ارزیابی برهمکنش درون گونه‌ای درختان شیشم (*Dalbergia sissoo* Roxb.) در ذخیره‌گاه شیشم استان خوزستان

سیدیوسف عرفانی فرد[1*] و فاطمه عالی بیرانوند[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۷)

چکیده

روابط متقابل مثبت و منفی (تسهیل کنندگی و رقابتی) بین گیاهان یکی از موضوعات مهم در بوم شناسی فردی بوده که با استفاده از تحلیل الگوی مکانی آنها در بوم سازگان‌های گیاهی قابل ارزیابی است. این پژوهش با هدف مطالعه روابط درون گونه‌ای درختان شیشم (*Dalbergia asissoo* Roxb.) در ذخیره‌گاه شیشم استان خوزستان انجام گرفت. سه قطعه نمونه با ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر انتخاب شده و موقعیت مکانی شیشم‌ها (۲۳۹ عدد) در آنها ثبت شد. آماره‌های اختصاری با ساختار متفاوت (تابع توزیع نزدیکترین همسایه ($D(r)$)، شاخص $K2$ ($K2(r)$)، تابع همبستگی جفتی ($g(r)$) و O-ring ($O(r)$)) نیز برای تحلیل الگوی مکانی این درختان به‌کار رفت. توزیع درختان شیشم در هر سه قطعه نمونه به‌طور معنی‌داری (α=۰/۰۵) از فرایند پوآسون ناهمگن پیروی می‌کرد. نتایج $D(r)$ و $K2(r)$ نشان داد که بیشترین فاصله درختان شیشم تا نزدیکترین همسایه‌شان ۱۲ متر بوده و تراکم تا این فاصله کاهش یافته است. هم‌چنین نتایج $g(r)$ و $O(r)$ بیانگر تجمع معنی‌دار (α=۰/۰۵) درختان شیشم در فاصله ۱/۵ تا ۴ متر بود. به‌طور کلی، نتیجه‌گیری شد که درختان شیشم در ذخیره‌گاه مورد مطالعه دارای برهمکنش درون گونه‌ای مثبت بوده و تجمع آنها، اثر تسهیل کنندگی‌شان بر یکدیگر را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تسهیل کنندگی، تحلیل الگوی مکانی، خوزستان، شیشم، برهمکنش

۱. گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: erfanifard@shirazu.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]

مقدمه

در هر جامعه گیاهی، تحلیل و درک نوع ارتباط درون گونه‌ای و بین گونه‌ای گیاهان با یکدیگر یکی از مهم‌ترین بخش‌های بوم شناسی فردی و گروهی است، به‌نحوی که برهمکنش مثبت (تسهیل کنندگی) و یا منفی (رقابتی) گیاهان با توجه به شرایط محیطی، یکی از عوامل اصلی در شکل‌گیری ساختار آن جامعه محسوب می‌شود (۱، ۱۲ و ۱۴). به‌طور کلی، گیاهان مربوط به یک گونه ترجیح می‌دهند به‌طور پراکنده در یک زیستگاه توزیع مکانی پیدا کنند تا رقابت درون گونه‌ای بر ارتباط آنها با یکدیگر و با محیط اطرافشان تأثیر نداشته باشد و به‌همین علت، در طبیعت گیاهان یک گونه ممکن است در فاصله‌های معین از یکدیگر مستقر شوند. از سوی دیگر، در برخی موارد نیز تشکیل اجتماعاتی را می‌دهند که تجمع درون گونه‌ای آنها ممکن است به دلایلی چون نوع پراکنش بذر، تغییرات ناهمگن محیطی و هم‌چنین اثر تسهیل کنندگی در استقرار و رشد رخ دهد (۱۱ و ۱۸). بنابراین با مطالعه رفتار متقابل گیاهان یک گونه با یکدیگر و نحوه توزیع مکانی آنها در جامعه می‌توان به درک جنبه‌های مختلفی از بوم شناسی فردی و گروهی هر بوم‌سازگان دست یافت. اگرچه پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه تأثیر رقابت بر استقرار و رویش گیاهان در بوم‌سازگان‌های مختلف تاکنون انجام شده است (۱۸، ۲۶ و ۲۸)، لیکن اطلاعات کمی در مورد نوع برهمکنش‌های درون گونه‌ای گیاهان و تأثیر آن بر الگوی مکانی آنها در طبیعت وجود دارد. ارزیابی کمی الگوهای مکانی گیاهان با استفاده از آماره‌های اختصاری مختلفی امکان‌پذیر است که هر کدام، جنبه‌های متفاوتی از روابط متقابل گیاهان با یکدیگر را نمایان می‌کنند. این آماره‌های اختصاری به‌طور روزافزون در حال توسعه هستند و ناکارآمدی برخی از آماره‌های اختصاری متداول در روش‌های جدید برطرف شده است. به‌عنوان مثال، تابع K رایپلی و شکل خطی آن (تابع L) به‌عنوان یکی از پرکاربردترین آماره‌های اختصاری مورد استفاده در تحلیل الگوی مکانی به‌شمار می‌رفتند که به دلیل ساختار تجمعی آنها و ناتوانی در تشخیص تغییرات الگو در مقیاس مکانی، امروزه کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۰، ۲۷ و ۲۹). علاوه بر این، با استفاده از روش‌هایی که اخیراً برای مطالعه کمی در بوم شناسی مکانی گیاهان طراحی شده‌اند، می‌توان با لحاظ کردن ناهمگنی‌های محیطی که رفتارهای گیاهان و در نتیجه، الگوی پراکنش آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به درک صحیح‌تری از رفتارهای متقابل آنها با یکدیگر در عرصه‌های طبیعی دست یافت (۱۳، ۱۷ و ۲۰). اگرچه مطالعاتی در مورد الگوی مکانی درختان در جنگل در داخل (۲، ۴ و ۶) و خارج از کشور (۱۹، ۲۳ و ۲۴) انجام شده است که نحوه پراکنش گونه‌های مختلف را در مقیاس‌های مکانی متفاوت مورد بررسی قرار داده‌اند، معرفی آماره‌های اختصاری جدید و کاربرد صحیح آنها با استفاده از فرضیه‌های آماری مناسب هم‌چنان ضروری به‌نظر می‌رسد. علاوه بر این، استفاده همزمان از مجموعه‌ای از آماره‌های اختصاری مناسب با هدف مطالعه به منظور شناخت جنبه‌های مختلف توزیع مکانی گیاهان و در نتیجه، ارزیابی رفتارهای متقابل آنها با یکدیگر اجتناب‌ناپذیر است (۲۰).

یکی از ناحیه‌های رویشی ایران، ناحیه رویشی خلیج عمانی است که به‌دلیل تأثیرپذیری از خلیج فارس و دریای عمان زیستگاه گونه‌های گیاهی شبه گرمسیری است و از اهمیت زیادی به لحاظ بوم شناختی و اقتصادی- اجتماعی برخوردار می‌باشد. تاکنون مطالعات اندکی در مورد برخی گونه‌های این ناحیه رویشی انجام شده است به‌نحوی که گونه شیشم (*Dalbergia sissoo* Roxb.) به‌عنوان یکی از گونه‌های بومی این منطقه، ناشناخته مانده و در مطالعات خارج از کشور (۲۱) جزء گونه‌های بومی ایران به شمار نمی‌آید و در ایران نیز تحقیقات معدودی در زمینه آن انجام شده است (۸). بنابراین شناخت برهمکنش درون گونه‌ای شیشم در رویشگاه‌های طبیعی به منظور مدیریت صحیح آن و هم‌چنین جلوگیری از انقراض این گونه بومی ارزشمند ضروری به‌نظر می‌رسد، به‌ویژه اینکه شیشم به‌عنوان یک گونه مناسب در طرح‌های احیایی نیز شناخته شده است. از طرف دیگر، معرفی و کاربرد آماره‌های اختصاری مهم در تحلیل الگوی مکانی درختان در زیستگاه‌های

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]

طبیعی و توسعه آنها در مطالعات کمی بوم شناسی فردی و گروهی از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی کمی رفتارهای متقابل درون گونه‌ای درختان شیشم در ذخیره‌گاه شیشم استان خوزستان انجام شد. هدف دیگر این پژوهش کاربرد آماره‌های اختصاری با ساختارهای متفاوت به‌منظور درک جنبه‌های مختلف توزیع مکانی درختان شیشم بوده است. در عین حال، تأکید بر استفاده از روش‌های مناسبی که ناهمگنی‌های محیطی را در تحلیل الگوی مکانی درختان شیشم لحاظ می‌کنند، از اهداف این پژوهش بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

گونه شیشم در ناحیه رویشی خلیج عمانی (از جمله در استان‌های کرمان، سیستان و بلوچستان، خوزستان، هرمزگان) پراکنده شده است (۹). ذخیره‌گاه شیشم استان خوزستان در ۱۴۵ کیلومتری شمال شهرستان اهواز قرار دارد که مساحتی بالغ بر ۵۰ هکتار را می‌پوشاند (شکل ۱). در این منطقه میانگین دمای سالیانه ۲۴/۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۳۹۰/۷ میلی‌متر (براساس داده‌های آماری سال ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۰ ایستگاه سینوپتیک دزفول) گزارش شده است (۳). ذخیره‌گاه مورد نظر در ′۵۸ °۴۸ طول شرقی و ′۵۲ °۳۲ عرض شمالی قرار گرفته و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۶۰۰ متر بوده که پوشیده از توده‌های خالص شیشم (*Dalbergia sissoo* Roxb.) و توده‌های آمیخته شیشم به‌همراه کهور (*Prosopis* spp.)، کنار (*Ziziphus spina-christi*) و بادام (*Amygdalus* spp.) است. از آنجایی که برای مطالعه روابط متقابل گیاهان یک گونه در بوم شناسی فردی باید بخش‌هایی را انتخاب کرد که از جنبه‌های مختلف محیطی تقریباً یکسان بوده و به‌طور خالص پوشیده از گونه موردنظر باشد (۱۶)، پس از بازدید اولیه از ذخیره‌گاه مذکور سه قطعه نمونه با ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر که عوامل محیطی آن مشابه بوده و به‌طور خالص پوشیده از شیشم بودند، انتخاب شدند (شکل ۱).

آماربرداری

با توجه به اینکه سه قطعه نمونه انتخاب شده در بخش‌هایی از ذخیره‌گاه انتخاب شدند که به‌طور خالص پوشیده از درختان شیشم بودند، موقعیت مکانی همه درختان با قطر بیش از ۲/۵ سانتی‌متر در هر قطعه نمونه با استفاده از روش آزیموت و فاصله ثبت شد. به منظور دستیابی به شناخت بهتر نسبت به وضعیت درختان مذکور؛ علاوه بر قطر برابر سینه، ارتفاع و دو قطر عمود بر هم تاج آنها نیز اندازه‌گیری شد.

روش کار

ارزیابی ناهمگنی توزیع درختان شیشم

به‌منظور ارزیابی صحیح توزیع مکانی درختان شیشم در قطعه نمونه‌های مورد مطالعه، پیش از کاربرد آماره‌های اختصاری ابتدا باید از توزیع همگن شیشم‌ها در هر قطعه نمونه اطمینان پیدا کرد. بنابراین توزیع آماری درختان شیشم در هر قطعه نمونه با توزیع پوآسون ناهمگن مقایسه شد و معنی‌داری اختلاف بین دو توزیع مذکور با استفاده از آزمون نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف بررسی گردید (۲۰).

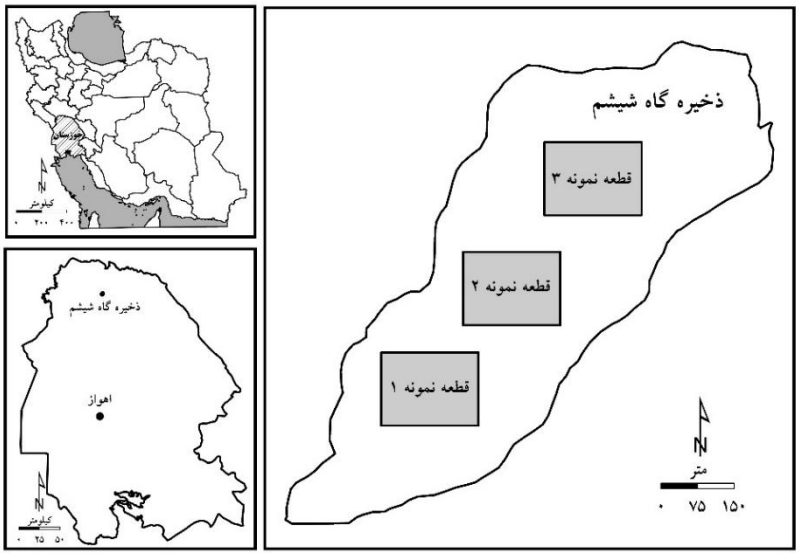
آماره‌های اختصاری

از آنجایی که هر آماره اختصاری جنبه‌ای متفاوت از الگوی مکانی گیاهان را نمایان می‌نماید، از تابع‌های D ، $K2$، g و O به‌طور همزمان استفاده گردید که در ادامه به توضیح هر کدام پرداخته شد.

تابع توزیع نزدیکترین همسایه ($D(r)$)

این تابع که نوع ارتباط هر درخت شیشم را با نزدیکترین همسایه‌اش در فاصله r نشان می‌دهد؛ علاوه بر شکل توزیع درختان، تغییرات فاصله تا نزدیکترین همسایه را مشخص می‌نماید. این تابع با استفاده از رابطه ۱ قابل اندازه‌گیری است

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]



شکل ۱. موقعیت مکانی قطعه نمونه‌های مورد مطالعه در ذخیره‌گاه شیشم، استان خوزستان و ایران

که در آن، r مقدار فاصله از نقطه تصادفی و λ تراکم درختان شیشم در هر قطعه نمونه است. برای تصحیح اثر حاشیه‌ای در این تابع از روش هانیش (Hanisch) به‌عنوان مناسب‌ترین روش استفاده شد (۲۰).

$$D(r) = 1 - \exp(-\lambda \pi r^2) \qquad [۱]$$

مقدار این تابع از صفر (فاصله‌ای که در آن درخت شیشم نزدیکترین همسایه ندارد) تا یک (فاصله‌ای که در آن همه شیشم‌ها دارای نزدیکترین همسایه هستند) تغییر می‌نماید. هم‌چنین مقدار این تابع در الگوی تجمعی بیشتر از حالت تصادفی و در الگوی پراکنده کمتر از حالت تصادفی است (۲۰).

تابع همبستگی جفتی ($g(r)$)

این تابع براساس تابع K رایپلی بوده و تراکم درختان شیشم را در دایره‌ای با شعاع r و مرکز تصادفی در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد، هرچند اشکالات ساختاری تابع K رایپلی را ندارد (رابطه ۲) (۲۰).

$$g(r) = \frac{dK(r)}{(2\pi r)(dr)} \qquad [۲]$$

در رابطه ۲، $dK(r)$ و dr مشتق تابع K رایپلی و r هستند. مقدار این تابع در یک الگوی مکانی تصادفی برابر یک بوده و بیشتر بودن این تابع از یک بیانگر الگو مکانی تجمعی و کمتر بودن آن نشان‌دهنده الگوی مکانی پراکنده است.

شاخص K2 ($K2(r)$)

این شاخص، تراکم نقاط را در فاصله r نشان داده و مشتق اول تابع همبستگی جفتی محسوب می‌شود (رابطه ۳). طراحان این شاخص (۲۵) بر این باورند که شاخص مذکور در مقایسه با تابع K و g به ناهمگنی‌های محیطی حساسیت کمتری دارد.

$$K2(r) = \frac{dg(r)}{dr} \qquad [۳]$$

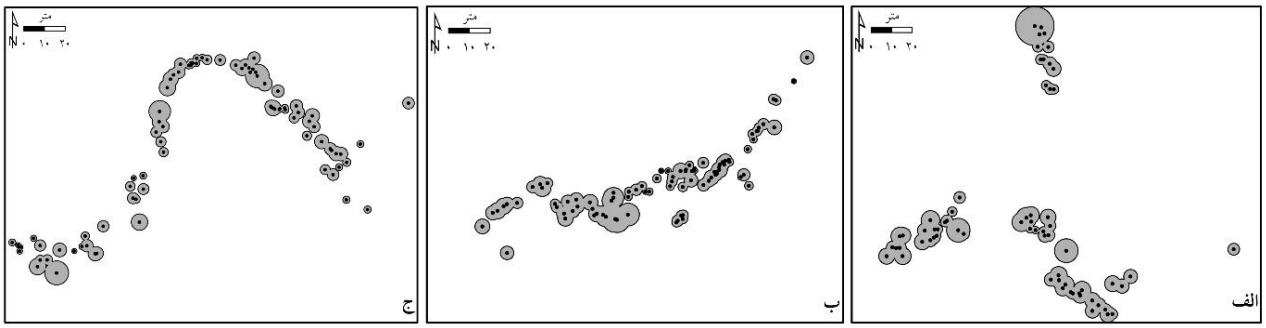
اگر مقدار این شاخص در یک فاصله غیر از صفر باشد، در آن فاصله تراکم تغییر کرده است. در صورت مثبت بودن مقدار شاخص، بیانگر پراکندگی درختان شیشم و منفی بودن آن، نشان‌دهنده تجمع آنها است (۲۵).

تابع O-ring ($O(r)$)

تابع O که با استفاده از تابع g به‌دست می‌آید، به‌جای اندازه‌گیری تراکم درختان شیشم در دایره‌ای با شعاع r (که در تابع K و g به‌کار می‌رود)، تراکم درختان داخل حلقه‌ای با عرض معین، شعاع r و مرکز تصادفی تعیین می‌شود (رابطه ۴).

$$O(r) = \lambda g(r) \qquad [۴]$$

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]



شکل ۲. قطعه نمونه‌های ۱ (الف)، ۲ (ب) و ۳ (ج) پوشیده از درختان شیشم به‌طور خالص (دایره‌های خاکستری نشان‌دهنده تاج درختان است)

مقدار این تابع برای یک الگوی تصادفی برابر تراکم درختان (λ) است. در صورت بیشتر بودن این تابع از تراکم، الگوی مکانی تجمعی بوده و کمتر بودن آن از تراکم نشان‌دهنده الگوی مکانی پراکنده است (۲۰).

آزمون آماری نتایج

نتایج به‌دست آمده از هر کدام از آماره‌های اختصاری اشاره شده (تابع‌های D، g، $K2$ و O) با استفاده از توزیع پوآسون مناسب در سطح ۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. یک بازه شبیه‌سازی (simulation envelopes) با استفاده از آزمون مونت کارلو با ۱۹۹ تکرار برای توزیع تصادفی درختان شیشم در هر قطعه نمونه ساخته شده و نتایج هر کدام از آماره‌های اختصاری با بازه مذکور مقایسه شدند (۲۰).

نتایج

اندازه‌گیری‌های میدانی نشان داد که در قطعه نمونه‌های بررسی شده (شکل ۲) درختان شیشم به‌صورت خالص وجود داشتند که نتایج مربوط به هر قطعه نمونه در جدول ۱ آمده است. هم‌چنین آزمون نیکویی برازش کولموگروف- اسمیرنوف نشان داد که درختان شیشم در هر سه قطعه نمونه از توزیع پواسون ناهمگن پیروی می‌کردند (تأیید فرض صفر) (جدول ۲).

در قطعه نمونه ۱(شکل ۳)، نتایج تابع D نشان داد حداکثر فاصله هر درخت شیشم تا نزدیکترین همسایه‌اش ۱۲ متر بود. هم‌چنین این تابع تأیید کرد که در فاصله ۲ تا ۷ متر، درختان شیشم به‌طور معنی‌داری (α=۰/۰۵) کنار یکدیگر تجمع کرده‌اند، اگرچه تا فاصله ۲ متر و از ۱۲ تا ۲۰ متر اختلاف معنی‌داری بین فاصله تا نزدیکترین همسایه با حالت تصادفی وجود نداشت (شکل ۳). هم‌چنین شاخص $K2$ بیانگر تجمع درختان شیشم از فاصله ۲ تا حدود ۹ متر بوده است هرچند معنی‌داری این تجمع در سطح ۰/۰۵ تأیید نشد. علاوه بر این، نتایج شاخص مذکور نشان‌دهنده پراکندگی درختان شیشم تا فاصله ۲ متر بوده ولی به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۳). هم‌چنین تابع g تجمع درختان شیشم تا فاصله ۲۳ متر را نشان داد ولی تنها در فاصله ۲ تا ۵ متر این تجمع به لحاظ آماری معنی‌دار بوده و در این فاصله تراکم درختان شیشم تا حدود ۱۴ برابر بیشتر از حالت تصادفی بوده است (شکل ۳). در نهایت تابع O نیز نتایج قبلی را در مورد معنی‌داری تجمع درختان شیشم در نزدیک یکدیگر در مقیاس فاصله‌ای ۲ تا ۵ متر تأیید نمود و نشان داد در این فاصله، تراکم درختان شیشم بسیار بیشتر از تراکم متوسط قطعه نمونه ۱ بوده است (شکل ۳).

در قطعه نمونه ۲ (شکل ۴)، براساس نتایج تابع D بیشترین فاصله هر درخت شیشم تا نزدیکترین همسایه‌اش ۱۰ متر بوده است. علاوه بر این، تابع D تجمع درختان شیشم را در قطعه نمونه ۲ نشان داده و معنی‌داری آن (α=۰/۰۵) را در فاصله ۲ تا ۷ متر تأیید نمود (شکل ۴). شاخص $K2$ نیز نشان داد تراکم کلی درختان شیشم از فاصله صفر تا ۱/۵ متر بیشتر بوده و

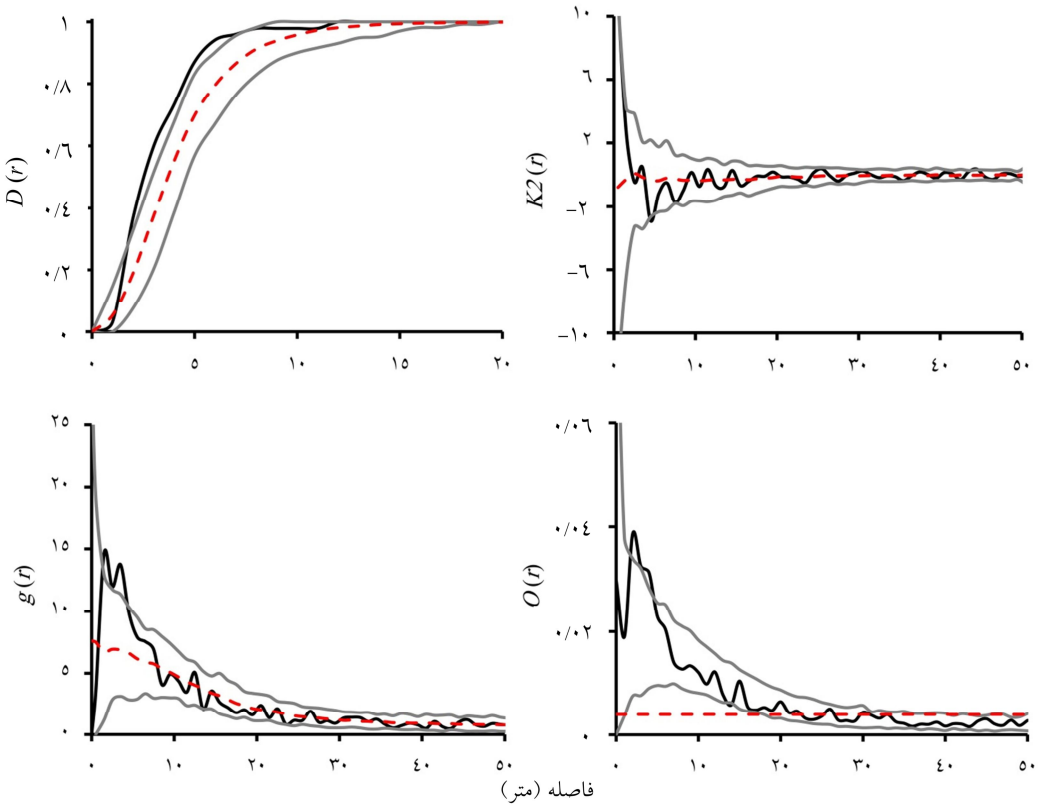
[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]

جدول ۱. نتایج آماربرداری (میانگین و انحراف معیار) از درختان شیشم در قطعه نمونه‌ها

قطعه نمونه‌ها	قطعه نمونه ۱	قطعه نمونه ۲	قطعه نمونه ۳	میانگین
ارتفاع (متر)	۴/۸ (±۱/۱۷)	۴/۷ (±۱/۸۳)	۳/۹ (±۱/۲۲)	۴/۴ (±۱/۴۱)
قطر متوسط تاج (متر)	۳/۴ (±۱/۱۶)	۲/۸ (±۱/۰۷)	۲/۶ (±۰/۹۶)	۲/۹ (±۱/۰۶)
مساحت تاج (مترمربع)	۹/۸ (±۷/۹۳)	۶/۹ (±۴/۷۹)	۶/۲ (±۴/۷۴)	۷/۶ (±۶/۴۹)
قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	۱۲/۶ (±۶/۰۴)	۱۱/۳ (±۶/۲۶)	۱۰/۳ (±۴/۴۹)	۱۱/۳۹ (±۵/۹۳)
تعداد درخت	۶۷	۸۸	۸۴	۲۳۹
تراکم (در هکتار)	۲۲/۳	۲۹/۳	۲۸	۲۶/۵

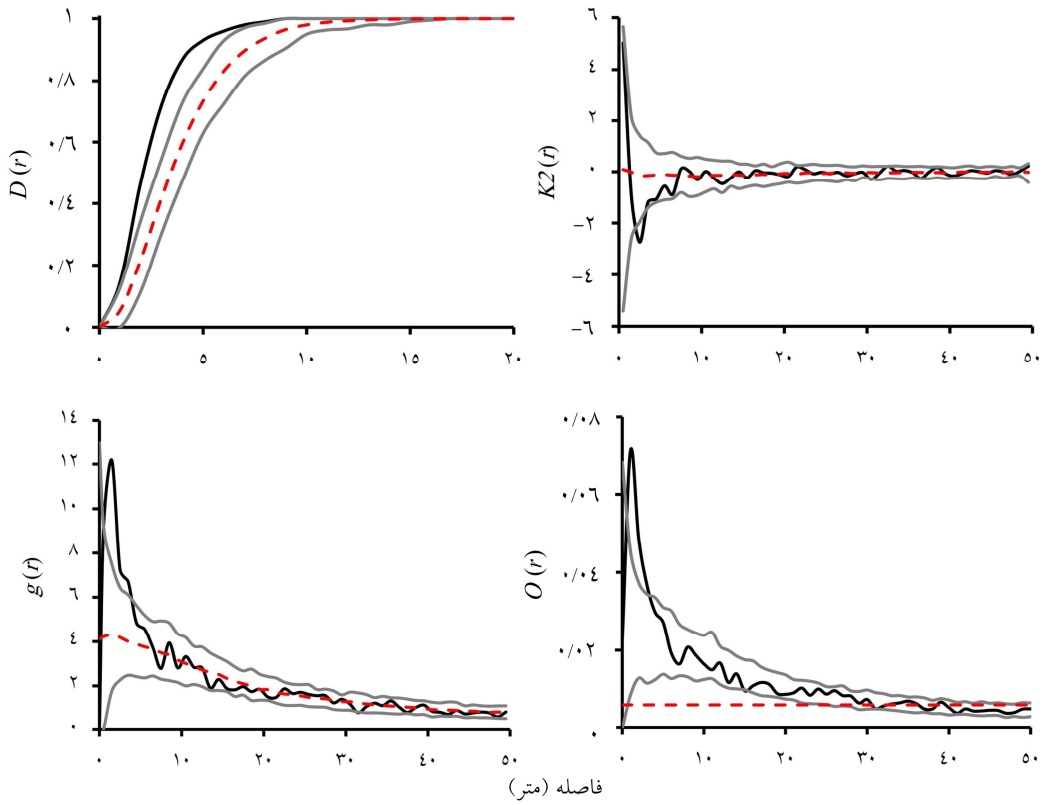
جدول ۲. نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف در برازش توزیع پوآسون ناهمگن بر توزیع درختان شیشم در قطعه نمونه‌ها

قطعه نمونه‌ها	آماره آزمون	آماره جدول	مقدار p
قطعه نمونه ۱	۰/۱۲۸۳	۰/۱۷۷۱	۰/۱۷۸۶
قطعه نمونه ۲	۰/۱۱۴۸	۰/۱۵۴۶	۰/۱۸۱۵
قطعه نمونه ۳	۰/۱۱۳۵	۰/۱۵۸۲	۰/۲۱۲۴



شکل ۳- تغییرات توزیع مکانی درختان شیشم در قطعه نمونه ۱ با استفاده از تابع‌های *D*، *K2*، *g* و *O* (خط مشکی بیانگر تغییرات توزیع درختان، خطوط خاکستری محدوده توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو و خطچین قرمز نشان‌دهنده مقدار پیش‌فرض در تابع های *D*، *K2* و *g* و تراکم شیشم (۰/۰۰۲۲ درخت در مترمربع) در تابع *O* است)، (رنگی در نسخه الکترونیکی).

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]

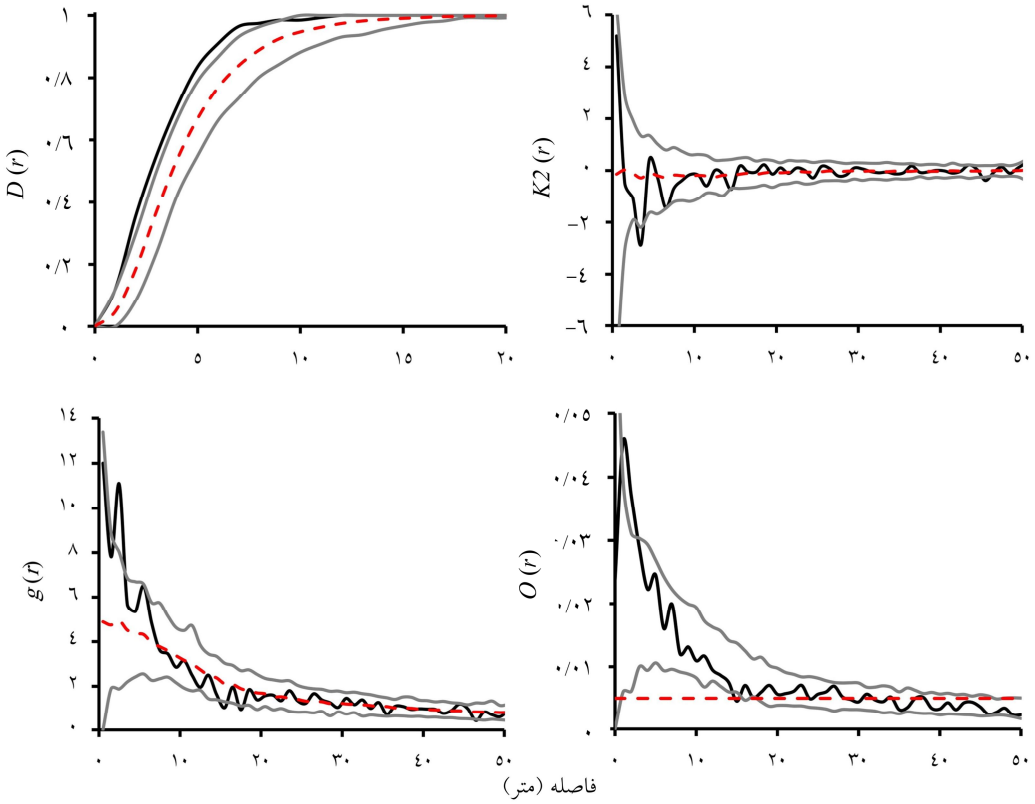


شکل ۴. تغییرات توزیع مکانی درختان شیشم در قطعه نمونه ۲ با استفاده از تابع‌های *D*، *K2*، *g* و *O* (خط مشکی بیانگر تغییرات توزیع درختان، خطوط خاکستری محدوده توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو و خط‌چین قرمز نشان‌دهنده مقدار پیش فرض در تابع‌های *D*، *K2* و *g* و تراکم شیشم (۰/۰۰۲۹ درخت در مترمربع) در تابع *O* است)، (رنگی در نسخه الکترونیکی).

پراکندگی غیرمعنی‌دار آنها را تأیید نمود. سپس تراکم کاهش داشته به‌نحوی که در فاصله ۱/۵ تا ۷/۵ متر حالت تجمعی داشتند، هرچند معنی‌داری آن در سطح ۰/۰۵ تنها در فاصله ۲/۵ تا ۳/۵ متر تأیید شد (شکل ۴). هم‌چنین روند تابع *g* تا مقیاس فاصله‌ای ۳۱ متر تجمع درختان شیشم را در این قطعه نمونه نشان داد، اگرچه معنی‌داری آن در سطح ۰/۰۵ در فاصله ۰/۵ تا ۴ متر مورد تأیید قرار گرفت و تراکم شیشم‌ها در این فاصله حداکثر ۱۲ برابر بیشتر از حالت تصادفی بود (شکل ۴). تراکم بیشتر درختان شیشم تا فاصله ۳۱ متر نسبت به تراکم متوسط قطعه نمونه ۲ و حالت تجمعی آنها تا این فاصله به‌وسیله تابع *O* نیز نشان داده شد و در مقیاس فاصله‌ای ۱ تا ۴ متر معنی‌داری آن تأیید گردید (شکل ۴).

در قطعه نمونه ۳ (شکل ۵)، روند تابع *D* معنی‌داری (α=۰/۰۵) توزیع تجمعی درختان شیشم را در فاصله ۲ تا ۸ متر تأیید کرده و در این قطعه نمونه درختان شیشم تا نزدیکترین همسایه‌شان حداکثر ۱۲ متر فاصله داشتند (شکل ۵). براساس نتایج به‌دست آمده از شاخص *K2*، درختان شیشم به‌دلیل داشتن تراکم بیشتر تا فاصله ۱/۵ متر دارای توزیع پراکنده بوده ولی معنی‌داری آن در سطح ۰/۰۵ تأیید نشد. هم‌چنین با کاهش تراکم از فاصله ۱/۵ تا حدود ۱۰ متر درختان حالت تجمعی پیدا کرده هرچند تنها معنی‌داری این حالت در فاصله ۲/۵ تا ۳/۵ متر تأیید شد (شکل ۵). تابع *g* توزیع تجمعی شیشم‌ها را در فاصله ۱/۵ تا ۳/۵ متر معنی‌دار (α=۰/۰۵) نشان داده که حدود ۱۱ برابر بیشتر از حالت تصادفی بوده است. اگرچه این روند

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]



شکل ۵. تغییرات توزیع مکانی درختان شیشم در قطعه نمونه ۳ با استفاده از تابع‌های *D*، *K2*، *g* و *O* (خط مشکی بیانگر تغییرات توزیع درختان، خطوط خاکستری محدوده توزیع تصادفی با استفاده از آزمون مونت کارلو و خط‌چین قرمز نشان‌دهنده مقدار پیش فرض در تابع‌های *D*، *K2* و *g* و تراکم شیشم (۰/۰۰۲۸ درخت در مترمربع) در تابع *O* است)، (رنگی در نسخه الکترونیکی).

تجمعی تا فاصله ۲۹ متر ادامه داشت ولی معنی‌داری آن تأیید نشد (شکل ۵). در نتیجه‌ای متفاوت، تابع *O* تا فاصله ۱۵ متر نشان‌دهنده تراکم بیشتر شیشم‌ها نسبت به تراکم متوسط قطعه نمونه ۳ بوده که از این محدوده تنها در مقیاس فاصله‌ای ۱ تا ۳/۵ متر، تجمع معنی‌دار درختان شیشم بیشتر از حالت تصادفی به لحاظ آماری مورد تأیید بود (شکل ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی برهمکنش درون گونه‌ای درختان شیشم در بخشی از ناحیه رویشی خلیج عمانی به‌منظور درک بهتر بوم شناسی فردی این گونه ارزشمند در حال انقراض بوده است. به‌همین جهت، توزیع مکانی این درختان با استفاده از آماره‌های اختصاری مختلف در ذخیره‌گاه شیشم در شمال استان خوزستان بررسی شد. به‌منظور ارزیابی صحیح روابط درون گونه‌ای شیشم‌ها، این مطالعه در توده‌های خالص انجام شد تا سایر گونه‌ها در شکل‌گیری و نوع برهمکنش آنها تأثیری نداشته باشند. علت انتخاب سه قطعه نمونه جداگانه این بود که از طرفی، استناد به مطالعه برروی تنها یک قطعه نمونه نتایجی اریب را به‌همراه خواهد داشت و از طرف دیگر، انتخاب یک قطعه نمونه بزرگ حضور سایر گونه‌ها را اجتناب‌ناپذیر کرده و بر تحلیل رفتارهای درون گونه‌ای شیشم تاثیر می‌گذاشت (۱۶ و ۲۹). اندازه‌گیری‌های میدانی نشان داد که درختان شیشم در هر سه قطعه نمونه به لحاظ ویژگی‌های کمی (ارتفاع، قطر برابر سینه و مشخصات تاج) شبیه به هم بوده‌اند (جدول ۱). اگرچه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]

ارزیابی‌های آماری نشان داد که توزیع درختان شیشم در هر سه قطعه نمونه به‌طور معنی‌داری (α=۰/۰۵) از توزیع پواسون ناهمگن پیروی می‌کردند. ناهمگنی توزیع درختان در رویشگاه‌های طبیعی به‌دلیل تغییرات محیطی و هم‌چنین نوع ارتباط درختان با یکدیگر و با محیط اطرافشان ممکن است رخ دهد و در مطالعات پیشین نیز مورد تأیید قرار گرفته است (۱۲، ۱۸ و ۱۹).

با توجه به تاکید بر استفاده از آماره‌های اختصاری مختلف در ارزیابی توزیع مکانی درختان در یک محدوده (۲۰ و ۲۹)، در این پژوهش از چهار آماره اختصاری درجه دوم به‌طور همزمان استفاده شد که کارایی تابع D (۵ و ۶)، شاخص $K2$ (۲۵)، تابع g (۵، ۱۹ و ۲۸) و تابع O (۷، ۱۱، ۲۳ و ۲۶) در بررسی الگوهای مکانی درختان در بوم‌سازگان‌های جنگلی در پژوهش‌های پیشین نیز مورد تأیید قرار گرفته است. مزیت استفاده از تابع‌های مذکور در کنار هم این بود که علاوه بر تأیید نتایج یک تابع در مورد توزیع مکانی درختان شیشم به‌وسیله سایر تابع‌ها، هر کدام از آنها جنبه‌های کاملاً متفاوتی از برهمکنش درختان مذکور را نشان دادند.

تابع D علاوه بر تأیید معنی‌داری تجمع درختان شیشم، نشان داد که بیشترین فاصله این درختان تا نزدیکترین همسایه‌شان در ذخیره‌گاه شیشم (در هر سه قطعه نمونه) حدود ۱۲ متر بوده است. هم‌چنین فاصله ۲ تا ۷ متر از هر شیشم تا نزدیکترین همسایه‌اش (در هر سه قطعه نمونه) بیشترین فراوانی را داشت. شاخص $K2$ نشان‌دهنده تغییرات تراکم اطراف هر درخت در هر مقیاس فاصله‌ای است. نتایج این شاخص (در هر سه قطعه نمونه) نشان داد که با افزایش فاصله تا حدود ۲ متر از درختان شیشم، تراکم به سرعت کاهش یافته و سپس تا فاصله حدود ۱۰ متر (تقریباً مشابه بیشترین فاصله تا نزدیکترین همسایه در تابع D) تراکم به‌کندی افزایش یافته و بعد از این فاصله، تغییر نکرده است چنانچه تابع D نیز در این فاصله به حداکثر مقدار خود یعنی یک رسید. تابع g نیز نشان داد تجمع درختان شیشم در کنار هم تا فاصله حدود ۲۷/۵ متر (متوسط در هر سه قطعه نمونه) بیشتر از حالت تصادفی بوده است. هم‌چنین معنی‌داری این تجمع در مقیاس فاصله‌ای تقریباً ۱/۳ تا ۴/۲ متر (متوسط در هر سه قطعه نمونه) در سطح ۰/۰۵ تأیید شد و حدود ۱۲ برابر حالت تصادفی بوده است. در نهایت، تابع O علاوه بر تأیید تجمعی بودن توزیع درختان شیشم در ذخیره‌گاه مورد مطالعه که از تابع‌های قبلی به‌دست آمد، نشان داد که تراکم شیشم‌ها در کنار هم در فاصله حدوداً ۱/۵ تا ۴ متر (مشابه نتایج تابع g) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تراکم متوسط محدوده مورد بررسی بوده است.

با وجود تحقیقات متعدد در مورد خواص دارویی شیشم (۱۵، ۲۱ و ۲۲) و قابلیت آن در گیاه پالایی (۸)، مطالعات معدودی در زمینه بوم شناسی فردی این گونه ارزشمند انجام شده است (۱۰). پژوهش‌های پیشین نشان داد که زادآوری در این گونه ضعیف بوده و نونهال‌های آن به سختی مستقر می‌شوند و پس از استقرار نیاز به حمایت درختان مادری دارند (۱۰). ممکن است این موضوع یکی از دلایلی باشد که درختان شیشم در هر سه قطعه نمونه مورد مطالعه در ذخیره‌گاه شیشم در کنار هم تجمع کرده بودند زیرا درختان جوان با حمایت درختان مادری مستقر شده و در کنار هم تشکیل اجتماعاتی را داده بودند که تحلیل الگوی مکانی آنها نیز این موضوع را تأیید نمود. هم‌چنین ساختار برگ‌ها و شرایط محیطی که این گونه، بومی آن است به‌نحوی بوده که لاشبرگ‌ها به‌سرعت تجزیه شده و مواد مغذی (فسفر و نیتروژن) سریعاً به خاک باز می‌گردند که باعث بهبود شرایط خاک در پای درختان شیشم می‌شود (۱۰، ۲۱ و ۲۲). احتمال دارد این ویژگی نیز یکی دیگر از دلایل قرار گرفتن درختان شیشم در کنار هم در این پژوهش باشد.

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که درختان شیشم در ذخیره‌گاه استان خوزستان با یکدیگر روابط متقابل درون گونه‌ای مثبت داشته و شرایط را برای استقرار سایر شیشم‌ها تسهیل کرده و از آنها حمایت می‌کردند. تحلیل توزیع مکانی آنها در سه قطعه نمونه در بخش‌های مختلف رویشگاه مذکور

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]

نشان داد که درختان شیشم به‌طور معنی‌داری (α = ۰/۰۵) الگوی تجمعی داشته و تراکم آنها در کنار یکدیگر بیشتر بوده است. هم‌چنین این پژوهش نشان داد کاربرد آماره‌های اختصاری مورد استفاده، جنبه‌های متفاوتی از روابط متقابل شیشم‌ها با یکدیگر را نمایان ساخت. علاوه بر این، در مطالعات آتی تأیید نقش پرستاری گونه شیشم از نونهال‌ها و هم‌چنین بهبود شرایط خاک در نزدیک آنها قابل بررسی خواهد بود.

منابع مورد استفاده

۱. الهی، م.، م. اکبری‌نیا و ا. محمدی گل‌تپه. ۱۳۹۳. رقابت درون گونه‌ای ارژن (*Amygdalus orientalis* Duh.) تحت تأثیر عامل‌های فیزیوگرافی. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران* ۲۲(۲): ۲۱۵-۲۰۴.

۲. بصیری، ر.، ه. سهرابی و م. مزین. ۱۳۸۵. تحلیل آماری الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی در منطقه قامیشله مریوان. *نشریه منابع طبیعی* ۵۹(۳): ۵۸۸-۵۷۹.

۳. بی نام. ۱۳۷۸. طرح ذخیره‌گاه جنگلی شیشم استان خوزستان. اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان، ۵۵ ص.

۴. علوی، س. ج.، ق. زاهدی امیری، ز. نوری و م. مروی مهاجر. ۱۳۹۲. کاربرد تابع *K* رایپلی در آشکارسازی الگوی پراکنش مکانی گونه ملج در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود نوشهر. *علوم و فناوری چوب و جنگل* ۲۰(۴): ۳۹-۲۱.

۵. عرفانی فرد، س. ی. و ف. مهدیان. ۱۳۹۱. بررسی مقایسه‌ای روش‌های تعیین الگوی مکانی مطلق درختان در جنگل (مطالعه موردی: جنگل تحقیقاتی بنه استان فارس). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران* ۲۰(۱): ۷۳-۶۲.

۶. عرفانی فرد، س. ی.، ل. زارع و ج. فقهی. ۱۳۹۲. کاربرد شاخص‌های نزدیکترین همسایه در شاخه‌زادهای بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. Persica) جنگل‌های زاگرس. *بوم شناسی کاربردی* ۵: ۲۴-۱۵.

۷. کریمی، م.، م. پورمجیدیان، ح. جلیلوند و ا. صفری. ۱۳۹۱. بررسی مقدماتی کارایی تابع *O*-ring در تعیین الگوی مکانی و کنش متقابل گونه‌ها در مقیاس کوچک (مطالعه موردی: جنگل‌های باینگان کرمانشاه). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران* ۲۰(۴): ۶۲۱-۶۰۸.

۸. کنشلو، ه. و ع. اقتصادی. ۱۳۹۰. نقش جنگلکاری در کاهش آلاینده‌های نفتی (عناصر و فلزات سنگین). *محیط زیست طبیعی* ۶۴(۲): ۱۹۷-۱۸۵.

۹. مظفریان، و. ۱۳۸۳. درختان و درختچه‌های ایران. انتشارات فرهنگ معاصر، تهران، ۱۰۵۴ ص.

10. Ballabha, R., J. K. Tiwari and P. Tiwari. 2013. Regeneration of tree species in the sub-tropical forest of Alaknanda Valley, Garhwal Himalaya, India. *Forest Science and Practice* 15(2): 89-97.
11. Benot, M. L., A. K. Bittebiere, A. Ernoult, B. Clement and C. Mony. 2013. Fine-scale spatial patterns in grassland communities depend on species clonal dispersal ability and interactions with neighbours. *Journal of Ecology* 101: 626-636.
12. Cisz, M. E., M. J. Falkowski and B. Orr. 2013. Small-scale spatial pattern of *Coperniciaalba*morong near Bahia Negra, Paraguay. *Natural Resources* 4: 369-377.
13. Covey, K., C. J. W. Carroll, M. C. Duguid, K. Dorji, T. Dorji, S. Tashi, T. Wangdi and M. Ashton. 2015. Development dynamics following selective logging of an evergreen oak forest in the Eastern Himalaya, Bhutan: Structure, composition, and spatial pattern. *Forest Ecology and Management* 336: 163-173.
14. Del Rio, M., S. Condes and H. Pretzsch. 2014. Analyzing size-symmetric vs. size-asymmetric and intra- vs. inter-specific competition in beech (*Fagus sylvatica* L.) mixed stands. *Forest Ecology and Management* 325: 90-98.
15. Dixit, P., R. Chillara, V. Khedgikar, J. Gautam, P. Kushwaha, A. Kumar, D. Singh, R. Trivedi and R. Maurya. 2012. Constituents of *Dalbergia sissoo* Roxb leaves with osteogenic activity. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* 22: 890-897.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]

16. Fortin, M. J. and M. R. T. Dale. 2005. Spatial Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 380 p.
17. Gelfand, A. E., P. J. Diggle, M. Fuentes and P. Guttorp. 2010. Handbook of Spatial Statistics, CRC Press, Florida, 620 p.
18. Genet, A., P. Grabarnik, O. Sekretenko and D. Pothier. 2014. Incorporating the mechanisms underlying inter-tree competition into a random point process model to improve spatial tree pattern analysis in forestry. *Ecological Modelling* 288: 143-154.
19. Guo, Y., J. Lu, S. B. Franklin, Q. Wang, Y. Xu, K. Zhang, D. Bao, X. Qiao, H. Huang, Z. Lu and M. Jiang. 2013. Spatial distribution of tree species in a species- rich subtropical mountain forest in central China. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 826-835.
20. Illian, J., A. Penttinen, H. Stoyan and D. Stoyan. 2008. Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns. John Wiley & Sons Inc., London, 557 p.
21. Khan, M. I. and M. R. Khan. 2013. Gastroprotective potential of *Dalbergia sissoo* Roxb stem bark against diclofenac-induced gastric damage in rats. *Osong Public Health and Research Perspectives* 4(5): 271-277.
22. Kumar, P., P. Kushwaha, V. Khedgikar, J. Gautam, D. Choudhary, D. Singh, R. Trivedi and R. Maurya. 2014. Neoflavonoids as potential osteogenic agents from *Dalbergia sissoo* heartwood. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters* 24: 2664-2668.
23. Miao, N., S. Liu, H. Yu, Z. Shi, T. Moermond and Y. Liu. 2014. Spatial analysis of remnant tree effects in a secondary *Abies-Betula* forest on the eastern edge of the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Forest Ecology and Management* 313: 104-111.
24. Navarro-Cerrillo, R., R. Manzanedo, J. Bohorque, R. Sanchez, J. Sanchez, S. Miguel, D. Solano, M. Qarro, D. Griffith and G. Palacios. 2013. Structure and spatio-temporal dynamics of cedar forests along a management gradient in the Middle Atlas, Morocco. *Forest Ecology and Management* 289: 341-353.
25. Schiffers, K., F. M. Schurr, K. Tielborger, C. Urbach, K. Moloney and F. Jeltsch. 2008. Dealing with virtual aggregation - a new index for analysing heterogeneous point patterns. *Ecography* 31: 545-555.
26. Schleicher, J., K. Wiegand and D. Ward. 2011. Changes of woody plant interaction and spatial distribution between rocky and sandy soil areas in a semi-arid savanna, South Africa. *Arid Environment* 75: 270-278.
27. Stoyan, D. and H. Stoyan. 1994. Fractals, Random Shapes and Point Fields: Methods of Geometrical Statistics. John Wiley & Sons Inc., West Sussex, 399 p.
28. Wang, X., B. Zhang, K. Zhang, J. Zhou and B. Ahmad. 2015. The spatial pattern and interactions of woody plants on the temperate savanna of Inner Mongolia, China: the effects of alternating seasonal grazing-mowing regimes. *PLOS ONE* 10(7):e0133277.
29. Wiegand, T. and K. A. Moloney. 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *OIKOS* 104: 209-229.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1395.5.15.3.1]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.5.15.15]