

تحلیل وضعیت خشکیدگی جنگل‌های بلوط زاگرس با استفاده از روش‌های آمار مکانی (پژوهش موردی: جنگل زرآب استان ایلام)

رضا اخوان^۱، علی مهدوی^{۲*} و موسی کیانفر^۳

۱- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

پست الکترونیک: a_amoli646@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد جنگل‌داری، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان دهلران، ایلام، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۱

چکیده

حدود یک دهه است که پدیده خشکیدگی در جنگل‌های بلوط زاگرس مشاهده شده است. یکی از کانون‌های اصلی و ابتدایی این پدیده جنگل‌های استان ایلام هستند. در این پژوهش جنگلی به مساحت ۸۳ هکتار در منطقه زرآب ایلام که مبتلا به خشکیدگی بود انتخاب و نوع گونه، قطر برابر سینه، فرم پرورشی، ارتفاع کل، درصد خشکیدگی و سطح تاج کلیه درختان خشکیده بررسی و مختصات جغرافیایی آنها تعیین شد. ساختار، الگو و همبستگی مکانی این متغیرها به ترتیب با استفاده از تحلیل واریوگرام، آماره او-رینگ و تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) بررسی شد. نتایج نشان داد که تراکم درختان دچار خشکیدگی ۲۷ پایه در هکتار است که بیشتر شامل جست‌گروه‌های شاخه‌زاد با بیشترین فراوانی در پایه‌های کم‌قطر و میان‌قطر بوده است. الگوی پراکنش درختان دچار خشکیدگی تا شعاع ۳۵ متری خوشه‌ای و پس از آن یکنواخت بود. تحلیل واریوگرام نشان داد که درصد خشکیدگی و قطر برابر سینه دارای ساختار مکانی قوی قابل مدل‌سازی و سطح تاج و ارتفاع کل دارای ساختار مکانی ضعیف هستند. نمودار MCF نشان داد که قطر برابر سینه درختان خشکیده مجاور مشابه نیستند، اما درصد خشکیدگی آنها به هم شباهت دارند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که خشکیدگی در تمام درختان منطقه پژوهش با متغیرهای زیست‌سنجی مختلف و در جهات مختلف جغرافیایی اتفاق افتاده است. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند راهنمایی برای مدیریت پایدار این توده‌ها و جنگل‌شناسی کاربردی آنها بوده و به‌هنگام برش‌های بهداشتی مدنظر قرار گیرد تا براساس نوع الگوی پراکنش و ابعاد لکه‌ها و خوشه‌ها و فواصل موجود دخالت صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی، زمین‌آمار، همبستگی مکانی، زوال جنگل، ایلام.

مقدمه

شد (Anonymous, 2004). براساس آخرین برآوردها حدود یک میلیون و چهارصد هزار هکتار از بوم‌سازگان‌های جنگلی بلوط ناحیه زاگرس از کل مساحت ۶ میلیون هکتاری جنگل‌های این ناحیه دچار پدیده خشکیدگی و زوال شده‌اند (Ahmadi, 2004). کانون این پدیده به ترتیب

یکی از معضلات جنگل‌های زاگرس در دهه اخیر بروز پدیده خشکیدگی در این مناطق است. برای نخستین بار نشانه‌های ابتلای رویشگاه‌های زاگرس به پدیده خشکیدگی (زوال) در سال ۱۳۸۷ در جنگل‌های استان ایلام مشاهده

کازرون در استان فارس انجام دادند که براساس آن مشخص شد بیشترین درختان خشکیده، شاخه‌زادند (۵۸/۳ درصد) و در طبقه میان‌قطر (۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر) قرار دارند. در پژوهشی دیگر در جنگل‌های شلم استان ایلام مشخص شد که بر اثر وقوع بحران زوال بلوط، به‌طور متوسط ۱۵/۷ درصد از تراکم اشکوب درختی و درختچه‌ای کم شده که ۹۷/۷ درصد آن مربوط به گونه برودار (*Quercus brantii*) (بلوط ایرانی) بوده است. (Hoseini et al., 2013). Mahdavi و همکاران (۲۰۱۵a) به پیش‌بینی زوال درختان بلوط در منطقه بیوره استان ایلام با استفاده از مدل لجستیک پرداختند و نقشه احتمال خشکیدگی درختان بلوط را تهیه کردند. Hoseinzadeh و Pourhashemi (۲۰۱۵) به بررسی شاخص‌های تاج درختان بلوط ایرانی در رابطه با پدیده خشکیدگی در جنگل‌های ایلام پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تاج‌های بزرگ‌تر دچار آسیب بیشتری شده‌اند. Hoseinzadeh و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی ارتباط عامل پستی و بلندی با گسترش زوال بلوط در جنگل‌های مله‌سیاه استان ایلام پرداختند و به این نتیجه رسیدند که جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا، بر میزان خشکیدگی درختان تأثیر معنی‌داری داشته است، به‌طوری که در جهت جنوبی و ارتفاعات پایین میزان خشکیدگی بیشتر بوده است. Azizi و همکاران (۲۰۱۵) به واکاوی زوال جنگل‌های استان ایلام در ارتباط با تغییرات بارش پرداختند و به این نتیجه رسیدند که یکی از عوامل اصلی خشکیدگی و کاهش سبزی‌نگی در جنگل‌های منطقه کاهش بارندگی و تنش خشکی به‌ویژه در فصل رشد بوده است. Parvaneh و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی ارتباط بین میزان خشکیدگی درختان بلوط ایرانی با تیپ جنگل، خصوصیات خاک و شرایط توپوگرافی در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مرگ‌ومیر شدیدتر در خاک‌های کم‌عمق با مواد آلی و نیتروژن کمتر، شیب‌های تندتر، جهت‌های گرم‌تر و تیپ‌های خالص‌تر بلوط روی داده است. Zandebasiri و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش Fierke به ارزیابی شدت بحران زوال در جنگل‌های تنگ‌سولک استان کهگیلویه و بویراحمد

رویشگاه‌های جنگلی استان‌های ایلام و فارس و پس از آن، استان‌های لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و کرمانشاه بوده است (Akhavan et al., 2016). تغییر اقلیم، خشکسالی، فعالیت‌های عمرانی بدون توجه به ارزیابی محیط‌زیستی، وجود دام بیش از ظرفیت مجاز در جنگل، زراعت زیراشکوب، تصرف و تخریب اراضی جنگلی، سرشاخه‌بری و قطع درختان، آتش‌سوزی و ریزگردها مهم‌ترین عواملی هستند که بستر را برای بروز بیماری زغالی و هجوم سوسک‌های چوینوار (عامل ثانویه) به رویشگاه‌های زاگرس فراهم کرده و زوال و خشکیدگی جنگل‌های این منطقه را سبب شده‌اند (Ahmadi, 2004). از آنجا که سطح عمده رویشگاه‌های زاگرس پوشیده از درختان بلوط است، بیشترین خشکیدگی‌ها مربوط به این جنس می‌باشد (Hoseini et al., 2013, 2014; Mahdavi et al., 2017; Zandebasiri et al., 2015b)، اما علاوه بر بلوط‌ها گونه‌های دیگر جنگلی مثل بنه (*Pistacia atlantica*)، زالزالک (*Crateagus azarolus*)، ارژن (*Amygdalus orientalis*) و بادام (*Amygdalus scoparia*) هم به خشکیدگی مبتلا شده‌اند (Ahmadi, 2004).

خشکیدگی بلوط در دنیا دارای سابقه‌ای طولانی است. سابقه اولین رخداد آن به اوایل قرن هجدهم میلادی برمی‌گردد که در سال ۱۷۳۹ با بروز بیماری در جنگل‌های بلوط آلمان گزارش شد. این پدیده در غرب روسیه (۱۹۶۷)، رومانی (۱۹۷۱) و در سوئد (۱۹۹۰) هم مشاهده شد (Pourhashemi et al., 2017). همچنین در کشورهای پرتغال (اواخر قرن نوزدهم)، انگلستان (۱۹۲۰)، اسپانیا (۱۹۸۰)، لهستان (۲۰۰۵) و آمریکا (۲۰۰۶) هم ظاهر شد که مهم‌ترین عوامل آن گرم شدن هوا، کاهش بارندگی، خشکی در تابستان و بارش‌های سیل‌آسا در زمستان، تغییرات کاربری اراضی و کشت گونه‌های غیربومی، آتش‌سوزی‌های گسترده در جنگل و طغیان آفات و امراض جنگلی ذکر شده است (Ainsworth & Long, 2005).

اولین پژوهش در مورد پدیده زوال بلوط در کشور را Hamzeshpour و همکاران (۲۰۱۱) در جنگل‌های دشت برم

مزیت استفاده از روش‌های آمار مکانی این است که با استفاده از ابزارهای ویژه خود مانند واریوگرام یا شاخص‌های تعیین نوع الگوی مکانی قادر به کشف و شناسایی ساختارهایی از داده‌های دارای مختصات هستند که آمار کلاسیک از کشف و دریافت آنها ناتوان است.

در حال حاضر پدیده خشکیدگی و زوال جنگل‌های بلوط زاگرس همچنان در حال گسترش است. طی دهه گذشته بخش بزرگی از جنگل‌های زاگرس به‌ویژه در استان ایلام در مناطق پارک جنگلی چغاسبز، ملکشاهی و تنگه‌دالاب مبتلا به بحران زوال بلوط شده‌اند. هدف این پژوهش، تحلیل وضعیت خشکیدگی جنگل‌های بلوط منطقه زرآب در استان ایلام با استفاده از روش‌های مختلف آمار مکانی است تا اقدامات مدیریتی در راستای مقابله با این پدیده براساس شناخت صحیح از وضعیت موجود برنامه‌ریزی شود.

مواد و روش‌ها معرفی منطقه

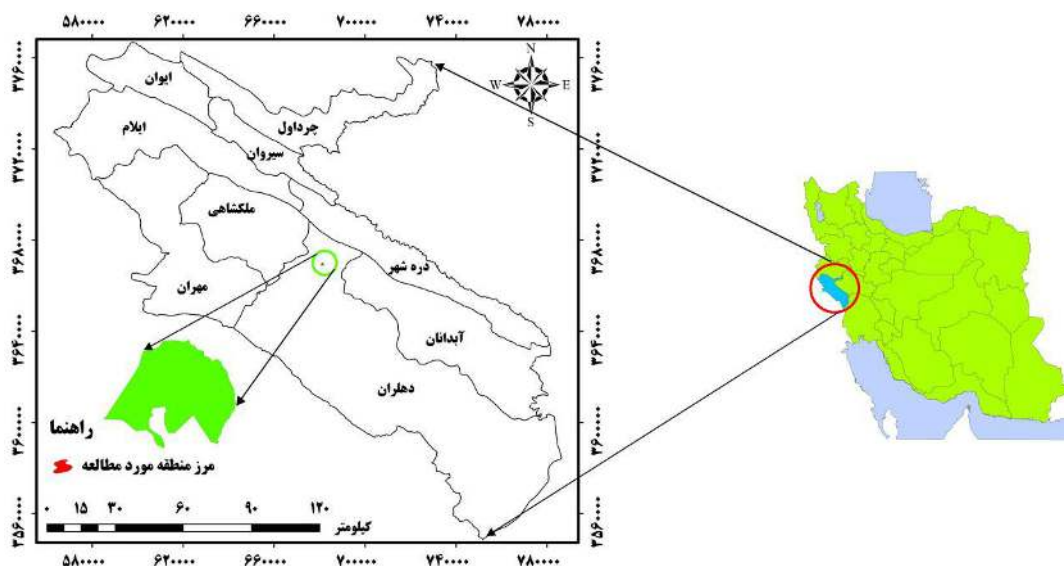
منطقه پژوهش با مساحت ۸۳ هکتار در جنگل‌های زرآب شهرستان دهلران در استان ایلام قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع این منطقه ۱۲۷۰ متر بالاتر از سطح دریاست. براساس اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه یعنی ایستگاه پهله زرین‌آباد شهرستان دهلران، میانگین دما و بارندگی سالانه در ده سال گذشته به ترتیب ۲۶/۱ درجه سانتی‌گراد و ۳۵۸ میلی‌متر است. کمینه دمای مطلق منطقه ۵- درجه سانتی‌گراد در بهمن و بیشینه دمای مطلق آن ۴۰ درجه سانتی‌گراد در مرداد است (Anonymous, 2011b). اقلیم منطقه براساس روش دومارتن گرم و خشک است. منطقه پژوهش کاملاً پوشیده از جنگل و گونه غالب آن برودار (*Quercus brantii*) است ولی سایر گونه‌ها مانند زالزالک (*Crateagus azarolus*)، بنه (*Pistacia atlantica*)، کیکم (*Acer monspessulanum*) و راناس (*Cerasus microcarpa*) نیز همراه آن هستند (Anonymous, 2011a).

پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تنها ۱۱ درصد از درختان این منطقه دچار پدیده زوال شده‌اند و فقط ۱۴ درصد از آنها در مرحله پیشروی زوال قرار دارند.

Brown و همکاران (۲۰۱۶) در انگلستان الگوی زمانی - مکانی خشکیدگی بلوط‌ها را در داخل قطعات نمونه در مدت چهار ساله پایش کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوی پراکنش درختان دچار خشکیدگی به صورت خوشه‌ای است. آنها به این نتیجه رسیدند که الگوی خوشه‌ای ناشی از عوامل بیماری‌زا و آفت‌های زیستی است تا عوامل محیطی گسترده‌تر موجود مانند خشکسالی‌ها.

از میان سوابق پژوهش داخلی بررسی شده تنها دو مقاله تاکنون به بررسی پدیده خشکیدگی و زوال جنگل‌های بلوط ناحیه زاگرسی ایران با استفاده از روش‌های آمار مکانی پرداخته‌اند که در اولی با استفاده از روش‌های تحلیل الگوهای نقطه‌ای و نیز تحلیل واریوگرام، الگوی مکانی و ساختار مکانی متغیرهای کمی درختان خشکیده بلوط ایرانی در منطقه بیوره استان ایلام بررسی شده است (Akhavan et al., 2016) و در دومی نقشه خشکیدگی و احتمال خشکیدگی درختان بلوط ایرانی در دشت برم استان فارس با استفاده از روش کریجینگ زمین‌آمار تهیه شده است (Ahmadi et al., 2016). در منابع خارجی نیز تنها یک مورد پژوهش در مورد استفاده از آمار مکانی و تحلیل واریوگرام در بررسی خشکیدگی و زوال جنگل‌ها یافت شد که در آن Fan و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی خشکیدگی بلوط‌های قرمز (*Quercus rubra*) و سفید (*Quercus alba*) در آمریکا پرداختند، اما به دلیل ساختار مکانی ضعیف واریوگرام موفق به استفاده از روش زمین‌آمار در تهیه نقشه پهنه‌بندی خشکیدگی نشدند.

تفاوت روش‌های آمار مکانی (Spatial Statistics) با آمار کلاسیک در این است که در این روش‌ها از داده‌هایی استفاده می‌شود که دارای مختصات مکانی می‌باشند. روش‌های زمین‌آمار (Geo-statistics)، (Inverse IDW) و (Distance Weighting) و روش‌های تحلیل الگوی نقطه‌ای (Point Pattern Analysis) از جمله این روش‌ها می‌باشند.



شکل ۱- موقعیت منطقه تحقیق در استان ایلام (سیستم مختصات نقشه: UTM)

شیوه اجرای پژوهش

برای اجرای این پژوهش در پاییز ۱۳۹۴ همه درختان دچار خشکیدگی موجود در محدوده ۸۳ هکتاری منطقه پژوهش با قطر برابر سینه بیشتر از یک سانتی‌متر، پایه به پایه بررسی و آماربرداری صددرصد شدند. متغیرهای برای هر درخت شامل نوع گونه، قطر برابر سینه (در شاخه‌زادها قطر برابر سینه قطورترین جست خشکیده)، فرم پرورشی (دانه‌زاد یا شاخه‌زاد)، ارتفاع کل درخت و سطح تاج (با اندازه‌گیری دو قطر بزرگ و کوچک تاج) و درصد خشکیدگی بود. همچنین مختصات جغرافیایی (X, Y) این درختان در سیستم مختصات UTM به وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) و شیب و جهت محل قرارگیری آنها نیز ثبت شد. روش برآورد درصد خشکیدگی تاج به صورت چشمی بود. بدین صورت که تاج درخت به دو قسمت تقسیم می‌شد و میزان درصد خشکیدگی هر قسمت به صورت چشمی برآورد شد.

الگوی مکانی

به‌طور کلی سه نوع الگوی مکانی اصلی در طبیعت وجود دارد: ۱- خوشه‌ای یا تجمعی، ۲- یکنواخت یا منظم و ۳- تصادفی. الگوهای تصادفی یک جمعیت به همگنی محیطی

یا به الگوهای رفتاری غیرانتخابی اشاره دارد. از طرف دیگر، الگوهای غیرتصادفی (خوشه‌ای و یکنواخت) به‌طور تلویحی بیانگر وجود برخی محدودیت‌ها در جمعیت است (Quinn & Dunham, 1983). الگوی خوشه‌ای بیان می‌کند که افراد در قسمت‌های مساعدتر رویشگاه جمع می‌شوند؛ این امر ممکن است به دلیل رفتار گروهی، ناهمگنی محیطی، شیوه تجدید حیات و غیره باشد. پراکنش یکنواخت از کنش‌های متقابل منفی، مانند رقابت برای غذا یا فضا در بین افراد حاصل می‌شود (Quinn & Dunham, 1983).

به‌منظور بررسی الگوی پراکنش مکانی درختان دچار خشکیدگی در منطقه پژوهش از آماره او-رینگ (O-ring statistic) استفاده شد. این روش در بررسی الگوی مکانی، نسبت به تابع K رایبلی و شکل خطی آن یعنی تابع L مفیدتر است. جایگزینی حلقه‌ها (Rings) در او-رینگ به‌جای دوایر در تابع K ، این آماره را در کشف الگو در فواصل مختلف توانمندتر می‌سازد (Wiegand et al., 1999; Illian et al., 2008). توابع K و L براساس تعداد نقاط موجود در داخل دوایر با شعاع r در اطراف نقاط مرکزی محاسبه می‌شوند و ماهیت تجمعی دارند؛ به‌طوری که با افزایش شعاع دایره، الگوی مکانی شامل ترکیبی از اطلاعات مکانی

همبستگی مکانی بین مقادیر قطر برابرسینه، ارتفاع کل، سطح تاج و درصد خشکیدگی درختان خشکیده در منطقه تحقیق از تحلیل واریوگرام (شکل ۲) استفاده شد. در واریوگرافی برای تشریح و مدل‌سازی رفتار واریوگرام از سه مؤلفه استفاده می‌شود: دامنه تأثیر (Range)، حد آستانه یا سقف (Sill) و اثر قطعه‌ای (Nugget effect). دامنه تأثیر حداکثر فاصله‌ای است که پس از آن، دیگر ساختار مکانی وجود ندارد و واریوگرام به مقدار ثابتی می‌رسد. اغلب در عمل، واریوگرام دارای عرض از مبدأیی است که اثر قطعه‌ای نامیده می‌شود که بیانگر واریانس تصادفی و بدون ساختار است. وقتی واریوگرام به مقدار ثابت خود می‌رسد، ارتفاع واریوگرام برابر حد آستانه یا سقف واریوگرام، یعنی برابر مجموع واریانس تصادفی و ساختاردار است (شکل ۲) (Webster & Oliver, 2000). نسبت ساختار مکانی به سقف واریوگرام نشان‌دهنده درصد ساختار مکانی واریوگرام است $(SP=C_1/C)$. نسبت ۷۵ درصد و بیشتر، نشان‌دهنده ساختار مکانی قوی، بین ۲۵ تا ۷۵ درصد بیانگر ساختار مکانی متوسط و کمتر از ۲۵ درصد نشان‌دهنده ساختار مکانی ضعیف متغیر مورد بررسی است (در حالت شدید آن مدل واریوگرام به صورت خطی موازی محور افقی ظاهر می‌شود، یعنی هیچ‌گونه روند مکانی وجود ندارد) (Cambardella et al., 1994).

در صورتی که ساختار مکانی واریوگرام متوسط یا قوی باشد می‌توان از روش درون‌یابی وزنی زمین‌آمار یعنی روش کریجینگ به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی متغیر مورد نظر استفاده کرد که در این پژوهش نقشه پهنه‌بندی قطر برابرسینه و درصد خشکیدگی درختان خشکیده بلوط به روش کریجینگ معمولی نقطه‌ای (Ordinary Point Kriging) تولید شد. همه تجزیه و تحلیل‌های این بخش با استفاده از نرم‌افزار GS+ نسخه ۱۰ (Gamma Design Software, LLC, Plain well, MI) انجام گرفت.

نقاط در مقیاس‌های کوچک و بزرگ خواهد بود. اما اساس آماره او-رینگ بر پایه متوسط تعداد نقاط قرارگرفته بر روی حلقه‌ها با شعاع r از نقاط مرکزی در داخل قطعه مورد مطالعه است (Luis et al., 2008). از آماره او-رینگ تک‌متغیره برای نشان دادن نوع الگوی پراکنش گونه‌ها (تصادفی، خوشه‌ای و یکنواخت) استفاده می‌شود. آماره اورینگ با تابع K رایبلی و تابع روابط جفتی $g(r)$ ارتباط دارد که به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

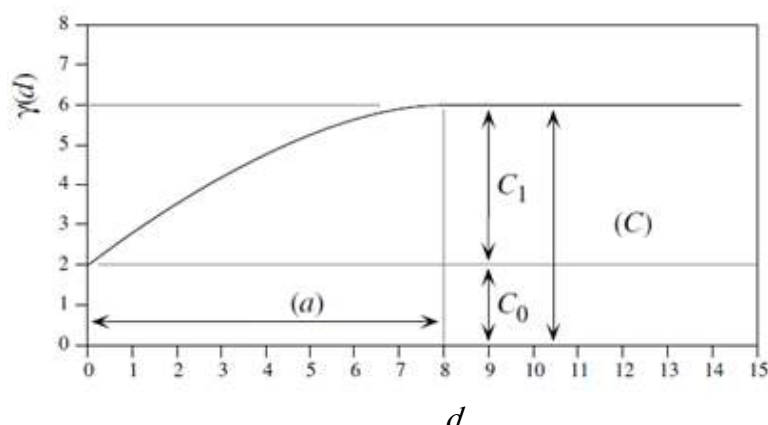
$$O(r) = \lambda g(r) \quad (1)$$

در این رابطه $O(r)$ آماره تک‌متغیره او-رینگ، λ تراکم (تعداد در واحد سطح) و $g(r)$ مشتق تابع K رایبلی است. برای آزمون وجود اختلاف معنی‌دار بین الگوی تصادفی (فرض صفر) و الگوی مشاهده‌شده، نتایج حاصل از او رینگ در سطح احتمال مشخص با تکرار شبیه‌سازی تصادفی روش مونت‌کارلو مقایسه می‌شود. در صورتی که مقادیر او-رینگ در داخل محدوده مونت‌کارلو قرار گیرند، فرض صفر در آن فاصله تأیید و در صورتی که این مقادیر خارج از محدوده مونت‌کارلو قرار گیرند فرض صفر رد می‌شود؛ به طوری که اگر نمودار او-رینگ بالاتر از حد بالای محدوده مونت‌کارلو یا پایین‌تر از حد پایین آن قرار گیرد، الگوی مشاهده‌شده به ترتیب خوشه‌ای و یکنواخت (منظم) خواهد بود (Luis et al., 2008).

در این تحقیق ۹۹ بار شبیه‌سازی مونت‌کارلو انجام گرفت و فاصله مورد عمل برای محاسبه آماره او-رینگ تک‌متغیره ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد زیرا در فواصل بیش از ۱۰۰ متر تغییری در الگوی مکانی توابع تک‌متغیره ایجاد نشد. همه محاسبات مربوط به تعیین مقادیر آماره او-رینگ با استفاده از نرم‌افزار Programita نسخه ۲۰۱۰ (Wiegand & Moloney, 2004) انجام گرفت.

ساختار مکانی

در این تحقیق به منظور بررسی و تشریح ساختار و



شکل ۲- یک واریوگرام نظری به همراه مؤلفه‌های آن

(a): دامنه تأثیر، C: سقف واریوگرام، C₀: اثر قطعه‌ای، C₁: ساختار مکانی، d: فاصله و γd : مقدار واریوگرام)

باشد، قطر‌ها (مارک‌ها) همبستگی منفی نسبت به هم داشته یعنی متفاوت هستند و در نهایت اگر $k_{mm}(d)=1$ باشد قطر‌ها مستقل از هم و بدون همبستگی در نظر گرفته می‌شوند. تفاوت معنی‌دار این همبستگی از توزیع مستقل (بدون همبستگی) به وسیله آزمون مونت‌کارلو تعیین می‌شود، به طوری که اگر نمودار MCF بالاتر از حد بالایی مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی بین نشان‌ها مثبت است، یعنی نشان‌ها در فواصل نزدیک به هم شباهت دارند. اگر نمودار MCF پایین‌تر از حد پایین مونت‌کارلو قرار گیرد، همبستگی بین نشان‌ها منفی است، یعنی نشان‌ها در فواصل نزدیک به هم تفاوت دارند. در صورتی که نمودار MCF بین دو حد مونت‌کارلو قرار گیرد، مارک‌ها یا نشان‌ها بدون همبستگی و مستقل از هم می‌باشند (Khan et al., 2013).

حدود مونت‌کارلو با ۹۹ بار شبیه‌سازی در نرم‌افزار Programita نسخه ۲۰۱۴ (Wiegand & Moloney, 2004) تا فاصله ۱۰۰ متر محاسبه شد. همچنین همبستگی بین درصد خشکیدگی با متغیرهای زیست‌سنجی درختان خشکیده و با متغیرهای توپوگرافی عرصه پژوهش با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن در نرم‌افزار SPSS بررسی شد.

نتایج

آماربرداری صددرصد درختان دچار خشکیدگی

پس از اتمام آماربرداری صددرصد در مجموع ۲۲۱۴ پایه

تابع همبستگی نشاندار (MCF): Mark Correlation Function

در این پژوهش به منظور بررسی همبستگی متغیرهای درختان خشکیده در منطقه مورد بررسی از تابع همبستگی نشان‌دار استفاده شد. تابع همبستگی نشان‌دار یا $k_{mm}(d)$ اولین بار توسط Stoyan (۱۹۸۴) در آلمان معرفی شد. در این تابع، هر نقطه مختصات‌داری که در مبحث تحلیل الگوی نقطه‌ای استفاده می‌شود، علاوه بر دو بعد X و Y دارای بُعد سوم است که از آن به عنوان مارک یا نشان یاد می‌شود که این بُعد سوم در این پژوهش قطر برابرسینه، ارتفاع کل، سطح تاج و درصد خشکیدگی درختان دچار خشکیدگی بوده است. هدف از تحلیل توابع همبستگی نشان‌دار، ارزیابی همبستگی مکانی مارک‌ها یا نشان‌ها به عنوان تابعی از فاصله است. در این تابع تشابه یا عدم تشابه بین یک مشخصه کمی از دو درخت که به فاصله d از یکدیگر قرار گرفته‌اند از طریق رابطه ۲ محاسبه می‌شود: $f(m_1, m_2) = m_1 \times m_2$ (۲) به طوری که m_1 و m_2 یک مشخصه کمی (مانند قطر) از دو درخت مجاور به فاصله d می‌باشند.

$k_{mm}(d)$ میانگین نرمال شده تابع $f(m_1, m_2)$ برای همه نشان‌ها (مثلاً قطر‌هایی) است که به فاصله d از یکدیگر قرار گرفته‌اند. به طوری که اگر $k_{mm}(d) > 1$ باشد، قطر‌ها (مارک‌ها) همبستگی مثبت نسبت به هم داشته یعنی مشابه هم هستند، اگر $k_{mm}(d) < 1$

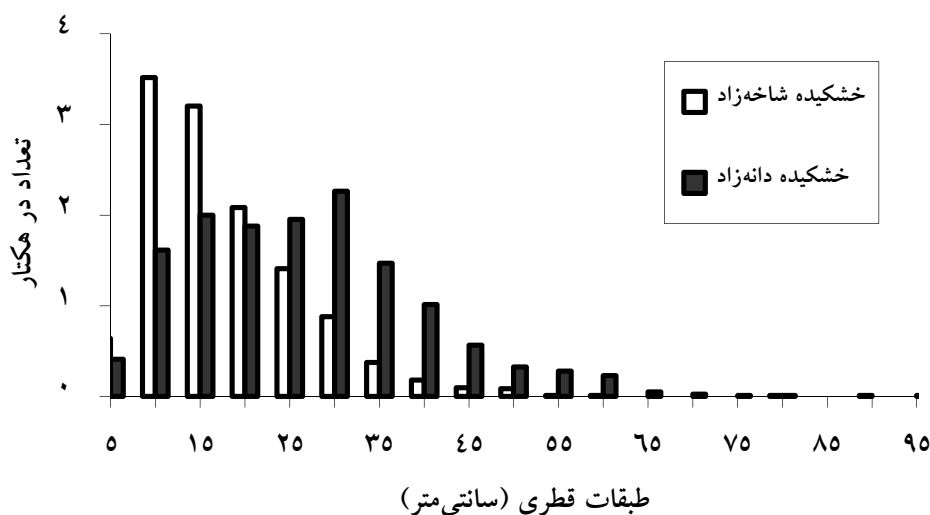
داشتند که مشخصات آنها در جدول ۱ ارائه شده است. میزان ناهمگنی (ضریب تغییرات) در متغیرهای قطر برابر سینه و سطح تاج بسیار زیاد است (جدول ۱). همه این درختان دارای خشکیدگی بین ۵۰ تا صددرصد هستند، به طوری که ۹۸/۷ درصد از این پایه‌ها دارای خشکیدگی صددرصد تنه و تاج بوده‌اند. شکل ۳ نمودار پراکنش تعداد در طبقات قطری درختان دچار خشکیدگی را در منطقه تحقیق نشان می‌دهد.

درخت دچار خشکیدگی شامل ۴۷ درصد درختان دانه‌زاد (۱۰۴۱ پایه) و ۵۳ درصد شاخه‌زاد (۱۱۷۳ پایه) اندازه‌گیری و بررسی شدند که نتیجه آن تراکمی حدود ۲۷ پایه درخت دچار خشکیدگی در هکتار بود. غالبیت درختان دچار خشکیدگی در منطقه با گونه برودار (۹۹/۵ درصد) بود و فقط ۹ پایه خشکیده از گونه‌های بنه، راناس، زالزالک و کیکم مشاهده شدند. ۶۳ درصد درختان دچار خشکیدگی در کلاسه شیب صفر تا ۱۰ درصد و حدود نیمی از آنها (۴۹ درصد) در جهت شمالی قرار

جدول ۱- مشخصه‌های آماری متغیرهای بررسی شده در درختان خشکیده منطقه تحقیق

متغیر	میانگین		کمینه		بیشینه		ضریب تغییرات (درصد)	
	دانه‌زاد	شاخه‌زاد	دانه‌زاد	شاخه‌زاد	دانه‌زاد	شاخه‌زاد	دانه‌زاد	شاخه‌زاد
فرم پرورشی	۱۱/۹	۱۵/۲	۰/۱	۰/۱	۷۶/۱	۹۳/۲	۸۲/۲	۸۲/۶
سطح تاج (مترمربع)	۲۶/۴	۱۷/۷	۱/۴	۳	۹۷/۰	۹۰	۴۹/۱	۵۱/۷
قطر برابر سینه* (سانتی‌متر)	۴/۵	۴/۵	۰/۵	۱	۱۶/۰	۱۵	۳۷/۱	۳۵/۶
ارتفاع کل (متر)	۹۹/۸	۹۹/۶	۵۰	۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۲/۴	۲/۵
درصد خشکیدگی								

* در شاخه‌زادها قطر قطورترین جست خشکیده



شکل ۳- پراکنش تعداد در هکتار در طبقات قطری درختان دچار خشکیدگی در منطقه تحقیق

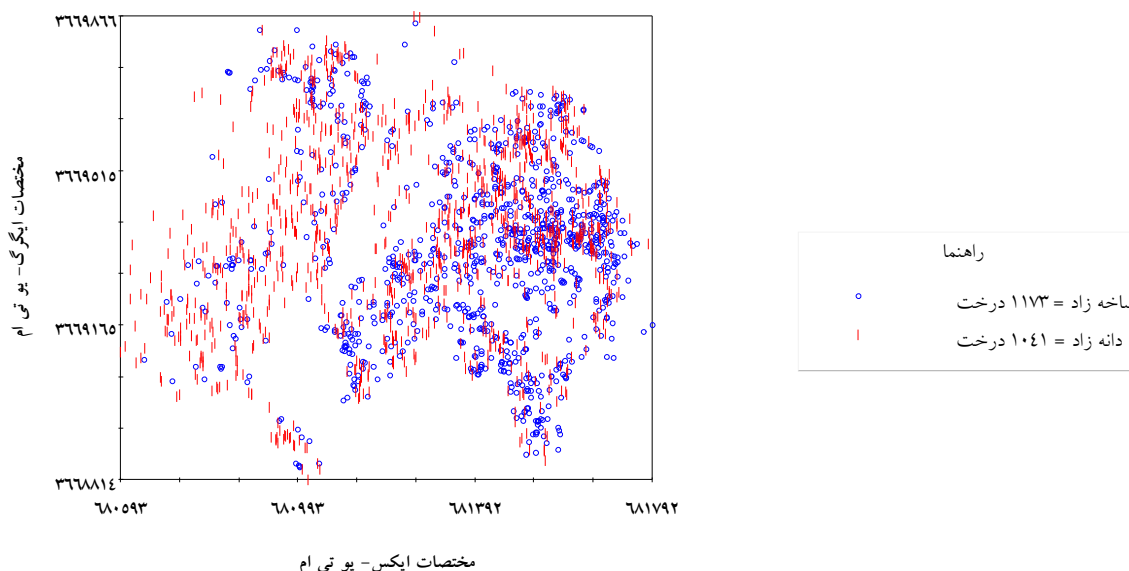
(شاخه‌زاد و دانه‌زاد) بسیار بیشتر از درختان قطور است.

همان گونه که در شکل ۳ مشخص است، فراوانی درختان دچار خشکیدگی کم قطر (شاخه‌زاد) و میان قطر

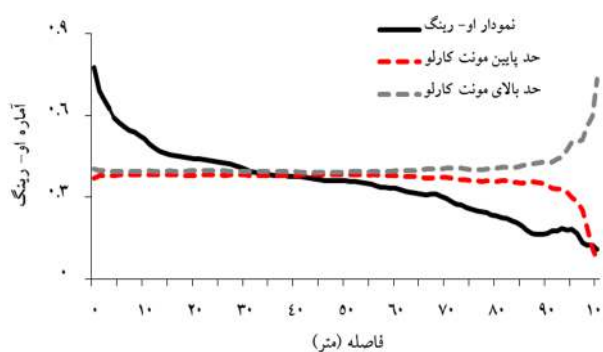
الگوی مکانی

با استفاده از آماره او-رینگ تعیین شد. شکل ۴ وضعیت پراکنش درختان دچار خشکیدگی و شکل ۵ الگوی پراکنش مکانی آنها را در منطقه تحقیق نشان می‌دهد.

با در دسترس بودن مختصات درختان دچار خشکیدگی، الگوی پراکنش مکانی آنها در داخل پلی‌گون منطقه پژوهش



شکل ۴- وضعیت پراکنش درختان دچار خشکیدگی در منطقه تحقیق به تفکیک پایه‌های دانه‌زاد و شاخه‌زاد



شکل ۵- الگوی پراکنش مکانی درختان دچار خشکیدگی در منطقه تحقیق

(اگر آماره او-رینگ بالاتر، در میان یا پایین‌تر از حدود مونت‌کارلو قرار گیرد، الگوی مکانی به ترتیب خوشه‌ای، تصادفی و یکنواخت خواهد بود).

متری یکنواخت است. به عبارت دیگر درختان دچار خشکیدگی در مقیاس متوسط و در لکه‌هایی با مساحت حدود ۳۸/۵ آر در کنار هم به صورت خوشه‌ای تجمع کرده‌اند. همین الگو با وضعیت مشابه به تفکیک برای درختان

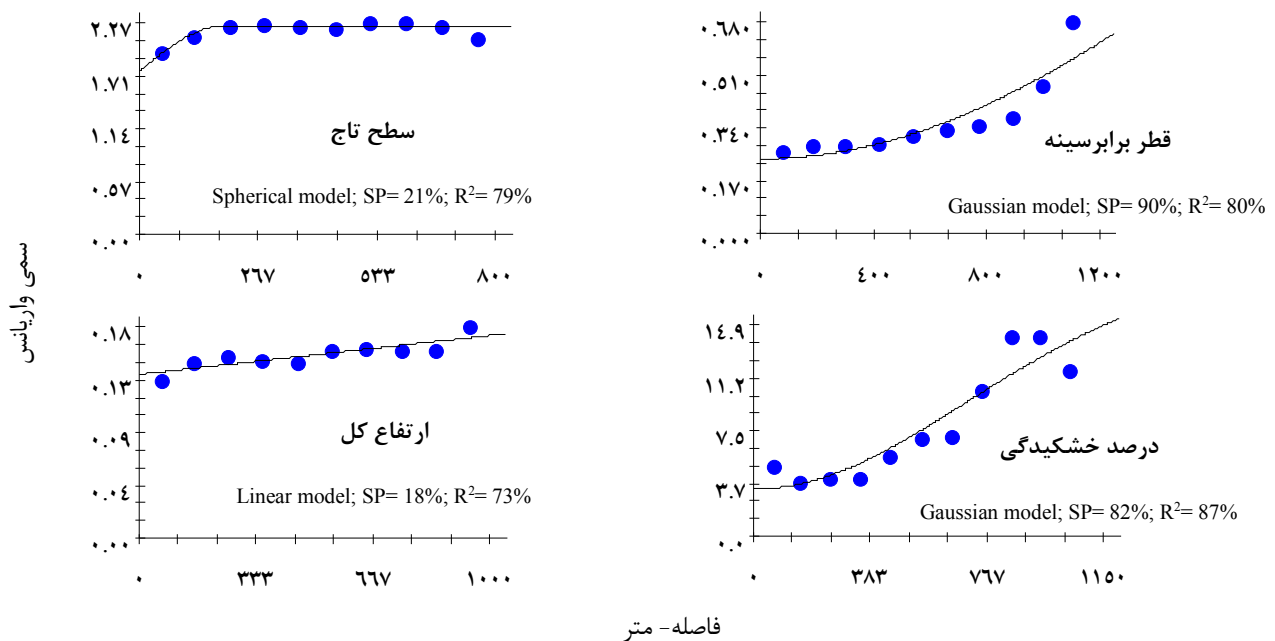
همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، الگوی پراکنش درختان دچار خشکیدگی تا شعاع حدود ۳۵ متری خوشه‌ای و پس از آن با قرار گرفتن نمودار آماره او-رینگ پایین‌تر از محدوده مونت‌کارلو، الگوی پراکنش تا شعاع ۱۰۰

مکانی متغیرهای اندازه‌گیری شده درختان دچار خشکیدگی در منطقه تحقیق با استفاده از محاسبه و رسم واریوگرام نشان داد که دو متغیر درصد خشکیدگی و قطر برابر سینه درختان خشکیده دارای ساختار مکانی قوی قابل مدل‌سازی و متغیرهای سطح تاج و ارتفاع کل دارای ساختار مکانی ضعیف هستند (شکل ۶). همین الگو با وضعیت مشابه به تفکیک برای درختان دانه‌زاد و شاخه‌زاد نیز بدست آمد (نتایج ارائه نشده‌اند).

دانه‌زاد و شاخه‌زاد نیز بدست آمد (نتایج ارائه نشده‌اند). همچنین میانگین کل فاصله بین درختان دچار خشکیدگی ۷/۵ متر، میانگین فاصله بین درختان دچار خشکیدگی دانه‌زاد ۱۰/۹ متر و این فاصله برای درختان دچار خشکیدگی شاخه‌زاد ۱۰/۵ متر به دست آمد.

ساختار مکانی

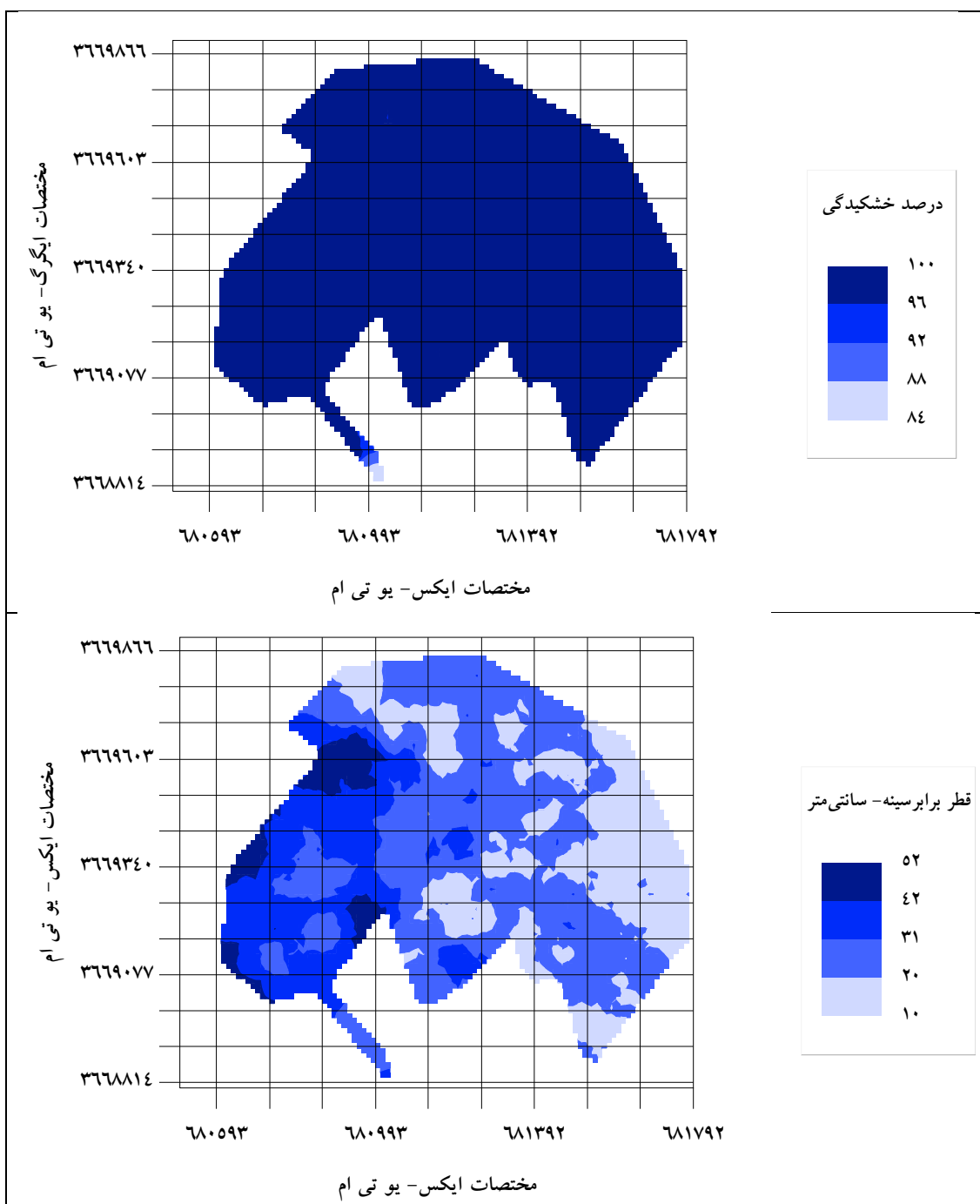
پس از اعمال تبدیل‌های لگاریتمی و ریشه دوم بر روی داده‌ها به منظور ایجاد توزیع نرمال در آنها، بررسی ساختار



شکل ۶- ساختار مکانی (واریوگرام) متغیرهای مورد بررسی درختان دچار خشکیدگی در منطقه تحقیق (SP: درصد ساختار مکانی)

برازش شده بر واریوگرام آنها به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی این دو متغیر به روش کریجینگ که روش درون‌یابی وزنی بر اساس فاصله در تکنیک زمین‌آمار است، استفاده شد (شکل ۷).

همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است درصد ساختار مکانی متغیرهای قطر برابر سینه و درصد خشکیدگی بیش از ۷۵ درصد است که نشان‌دهنده وجود همبستگی مکانی قوی در این دو متغیر در منطقه تحقیق است. در نتیجه از مدل‌های

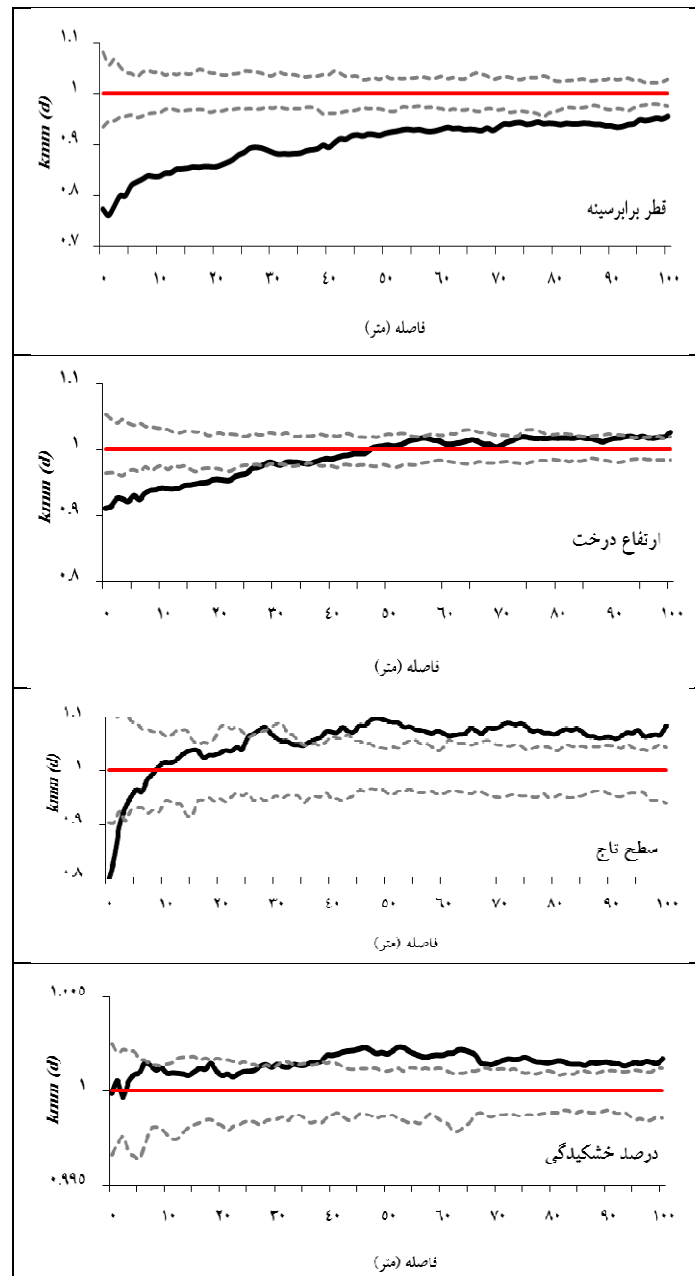


شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی درصد خشکیدگی (بالا) و قطر برابر سینه (پایین) درختان خشکیده به‌روش کریجینگ

قطر برابر سینه درختان دچار خشکیدگی نیز مشخص است که درختان دچار خشکیدگی کم‌قطرتر در قسمت‌های مرکزی و شرقی عرصه پژوهش و درختان دچار خشکیدگی قطورتر در بخش غربی این عرصه گسترش یافته‌اند (شکل ۷).

همان‌طور که در نقشه پهنه‌بندی درصد خشکیدگی در شکل ۷ مشخص است، بیش از ۹۹ درصد عرصه مورد مطالعه دچار خشکیدگی ۱۰۰ درصد است و تاج و تنه درختان مبتلا کاملاً خشک شده است. در نقشه پهنه‌بندی

تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) درختان خشکیده در شکل ۸ ارائه شده است. نمودار تابع همبستگی نشان‌دار برای متغیرهای موردنظر



شکل ۸- تابع همبستگی نشان‌دار برای متغیرهای مورد بررسی درختان خشکیده

(خط ممند: تابع همبستگی نشان‌دار یا MCF، خط افقی برابر عدد ۱: بدون همبستگی و مستقل، خط چین: حدود مونت کارلو؛ اگر نمودار MCF بالاتر، در میان یا پایین‌تر از حدود مونت کارلو قرار گیرد، به ترتیب نشان‌دهنده اینست که تشابه، استقلال و تفاوت بین متغیرهای درختان مجاور وجود دارد)

مونت کارلو قرار گرفته که به این معناست که درختان خشکیده مجاور از نظر قطر برابر سینه شباهتی ندارند،

بر اساس شکل ۸ متغیر قطر برابر سینه به‌طور کامل تا مقیاس مکانی ۱۰۰ متر پایین‌تر از حد پایین حدود

شروع می‌شود، در حالی که قبل از این مقیاس ارتباط از نوع مستقل و بدون همبستگی معنی‌دار است.

ضریب همبستگی اسپیرمن بین درصد خشکیدگی با متغیرهای زیست‌سنجی درختان و توپوگرافی عرصه همبستگی بین درصد خشکیدگی با متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع کل و سطح تاج درختان خشکیده و همچنین بین درصد خشکیدگی با متغیرهای شیب و جهت عرصه پژوهش با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن (به دلیل نرمال نبودن توزیع داده‌ها) بررسی شد (جدول ۲).

به عبارت دیگر خشکیدگی شامل کلیه طبقات قطری درختان بلوط شده است. اما برای متغیر ارتفاع کل درختان این عدم تشابه تا مقیاس مکانی ۳۰ متری مشاهده می‌شود و پس از آن با وارد شدن نمودار MCF به داخل محدوده مونت‌کارلو تا مقیاس مکانی ۱۰۰ متر استقلال و عدم همبستگی متغیر ارتفاع کل درختان خشکیده مجاور در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. تشابه متغیر سطح تاج درختان مجاور از مقیاس مکانی حدود ۴۰ متری شروع شده و تا ۱۰۰ متر ادامه دارد، اما قبل از این فاصله نوع ارتباط عمدتاً از نوع مستقل است. در نهایت تشابه مقادیر برای متغیر درصد خشکیدگی درختان مجاور از مقیاس مکانی حدود ۴۰ متری

جدول ۲- ضریب همبستگی اسپیرمن بین درصد خشکیدگی و ویژگی‌های درختان و عرصه

متغیر	قطر برابرسینه	ارتفاع کل	سطح تاج	شیب	جهت
درصد خشکیدگی	-۰/۰۱۱ ^{NS}	-۰/۰۳۹ ^{NS}	-۰/۰۲۴ ^{NS}	۰/۰۶**	۰/۰۳۱ ^{NS}

NS: همبستگی معنی‌دار نیست **: معنی‌دار در سطح یک درصد

یک محدوده ۸۳ هکتاری در جنگل‌های منطقه زرآب شهرستان دهلران استان ایلام با آماربرداری صددرصد از درختان دچار خشکیدگی و با استفاده از روش‌های آمار مکانی بررسی شد. روش‌های آمار مکانی روش‌هایی هستند که از داده‌های دارای مختصات مکانی استفاده می‌کنند.

به اعتقاد برخی محققان، مهم‌ترین دلایل خشکیدگی درختان، تغییرات اقلیمی، گرم شدن کره زمین، خشکسالی‌ها و گردوغبارهای سال‌های اخیر است که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم با ایجاد ضعف فیزیولوژیک در درختان و حمله آفات و امراض، سبب مرگ آنها شده‌اند (Ainsworth & Long, 2005). (Hogg et al., 2002) با مطالعه خشکیدگی درختان در جنگل‌های کانادا اعلام کردند که خشکسالی‌ها سبب ضعف و کندی رشد درختان شده و در نتیجه، درختان، مستعد حمله کرم‌های چوب‌خوار و قارچ‌های بیماری‌زا شده‌اند. (Bolte et al., 2010) نیز با مطالعه تأثیرات تغییر اقلیم در جنگل‌های سوئد اعلام کردند که خشکی سبب

نتایج نشان داد که هیچ‌گونه همبستگی آماری معنی‌داری بین درصد خشکیدگی درختان خشکیده با متغیرهای یادشده بجز درصد شیب محل قرارگیری درختان خشکیده وجود ندارد. به عبارت دیگر خشکیدگی در عرصه مورد بررسی برای همه درختان با قطرها، ارتفاع‌ها و سطح تاج‌های متفاوت با جهت‌های مختلف اتفاق افتاده است. فقط در رابطه با شیب عرصه، بیشترین میزان خشکیدگی در شیب‌های طبقه ۱۰-۰ درصد مشاهده شده است که همبستگی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد با هم دارند (جدول ۲).

بحث

در سال‌های گذشته، خشکسالی‌ها و ریزگردها، به عنوان مهم‌ترین عوامل خشکیدگی و زوال درختان جنگلی در ناحیه رویشی زاگرس و به ویژه در استان ایلام کانون توجه بوده‌اند. در این تحقیق، وضعیت خشکیدگی درختان بلوط در

نیاز بازنده می‌شوند، تحت فشار قرار گرفته و ریشه‌های موپین خود را از دست می‌دهند؛ بنابراین دچار تنش خشکی و ضعف فیزیولوژیک شده و از بین می‌روند (Hoseini et al., 2013).

نتیجه بررسی الگوی مکانی درختان دچار خشکیدگی نشان داد که این درختان در مقیاس مکانی متوسط یعنی تا فاصله ۳۵ متری پراکنش خوشه‌ای دارند، ولی پس از این فاصله، الگوی پراکنش یکنواخت از خود نشان می‌دهند (شکل ۵). به عبارت دیگر درختان دچار خشکیدگی در لکه‌هایی با مساحت حدود ۳۸/۵ آر جمع شده‌اند. این مطلب نشان‌دهنده این است که اگر مقیاس بررسی درختان دچار خشکیدگی تا حدود ۳۵ متر باشد، الگوی مشاهده شده خوشه‌ای است؛ ولی اگر مقیاس بررسی بزرگ‌تر شود، تا فاصله ۱۰۰ متری و حتی بیشتر پراکنش درختان دچار خشکیدگی از الگوی یکنواخت پیروی می‌کند. همچنین میانگین فاصله کل بین درختان دچار خشکیدگی در این منطقه ۷/۵ متر به دست آمد که با توجه به مساحت ۳۸/۵ آر لکه‌ها نشان می‌دهد در هر خوشه حدود ۶۸ درخت دچار خشکیدگی گرفته‌اند که این موارد باید در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی به هنگام قطع و برش‌های بهداشتی مدنظر قرار گیرد تا براساس نوع الگوی پراکنش موجود و ابعاد لکه‌ها و خوشه‌ها و فواصل موجود دخالت صورت گیرد.

از سوی دیگر بررسی ساختار مکانی متغیرهای زیست‌سنجی درختان دچار خشکیدگی (قطر برابر سینه، ارتفاع کل، سطح تاج و درصد خشکیدگی) به کمک روش واریوگرافی زمین‌آمار نشان داد که تغییرات مکانی دو متغیر ارتفاع کل و سطح تاج وابسته به فاصله نبوده و دارای ساختار مکانی ضعیف می‌باشند، ولی تغییرات دو متغیر قطر برابر سینه و درصد خشکیدگی وابسته به فاصله و مکان بوده که ساختار مکانی قوی و قابلیت مدل‌سازی دارند (شکل ۶). بنابراین نقشه پهنه‌بندی درصد خشکیدگی و قطر برابر سینه درختان خشکیده براساس مدل واریوگرام‌های مربوطه به روش کریجینگ زمین‌آمار تولید شد (شکل ۷) که می‌تواند

حمله سوسک پوست‌خوار به درختان، مرگ‌ومیر و حتی تغییر ساختار توده‌های جنگلی شده است. براساس آمار هواشناسی استان ایلام نیز مقدار بارندگی در منطقه پژوهش از ۸۰۰ میلی‌متر در سال ۱۳۶۶ به کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال ۱۳۸۸ کاهش یافته است (Anonymous, 2011b) که براساس نتایج پژوهش Bolte et al. (2010) می‌تواند یکی از عوامل طغیان آفات و خشکیدگی درختان در منطقه مورد بررسی باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که گونه درختی دچار خشکیدگی غالب در این منطقه برودار (بلوط ایرانی) است و تراکم درختان دچار خشکیدگی ۲۷ پایه در هکتار است که بیشتر شامل جست‌گروه‌های شاخه‌زاد است (۵۷ درصد) که از این نظر مطابق با نتایج Hoseini و همکاران (۲۰۱۳) و Mahdavi، (۲۰۱۴) و همکاران (۲۰۱۵b) و Zandebasiri و همکاران (۲۰۱۷) است. اما از نظر تراکم درختان دچار خشکیدگی بسیار بیشتر از منطقه پژوهش Akhavan و همکاران (۲۰۱۶) در بیوره ملکشاهی ایلام با ۱۰ پایه دچار خشکیدگی در هکتار است. از سویی نمودار پراکنش تعداد در طبقات قطری درختان دچار خشکیدگی نشان داد که بیشترین فراوانی درختان دچار خشکیدگی در طبقات قطری ۱۰ تا ۳۵ سانتی‌متری دیده می‌شود که از این نظر با نتیجه پژوهش Akhavan و همکاران (۲۰۱۶) در منطقه جنگلی بیوره شهرستان ملکشاهی ایلام مطابقت دارد (شکل ۳). اما فراوانی درختان قطور دانه‌زاد و شاخه‌زاد دچار خشکیدگی بسیار کمتر از درختان کم‌قطر و میان‌قطر دچار خشکیدگی بود (شکل ۳) که از این نظر با نتایج مطالعات Hamzhepour و همکاران (۲۰۱۱)، Hoseini و همکاران (۲۰۱۳)، Akhavan و همکاران (۲۰۱۶) و Zandebasiri و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت ندارد. این موضوع نشان‌دهنده حساسیت بیشتر درختان کم‌قطر و میان‌قطر به عوامل ایجاد خشکیدگی در این منطقه است. چون درختان طبقات کم‌قطر و میان‌قطر که جوان‌اند به دلیل اینکه ریشه توسعه‌یافته‌تر و قوی‌تری نسبت به درختان اطراف خود ندارند و در رقابت‌های ریشه‌ای برای جذب رطوبت و مواد غذایی مورد

این نتیجه توجیه‌پذیر می‌باشد، چون این توده در حال طی کردن مراحل نهایی خشکیدگی و زوال است. برخلاف نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، ارتباط بین میزان خشکیدگی با سطح تاج در مطالعه Hoseinzadeh و Pourhashemi (۲۰۱۵) در استان ایلام معنی‌دار بود یعنی درختان با سطح تاج بیشتر خشکیدگی تاج بیشتری داشتند.

همچنین ضریب همبستگی اسپیرمن نشان داد که هیچ‌گونه همبستگی آماری معنی‌داری بین میزان درصد خشکیدگی درختان خشکیده بلوط با جهت جغرافیایی وجود ندارد که برخلاف یافته‌های Hoseinzadeh و همکاران (۲۰۱۵) در جنگل‌های مله‌سیاه ایلام است. اما با درصد شیب منطقه همبستگی معنی‌داری مشاهده شد که مطابق با یافته‌های Mahdavi و همکاران (۲۰۱۵a) در جنگل‌های بیوره ملکشاهی ایلام و Parvaneh و همکاران (۲۰۱۶) در جنگل‌های قلاجه کرمانشاه است.

نتایج به‌دست آمده از نظر الگو و ساختار مکانی درختان دچار خشکیدگی می‌تواند راهنمایی در راستای مدیریت توده‌های دچار خشکیدگی و جنگل‌شناسی کاربردی آنها باشد تا اقدامات لازم اعم از برش‌های بهداشتی و اصلاحی و پیشگیری و مبارزه با این پدیده براساس واقعیات موجود در عرصه و با درک کاملی از اکولوژی آفات و بیماری‌ها برنامه‌ریزی شود.

منابع مورد استفاده

- Ahmadi, R. 2004. Investigation the effective factors on oak decline and preparing drought mapping model for oak forest stands in middle Zagros. Ph.D. dissertation. Islamic Azad University, Science and Research campus, 91p (In Persian).
- Ahmadi, Sh., Zahedi Amiri, Gh. and Marvie Mohadjer, M.R. 2016. Mapping Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) mortality using geostatistical methods in Dasht-e Barm, Fars province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(3): 439-450 (In Persian).
- Ainsworth, E.A. and Long, S.P. 2005. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant

راهنمایی برای دخالت‌های پرورشی براساس میزان درصد خشکیدگی در عرصه مذکور باشد. Ahmadi و همکاران (۲۰۱۶) نیز نقشه پهنه‌بندی درصد خشکیدگی جنگل‌های بلوط دشت برم استان فارس را با استفاده از روش کریجینگ زمین‌آمار با موفقیت تهیه کردند. اما Fan و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی خود به دلیل عدم وجود ساختار مکانی در واروگرام‌های قطر برابرسینه و درصد خشکیدگی درختان موفق به تهیه نقشه پهنه‌بندی از خشکیدگی به روش کریجینگ زمین‌آمار در جنگل‌های بلوط آمریکا نشدند. آنها علت این امر را کوچک بودن سطح قطعات نمونه (۰/۴ هکتار) و فاصله زیاد بین آنها عنوان کردند.

نتایج نمودارهای تابع همبستگی نشان‌دار (MCF) نشان داد که برای متغیر قطر برابرسینه شباهتی بین پایه‌های دچار خشکیدگی مجاور هم وجود ندارد؛ به عبارت دیگر، خشکیدگی در تمام مقادیر قطر برابرسینه درختان خشکیده در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود که این مورد نیز باید در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی لحاظ شود که اگر قرار است قطع یا برش بهداشتی صورت گیرد چه قطرهایی باید مدنظر قرار گیرند. برای متغیرهای سطح تاج و درصد خشکیدگی عکس این حالت وجود داشت، یعنی درختان دچار خشکیدگی مجاور از نظر این دو متغیر مشابه و یا در نهایت مستقل از هم می‌باشند. در نهایت برای متغیر ارتفاع کل درخت حالت بینابینی وجود دارد یعنی تا مقیاس فاصله‌ای ۳۰ متر ارتفاع کل درختان دچار خشکیدگی مجاور متفاوت بوده ولی از این فاصله به بعد ارتفاع کل درختان خشکیده دارای شباهت هستند.

ضریب همبستگی اسپیرمن نیز نشان داد که هیچ‌گونه همبستگی آماری معنی‌داری بین میزان درصد خشکیدگی درختان خشکیده بلوط با سه متغیر زیست‌سنجی آنها یعنی قطر برابرسینه، ارتفاع کل و سطح تاج وجود ندارد؛ به عبارت دیگر میزان هر یک از سه متغیر یادشده هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد خشکیدگی درختان بلوط ندارد که با توجه به این که ۹۸/۷ درصد از پایه‌های بلوط در منطقه پژوهش دارای خشکیدگی صددرصد تنه و تاج هستند

- structure in Ilam province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 565-577 (In Persian).
- Hoseini, A., Hoseini, M., Rahmani, A. and Azadfar, D. 2014. Compare the characteristics of competitive environments in of healthy stand and declined stand. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 606-616 (In Persian).
 - Hoseinzadeh, J. and Pourhashemi, M. 2015. The study of crown indicators in *Quercus brantii* tress in relationship with mortality phenomenon in Ilam forests. Iranian Journal of Forest, 7(1): 57-66 (In Persian).
 - Hoseinzadeh, J., Azami, A. and Mohammadpour, M. 2015. Study of the topography with Oak decline in Melah-siah forests in Ilam province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(1): 190-197 (In Persian).
 - Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H. and Stoyan, D. 2008. Statistical analysis and modeling of spatial point patterns. John Wiley and Sons, 556p.
 - Khan, M.N.I., Sharma, S., Berger, U., Koedam, N., Dahdouh-Guebas, F. and Hagihara, A. 2013. How do tree competition and stand dynamics lead to spatial patterns in monospecific mangroves? Biogeosciences, 10: 2803-2814.
 - Luis, M.D., Raventos, J., Wiegand, T. and Hidalgo, C.H. 2008. Temporal and spatial differentiation in seedling emergence may promote species coexistence in Mediterranean fire-prone ecosystems. Ecography, 31: 620-629.
 - Mahdavi, A., Mirzaei Zadeh, V., Niknezhad, M. and Karami, O. 2015a. Assessment and prediction of oak trees decline using logistic regression model. Iranian Journal of Forest and Range protection, 13(1): 20-33 (In Persian).
 - Mahdavi, A., Mirzaee, J. and Karami, O. 2015b. Condition of declined trees in Zagros forests (Case study: Bivareh local area in Ilam province). Journal of Sustainable Forest Development, 1(4): 329-340 (In Persian).
 - Parvaneh, E., Etemad, V., Marvie Mohajer, M.R., Zahedi Amiri, Gh. and Attarod, P. 2016. The relationships between the rate of oak trees decline and forest types, soil characteristics and topographic conditions in Ghalaje forests of Kermanshah, west of Iran. Iranian Journal of Forest, 8(3): 263-275 (In Persian).
 - Pourhashemi, M., Jahanbazi Goujani, H., Hoseinzade, J., Bordbar, S.K., Iranmanesh, Y. and Khodakarami, Y. 2017. The history of oak decline in Zagros forests. Journal of Iran nature, 2(1): 30-37 (In Persian).
 - Quinn, J.F. and Dunham, A.E. 1983. On hypothesis production to rising CO₂. New Phytologist, 165: 351-372.
 - Akhavan, R., Mahdavi, A. and Karami, O. 2016. Spatial patterns and spatial structure of dried trees in Bivareh forests, Ilam province. Iranian Journal of Forest, 8(1): 67-78 (In Persian).
 - Anonymous. 2004. Evaluation report of oak forest decline in Ilam province. Natural resources and watershed management main office of Ilam province, 15p (In Persian).
 - Anonymous. 2011a. Range management plan of Zarab, Dehloran. Natural resources and watershed management main office of Ilam province, 54p (In Persian).
 - Anonymous. 2011b. Meteorological main office of Ilam province. Internal report (In Persian).
 - Azizi, Gh., Miri, M., Mohamadi, H. and Pourhashemi, M. 2015. Analysis of relationship between forest decline and precipitation changes in Ilam Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(3): 502-515 (In Persian).
 - Bolte, A., Hilbrig, L., Grundmann, B., Kampf, F., Brunet, J. and Roloff, A. 2010. Climate change impacts on stand structure and competitive interactions in a southern Swedish spruce-beech forest. European Journal of Forest Research, 129: 261-276.
 - Brown, N., Jeger, M., Kirk, S., Xu, X. and Denman, S. 2016. Spatial and temporal patterns in symptom expression within eight woodlands affected by Acute Oak Decline. Forest ecology and management, 360: 97-109.
 - Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E. 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soil. Soil Science Society of America Journal, 58: 1501-1511.
 - Fan, Zh., Fan, X., Crosby, M.K., Moser, W.K., He, H., Spetich, M.A. and Shifley, S.R. 2012. Spatio-temporal trends of oak decline and mortality under periodic regional drought in the Ozark highlands of Arkansas and Missouri. Forests, 3: 614-631.
 - Hamzhepour, M., Kia-Daliri, H. and Bordbar, K. 2011. Preliminary study of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) tree decline in Dashte-Barm of Kazeroon, Fars province. Iranian journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 352-363 (In Persian).
 - Hogg, E.H., Brandt, J.P. and Kochtubajda, B. 2002. Growth and dieback of aspen forests in northwestern Alberta, Canada, in relation to climate and insects. Canadian Journal Forest Research, 32: 823-832.
 - Hoseini, A., Hoseini, M., Rahmani, A. and Azadfar, D. 2013. The effect of tree morality on Oak forest

- explicit perspective. *American Naturalist*, 154: 605-627.
- Wiegand, T. and Moloney, K.A. 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *OIKOS*, 104: 209-229.
 - Zandebasiri, M., Soosani, J. and Pourhashemi, M. 2017. Evaluation of the crisis severity in forests of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(4): 665-674 (In Persian).
 - testing in ecology and evolution. *American Naturalist*, 122: 602-617.
 - Stoyan, D. 1984. On correlations of marked point processes. *Mathematische Nachrichten*, 116: 197-207.
 - Webster, R. and Oliver, M.A. 2000. *Geostatistics for environmental scientists*. Wiley press, 271p.
 - Wiegand, T., Moloney, K.A., Naves, J. and Knauer, F. 1999. Finding the missing link between landscape structure and population dynamics: a spatially

Analysis of the decline status of Zagrosian oak forests using spatial statistics (Case study: Zarab forests of Ilam)

R. Akhavan¹, A. Mahdavi^{2*} and M. Kianfar³

1- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

2* - Corresponding author, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran

E-mail: a_amoli646@yahoo.com

3- Natural resources and watershed management office of Dehloran, Ilam, Iran

Received: 22.11.2017 Accepted: 17.07.2018

Abstract

Recently, forest decline has outburst in Zagros forests region in the west of Iran, especially in Ilam province. In this research, we selected an 83 ha infected forest area in Zarab, Ilam and the dried trees were fully investigated for variables including dbh, height, drought intensity, crown cover, origin and Cartesian coordinates. Their spatial structure, spatial patterns and spatial correlation were analyzed using variogram analysis, *O*-ring statistic and Mark correlation function (MCF), respectively. Results showed that the density of dried trees was 27 N/ha which is more comprised of coppice trees in small and medium diameter classes. A cluster spatial pattern of dried trees was determined up to 35 m and after that it was uniform, implying dried trees created patches with 3850 m² surface area. Variogram analysis showed that only dbh and drought intensity of dried trees had strong spatial structure which was mapped using Kriging interpolation method of Geostatistics. Mark correlation function graph showed that adjacent dried trees were similar according to drought intensity while were not similar based on their dbh. In general, the results illustrated that all of the trees in the studied area were infected by drought with different biometric characteristics as well as at different geographical aspects. These results can be used as an instruction for sustainable management of the stands based on their spatial characteristics.

Key words: Forest decline, Geostatistics, Spatial patterns, Spatial correlation, Zagros forests.