بررسی صحت برآورد تراکم تاج‌پوشش با روش عکس‌برداری زمینی در یک توده خالص بلوط ایرانی

محمدجواد طاهری سرتشنیزی [۱]، علیرضا صالحی [۲،*]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه یاسوج
[۲] استادیار گروه جنگلداری، پژوهشکده منابع طبیعی و زیست‌محیطی دانشگاه یاسوج
[*]پست الکترونیک نویسنده مسئول: asalehi@mail.yu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۹)

چکیده

جهت بررسی صحت برآورد تراکم تاج‌پوشش با روش عکس‌برداری دیجیتال زمینی در یک توده خالص بلوط ایرانی شاخه و دانه‌زاد، ۱۶ قطعه نمونه دایره‌ای ۴/۹ آری در شبکه‌ای به ابعاد ۲۵ متر در ۲۵ متر در یک عرصه یک هکتاری جنگل آماربرداری شد. روش دیدروی عمودی برای ثبت حضور یا عدم حضور تاج‌پوشش با استفاده از دستگاهی مشابه کاجانوس تیوب به‌عنوان روش کنترل انتخاب شد. تعداد نه عکس دیجیتال زمینی به‌صورت قائم شامل یک عکس در مرکز قطعه نمونه، چهار عکس در جهات اصلی و چهار عکس در جهات فرعی جغرافیایی به ترتیب در فواصل هفت و هشت متری از مرکز قطعه نمونه گرفته شدند. در روش عکس‌برداری دیجیتال، از محاسبه نسبت پیکسل‌های تاج درختان به‌کل پیکسل‌های موجود، درصد مؤلفه تاج‌پوشش به‌دست آمد. این مؤلفه در روش استفاده از کاجانوس تیوب، از نسبت نقاطی که در آن‌ها تاج‌پوشش حضورداشته به تعداد کل نقاط در هر قطعه نمونه به‌دست آمد. نتیجه آزمون کروسکال – والیس حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین روش‌های مختلف برآورد مؤلفه تاج‌پوشش می‌باشد؛ اما از لحاظ برتری روش‌ها نسبت به هم روش پنج عکس دیجیتال در جهات اصلی، روش نه عکس دیجیتال و روش پنج عکس دیجیتال در جهات فرعی از لحاظ شاخص اریبی به‌ترتیب در رتبه‌های یک تا سه قرار گرفتند. روش‌های مختلف عکس‌برداری دیجیتال نسبت به روش کنترل مقدار مؤلفه تاج‌پوشش را کمتر برآورد می‌نمود.

واژه‌های کلیدی: برآورد تاج‌پوشش، زاگرس، عکس دیجیتال زمینی، دستگاه کاجانوس تیوب

مقدمه

از آنجایی‌که توده‌های جنگلی موجود در منطقه زاگرس قابلیت تولید چوب قابل استفاده در صنایع مربوطه را ندارد، بنابراین حجم سرپا به‌عنوان عاملی اصلی در اولویت اندازه‌گیری و برآورد قرار نمی‌گیرد و لازم است مشخصه‌های دیگری از جمله تاج‌پوشش جهت کنترل تغییرات، موردانداز‌ه‌گیری و برآورد قرار گیرد (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲). میزان تاج‌پوشش یکی از شاخص‌های رایج در تبیین و تشریح ساختار افقی توده جنگلی به شمار می‌آید (Korhonen *et al.*, 2006). در حالی‌که از دیدگاه اکولوژیکی، تاج‌پوشش یکی از مهم‌ترین اجزای اکوسیستم جنگل را تشکیل می‌دهد. برای مثال Ozanne و همکاران (۲۰۰۳) بیان می‌کنند که تاج‌پوشش جنگل رابط بین نود درصد زی‌توده روی خاک با اتمسفر است که نقش مهمی را در حفظ تنوع زیستی ایفا می‌کند؛ بنابراین نیاز به شناخت و استفاده از مؤلفه‌هایی است که بتوانند ساختار تاج را تشریح

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

نمایند. نسبتی از سطح زمین که به‌وسیله تصویر عمودی تاج درختان پوشیده می‌شود، تاج‌پوشش می‌نامند (Jennings *et al.*, 1999). پژوهش‌های بسیاری به سودمندی استفاده از مؤلفه تاج‌پوشش به‌عنوان شاخصی برای بررسی جوامع گیاهی و جانوری اشاره می‌کنند (Anderson *et al.*, 1969; James, 1971; Werner & Glennemeier, 1999; Ranius *et al.*, 2000). در مدیریت جنگل می‌توان از مؤلفه تاج‌پوشش برای محاسبه تراکم توده (Zeide, 2005)، تراکم و غنای گیاهی، میزان رقابت در توده و حتی برآورد حجم توده (Rudnicki *et al.*, 2004) و همچنین اتخاذ تصمیم‌های جنگل‌شناسی مناسب (Johansson, 1985; Buckley *et al.*, 1999) سود جست. همچنین مؤلفه تاج‌پوشش در تبیین اهداف چندمنظوره اکولوژیکی، ارزیابی پوشش کف جنگل، وضعیت عبور نور و تخمین متغیرهایی همچون، شاخص سطح برگ (Korhonen *et al.*, 2006)، بازتابش نور از سطح زمین و تغییرات اقلیم (Lohila *et al.*, 2010) نقش مهم و ویژه‌ای دارد.

به‌منظور برآورد مؤلفه تاج‌پوشش روش‌های متنوع و متفاوتی ارائه شده است. در یک تقسیم‌بندی کلی این روش‌ها به سه دسته مجزا تفکیک می‌شوند. دسته اول به کمک آماربرداری زمینی، دسته دوم به کمک مدل‌سازی آماری و دسته سوم به کمک سنجش از دور، عملیات برآورد مؤلفه تاج‌پوشش را انجام می‌دهند (Korhonen *et al.*, 2006). در این پژوهش برای برآورد مؤلفه تاج‌پوشش یک توده خالص بلوط ایرانی شاخه و دانه‌زاد از عکس‌برداری دیجیتال زمینی استفاده شد. به‌منظور مقایسه و ارزیابی صحت برآورد تاج‌پوشش با روش عکس‌برداری دیجیتال، روش دیدروی عمودی با استفاده از دستگاه ساخته‌شده مشابه کاجانوس تیوب[1] (شکل ۱) به‌عنوان روش کنترل انتخاب شد (Rautiainen *et al.*, 2005; Korhonen *et al.*, 2006). لازم به ذکر است که دو روش عکس‌برداری دیجیتال زمینی و دیدروی عمودی در زیرمجموعه‌های آماربرداری زمینی قرار می‌گیرند.

دیدروی عمودی

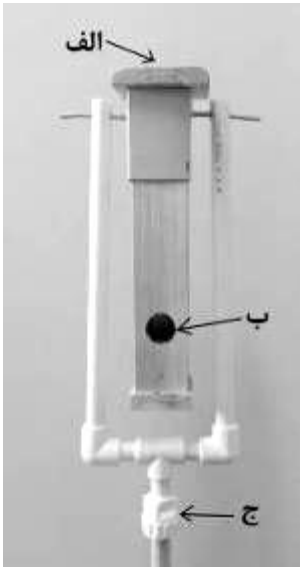
برای برآورد نااریب مؤلفه تاج‌پوشش می‌توان از اندازه‌گیری به کمک دیدروی عمودی استفاده نمود (Gschwantner *et al.*, 2009). به‌منظور برآورد تاج‌پوشش به کمک دیدروی عمودی وسایل مختلفی معرفی گردیده که اساس کار در تمامی آن‌ها زاویه عمود در دیدروی به یک نقطه از تاج درخت است (Jennings *et al.*, 1999; Johansson, 1985). پایه و اساس دستگاه‌هایی که در آن‌ها از دیدروی عمودی استفاده می‌شود، دستگاه کاجانوس تیوب است که برای اولین بار توسط ورنر کاجانوس (Werner Cajanus) در سال ۱۹۱۰ معرفی شد (Rautiainen *et al.*, 2005). شکل ۱، شمایی از نمونه ساخته‌شده مشابه دستگاه کاجانوس تیوب برای این پژوهش را نشان می‌دهد. کاجانوس تیوب از یک استوانه ساده و یک آینه تخت تشکیل شده است. آینه تخت با زاویه ۴۵ درجه داخل استوانه قرار می‌گیرد و به اندازه‌گیر این امکان را می‌دهد که به‌طور عمودی به تاج درخت نگاه کند. با توجه به اینکه اساس کار در این روش دیدروی عمودی به یک نقطه است، در بالای تیوب (قسمت الف شکل ۱) تار مویی قرارگرفته که به هنگام دیدروی به یک نقطه از تاج درخت، قابلیت تفکیک تاج‌پوشش از فضای خالی پدید می‌آید. تیوب به یک نگه‌دارنده متصل شده است. نگه‌دارنده قابلیت قرارگیری در حالت تعادل را برای تیوب فراهم می‌نماید تا امکان دیدروی عمودی به یک نقطه برای شخص اندازه‌گیر میسر گردد (Korhonen *et al.*, 2006).

Rautiainen و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از کاجانوس تیوب، میزان تاج‌پوشش را در جنگل‌های کاج فنلاند برآورد نمودند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که کاجانوس تیوب، قابلیت برآورد تاج‌پوشش توده جنگلی را داشته و همچنین توانایی اندازه‌گیری میزان

[1] Cajanus Tube

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

هم‌پوشانی تاج‌پوشش درختان در اشکوب بندی جنگل را نیز دارا می‌باشد. در پژوهش مذکور به توانایی دستگاه فوق در جهت مدل‌سازی میزان نور قابل‌عبور از تاج‌پوشش اشاره شده است. Korhonen و همکاران (۲۰۰۶) در جنگل‌های فنلاند، برای مقایسه روش‌های مختلف برآورد تاج‌پوشش از کاجانوس تیوب به‌عنوان روش کنترل نام بردند و سایر روش‌ها را با کاجانوس تیوب قیاس نمودند. همچنین برآورد دقیق‌تر کاجانوس تیوب و فراهم نمودن داده‌های ناریب از مزایای این دستگاه ذکر گردیده است.



شکل ۱- دستگاه مشابه کاجانوس تیوب ساخته‌شده برای پژوهش الف: پنجره دیدروی عمودی، ب: محل دیدروی با چشم، ج: دستگیره

Figure 1. The similar Cajanus tube instrument made for the study
(A) Vertical sighting window, (B) Horizontal sighting window, (C) holder

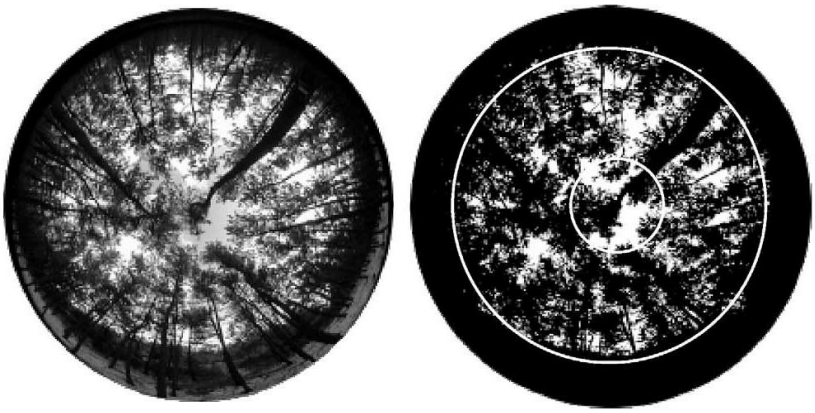
عکس دیجیتال زمینی

عکس‌برداری از تاج درختان یکی از روش‌های شناخته‌شده برای برآورد میزان تاج‌پوشش می‌باشد (Jennings *et al.*, 1999; Korhonen & Heikkinen, 2009; Pekin & Macfarlane, 2009). عکس‌های نیمکره‌ای گزینه مناسبی برای برآورد میزان تاج‌پوشش و یا برآورد روشنه در جنگل می‌باشند. این عکس‌ها به دلیل زاویه دیدروی زیاد و همچنین قدرت زیاد در تفکیک دهندگی به‌طور معمول در مطالعات جنگل مورداستفاده قرار می‌گیرند. قدرت تفکیک‌دهندگی در این عکس‌ها قابلیت آشکارسازی روشنه‌های کوچک در تاج را فراهم می‌کند. همچنین برای کاهش زاویه دیدروی در این گونه عکس‌ها، تنها می‌توان قسمت مرکزی عکس را تجزیه‌وتحلیل نمود. درصورتی‌که نیازی به نمای تمام‌رخ عکس‌های نیمکره‌ای در جنگل نباشد، می‌توان از عکس‌برداری دیجیتال استفاده کرد.

عکس‌برداری دیجیتال به دلیل سادگی در هنگام عکس‌برداری و همچنین ارزان‌تر بودن نسبت به عکس‌های نیمکره‌ای در مطالعات جنگل متداول گردیده‌اند (Korhonen & Heikkinen, 2009). شکل ۲، شمایی از عکس نیمکره‌ای و شکل ۳، شمایی از عکس دیجیتال را نشان می‌دهند.

عکس‌برداری در جنگل از لحاظ زمانی به‌سرعت قابل انجام است اما استخراج مؤلفه تاج‌پوشش از عکس، نیاز به فرایند پردازشی و استفاده از نرم‌افزارهای مختلف دارد.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]



شکل ۲- عکس نیمکره‌ای
Figure 2. A hemispherical image

شکل ۳- عکس دیجیتال زمینی
Figure 3. A digital In situ photo

در ابتدا برای هر عکس نیاز به آستانه‌سازی[1] برای تفکیک پیکسل‌های آسمان از تاج درخت مورد نیاز است. به‌طورمعمول برای انجام پردازش آستانه‌سازی از باند آبی عکس استفاده می‌شود زیرا باند آبی کنتراست[2] کمی دارد (Korhonen & Heikkinen, 2009; Pekin & Macfarlane, 2009; Nobis & Hunziker, 2005; Cescatti, 2007). آستانه سازی به دو صورت دستی و یا اتوماتیک با استفاده از الگوریتم‌های آستانه‌سازی[3] انجام می‌شود (Nobis & Hunziker, 2005). در جنگل‌هایی که میانگین ارتفاع توده از ۵ متر بیشتر باشد، استفاده از عکس دیجیتال زمینی مناسب ارزیابی شده است (Korhonen & Heikkinen, 2009).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در یک توده جنگلی خالص شاخه و دانه‌زاد بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) به مساحت یک هکتار در پارک جنگلی یاسوج واقع در شمال شرق شهر یاسوج انجام پذیرفت. موقعیت جغرافیایی

[1] Thresholding
[2] Contrast
[3] Thresholding algorithm

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

مرکز توده موردنظر برحسب UTM برابر با ۵۵۸۴۵۶ طول شرقی و ۳۳۹۵۲۰۲ عرض شمالی می‌باشد که در زون ۳۹ شمالی قرار دارد. عرصه مورد مطالعه با متوسط ارتفاع ۲۱۴۲ متر از سطح دریا بر دامنه‌ای با جهت شمال غربی با شیب متوسط ۱۰ درصد واقع شده است. میانگین بارندگی سالیانه منطقه بر اساس آمار ۲۰ ساله ایستگاه سینوپتیک یاسوج بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ حدود ۸۶۷ میلی‌متر گزارش شده است. بر همین اساس، میانگین سالانه دما منطقه ۱۵/۱ درجه سانتی‌گراد، متوسط حداکثر دما در گرم‌ترین ماه سال (مردادماه) ۳۴/۹ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال (بهمن‌ماه) ۳/۶ درجه سانتی‌گراد گزارش شده که بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی به روش آمبرژه، منطقه مورد مطالعه با توجه به ارتفاع آن دارای اقلیم مرطوب سرد می‌باشد.

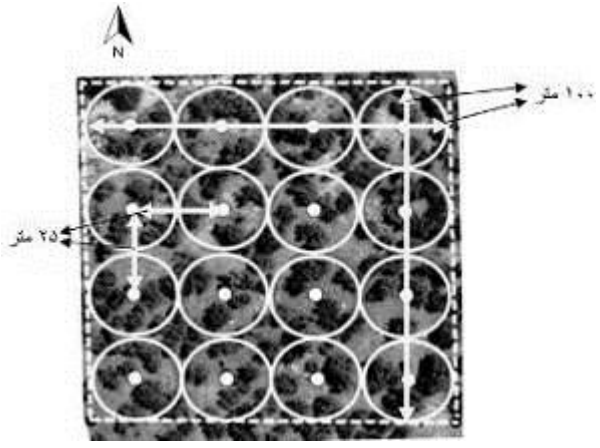
روش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش حاصل نمونه‌برداری منظم ۱۶ قطعه نمونه (پلات) ۴/۹ آری در شبکه‌ای به ابعاد ۲۵ متر در ۲۵ متر در یک توده یک هکتاری می‌باشد (شکل ۴). به‌طوری‌که مرکز قطعات نمونه دایره‌ای شکل با شعاع ۱۲/۵ متر در محل تقاطع شبکه آماربرداری قرار دارند.

در داخل هر قطعه نمونه، شبکه‌ای از نقاط با ابعاد ۲/۵×۱ متر و به تعداد صد و نود و پنج نقطه، جهت نمونه‌برداری منظم تاج‌پوشش با مشابه کاجانوس تیوب، با استفاده از طناب و متر بر روی زمین پیاده گردید (شکل ۵). جهت استفاده از کاجانوس تیوب، با دیدروی عمودی در چشمی دستگاه، حضور (یک) یا عدم حضور (صفر) تاج‌پوشش منطبق بر تار مویی موجود در پنجره دیدروی عمودی دستگاه، توسط شخص اندازه‌گیر در فرم‌های آماربرداری مربوطه ثبت گردید. ضلع ۲/۵ متری شبکه مذکور در راستای غربی– شرقی و ضلع ۱ متری نیز در راستای شمالی– جنوبی قرار داشت.

به دلیل در دسترس نبودن دستگاه کاجانوس تیوب، دستگاهی مشابه دستگاه مذکور طراحی و ساخته شد.

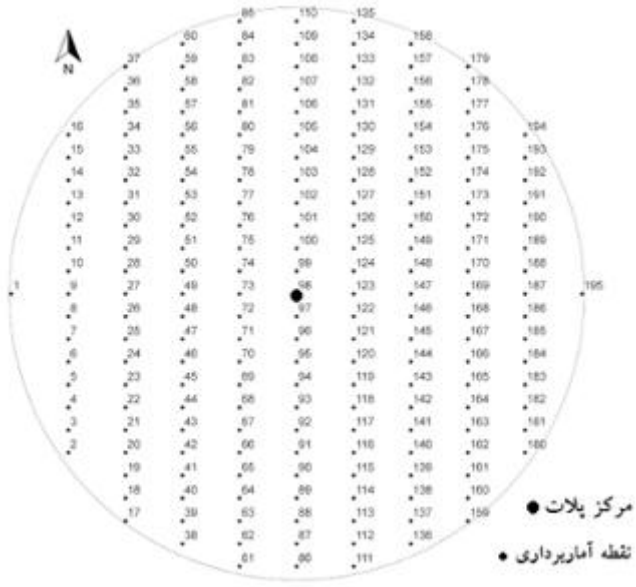
همچنین، علاوه بر ثبت حضور یا عدم حضور مؤلفه تاج‌پوشش در هر نقطه از شبکه، قطر برابر سینه و ارتفاع پایه‌های حاضر در هر قطعه نمونه نیز ثبت گردید. در هر قطعه نمونه تعداد نه عکس دیجیتال زمینی به‌صورت قائم تهیه شد. یک عکس در مرکز قطعه نمونه، چهار عکس در جهات اصلی جغرافیایی به فاصله هفت متری از مرکز قطعه نمونه و چهار عکس در جهات فرعی جغرافیایی به فاصله هشت متری از مرکز قطعه نمونه گرفته شد (شکل ۶).



شکل ۴- توده یک هکتاری بلوط ایرانی با ۱۶ قطعه نمونه

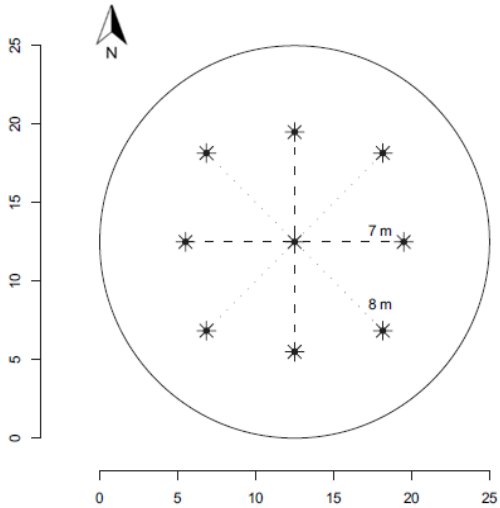
Figure 4. A Persian Oak stand with an area of 1 ha and 16 sample plots

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]



شکل ۵- قطعه نمونه طراحی‌شده با شعاع ۱۲/۵۲ متری و شبکه اندازه‌گیری ۱×۲,۵ متری (Korhonen *et al.*, 2006).

Figure 5. The designed sample plot with 12.52 m radius and 1 m*2.5 m measurement grid



شکل ۶- وضعیت نقاط عکس‌برداری در قطعه نمونه (Korhonen & Heikkinen, 2009).

Figure 6. The locations of photography in plots

عکس‌های دیجیتال با استقرار دوربین بر روی سه‌پایه، از ارتفاع برابر سینه (۱/۳۰ متر) به‌صورت قائم تهیه گردید. در مجموع تعداد صد و چهل و چهار عکس در کل منطقه مورد مطالعه گرفته شد. عکس‌های دیجیتال در سه گروه نه‌تایی شامل یک عکس در مرکز، چهار عکس در جهات اصلی و چهار عکس در جهات فرعی جغرافیایی، پنج‌تایی شامل یک عکس در مرکز، چهار عکس در جهات اصلی و پنج‌تایی شامل یک عکس در مرکز، چهار عکس در جهات فرعی، به‌منظور مقایسه با روش کنترل، گروه‌بندی

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

شدند. برای تهیه تصاویر دیجیتال زمینی در این پژوهش از دوربین FUJIFILM-FinePix HS20EXR که دارای فاصله کانونی عدسی ۴/۲ میلی‌متر و کیفیت تصاویر ۴۶۰۸×۳۴۵۶ پیکسل است، استفاده شد.

روش تحلیل داده‌ها

از آمار توصیفی برای توصیف وضعیت فعلی توده جنگلی از لحاظ ترکیب دانه‌زادی- شاخه زادی پایه‌های بلوط و محاسبه میانگین‌های قطر برابر سینه، ارتفاع و مجموع سطح مقطع برابر سینه توده استفاده گردید. شاخص‌های توصیفی غیروابسته به نوع توزیع شامل چارک اول، میانه، چارک سوم، کمینه و بیشینه برای روش‌های مختلف اشاره شده برای برآورد تاج‌پوشش، محاسبه گردید. درصد مؤلفه تاج‌پوشش در روش دیدروی عمودی (با استفاده از مشابه کاجانوس تیوب) از نسبت نقاطی که در آن‌ها تاج‌پوشش حضورداشته به تعداد کل نقاط در هر قطعه نمونه به‌دست آمد. درصد مؤلفه تاج‌پوشش در روش عکس‌برداری دیجیتال، در هر عکس دیجیتال از محاسبه نسبت پیکسل‌های تاج درختان به‌کل پیکسل‌های عکس دیجیتال به‌دست آمد. به دلیل ماهیت داده‌های جمع‌آوری‌شده در مورد مؤلفه تاج‌پوشش (داده‌های صفر و یک) از آزمون آماری ناپارامتری کروسکال - والیس[1] برای مقایسه داده‌های برآورد تاج‌پوشش استفاده شد. شاخص آماری کروسکال – والیس به‌صورت رابطه ۱ می‌باشد.

رابطه ۱:

$$H= \{12/N(N+1) \sum_{j=1}^{k} \frac{R_i^2}{n_j}\}-3(N+1)$$

K برابر با تعداد روش‌ها، n_j برابر با تعداد نمونه‌ها در هر گروه، N برابر با تعداد کل نمونه‌ها در همه گروه‌ها و R_i برابر با مجموع رتبه‌ها در هر گروه است (Kanji, 2006).

مقادیر صحت برای هر کدام از روش‌ها با محاسبه مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و اریبی (Bias) بر اساس روابط ۲ و ۳ محاسبه شدند.

رابطه ۲:

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)^2}{n}},$$

رابطه ۳:

$$\mathrm{bias} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)}{n}$$

در روابط ۲ و ۳ y برابر با مقدار تاج‌پوشش برآورد شده با استفاده از روش کنترل، $\hat{y}$ برابر با مقدار تاج‌پوشش برآورد شده با استفاده از روش‌های دیگر و n برابر با تعداد کل قطعات نمونه مورد مقایسه است (Korhonen *et al.*, 2006). در نهایت کلیه روش‌ها با توجه به مقادیر اریبی (اختلاف از روش کنترل) رتبه‌بندی شدند. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 و آنالیز اتوماتیک عکس‌های دیجیتال زمینی با استفاده نرم‌افزار MATLAB 7.6.0 صورت پذیرفت.

نتایج

تعداد ۳۳ پایه دانه‌زاد و ۱۴۲ پایه شاخه زاد بلوط ایرانی در کل ۱۶ قطعه نمونه شناسایی و اندازه‌گیری گردید. توده موردمطالعه بلوط ایرانی خالص بوده که ۸۱ درصد آن را پایه‌های شاخه زاد تشکیل داده‌اند. میانگین قطر برابر سینه پایه‌ها ۱۳/۴۸ سانتی‌متر و مجموع سطح مقطع برابر سینه آن‌ها ۱۲/۲۴ مترمربع محاسبه و میانگین ارتفاع پایه‌ها برابر با ۶/۸۵ متر به‌دست آمده است. در جدول ۱ شاخص‌های توصیفی غیروابسته به نوع توزیع برای روش‌های مختلف برآورد تاج‌پوشش ارائه شده است. با توجه به جدول ۱، کمترین مقدار چارک اول مربوط به روش ۵ عکس دیجیتال در جهات اصلی، کمترین میانه مربوط به روش پنج عکس دیجیتال در جهات فرعی و کمترین مقدار چارک سوم مربوط به روش نه عکس دیجیتال

[1] Kruscal -Wallis

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

است. بیشترین مقدار چارک اول مربوط به روش دیدروی عمودی و روش نه عکس دیجیتال، بیشترین مقدار میانه مربوط به روش نه عکس دیجیتال و در نهایت بیشترین مقدار چارک سوم مربوط به روش پنج عکس دیجیتال در جهات اصلی می‌باشد.

نتایج آزمون کروسکال–والیس برای روش‌های مختلف برآورد تاج‌پوشش در جدول ۲ ارائه شده است.

مقدار شاخص آماری کروسکال–والیس (H) با درجه آزادی ۳ برابر با ۰/۱۵۶ و مقدار p-value برابر با ۰/۹۸۴ محاسبه گردید. با توجه به مقدار p-value، بین روش‌های برآورد تاج‌پوشش هیچ‌گونه اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به جدول ۳، کمترین RMSE به ترتیب برای روش نه عکس

جدول ۱- آمار توصیفی روش‌های مختلف برآورد تاج‌پوشش (دامنه داده‌های تاج‌پوشش ۰ تا ۱)

Table 1. Descriptive statistics of different methods for estimating canopy cover (data range of canopy cover is between 0 and 1)

روش‌ها Methods	تعداد N	چارک اول First quartile	میانه Median	چارک سوم Third quartile	کمینه Min	بیشینه Max
Vertical sighting	16	0.372	0.425	0.487	0.27	0.55
9 Digital Photographs	16	0.372	0.435	0.467	0.21	0.50
5 Digital Photographs in cardinal directions	16	0.317	0.425	0.517	0.21	0.55
5 Digital Photographs in ordinal directions	16	0.342	0.420	0.495	0.17	0.55

جدول ۲- نتایج آزمون کروسکال – والیس

Table 2. Results of Kruskal – Wallis test

روش‌ها Methods	تعداد N	میانگین رتبه Mean Rank
Vertical sighting	16	33.78
9 Digital Photographs	16	32.06
5 Digital Photographs in cardinal directions	16	32.84
5 Digital Photographs in ordinal directions	16	31.31

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

دیجیتال، پنج عکس دیجیتال در جهات اصلی و در نهایت روش پنج عکس دیجیتال در جهات فرعی، کمترین مقدار اریبی و اختلاف از کنترل به ترتیب برای روش پنج عکس دیجیتال در جهات اصلی، روش نه عکس دیجیتال و درنهایت روش پنج عکس دیجیتال در جهات فرعی برآورد گردید. جدول ۳، مقادیر مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، اریبی و اختلاف از کنترل را برای هرکدام از روش‌های برآورد تاج‌پوشش نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های آماری مختلف برای هرکدام از روش‌های برآورد تاج‌پوشش

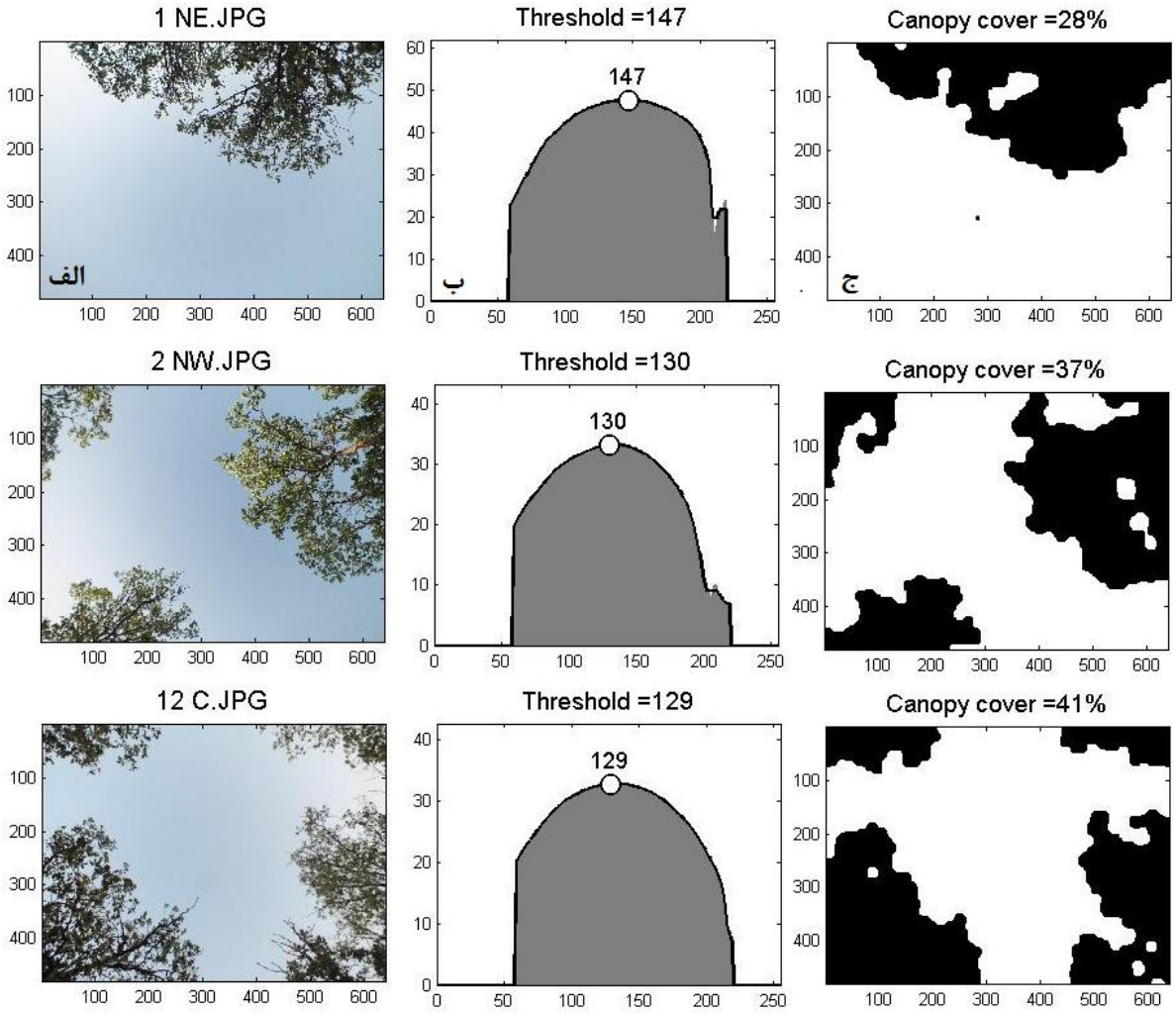
Table 3. Values of statistical parameters for each canopy cover estimation method

روش‌ها	مجذور میانگین مربعات خطا (درصد)	اریبی (درصد)	اختلاف از کنترل (دامنه داده‌ها ۰ تا ۱)
Methods	RMSE (Percent)	Bias (Percent)	Deviation from the control method (range of data is 0 and 1)
Vertical sighting	0	0	0
9 Digital Photographs	3.71	1.44	-0.23
5 Digital Photographs in cardinal directions	5.05	1.09	-0.17
5 Digital Photographs in ordinal directions	7.97	1.67	-0.27

شکل ۷ وضعیت عکس‌های دیجیتال پس از آنالیز اتوماتیک را در برخی از قطعات نمونه نشان می‌دهد. برای مثال عکس 1NE.jpg مربوط به قطعه نمونه شماره یک است. این عکس در جهت شمال شرقی به فاصله ۸ متری از مرکز قطعه نمونه برداشت شده است. آستانه ارزش عددی روشنایی پیکسل‌ها برای جداسازی تاج از آسمان برابر با ۱۴۷ (Threshold = 147) و درصد تاج‌پوشش ۲۸ درصد محاسبه شده است. لازم به ذکر است که ساخت هیستوگرام آستانه جداسازی به همراه تعیین درصد پوشش پس از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار MATLAB 7.6.0 به‌صورت اتوماتیک به‌دست می‌آید که از این لحاظ، زمان مورد استفاده برای آنالیز هر عکس را به حداقل ممکن می‌رساند. همچنین قدرت تفکیک پیکسلی تصویر رنگی حدود ۳ مگاپیکسل می‌باشد. حد نهایی تعداد پیکسل‌های افقی و عمودی تشکیل‌دهنده تصویر به ترتیب ۶۴۰ و ۴۸۰ در دو محور X و Y می‌باشد (شکل ۷، قسمت‌های الف و ج).

در شکل ۷، قسمت ب، محور X نشان‌دهنده قدرت تفکیک رادیومتریک تصویر که همان دامنه روشنایی پیکسل‌های تصویر می‌باشد را نشان می‌دهد. محور Y در این تصویر نشان‌دهنده میزان فراوانی تعداد پیکسل با درجه روشنایی معین در تصویر می‌باشد.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]



شکل ۷- خروجی آنالیز اتوماتیک عکس‌های دیجیتال در برخی از قطعات نمونه

Figure 7. Output automated analysis of digital images in some sample plots

1NE: first plot in northeast direction
2NW: second plot in northwest direction
12C: twelfth plots, image in center of plot

بحث

بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده تعداد ۲۰۰ تا ۲۵۰ نقطه آماربرداری در هنگام برآورد تاج‌پوشش در قطعه نمونه با استفاده از دیدروی عمودی به‌طور تجربی، مناسب به نظر می‌رسد (Jennings *et al.*, 1999; Johansson, 1985; Rautiainen *et al.*, 2005). در این راستا، روش دیدروی عمودی با استفاده از دستگاه مشابه کاجانوس تیوب با صد و نود پنج نقطه آماربرداری به‌عنوان روش کنترل در این پژوهش انتخاب گردید. میانگین ارتفاع پایه‌ها برابر با ۶/۸۵ متر به‌دست آمد و از این حیث فرضیه استفاده از عکس دیجیتال زمینی با شرط بیشتر بودن میانگین ارتفاع پایه‌های درختی از پنج متر، موردقبول واقع می‌گردد.

نتایج نشان می‌دهد که روش‌های مختلف عکس‌برداری دیجیتال نسبت به روش کنترل (دیدروی

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

عمـودی) مقـدار مؤلفـه تـاج‌پوشـش را کمتـر بـرآورد مـی‌نماینـد. در توضـیح مقـدار مثبـت اریبـی بـرای روش‌های مختلف عکس‌بـرداری دیجیتـال، ذکـر ایـن نکته لازم است که با توجه به رابطه اشـاره شـده بـرای محاسبه اریبی[۱]، روش‌هایی که نسبت به روش کنتـرل مقـدار بیشـتری بـرآورد نماینـد، دارای اریبـی منفـی خواهند شد و روش‌هایی کـه نسـبت بـه روش کنتـرل مقدار کمتـری بـرآورد نماینـد اریبـی مثبـت خواهنـد داشت. کمترین مقدار اریبی به ترتیب برای روش پـنج عکـس دیجیتـال در جهـات اصـلی، روش نـه عکـس دیجیتـال و درنهایـت روش پـنج عکـس دیجیتـال در جهات فرعی برآورد گردید.

همان‌طور که اشاره شد عکس‌برداری دیجیتـال بـه دلیل سـادگی در هنگـام عکـس‌بـرداری بـرای بـرآورد تاج‌پوشش در مطالعات جنگـل متـداول گردیـده‌انـد و پژوهش‌های صورت گرفته (Jennings *et al.*, 1999; Korhonen & Heikkinen, 2009; Pekin & Macfarlane, 2009; Nobis & Hunziker, 2005; Cescatti, 2007) همگـی قابلیـت بـرآورد تاج‌پوشش به کمک عکـس‌بـرداری زمینـی را تصـدیق می‌نمایند و باید توجه داشـت کـه بـرای جلـوگیری از زمان‌بر بودن تجزیه‌وتحلیل عکس‌هـای برداشـت‌شـده، استفاده از الگوریتم‌هـای اتوماتیـک مـی‌توانـد راهکـار بسـیار مناسـبی تلقـی گـردد. نتـایج ایـن پـژوهش بـا پژوهش‌های ذکرشده همسو می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتیجه آزمون کروسـکال– والـیس حـاکی از عـدم اختلاف معنی‌دار بین روش‌های مختلف بـرآورد مؤلفـه تاج‌پوشش می‌باشد. با توجه به نتایج این پـژوهش سـه روش مورد مقایسـه بـا روش کنتـرل، اخـتلاف آمـاری معنی‌داری ندارند اما از لحاظ برتری روش‌ها نسبت بـه هم روش پنج عکس دیجیتال در جهـات اصـلی، روش نه عکـس دیجیتـال و روش پـنج عکـس دیجیتـال در جهـات فرعـی ازلحـاظ شـاخص اریبـی بـه ترتیـب در رتبه‌های ۱ تا ۳ قرار می‌گیرند. پیشـنهاد مـی‌گـردد در تـوده‌هـای بلـوط ایرانـی بـرای بـرآورد تـاج‌پوشـش از عکـس‌بـرداری دیجیتـال اسـتفاده شـود. بعـلاوه در پژوهش‌های آتی مطالعات زمـانی نیـز منظـور گـردد و ازلحاظ زمان اجـرا، عکـس‌بـرداری دیجیتـال بـا سـایر روش‌ها مقایسه گردد.

[۱] Bias

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

منابع

جزیره‌ای، م.ح. و ابراهیمی رستاقی، م. ۱۳۸۲. جنگل‌شناسی زاگرس، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۶۰ ص.

Anderson, R.C., Loucks, O.L. & Swain, A.M. 1969. Herbaceous response to canopy cover, light intensity and throughfall precipitation in coniferous forests. Ecology, 50(2): 255-263.

Buckley, D.S., Isebrands, J.G. & Sharik, T.L. 1999. Practical field methods of estimating canopy cover, par, and lai in michigan oak and pine stands. Northern Journal of Applied Forestry, 16(1): 25-32.

Cescatti, A. 2007. Indirect estimates of canopy gap fraction based on the linear conversion of hemispherical photographs: methodology and comparison with standard thresholding techniques. Agricultural and Forest Meteorology, 143(1): 1-12.

Gschwanter, T., Schadauer, k., Vidal, C., Lanz, A., Tomppo, E., Cosmo, L. Di., Robert, N., Duutsma, D. & Lawrence, M. 2009. Common tree definition for national forest inventories in Europe. Silva Fennica, 43(2): 303–321.

James, F.C. 1971. Ordinations of habitat relationship among breeding birds. The Wilson Bulletin, 83(3): 215-236.

Jennings, S. B., Brown, N.D. & Sheil, D. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. Forestry, 72(1): 59-74.

Johansson, T. 1985. Estimating canopy density by the vertical tube method. Forest Ecology and Management, 11(1): 139–144.

Kanji, G.K. 2006. 100 statistical tests (3rd ed.), sage publication, London.

Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M. & Stenberg, P. 2006. Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. Silva Fennica, 40(4): 577-588.

Korhonen, L. & Heikkinen, J. 2009. Automated analysis of in situ canopy images for the estimation of forest canopy cover. Forest Science, 55(4): 323-334.

Lohila, A., Minkkinen, K., Lain

e., J., Savolainen, I. Tuovinen, J.P., Korhonen, L., Laurila, Tietavainen, T.H. & Laaksonen, A. 2010. Forestation of boreal peatlands: impacts of changing albedo and greenhouse gas fluxes on radiative forcing. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 115(G4): 128-137.

Nobis, M. & Hunziker, U. 2005. Automatic thresholding for hemispherical canopy photographs based on edge detection. Agricultural and Forest Meteorology, 128(3): 243-250.

Ozanne, C.M.P., Anhuf, D., Boulter, S.L. & Keller, M. 2003. Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies. Science, 301(5630): 183-186.

Pekin, D.P. & Macfarlane, C. 2009. Measurement of crown cover and leaf area index using digital cover photography and its application to remote sensing. Remote Sensing, 1(4): 1298-1320.

Ranius, T. & Jansson, N. 2000. The influence of regrowth, original canopy cover and tree size on saproxylic beetles associated with old oaks. Biological conservation, 95(1): 85-94.

Rautiainen, M., Stenberg, P. & Nilson, T. 2005. Estimating canopy cover in Scots pine stands, Silva Fennica, 39(1): 137-142.

Rudnicki, M., Silins U. & 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.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

Werner, E.E. & glennemeier, K.S. 1999. Influence of forest canopy cover on the breeding pond distributions of several amphibian species. Copeia, 1: 1-12.

Zeide, B. 2005. How to measure stand density. Trees, 19(1): 1-14.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

Journal of Zagros Forests Researche, 1(2), Autumn & Winter, 2015

Study on Accuracy of Assessment of the Canopy Cover Density in a Pure Persian Oak Stand, by Using the Method of Terrestrial Photography

Mohammad Javad Taheri Sarteshnizi [1], Alireza Salehi [2, *]

[1] *Graduated M.Sc. Student in Forestry, Yasouj University, Yasouj, Iran*
[2] *Assistant Professor, Department of Forestry & Natural Resources and Environment Institute, Yasouj University, Yasouj, Iran*
[*] Corresponding author, E-mail address: asalehi@mail.yu.ac.ir

(Received: 2015.01.14 Accepted: 2015.02.28)

Abstract

In order to study the accuracy of assessment of the canopy cover density of a pure Persian oak stand with mixed coppice and standard forms using terrestrial digital photography, 16 circular sample plots with an area of 4.9 in a grid with sizes of 25 m by 25 m, over as forest stand with an area of 1 ha, with was used. The method of vertical sighting with Same as Cajanus tube was considered as the method of control to record either present or absent of canopy cover in 195 systematic sample points in each of sample plots. 9 vertically terrestrial digital photographs that contained of an image in the centre of the sample plots, 8 images in line with the bout main and sub- main geographic directions were taken.

By calculation of the percentage of the canopy component of the forest stand using these methods, the results of the Kruscal–Wallis statistical test showed that there were not statistically significant differences between the different methods of estimation of the canopy cover component. In terms of the superiority of the bias indicator over the other methods, the method of 5 digital images in the main geographical directions, the method of 9 digital photographs and the method of 5 digital images in the four sub-directions were ranked from 1 to 3, respectively. The different methods of terrestrial digital photography would underestimate the canopy cover component in comparing with control method.

Keywords: Estimation of canopy cover, Zagros, Terrestrial digital photograph, Cajanus tube instrument

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]

Translated References

Jazirehie, M.H. & Ebrahimi Rostaghi, M. 2003. Silviculture in Zagros, University of Tehran Press, 560 p. (In Persian).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-10-11]