مقایسهٔ صحت برآورد تراکم تاج پوشش با استفاده از دستگاهی مشابه کاجانوس تیوب و خط نمونه در تودهٔ بلوط ایرانی

علیرضا صالحی[1*] و محمدجواد طاهری سرتشنیزی[2]

[1] استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۵)

چکیده

در این پژوهش، صحت برآورد تراکم تاج‌پوشش در یک تودهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) با استفاده از دیدروی عمودی از نقاط زمینی به تاج درختان برای تعیین حضور یا نبود تاج پوشش در شبکه‌هایی با تعداد ۱۹۵، ۱۰۲، ۴۹ و ۲۳ نقطه با استفاده از مشابه ساخته‌شده از دستگاه کاجانوس تیوب، با هم و با روش خط‌نمونه مقایسه شد. برای این منظور در قطعات نمونه ۴/۹ آری، شبکه‌هایی با تعداد نقطه ذکرشده پیاده شدند که روش ۱۹۵ نقطه‌ای، روش کنترل در نظر گرفته شد. به‌دلیل ماهیت داده‌ها، از آزمون ناپارامتری کروسکال - والیس برای مقایسهٔ میانگین رتبه‌ای روش‌ها استفاده شد. همچنین برای هر کدام از روش‌ها مقادیر صحت با استفاده از درصد میانگین مجذور مربعات خطا و درصد اریبی محاسبه شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، اختلاف آماری معنی‌داری بین میانگین رتبه‌ای روش‌های استفاده‌شده وجود ندارد و کمترین مقدار درصد اریبی به‌ترتیب برای روش‌های شبکهٔ ۱۰۲ نقطه‌ای، خط‌نمونه، شبکه ۴۹ نقطه‌ای و در نهایت شبکهٔ ۲۳ نقطه‌ای به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خط نمونه، زاگرس، کاجانوس تیوب، نمونه‌برداری منظم تصادفی.

[*] نویسندهٔ مسئول شماره تماس: ۰۹۱۷۱۵۵۱۲۸۸ ایمیل: asalehi@mail.yu.ac.ir

مقدمه و هدف

جنگل‌های زاگرس تحت عنوان جنگل‌های نیمه-خشک طبقه‌بندی شده و با مساحتی بالغ بر ۵ میلیون هکتار سطحی معادل ۴۰ درصد از جنگل‌های کشور ایران را به خود اختصاص داده‌اند (ثاقب‌طالبی و همکاران، ۱۳۸۴). هر گونه برنامه‌ریزی برای مدیریت توده‌های جنگلی در این منطقه نیازمند اطلاعاتی همه‌جانبه، دقیق و بهنگام است تا هدف حفاظت و استمرار این جنگل‌ها تحقق و تداوم یابد. ازآنجا که پوشش جنگلی باز و پارک[1] مانند زاگرس (Menitsky, 2005) قابلیت تولید چوب صنعتی را ندارد (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲)، حجم سرپای توده به‌عنوان عاملی اصلی در اولویت اندازه‌گیری و برآورد قرار نمی‌گیرد و باید مشخصه‌های دیگری از توده از جمله تاج‌پوشش برای کنترل تغییرات (عرفانی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۹؛ فلاح و همکاران، ۱۳۹۱) و مدیریت و برنامه‌ریزی این جنگل‌ها (اخوان و همکاران، ۱۳۹۰)، مورد اندازه‌گیری و برآورد شود.

میزان تاج‌پوشش یکی از شاخص‌های رایج در تبیین و تشریح ساختار تاج به‌شمار می‌آید (Korhonen *et al.*, 2006) و از دیدگاه بوم‌شناختی، تاج درختان یکی از مهم‌ترین اجزای بوم‌سازگان جنگل است. برای مثال Ozanne *et al.* (2003) بیان می‌کنند که تاج درختان جنگل رابط بین ۹۰ درصد زی‌توده روی خاک با جو است که در حفظ تنوع زیستی اهمیت زیادی دارد. بنابراین شناخت و استفاده از مؤلفه‌هایی[2] که بتوانند ساختار تاج[3] را تشریح کنند ضرورت دارد. نسبتی از سطح زمین که به‌وسیلهٔ تصویر عمودی[4] تاج درختان پوشیده می‌شود، تاج‌پوشش نام دارد (Jennings *et al.*, 1999). پژوهش‌های بسیاری به سودمندی استفاده از مؤلفهٔ تاج‌پوشش به‌عنوان شاخصی برای بررسی جوامع گیاهی و جانوری اشاره می‌کنند (Anderson *et al.*, 1969; James, 1971; Werner *et al.*, 1999; Ranius *et al.*, 2000). در مدیریت جنگل می‌توان از مؤلفهٔ تاج‌پوشش برای محاسبهٔ تراکم توده (Zeide, 2005)، تراکم و غنای گیاهی، 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، مؤلفهٔ تاج‌پوشش در تبیین اهداف چندمنظورهٔ بوم‌شناختی، 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 (Beets *et al.*, 1997; Lohila *et al.*, 2010) اهمیت دارد. در نهایت یکی از مهمترین نکات در مورد مؤلفهٔ تاج‌پوشش این که در تعریف بین‌المللی جنگل، مؤلفه‌ی تاج‌پوشش یکی از ارکان مؤثر در تفکیک مناطق جنگلی از غیرجنگلی است. براساس تعریف سازمان خواروبار جهانی، جنگل زمینی است که حداقل وسعت آن ۰/۵ هکتار و دارای درختانی با ارتفاع بیشتر از پنج متر و تراکم تاج‌پوششی بیشتر از ۱۰ درصد باشد (FAO, 2004).

در یک دسته‌بندی کلی، روش‌های برآورد مؤلفهٔ تراکم تاج‌پوشش به سه دستهٔ مجزا تفکیک می‌شوند که دستهٔ اول به‌کمک آماربرداری زمینی، دستهٔ دوم به‌کمک مدلسازی آماری و دستهٔ سوم به کمک سنجش از دورند (Korhonen, 2011)؛ از دستهٔ اول، روش خط نمونه به‌عنوان روشی ناریب برای برآورد تراکم تاج‌پوشش جنگل (O'Brien, 1989: Jennings *et al.*, 1999; Williams *et al.*, 2003) و در بسیاری از مطالعات مربوط به برآورد تراکم تاج پوشش در جنگل‌های زاگرس برای مقایسهٔ نتایج سایر روش‌ها استفاده شده است (اسحق‌نیموری و همکاران، ۱۳۸۲؛ نوکی و همکاران، ۱۳۸۶؛ حیدری و همکاران، ۱۳۸۸؛ نقوی و

[1] Park -like look
[2] Parameters
[3] Crown structure
[4] Vertical image

همکاران، ۱۳۸۸؛ فلاح و همکاران، ۱۳۹۱). از طرفی، Gschwantner *et al.* (2009) استفاده از روش دیدروی عمودی از نقاط مختلف بر روی یک شبکه را روشی نا اریب برای برآورد تراکم تاج پوشش جنگل معرفی کردند. به‌منظور برآورد تاج‌پوشش به‌کمک دیدروی عمودی، وسایل مختلفی معرفی شده که اساس کار همهٔ آنها زاویهٔ عمود در دیدروی به یک نقطه از تاج پوشش درختان است (Sarvas, 1953; Johansson, 1985; Jennings *et al.*, 1999). پایه و اساس دستگاه‌هایی که در آنها از دیدروی عمودی استفاده می‌شود، دستگاه کاجانوس تیوب است که ورنر کاجانوس[1] در سال ۱۹۱۰ آن را معرفی شد (Rautiainen *et al.*, 2005). در منطقهٔ زاگرس در زمینهٔ برآورد تراکم تاج‌پوشش به‌کمک دیدروی عمودی کمتر توجه شده است. هدف از پژوهش حاضر، مقایسهٔ صحت برآورد تراکم تاج‌پوشش در تودهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) با استفاده از دیدروی عمودی به تاج پوشش درختان از نقاط زمینی در شبکه‌هایی با تعداد مختلفی نقطه با استفاده از مشابه ساخته‌شده از دستگاه کاجانوس تیوب و مقایسهٔ نتیجهٔ این روش‌ها و همچنین مقایسهٔ آنها با روش خط‌نمونه است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

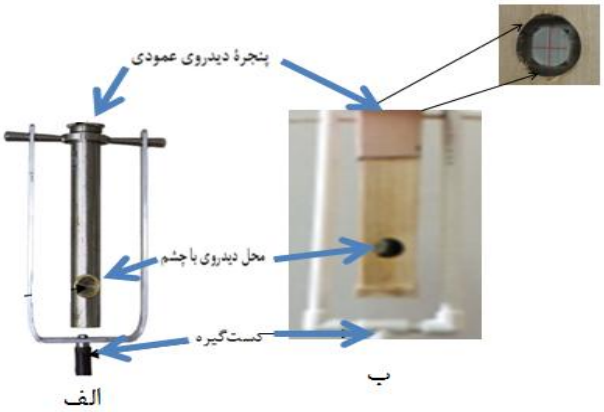
پژوهش حاضر در یک تودهٔ جنگلی صددرصد خالص بلوط ایرانی به مساحت یک هکتار در پارک جنگلی یاسوج واقع در شمال شرق شهر یاسوج انجام پذیرفت. موقعیت جغرافیایی مرکز تودهٔ مورد نظر برحسب UTM برابر با ۵۵۸۴۵۶ طول شرقی و ۳۳۹۵۲۰۲ عرض شمالی است که در زون ۳۹ شمالی قرار دارد. پارک جنگلی یاسوج با مساحتی حدود ۱۰۰۰ هکتار بخشی از حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ بشار محسوب می‌شود. منطقهٔ تحقیق پس از جنگل‌گردشی به‌عنوان یک نمونهٔ معرف کمتردست‌خورده از توده‌های آمیختهٔ شاخه‌زاد – دانه‌زاد بلوط ایرانی در منطقه پارک انتخاب شد. عرصهٔ تحقیق با خاکی کم‌عمق تا نیمه‌عمیق همراه با بیرون‌زدگی سنگی با متوسط ارتفاع ۲۱۴۲ متر از سطح دریا بر دامنه‌ای با جهت شمال‌غربی با شیب متوسط ۱۰ درصد واقع شده است. میانگین بارندگی سالیانه منطقه براساس آمار بیست سالهٔ ایستگاه سینوپتیک یاسوج بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ حدود ۸۶۷ میلی‌متر گزارش شده است (ناشناس، ۱۳۸۷). بر همین اساس، میانگین سالانهٔ دمای منطقه، ۱۵/۱ درجهٔ سانتی‌گراد، متوسط حداکثر دما در گرم‌ترین ماه سال (مرداد) ۳۴/۹ درجهٔ سانتی‌گراد و متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال (بهمن) ۳/۶ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است. شایان ذکر است که عرصهٔ مورد نظر تا حدودی در فصول مختلف سال مورد استفاده گردشگران قرار دارد، اما هیچ‌گونه آثار تخریب انسانی یا چرای دام در عرصهٔ مورد نظر مشاهده نشد.

دستگاه کاجانوس تیوب و مشابه ساخته‌شدهٔ آن

کاجانوس تیوب از یک استوانهٔ ساده و یک آینهٔ تخت تشکیل شده است. آینهٔ تخت با زاویهٔ ۴۵ درجه داخل استوانه قرار می‌گیرد و به شخص آماربردار امکان 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 استوانه، یک بعلاوه نشانه[2] قرار گرفته که به‌هنگام دیدروی به یک نقطه از تاج درخت، قابلیت تفکیک تاج‌پوشش از فضای خالی پدید می‌آید. استوانه به یک نگهدارنده متصل است. نگهدارنده قابلیت قرارگیری در حالت تعادل را برای استوانه فراهم کند تا دیدروی عمودی به یک نقطه برای شخص اندازه‌گیر میسر شود (Korhonen, 2011) (شکل ۱ قسمت الف). در دستگاه ساخته‌شده، با ساختاری مشابه، به‌جای

[1] Werner Cajanus
[2] Crosshair

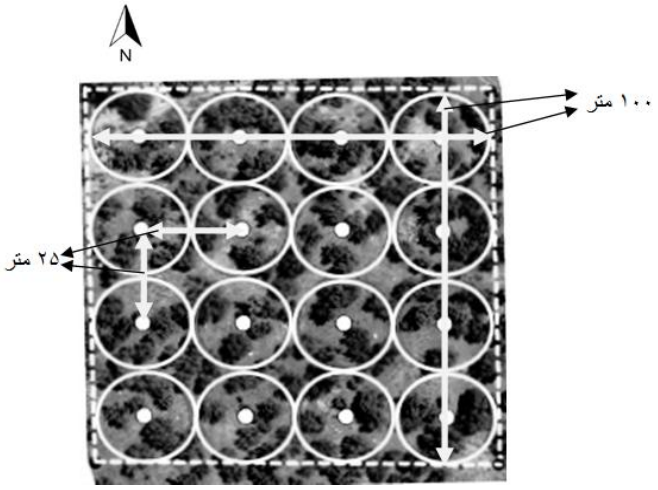
استوانه از یک مکعب مستطیل استفاده شده است که البته سطح مقطع پنجره دیدروی عمودی آن دایره‌ای است (شکل ۱ قسمت ب). در این وسیله با دیدروی عمودی به‌سمت بالا بر روی نقاط مختلف بر روی یک شبکهٔ آماربرداری، حضور یا نبود تاج پوشش در نقاط دیدروی در محل به علاوه نشانه مشخص می‌شود.



شکل ۱- تصویر دستگاه کاجانوس تیوب(الف) تصویر از (Korhonen, 2011) و تصویر مشابه ساخته‌شدهٔ آن(ب)

روش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، حاصل آماربرداری منظم ۱۶ قطعه نمونهٔ (پلات) ۴/۹ آری در شبکه‌ای به ابعاد ۲۵ متر در ۲۵ متر در یک تودهٔ جنگلی خالص بلوط ایرانی یک هکتاری است. به‌طوری که، مرکز قطعات نمونهٔ دایره‌ای با شعاع ۱۲/۵ متر در محل تقاطع شبکه آماربرداری قرار دارند (شکل ۲).

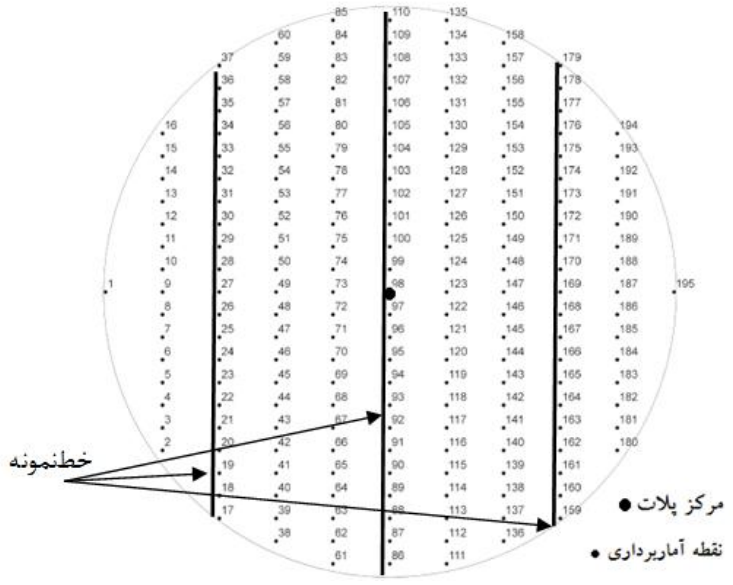


شکل ۲- تودهٔ یک هکتاری بلوط ایرانی با ۱۶ قطعه نمونه ۴/۹ آری و فاصله ۲۵ متری مرکز قطعات نمونه

در داخل هر قطعه نمونه، شبکه‌ای از نقاط با ابعاد ۱×۲/۵ متر و با تعداد ۱۹۵ نقطه، برای آماربرداری منظم تاج‌پوشش با دستگاه مشابه ساخته‌شدهٔ کاجانوس تیوب (شکل ۱)، با استفاده از طناب و متر بر روی زمین پیاده شد (شکل ۳). به‌منظور استفاده از دستگاه مشابه کاجانوس تیوب، با تبدیل دیدروی افقی

به عمودی به‌وسیلهٔ آینه تخت موجود در دستگاه، حضور (یک) یا نبود (صفر) تاج‌پوشش منطبق بر بعلاوه نشانهٔ موجود در پنجرهٔ دیدروی عمودی دستگاه، توسط شخص اندازه‌گیر در فرم‌های آماربرداری مربوطه ثبت شد. پس از آماربرداری اولیه، تعداد نقاط از ۱۹۵ به ۱۰۲ کاهش یافت و حضور یا نبود تاج‌پوشش به‌روش ذکرشده در محل ۱۰۲ نقطه بررسی شد. این عمل با کاهش تعداد نقاط اندازه‌گیری به ۴۹ و سپس به ۲۳ نقطه تکرار شد. ابعاد شبکهٔ آماربرداری برای روش ۱۰۲ نقطه‌ای ۲×۲/۵ متر، برای روش ۴۹ نقطه‌ای ۴×۲/۵ متر و برای روش ۲۳ نقطه‌ای ۸×۲/۵ متر در هر قطعه نمونه پیاده شد. ضلع ۲/۵ متری شبکه‌های مذکور در راستای غربی – شرقی و ضلع متغیر شبکه‌ها نیز در راستای شمالی – جنوبی قرار داشتند. دلیل کاهش تعداد نقاط شبکهٔ آماربرداری برای کاجانوس تیوب از ۱۹۵ نقطه به ۲۳ نقطه، بررسی و مقایسهٔ صحت روش‌های استفاده‌شده با توجه به زمان‌بر بودن آماربرداری به ازای تعداد نقاط است. در این پژوهش شبکهٔ ۱۹۵ نقطه‌ای به‌عنوان روش کنترل انتخاب شد و شبکه‌های ۱۰۲، ۴۹، ۲۳ و همچنین روش خط‌نمونه با روش کنترل مقایسه شدند. همچنین، علاوه بر ثبت حضور یا نبود مؤلفهٔ تاج‌پوشش در هر نقطه بر روی شبکه‌ها، قطر برابرسینه (DBH)، تعداد جست‌ها و ارتفاع پایه‌های دیدروی‌شده نیز ثبت شد.

روش خط نمونه برای برآورد تراکم تاج‌پوشش به دو صورت انجام می‌پذیرد که یکی خط‌نمونه با تعداد درخت معین ولی طول متفاوت، و دیگری خط‌نمونه با طول ثابت ولی تعداد درخت متفاوت است (زبیری، ۱۳۸۶). در این پژوهش در داخل هر قطعه نمونه، سه خط‌نمونه با طول کلی ۶۵ متر با کمک متر و طناب پیاده شد. از خط نمونه‌های مذکور، یک خط‌نمونه در جهت قطر قطعه نمونه در جهت شمالی – جنوبی به طول ۲۵ متر و دو خط‌نمونهٔ دیگر به‌صورت موازی با آن در دو طرف آن در فاصلهٔ ۷/۵ متری از مرکز قطعه نمونه به طول ۲۰ متر پیاده شد (شکل ۳). در روش خط‌نمونه، با استفاده از متر اندازه‌گیری، مقدار عددی طول قسمتی از تاج درختانی که خط‌نمونه‌ها آنها را قطع کرده‌اند، اندازه‌گیری شد.



شکل ۳- شبکهٔ آماربرداری ۱۹۵ نقطه‌ای پیاده‌شده در قطعات نمونه برای برآورد مؤلفهٔ تاج‌پوشش توده جنگلی به‌وسیله دستگاه کاجانوس تیوب به‌همراه وضعیت قرارگیری خط‌نمونه‌ها نسبت به هم برگرفته از (Korhonen *et al.*, 2006)

روش تحلیل داده‌ها

از آمار توصیفی برای توصیف وضعیت فعلی تودهٔ جنگلی از لحاظ ترکیب دانه‌زادی- شاخه‌زادی پایه‌های بلوط و محاسبهٔ میانگین‌های قطر برابرسینه، ارتفاع و مجموع سطح مقطع برابرسینهٔ توده استفاده شد. به‌علاوه، تعداد عناصر چوبی در هر قطعهٔ نمونه که شامل مجموع تعداد جست‌ها در پایه‌های شاخه‌زاد و تعداد دانه‌زادهای موجود در هر قطعه نمونه است، نیز محاسبه گردید. تراکم مؤلفهٔ تاج‌پوشش در روش‌های دیدروی عمودی (با استفاده از دستگاه مشابه کاجانوس تیوب) از نسبت نقاطی که در آنها تاج‌پوشش حضور داشت، به تعداد کل نقاط در هر قطعه نمونه به‌دست آمد. تراکم مؤلفهٔ تاج‌پوشش در روش نمونه‌برداری خطی از نسبت طول خط-نمونه‌هایی که تاج درخت را قطع کرده‌اند به طول کل خط‌نمونه‌ها به‌دست آمد (O'Brien, 1989; Jennings *et al.*, 1999; Williams *et al.*, 2003).

به‌منظور آشکارسازی تفاوت هر کدام از روش‌ها نسبت به روش کنترل از ابزار Boxplot استفاده شد. به‌دلیل ماهیت داده‌های جمع‌آوری‌شده در مورد مؤلفهٔ تاج‌پوشش (داده‌های صفر و یک) از آزمون آماری ناپارامتری کروسکال - والیس[1] برای مقایسه داده‌های برآورد تراکم تاج‌پوشش استفاده شد. شاخص آماری کروسکال – والیس به‌صورت رابطه ۱ است.

$$H = \left\{\frac{12}{N(N+1)}\sum_{j=1}^{k}\frac{R_i^2}{n_j}\right\} - 3(N+1) \qquad \text{رابطه ۱}$$

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

مقادیر صحت برای هر کدام از روش‌ها با محاسبهٔ درصد میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) و درصد اریبی (Bias) براساس روابط ۲ تا ۵ محاسبه شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)^2}{n}} \qquad \text{رابطه ۲}$$

$$RMSE\ (\%) = 100^* \left(\frac{RMSE}{\hat{y}_i}\right) \qquad \text{رابطه ۳}$$

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)}{n} \qquad \text{رابطه ۴}$$

$$Bias\ (\%) = 100^* \left(\frac{Bias}{\hat{y}_i}\right) \qquad \text{رابطه ۵}$$

در فرمول‌های ۱ و ۲، y مقدار تاج‌پوشش برآورد شده با استفاده از روش کنترل، $\hat{y}$ مقدار تاج‌پوشش برآورد شده با استفاده از روش‌های دیگر و n تعداد کل قطعات نمونهٔ مورد مقایسه است (Korhonen, 2011؛ ایران‌منش و همکاران، ۱۳۹۲). در فرمول‌های ۳ و ۴، $\hat{y}_i$ میانگین رتبه‌ای محاسبه‌شده برای هر روش است. در نهایت کلیهٔ روش‌ها با توجه به مقادیر اریبی (اختلاف از روش کنترل) رتبه‌بندی شدند. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{19}$ صورت پذیرفت.

نتایج

۳۳ پایهٔ دانه‌زاد و ۱۴۲ پایهٔ شاخه‌زاد بلوط ایرانی در کل ۱۶ قطعهٔ نمونه شناسایی و اندازه‌گیری شد. با توجه به شدت آماربرداری ۷۸/۴ درصدی توده، میانگین قطر برابرسینه پایه‌ها ۱۰/۴۸ سانتی‌متر (انحراف معیار، ۷/۴۰ سانتی‌متر)، میانگین ارتفاع پایه‌ها ۶/۸۵ متر (انحراف معیار، ۱/۹۳ متر)، مجموع سطح مقطع برابرسینهٔ آنها ۱۲/۲۴ مترمربع و میانگین متوسط قطر تاج در جست گروه‌ها و پایه‌های دانه زاد ۵/۴ متر برآورد شد. جدول ۱ تعداد پایه‌های شاخه‌زاد، دانه‌زاد و عناصر چوبی محاسبه‌شده برای هر کدام از قطعات نمونه را به تفکیک نشان می‌دهد.

[1] Kruscal -Wallis

جدول ۱- تعداد پایه‌های شاخه و دانه‌زاد به تفکیک در هریک از ۱۶ قطعه نمونه

قطعه	شاخه‌زاد	دانه‌زاد	تعداد عنصر چوبی(جست)	قطعه	شاخه‌زاد	دانه‌زاد	تعداد عنصر چوبی (جست)
۱	۹	۱	۵۰	۹	۶	۲	۵۳
۲	۱۶	۱	۹۳	۱۰	۱۰	۳	۷۹
۳	۴	۳	۴۵	۱۱	۱۲	۰	۷۸
۴	۶	۲	۴۸	۱۲	۷	۳	۴۰
۵	۱۰	۰	۵۹	۱۳	۳	۷	۲۳
۶	۹	۰	۵۷	۱۴	۸	۳	۶۱
۷	۸	۱	۴۶	۱۵	۱۷	۲	۷۸
۸	۱۲	۲	۷۶	۱۶	۵	۳	۳۵

براساس جدول ۱، بیشترین تعداد پایهٔ شاخه‌زاد بلوط با ۱۷ پایه مربوط به قطعه نمونهٔ ۱۵ و کمترین آن با ۳ پایه مربوط به قطعه نمونهٔ ۱۳ است. از طرفی تنها در مورد قطعه نمونهٔ ۱۳ ملاحظه می‌شود که نسبت ترکیب پایه‌های شاخه‌زاد به دانه‌زاد با سایر قطعات نمونه متفاوت بوده و کمتر از واحد است. بیشترین تعداد عناصر چوبی (مجموع جست‌ها) به‌ترتیب مربوط به قطعه نمونهٔ ۲ با ۹۳ و کمترین تعداد عناصر چوبی مربوط به قطعه نمونهٔ ۱۳ با ۲۳ عدد است. شایان ذکر است که متوسط تعداد پایهٔ شاخه‌زاد در هر قطعه نمونه ۸/۸۷ اصله، متوسط تعداد پایهٔ دانه‌زاد در هر قطعه نمونه برابر با ۲/۰۶ اصله و متوسط تعداد عنصر چوبی در هر قطعه نمونه برابر با ۵۷/۵۶ عدد محاسبه شد.

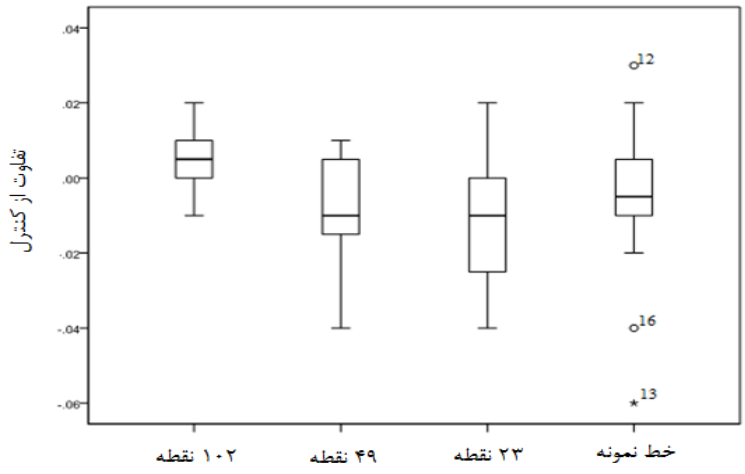
نتایج آزمون کروسکال – والیس برای روش‌های مذکور در جدول ۲ نشان داده شده است. مقدار شاخص آماری کروسکال – والیس (H) با درجهٔ آزادی ۴ برابر با ۰/۴۶۸ و مقدار p-value برابر با ۰/۹۷۷ محاسبه شد. با توجه به مقدار p-value، بین روش‌های برآورد تاج‌پوشش اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۲- نتایج آزمون کروسکال – والیس

روش	تعداد	میانگین رتبه
۱۹۵ نقطه	۱۶	۴۱/۵۰
۱۰۲ نقطه	۱۶	۴۳/۲۲
۴۹ نقطه	۱۶	۳۹/۲۵
۲۳ نقطه	۱۶	۳۸/۰۹
خط‌نمونه	۱۶	۴۰/۴۴

شکل ۴، اختلاف هر کدام از روش‌های برآورد تاج‌پوشش نسبت به روش کنترل را نشان می‌دهد. داده‌هایی که با ستاره مشخص شده‌اند، از ۱/۵ برابر دامنهٔ میان چارکی بیشترند و دادهٔ پرت (قطعات نمونهٔ پرت) تلقی می‌شوند. با توجه به شکل ۴ در روش خط‌نمونه، اختلاف برآورد تاج‌پوشش در قطعه نمونهٔ ۱۳ با برآورد آن با روش کنترل از مقدار ۱/۵ برابر دامنهٔ میان چارکی بیشتر است. با مراجعه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که تنها در قطعه نمونهٔ ۱۳ نسبت پایه‌های درختی شاخه‌زاد به دانه‌زاد کوچک‌تر از واحد

(۰/۴) است، اما در بقیهٔ قطعات نمونه این نسبت از واحد بزرگ‌تر است.



شکل ۴- Boxplot اختلاف روش‌های برآورد تاج‌پوشش از روش کنترل ۱۹۵ نقطه‌ای

با توجه به جدول ۳، کمترین(٪) RMSE به‌ترتیب برای روش‌های ۱۰۲ نقطه‌ای، ۴۹ نقطه‌ای، ۲۳ نقطه‌ای و در نهایت خط‌نمونه و کمترین مقدار اریبی (٪) و اختلاف از کنترل به‌ترتیب برای روش‌های ۱۰۲ نقطه‌ای، خط‌نمونه، ۴۹ نقطه‌ای و در نهایت ۲۳ نقطه‌ای برآورد شد. جدول ۳ مقادیر میانگین رتبهٔ حاصل از آزمون کروسکال – والیس، میانگین مربعات خطا (RMSE)، اریبی و اختلاف از کنترل را برای هر کدام از روش‌های برآورد تاج‌پوشش نشان می‌دهد.

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

روش برآورد تاج‌پوشش	میانگین رتبه	میانگین مجذور مربعات خطا (درصد)	اریبی (درصد)	اختلاف از کنترل (دامنه داده‌ها ۰ تا ۱)
۱۹۵ نقطه	۴۱/۵۰	۰	۰	۰
۱۰۲ نقطه	۴۳/۲۲	۱/۰۱	-۰/۴۷	۰/۰۷
۴۹ نقطه	۳۹/۲۵	۱/۶۳	۰/۹۱	-۰/۱۵
۲۳ نقطه	۳۸/۰۹	۲/۰۱	۱/۲۲	-۰/۲۰
خط‌نمونه	۴۰/۴۴	۲/۱۵	۰/۵۲	-۰/۰۸

بحث

براساس پژوهش‌های انجام‌گرفته (Sarvas, 1953; Johansson, 1985; Jennings *et al.*, 1999; Rautiainen *et al.*, 2005) ۲۰۰ تا ۲۵۰ نقطهٔ آماربرداری در هنگام برآورد تاج‌پوشش در قطعه نمونه با استفاده از دیدروی عمودی مناسب به‌نظر می‌رسد. Korhonen *et al.* (2006) در جنگل‌های فنلاند، برای مقایسهٔ روش‌های مختلف برآورد تاج‌پوشش از روش کاجانوس تیوب با ۱۹۵ نقطه به‌عنوان روش کنترل نام بردند و سایر روش‌ها را با آن مقایسه کردند. در پژوهش مذکور، برآورد دقیق‌تر کاجانوس تیوب و همچنین فراهم کردن داده‌های ناریب از مزایای این دستگاه ذکر شده است. Rautiainen *et al.* (2005) با استفاده از کاجانوس تیوب، میزان تاج‌پوشش را در

جنگل‌های کاج فنلاند برآورد کردند. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که کاجانوس تیوب، قابلیت برآورد تاج‌پوشش تودهٔ جنگلی و همچنین توانایی اندازه‌گیری میزان همپوشانی تاج‌پوشش درختان در اشکوب‌بندی جنگل را دارد. در پژوهش مذکور به توانایی دستگاه کاجانوس تیوب در جهت مدلسازی میزان نور قابل عبور از تاج‌پوشش اشاره شده است. در پژوهش حاضر که در یک عرصهٔ یک هکتاری از جنگل‌های آمیخته دانه و شاخه‌زاد خالص بلوط ایرانی در منطقهٔ پارک جنگلی یاسوج انجام پذیرفت. برای برآورد نااریب تراکم تاج‌پوشش پوشش جنگلی از دستگاه مشابه کاجانوس تیوب در چهار روش مختلف از لحاظ تعداد نقاط آماربرداری و همچنین روش خطنمونه استفاده شد. نتیجهٔ آزمون کروسکال – والیس حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار میانگین رتبه‌ای به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف برآورد تراکم تاج‌پوشش است. Boxplot تفاوت زیادی در برآورد تاج‌پوشش به‌کمک روش خطنمونه با روش کنترل در قطعه نمونه ۱۳ را نشان می‌دهد (قطعه نمونهٔ پرت). درصورتی که سایر روش‌ها اختلاف زیادی (بیش از ۱/۵ برابر دامنهٔ میان‌چارکی) با روش کنترل ندارند (شکل ۴). علت تفاوت زیاد در روش خطنمونه احتمالا کم بودن تعداد پایه‌های درختی از یک طرف و از طرفی نسبت تعداد پایه‌های درختی شاخه‌زاد به دانه‌زاد در قطعه نمونهٔ مذکور است. در قطعه نمونهٔ ۱۳ در مجموع ۱۰ پایهٔ درختی بلوط شناسایی و اندازه‌گیری شد که هفت پایه دانه‌زاد و سه پایه شاخه‌زاد است درحالی که کل عناصر چوبی موجود ۲۳ عدد است که از لحاظ مقایسه با سایر قطعات نمونه مقدار کمتری را نشان می‌دهد (جدول ۱). همچنین باید توجه داشت که عناصر چوبی قطعات نمونهٔ ۱۲ و ۱۶ نیز نسبت به سایر قطعه نمونه‌ها، مقدار کمتری دارند و با توجه به نتیجهٔ Boxplot، نزدیک به دادهٔ پرت (قطعه نمونهٔ پرت) شناسایی شدند (شکل ۴). می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش خطنمونه برای برآورد تاج‌پوشش در قطعه نمونه‌هایی که عناصر چوبی کمتری دارند، اریبی بیشتری دارد، زیرا خطنمونه‌ها توانایی پوشش دادن سطح کل قطعه نمونه را ندارند درحالی که دیدروی عمودی به‌دلیل استفاده از شبکهٔ آماربرداری که کل سطح قطعه نمونه را پوشش می‌دهد این مسئله را مرتفع می‌کند. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که روش ۱۰۲ نقطه‌ای نسبت به روش کنترل (روش ۱۹۵ نقطه‌ای) مقدار مؤلفهٔ تاج‌پوشش را بیشتر برآورد می‌کند و دارای کمترین میزان اریبی (۰/۴۷-) است. در توضیح مقدار منفی اریبی برای روش ۱۰۲ نقطه‌ای، ذکر این نکته لازم است که با توجه به رابطهٔ اشاره‌شده برای محاسبهٔ درصد اریبی، روش‌هایی که نسبت به روش کنترل مقدار بیشتری برآورد کنند، دارای اریبی منفی خواهند شد و روش‌هایی که نسبت به روش کنترل مقدار کمتری برآورد کنند، اریبی مثبت خواهند داشت. روش‌های ۴۹ و ۲۳ نقطه‌ای مقدار مؤلفهٔ تراکم تاج‌پوشش را کمتر برآورد می‌کنند و اریبی مثبت دارند. روش ۲۳ نقطه‌ای در بین تمامی روش‌های مقایسه‌شده اریبی بیشتری دارد. روش خط-نمونه از لحاظ مقدار اریبی در رتبهٔ دوم پس از روش ۱۰۲ نقطه‌ای قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که روش خطنمونه مقدار مؤلفهٔ تراکم تاج‌پوشش را کمتر از روش کنترل برآورد می‌کند. با توجه به نتایج این پژوهش، میانگین رتبه‌ای چهار روش مقایسه‌شده با روش کنترل اختلاف آماری معنی‌داری ندارند اما از لحاظ برتری روش‌ها نسبت به هم از صحت اندازه‌گیری، روش‌های ۱۰۲ نقطه‌ای، خطنمونه، ۴۹ نقطه‌ای و ۲۳ نقطه‌ای از لحاظ شاخص اریبی به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم قرار می‌گیرند. با این حال، با توجه به اختلاف ناچیز اریبی در روش ۲۳ نقطه‌ای با روش کنترل، به‌ظاهر از لحاظ دو عامل هزینه و زمان نسبی برداشت، روش ۲۳ نقطه‌ای برای برآورد تراکم تاج‌پوشش در توده‌های جنگلی بلوط ایرانی پیشنهاد می‌شود که لازم است با مطالعات زمانی، با نتایج روش خطنمونه نیز مقایسه شود. براساس پژوهش Korhonen *et al.* (2006)، ازآنجا که اختلاف

میانگین رتبه‌ای برآورد تراکم تاج پوشش با استفاده از روش خط‌نمونه نسبت به روش کنترل ۱۹۵ نقطه‌ای کمتر از ۵ درصد می باشد، روش خط‌نمونه نیز می‌تواند به‌عنوان روش کنترل به‌کار گرفته شود، زیرا اریبی کمتری دارد. ناریب بودن استفاده از روش خط‌نمونه در پژوهش‌های دیگری نیز بیان شده است (O'Brien, 1989; Williams *et al.*, 2003). در پژوهش‌های داخلی نیز با استفاده از تحلیل‌های مختلف، روش خط‌نمونه یکی از روش‌های مناسب جهت برآورد تراکم تاج پوشش در توده‌های جنگلی زاگرس ذکر شده است (اسحق‌نیموری و همکاران، ۱۳۸۲؛ نوکی و همکاران، ۱۳۸۶؛ حیدری و همکاران، ۱۳۸۸؛ نقوی و همکاران، ۱۳۸۸؛ فلاح و همکاران، ۱۳۹۱). برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود طول‌های متفاوت خط‌نمونه در داخل هر قطعه نمونه با شعاع ۱۲/۵ متری پیاده شود و نتایج آنها با خط-نمونهٔ ۶۵ متری و روش ۱۹۵ نقطه‌ای مقایسه شود.

منابع

اخوان، رضا، مونا کرمی خرم‌آبادی و جواد سوسنی،۱۳۹۰. کاربرد دو روش کریجینگ وIDW در پهنه‌بندی تراکم و تاج‌پوشش جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ کاکارضای خرم‌آباد لرستان)، مجلهٔ جنگل ایران، ۳ (۴): ۳۰۵-۳۱۶.

اسحق‌نیموری، جواد، محمود زبیری، هوشنگ سبحانی و هوشنگ پورشفیع زنگنه، ۱۳۸۲. مقایسهٔ روش آماربرداری سیستماتیک تصادفی با قطعات نمونهٔ دایره‌ای و روش خط‌نمونه از نظر دقت و هزینه در جنگل‌های بلوط غرب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران، ۵۶(۴): ۳۸۳-۳۹۶.

ایران‌منش، یعقوب، سید غلامعلی جلالی، خسرو ثاقب طالبی، سید محسن حسینی و هرمز سهرابی، ۱۳۹۲. به‌کارگیری روش نمونه‌برداری شاخه تصادفی به‌منظور برآورد زی‌تودهٔ اندام‌های هوایی پایه‌های دانه‌زاد و شاخه‌زاد گونهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.)، مجلهٔ جنگل ایران، ۵ (۳): ۲۳۹-۲۵۲.

ثاقب‌طالبی، خسرو، تکتم ساجدی و فرشاد یزدیان، ۱۳۸۴. نگاهی به جنگل‌های ایران، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران،۵۴ ص.

جزیره‌ای، محمدحسین و مرتضی ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲. جنگل‌شناسی زاگرس، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۵۶۰ ص.

حیدری، رضاحسین، محمود زبیری، منوچهر نمیرانیان و هوشنگ سبحانی، ۱۳۸۸. مقایسهٔ روش‌های نمونه‌برداری با قطعه نمونهٔ دایره‌ای شکل و خط‌نمونه در جنگل‌های بلوط زاگرس (مطالعه موردی جنگل آموزشی – پژوهشی دانشگاه رازی کرمانشاه)، فصلنامهٔ تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳۷ (۳): ۳۵۹-۳۶۸.

زبیری، محمود، ۱۳۸۶. زیست‌سنجی (بیومتری) جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران، ۴۰۵ ص.

عرفانی‌فرد، سید یوسف، جهانگیر فقهی، محمود زبیری و منوچهر نمیرانیان، ۱۳۸۹. بررسی امکان تهیهٔ نقشهٔ انبوهی تاج‌پوشش در جنگل با استفاده ازعکسهای هوایی و سامانهٔ اطلاعات مکانی، همایش ملی ژئوماتیک، اردیبهشت ماه، کرج، ۱۱ ص.

فلاح، اصغر، محمود زبیری، امین رحیمی‌پور سی‌سخت و حامد نقوی، ۱۳۹۱. بررسی چهار روش نمونه‌برداری به-منظور برآورد سطح تاج‌پوشش در جنگلهای بلوط زاگرس (مطالعهٔ موردی: جنگلهای مهریان شهرستان یاسوج)، فصلنامهٔ تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۴۸ (۲): ۱۹۴-۲۰۳.

ناشناس، ۱۳۸۷، مطالعات طرح مدیریت پارک جنگلی یاسوج، ادارهٔ کل منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، یاسوج، ۱۵۷ ص.

نقوی، حامد، اصغر فلاح، حمید جلیلوند و جواد سوسنی، ۱۳۸۸. تعیین مناسب‌ترین طول خط‌نمونه در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس، مجلهٔ جنگل ایران، ۱ (۳): ۲۲۹-۲۳۸.

نوکی، یونس، محمود زبیری و جهانگیر فقهی، ۱۳۸۶. بررسی کاربرد روش خط‌نمونه در جنگل‌های حفاظتی خلخال، مجلهٔ منابع طبیعی ایران، ۶۰(۴): ۱۳۴۳-۱۳۵۵.

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

Beets, A.K., and J.H. Ball, 1997. Albedo over boreal forest, *Journal of Geophysical Research*, 102(24): 28901-28909.

Buckley, D.S., J.G. Isebrands, and T.L. Sharik, 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.

FAO, 2004. Global forest resources assessment update 2005. Terms and definitions. Forest resources assessment programme working paper 83/E, Rome, Italy, 36 p.

Gschwantner, T., K. Schadauer, C. Vidal, A. Lanz, E. Tomppo, L. di Cosmo, N. Robert, D. Duutsma, and M. Lawrence, 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., N.D. Brown, and D. Sheil, 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: 139–144.

Kanji, G.K., 2006. 100 statistical tests (3rd ed.), *SAGE Publication*, 242 pp.

Korhonen, L., 2011. Estimation of boreal forest canopy cover with ground measurements, statistical models and remote sensing, Dissertationes Forestales, 115, 56 p.

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

Lohila, A., K., Minkkinen., J. Laine., I. Savolainen., J.P. Tuovinen., L. Korhonen., T. Laurila., H. Tietavainen, and A. Laaksonen, 2010. Forestation of boreal peatlands: impacts of changing albedo and greenhouse gas fluxes on radiative forcing, *Journal of Geophysical Research*, 115: 128-137.

Menitsky, Y.L., 2005. Oaks of Asia, Fedorov, A. A. (ed.). Enfield, NH: science Publishers.

O'Brien, R.A, 1989. Comparison of overstorey canopy estimates on forest survey plots, USDA Forestry Service General Technical Report INT-GTR-417, 5 p.

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

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

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

Rudnicki, M., U. Silins, and V. Lieffers, 2004. Crown cover is correlated with relative density, tree slenderness and tree height in Logepole Pine, *Journal of Forest Science*, 50(3): 356 – 363.

Sarvas, R, 1953. Measurement of the crown closure of the stand, Communicationes Instituti Forestales Fenniae, 41(6). 13 p.

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

Williams, M.S., P.L. Patterson, and H.T. Mowrer, 2003. Comparison of ground sampling methods for estimating canopy cover, *Forest Science*, 49(2): 235–246.

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

Comparison of accuracy assessment of canopy cover density using a device similar to Cajanus tube and line intersect sampling in a Persian oak stand

A. Salehi[1*], and M.J. Taheri Sarteshnizi[2]

[1] Assistant Prof., Faculty of Agriculture, University of Yasouj, I. R. Iran
[2] M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, I. R. Iran

(Received: 29 December 2013, Accepted: 27 September 2014)

Abstract

The accuracy assessment of canopy cover density in a Persian oak (*Quercus brantii* Lindl) stand, using vertical sighting from terrestrial points toward canopy of trees to determine the presence or absence of canopy cover in grids with 195, 102, 49 and 23 points with a similarly made device of Cajanus tube were compared with together and with a line intersect sampling method. For this reason, in 0.49 ha sample plots, grids with mentioned number of points were laid out, and the method of 195 points was considered as control. Because of the nature of the data, Non-parametric Kruskal–Wallis statistical test was used to compare the ranked averages of methods. Moreover, accuracy values including RMSE (%) and Bias (%) were calculated for each of the methods. According to the results, there were no statistically significant differences between the used methods to estimate canopy cover. The least amount of Bias was related to grid with 102 points, line intersect sampling method, grid with 49 points and finally grid with 23 points, respectively.

Keywords: Cajanus tube, Line intersect sampling, Systematic sampling, Zagros.

[*]Corresponding author Tel: +989171551288 Email: asalehi@mail.yu.ac.ir