بوم‌شناسی کاربردی/ سال دوازدهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۲/ صفحات ۷۳ تا ۸۵

کمّی‌سازی رقابت در ارتباط با مشخصه‌های کمّی توده‌های طبیعی در جنگل‌های ارسباران

رؤیا عابدی[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴)

چکیده

رقابت، رابطه تعاملی بین اعضای یک گونه یا گونه‌های مختلف تحت نیازهای بوم‌شناختی مشترک در استفاده از منابع مشترک است. هدف مقاله حاضر کمّی‌سازی رقابت در توده‌های آمیخته جنگلی در منطقه ارسباران بود. نمونه‌برداری به‌روش فاصله‌ای انجام شد. قطر برابر سینه، ارتفاع کل، دو قطر عمود بر هم تاج و فاصله درختان شامل یک درخت هدف و چهار درخت همسایه به‌عنوان درختان رقیب اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها با محاسبه شاخص‌های رقابت فاصله‌ای و غیرفاصله‌ای انجام شد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص‌های فاصله‌ای بین ۰/۲۹ تا ۳۱/۷۱ و شاخص‌های غیرفاصله‌ای بین ۰/۹۴ تا ۴/۴۳ بودند. ویژگی‌های کمّی توده و فاصله بین درختان با شاخص‌های فاصله‌ای همبستگی بالا، معنی‌دار و در اغلب موارد منفی نشان داد و با شاخص‌های غیرفاصله‌ای نیز در اغلب موارد دارای همبستگی بالا و معنی‌دار بود. همبستگی قطر تاج و مساحت تاج با شاخص‌های فاصله‌ای مثبت و معنی‌دار و با شاخص‌های غیرفاصله‌ای، بدون اختلاف معنی‌دار بود. محاسبه رقابت در توده‌های آمیخته جنگلی امکان استفاده از آن برای شناخت ارتباط بین مقدار رقابت با مشخصه‌های کمّی توده را فراهم خواهد کرد، می‌تواند برای مداخلات جنگلشناسی و مدیریتی جنگل و در نهایت تعادل بخشیدن به سطح رقابت گونه‌ها در توده‌های طبیعی و رسیدن به ساختار آمیخته مطلوب استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: رقابت، جنگل ارسباران، شاخص رقابت فاصله‌ای، شاخص رقابت غیر فاصله‌ای

۱. دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز.

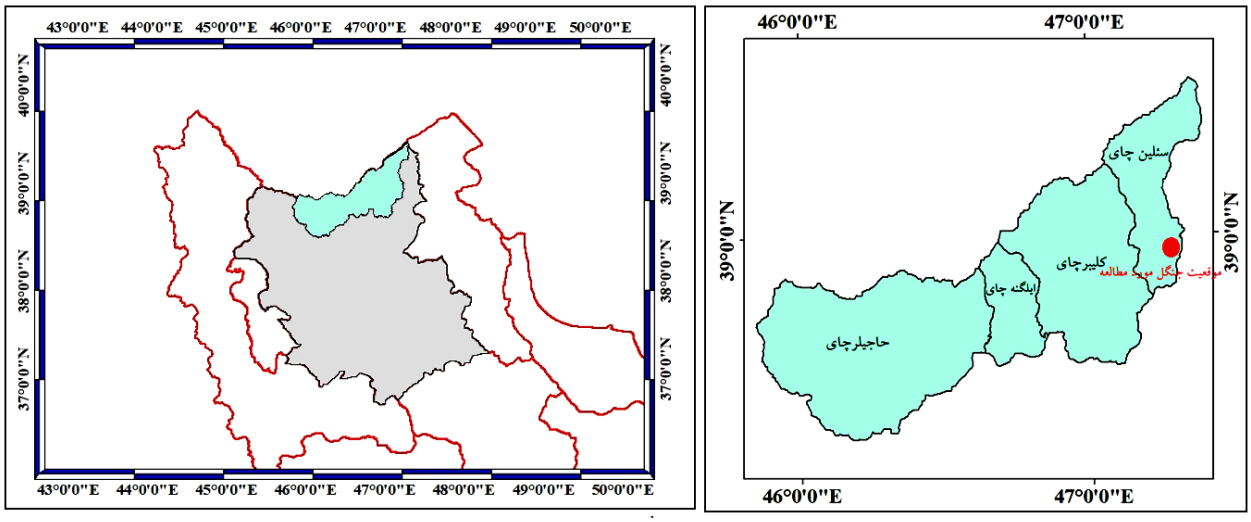
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: royaabedi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

در یک جامعه جنگلی یک اثر رقابتی، معیاری برای تشخیص اثرات کل توده بر عملکرد یک درخت یا یک گونه درختی توسط همسایگان رقیبش است. این رقابت می‌تواند زیر زمینی و یا روی زمینی باشد که منجر به کاهش منابع در دسترس خواهد شد، زیرا عموماً رقابت اثرات منفی همچون کاهش منابع، کاهش نرخ فتوسنتز و در نتیجه تأثیر بر نرخ رویش گیاه خواهد داشت (۱۲، ۲۶). بنابراین یکی از مهم‌ترین عوامل برای کمّی‌سازی رشد درختان، ارزیابی اثرات رقابت است (۸).

اگر چه اغلب مطالعات در زمینه رقابت در توده‌های تک کشتی و تنها با یک گونه انجام شده، اما از آنجا که تعاملات رقابتی در توده‌های آمیخته با درجه پیچیدگی بالاتری نسبت به توده‌های تک کشتی همراه است، از این‌رو به‌منظور درک بهتری از این تعاملات که می‌توانند در سناریوهای مدیریتی کمک زیادی کنند، کمّی‌سازی رقابت در توده‌های آمیخته جنگلی با حضور چندین گونه آگاهی بیشتری از وضعیت توده‌ها و اعمال مدیریت بهینه ارائه خواهد کرد. تعیین مقدار رقابت یا کمّی‌سازی رقابت عموماً از طریق شاخص‌های رقابتی انجام می‌شود که دراین رابطه ویژگی‌هایی از توده و درختان شامل فراوانی، تراکم، اندازه درخت و فواصل درختان اندازه‌گیری می‌شود. مدل‌ها یا شاخص‌های ارائه شده توسط محققان الگوهای مفیدی درباره تعاملات رقابتی گونه‌ها ارائه می‌کنند و با شناخت مکانیسم‌های رقابتی به مدیریت جنگل کمک می‌کنند (۱۷). این ویژگی را می‌توان از طریق شاخص‌های رقابت اندازه‌گیری کرد که از روابط جبری بین ویژگی‌های درختان هدف و درختان رقیب یا همسایه استفاده می‌شود. استفاده از این شاخص‌های رقابتی به یک ابزار مهم در مدیریت جنگل‌ها تبدیل شده است. شاخص‌های رقابتی عموماً به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند که شامل شاخص‌های غیر فاصله‌ای که بدون در نظر گرفتن توزیع مکانی درختان و تنها بر اساس اطلاعات غیر مکانی درختان شامل ابعاد و تعداد آنها محاسبه می‌شوند و گروه دوم شاخص‌های وابسته به فاصله که رقابت بین درختان را تابعی از فاصله آنها در نظر گرفته و براساس اندازه و فاصله درختان همسایه (رقیب) تا درخت هدف (مرجع) محاسبه می‌شوند(۷، ۸).

بررسی رقابت در جنگل‌های ایران شامل تحقیقات متعددی در بررسی رقابت بین گونه‌ای از جمله در سه گونه بلوط شامل برودار، مازودار و وی‌ول در جنگل‌های زاگرس در بانه در استان کردستان بود که نتایج تحقیق نشان داد رقابت معنی‌داری بین‌این سه گونه وجود نداشت، یعنی این سه گونه در توده‌های خود دارای اثرات مستقل یا بدون کنش متقابل معنی‌دار بودند (۳). همچنین در مطالعه‌ای به‌منظور درک بر هم کنش رقابتی درختان و تأثیر رقابت بر ویژگی‌های زیست‌سنجی جست گروه‌های بلوط‌ایرانی درجنگل‌های زاگرس در استان کهگیلویه و بویراحمد، نتیجه‌گیری شد که رقابت درون گونه‌ای معنی‌داری در توده‌های مورد مطالعه وجود داشته و این رقابت تا مقیاس مکانی ۵ متر معنی‌دار بود. همبستگی بین ارتفاع کل، ارتفاع تاج و قطر یقه به رقابت درون گونه‌ای حساس بوده و ویژگی‌های میانگین قطر برابر سینه و مساحت تاج حساسیت کمتری به رقابت داشتند و در کل رقابت بر ویژگی‌های زیست‌سنجی درختان اثر منفی داشت (۱۰). Brodie و Debell (۵) تعداد هشت شاخص رقابت فاصله‌ای و غیر فاصله‌ای را در جنگلکاری گونه صنوبر (*Populus* sp.) با هدف محاسبه مقدار کمّی رقابت و استفاده از نتایج آن در تشخیص کارآمدی عملیات جنگلشناسی استفاده کردند و نتایج آنها نشان داد که رقابت درون گونه‌ای دارای مقادیر مشابه و نشاندهنده شرایط بدون رقابت بوده اما رقابت بین گونه در توده‌های مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌داری بود. Costa و همکاران (۸) اثرات رقابت در توده‌های طبیعی گونه *Araucaria angustifolia* در کشور برزیل را با استفاده از شاخص‌های فاصله‌ای و غیر فاصله‌ای محاسبه کردند و ضمن بررسی همبستگی این شاخص‌ها با میزان رویش سطح مقطع سالانه درختان نشان دادند که توده‌های تحت رقابت شدیدتر از رویش کمتری برخوردار بودند و بیان کردند که محاسبه رقابت برای پیش‌بینی رویش این گونه اهمیت زیادی دارد. Contreras و همکاران (۶) برای درک بهتر از میزان کمّی رقابت و اثر آن بر روی شرایط



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

رویشی درختان در توده‌های بدون دخالت‌های جنگلشناسی، به محاسبه شاخص‌های فاصله‌ای و غیر فاصله‌ای رقابت در توده‌های جنگلی در غرب مونتانا در ایالات متحده پرداختند و نشان دادند که رقابت عامل مؤثر و مهمی در میزان رشد درختان در این جنگل‌ها است. تاکنون مجموعه شاخص‌های فاصله‌ای و غیر فاصله‌ای در توده‌های جنگلی در ایران جهت محاسبه رقابت گزارش نشده است و هدف مقاله حاضر کمّی‌سازی مقدار رقابت در یک جنگل آمیخته در جنگل‌های ارسباران بود. این اطلاعات می‌تواند برای مداخلات جنگلشناسی و مدیریتی جنگل مانند تنک کردن استفاده شود.از آنجا که تاج پوشش یکی از عوامل اصلی رقابت نوری بین درختان است از شاخص‌های اندازه مساحت تاج و اختلاف مساحت تاج و ارتباط ویژگی‌های کمّی توده با شاخص‌های رقابت استفاده شد.

مواد و روش‌ها

جنگل ارسباران با مساحت ۱۶۰۰۰۰ هکتار بین عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱ دقیقه شرقی در شمال استان آذربایجان شرقی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل ارسباران در شمال‌غرب ایران در حوزه آبخیز سئلین‌چای به مختصات جغرافیایی ۶۹۸۳۱۵,۰۰ طول شرقی تا ۴۳۱۴۲۱۰,۰۰ عرض شمالی بود (شکل ۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه کوهستانی، دارای شیب عمومی ۳۰ تا ۴۰ درصد، جهت عمومی دامنه شمال شرقی و ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا و دارای گونه‌های درختی اصلی پهن‌برگ بود. از جمله مهمترین گونه‌های درختی در توده حاضر شامل بلوط اوری (*Quercus macranthera*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، کرب (*Acer campestre*)، آلوچه جنگلی (*Prunus sp.*)، گیلاس وحشی (*Cerasus sp*) و بسیاری از گونه‌های درختچه‌ای است. میانگین دامنه دمایی سالانه بین ۲ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین کل بارندگی سالانه بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر است. این منطقه با ویژگی‌های اقلیمی خاص، تنوع زیستی بالا و حضور گونه‌های جانوری و گیاهی کمیاب شناخته می‌شود. ارسباران در زمره ۹ ذخیره‌گاه زیست کره ایران تحت برنامه انسان و زیست کره یونسکو قرار گرفته است (۱).

به‌منظور محاسبه دقیق مقدار رقابت، نمونه‌برداری از توده‌های حفاظت شده و بدون دخالت انسانی به مساحت شش هکتار انجام شد. نمونه‌برداری به‌روش فاصله‌ای و با طراحی شبکه نمونه‌برداری تصادفی سیستماتیک به ابعاد ۲۵ × ۲۵ متر مربع بود که در محل تقاطع اضلاع شبکه، نقاط نمونه‌برداری مشخص شدند. در هر نقطه، مشخصه‌های یک درخت نزدیک به نقطه نمونه‌برداری به‌عنوان درخت هدف (مرجع) و چهار درخت همسایه نسبت به

جدول ۱. رابطه ریاضی شاخص‌های رقابت فاصله‌ای و غیر فاصله‌ای

شاخص‌های فاصله‌ای			
	رابطه	نام اختصاری	منبع
رابطه ۱	$\sum_{j=1}^{n}\left[DBH_j/\left(DBH_i \times dist_{ij}^{0.5}\right)\right]$	CI_1	(۱۴)
رابطه ۲	$\sum_{j=1}^{n}\left[(DBH_j/DBH_i)^2/dist_{ij}\right]$	CI_2	(۲۴)
رابطه ۳	$\sum_{j=1}^{n}\left[DBH_j/dist_{ij}\right]$	CI_3	(۲۴)
رابطه ۴	$\sum_{j=1}^{n}\left[(h_j/h_i)\ arctang(h_j/dist_{ij})\right]$	CI_4	(۲۴)
رابطه ۵	$\sum_{j=1}^{n}\left[(DBH_j/DBH_i)\ arctang(DBH_j/dist_{ij})\right]$	CI_5	(۲۴)
رابطه ۶	$\sum_{j=1}^{n} arctang\left[(h_j - h_i)/dist_{ij}\right]$	CI_6	(۲۳)
رابطه ۷	$\sum_{j=1}^{n} arctan\left(DBH_j/dist_{ij}\right)$	CI_7	(۲۴)
رابطه ۸	$\sum_{j=1}^{n} h_j/(h_i \times dist_{ij})$	CI_8	(۴)
رابطه ۹	$\sum_{j=1}^{n}\left(DBH_j/(\ DBH_i\ \times dist_{ij}\ )\right.$	CI_9	(۱۴)
رابطه ۱۰	$\sum_{j=1}^{n}\left[\left(cd_j/(\ cd_i\ \times\ dist_{ij}^{0.5}\right)\right]$	CI_{10}	(۱۴)
رابطه ۱۱	$\sum_{j=1}^{n} arctang(h_j/dist_{ij})$	CI_{11}	(۲۴)
رابطه ۱۲	$\sum_{j=1}^{n}\left[(h_j/h_i)\ arctang(h_j/dist_{ij})\right]$	CI_{12}	(۲۴)

ادامه جدول ۱.

شاخص‌های غیر فاصله‌ای			
رابطه ۱۳	CI_{13}	$\sum_{j=1}^{n}\left(DBH_i^2 \times h_i / \overline{DBH_j^2 \times h_j}\right)$	(۱۳)
رابطه ۱۴	CI_{14}	$\left(\sum_{j=1}^{n} DBH_j / DBH_i\right)/n$	(۲۰)
رابطه ۱۵	CI_{15}	$\left(\sum_{j=1}^{n} DBH_j\right)/DBH_i$	(۱۸)
رابطه ۱۶	CI_{16}	$\sum_{j=1}^{n}(DBH_j^2/DBH_i^2)$	(۷)
رابطه ۱۷	CI_{17}	$\sum_{j=1}^{n}\left[h_i/\bar{h}_j\right]$	(۱۳)
رابطه ۱۸	CI_{18}	$(DBH_i^2 \times n)/\left(\sum_{j=1}^{n} DBH_j^2\right)$	(۹)
رابطه ۱۹	CI_{19}	$BAL = \sum_{j=1}^{n} g_i = \sum_{j=1}^{n}(\pi \times d_{maxj}^2)/4$	(۲۷)

DBH: قطر برابر سینه (سانتی‌متر)، dist: فاصله افقی (متر)، g: سطح مقطع درخت (سانتی‌متر مربع)، h: ارتفاع کل درخت (متر)، cd: قطر تاج درخت (متر)، BAL (Basal area): سطح مقطع درختان همسایه‌ای که سطح مقطع بزرگتری نسبت به درخت هدف دارند (سانتی‌متر مربع در هکتار)، i: درخت هدف (مرجع)، j: درخت همسایه (رقیب)، n: تعداد درختان همسایه

یکدیگر به عنوان درختان همسایه (رقیب) اندازه‌گیری شد. مشخصه‌های درختان شامل قطر برابر سینه (Diameter at Breast Height or DBH ≥ ۷/۵) به‌وسیله کالیپر با دقت سانتیمتر، ارتفاع کل درخت با استفاده از دستگاه شیب‌سنج سونتو با دقت متر، دو قطر عمود بر هم تاج درختان با استفاده از متر و همچنین فاصله درختان هدف و همسایه با استفاده از متر اندازه‌گیری شدند. درمجموع اطلاعات ۵۴ نقطه نمونه‌برداری و در فرم‌های آماربرداری ثبت شد (۲).

تحلیل داده‌ها با استفاده از مهم‌ترین شاخص‌های رقابت در دو گروه شاخص‌های فاصله‌ای (شاخص‌های مبتنی بر ابعاد و فاصله درختان) و شاخص‌های غیر فاصله‌ای (شاخص‌های فقط مبتنی بر ابعاد درختان) با استفاده از روابط جدول ۱ انجام شد. تمام رابطه‌ها در محیط نرم افزار Excel نوشته و اجرا شدند.

همچنین از شاخص‌های ابعاد تاج و اختلاف ابعاد تاج نیز بر حسب رابطه‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۲ استفاده شد.شاخص ابعاد تاج، ابعاد نسبی تاج را ارزیابی می‌کند. ارزش این شاخص بین صفر و یک متغیر است. اگر ابعاد تاج درختان هدف یا مرجع بزرگتر از درختان همسایه باشد ارزش این شاخص به سمت یک میل می‌کند و برعکس اگر ابعاد تاج درختان همسایه بزرگتر از درخت هدف باشد، مقدار این شاخص به سمت صفر میل می‌کند (۱۱، ۱۹).

دامنه تغییرات‌این شاخص به‌صورت زیر است:

۰/۲ – ۰ تمایز کم

۰/۴ – ۰/۲ تمایز متوسط

۰/۸ – ۰/۴ تمایز زیاد

۱ – ۰/۸ تمایز خیلی زیاد (۱۵، ۱۶).

(رابطه ۲۰)

$$TD_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n} v_{ij} \;,\; v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow CC_i \geq CC_j \\ 0 \rightarrow CC_i \langle CC_j \end{bmatrix} \quad (۱۵، ۱۶)$$

CCi (Canopy cover) مساحت تاج درخت هدف (مرجع)؛ CCj مساحت تاج درخت همسایه (رقیب)، مقدار Vij (Value) برابر با یک خواهد بود اگر که مساحت تاج درخت هدف بزرگتر یا برابر با مساحت تاج درخت همسایه (رقیب) باشد و مقدار Vij برابر با صفر خواهد بود اگر که مساحت تاج درخت هدف کوچک‌تر از مساحت تاج درخت همسایه باشد.

شاخص اختلاف ابعاد تاج (رابطه‌های ۲۱ و ۲۲) نیز به بررسی توزیع ابعاد تاج درختان توده نسبت به یکدیگر می‌پردازد. مقدار این شاخص نیز می‌تواند بین صفر تا یک متغیر باشد. زمانی که درختان همسایه (رقیب) دارای اختلاف کمی از نظر ابعاد تاج باشند، این شاخص دارای مقادیر عددی متمایل به صفر خواهد بود و اگر ناهمگنی زیاد بین درختان توده وجود داشته باشد، مقدار این شاخص به سمت عدد یک میل خواهد کرد (۱۱، ۱۹).

(رابطه ۲۱) (۱۵، ۱۶)

$$TC_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left[1 - \frac{\min\left(CC_i, CC_j\right)}{\max\left(CC_i, CC_j\right)}\right]$$

(رابطه ۲۲) (۱۵، ۱۶)

$$TC = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} TC_i$$

CCi مساحت تاج درخت هدف (مرجع)؛ CCj مساحت تاج درخت همسایه (رقیب)؛ N تعداد کل درختان نمونه

مقدار این شاخص‌ها نیز در محیط برنامه Excel محاسبه شدند.

در نهایت، همبستگی بین مقدار شاخص‌های رقابت با ویژگی‌های کمّی توده با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون در محیط نرم افزار R محاسبه شد.

نتایج

نتایج ویژگی‌های کمّی توده مورد مطالعه نشان داد که میانگین قطر برابر سینه درختان برابر با ۱۵/۷۹ سانتیمتر و ارتفاع درختان توده ۵/۰۱ متر است. درختان دارای قطر برابر سینه بیشتر از حد شمارش (DBH ≥ ۷/۵ cm) به‌طور متوسط در فاصله ۲/۲۹ متر از یکدیگر هستند. شعاع و قطر تاج درختان به طور متوسط به ترتیب ۱/۴۵ و ۲/۸۹ متر ثبت شدند و این ابعاد مساحت تاجی معادل ۶/۹۲ متر برای هر درخت به‌طور متوسط ایجاد کرده است (جدول ۲).

مقدار شاخص‌های رقابت فاصله‌ای دارای دامنه‌ای از ۰/۲۹ برای شاخص CI_6 تا ۳۱/۷۱ برای شاخص CI_3 بود (جدول ۳). شاخص‌های غیرفاصله‌ای نیز دارای دامنه‌ای از ۰/۹۴ برای شاخص CI_{13} تا ۴/۴۳ برای شاخص CI_{15} بود (جدول ۴).

همبستگی بین مقدار شاخص‌های فاصله‌ای رقابت با ویژگی‌های کمّی توده نشان داد که همبستگی بین این شاخص‌ها با فاصله بین درختان در اغلب موارد منفی بود که از جمله در شاخص‌های CI_3، CI_7، CI_{11}، CI_9 و CI_8 همبستگی بالا و معنی‌دار بود. اما همبستگی بین قطر تاج و مساحت تاج با شاخص‌های رقابت فاصله‌ای مثبت بود (به جز شاخص CI_{10}، که در اغلب موارد معنی‌دار بود). همبستگی بین اکثر شاخص‌های فاصله‌ای رقابت با متغیرهای قطر و ارتفاع منفی و اغلب معنی‌دار بود (شامل شاخص‌های CI_1، CI_5، CI_2، CI_4 و CI_3) (جدول ۴).

نتیجه بررسی همبستگی بین ویژگی‌های کمّی توده با شاخص‌های غیر فاصله‌ای نیز نشان داد که در اغلب موارد همبستگی بالا و معنی‌داری بین این شاخص‌ها با قطر و ارتفاع درختان وجود داشت. اما همبستگی بین متغیرهای مساحت تاج، قطر تاج و فاصله با شاخص‌های غیرفاصله‌ای، اختلاف معنی‌دار را نشان نداد (جدول ۵).

شاخص مساحت تاج نیز نشان داد که درختان دارای تمایز تاجی بالایی هستند به‌طوری‌که طبقات ۰/۸ – ۰/۴ تا ۱ –۰/۸ دارای بیشترین فراوانی (به‌ترتیب ۴۸/۱۵ درصد و ۲۴/۰۷ درصد) بودند (شکل ۲). همچنین مقدار شاخص کل اختلاف مساحت تاج در توده مورد مطالعه برابر با ۰/۴۲ به‌دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری

رقابت معمولاً به متغیرهای مربوط به تراکم توده و دسترسی

جدول ۲. آمار توصیفی ویژگی‌های کمّی توده

	قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع (متر)	فاصله درختان (متر)	قطر تاج (متر)	مساحت تاج (مترمربع)
میانگین	۱۵/۷۹	۵/۰۱	۲/۲۹	۲/۸۹	۶/۹۲
اشتباه معیار	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۹

جدول ۳. مقادیر شاخص‌های فاصله‌ای

شاخص	میانگین ± اشتباه معیار	شاخص	میانگین ± اشتباه معیار
CI_1	۰/۱۲ ± ۳/۰۷	CI_{11}	۰/۰۵ ± ۴/۵۸
CI_2	۰/۲۰ ± ۲/۶۸	CI_{12}	۰/۱۳ ± ۴/۴۹
CI_3	۱/۳۹ ± ۳۱/۷۱	CI_{13}	۰/۰۹ ± ۰/۹۴
CI_4	۰/۱۵ ± ۴/۹۵	CI_{14}	۰/۰۴ ± ۱/۱۱
CI_5	۰/۱۵ ± ۶/۰۶	CI_{15}	۰/۱۴ ± ۴/۴۳
CI_6	۰/۲۲ ± ۰/۲۹	CI_{16}	۰/۲۴۴ ± ۴/۰۵
CI_7	۰/۰۲ ± ۵/۶۹	CI_{17}	۰/۰۳ ± ۰/۹۷
CI_8	۰/۱۰ ± ۲/۱۱	CI_{18}	۰/۰۹ ± ۱/۲۱
CI_9	۰/۱۲ ± ۲/۲۱	CI_{19}	۰/۰۱ ± ۰/۰۳
CI_{10}	۰/۱۱ ± ۲/۷۹		

درختان به منابع محدود مربوط می‌شود. در جنگل‌های طبیعی گونه‌ها با ساختارهای متعددی در کنار هم قرار دارند از این‌رو اثرات رقابت ممکن است که به‌دلیل تعاملات درون و بین گونه‌ای پیچیده باشد. رقابت زیاد ممکن است باعث شود که رویش قطری درخت کاهش یابد، ارتفاع درختان برای دسترسی به نور افزایش یابد و یا سبب افزایش رویش تاج شود (۶). شاخص‌های ابعاد تاج و اختلاف ابعاد تاج اطلاعات مناسبی درباره وضعیت تنوع تاج درختان در اختیار قرار می‌دهند. در مطالعه حاضر شاخص ابعاد تاج برابر با ۰/۵۷و شاخص اختلاف ابعاد تاج نیز ۰/۴۲ محاسبه شد که به این مفهوم است که ۶۰ تا ۸۰ درصد درختان در توده مورد مطالعه دارای تمایز و اختلاف در اندازه تاج هستند (۱۱، ۱۶). اگر درختان مرجع از نظر ابعاد تاج نسبت به گونه‌های مجاور خود چیره باشد این شاخص به سمت یک میل می‌کند و بالعکس، که نشاندهنده توزیع ابعاد تاج درختان در توده است. مقدار شاخص اختلاف ابعاد تاج در توده بلوط ایرانی ۰/۴۸ گزارش شد و نشاندهنده اختلاف آشکار بین درختان از نظر مساحت تاج پوشش معرفی شد و اثر قطع و تخریب را بر مقدار این شاخص مؤثر معرفی کردند که توده از حالت بهینه و کلیماکس خود خارج شده است (۱۱). همچنین مقدار شاخص ابعاد تاج در توده‌های جنگلی تحت زوال در استان لرستان، قبل از زوال ۰/۷۱ و بعد از زوال ۰/۵۰ محاسبه شده بود. همچنین اختلاف تاج پوشش نیز اعداد ۰/۴۸ و ۰/۵۶ را به‌ترتیب برای قبل و بعد از زوال توده، گزارش شد، که نشان از اختلاف ۴۰ تا ۶۰ درصدی بین درختان از نظر ابعاد تاج بود (۱۹). همچنین این عامل را با الگوی پراکنش درختان و فاصله پایه‌ها از یکدیگر نیز مرتبط دانسته‌اند. در تحقیقات Erfanifard (۱۰) و Rozendaal و همکاران (۲۵) نیز ساختار مکانی گونه‌ها ناشی از رقابت معرفی شده و عامل اصلی مؤثر بر نوع توزیع درختان در توده را رقابت دانسته‌اند که بر ساختار و پویایی جنگل اثر می‌گذارد. بنابر استناد به این تحقیقات و همچنین نتیجه تحقیق حاضر می‌توان گفت که رقابت می‌تواند بر ویژگی‌های کمّی توده‌های جنگلی اثر معنی‌داری داشته باشد.

جدول ۴. مقادیر همبستگی پیرسون بین شاخص‌های فاصله‌ای و ویژگی‌های کمّی توده

		قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع (متر)	قطر تاج (متر)	مساحت تاج (مترمربع)	فاصله (متر)
CI_1	همبستگی	-۰/۸۲۰*	-۰/۵۰۶*	۰/۲۹۴*	۰/۲۸۶*	-۰/۴۱۸*
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۶	۰/۰۰۲
CI_2	همبستگی	-۰/۷۶۱*	-۰/۴۶۹*	۰/۲۶۷	۰/۲۵۹	-۰/۴۳۳*
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۰۵۱	۰/۰۵۹	۰/۰۰۱
CI_3	همبستگی	-۰/۲۵۰	-۰/۰۲۶	۰/۲۶۰	۰/۲۵۷	-۰/۷۴۸*
	سطح معنی‌داری	۰/۰۶۸	۰/۸۵۲	۰/۰۵۷	۰/۰۶۱	۰/۰
CI_4	همبستگی	-۰/۶۱۱*	-۰/۸۱۱*	۰/۱۴۹	۰/۱۵۵	-۰/۱۶۶
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۲۸۲	۰/۲۶۴	۰/۲۳۱
CI_5	همبستگی	-۰/۷۷۵*	-۰/۴۸۸*	۰/۲۵۰	۰/۲۳۸	-۰/۱۵۱
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۰۶۹	۰/۰۸۳	۰/۲۷۶
CI_6	همبستگی	-۰/۵۸۲*	-۰/۸۸۵*	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۱۲۹
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۶۸۳	۰/۶۸۲	۰/۳۵۲
CI_7	همبستگی	-۰/۲۶۰	-۰/۰۶۹	۰/۲۲۷	۰/۲۳۵	-۰/۷۰۲*
	سطح معنی‌داری	۰/۰۵۷	۰/۶۲۱	۰/۰۹۹	۰/۰۸۸	۰/۰
CI_8	همبستگی	-۰/۴۶۷*	-۰/۴۷۴*	۰/۲۲۸	۰/۲۲۹	-۰/۵۶۱*
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۰۹۷	۰/۰۹۶	۰/۰
CI_9	همبستگی	-۰/۶۲۵*	-۰/۳۱۵*	۰/۲۹۱*	۰/۲۸۳*	-۰/۶۰۰*
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۳	۰/۰۳۸	۰/۰
CI_{10}	همبستگی	۰/۰۶۲	۰/۰۰۱	-۰/۶۷۹*	-۰/۶۵۶*	-۰/۲۴۵
	سطح معنی‌داری	۰/۶۵۸	۰/۹۹۲	۰/۰	۰/۰	۰/۰۷۴
CI_{11}	همبستگی	-۰/۱۹۰	-۰/۰۲۳	۰/۲۵۶	۰/۲۷۰*	-۰/۶۹۸*
	سطح معنی‌داری	۰/۱۶۹	۰/۸۶۷	۰/۰۶۲	۰/۰۴۸	۰/۰
CI_{12}	همبستگی	-۰/۱۱۴	-۰/۲۳۲	۰/۲۹۲*	۰/۲۹۳*	-۰/۲۵۳
	سطح معنی‌داری	۰/۴۱۳	۰/۰۹۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۲	۰/۰۶۵

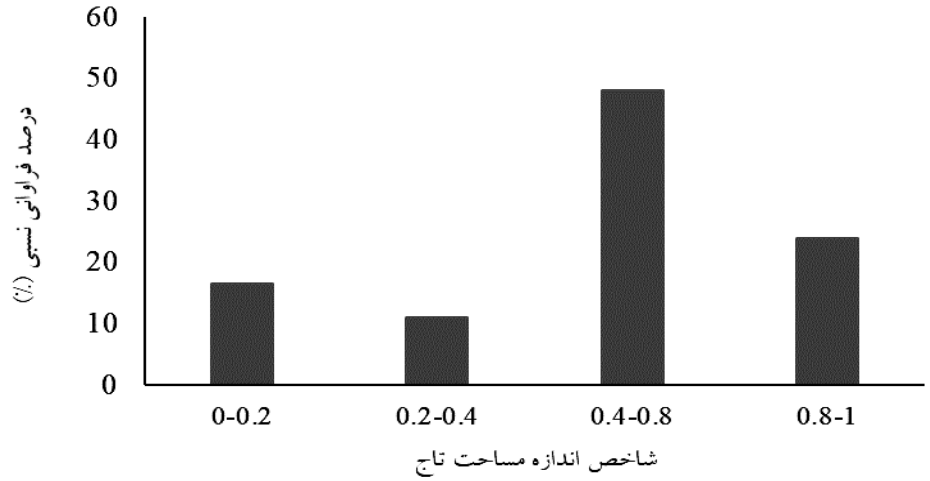
* اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد

همانطور که نتیجه بررسی ضریب همبستگی در مطالعه حاضر (جدول ۵) نیز گواهی بر این است که بین مقدار رقابت با قطر و ارتفاع درختان همبستگی معنی‌داری وجود دارد. این نتیجه مطابق با نتایج بررسی رقابت بین درختان بلوط ایرانی بود که رقابت سبب شده بود تا مانع رشد یکدیگر شوند و ویژگی‌های زیست سنجی آنها کمتر از میانگین باشد و به‌دلیل نورپسند بودن

جدول ۵. مقادیر همبستگی پیرسون بین شاخص‌های غیرفاصله‌ای و ویژگی‌های کمّی توده

		قطر برابر سینه (سانتی‌متر)	ارتفاع (متر)	قطر تاج (متر)	مساحت تاج (مترمربع)	فاصله (متر)
CI_{13}	همبستگی	۰/۸۸۸*	۰/۷۲۵*	-۰/۱۹۱	-۰/۱۸۵	۰/۰۳۹
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۱۶۶	۰/۱۸۲	۰/۷۷۸
CI_{14}	همبستگی	-۰/۹۲۸*	-۰/۶۶۵*	۰/۲۲۷	۰/۲۱۶	-۰/۰۳۸
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۰۹۹	۰/۱۱۷	۰/۷۸۶
CI_{15}	همبستگی	-۰/۹۲۸*	-۰/۶۶۵*	۰/۲۲۶	۰/۲۱۶	-۰/۰۳۸
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۱۰۰	۰/۱۱۷	۰/۷۸۶
CI_{16}	همبستگی	-۰/۸۵۸*	-۰/۶۲۱*	۰/۱۶۲	۰/۱۵۳	۰/۰۰۹
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۲۴۳	۰/۲۷۰	۰/۹۴۹
CI_{17}	همبستگی	۰/۶۲۷*	۰/۹۰۸*	-۰/۰۳۹	-۰/۰۴۱	-۰/۱۲۸
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۷۷۸	۰/۷۷۰	۰/۳۵۶
CI_{18}	همبستگی	۰/۹۱۳*	۰/۶۱۹*	-۰/۲۲۴	-۰/۲۱۴	۰/۰۶۷
	سطح معنی‌داری	۰/۰	۰/۰	۰/۱۰۴	۰/۱۲۰	۰/۶۳۳
CI_{19}	همبستگی	-۰/۳۱۶*	-۰/۰۹۵	۰/۱۰۲	۰/۰۹۵	۰/۱۳۷
	سطح معنی‌داری	۰/۰۲۰	۰/۴۹۴	۰/۴۶۳	۰/۴۹۲	۰/۳۲۵

* اختلاف معنی‌دار سطح پنج درصد



شکل ۲. شاخص اندازه مساحت تاج در منطقه مورد مطالعه

نهال‌های بلوط ایرانی رقابت نوری سبب کاهش رشد آنها شده بود. ولی رقابت بر روی تاج این درختان اثر کمتری داشته و دلیل آن اینگونه بیان شد که عدم رقابت برای کسب فضا و تنک بودن توده سبب شد تا رقابت تاجی اتفاق نیافتد. به عبارت

دیگر با افزایش فاصله بین درختان رقابت کاهش یافته است و سبب توسعه تاج می‌شود. بنابراین بیشترین تأثیر رقابت بر روی ارتفاع و قطر درختان و کمترین اثر آن بر قطر متوسط تاج و مساحت تاج درختان گزارش شد (۱۰). این نتیجه مطابق با نتایج تحقیق حاضر است زیرا مساحت تاج و قطر متوسط تاج درختان با اغلب شاخص‌های رقابت به‌ویژه شاخص های غیرفاصله‌ای محاسبه شده، همبستگی معنی‌داری نداشتند (به جز برای شاخص ۱۰ که همبستگی منفی متوسط و معنی‌داری ثبت شد). همچنین بررسی اثر رقابت در جنگل‌های نیمه معتدله جنوب افریقا بر روی رویش قطری طی سال‌های متمادی نشان داد که شاخص‌های رقابت اثر معنی‌دار منفی بر روی رویش قطری درختان داشتند اما بر روی ویژگی‌های تاج درختان اثر معنی‌داری را گزارش نکردند (۲۶). این نتیجه نیز هماهنگ با نتایج تحقیق حاضر بود.

رابطه همبستگی قوی‌تر شاخص‌های مبتنی بر فاصله بر رویش درختان در تحقیق Contrares و همکاران (۶) نیز گزارش شد. همچنین بیان کردند که توده‌های آمیخته به‌دلیل ساختار ناهمگن‌تر سطوح رقابتی بالاتری را نشان می‌هند. اما تحقیقی در مقایسه بین توده‌های آمیخته و خالص (۲۲) نشان داد که رقابت در توده‌های آمیخته و دارای گونه‌های سریع‌الرشد ۱۶ درصد کمتر از توده‌های خالص با تک گونه است. بنابراین ایجاد ساختار آمیخته را برای مدیریت جنگل‌های تحت رقابت شدید پیشنهاد کردند.

همانطور که گفته شد، تحقیق حاضر نشان داد که درختان در توده‌های مورد مطالعه تحت رقابت هستند که این رقابت تحت تأثیر فاصله درختان از یکدیگر بوده است زیرا همبستگی منفی و معنی‌داری بین انواع شاخص‌های رقابت با فاصله اندازه‌گیری شده بین درختان در جنگل نشان داد که کاهش فاصله بین درختان سبب افزایش شاخص رقابت شده و بالعکس. این نتیجه توسط Rozendaal و همکاران (۲۵) نیز گزارش شده بود که رویش سطح مقطع درختان با افزایش نرخ همسایگی کاهش یافته و به‌ویژه در طبقات قطری کمتر و درختان کوچکتر این اثر شدیدتر بود. آنها نشان دادند که اگر چه رقابت رویش را کاهش می‌دهد اما اثر معنی‌داری بر میزان مرگ و میر درختان ندارد و سبب از بین رفتن درختان نمی‌شود. از سوی دیگر عدم وجود رقابت معنی‌دار در توده‌های سه گونه بلوط در جنگل‌های زاگرس به‌دلیل الگوی پراکنش مکانی کپه ای – تصادفی درختان، فرم دانه‌زاد درختان و سن توده که از مرحله رقابت خارج شده‌اند، بیان شد (۳). این موضوع در توده‌های مورد مطالعه حاضر نیز قابل تعمیم است زیرا با توجه به جوان بودن اغلب توده‌ها در ارسباران که ناشی از برداشت درختان قطور تحت تخریب‌های انسانی و طبیعی طی سال‌های گذشته بوده است (۲۱) هنوز رقابت در این توده‌ها ادامه دارد. آنچه مسلم است آن است که بخشی از رقابت تحت تأثیر عوامل محیطی است درحالی که اثرات عوامل محیطی هنوز به‌طور دقیق درک نشده است و بررسی‌های محدودی فقط در زمینه اثرات نور (۶) و اثرات رطوبت و حاصلخیزی خاک (۲۵) انجام شده است و اغلب مطالعات در این زمینه جنبه نظری داشته است اما بررسی در یک جنگل گرمسیری در افریقا نشان داد که دسترسی به آب نسبت به حاصلخیزی خاک اثر بیشتری بر مقدار رقابت توده دارد (۲۵).

مسئله مهم بعدی کاربرد کمّی‌سازی شاخص‌های رقابت برای استفاده از این اعداد در دخالت‌های جنگلشناسی است که می‌توان با محاسبه این شاخص‌ها در دوره‌های مختلف از جمله قبل و بعد از دخالت‌های پرورشی و اعمال مدیریت‌های جنگلشناسی، توده به سمت اثرات مثبت رقابت بر رویش درختان سوق داده شود.

همچنین از آنجا که مقدار رقابت از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است، این امر را می‌توان در انواع توده‌ها با گونه‌های مختلف مورد تحقیق قرار داد تا استنتاج قوی‌تری درباره رقابت درون و بین گونه‌ای مطرح شود. همچنین مقایسه بین مقدار رقابت در توده‌های آمیخته مانند آنچه در تحقیق حاضر انجام شد با توده‌های خالص در ارسباران توصیه می‌شود تا درک بهتری برای مقایسه میزان رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای فراهم شود.

با اینحال نتیجه‌گیری نهایی از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که کمّی کردن رقابت در توده‌های آمیخته جنگلی امکان استفاده از این ویژگی بوم‌شناختی را برای کمک به عدم کاهش رویش فراهم می‌سازد، تا با استفاده از این نتایج اعمال دخالت‌های پرورشی از یک طرف برای تعادل بخشیدن به سطح رقابت گونه‌ها در توده‌های طبیعی و از سوی دیگر جلوگیری از کاهش رویش باشد. زیرا با شناخت فاصله بهینه درختان و تراکم بهینه توده می‌توان به ساختار مطلوب دست یافت. همانطور که محاسبه کمّی رقابت در تحقیق حاضر نشان داد که رقابت بر ویژگی‌های تاج درختان (مساحت تاج و قطر تاج) اثر معنی‌داری نداشته اما بر قطر و ارتفاع درختان اثرات معنی‌داری را نشان داده است. این اطلاعات می‌تواند برای مداخلات جنگلشناسی و مدیریتی جنگل در جنگل ارسباران استفاده شود.

سپاسگزاری

به این وسیله از تمام افرادی که در انجام این تحقیق یاری کردند، تشکر و قدرانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abedi, R. 2022. Application of multi-criteria decision making models to forest fire management. *International Journal of Geoheritage and Parks* 10: 84–96.
2. Abedi, R., and R. Ostadhashemi. 2010. Efficiency evaluating of distance indices in estimating tree's spatial distribution pattern in Arasbaran forest. *Environmental Research* 11(21): 85-96. (In Persian)
3. Akhavan, R., M. Khanhasani, and Y. Hodakarami. 2018. Spatial patterns and inter-specific competition of three oak species in the Baneh forests of western Iran, *Forest and Wood Products* 71 (2): 149-159. (In Persian)
4. Braathe, P. 1980. Height increment of young single trees in relation to height and distance of neighboring trees. *Mitt. Forstl. VersAnst*. 130: 43–48.
5. Brodie, L. C., and D. S. Debell. 2004. Evaluation of field performance of poplar clones using selected competition indices. *New Forests* 27: 201–214.
6. Contreras, M. A., D. Affleck, and W. Chung. 2011. Evaluating tree competition indices as predictors of basal area increment in western Montana forests. *Forest Ecology and Management* 262: 1939-1949.
7. Corona, P., and A. Ferrara. 1989. Individual competition indices for conifer plantations. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 27: 429-437.
8. Costa, E. A., C. A. G. Finger, and A. F. Hess. 2018. Competition indices and their relationship with basal area increment of Araucaria. *Journal of Agricultural Science* 10 (5): 198-210.
9. Daniels, R. F., H. E. Burkhart, and T. R. Clason. 1986. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. *Canadian Journal for Forest Research* 16(6): 1230-1237.
10. Erfanifard, Y. 2016. Analysing the effect of intraspecific competition on biometric attributes of Persian oak coppice trees using pair- and mark-correlation functions in Zagros dry forests. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* 23 (2): 89-109. (In Persian)
11. Farhadi, P., J. Soosani, K. Adeli, and V. Alijani. 2014. Analysis of Zagros forest structure using neighborhood-based indices (Case study: Ghalehgol forest, Khorramabad). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 22 (2): 294-306. (In Persian)
12. Fernández-de-Uña, L., I. Cañellas, and G. Gea-Izquierdo. 2015. Stand competition determines how different tree species will cope with a warming climate. *PLoS One* 10 (3): e0137932.
13. Glover, G. R., and J. N. Hool. 1979. A basal area ratio on predictor of loblolly pine plantations mortality. *Forest Science* 25(2): 275-282.
14. Hegyi, F. 1974. A simulation model for managing Jack-pine stands. pp. 74– 90 In: Fries, J. (ed.) Growth Models for Tree and Stand Simulation. Royal College of Forestry, Department of Forest Yield Research, Research Notes, 30: 74-90. Stockholm, Sweden.
15. Kint, V., D. W. Robert, and L. Noël. 2004. Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. *Ecological Modelling* 180: 461–476.
16. Kint, V., N. Lust, R. Ferris, and A. F. Olsthoorn. 2000. Quantification of forest stand structure applied to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. *Forest Systems* 9: 147-163.
17. Larocque, G. R., N. Luckai, S. N. Adhikary, A. Groot, F. Wayne Bell, and M. Sharma. 2013. Competition theory - science and application in mixed forest stands: review of experimental and modelling methods and suggestions for

future research. *Environmental Reviews* 21 (2): 71-84.
18. Lorimer, C. G. 1983. Tests of age independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. *Forest Ecology and Management* 6: 343-360.
19. Modaberi, A., and J. Mirzaei. 2017. Study of decline effect on the structure of central Zagros forests. *Journal of Forest Research and Development* 2 (4): 325-336.
20. Mugasha, A. G. 1989. Evaluation of simple competition indices for the prediction of volume increment of young Jack pine and trembling Aspen trees. *Forest Ecology and Management* 26: 227-235.
21. Ostadhashemi, R., R. Akhavan, A. Abbaslou, Gh. Safapour, and M. Pourkhaki. 2021. Classification of forest degradation based on quantitative characteristics in Arasbabran forests (Kaleibarchay and Ilginechay whatersheds). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* 18 (2): 287.299. (In Persian)
22. Pretzsch, H. 2022. Facilitation and competition reduction in tree species mixtures in Central Europe: Consequences for growth modeling and forest management. *Ecological Modelling* 454: 1-18.
23. Pukkala, T., and T. Kolström. 1987. Competition indices and the prediction of radial growth in Scots pine. *Silva Fennica* 21: 55-67.
24. Rouvinen, S., and T. Kuuluvainen. 1997. Structure and asymmetry of tree crowns in relation to local competition in a natural mature Scots pine forest. *Canadian Journal for Forest Research* 27: 890-902.
25. Rozendaal, D. M. A., O. L. Phillips, S. L. Lewis, K. Affum-Baffoe, E. Alvarez-D avila, A. Andrade, L. E. O. C. Arag - ao, A. Araujo-Murakami, T.R. Baker, O. B. Anki, R. J. W. Brienen, J. L. C. Camargo, J. A. Comiskey, M. N. Djuikouo Kamdem, S. Fauset, T. R. Feldpausch, T. J. Killeen, W. F. Laurance, S. G. W. Laurance, T. Lovejoy, Y. Malhi, B. S. Marimon, B. H. Marimon Junior, A. R. Marshall, D. A. Neill, P. Nunez Vargas, N. C. A. Pitman, L. Poorter, J. Reitsma, M. Silveira, B. Sonk e, T. Sunderland, H. Taedoumg, H. ter Steege, J. W. Terborgh, R. K. Umetsu, G. M. F. van der Heijden, E. Vilanova, V. Vos, L. J. T. White, S. Willcock, L. Zemagho, and M. C. Vanderwel. 2020. Competition influences growth, but not mortality, across environmental gradients in Amazonia and tropical Africa. *Ecology* 101(7): 1-11.
26. Seifert, T., S. Seifert, A. Seydack, G. Durrheim, and K. Gadow. 2014. Competition effects in an afrotemperate forest. *Forest Ecosystems* 1 (3): 1-15.
27. Wykoff, W. R., N. L., Crookston, and A. R., Stage. 1982. User's guide to the stand prognosis model. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-133., 112 p. Available online at https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/7510.

Quantifying the Competition Concerning Trees Quantitative Characteristics of Natural Stands in Arasbaran Forest

R. Abedi[1*]

(Received: February 28-2023; Accepted: August 26-2023)

Abstract

Competition is an interaction between a species' members or different species under the ecological needs to use the same resources. The present research aimed to quantify the competition in a mixed stand in the Arasbaran forest. Sampling was a distance method. The diameter at breast height, total tree height, two diameters of the tree's crown, and the distance of the trees were measured (one tree as the target and four neighboring as the competing trees). Data was analyzed using the distance-dependent and distance-independent competition indices. The results showed that the distance indices value were 0.29 to 31.71 and distance-independent indices were 0.94 to 4.43. There was a significant negative correlation between the stand quantitative characteristics and the distance between trees with the value of distance indices in most cases. The correlation between canopy diameter and area with distance indices was positive and significant, but with distance-independent indices was slight and not significant. Competition quantification in mixed stands will provide to know the relationship between the amount of competition and the quantitative characteristics. Consequently, and can provide knowledge for silvicultural treatments, and forest management strategies to balance the competition level in natural stands to reach the desired mixed structure.

Keywords: Arasbaran forest, Competition, Distance-dependent index, Distance-independent index

1. Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz.
*: Corresponding Author, Email: royaabedi@tabrizu.ac.ir