

# ارزیابی شاخص زاویه یکنواخت در تعیین الگوی مکانی درختان در یک ذخیره‌گاه جنگلی در جنگل‌های هیرکانی

◀ **امیر صفری\***؛ دانشجوی دکترای جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

◀ **هرمز سهرابی**؛ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۹)

## چکیده

مطالعه الگوی مکانی برای بررسی ساختار و پویایی جوامع گیاهی ضروری است. با توجه به اهمیت درک الگوی مکانی درختان، بوم‌شناسان در سال‌های اخیر از روش‌های مختلفی برای مطالعه الگوی مکانی در جوامع جنگلی استفاده کرده‌اند. هدف این مقاله ارزیابی شاخص زاویه یکنواخت در تعیین الگوی مکانی درختان در جنگل‌های هیرکانی است. بدین منظور بخشی از ذخیره‌گاه جنگلی سفیدپلت در شهرستان نور به مساحت ۱۸ هکتار انتخاب شد و مورد آماربرداری صددرصد قرار گرفت و نقشه مکانی سه گونه اصلی سفیدپلت، زبان‌گنجشک و لرگ تهیه شد. ابتدا الگوی مکانی سه گونه مورد بررسی توسط شاخص نزدیک‌ترین همسایه به‌عنوان روش مبنا تعیین شد. الگوی تعیین‌شده با این روش به‌عنوان الگوی مطلق لحاظ شد. برای بررسی دقت شاخص زاویه یکنواخت در هر نقطه نمونه‌برداری با در نظر گرفتن ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه در اطراف درخت مرکزی، زاویه‌های ایجاد شده اندازه‌گیری شد و شاخص زاویه یکنواخت برای هر سه گونه و در هر سه حالت از نظر تعداد درختان مورد بررسی محاسبه و با نتایج روش مبنا مقایسه شد. نتایج نشان داد که در تمامی حالات مورد بررسی از نظر تعداد درختان همسایه، شاخص زاویه یکنواخت الگوی مکانی را به درستی تعیین کرد. همچنین بنا بر نتایج این پژوهش، شاخص زاویه یکنواخت می‌تواند به‌عنوان یک روش سریع و کم‌هزینه برای تعیین الگوی پراکنش مکانی درختان برای ذخیره‌گاه‌های مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** الگوی مکانی، شاخص زاویه یکنواخت، شاخص نزدیک‌ترین همسایه، زبان‌گنجشک، سفید پلت، لرگ.

## مقدمه

ارتباط با درختان هستند از قبیل گیاه‌خواران، حشرات و سایر موجوداتی که درختان زیستگاه آن‌ها را فراهم می‌آورند دارای اهمیت ویژه‌ای است (Dale, 1998). از نظر اجرایی، الگوی مکانی توده جنگلی در امور مختلفی از جمله انتخاب طرح‌های مدیریتی و آماربرداری، در رابطه با مسائل زادآوری و دخالت‌های جنگل‌شناسی لازم و ضروری است و از نظر زیست‌شناسی شاخصی برای ارزیابی توسعه جامعه گیاهی است (Grabarnik & Särkkä, 2009). روش‌های متعددی برای مطالعه الگوهای مکانی گیاهان وجود دارد که معمول‌ترین آن‌ها روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای و قطعه نمونه با مساحت ثابت است (Stamatellos & Panourgias, 2005). برخلاف سادگی این روش‌ها، اما هرکدام از این روش‌ها معایبی دارند، نتایج شاخص‌های تعیین الگوی مکانی مورد استفاده در روش قطعه نمونه تحت تأثیر مساحت قطعه نمونه قرار می‌گیرند (Trifković, 2013; Wong & Lee, 2005). فواصل بین درختان در مناطق شیب‌دار در روش‌های فاصله‌ای برای مطالعه الگوی مکانی نیز تا حدی مشکل است (Assuncao, 1994). علاوه بر این، هرکدام از شاخص‌های فاصله‌ای توانایی متفاوتی در تعیین دقیق الگوی مکانی در شکل مشخصی از الگو دارند (Jannat, 2010; Rostami et al., 2009). بنابراین شناسایی و معرفی یک روش ساده و دقیق برای مطالعه الگوی مکانی درختان می‌تواند بسیار مفید باشد. در سال ۱۹۹۲ گروه پژوهشی پژوهشکده مدیریت جنگل دانشگاه GÖTTINGEN کشور آلمان روشی را توسعه دادند که برای مطالعه ساختار مکانی مبتنی بر درختان همسایه هستند. از مزایای این روش سادگی ساختار الگوریتمی روش، سهولت جمع‌آوری داده‌ها در حین آماربرداری و انعطاف در انتخاب تعداد درخت در هر نقطه نمونه‌برداری است (Pommerening, 2006). این روش، روشی ساده و سریع در بررسی الگوی مکانی توده‌های جنگلی، رویکرد آن بر اساس اندازه‌گیری زاویه بین درختان همسایه است (Corona et al., 2005). در این روش

ساختار یک موضوع مرکزی بوم‌شناختی جنگل است که شامل کمیت‌ها و نظم مکانی اجزاء جنگل است (Nadkarni et al., 2008). درک درست ساختار مکانی جنگل یکی از کلیدهای مدیریت پایدار جنگل‌های ناهمسال آمیخته است (Law et al., 2009). یکی از جنبه‌های تنوع آلفا در ارتباط با تنوع موقعیت مکانی درختان است که این تنوع در درختان، الگوی مکانی آن‌ها را بازتاب می‌کند (Pommerening, 2006). الگوی مکانی موقعیت مکانی درختان در ارتباط با یکدیگر است که به صورت یک طیف پیوسته از الگوی یکنواخت<sup>۱</sup> (عدم همبستگی بین موقعیت درختان)، تصادفی<sup>۲</sup> (فرآیند پواسن)، کپه‌ای<sup>۳</sup> (همبستگی بین موقعیت درختان) یا ترکیبی از این‌ها تعریف می‌شود (Packalenab et al., 2013). الگوی مکانی جزء مهم‌ترین موضوع‌های بوم‌شناسی است که مطالعه آن در جوامع طبیعی همواره مورد علاقه بوم‌شناسان است، زیرا اطلاعاتی را در مورد رخداد‌های گذشته و آینده جامعه ارائه می‌دهد (Law et al., 2009) و امکان درک مهم‌ترین جنبه‌های بوم‌شناختی مانند وجود رقابت یا کنش متقابل، غلبه گونه‌ها در سطح جامعه (Sousa-Souto et al., 2013)، ناهمگنی منابع، آشوب‌ها، رقابت، پراکنش ناهمگن رویشگاه‌های کوچک و زادآوری گیاهان را فراهم می‌آورد (Franklin & Rey, 2007). شناخت الگوی مکانی گیاهان یکی از مشاهدات اولیه‌ای است که در بررسی هر اجتماعی صورت می‌گیرد (Jayaraman, 1999) و در تشخیص سازوکارهای مخصوص به آن‌ها، تشریح پایداری بوم‌نظام و اقدامات حفاظتی و احیایی مفید است و شناخت آن را یکی از ابزارهای لازم برای مدیریت بهینه در بسیاری از عرصه‌های جنگلی می‌دانند (Wulder & Franklin, 2007). از نظر بوم‌شناسی، روابط مکانی بین درختان نه تنها برای خود، بلکه برای سایر موجودات زنده که در

- 
- 1- Regular
  - 2- Random
  - 3-Clumped

### مواد و روش‌ها

ذخیره‌گاه سفیدپلت در جنوب شرقی پارک جنگلی نور و در  $34^{\circ} 36'$  عرض شمالی و  $51^{\circ} 50'$  درجه طول شرقی و در فاصله ۳ کیلومتری شرق شهرستان نور قرار دارد. ارتفاع بیشینه و کمینه آن بین ۲۰-۴۳ متر از سطح دریا و شیب عمومی آن ۵-۳ درصد است. این پارک به‌عنوان بخشی از باقیمانده جنگل‌های جلگه‌ای شمال است که در آن هیچ‌گونه عوارضی طبیعی از قبیل تپه و دره یا پستی بلندی وجود ندارد. اقلیم منطقه به روش دومارتن مرطوب نوع الف است.

### جمع‌آوری داده‌ها

کل سطح ذخیره‌گاه به مساحت ۱۸ هکتار انتخاب و با استفاده از اندازه‌گیری فاصله و آزمون درختان نسبت به یکدیگر مختصات دکارتی ( $X$  و  $Y$ ) موقعیت درختان مشخص و در نهایت نقشه مکانی توده تهیه شد. در صورتی که توده جنگلی مورد آماربرداری صددرصد قرار گیرد معمولاً از سه روش کوادرات‌های پیوسته<sup>۲</sup>، شاخص نزدیک‌ترین همسایه<sup>۳</sup> و تابع  $K$ -رایبلی<sup>۴</sup> برای تعیین الگوی مکانی درختان استفاده می‌شود (Karimi et al., 2012; Salas et al., 2006).

### محاسبه الگوی مطلق درختان

در این مطالعه برای تعیین الگوی مطلق درختان موجود در عرصه مورد آماربرداری از شاخص نزدیک‌ترین همسایه ( $R$ ) که شاخصی دقیق در تعیین الگوی مکانی است (Pommerening, 2006) استفاده شد. این شاخص که با نام شاخص کلارک و ایوانز<sup>۵</sup> هم از آن استفاده می‌شود از نسبت متوسط فاصله هر درخت تا نزدیک‌ترین همسایه‌اش در توده مورد آماربرداری و متوسط فاصله درختان در یک الگوی مکانی کاملاً تصادفی حاصل می‌شود (Goncalves et al., 2010; Sousa-Souto et al., 2013).

پس از اندازه‌گیری زاویه‌های مورد نیاز از شاخصی با عنوان شاخص زاویه یکنواخت یا شاخص  $W_i$  یا شاخص  $Winkelmass$  استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت بررسی الگوی مکانی درختان جنگلی، مطالعات متعددی در جنگل‌های شمال کشور در مورد گونه‌های مختلف و با روش‌های مختلف صورت گرفته است که می‌توان به مطالعه Habashi و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد که الگوی مکانی گونه راش را با استفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه به شکل کپه‌ای تعیین کردند. Akhavan و همکاران (۲۰۱۰) الگوی مکانی گونه راش را در مراحل تحولی مختلف با استفاده از تابع  $K$ -رایبلی به‌صورت کپه‌ای تعیین کردند. Haji Mirza Aghayee و همکاران (۲۰۱۰) الگوی گونه‌های انجیلی، راش، ممرز، شیردار و پلت را با استفاده از شاخص‌های قطعه نمونه به شکل کپه‌ای معرفی کردند. در پژوهش Alijani و Fegghi (۲۰۱۱) از شاخص زاویه یکنواخت<sup>۱</sup> برای بررسی ساختار مکانی ملج استفاده شده است که در این پژوهش دقت و کارایی این شاخص، جهت تعیین الگوی مکانی درختان مورد ارزیابی قرار نگرفته است. در پژوهش‌های Corona و همکاران (۲۰۰۵)، Schmidt و همکاران (۲۰۰۶)، Hui و همکاران (۲۰۰۷)، Flores و همکاران (۲۰۰۸)، Fucal و همکاران (۲۰۱۰) و Li و همکاران (۲۰۱۲) شاخص زاویه یکنواخت مورد استفاده قرار گرفته است. روش‌های مختلف تحلیل الگوی مکانی در سایر جنگل‌های کشور مانند رویشگاه‌های زاگرس مورد استفاده قرار گرفته است. هدف اول این پژوهش، بررسی کارایی و امکان استفاده از شاخص زاویه یکنواخت برای مطالعه الگوی مکانی برای اولین بار در شرایط جنگل‌های شمال کشور در مقایسه با نتایج آماربرداری صددرصد است. هدف دوم تعیین تعداد درخت مورد نیاز در هر نقطه نمونه‌برداری برای رسیدن به نتایج قابل اعتماد در استفاده از این شاخص در پژوهش‌های الگوی مکانی در آینده است.

2- Continuous quadrates  
3- Nearest neighbor index  
4- Ripley's K function  
5- Clark and Evans

1- Uniform Angle Index (UAI)

جدول ۱- تعیین الگوی مکانی بر اساس مقدار R و Z

ردیف	مقدار R	مقدار Z	الگوی مکانی
۱	$r < 1$	$z < -1/96$	کپه‌ای
۲	$r = 1$	$-1/96 < z < +1/96$	تصادفی
۳	$r > 1$	$z > +1/96$	یکنواخت

استاندارد مورد انتظار ( $\alpha_0$ ) بین همسایگان طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Hui et al., 2007).

$$\alpha_0 = 360^\circ / (n+1) \quad \text{رابطه (۱)}$$

برای بررسی و آزمون توانایی شاخص زاویه یکنواخت در تعیین الگوی مکانی درختان در جنگل‌های شمال کشور، نتایج حاصل از این شاخص، با نتایج شاخص نزدیک‌ترین همسایه مورد مقایسه قرار گرفت و سپس برای تعیین تعداد درخت مورد نیاز، در هر نقطه نمونه برداری، زاویه‌های ایجاد شده در حالت‌های استفاده از ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه در اطراف درخت مرکزی اندازه‌گیری و برای محاسبه شاخص زاویه یکنواخت مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱).

#### تعیین الگوی مکانی با استفاده از شاخص زاویه

##### یکنواخت ( $W_i$ )

برای تعیین الگوی مکانی توسط شاخص زاویه یکنواخت از دو روش محاسبه‌ای و ترسیمی استفاده می‌شود.

##### روش محاسبه‌ای

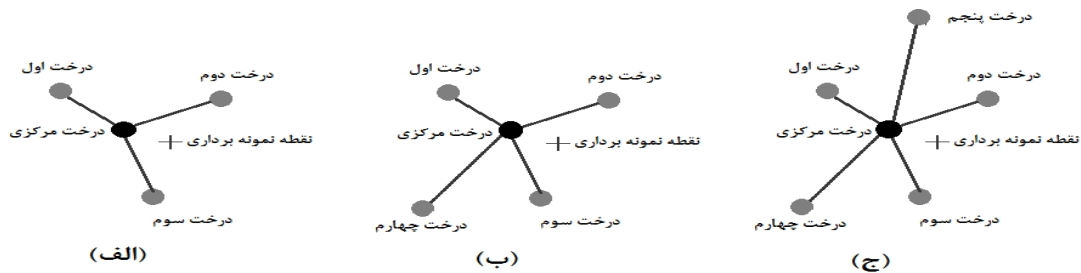
در این رویکرد پس از محاسبه زاویه استاندارد مورد انتظار ( $\alpha_0$ )، با استفاده از رابطه (۱)، مقادیر مختلف زاویه یکنواخت ( $W_i$ ) در هر نقطه نمونه برداری توسط رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_i z_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

این شاخص در حالت کاملاً کپه‌ای صفر و در بیشینه یکنواختی برابر با عدد ۲/۱۴۹۱، و در حالت تصادفی برابر با عدد ۱ است (Goncalves et al., 2010). البته در اغلب منابع مقدار شاخص را برای تعیین الگوی مکانی به صورت جدول معرفی کرده‌اند (جدول ۱). برای آزمون معنی‌داری بودن اختلاف الگوی تعیین شده توسط این شاخص با الگوی تصادفی، از آماره Z استفاده می‌شود (Krebs, 1999). مقدار R و Z در این مطالعه توسط نرم‌افزار Arc GIS محاسبه شد و برای تعیین الگوی مکانی از جدول (۱) استفاده شد.

#### شاخص زاویه یکنواخت ( $W_i$ )

اساس این شاخص بر اندازه‌گیری زاویه بین درختان است. برای محاسبه شاخص زاویه یکنواخت مختصات دکارتی موقعیت تمامی درختان به محیط نرم‌افزار Auto CAD انتقال داده شد و در قالب طرح آماربرداری تصادفی- منظم روی نقشه مکانی درختان در مجموع تعداد ۵۰ نقطه نمونه برداری مشخص شد. در هر نقطه نمونه برداری ابتدا نزدیک‌ترین درخت به این نقطه به عنوان درخت مرکزی ( $i$ ) مشخص و ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه که نزدیک‌ترین فاصله را با درخت مرکزی ( $i$ ) داشته شناسایی شدند. سپس، زاویه ایجاد شده بین هر جفت نزدیک‌ترین درخت همسایه و درخت مرکزی در نرم‌افزار Auto CAD اندازه‌گیری شد. شاخص زاویه یکنواخت به عنوان درصد زاویه‌های اندازه‌گیری شده است که از زاویه استاندارد ( $\alpha_0$ ) کوچک‌تر باشد (Pommerning, 2002). زاویه



شکل ۱- نحوه انتخاب درختان در نقاط نمونه‌برداری، حالت انتخاب ۳ درخت همسایه در اطراف درخت مرکزی (الف)، انتخاب ۴ درخت همسایه در اطراف درخت مرکزی (ب)، انتخاب ۵ درخت همسایه در اطراف درخت مرکزی (ج)

که در آن:  
 $Z_{ij} = 1$  است اگر  $\alpha_0 < \alpha_j$   
 $Z_{ij} = 0$  است اگر  $\alpha_j > \alpha_0$

باشد که بیانگر الگوی یکنواخت، اگر برابر با عدد  $0/5$  باشد الگو تصادفی و اگر برابر با عدد  $1$  باشد، الگو به شکل کپه‌ای خواهد بود. برای تحلیل بهتر الگو با استفاده از مقادیر  $W_i$  بهتر است که از حدود اعتماد میانگین  $W_i$  ها یعنی  $\bar{W}$  استفاده شود (رابطه ۳). در این صورت برای الگوی تصادفی مقدار متوسط شاخص  $W_i$  در فاصله  $(0/517 و 0/475)$ ، در حالت الگوی کپه‌ای  $\bar{W} > 0/517$  و برای آرایش منظم  $\bar{W} < 0/475$  (Stephens et al., 2008; Fucai et al., 2010).

$$\bar{W} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 Z_{ij} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$n$ : تعداد نقاط نمونه‌برداری،  $i$ : هر درخت مرکزی،  $j$ : هر کدام از چهار درخت همسایه درخت مرکزی.

### روش ترسیمی

در این روش نموداری بر اساس درصد فراوانی مقادیر  $W_i$  ترسیم می‌شود. در صورتی که فراوانی پراکنش  $W_i$  در دو طرف نمودار مشابه باشد الگو تصادفی است. در صورتی که فراوانی در سمت چپ نمودار بیشتر از سمت راست باشد الگو پراکنده، و به‌عکس الگو به شکل کپه‌ای خواهد بود (Hui et al., 2007).

### نتایج

#### مشخصات کمی درختان مورد بررسی

در این پژوهش برای بررسی الگوی مکانی سه گونه زبان‌گنجشک، سفیدپل و لرگ مورد آماربرداری صد درصد قرار گرفتند. در این توده گونه بلندمازو نیز حضور داشت که به‌دلیل تراکم بسیار کم این گونه،

$n$ : تعداد درختان همسایه درخت مرکزی (Hui et al., 2007).  
 در صورتی که  $n$  درخت همسایه درخت مرکزی مورد بررسی قرار گیرد  $n+1$  مقدار برای  $W_i$  ممکن خواهد بود. مثلاً در حالت ۵ درخت همسایه ۶ مقدار  $1$  و  $0/8$ ،  $0/6$ ،  $0/4$  و  $0/2$  خواهیم داشت.

در صورتی که  $W_i = 0$ : اگر هیچ‌کدام از زاویه‌های اندازه‌گیری شده از زاویه استاندارد کوچک‌تر نباشد  
 $(W_i = [0+0+0+0+0] \div 5 = 0)$

$W_i = 0/2$ : اگر یکی از زاویه‌های اندازه‌گیری شده از زاویه استاندارد کوچک‌تر باشد  
 $(W_i = [0+0+0+0+1] \div 5 = 0/2)$

$W_i = 0/4$ : اگر دو زاویه از زاویه‌های اندازه‌گیری شده از زاویه استاندارد کوچک‌تر باشد  
 $(W_i = [0+0+0+1+1] \div 5 = 0/4)$

$W_i = 0/6$ : اگر سه زاویه از زاویه‌های اندازه‌گیری شده از زاویه استاندارد کوچک‌تر باشد  
 $(W_i = [0+0+1+1+1] \div 5 = 0/6)$

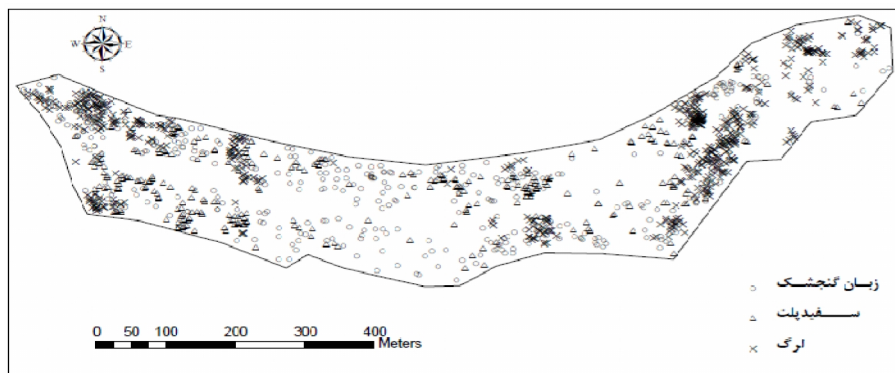
$W_i = 0/8$ : اگر چهار زاویه از زاویه‌های اندازه‌گیری شده از زاویه استاندارد کوچک‌تر باشد  
 $(W_i = [0+1+1+1+1] \div 5 = 0/8)$

$W_i = 1$ : اگر هر پنج زاویه از زاویه استاندارد کوچک‌تر باشد  
 $(W_i = [1+1+1+1+1] \div 5 = 1)$

پس از مشخص شدن مقدار  $W_i$  در هر نقطه نمونه‌برداری در مرحله بعدی از این مقادیر میانگین‌گیری شده و مقدار  $\bar{W}$  محاسبه می‌شود. اگر میانگین  $W_i$  ها برابر صفر

جدول ۲- ویژگی‌های کمی درختان زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ در عرصه آماربرداری شده

گونه	تراکم		قطر	
	تراکم در هکتار	تراکم مطلق	میانگین	انحراف معیار
زبان گنجشک	۲۰/۵	۳۶۹	۳۸/۵۵	۱۷/۲۶
لرگ	۳۴/۰۵	۶۱۳	۳۴/۱۶	۱۶/۴
سفیدپلت	۱۵/۹۴	۲۸۷	۷۲/۹۵	۲۶/۳۰



شکل ۲- نقشه مکانی سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ در عرصه آماربرداری شده

با توجه به جدول (۳) مشاهده می‌شود که مقادیر شاخص زاویه یکنواخت محاسبه شده برای هر سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ در حالت‌های مختلف انتخاب ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه درخت مرکزی از عدد  $0/517$  بزرگ‌تر است که بیانگر الگوی مکانی کپه‌ای برای هر سه گونه است. ضمناً مشاهده می‌شود با افزایش تعداد درخت مورد بررسی در هر نقطه نمونه‌برداری مقدار محاسبه برای شاخص زاویه یکنواخت کاهش یافته و به سمت مقدار تصادفی نزدیک می‌شود. با توجه به تعیین الگوی مکانی مطلق سه گونه به شکل کاملاً کپه‌ای، تعداد سه درخت همسایه نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. نتایج نمودارهای پراکنش درصد فراوانی شاخص زاویه یکنواخت برای سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ در هر سه حالت ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه درخت مرکزی در شکل (۳) نمایش داده شده است. در تمامی نمودارها مشاهده می‌شود فراوانی در سمت راست نمودار از سمت چپ بیشتر است که نشان‌دهنده الگوی کپه‌ای برای هر سه گونه در هر سه حالت ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه درخت مرکزی است.

الگوی مکانی آن مورد بررسی قرار نگرفت. مشخصات توده از لحاظ تراکم و قطر برابر سینه به شرح جدول (۲) است. نقشه مکانی سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ در عرصه مورد مطالعه به شرح شکل (۲) است.

#### شاخص نزدیک‌ترین همسایه

مقادیر شاخص نزدیک‌ترین همسایه برای سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ به شرح جدول (۳) است. با توجه به اینکه مقدار  $R$  برای هر سه گونه مورد مطالعه از عدد یک کمتر است و آماره  $Z$  محاسبه شده برای آن‌ها از  $-1/96$  کمتر است پس گونه‌های زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ در منطقه مورد بررسی دارای الگوی مکانی کپه‌ای هستند.

#### شاخص زاویه یکنواخت

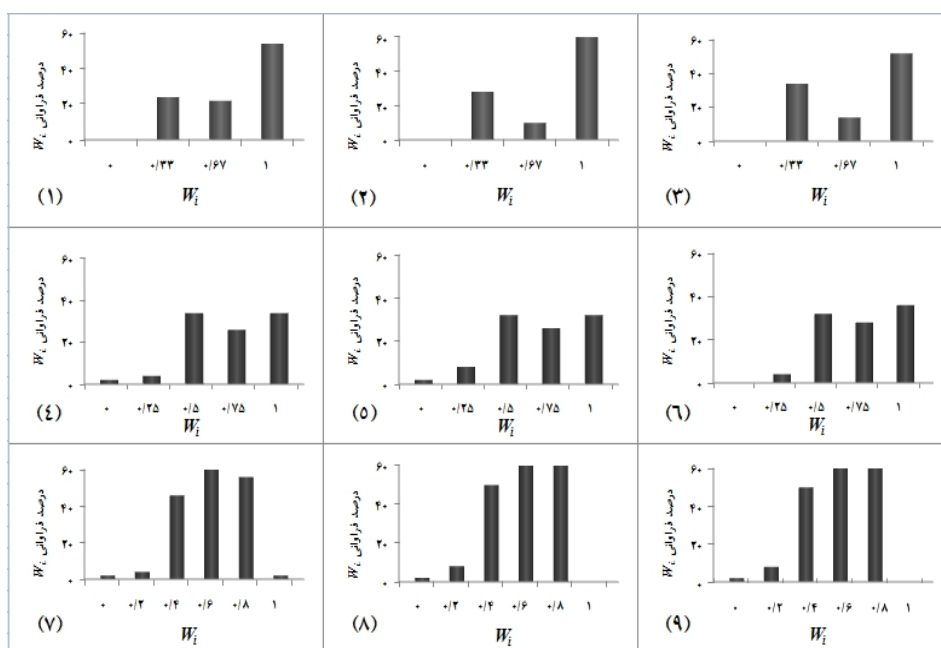
$\bar{W}$  (مقدار میانگین  $W_i$ ) محاسبه شده در حالت‌های مختلف ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه درخت مرکزی برای سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ به شرح جدول (۴) است.

جدول ۳- مقادیر شاخص نزدیک‌ترین همسایه (R) و آماره z برای سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ

ردیف	گونه	R	z	الگوی مکانی
۱	زبان گنجشک	۰/۵۴	-۱۶/۹۲	کپه‌ای
۲	سفیدپلت	۰/۴۵	-۱۷/۷۲	کپه‌ای
۳	لرگ	۰/۳۱	-۳۲/۶۱	کپه‌ای

جدول ۴ - مقادیر شاخص زاویه یکنواخت محاسبه‌شده برای سه گونه زبان گنجشک، سفیدپلت و لرگ در حالت‌های مختلف ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه درخت مرکزی

تعداد درخت همسایه درخت مرکزی	زبان گنجشک	سفیدپلت	لرگ	گونه
۳ درختی	۰/۷۶۶	۰/۷۷۹	۰/۷۲۶	مقدار شاخص زاویه یکنواخت
۴ درختی	۰/۷۱۵	۰/۶۹۵	۰/۷۴۰	
۵ درختی	۰/۶۲۸	۰/۶۳۶	۰/۶۸۰	



شکل ۳ - نمودار پراکنش درصد فراوانی  $W_i$  محاسبه‌شده زبان گنجشک ۳ درخت همسایه (۱)، سفیدپلت ۳ درخت همسایه (۲)، لرگ ۳ درخت همسایه (۳)، زبان گنجشک ۴ درخت همسایه (۴)، سفیدپلت ۴ درخت همسایه (۵)، لرگ ۴ درخت همسایه (۶)، زبان گنجشک ۵ درخت همسایه (۷)، سفیدپلت ۵ درخت همسایه (۸) و لرگ ۵ درخت همسایه (۹)

مختلفی برای بررسی الگوهای مکانی توسعه داده‌اند (Trifković, 2013; Maestre, 2006). بوم‌شناسان الگوهای مکانی را در میان فرآیندهای بوم‌شناسی مختلف آزمون کرده‌اند و در این مسیر اولین نقطه

بحث و نتیجه‌گیری شناخت الگوهای مکانی، از موضوعات مرکزی و مهم علم بوم‌شناختی است که بوم‌شناسان در دهه اخیر توجه چشم‌گیری به این موضوع داشته، و روش‌های

می‌شود تا درختان تحت تأثیر شرایط و عوامل مختلف زنده و غیرزنده محل‌های خاصی را متناسب با نیازهای خود پیدا و در آن رشد و رویش کنند. بنابراین، به-استثناء بوم‌سازگان غیرطبیعی و بوم‌سازگانی که تحت دخالت و فعالیت‌های انسان‌ها و وحوش هستند، حضور الگوهای غیر تصادفی (مانند کپه‌ای) در پراکنش گیاهان یک روال عمومی است (Poltkin *et al.*, 2002; Detto & Muller-Landau, 2013). آرایش کپه‌ای نتیجه عوامل مختلف مانند محدودیت‌های پراکنش (Condit *et al.*, 2000)، روشن‌های ایجاد شده در جنگل و استقرار کپه‌ای زادآوری (Hubble *et al.*, 1999)، رقابت، عوامل بیماری‌زایی، ناهمگنی رویشگاه و عدم استقرار زادآوری و حذف درختان در اثر شرایط نامناسب رویشگاهی با توجه به سرشت گونه‌های مختلف است (Poltkin *et al.*, 2002). با توجه به اینکه توده مورد مطالعه محصور شده و از سال ۱۳۸۲ (حدود ۱۰ سال) از دخالت‌های انسانی در امان است این شکل الگو می‌تواند برای گونه‌های مورد مطالعه قابل انتظار باشد. نتایج دیگر پژوهش‌های الگوی مکانی در جنگل‌های شمال حاکی از الگوی کپه‌ای برای گونه‌های مورد بررسی است (Habashi *et al.*, 2007; Haji Mirza Agheyye *et al.*, 2010; Akhavan *et al.*, 2010; Alavi, 2010). همکاران (Fegghi و Alijani و (۲۰۱۱) الگوی مکانی گونه ملج را کپه‌ای متمایل به تصادفی معرفی کردند که دلایل این شکل الگوی مکانی را در مطالعه خود به ترتیب بیماری مرگ نارون و قاچاق چوب و مغلوب شدن درخت ملج در اثر رقابت بین‌گونه‌ای معرفی کردند.

تمرکزشان ارزیابی این بوده که آیا الگوهای مکانی به-طور معنی‌دار غیر تصادفی هستند (Detto & Muller-Landau, 2013). در این پژوهش نتایج شاخص زاویه یکنواخت در تحلیل الگوی مکانی درختان در جنگل‌های شمال کشور با شاخص نزدیک‌ترین همسایه به‌عنوان روش مبنا، مقایسه شد. نتایج نشان دادند که در حالت‌های مختلف از نظر تعداد درختان مورد بررسی در هر نقطه نمونه‌برداری شاخص زاویه یکنواخت از دقت کافی برای تعیین الگوی مکانی برای هر سه گونه مورد مطالعه را دارد. نتایج دیگر بیانگر این موضوع است که با توجه به اینکه شاخص زاویه یکنواخت برای تعیین الگوی مکانی از دو رویکرد محاسبه‌ای و ترسیمی استفاده می‌کند، هر دو رویکرد از کارایی مناسب برای تعیین الگوی مکانی برخوردار هستند. مطالعه‌های گذشته تأکید بر انتخاب ۴ درخت همسایه درخت مرکزی برای دستیابی به الگوی مکانی توده دارند (Corona *et al.*, 2005; Corral *et al.*, 2010; Kint *et al.*, 2006; Pommerening, 2006). درحالی‌که در این پژوهش با آزمون حالت‌های مختلف انتخاب ۳، ۴ و ۵ درخت همسایه درخت مرکزی در هر نقطه نمونه-برداری، الگوی مکانی به درستی تعیین شد. بنابراین، با توجه به زمان کمتر در آماربرداری در حالت انتخاب ۳ درخت این روش متناسب با شرایط جنگل‌های شمال بوده و برای مطالعه‌های آتی پیشنهاد می‌شود. نتایج این پژوهش بیانگر الگوی مکانی کپه‌ای برای سه گونه زبان‌گنجشک، سفیدپلت و لرگ است. پراکنش درختان در طبیعت تصادفی نیست، زیرا پراکنش ناهمگن منابع مورد نیاز از یک طرف و نیازهای بوم-شناختی مختلف درختان از طرف دیگر دارد سبب



## منابع

1. Alavi, S.J., Zahedi Amiri, Gh. and Marvi Mohajer, M.R., 2006. An investigation of spatial pattern in Wych Elm (*Ulmus glabra*) in Hyrcanian forest, Case study: Kheyroudkenar forests, Noshahr). Iranian Journal Natural Resources, 58(4): 793-804.
2. Alijani, V. and Feghhi, J., 2011. Investigation on the Elm (*Ulmus glabra* Hudson) spatial structure to apply for sustainable management (Case Study: Gorazbon district, Kheirud Forest). Journal of Environmental Studies, 60: 35-44.
3. Fucai, X., Xiuhai, Zh., Chunfang, P., Yuzhen, J. and Jinsong, W., 2010. Stand Structure of Broad-leaved and Korean Pine (*Pinus koraiensis*) Mixed Forest in the Changbai Mountains, China. Chinese Journal of Applied Environmental Biology, 16(4): 529-534.
4. Safari, A., Shabaniyan, N., Heidari, R.H., Erfanifard, S.Y. and Purreza, M., 2010. Spatial pattern of Manna Oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in Bayangan forests of Kermanshah. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(4): 596-608.
5. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hassani, M. and Parhizkar, P., 2010. Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis Lipsky*) stand over forest development stages in Kelardasht region of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(2): 322-336.
6. Assuncao, R., 1994. Testing spatial randomness by means of angles. Biometrics, 50: 531-537.
7. Condit, R., Ashton, P.S., Baker, P., Bunyavejchewin, S., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N., Hubble, S.P., Foster, R.B., Itoh, A., LaFrankie, J.V., Lee, H.S., Losos, E., Manokaran, N., Sukumar, R. and Yamakura, T., 2000. Spatial pattern in the distribution of tropical tree species. Science, 288: 1414-1418.
8. Corona, P., Orazio, D.P., Lamonaca, A. and Portoghesi, L., 2005. L'indice Winkelmass per l'inventariazione a finiassestamentali della diversità strutturale di soprassuoli forestali Forest, 2(2): 225-232.
9. Corral, J.J., Wehenkel, C., Castelanos, H.A., Vargas, B. and Dieguez, U., 2010. A permutation test of spatial randomness: application to nearest neighbor indices in forest stands. Journal of Forest Research, 15: 218-225.
10. Dale, M.R.T., 1998. Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology, Cambridge University Press, 326p.
11. Detoo, M. and Muller-Landau, H.C., 2013. Fitting ecological process models to spatial patterns using scale wise variances and moment equations. The American Naturalist, 181(4): E68-E82.
12. Flores, D.Y.A., Tagle, M.A.G., Perez, J.J., Calderon, O.A.A., Garza, E.J.T. and Lareta, B.V., 2012. Stand structure of *Pinus hartwegii* affected by fire using neighborhood parameters in the Sierra Mader Oriental, Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystem, 15: 377-387.
13. Franklin, J. and Rey, S.J., 2007. Spatial pattern of tropical forest trees in Western Polynesia suggest recruitment limitation during secondary succession. Journal of Tropical Ecology, 23: 1-11.
14. Gonçalves, A.C., Oliveira, Â.C. and Dias, S. S., 2010. Evolution in multi-species high forest stands in Serra da Lousã: Diversity Analysis. Silva Lusitana, nº especial, 79 – 90p.
15. Grabarnik, P. and Särkkä, A., 2009. Modelling the spatial pattern of forest stands by multivariate point processes with hierarchical interactions. Ecological Modelling, 220: 1232-1240.

16. Habashi, H., Hosseini, S.M., Mohammadi, J. and Rahmani, R., 2007. Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian Beech forests of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(1): 55-64 .
17. Haji Mirza Aghayee, S., Jalilvand, H., Kooch, Y. and Pormajidian, M.R., 2010. Analysis of important value and spatial pattern of woody species in ecological units (case study: Sadabrood forests of Chalous). *Iranian Journal of Forest*, 2(1): 51-60.
18. Hubble, S.P., Foster, R.B., Obrien, S.T., Harms, K.E., Condit, R., Wechdler <sup>۵۴</sup> Wright, S.J. and Loo, S., 1999. Light gap disturbance, recruitment limitation, <sup>۵۱۱۱۱</sup> tree diversity in a Neotropical forest. *Forest Science*, 283: 554-557.
19. Hui, G., Li, L., Zhao, Zh. and Dang, P., 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. *ActaEcologica Sinica*, 27(11): 4717-4728.
20. Jannat Rostami, M., Zare Chahoki, M.A., Azarnivand, H. and Ebrahimi Dorcheh, Kh., 2009. Survey and analysis of spatial pattern of plant species in marginal rangelands Hoz-e-Soltan Qom. *Watershed Management Researches (Pajouhesh & Sazandegi)*, 84: 72-80.
21. Jayaraman, K., 1999. A statistical manual for forestry research, FORSPA – FAO Publication, 231p.
22. Karimi, M., Pormajidian, M.R., Jalilvand, H. and Safari, A., 2010. Preliminary study for application of O-ring function in determination of small-scale spatial pattern and interaction species (Case study: Bayangan forests, Kermanshah). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(4): 608-621.
23. Kint, V., Lust, N., Ferris, R. and Olsthoorn, A.F.M., 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L.) Forests. *Invest. Agr: Sist. Recur. For.: Fuera de*, 1: 147-163.
24. Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology*. Second Edition. Addison – Welsey Educational Publisher, Inc. Benjamin/Cummings imprint, 581 p.
25. Law, R., Illian, J., Burslem, D. F. R. P., Gratzler, G., Gunatilleke, C.V.S. and Gunatilleke, I.A.U.N., 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. *Journal of Ecology*, 97: 616-628.
26. Li, Y., Hui, G., Zhonghua Zhao, Li, Y.H., Y., Hui, G., Zhao, Zh. and Hu, Y., 2012. The bivariate distribution characteristics of spatial structure in natural Korean pine broad-leaved forest. *Journal of Vegetation Science*, 23(6): 1180-1190.
27. Maestre, F.T., 2006. Linking the spatial patterns of organisms and abiotic factors to ecosystem function and management: Insight semi-arid environments – *Web Ecol*, 6: 75-87.
28. Nadkarni, N.M., McIntosh, A.C.S. and Cushing, J.B., 2008. A framework to categorize forest structure concepts. *Forest Ecology and Management*, 256: 872-882.
29. Packalenab, P., Vauhkonenc, J., Kallioa, E., Peuhkurinend, J., Pitkänene, J. and Pip, I., 2013. Predicting the spatial pattern of trees by airborne Laser Scanning. *International Journal of Remote Sensing*, 34(14): 5154-5156.
30. Poltkin, J.B., Chave, J. and Ashton, P.S., 2002. Cluster Analysis of Spatial Patterns in Malaysian Tree Species. *The American Naturalist*, 160(5): 629-644.
31. Pommerening, A., 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. *Forest Ecology and Management*, 224: 266-277
32. Salas, C., LeMay, V., Nunez, P., Pacheco, P. and Espinosa, A., 2006. Spatial patterns in an old-growth *Nothofagus oblique* forest in south central Chile. *Forest Ecology and Management*, 231: 38-46.
33. Schmidt, L., Hille, M.G. and Stephens, S.L., 2006. Restoring northern Sierra Nevada mixed conifer forest composition and structure with prescribed fires of varying intensities. *Fire Ecology*, 2: 20-33.

34. Sousa-Souto, L., Viana-Junior, A.B. and Nascimento, E.S., 2013. Spatial Distribution of *Acromyrmex balzani* (Emery) (Hymenoptera: Formicidae: Attini) Nests Using Two Sampling Methods. *Sociobiology*, 60(2): 162-168.
35. Stamatellos, G. and panourgias, G., 2005. Simulating spatial distribution of forest trees by using data from fixed area plots. *Forestry*, 78(3): 305-312.
36. Stephens, S.L., Fry, D.L. and Franco-Vizcaíno, E., 2008. Wildfire and spatial patterns in forests in northwestern Mexico: the United States wishes it had similar fire problems. *Ecology and Society*, 12p.
37. Trifković, S., 2013. Spatial Distribution and Composition of Trees in an Aging Coppice Forest in Japan. *Formath*, 1: 35-53.
38. Wong, D.W.S. and Lee, J., 2005. Statistical analysis of geographic information with Arc View GIS and Arc GIS, 463p.
39. Wulder, M.A. and Franklin, S.E., 2007. Understanding Forest Disturbance and Spatial Pattern. *Remote Sensing and GIS Approach*, 243p.

## Implementation of uniform angle index in determination of trees spatial pattern in a forest reserve of Hyrcanian zone

- **A. Safari\***; Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Nour, Iran
- **H. Sohrabi**; Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Nour, Iran

(Received: 19- Oct- 2013 Accepted: 29- Apr- 2014)

### Abstract

Spatial pattern is a key attribute of forest ecosystems. Recently, spatial distribution pattern of woody plants, especially trees, has gained many interest by plant ecologists which leads to introducing a large number of different methods for quantifying spatial patterns. In this topic, finding the easiest method for data collection and analysis has always been a major concern. The aim of this research is evaluating of Uniform Angle Index ability in determining spatial pattern of trees in a Hyrcanian forest. For this purpose, an area of 18 hectares in a forest reserve of *Populus caspica* was selected and surveyed by full callipering method, and stem-map of three major species including *Fraxinus excelsior* subsp, *Populus caspica* Born and *Petrocarya fraxinifolia* (Lam.) was prepared. At first, spatial pattern of all species was determined by Nearest Neighbor Index and the determined pattern was considered as an actual spatial pattern of the trees. For calculating Uniform Angle Index, 3, 4 and 5 neighbor trees around central randomly were chosen and the angles created between them was measured. Finally, obtained results of Uniform Angle Index were compared to the results of Nearest Neighbor Index. The results showed that in all cases, the determined spatial pattern Uniform Angle Index were similar to Nearest Neighbor Index. Based on the results of this study, Uniform Angle Index a quick and cost effective method which can be used for describing spatial pattern of trees in similar forests.

**Key words:** Spatial pattern, uniform angle index, nearest neighbor index, *Fraxinus excelsior*, *Populus caspica* Born, *Petrocarya fraxinifolia* (Lam.).