

## تعیین تنوع ساختاری راشستان‌های آمیخته بخش گرازبن جنگل خیرود

محسن جوانمیری پور<sup>۱\*</sup>، محمدرضا مروی مهاجر<sup>۲</sup>، محمود زبیری<sup>۲</sup>، وحید اعتماد<sup>۳</sup> و مقداد جورغلامی<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

پست الکترونیک: mjavanmiri@ut.ac.ir

۲- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۲۸

### چکیده

کمی‌سازی ساختار جنگل با عددی کردن اجزای مختلف آن، به درک و فهم بهتر برای مدیریت بوم‌سازگان جنگل کمک می‌کند. در این پژوهش از یک شاخص مکانی غیرآشکار به نام شاخص جینی (Gini index) با هدف تجزیه و تحلیل ساختار توده و تعیین پارامترهای لازم برای همگنی و یا ناهمگنی ساختار توده استفاده شد. این مطالعه در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱ بخش گرازبن جنگل خیرود با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از اجرای یک دوره آماربرداری صددرصد انجام شد. با استفاده از پارامترهای تعداد درختان، تعداد در طبقه قطری، فراوانی نسبی تجمعی درختان و فراوانی رویه زمینی آن‌ها، شاخص جینی برای هر یک از پارسل‌ها محاسبه و منحنی لورنز آن‌ها ترسیم شد. نتایج نشان داد که شاخص جینی برای پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱ به ترتیب ۳۹/۵، ۶۶، ۴۴، ۸۲ و ۷۴ درصد بود. همچنین، ساختار قطری پارسل‌های ۳۰۵ و ۳۰۹ نزدیک به همگن، پارسل‌های ۳۱۰ و ۳۱۱ نزدیک به ناهمگن و پارسل ۳۰۶ نزدیک به حالت بینابینی داشتند. بنابراین، در منطقه مورد مطالعه می‌توان از این یافته‌ها در موضوعات مدیریتی جنگل مانند مدل‌سازی نزدیک به واقعیت توده‌های طبیعی و چگونگی تنوع ساختاری آن‌ها به‌خوبی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ساختار جنگل، شاخص جینی، کمی‌سازی، منحنی لورنز.

### مقدمه

کمی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی با عددی کردن اجزای مختلف آن‌ها به درک و فهم بهتر به‌منظور مدیریت اجزای مختلف بوم‌سازگان جنگل کمک می‌کند. از مهم‌ترین دلایل اهمیت کمی‌سازی ساختار می‌توان به مرتبط بودن مستقیم و غیرمستقیم ساختار جنگل با رویشگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی، مدل‌سازی و بازسازی جنگل بر اساس تشریح ویژگی‌های ساختاری آن و اینکه ساختار جنگل یک

منبع اطلاعاتی مهم در رابطه با پویایی جنگل، زیباشناختی و تولید چوب است، اشاره کرد (Bilek et al., 2011). روش‌های زیادی برای تشریح ساختار توده‌های جنگلی وجود دارد. به‌عنوان مثال تنوع گونه‌ای و تنوع ساختاری که هر دوی آن‌ها می‌توانند با شاخص‌های مشخص بیان شوند (Neumann & Starlinger, 2001). برای محاسبه تنوع گونه‌های جنگلی در یک شاخص ساده، تعداد افراد آن گونه اهمیت دارد. به‌غیر از تقسیم‌بندی شاخص‌های تنوع بر

می‌شود، در حالی که ساختار هدف با استفاده از شاخص جینی معیار (حالت ایده‌آل) معرفی خواهد شد. برای تعیین شاخص جینی معیار، مدل، استقرار ساختار هدف بر اساس توده را در ایده جدید ممکن می‌سازد. در ساختار هدف، تعداد درختان در طبقه‌های قطری برای یک توده خاص به پراکنش حجم در طبقه‌های قطری بستگی دارد. بر اساس تفاوت بین دو شاخص جینی ذکر شده (جینی ساختار کنونی و جینی ساختار هدف)، یک دوره خاص به منظور اداره ساختار کنونی برای رسیدن به ساختار هدف انتخاب می‌شود (Duduman, 2011). با محاسبه شاخص جینی می‌توان ساختار دو توده متفاوت را مقایسه کرد. به علاوه، این شاخص برای تجزیه و تحلیل تغییرات ساختاری در داخل توده‌های جنگلی استفاده می‌شود (Linares *et al.*, 2011).

با توجه به اهمیت توده‌های طبیعی جنگل‌های هیرکانی، ضروری است مطالعه‌های جامعی در مورد تنوع ساختاری این جنگل‌ها و کمی‌سازی آن‌ها با استفاده از شاخص جینی انجام شود. با استفاده از نتایج پژوهش پیش‌رو می‌توان گام مهمی برای سنجش کارایی این شاخص به منظور کمی‌سازی ساختار توده‌های جنگلی با روش‌های نوین و در چارچوب فعالیت‌های جنگل‌شناسی همگام با طبیعت برداشت.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

بخش گرازین با داشتن ۲۷ پارسل و مساحت حدود ۸۰۰۰ هکتار در هفت کیلومتری شرق نوشهر قرار داشته و سومین بخش از جنگل خیرود است که زیر نظر دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران مدیریت می‌شود. این بخش از شمال به یال جنوبی جنگل‌های چلندر (حوضه ۴۶) و چلک، از شرق به جنگل‌های بخش چلیبر، از جنوب به رودخانه خیرود و از غرب به جنگل‌های بخش نم‌خانه محدود است. از نظر زمین‌شناسی، سنگ مادر بخش گرازین آهکی و متعلق به دوران ژوراسیک علیا است و در بعضی نقاط، طبقه‌های سخت شکافدار، طبقه‌های نرم و به‌طور متناوب روی هم قرار گرفته‌اند (Marvie Mohadjer *et al.*, 2009).

اساس نوع آن‌ها، شاخص‌ها را می‌توان به شاخص‌های مکانی آشکار و غیرآشکار تقسیم کرد. با استفاده از شاخص‌های مکانی آشکار می‌توان ریزساختار را در توده ارزیابی کرد. برای محاسبه بسیاری از این شاخص‌ها، فاصله بین درختان و نزدیک‌ترین همسایه آن‌ها لازم است، اما در شاخص‌های مکانی غیرآشکار، نیازی به این اطلاعات نبوده و به جای آن، یک شکل کلی از توده به‌عنوان مفهومی جامع ارائه می‌شود. برخلاف تفاوت‌های بین دو نوع شاخص مذکور، کل شاخص‌های موجود، با روش‌های قابل اثبات و عینی امکان اندازه‌گیری و مقایسه توده‌ها را فراهم می‌کنند (Sterba, 2008). شاخص‌های پیچیده‌تر مانند شانون-وینر (Shannon & Weaver, 1949) و یا شاخص تفکیک پیلو (Pielou, 1961) نیز وجود دارند. از جمله، شاخص‌های تنوع ساختاری می‌توان به انحراف معیار و شاخص کلارک و ایوانز اشاره کرد (Clark & Evans, 1954).

تمرکز پژوهش پیش‌رو بر محاسبه یک شاخص مکانی غیرآشکار برای اندازه‌گیری تنوع ساختاری راشستان‌های آمیخته است که جینی نام دارد و به‌طور کامل از منحنی لورنز مشتق شده است. در ابتدا، این شاخص‌ها توسط جینی (Gini, 1912) و لورنز (Lorenz, 1905) به ترتیب در علم اقتصاد و برای نشان دادن توزیع درآمد در جمعیت یک کشور معرفی و استفاده شدند. در جنگل‌داری، این شاخص‌ها به‌منظور تجزیه و تحلیل ساختار توده و بررسی همگنی و یا ناهمگنی ساختار توده به‌کار برده می‌شوند. Eid و Lexeröd (۲۰۰۶) و Sterba (۲۰۰۴) استفاده از ضریب جینی را در مدیریت جنگل پیشنهاد دادند. مقایسه تنوع اندازه‌ها در توده‌های مختلف، ارزیابی تغییرات در تنوع اندازه‌ها در طی زمان و تعیین اثر دخالت‌های جنگل‌شناسی بر تنوع اندازه‌ها از کاربردهای ضریب جینی هستند.

امروزه مدل‌های جدید برای محاسبه امکان برداشت در شیوه تک‌گزینی ارائه شده است. تمرکز این مدل‌ها بر استفاده از شاخص جینی برای متغیر رویه زمینی و همچنین ساختار هدف با در نظر گرفتن حجم سرپا در طبقه‌های قطری است. ساختار واقعی و کنونی توده به‌وسیله شاخص جینی مشخص

## روش پژوهش

آماربرداری، همه درختان موجود در پارسل که قطر برابر سینه بیشتر از ۷/۵ سانتی متر داشتند، در طبقه‌های قطری پنج سانتی متری اندازه‌گیری شدند.

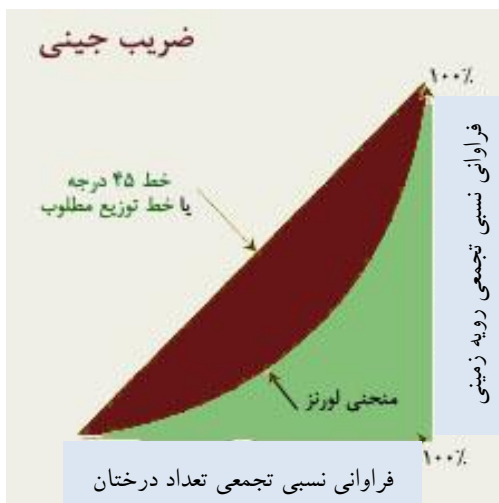
برای انجام پژوهش پیش‌رو، آماربرداری صددرصد در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱ انجام شد که مشخصات عمومی آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. در این

جدول ۱- مشخصات کلی پارسل‌های مورد مطالعه

شماره	سطح پارسل	میانگین ارتفاع از سطح	شیب عمومی	تیپ کلی	تعداد در هکتار	حجم در هکتار
۳۰۵	۲۲	۱۰۰۰	۴۰	راش- ممرز	۳۵۴	۴۳۱
۳۰۶	۱۹	۱۰۰۰	۴۵	ممرز- بلوط	۸۷۳	۴۵۷
۳۰۹	۴۷	۱۱۰۰	۳۰	ممرز- راش	۲۸۱	۴۵۵
۳۱۰	۲۵/۵	۱۱۲۰	۳۰	ممرز- راش	۲۷۹	۵۱۰
۳۱۱	۲۸	۱۱۲۰	۳۰	ممرز- بلوط	۴۱۸	۳۰۷

## محاسبه ضریب جینی

ضریب جینی یک شاخص آماری بین صفر و یک است. مقدار صفر این ضریب به برابری پراکنش رویه زمینی اشاره دارد، به این معنی که درختان موجود در پارسل دارای قطرهای به نسبت یکسانی هستند. در مقابل، مقدار یک این ضریب، حاکی از نابرابری نسبی در پراکنش رویه زمینی (توده ناهمسال) است. در توده‌های ناهمسال، فقط تعداد یا طبقه‌های قطری خاصی از درختان بیشترین رویه زمینی را به خود اختصاص می‌دهند. از دیدگاه هندسی، ضریب جینی بر اساس منحنی لورنز تعریف می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- الگوی منحنی لورنز (Lexeród &amp; Eid, 2006)

نحوه محاسبه ضریب جینی (G) در رابطه ۱ ارائه شده است.

$$G = 1 - \sum_{i=1}^k [(b_{ai-1} + b_{ai})(n_i - n_{i-1})] \quad \text{رابطه (۱)}$$

هستند.  $k$  نشان‌دهنده طبقه‌های قطری درختان است.  $n_i$  و  $n_{i-1}$  نیز فراوانی نسبی تجمعی درختان (درصد) برای طبقه‌های قطری کوچک‌تر یا مساوی با  $i$  و  $i-1$  ام طبقه‌های

در رابطه فوق:  $b_{ai}$  و  $b_{ai-1}$  فراوانی نسبی تجمعی رویه زمینی (درصد) درختان برای تمام طبقه‌های قطری کوچکتر یا مساوی با  $i$  یا  $i-1$  ام طبقه قطری (برای  $i = 1$ ,  $b_{ai-1} = 0$ )

۳۱۱ به ترتیب ۳۹/۵ درصد یا  $0.395 = (0.03025)/0.05$ ،  
 $(0.05 - 0.169)/0.05 = 0.662$  درصد یا ۶۶/۲،  
 $(0.05 - 0.282)/0.05 = 0.436$  درصد یا ۴۳/۶،  
 $(0.05 - 0.00907)/0.05 = 0.8186$  درصد یا ۸۱/۸۶،  
 $(0.05 - 0.1289)/0.05 = 0.7422$  درصد یا ۷۴/۲۲ و  
مقادیر ضریب در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱  
به ترتیب نشان‌دهنده ناهمگنی ساختاری به نسبت کم، به نسبت  
زیاد، کم، زیاد و زیاد بود.

قطری (برای  $i = 1, b_{ai-1} = 0$ ) را نشان می‌دهند.

### نتایج

عامل‌های مورد استفاده برای محاسبه ضریب جینی و سپس ترسیم شکل هندسی آن با استفاده از داده‌های مربوط به آماربرداری صددرصد در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۱ به ترتیب در جدول‌های ۲ تا ۶ ارائه شده است. بر این اساس، ضریب جینی در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۹، ۳۱۰ و

جدول ۲- محاسبه ضریب جینی برای پارسل ۳۰۵ با استفاده از داده‌های مربوط به آماربرداری صددرصد

مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)	مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)
۰/۰۰۸۳	۰/۹۱	۰/۹۹	۹۵	۰/۰۰۴۵	۰/۰۲۸	۰/۳۲	۱۰
.	۰/۹۵	۰/۹۹	۱۰۰	۰/۰۰۷۰	۰/۰۶۰	۰/۴۸	۱۵
.	۰/۹۶	۰/۹۹	۱۰۵	۰/۰۰۶۹	۰/۱۰	۰/۶	۲۰
.	۰/۹۶	۰/۹۹	۱۱۰	۰/۰۱۳	۰/۱۶	۰/۷	۲۵
۰/۰۰۴۸	۰/۹۷	۰/۹۹۵	۱۱۵	۰/۱۲۹	۰/۲۱	۰/۷۷	۳۰
.	۰/۹۷	۰/۹۹۵	۱۲۰	۰/۰۰۷	۰/۲۶	۰/۸	۳۵
.	۰/۹۷	۰/۹۹۶	۱۲۵	۰/۰۱۱۲	۰/۳۰	۰/۸۴	۴۰
.	۰/۹۷	۰/۹۹۶	۱۳۰	۰/۰۱۳	۰/۳۵	۰/۸۶	۴۵
.	۰/۹۹	۰/۹۹۷	۱۳۵	۰/۰۰۷۴	۰/۳۹	۰/۸۸	۵۰
.	۰/۹۹	۰/۹۹۷	۱۴۰	۰/۰۰۴۱	۰/۴۳	۰/۸۹	۵۵
.	۰/۹۹	۰/۹۹۷	۱۴۵	۰/۰۰۴۵	۰/۴۸	۰/۹	۶۰
۰/۰۰۱۰	۰/۹۹	۰/۹۹۷	۱۵۰	۰/۰۱۰۱	۰/۵۳	۰/۹۲	۶۵
.	۰/۹۹	۰/۹۹۹	۱۵۵	۰/۰۱۱۳	۰/۶۰	۰/۹۴	۷۰
.	۰/۹۹	۰/۹۹۹	۱۶۰	۰/۰۳۱۷	۰/۶۷	۰/۹۶	۷۵
.	۰/۹۹	۰/۹۹۹	۱۶۵	۰/۰۰۷	۰/۷۲	۰/۹۷	۸۰
.	۰/۹۹	۰/۹۹۹	۱۷۰	۰/۰۰۸۱	۰/۷۹	۰/۹۸	۸۵
۰/۰۰۹۹	۱	۱	۱۷۵	.	۰/۸۶	۰/۹۸	۹۰

جدول ۳- محاسبه ضریب جینی برای پارسل ۳۰۶ با استفاده از داده‌های مربوط به آماربرداری صددرصد

مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)	مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)
.	۰/۸۴۷	۰/۹۹	۸۰	۰/۰۱۱۱	۰/۰۶	۰/۳۷	۱۰
.	۰/۸۶۸	۰/۹۹	۸۵	۰/۰۲۳۱	۰/۱۵	۰/۵۹	۱۵
.	۰/۸۹	۰/۹۹	۹۰	۰/۰۳۰۳	۰/۲۵۴	۰/۷۴	۲۰
.	۰/۹۱۲	۰/۹۹	۹۵	۰/۰۲۴۲	۰/۳۴۸	۰/۸۲	۲۵
.	۰/۹۴	۰/۹۹	۱۰۰	۰/۰۲۱۱	۰/۳۵۶	۰/۸۸	۳۰
.	۰/۹۵	۰/۹۹	۱۰۵	۰/۰۱۱۶	۰/۴۱۹	۰/۹۱	۳۵
.	۰/۹۶	۰/۹۹	۱۱۰	۰/۰۰۸۹	۰/۴۷۵	۰/۹۳	۴۰
.	۰/۹۷	۰/۹۹	۱۱۵	۰/۰۱	۰/۵۲۹	۰/۹۵	۴۵
.	۰/۹۷	۰/۹۹	۱۲۰	۰/۰۰۵۵	۰/۵۷۸	۰/۹۶	۵۰
.	۰/۹۸	۰/۹۹	۱۲۵	.	۰/۶۱۴	۰/۹۶	۵۵
.	۰/۹۸	۰/۹۹	۱۳۰	۰/۰۰۶۴	۰/۶۶۴	۰/۹۷	۶۰
.	۰/۹۹	۰/۹۹	۱۳۵	۰/۰۰۶۹	۰/۷۰۸	۰/۹۸	۶۵
.	۰/۹۹	۰/۹۹	۱۴۰	.	۰/۷۷۰	۰/۹۸	۷۰
۰/۰۰۹۹	۱	۱	۱۵۵	.	۰/۸۱۰	۰/۹۹	۷۵

جدول ۴- محاسبه ضریب جینی برای پارسل ۳۰۹ با استفاده از داده‌های مربوط به آماربرداری صددرصد

مسطح زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)	مسطح زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)
۰/۰۰۸۵	۰/۸۷۷	۰/۹۸	۱۰۰	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۲۸۶	۱۰
۰/۰۰۵۴	۰/۹۳۶	۰/۹۸۶	۱۰۵	۰/۰۰۲۵۳	۰/۰۳۰	۰/۳۹	۱۵
.	۰/۹۴۷	۰/۹۹	۱۱۰	۰/۰۰۴۳	۰/۰۵۷	۰/۴۹	۲۰
.	۰/۹۶۲	۰/۹۹	۱۱۵	۰/۰۰۴۹	۰/۰۸۳	۰/۵۶	۲۵
.	۰/۹۶۶	۰/۹۹	۱۲۰	۰/۰۰۶۹	۰/۱۱۵	۰/۶۳	۳۰
.	۰/۹۷۷	۰/۹۹	۱۲۵	۰/۰۰۶۶	۰/۱۵۰	۰/۶۸	۳۵
.	۰/۹۸۰	۰/۹۹	۱۳۰	۰/۰۰۸۶	۰/۱۹۷	۰/۷۳	۴۰
.	۰/۹۸۱	۰/۹۹	۱۳۵	۰/۰۰۶۵	۰/۲۴۰	۰/۷۶	۴۵
.	۰/۹۸۶	۰/۹۹	۱۴۰	۰/۰۰۷۹	۰/۲۹۰	۰/۷۹	۵۰
.	۰/۹۸۶	۰/۹۹	۱۴۵	۰/۰۰۹۵	۰/۳۴۴	۰/۸۲	۵۵
.	۰/۹۹۵	۰/۹۹	۱۵۰	۰/۰۱۱۲	۰/۴۰۴	۰/۸۵	۶۰
.	۰/۹۹۵	۰/۹۹	۱۵۵	۰/۰۰۸۷	۰/۴۷۰	۰/۸۷	۶۵
.	۰/۹۹۵	۰/۹۹	۱۶۰	۰/۱۰۰۸	۰/۵۳۸	۰/۸۹	۷۰
.	۰/۹۹۷	۰/۹۹	۱۶۵	۰/۰۱۱۴	۰/۶۰۷	۰/۹۱	۷۵
.	۰/۹۹۷	۰/۹۹	۱۷۰	۰/۰۱۲۹	۰/۶۸۰	۰/۹۳	۸۰
.	۰/۹۹۷	۰/۹۹	۱۷۵	۰/۰۰۷۱	۰/۷۴۰	۰/۹۴	۸۵
.	۰/۹۹۷	۰/۹۹	۱۸۰	۰/۰۱۵۲	۰/۷۸۳	۰/۹۶	۹۰
.	۰/۹۹۷	۰/۹۹	۱۸۵	۰/۰۰۸۱	۰/۸۳۷	۰/۹۷	۹۵
۰/۰۰۹۹	۱	۱	۱۹۵				

جدول ۵- محاسبه ضریب جینی برای پارسل ۳۱۰ با استفاده از داده‌های مربوط به آماربرداری صددرصد

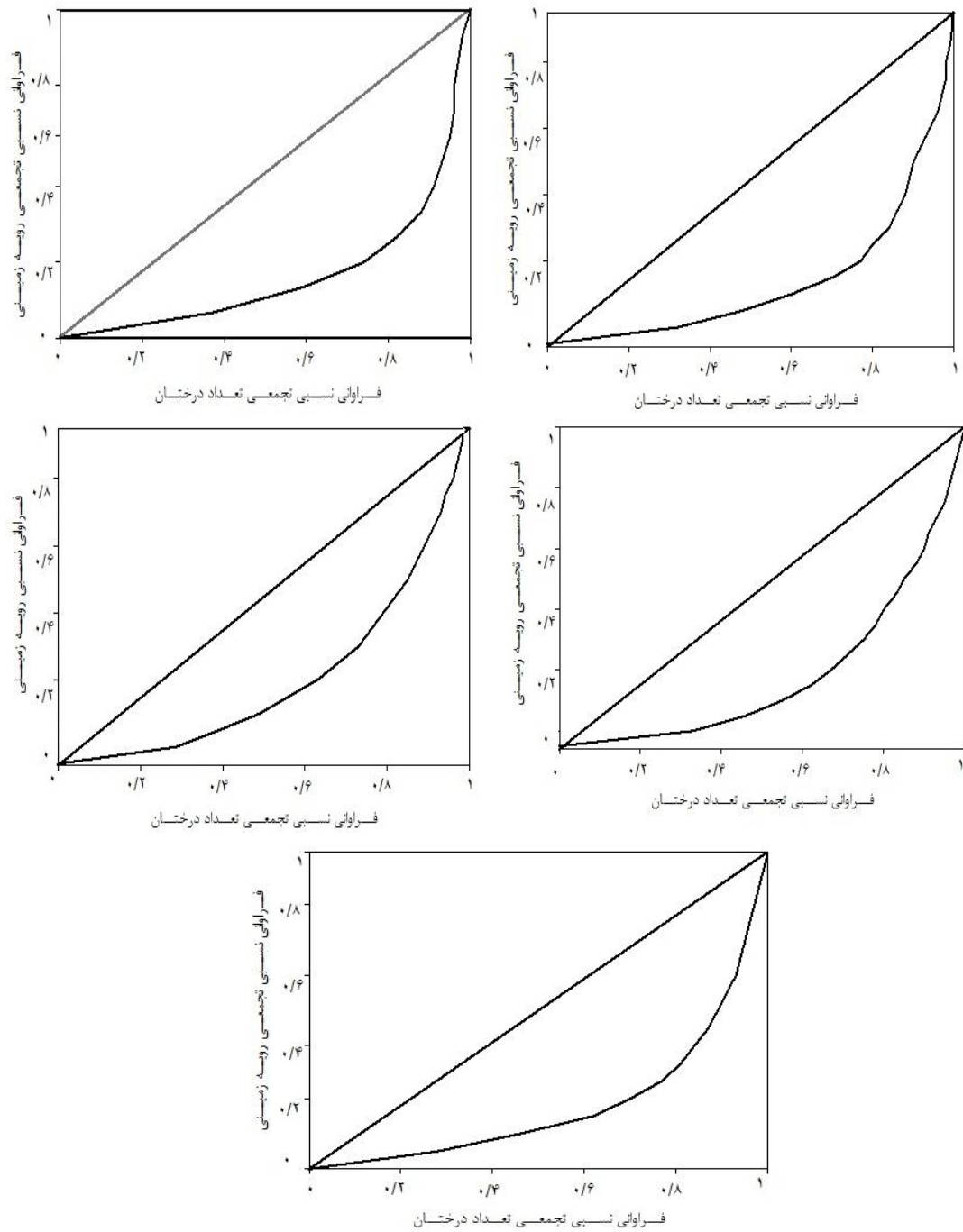
مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی متر)	مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی متر)
.	۰/۸۶۶	۰/۹۷	۱۰۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۱۱	۰/۳۳	۱۰
۰/۰۰۸۸	۰/۸۹۵	۰/۹۸	۱۰۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۲۲	۰/۴۶	۱۵
.	۰/۹۲۱	۰/۹۸	۱۱۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۳۷	۰/۵۵	۲۰
۰/۰۰۹۳	۰/۹۴۶	۰/۹۹	۱۱۵	۰/۰۰۳۱	۰/۰۵۲	۰/۶۲	۲۵
.	۰/۹۶۸	۰/۹۹	۱۲۰	۰/۰۰۲۹	۰/۰۶۷	۰/۶۷	۳۰
.	۰/۹۷۳	۰/۹۹	۱۲۵	۰/۰۰۳۱	۰/۰۸۷	۰/۷۱	۳۵
.	۰/۹۷۴	۰/۹۹	۱۳۰	۰/۰۰۳۸	۰/۱۰۵	۰/۷۵	۴۰
.	۰/۹۸۵	۰/۹۹	۱۳۵	۰/۰۰۳۵	۰/۱۲۸	۰/۷۸	۴۵
.	۰/۹۸۹	۰/۹۹	۱۴۰	۰/۰۰۲۸	۰/۱۵۰	۰/۸۰	۵۰
.	۰/۹۹۱	۰/۹۹	۱۴۵	۰/۰۰۴۹	۰/۱۷۷	۰/۸۳	۵۵
.	۰/۹۹۴	۰/۹۹	۱۵۰	۰/۰۰۳۸	۰/۲۰۷	۰/۸۵	۶۰
.	۰/۹۹۵	۰/۹۹	۱۵۵	۰/۰۰۶۷	۰/۲۴۰	۰/۸۸	۶۵
.	۰/۹۹۵	۰/۹۹	۱۶۰	۰/۰۱۰۳	۰/۲۷۸	۰/۹۰	۷۰
.	۰/۹۹۵	۰/۹۹	۱۶۵	۰/۰۰۲۹	۰/۳۱۶	۰/۹۱	۷۵
.	۰/۹۹۵	۰/۹۹	۱۷۰	۰/۰۰۶۷	۰/۳۵۵	۰/۹۳	۸۰
.	۰/۹۹۷	۰/۹۹	۱۷۵	۰/۰۰۷۵	۰/۴۰۰	۰/۹۵	۸۵
.	۰/۹۹۷	۰/۹۹	۱۸۰	۰/۰۰۰۶	۰/۸۰۰	۰/۹۶	۹۰
۰/۰۰۹۹	۱	۱	۱۸۵	۰/۰۰۸۱	۰/۸۳۰	۰/۹۷	۹۵
۰/۰۰۹۹	۱	۱	۱۹۵				

جدول ۶- محاسبه ضریب جینی برای پارسل ۳۱۱ با استفاده از داده‌های مربوط به آماربرداری صددرصد

مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)	مساحت زیر منحنی لورنز (بدون واحد)	$\sum \frac{b_a}{BA}$	$\sum \frac{n}{N}$	طبقه قطری (سانتی‌متر)
۰	۰/۸۶۲	۰/۹۹	۱۲۰	۰/۰۰۳۵	۰/۰۲۵	۰/۲۸	۱۰
۰	۰/۸۷۵	۰/۹۹	۱۲۵	۰/۰۰۴۹	۰/۰۵۹	۰/۴۶	۱۵
۰	۰/۸۹۲	۰/۹۹	۱۳۰	۰/۰۱۳۶	۰/۱۱۱	۰/۶۲	۲۰
۰	۰/۸۹۷	۰/۹۹	۱۳۵	۰/۰۱۰۸	۰/۱۵۸	۰/۷۰	۲۵
۰	۰/۹۰۵	۰/۹۹	۱۴۰	۰/۰۱۲۷	۰/۲۰۶	۰/۷۷	۳۰
۰	۰/۹۰۸	۰/۹۹	۱۴۵	۰/۰۰۹۱	۰/۲۵۱	۰/۸۱	۳۵
۰	۰/۹۱۲	۰/۹۹	۱۵۰	۰/۰۰۸۲	۰/۲۹۸	۰/۸۴	۴۰
۰	۰/۹۱۲	۰/۹۹	۱۵۵	۰/۰۰۹۷	۰/۳۴۶	۰/۸۷	۴۵
۰	۰/۹۱۲	۰/۹۹	۱۶۰	۰/۰۰۷۴	۰/۳۹۸	۰/۸۹	۵۰
۰	۰/۹۱۵	۰/۹۹	۱۶۵	۰/۰۰۸۴	۰/۴۴۵	۰/۹۱	۵۵
۰	۰/۹۲۰	۰/۹۹	۱۷۰	۰/۰۰۹۴	۰/۴۹۱	۰/۹۳	۶۰
۰	۰/۹۳۳	۰/۹۹	۱۷۵	۰/۰۰۵۲	۰/۵۴۴	۰/۹۴	۶۵
۰	۰/۹۳۷	۰/۹۹	۱۸۰	۰/۰۰۵۶	۰/۵۸۴	۰/۹۵	۷۰
۰	۰/۹۴۲	۰/۹۹	۱۸۵	۰/۰۰۰۶	۰/۶۱۸	۰/۹۶	۷۵
۰	۰/۹۴۲	۰/۹۹	۱۹۰	.	۰/۶۵۱	۰/۹۶	۸۰
۰	۰/۹۴۲	۰/۹۹	۱۹۵	۰/۰۰۶۷	۰/۶۹۱	۰/۹۷	۸۵
۰	۰/۹۴۸	۰/۹۹	۲۰۰	۰/۰۰۷۱	۰/۷۲۵	۰/۹۸	۹۰
۰	۰/۹۴۸	۰/۹۹	۲۰۵	.	۰/۷۵۰	۰/۹۸	۹۵
۰	۰/۹۴۸	۰/۹۹	۲۱۰	.	۰/۷۹۴	۰/۹۸	۱۰۰
۰	۰/۹۵۴	۰/۹۹	۲۱۵	۰/۰۰۸۰	۰/۸۱۶	۰/۹۹	۱۰۵
۰	۰/۹۵۴		۲۲۰	.	۰/۸۳۶	۰/۹۹	۱۱۰
۰/۰۰۹۹	۱	۱		۰	۰/۸۴۸	۰/۹۹	۱۱۵

شکل ۲ نشان‌دهنده منحنی لورنز مربوط به آماربرداری صددرصد در پارسل‌های مطالعه شده است.

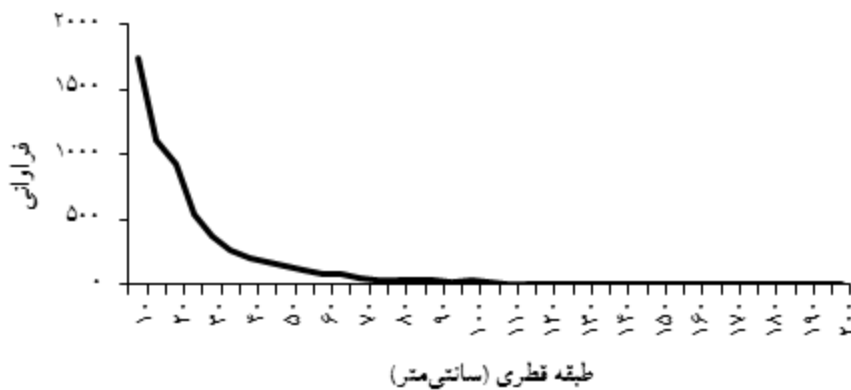
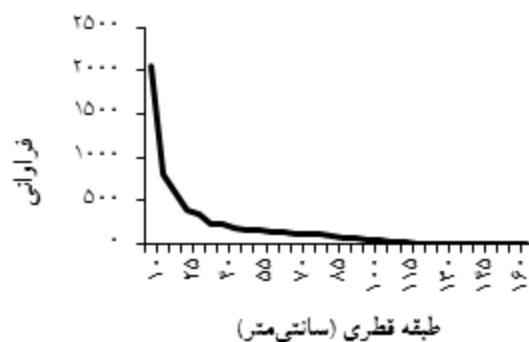
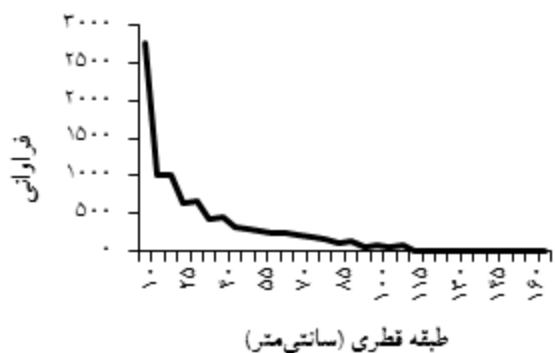
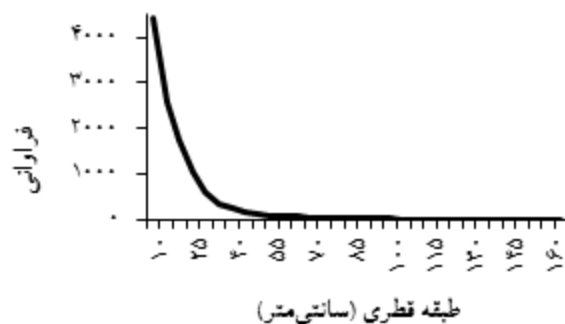
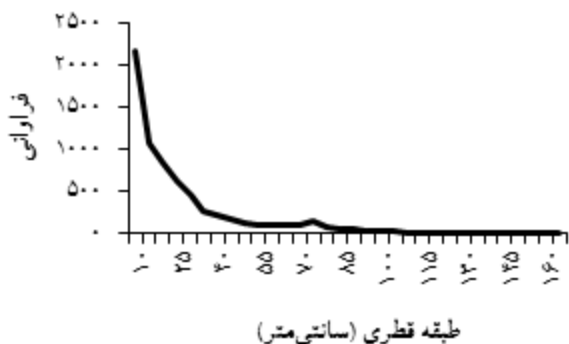




شکل ۲- منحنی لورنز به دست آمده مربوط به آماربرداری صد درصد. از راست به چپ در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶ (ردیف بالا)، ۳۰۹، ۳۱۰ (ردیف وسط) و ۳۱۱ (ردیف پایین)

شکل ۳، پراکنش طبقه‌های قطری را در پارسل‌های  
 مطالعه شده نشان می‌دهد. بر این اساس، پراکنش قطره‌های  
 موجود حاکی از حالت ناهمسانی در این پارسل‌ها داشت.  
 حالت J معکوس در این نمودارها و منحنی لورنز

به‌دست‌آمده در شکل ۲، به‌طور کامل برعکس یکدیگر هستند.



شکل ۳- نمودار پراکنش درختان در طبقه‌های قطری در پارسل‌های ۳۰۵، ۳۰۶ (ردیف اول)، ۳۰۹، ۳۱۰ (ردیف دوم) (از چپ به راست) و ۳۱۱ (ردیف سوم)

## بحث

اولین گام در مدیریت همگام با طبیعت جنگل، شناخت ساختار توده‌های طبیعی جنگل و تغییرات آن است. بررسی ساختار جنگل از مهم‌ترین پیش‌نیازها برای درک و مدیریت بوم‌سازگان‌های جنگلی است (Hall *et al.*, 2003). با بررسی ساختار جنگل در یک توده طبیعی نه تنها وضعیت جنگل از نظر ترکیب گونه‌ای، نحوه آشکوب‌بندی و همچنین توالی مشخص می‌شود، بلکه می‌توان آینده جنگل را از نظر رویش، ترکیب جنگل بر اساس تاج‌پوشش و رویه زمینی پیش‌بینی کرد (Pach & Podlaski, 2015). در توده‌های جنگلی مدیریت‌شده، برای مدیریت صحیح به شاخص‌هایی نیاز است که بتوان با صرف کمترین هزینه و زمان، اطلاعات کافی را در مورد وضعیت فعلی ساختار جنگل به دست آورد (Chivulescu *et al.*, 2014).

در این پژوهش، قابلیت ضریب جینی در نشان دادن وضعیت همگنی یا ناهمگنی ساختار قطری بررسی شد. مقدار زیاد این ضریب در یک توده به طور معمول بیان‌گر زیاد بودن اختلاف طبقه‌های قطری و نابرابری قطرها در توده است (Chivulescu *et al.*, 2014). در مطالعه پیش‌رو، بیشترین مقدار شاخص جینی برای پارسل ۳۱۰ و ۳۱۱ (به ترتیب حدود ۸۲ و ۷۴ درصد) محاسبه شد که نشان‌دهنده ناهمگنی ساختار قطری به نسبت زیادی در این پارسل‌ها است. از مهم‌ترین دلایل این مسئله، وضعیت سنی و تحولی توده‌های موجود در این پارسل‌هاست، زیرا بیشتر درختان موجود در این پارسل‌ها متعلق به طبقه‌های سنی میانسال و مسن بودند و گروه‌های جوان در زیرآشکوب آن‌ها به صورت لکه‌ای و پراکنده حضور داشتند. به عنوان مثال، در پارسل ۳۱۱ درختان بسیار قطور بلندمازو در تیپ بلوط-ممرزستان حضور داشتند. در قسمت میانی پارسل نیز توده راش-ممرز میانسال تا مسن با کیفیت متوسط و وضعیت زادآوری به نسبت مناسب مستقر بود. وجود کلیه این عناصر متفاوت باعث ناهمگن‌تر شدن ساختار قطری در این پارسل‌ها شد. شاخص جینی محاسبه‌شده نیز این مسئله را نشان داد. یافته‌های به دست آمده برای شاخص جینی در این بررسی با نتیجه گزارش شده توسط Chivulescu و همکاران (۲۰۱۴) برای راش در جنگل‌های بکر هم‌خوانی دارند. برای پارسل ۳۰۶،

ضریب جینی حدود ۶۶ درصد به دست آمد که نشان‌دهنده حالت بینابینی بود. دلیل این مورد به جوان بودن گونه‌های موجود در این پارسل برمی‌گردد، زیرا اگرچه گونه‌های بلوط و شیردار از نظر فراوانی، غالب بودند، اما سهم اندکی در موجودی کل پارسل داشتند. به طور کلی در این پارسل، درختان در مراحل رویشی تیرک و تیر با ضریب لاغری زیاد مشاهده شدند. در نتیجه نهایی به دست آمده با استفاده از شاخص جینی، این مسئله به روشنی مشخص است. نتیجه به دست آمده در این پژوهش، هم‌سو با یافته‌های پژوهش‌های Binkley (۲۰۰۴) و Bilek و همکاران (۲۰۱۱) است که ناهمسالی و ناهمگنی ساختار جنگل‌های مدیریت‌شده راش را گزارش کردند.

در بین پنج پارسل مورد بررسی، کمترین ضریب جینی برای پارسل‌های ۳۰۵ و ۳۰۹ به دست آمد (به ترتیب ۳۹/۵ و ۴۴ درصد). این اعداد نشان‌دهنده ساختار قطری نزدیک به حالت همگن هستند. با نگاه به وضعیت کلی و تشریح توده‌های جنگلی، مهم‌ترین دلیل این وضعیت، وجود زادآوری به نسبت متراکم و فراوان در این پارسل‌ها بود. در پارسل ۳۰۵، ساختار توده‌ها دو تا سه‌اشکوبه و میان‌سال بودند که در آن‌ها زادآوری جوان در مراحل رویشی شل و خال حضور داشتند. در پارسل ۳۰۹، پراکنش زادآوری و روشنه‌های زادآوری در اکثر سطح پارسل مشاهده شد. در این پارسل، زادآوری بسیار انبوه مستقر شده بود که بیشتر مربوط به راش و در مراحل شل و خال بودند. همچنین، در پارسل ۳۰۹، توده‌های مسن ممرز و راش در بیشتر نقاط مشاهده می‌شدند که در پناه آن‌ها زادآوری قابل توجهی از راش وجود داشت. این عامل خود از دلایل شاخص جینی بیشتر برای پارسل ۳۰۹ نسبت به پارسل ۳۰۵ است. وضعیت همگنی به دست آمده در این پژوهش در راستای نتایج گزارش شده توسط Chivulescu و همکاران (۲۰۱۴) و Pach و Podlaski (۲۰۱۵) است. این پژوهشگران ساختار جنگل‌های مدیریت‌شده و مدیریت‌نشده راش و نراد را با یکدیگر مقایسه کردند.

منحنی لورنز به طور تصویری، نتایج عددی به دست آمده توسط شاخص جینی را تأیید می‌کند. هرچه منحنی لورنز به خط پراکنش مطلوب (خط ۴۵ درجه) نزدیک‌تر باشد و سطح به دست آمده کوچک‌تر باشد، همگنی قطری کمتر و عدد به دست

- Statistiche. Tipografia di Paolo Cuppin, Bologna, Italy, 158p.
- Hall, J.S., Harris, D.J., Medjibe, V. and Ashton, P.M.S., 2003. The effects of selective logging on forest structure and tree species composition in a Central African forest: implications for management of conservation areas. *Forest Ecology and Management*, 183(1-3): 249-264.
  - Lee, W.K., Von Gadow, K. and Akça, A., 1999. Waldstruktur und Lorenz-modell. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 170(12): 220-223.
  - Lexeród, N.L. and Eid, T., 2006. An evaluation of different diameter diversity indices based on criteria related to forest management planning. *Forest Ecology and Management*, 222 (1-3): 17-28.
  - Linares, J.C., Carreira, J.A. and Ochoa, V., 2011. Human impacts drive forest structure and diversity. Insights from Mediterranean mountain forest dominated by *Abies pinsapo* (Boiss.). *European Journal of Forest Resource*, 130(4): 533-542.
  - Lorenz, M.O., 1905. Methods of measuring the concentration of wealth. *Journal of the American Statistical Association*, 9(70): 209-219.
  - Marvie Mohadjer, M.R., Zobeiri, M., Etemad, V. and Jour Gholami, M., 2009. Performing the single selection method at compartment level and necessity for full inventory of tree species (Case study: Gorazbon district in Kheroud Forest). *Iranian Journal of Natural Resources Research*, 61(4): 889-908.
  - Neumann, M. and Starlinger, F., 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecology and Management*, 145(1-2): 91-106.
  - Pach, M. and Podlaski, R., 2015. Tree diameter structural diversity in Central European forests with *Abies alba* and *Fagus sylvatica*: managed versus unmanaged forest stands. *Ecological Research*, 30(2): 367-384.
  - Pielou, E.C., 1961. Segregation and symmetry in two-species populations as studied by nearest- neighbour relationships. *Journal of Ecology*, 49(2): 225-269.
  - Sterba, H., 2004. Equilibrium curves and growth models to deal with forests in transition to uneven-aged structure - application in two sample stands. *Silva Fennica*, 38(4): 413-423.
  - Sterba, H., 2008. Diversity indices based on angle count sampling and their interrelationships when used in forest inventories. *Forestry*, 81(5): 587-597.
  - Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, New York, 117p.
  - Valbuena, R., Packalén, P., Martín-Fernández, S. and Maltamo, M., 2012. Diversity and equitability ordering profiles applied to study forest structure. *Forest Ecology and Management*, 276: 185-195.

آمده نزدیک به صفر است. مثال آشکار در این بررسی، پارسل‌های ۳۰۵ و ۳۰۹ هستند، اما اگر منحنی لورنز از خط پراکنش مطلوب (خط ۴۵ درجه) دورتر و مساحت به‌دست‌آمده بزرگ‌تر باشد، ناهمگنی قطری بیشتر و عدد به‌دست‌آمده نزدیک به یک است. همانند آنچه برای پارسل‌های ۳۱۰ و ۳۱۱ محاسبه شد. این نتایج با یافته‌های Eid و Lexeród (۲۰۰۶)، Bilek و همکاران (۲۰۱۱) و Pach و Podlaski (۲۰۱۵) هم‌خوانی دارد.

به‌طور کلی، عددهای به‌دست‌آمده توسط شاخص جینی، هماهنگی و مطابقت زیادی با وضعیت توده‌های طبیعی مطالعه‌شده داشت که حاکی از دقت زیاد این شاخص است. از مزیت‌های دیگر این ضریب می‌توان به بررسی وضعیت همگنی یا ناهمگنی ساختاری هر کدام از گونه‌های درختی به‌صورت جداگانه اشاره کرد. همچنین، با استفاده از ضریب جینی می‌توان روند پویایی توده‌های جنگلی در گذر زمان را ارزیابی کرد که از جمله ابزارهای پایش بوم‌سازگان‌های جنگلی در نظام جنگل‌شناسی همگام با طبیعت است.

#### References

- Bilek, L., Remes, J. and Zahradnik, D., 2011. Managed vs. unmanaged. Structure of beech forest stands (*Fagus sylvatica* L.) after 50 years of development, Central Bohemia. *Forest Systems*, 20(1): 122-138.
- Binkley, D., 2004. A hypothesis about the interaction of tree dominance and stand production through stand development. *Forest Ecology and Management*, 190(2-3): 265-271.
- Chivulescu, E., Badea, O., Tomescu, R., Silaghi, D., Leca, T. and Turcu, D., 2014. Structural features of virgin beech forests in Semenic Mountains. The dynamic structure of virgin beech forest p20 Semenic between 2005-2013. *Proceedings of the Romanian Academy Series B*, 16(2): 115-124.
- Clark, P.J. and Evans, F.C., 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 35(4): 445-453.
- Dixon, P.H., Weiner, J., Mitchell-Olds, T. and Woodley, R., 1987. Bootstrapping the Gini coefficient of inequality. *Ecology*, 68(5): 1548-1551.
- Duduman, G., 2011. A forest management planning tool to create highly diverse uneven-aged stands. *Forestry*, 84(3): 301-314.
- Gini, C., 1912. Variabilita e Mutabilita: Contributo allo Studio delle Distribuzioni e delle Relazioni

## Determining the structural diversity of mixed oriental beech (*Fagus orientalis* L.) stands in Gorazbon district, Kheyroud forest

M. Javanmiri Pour <sup>1\*</sup>, M.R. Marvie Mohadjer <sup>2</sup>, M. Zobeiri <sup>2</sup>, V. Etemad <sup>3</sup> and M. Jourgholami <sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mjavanmiri@ut.ac.ir

2- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 18.06.2016

Accepted: 18.11.2016

### Abstract

Quantification of forest structure and its various components helps to better understand the forest ecosystem and supports its improved management. Here, the Gini index were used as a spatial distribution index for evaluating the structural diversity. The main objective was to analyse the stand structure and determine the necessary factors for the structural heterogeneity and homogeneity. This study was conducted in compartments 305, 306, 309, 310 and 311 in Gorazbon district, Kheyroud forest by means of a full caliper method. Then Gini index was calculated and finally the Lorenz curve was derived by using frequencies of stems, diameter class, as well as cumulative relative frequencies of trees and their basal area. The results showed Gini index values of 39.5%, 66%, 44%, 82% and 74% for compartments 305, 306, 309, 310 and 311, respectively. In addition, the diameter structure for 305 and 309 compartments was shown to be close to homogeneity, whereas it was close to medium for compartment 306 and close to heterogeneity for compartments 310 and 311. Finally the use of Gini index and Lorenz curve was concluded to be helpful in reflecting the near-real structural diversity in natural beech stands.

**Keywords:** Forest structure, Gini index, Lorenz curve, quantification.