

ویژگی‌های ساختاری گونهٔ اُرس (*Juniperus excelsa*)
در جنگل‌های کوهستانی دامنهٔ جنوبی البرز
(پژوهش موردی: منطقهٔ آتشفشان کرج)

سید محمد معین صادقی^۱، وحید علی جانی^{۲*}، منوچهر نمیرانیان^۳ و مجتبی محمدی‌زاده^۴

^۱ دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۲ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۳ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۴ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۴)

چکیده

با توجه به کم بودن مطالعات ساختاری در جنگل‌های اُرس (*Juniperus excelsa*) در ناحیهٔ رویشی ایران-تورانی و لزوم مطالعات ساختاری برای شناخت، احیا و توسعهٔ این جنگل‌ها، پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های ساختاری جنگل‌های اُرس واقع در دامنهٔ جنوبی البرز (منطقه آتشفشان کرج) انجام گرفت. بدین منظور با طراحی شبکه‌ای با ابعاد ۵۰ × ۵۰ متر و تعیین مختصات تمام درختان به‌روش فاصله-آزیموت، قطر تاج‌پوشش درختان در توده‌ای به مساحت ۱۵/۹ هکتار برداشت شد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های ساختاری این توده، از شاخص‌های فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه (بررسی تراکم درختان)، کلارک و اوانز و زاویهٔ یکنواخت (تنوع موقعیت مکانی)، مینگلینگ (آمیختگی)، اختلاف ابعاد (تنوع ابعاد درختان)، رقابت تاجی (رقابت تاجی درختان) بین پایه‌های اُرس و نیز شاخص K برای مطالعهٔ سطح تنوع درختی استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوی مکانی و چیدمان درختان اُرس در کنار یکدیگر یکنواخت بوده و از نظر تنوع درختی، خالص و فاقد هر گونه آمیختگی درختی است. همچنین، شاخص رقابت تاجی $0/48$ (بدون واحد) به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ رقابت تاجی پایین در این توده است. شاخص K که بیانگر سه جنبهٔ مختلف ساختار (تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای و تنوع ابعاد) است، با ارزش $0/227$ ، نشان می‌دهد که تودهٔ مورد مطالعه دارای سطح تنوع درختی پایینی است. نتایج این نوع مطالعات را می‌توان به‌منظور معرفی الگویی مدیریتی برای حفظ، احیا و توسعهٔ این جنگل‌ها که دارای اکوسیستم‌هایی حساس و شکننده‌اند، به‌کار گرفت.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی، ایران-تورانی، تاج‌پوشش، شاخص زاویهٔ یکنواخت، نزدیک‌ترین همسایه.

مقدمه و هدف

(Bohlman and Pacala, 2012).

بررسی ساختار توده‌های جنگلی، از مهم‌ترین اجزای مدیریت جنگل به‌شمار می‌رود و امروزه یکی از ارکان رسیدن به جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت محسوب می‌شود (مروی‌مهاجر، ۱۳۹۰). در حال حاضر موضوع ساختار جنگل، به یکی از اصلی‌ترین بحث‌های اکولوژیکی در علوم جنگل تبدیل شده است و درک درست ساختار، از اساسی‌ترین راه‌های مدیریت پایدار محسوب می‌شود (Law et al., 2009). با بررسی ساختار جنگل، می‌توان آینده جنگل را از نظر رشد و ترکیب جنگل براساس تاج‌پوشش و سطح مقطع برابرسینه پیش‌بینی کرد (رستمی‌کیا و زبیری، ۱۳۹۱). به‌منظور رسیدن به درک درست و تصمیم‌گیری صحیح‌تر در فعالیتهای مدیریتی جنگل مانند برش‌های پرورشی و شناخت آینده جنگل، بررسی ساختار جنگل ضروری به‌شمار می‌آید (Corral et al., 2010). مدیریت پایدار جنگل‌ها نیازمند بررسی ساختار فعلی آن و پایش تغییرات آن در طی زمان است. بررسی تغییرات ناشی از فعالیتهای مدیریتی و همچنین بررسی تکامل طبیعی توده‌های جنگلی به‌منظور حفظ تنوع‌زیستی، کنترل روند تخریب و در نتیجه کمک به عملیات حفاظتی و احیایی بسیار مفید است. همچنین با کسب اطلاعات در مورد ساختار ایده‌آل جنگل می‌توان میزان انحراف توده را از حالت بهینه به‌دست آورد و با مدیریت صحیح توده را به‌سمت حالت مطلوب پیش برد.

به‌منظور مطالعات ساختاری در جنگل، می‌توان پراکنش درختان را بر اساس گونه (پراکنش عمودی و افقی)، ترکیب گونه‌ها، دوره رشد، شاخص سطح برگ، سن درختان، قطر، ارتفاع درختان و اندازه تاج بررسی کرد. امروزه اندازه تاج، به‌عنوان یکی از پارامترهای معرف ساختار جنگل، در بیشتر پژوهش‌ها استفاده می‌شود و برای بیان چینش افقی، درصد انبوهی جنگل و میزان رقابت در توده کاربرد دارد (مروی‌مهاجر، ۱۳۹۰؛ رستمی‌کیا و زبیری، ۱۳۹۱؛

جنس آرس (*Juniperus*) از معدود سوزنی‌برگان بومی جنگل‌های ایران است که بخش‌های متنوعی از سطح کشور را به خود اختصاص داده که اغلب جنگل‌هایی باز و با درختان پراکنده تشکیل داده است. جنس آرس حدود ۶۰ گونه و تعداد زیادی زیرگونه دارد و بعد از جنس‌های *Podocarpus* و *Pinus*، بیشترین تعداد گونه و زیرگونه از سوزنی‌برگان را به خود اختصاص داده است و در ایران نیز بیش‌ترین تعداد سوزنی‌برگان بومی، متعلق به درختان این جنس است (ثابتی، ۱۳۷۳؛ مظفریان، ۱۳۸۳؛ علی‌احمد کروری و همکاران، ۱۳۸۹؛ مروی‌مهاجر، ۱۳۹۰). از مهم‌ترین دلایل پراکندگی وسیع جنگل‌های آرس در کشور می‌توان به مقاومت زیاد در برابر شرایط کم‌آبی، سرما و یخبندان‌های شدید، خشکی هوا و تغییرات اقلیمی اشاره کرد. به‌علاوه، گونه‌های این جنس توانایی حضور در نواحی مرتفع کوهستانی و دارمرز، صخره‌ها، شیب‌های تند و پرتگاه‌ها را نیز دارند (محمدنژادکیاسری و همکاران، ۱۳۸۸؛ Livingston, 1972). سیستم ریشه‌ای آرس، عمیق و گسترده است، که این ویژگی سبب حفظ ساقه و تاج درختان در برابر بادهای شدید و برف‌های سنگین می‌شود (زارع، ۱۳۸۰؛ محمدنژاد کیاسری و همکاران، ۱۳۸۸). گونه‌های آرس کند رشدند و سبب جلوگیری از فرسایش خاک در ارتفاعات، پناهگاه حفاظتی برای تخم پرندگان و بذرها، سایر درختان می‌شوند (محمدنژاد کیاسری و همکاران، ۱۳۸۸). در حال حاضر، در اغلب جنگل‌های آرس کشور، بهره‌برداری‌های سنتی، چرای مفرط دام و فرسایش شدید خاک از گذشته سبب شده که غنای این جنگل‌ها به‌شدت کاهش یابد و زادآوری طبیعی کم یا متوقف شود (مروی‌مهاجر، ۱۳۹۰).

ناحیه دارمرز رشته‌کوه البرز در دامنه شمالی اغلب از گونه‌آوری (*Quercus macranthera*) (پورطهماسی و همکاران، ۱۳۸۸) و در دامنه جنوبی از تیپ

جنگل‌های مناطق مرتفع کوهستانی در اکوسیستم‌های خزری، زاگرس و ایرانی-تورانی با توجه به روند تخریب آنها، امری مهم به‌شمار می‌آید. مدیریت اکوسیستم‌های شکننده و حساس ارس که اغلب در مناطق مرتفع کوهستانی با اقلیم نیمه‌خشک گسترش دارند، نیازمند مطالعات جامع و فراگیر در زمینه حفظ، احیا و توسعه این نوع جنگل‌ها می‌باشد. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی ویژگی‌های ساختاری جنگل‌های ارس واقع در دامنه جنوبی البرز (منطقه آتشفشان کرج) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

توده ارس بررسی شده در این تحقیق با دارا بودن مساحتی در حدود ۱۵/۹ هکتار در حوضه آبخیز نوجان-دره‌سر و در بخش آتشفشان کرج (استان البرز)، در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز واقع شده است (شکل ۱). این توده در دامنه غربی و جنوب غربی واقع شده و از نظر ارتفاعی دارای دامنه ارتفاعی ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ متری از سطح دریا و شیب ۶۰ - ۳۰ درصد است. هم‌چنین میانگین بارش و دمای سالانه منطقه به ترتیب ۲۵۶/۵ میلی‌متر و ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد است (بی‌نام، ۱۳۹۴).

ارس-زرشک پوشیده شده است (روانبخش و همکاران، ۱۳۸۹ الف). در بیشتر مطالعات داخلی، ویژگی‌های کمی و کیفی، جنگل‌شناسی، اکولوژیک و فیزیولوژیک این جنس بررسی شده (علی‌احمد کروری و خوشنویس، ۱۳۷۹؛ مومنی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۵، ۱۳۹۱؛ پورمجیدیان و مرادی، ۱۳۸۸؛ علی‌احمد کروری و همکاران، ۱۳۸۹؛ رامین و همکاران، ۱۳۹۱؛ رستمی‌کیا و زبیری، ۱۳۹۱؛ Ravanbakhsh *et al.*, 2015) و تاکنون پژوهشی در زمینه ساختار جنگل‌های ارس در دامنه جنوبی البرز انجام نگرفته است؛ از این رو با توجه به کمبود مطالعات در مباحث مربوط به ویژگی‌های ساختاری توده‌های مدیریت‌نشده جنگل‌های ارس در دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز و لزوم اجرای مطالعات برای شناخت و مدیریت صحیح این توده‌ها، پژوهش حاضر انجام گرفته است، زیرا توصیف کمی ساختار جنگل می‌تواند کاربردی‌ترین ابزار در مدیریت پیشرفته جنگل در نظر گرفته شود. امروزه اهمیت جنگل‌های ارس به‌عنوان یک گونه مهم حفاظتی در برابر فرسایش خاک در مناطق مرتفع کوهستانی به‌خوبی نمایان شده است (محمدنژاد کیاسری و همکاران، ۱۳۸۸؛ Fisher and Gardner, 1995; Pierson *et al.*, 2007)؛ از این رو، پژوهش در زمینه ساختار این جنگل‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. شناخت ساختار جنگل‌های ارس، به‌عنوان اصلی‌ترین

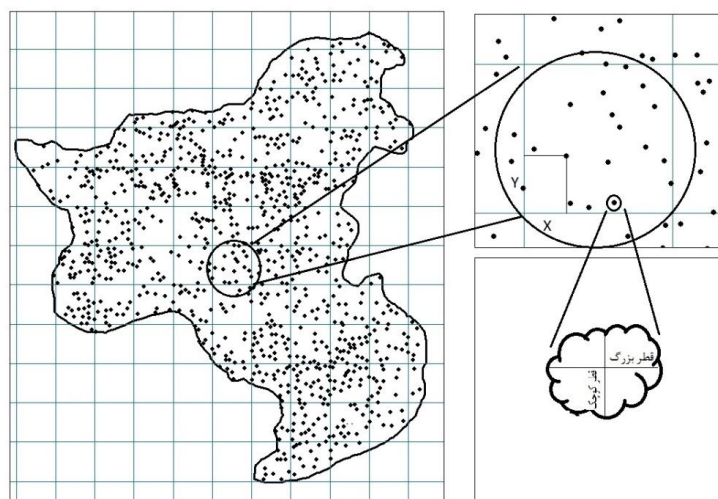


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و نمایی از جنگل ارس در منطقه آتشفشان کرج

روش پژوهش

در این تحقیق به‌منظور بررسی ویژگی‌های ساختاری گونه‌ی آرس، منطقه‌ی تحقیق به شبکه‌هایی با ابعاد 50×50 متر تقسیم و سپس با استفاده از متر نواری (دقت سانتی‌متر) و استخراج عمودی بر محورهای شبکه، محل دقیق استقرار تک‌تک درختان تعیین شد (شکل ۲). در مرحله‌ی بعد، با توجه به تأثیر حفاظتی جنگل‌های آرس، سطح تاج‌پوشش هر درخت اندازه‌گیری شد. از جمله دلایل اندازه‌گیری سطح

تاج‌پوشش می‌توان به عدم امکان تولید چوب صنعتی این درختان و نیز شروع تاج‌پوشش اغلب درختان آرس از ارتفاع پایین‌تر از برابر سینه اشاره کرد. بدین منظور، در این پژوهش، دو قطر بزرگ و کوچک تاج اندازه‌گیری شد و با فرض بیضی بودن شکل تاج، مساحت تاج‌پوشش هر درخت محاسبه گردید (شکل ۲).



شکل ۲- طرز اندازه‌گیری موقعیت مکانی و تاج‌پوشش درختان آرس در منطقه‌ی آتشفشان کرج

فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه^۱؛ برای بررسی تنوع موقعیت مکانی از شاخص‌های کلارک و اوانز^۲ و زاویه‌ی یکنواخت^۳؛ برای بررسی تنوع گونه‌ای (آمیختگی) از شاخص مینگلینگ^۴ استفاده شد تا تنوع ابعاد درختان با استفاده از شاخص اختلاف ابعاد^۵ و رقابت تاجی بین درختان آرس با بهره‌گیری از شاخص رقابت تاجی^۶ بررسی شود (جدول ۱). همچنین با استفاده از شاخص S_c سطح تنوع درختی در توده مورد مطالعه بررسی شد.

به‌منظور بررسی ویژگی‌های ساختاری گونه‌ی آرس، با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های مبتنی بر نزدیک‌ترین همسایه‌ها سه جنبه تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای و تنوع ابعاد تاج‌پوشش درختان بررسی شد. بررسی این سه جنبه در مطالعات مربوط به ساختار جنگل در داخل (علی‌جانی و فقهی، ۱۳۹۰؛ علی‌جانی و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲؛ عرفانی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۲) و خارج کشور (Kint *et al.*, 2000; Pommerenng, 2002, 2006; Aguirre *et al.*, 2003; Corral *et al.*, 2010; Pastorella and Paletto, 2013) رایج است. به‌منظور بررسی تراکم درختان از شاخص

¹ Nearest neighbors distance index

² Clark and Evans index

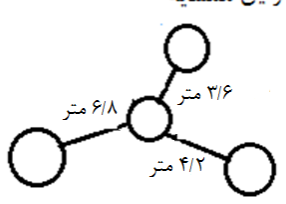
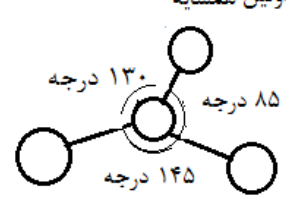
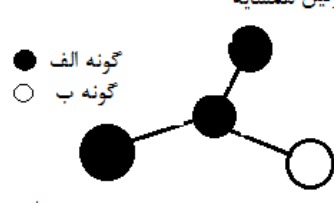
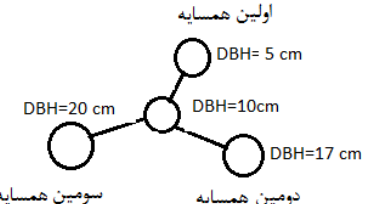
³ Uniform angle index

⁴ Mingling index

⁵ Size differentiation index

⁶ Crown competition factor

جدول ۱- تشریح شاخص‌های مورد استفاده به منظور کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری جنگل

شاخص	رابطه	مثال
فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها	$D_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 s_{ij}$	<p>اولین همسایه</p>  <p>سومین همسایه دومین همسایه</p>
کلارک و اوانز	$CE = \frac{r_A}{r_E}$	-
زاویه یکخوانت	$W_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 v_{ij}$ $v_{ij} = \begin{cases} 1 \rightarrow \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 \rightarrow \alpha_j \geq \alpha_0 \end{cases}$	<p>اولین همسایه</p>  <p>سومین همسایه دومین همسایه</p>
میتگیبیگ	$M_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 v_{ij}$ $v_{ij} = \begin{cases} 1 \rightarrow sp_j \neq sp_i \\ 0 \rightarrow sp_j = sp_i \end{cases}$	<p>اولین همسایه</p>  <p>سومین همسایه دومین همسایه</p>
اختلاف ابعاد	$T_i = 1 - \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 v_{ij}$ $v_{ij} = \frac{\min(cc_i, cc_j)}{\max(cc_i, cc_j)}$	<p>اولین همسایه</p>  <p>سومین همسایه دومین همسایه</p>
رقابت ناچسب	$CCF = \frac{(MSW \times \sqrt{N})}{107.5}$	-
S	$S = (T_i \times w_1) + (M_i \times w_2) + (W_i \times w_3)$	<p>$S = (0.48 \times 0.2) + (0.33 \times 0.5) + (0.33 \times 0.3) = 0.36$</p>

- حروف استفاده شده در تمامی شاخص‌ها، در توضیحات مربوط به هر شاخص در متن ارائه شده است.

توده‌های با پراکنش گونه‌ای یکنواخت بین صفر تا ۰/۵، توده‌های با پراکنش گونه‌ای تصادفی بین ۰/۵ تا ۰/۶ و توده‌هایی با پراکنش گونه‌ای کپه‌ای بین ۰/۶ تا ۱ است (Pommerening, 2002).

در روش ترسیمی بررسی شاخص زاویه یکنواخت، اساس کار، درصد فراوانی مقادیر زاویه یکنواخت (W_i) است. اگر فراوانی پراکنش مقادیر زاویه یکنواخت در دو طرف نمودار مشابه باشد، الگوی مکانی درختان تصادفی، در صورتی که فراوانی در سمت چپ نمودار بیش‌تر از سمت راست باشد، یکنواخت و در حالت عکس، کپه‌ای خواهد بود (Hui et al., 2007).

شاخص مینگلینگ (M_i)، نشان‌دهنده چگونگی آرایش گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر و دارای ارزشی بین صفر تا یک است. مقادیر زیاد این شاخص نشان‌دهنده آمیختگی زیاد، و مقادیر کم این شاخص، نشان‌دهنده آمیختگی کم توده است (Ruprecht et al., 2010).

شاخص اختلاف ابعاد (T_i) نشان‌دهنده میزان همگنی یا ناهمگنی درختان مورد بررسی از نظر ابعاد (در این تحقیق، منظور از ابعاد، مساحت تاج‌پوشش است) می‌باشد. میزان این شاخص بین صفر تا یک متغیر است. به‌منظور سهولت تفسیر نتایج، ارزش‌های این شاخص به‌شکل زیر طبقه‌بندی می‌شود (Kint et al., 2000): اختلاف کم (۰/۲ - ۰)، اختلاف متوسط (۰/۴ - ۰/۲)، اختلاف آشکار (۰/۶ - ۰/۴)، اختلاف زیاد (۰/۸ - ۰/۶)، و اختلاف خیلی زیاد (۱ - ۰/۸).

رقابت تاجی (CCF)، بیانگر رقابت تاج‌پوشش درختان در یک جنگل است. در این شاخص، N و MSW به‌ترتیب نشان‌دهنده متوسط تعداد درختان در هکتار و میانگین قطر تاج‌پوشش درختان (متر مربع) است. مقدار این شاخص بزرگ‌تر از صفر تا مثبت بی‌نهایت است و هر چه بیشتر باشد، رقابت تاجی در توده بیشتر خواهد بود (Schütz, 1990).

در نهایت به‌منظور بررسی سطح تنوع درختی توده

در هنگام محاسبه شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها (D_i)، عبارت است از فاصله بین درخت مرجع تا Z امین همسایه آن. با میانگین گرفتن از ارزش‌های این شاخص برای تمامی گروه‌های ساختاری، می‌توان مقدار میانگین این شاخص را برای کل جنگل مورد مطالعه به‌دست آورد (Ruprecht et al., 2010). شایان‌ذکر است که هر گروه ساختاری متشکل از یک درخت مرجع و سه همسایه آن است. در این پژوهش، همه درختان یک بار به عنوان درخت مرجع انتخاب و وضعیت ساختاری آنها نسبت به همسایگان خود بررسی شد.

شاخص کلارک و اوانز (CE) به‌طور معمول برای تعیین میزان یک توده جنگلی از جنگل پوآسون^۱ (جنگلی با توزیع تصادفی) استفاده می‌شود. در این شاخص، میانگین فاصله بین یک درخت و نزدیک‌ترین همسایه آن (r_A) با میانگین مورد انتظار در صورتی که موقعیت درختان به‌طور تصادفی پراکنده شده باشند (r_E)، مقایسه می‌شود. ارزش‌های $CE > 1$ نشان‌دهنده الگوی یکنواخت، $CE < 1$ نشان‌دهنده الگوی کپه‌ای و $CE = 1$ نشان‌دهنده الگوی تصادفی است (Kint et al., 2000).

شاخص زاویه یکنواخت (W_i) را می‌توان هم براساس روش محاسباتی (جدول ۱) و هم روش ترسیمی به‌دست آورد و بهتر است این دو روش به‌صورت مکمل هم استفاده شوند. در روش محاسباتی، با مقایسه زاویه بین درختان همسایه (α_j) نسبت به زاویه استاندارد (α_0)، چیدمان درختان همسایه در اطراف درخت مرجع بررسی می‌شود. مقدار زاویه استاندارد با توجه به تعداد درخت همسایه و بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$\alpha_0 = \frac{360}{\text{Number of neighbour} + 1} \quad \text{رابطه ۱}$$

مقدار میانگین شاخص زاویه یکنواخت در

^۱ Poisson

نتایج

قبل از آنالیزهای مربوط به ویژگی‌های ساختار جنگل اُرس مورد مطالعه، به منظور کسب اطلاعات بیشتر از وضعیت موجود این توده، یک رشته بررسی‌های اولیه آماری در جنگل اُرس صورت گرفت که در جدول ۲ ارائه شده است.

این توده با تراکمی در حدود ۶۱ اصله در هکتار (کل تعداد پایه‌ها برابر با ۹۶۵ اصله است)، دارای درصد تاج پوششی برابر با ۲۰/۵۱ است. همچنین در این منطقه درختچه‌های شیرخشت، زرشک، نسترن وحشی، شن و تنگرس به شکل گونه‌های همراه با ارس ظاهر شده‌اند. در شکل ۳، نمودار بافت‌نگار تاج پوشش مربوط به درختان اُرس اندازه‌گیری شده ارائه شده است. براساس این شکل، بیشترین فراوانی تاج پوشش در طبقه کمتر از ۱۵ متر مربع مشاهده می‌شود.

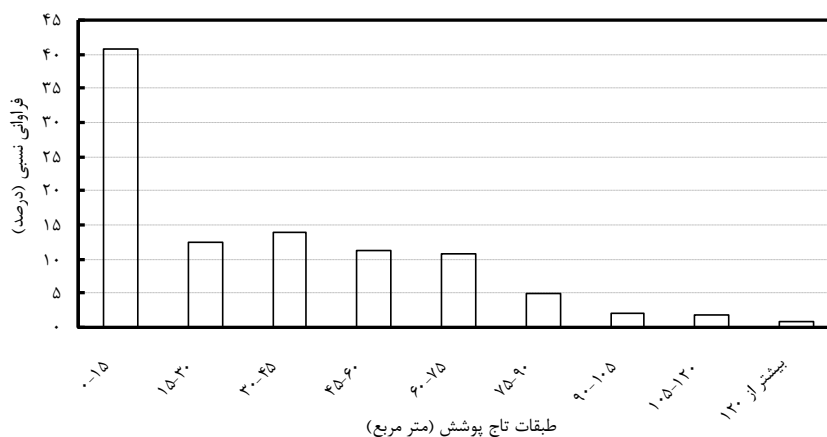
مورد مطالعه از شاخص S استفاده شد. این شاخص ترکیبی از سه شاخص زاویه یکنواخت، آمیختگی مینگلینگ و اختلاف ابعاد است. مقادیر کمتر از ۰/۳ این شاخص، نشان‌دهنده سطح تنوع درختی کم، مقدار ۰/۳ تا ۰/۴، بیانگر سطح متوسط و مقدار بیشتر از ۰/۴ بیانگر سطح تنوع درختی زیاد است (Pastorella and Paletto, 2013).

همچنین در این پژوهش از روش تصحیح حاشیه NN استفاده شد. در این روش، برای هر درخت با توجه به چیدمان مکانی آن تصمیم گرفته می‌شود که در محاسبات ساختاری وارد یا از آن حذف شود. به عبارتی دیگر، تنها در صورتی درخت i به عنوان درخت مرجع انتخاب می‌شود که فاصله آن تا مرز قطعه نمونه بیشتر یا مساوی با فاصله آن تا n آمین درخت همسایه باشد (Pommerening and Stoyan, 2006).

در این پژوهش، همه محاسبات مربوط به شاخص‌های ساختاری و نیز عملیات تصحیح حاشیه با استفاده از مجموعه نرم‌افزاری Crancod Ver 1.4 انجام گرفت.

جدول ۲- اطلاعات اولیه درباره جنگل اُرس در منطقه آتشفشان کرج

ضریب تغییرات (درصد)	خطای معیار (متر مربع)	میانگین تاج پوشش (متر مربع)	بیشینه مساحت تاج پوشش (متر مربع)	کمینه مساحت تاج پوشش (متر مربع)
۸۹/۹۳	۰/۹۸	۳۳/۸۵	۱۷۰/۵۰	۰/۷۸



شکل ۳- فراوانی نسبی طبقات تاج پوشش جنگل اُرس در منطقه آتشفشان کرج

اوانز، زاویه یکنواخت، آمیختگی مینگلینگ، اختلاف ابعاد رقابت تاجی و k در جدول ۳ ارائه شده است. براساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده، درخت مرجع، $۷/۱۹$ متر تا اولین همسایه، $۹/۴۲$ متر تا دومین همسایه و $۱۱/۴۵$ متر تا سومین همسایه فاصله دارد.

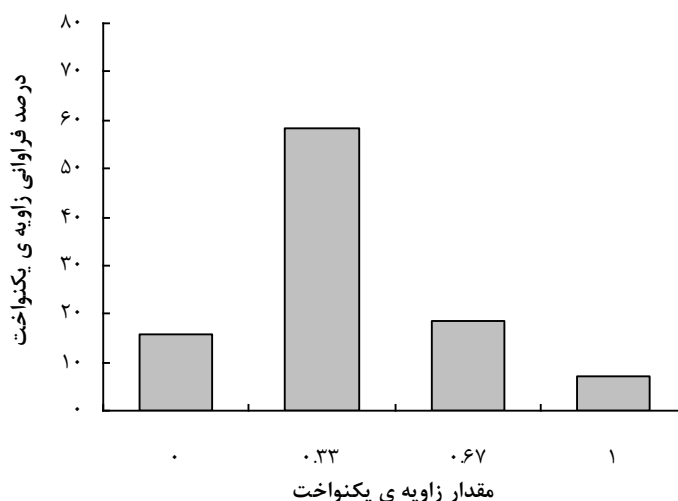
در این پژوهش، به‌منظور بررسی ساختار گونه‌های آرس، تعداد ۹۶۵ گروه ساختاری بررسی شد که از این تعداد ۴۱۹ گروه ساختاری به‌علت نزدیکی به مرز توده و بر اثر تصحیح حاشیه حذف شدند. نتایج حاصل از شاخص‌های فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه، کلارک و

جدول ۳- نتایج حاصل از شاخص‌های به‌کار رفته به‌منظور بررسی ساختار جنگل آرس در منطقه آتشفشان کرج

S	رقابت تاجی	اختلاف ابعاد	آمیختگی	زاویه یکنواخت	کلارک و اوانز	میانگین فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها (متر)	تعداد گروه ساختاری بعد از تصحیح حاشیه	تعداد گروه ساختاری قبل از تصحیح حاشیه
۰/۲۲۷	۰/۴۸	۰/۵۵۰	۰	۰/۳۹۱	۱/۱۷	۹/۳۵	۵۴۶	۹۶۵

آوردن زاویه یکنواخت است، فراوانی در سمت چپ نمودار بیشتر از سمت راست است که بیانگر الگوی پراکنش یکنواخت است.

شاخص زاویه یکنواخت با میانگین مقدار محاسباتی $۰/۳۹۱$ نشان‌دهنده چیدمان یکنواخت این گونه نسبت به درختان همسایه خود است (جدول ۳). براساس شکل ۴ که روش ترسیمی برای به‌دست



شکل ۴- درصد فراوانی مقادیر زاویه یکنواخت (W_i) محاسبه‌شده جنگل‌های آرس در منطقه آتشفشان کرج

تاج‌پوشش با استفاده از شاخص رقابت تاجی، رقابت اندکی را در این توده نشان می‌دهد. در نهایت، با به-کارگیری شاخص ترکیبی k ، نتایج بیانگر سطح کم تنوع درختی توده مورد مطالعه است.

شاخص آمیختگی با ارزش صفر نشان‌دهنده نبود آمیختگی درختی در این توده است و شاخص اختلاف ابعاد بیانگر اختلاف آشکار درخت مرجع نسبت به سایر همسایه‌های خود است. نتایج بررسی درباره

بحث

مطالعه گونه آرس به عنوان یکی از محدود سوزنی‌برگان بومی کشور، به علت دارا بودن ویژگی‌هایی از جمله دامنه پراکنش زیاد، دارای اهمیت فراوانی است. در دهه‌های گذشته، عدم شناخت دقیق منابع جنگلی موجود و بهره‌برداری بی‌رویه و نادرست از عرصه‌های جنگلی، سبب شده که بسیاری از ذخایر باارزش کاملاً از بین بروند یا در شرف نابودی قرار گیرند. شناخت ساختار جنگل از جمله مطالعات بنیادین برای بررسی وضعیت توده‌های جنگلی به شمار می‌آید. از این رو در این پژوهش، سعی شد ساختار جنگل‌های آرس در بخشی از ارتفاعات دامنه جنوبی البرز بررسی شود.

نتایج بررسی‌های اولیه در این پژوهش، نشان‌دهنده وجود ۶۱ اصله درخت آرس در هکتار است که بیانگر تراکم بیشتر این توده در مقایسه با توده‌هایی از جمله توده آرس امین‌آباد فیروزکوه با ۳۲ اصله درخت در هکتار (رامین و همکاران، ۱۳۹۱) و تراکم کمتر آن نسبت به توده‌هایی از جمله توده آرس کپه‌داغ خراسان با ۷۳ اصله درخت در هکتار (مومنی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۵) است. به طور کلی می‌توان گفت توده آرس نسبت به سایر رویشگاه‌های آرس ایران تنک است و تا حدودی مشابه تنک‌ترین رویشگاه‌های گنو و چهارطاق اردل مورد مطالعه توسط علی‌احمدکرووری و خوشنویس (۱۳۷۹) است. شایان‌ذکر است که مشخصه تعداد در هکتار، بیان‌کننده میزان تراکم و انبوهی توده‌ها و نیز دخالت‌های صورت‌گرفته در رویشگاه‌هاست. به علاوه، مقدار شاخص فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه‌ها در جنگل‌های آرس مورد پژوهش، ۹/۳۵ متر به دست آمد (جدول ۳). این شاخص نشان‌دهنده میزان تراکم توده‌های جنگلی یا به عبارتی تعداد پایه‌های درختی در هر واحد سطح است و می‌تواند نشان‌دهنده فشار رقابتی بین درختان در توده‌ها باشد (Pommerening, 1997). با افزایش فاصله بین درختان، مقدار این شاخص افزایش پیدا می‌کند و در

نتیجه تراکم توده جنگلی کاهش می‌یابد. به طور کلی هر چه توده جوان‌تر و در مراحل اولیه تحولی باشد، مقدار این شاخص کمتر می‌شود و با افزایش سن توده، تعدادی از پایه‌های درختی در اثر رقابت حذف و مقدار این شاخص افزایش می‌یابد. از جمله دلایل زیاد بودن این شاخص در جنگل آرس، می‌توان به شرایط سخت محیطی و تخریب توسط دامداران اشاره کرد.

از نظر درصد تاج‌پوشش، توده آرس مورد مطالعه با میانگین ۲۰/۵ درصد دارای شرایط بسیار بهتری نسبت به توده کپه داغ خراسان با درصد تاج‌پوشش ۵/۷ درصد (مومنی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۵)، امین‌آباد فیروزکوه با ۷/۵ درصد (رامین و همکاران، ۱۳۹۱) و اوشان تهران با ۱۰/۰ درصد (روانبخش و همکاران، ۱۳۸۹) می‌باشد ولی نسبت به جنگل آرس کندیرق خلخال با تاج‌پوشش حدود ۴۲/۹ درصد ضعیف‌تر است (رستمی‌کیا و زبیری، ۱۳۹۱) که از جمله دلایل آن می‌توان به تعداد در هکتار زیاد جنگل کندیرق (۳۲۶ اصله در هکتار) و همچنین جوان‌تر بودن جنگل آرس کندیرق خلخال نسبت به این مطالعه در دامنه جنوبی البرز اشاره کرد.

نتایج حاصل از شاخص‌های مربوط به الگوی مکانی درختان آرس (شاخص کلارک و اوانز (CE) و زاویه یکنواخت (W_i) محاسباتی و ترسیمی) نشان‌دهنده پراکنش یکنواخت درختان در سطح جنگل است، (جدول ۳ و شکل ۴). همچنین این شاخص‌ها نشان می‌دهند که درختان همسایه نسبت به یکدیگر نیز، چیدمان یکنواخت دارند. نحوه پراکنش پایه‌های درختی و درختچه‌ای در یک جنگل اطلاعات زیادی در اختیار مدیران جنگل و پژوهشگران قرار می‌دهد. برای مثال برای یک گونه، الگوی قرارگیری پایه‌های آن گونه در کنار یکدیگر (کپه‌ای) ممکن است از طرفی به معنای تمرکز منطقه‌ای زادآوری و از طرف دیگر، محدودیت رشدی برای آن گونه تلقی شود. بنابراین آشیان اکولوژیک یک گونه گیاهی به طور مستقیم تحت تأثیر راهبرد الگوی پراکنش افراد

یکنواخت زمانی ایجاد می‌شود که رقابت درون‌گونه‌ای شدید باشد و در نتیجه به افزایش مرگ‌ومیر در درون گونه‌ها منجر شود (Antonovics and Levin, 1962; Stoll and Bergius, 2005; Getzin *et al.*, 2006; Gray and He, 2009). Oliver and Larson (1996) و نیز (Getzin *et al.* 2006) به این نتیجه رسیدند که خالص بودن یک جنگل و در نتیجه کاهش پایه‌های درختی یک گونه به دلایل رقابت درون‌گونه‌ای و تخریب عرصه، سبب می‌شود که الگوی پراکنش درختان یکنواخت گردد. از دیگر دلایل یکنواخت بودن الگوی مکانی درختان موجود در منطقه تحقیق می‌توان به تخریب‌های ناشی از عوامل انسانی و همچنین تعداد در هکتار کم این جنگل اشاره کرد. احتمالاً از دیگر دلایل یکنواخت شدن الگوی پراکنش درختان در این توده، میکروتوپوگرافی کم در این جنگل کرد که سبب شده از نظر ریزاقلیم و خاک، شرایط مشابهی در کل جنگل وجود داشته و در نتیجه پراکنش درختان یکنواخت باشد، زیرا اگر شرایط ریزاقلیم و اداپتیکی یک جنگل در قسمت‌های مختلف آن متفاوت باشد، استقرار درختان به نقاط مطلوب‌تر محدود می‌شود و در نتیجه در آن نقاط تراکم بیشتری از نظر درختان پدید می‌آید و الگوی پراکنش مکانی به‌صورت کپه‌ای در می‌آید (Jayaraman, 2000).

نتایج حاصل از شاخص آمیختگی مینگلینگ (M_i) به‌منظور بررسی آمیختگی توده آرس، دارای ارزشی برابر با صفر است (جدول ۳) که نشان‌دهنده نبود آمیختگی آرس با سایر گونه‌های دارای فرم رویشی درختی است. در توده مورد مطالعه، گونه‌هایی از جمله شیرخشت، زرشک، نسترن وحشی، شن و تنگرس به‌شکل گونه‌های همراه با آرس ظاهر شده‌اند. رستمی‌کیا و زبیری (۱۳۹۱) نیز در توده آرس مطالعه‌شده در کندیرق خلخال، وجود هفت گونه کیکم، بادام کوهی، بنه، پلاخور، قره میخ، سیاه تلو و زرشک را به‌عنوان گونه‌های همراه آرس گزارش کردند.

جمعیت‌های آن گونه قرار می‌گیرد (عسکری و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای که عسکری و همکاران (۱۳۹۳) به‌منظور شناسایی الگوی مکانی گونه آرس در منطقه چهارطاق زاگرس مرکزی انجام دادند، نتوانستند به قطعیتی در شناسایی الگوی گونه آرس برسند و بیان کردند که شاخص‌های مختلف، نتایج مختلفی (تصادفی و کپه‌ای) را ارائه دادند. اما از طرفی، نتایج این پژوهش با مطالعات خارج از کشور که بیان‌کننده الگوی تصادفی تا یکنواخت جنگل‌های آرس است، همخوانی دارد (Holthuijzen and Sharik, 1985; Houle and Duchesne, 1999). همین زمینه، نتایج پژوهش Mateu و همکاران (۱۹۹۸) در مورد گونه کاج حلب (*Pinus halepensis*) نیز موید الگوی پراکنش یکنواخت در سوزنی‌برگان است. شایان‌ذکر است که الگوی یکنواخت، نشان‌دهنده نبود همبستگی بین موقعیت درختان است و معمولاً زمانی به‌وجود می‌آید که قلمرو افراد معین بوده و این محدوده‌ها به‌طور تقریبی برابر و یکسان باشند. در شرایطی که فضاهای رشد (کمبودهای زیستی و انواع رقابت) برای گونه‌های درختی محدود شوند، تمایل پراکنش پایه‌های درختی به‌سمت کپه‌ای یا یکنواخت شدن پیش می‌رود و از الگوهای پراکنش تصادفی فاصله می‌گیرد (Fangliang *et al.*, 1997). در همین زمینه، به‌نظر می‌رسد عوامل محیطی در این منطقه سبب شده که شرایط زیستی برای گونه آرس سخت شده و الگوی پراکنش آن به‌سمت یکنواخت شدن نیل کرده باشد. به‌علاوه، در توده‌های بالغ و مسن، همزمان با رشد درختان به‌دلیل افزایش نیاز به منابع، رقابت بر سر منابع بین پایه‌های درختی افزایش می‌یابد که سبب تنک‌شدن طبیعی درختان و تغییر الگوی پراکنش مکانی آنها از حالت کپه‌ای به سمت یک الگوی یکنواخت می‌شود. به این ترتیب درختان مسن‌تر موقعیت یکنواخت‌تری نسبت به درختان در مرحله نوجوانی دارند. به‌عبارت دیگر، الگوی پراکنش مکانی

انسان و پارامترهای اقلیمی قرار دارد. نتایج این نوع مطالعات را می‌توان به‌منظور ارائه الگویی برای حفظ، احیا و توسعه این جنگل‌ها که دارای اکوسیستم‌هایی حساس و شکننده‌اند، استفاده کرد. با توجه به روند تخریب فزاینده جنگل‌های ناحیه ایران-تورانی به‌دلیل مختلف، این احتمال وجود دارد که جنگل‌های با ارزش ارس نیز در آینده‌ای نه‌چندان دور به سرنوشت سایر مناطق تخریب‌یافته دچار شوند. از این‌رو، مطالعه ویژگی‌های ساختاری این توده‌ها اهمیت خاصی دارد. مسلم است که تکرار پژوهش در توده‌های ارس، اطلاعات در مورد ساختار این جنگل‌ها را کامل‌تر می‌کند و لازم است در دیگر مطالعات، به بررسی ساختار جنگل‌های کمتر دست‌خورده ارس مبادرت شود تا امکان مقایسه فراهم آید.

منابع

بی‌نام، ۱۳۹۴. مطالعات تفصیلی-اجرایی دامنه جنوبی البرز (شهرستان کرج، ساوجبلاغ)، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز، ۴۸۳ ص.

پورطهماسی، کامبیز، لادن پورسرتیپ، آخیم براونینگ و داود پارسا‌پژوه، ۱۳۸۸. ارزیابی رویش شعاعی درختان ارس (*Juniperus polycarpus*) و اوری (*Quercus macranthera*) در دو دامنه شمال و جنوب البرز در منطقه چهارباغ گرگان، نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۲ (۲): ۱۵۹-۱۶۹.

پورمجیدیان، محمدرضا و محمد مرادی، ۱۳۸۸. بررسی ویژگی‌های رویشگاهی و جنگل‌شناسی گونه *Juniperus excelsa* در جنگل‌های طبیعی آیلان استان قزوین، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷ (۳): ۴۷۵-۴۸۷.

ثابتی، حبیب‌اله، ۱۳۷۳. جنگل‌ها، درختان و درختچه‌های ایران، انتشارات دانشگاه یزد، ۸۱۰ ص.

رامین، مریم، شعبان شتایی، هاشم حبشی و مصطفی خوشنویس، ۱۳۹۱. بررسی برخی ویژگی‌های کمی و کیفی توده ارس (*Juniperus excelsa*) آمین‌آباد فیروزکوه، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۹ (۳): ۲۱-۴۰.

روانبخش و همکاران (۱۳۸۹) در ذخیره‌گاه جنگلی ارس-شیرخشت اوشان در تهران، ۱۱ گونه را به‌عنوان گونه‌های همراه با ارس اعلام کردند (دو گونه شیرخشت، راناس، نسترن وحشی، زرشک، پلاخور، بنه، تنگرس، دغدغک، تا و بادام کوهی). بنابراین پیشنهاد می‌شود در آینده با در نظر گرفتن گونه‌های درختچه‌ای، مطالعات ساختاری، تنوع و آمیختگی در توده‌های ارس انجام گیرد.

شاخص اختلاف ابعاد (T_i) مورد استفاده در این پژوهش که صرفاً برای بررسی ابعاد تاج‌پوشش گونه ارس استفاده شد با میانگین ۰/۵۵ (جدول ۳) نشان‌دهنده اختلاف آشکاری در بین ابعاد تاج‌پوشش پایه‌های ارس است که می‌تواند ناشی از ناهمسال بودن توده مورد مطالعه باشد، زیرا نحوه بهره‌برداری در گذشته و نیز سیر تکاملی توده، از جمله عوامل اصلی اثرگذار بر مقادیر شاخص اختلاف ابعاد است (Pommerening, 2002).

شاخص رقابت تاجی در این توده ۰/۴۸ به‌دست آمد که نشان‌دهنده رقابت تاجی اندک در این توده است. در توده مورد مطالعه با توجه به فواصل زیاد درختان، انتظار می‌رفت مقدار این شاخص کم باشد.

شاخص K استفاده‌شده در این پژوهش با در نظر گرفتن سه جنبه مختلف ساختار (تنوع موقعیت مکانی، تنوع گونه‌ای و تنوع ابعاد) با مقدار ۰/۲۲۷ (جدول ۳) بیان می‌کند که توده مورد مطالعه دارای تنوع درختی اندکی است. از جمله دلایل کم بودن تنوع درختی این توده، می‌توان به چرای دام و در نتیجه تخریب شدید این توده اشاره کرد. همچنین به‌دلیل یکنواخت بودن الگوی مکانی پراکنش درختان ارس در این جنگل، مقدار عددی تنوع مکانی درختان اندک است و در مجموع با توجه به صفر بودن تنوع گونه‌ای مینگلینگ و کم بودن تنوع مکانی و تنوع ابعاد (جدول ۳)، انتظار می‌رود که مقدار شاخص K نیز کم باشد.

وضعیت فعلی جنگل‌ها، نتیجه رابطه متقابل و پیچیده بین درختان با تاریخچه‌ای متفاوت است که تحت تأثیر عواملی چون موقعیت رویشگاه، دخالت‌های

علی جانی، وحید، جهانگیر فقهی و محمدرضا مروی مهاجر، ۱۳۹۱. بررسی ساختار مکانی راش و بلوط در یک جنگل آمیخته (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیرود)، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۹ (۴): ۱۷۵-۱۸۸.

علی جانی، وحید، جهانگیر فقهی، محمود زبیری و محمدرضا مروی مهاجر، ۱۳۹۲. بررسی ساختار تیپ‌های مختلف جنگلی با استفاده از شاخص نزدیک‌ترین همسایه (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیرود)، اکولوژی کاربردی، ۲(۳): ۱۳-۲۳.

فلاح، اصغر، شمس‌الدین بالاپور، محسن یکه‌خانی و حمید جلیلونند، ۱۳۹۳. مطالعه گاه‌شناسی درختی ارس (*Juniperus polycarpus* C. Koch) در رشته‌کوه البرز (مطالعه موردی: شاه‌کوه شاهرود)، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۹ (۱): ۹۴-۱۰۵.

محمدنژاد کیاسری، شیرزاد، مهرداد صفایی، شعبانعلی نوروزی، سید حسن احمدیان و اسداله متاجی، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر قرق همراه با عملیات آبخوان‌داری بر روند افزایش طبیعی نهال‌های ارس (*Juniperus excelsa* Beib.) (مطالعه موردی: مازندران - حوزه آبخیز پشتکوه)، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۴۸): ۴۱۵-۴۲۵.

مروی مهاجر، محمدرضا، ۱۳۹۰. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۷۰۹، ۴۱۸ ص.

مظفریان، ولی‌اله، ۱۳۸۳. درختان و درختچه‌های ایران، انتشارات فرهنگ معاصر، ۱۰۰۳ ص.

مومنی‌مقدم، تکتیم، سید محسن حسینی، مجید مخدوم فرخنده و مسلم اکبری‌نیا، ۱۳۸۵. بررسی وضعیت کمی و کیفی توده‌های ارس در دامنه کپه‌داغ، نشریه محیط-شناسی ۳۲ (۴۰): ۱۰۹-۱۱۶.

مومنی‌مقدم، تکتیم، خسرو ثاقب‌طالبی، مسلم اکبری‌نیا، رضا اخوان و سید محسن حسینی، ۱۳۹۱. تأثیر عوامل فیزیوگرافی و اداپیک بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی درختان ارس (مطالعه موردی: منطقه لاین-خراسان)، مجله جنگل ایران، ۴ (۲): ۱۴۳-۱۵۶.

رستمی‌کیا، یونس و محمود زبیری، ۱۳۹۱. بررسی ساختار توده‌های ارس (*Juniperus excelsa* Beib.) در جنگل کندیرق خلخال، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۹ (۴): ۱۵۱-۱۶۲.

روانبخش، هومن، محمدرضا مروی مهاجر، قوام‌الدین زاهدی امیری و انوشیروان شیروانی، ۱۳۸۹ الف. تیپ‌بندی و نیمرخ طولی رویش‌های جنگلی دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد لتیان)، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۳ (۱): ۹-۲۲.

روانبخش، هومن، محمدرضا مروی مهاجر و محسن نورزاد مقدم، ۱۳۸۹ ب. بررسی کمی و کیفی ذخیره گاه جنگلی ارس-شیرخشت اوشان در البرز مرکزی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ (۲): ۲۵۳-۲۶۴.

زارع، حبیب، ۱۳۸۰. گونه‌های بومی و غیربومی سوزنی‌برگ در ایران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، شماره ۲۷۱، ۴۹۸ ص.

عرفانی‌فرد، سید یوسف، لعیا زارع و جهانگیر فقهی، ۱۳۹۲. کاربرد شاخص‌های نزدیک‌ترین همسایه در شاخه‌زاده‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) جنگل‌های زاگرس، بوم‌شناسی کاربردی، ۲ (۵): ۱۵-۲۴.

عسکری، یوسف، علی سلطانی و هرمز سهرابی، ۱۳۹۳. ارزیابی الگوی پراکنش مکانی گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های زاگرس مرکزی (پژوهش موردی: ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲ (۲): ۱۷۵-۱۸۷.

علی‌احمد کروری، سودابه و مصطفی خوشنویس، ۱۳۷۹. اکولوژی و زیست‌محیطی رویشگاه‌های ارس ایران، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۲۰۸ ص.

علی‌احمد کروری، سودابه، مصطفی خوشنویس و محمد متین‌زاده، ۱۳۸۹. مطالعات جامع جنس ارس در ایران، نشر پونه، ۵۶۰ ص.

علی جانی، وحید و جهانگیر فقهی، ۱۳۹۰. بررسی ساختار مکانی گونه‌ی ملج (*Ulmus glabra* Hudson) به منظور مدیریت پایدار آن (مطالعه موردی: بخش گرازین جنگل خیرود)، مجله محیط‌شناسی، ۶۰ (۳): ۳۵-۴۴.

- Aguirre, O.G., K.V. Hui, J. Gadow, and J. Jimenez, 2003. An analysis of forest structure using neighborhood-based variables, *Forest Ecology and Management*, 183: 137–145.
- Antonovics, J., and D.A. Levin, 1980. The ecological and genetic consequences of density-dependent regulation in plants, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 411–452.
- Bohlman, S., and S. Pacala, 2012. A forest structure model that determines crown layers and partitions growth and mortality rates for landscape-scale applications of tropical forests, *Journal of Ecology*, 100: 508–518.
- Corral, J.J., C. Wehenkel, H.A. Castelanos, B. Vargas, and U. Dieguez, 2010. A permutation test of spatial randomness: application to nearest neighbor indices in forest stands, *Journal of Forest Research*, 15: 218–225.
- Fangliang, H., P. Legendre, and J.V. LaFrankie, 1997. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest, *Journal of Vegetation Science*, 8(1): 105–114.
- Fisher, M., and A.S. Gardner, 1995. The status and ecology of a *Juniperus excelsa* subsp. *polycarpos* woodland in the northern mountains of Oman, *Plant Ecology*, 119(1): 33–51.
- Getzin, S., C. Dean, F. He, J. Trofymow, K. Wiegand and T. Wiegand, 2006. Spatial patterns and competition of tree species in a Douglas-fir chronosequence on Vancouver Island, *Ecography*, 29: 671–682.
- Gray, L., and F. He, 2009. Spatial point-pattern analysis for detecting density-dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta, *Forest Ecology and Management*, 259: 98–106.
- Holthuijzen, A.M.A., and T.L. Sharik, 1985. Colonization of abandoned pastures by eastern red cedar (*Juniperus virginiana* L.), *Canadian Journal of Forest Research*, 15(6): 1065–1068.
- Houle, G., and M. Duchesne, 1999. The spatial pattern of a *Juniperus communis* var. *depressa* population on a continental dune in subarctic Québec, Canada, *Canadian Journal of Forest Research*, 29(4): 446–450.
- Hui, G., L. Li, Z. Zhao, and P. Dang, 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern, *Acta Ecologica Sinica*, 27(11): 4717–4728.
- Jayaraman, K., 2000. A Statistical Manual for Forestry Research, Bangkok, FAO Publication, 242 pp.
- Kint, V., N. Lust, R. Ferris, and A.F.M. Olsthoorn, 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) Forests, *Forest Systems*, 1: 147–163.
- Law, R., J. Illian, D.F.R.P. Burslem, G. Gratzer, C.V.S. Gunatilleke, and I.A.U.N. Gunatilleke, 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory, *Journal of Ecology*, 97: 616–628.
- Livingston, R.B., 1972. Influence of birds, stone and soil on the establishment of pasture juniper, *Juniper communis* and Red cedar and *J. virginiana* in New England pastures, *Ecology*, 53(6): 1141–1147.
- Mateu, J., J.L. Uso, and F. Montes, 1998. The spatial pattern of a forest ecosystem, *Ecological Modeling*, 108: 163–174.
- Oliver, C.D., and B.C. Larson, 1996. Forest Stand Dynamics. John Wiley, New York, 520 pp.
- Pastorella, F., and A. Paletto, 2013. Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forests (Italy), *Journal of Forest Science*, 59(4):159–168.
- Pielou, E.C., 1962. The use of plant-to-neighbor distances for the detection of competition, *Journal of Ecology*, 50: 357–367.
- Pierson, F.B., J.D. Bates, T.J., Svejcar, and S.P. Hardegree, 2007. Runoff and erosion after cutting Western Juniper, *Rangeland Ecology and Management*, 60: 285–292.
- Pommerening, A., 1997. Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in strukturreichen Waldern [An analysis of new approaches towards stand inventory in structure-rich forests]. Ph.D. thesis, Faculty of Forestry and Forest Ecology, University of Gottingen, Cuvillier Verlag Gottingen, 187 pp (In Germany).

- Pommerening, A., 2002. Approaches to quantifying forest structures, *Forestry*, 3: 305–324.
- Pommerening, A., 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis, *Forest Ecology and Management*, 224: 266–277.
- Pommerening, A., and D. Stoyan, 2006. Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure, *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 1723–1739.
- Ravanbakhsh, H., B. Hamzeh'ee, V. Etemad, M.R. Marvie Mohadjer, and M. Assadi, 2015. Phytosociology of *Juniperus excelsa* M. Bieb. forests in Alborz mountain range in the north of Iran. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 1-14.
- Ruprecht, H.A., B. Dhar, B. G. Aigner, K. Oitzinger, K. Raphael, and H. Vacik, 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus bacata* L.) populations, *European Journal of Forest Research*, 129: 189–198.
- Schütz, J.P., 1990. *Silviculture 1. Principes d'éducation des forêts*. Lausanne (Switzerland), 243 pp.
- Stoll, P., and E. Bergius, 2005. Pattern and process: competition causes regular spacing of individuals within plant populations, *Journal of Ecology*, 93: 395–403.

Structural characteristics of *Juniperus excelsa* in the mountainous forests of Alborz south facing slope (Case study: Atashgah, Karaj)

S.M.M. Sadeghi¹, V. Alijani^{2*}, M. Namiranian³, and M. Mohamadizadeh⁴

¹Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, I. R. Iran

²Ph.D. Student of Forestry, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, I. R. Iran

³Professor, Department of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, I. R. Iran

⁴Ph.D. Student of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, I. R. Iran

(Received: 9 June 2015; Accepted: 25 November 2015)

Abstract

According to the few basic and applied research related to the structure characteristics of Juniper (*Juniperus excelsa*) stands in the Irano-Turanian forests and the need for early recognition and proper management of these forests, the present study was carried out to evaluate the structural characteristics of *J. excelsa* forests located on south facing slope of Alborz mountain chain, Atashgah area, Karaj. For this purpose, systematic network with dimensions of 50×50 m was laid out and coordinates of all trees were determined by distance-azimuth techniques. Canopy diameter was measured in an area about 15.9 hectare in this stand. In order to study the structural characteristics of the stand, nearest neighbors distance index (density of trees), Clark and Evans index and uniform angle index (a variety of location), Mingling index (species diversity), size differentiation index (variety of trees), crown competition factor (competition of canopy trees) between *J. excelsa* and *S* index were used in this stand. The results showed that spatial pattern and arrangement of trees were regularly together and variety of trees, was found to be pure without any mixture. The crown competition index was 0.48 (non-unit) representing low crown competition in this stand. Three different aspects of the *S* index (diversity of spatial pattern, species diversity, and size variety) were 0.227 indicating low levels of tree diversity. The results of this study can be usefully employed for management, preservation, restoration, and development of sensitive and fragile *J. excelsa* forest ecosystems.

Keywords: Canopy cover, Irano-Turanian, Nearest neighbors index, Spatial pattern, Uniform angle index.

