نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و هفتم، شماره چهارم، ۱۳۹۹
۸۱-۹۵
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2021.18198.1880

مقایسه اثرات متقابل درون‌گونه‌ای پده در توده‌های خالص و آمیخته منطقه چهارآسیاب بهبهان با استفاده از تابع همبستگی نشان‌دار

میترا دارسنج[۱]، *رضا بصیری[۲] و مصطفی مرادی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران،
[۲]دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران،
[۳]استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۳

چکیده

سابقه و هدف: اثر متقابل درون‌گونه‌ای به‌دلیل این‌که بین پایه‌های یک گونه که دارای آشیان اکولوژیک مشابهی هستند رخ می‌دهد دارای اهمیت می‌باشد. هدف این پژوهش، ارزیابی اثر متقابل درون‌گونه‌ای درختان پده (*Populus euphratica* Oliv.) با استفاده از تابع همبستگی نشان‌دار می‌باشد.

مواد و روش‌ها: موقعیت مکانی تمام درختان دارای قطر بیش‌تر از ۲/۵ سانتی‌متر در دو توده خالص و آمیخته به مساحت ٤/۵ و ۹/۱ هکتار در منطقه چهارآسیاب بهبهان، برداشت شد. ارتفاع کل درخت، قطر برابر سینه، قطر تاج و طول بخش نورگیر تاج درختان به‌عنوان متغیر نشان اندازه‌گیری شدند. جهت بررسی اثر متقابل درون‌گونه‌ای از تحلیل الگوی مکانی نقطه‌ای استفاده شد. جهت آشکار کردن ارتباطات مکانی بین پایه‌های درختان پده از نظر ویژگی‌های مختلفی مثل ارتفاع کل درخت، قطر برابر سینه، قطر تاج و طول بخش نورگیر تاج از تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در توده خالص، بین قطر برابر سینه درختان در فاصله کم‌تر از ۵ و بیش‌تر از ۲۰ متر همبستگی منفی معنی‌دار دیده شد. بین فواصل ۵ تا ۲۰ متر حالت استقلال بین پایه‌ها دیده شد. بین قطر تاج درختان پده از فاصله ۵ تا ٤۰ متر همبستگی مثبت و از فاصله ٤۵ متر به بعد همبستگی منفی دیده شد. بین ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج درختان از فاصله ۵ تا ۳۰ متر همبستگی مثبت معنی‌داری دیده شد. از فاصله ۳۰ متر به بعد حالت استقلال بین پایه‌ها دیده شد. در توده آمیخته، بین قطر برابر سینه درختان تا فاصله ٤۰ متری حالت استقلال دیده شد. از فاصله ٤۰ متر به بعد همبستگی مثبت دیده شد. بین قطر تاج درختان در تمام فواصل همبستگی منفی دیده شد. بین ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج درختان در اکثر فواصل حالت استقلال دیده شد.

* مسئول مکاتبه: basiri@bkatu.ac.ir

نتیجه‌گیری: در توده خالص، بسته به فواصل مختلف و متغیرهای متفاوت حالات مختلفی از اثر متقابل اعم از منفی، مثبت و استقلال در بین پایه‌های درختی دیده شد. درحالی‌که در توده آمیخته به جز وضعیت اثر متقابل منفی که در رابطه با قطر تاج دیده شد در بقیه موارد حالت استقلال بین پایه‌های مختلف از نظر متغیرهای مورد بررسی مشاهده شد. قطر برابر سینه در دو توده خالص و آمیخته شرایط مشابهی نشان دادند. در توده خالص، قطر تاج بین پایه‌های درختی همبستگی مثبت و در توده آمیخته همبستگی منفی نشان داد. همبستگی مثبت بین ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج پایه‌ها در توده خالص دیده شد درحالی‌که در توده آمیخته، استقلال بین پایه‌ها مشاهده گردید. مجموع، مطالعه اثر متقابل بین درختان پده برای درک پویایی، روند رشد و مکانیسم‌هایی که این‌گونه باارزش را در خطر انقراض قرار می‌دهد مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: تابع همبستگی نشان‌دار، تحلیل الگوی مکانی نقطه‌ای، توده خالص و آمیخته، جنگل رودخانه‌ای

مقدمه

دنیای طبیعی تا حد زیادی متشکل از تعاملاتی است که بین موجودات زنده وجود دارد یکی از این ارتباطات کاهش حضور یک‌گونه به‌دلیل حضور گونه دیگر می‌باشد (۵). این رابطه تحت نام اثر متقابل است که بین یک یا چندین گونه که منابع موردنیاز آن‌ها مانند رطوبت، مواد مغذی یا نور مشابه است اتفاق می‌افتد. اثر متقابل در درختان، اساساً بین پایه‌های کنار هم اتفاق می‌افتد و معمولاً در بخش‌های تاج پوشش برای دریافت نور صورت می‌گیرد و روی رشد، شکل ساقه، شکل تاج و زی‌توده درخت تأثیرگذار است (۸ و ۳۵).

به‌طورکلی اثرات متقابل درختان بر یکدیگر روی ابعاد درختان مثل ارتفاع، شعاع تاج و سایر فاکتورهای مرتبط و هم‌چنین توزیع مکانی درختان تأثیر گذاشته و علاقه‌مندی اکولوژیست‌های جنگل را به این موضوع باعث شده است (۳۷). توزیع مکانی درختان، نقش کلیدی در ارتباطات بین‌گونه‌ای و فرایندهای اکولوژیکی ایفا می‌کند (۳۰). تجزیه و تحلیل توزیع مکانی عناصر مختلف یک جنبه کلیدی از نظریه اکولوژی جمعیت است. تحلیل توزیع مکانی ابزاری است که به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی توزیع درختان، اثرات مکانی متقابل گونه‌ها و کشف فرآیندهای بیولوژیکی به‌کار گرفته شده است (۳۱).

دو نوع اثر متقابل بین گیاهان وجود دارد: اثر متقابل بین‌گونه‌ای و اثر متقابل درون‌گونه‌ای. اهمیت اثر متقابل درون‌گونه‌ای به‌دلیل این‌که در بین پایه‌های یک‌گونه با آشیان اکولوژیک مشابه صورت می‌گیرد همواره اصلی‌ترین حالت تلقی می‌شود و به همین دلیل هم تمرکز مدل‌های رشد در جنگل روی این نوع اثر متقابل است (۳۹).

از نقطه‌نظر آمار اکولوژی، تحلیل توزیع مکانی در قالب مدل‌های فرآیند نقطه‌ای صورت می‌گیرد که این نقاط مشخصاً همان موقعیت مکانی درختان را نشان می‌دهند (۳۷). در برخی شرایط برای یک نقطه اطلاعات اضافی وجود دارد که وجود آن‌ها در تحلیل فرآیند نقطه‌ای کمک زیادی به توصیف و درک بهتر اثرات متقابل موجود بین پایه‌های درختی می‌کند. این اطلاعات در قالب متغیرهای نشان نامیده شده است مثل قطر برابر سینه و ارتفاع درختان. در مطالعه حاضر طول بخش نورگیر تاج و قطر تاج نیز به‌عنوان متغیرهای نشان معرفی شده‌اند. در کنار توزیع مکانی نشان‌ها، همبستگی مکانی نشان‌ها نیز با توجه به اثرات متقابل بین درختان می‌تواند بسیار مورد توجه قرار گیرد.

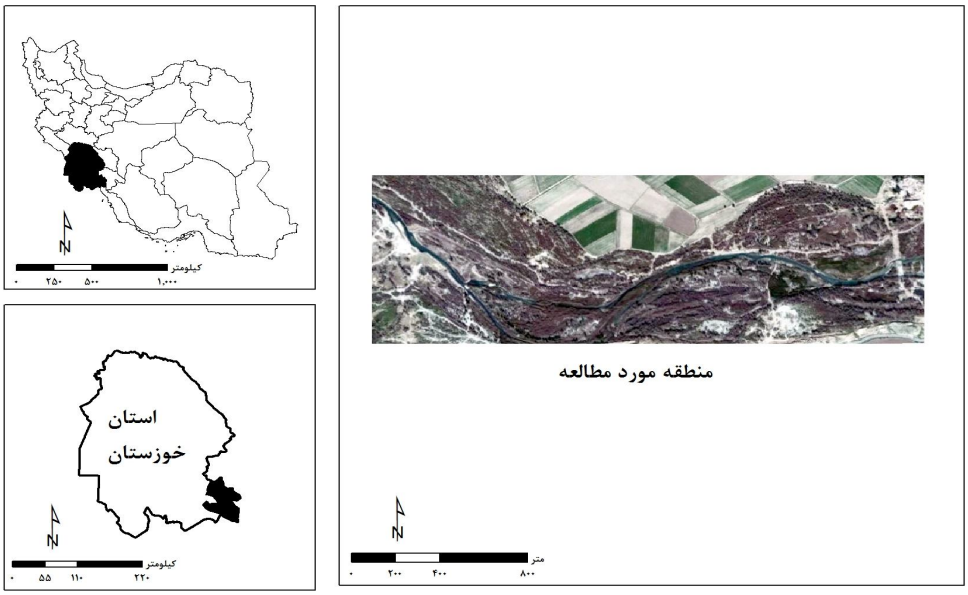
یکی از راهکارهای مناسب در پویاشناسی مکانی درختان، بهره‌گیری از تحلیل الگوی نقطه‌ای (Point Pattern Analysis) نقشه حاوی موقعیت درختان است (۲۲). در سال‌های اخیر تحلیل الگوی نقطه‌ای به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای پیشرفت کرده است به‌گونه‌ای که هم‌اکنون می‌توان با استفاده از روش‌های آماری مناسب، ناهمگنی‌های محیطی را در بررسی روابط بین گیاهان در نظر گرفت (۱۸). یکی از روش‌های آماری مهم در تحلیل نقطه‌ای تابع همبستگی نشان‌دار (Mark Correlation Function) یا به‌اختصار روش MCF است که کاربرد وسیعی در موضوع اثر متقابل بین درختان دارد (۱۳). تابع همبستگی نشان‌دار یک تحلیل سه‌بعدی است که دو بعد آن مختصات درختان و بعد سوم یک ویژگی از درخت است که شباهت یا تفاوت ویژگی مورد نظر بین درختان را در نظر گرفته و از این طریق اثر متقابل بین آن‌ها را تحلیل می‌کند (۳۸). مطالعاتی که در ایران و دنیا روی اثر متقابل با استفاده از روش MCF صورت گرفته است، دارای نتایج مختلفی از اثر متقابل اعم از مثبت یا منفی می‌باشند (۱، ۱۱، ۱۲، ۲۰، ۲٤ و ۲۷). یلماز و همکاران (۲۰۱۹) روی اثر متقابل درون‌گونه‌ای نهال‌های درخت سدر لبنان با روش MCF مطالعه کردند و اثر متقابل شدیداً منفی تا فاصله ۵۵ سانتی‌متری مشاهده نمودند (٤۰). والدر و والدر (۲۰۰۷) کاربرد روش MCF را روی اثر متقابل بین‌گونه‌ای در جنگل‌های راش و نوئل مطالعه و تحلیل کردند. در این مطالعه ضمن تأکید بر ساده بودن روش MCF برای تحلیل ساختار مکانی درختان یک جنگل، از متغیرهای تاج پوشش و قطر برابر سینه به عنوان نشان در تحلیل استفاده کردند و فاصله ۵۰ متر را حد تغییرات همبستگی مثبت و منفی تعیین کردند (۳۷).

گونه پده ازجمله مهم‌ترین عناصر جنگل‌های رودخانه‌ای در ایران است. این گونه به شکل طبیعی به دو صورت توده خالص و آمیخته دیده می‌شود (۳). دانش ما از اثر متقابل به‌خصوص بین درختان پده در توده‌های خالص و آمیخته جنگل‌های رودخانه‌ای کم است. بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در ایران و در دنیا نشان‌دهنده آن است که موضوع اثر متقابل بین پایه‌های مختلف گونه پده تاکنون مورد مطالعه قرار گرفته است. بر این اساس مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر متقابل درون گونه‌ای بین پایه‌های مختلف درختان پده در توده خالص و آمیخته صورت گرفت. بررسی مقیاس مکانی اثر متقابل بین پایه‌ها در دو توده خالص و آمیخته از اهداف دیگر این پژوهش است. هم‌چنین این مطالعه به دنبال بررسی اثر متغیرهای نشان‌دار روی نوع ارتباط بین درختان پده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این پژوهش در دو توده خالص و آمیخته از جنگل‌های رودخانه‌ای حوزه چهارآسیاب واقع در شهرستان بهبهان، استان خوزستان انجام شده است. توده‌های مورد مطالعه در بخش‌هایی انتخاب شدند که هیچ‌گونه دست‌خوردگی نداشته باشند. در فرم آمیخته درختان پده به صورت لکه‌ها و گروه‌های کوچک در میان توده‌های درختچه گز قرار دارند و اجتماع گز و پده را تشکیل می‌دهند. مشخصات جغرافیایی منطقه در شکل ۱ آمده است. برای تهیه نقشه منطقه از تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱٦ (گوگل ارث) استفاده شد که از ماهواره دیجیتال گلوب استفاده می‌کند. میانگین ارتفاع از سطح دریا منطقه ۲۷۵ متر می‌باشد (۲). اقلیم منطقه بر اساس فرمول اقلیمی آمبرژه اقلیم خشک است (۲). سطح توده

خالص ٤/٥ هکتار با تراکم ٥٦٢/٤ پایه در هکتار و سطح توده آمیخته ۹/۱ هکتار با تراکم ۱۱۰/۸ پایه در هکتار به‌دست آمده است (۳). الگوی مکانی درختان پده در هر دو نوع توده خالص و آمیخته کپه‌ای گزارش شده است (۲۸).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه چهارآسیاب بهبهان.

Figure 1. Geographical location of Chaharasyab area of Behbahan.

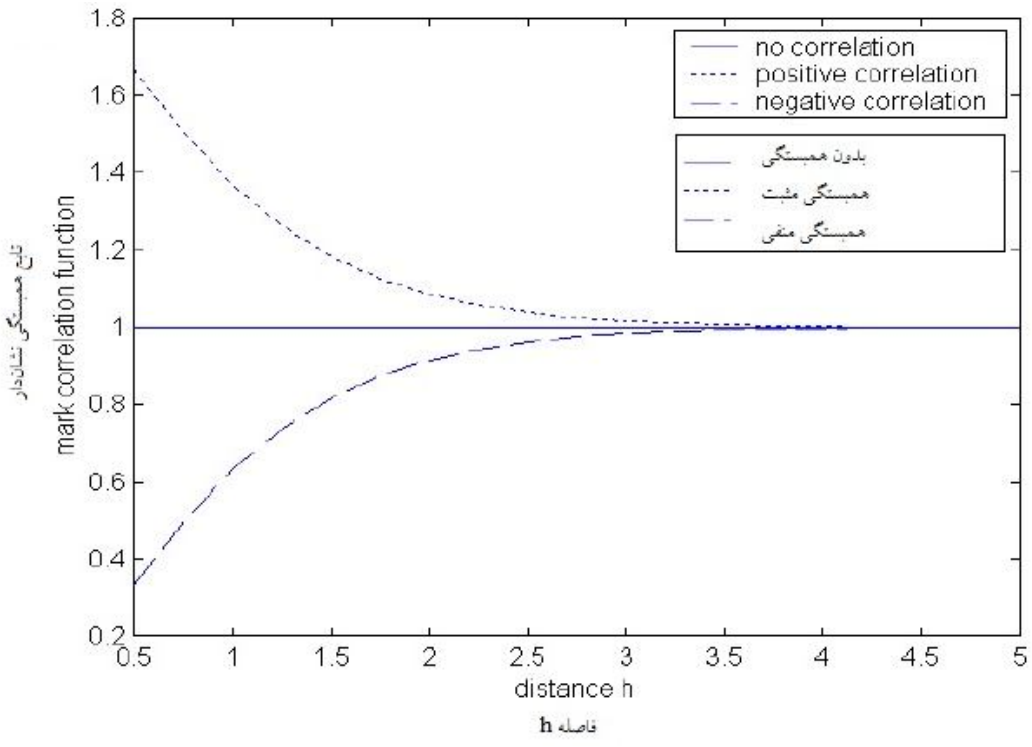
روش تحقیق: همه درختان پده با قطر بزرگ‌تر از ۲/٥ سانتی‌متر در دو محدوده توده خالص و آمیخته مورد آماربرداری صد در صد قرار گرفته و موقعیت مکانی آن‌ها با استفاده از دستگاه GPS مدل گارمین map 64s برداشت شد (۱۷). در بین درختان بالغ پده، گروه درختان پده جوان دارای قطر برابر سینه کم به‌خصوص در توده خالص حضور دارند، بر این اساس قطر حد شمارش در مطالعات جنگل‌های رودخانه‌ای را ۲/٥ سانتی‌متر در نظر گرفته‌اند. ارتفاع کل یا فاصله عمودی بین یقه تا جوانه انتهایی درخت به متر با استفاده از دستگاه شیب‌سنج سونتو، قطر برابر سینه در ارتفاع ۱/۳۰ متر از سطح زمین با استفاده از کالیپر به سانتی‌متر، قطر مقطع تاج پوشش یا فاصله افقی بین دو لبه خارجی تاج در چهار جهت جغرافیایی به متر و طول بخش نورگیر تاج یا فاصله عمودی بین قاعده نورگیر تاج و جوانه انتهایی به متر همه درختان پده مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (۱۹، ۳٤ و ٤۲).

تحلیل آماری اثر متقابل: جهت بررسی اثر متقابل درون‌گونه‌ای از تحلیل مکانی نقطه‌ای استفاده شد (۳۸). ابتدا همگنی داده‌ها از طریق برازش یک مدل صفر که بیانگر توزیع تصادفی کامل باشد (توزیع پواسون ناهمگن) و با استفاده از آزمون نیکویی برازش کلموگروف-اسمیرنوف انجام گرفت (۳۸). سپس جهت آشکار کردن ارتباطات مکانی بین پایه‌های درختان پده از نظر ویژگی‌های مختلفی مثل ارتفاع کل درخت، قطر برابر سینه، قطر تاج و طول بخش نورگیر تاج از تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) استفاده شد. اگر $Z_{(s)}, s \in S$ یک فرآیند نقطه‌ای را در یک ناحیه مکانی S با n نقطه معین $s_1, s_2, \ldots, s_n$ نشان دهد. در هر نقطه s_i یک نشان یا علامت بنام $m_i, i = 1, \ldots, n$ وجود دارد که بیانگر ارزش عددی

آن نقطه می‌باشد. در مطالعه حاضر، نقاط s_i مبین موقعیت مکانی درختان در یک سطح آزمایشی است. همبستگی مکانی نشان‌ها در این فرآیند نقطه‌ای نشان‌دار از طریق تابع آزمون $f(m_i,m_j)$ برای دو نشان m_i و m_j تعیین می‌گردد. این تابع آزمون، همبستگی بین نشان‌های m_i و m_j در نقاط مختلف را با در نظر گرفتن فاصله بین نقاط تبیین می‌کند. در اینجا رابطه زیر به‌کار می‌رود: $f(m_i,m_j)=m_i.m_j$. اگر μ میانگین نشان‌های مورد انتظار باشد یعنی $E(m_i)=\mu$ برای i های ۱ تا n، در این حالت تابع همبستگی نشان‌دار از طریق رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$K_f(h)=\frac{E\left(f(m_i,m_j)\middle|S_i-s_j\middle|=h\right)}{\mu^2} \qquad (۱)$$

تابع آزمون یک عدد تصادفی است و بنابراین میانگین آن به خوبی تعریف شده است. صورت کسر رابطه فوق میانگین تابع آزمون با در نظر گرفتن فاصله h بین دو درخت است. مخرج کسر اثرات مقیاس داده‌شده توسط نشان‌های مختلف را حذف کرده و تابع همبستگی نشان‌دار را استاندارد می‌کند. این موضوع مقایسه توابع همبستگی نشان‌دار با نشان‌های مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد. بدیهی است که اگر نشان‌ها با یکدیگر همبستگی نداشته باشند، $K_f(h)=1$ خواهد شد به معنی استقلال بین نشان‌ها می‌باشد. همبستگی منفی ($K_f(h)<1$) نشان‌گر وجود تفاوت بین نشان‌ها و همبستگی مثبت ($K_f(h)>1$) بیانگر تشابه بین نشان‌ها می‌باشد (۳۷) (شکل ۲).



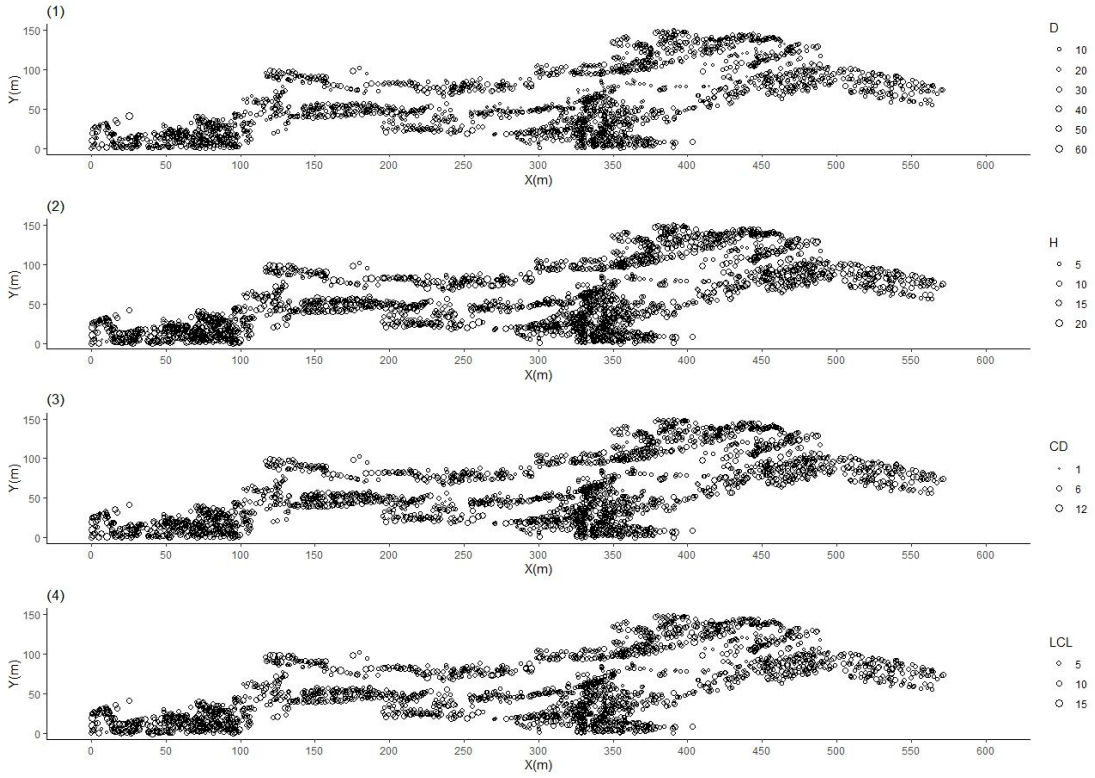
شکل ۲- تابع همبستگی نشان‌دار (خط نقطه‌چین: همبستگی مثبت، خط بریده‌بریده: همبستگی منفی و خط توپر: بدون همبستگی استقلال) (۵).

Figure 2. Mark correlation function indicating positive correlation (dotted line), negative correlation (dashed line) and independence (solid line).

برای بررسی معنی‌داری همبستگی‌های فوق از آزمون مونت‌کارلو با ۱۹۹ بار شبیه‌سازی بافاصله اطمینان ۹۵٪ استفاده شد (۳۸). اگر نمودار MCF بالاتر از حدود مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی معنی‌دار مثبت خواهد بود که نشان‌گر تشابه بین پایه‌ها از نظر متغیر مورد بررسی نشان‌دار می‌باشد. اگر نمودار MCF پایین‌تر از حدود مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی معنی‌دار منفی خواهد بود که نشانگر وجود تفاوت بین پایه‌ها از نظر نشان‌های مورد مطالعه می‌باشد. در صورت قرارگیری نمودار MCF درون محدوده مونت‌کارلو عدم همبستگی و استقلال بین پایه‌ها از دید نشان‌های مورد بررسی به‌دست می‌آید (۱۸). نشان‌های به‌کار رفته در این مطالعه، ارتفاع کل، قطر برابر سینه، قطر تاج و طول بخش نورگیر تاج می‌باشد. تابع همبستگی نشان‌دار و شبیه‌سازی مونت‌کارلو از طریق بسته نرم‌افزاری "spatstat" واقع در برنامه نرم‌افزاری R نسخه ٤,۰,۰ محاسبه گردید (٤). شکل پلات مربع و از روش تصحیح اثر حاشیه‌ای رایپلی که در بسیاری از مطالعات اکولوژی به‌کار می‌رود، استفاده شد (۳۸).

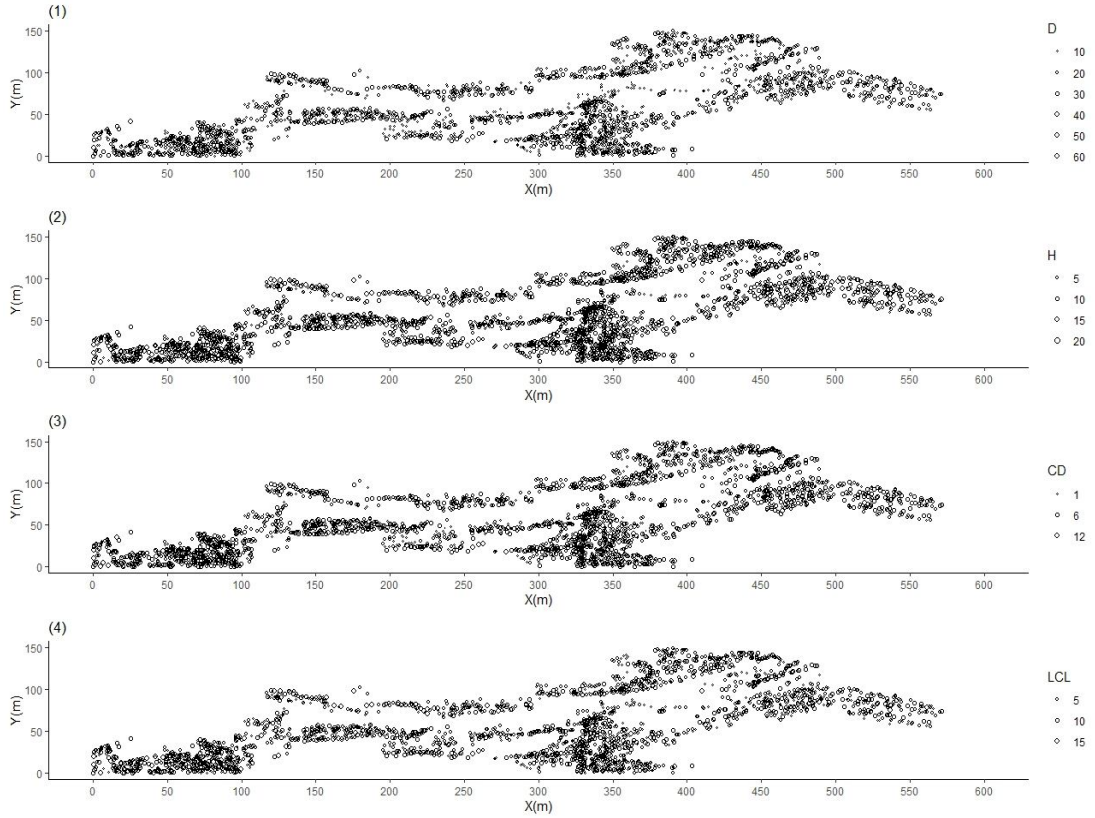
نتایج و بحث

نتایج مطالعات میدانی نشان داد که به‌طورکلی تعداد ۳۵۸۸ اصله درخت پده در دو توده خالص (۲۵۷٦ پایه) و آمیخته (۱۰۱۲ پایه) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. شکل‌های ۳ و ٤ وضعیت پراکنش درختان در دو توده خالص و آمیخته را نشان می‌دهد.



شکل ۳- توزیع مکانی درختان پده در توده خالص برای متغیرهای نشان‌دار (۱) قطر برابر سینه به سانتی‌متر (DBH) (۲) ارتفاع کل به متر (H)، (۳) قطر تاج به متر (CD) و (٤) طول بخش نورگیر تاج به متر (LCL).

Figure 3. Spatial distribution of poplar trees in the pure stand for mark variables: (1) diameter at breast height in cm (DBH), (2) total height in meters (H), (3) crown diameter in meters (CD), and (4) light crown length in meters (LCL).



شکل ٤- توزیع مکانی درختان پده در توده آمیخته برای متغیرهای نشان‌دار (۱) قطر برابر سینه به سانتی‌متر (DBH)، (۲) ارتفاع کل به متر (H)، (۳) قطر تاج به متر (CD) و (٤) طول بخش نورگیر تاج به متر (LCL).

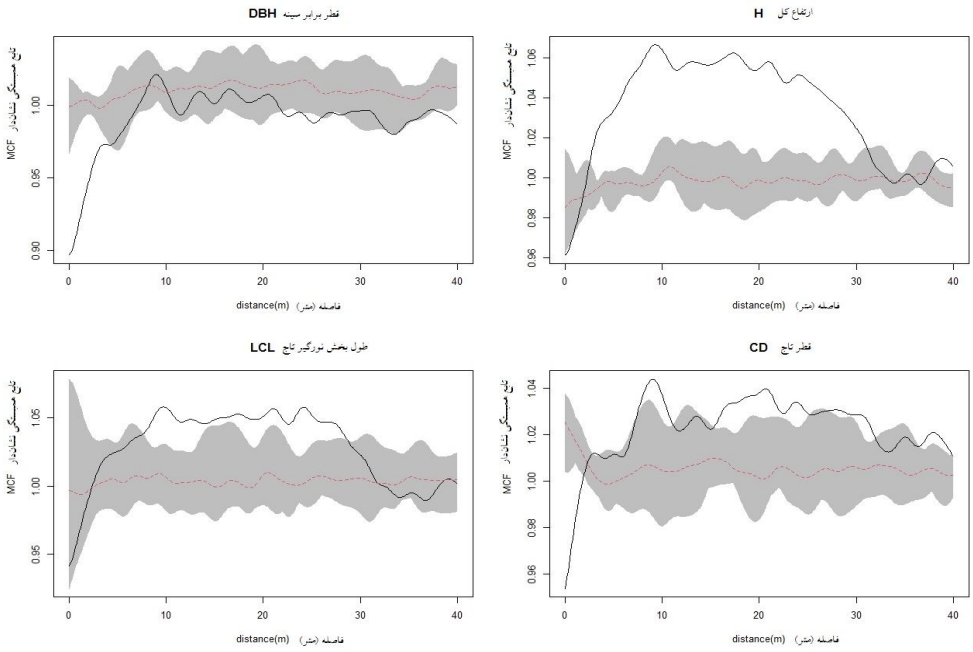
Figure 4. Spatial distribution of poplar trees in the mixed stand for mark variables: (1) diameter at breast height in cm (DBH), (2) total height in meters (H), (3) crown diameter in meters (CD), and (4) light crown length in meters (LCL).

تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) برای متغیرهای قطر برابر سینه و قطر تاج درختان پده در توده خالص در فواصل مختلف شرایط متفاوتی را نشان می‌دهد (شکل ۵). برای متغیر قطر برابر سینه، از فاصله صفر تا حدود ۵ متری همبستگی منفی معنی‌داری دیده می‌شود چراکه تابع MCF پایین‌تر از حدود مونت‌کارلو قرار گرفته است. از فاصله حدود ۵ تا حدود ۲۰ متری بین قطرها حالت استقلال دیده می‌شود چراکه تابع MCF وارد حدود مونت‌کارلو شده است. از فاصله حدود ۲۰ متری به بعد به جز یک بخش کوچک در بقیه موارد همبستگی منفی نشان داده شده است؛ بنابراین مرز استقلال قطرها در توده خالص حدوداً ۵ متری است (شکل ۵). وجود همبستگی منفی معنی‌دار نشانگر وجود درختان کم قطر و قطور پده در کنار یکدیگر است. با توجه به قدرت بالای جست‌زنی درختان پده، درختان پده با قطر برابر سینه کم در کنار درختان پده با قطر برابر سینه زیاد قرار می‌گیرند (۷)؛ بنابراین باعث عدم تشابه قطر برابر سینه در پده در داخل توده می‌شود. گری و هی (۲۰۰۹) در بررسی خود به نبود تشابه قطری درختان مجاور دست یافتند و به این نتیجه رسیدند که اثر متقابل رقابتی بین آن‌ها وجود دارد که باعث کاهش رویش می‌شود (١٦).

برای قطر تاج، فاصله صفر تا حدود ۲ متری همبستگی منفی، از فاصله حدود ۲ تا حدود ۵ متری استقلال قطر تاج و از فاصله حدود ۵ تا حدود ۱۰ متری همبستگی مثبت دیده می‌شود که این همبستگی مثبت تا فاصله حدود ٤٠ متری ادامه می‌یابد (شکل ۵). متغیرهای ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج در

فواصل مختلف شرایط تقریباً مشابهی را نشان می‌دهند (شکل ۵). از فاصله صفر تا حدود ۵ متری حالت استقلال و از فاصله حدود ۵ تا حدود ۱۰ متری همبستگی مثبت دیده می‌شود. از فاصله حدود ۱۰ متری تا حدود ۳۰ متری همبستگی مثبت معنی‌داری برای هر دو متغیر ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج درختان پده در توده خالص دیده می‌شود. دلیل احتمالی وجود همبستگی مثبت بین متغیرها در پایه‌های پده در توده خالص می‌تواند به اثر تسهیل‌کنندگی درختان پده بر استقرار سایر درختان پده باشد و باعث شده که متغیرهای طول بخش نورگیر تاج و ارتفاع کل درختان و قطر تاج در توده خالص در منطقه چهارآسیاب بهبهان مشابه باشند و اثر متقابل قابل‌ملاحظه‌ای در بین آنها دیده نشود و این با توجه به شرایط استقرار توده خالص که دقیقاً در نزدیکی رودخانه واقع شده است و از نظر سطح آب زیرزمینی شرایط مساعدی را فراهم نموده است، اهمیت دارد (۲۱). بنابراین منابع غنی آبی به‌اندازه کافی وجود دارد تا شرایط تسهیل‌کنندگی را بین درختان پده ایجاد کند به این دلیل که توده خالص پده در نزدیک رودخانه قرار دارد و سطح آب زیرزمینی که یکی از عوامل عمده تداوم و بقای این جنگل‌های رودخانه‌ای است، بالا است بنابراین استقرار درختان پده در کنار هم راحت‌تر صورت می‌گیرد (١٤).

از فاصله حدوداً ۳۰ متری به بعد حالت استقلال بین ارتفاع‌ها و طول بخش نورگیر تاج درختان پده دیده می‌شود (شکل ۵). تابع همبستگی نشان‌دار برای دو متغیر ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج در توده خالص پده در فواصل مختلف وضعیت مشابهی را نشان داد در بیش‌تر فواصل (۵ تا ۳۰ متر) حالت تسهیل‌کنندگی بین پایه‌های درختی از نظر دو متغیر مورد بررسی دیده شد. در این شرایط درختان پده از نظر این دو متغیر شبیه به هم هستند و تفاوتی بین آن‌ها دیده نمی‌شود.

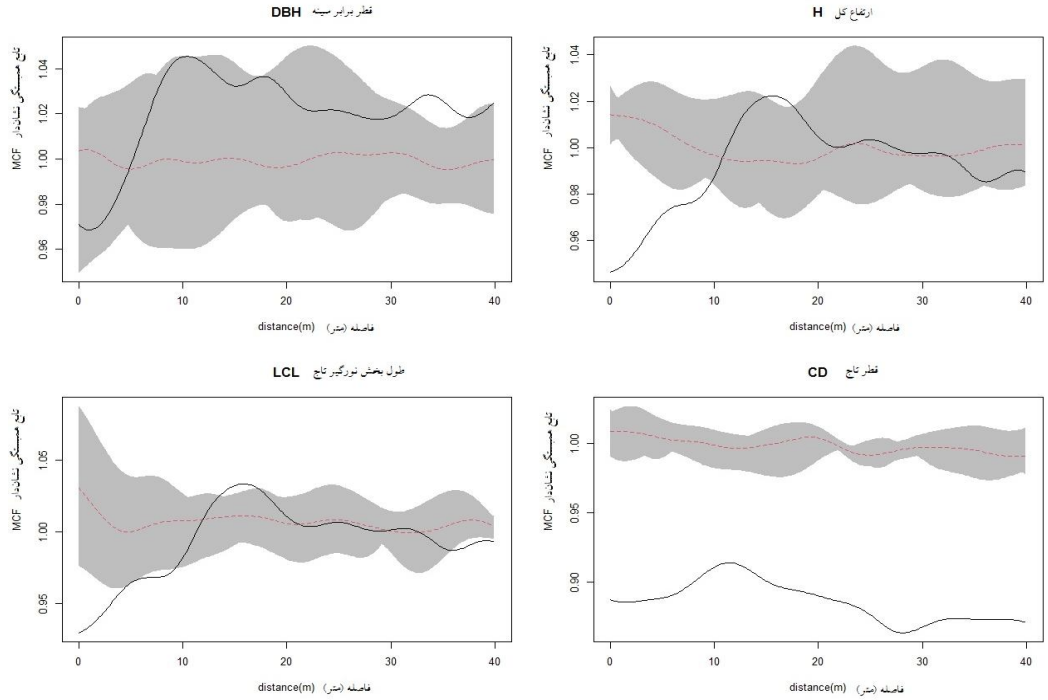


شکل ۵- تابع همبستگی نشان‌دار برای قطر برابر سینه (DBH)، قطر تاج (CD)، ارتفاع کل (H) و طول بخش نورگیر تاج (LCL) در توده خالص (خط ممتد تابع همبستگی نشان‌دار و محدوده خاکستری رنگ حدود مونت‌کارلو).

Figure 5. Mark correlation function for diameter at breast height (DBH), crown diameter (CD), total height (H), and light crown length (LCL) in the pure stand (the continuous line is marked correlation function and gray color envelope is Monte Carlo region).

در فرم آمیخته درختان پده به‌صورت لکه‌ها و گروه‌های کوچک در میان درختچه‌های گز قرار می‌گیرند و اجتماعات گز و پده را تشکیل می‌دهند (۱۵)؛ بنابراین در توده آمیخته وضعیت تابع همبستگی نشان‌دار برای چهار متغیر با یکدیگر متفاوت می‌باشند. تابع MCF برای متغیر قطر برابر سینه تا ٤٠ متر استقلال نشان داد. حالت استقلال بدین معنا است که گونه‌های پده به‌صورت تصادفی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و اثرات متقابلی بر یکدیگر ندارند. وجود تراکم کم درختان پده در توده آمیخته (۱۱۰/۸ اصله در هکتار) می‌تواند یکی از دلایل این وضعیت باشد. از دلایل احتمالی دیگر حالت استقلال، عدم نیازهای مشابه به منابع یا وفور آنها و درنتیجه عکس‌العمل یکسان آنها می‌تواند باشد (٢٦). با توجه به این‌که الگوی پراکنش پده در توده آمیخته کپه‌ای است (۲۸) که این می‌تواند از دلایل احتمالی همبستگی مثبت بین قطر برابر سینه درختان باشد. تابع MCF برای دو متغیر ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج تقریباً وضعیت یکسانی را نشان می‌دهد همان‌طور که این دو متغیر به هم وابسته هستند و روش اندازه‌گیری آن‌ها تقریباً یکسان است. برای هر دو متغیر از فاصله حدود ۱۰ متری به بعد حالت استقلال دیده می‌شود. بدین معنی که قرار گرفتن درختان پده در مجاورت درختان همسایه از نظر این دو متغیر نشان، به‌صورت تصادفی است. محتمل‌ترین علت اصلی این موضوع در توده آمیخته، وضعیت قرارگیری درختان بافاصله زیادتر از یکدیگر است. با توجه به فاصله زیاد بین پایه‌های گونه پده در توده آمیخته این نتیجه می‌تواند قابل‌انتظار باشد (٣٦). در مطالعه اخوان و همکاران (١٣٩٦) موضوع استقلال بین درختان به کاهش تراکم توده مرتبط شده است که این مسأله با شرایط کم بودن تراکم توده آمیخته پژوهش حاضر انطباق دارد.

بین قطر تاج درختان در توده آمیخته در تمام فواصل همبستگی منفی دیده شد. بدین‌معنی که درختان پده دارای قطر تاج زیاد و درختان دارای قطر تاج کم در کنار هم قرار دارند. نبود تشابه قطر تاج بین درختان پده در توده آمیخته می‌تواند به تراکم کم توده ارتباط پیدا کند چراکه فواصل بین درختان زیاد شده و باعث گستردگی تاج شود اما با توجه به حضور گونه گز در بین درختان پده نیز این احتمال وجود دارد که در برخی موارد تاج پوشش درختان گز مانع از گستردگی تاج درختان پده شده باشد و احتمالاً اثر متقابل بین تاج پوشش این دو گونه باعث بروز همبستگی منفی بین قطر تاج درختان پده شده باشد. این موضوع نیاز به بررسی دقیق‌تر و استفاده از تابع دو متغیره MCF دارد که برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.



شکل ٦- تابع همبستگی نشان‌دار برای قطر برابر سینه (DBH)، قطر تاج (CD)، ارتفاع کل (H) و طول بخش نورگیر تاج (LCL) در توده آمیخته (خط ممتد تابع همبستگی نشان‌دار و محدوده خاکستری رنگ حدود مونت‌کارلو).

Figure 6. Mark correlation function for diameter at breast height (DBH), crown diameter (CD), total height (H) and light crown length (LCL) in mixed stand (continuous line is mark correlation function and gray color envelope is Monte Carlo region).

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر مشخص کرد که درختان پده در دو توده مختلف خالص و آمیخته دارای اثرات متقابل درون‌گونه‌ای متفاوتی از نظر متغیرهای مورد بررسی هستند. در توده خالص، از فاصله حدود ۵ تا ٤۰ متری حالت استقلال در رابطه با متغیر قطر برابر سینه دیده شد. از فاصله حدود ۵ تا ٤۰ متری به جز در برخی فواصل کوتاه، حالت همبستگی مثبت در رابطه با متغیر قطر تاج مشاهده شد. در مورد متغیر ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج، از فاصله حدود ۵ تا ۳۰ متری وضعیت همبستگی مثبت وجود داشت.

در توده آمیخته از فاصله صفر تا ٤۰ متری حالت استقلال و همبستگی منفی بین پایه‌های درختی از نظر متغیر قطر برابر سینه و قطر تاج مشاهده شد. از فاصله حدود ۱۰ تا ٤۰ متری بین پایه‌های درختی حالت استقلال از نظر متغیر ارتفاع کل و طول بخش نورگیر تاج ملاحظه گردید. مقیاس مکانی متغیرهای نشان در توده‌های خالص و آمیخته متفاوت به‌دست آمد.

در مجموع، مطالعه اثر متقابل بین درختان پده برای درک پویایی، روند رشد و مکانیسم‌هایی که این‌گونه باارزش را در خطر انقراض قرار می‌دهد مفید باشد. با فهم نوع اثر متقابل بین درختان پده، می‌توان شرایط اکولوژیک را طوری تسریع بخشید تا رشد کمی و کیفی این درختان بهبود یابد و درنهایت ما را به سوی راهکارهای حفاظتی این جامعه گیاهی ارزشمند سوق دهد.

سپاسگزاری

از معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان به‌دلیل حمایت مالی این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Akhavan, R., Parhizkar, P., Amanzadeh, B., and Mohamadnejad Kiasari, Sh. 2018. Intra-specific competition of beech using Mark Correlation Function (MCF) in the Hyrcanian forests of Iran. Forest and Wood Products. 70: 4. 637-648. (In Persian)
2. Basiri, R., Riazi, A., Taleshi, H., and Pourrezaei, J. 2014. The structure and composition of riparian forests of Maroon River, Behbahan. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 22: 2. 307-321. (In Persian)
3. Basiri, R., Moradi, M., Kiani, B., and Maasumi Babaarabi, M. 2018. Evaluation of distance methods for estimating population density in *Populus euphratica* Olivier natural stands (case study: Maroon riparian forests, Iran). J. of Forest Science. 64: 5. 230-244.
4. Baddeley, A., Rubak, E., and Turner, R. 2015. Spatial point patterns: Methodology and applications with *R*. London, UK: Chapman and Hall/CRC Press. 810p.
5. Begon, M., Harper, J.L., and Townsend, C.R. 1996. Ecology: Individuals, populations and communities 3th. edition. Blackwell Science. Oxford. 1068p.
6. Calagari, M., Djavanshir, K., Zobeiry, M., and Modir-Rahmati, A.R. 2000. Study of *Populus euphratica* community in the margin of Karoon river. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 4: 1. 25-52. (In Persian)
7. Calagari, M. 2018. Ecological characteristics of *Populus euphratica* in natural habitats of Iran and its potential use in wood farming. Iran nature. 3: 1. 22-30. (In Persian)
8. Cao, Y.S., Wang, T., Xiao, Y.A., and Zhou, B. 2014. The interspecific competition between Humulus scandens and Alternanthera philoxeroides. J. of Plant Interactions. 9: 1. 194-199.
9. Dale, M.R. 2004. Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 326p.
10. Erfanifard, Y., and Rezayan, F. 2014. Suitable methods in spatial pattern analysis of heterogeneous wild pistachio (Pistacia atlantica desf.) woodlands in Zagros, Iran. Iranian J. of Applied Ecology. 3: 9. 81-91. (In Persian)
11. Erfanifard, Y., and Khosravi, E. 2015. Evaluating the intraspecific interactions of eshnan (*Seidlitzia rosmarinus*) shrubs in arid lands by point pattern analysis (Case study: Qehi protected area, Isfahan province). Iranian J. of Forest and Poplar Research. 23: 2. 354-367. (In Persian)
12. Erfanifard, Y. 2016. Analyzing the effect of intraspecific competition on biometric attributes of Persian oak coppice trees using pair- and mark-correlation functions in Zagros dry forests. J. of Wood and Forest Science and Technology. 23: 2. 89-109. (In Persian)
13. Getzin, S., Wiegand, K., Schumacher, J., and Gougeon, F.A. 2008. Scale-dependent competition at the stand level assessed from crown areas. Forest Ecology and Management. 255: 2478-2485.
14. Ghadiripour, P., Calagari, M., and Saleheh Shoushtari, M.H. 2015. Study of growth and morphological characteristics of euphrates poplar (*Populus euphratica*) provenances at the experimental nursery of Khuzestan province. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 23: 1. 154-166. (In Persian)
15. Ghadiripour, P., and Bavi, S. 2018. Riparian forests of Khuzestan province, the forgotten forest ecosystems in Iran. Iran Nature. 2: 6. 16-23. (In Persian)
16. Gray, H., and He, L. 2009. Spatial point pattern analysis for detecting density dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. Forest Ecology and Management. 259: 98-106.
17. Han, L., Wang, H., Zhou, Z., and Li, Z. 2008. Spatial distribution pattern and dynamics of the primary population in a natural *Populus euphratica* forest in Tarim Basin, Xinjiang, China. Frontiers of Forestry in China. 3: 4. 456-461.
18. Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., and Stoyan, D. 2008. Statistical analysis and modeling of spatial point patterns. John Wiley & Sons Inc. West Sussex. 534p.

19. Jimenez-Perez, J., Aguirre-Calderon, O.A., and Kramer, H. 2006. Tree crown structure in mixed coniferous forest in Mexico. Trope tag 2006 University of Bonn, October 11-13.
20. Kariminejad, N., Erfanifard, S.Y., Fallah Shamsi, S.R., and Sadeghi, H. 2017. Analyzing the effect of the clustered spatial distribution of mount atlas mastic (*Pistacia atlantica* desf.) trees on their biometric characteristics using mark-correlation function in Baneh research forest, Fars province. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 25: 2. 264-274. (In Persian)
21. Keyimu, M., Halik, U., and Rouzi, A. 2018. Relating water use to tree vitality of *Populus euphratica* Oliv. in the lower Tarim river, NW China. Water. 9: 622.
22. Krebs, C.J. 2013. Ecological Methodology. 2nd Edit. University of Columbia. 620p.
23. Law, R., Illian, J., Burslem, D.F.R.P., Gratzer, G., Gunatilleke, C.V.S., and Gunatilleke, I.A.U.N. 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. J. of Ecology. 97: 616-628.
24. Ledo, A., Canellas, I., Barbeito, I., Gordo, F., Calama, R., and Gea, G. 2014. Species coexistence in a mixed Mediterranean pine forest: Spatio-temporal variability in trade-offs between facilitation and competition. Forest Ecology and Management. 322: 89-97.
25. Linares, J.C., Delgado-Huertas, A., Camarero, J.J., Merino, J., and Carreira, J.A. 2009. Competition and drought limit the response of water-use efficiency to rising atmospheric carbon dioxide in the Mediterranean fir *Abies pinsapo*. Oecologia. 161: 611-624.
26. Ludwig, J.A., and Reynolds, J.F. 1991. Interpreted by Li. Y.Z. Statistical ecology. Inner Mongolia University Press. Pp: 10-24.
27. Martinez, I., Taboada, F.G., Wiegand, T., and Obeso, J.R. 2013. Spatial patterns of seedling-adult associations in a temperate forest community. Forest Ecology and Management, 296: 74-80.
28. Maasoumi Babaarabi, M., Basiri, R., Moradi, M., and Kiani, B. 2018. Spatial pattern of *Populus euphratica* in pure and mixed stands of Maroon, Behbahan. J. of Plant Research (Iranian J. of Biology). 30: 4. 927-939. (In Persian)
29. Näther, W., and Wälder, K. 2007. Applying fuzzy measures for considering interaction effects in root dispersal models. Fuzzy Sets and Systems. 158: 572-582.
30. Ngo Bieng, M.A., Perot, T., de Coligny, F., and Goreaud, F. 2013. Spatial Pattern of Trees Influences Species Productivity in a Mature Oak–Pine Mixed Forest. European J. of Forest Research. 132: 5-6. 841-850.
31. Petritana, I.C., Marzanoc, R., Petritand, A.M., and Linguae, E. 2014. Overstory succession in a mixed *Quercus petraea–Fagus sylvatica* old growth forest revealed through the spatial pattern of competition and mortality. Forest Ecology and Management. 326: 9-17.
32. Safari, A., Shabanian, N., Heidari, R.H., Erfanifard, S.Y., and Pourreza, M. 2010. Spatial pattern of Manna Oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in Bayangan forests of Kermanshah. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 18: 4. 596-608. (In Persian)
33. Safari, A., Heidari, R.H., Shabanian, N., and Karimi, M. 2014. An investigation of spatial pattern in *Pistacia atlantica* Desf. stands by angular method in the Javanroud region of Kermanshah. Iranian J. of Forest and Poplar Research. 22: 2. 347-357. (In Persian)
34. Schomaker, M.E., Zarnoch, S.J., Bechtold, W.A., Latelle, D.J., Burkman, W.G., and Cox, S.M. 2007. Crown-Condition Classification: A Guide to Data Collection and Analysis, Southern Research Station 200 W.T. Weaver Blvd. Asheville, NC 28804.78.
35. Song, M., Hu, Q., Tian, Y., and Ouyang, H. 2012. Seasonal patterns of root and shoot interactions in an alpine meadow on the Tibetan Plateau. J. Plant Ecology. 5: 2. 182-190.

36. Thomas, F.M., Jeschke, M., Zhang, X., and Lang, P. 2017. Stand structure and productivity of *Populus euphratica* along a gradient of groundwater distances at the Tarim River (NW China). J. of Plant Ecology. 10: 5. 753-764.
37. Walder, K., and Walder, O. 2007. Analyzing interaction effects in forests using the mark correlation function. Forest@. 4: 4. 365-372.
38. Wiegand, T., and Moloney, K.A. 2014. Handbook of spatial point pattern analysis in ecology. Boca Raton, FL: CRC Press. 538p.
39. Yang, X.Z., Zhang, W.H., and He, Q.Y. 2019. Effects of intraspecific competition on growth, architecture, and biomass allocation of *Quercus Liaotungensis*. J. of Plant Interactions. 14: 1. 284-294.
40. Yılmaz, O.Y., Kavgacı, A., Sevgi, O., Örtel, E., Tecimen, H.B., Çobanoğlu, A., and Yeşil, İ. 2019. Scale-dependent intraspecific competition of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) saplings in Southern Turkey. J. of Ecology and Evolution. 9: 2. 1-11.
41. Zhang, D., Yin, L., and Pan, B. 2002. Biological and ecological characteristics of *Tamarix* L. and its effect on the ecological environment. Science in China Series D: Earth Sciences. 45: 18-22.
42. Zobeiry, M. 2012. Forest inventory measurement of tree and forest. Tehran university press, 424p. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 27 (4), 2021
http://jwfst.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwfst.2021.18198.1880

Intraspecific interaction comparison in pure and mixed *Populus euphratica* stands using Mark correlation function in Behbahan Chaharasyab area

M. Darsanj[1], *R. Basiri[2] and M. Moradi[3]
[1]M.Sc. Student, Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I.R. of Iran,
[2]Associate Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I.R. of Iran,
[3]Assistant Prof., Dept. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, I.R. of Iran
Received: 08.26.2020; Accepted: 11.23.2020

Abstract
Background and Objectives: Intraspecific interaction is important because it occurs between the same species of individuals that have similar ecological nests. The objective of this study was to evaluate the intraspecific interaction of poplar trees (*Populus euphratica* Olivier.) using mark correlation functions.

Materials and Methods: The position of all trees with DBH > 2.5 cm were recorded in two pure and mixed stands in the Behbahan Chaharasyab area with an area of 4.5 and 9.1 ha, respectively. Tree height (H), diameter at breast height (DBH), crown diameter (CD), and light crown length (LCL) were measured as mark variables. Point spatial pattern analysis was used to study the spatial pattern and intraspecific interaction. Marked correlation (MCF) function was used to reveal the spatial relationships between the poplar individual trees in terms of various characteristics such as total tree height, diameter at breast height, crown diameter, and light crown length.

Results: The results showed that in a pure stand, a significant negative correlation was observed between the DBH of trees at a distance of less than 5 and more than 20 m. Between distances of 5 to 20 m, an independent state was observed between the individuals. There was a positive and negative correlation between the crown diameter of poplar trees from a distance of 5 to 40 m and more than 45 m, respectively. There was a significant positive correlation between the total height and the light crown length of the trees from a distance of 5 to 30 m. At a distance of more than 30 m, independence was seen between the individuals. In the mixed stand, the independence status was observed between DBH of trees up to a distance of 40 meters. A positive correlation was observed at distances greater than 40 m. There was a negative correlation between trees CD at all distances. The independence was seen between H and LCL of trees at most distances.

Conclusion: In the pure stand, depending on different distances and marks, various states of interaction including negative, positive, and independence were seen between the tree individuals. While in the mixed stand, except for the state of negative interaction that was seen in relation to the crown diameter, in other cases, the condition of independence between different individuals was observed in terms of the studied marks. DBH showed similar conditions in both pure and mixed stands. CD showed positive and negative correlations

*Corresponding author: basiri@bkatu.ac.ir

between individuals in pure and mixed stands, respectively. There was a positive correlation between H and LCL of individuals in the pure stand while independence was observed in the mixed stand. Overall, it is useful to study the interaction between poplar trees to understand the dynamics, growth process, and mechanisms that endanger this valuable species.

Keywords: Mark correlation function, Point pattern analysis, Pure and mixed stands, Riparian forests