

تحلیل اریبی برآوردکننده تغییر یافته روش چنددرختی در محاسبه تعداد در هکتار و درصد تاج پوشش در جنگل های زاگرس

حمدالله صادقی کاجی^{۱*}، سودابه گراوند^۲ و ایمان ظفریان^۳

^۱ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

^۲ کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۹)

چکیده

از آنجا که روش چنددرختی عموماً نتایجی اریب به همراه دارد، در کاربرد برآوردکننده های مختلف روش چنددرختی باید ارزیابی اریبی انجام گیرد. هدف این پژوهش، ارزیابی اریبی روش چنددرختی با تغییر برآوردکننده Klein-Vilcko در محاسبه تعداد در هکتار و درصد تاج پوشش در جنگل های زاگرس است. بدین منظور ۶ تا ۱۰ درخت با استفاده از نقشه واقعی درختان در محیط GIS با آماربرداری صددرصد بررسی شد. برای مقایسه نتایج مشخصه های مورد نظر در تعداد درختان مختلف با آماربرداری صددرصد از تحلیل واریانس استفاده شد. ارزیابی روش چنددرختی با معیار صحت و درصد اشتباه آماربرداری و اریبی نیز با محاسبه آزمون t تک نمونه ای و اریبی نسبی (RB) انجام گرفت. نتایج نشان داد که در محاسبه تعداد در هکتار و درصد تاج پوشش بین هیچ یک از تعداد درخت ها با آماربرداری صددرصد اختلاف معنی داری وجود ندارد. آزمون اریبی برای تعداد در هکتار برای ۶ و ۷ درخت معنی دار و برای ۸، ۹ و ۱۰ درخت معنی دار نشد. نتایج درصد تاج پوشش برای همه تعداد درختان تفاوت معنی داری نشان نداد؛ بنابراین می توان گفت برای رسیدن به بیشترین صحت (کمترین اریبی) دست کم باید ۸ درخت در هر قطعه نمونه اندازه گیری شود. در مجموع نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در جنگل های تنک با الگوی پراکنش کپه ای، میزان تغییر اریبی روش های چنددرختی با افزایش تعداد درخت تناسب ندارد و از الگویی پیش بینی پذیر تبعیت نمی کند.

واژه های کلیدی: اریبی نسبی، الگوی پراکنش، آماربرداری جنگل، تاج پوشش، تعداد در هکتار.

مقدمه و هدف

برای حفظ کارکردهای جنگل‌های زاگرس در حفاظت از آب، خاک و حیات وحش باید راهکارهای مناسب به منظور ارزیابی شرایط موجود و برنامه‌هایی برای حفظ این جنگل‌ها توسعه یابد. کسب اطلاعات کمی و کیفی مورد نیاز برای برنامه‌ریزی با آماربرداری از جنگل شروع می‌شود (زبیری، ۱۳۸۴). روش‌های آماربرداری را می‌توان بسته به شرایط جنگل مورد بررسی و اهداف آماربرداری به دو دسته روش‌های براساس قطعه نمونه و بدون قطعه نمونه تقسیم کرد. روش‌های براساس قطعه نمونه شامل روش‌هایی است که از قطعه نمونه با مساحت ثابت استفاده می‌شود (مانند قطعه نمونه دایره‌ای، مربعی، لوزی). در روش‌های بدون قطعه نمونه یا روش‌های قطعه نمونه با مساحت متغیر، مساحت قطعه نمونه از یک نمونه به نمونه دیگر تغییر می‌کند؛ مانند روش‌های فاصله‌ای. روش‌های بدون قطعه نمونه از روش‌های با قطعه نمونه سریع‌ترند و به الزامات کمتری در اجرا دارند (Kleinn and Vilcko, 2006 a). انگیزه اصلی توسعه این روش‌ها، برآورد مشخصه مورد نظر بدون استفاده از قطعه نمونه است که سبب صرفه‌جویی در زمان می‌شود و صحت برآورد را نیز افزایش می‌دهد (Beasom and Hauck, 1975). نمونه‌برداری چنددرختی^۱ یکی از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای است. در این روش n آمین درخت (معمولاً ۱۰-۲۰ درخت) نزدیک به نقطه نمونه انتخاب (n تعداد درخت انتخاب شده است که در سرتاسر نمونه‌برداری بدون تغییر می‌ماند) و فاصله آن اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۱). به دلیل ثابت بودن تعداد درخت‌هایی که برای هر نقطه نمونه شمرده می‌شود، قطعه نمونه خالی یا قطعه نمونه با تعداد درخت زیاد وجود ندارد (Kleinn and Vilcko, 2006 a) که از مزایای این روش است و سبب افزایش کارایی می‌شود. در طول

دهه‌های گذشته، تلاش شده است که برای روش چنددرختی، برآوردکننده‌هایی توسعه پیدا کنند که کمترین اریبی را در شرایط جنگل‌های مختلف داشته باشند. از جمله تحقیقاتی که برای کاربرد و توسعه برآوردکننده‌های مختلف در شرایط و الگوهای پراکنش مختلف صورت گرفته می‌توان به کارهای Moor (1954), Payandeh and EK (1986), Lessard *et al.* (1994), Kleinn and Vilcko (2006) اشاره کرد. پژوهش‌ها در زمینه روش‌های مختلف فاصله‌ای در محاسبه تعداد در هکتار و درصد تاج‌پوشش در ناحیه رویشی زاگرس اندک است (عسکری و همکاران، ۱۳۹۲؛ حیدری و همکاران، ۱۳۸۹؛ ۱۳۸۷؛ ۱۳۸۶). در خصوص استفاده از روش‌های چنددرختی بیشتر از برآوردکننده روش پرودان در مطالعات داخلی استفاده شده است؛ از جمله: Zobeiry *et al.* (1978) در جنگل‌های شمال کشور نشان دادند که روش پرودان در تعداد ۶ تا ۹ درخت برای محاسبه سطح مقطع و تعداد در هکتار کم‌برآورد است. سلطانی و همکاران (۱۳۸۶) روش شش‌درختی پرودان را بهینه‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از عامل تصحیح اریبی و فرضیه فاصله بین نقطه نمونه تا تمام قطر درخت n ام به اضافه نصف قطر درخت $n+1$ ام برای برآورد تعداد در هکتار مناسب است. علی‌نژاد (۱۳۸۷) در مقایسه روش نمونه‌برداری با قطعه نمونه دایره‌شکل با روش چنددرختی پرودان با اندازه‌گیری سه، چهار و پنج درخت نشان داد که روش پرودان در تعداد ۵ درخت و روش دایره‌ای ۱۰ آری به ترتیب دارای بیشترین کارایی بودند. نتایج بررسی روش پرودان در جنگلکاری گونه صنوبر با ۳ تا ۱۰ درخت برای محاسبه تعداد در هکتار، سطح مقطع و حجم با استفاده از شاخص $E\% \times T$ (مجذور درصد اشتباه آماربرداری در زمان) نشان داد که روش نمونه‌برداری چهاردرختی مناسب است (فسحت و همکاران، ۱۳۹۰). روش پرودان برای الگوی پراکنش تصادفی نتایج خوبی نشان داده است، اما در الگوی پراکنش

¹ N-tree sampling

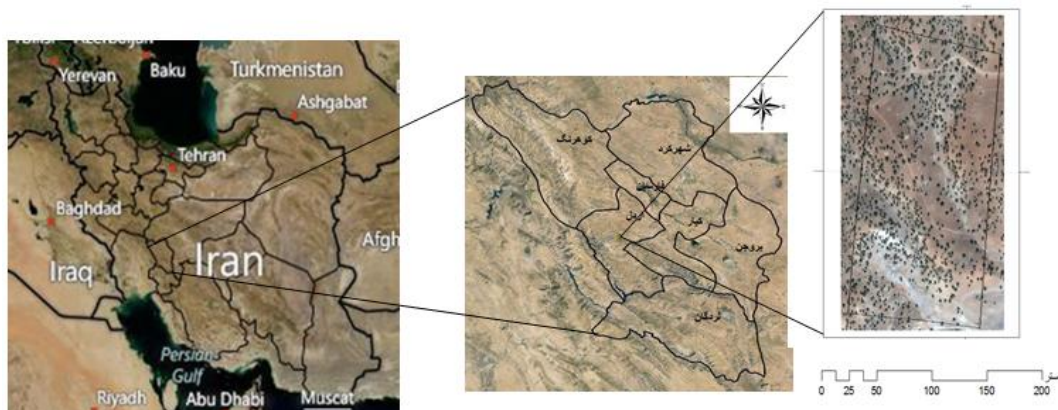
کمترین تعداد درخت لازم برای برآورد صحیح مشخصه‌های مورد بررسی است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

منطقه تحقیق با وسعت ۳۷/۵۷ هکتار در استان چهارمحال و بختیاری از توابع شهرستان اردل بعد از روستای لیرابی در مسیر جاده دیناران و از نظر جغرافیایی بین ۳۱ درجه و ۵۷ دقیقه و ۱۹ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۲۶ دقیقه و ۱۹ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۲۶ دقیقه و ۳۲ ثانیه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۸۹۱ متر و متوسط شیب منطقه ۲۳ درصد است. منطقه از نظر آب‌وهوایی تحت تأثیر جریان‌های جوی مدیترانه قرار دارد. متوسط درجه حرارت حداکثر روزانه ۲۲/۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۳۳۴/۶ میلی‌متر است. براساس اقلیم‌نمای آمبرژه، این منطقه نیمه‌خشک سرد است (مطالعات آبخیزداری حوزه لیرابی، ۱۳۸۵).

کپه‌ای و یکنواخت برآورد کمتر از واقعیت دارد (Payandeh and Ek, 1986). در کاربرد روش‌های فاصله‌ای در جنگل‌های زاگرس، صادقی و همکاران (۱۳۹۳) به مقایسه روش نمونه‌برداری چنددرختی با برآوردکننده Klein-Vilcko و روش قطعه نمونه در برآورد تراکم درختان پرداختند که نتایج حاکی از آن است که درصد اریبی نسبی روش چنددرختی در برآورد تعداد در هکتار از ۵ درخت به بعد کمتر از ± 10 درصد بود. در مورد برآورد درصد تاج‌پوشش با روش چنددرختی تا کنون تحقیقی انجام نگرفته است. در جنگل‌های زاگرس با توجه به پژوهش‌های انجام‌گرفته در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که عموماً الگوی پراکنش گونه‌های مختلف کپه‌ای است (سهرابی، ۱۳۹۳)؛ بنابراین با توجه به تراکم کم در استفاده از روش‌های فاصله‌ای باید محتاط بود و از برآوردکننده‌هایی استفاده کرد که حداقل اریبی و بیشترین دقت را در برآورد مشخصه مورد نظر داشته باشند. هدف این پژوهش، بررسی اریبی برآوردکننده تغییریافته روش چنددرختی در محاسبه تعداد در هکتار و درصد تاج‌پوشش در جنگل‌های تنک زاگرس است. در عین حال نتایج این تحقیق مشخص‌کننده



شکل ۱- منطقه تحقیق

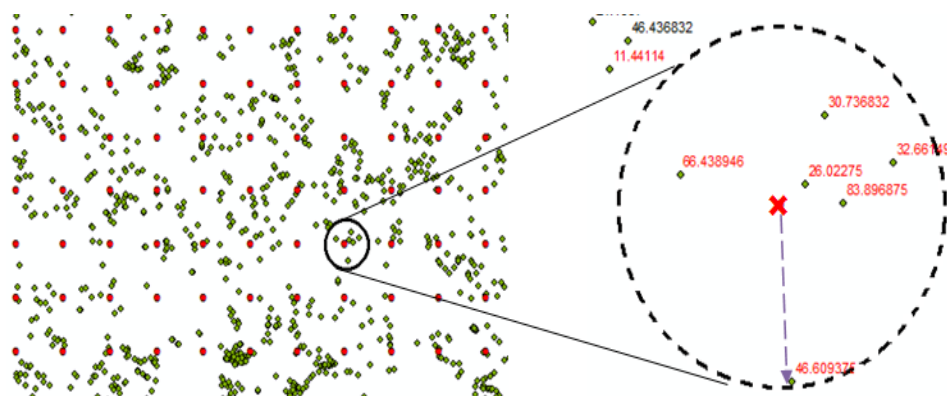
مکانی تک‌تک درختان با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و قطر بزرگ و کوچک

روش اجرای پژوهش

برای تهیه نقشه درختان در محیط GIS، اطلاعات

می‌شود) از شبکه 40×40 متری استفاده شد (شکل ۲). برای هر روش درختی از ۳۰ تکرار و برای هر تکرار ۳۰ نقطه نمونه به صورت کاملاً تصادفی از شبکه منظم طراحی شده انتخاب شد. در کل برای هر تعداد درخت ۹۰۰ نقطه نمونه و در مجموع ۴۵۰۰ نقطه نمونه در ۳۰ تکرار در نظر گرفته شد. برای طراحی شبکه و انتخاب نقاط تصادفی از الحاقیه Hawth's_Analysis_Tools در نرم‌افزار Arc GIS 9.3 استفاده شد. در محل هر نقطه نمونه، ۶ تا ۱۰ درخت نزدیک به نقطه نمونه انتخاب و اطلاعات تاج پوشش و فاصله هر درخت تا نقطه نمونه استخراج و از محیط GIS وارد Excel شد. تجزیه و تحلیل‌ها در Excel با استفاده از زبان برنامه‌نویسی (VBA) Visual Basic for Application انجام گرفت.

درختان با متر نواری تا دقت سانتی‌متر برداشت شد. موقعیت مکانی درختان به محیط GIS وارد و نقشه پراکنش درختان تهیه شد. سطح تاج درختان اندازه‌گیری شده با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شده و به‌عنوان یک لایه اطلاعاتی به جدول نقشه درختان اضافه شد. در این مطالعه از یک شبکه تصادفی سیستماتیک 40×40 متری برای انتخاب نقطه نمونه‌ها استفاده شد. محل تلاقی اضلاع شبکه، نقطه تصادفی یا مرکز قطعه نمونه در نظر گرفته شد. فاصله متوسط نقطه نمونه‌ها تا درخت یازدهم $29/13$ متر بود. به دلیل عدم تداخل نقطه نمونه‌ها در تکرارهای مختلف با توجه به فاصله متوسط نقطه نمونه تا حداکثر تعداد درخت انتخاب شده (فاصله تا درخت یازدهم که بیشترین سطح یک پلات را شامل



شکل ۲- نمایی از یک قطعه نمونه با ۶ درخت به همراه اعداد مربوط به سطح تاج هر درخت

روش‌های اندازه‌گیری مطلق (با آماربرداری صددرصد) است (Mitchell, 2005). اگر اطلاعات مکانی جنگل مورد بررسی به صورت صددرصد در اختیار باشد، از روش‌های مطلق تعیین الگوی پراکنش مکانی استفاده می‌شود. برای تعیین الگوی نقاط دو آنالیز انجام می‌گیرد (Boot and Getis, 1988): ۱- اندازه‌گیری پراکندگی^۱ نقاط که مقایسه موقعیت نسبی نقاط در منطقه تحقیق است؛ ۲- اندازه‌گیری چیدمان یا ترتیب

آنالیز الگوی نقاط

تأثیر الگوی پراکنش مکانی بر کارایی روش‌های فاصله‌ای کاملاً مشهود است، به طوری که این روش‌ها عملکرد متفاوتی بین الگوی پراکنش منظم و تصادفی یا کپه‌ای از خود نشان می‌دهند (Lessard et al., 2002; Kleinn and Vilcko, 2006a). بنابراین باید قبل از بررسی هر روش آماربرداری، الگوی پراکنش مشخص شود و در تفسیر نتایج به کار رود. روش‌های مختلفی برای تعیین الگوی پراکنش ارائه شده است که شامل روش‌های اندازه‌گیری نسبی (براساس نمونه) و

¹ Dispersion

قرارگیری نقاط^۱ که مقایسه موقعیت نسبی نقاط نسبت به یکدیگر است. الگوی نقاط با آزمون‌های مکانی کاملاً تصادفی^۲ مشخص می‌شود. به‌طور معمول آزمون‌های مکانی مربوط به تعیین الگوی نقاط به دو دسته براساس کوادرات^۳ و براساس فاصله تقسیم می‌شوند (Diggle, 1983). در این بررسی برای مشخص کردن پراکندگی و چیدمان نقاط از روش کوادرات‌های به‌هم‌پیوسته و روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. کوادرات‌های به‌هم‌پیوسته در واقع شبکه‌ای از کوادرات‌هاست که در محدوده منطقه تحقیق قرار گرفته و براساس آن الگوی نقاط مشخص می‌شود. آزمون آماری استفاده‌شده در این روش کای اسکور است. در روش نزدیک‌ترین همسایه، فاصله تک‌تک درختان تا نزدیک‌ترین همسایه بررسی می‌شود. آزمون آماری این روش z است که اگر مقدار آن بین $+1/96$ و $-1/96$ باشد، اختلاف معنی‌داری بین توزیع مشاهده‌شده و توزیع تصادفی وجود ندارد. در غیر این صورت توزیع تجمعی یا یکنواخت خواهد بود (Wang et al., 2009). برای آنالیز الگوی نقاط از نرم‌افزار Biotas استفاده شد.

محاسبه تعداد در هکتار

نتایج استفاده از برآوردکننده Kleinn-Vilcko نشان داد که در مقایسه با قطعه نمونه با مساحت ثابت و قطعه نمونه اندازه‌گیری شده با رلاسکوپ در محاسبه تعداد در هکتار دارای اریبی بیشتر، ولی در مقایسه با روش پرودان دارای اریبی کمتری است. در این پژوهش به‌دلیل الگوی پراکنش کپه‌ای از تخمینگر Kleinn-Vilcko استفاده شد. برای برآورد تعداد در هکتار برآوردکننده Kleinn-Vilcko (رابطه‌های ۱ و ۲) (Kleinn and Vilcko, 2006 a) تغییر یافت. برای این کار تأثیر استفاده از عامل تصحیح اریبی^۴

$$N_k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\frac{n}{A_j} \right] \quad \text{رابطه ۱}$$

$$A_j = \frac{\pi * (d_n + d_{n+1} * 0.05)^2}{10000} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$N = \frac{1}{m} \left(\frac{n-1}{n} \right) \sum_{i=1}^m \left[\frac{n}{A_j} \right] \quad \text{رابطه ۳}$$

$$A_j = \frac{\pi * (d_p + d_{p+1} * 0.05)^2}{10000} \quad \text{رابطه ۴}$$

که در این رابطه‌ها:

N_K : تعداد در هکتار با رابطه Kleinn-Vilcko

N : تعداد در هکتار با برآوردکننده تغییر یافته

n : تعداد درخت در هر نقطه نمونه برداری

m : تعداد نقاط نمونه برداری شده در هر تکرار

d_n : فاصله نقطه نمونه تا درخت n ام (متر)

d_{n+1} : فاصله درخت n تا $n+1$ ام (متر)

d_p : فاصله نقطه نمونه تا درخت n ام (متر)

d_{p+1} : فاصله نقطه نمونه تا نزدیک‌ترین درخت به

درخت n ام (متر)

A_j : مساحت قطعه نمونه (هکتار)

π : ۳/۱۴

محاسبه درصد تاج پوشش

اندازه‌گیری درصد تاج پوشش شامل سه مرحله

است: ۱- محاسبه سطح تاج هر درخت (رابطه ۵) ۲-

¹ Arrangement

² Complete spatial randomness test

³ Quadrat based

⁴ Bias correction factor

داده‌ها در نرم‌افزار Excel 2010 و SPSS17 انجام گرفت.

$$RB = \frac{\sum_{i=1}^R [\hat{Y}_i - Y] \times 100}{Y \times R} \quad \text{رابطه ۸}$$

(Haxtema et al., 2012)

$$AC = \frac{(\hat{Y}_i - Y)}{Y} \times 100 \quad \text{رابطه ۹}$$

(Soutwood and Henderson, 2000)

\hat{Y}_i = مقدار برآوردی = Y مقدار واقعی R: تکرار
RB = اریبی نسبی AC = معیار صحت

نتایج

نتایج آماربرداری صد درصد نشان داد که تعداد در هکتار و درصد تاج پوشش واقعی به ترتیب ۶۰/۵۸ و ۲۱/۴۳ درصد است. تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با آزمون کولموگروف - اسمیرنوف تأیید شد (جدول ۱). فرض صفر در محاسبه الگوی پراکنش این است که تعداد در هر کوادرات از الگوی تصادفی پواسون تبعیت می‌کند. نتایج آزمون کای اسکور وجود الگوی غیرتصادفی را تأیید می‌کند. آنالیز نزدیک‌ترین همسایه و آماره Z وجود الگوی تصادفی را رد و وجود الگوی کپه‌ای را تأیید می‌کند (شکل ۳). بنابراین با توجه به آنالیزهای انجام گرفته در سطح احتمال ۹۵ درصد، احتمال وجود الگوی پراکنش کپه‌ای تأیید می‌شود. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه برای همه تعداد درختان در محاسبه تعداد در هکتار و درصد تاج پوشش تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول‌های ۲ و ۳). اشتباه معیار برای تمام روش‌های مورد بررسی کمتر از ۳ درصد است (جدول ۴). اگرچه نتایج این روش اندکی برآورد بیشتر از واقعیت را نشان می‌دهد، این برآورد در مجموع با اریبی نسبی کمتر از ۷ درصد همراه بود (شکل ۴). یعنی میزان برآورد زیادتر نسبت به مقدار

محاسبه سطح متوسط تاج یک درخت با تقسیم مجموع سطح تاج همه درختان اندازه‌گیری شده در هر روش درختی بر تعداد کل درختان اندازه‌گیری شده (رابطه ۶) و ۳- محاسبه درصد تاج پوشش با ضرب متوسط سطح تاج در تعداد در هکتار (رابطه ۷). شایان ذکر است که درصد تاج پوشش بدون در نظر گرفتن همپوشانی محاسبه شد.

$$CC_i = \frac{\pi}{4} (CD_{1i} \times CD_{2i}) \quad \text{رابطه ۵}$$

(زبیری، ۱۳۸۶)

$$\overline{CC} = \frac{\sum_{i=1}^n CC_i}{n} \quad \text{رابطه ۶}$$

$$CC\% = \frac{N_{ha} * \overline{CC}}{100} \quad \text{رابطه ۷}$$

CD_{1i} : قطر بزرگ تاج درخت (متر)

CD_{2i} : قطر کوچک تاج درخت (متر)

\overline{CC} : متوسط سطح تاج یک درخت (متر مربع)

CC_i : سطح تاج درخت i (متر مربع)

n: تعداد کل درختان اندازه‌گیری شده

\overline{CC} : درصد تاج پوشش

N_{ha} : تعداد در هکتار

-تحلیل دقت روش چنددرختی

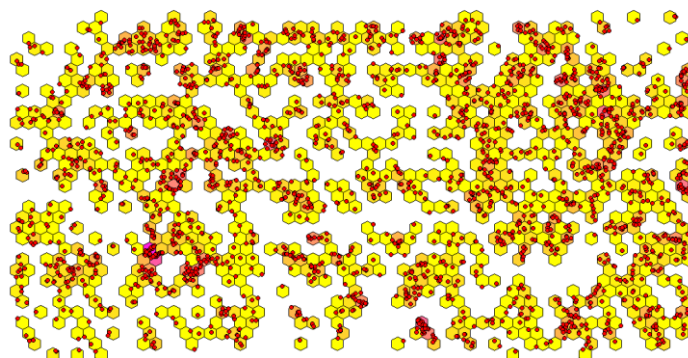
ابتدا تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف بررسی شد. برای تعیین اختلاف بین روش‌های مختلف چنددرختی با مقدار واقعی از تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد. برای تعیین معنی‌دار بودن تفاوت‌ها از آزمون t تک‌نمونه‌ای و برای محاسبه اریبی نسبی^۱ و معیار صحت از رابطه‌های ۸ و ۹ استفاده شد. تجزیه و تحلیل

¹ Relative bias

روش‌های درختی معنی‌دار نشد. برآورد معیار صحت نشان می‌دهد که برای تمام تعداد درخت این مقدار زیر دقت قابل قبول ۱۰ درصد قرار دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت این روش برآوردی صحیح و آریبی بیش برآوردی جزئی دارد.

واقعیت همیشه کمتر از ۷ درصد اختلاف با مقدار واقعیت دارد که این مقدار برای ۷ درخت به بعد به کمتر از ۵ درصد می‌رسد. نتایج آزمون t برای روش شش تا هفت درختی در برآورد تعداد در هکتار معنی‌دار و برای روش ۸، ۹ و ۱۰ درختی معنی‌دار نشد (جدول ۵). درصد تاج‌پوشش برای هیچ کدام از

ارزش آزمون کای اسکور	۱/۹۰
میانگین فاصله	۴/۴۲
تعداد کوادرات‌ها	۱۸۴۸
Z Score	-۴۴/۲۴



شکل ۳- نقشه کوادرات‌های به هم پیوسته و اطلاعات آنالیز الگوی نقاط

جدول ۱- نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای آزمون نرمال بودن داده‌های تعداد در هکتار و درصد تاج‌پوشش

تعداد درخت	۶	۷	۸	۹	۱۰
تعداد در هکتار	۲۷ ^{ns}	۲۴ ^{ns}	۵۵ ^{ns}	۱۱۷ ^{ns}	۱۰۷ ^{ns}
درصد تاج‌پوشش	۱۰۹ ^{ns}	۱۱۵ ^{ns}	۳۷ ^{ns}	۱۰۶ ^{ns}	۳۲ ^{ns}

ns. معنی‌دار نیست

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تعداد درختان مختلف در برآورد تعداد در هکتار

P.value	آماره F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱/۲۶ ^{ns}	۱/۳۳	۶۶/۱۰	۴	تعداد درختان مختلف
		۴۹/۶۶	۱۴۵	خطا

ns. معنی‌دار نیست

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تعداد درختان مختلف در برآورد درصد تاج‌پوشش

P.value	آماره F	میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۱۳ ^{ns}	۱/۷	۱۱/۴۲	۴	تعداد درختان مختلف
		۶/۳۵	۱۴۵	خطا

ns. معنی‌دار نیست.

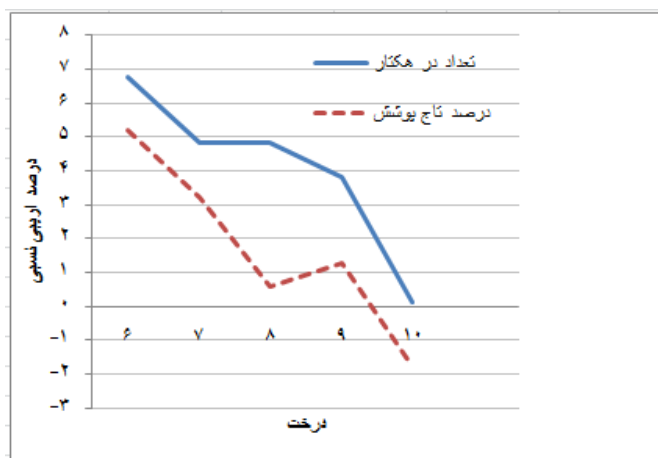
جدول ۴- میانگین تعداد در هکتار، درصد تاج پوشش، درصد اشتباه آماربرداری و معیار صحت برای تعداد مختلف درختان

تعداد درخت	میانگین تعداد در هکتار	درصد اشتباه آماربرداری	معیار صحت به درصد	میانگین درصد تاج پوشش	درصد اشتباه آماربرداری	معیار صحت به درصد
۶	۶۴/۶۸	۲/۵۱	۶/۶۶	۲۲/۵۴	۲/۶۹	۵/۱۸
۷	۶۳/۴۹	۲/۲۷	۴/۸۰	۲۲/۱۲	۲/۳۹	۳/۲۳
۸	۶۳/۵۰	۱/۸۵	۴/۸۸	۲۱/۵۶	۱/۸۲	۰/۶
۹	۶۲/۸۸	۱/۶۲	۳/۹۴	۲۱/۵۴	۱/۶۱	۰/۵۴
۱۰	۶۰/۶۶	۱/۷۳	۰/۴۹	۲۰/۹۲	۱/۷۴	-۲/۳

جدول ۵- نتایج آزمون t تک نمونه‌ای در مقایسه تعداد در هکتار و درصد تاج پوشش با آماربرداری صد درصد

تعداد درخت	۶	۷	۸	۹	۱۰
تعداد در هکتار	۱۰۱*	۱۰۳*	۱۹ ^{ns}	۳۲ ^{ns}	۹۳ ^{ns}
درصد تاج پوشش	۱۰۷ ^{ns}	۱۲۰ ^{ns}	۱۷۴ ^{ns}	۱۳۶ ^{ns}	۱۲۲ ^{ns}

ns. معنی دار نیست. *: معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد



شکل ۴- نمودار اریبی نسبی

کنند. برآوردکننده تغییر یافته اگرچه اریبی کمتری نسبت به رابطه Klein-Vilcko نشان داد، همچنان بیش برآوردی جزئی در برآوردکننده وجود دارد. از دیگر نتایج شایان توجه این پژوهش عدم تناسب کاهش میزان اریبی با افزایش تعداد درخت است؛ این نتیجه در مطالعه صادقی و همکاران (۱۳۹۳) نیز مشاهده شد. به نظر می‌رسد این نتیجه متأثر از الگوی پراکنش کپه‌ای است. از آنجا که نتایج این تحقیق برای

بحث

تحلیل اریبی در واقع واکاوی دلایل احتمالی انحراف سیستماتیک یک برآوردکننده از مقدار واقعیت است. در مورد روش‌های فاصله‌ای گرچه در به وجود آمدن اریبی دلایل مختلفی دخیل‌اند و اریبی با توجه به شرایط متغیر محیطی اغلب وجود دارد، محققان تلاش دارند با توجه به شرایط جنگل‌های مختلف برآوردکننده‌هایی با کمترین اریبی را معرفی

فاصله تا درخت n ام و فاصله درخت n ام تا $n+1$ ام است. با این تفسیر که فاصله تا درخت n ام سبب برآورد بیشتر و فاصله درخت n ام تا $n+1$ ام سبب برآورد کمتر می‌شود و میانگین این دو می‌تواند نتایج با اریبی کمی را نشان دهد. اما در عمل این برآوردکننده در جنگل‌های با الگوی پراکنش کپه‌ای نتایجی اریب نشان داد. در این بررسی، میانگین دو درخت تا مرکز قطعه نمونه بررسی شد که این میانگین شامل فاصله تا درخت n ام و فاصله از مرکز تا نزدیک‌ترین درخت به درخت n ام بود. این میانگین عددی بیشتر از میانگین تخمینگر Klein-Vilcko است که با اعمال عامل تصحیح انتظار می‌رود سبب کاهش اریبی و به واقعیت نزدیک شدن تخمینگر شود. به نظر می‌رسد که استفاده صرف از ضریب تصحیح برای رابطه Klein-Vilcko سبب کم‌برآوردی شود و استفاده نکردن از ضریب تصحیح در رابطه به کاررفته در این مطالعه نیز به بیش‌برآوردی بینجامد. بخش دیگر اریبی در روش‌های فاصله، مربوط به الگوی پراکنش و تراکم است، به طوری که می‌توان برای جنگل‌ها و گونه‌های مختلف نتایج متفاوتی از نظر اریبی انتظار داشت (عسکری و همکاران، ۱۳۹۲). الگوهای پراکنش یکنواخت، تصادفی یا کپه‌ای سبب ایجاد اریبی برای برآورد مشخصه‌های مختلف جنگل می‌شود (Eberhart, 1967; Lessard et al., 2002). به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر بخشی از نتایج ایجاد اریبی و عدم نظم کاهشی پیش‌بینی‌پذیر در تعداد درختان مختلف مربوط به الگوی پراکنش کپه‌ای باشد. در تحقیقی Lessard et al. (2002) بیان داشتند که تأثیر تراکم درختان در جنگل از الگوی مکانی بیشتر است؛ به طوری که با افزایش تراکم مساحت قطعه نمونه چنددرختی کمتر می‌شود. از طرفی با افزایش تعداد درختان، صحت افزایش پیدا می‌کند؛ زیرا با افزایش تراکم، توزیع یکنواخت‌تر شده و احتمال انتخاب افراد به هم نزدیک می‌شود (Jeffrey et al., 2002). در این

منطقه تحقیق ارائه شده است، باید در تعمیم این نتایج دقت کرد و نباید انتظار داشت که نتایج اریبی در شرایط مختلف رویشی جنگل‌های زاگرس پیش‌بینی‌پذیر باشد.

-تحلیل اریبی

منشأ ایجاد اریبی در برآوردکننده‌های مختلف را می‌توان به سه عامل اصلی ۱. اریبی ناشی از شخص برآوردکننده یا وسایل اندازه‌گیری؛ ۲. اریبی ناشی از طرح (شبکه آماری، تعداد نقاط نمونه و...) یا برآوردکننده مورد استفاده؛ و ۳. اریبی ناشی از شرایط منطقه تحقیق (همگنی و ناهمگنی محیطی که سبب ایجاد الگوی پراکنش و تعداد در هکتارهای متفاوت می‌شود) ربط داد. در مورد اریبی ناشی از شخص و وسایل اندازه‌گیری (خطای سیستماتیک) می‌توان با افزایش تکرار آنها را خنثی کرد. همچنین می‌توان با افزایش دقت و استفاده از امکانات و وسایل مناسب قبل از آماری‌سازی اریبی را به حداقل رساند (نمیرانیان، ۱۳۸۹). در این مطالعه این اریبی نادیده گرفته شده است. روش چنددرختی، خود، برآوردی بیش از مقدار واقعی دارد و برای هر مشخصه مورد اندازه‌گیری اریب است (Kleinn and Vilcko, 2006 a, b) که بی‌گمان بخشی از این اریبی ناشی از برآوردکننده‌هاست. استفاده از ضریب تعدیل $(n-1)/n$ سبب کاهش چشمگیر اریبی می‌شود. (Eberhardt (1967) نشان داد که استفاده از عامل تصحیح $(n-1)/n$ در برآوردکننده برای الگوی پراکنش مکانی پواسون (تصادفی) و بینومیال منفی (کپه‌ای) ناریب است. (Lessard et al. (1994a) نشان دادند که عامل تصحیح $(n-1)/n$ برای الگوی پراکنش تصادفی، سبب تصحیح اریبی می‌شود و در استفاده از آن در دیگر جوامع اریبی ناچیز را در پی دارد. نتایج این مطالعه نیز نشان‌دهنده بیش‌برآوردی جزئی است. ایده تخمینگر Klein-Vilcko رسیدن به نتایج بهتر و کاهش اریبی روش چنددرختی با اندازه‌گیری میانگین

سطح تاج هر درخت را شبیه‌سازی (به اشکال مختلف دایره و مستطیلی) کرد و با کم کردن همپوشانی‌ها، دوباره سطح تاج را به صورت لایه اطلاعاتی به نقشه درختان افزود. در واقع در این مطالعه بدون استفاده از نقشه تاج پوشش درختان درصد تاج پوشش محاسبه شد. این مطالعه، کارایی نقشه واقعی جنگل برای مقایسه روش‌های آماربرداری را به خوبی نشان می‌دهد.

منابع

حیدری، رضاحسین، محمود زبیری، منوچهر نمیرانیان و هوشنگ سبحانی، ۱۳۸۶. بررسی کاربرد روش نمونه برداری مربع تی در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس مطالعه موردی: سرخه دیزه کرمانشاه، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۷ (۱۵): ۳۲-۴۲.

حیدری، رضاحسین، محمود زبیری، منوچهر نمیرانیان، هوشنگ سبحانی و امیر صفری، ۱۳۸۹. بررسی صحت روش نمونه برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در جنگل‌های بلوط غرب، مجله جنگل ایران، ۲ (۴): ۳۲۳-۳۳۰.

حیدری، رضاحسین، منوچهر نمیرانیان، محمود زبیری و هوشنگ سبحانی، ۱۳۸۷. بررسی روش نمونه برداری فاصله‌ای چهارگوش در جنگل‌های زاگرس، بررسی موردی: سرخه دیزه کرمانشاه، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۱ (۱): ۸۵-۹۷.

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

زبیری، محمود، ۱۳۸۴. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل). انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۰۱ ص.

سلطانی، آرزو، محمود زبیری و منوچهر نمیرانیان، ۱۳۸۶. بهینه‌سازی روش نمونه برداری شش درختی پرودان، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰ (۴): ۱۲۹۱-۱۳۰۷.

سهرابی، هرمز، ۱۳۹۳. الگوی پراکنش مکانی گونه‌های چوبی ذخیرگاه جنگلی چهارطاق اردل، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۱): ۳۸-۲۷.

تحقیق یک جنگل تنک با تعداد در هکتار ۶۰/۵۸ بررسی شد. به دلیل تراکم کم بی‌تردید این عامل در اریبی برآورد تأثیرگذار بوده است. تعیین درصد تاج پوشش با استفاده از روش چنددرختی تاکنون انجام نگرفته است. نتایج این تحقیق نشان داد اگرچه اریبی برآورد تعداد در هکتار برای برآوردکننده تغییر یافته Kleinn-Vilcko هنوز برای ۶ و ۷ درخت معنادار است، برای محاسبه درصد تاج پوشش نتیجه آزمون t برای این روش معنی‌دار نیست (جدول ۵). به نظر می‌رسد روش چنددرختی نسبت به دیگر روش‌های فاصله‌ای با تغییر در تعداد درختان اندازه‌گیری شده و اختیار در انتخاب تعداد درخت مناسب، انعطاف‌پذیری بیشتری با شرایط جنگل‌های مختلف دارد؛ اما استفاده از این روش نیازمند بررسی دقیق در انتخاب تعداد درخت و تعیین برآوردکننده‌های مناسب است. براساس تجربه اگر ۱۵-۱۰ درخت در داخل قطعه نمونه قرار گیرد، مساحت قطعه نمونه مناسب است (زبیری، ۱۳۸۴). نتیجه این پژوهش نشان داد که برای برآورد تعداد در هکتار و درصد تاج پوشش با اریبی جزئی (که قابل چشم‌پوشی است) باید دست‌کم ۹ درخت (روش هشت‌درختی) در هر قطعه نمونه اندازه‌گیری شود.

پیشنهاد می‌شود با توجه به تنوع شرایط در نقاط مختلف زاگرس و نبود اتفاق نظر در مورد یک روش، این جنگل‌ها از نظر تعداد در هکتار و الگوی پراکنش دسته‌بندی شده و برای هر گروه روش مناسب معرفی شود. در این مطالعه، به جای طراحی سطح تاج هر درخت در محیط GIS، سطح متوسط تاج هر درخت قبلاً محاسبه شد و به صورت یک لایه اطلاعاتی به جدول نقشه درختان اضافه شد و در مرحله بعد، با استفاده از اطلاعات متوسط تاج پوشش هر درخت، روش چنددرختی اجرا شد. این روش در نقشه درختان برای روش‌های فاصله‌ای نسبت به بررسی‌های دیگری که از نقشه تاج پوشش استفاده کردند سریع‌تر و کاراتر است. برای رفع مشکل همپوشانی می‌توان

- Haxtema, Z., H. Temesgen, and T. Marquardt, 2012. Evaluation of n-tree distance sampling for inventory of headwater riparian forests of western Oregon, *Western Journal of Applied Forestry*, 27(3): 109-117
- Jeffrey C.S., and E.M. Ronald, 2002. Comparative evaluation of accuracy and efficiency of six forest sampling methods, department of forestry, Oklahoma State University, Stillwater, 82:49-56.
- Kleinn, C., and F. Vilcko, 2006a. A new empirical approach for estimation in k-tree sampling, *Forest Ecology and Management*, 237(1-3):522-533.
- Kleinn, C., and F. Vilcko, 2006b. Design-unbiased estimation for point-to-tree distance sampling, *Canadian Journal of Forest Research*, 36(6):1407-1414.
- Lessard, V.C., T.D. Drummer, and D.D. Reed, 2002. Precision of density estimates from fixed-radius plots compared to n-tree distance sampling, *Forest Science*, 48(1): 1-6.
- Lessard, V., D.D. Reed, and N. Monkevich, 1994a. Comparing n-tree distance sampling with point and plot sampling in northern Michigan forest types, *Northern Journal of Applied Forestry*, 11 (1): 12-16.
- Mitchell, A., 2005. The ESRI guide to GIS analysis, vol. 2. ESRI Press, USA, 240 p.
- Moore, P.G., 1954. Spacing in plant populations, *Ecology*, 35 (2):222-227.
- Payandeh, B., and A.R. Ek, 1986. Distance methods and density estimators, *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 918-924.
- Southwood, T.R.E., and P.A. Henderson, 2000. *Ecological Methods*, Wiley-Blackwell, 575 pp.
- Wang, J., B.D. Sharma., Y. Li, and G.W. Miller, 2009. Modeling and validating spatial patterns of a 3D stand generator for central Appalachian hardwood forests, *Journal of Computers and Electronics in Agriculture*, 68: 141-149.
- Zobeiry, M., 1978. Tree sampling in natural forest of northern Iran, *Journal of Forestry Chronicle*, 54(3): 171-172.
- صادقی، حمدالله، ایمان ظفریان و کبری بادفر، ۱۳۹۳. مقایسه روش نمونه برداری چنددرختی با روش قطعه نمونه در برآورد تراکم درختان جنگل‌های زاگرس، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۳):۳۱۶-۳۲۸.
- عسکری، یوسف، محمود زبیری و هرمز سهرابی، ۱۳۹۲. مقایسه پنج روش نمونه‌برداری فاصله‌ای برای برآورد ویژگی‌های کمی در جنگل‌های زاگرس، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۲):۳۱۶-۳۲۸.
- علی‌نژاد، محمود، ۱۳۸۷. مقایسه روش‌های نمونه‌برداری با قطعه نمونه مساحت ثابت دایره‌ای شکل با قطعه نمونه مساحت متغیر شش‌درختی و اندازه‌گیری فاصله بین سه، چهار و پنج درخت نزدیک به مرکز قطعه نمونه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۵۳ ص.
- فسحت، محبوبه، سیدمحسن حسینی، اصغر فلاح و محمدعلی فخاری، ۱۳۹۰. تعیین مناسب‌ترین روش نمونه‌برداری چنددرختی در جنگلکاری گونه صنوبر دلتوئیدس، مجله تحقیقات علوم و مهندسی جنگل، ۱ (۳): ۶۵-۷۶.
- نمیرانیان، منوچهر، ۱۳۸۹. اندازه‌گیری درخت و زیست‌سنجی جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۵۹۳ ص.
- Beasom, S.L., and H.H. Hauck, 1975. A comparison of four distance sampling techniques in south texas live oak Mottes, *Journal of Range management*, 28(2): 142-144.
- Boots, B.N., 1988. *Point Pattern Analysis*, Sage Publications, 93 pp.
- Diggle, P.J., 1983. *Statistical analysis of spatial point patterns*, Academic Press., New York, 159 pp.
- Eberhardt, L.L., 1967. Some developments in distance sampling, *Biometrics*, 23:207-216.

Bias analysis of modified estimator of N-tree method for estimating stand density and crown cover area in Zagros Forests

H. Sadeghi kaji^{1*}, S. Garavand², and I. Zafaryian³

¹ Ph.D. student, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, I. R. Iran

² M.Sc. student, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, I. R. Iran

³ M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Shahrekord, I. R. Iran

(Received: 22 February 2015; Accepted: 30 Decemder 2016)

Abstract

Since N-tree sampling methods produce biased estimate, bias evaluation should be applied to N-tree estimator. The purpose of this study is to assess the N tree distance sampling method bias with modified estimator Kleinn and Vilcko in estimating number per hectare and canopy cover in Zagros forests. For this purpose, 6-10 trees from real forest map were tested with full inventories. For comparing the results of characteristics in different trees in N-tree method with full inventories, ANOVA was used. Evaluation of N tree distance sampling method was done by using accuracy criterion and standard error of mean. Bias was also evaluated via one-sample t-test and relative bias. Results showed that in estimating number per hectare and canopy cover, there is no significant difference between tree numbers with full inventory. Bias test for six and seven trees per hectare was significant, but it was not significant for eight, nine and 10 trees. Canopy cover for all tree numbers showed no significant difference. So, in order to achieve a maximum accuracy (minimum bias), at least eight trees within sample plot should be measured. Finally, this study implies that in forests with lower density and cluster pattern, bias change in N tree distance method does not follow a predictable decreasing pattern.

Keyword: Crown cover, Forest inventory, Relative bias, Spatial pattern, Tree per hectare.