



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"

دوره هفتم، شماره چهاردهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

کارایی شاخص‌های نمونه‌برداری در تحلیل الگوی مکانی گونه‌های چوبی در جنگل‌های زاگرس مرکزی (منطقه کلخانی کوه‌دشت لرستان)

زیبا پیرمحمدی^{۱*}، علی مهدوی^۲

^۱ دانشجوی دکتری علوم جنگل، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

^۲ دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۶

چکیده

استفاده از روش‌های مناسب در برآورد الگوی مکانی درختان از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌منظور بررسی کارایی شاخص‌های نمونه‌برداری در تعیین الگوی مکانی پنج گونه چوبی (بلوط ایرانی، کیکم، بادام‌کوهی، بنه و زالزالک)، محدوده‌ای به وسعت ۳۵ هکتار از جنگل کلخانی واقع در کوه‌دشت لرستان آماربرداری صددرصد شد. موقعیت مکانی گونه‌ها، نوع گونه و قطر بزرگ و کوچک تاج برداشت شد. نقشه پراکنش مکانی گونه‌ها تهیه و الگوی مکانی مطلق با روش نزدیک‌ترین همسایه و تابع K رایبلی در محیط ArcGIS تعیین شد. سپس الگوی مکانی گونه‌ها با استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای (جانسون و زایمر، C ، هاپکینز، هاینز و ابرهارت) و قطعه‌نمونه (نسبت واریانس به میانگین، موری‌سیتا، استاندارد شده موری‌سیتا، گرین و خوشه‌بندی) برآورد و کارایی هرکدام در مقایسه با شاخص نزدیک‌ترین همسایه و تابع K رایبلی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد؛ گونه غالب منطقه، بلوط ایرانی با ۶۱/۵ درصد از کل گونه‌ها بود. بلوط ایرانی و زالزالک با متوسط سطح تاج پوشش ۱۱/۳۶ و ۲/۸۹ مترمربع به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین مقادیر را دارا بودند. نتایج تحلیل الگوی مکانی واقعی گونه‌ها با شاخص نزدیک‌ترین همسایه و K رایبلی برای کل گونه‌ها کپه‌ای به دست آمد. همه شاخص‌های روش قطعه‌نمونه نیز الگوی کپه‌ای را برای پنج گونه برآورد کردند. از شاخص‌های فاصله‌ای تنها شاخص هاینز برای پنج گونه الگوی کپه‌ای را برآورد کرد. در کل بهترین شاخص‌ها برای تعیین الگوی مکانی گونه‌ها، شاخص فاصله‌ای هاینز و پنج شاخص قطعه‌نمونه ارزیابی شدند؛ بنابراین در عملیات پرورشی و اصلاحی جنگل با استفاده از گونه‌های مورد مطالعه بایستی الگوی کپه‌ای را در نظر گرفت.

*نویسنده مسئول: pirmohammadiz2020@gmail.com

واژه‌های کلیدی: الگوی پراکنش مکانی، تابع K رایبلی، شاخص‌های فاصله‌ای و قطعه‌نمونه، شاخص نزدیک‌ترین همسایه، کلخانی

مقدمه

الگوی پراکنش مکانی درختان نشان‌دهنده موقعیت افراد یک جمعیت در محیط و نحوه آرایش آن‌ها نسبت به یکدیگر است (Dale, 1998). در واقع، الگوی مکانی درختان مشخصه مهمی در درک پویایی اکوسیستم جنگل است (Veblen et al., 1979) که بر استقرار، رویش، رقابت، تجدید حیات و مرگ‌ومیر، استفاده از منابع، ایجاد روشنه و درنهایت توسعه زیر اشکوب جنگل تأثیرگذار است (Nathan et al., 2000). این الگو تحت تأثیر شرایط محیطی از قبیل خاک، توپوگرافی، رقابت، گذشته توده، طوفان‌ها و طغیان آفات و بیماری‌ها قرار می‌گیرد؛ بنابراین به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود این ارتباط دوسویه است (Salas et al., 2006). به‌طور کلی، سه نوع اصلی الگوی مکانی در جوامع گیاهی وجود دارد: کپه‌ای (Aggregate)، منظم (Regular) یا یکنواخت (Uniform) و تصادفی (Random) (Goreaud et al., 1997). برای تعیین الگوی مکانی درختان از دو روش کلی آماربرداری صددرصد و نمونه‌برداری استفاده می‌شود. مناسب‌ترین روش جهت تعیین الگوی مکانی استفاده از داده‌های آماربرداری صددرصد است که نقشه موقعیت مکانی درختان با این داده‌ها تهیه می‌شود (Krebs, 1999). با دسترسی به نقشه مکانی تمام درختان الگوی مطلق جامعه تعیین می‌شود (Mitchell, 2005). از آنجاکه دسترسی به نقشه موقعیت مکانی تمام درختان مستلزم زمان و هزینه بالایی است، لذا بوم‌شناسان شاخص‌های متنوعی را با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری، برای برآورد الگوی مکانی درختان در جنگل پیشنهاد دادند (عرفانی‌فرد و مهدیان، ۱۳۹۱). عمومی‌ترین روش‌های نمونه‌برداری جهت تعیین الگوی مکانی روش قطعه‌نمونه با مساحت ثابت و روش‌های فاصله‌ای است (Stamtellos & Panourgias, 2000). که بررسی صحت نتایج حاصل از هر شاخص از طریق مقایسه آن با الگوی مکانی مطلق جامعه امکان‌پذیر است و تا زمانی که این مقایسه انجام نشود نمی‌توان در مورد کارایی یک شاخص اظهارنظر نمود (عرفانی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۱)؛ بنابراین از الگوی مطلق ضمن تعیین الگوی واقعی و تراکم دقیق جمعیت گونه‌های درختی در جنگل به‌عنوان مبنای مقایسه برای شاخص‌های نمونه‌برداری و معرفی شاخص مناسب تعیین الگوی مکانی استفاده می‌شود.

برای تعیین الگوی مکانی درختان جنگلی با استفاده از شاخص‌های مختلف نمونه‌برداری و آماربرداری صددرصد، مطالعات چندی توسط محققان در داخل و خارج کشور انجام شده است. صفری و همکاران (۱۳۸۸)، حیدری و همکاران (۱۳۹۵) و سوبدی و تیمیلیسینا (Subedi & Timilsina, 2006) از روش‌های مختلف برای تعیین الگوی مکانی درختان استفاده کرده‌اند.

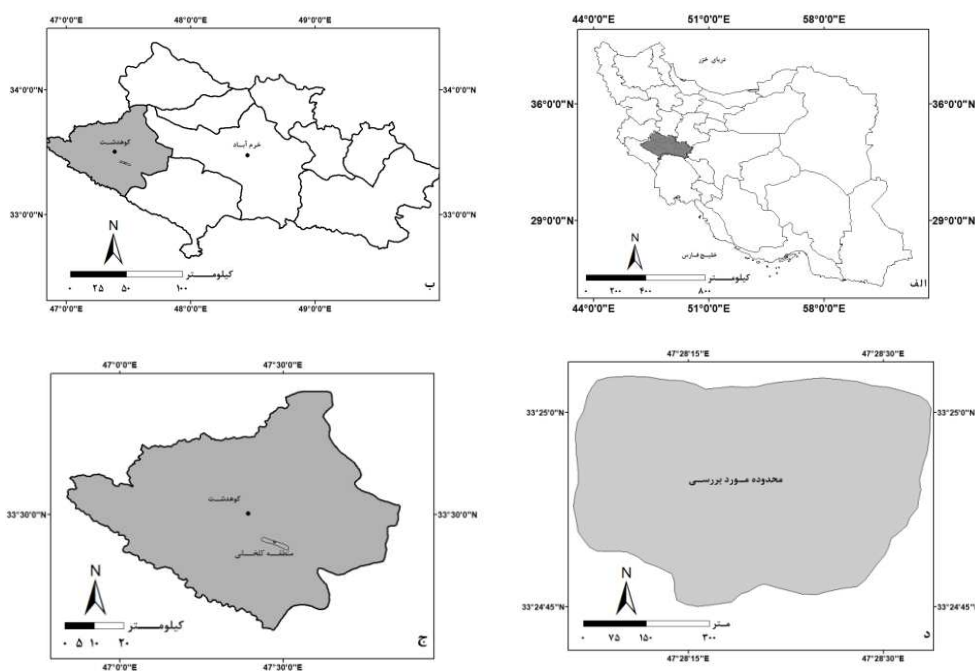
2014) از شاخص‌های قطعه‌نمونه با مساحت ثابت (تراکمی) برای تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه‌های جنگلی استفاده کرده‌اند. در بعضی مطالعات دیگر مانند پوربابایی و همکاران (۱۳۹۱)، عسکری و همکاران (۱۳۹۳) و ذبیح‌اللهی و همکاران (۱۳۹۴) شاخص‌های روش فاصله‌ای برای تعیین الگوی مکانی درختان جنگلی بکار رفته است. برآورد الگوی مکانی با استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای و قطعه‌نمونه در بررسی صفری و همکاران (۱۳۸۸)، کیانی و همکاران (۱۳۹۱)، ابراهیمی و پوربابایی (۱۳۹۲) مورد توجه بوده است. استفاده از شاخص‌های تعیین الگوی مکانی با بکار بردن نتایج آماربرداری صددرد (با شاخص‌های کوادرات، نزدیک‌ترین همسایه، تابع K رایلی) توسط محققانی از جمله، اخوان و همکاران (۱۳۸۹)، نوری و همکاران (۱۳۹۲)، پورهاشمی و همکاران (۱۳۹۳)، عرفانی‌فرد و مهدیان (۱۳۹۱)، هی و همکاران (He et al., 1997)، عرفانی‌فرد و همکاران (Erfanifard et al., 2008)، لوی و همکاران (Luo et al., 2009) کریمی و همکاران (Karimi et al., 2014)، فیبیچ و همکاران (Fibich et al., 2016) و ابرت و همکاران (Ebert et al., 2016) انجام شده است. عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱) و حسین‌پور و همکاران (۱۳۹۶) نیز کارایی شاخص‌های نمونه‌برداری را با نتایج الگوی مکانی مطلق برای یک‌گونه مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نظر به اینکه تحقیقات انجام‌شده در مورد الگوی مکانی تاکنون با استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای و قطعه‌نمونه به‌صورت جداگانه و محدود انجام شده است. از طرفی جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع بیولوژیکی و ذخایر ژنتیکی ایران به‌حساب می‌آیند، در حال حاضر به‌عنوان تخریب یافته تلقی می‌گردند و انجام هرگونه اقدام حفاظتی و احیائی مستلزم داشتن اطلاعات کمی و کیفی از این جنگل‌ها می‌باشد (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲). در این راستا تحقیق حاضر باهدف تعیین الگوی مکانی مطلق پنج گونه مهم شامل: بلوط ایرانی (*Quercus brantii*)، زالزالک (*Crataegus aronia*)، کیکم (*Acer monspesulanum*)، بادام‌کوهی (*Amygdalus lycioides*) و بنه (*Pistacia atlantica*) و ارزیابی پنج شاخص فاصله‌ای و پنج شاخص قطعه‌نمونه، در محدوده‌ای از جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس انجام شده است. نتایج پژوهش، ضمن مشخص کردن کارایی شاخص‌های نمونه‌برداری در تعیین الگوی مکانی گونه‌ها، نشان می‌دهد در مطالعات آینده، با توجه به هدف و امکانات، از کدام‌یک از شاخص‌های نمونه‌برداری برای بررسی الگوی مکانی می‌توان استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این پژوهش، جنگل کلحانی در مجاورت روستای سراب هاشم‌بگ در فاصله ۲۴ کیلومتری شهرستان کوه‌دشت واقع در استان لرستان است (شکل ۱). از نظر مختصات جغرافیایی بین

عرض شمالی $33^{\circ}24'40''$ تا $33^{\circ}24'59''$ و طول شرقی $47^{\circ}28'10''$ تا $47^{\circ}28'41''$ واقع شده است. حداقل ارتفاع منطقه ۱۳۷۰ متر و ارتفاع حداکثر آن ۱۸۵۰ متر می‌باشد. جنگل کلخانی بافرم شاخه‌زاد-دانه‌زاد و دارای گونه‌های بلوط ایرانی، کیکم، زالزالک، بنه، داغداغان، بادام‌کوهی و انجیر می‌باشد. با جنگل‌گردشی محدوده‌ای با وسعت ۳۵ هکتار با حداقل دست‌خوردگی و تخریب انتخاب گردید.



شکل ۱- منطقه مورد بررسی در ایران (الف)، استان لرستان (ب) و شهرستان کوهدشت (ج)

با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه فاقد ایستگاه هواشناسی می‌باشد. برای تعیین اقلیم از اطلاعات مربوط به شهرستان کوهدشت به دلیل همجواری استفاده شد. بر این اساس متوسط درجه حرارت سالیانه $15/8$ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی تقریباً $405/2$ میلی‌متر در سال است. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک می‌باشد (بی‌نام، ۱۳۹۵).

جمع‌آوری داده‌ها: بررسی الگوی مکانی درختان با تعیین موقعیت هر درخت و تهیه نقشه مربوط به آن با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی آغاز می‌شود (عرفانی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۱). در این پژوهش با

استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) دستی برای ثبت موقعیت پایه‌ها در سطح ۳۵ هکتاری محدوده مطالعاتی استفاده شد. همچنین نوع گونه و قطر بزرگ و کوچک تاج‌پوشش یادداشت شدند. **تعیین الگوی مکانی گونه‌ها:** برای تعیین الگوی مکانی درختان در جنگل می‌توان از آماربرداری صددرصد و نمونه‌برداری استفاده نمود. به‌منظور بررسی کارایی شاخص‌های متنوع نمونه‌برداری تعیین الگوی مکانی، در این پژوهش پس از آماربرداری صددرصد و تهیه نقشه موقعیت مکانی درختان، مهم‌ترین و پرکاربردترین شاخص‌های قطعه‌نمونه و فاصله‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت.

الف- آماربرداری صددرصد

در صورتی که توده جنگلی آماربرداری صددرصد شود، برای تعیین الگوی مکانی گونه‌ها، معمولاً از سه روش کوادرات‌های پیوسته، شاخص نزدیک‌ترین همسایه و تابع K رایپلی استفاده می‌شود (عرفانی‌فرد و مهدیان، ۱۳۹۱). در این مطالعه با استفاده از نتایج آماربرداری صددرصد، از تابع K رایپلی و روش نزدیک‌ترین همسایه برای تعیین الگوی مکانی پنج گونه استفاده شد. **تابع K رایپلی:** این شاخص بر اساس تعداد نقاط (درخت) موجود در یک شعاع مشخص به بررسی الگوهای مکانی می‌پردازد. در این روش فواصل بین تمام جفت نقاط موجود در سطح مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود (پورهاشمی و همکاران، ۱۳۹۳). این روش را که تابعی درجه دو در فضای دوبعدی است برای تعیین الگوی پراکنش مکانی پدیده‌هایی قابل استفاده است که موقعیت مکانی آن‌ها در یک نقشه ثبت شده باشد (عرفانی‌فرد و مهدیان، ۱۳۹۱). امروزه به‌جای تابع K رایپلی از شکل اصلاح‌شده آن یعنی تابع (L) استفاده می‌شود که حالت خطی تابع K رایپلی بوده و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$L(d) = \frac{\sqrt{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n K_{ij}^2}}{\pi n(n-1)} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه n تعداد کل پدیده‌ها یا نقاط، A مساحت کل محدوده دربرگیرنده پدیده‌ها (درختان) و K_{ij} فاکتور وزن می‌باشد. وقتی تصحیح حاشیه‌ای وجود نداشته باشد، K_{ij} برابر ۱، وقتی فاصله بین i و j بزرگ‌تر از d باشد برابر صفر است. با استفاده از روش تصحیح حاشیه‌ای K_{ij} اصلاح می‌شود (Mitchell, 2005).

حال اگر مقدار تابع L برابر صفر باشد، نشان‌دهنده الگوی تصادفی، اگر بزرگ‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده الگوی خوشه‌ای و اگر کوچک‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده الگوی منظم است. در این روش برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت الگوی مشاهده‌شده با الگوی تصادفی (فرض صفر)، حدود اعتماد با استفاده از آزمون مونت‌کارلو محاسبه و ترسیم می‌گردد؛ به‌طوری‌که اگر تابع L در داخل این محدوده قرار گیرد، نشان‌دهنده وجود الگوی تصادفی، اگر بالاتر از آن واقع شود، نشان‌دهنده الگوی کپه‌ای و اگر

پایین تر از این محدوده واقع شود، نشان‌دهنده الگوی منظم (یکنواخت) است (اخوان و همکاران، ۱۳۸۹).

روش نزدیک‌ترین همسایه: این روش بر مبنای محاسبه میانگین فاصله بین هر درخت با نزدیک‌ترین همسایه‌اش استوار است. میانگین نزدیک‌ترین همسایه از رابطه (۲) به دست می‌آید:

$$ANN = \frac{D_0}{DE} \quad \text{رابطه ۲}$$

که در آن $\overline{D_0}$ میانگین فاصله مشاهده‌شده هر درخت با نزدیک‌ترین همسایه‌اش است (رابطه ۳).

$$\overline{D_0} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad \text{رابطه ۳}$$

و \overline{DE} میانگین فاصله مورد انتظار هر درخت با نزدیک‌ترین همسایه‌اش است (رابطه ۴).

$$\overline{DE} = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \quad \text{رابطه ۴}$$

جهت بررسی مکانی شاخص نزدیک‌ترین همسایه، از آزمون Z استفاده می‌شود (رابطه ۵). فرض صفر آزمون، تصادفی بودن الگوی مکانی درختان موردبررسی است. مقدار آماره از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$Z = \frac{D_0 - DE}{SE} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$SE = \frac{SE}{\sqrt{n^2/A}} \quad \text{رابطه ۶}$$

تفسیر مقدار آماره Z به این صورت می‌باشد: که اگر مقدار Z ($-1/96 < Z < +1/96$) باشد، الگوی مکانی تصادفی. اگر Z بیش از $+1/96$ باشد، الگو پراکنده و اگر Z کمتر از $-1/96$ باشد، الگو کپه‌ای است (Mitchell, 2005). پس از برداشت موقعیت مکانی درختان گونه‌های موردبررسی با استفاده از GPS، داده‌ها وارد محیط ArcGIS گردید و نقشه موقعیت مکانی گونه‌ها تهیه گردید.

ب- نمونه‌برداری

در این بررسی از روش‌های متداول در مطالعات جنگل و الگوی پراکنش مکانی یعنی روش قطعه‌نمونه با مساحت ثابت و روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای؛ نزدیک‌ترین فرد، مربع تی و ترکیبی استفاده شد. با توجه به اینکه برای بررسی الگوی مکانی ۳۰ تا ۶۰ قطعه‌نمونه کافی است (صفری و همکاران، ۱۳۸۸). به این منظور یک شبکه آماربرداری منظم با ابعاد 100×100 متر و نقطه شروع تصادفی در محیط ArcGIS طراحی و روی نقشه پراکنش گونه‌ها قرار داده شد. به طوری که محل تقاطع اضلاع شبکه، نقاط نمونه‌برداری و این نقاط دقیقاً مراکز قطعات نمونه بودند. قطعات نمونه دایره‌ای به مساحت ۱۵ آرکه مناسب آماربرداری در جنگل‌های زاگرس (زبیری، ۱۳۷۹) و بررسی الگوی پراکنش مکانی در این جنگل‌هاست (Erfanifard et al, 2008) پیاده شد. در مجموع ۴۰ قطعه‌نمونه.

و ۴۰ نقطه شروع تصادفی برای روش فاصله‌ای اندازه‌گیری شد. در تحقیق حاضر از شاخص‌های قطعه‌نمونه شامل: نسبت واریانس به میانگین، موری‌سیتا، استاندارد شده موری‌سیتا، گرین و خوشه‌بندی و شاخص‌های فاصله‌ای جانسون و زایمر، C، هاپکینز، هاینز و ابرهارت استفاده شده است. جدول (۱) روابط و آزمون‌های مربوط به هر شاخص را نشان می‌دهد. جهت تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه از نرم‌افزارهای ArcGIS، Ecological Methodology و Excel استفاده شد.

جدول ۱ - شاخص‌های قطعه‌نمونه با مساحت ثابت و فاصله‌ای برای تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه‌های مورد مطالعه در منطقه

منبع	آزمون آماری	رابطه	شاخص‌های قطعه‌نمونه
(krebs, 1999)	مربع کای	$I = \frac{S^2}{\bar{X}}$	نسبت واریانس به میانگین
(krebs, 1999)	آزمون Z	$IG = \left(\frac{S^2}{\bar{X}}\right) - 1$	خوشه‌بندی
(krebs, 1999)	مربع کای	$IG = \frac{(S^2/\bar{X}) - 1}{(\sum X_i) - 1}$	گرین
(krebs, 1999)	مربع کای	$I_d = n \left[\frac{\sum X_i^2 - \sum X_i}{(\sum X_i)^2 - \sum X_i} \right]$	موریسیتا
(krebs, 1999)	مربع کای	$M_{ij} = \frac{\sum_{i,j} x_{ij}^2 - n + \sum x_{ij}}{(\sum x_{ij}) - 1}$	استاندارد شده موریسیتا
منبع	آزمون آماری	رابطه	شاخص‌های فاصله‌ای
(Johnson & Zimmer, 1985)	آزمون Z	$I = \frac{[(n+1)(\sum_{i=1}^n (r_{pi}^2))]}{[\sum_{i=1}^n (r_{pi}^2)]^2}$	جانسون و زایمر
Ludwig & Reynolds, 1988)	آزمون Z	$C = \frac{\sum [x_{i1}^2 + x_{i2}^2 + \dots + x_{in}^2]}{N}$	c
(krebs, 1999)	جدول هاینز	$I_E = \left[\frac{S^2}{\bar{X}}\right]^2 + 1$	ابرهارت
(krebs & Charles, 2001)	جدول هاینز	$h_r = \frac{2n[2\sum(r_{pi}^2) + \sum(r_{ni}^2)]}{[(\sqrt{2}\sum(r_{pi}^2) + \sum(r_{ni}^2))]^2}$	هاینز
(krebs & Charles, 2001)	آزمون F	$I_h = \frac{\sum(r_{pi})^2}{\sum(r_{pi})^2 + \sum(r_{ni})^2}$	هاپکینز

نتایج

در منطقه مورد مطالعه در مجموع ۳۲۵۷ پایه ثبت شد که شامل گونه‌های بلوط ایرانی، کیکم، زالزالک، بادام کوهی، بنه، داغداغان (تا) و انجیر کوهی است. پنج گونه اصلی (بلوط ایرانی، کیکم،

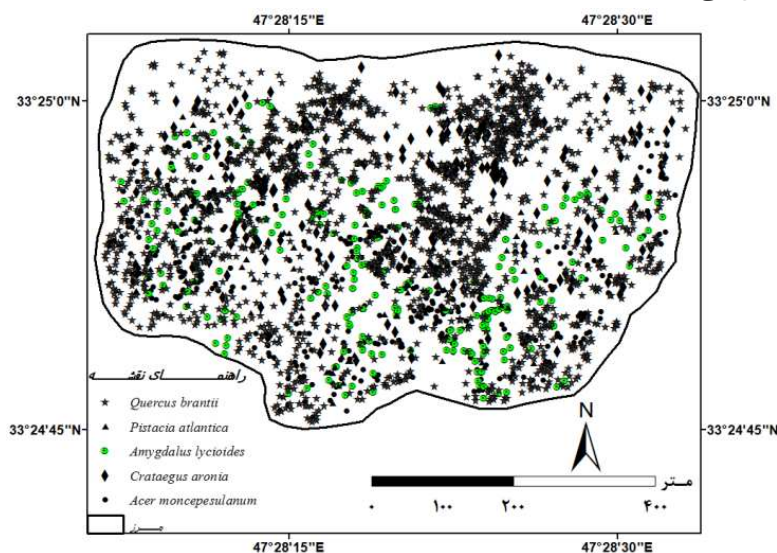
زالزالک، بادام کوهی و بنه) که بیش از ۹۷ درصد فراوانی پایه‌ها را تشکیل می‌دادند، انتخاب شدند و الگوی پراکنش مکانی آن‌ها بررسی شد. جدول (۲) نتایج مشخصه‌های کمی گونه‌های مورد بررسی در منطقه را نشان می‌دهد.

جدول ۲- نتایج مشخصه‌های کمی اندازه‌گیری شده گونه‌های چوبی در منطقه مورد مطالعه

گونه	تعداد کل در منطقه	درصد هر گونه	تراکم پایه در هکتار	میانگین سطح تاج (مترمربع)	ضریب تغییرات سطح تاج
بلوط ایرانی	۲۰۰۳	۶۱/۵	۵۷	۱۱/۳۶	۷۸
بنه	۵۱۳	۱۵/۷۵	۱۵	۳/۹۸	۱۰۳
بادام کوهی	۲۹۶	۹/۰۹	۸	۴/۸۷	۸۳
زالزالک	۲۵۱	۷/۷۱	۷	۲/۸۹	۱۴۲
کیکم	۱۰۰	۳/۰۷	۳	۶/۳۶	۷۹
سایر گونه‌ها	۹۴	۲/۸۹	۱	-	-
تعداد کل	۳۲۵۷	۱۰۰	۹۲		

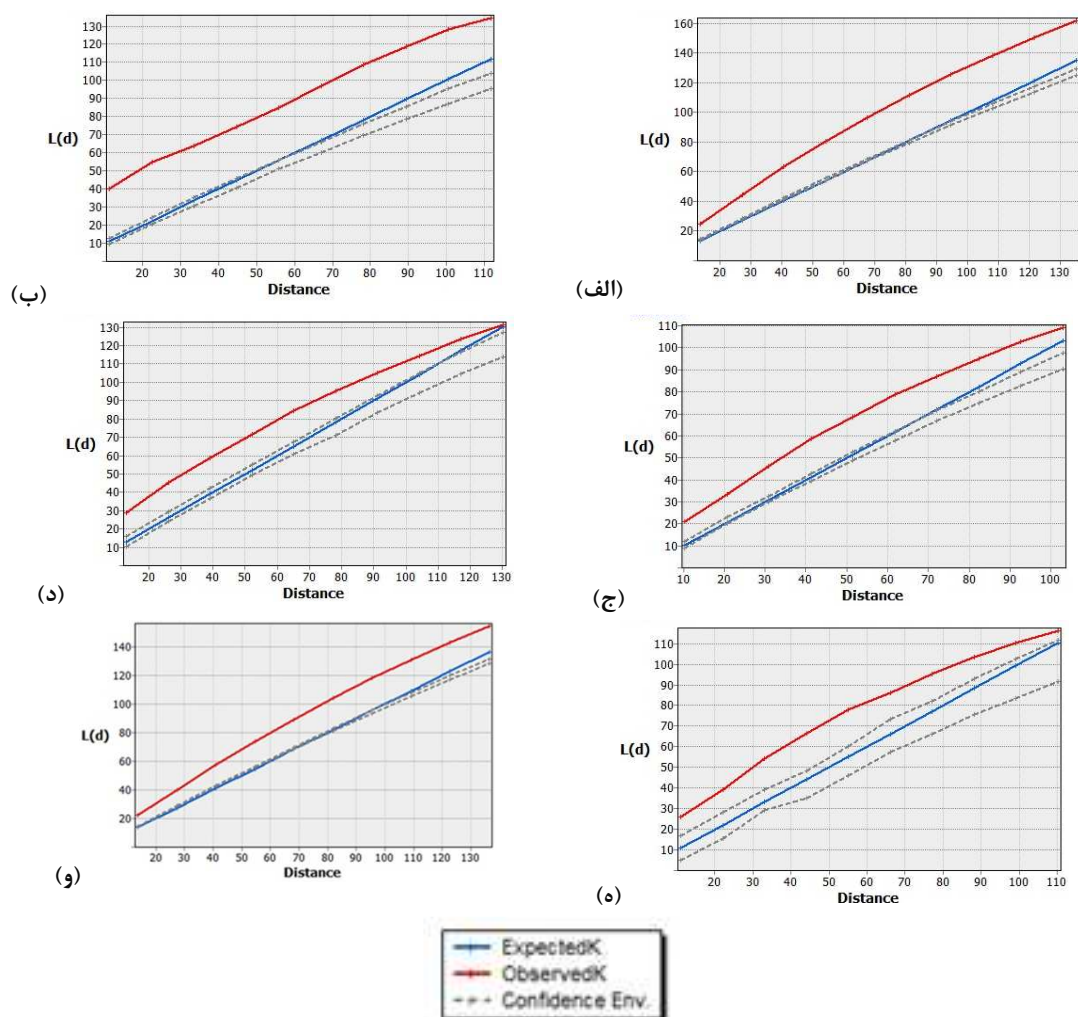
نقشه پراکنش مکانی گونه‌ها

شکل (۲) نقشه پراکنش مکانی گونه‌ها را با استفاده از داده‌های آماربرداری صد درصد در محیط ArcGIS نشان می‌دهد.



شکل ۲- موقعیت مکانی درختان به تفکیک گونه‌ها در منطقه مورد مطالعه

تابع K رایبلی: نتایج به‌کارگیری تابع K رایبلی با استفاده از داده‌های آماربرداری صد در صد در محیط نرم‌افزار ArcGIS نشان داد در مورد گونه‌های بلوط ایرانی، بادام‌کوهی، زالزالک، بنه و کیکم در هر شعاعی از پایه‌ها، خط مقادیر $L(d)$ بالاتر از حدود مونت کارلو قرار دارد (شکل ۳)؛ بنابراین می‌توان گفت که الگوی پراکنش این گونه‌ها کپهای است.



شکل ۳- نمودار تابع $L(d)$ (خط مشکی) و حدود اطمینان مونت کارلو (خط قرمز) برای گونه‌های بلوط ایرانی (الف)، زالزالک (ب)، کیکم (ج)، بادام‌کوهی (د)، بنه (ه) و کل گونه‌ها (و) در منطقه مورد مطالعه

شاخص نزدیکترین همسایه: همان طور که در جدول (۳) مشاهده می شود، مقدار شاخص نزدیکترین همسایه با استفاده از نتایج آماربرداری صد در صد، برای همه گونه ها کوچکتر از یک می باشد که الگوی کپهای را تأیید می کند. همچنین مقدار $P\text{-value} = 0.00$ نیز رد کننده فرض صفر (تصادفی بودن الگوی درختان) می باشد و مقدار آماره Z جهت آزمون این شاخص برای همه گونه ها کوچکتر از $1/96$ است که تأیید کننده الگوی کپهای برای گونه های موردبررسی در منطقه می باشد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج حاصل از شاخص نزدیکترین همسایه برای گونه های موردبررسی در منطقه مورد مطالعه

گونه/شاخص	میانگین فاصله مشاهده شده	میانگین فاصله مورد انتظار	مقدار شاخص	Z-score	P-value
بلوط ایرانی	۴/۴	۶/۰۷	۰/۷۳	-۲۳/۵۱	۰/۰۰
کیکم	۵/۱۰	۹/۶۰	۰/۵۳	-۱۳/۹۲	۰/۰۰
زالزالک	۹/۳۹	۱۳/۵۱	۰/۶۹	-۱۰/۰۳	۰/۰۰
بادام کوهی	۱۰/۲۸	۱۴/۱۸	۰/۷۲	-۸/۳۰	۰/۰۰
بنه	۱۶/۰۱	۲۱/۴۵	۰/۷۵	-۴/۸۵	۰/۰۰

شاخص های قطعه نمونه و فاصله ای: نتایج تحلیل الگوی مکانی پنج گونه با استفاده از شاخص های قطعه نمونه و آزمون آماری هر شاخص، الگوی پراکنش مکانی کپهای را برای تمام گونه ها نشان می دهد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج استفاده از شاخص های قطعه نمونه برای تعیین الگوی پراکنش مکانی

گونه/شاخص	گرین	خوشه بندی	نسبت واریانس به میانگین	موری سیتا	استاندارد شده موری سیتا	آزمون کای اسکویر
بلوط ایرانی	۰/۰۶۹ ^A	۱۱/۸۹۶ ^A	۱۲/۸۹۶ ^A	۲/۶۶ ^A	۰/۵۳۳ ^A	۰/۰۰
کیکم	۰/۱۳۲ ^A	۴/۸۷۳ ^A	۵/۸۷۳ ^A	۴/۱۶۱ ^A	۰/۵۵۸ ^A	۰/۰۰
زالزالک	۰/۱۹۹ ^A	۵/۷۶۴ ^A	۶/۷۶۴ ^A	۴/۸۴۲ ^A	۰/۵۷۲ ^A	۰/۰۰
بادام کوهی	۰/۱۴۳ ^A	۳/۲۹۵ ^A	۴/۲۹۵ ^A	۴/۴۳۸ ^A	۰/۵۵۹ ^A	۰/۰۰
بنه	۰/۱۳۱ ^A	۱/۰۵۶ ^A	۲/۰۵۶ ^A	۴/۱۶۷ ^A	۰/۵۲۸ ^A	۰/۰۰۱

منظم U (Regular or Uniform) کپهای؛ A (Aggregated) تصادفی؛ R (Random)

از پنج شاخص فاصله ای تنها شاخص هاینز برای کل گونه ها الگوی مکانی کپهای را برآورد کرد. شاخص های هاپکینز و C به جز گونه بنه (الگوی یکنواخت)، برای چهار گونه دیگر الگوی کپهای را نشان دادند. دو شاخص جانسون و زایمر و ابرهات برای گونه های موردبررسی نتایج متفاوتی را نشان دادند (جدول ۵). برای صحت نتایج هر شاخص نیز آزمون آماری مناسب که تأیید کننده نتایج بود، انجام شد.

جدول ۵- نتایج استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای برای تعیین الگوی پراکنش مکانی

گونه/شاخص	جانسون و زایمر	هاپکینز	ابرهارت	شاخص C	هینز
بلوط ایرانی	۳/۶۴ ^A	۰/۴۰۴ ^A	۱/۵۱۷ ^A	۰/۶۵۶ ^A	۱/۶۵۶ ^A
کیکم	۲/۳۱ ^R	۰/۵۷۷ ^A	۱/۱۴۴ ^A	۰/۶۵۱ ^A	۱/۵۰۴ ^A
زالزالک	۲/۲۲ ^R	۰/۶۷۷ ^A	۱/۲۲۳ ^U	۰/۷۷۸ ^A	۱/۶۶۳ ^A
بادام کوهی	۲/۳۵ ^R	۰/۷۷۹ ^A	۱/۱۴۱ ^U	۰/۷۶۱ ^A	۱/۷۶۵ ^A
بنه	۰/۵۲۶ ^U	۰/۶۱۸ ^U	۱/۱۲۷ ^U	۰/۵۲۶ ^R	۱/۳۷۳ ^A

منظم U (Regular or Uniform) کپه‌ای؛ A (Aggregated) تصادفی؛ R (Random)

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی مشخصه‌های کمی پنج گونه مورد بررسی نشان داد، گونه غالب مانند سایر مناطق جنگلی زاگرس، بلوط ایرانی (۵۷ پایه در هکتار) است. همچنین دارای بالاترین درصد تاج پوشش (۱۱/۳۶ مترمربع) است. از بین گونه‌های مورد بررسی، زالزالک و بلوط ایرانی به ترتیب دارای بالاترین و پایین‌ترین درصد ضریب تغییرات سطح تاج پوشش (۱۴۲ و ۷۸ درصد) می‌باشند؛ یعنی پایه‌های زالزالک از نظر مساحت تاج پوشش از سایر گونه‌ها متفاوت تر هستند. شکل و مساحت تاج پوشش درختان یا تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و یا تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارد، با توجه به اینکه گونه زالزالک به دلیل داشتن میوه، مورد استفاده و بهره‌برداری مردم قرار می‌گیرد، باعث تفاوت ابعاد و مساحت تاج پوشش پایه‌های آن می‌شود (پیلهور و همکاران، ۱۳۹۳).

الگوی مکانی مطلق پنج گونه مورد بررسی با استفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه و تابع K رایبلی کپه‌ای به دست آمد. قابلیت روش نزدیک‌ترین همسایه در تعیین الگوی مکانی درختان جنگلی در تحقیقات عرفانی فرد و مهدیان (۱۳۹۱)، نوری و همکاران (۱۳۹۲)، کریمی و همکاران (Karimi et al., 2014) نیز مورد تأیید قرار گرفته که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

استفاده از تابع K رایبلی به دلیل توانایی‌های آن، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. تأیید کارایی این روش در مطالعات اخوان و همکاران (۱۳۸۹)، عرفانی فرد و مهدیان (۱۳۹۱)، نوری و همکاران (۱۳۹۲)، پوره‌اشمی و همکاران (۱۳۹۳)، فیبیچ و همکاران (Fibich et al., 2016) و ابرت و همکاران (Ebert et al., 2016) صورت گرفته است. برخلاف روش نزدیک‌ترین همسایه، در این روش الگوی مکانی در مقیاس‌های مختلف مطالعه می‌شود و می‌توان گفت که در فواصل مختلف رفتار درختان در

جامعه چگونه تغییر می‌نماید (عرفانی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج نشان داد، در تمام مقیاس‌های مورد بررسی حالت کپه‌ای بودن گونه‌های مورد بررسی، با توجه به قرار گرفتن نمودار تابع L بالاتر از حدود مونت کارلو، کاملاً قابل تشخیص است. پری و همکاران (Perry et al., 2008) و فیبیچ و همکاران (Fibich et al., 2016) نیز الگوی مکانی بسیاری از گونه‌های درختی جنگل را، کپه‌ای معرفی نمودند؛ که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

الگوی مکانی گونه‌های جنگلی که زادآوری آن‌ها توسط بذر انجام می‌شود، با پراکنش بذر مرتبط است (Calvino-Concela, 2002). ریزش بذر در زیر تاج درختان در این تحقیق (بلوط ایرانی، بنه، بادام کوهی و زالزالک) می‌تواند عامل شکل‌گیری الگوی کپه‌ای برای این گونه‌ها باشد. نتایج تحقیقات صفری و همکاران (۱۳۸۸) و عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱) نیز گویای این مطلب می‌باشد.

به‌طور کلی شاخص نزدیک‌ترین همسایه و تابع K رایپلی (با استفاده از آماربرداری صددرصد) الگوی مکانی یکسانی را برای پنج گونه در منطقه مورد مطالعه ارائه کردند؛ بنابراین می‌توان از این روش‌ها به‌عنوان مبنا برای ارزیابی شاخص‌های قطعه‌نمونه و فاصله‌ای و در نهایت تعیین و معرفی شاخص مناسب و کارآمد استفاده نمود.

همه شاخص‌های قطعه‌نمونه و آزمون آماری هر شاخص برای پنج گونه مورد بررسی منطقه، الگوی مکانی کپه‌ای را برآورد کردند؛ که نتایج مشابه با الگوی تعیین‌شده با شاخص نزدیک‌ترین همسایه و تابع K رایپلی را داشتند؛ بنابراین این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای بررسی و تحلیل الگوی مکانی پنج گونه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردند. کارآیی شاخص‌های قطعه‌نمونه در تحقیقات عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱)، سویدی و همکاران (Subedi et al., 2016)، صفری و همکاران (۱۳۸۸) و کریمی‌کیا و همکاران (۱۳۹۵) مورد تأیید قرار گرفته است؛ که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد.

تحلیل الگوی مکانی با شاخص‌های فاصله‌ای برای پنج گونه نتایج متفاوتی را نشان دادند. تنها شاخص هاینز برای پنج گونه و شاخص‌های هاپکینز و C به‌جز گونه بنه، برای چهار گونه دیگر الگوی کپه‌ای که مشابه نتایج تابع K رایپلی و شاخص نزدیک‌ترین همسایه بود را نشان دادند. آزمون‌های آماری هر شاخص نیز تأیید کننده نتایج می‌باشد. لذا این شاخص‌ها، شاخص‌هایی مناسب برای بررسی و تحلیل الگوی مکانی گونه‌های منطقه مورد بررسی می‌باشند.

به‌طور کلی، شاخص‌های قطعه‌نمونه مورد استفاده در این تحقیق، کارآیی بالاتری در مقایسه با شاخص‌های فاصله‌ای در برآورد الگوی مکانی پنج گونه از خود نشان دادند. عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱) نیز به این نتیجه دست‌یافته‌اند. در حالی که در صورت نیاز به ارزیابی سریع و آسان الگوی مکانی درختان در یک جامعه، روش‌های فاصله‌ای برای تجزیه و تحلیل الگوی مکانی اولیه درختان،

روش‌های ارزشمندی محسوب می‌شوند (Krebs, 1999). به‌بیان‌دیگر، شاخص‌های فاصله‌ای در صورتی استفاده می‌شوند که به دلیل مشکلات استفاده از قطعه‌نمونه و هزینه و زمان آماربرداری، امکان استفاده از شاخص‌های قطعه‌نمونه وجود نداشته باشد (Protazio, 2007). همچنین در صورت ضرورت استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای، باید مشخص شود که از بین آن‌ها کدام‌یک در توده جنگلی موردبررسی قابل توصیه است. یکی از دلایل اختلاف نتایج بررسی‌های مختلف، متفاوت بودن توده‌های موردبررسی بوده است. در برخی از آن‌ها نتایج برآورد الگوی مکانی با الگوی مکانی مطلق مقایسه نشده است (صفری و همکاران، ۱۳۸۸؛ پوربابایی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ذبیح‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۴) و آزمون آماری مناسب نیز بکار نرفته است (صفری و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه در این تحقیق نتایج با آماربرداری صددرصد مقایسه شد. قابلیت هر شاخص به تفکیک برای هر کدام از گونه‌ها مشخص شد. درنهایت باید خاطر نشان کرد الگوی مکانی گونه‌های درختی که خود تحت تأثیر عوامل مختلفی است، بر دیگر جنبه‌های ساختار گونه‌های جنگلی اثرگذار می‌باشد. همچنین عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های زاگرس شامل: بهره‌برداری‌های بی‌رویه، چرای مفرط دام، تضعیف و فرسایش خاک همواره وجود داشته و کمتر منطقه‌ای وجود دارد که به‌صورت بکر و دست‌نخورده باشد. لذا استفاده از نتایج چنین پژوهش‌هایی برای شناخت ساختار مکانی گونه‌های مختلف در هر منطقه برای مدیران به‌عنوان گامی مؤثر در راستای مدیریت پایدار جنگل مفید خواهد بود.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از آقای ولی‌الله تقی‌زاده گراوند و خانم آزاده تقی‌زاده گراوند که در جمع‌آوری داده‌های این تحقیق یاری رسانده‌اند، ابراز می‌دارند.

منابع

- ابراهیمی، س.س.، پوربابایی، ح. ۱۳۹۲. تأثیر حفاظت بر الگوی مکانی درختان غالب در جوامع راش (مطالعه موردی: ماسال، گیلان)، مجله علمی- پژوهشی اکولوژی کاربردی، ۴: ۲۳-۱۳.
- اخوان، ر.، ثاقب طالبی، خ.، پرهیزکار، پ. ۱۳۸۹. بررسی الگوی مکانی درختان طی مراحل تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده کلاردشت، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲: ۳۳۶-۳۲۲.
- بی‌نام، ۱۳۹۵. شناسنامه اقلیمی شهرستان کوه‌دشت، اداره کل هواشناسی استان لرستان.

- پوربابایی، ح.، زندی ناوگران، ش.، عادل، م. ت. ۱۳۹۱. الگوی مکانی سه گونه بلوط در جنگل چناره مریوان کردستان، نشریه محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، ۳: ۳۳۹-۳۲۹.
- پیلهور، ب.، میرآزادی، ز.، علی‌جانی، و.، جعفری سرابی، ح. ۱۳۹۳. کاربرد شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه در بررسی ساختار گونه‌های زالک و کیکم در جنگل‌های زاگرس، مجله تحقیقات جنگل‌های زاگرس، ۲: ۹۲-۸۳.
- پورهاشمی، م.، منصوری، ف.، پرهیزکار، پ.، پناهی، پ.، حسنی، م. ۱۳۹۳. پراکنش مکانی جست گروه‌های برودار (*Quercus brantii* Lindl.) در توده‌های جنگلی بهره‌برداری شده در مریوان، مجله پژوهش‌های گیاهی، ۴: ۵۴۳-۵۳۴.
- زبیری، م. ۱۳۷۹. آماربرداری در جنگل (اندازه‌گیری درخت و جنگل)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ صفحه.
- جزیره‌ای، م.ح.، ابراهیمی رستاقی، م. ۱۳۸۲. جنگل‌شناسی زاگرس، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول، ۵۶۰ صفحه.
- حسین‌پور، ل.، جعفریان، ز.، رستگار، ش.، قلیچ‌نیا، ح. ۱۳۹۶. تعیین الگوی پراکنش گونه زرشک (*Berberis integerrima*) با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری صددرصد، شاخص‌های فاصله‌ای و نقطه‌ای در مراتع مشجر اسب‌چر استان مازندران، نشریه حفاظت زیست‌بوم گیاهان، ۱۰: ۱۵۳-۱۳۹.
- حیدری، م.، کریمی‌کیا، ح.، جعفرزاده، ع. ا.، نادری، م. ۱۳۹۵. بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی شاخص در گروه‌های اکولوژیک (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده مانشت ایلام)، بوم‌شناسی کاربردی، ۱۷: ۷۷-۶۵.
- ذبیح‌اللهی، س.، شعبانیان، ن.، نمیرانیان، م.، حیدری، م. ۱۳۹۴. پراکنش مکانی گونه‌های چوبی در جنگل‌های زاگرس شمالی (بررسی موردی: جنگل‌های هواره‌خول)، مجله پژوهش و توسعه جنگل، دانشکده منابع طبیعی، ارومیه ۱: ۳۱-۱۷.
- صفری، ه.، ۱۳۸۸. بررسی الگوی پراکنش مکانی بلوط ایرانی و بنه در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: باینگان، استان کرمانشاه). پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، ۸۳ صفحه.
- عسکری، ی.، سلطانی، ع.، سهرابی، ه. ۱۳۹۳. ارزیابی الگوی مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های زاگرس مرکزی (پژوهش موردی: ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲: ۱۸۷-۱۷۵.

- عرفانی فرد، س.ی.، مهدیان، ف. ۱۳۹۱. بررسی مقایسه‌ای روش‌های تعیین الگوی مکانی مطلق درختان در جنگل (مطالعه موردی: جنگل تحقیقاتی بنه استان فارس)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱: ۶۲-۷۳.
- عرفانی فرد، س.ی.، مهدیان، ف.، فلاح شمسی، س.ر.، بردبار، س. ک. ۱۳۹۱. کارایی شاخص‌های فاصله‌ای و تراکمی در برآورد الگوی مکانی درختان در جنگل (مطالعه موردی: جنگل تحقیقاتی بنه، استان فارس)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۳: ۳۹۲-۳۷۹.
- کیانی، ب.، فلاح، ا.، طبری، م.، حسینی، س.م.، ایران‌نژاد پاریزی، م.ح. ۱۳۹۱. مقایسه شاخص‌های فاصله‌ای و مبتنی بر کوارتات در تعیین الگوی پراکنش تاغ (منطقه سیاه‌کوه یزد). مجله جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۰: ۴۸۶-۴۷۵.
- نوری، ز.، زبیری، م.، فقهی، ج.، مروی مهاجر، م.ر. ۱۳۹۲. بررسی الگوی مکانی درختان و ساختار در راشستان‌های طبیعی شمال ایران (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیرود)، مجله محیط‌زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)، ۱: ۱۲۵-۱۱۳.
- Calvino-Cancela, M. 2002. Spatial patterns of seed dispersal and seedling recruitment in *Corema album* (Empertaceae): the importance of unspecialized dispersers for regeneration. *Journal of Ecology*, 90: 775-784.
- Dale, M.R.T. 1998. *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. Cambridge University Press, 326 p.
- Ebert, A., Brito Da Costa, R., Brondani, G.E. 2016. Spatial distribution pattern of *Mezilaurus itauba* (Meins.)Taub.Exmez.in a seasonal forest area of the southern Amazon, Brazil. *iForest, Biogeosciences and Forestry*, 9:497-502.
- Erfanifard, Y., Fegghi, J., Zobeiri, M., Namiranian, M. 2008. Comparison of Two Distance Methods for Forest Spatial Pattern Analysis (Case Study: Zagros Forests of Iran), *Journal of Applied Sciences*, 1: 152-157
- Fibich, P., Leps, J., Novotny, V., Klimes, P., Tesitel, J., Molem, K., Damas, K., Weiblen, G. 2016. Spatial patterns of tree species distribution in New Guinea primary and secondary lowland rain forest, 27:328-339
- Goreaud, F., Courbaud, B., Collinet, F. 1997. Spatial structure analysis applied to modeling forest dynamics. IUFRO workshop: Empirical and process based models for forest tree and stand growth simulation, Novas Technologies, Portugal, Oerias, 155-172.

- He, F., Legendre, P., La, Frankie, J.V. 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest, *Journal of Vegetation Science*, 1:105-114.
- Johnson, R.B., Zimmer, W.J. 1985. A more powerful test for dispersion using distance measurements. *Ecology*, 66(5): 1669-1675.
- Karimi, M., Jalilvand, H., Pourahmad, M. 2014. Spatial pattern of *Pistacia atlantica* in zagros forests of Iran. *Journal of Biodiversity and environmental Sciences (JBES)*, 3: 299-307.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Second Edition. Addison Welsey Educational Publisher, Inc. Benjamin/Cummings imprint, 581pp
- Krebs, C.J., Charles, J. 2001. *Programs for Ecological Methodology*, second edition. Department of Zoology, University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada, 41 p.
- Ludwig, J.A., Reynolds, J.F. 1988. *Statistical Ecology: A Primer in Methods and Computing*. John Wiley & Sons, 362p.
- Luo, Z., Ding, B., MiX, Yu. J., Wu, Y. 2009. Distribution patterns of tree species in an evergreen broadleaved forest in eastern China, *Journal of Front. Biol. China*, 4: 531-538.
- Mitchell, A. 2005. *The ESRI guide to GIS analysis*, vol. 2. ESRI Press, USA, 240 p.
- Nathan, R., Muller- Landua, H. C. 2000. Spatial pattern of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution*, 15: 278-285.
- Perry, G.L.W., Enright, N.J., Miller, B. P., Lamont, B.B. 2008. Spatial patterns in species-rich sclerophyll shrublands of southwestern Australia. *Journal of Vegetation science*, 19:705-716.
- Salas, C., Le May, V., Nunez, P., Pacheco, P., Espinosa, A. 2006. Spatial pattern in an old- growth *Nothofagus oblique* forest in south-central Chile. *Forest Ecology and Management*, 231: 38-46.
- Stamtellos, G., Panourgias, G. 2005. Simulating spatial distributions of forest trees by using data from fixed area plots, *Forestry*, 3:305-312.
- Subedi, M.R., Timilsina, Y. P. 2014. Distribution Pattern of *Cinnamomum tamala* in Annapurna Conservation Area, Kaski, Nepal, *Nepal Journal of Science and Technology*, 2: 29-36.
- Veblen, T., Schlegal, T., Escobar, B. 1980. "Structure and Dynamics of old growth *Nothofagus* forests in the Valdivian Andes," *Chilian Journal of Ecology*, 68(1): 1-31.