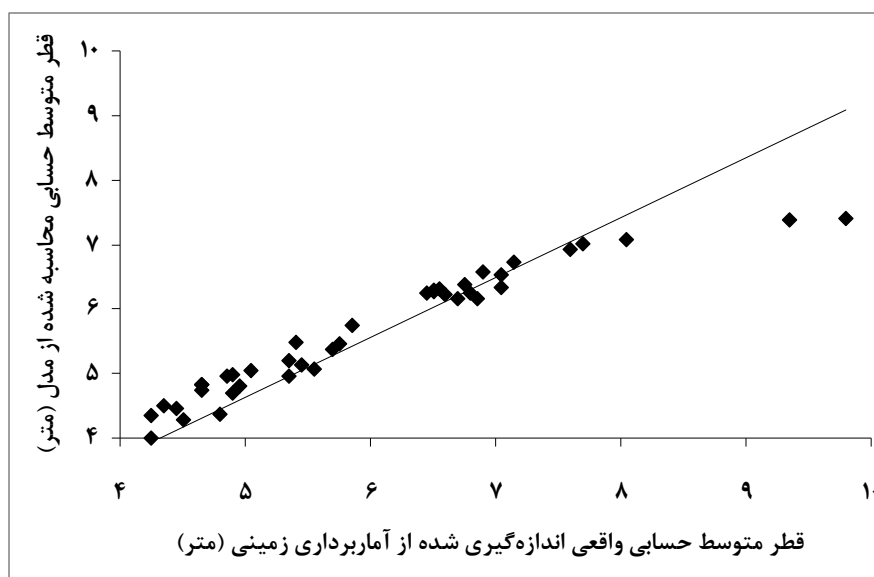
مدل	قطر متوسط هندسی تاج	معنی‌داری	قطر متوسط حسابی تاج	معنی‌داری
	(در سطح ۵ درصد)		(در سطح ۵ درصد)	
خطی	۰/۹۴۷	معنی‌دار	۰/۹۴۸	معنی‌دار
لگاریتمی	۰/۹۴۶	معنی‌دار	۰/۹۴۷	معنی‌دار
معکوس	۰/۷۱۵	معنی‌دار	۰/۷۱۵	معنی‌دار
درجه دوم	۰/۹۷۶	معنی‌دار	۰/۹۷۷	معنی‌دار
درجه سوم	۰/۹۷۹	معنی‌دار	۰/۹۸	معنی‌دار
مرکب	۰/۸۴۱	معنی‌دار	۰/۸۴۵	معنی‌دار
توانی	۰/۹۷۱	معنی‌دار	۰/۹۷۲	معنی‌دار
منحنی S	۰/۸۵۳	معنی‌دار	۰/۸۵۲	معنی‌دار
منحنی رشد	۰/۸۴۱	معنی‌دار	۰/۸۴۵	معنی‌دار
نمایی	۰/۸۴۱	معنی‌دار	۰/۸۴۵	معنی‌دار
لجستیک	۰/۸۴۱	معنی‌دار	۰/۸۴۵	معنی‌دار

۰/۹۲۶ بوده که تحلیل پراش آن (ANOVA) معنی‌داری این همبستگی را در سطح ۵ درصد تأیید کرد ($F=۴۷۴/۹۹$ ، $Sig=۰/۰۰۰$). همچنین، میانگین قطر متوسط هندسی برآوردشده با استفاده از مدل پیشنهادی در این پژوهش (جدول ۵) با مقدار واقعی آن دارای همبستگی ۰/۹۳۷ بوده که تحلیل پراش این همبستگی، معنی‌داری آن را نیز در سطح ۵ درصد تأیید نمود ($F=۵۶۴/۷۸$ ، $Sig=۰/۰۰۰$).

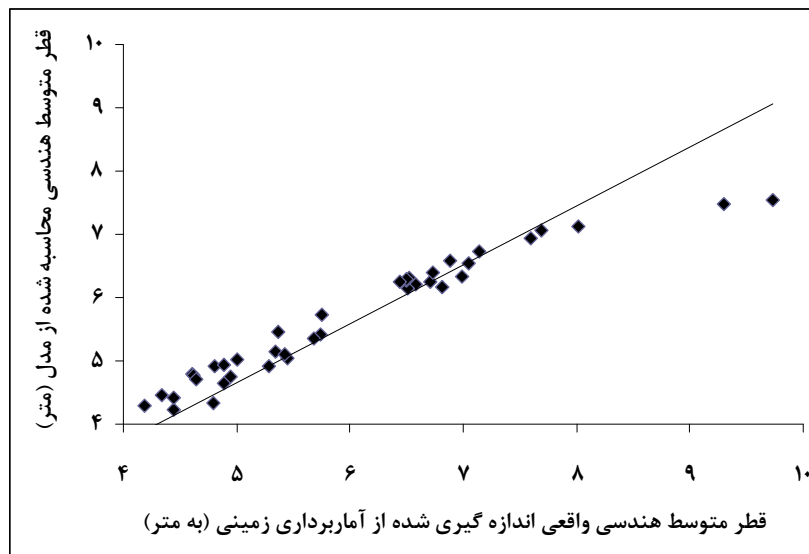
نتایج نشان داد مدل درجه سوم بیشترین میزان همبستگی را در برآورد قطر هندسی و حسابی دارد که در ادامه به کار رفت (جدول ۵). سپس، کارایی هر یک از آن‌ها با استفاده از اطلاعات مربوط به ۴۰ درخت، که در فرایند تهیه مدل مورد استفاده قرار نگرفته بودند، آزمون شدند (شکل ۴ و ۵). نتایج نشان داد میانگین قطر متوسط حسابی برآوردشده در این درختان با استفاده از مدل پیشنهادی در این پژوهش (جدول ۵) با مقدار واقعی آن دارای همبستگی

جدول ۵. مدل‌های برآورد قطر متوسط حسابی (CD_m) و هندسی (CD_g) با استفاده از مساحت تاج اندازه‌گیری شده روی تصویر هوایی UCD

مدل	متغیر وابسته
$CD_m = ۲/۳۸۹ + ۰/۱۷۸CC - ۰/۰۰۲CC^۲ + ۰/۰۰۰۰۰۶۹۱CC^۳$	قطر متوسط حسابی
$CD_g = ۲/۳۱۵ + ۰/۱۸CC^۲ - ۰/۰۰۲CC^۲ + ۰/۰۰۰۰۰۷۰۵CC^۳$	قطر متوسط هندسی



شکل ۴. نمودار یک به یک قطر متوسط حسابی برآوردشده با استفاده از مدل پیشنهادی و مقدار واقعی آن



شکل ۵. نمودار یک به یک قطر متوسط هندسی برآوردشده با استفاده از مدل پیشنهادی و مقدار واقعی آن

نیز تأیید شد [۴، ۲۲، ۳۱]. مقایسه نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری روی تصویر هوایی مذکور و مطالعات میدانی نشان داد میانگین مساحت تاج به دست آمده از مطالعات میدانی با استفاده از دو شکل دایره‌ای و بیضی و در شکل دایره‌ای با دو روش محاسبه قطر متوسط حسابی و هندسی با مساحت تاج اندازه‌گیری شده روی تصویر هوایی UCD اختلافی به لحاظ آماری در سطح ۵ درصد ندارند (جدول‌های ۱ و ۲)؛ اگرچه دامنه تغییرات و میانگین سه روش به کاررفته با مقدار واقعی اندکی اختلاف داشت (شکل ۳). بنابراین، پس از اندازه‌گیری دو قطر کوچک و بزرگ عمود بر هم تاج هر درخت شاخه‌زاد در مطالعات میدانی، می‌توان از هر یک از این سه روش استفاده کرد. البته نتایج نشان داد محاسبه میانگین مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی با استفاده از شکل دایره با قطر متوسط حسابی (۳۲/۵۶ مترمربع)، ۸/۹ درصد، و با شکل دایره با قطر متوسط هندسی و شکل بیضی (۳۲/۱۲ مترمربع)، ۷/۷ درصد مساحت تاج را بیشتر از مقدار واقعی آن (۲۹/۶۷ مترمربع) برآورد می‌کند. این نتیجه‌گیری با مطالعه مشابه قبلی [۲۲] مطابقت دارد؛ البته آن‌ها این

نتیجه‌گیری

تاج پوشش درختان پهن‌برگ از عوامل اندازه‌گیری شده در ارزیابی کارایی مدیریت جنگل و همچنین مطالعات بوم‌شناختی توده‌های جنگلی محسوب می‌شود [۳۴، ۳۸، ۳۹]. با توجه به اهمیت مطالعه تاج درختان از طرفی، و کارایی این ویژگی زیست‌سنجی مهم در مدیریت جنگل‌های زاگرس از طرف دیگر، این تحقیق با هدف مطالعه روش‌های برآورد مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی - به عنوان مهم‌ترین گونه جنگل‌های زاگرس - انجام گرفت. برای دستیابی به اهداف این پژوهش از تصاویر هوایی UCD استفاده شد. ویژگی‌های تصویربرداری - که پیش از این اشاره شد - و نیز محدوده تقریباً مسطح منطقه مورد مطالعه (تغییرات ارتفاعی ۱۸۶۰ تا ۱۹۲۰ متر)، این تصاویر را برای این تحقیق مناسب کرد. بنابراین، مساحت تاج به دست آمده از این تصاویر به عنوان مساحت واقعی تاج درختان در نظر گرفته شد. استفاده از داده‌های سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا برای اندازه‌گیری مساحت تاج درختان در سایر مطالعات

متوسط تاج نامتقارن این درختان از روی مساحت تاج در تصاویر هوایی UCD وجود دارد (جدول ۳). این نتیجه‌گیری با مطالعات فنسهام و همکاران [۲۹] و کاریراس و همکاران [۳۰] از این جنبه مطابقت دارد که آن‌ها نیز برآورد مشخصات تاج را با استفاده از مدل‌های به‌دست‌آمده از داده‌های سنجش از دور تأیید کرده‌اند. البته مقیاس داده‌های سنجش از دور بر صحت برآورد قطر تاج درختان با استفاده از آن‌ها نیز تأثیرگذار است. کوهل و همکاران [۳۹] معتقدند مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ برای این موضوع کوچک است و به همین علت در این پژوهش از مقیاس ۱:۷۰۰۰ استفاده شد که صحت و دقت نتایج، مناسب‌بودن این مقیاس را تأیید می‌کند. پس از بررسی مدل‌های مختلف خطی و غیرخطی (جدول ۴)، مدل درجه سوم با حداکثر همبستگی معنی‌دار در هر دو روش قطر متوسط حسابی و هندسی انتخاب شد (جدول ۵). برای بررسی کارایی مدل‌های ارائه‌شده، اطلاعات مربوط به درختان بلوط ایرانی شاخه‌زاد که در روند ساخت مدل‌ها استفاده نشده بودند به‌کار رفت. نتایج نشان داد مدل‌های پیشنهادی در این پژوهش قادرند قطر متوسط تاج نامتقارن درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی را بدون اختلاف معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) از مقدار واقعی برآورد کنند (شکل ۴ و ۵). به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت استفاده از دو شکل دایره و بیضی و دو روش محاسبه قطر متوسط حسابی و هندسی، امکان برآورد مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی را با صحت مقبول و بدون اختلاف معنی‌دار از مقدار واقعی فراهم می‌آورد. از طرف دیگر، مقایسه دقت سه روش اشاره‌شده نشان داد کاربرد شکل بیضی برای برآورد مساحت تاج درختان مورد بررسی دقت بیشتری در مقایسه با دو روش دیگر دارد؛ اگرچه صحت آن‌ها تأیید نشده است (جدول ۲). این دستاورد با سایر مطالعات انجام‌شده

تفاوت را ۱۶ درصد به‌دست آوردند که به‌نظر می‌رسد این اختلاف ناشی از نوع درختان مورد بررسی (کاج و نوئل) در مقایسه با این پژوهش (بلوط ایرانی شاخه‌زاد) است. اگرچه به لحاظ آماری اختلافی بین سه روش به‌کاررفته برای اندازه‌گیری مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی با مقدار واقعی در این پژوهش وجود ندارد و کلیه روش‌ها از صحت لازم برخوردارند (جدول ۲)، دقت شکل بیضی در برآورد مساحت تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی در مطالعات میدانی بیشتر از سایر روش‌هاست (جدول ۱). بنابراین، با وجود نتایج به‌دست‌آمده - که از صحت لازم برخوردارند - برای اندازه‌گیری دقیق‌تر مساحت تاج درختان مورد بررسی باید از شکل بیضی استفاده کرد. پس از آن می‌توان از شکل دایره با قطر متوسط هندسی استفاده کرد و کاربرد شکل دایره با قطر متوسط حسابی کمترین دقت را بین این سه روش دارد. این نتیجه‌گیری با مطالعات انجام‌شده [۹، ۲۶، ۲۷]، که بر استفاده از شکل بیضی در اندازه‌گیری مساحت تاج درختان شاخه‌زاد تأکید کرده‌اند، مطابقت دارد. اگرچه در سایر مطالعات، فرم رویشی درخت در اندازه‌گیری مساحت تاج در نظر گرفته نشده است [۲۰، ۲۱، ۲۳]. قطر متوسط تاج به‌عنوان یکی از عوامل مهم در برآورد زی‌توده با استفاده از مدل‌های مختلف و اندازه‌گیری رویش در مدیریت جنگل به‌کار می‌رود [۴، ۳۹]. امکان برآورد این ویژگی روی تصاویر هوایی و ماهواره‌ای، این متغیر را به یکی از عوامل مهم در ارائه مدل‌های مختلف برآورد ویژگی‌های مختلف جنگل مانند حجم تبدیل کرده است [۳۰، ۳۹، ۴۰]. پیش از بررسی امکان برآورد قطر تاج درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی از روی تصاویر هوایی UCD، همبستگی این دو مؤلفه بررسی شد. نتایج نشان داد این دو عامل به‌طور معنی‌داری در سطح ۱ درصد همبسته بوده و امکان برآورد قطر

دوربین استفاده‌شده در آن، می‌توان ویژگی اشاره‌شده را با استفاده از روابط پیشنهادی با صحت و دقت مقبولی در منطقه مورد مطالعه این تحقیق ارزیابی کرد. البته ارزیابی نتایج این تحقیق برای درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی در سایر مناطق جنگل‌های زاگرس ضروری بوده و در تأیید نهایی آن‌ها مؤثر است.

روی جنس بلوط با فرم رویشی شاخه‌زاد مطابقت دارد [۹، ۲۶، ۲۷]. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد امکان برآورد قطر متوسط تاج نامتقارن درختان شاخه‌زاد بلوط ایرانی از روی تصاویر هوایی UCD با استفاده از مدل درجه سوم پیشنهادی در این پژوهش وجود دارد. با توجه به وجود تصاویر عمودی تاج درختان در تصاویر هوایی UCD به دلیل ویژگی‌های

References

- [1]. Kangas, A., and Maltamo, M. (2006). *Forest inventory*, Springer, The Netherlands.
- [2]. Ke, Y., and Quackenbush, L.J. (2009). Individual tree crown detection and delineation from high spatial resolution imagery using active contour and hill-climbing methods. *ASPRS Annual Conference*, March 9-13, Maryland, USA, pp. 2-11.
- [3]. Anttila, P. (2005). Assessment of manual and automated methods for updating stand-level forest inventories based on aerial photography. Ph.D. thesis, University of Joensuu, Finland.
- [4]. Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M., and Stenberg, P. (2006). Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica*, 40(4): 577-588.
- [5]. Chopping, M., Moisen, G.G., Su, L., Laliberte, A., Rango, A., Martonchik, J.V., and Peters, D.P.T. (2008). Large area mapping of southwestern forest crown cover, canopy height, and biomass using the NASA Multiangle Imaging Spectro-Radiometer. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 112: 2051-2063.
- [6]. Behbahani, N., Fallah Shamsi, S.R., Farzadmehr, J., Erfanifard, S.Y., and Ramazani Gask, M. (2009). Using vegetation indices of ASTER-L1B imagery to estimate single trees crown cover in arid rangelands, Case study: Tag-Ahmadshahi, Southern of Khorassan. *Iranian Journal of Rangeland*, 4(1): 93-103.
- [7]. Erfanifard, Y., Zobeiri, M., Fegghi, J., and Namiranian, M. (2007). Estimation of crown cover on aerial photographs using shadow index (Case study: Zagros forests, Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(3): 278-288.
- [8]. West, P.W. (2009). *Tree and forest measurement*, Springer, Germany.
- [9]. Adame, P., Hynynen, J., Canellas, I., and Rio, M. (2008). Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Wild.) coppices. *Journal Forest Ecology and Management*, 255: 1011-1022.
- [10]. Jazirehi, M.H., and Ebrahimi Rostaghi, M. (2003). *Silviculture in Zagros*, Tehran University Press, Tehran.
- [11]. Sagheb-Talebi, K., Sajedi, T., and Yazdian, F. (2003). *Forests of Iran*. Research Institute of Forest and Rangelands, No. 339, Tehran.
- [12]. Fattahi, M. (2005). Methods of management in Zagros forests. *Journal of Dehati*, 52(3): 23-42.
- [13]. Andarz, Z., Fallaf, A., Oladi, G., and Babaee, S. (2009). Mensuration of urban forests using aerial photographs. *Iranian Journal of Environment*, 35 (50): 55-62.
- [14]. Parma, R., and Shataee, S.H. (2010). Capability study on mapping the diversity and canopy cover density in Zagros forest using ETM+ images (Case study: Ghalajeh forests, Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest*, 2(3): 231-242.
- [15]. Negahdarsaber, M. (1993). Measurement of suitable parameters in the inventory of southern conservative Zagros forests. M.Sc. thesis, University of Tehran, Iran.
- [16]. Nasset, E., (2004). Practical large-scale forest stand inventory using a small-footprint airborne scanning laser. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19: 164-179.
- [17]. Greenberg, J.A., Dobrowski, S.Z., and Vanderbilt, V.C. (2009). Limitations on maximum tree density using hyperspatial remote sensing and environmental gradient analysis. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 113: 94-101.
- [18]. Namiranian, M. (2007). *Measurement of tree and forest biometry*, University of Tehran Press, Tehran.

- [19]. Haidari, R.H. (2008). *Distance sampling methods in forest inventory*, Razi University Press, Kermanshah.
- [20]. Talebi, M., Sagheb-Talebi, KH., and Jahanbazi, H. (2008). Site demands and some quantitative and qualitative characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Chaharmahal & Bakhtiari Province (western Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14(1): 67-79.
- [21]. Rudnicki, M., Silins, U., and Lieffers, V. (2004). Crown cover is correlated with relative density, tree slenderness and tree height in Logepole Pine. *Journal of Forest Science*, 50(3): 356-363.
- [22]. Lang, M. and Kurvits, V. (2007). Restoration of tree crown shape for canopy cover estimation. *Journal of Forestry Studies*, 46: 23-34.
- [23]. Salehi, A., Wilhelmsson, E., and Soderberg, U. (2008). Land cover changes in a forested watershed, southern Zagros, Iran. *Journal of Land Degradation & Development*, 19: 542-553.
- [24]. Aghakhani, S., and Metaji, A. (2009). The study of ecological seriate structure of Markazi province jungles (case study: Shazand city Oak jungles). *Journal of Plant Ecophysiology*, 1(3): 53-63.
- [25]. Bordbar, K., Sagheb-Talebi, Kh., Hamzehpour, M., Joukar, L., Pakparvar, M., and Abbasi, A.R. (2010). Impact of environmental factors on distribution and some quantitative characteristics of Manna Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Fars province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18 (3): 390-404.
- [26]. Logli, F., and Joffre, R. (2001). Individual variability as related to stand structure and soil condition in a Mediterranean oak coppice. *Journal of Forest Ecology and Management*, 142: 53-63.
- [27]. Garcia, M., and Retana, J. (2004). Effect of site quality and shading on sprouting patterns of holm oak coppices. *Journal of Forest Ecology and Management*, 188: 39-49.
- [28]. Zobeiri, M. (2007). *Forest inventory: measurement of tree and forest*, 2nd Ed., University of Tehran Press, Tehran.
- [29]. Fensham, R.J., Fairfax, J.E., Holman, J.E., and Whitehead, P.J. (2002). Quantitative assessment of vegetation structural attributes from aerial photography. *International Journal of Remote Sensing*, 23(11): 2293-2317.
- [30]. Carreiras, M.B., Pereira, M.C., and Pereira, S. (2006). Estimation of tree canopy cover in evergreen oak woodlands using remote sensing. *Journal of Forest Ecology and Management*, 223: 45-53.
- [31]. Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65: 2-16.
- [32]. Avery, E.T. (1977). *Interpretation of aerial photographs*. 3th. Burgess Publication, USA.
- [33]. Korpela, I. (2004). Individual tree measurements by means of digital aerial photogrammetry. *Silva Fennica Monographs*, 3, 93p.
- [34]. Bunting, P., and Lucas, R. (2006). The delineation of tree crowns in Australia mixed species forests using hyperspectral Compact Airborne Spectrographic Imager (CASI) data. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 101: 230-248.
- [35]. Zobeiri, M., and Majd, A. (2010). *An introduction to remote sensing technology and its application in natural resources*. 8th Ed., University of Tehran Press, Tehran.
- [36]. Sohrabi, H., Zobeiri, M., and Hosseini, S. (2009). Preparation of aerial volume table using visual interpretation of digital aerial images. *Iranian Journal of Forest and Wood Products*, 62(3): 261-274.
- [37]. Van Laar, A., and Akca, A. (2007). *Forest mensuration*, Springer, The Netherlands.

- [38]. Koukoulas, S. and Blackburn, G.A. (2005). Mapping individual tree location, height and species in broadleaved deciduous forest using airborne LIDAR and multi-spectral remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(3): 431-455.
- [39]. Kohl, M., Magnussen, S.S., and Marchetti, M. (2006). *Sampling methods, remote sensing and GIS multiresource forest inventory*, Springer, Germany.
- [40]. Pouliot, D.A., King, D.J., Bell, F.W., and Pitt, D.G. (2002). Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 82: 322-334.