

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

محمدجواد طاهری سرشنیزی^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 پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴

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 به کل پیکسل‌های موجود، درصد مؤلفه تاج‌پوشش به‌دست آمد. این مؤلفه در روش استفاده از کاجانوس تیوب، از نسبت نقاطی که در آن‌ها تاج‌پوشش حضور داشته 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

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 زی توده 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

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

روش عکس برداری دیجیتال زمینی و دیدروی عمودی در زیرمجموعه های آمار برداری زمینی قرار می گیرند.

دیدروی عمودی

برای برآورد ناریب مؤلفه تاج پوشش می توان از اندازه گیری به کمک دیدروی عمودی استفاده نمود (Gschwantner *et al.*, 2009). به منظور برآورد تاج پوشش 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 دستگاه هایی که در آنها از دیدروی عمودی استفاده می شود، دستگاه کاجانوس تیوب است که برای اولین بار توسط ورنر کاجانوس (Werner Rautiainen) در سال ۱۹۱۰ معرفی شد (Cajanus *et al.*, 2005). شکل ۱، شمایی از نمونه ساخته شده مشابه دستگاه کاجانوس تیوب برای این پژوهش را نشان می دهد. کاجانوس تیوب از یک استوانه ساده و یک آینه تخت تشکیل شده است. آینه تخت با زاویه ۴۵ درجه داخل استوانه قرار می گیرد و به اندازه گیر این امکان را می دهد که به طور 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 قرار گرفته که به هنگام دیدروی به یک نقطه از تاج درخت، قابلیت تفکیک تاج پوشش از فضای خالی پدید می آید. تیوب به یک نگه دارنده متصل شده است. نگه دارنده قابلیت قرارگیری در حالت تعادل را برای تیوب فراهم می نماید تا امکان دیدروی عمودی به یک نقطه برای شخص اندازه گیر میسر گردد (Korhonen *et al.*, 2006).

Rautiainen و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از کاجانوس تیوب، میزان تاج پوشش را در جنگل های کاج فنلاند برآورد نمودند. نتایج به دست آمده نشان داد که کاجانوس تیوب، قابلیت برآورد تاج پوشش توده جنگلی را داشته و همچنین توانایی اندازه گیری میزان

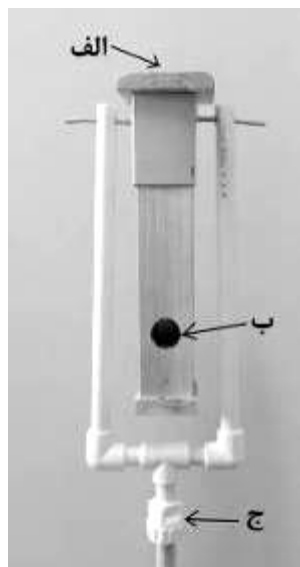
نمایند. نسبتی از سطح زمین که به وسیله تصویر عمودی تاج درختان پوشیده می شود، تاج پوشش می نامند (Jennings *et al.*, 1999). پژوهش های بسیاری به سودمندی استفاده از مؤلفه تاج پوشش به عنوان شاخصی برای بررسی جوامع گیاهی و جانوری اشاره می کنند (Anderson *et al.*, 1969; James, 1971; Werner & Glennemeier, 1999; Ranius *et al.*, 2000). در مدیریت جنگل می توان از مؤلفه تاج پوشش 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 تصمیم های جنگل شناسی مناسب (Johansson, 1985; Buckley *et al.*, 1999) جست. همچنین مؤلفه تاج پوشش 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 ویژه ای دارد.

به منظور برآورد مؤلفه تاج پوشش روش های متنوع و متفاوتی ارائه شده است. در یک تقسیم بندی کلی این روش ها به سه دسته مجزا تفکیک می شوند. دسته اول به کمک آمار برداری زمینی، دسته دوم به کمک مدل سازی آماری و دسته سوم به کمک سنجش از دور، عملیات برآورد مؤلفه تاج پوشش را انجام می دهند (Korhonen *et al.*, 2006). در این پژوهش برای برآورد مؤلفه تاج پوشش یک توده خالص بلوط ایرانی شاخه و دانه زاد از عکس برداری دیجیتال زمینی استفاده شد. به منظور مقایسه و ارزیابی صحت برآورد تاج پوشش با روش عکس برداری دیجیتال، روش دیدروی عمودی با استفاده از دستگاه ساخته شده مشابه کاجانوس تیوب^۱ (شکل ۱) به عنوان روش کنترل انتخاب شد (Rautiainen *et al.*, 2005; Korhonen *et al.*, 2006). لازم به ذکر است که دو

^۱ Cajanus Tube

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.

هم‌پوشانی تاج‌پوشش درختان در اشکوب بندی جنگل را نیز دارا می‌باشد. در پژوهش مذکور به توانایی دستگاه فوق در جهت مدل‌سازی میزان نور قابل عبور از تاج‌پوشش اشاره شده است. Korhonen و همکاران (۲۰۰۶) در جنگل‌های فنلاند، برای مقایسه روش‌های



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

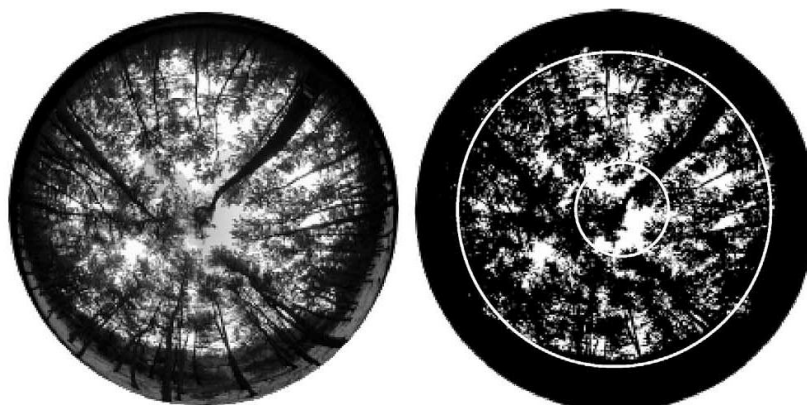
گونه عکس‌ها، تنها می‌توان قسمت مرکزی عکس را تجزیه و تحلیل نمود. در صورتی که نیازی به نمای تمام‌رخ عکس‌های نیمکره‌ای در جنگل نباشد، می‌توان از عکس‌برداری دیجیتال استفاده کرد.

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 به سرعت قابل انجام است اما استخراج مؤلفه تاج‌پوشش از عکس، نیاز به فرایند پردازشی و استفاده از نرم‌افزارهای مختلف دارد.

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 روشنیه در جنگل می‌باشند. این عکس‌ها به دلیل زاویه دیدروی زیاد و همچنین قدرت زیاد در تفکیک دهنده‌گی به‌طور معمول در مطالعات جنگل مورد استفاده قرار می‌گیرند. قدرت تفکیک‌دهنده‌گی در این عکس‌ها قابلیت آشکارسازی روشنیه‌های کوچک در تاج را فراهم می‌کند. همچنین برای کاهش زاویه دیدروی در این



شکل ۲- عکس نیمکره‌ای
Figure 2. A hemispherical image



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

(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

در ابتدا برای هر عکس نیاز به آستانه‌سازی^۱ برای تفکیک پیکسل‌های آسمان از تاج درخت مورد نیاز است. به‌طور معمول برای انجام پردازش آستانه‌سازی از باند آبی عکس استفاده می‌شود زیرا باند آبی کنتراست^۲ کمی دارد (Korhonen & Heikkinen, 2009; Pekin & Macfarlane, 2009; Nobis & Hunziker, 2005; Cescatti, 2007). آستانه‌سازی به دو صورت دستی و یا اتوماتیک با استفاده از الگوریتم‌های آستانه‌سازی^۳ انجام می‌شود (Nobis &

¹ Thresholding

² Contrast

³ Thresholding algorithm

در داخل هر قطعه نمونه، شبکه‌ای از نقاط با ابعاد $1 \times 2/5$ 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 $2/5$ متری شبکه مذکور در راستای غربی-شرقی و ضلع ۱ متری نیز در راستای شمالی-جنوبی قرار داشت.

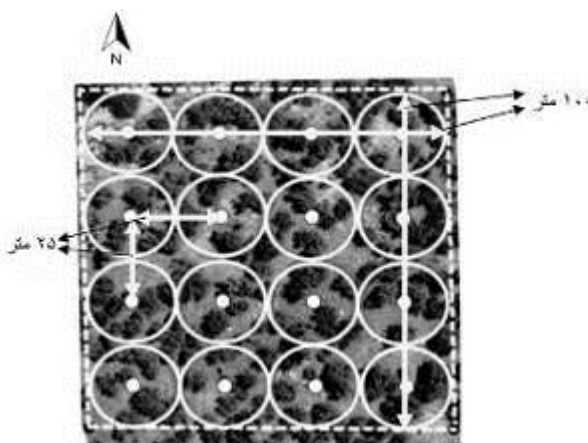
به دلیل در دسترس نبودن دستگاه کاجانوس تیوب، دستگاهی مشابه دستگاه مذکور طراحی و ساخته شد.

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).

مرکز توده موردنظر برحسب UTM برابر با 558456 طول شرقی و 3395202 عرض شمالی می‌باشد که در زون ۳۹ شمالی قرار دارد. عرصه مورد مطالعه با متوسط ارتفاع 2142 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 1365 تا 1385 حدود 867 میلی‌متر گزارش شده است. بر همین اساس، میانگین سالانه دما منطقه $15/1$ درجه سانتی‌گراد، متوسط حداکثر دما در گرم‌ترین ماه سال (مردادماه) $34/9$ درجه سانتی‌گراد و متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال (بهمن‌ماه) $3/6$ 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.

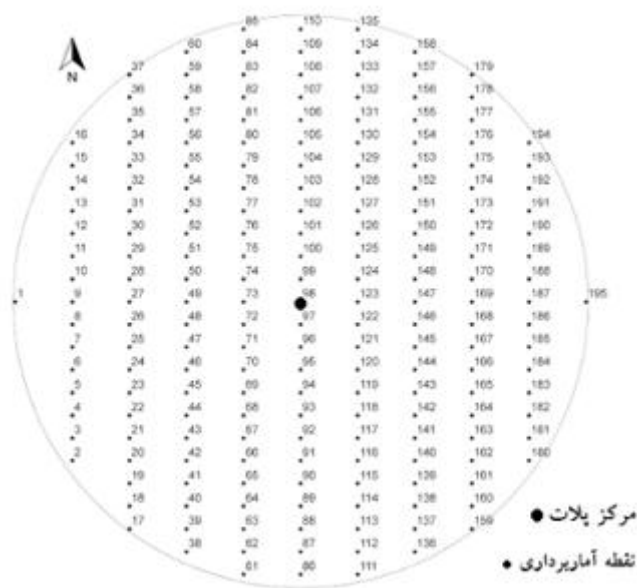
روش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش حاصل نمونه‌برداری منظم ۱۶ قطعه نمونه (پلات) $4/9$ آری در شبکه‌ای به ابعاد 25 متر در 25 متر در یک توده یک هکتاری می‌باشد (شکل ۴). به‌طوری‌که مرکز قطعات نمونه دایره‌ای شکل با شعاع $12/5$ متر در محل تقاطع شبکه آماربرداری قرار دارند.



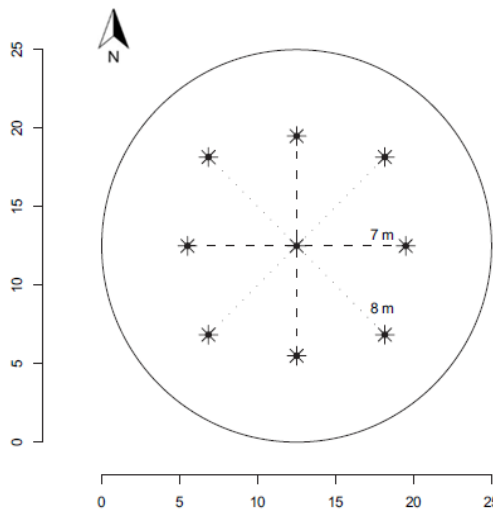
شکل ۴- توده یک هکتاری بلوط ایرانی با ۱۶ قطعه نمونه

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



شکل ۵- قطعه نمونه طراحی شده با شعاع ۱۲/۵۲ متری و شبکه اندازه گیری 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 عکس برداری در قطعه نمونه (Korhonen & Heikkinen, 2009).

Figure 6. The locations of photography in plots

عکس در مرکز، چهار عکس در جهات اصلی و چهار عکس در جهات فرعی جغرافیایی، پنج تایی شامل یک عکس در مرکز، چهار عکس در جهات اصلی و پنج تایی شامل یک عکس در مرکز، چهار عکس در جهات فرعی، به منظور مقایسه با روش کنترل، گروه بندی

عکس های دیجیتال با استقرار دوربین بر روی سه پایه، از ارتفاع برابر سینه (۱/۳۰ متر) به صورت قائم تهیه گردید. در مجموع تعداد صد و چهل و چهار عکس در کل منطقه مورد مطالعه گرفته شد. عکس های دیجیتال در سه گروه نه تایی شامل یک

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:

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

رابطه ۳:

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

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. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 و آنالیز اتوماتیک عکس‌های دیجیتال زمینی با استفاده از 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 مورد مطالعه 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 به دست 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

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 حضور داشته به تعداد کل نقاط در هر قطعه نمونه به دست آمد. درصد مؤلفه تاج‌پوشش در روش عکس‌برداری دیجیتال، در هر عکس دیجیتال از محاسبه نسبت پیکسل‌های تاج درختان به کل پیکسل‌های عکس دیجیتال به دست آمد. به دلیل ماهیت داده‌های جمع‌آوری شده در مورد مؤلفه تاج‌پوشش (داده‌های صفر و یک) از آزمون آماری ناپارامتری کروسکال - والیس^۱ برای مقایسه داده‌های برآورد تاج‌پوشش استفاده شد. شاخص آماری کروسکال - والیس به صورت رابطه ۱ می‌باشد.

رابطه ۱:

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

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).

¹ Kruskal - Wallis

طاهری سرتشنیزی و صالحی: بررسی صحت برآورد تراکم تاج پوشش با روش عکس برداری زمینی...

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 می باشد. نتایج آزمون کروسکال-والیس برای روش های مختلف برآورد تاج پوشش 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 روش های برآورد تاج پوشش هیچ گونه اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد. با توجه به جدول ۳، کمترین RMSE به ترتیب برای روش نه عکس

جدول ۱- آمار توصیفی روش های مختلف برآورد تاج پوشش (دامنه داده های تاج پوشش ۰ تا ۱)

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

روش ها	تعداد	چارک اول	میانه	چارک سوم	کمینه	بیشینه
Methods	N	First quartile	Median	Third quartile	Min	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

روش ها	تعداد	میانگین رتبه
Methods	N	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

مقادیر مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، اریبی و اختلاف از کنترل را برای هر کدام از روش‌های برآورد تاج‌پوشش نشان می‌دهد.

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 در نهایت روش پنج عکس دیجیتال در جهات فرعی برآورد گردید. جدول ۳،

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

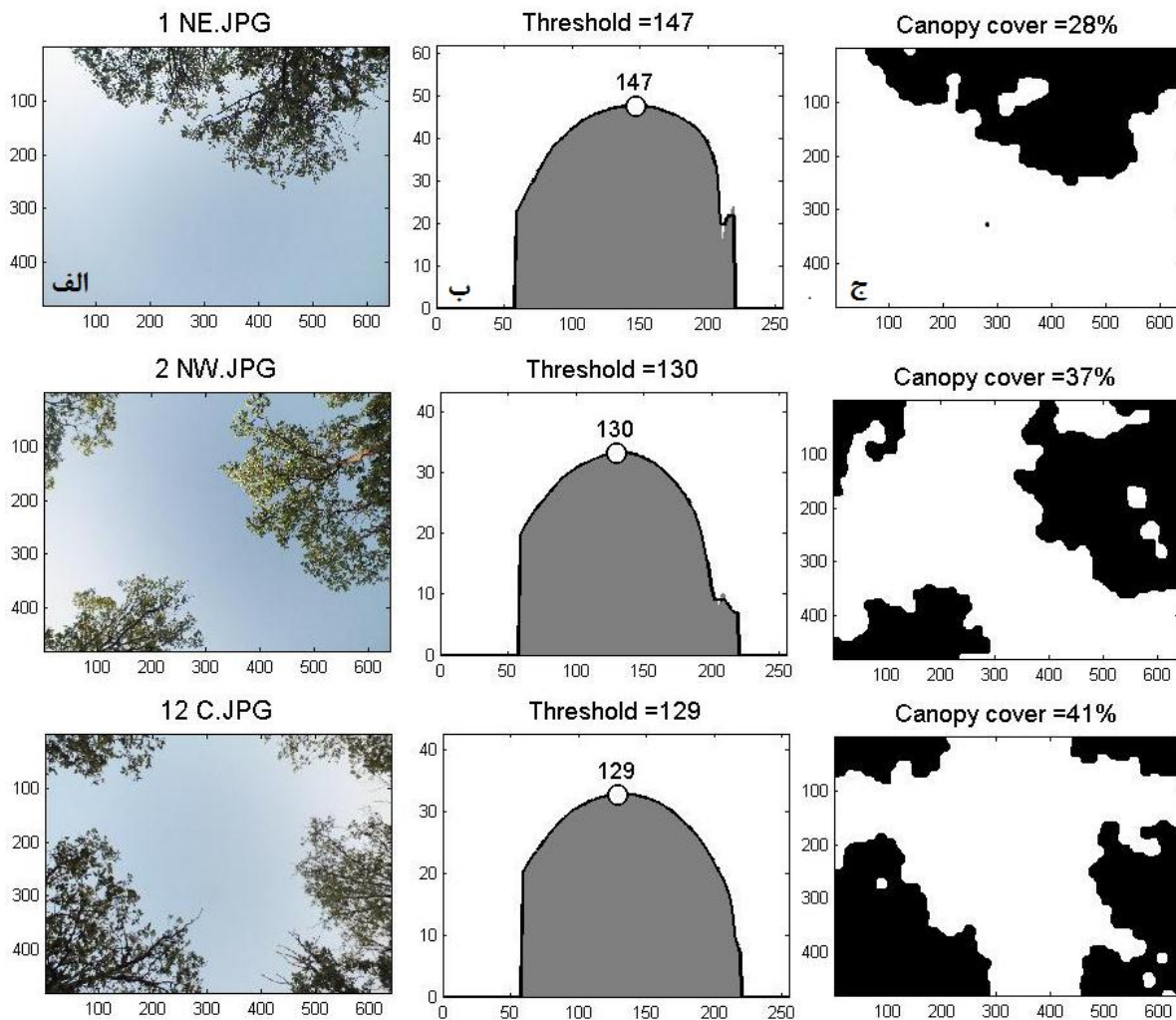
Table 3. Values of statistical parameters for each canopy cover estimation method

روش‌ها Methods	مجذور میانگین مربعات خطا (درصد) RMSE (Percent)	اریبی (درصد) Bias (Percent)	اختلاف از کنترل (دامنه داده‌ها ۰ تا ۱) 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

اتوماتیک به دست 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.

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 به صورت



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

پنج نقطه آماربرداری به عنوان روش کنترل در این پژوهش انتخاب گردید. میانگین ارتفاع پایه‌ها برابر با ۶/۸۵ متر به دست آمد و از این حیث فرضیه استفاده از عکس دیجیتال زمینی با شرط بیشتر بودن میانگین ارتفاع پایه‌های درختی از پنج متر، مورد قبول واقع می‌گردد.

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

بحث

بر اساس پژوهش‌های انجام شده تعداد ۲۰۰ تا ۲۵۰ نقطه آماربرداری در هنگام برآورد تاج پوشش در قطعه نمونه با استفاده از دیدروی عمودی به طور 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

نتیجه‌گیری کلی

نتیجه آزمون کروسکال-والیس حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین روش‌های مختلف برآورد مؤلفه تاج‌پوشش می‌باشد. با توجه به نتایج این پژوهش سه روش مورد مقایسه با روش کنترل، اختلاف آماری معنی‌داری ندارند 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 به ترتیب در رتبه‌های ۱ تا ۳ قرار می‌گیرند. پیشنهاد می‌گردد در توده‌های بلوط ایرانی برای برآورد تاج‌پوشش از عکس‌برداری دیجیتال استفاده شود. بعلاوه در پژوهش‌های آتی مطالعات زمانی نیز منظور گردد و از لحاظ زمان اجرا، عکس‌برداری دیجیتال با سایر روش‌ها مقایسه گردد.

عمودی) مقدار مؤلفه تاج‌پوشش را کمتر برآورد می‌نمایند. در توضیح مقدار مثبت اریبی برای روش‌های مختلف عکس‌برداری دیجیتال، ذکر این نکته لازم است که با توجه به رابطه اشاره شده برای محاسبه اریبی^۱، روش‌هایی که نسبت به روش کنترل مقدار بیشتری برآورد نمایند، دارای اریبی منفی خواهند شد و روش‌هایی که نسبت به روش کنترل مقدار کمتری برآورد نمایند اریبی مثبت خواهند داشت. کمترین مقدار اریبی به ترتیب برای روش پنج عکس دیجیتال در جهات اصلی، روش نه عکس دیجیتال و در نهایت روش پنج عکس دیجیتال در جهات فرعی برآورد گردید.

همان‌طور که اشاره شد عکس‌برداری دیجیتال به دلیل سادگی در هنگام عکس‌برداری برای برآورد تاج‌پوشش در مطالعات جنگل متداول گردیده‌اند و پژوهش‌های صورت گرفته (Jennings *et al.*, 1999; Korhonen & Heikkinen, 2009; Pekin & Macfarlane, 2009; Nobis & Hunziker, 2005; Cescatti, 2007) همگی قابلیت برآورد تاج‌پوشش به کمک عکس‌برداری زمینی را تصدیق می‌نمایند و باید توجه داشت که برای جلوگیری از زمان‌بر بودن تجزیه و تحلیل عکس‌های برداشت‌شده، استفاده از الگوریتم‌های اتوماتیک می‌تواند راهکار بسیار مناسبی تلقی گردد. نتایج این پژوهش با پژوهش‌های ذکرشده همسو می‌باشد.

^۱ Bias

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., Minkinen, 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.

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.

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

Translated References

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