فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۵، شماره ۳، پیاپی ۶۹، پاییز ۱۴۰۰، ص ۴۱-۵۷
نوع مقاله: مقاله پژوهشی

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology
Vol.35, No.3, Ser.69, Autumn 2021, p. 41-57
Article type: Research paper

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۴

وب سایت نشریه: https://jab.alzahra.ac.ir
10.22051/JAB.2021.34791.1402

بررسی روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل

رضاحسین حیدری*[۱]،کوثر خالتی[۲]، نسیم سلیمی خواه[۲]

چکیده

آگاهی از وضعیت تراکم و تاج‌پوشش درختان جنگل‌های زاگرس برای حفظ، احیا و گسترش آنها اهمیت دارد. هدف این بررسی معرفی مناسب ترین برآوردکننده روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای برای برآورد مشخصه های کمی این جنگل‌ها است. برای این منظور درختان و دو قطر بزرگ و کوچک تاج آنها در۳۳ قطعه نمونه دایره‌ای شکل برداشت گردید. در هر قطعه نمونه دایره‌ای روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای نزدیکترین فرد، نزدیکترین همسایه، دومین نزدیکترین همسایه، ترکیبی، مربع T، نقطه مشترک و مربعی با نقطه مرکزی برداشت گردیدند. بعد تراکم و تاج پوشش درختان با روش دایره‌ای و برآوردکننده‌های روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای محاسبه گردید، با استفاده از معیار صحت نتایج برآوردکننده‌های فاصله‌ای با نتایج قطعه نمونه دایره‌ای شکل مقایسه گردیدند. نتایج نشان داد که براساس صحت قابل قبول (دامنه ۱۰ ±درصد)، از بین ۱۶ برآوردکننده روش‌های مذکور، مناسب‌ترین آنها برای برآورد تراکم و تاج پوشش درختان این جنگل‌ها، سومین برآوردکننده روش مربعی با نقطه مرکزی (PCQ3) بود.

واژه‌های کلیدی: تاج‌پوشش، تراکم، صحت، کرمانشاه، مقدار واقعی.

۱-استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
*(نویسنده مسئول: rhhaidari@razi.ac.ir)
۲-کارشناس ارشد، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

مقدمه

بنا به گزارش سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور قدمت جنگل‌های بلوط زاگرس ۵۵۰۰ سال است. ایجاد و گسترش جنگل در این ناحیه به خاطر بارندگی‌های ناشی از استقرار سیستم مدیترانه‌ای و دریای سیاه بوده و از ناحیه سردشت آذربایجان‌غربی تا فیروزآباد فارس امتداد دارد. مساحت این منطقه اکولوژیکی ۵۴۴۰۴۹۴ هکتار است. یکی از معیارهای تعیین مرز این ناحیه گونه گیاهی غالب آن، بلوط ایرانی است (F.R.W.M.O.[1], 2021). به دلیل اهمیت زیاد این جنگل‌ها در ایران، به‌ویژه از نظر حفاظت آب، خاک و تنوع زیستی، مدیریت بهینه آنها ضرورت پیدا می‌کند (Bazrafkan *et al.*, 2014). جنگل‌ها دارای ارزش‌های مختلفی مانند تولید چوب، حفاظت از سیستم هیدرولوژیکی، ثبات اقلیمی (مثل جذب و ذخیره کربن)، تولید اکسیژن، تثبیت خاک و ... هستند، که در جنگل‌های زاگرس به تولید ۲/۵ تن اکسیژن و جذب ۶۸ تن گرد وغبار در هکتار در سال و آزادکردن ماده ضد عفونی کننده و از بین برنده میکرو ارگانیسم‌های مضر و بعضی از حشرات مضر به نام فیتونسید اشاره کرد (Badehian, 2017). دو کارکرد مهم جنگل‌های بلوط زاگرس حفاظت آب و خاک هستند که با توجه به غالب بودن آب و هوای خشک و نیمه‌خشک در کشور از اهمیتی انکارنشدنی برخوردارند؛ آنچنانکه هر نوع سرمایه گذاری حفاظتی و احیایی را توجیه پذیر نشان می‌دهد. جنگل‌های زاگرس با توجه به زادآوری محدود و پایین، جزو جنگل‌های حفاظتی و حمایتی قرار می گیرد (F.R.W.M.O., 2021). هرگونه برنامه ریزی برای مدیریت توده‌های جنگلی نیازمند اطلاعاتی همه جانبه، دقیق و بهنگام است تا هدف حفاظت و استمرار این جنگل ها تحقق و تداوم یابد (Salehi & Taheri Sarteshnizi, 2014). جمع‌آوری اطلاعات کمی و کیفی شرط لازم برای برنامه‌ریزی صحیح و اصولی در هر زمینه‌ای است (Karamshahi *et al.*, 2012). در صورت وجود شرایط مورد نیاز، آماربرداری جنگل بر اساس اندازه گیری تک تک درختان در توده و به صورت صددرصد انجام می‌شود که این روش در شرایط خاص و به ندرت استفاده می‌شود. با توجه به اینکه جنگلداران نیاز به اطلاعات ارزان و راحت دارند تا شرایط گذشته و فعلی را مشخص کنند تا بوسیله آن تغییرات ساختار جنگل تحت نظارت خود را بررسی نمایند (Savage *et al.*, 2018). بنابراین در اغلب موارد، جمع‌آوری اطلاعات براساس نمونه‌برداری انجام می‌شود که این اندازه‌گیری یا در قالب قطعات نمونه و یا بصورت روش‌های فاصله‌ای انجام می‌گیرد (Sheikholeslami *et al.*, 2017). روش‌های نمونه برداری جنگل از نظر دقت، صحت، کارآیی و هزینه تنوع زیادی دارند (Seraj *et al.*, 2019). در تحقیقات بوم شناسی هدف اصلی نمونه‌گیری، دریافت اطلاعات کافی با کمترین تلاش و زمان دغدغه عمده در مورد نمونه‌برداری از پوشش گیاهی است. هنگامی که نمونه‌برداری با قطعه نمونه دشوار یا پرهزینه است از روش‌های فاصله‌ای استفاده می‌شود (Borges Silva *et al.*, 2017). در روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای که انواع مختلفی دارد، برخی از مشخصه‌های مربوط به یک گیاه یا درخت که در فاصله‌ای از یک نقطه

1. Forests, Range and Watershed Management Organization

(نقطه شروع نمونه‌برداری)، یک‌گیاه یا درخت دیگر قرار دارد برای هدف یا اهدافی خاص اندازه‌گیری می شوند (Haidari *et al*., 2008). یکی از مزایای استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای سرعت اجرا و پرهیز از نمونه‌های مملو از درخت یا کاملا بی‌درخت است، زیرا این روش‌ها همیشه با تعداد مشخصی درخت انجام می‌گیرد (Kleinn & Vilcko, 2006). از سوی دیگر پیچیدگی وتنوع بوم سازگان‌ها ما را قادر به استفاده از روش‌های ساده و ارزان‌تر مانند روش‌های فاصله‌ای در این جنگل‌ها می‌سازد. پیدا کردن ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش و همچنین دقیق‌ترین روش، در میان تمام روش های فاصله‌ای، برای جوامع جنگلی بسیار مهم است (Basiri *et al*., 2018).

گرچه در مواردی قابلیت این روش‌ها مورد تأیید قرار گرفته است، اما موارد دیگری نیز وجود دارد که این روش‌ها را اریب نشان داده‌اند. ازجمله مهمترین عوامل تأثیرگذار بر صحت برآوردها در این روش، الگوی پراکنش مکانی افراد است. بنابراین می‌توان برای جنگل‌های مختلف و نیز گونه‌های مختلف جنگل انتظار نتایج متفاوتی از نظر اریبی این روش‌ها داشت (Askari *et al*., 2013). از طرف دیگر فرمول‌های ارائه شده برای برآورد تراکم با هریک از روش‌های فاصله‌ای اولا فرمول‌های تجربی هستند و از طرف دیگر برای هر روش گاهی چندین برآوردکننده (رابطه) بوسیله افراد مختلف ارائه شده است که در شرایط یکسان نیز نتایج یکسانی را ارائه نمی دهند، که برای نمونه به موارد زیر می توان اشاره کرد.

حیدری و همکاران برای روش مربعی با نقطه مرکزی (چهارگوش) برآوردکننده جدیدی را پیشنهاد و در جنگل‌های زاگرس استان کرمانشاه در یک توده با الگوی کپه‌ای مورد بررسی قرار دادند، نتایج بررسی آنها نشان داد که برآوردکننده جدید نسبت به دو برآوردکننده قبلی همین روش که توسط Cottm و Curtis (1954) و Polard (1971) ارائه شده بودند، مناسب‌تر بود، هرچند هیچکدام از سه برآوردکننده روش مربعی با نقطه مرکزی برای کارهای پژوهشی مناسب نبودند(Haidari *et al*., 2007). کیانی و همکاران به مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در تاغزارهای منطقه سیاهکوه استان یزد پرداختند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که برای برآورد تراکم از بین روش فاصله‌ای، روش‌های فاصله مرتب برای سومین فرد و مربع تی پس از روش های چنددرختی و برای برآورد تاج پوشش روش‌های مربع با نقطه مرکزی و چند درختی در این منطقه مناسب بودند (Kiani *et al., 2013*). شیخ الاسلامی و همکاران تحقیقی با هدف بررسی تاثیر توزیع مکانی درختان بر کارایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای و قطعه‌نمونه‌ای انجام دادند. برای این منظور، یک توده بلوط ایرانی با الگوی مکانی پراکنده در استان کهگیلویه و بویراحمد و یک توده بنه با الگوی مکانی کپه‌ای در استان فارس انتخاب کردند. شش روش فاصله‌ای و شش روش قطعه‌نمونه‌ای در یک شبکه ۱۰۰متر در ۱۰۰ متر در هر دو توده برای برآورد تراکم و درصد تاج‌پوشش استفاده کردند. کارایی روش‌ها با مقایسه آماری نتایج با مقدار واقعی، معیار صحت و درصد مجذور میانگین مربعات خطا ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که از میان روش‌های فاصله‌ای، دو روش نزدیکترین فرد و نزدیکترین همسایه در توده بنه و روش خط‌نمونه در توده بلوط ایرانی

کارآمد بودند. همچنین همه روش‌های قطعه‌نمونه‌ای در دو توده کارآیی لازم را داشتند. بطور کلی نتایج نشان داد که بر خلاف روش‌های قطعه‌نمونه‌ای، پراکنش مکانی درختان بر صحت و دقت روش‌های فاصله‌ای مورد بررسی به طور معنی‌داری تاثیر می‌گذارد (Sheikholeslami *et al., 2017*). تحقیقی تحت عنوان ارزیابی روش‌های فاصله‌ای برای برآورد تراکم جمعیت توده‌های طبیعی*Populus euphratica Olivier* در جنگل‌های کنار رودخانه مارون ایران توسط Basiri و همکاران انجام شد (Basiri *et al*., 2018). آنها ۴۰ برآوردگر برای ارزیابی تراکم درختان *Populus euphratica Olivier* در توده‌های خالص و آمیخته استفاده کردند. ترکیبی از سه روش نمونه‌برداری فاصله‌ای به‌صورت پایه و روش n درختی در هر دو توده برطبق همه معیارهای برآورد تراکم بهترین بوده‌اند. علاوه‌براین روش ترانسکت توسط پارکر (g = 3) و روش کوادرات بهترین روش‌ها برای برآورد تراکم تنها در توده خالص بوده و روش مربعی با نقطه مرکزی زاویه پراکنده برترین روش در توده آمیخته بوده است.

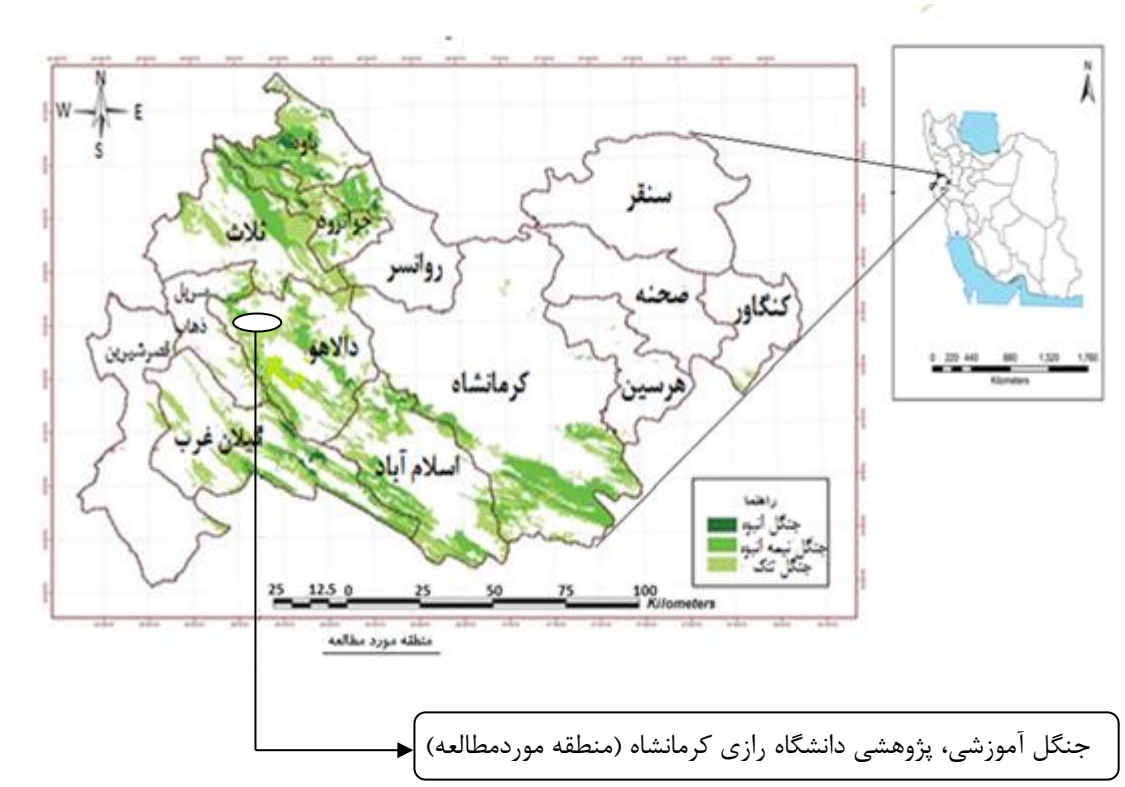
در پژوهشی تحت عنوان تجزیه و تحلیل جامعه جنگلی و روش مربعی با نقطه مرکزی ۱۴ توده جنگلی متفاوت را از نظر سن، ارتفاع و رژیم‌های آشفتگی با استفاده از روش‌های قطعه نمونه ثابت ومربعی با نقطه مرکزی اندازه‌گیری کردند (Bryant *et al*., 2004). در برآورد تراکم، این دو روش اریب بودند، وقتی که پایه‌ها متراکم بودند، برآورد تراکم با استفاده از روش مربعی با نقطه مرکزی کمتر از برآورد تراکم در روش قطعه نمونه ثابت بود و برعکس، وقتی پایه‌ها بطور یکنواخت فاصله دار بودند، مقدار تراکم در روش مربعی با نقطه مرکزی بیشتر از این مقدار در روش قطعه نمونه ثابت بود. پژوهشگران این تحقیق بیان کردند که اریب مشاهده شده نشان دهنده این است که در آنالیزهای سطح جامعه، با احتیاط روش مربعی با نقطه مرکزی بکار برده شود. در مطالعه Kint و همکاران صحت و کارایی شاخص‌های ساختاری در هنگام استفاده از قطعات نمونه و همچنین روش‌های فاصله‌ای را مورد بررسی قرار داده و به محاسبه چهار شاخص مبتنی بر نزدیکترین همسایه پرداخته و بیان کردند که استفاده از روش‌های قطعه‌نمونه برای تعیین شاخص‌های ساختاری در سطح دقت بالا اغلب نیازمند قطعات نمونه خیلی بزرگ است و البته روش‌های فاصله‌ای بطور کلی موثرتر از قطعات نمونه بودند (Kint *et al*., 2004). به مقایسه سه روش فاصله‌ای، ترانسکت و ترانسکت با عرض ثابت برای تعیین تراکم درختی در جنگل‌های تروپیکال، در پارک Bwindi اوگاندا پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که روش‌های فاصله‌ای حتی در شرایط سخت بهترین نتایج را ارائه می‌دهند(Kissa & Sheli., 2012). در مطالعه‌ای، سه روش نمونه‌برداری مربع T، مربعی با نقطه مرکزی و N درختی را در جنگل مورد تخریب قرار گرفته *Pittosporum undulatum* مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش مربع تی دقیق تر و صحیح‌تر بوده و بعد از آن روش مربعی با نقطه مرکزی مناسب است (Silva *et al*., 2017).

هدف این تحقیق، بررسی کارایی تعدادی از برآودکننده‌های روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای جهت برآورد تراکم و تاج پوشش درختان جنگل‌های زاگرس از نظر معیار صحت و معرفی مناسب ترین برآوردکننده (روش نمونه برداری فاصله‌ای) برای

برآورد مشخصه‌های مذکوراست. لازم به توضیح است که در این بررسی برای اولین بار برآوردکننده ارائه شده توسط Haidari *et al*. (2007) برای روش مربعی نقطه مرکزی با ۱۵ برآوردکننده دیگر روش‌های فاصله‌ای آن هم در سه الگوی پراکنش مختلف (کپه ای، تصادفی و پراکنده) مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در داخل جنگل آموزشی, پژوهشی دانشگاه رازی کرمانشاه، در حد فاصل شهرستان‌های کرند غرب و سرپل ذهاب استان کرمانشاه واقع شده است. مساحت جنگل مذکور حدود ۱۶۰۰۰هکتار است، که در غرب به روستای حبیب وند، در شمال به کوه های دالاهو و در شرق به روستای سرمیل و در جنوب به ادامه ارتفاعات کوه نوا محدود می‌شود. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ′۳۴º۱۶ تا ′۳۴º۳۰ شمالی و طول‌های جغرافیایی ′۴۵º۵۵ تا ′۴۶º۰۷ شرقی واقع شده است. از نظر توپوگرافی منطقه‌ای است کوهستانی و دامنه ارتفاعی آن از سطح دریا از ۷۶۰ متر تا ۲۵۰۰ متر است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه موردمطالعه در ایران و استان کرمانشاه

پوشش گیاهی منطقه از نظر جوامع جنگلی در جامعه بلوط ایرانی*Quercetum persicum* قرار داشته و گونه بلوط ایرانی *Quercus Persica J.& SP.* گونه غالب جنگل را تشکیل می دهد (Khaleti, 2019). در منطقه مورد نظر ۶۵ گونه گیاهی متعلق به ۵۱ جنس و ۲۹ خانواده شناسایی گردیده است (Haidari *et al*., 2019). خاک منطقه بیشتر از نوع شنی-رسی است. براساس آمار

ایستگاه هواشناسی شهرستان دالاهو (کرندغرب)، میانگین بارش سالیانه ۳۴۸/۱ میلی متر در دوره آماری ده ساله است. متوسط بیشینه‌ی دمای گرمترین ماه سال، کمینه سردترین ماه و میانگین سالیانه شهرستان دالاهو به ترتیب ۳۷/۵۷، ۱۰/۱۳- و ۱۳/۷۲ درجه سانتی گراد است. اقلیم این شهرستان با روش دومارتن، نیمه‌خشک و با روش آمبرژه نیمه خشک سرد است (Dehshiri, 2019). منطقه موردمطالعه سازند آسماری-شهبازان مربوط به دوران سوم زمین‌شناسی را دارا است. هرچند در محدوده نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰، این سازند تفکیک نشده و با سازند آسماری شناسایی و نقشه‌برداری شده اما سازند شهبازان با نظم و بطور هم‌شیب بر روی افق‌های قرمزرنگ کشگان قرار گرفته و از نظر لیتولوژی شامل دولومیت و آهک‌های دولومیتی سفید تا قهوه‌ای‌رنگ حفره‌دار است. واحد پایینی سازند کربناتی شهبازان، سازند آواری کشگان بصورت تدریجی و همساز بوده و حد بالایی سازند شهبازان به سازند آسماری ختم می‌شود. در هر صورت تفکیک این دو در روی زمین میسر نبوده و از هر دو به‌صورت یک واحد غیرقابل تفکیک سازند آسماری- شهبازان بر روی نقشه دیده می‌شود. خاک‌های منطقه نیمه‌عمیق و کم عمق با بافت متوسط بر روی سنگ و سنگریزه بوده و همچنین فرسایش، محدودیت عمق خاک نیز در منطقه وجود داشته و رخنمون سنگی در نقاط مرتفع به چشم می‌خورد. بر اساس طبقه‌بندی خاک‌های متداول ایران، خاک منطقه در کوهستان‌های جنگلی در قسمت‌هایی که خاک کم‌عمق و توام با بیرون‌زدگی سنگی زیاد است، زمین معمولا بدون خاک بوده و در برخی قسمت‌ها دارای خاک کم‌عمق است. ولی در بیش‌تر مناطق دارای خاک نیمه‌عمیق بر روی مواد آهکی است که دارای اسیدیته حدود ۸/۱-۷/۵ و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع آنها از دو میلی‌موس کم‌تر است. حدود ۵۰-۴۰ درصد کربنات کلسیم داشته و میزان کربن آلی در طبقه سطحی حدود ۱/۲-۰/۷ است و کلا گروه بزرگ خاک colluvial soils-colicisols را تشکیل می‌دهند (Khaleti, 2019).

روش نمونه‌برداری

در داخل جنگل مذکور، ابتدا با بازدید میدانی محدوده‌ای به مساحت ۳۳ هکتار مشخص گردید. در مرحله‌ی بعد از جامعه‌ی مورد نظر با استفاده از شبکه آماربرداری ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر و با استفاده از طرح آماربرداری منظم- تصادفی تعداد ۳۳ نقطه نمونه برداری ابتدا بر روی نقشه منطقه منتقل گردید و بعد با مراجعه به منطقه، نقاط بر روی زمین مشخص گردیدند. بعد در هر نقطه نمونه برداری یک قطعه نمونه دایره‌ای شکل ۱۰ آری بر روی زمین مشخص و تعداد درختان داخل آن شمارش و همچنین دو قطر بزرگ و کوچک تاج درختان آن اندازه گیری و یادداشت گردید. هم‌زمان با برداشت هر قطعه نمونه دایره‌ای شکل، روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای نزدیکترین فرد، نزدیکترین همسایه، ترکیبی، دومین نزدیکترین همسایه، مربع T، نقطه مشترک و مربعی با نقطه مرکزی به طوری که نقطه‌ی شروع آنها (نقطه نمونه برداری) با مرکز قطعه نمونه دایره‌ای شکل یکی بود، برداشت گردیدند.

تعیین الگوی مکانی درختان

آماردانان توزیع های آماری متفاوتی را برای توصیف الگوی پراکنش افراد در جمعیت‌های تحت بررسی به کار گرفته اند. یکی از این توزیع ها برای تعیین الگوی پراکنش گیاهان در روش قطعه نمونه، توزیع پواسون است، که در آن از نسبت واریانس به میانگین داده‌ها (رابطه ۱) استفاده می‌شود (Moghadam, 2001).

رابطه ۱ $I = s^2 / \bar{x}$

$I =$ شاخص پراکنش، $s^2 =$ واریانس تعداد گیاه درقطعات نمونه، $\bar{x} =$ میانگین تعداد گیاه درقطعات نمونه

اگر واریانس برابر میانگین باشد، مقدار این نسبت برابر یک خواهد بود و الگوی پراکنش افراد به شکل تصادفی خواهد بود. اگر نسبت واریانس به میانگین کمتر از یک باشد، جمعیت دارای الگوی پراکنش یکنواخت و اگر از یک بیشتر باشد دارای الگوی پراکنش تجمعی (کپه‌ای) خواهد بود. ساده ترین آزمون آماری برای این شاخص، استفاده از آزمون کای اسکویر (رابطه ۲) است.

رابطه $\chi^2 = I(n-1)$

$I =$ شاخص پراکنش، $n =$ تعداد قطعه نمونه، $\chi^2 =$ مربع کای با درجه آزادی $n-1$

اگر کای اسکویر محاسبه شده بین دو حد $\chi^2_{0.025} < \chi^2 < \chi^2_{0.975}$ باشد، فرض تصادفی بودن پراکنش گیاهان پذیرفته می‌شود، اگر کمتر از $\chi^2_{0.975}$ باشد، گیاهان دارای توزیع یکنواخت و اگر بیشتر از $\chi^2_{0.025}$ باشد، گیاهان دارای توزیع کپه‌ای خواهند بود (Moghaddam., 2001).

یکی از معیارهای مقایسه نتایج روش‌های نمونه‌برداری درجنگل معیار صحت است. صحت، نزدیکی اندازه یک مشخصه اندازه‌گیری یا محاسبه شده به مقدار واقعی آن است. در این بررسی صحت با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید (Southwood & Henderson, 2000).

رابطه ۳ $A\% = \pm 100((Estimated - True)/True)$

در فرمول فوق، مقدار بدست آمده از روش دایره‌ای به عنوان مقدار واقعی و مقادیر بدست آمده از روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای به عنوان مقدار برآوردی در نظر گرفته شده اند. هرچه مقدار صحت کمتر باشد، نشان دهنده نزدیکی مقدار برآورد شده به مقدار واقعی است. برای کارهای پژوهشی مقدار صحت در دامنه ±۱۰ درصد است (Southwood & Henderson, 2000). در این بررسی هدف یافتن مناسب‌ترین برآوردکننده از بین برآوردکننده‌های روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای با توجه به معیار صحت قابل قبول، جهت امور پژوهشی در جنگل‌های زاگرس است.

آنالیزهای آماری

برای انجام محاسبات، داده‌های جمع آوری شده در فرم‌های آماربرداری به کامپیوتر وارد گردید و برای آمار توصیفی داده ها از نرم افزار SPSS 22، برای رسم نمودارها و محاسبه تاج پوشش از نرم افزار Excel و برای محاسبه تراکم روش‌های فاصله‌ای و الگوی پراکنش درختان از نرم افزار Ecological Methodology (Krebs., 1989) استفاده گردید. ابتدا الگوی پراکنش درختان با استفاده از داده‌های روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل (نسبت واریانس به میانگین) محاسبه گردید. در مرحله بعد تعداد و سطح تاج پوشش درختان در هکتار با روش دایره‌ای شکل و نیز با رابطه‌های روش‌های فاصله‌ای (جدول۱)، محاسبه گردیدند. در نهایت تعداد در هکتار و سطح تاج پوشش بدست آمده با برآورد کننده‌های روش های فاصله‌ای با استفاده از معیار صحت با مقادیر بدست آمده با روش قطعه نمونه دایره ای شکل به عنوان مقدار واقعی (چون روش‌های فاصله‌ای در داخل روش قطعه نمونه دایره‌ای برداشت گردیدند)، مقایسه گردیدند. بعد از اینکه مشخص گردید که توده مورد بررسی دارای الگوی کپه‌ای بود، برای بررسی کارایی برآورد کننده‌های روش‌های فاصله‌ای در حالت‌های دیگر الگوی پراکنش (تصادفی و پراکنده)، الگوهای مذکور شبیه سازی گردیدند. برای شبیه سازی الگوهای تصادفی و پراکنده، در مرحله اول تعدادی از داده های جمع آوری شده (قطعات نمونه دایره‌ای) که انحراف معیار بیشتری داشتند، حذف شدند تا نسبت واریانس به میانگین برابر یک (الگوی تصادفی) و در ادامه نسبت واریانس به میانگین کمتر از یک (الگوی پراکنده) بدست آمد و در نهایت در این دو حالت (تصادفی و پراکنده) نیز تراکم و تاج پوشش بدست آمده با برآوردکننده‌های روش‌های فاصله‌ای با روش دایره‌ای مانند حالت کپه‌ای براساس معیار صحت مقایسه گردیدند (Haidari, 2020). برای الگوهای پراکنش درختان این بررسی مراحل کار در سه مرحله زیر انجام گرفت: الف- ابتدا برای تمامی نمونه‌های برداشت شده در جنگل با استفاده از نسبت واریانس به میانگین داده‌ها، برای درختان توده الگو تعیین گردید (الگوی کپه‌ای بدست آمد). بعد برای بدست آوردن الگوهای تصادفی و پراکنده با استفاده از داده‌های اصلی از روش‌های زیر (شبیه سازی) استفاده گردید: ب- برای الگوی تصادفی، تعدادی از قطعات نمونه که بیشترین انحراف نسبت به میانگین داده‌ها را داشتند، حذف گردیدند تا نسبت واریانس به میانگین برابر یک (الگوی تصادفی) شد. پ-برای الگوی پراکنده، کار مانند مرحله "ب" ادامه یافت تا نسبت واریانس به میانگین کمتر از ۰/۵(الگوی پراکنده) بدست آمد.

جدول۱: رابطه‌های برآوردکننده تراکم درختان روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای

روش نمونه برداری	برآوردکننده‌های روش‌های فاصله‌ای	منبع	علامت
نزدیکترین فرد	$\hat{N} = n/(\pi\Sigma r_{pi}^{۲})$	Byth & Ripley (1980)	NI1
	$\hat{N} = ۱/(۴*(\Sigma r_{pi}/n)^{۲})$	Cottam & Curtis (1956)	NI2
	$\hat{N} = (n-۱)/(\pi\Sigma r_{pi}^{۲})$	Morisita (1957)	NI3
نزدیکترین همسایه	$\hat{N} = n/(\pi\Sigma r_{ni}^{۲})$	Byth & Ripley (1980)	NN1
	$\hat{N} = ۱/(۴*(\Sigma r_{ni}/n)^{۲})$	Cottam & Curtis (1956)	NN2
	$\hat{N} = ۱/(۲/۷۷۸*(\Sigma r_{ni}/n)^{۲})$	Cottam & Curtis (1956)	NN3
دومین نزدیکترین همسایه	$\hat{N} = ۱/(۲/۷۷۸*(\Sigma r_{mi}/n)^{۲})$	Cottam & Curtis (1956)	SNN
ترکیبی	$\hat{N} = (NI۲ + NN۳)/۲$	Cottam & Curtis (1956)	CM
نقطه مشترک	$\hat{N} = [NI۲ + NN۳ + SNN]/۳$	Engeman *et al.* (1994)	JPM
مربع تی	$\hat{N} = ۲n/(\pi\Sigma r_{ni}^{۲})$	Krebs C.J. (2001)	TS1
	$\hat{N} = n^{۲}/[۲*\Sigma r_{pi}*\sqrt{۲}\Sigma r_{ni}]$	Byth (1982)	TS2
	$\hat{N} = ۲n/[\pi\Sigma r_{pi}^{۲} + ۰.۵\pi\Sigma r_{ni}^{۲}]$	Diggle (1975)	TS3
	$\hat{N} = n/[\pi(\Sigma r_{pi}^{۲}*۰.۵\pi\Sigma r_{ni}^{۲})^{۰.۵}]$	Diggle (1975)	TS4
مربعی با نقطه مرکزی	$\hat{N} = ۱/[\Sigma r_{ij}/۴n]^{۲}$	Cottam & Curtis (1956)	PCQ1
	$\hat{N} = [۴(۴n-۱)]/\pi\Sigma r_{ij}^{۲}$	Pollard (1971)	PCQ2
	$\hat{\lambda}_i = [r_{i1}r_{i2}r_{i3}r_{i4}]^{2}/[\Sigma r_{ij}/4]^{10},,,\hat{N} = \Sigma\lambda_i/n$	Haidari *et al*(۲۰۰۷)	PCQ3
قطعه نمونه دایره‌ای	----------	----------	Plot
تاج پوشش درختان	$,\overline{cc} = \Sigma cc_i/k \;\; cc_i = (\pi/4)(CD_{1i}*CD_{2i})$	Zobeiri (2007)	----

که: $\hat{N}$ =تعداددرواحدسطح(در مترمربع)، r_{pi} =فاصله نزدیکترین فرد تا نقطه نمونه برداری، r_{ni} =فاصله نزدیکترین همسایه تا نزدیکترین فرد، r_{mi} =فاصله دومین نزدیکترین همسایه، r_{pij} =فاصله نزدیکترین فرد در نقطه نمونه برداری i درچارک j ($j = 1;2;3;4$)، n =تعداد نمونه، $\hat{\lambda}_i$ =تعداد در واحد سطح در نقطه نمونه برداری i در فرمول حیدری و همکاران(۱۳۸۶)، $\pi = ۳/۱۴$ ، CD_{1i} = قطر بزرگ تاج درخت، CD_{2i} = قطر کوچک تاج درخت، cc_i = سطح تاج پوشش درخت، $\overline{cc}$ = متوسط سطح تاج درختان در هر روش، k = تعداد درختان هر روش (در نزدیکترین فرد $k = n$ ، در نزدیکترین همسایه، ترکیبی، دومین همسایه و مربعT $k = ۲n$ ، نقطه مشترک $k = ۳n$ و مربعی با نقطه مرکزی با فرمولهای کوتام و کورتیس(۱۹۵۴) و پولارد $k = ۴n$ است)، برای برآورد تعداد در هکتار از فرمول $\hat{N}_{tree/ha} = ۱۰۰۰۰\times\hat{N}$ و برای برآورد سطح تاج درختان در هکتار با روش‌های فاصله‌ای از فرمول $CC_{m^2ha^{-1}} = \hat{N}_{treeha^{-1}} * \overline{cc}$ استفاده شد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی در توده مورد بررسی نشان دادکه توده مورد بررسی یک توده خالص بلوط ایرانی است، زیرا بلوط ایرانی بیشترین درصد فراوانی و درصد تاج پوشش را در توده مورد بررسی داشت (جدول۲).

جدول ۲: آمار توصیفی توده مورد مطالعه با روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل

گونه	تعداد در هکتار	تعداد کل	فراوانی(٪)	تاج پوشش(٪)
بلوط ایرانی	۱۵۲/۱۲	۵۰۲	۹۹/۱۱	۲۲/۱۹
سایر گونه‌ها	۴/۵۵	۱۵	۰/۸۹	۰/۲
کل توده	۱۵۶/۶۷	۵۱۷	۱۰۰	۲۲/۳۹

اگر فراوانی یک گونه بیش از ۹۰ درصد باشد، آن توده جنگلی خالص است (Marvie Mohadjer, 2006)، بنابراین دیده می‌شود که توده مورد نظر یک توده خالص بلوط ایرانی است.

برای مشخص کردن الگوی پراکنش درختان توده مورد بررسی، با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد درختان در قطعات نمونه دایره‌ای شکل (۳۳ قطعه نمونه)، نسبت واریانس به میانگین داده‌ها محاسبه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که این نسبت برابر۱/۸۳ بود که با آزمون آماری مشخص گردید که توده دارای الگوی کپه‌ای بود و بعد برای حالت‌های شبیه‌سازی شده یعنی الگوهای تصادفی و پراکنده تعداد قطعات نمونه مشخص گردید (جدول۳).

جدول ۳: نتایج الگوی پراکنش درختان توده مورد بررسی

نسبت واریانس به میانگین	مربع کای	مقادیر بحرانی مربع کای		الگوی پراکنش	تعدادقطعات نمونه
		۰/۰۲۵	۰/۹۷۵		
۱/۸۳	۵۸/۵۶	۵۰/۶۹	۱۹/۰۸	کپه‌ای	۳۳
۱/۰۱	۱۶/۴۶	۴۰/۶۴۶	۱۳/۱۲۰	تصادفی	۲۶
۰/۴۵۲	۸/۰۹۶	۳۱/۵۲۶	۸/۲۳۱	پراکنده	۱۹

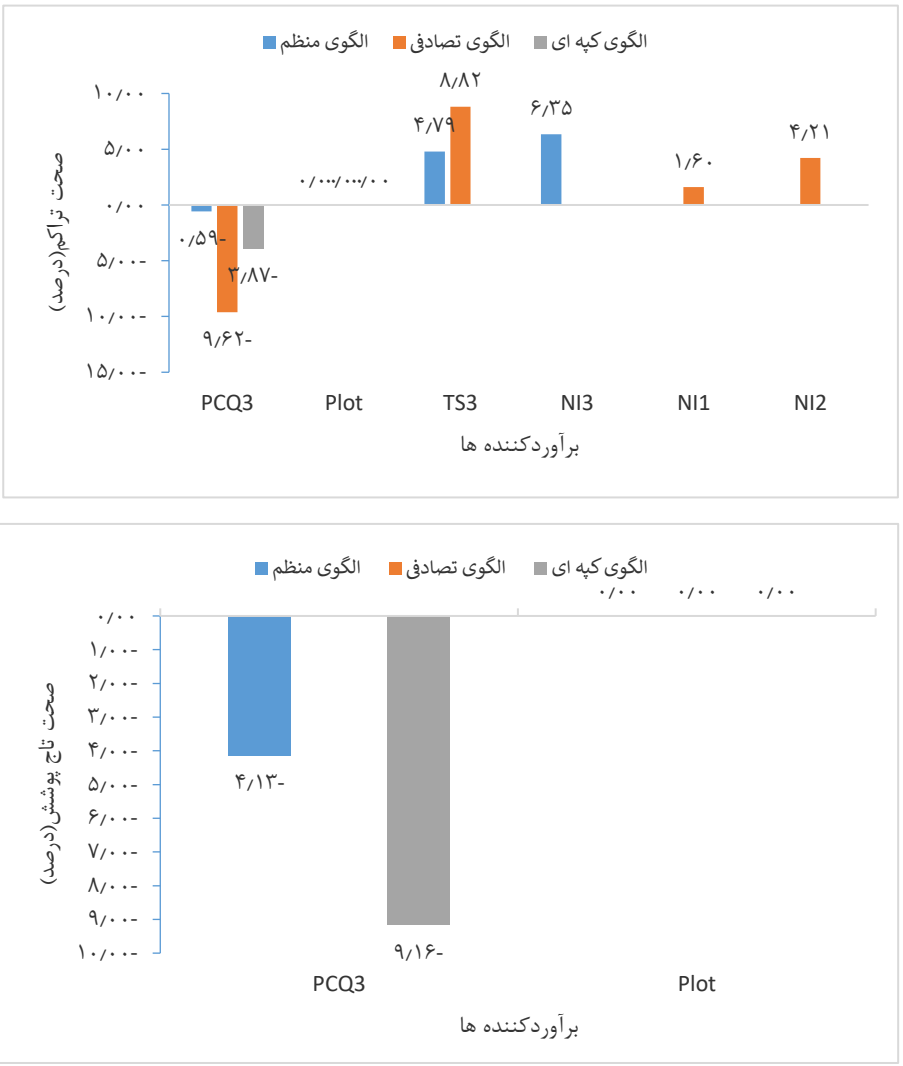
یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر صحت برآوردها در روش‌های فاصله‌ای، الگوی پراکنش مکانی درختان است. بنابراین می‌توان برای جنگل‌های مختلف و نیز گونه‌های مختلف جنگل انتظار نتایج متفاوتی از نظر اریبی این روش‌ها داشت (Askari *et al*., 2013). نتایج این بررسی نشان داد (جدول ۳) که توده مورد بررسی دارای الگوی کپه‌ای بود و برآوردکننده های روش‌های فاصله‌ای در این حالت (الگوی کپه‌ای) تراکم و تاج پوشش درختان توده را (جدول۴ ستون‌های ۴ و ۸) بطور یکسان برآورد نکردند. این نتایج با نتایج حیدری و همکاران (۲۰۰۷)، کیانی و همکاران (۲۰۱۳)، عسکری و همکاران (۲۰۱۳) و شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد و تاثیر الگوی پراکنش بر نتایج برآوردکننده‌های فاصله‌ای را نشان می‌دهد. مقایسه نتایج برآوردکننده‌های روش‌های فاصله‌ای با روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل (به عنوان مقدار واقعی) براساس معیار صحت در

جدول ۴ آمده است. نتایج بدست آمده در جدول ۴ نشان می‌دهد که تعدادی از برآوردکننده‌های روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای از جمله CM (روش‌ترکیبی) و JPM (نقطه مشترک) و نیز تعدادی از برآوردکننده‌های روش‌های مربع T (TS1 و TS4)، نزدیکترین همسایه (NN3) و مربعی با نقطه مرکزی (PCQ1 و PCQ2) با توجه به صحت قابل قبول این بررسی (دامنه ۱۰± درصد)، درتمامی حالات الگوهای پراکنش درختان نتایج قابل قبولی نداشتند، ولی تعدادی از برآوردکننده ها نتایج مناسبی از نظر معیار صحت ارائه دادند که در شکل ۲ آمده است. برای برآورد تراکم و تاج پوشش درختان در هکتار با روش قطعه نمونه دایره‌ای و برآوردکننده‌های فاصله‌ای، در سه حالت کپه‌ای (۳۳ نمونه)، تصادفی (۲۶ نمونه) و پراکنده (۱۹ نمونه) محاسبات انجام گرفت. در مرحله بعد با استفاده از معیار صحت، مقادیر بدست آمده با برآوردکننده های مختلف روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای با نتایج روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل در سه حالت الگوی پراکنش درختان (کپه ای، تصادفی و پراکنده) مقایسه گردیدند که نتایج آنها در جدول ۴ آمده است.

جدول۴: مقادیر صحت (درصد) برآوردکننده‌های روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای در سه حالت کپه‌ای، تصادفی و پراکنده

الف-صحت تراکم(درصد)				ب-صحت سطح تاج پوشش(درصد)			
	پراکنده	تصادفی	کپه‌ای		پراکنده	تصادفی	کپه‌ای
PCQ3	-۰/۵۹	-۹/۶۲	-۳/۸۷	Plot	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Plot	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	PCQ3	۷/۲۱	-۱۰/۹۷	۶/۹۱
NI1	۱۲/۲۶	۱/۶	۱۳/۹۳	TS3	۱۶/۴۲	۱۴/۰۶	۱۹/۰۹
TS3	۴/۷۹	۸/۸۲	۱۶	NI1	۲۸/۴۷	۱۲/۸۹	۱۸/۰۰
NI2	۱۸/۸۸	۴/۲۱	۱۷/۵۶	NN2	۲۱/۱۲	۲۴/۶۵	۱۴/۱۷
NI3	۶/۳۵	۲۵/۰۵	۱۰/۴۷	NI2	۳۶/۰۴	۱۵/۷۹	۲۱/۷۷
TS2	۱۲/۴۳	۱۷/۴۹	۲۴/۶۲	NI3	۲۱/۷۱	۳۸/۹۴	۱۴/۴۳
NN2	۲۲/۵۲	۳۰/۲۱	۱۶/۹۴	TS2	۲۴/۹۱	۲۳/۱۴	۲۷/۹۸
NN1	۳۵/۹۲	۴۳/۱	۱۵/۶۸	NN1	۳۴/۳۶	۳۶/۹۹	۱۲/۹۴
PCQ1	۳۶/۸۳	۲۸/۸۲	۳۰/۸۵	SNN	۲۲/۸۵	۳۳/۳۱	۳۴/۱۶
PCQ2	۴۱/۴۹	۳۱/۲۷	۳۳/۴	JPM	۳۶/۱۲	۳۷/۱۶	۳۳/۸۷
CM	۴۷/۶۵	۴۵/۸۵	۴۲/۹۷	CM	۴۵/۹۶	۳۹/۶۲	۳۹/۵۸
JPM	۵۰/۷۷	۵۴/۴۱	۴۹/۵۶	PCQ1	۴۷/۵۳	۴۰/۰۶	۴۵/۵۱
SNN	۵۷/۰۱	۷۱/۵۴	۶۲/۷۳	PCQ2	۵۲/۵۶	۴۲/۷۲	۴۸/۳۵
NN3	۷۶/۴۱	۸۷/۴۸	۶۸/۳۹	NN3	۷۴/۳۹	۷۹/۴۸	۶۴/۳۹
TS1	۱۲۴/۵۲	۱۷/۱۵	۱۸/۱۴	TS4	۱۰۶/۷۶	-۳۵/۴۷	-۳۲/۷۸
TS4	۸۶/۱	-۳۸/۴۳	-۳۴/۵۳	TS1	۱۴۹/۴۵	۲۲/۷۸	۲۱/۳۳

در ادامه به منظور مشخص کردن مناسب‌ترین برآوردکننده برای برآورد تراکم و تاج پوشش درختان براساس معیار صحت قابل قبول این بررسی ($\pm$ ۱۰درصد)، برآورد کننده‌هایی که در هر یک از الگوهای پراکنش درختان (کپه‌ای، تصادفی و یکنواخت) در این دامنه قرار گرفت، انتخاب گردیدند (شکل ۲).



شکل ۲: برآوردکننده‌هایی که صحت آنها در محدوده ۱۰± درصد است، برای برآورد تراکم (ردیف اول) و برای برآورد تاج پوشش (ردیف دوم)

برای مشخص کردن مناسب ترین برآوردکننده در محدوده مورد نظر در این بررسی (صحت۱۰± درصد)، با توجه به شکل ۲ دیده می‌شود که مناسب ترین برآورد کننده‌ها برای برآورد تراکم درختان (شکل ۲ الف) در حالت الگوی پراکنده، برآورد کننده‌های PCQ3 (روش مربعی با نقطه مرکزی)، TS3 (روش مربع T)، NI3 (روش نزدیکترین فرد) بودند. در حالت الگوی تصادفی، برآورد کننده های PCQ3 (روش مربعی با نقطه مرکزی)، TS3 (روش مربع T)، NI1,2 (روش نزدیکترین فرد) بودند و در حالت الگوی کپه‌ای، فقط برآورد کننده‌PCQ3 (روش مربعی با نقطه مرکزی) مناسب بود.

برای برآورد تاج پوشش درختان با توجه به شکل۲ (ب)، در حالت‌های الگوی پراکنده و کپه‌ای، فقط برآورد کننده PCQ3 (روش مربعی با نقطه مرکزی) برای توده مورد بررسی مناسب بود، ولی در حالت الگوی پراکنش تصادفی، هیچکدام از برآوردکننده‌ها مناسب نبودند.

در نهایت با توجه به تنوع الگوی پراکنش درختان در جنگل‌های زاگرس که عمدتا کپه‌ای و گاهی تصادفی است و نتایج این بررسی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که برای برآورد تراکم روش‌های نمونه برداری مربعی با نقطه مرکزی (برآورد کننده PCQ3)، مربع T (TS2,3)، نزدیکترین فرد (NI1,2,3) و نزدیکترین همسایه (NN1,2) برای این جنگل‌ها مناسب هستند. این نتایج با نتیجه تحقیق کیانی و همکاران (Kiani *et al.*, 2013) که روش مربع T را برای برآورد تراکم و روش مربعی با نقطه مرکزی را برای برآورد تاج پوشش؛ (Sheikholeslami *et al.*, 2017) که دو روش نزدیکترین فرد و نزدیکترین همسایه را در الگوی کپه‌ای، (Basiri *et al.*, 2018) روش مربعی با نقطه مرکزی (Bryant *et al.*, 2004) روش مربعی با نقطه مرکزی و Silva *et al.*, (2017) روش‌های مربع T و مربعی با نقطه مرکزی را مناسب دانسته‌اند، مطابقت دارد.

با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۴ و شکل۲)، دیده می‌شود در بین تمامی برآوردکننده‌های این بررسی (۱۶ برآوردکننده)، بهترین نتیجه را برآورد کننده PCQ3 (غیر از حالت تصادفی که مقدار صحت۱۰/۹۳- درصد بود) نشان داد. احتمالا دلیل این یک مورد انحراف، نحوه‌ی محاسبه تاج پوشش درختان با این برآورد کننده باشد، زیرا برآورد تاج‌پوشش درختان با این فرمول، مانند روش‌های قطعه نمونه است، یعنی تاج پوشش درختان در هر نقطه نمونه برداری (با استفاده از میانگین سطح تاج ۴ درخت در هر نقطه نمونه برداری ضرب‌در تعداد درختان برآورد شده در هکتار در همان نقطه نمونه برداری) محاسبه می‌گردد و بعد برای برآورد تاج پوشش توده مورد بررسی، میانگین مقادیر بدست آمده از نقاط نمونه‌برداری (مانند تعداد قطعات نمونه) لحاظ می‌گردد (Haidari *et al.*, 2008) همانطور که شکل ۲ نشان می‌دهد این نحوه محاسبه تاج پوشش درختان در حالت تصادفی نتیجه مناسبی نداد که برای رفع این مشکل در برآوردکننده PCQ3 محاسباتی به شرح زیر انجام گرفت. بعد از محاسبه تراکم درختان مانند روش های قطعه نمونه با این برآوردکننده، برای برآورد تاج‌پوشش درختان از روش مربوط به روش‌های فاصله‌ای (که در این بررسی برای بقیه روش‌های فاصله ای استفاده شده است و نحوه اجرای آن در قسمت توضیحات جدول۱ آمده است) استفاده گردید یعنی متوسط تاج تمامی درختان اندازه‌گیری شده با روش مربعی با نقطه مرکزی ($\overline{cc} = \Sigma cc_i / 4n$) در تراکم محاسبه شده با آن ضرب گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که صحت بدست آمده با این نحوه برآورد تاج پوشش درختان در حالت‌های مختلف الگوی پراکنش کپه ای، تصادفی و پراکنده به ترتیب ۶/۶۱، ۱/۷۵- و ۷/۲۱ درصد بدست آمد. بنابراین نه تنها در حالت تصادفی بلکه در حالت‌های پراکنده و کپه‌ای نیز با این نحوه محاسبه نتایج بسیار مناسبی بدست آمد. بطور خلاصه نتایج نشان داد که بکارگیری روش مربوط به روش‌های فاصله‌ای در برآورد تاج پوشش درختان توده جنگلی برای

فرمول PCQ3، این برآوردکننده از بین تمامی برآوردکننده‌های این بررسی برآوردکننده و روش مربعی با نقطه مرکزی مناسب ترین روش برای برآورد تراکم و تاج‌پوشش توده مورد بررسی بود، که برای اطمینان بیشتر پیشنهاد می‌گردد این برآوردکننده در نقاط دیگر جنگل‌های زاگرس بررسی گردد. همان‌طور که در مقدمه آمده است، جنگلداران و پژوهشگران بوم شناسی نیاز به اطلاعات ارزان و راحت دارند تا شرایط گذشته و فعلی را ارزیابی و تغییرات ساختار اکوسیستم تحت نظارت خود را بررسی نمایند. بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهند که روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای با توجه به ویژگی‌هایی که دارند می‌توانند تا حدودی این نیاز پژوهشگران فوق را برآورده کنند. با این وجود به سبب تنوع اکوسیستم‌های طبیعی به ویژه جنگل‌ها و از سوی دیگر به علت قدمت کمتر روش‌های فاصله‌ای نسبت به روش‌های قطعه نمونه نیاز به بررسی‌های بیشتری جهت ارائه مناسب ترین آن‌ها برای هر اکوسیستم است.

منابع

Askari, Y., Kafassh Saei, E & ,Rezaei, D(.2013 .)Evaluation of different sampling methods to study of shrub density in Zagros forest. *European Journal of Experimental Biology*, *3*(2), 121-128.

Badehian, Z., Mansouri, M. & Sanjabi, H. (2017). Economic valuation of some of the most important functions and services of Quercus forests in the centeral Zagros (Case study: Lorestan province). J.Env. Sci. Tech., 19(5):353-363 .

Basiri, R., Moradi, M., Kiani, B & ,.Maasumi Babaarabi, M(.2018 .)Evaluation of distance methods for estimating population density in *Populus euphratica* Olivier natural stands (case study: Maroon riparian forests, Iran). *Journal Of Forest Science*, *64* (5), 230–244.

Bazrafkan, A., Bavaghar, M.P., & Fathi, P. (2014). Capability of Liss III data for forest canopy density mapping in Zagros forests (Case study: Marivan Forests). *Iranian Journal of Forest*, *6*(4), 387-401.

Borges Silva, L., Mário, A., Rui Bento, E & ,.Silva, L(.2017 .)Comparison of *T*-Square, point centered Quarter, and *N*-Tree sampling methods in Pittosporum undulatum Invaded woodlands .*International Journal of Forestry Research*, *28*(13), 1-15.

Bryant, D.M., Ducey, M.J., Innes, J.C., Lee, T.D., Eckert, R.T & ,.Zarin, D.J. (2004). Forest community analysis and the point-centered quarter method. *Plant Ecology*, *175*(2), 193-203.

Byth K. (1982): On robust distance-based intensity estimators. Biometrics, 38: 127–135.

Byth K., Ripley B.D. (1980): On sampling spatial patterns by distance methods. Biometrics, 36: 279–284.

Cottam G., Curtis J.T. (1956): The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology, 37: 451–460.

Dehshiri, M.M., (2019). Study on the plant species diversity along an altitudinal gradient in Nova Mountain, Kermanshah Province of Iran. Journal of Applied Biology, 33(1):61-77 .

Diggle P.J. (1975): Robust density estimation using distance methods. Biometrika, 62: 39–48 .

Engeman R.M., Sugihara R.T., Pank L.F., Dusenberry W.E. (1994): A Comparison of plotless density estimators using Monte Carlo simulation. Ecology, 75: 1769–1779. J. FOR. SCI., 64, 2018 (5): 230–244 243

F.R.W.M.O. (2021). Forests, Range and Watershed Management Organization. https://frw.ir/

Haidari, R.H. (2020). Presentation a new Joint-point Sampling method estimator for tree density. Journal of Forest Research and Development. 6(3):505-517 .

Haidari R.H., Zobeiri M., Namiranian M., Sobhani H. (2007). Application of T-square sampling method in Zagross forests (Case Study: Kerman-shah province) - Iran. J. For. Poplar Res. 15: 32-42 .

Haidari, R.H., Zobeiri, M., Namiranian, M & ,.Sobhani, H. (2008). Application of T-square sampling method in Zagross forests (Case Study: Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15*(1), 32-42.

Haidari, R.H., Sohrabi Zadeh A. and Haidari, M. (2019). Effect of Physiographic Factors on Plant Biodiversity in the Central Zagros Forests (Case Study: Educational Forest of Razi University of Kermanshah). Ecology of Iranian Forests. 7(1):66-75 .

Karamshahi, A., Zobeiri, M., Namiranian, M., & Feghhi, J .(2012) . Investigation on application of k-nn (k-nearest neighbor) sampling method in Zagros forests (Case study: Karzan forest, Ilam). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19*(4), 453-465.

Khaleti,K. (2019). Comparison of quantitative characteristics of Sorkhe-dizeh forest in beginning and end of 13 Years period with plot-less sampling methods. M.Sc. Thesis in Forest Science and Engineering. Faculty of Agriculture, Razi University. 71p.

Kiani, B., Fallah, A., Tabari, M., Hosseini, S.M & ,.Iran-Nejad Parizi, M.H. (2013). Comparing Distance-based and Quadrate-based Methods to Identify Spatial Pattern of Saxaul Haloxylon ammodenderon C.A.Mey (Siah-Kooh Region, Yazd Province). *Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources, 65*(4), 475-486.

Kint, V., Wulf Robert, D & ,.Noel, L. (2004). Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. *Ecological Modeling, 180*(4), 461-476.

Kissa, D.O., & Sheil, D(.2012 .)Visual detection based distance sampling offers efficient density estimation for distinctive low abundance tropical forest tree species in complex terrain. *Forest Ecology and Management, 263*, 114-121.

Kleinn, Ch & ,.Vilcko, F(.2006 .)A new empirical approach for estimation in k-tree sampling. *Forest Ecology and Management, 237*(1-3), 522-533.

Krebs, C.J. 1989. Ecological Methodology. Harper Collins: New York. 653 PP.

Marvie Mohadjer, M.R., (2006). Silviculture, University of Tehran Press, 388pp .

Moghadam, M.R(.2001 .)Quantative plant ecology. Tehran University press. 285pp.

Morisita M. (1957): A new method for the estimation of density by spacing method applicable to non-randomly distributed populations. Physiology and Ecology, 7: 134–144. (in Japanese with English summary)

Pollard J.H. (1971): On distance estimators of density in randomly distributed forests. Biometrics, 27: 991–1

Salehi, A., & Taheri Sarteshnizi, M.J. (2014). Comparison of accuracy assessment of canopy cover density using a device similar to Cajanus tube and line intersect sampling in a Persian oak stand. *Iranian Journal of Forest, 6*(3), 309-320.

Savage, Sh.L., Lawrence, R.L., Squires, J.R., Holbrook, J.D., Olson, L.E., Braaten, J.D., & Cohen, W.B. (2018). Shifts in forest structure in Northwest Montana from 1972 to 2015 using the Landsat Archive from Multispectral Scanner to Operational Land Imager. *Forests, 9*(157), 1-20 .

Seraj, H., B. Kiani & M. Mirabdollahi. (2019). Investigating the accuracy and precision of sector sampling in juniper forests of Amin Abad, FiroozkoohM, Journal of Forest Research and Development, 5(1): 1-13.

Sheikholeslami, N., Erfanifard, S.Y., Fallah Shamsi, R., Masoudi, M & ,.Khosravi, E. (2017). Effect of spatial pattern of trees on efficiency of distance and plot sampling methods in Zagros woodlands. *Iranian Journal of Forest, 9*(1), 101-117.

Southwood, T.R.E. & Henderson, P.A. (2000). Ecological Methods. Blackwell Science. http://www .Blackwell Science. Con/Southwood. 575 pp.Zobeiri, M. (2007). Forest Biometry, University of Tehran Press, 405pp.

Study of Distance Sampling Methods for Estimating Quantitative Characteristics of Forest

R.H. Haidari[1*], K. Khalati[2], N. Salimikhah[2]

Received:2021.1.16
Accepted:2021.4.24

Abstract

Awareness of the density and canopy cover of Zagros forests is important for their preservation, restoration and expansion. The purpose of this study is to introduce the most appropriate estimator of distance sampling method for estimating quantitative characteristics of these forests. For this purpose, their two large and small crown diameters in 33 circular sample plots in Kermanshah province inventoried. Within each circular plots, seven distance sampling methods such as nearest individual, nearest neighbor, second nearest neighbor, compound, T-square, joint-point method and point-centered quarter were sampled. After calculating the density and canopy cover of trees in circular method (true value) and distance sampling method estimators, the results of this estimators were compared with circular plots by using accuracy. The results showed that among 16 estimators of above distance sampling methods, the most suitable estimator for density and canopy cover of this forest was PCQ3 estimator.

Keywords: *Accuracy, canopy cover, density, Kermanshah, true density*

1- Assistant professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran
*(Corresponding author: rhhaidari@razi.ac.ir)
2- M.Sc., Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran