مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷
ص ۲۰۷-۲۲۰

کمّی‌سازی ساختار مکانی توده‌های جنگلی ارس در منطقهٔ کندرق خلخال

کیومرث سفیدی[۱*]، یوسف فیروزی [۲]، فرشاد کیوان بهجو [۳]، معراج شرری[۱] و یونس رستمی‌کیا [۴]

[۱] استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۳] دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
[۴] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲)

چکیده

پژوهش پیش رو با هدف کمّی‌سازی ساختار مکانی جنگل‌های ارس در منطقهٔ کندرق خلخال انجام گرفت. برای این منظور سه قطعهٔ یک‌هکتاری انتخاب و مشخصه‌های ساختاری توده براساس روش آماربرداری صددرصد و روش فاصله‌ای و مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه اندازه‌گیری شد. از شاخص‌های آمیختگی، شاخص‌های فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه، کلارک و اوانز، زاویهٔ یکنواخت و نیز اختلاف ابعاد درختان به‌منظور کمّی‌سازی ساختار استفاده شد. میانگین قطر و مساحت پوشش تاجی در منطقه به‌ترتیب ۱۳/۲ سانتی‌متر و ۸/۷ متر مربع محاسبه شد. نتایج شاخص کلارک و اوانز با مقدار متوسط ۱/۰۵ و زاویهٔ یکنواخت با مقدار متوسط ۰/۴۵، نشان‌دهندهٔ پراکنش یکنواخت درختان در بعضی نقاط و پراکنش تصادفی در نقاط دیگری از جنگل است. شاخص آمیختگی به‌طور میانگین دارای ارزشی برابر با ۰/۱۴ است که نشان‌دهندهٔ آمیختگی کم ارس با دیگر گونه‌های دارای فرم رویشی درختی است. مقدار متوسط شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه ۳/۷۰ متر و شاخص‌های تمایز قطری و ارتفاعی به‌ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۲۳ به‌دست آمد. نتایج حاصل از شاخص تنوع ساختاری ترکیبی در سه قطعه با مقدار میانگین ۰/۲۳ نشان‌دهندهٔ تنوع ساختاری کم در رویشگاه‌های ارس در منطقهٔ تحقیق است. بر اساس نتایج این پژوهش در رویشگاه طبیعی درختان ارس، پراکنش مکانی یکنواخت، ساختار همگن و سطح تنوع ساختاری کم برآورد شد. بر این اساس در تدوین راهبردها و برنامه‌های مدیریتی باید حفظ ساختار و الگوی مکانی درختان ارس در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: ارس، الگوی پراکنش درختان، آمیختگی، ساختار مکانی، همسایگی.

مقدمه

اکوسیستم جنگلی، همانند دیگر اکوسیستم‌ها دارای سه مؤلفهٔ ترکیب، عملکرد و ساختار است. ساختار مهم‌ترین مشخصه‌ای است که در پی استقرار توده حاصل می‌شود و اغلب تحت تأثیر مسائل مدیریتی قرار می‌گیرد؛ بنابراین برای درک بهتر اکوسیستم‌های جنگلی و مدیریت بهینهٔ این عرصه‌ها و نیز برای بررسی روند پویایی این اکوسیستم‌ها باید ساختار جنگل و نظم و ترتیب اجزای آن به‌صورت کمّی بررسی شود. امروزه توصیف کمّی ساختار جنگل از مناسب‌ترین ابزارهای مدیریت نوین جنگل به‌شمار می‌رود. از طرفی ساختار توده‌های جنگلی با گذشت

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۲۷۲۶۴۰۶۶
ایمیل: kiomarssefidi@gmail.com

زمان و تحت تأثیر آشوب‌های محلی دچار دگرگونی می‌شوند که از این تغییرات با عنوان پویایی توده‌های جنگلی یاد می‌شود (Sefidi et al., 2013).

در جنگل‌های طبیعی، براساس مشخصات ساختاری توده مانند تعداد درختان و تعداد در طبقات قطری، مراحل مختلف تحولی توده‌های جنگلی تشخیص داده می‌شود. ساختار مکانی، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تنوع زیستی اکوسیستم‌های جنگلی است (Pommerening, 2002). به‌طور کلی، در اکوسیستم‌های جنگلی واژهٔ "ساختار"، چیدمان فضایی برخی ویژگی‌های درختان از جمله سن، ابعاد، گونه و جنسیت درختان (در رابطه با گونه‌های دوپایه) را بررسی می‌کند (Graz, 2004). به‌منظور تشریح ساختار مکانی جنگل، سه بعد موقعیت مکانی، اختلاط گونه‌ای و همچنین اختلاف ابعاد درختان نسبت به یکدیگر بررسی می‌شود (Kint et al., 2004). موقعیت مکانی درختان نشان‌دهندهٔ یکی از الگوهای منظم، تصادفی، کپه‌ای یا حالتی بین آنهاست؛ اختلاط گونه‌ای، چیدمان گونه‌های مختلف را در کنار یکدیگر بررسی می‌کند و اختلاف ابعاد چیدمان مکانی و ویژگی‌هایی از قبیل قطر برابرسینه و ارتفاع را نشان می‌دهد (Kint et al., 2000; Aguirre et al., 2003; Pommerening, 2006). برای بررسی سه جنبهٔ ذکرشده، در سال ۱۹۹۲ یک مجموعه از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه توسط مؤسسهٔ مدیریت جنگل دانشگاه گوتینگن (آلمان) طراحی شد؛ این شاخص‌ها که عملکردی شبیه به ساختار مولکول‌های شیمیایی دارند، به بررسی همسایه‌های هر درخت در تودهٔ جنگلی می‌پردازند (Pommerening, 2006). از مزایای این شاخص‌ها، می‌توان به انعطاف‌پذیری زیاد در انتخاب تعداد درختان همسایه، نیاز نداشتن به اندازه‌گیری فاصلهٔ بین درختان و در نتیجه آسان و ارزان بودن محاسبهٔ آنها، صحت زیاد، توانایی کافی در تشریح ساختار توده‌های جنگلی و بررسی تکامل آنها اشاره کرد (Pommerening and Stoyan, 2006). شاخص‌های ساختار در داخل کشور در مطالعات متعددی استفاده شده است. مطالعات انجام‌گرفته در توده‌های جنگلی انجیلی در میان‌بند جنگل‌های هیرکانی (Sefidi et al., 2015) و توده‌های ارس در ارتفاعات جنوبی البرز (Sadeghi et al., 2016)، توانایی این شاخص را در ارزیابی ساختار در توده‌های جنگلی نشان داده است.

ارس از معدود سوزنی‌برگان با ارزش است که مناطق وسیعی از کشور را به خود اختصاص داده است. از بین گونه‌های این جنس، گونهٔ *Juniperus exelsa* از نظر وسعت انتشار از اهمیت بیشتری برخوردار است این درختان چنان مقاوم‌اند که به‌ندرت می‌توان پایه‌ای یافت که به‌دلیل ضعف فیزیولوژیکی یا آفت‌زدگی، خشکیده باشد (Korouri & Khoshnevis, 2001).

برای درک تغییر ساختار و به‌منظور مدیریت صحیح جنگل و تنظیم برنامه‌های حفاظتی، به اطلاعات کمّی دقیقی از شرایط توده‌ها نیاز است. اطلاعات کمّی به‌دست‌آمده از شرایط توده‌ها می‌تواند الگوهای مناسبی در زمینهٔ تدوین برنامه‌های مناسب در رویشگاه‌های این گونه را در اختیار مدیران قرار دهد. با توجه به این موضوع که به مطالعات ساختار ارس به‌ویژه در استان اردبیل کمتر توجه شده است، در این پژوهش تلاش شد که اطلاعات کمّی مناسبی از ساختار و ترکیب توده‌های ارس در منطقهٔ تحقیق ارائه شود.

مواد و روش‌ها

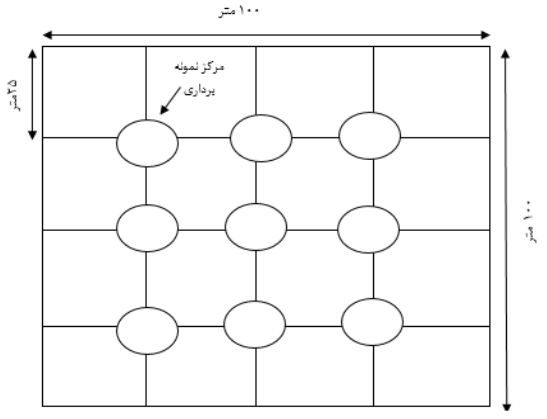
منطقه پژوهش

منطقهٔ تحقیق از مناطق جنگلی حفاظت‌شده در حوضهٔ آبخیز کندرق از شهرستان خلخال در جنوب استان اردبیل، در موقعیت جغرافیایی′۲۲ °۴۸ تا ′۲۳ °۴۸ طول شرقی و ′۲۷ °۳۷ تا ′۲۷ °۳۷ عرض شمالی قرار دارد. میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۵۴۰ متر، حداقل آن، ۱۳۸۰ متر و حداکثر آن ۱۸۷۰ متر است (Rostamikia & Zobeiri, 2012). براساس

گزارش‌های هواشناسی شهرستان هشتجین، میانگین دمای سالیانه ۱۱ درجهٔ سانتی‌گراد، همچنین گرم‌ترین ماه‌های سال تیر و مرداد با میانگین دمای ۳۰/۳ درجهٔ سانتی‌گراد و سردترین ماه‌های سال دی و بهمن با میانگین دمای ۰/۱- درجهٔ سانتی‌گراد است. با توجه به اطلاعات هواشناسی منطقهٔ کندرق، این منطقه دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک است. منطقهٔ تحقیق از نظر ساختاری یک تودهٔ آمیخته، ناهمسال و با تاج‌پوشش باز است. بیشتر درختان این منطقه ارس هستند، ولی گونه‌هایی مثل کیکم (*Acer monspessulanum* L.)، بادام کوهی (*Amygdalus lyciodes* Spach)، بنه (*Pistacia atlantica* F&M.) زرشک (*Berberis integerrima* L.) و گونه‌های دیگر نیز حضور دارند (Rostamikia & Zobeiri, 2012).

روش پژوهش

به‌منظور اجرای این پژوهش و اندازه‌گیری مشخصه‌های ساختاری توده‌های ارس، سه قطعهٔ یک‌هکتاری (۱۰۰×۱۰۰ متر) در منطقه‌ای با کمترین دست‌خوردگی و دست‌کم با فاصلهٔ ۲۰۰ متر از حاشیهٔ جاده انتخاب شد. تعیین محدودهٔ یک‌هکتاری با استفاده از متر لیزری و ژالون چوبی صورت گرفت و همچنین از آزیموت برای زاویه قائمه استفاده شد. بعد از مشخص شدن محدودهٔ قطعات یک‌هکتاری آماربرداری صددرصد از همهٔ پایه‌های درختی و درختچه‌ای صورت گرفت و مشخصاتی از قبیل قطر برابرسینه (گونه‌های با قطر بیش از ۵ سانتی‌متر)، قطر بزرگ و کوچک پوشش تاجی، ارتفاع و تعداد در هکتار گونه‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. برای کمّی‌سازی ساختار توده‌های ارس از شیوهٔ مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه[1] و اندازه‌گیری‌های بدون پلات استفاده شد. در این زمینه و با هدف انتخاب تصادفی محل‌های نمونه‌برداری در شیوهٔ اندازه‌گیری فاصله‌ای و بدون پلات، شبکه‌ای با ابعاد ۲۵× ۲۵ متر (شکل ۱) در داخل هر یک از قطعات نمونهٔ یک‌هکتاری ایجاد و مشخصه‌های ساختاری توده به‌منظور محاسبهٔ شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه (جدول ۱) ثبت شد. بر این اساس، نزدیک‌ترین درخت ارس به مرکز اضلاع تقاطع شبکه به‌عنوان درخت شاهد انتخاب شد. مشخصات سه اصله از نزدیک‌ترین همسایه‌های درختان شاهد[2] (ارس) انتخاب و قطر برابرسینه، ارتفاع، فاصله و زاویهٔ بین پایه‌ها برای هر یک از درختان شاهد و درختان همسایه اندازه‌گیری شد (Agurrie et al., 2003).



شکل ۱- انتخاب تصادفی محل نمونه‌برداری براساس شبکه‌بندی ۲۵×۲۵ در قطعهٔ یک‌هکتاری

1 Nearest neighbors distance index
2 Reference Tree

روش تحلیل

برای محاسبه و برآورد شاخص‌های ساختار و الگوی مکانی درختان از شاخص‌های متنوعی استفاده شد. از شاخص کلارک و اوانز[1] (CE) برای تعیین میزان انحراف یک تودهٔ جنگلی از جنگل پوآسون (جنگلی با توزیع تصادفی پایه‌ها) استفاده می‌شود. در این شاخص، میانگین فاصلهٔ بین یک درخت و نزدیک ترین همسایهٔ آن (r_A) با میانگین مورد انتظار در صورتی که موقعیت درختان به‌طور تصادفی پراکنده شده باشند (r_E)، مقایسه می‌شود. ارزش CE < ۱ نشان‌دهندهٔ الگوی یکنواخت، CE > 1 نشان‌دهندهٔ الگوی کپه‌ای و CE = 1 نشان‌دهندهٔ الگوی تصادفی است (Kint et al., 2000).

جدول ۱- تشریح شاخص‌های مورد استفاده به‌منظور کمّی‌سازی ویژگی‌های ساختاری جنگل

ویژگی مورد بررسی	نام شاخص	معادله	تشریح	منبع
موقعیت مکانی	کلارک و اوانز	$CE = \frac{r_A}{r_E}$	r_A = میانگین فاصلهٔ یک درخت و نزدیک‌ترین همسایه‌ها r_E = میانگین مورد انتظار	Pommerening (2002)
تراکم درختان	فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها	$D i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} S ij$	S_{ij}= فاصلهٔ درخت مرجع تا همسایه‌ها	Ruprecht et al (2010)
موقعیت مکانی	زاویهٔ یکنواخت	$W_i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} v_{ij}$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow & \alpha j < \alpha 0 \\ 0 \rightarrow & \alpha j \geq \alpha 0 \end{bmatrix}$	Corral et al (2010) Szmyt & Korzeniewicz (2014)
آمیختگی	مینگلینگ	$M i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} V ij$	$v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow j \text{ گونهٔ } & \neq i \text{ گونهٔ} \\ 0 \rightarrow j \text{ گونهٔ } & = i \text{ گونهٔ} \end{bmatrix}$	Pastorella & paletto (2013)
ابعاد درختان	تمایز قطری و تمایز ارتفاعی	$T i = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} \left(1 - r_{ij}\right)$	$r_{ij} = \frac{\min(X_i, X_j)}{\max(X_i, X_j)}$	Ruprecht et al (2010) Szmyt & Korzeniewicz (2014)
سطح تنوع درختی	تنوع ساختاری ترکیبی(SI)	$SI = (T_i \times w_1) + (M_i \times w_2) + (W_i \times w_3)$	T_i = شاخص اختلاف ابعاد M_i = شاخص مینگلینگ W_i = شاخص زاویهٔ یکنواخت	Pastorella Paletto(2013) Szmyt & Dobrowolska (2016)

S_{ij} فاصلهٔ درخت مرجع تا همسایه‌ها i: درخت شاهد، j: درخت همسایه، توزیع شاخص‌های آمیختگی، ابعاد درختان و شاخص زاویهٔ یکنواخت بین صفر تا ۱، و بدون واحد است. شاخص فاصلهٔ همسایگی برحسب متر است.

از شاخص زاویهٔ یکنواخت[2] (Wi) نیز به‌عنوان روش مکمل شیوهٔ کلارک و اوانز استفاده شد. در روش محاسباتی، با مقایسهٔ زاویهٔ بین درختان همسایه (αj) نسبت به زاویهٔ استاندارد ($\alpha 0$) چیدمان درختان همسایه در اطراف درخت مرجع بررسی مرجع می‌شود. میانگین شاخص زاویهٔ یکنواخت در توده‌های با پراکنش گونه‌ای یکنواخت بین صفر تا ۰/۵، در توده‌های با پراکنش گونه‌ای تصادفی بین ۰/۵ تا ۰/۶ و در توده‌های با پراکنش گونه‌ای کپه‌ای بین ۰/۶ تا ۱ است (Pommerning, 2002).

1 Clark and Evans index
2 Uniform angle index

برای بررسی آمیختگی ارس با سایر گونه‌ها از شاخص آمیختگی گونه‌ای[1] (DM_i) استفاده شد. این شاخص نشان‌دهندهٔ چگونگی آرایش گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر بوده و دارای ارزشی بین ۱-۰ است. مقادیر زیاد این شاخص، نشان‌دهندهٔ آمیختگی زیاد، و مقادیر کم این شاخص، نشان‌دهندهٔ آمیختگی کم توده است (Ruprecht et al., 2010). شاخص‌های تمایز قطری[2] (TDi) و شاخص تمایز ارتفاعی[3] (THi) به بررسی توزیع ابعاد درختان نسبت به یکدیگر می‌پردازند. این شاخص ها براساس جفت درخت مرجع با نزدیک‌ترین همسایهٔ اول، دوم، سوم است و در هر یک از این جفت درختان، مقدار عددی قطر برابرسینهٔ درخت کم‌قطر در صورت کسر و درخت قطور در مخرج کسر قرار می‌گیرد. مقدار این شاخص ممکن است بین ۱-۰ متغیر باشد؛ به‌منظور سهولت در تفسیر نتایج، ارزش‌های محاسبه‌شده براساس این شاخص به چهار دسته تقسیم می‌شوند: اختلاف کم (۰/۳-۰)، اختلاف متوسط (۰/۵-۰/۳)، اختلاف آشکار (۰/۷-۰/۵)، و اختلاف زیاد (۱-۰/۷) (Ruprecht et al., 2010). اساس کار این شاخصی کاملاً شبیه به شاخص اختلاف قطر برابرسینه بوده و تنها تفاوت موجود در مشخصهٔ مورد بررسی است (Graz, 2006).

در نهایت شاخص تنوع ساختاری ترکیبی[4] (SI) برای ارزیابی تنوع موجود در ساختار استفاده شد. این شاخص با توصیف سه جنبهٔ موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای، اختلاف ابعاد درختان و با در نظر گرفتن وزن‌های متفاوت برای هر جنبهٔ ذکرشده به‌صورت یکجا به بررسی وضعیت تنوع ساختاری می‌پردازد (Szmyt & Dobrowolska, 2016). این شاخص ترکیبی از شاخص‌های زاویهٔ یکنواخت، آمیختگی و اختلاف ابعاد است و با توجه به اهمیت نسبی این سه جنبه، هر یک از این شاخص وزن‌دهی شدند ($W_1 = 0/2,\ W_2 = 0/5, W_3 = 0/3$) (Pastorella & Paletto, 2013). مقدار کمتر از ۰/۳ این شاخص، بیانگر سطوح تنوع درختی کم، مقدار ۰/۳ تا ۰/۴ بیانگر سطح تنوع درختی متوسط و مقدار بیشتر از ۰/۴ بیانگر سطوح تنوع درختی زیاد است (Szmyt & Korzeniewicz, 2016).

نتایج

در قطعه‌های مورد بررسی، تراکم درختان به‌ترتیب ۱۲۶، ۱۴۵ و ۱۳۲ اصله در هکتار بود که به‌طور میانگین ۱۳۴ اصله در هکتار به‌دست آمد. همچنین به‌جز درخت ارس، گونه‌های درختی کیکم، بنه، زالزالک سفید، گلابی وحشی و گونه‌های درختچه‌ای پلاخور، قره‌میخ، بادام کوهی، سیاه‌گیله، زرشک، خشک و دغدغک به‌شکل گونه‌های همراه با ارس موجود بودند. همچنین گونهٔ ارس ۸۷ درصد از فراوانی درختان را در منطقه به خود اختصاص داد و پس از آن به‌ترتیب گونه‌های درختی بنه و کیکم بیشترین حضور را داشتند. براساس نتایج آماربرداری صددرصد از درختان منطقه متوسط قطر درختان ۱۳/۲۱ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۲).

نتایج حاصل از فراوانی تعداد در طبقات قطر در سه قطعه، بیانگر بیشترین فراوانی گونه‌ها در طبقهٔ قطری ۱۰ سانتی‌متر است. میانگین ارتفاع در قطعه‌های مورد بررسی ۳/۵۹ متر، بیشینهٔ ارتفاع ۸ متر و کمینهٔ آن ۱/۴ است. میانگین مساحت پوشش تاجی درختان در منطقهٔ تحقیق ۷/۸۱ متر مربع به‌دست آمد (جدول ۳).

براساس نتایج کمّی‌سازی ساختار تودهٔ جنگلی ارس که با استفاده از روش‌های فاصله‌ای در جدول ۴ ارائه شده است، مقدار میانگین شاخص کلارک و اوانز برای درختان موجود در سطح سه هکتار برابر با ۱/۰۵ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ پراکنش درختان با الگوی به نسبت یکنواخت در سراسر جنگل است (جدول ۴). مقدار شاخص زاویهٔ یکنواخت برای مجموع سه قطعه

1 Mingling index
2 DBH Differentiation index
3 Height Differentiation index
4 complex structural diversity index

۲۴/۶۶ و به‌طور میانگین برابر بـا ۰/۴۵ محاسـبه شـد. توزیع ارزش‌های این شاخص برای سه قطعه در شـکل ۲ ارائه شده است. نتایج بررسی مقـدار میـانگین ایـن شاخص نشان داد که در توده‌های بررسی‌شـده، گونـهٔ ارس، به‌طور کلی چیدمان یکنواخت نسبت به درختان همسایه خود دارد (جدول ۴).

جدول ۲- اطلاعات مربوط به داده‌های قطر برابرسینهٔ درختان در قطعات یک‌هکتاری

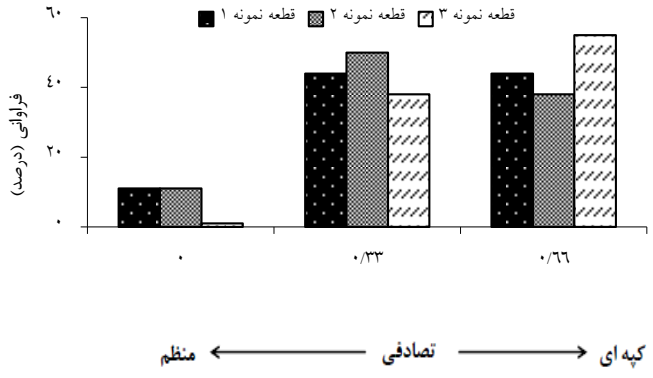
قطعه	کمینهٔ قطر (سانتی‌متر)	بیشینهٔ قطر (سانتی‌متر)	میانگین قطر (سانتی‌متر)	انحراف معیار (سانتی‌متر)	خطای معیار (سانتی‌متر)
یک	۵/۹	۴۴/۵۶	۱۲/۷	۷/۵۰	۲/۴۵
دو	۵/۹	۵۷/۹۳	۱۳/۲۹	۷/۹۷	۲/۲۵
سه	۵/۹	۵۰/۹۳	۱۳/۶۵	۸/۵	۲/۹۳

جدول ۳- اطلاعات مربوط به مساحت پوشش تاجی در قطعات یک‌هکتاری

قطعه	کمینهٔ مساحت پوشش تاجی (متر مربع)	بیشینهٔ مساحت پوشش تاجی (متر مربع)	میانگین پوشش تاجی (متر مربع)	انحراف معیار (متر مربع)	خطای معیار (متر مربع)
یک	۰/۱۲	۱۰۱/۱۹	۹/۳۰	۱۴/۲۴	۴/۳۱
دو	۰/۱۵	۱۶۷/۴۷	۸/۸۳	۲۱/۶۹	۱/۹۷
سه	۰/۱۵	۱۲۷/۳۸	۵/۳۱	۱۲/۱	۱/۴۱

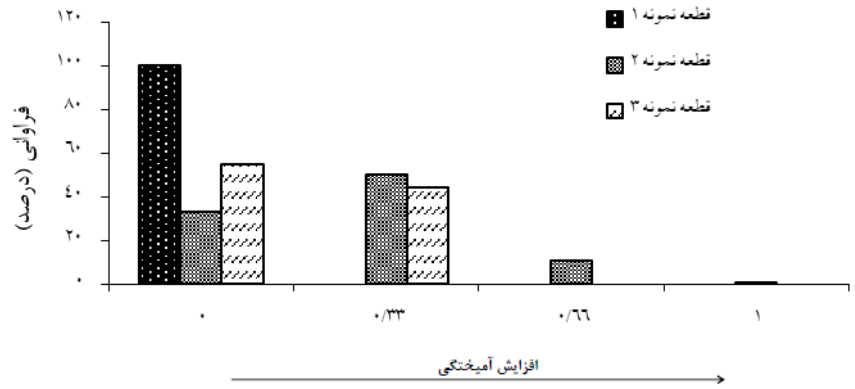
جدول ۴- نتایج شاخص‌های بررسی ساختار مکانی جنگل ارس منطقهٔ کندرق خلخال

قطعه	فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه (متر)	کلارک و اوانز	زاویهٔ یکنواخت	آمیختگی	اختلاف قطری	اختلاف ارتفاعی	سطح تنوع درختی
یک	۳/۶	۰/۷	۰/۴۴	۰	۰/۱۹	۱/۵۸	۰/۱۷
دو	۳/۳۶	۱/۱۸	۰/۴۲	۰/۲۹	۰/۱۹	۱/۲۱	۰/۳۰
سه	۴/۱۵	۱/۲۷	۰/۵	۰/۱۴	۰/۱	۰/۳۲	۰/۲۴
میانگین	۳/۷۰	۱/۰۵	۰/۴۵	۰/۱۴	۰/۱۶	۱/۰۳	۰/۲۳



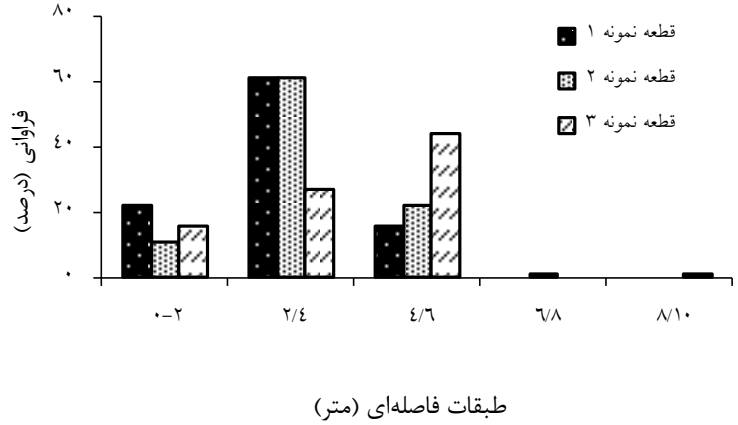
شکل ۲- توزیع کلاسه‌های شاخص زاویهٔ یکنواخت در قطعات یک‌هکتاری

شاخص آمیختگی همانند شاخص زاویهٔ یکنواخت براساس روش‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه به بررسی وضعیت درختان همسایه نسبت به یکدیگر می‌پردازد. متوسط شاخص آمیختگی گونه‌ای ارس در سه قطعه ۰/۱۴ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ آمیختگی کم گونهٔ ارس با سایر گونه‌هاست. توزیع ارزش‌های این شاخص در طبقات مختلف در سه قطعه در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- نمودار شاخص آمیختگی گونه‌ای در قطعات یک‌هکتاری

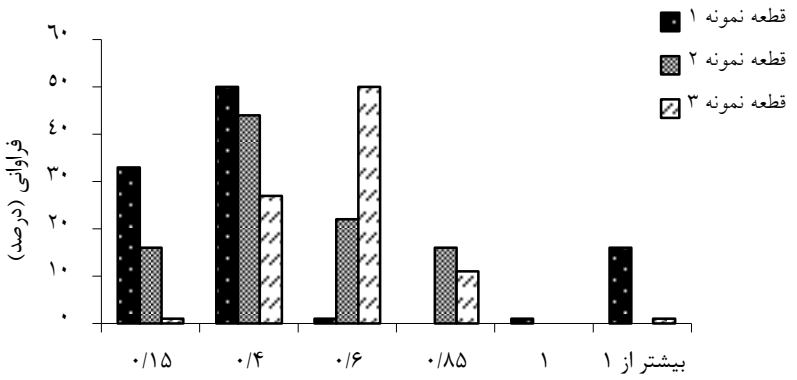
براساس شاخص فاصلهٔ همسایگی میانگین فاصلهٔ درخت مرجع با سه همسایهٔ نزدیک خود محاسبه شد. براساس بررسی صورت‌گرفته، درخت مرجع (ارس)، به‌طور میانگین در سه قطعه ۳/۷ متر تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها فاصله دارد (جدول ۴). با توجه به نمودار توزیع ارزش‌های شاخص فاصلهٔ همسایگی، بیشترین فراوانی این شاخص در کلاسهٔ ۲ تا ۴ متر مشاهده می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- نمودار توزیع ارزش‌های شاخص فاصله همسایگی در قطعات یک‌هکتاری

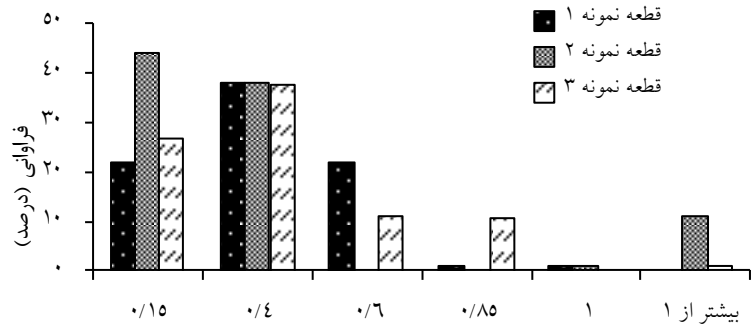
شاخص تمایز ارتفاعی به‌خوبی بیانگر اختلافات قطری درختان مجاور هم است. این شاخص صرف‌نظر از کوچک‌تر یا بزرگ‌تر بودن درخت مرجع، به کمّی‌سازی اختلافات موجود بین درختان مجاور یکدیگر (درخت مرجع و سه همسایهٔ اطراف آن) می‌پردازد. مقدار میانگین این شاخص برای مجموع

سه قطعه برابر با ۰/۱۶ محاسبه شد (جدول ۴) که نشان‌دهندهٔ اختلاف کم بین درختان از نظر قطر برابرسینه است. در شکل ۵، فراوانی نسبی ارزش‌های این شاخص در طبقات ۰ تا ۰/۱۵، ۰/۱۵ تا ۰/۴، ۰/۴ تا ۰/۶، ۰/۶ تا ۰/۸۵، ۰/۸۵ تا ۱ و ۱ تا بیشتر از ۱ نشان داده شده است.



شکل ۵- نمودار شاخص تمایز قطری در قطعات یک‌هکتاری

اساس کار شاخص تمایز ارتفاعی کاملاً شبیه شاخص تمایز قطری است و تنها در مشخصهٔ مورد بررسی با هم تفاوت دارند. این شاخص، به‌طور اختصاصی به بررسی اختلاف ارتفاعی درختان مجاور نسبت به یکدیگر می‌پردازد. مقدار متوسط این شاخص در سه قطعه برابر با ۰/۲۳ به‌دست آمد که بیانگر اختلاف کم درختان همسایه از نظر ارتفاعی است (جدول ۴). در شکل ۶، فراوانی نسبی گروه‌های ساختاری موجود در هر طبقه ارائه شده است. مقادیر این شاخص صفر تا ۰/۱۵، ۰/۱۵ تا ۰/۴، ۰/۴ تا ۰/۶، ۰/۶ تا ۰/۸۵، ۰/۸۵ تا ۱ و ۱ تا بیشتر از ۱ را شامل می‌شود.



شکل ۶- نمودار شاخص تمایز ارتفاعی در قطعات یک‌هکتاری

شاخص تنوع ساختاری ترکیبی با توصیف سه جنبهٔ موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای، اختلاف ابعاد درختان و با در نظر گرفتن وزن‌های متفاوت برای هر جنبهٔ ذکرشده به‌صورت یکجا به بررسی وضعیت تنوع

ساختاری می‌پردازد. این شاخص ترکیبی از شاخص‌های زاویهٔ یکنواخت، آمیختگی و اختلاف ابعاد است. هر یک از این شاخص‌ها وزن‌دهی شد. مقادیر این شاخص ۰ تا ۰/۳، ۰/۳ تا ۰/۴ و بیشتر از ۰/۴ را شامل می‌شود. مقدار متوسط این شاخص در مجموع سه قطعه ۰/۲۳ به‌دست آمد که بیانگر تنوع درختی کم در جنگل تحت مطالعه است (جدول ۴).

بحث

مطالعهٔ گونهٔ ارس به‌عنوان یکی از معدود سوزنی‌برگان بومی کشور، به‌علت دارا بودن ویژگی‌هایی از جمله دامنهٔ پراکنش زیاد و مقاوم بودن در شرایط سخت زیستی، اهمیت زیادی دارد. در جنگل‌های با تراکم پوشش تاجی زیاد، تحقیقات بسیاری در زمینهٔ کمّی‌سازی صورت گرفته، اما مطالعات اندکی دربارهٔ کاربرد این شاخص‌ها در جنگل‌های با تراکم پوشش تاجی کم انجام پذیرفته است. با توجه به اینکه براساس آمارهای رسمی، بیشترین مساحت جنگل‌های کشور متعلق به جنگل‌های با درجهٔ انبوهی کم است، اندازه‌گیری ساختار در این جنگل‌ها با شاخص‌های اندازه‌گیری ساختار می‌تواند راهگشای مدیریت و ارزیابی ساختار در این جنگل‌ها باشد. مطالعهٔ ساختار جنگل یکی از راه‌های رسیدن به جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت است. با بررسی ساختار جنگل در یک تودهٔ طبیعی، هم وضعیت جنگل از نظر ترکیب گونه‌ای، و هم نحوهٔ اشکوب‌بندی مشخص می‌شود؛ گذشته از آن می‌توان آیندهٔ جنگل را از نظر رشد، ترکیب جنگل براساس تاج‌پوشش و سطح مقطع برابرسینه پیش‌بینی کرد (Ahmed et al., 1990).

نتایج بررسی اولیه در این پژوهش، به‌طور میانگین نشان‌دهندهٔ وجود ۱۲۰ اصله درخت ارس در هکتار است که بیانگر تراکم زیاد این توده در مقایسه با توده‌هایی از جمله تودهٔ ارس در امین‌آباد فیروزکوه با ۳۲ اصله در هکتار (Ramin et al., 2012)، تودهٔ ارس در منطقه آتشگاه کرج با ۶۱ اصله در هکتار (Sadeghi et al., 2016) و تودهٔ ارس در کپه‌داغ خراسان با ۷۳ اصله در هکتار (Momeni Moghadam et al., 2007) است؛ درحالی که Rostamikia & Zobeiri (2012) در بررسی میانگین تعداد در هکتار در منطقهٔ کندرق خلخال، تعداد در هکتار درختان را ۳۲۶ اصله گزارش دادند که در مقایسه با مطالعهٔ صورت‌گرفته در منطقهٔ تحقیق، اختلاف زیادی وجود دارد. شاید دلیل وجود تفاوت زیاد روش آماربرداری متفاوت در دو بررسی باشد، آنها ۴۹ هکتار را یکجا بررسی کردند، ولی در این مطالعه فقط سه نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شد؛ دلیل دیگر ممکن است تفاوت رویشگاهی باشد. Ahmed et al. (1990) در بررسی تراکم درختان ارس در منطقهٔ بلوچستان پاکستان، متوسط تراکم در هکتار را ۱۵۷ اصله ذکر کردند که از رویشگاه‌های ارس موجود در ایران دارای تراکم بیشتری است. مشخصهٔ تعداد در هکتار، بیان‌کنندهٔ میزان تراکم و انبوهی توده‌ها و نیز بیانگر جنگل مدیریت‌شده یا مدیریت‌نشده و تغییرات صورت گرفته در رویشگاه‌هاست. تراکم درختان ارس موجود در منطقهٔ تحقیق نسبت به سایر رویشگاه‌های مشابه در سراسر ایران زیاد است که این موضوع را می‌توان به‌دلیل حفاظتی بودن این منطقه دانست. در این مطالعه، گونهٔ ارس با ۸۷ درصد و سایر گونه‌ها با ۱۳ درصد، به‌ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی را در بین گونه‌ها به خود اختصاص دادند. براساس نتایج حاصل از نمودار تعداد درختان در طبقات قطری، بیشترین پراکنش درختان در محدودهٔ طبقات قطری ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و کمترین آن در طبقهٔ قطری بزرگ‌تر از ۲۵ سانتی‌متر قرار دارد که این از ویژگی‌های بارز جنگل‌های ناهمسال است و با توجه به اینکه جنگل تحت مطالعه از جنگل‌های طبیعی و ناهمسال است، این نتیجه دور از انتظار نیست. تاج‌پوشش، عاملی مهم و شایان توجه در برنامه‌های جنگلداری و جنگل شناسی است و برای بیان ساختمان افقی،

انبوهی جنگل و میزان رقابت در توده کاربرد فراوانی دارد (Marvie Mohajer, 2005). میانگین مساحت تاج‌پوشش درختان در منطقهٔ تحقیق ۷/۸۱ متر مربع به‌دست آمد (جدول ۳) که نشان‌دهندهٔ پوشش تاجی کم در این منطقه است. از دلایل کم بودن پوشش تاجی می‌توان به سرمای زیاد در پاییز و زمستان، کوتاه بودن دورهٔ زمانی فصل رویش و همچنین فقیر بودن خاک رویشگاه از لحاظ مواد غذایی در دامنه‌هایی با شیب زیاد اشاره کرد. البته وجود درختان و درختچه‌های همراه ارس نیز که پوشش تاجی خیلی کمی دارند و همچنین جوان بودن توده نسبت به دیگر رویشگاه‌های ارس نیز می‌تواند مزید بر علت باشد.

از شاخص زاویهٔ یکنواخت به‌منظور بررسی پراکنش گونه‌ای در جنگل استفاده شد. نحوهٔ پراکنش پایه‌های درختی و درختچه‌ای در یک جنگل، اطلاعات زیادی در اختیار مدیران جنگل و پژوهشگران قرار می‌دهد. برای مثال، الگوی قرارگیری پایه‌های یک گونه در کنار یکدیگر (کپه‌ای) ممکن است از طرفی به‌معنای تمرکز منطقه‌ای زادآوری و از طرف دیگر، به‌معنای محدودیت رشدی برای آن گونه تلقی شود. بنابراین آشیان اکولوژیک یک گونهٔ گیاهی به‌طور مستقیم تحت تأثیر راهبرد الگوی پراکنش افراد جمعیت‌های آن گونه قرار می‌گیرد (Askari et al., 2014). مقدار متوسط شاخص زاویهٔ یکنواخت در سطح سه هکتار ۰/۴۵ به‌دست آمد (جدول ۴) که نشان‌دهندهٔ این است که گونه ارس، به‌طور کلی چیدمان یکنواخت و منظمی نسبت به درختان همسایهٔ خود دارد. Sadeghi et al. (2016) در بررسی ویژگی‌های ساختاری گونهٔ ارس در جنگل‌های کوهستانی دامنهٔ جنوبی البرز مقدار متوسط این شاخص را ۰/۳۹ گزارش کردند که نشان‌دهندهٔ چیدمان یکنواخت گونهٔ ارس نسبت به همسایه‌های خود است. از شاخص کلارک و اوانز برای تعیین میزان انحراف یک تودهٔ جنگلی از جنگل پوآسون استفاده می‌شود. مقدار میانگین این شاخص برای درختان موجود در سطح سه قطعه برابر با ۱/۰۵ (جدول ۴) به‌دست آمد که در مجموع نشان‌دهندهٔ پراکنش درختان با الگوی یکنواخت در سراسر جنگل است؛ ولی مقدار شاخص کلارک و اوانز در قطعه یک، ۰/۷ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ پراکنش کپه‌ای در سطح این قطعه است. در بررسی Sadeghi et al. (2016) نیز پراکنش درختان در سطح جنگل، یکنواخت گزارش شد. شاخص آمیختگی گونه‌ای که به بررسی وضعیت درختان همسایه نسبت به یکدیگر می‌پردازد، به‌طور میانگین در سه قطعه ۰/۱۴ به‌دست آمد (جدول ۴) که بیانگر تمایل کم گونهٔ ارس به قرار گرفتن در کنار گونه‌های دیگر در اراضی جنگلی تحت مطالعه و نشان‌دهندهٔ رقابت ضعیف گونه‌های دیگر با گونهٔ ارس است؛ به‌عبارت دیگر، رقابت درون‌گونه‌ای حاکم بر منطقه است که شاید یکی از علت‌های آمیختگی کم ارس با سایر گونه‌ها، کم بودن بارش و دمای کافی در فصل رویش باشد که شرایط را برای استقرار بقیهٔ گونه‌ها سخت کرده است. در پژوهش Sadeghi et al. (2016)، آمیختگی گونه‌ای در جنگل‌های ارس منطقهٔ آتشکدهٔ کرج، صفر گزارش شده است که نشان‌دهندهٔ نبود آمیختگی ارس با دیگر گونه‌های دارای فرم رویشی درختی است. اغلب جنگل‌های ارس در مناطقی استقرار می‌یابند که شرایط رویشگاهی امکان حضور گونه‌های دیگر را که نیازهای حرارتی بیشتری دارند به‌شدت محدود می‌کند. شاخص فاصله تا همسایه‌ها نشان‌دهندهٔ میزان تراکم توده‌های جنگلی یا به‌عبارت دیگر تعداد پایه‌های درختی در واحد سطح است و می‌تواند نمایانگر فشار رقابتی بین درختان در توده‌ها باشد (Pommerening, 1997)؛ چنانکه با افزایش فاصلهٔ بین درختان و در نتیجه افزایش مقدار این شاخص، از تراکم توده‌های جنگلی کاسته می‌شود و در نتیجه رقابت کاهش می‌یابد. مقدار شاخص فاصله تا همسایه‌ها در جنگل ارس این پژوهش، به‌طور متوسط ۳/۷۰ متر به‌دست آمد (جدول ۴) که در مقایسه با

مطالعهٔ مشابه Sadeghi et al. (2016) در منطقهٔ آتشگاه کرج که ۹/۳۵ متر به‌دست آمد، فاصلهٔ درختان از هم کمتر است؛ این موضوع نشان‌دهندهٔ تراکم زیاد درختان در منطقهٔ تحقیق نسبت به منطقهٔ آتشگاه کرج است و به‌تبع آن نتیجه‌گیری می‌شود که رقابت بین پایه‌های ارس در منطقهٔ تحقیق برای کسب منابع غذایی بیشتر است. به‌طور کلی هر چه توده جوان‌تر و در مراحل اولیهٔ تحولی باشد، مقدار این شاخص افزایش می‌یابد.

سومین ویژگی ساختار جنگل که در این تحقیق بررسی شد، اختلاف ابعاد درختان نسبت به یکدیگر است. با توجه به نتایج حاصل از شاخص تمایز قطری و ارتفاعی، درختان بررسی‌شده از نظر قطر برابرسینه و از نظر ارتفاعی اختلاف کمی دارند. دلایل کم بودن اختلاف ابعاد در این جنگل را می‌توان حفاظتی بودن جنگل و وارد نشدن احشام و انسان که ساختار جنگل را دچار تغییر می‌کنند، دانست. در تحقیق Sadeghi et al. (2016) در منطقهٔ آتشگاه کرج، شاخص اختلاف ابعاد فقط برای ابعاد تاج‌پوشش گونهٔ ارس استفاده شد؛ آنان اختلاف آشکار بین ابعاد تاج‌پوشش درختان ارس را گزارش دادند که از علت‌های اصلی آن می‌توان به حفاظتی نبودن منطقه و ورود احشام و انسان به عرصه اشاره کرد.

شاخص تنوع ساختاری ترکیبی با در نظر گرفتن سه جنبهٔ مختلف ساختاری توده شامل تنوع در موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای توده و نیز تنوع در ابعاد درختان در این بررسی به طور میانگین مقدار عددی ۰/۲۳ را نشان داد که بیانگر سطح کم تنوع ترکیبی ساختار در جنگل ارس است (جدول ۴). از دلایل کم بودن سطح تنوع درختی می‌توان به پراکنش یکنواخت درختان ارس در این منطقه اشاره کرد که ۸۷ درصد از کل درختان منطقه را به خود اختصاص داده است و مقدار عددی تنوع مکانی درختان اندک است. درمجموع با توجه به کم بودن تنوع گونه‌ای (مینگلینگ) و کم بودن تنوع مکانی و تنوع ابعاد انتظار می‌رود که مقدار شاخص تنوع ساختاری ترکیبی نیز کم باشد و با توجه به همین موضوع، گونهٔ ارس در رقابت برای بقا و استقرار، بیشترین فضا و منابع غذایی در دسترس را استفاده می‌کند. با توجه به انتخاب قطعات از جنگل‌های کمتردست‌خورده، می‌توان از اطلاعات به‌دست‌آمده به‌عنوان نمونه‌ای از جنگل‌های طبیعی ارس در پژوهش‌های دیگر استفاده کرد. با استفاده از اطلاعات حاصل از کمّی‌سازی ساختاری توده‌های دست‌نخورده می‌توان با شناخت کافی از وضعیت فعلی توده‌ها، بهترین راهکار را برای حفاظت از ساختار طبیعی و انتقال آن به وضعیت مطلوب و نزدیک به وضعیت تعادل منطقه برگزید.

سپاسگزاری

نویسندگان لازم می‌دانند از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل به‌دلیل فراهم آوردن امکان اجرای اندازه‌گیری‌های میدانی قدردانی کنند. همچنین از داوران محترم که با دقت نظر و راهنمایی‌های ارزندهٔ خود، موجبات رفع اشکالات و بهبود کیفی نسخهٔ اولیهٔ مقاله را فراهم کردند، سپاسگزاریم.

References

Aguirre, O., Hue, G., Gadow, K.V., & Jimenez, J. (2003). An analysis of forest structure using neighborhood-based variables. *Forest Ecology and Management, 183*, 137-145.

Ahmed, M., Shaukat, S. & Buzdar, A.H. (1990). Population structure and dynamics of *Juniperus excelsa* in Balouchistan, Pakistan. *Journal of Vegetation Science, 1*, 271-276.

Askari, Y., Soltani, A., & Sohrabi, H. (2014). Evaluation of Spatial distribution pattern of tree and shrub species in a central Zagros (Case study: Chahartagh forest reserve). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22*(2), 175-178.

Corral, J.J, Wehekel, C., Castelanos, H.A., Vargas, B., & Dieguea, U. (2010). A permutation test of spatial randomneaa: application to nearest neighbor indices in forest stand. *Journal of forestry research, 15*, 218-225.

Graz, F.P. (2004). The behavior of the species mingling index MSp in relation to species dominance and dispersal. *European Journal of Forest Research, 123*(1), 87–92.

Graz, F.P. (2006). Spatial diversity of dry savanna woodlands assessing the spatial diversity of a dry savanna woodland stand in northern Namibia using neighbourhood-based measures. *Biodiversity and Conservation, 2*(15), 1143–1157.

Kint, V., Lust, N., Ferris, R., & Olsthoorn, A.F.M. (2000). Quantification of forest stand structure applied to Scote Pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. *Sistemas y Recursos Forestales, 9* (1), 147-163.

Kint, V., Wulf Robert, D. & Noel, L. (2004). Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. *Ecological Modeling, 180*(4), 461-476.

Korouri, S., & Khoshnevis, M. (2001). Ecological and Environmental Studies of Iranian Juniper Habitats, *Research Institute of Forests and Rangelands press, 229*, 208 p.

Marvie Mohajer, M.R. (2005). *Silviculture*. University of Tehran Press, Iran, 373p.

Momeni Moghaddam, T., Hosseini, S.M., Makhdum Farkhandeh, M., & Akbarinia, M. (2007). Investigation the quantitative and qualitative status of *Juniper* stands in Kope Dagh. *Jurnal of Ecology, 32*(4), 109-116.

Pastorella, F., & Palleto, A. (2013). Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forest (Ttaly). *Journal of Forest Science, 59*(4), 159-168.

Pommerening, A. (2002). Approaches to quantifying forest structures. *An International Journal of Forest Research, 75*(3), 305-324.

Pommerening, A. (2006). Evaluation to quantifying forest struture indices by reversing forest structural analysis. *Forest Ecology and Management, 224*(3), 226-277.

Pommerening, A., & Stoyan, D. (2006). Edgecorrection needs in estimating indices of spatial forest structure. *Canadian Journal of Forest Research, 36*(7), 1723-1739.

Pommerening, A., (1997). Eine Analyse neuer Ansaetze zur Bestandesinventur in strukturreichen Waeldern [An analysis of new approaches towards stand inventory in structure-rich forests]. Ph.D. thesis, Faculty of Forestry and Forest Ecology, *University of Gottinfen. Cuvillier Verlag Gottingen*, 187 p.

Ramin, M., Shataei, Sh., Habashi, H., & Khoshnevis, M. (2012). Investigation on some quantitative and qualitative chararcterstics of Juniper stands in Aminabad of Firuzkoh. *Journal of Wood & Forest Scince and Technology, 19*(3), 21-40.

Rostamikia, Y., & Zobeiri, M. (2012). study on The Structure of *Juniperus excelsa* Beib. Stand in Khalkhal Protected Forests. *Journal of Wood & Forest Scince and Technology, 19*(4), 151-162.

Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Raphael, K. & Vacik, H. (2010). Structural diversity of English yew (*Taxus bacata L.*) *Populations.European Journal of Forest Research, 129*(2), 189-198.

Sadeghi, S.M.M., Alijani, V., Namiranian, M., & Mohammadzadeh, M. (2016). Structural characteristics of *Juniperus excelsa* in the mountainous forests of Alborz south facing slop (Case study: Atashgah, Karaj). *Iranian Journal of Forest, 8*(1), 35-49.

Sefidi, K., Copenheaver, C.A., Kakavand, M. Behjou, F. K. (2015). Structural Diversity within Mature Forests in Northern Iran: A Case Study from a Relic Population of Persian Ironwood (*Parrotia persica* C.A. Meyer). *Forest Science, 61*(2), 258-265.

Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Mosandl, R., & Copenheaver, CA. (2013). Coarse and fine woody debris in mature Oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky*) forests of northern Iran. *Nutrual Areas Association, 33*(3), 248–255.

Szmyt, J., & Dobrowolska, D. (2016). Spatial diversity of forest regeneration after catastrophic wind in northeastern Poland. *iForest*, 9, 414-421.

Szmyt, J., & Korzeniewicz, R. (2014). Do natural processes at the juvenile stage of stand development differentiate the spatial structure of trees in artificially established Forest Stands. *Forest Research Papers, 75*(2), 171–179.

Iranian Journal of Forest
Vol. 10, No. 1, Spring 2018
pp. 207-220

Quantification of spatial structure of juniper stands in Kandaragh region

K. Sefidi[1*], Y. Firouzi[2], M. Sharari[1], F.K. Behjou[3], and Y. Rostamikia[4]

[1] Assistant Prof., Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I. R. Iran
[1] M.Sc., Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I. R. Iran
[3] Associate Prof., Faculty of Agriculture and Natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I. R. Iran
[4] Assistant Prof., Dept. of Forests and Rangelands Research, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research, I. R. Iran Center, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil, I. R. Iran.

(Received: 22 February 2018, Accepted: 03 March 2018)

Abstract

This research carried out to quantification of juniper stands structure in Kandragak region. For this purpose, three one-hectare study area were selected and the full calipering and the nearest neighbor's methods were used to quantification of stand structure. Some indices including mingling index, distance to nearest neighbors, Clarke and Evans, and uniform angle and dimensional differences were employed to quantification of the stand structure. Results indicated the mean of DBH and crown coverage were 13.2 cm and 8.7 m2, respectively. Results showed mean value of Clarke and Evans and uniform angle indices was 1.05 and 0.45, respectively that revealed clumped or random distribution of juniper trees. The mean of mingling index calculated 0.14 among three study area showed low tendency of juniper to mix with other tree species. The mean value of distance to the neighbors was 3.70 meter and the height and diameter differentiation were 0.16 and 0.23, respectively. According to findings juniper in the natural habitats tends to be fairly pure in species composition and have slightly heterogeneous diameter distributions and uniform tree height. Accordingly, in the decision making and planning strategies, maintaining the natural structure and spatial pattern of trees have to be sufficiently considered.

Keywords: *Juniperus exelsa*, spatial structure, mingling, neighboring, pattern of tree distribution.

∗Corresponding author Tel: +989127264066 Email: kiomarssefidi@gmail.com