

## بررسی الگوی مکانی بنه با استفاده از زاویه بین درختان در جنگل‌های جوانرود کرمانشاه

امیر صفری<sup>۱\*</sup>، رضاحسین حیدری<sup>۲</sup>، نقی شعبانیان<sup>۳</sup> و مهسا کریمی<sup>۴</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری جنگلداری، گروه جنگلداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. پست الکترونیک: asafari61@yahoo.com

۲- استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۴- دانشجوی دکتری جنگلداری، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۳

### چکیده

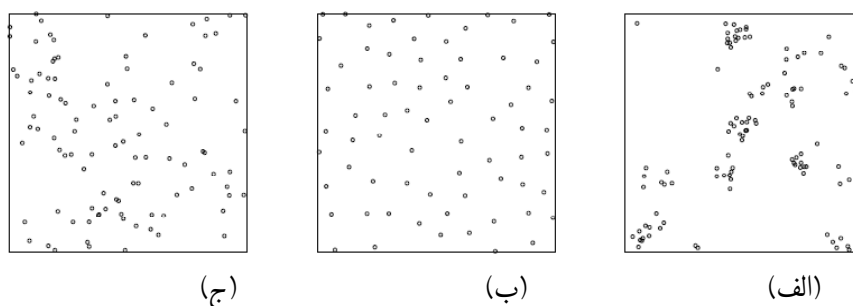
الگوی مکانی یکی از ویژگی‌های کلیدی اکوسیستم‌های جنگلی است که به همراه ترکیب و ساختار، عملکرد و خودتنظیمی جنگل را کنترل می‌کند. با توجه به اهمیت اقتصادی و زیست‌محیطی گونه بنه و نقش الگوی مکانی درختان در مدیریت جنگل، در این تحقیق الگوی مکانی بنه مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش که در قسمتی از جنگل‌های جوانرود در استان کرمانشاه انجام شد، از اندازه‌گیری زاویه بین درختان برای تعیین الگوی مکانی استفاده شد. بدین منظور، عرصه‌ای به مساحت ۵۰ هکتار انتخاب و ۵۰ نقطه نمونه‌برداری در طرح نمونه‌برداری تصادفی-منظم در قالب شبکه آماربرداری ۱۰۰×۱۰۰ متر برداشت و در هر نقطه زاویه‌های موردنیاز برای محاسبه شاخص‌های  $W_i$  (Winkelmass) و  $MoA$  (Mean of Angle) برداشت شد. نتایج نشان داد که الگوی بنه در این تحقیق به شکل کپه‌ای متمایل به تصادفی است و شاخص  $MoA$  نیز از دقت لازم برای تعیین الگوی مکانی گونه بنه برخوردار نیست.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی، بنه، شاخص  $W_i$ ، شاخص  $MoA$ ، جوانرود.

### مقدمه

اقدام به منظور حفظ و احیاء این گونه را ضروری می‌نماید. الگوی مکانی عبارتست از موقعیت افقی یا پراکنش انفرادی درختان در یک توده که محل استقرار درختان را در یک صفحه افقی منعکس می‌کند (Hui et al., 2007). به‌طور کلی سه نوع الگوی مکانی مختلف وجود دارد که عبارتند از الگوی تجمعی یا کپه‌ای، الگوی منظم یا یکنواخت و الگوی تصادفی (شکل ۱).

بنه مهم‌ترین گونه اقتصادی نواحی روستایی جنگل‌های زاگرس است که دارای صمغ باارزشی به‌نام سقز بوده که مصارف مختلف دارویی و غذایی دارد (Pourreza et al., 2008). رویشگاه‌های بنه مانند اغلب قسمت‌های دیگر جنگل‌های زاگرس به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه مورد تخریب قرار گرفته‌اند، اما ارزش‌های متعدد این گونه و نقش‌های مختلفی که در معیشت ساکنین مناطق بنه‌خیز دارد، هر گونه



شکل ۱- انواع الگوی مکانی، کپه‌ای (الف)، یکنواخت (ب) و تصادفی (ج) (برگرفته از Baddeley, 2010)

بیولوژیکی جمعیت‌های گیاهی با شرایط محیطی مفید باشد. به‌همین دلیل در دهه گذشته به آنالیز الگوهای مکانی به‌عنوان موضوع مرکزی در تحقیقات جنگل، به‌ویژه در احیاء جنگل‌ها توجه شده است (Zhang *et al.*, 2012) و به‌عنوان یک بخش مهم در تحقیقات اکولوژیک جنگل توسعه یافته است (Zhao *et al.*, 2014).

با توجه به اهمیت الگوی مکانی درختان جنگلی، پژوهش‌های متعددی با استفاده از روش‌های مختلف در داخل و خارج کشور انجام شده است. در مورد بنه تاکنون Safari و همکاران (۲۰۱۰b) الگوی مکانی این گونه را با استفاده از شاخص‌های مختلف قطعه‌نمونه و فاصله‌ای به‌شکل کپه‌ای معرفی کردند. Erfanifard و Mahdian (۲۰۱۲) الگوی مکانی بنه را با استفاده از آماربرداری صددرصد در جنگل تحقیقاتی بنه استان فارس به شکل کپه‌ای تعیین کردند. Karimi و همکاران (۲۰۱۲) الگوی مکانی بنه را با استفاده از تابع *O-ring* به‌شکل تصادفی تعیین کردند. از دیگر مطالعات در زمینه الگوی مکانی در داخل و خارج کشور می‌توان به پژوهش‌های Basiri و همکاران (۲۰۰۶)، Habashi و همکاران (۲۰۰۷)، Heidari و همکاران (۲۰۰۷)، Akhavan و همکاران (۲۰۱۰)، Kiani و همکاران (۲۰۱۱)، Dagley (۲۰۰۸) و Zhang و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد.

با توجه به نقش الگوی مکانی به‌عنوان یک ابزار مدیریتی مهم در حفظ، شناخت و مدیریت توده‌های جنگلی این تحقیق سعی دارد با معرفی الگوی مکانی بنه گامی به‌منظور احیاء این گونه بردارد، زیرا الگوی مکانی می‌تواند

شکل‌گیری هر کدام از انواع مختلف الگو نتیجه عمل چندگانه روابط بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای، ویژگی‌های بیولوژیکی جمعیت و شرایط محیطی است (Dagley, 2008; Gray & He, 2009). بنابراین الگوی مکانی از دو جنبه اهمیت دارد: اول اینکه شکل الگو نتیجه فرایندها و کنش‌های اکولوژیکی و بیولوژیکی است و ترکیب الگوی مکانی با دیگر اطلاعات می‌تواند در درک عوامل ایجادکننده الگو مهم باشد. دوم اینکه الگوی مکانی گونه‌ها برای درک الگوهای تنوع‌زیستی لازم است (Zhang *et al.*, 2012).

الگوی مکانی فقط یک ویژگی مکانی جمعیت نیست، بلکه یکی از شاخص‌های کمی اساسی جمعیت‌هاست و مهم‌ترین شاخص برای تشریح ساختار توده جنگلی است، زیرا ممکن است دو توده مقادیر متوسط، تجمعی و توزیع فراوانی مشابهی داشته باشند، اما به‌دلیل اختلاف در الگوهای مکانی خیلی متفاوت بنظر برسند (Dagley, 2008). شناخت الگوی مکانی درختان به‌عنوان یک ابزار کلیدی در درک عمیق ساختار جمعیت، رویش و برداشت درختان در جنگلکاری‌ها کمک می‌کند و در اظهارنظر درباره قوانین پراکنش درختان، فرایندهای تکاملی و پیش‌بینی تغییرات توده نیز بسیار مهم است (Hu *et al.*, 2007). درضمن الگوهای مکانی در دخالت‌های جنگل‌شناسی مانند استقرار زادآوری، تنک کردن و روش‌های بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عنوان یک هدف در پروژه‌های احیایی دنبال می‌شود (Dagley, 2008). علاوه‌براین، اطلاعات مهمی از تاریخچه توده، پویایی و رقابت آشکار می‌سازد (Haase, 1995) و می‌تواند در تعیین روابط اکولوژیکی، ویژگی‌های

از شاخص‌های فاصله‌ای است و دسته دوم استفاده از فواصل بین تمامی درختان و تابع  $K$  ریپلی است که نیازمند آماربرداری صددرصد است (Stoyan & Stoyan, 1992). شاخص‌های فاصله‌ای هر کدام پیش‌فرض‌هایی دارند و قدرت آن در تعیین الگوهای مختلف متفاوت است (Safari Jannat Rostami *et al.*, 2009; *et al.*, 2010 (a,b); Erfanifard *et al.*, 2008). استفاده از تابع  $K$  ریپلی نیز نیازمند آماربرداری صددرصد بوده که مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیاد است. در این میان روش دیگری وجود دارد که در ده سال اخیر توسعه یافته است. این روش که براساس اندازه‌گیری زاویه بین درختان استوار است، محدودیت‌های سایر روش‌های ذکرشده را ندارد. در اجرای این روش از دو شاخص  $W_i$  و MoA به شرح زیر استفاده می‌شود:

شاخص  $W_i$ : این شاخص که تحت‌عنوان شاخص زاویه یکنواخت (Li *et al.*, 2012; Hui *et al.*, 2007) یا شاخص Winkelmass (Flores *et al.*, 2012; Corona *et al.*, 2005; Zhao *et al.*, 2014; 2005) یا شاخص Contagion (Pommerning, 2002) خوانده می‌شود، یک روش ساده و سریع در بررسی الگوی مکانی توده‌های جنگلی است و رویکرد آن براساس اندازه‌گیری زاویه بین درختان همسایه است (Corona *et al.*, 2005). براین اساس که هر درخت مرکزی  $i$  با یک جفت درخت همسایه، دو زاویه  $\alpha$  و  $\beta$  ایجاد می‌کند و برای این دو زاویه داریم  $\alpha + \beta = 360^\circ$  (همواره  $\alpha \leq \beta$ ). شاخص  $W_i$  به‌عنوان درصدی از زاویه‌های اندازه‌گیری شده است که از زاویه استاندارد ( $\alpha_0$ ) کوچک‌تر باشد (Pommerning, 2002). در صورت یکنواختی کامل مکان  $n$  درخت در اطراف درخت مرکزی  $i$ ، زاویه استاندارد موردانتظار ( $\alpha_0$ ) بین همسایگان مطابق رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

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

که در آن  $n$  تعداد درختان همسایه موردبررسی در اطراف درخت مرکزی است (Hui *et al.*, 2007).

با توجه به اثبات دقت بالای این شاخص (Hui *et al.*, 2007) تحقیقات متعددی با استفاده از این شاخص انجام

در درک توده، اعمال دخالت‌های جنگل‌شناسی و اقدامات حفاظتی و احیایی بسیار مفید باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه موردبررسی

منطقه موردبررسی در قسمتی از جنگل‌های شهرستان جواترود در استان کرمانشاه واقع شده است. این منطقه در حوضه آبخیز رودخانه لیل و در دامنه‌های جنوبی قرار دارد. این حوضه آبخیز در عرض  $34^\circ 50' 16''$  تا  $35^\circ 3' 40''$  شمالی و طول  $46^\circ 6' 42''$  تا  $46^\circ 19' 36''$  شرقی قرار دارد. از دیگر گونه‌های جنگلی موجود در منطقه می‌توان به بلوط ایرانی و زالزالک اشاره کرد. طبق نقشه‌های مطالعاتی موجود در پایگاه اینترنتی اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه، اقلیم عرصه مورد مطالعه مرطوب و در طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متری و دامنه جنوبی قرار دارد. روش پژوهش

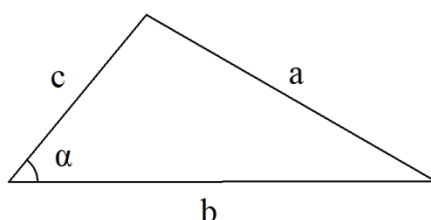
به‌طور کلی الگوی مکانی درختان توسط سه روش کلی بررسی می‌شود که عبارتند از: پراکنش تعداد درختان در داخل قطعات نمونه با مساحت ثابت (Basiri *et al.*, 2006) (Safari *et al.*, 2010a,b; Jannat Rostami Heidari *et al.*, 2007); درختان همسایه (Akhavan *et al.*, Safari *et al.*, 2010a,b; *et al.*, 2009; Erfanifard & Mahdian, 2012; 2010; و اندازه‌گیری زاویه‌های بین درختان (Schmidt *et al.*, Corona *et al.*, 2005) (Stephens *et al.*, 2008; Hui *et al.*, 2007; *et al.*, 2006; Fucal *et al.*, 2010; Trifkovic & Yamamoto, 2008; Li *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2012; و روش قطعه‌نمونه یک روش ساده تحلیل الگوی مکانی است که مبتنی بر تعیین سطح و مکان قطعات نمونه و شمارش تعداد درختان در این نمونه‌هاست، اما به دلیل دقت کم آن، در پژوهش‌های الگوی مکانی چندان استفاده نمی‌شود (Wang *et al.*, 2005). روش‌های مبتنی بر اندازه‌گیری فواصل بین درخت به دو دسته کلی تقسیم می‌شود که دسته اول شامل نمونه‌برداری فاصله‌ای و استفاده

## جمع‌آوری داده‌ها

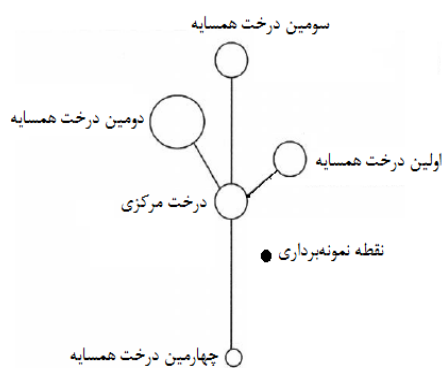
به منظور محاسبه  $W_i$  و MoA در محدوده‌ای به مساحت ۵۰ هکتار در قالب شبکه آماربرداری  $100 \times 100$  متر تعداد ۵۰ نقطه نمونه برداری پیاده شد و در هر نقطه زاویه‌های مورد نیاز هر شاخص اندازه‌گیری شد.

## اندازه‌گیری زاویه‌ها

با توجه به استفاده از دستگاه متر لیزری Disto D5 (با دقت یک میلی‌متر) در این تحقیق برای اندازه‌گیری زاویه‌های مورد نیاز از روش کسینوس‌ها استفاده شد (شکل ۲). بدین ترتیب که برای به دست آوردن هر زاویه فاصله بین هر سه ضلع اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۲ مقدار زاویه مورد نظر محاسبه شد.



شکل ۲- اندازه‌گیری سه ضلع به منظور اندازه بعد زاویه مورد نظر ( $\alpha$ )



شکل ۳- نحوه شناسایی درختان در هر نقطه نمونه برداری

برای محاسبه شاخص MoA پس از قرار گرفتن در نقطه نمونه برداری، دو درخت که نزدیک‌ترین فاصله را با این نقطه داشتند، شناسایی شدند. در مرحله بعد زاویه ایجاد شده (زاویه  $\alpha$ ) بین دو درخت و نقطه نمونه برداری اندازه‌گیری شد

شده است که می‌توان به Schmidt و همکاران (۲۰۰۶) در جنگل‌های مخلوط سوزنی‌برگ Sierra Nevada, Hui و همکاران (۲۰۰۷) در جنگل‌های چین، Stephens و همکاران (۲۰۰۸) در جنگل‌های کالیفرنیا، Fucai و همکاران (۲۰۱۰) در جنگل‌های کره جنوبی، Li و همکاران (۲۰۱۲) در جنگل‌های چین، Flores و همکاران (۲۰۱۲) در جنگل‌های Sierra Madre Oriental آمریکا و Zhao و همکاران (۲۰۱۴) در داده‌های شبیه‌سازی شده اشاره کرد. شاخص MoA: این شاخص برای تحلیل الگوی مکانی فقط از یک زاویه در هر نقطه نمونه برداری استفاده می‌کند. در این روش از زاویه ایجاد شده بین نقطه نمونه برداری و دو درخت نزدیک به این نقطه استفاده می‌شود (Trifkovic & Yamamoto, 2008).

برای محاسبه شاخص  $W_i$  در هر نقطه نمونه برداری ابتدا نزدیک‌ترین درخت به این نقطه مشخص و به عنوان درخت مرکزی ( $i$ ) معرفی شد. سپس چهار درخت همسایه که نزدیک‌ترین فاصله را با درخت مرکزی ( $i$ ) داشتند، شناسایی شدند (شکل ۳). طبق مطالعات گذشته مشخص شده است که بررسی چهار درخت برای توصیف ساختار مکانی توده کافی است (Corona et al., 2005). در نهایت زاویه ایجاد شده بین هر جفت درخت همسایه نزدیک به درخت مرکزی توسط شکل ۲ و رابطه ۲ اندازه‌گیری شد.

$$\cos(\alpha) = \frac{a^2 - b^2 - c^2}{-2bc} \quad \text{رابطه ۲}$$

مورد بررسی قرار گیرد، پنج مقدار برای  $W_i$  ممکن خواهد بود که عبارتند از: صفر،  $0/25$ ،  $0/5$ ،  $0/75$  و یک.

اگر هیچ کدام از زاویه های اندازه گیری شده از  $W_i=0$ : زاویه استاندارد کوچک تر نباشد.  $W_i = \frac{0+0+0+0}{4} = 0$ .

اگر یکی از زاویه های اندازه گیری شده از  $W_i=0/25$ : زاویه استاندارد کوچک تر باشد.  $W_i = \frac{1+0+0+0}{4} = 0/25$ .

اگر دو زاویه از زاویه های اندازه گیری شده از  $W_i=0/5$ : زاویه استاندارد کوچک تر باشد.  $W_i = \frac{1+1+0+0}{4} = 0/5$ .

اگر سه زاویه از زاویه های اندازه گیری شده از  $W_i=0/75$ : زاویه استاندارد کوچک تر باشد.  $W_i = \frac{1+1+1+0}{4} = 0/75$ .

اگر هر چهار زاویه از زاویه های اندازه گیری شده از  $W_i=1$ : زاویه استاندارد کوچک تر باشد.  $W_i = \frac{1+1+1+1}{4} = 1$ .

از میانگین مقادیر  $W_i$  در تمام نقاط نمونه برداری می توان برای تعیین الگو استفاده کرد (رابطه ۳).

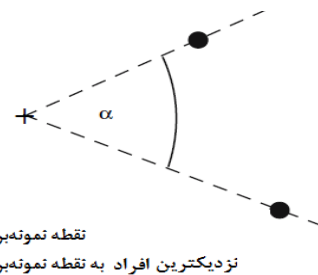
اگر میانگین  $W_i$  ها برابر صفر باشد، الگو یکنواخت، اگر برابر با  $0/5$  باشد، الگو تصادفی و اگر برابر با یک باشد، الگو به شکل کپه ای خواهد بود. برای تحلیل بهتر الگو با استفاده از مقادیر  $W_i$  بهتر است که از حدود اعتماد میانگین  $W_i$  ها یعنی  $\bar{W}$  استفاده شود (رابطه ۴).

$$\bar{W} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 z_{ij} \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن  $n$ : تعداد نقاط نمونه برداری،  $i$ : هر درخت مرکزی،  $j$ : هر کدام از چهار درخت همسایه درخت مرکزی است.

در این صورت برای الگوی تصادفی مقدار متوسط شاخص  $W_i$  در فاصله ( $0/517$  و  $0/475$ )، در حالت الگوی کپه ای  $0/517 > \bar{W}$  و برای آرایش منظم  $0/475 < \bar{W}$  خواهد بود (Fucai et al., 2010; Stephens et al., 2008).

(شکل های ۲ و ۴ و رابطه ۲).



شکل ۴- زاویه اندازه گیری شده بین دو درخت نزدیک ترین همسایه به نقطه نمونه برداری در هر نقطه نمونه برداری برای محاسبه شاخص MoA (برگرفته از Trifkovic & Yamamoto, 2008)

#### محاسبات

شاخص  $W_i$ : مزیت شاخص  $W_i$  در نحوه تحلیل الگوی مکانی این است که از دو رویکرد محاسبه ای و محاسبه ای-ترسیمی استفاده می کند.

روش محاسبه ای: در این حالت ابتدا زاویه استاندارد موردانتظار ( $\alpha_0$ ) طبق رابطه ۲ محاسبه می شود. با توجه به اینکه در این تحقیق از چهار درخت همسایه به درخت مرکزی استفاده شد، مقدار زاویه استاندارد موردانتظار ( $\alpha_0$ ) برابر با  $72$  درجه است.

پس از محاسبه زاویه استاندارد موردانتظار ( $\alpha_0$ )، با استفاده از رابطه ۳ مقادیر مختلف  $W_i$  محاسبه می شود.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{ij} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن:

$z_{ij}=1$  است اگر  $\alpha_j < \alpha_0$  امین ( $\alpha_j$ =زاویه های اندازه گیری شده در هر نقطه نمونه برداری)  $z_{ij} = 0$  است اگر  $\alpha_j > \alpha_0$  امین

$n$ : تعداد درختان همسایه درخت مرکزی (Hui et al., 2007)

در صورتی که چهار درخت همسایه درخت مرکزی

انتظار می‌رود در الگوی تصادفی متوسط زاویه‌های اندازه‌گیری شده برابر ۹۰ درجه باشد (Trifkovic & Yamamoto, 2008).

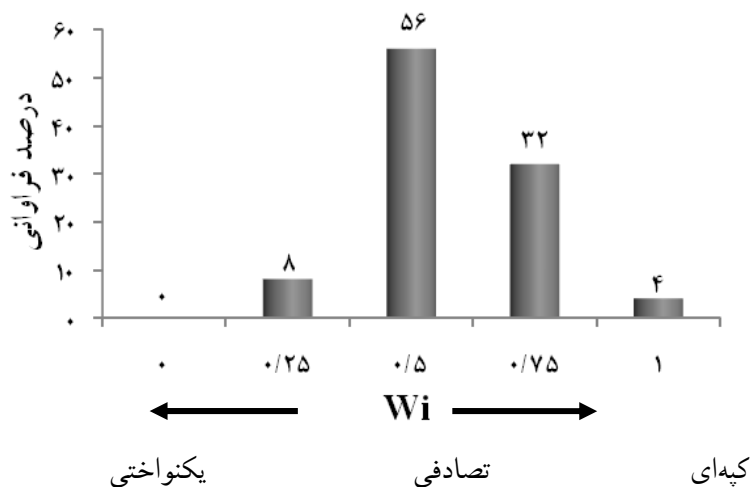
### نتایج

#### روش محاسبه‌ای

مقدار شاخص  $W_i$  برابر با عدد ۰/۵۸ محاسبه شد. با توجه به اینکه این مقدار از ۰/۵ بزرگ‌تر و از یک کوچک‌تر است، پس بیانگر الگوی مکانی کپه‌ای متمایل به تصادفی برای بنه است. براساس حدود اعتماد میانگین  $W_i$ ، چون مقدار ۰/۵۸ بزرگ‌تر از ۰/۵۱۷ و نزدیک به این حد است، بنابراین با استفاده از حدود اعتماد میانگین هم، الگوی کپه‌ای متمایل به تصادفی برای گونه مورد مطالعه معرفی می‌شود.

#### روش محاسبه‌ای - ترسیمی:

نمودار فراوانی  $W_i$  براساس مقادیر محاسبه شده در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- فراوانی  $W_i$  محاسبه شده

است، پس بیانگر الگوی مکانی یکنواخت برای بنه است.

### بحث

استقرار مکانی گیاهان وابسته به دامنه گسترده‌ای از فرایندهای زنده، نوع زادآوری، محدودیت‌های پراکنش و رقابت می‌تواند باشد. در مقابل فرایندهای غیرزنده مثل

روش محاسبه‌ای - ترسیمی: در این روش براساس فراوانی مقادیر  $W_i$  نموداری به تصویر کشیده 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 بالعکس الگو به شکل کپه‌ای خواهد بود (Hui et al., 2007).

شاخص MoA: در این شاخص میانگین زاویه‌های اندازه‌گیری در نقاط نمونه‌برداری استفاده می‌شود (رابطه ۵).

$$MoA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i$$

رابطه ۵

در این رابطه:

MoA: متوسط زاویه‌های اندازه‌گیری شده، n: تعداد نقاط نمونه‌برداری و  $\alpha_i$ : زاویه‌های اندازه‌گیری شده در هر نقطه نمونه‌برداری است.

در حالت الگوی کپه‌ای مقدار MoA از ۹۰ درجه کمتر و در حالت الگوی یکنواخت از ۹۰ درجه بزرگ‌تر می‌شود.

همان‌طور که از شکل ۵ مشاهده می‌شود مقدار فراوانی در مرکز و سمت راست نمودار بیشتر از سمت چپ است. این نمودار هم الگوی کپه‌ای متمایل به تصادفی برای بنه را نشان می‌دهد.

شاخص MoA: مقدار این شاخص برابر با ۱۱۸/۷ درجه محاسبه شد. با توجه به اینکه این مقدار از ۹۰ درجه بیشتر

به تصادفی به دست آمد. آرایش کپه‌ای یک الگوی عمومی برای پراکنش گونه‌های گیاهی است (Li et al., 2009). مطالعات مختلف در داخل کشور بیانگر الگوی مکانی کپه‌ای برای اغلب درختان جنگلی مورد مطالعه است (Karimi et al., 2012; Kiani et al., 2011; Akhavan et al., 2010; Safari et al., 2010a,b; Habashi et al., 2007; Alavi et al., 2006; Basiri et al., 2006; Haji Mirza Aghayee et al., 2010; Marin et al., 2011; Li et al., 2009). با توجه به سنگین بودن خوشه‌های بنه و ریزش آنها به زیر درختان انتظار می‌رود الگوی این گونه به شکل کپه‌ای باشد. پژوهش‌های مختلفی نتایج کپه‌ای بودن را، سنگینی بذرهای گونه مورد بررسی معرفی کرده‌اند (Habashi et al., 2007; Safari et al., 2010a, b; Karimi et al., 2012; Zhang et al., 2012; Li et al., 2009). عامل مهم دیگر در ایجاد الگوی مکانی کپه‌ای، ناهمگنی رویشگاه است (Reyburn, 2011). درختان به منظور استقرار به مکان‌هایی با شرایط رویشگاهی مطلوب هجوم می‌برند. با توجه به وسعت قطعه مورد بررسی و تغییر در شرایط رویشگاهی، درختان بنه هر جا که مناسب بوده به صورت گروهی مستقر شده‌اند. الگوی گونه بنه از حالت کاملاً کپه‌ای فاصله داشته و به سمت تصادفی تمایل دارد. الگوی مکانی به شکل یک طیف است که در یک طرف این طیف الگوی کاملاً کپه‌ای و در طرف دیگر الگوی کاملاً منظم و در مرکز طیف الگوی کاملاً تصادفی وجود دارد (شکل ۶).

ناهمگنی رویشگاه، آشوب‌ها یا دیگر وقایع اتفاقی رخ داده می‌تواند در غیر تصادفی بودن پراکنش درختان شرکت کند (Li et al., 2009). در این تحقیق برای بررسی الگوی مکانی گونه بنه از دو شاخص  $W_i$  و MoA استفاده شد. با توجه به بررسی و اندازه‌گیری چهار زاویه در هر نقطه نمونه برداری در محاسبه شاخص  $W_i$  در مقایسه با شاخص MoA که فقط از یک زاویه در هر نقطه نمونه برداری استفاده می‌کند، انتظار می‌رود شاخص  $W_i$  نتایج دقیق‌تری را از الگوی مکانی آشکار سازد. Hui و همکاران (۲۰۰۷) براساس نتایج مطالعه‌ای که با استفاده از داده‌های حاصل از آمار برداری در جنگل‌های طبیعی و داده‌های شبیه‌سازی شده انجام دادند اظهار کردند که شاخص  $W_i$  از دقت بسیار زیادی برای کشف الگوهای مکانی برخوردار است. Zhao و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه مقایسه‌ای خود اظهار کردند که شاخص  $W_i$  توانایی بیشتری در معرفی الگوی مکانی دقیق گونه‌ها دارد. در این تحقیق شاخص  $W_i$  بیانگر الگوی کپه‌ای متمایل به تصادفی برای گونه بنه است. در حالی که شاخص  $MoA$  الگوی مکانی بنه را به صورت یکنواخت معرفی می‌کند. با استفاده از نتایج این تحقیق و با توجه به دقت مناسب شاخص  $W_i$  می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از شاخص MoA نمی‌تواند بیانگر الگوی مکانی به درستی باشد. Yamamoto و Trifkovic (۲۰۰۸) نیز در تحقیق خود به نتیجه مشابه و عدم کارایی مناسب شاخص MoA دست یافتند. الگوی مکانی بنه در این تحقیق به شکل کپه‌ای متمایل



حداکثر کپه‌ای

کاملاً تصادفی

حداکثر یکنواختی

شکل ۶- طیف الگوی مکانی (برگرفته از Safari et al., 2010b)

عرصه مورد بررسی مانند چرای دام، بهره‌برداری غیراصولی

وجود فشارهای متعدد بر اغلب رویشگاه‌های زاگرس و

- Forest and Poplar Research, 18(2): 322-336 (In Persian).
- Alavi, S., Zahedi Amiri, Gh. and Marvi Mohajer, M.R. 2006. An investigation of spatial pattern in Wych Elm (*Ulmus glabra*) in Hyrcanian forests (Case study: Kheyroudkenar forest, Nowshahr, Iran). Iranian Journal of Natural Resources, 58(4): 793-804 (In Persian).
  - Baddeley, A. 2010. Analysing spatial point patterns in R. CSIRO and University of Western Australia. Workshop Notes, Version 4.1, 232p.
  - Basiri, R., Sohrabi, H. and Mozayan, M. 2006. A statistical analysis of the spatial pattern of trees species in Ghamisholeh Marivan region, Iran. Iranian Journal of Natural Resources, 59(2): 579-588 (In Persian).
  - Corona, P., Orazio, D.P., Lamonaca, A. and Portoghesi, L. 2005. L'indice Winkelmass per l'inventariazione a fini assestamentali della diversità strutturale di soprassuoli forestali. Forest, 2(2): 225-232.
  - Dagley, C.M. 2008. Spatial pattern of coast redwood in three alluvial flat old-growth forests in Northern California. Forest Science, 54(3): 294-302.
  - Erfanifard, Y. and Mahdian, F. 2012. Comparative investigation on the methods of true spatial pattern analysis of trees in forests (Case study: Wild pistachio Research Forest, Fars Province, Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(1): 62-73 (In Persian).
  - Erfanifard, Y., Fegghi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M. 2008. Comparison of two distance methods for forest spatial pattern analysis (Case study: Zagros forests of Iran). Journal of Applied Science, 8(1): 152-157.
  - 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.
  - 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.
- از محصولات فرعی و جمع‌آوری میوه درختان بنه توسط ساکنین منطقه سبب حذف درختان و ممانعت از استقرار زادآوری می‌شود که در نتیجه آن شکل کپه‌ها به هم خورده و سبب ایجاد درختان تصادفی می‌شود. در ضمن، الگوی تصادفی ممکن است در نتیجه حذف درختان هم‌جوار در اثر رقابت و مرگ‌ومیر و در مسیر تغییر الگو از حالت کپه‌ای به منظم ایجاد شود (Reyburn, 2011). Alavi و همکاران (۲۰۰۶) نیز الگوی کپه‌ای متمایل به تصادفی برای گونه ملج را نتیجه قاچاق چوب و بیماری مرگ‌نارون که سبب حذف درختان شده بود، معرفی کردند. Mantgem و همکاران (۲۰۱۱) هم علت تغییر الگوی مکانی از شکل کپه‌ای به تصادفی را نتیجه حذف درختان در اثر آتش‌سوزی معرفی کردند. Luis و همکاران (۲۰۰۸) نیز در پژوهش خود علت تغییر الگو از شکل کپه‌ای به تصادفی را نتیجه عدم استقرار زادآوری به صورت گروهی معرفی کردند.
- نتایج این تحقیق مشابه تحقیق Safari و همکاران (۲۰۱۰b) است. ایشان نیز الگوی مکانی بنه را به شکل کپه‌ای متمایل به تصادفی معرفی کردند، اما با نتایج تحقیق Karimi و همکاران (۲۰۱۲) که الگوی مکانی بنه را به شکل تصادفی معرفی کردند، مخالف است. علت این اختلاف می‌تواند به دلیل اختلاف در سطح مورد مطالعه باشد، زیرا الگوی مکانی تحت تأثیر مقیاس مورد مطالعه است (Marin *et al.*, 2011) مطالعه ایشان در سطح دو هکتار و پژوهش پیش‌رو در سطح ۵۰ هکتار انجام شده است.
- ### سپاسگزاری
- این پژوهش با استفاده از اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه رازی انجام شده است که بدین وسیله از مسئولین ذیربط تشکر می‌گردد.
- ### References
- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, K., Hassani, M. and Parhizkar, P. 2010. Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. Iranian Journal of



- Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(3): 356-369 (In Persian).
- Li, L., Huang, Zh., Ye, W., Cao, H., Wei, Sh., Wang, Zh., Lian, J., Sun, I., Ma, K. and He, F. 2009. Spatial distributions of tree species in a subtropical forest of China. *Oikos*, 118: 495-502.
  - 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.
  - 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.
  - Mantgem, P.J., Stephenson, N.L., Knapp, E., Battles, J. and Keeley, J.E. 2011. Long-term effects of prescribed fire on mixed conifer forest structure in the Sierra Nevada, California. *Forest Ecology and Management*, 261: 989-994.
  - Marin, A., Carrer, D.M. and Lamdica, D.S. 2011. Spatial analysis of a mixed beech, spruce and fir stand in the eastern Alps. M.Sc. thesis, Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, College of Agricultural Sciences, University of Padua, 71p.
  - Pommerning, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75(3): 305-324.
  - Pourreza, M., Shaw, J.D. and Zanganeh, H. 2008. Sustainability of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) in Zagros Forests, Iran. *Forest Ecology and Management*, 255: 3667-3671.
  - Reyburn, A.P. 2011. Causes and consequences of plant spatial patterns in natural and experimental Great Basin (USA) plant communities. Ph.D thesis, Department of Wildland Resources, Utah State University, 162p.
  - 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.
  - Stoyan, D. and Stoyan, H. 1992. *Fraktale Formenpunkt Feldermethoden der geometrie-statistik*. Berlin: Akademie-Verlag, 394p.
  - Gray, L. and He, F.L. 2009. Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. *Forest Ecology and Management*, 259: 98-106.
  - Haase, P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science*, 6:575-582.
  - 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 (In Persian).
  - 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: Sardabrood Forests of Chalous). *Iranian Journal of Forest*, 2(1): 51-60 (In Persian).
  - Heidari, R.H., Zobeiri, M., Namiranian, M. and Sobhani, H. 2007. Application of T-square sampling method in Zagros Forests. (Case study: Kermanshah Province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(1): 32-42 (In Persian).
  - Hui, G., Li, L., Zhao, Zh. and Dang, P. 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 27(11): 4717-4728.
  - 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 (In Persian).
  - Karimi, M., Pormajidian, M.R., Jalilvand, H. and Safari, A. 2012. 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 (In Persian).
  - Kiani, B., Tabari, M., Fallah, A., Hosseini, S.M. and Iran-nejad Parizi, M.H. 2011. The use of Nearest Neighbor, Mean Square and Ripley's K- function methods to determine spatial pattern of Saxaul (*Haloxylon ammodendron* C.A.Mey) in Siahkooch Protected Area, Yazd

- it had similar fire problems. *Ecology and Society*, 13: 10-21.
- Wang, T.X., Ding, Y.L. and Liu, Y.J. 2005. The spatial pattern of *Arundinaria Fargesii* Clone population. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)*, 29(3): 37-40.
  - Zhang, Y., Li, J.M., Chang, Sh.L., Li, X. and Lu, J.J. 2012. Spatial distribution pattern of *Picea schrenkiana* population in the Middle Tianshan Mountains and the relationship with topographic attributes. *Journal of Arid Land*, 4(4): 457-468.
  - Zhao, Zh., Hui, G., Hu, Y., Wang, H., Zhang, G. and Gadow, K. 2014. Testing the significance of different tree spatial distribution patterns based on the uniform angle index. *Canadian Journal of Forest Research*, 44(11): 1419-1425.
  - Trifković, S. and Yamamoto, H. 2008. Indexing of spatial pattern of trees using a mean of angels. *Journal of Forest Researches*, 3: 117-121.
  - Safari, A., Shabanian, N., Heidari, R.H., Erfanifard, S.Y. and Pourreza, M. 2010a. 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 (In Persian).
  - Safari, A., Shabanian, N., Erfanifard, S.Y., Heidari, R.H. and Purreza, M. 2010b. Investigation on spatial pattern of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) (Case study: Bayangan forests, Kermanshah). *Iranian Journal of Forest*, 2(2): 177-185 (In Persian).
  - Stephens, S.L., Fry, D.L. and Franco-Vizcaino, E. 2008. Wildfire and spatial patterns in forests in northwestern Mexico: the United States wishes

## An investigation of spatial pattern in *Pistacia atlantica* Desf. stands by angular method in Javanroud region of Kermanshah

A. Safari<sup>1\*</sup>, R.H. Heidari<sup>2</sup>, N. Shabanian<sup>3</sup> and M. Karimi<sup>4</sup>

1\* - Corresponding author, Ph.D. Student of Forestry, Department of Forestry, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran. E-mail: asafari61@yahoo.com

2- Assistant Prof., Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, I.R. Iran.

3- Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, I.R. Iran.

4- Ph.D. Student Forestry, Department of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran.

Received: 02.12.2013

Accepted: 03.09.2014

### Abstract

In addition to composition and structure, the spatial pattern also plays a key role in forest ecosystems. These three attributes act in constellation by regulating ecosystem functioning and resilience. Regarding the socio-economic importance of Pistachio species, information on the spatial pattern of these trees can be considered as a criterion for management in semi-arid areas of Iran. In this study, the spatial pattern of wild Pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) was studied. Therefore, a 50-ha areas in Javanroud region was sampled in regular 100×100 m grids with 50 sample plots in a systematic random sampling design. In each sample, angles required for calculating Winkelmass ( $W_i$ ) and Mean of Angle ( $MoA$ ) indices were measured. The results showed clumpy pattern of the trees which also tended to random. In addition, the  $MoA$  index was shown to be insufficiently inaccurate for estimating the spatial pattern of *P. atlantica* across the study area.

**Keywords:** Spatial pattern, *Pistacia atlantica*,  $W_i$  index,  $MoA$  index, Javanroud.