

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۶۸، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۰

ص ۶۶۵-۶۵۵

## ارزیابی روند تغییرات مشخصه‌های کمی در یک توده طبیعی

### بخش چلیز جنگل خیرود

- ❖ سمیرا ساسانی فر\*؛ کارشناس ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ منوچهر نمیرانیان؛ استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ نصرت‌الله ضرغام؛ دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

#### چکیده

در این مطالعه، که در بخش چلیز جنگل خیرود انجام گرفته، با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از یک توده طبیعی ون، تغییرات مشخصه‌های کمی این توده در یک دوره هشت‌ساله بررسی شده است. آماربرداری از این توده به روش ۱۰۰ درصد در دو دوره، سال ۱۳۸۴ و سال ۱۳۹۱، انجام شد. نتایج نشان داد که در طول دوره در توده مطالعه‌شده، میانگین ارتفاع غالب توده و ضریب ارتفاع نسبی تاج افزایش و ضریب قدکشیدگی توده کاهش یافت. با رسم منحنی پراکنش تعداد در هکتار توده مشخص شد توده مورد نظر جوان و منحنی چوله به راست است. شکل شماتیک توده در هر دو دوره به وسیله نرم‌افزار SVS ترسیم شد و تغییرات مشخصه ارتفاع تاج توده در طول دوره نمایان شد. نتایج این تحقیق نشان داد که توده جنگلی در مدت هشت سال تغییرات معناداری به لحاظ مشخصه‌های کمی داشته است.

واژگان کلیدی: آماربرداری ۱۰۰ درصد، ارتفاع غالب، ضریب ارتفاع نسبی، ضریب قدکشیدگی، همسال.

## مقدمه

همچنین، در یک مطالعه در جنگل خیرودکنار نوشهر با استفاده از داده‌های حاصل از آماربرداری در سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۲ تغییرات مشخصه‌های کمی در دو جامعه راشستان و راش-ممرزستان مقایسه شد و نتایج نشان داد که در جامعه راشستان، در طی دوره‌های مختلف تغییرات معنادار به لحاظ مشخصه‌های کمی حاصل نشد؛ درحالی‌که در جامعه راش-ممرزستان این تغییرات معنادار بود [۴].

مطالعه‌ای با هدف تعیین خصوصیات رویشی کلن‌های جدید صنوبر در مقایسه با کلن‌های قدیمی و بررسی روند رویش ارتفاعی و قطری در یک فصل رشد در قالب یک طرح آزمایشی انجام شد. ارتفاع و قطر یقه همه نهال‌ها به ترتیب در فواصل ۱۰ و ۳۰ روزه در طول فصل رشد در سال اول اندازه‌گیری و مقادیر رویش نیز محاسبه شد. برای نتیجه‌گیری کلی، در تیرماه بیشترین رویش ارتفاعی و قطری کلن‌ها مشاهده شد [۵].

در یک مطالعه، در ارتفاعات استان گلستان، ساختار توده‌های اوری (*Quercus macranthera*) را در سه رویشگاه با استفاده از نرم‌افزار SVS<sup>۱</sup> رسم کردند و با بررسی نمودارهای توزیع فراوانی افراد در طبقات قطری به این نتیجه رسیدند که توده‌ها ساختار ناهمسال منظم دارند [۶]. در تحقیقی دیگر نیز، ساختار توده‌های طبیعی راش (*Fagus*) را از طریق دو روش نمونه‌برداری و آماربرداری ۱۰۰ درصد در جنگل‌های نکاء-ظالمروود بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با این روش آماربرداری، ناهمسالی توده‌ها بهتر نمایان می‌شود [۷].

جنگل‌ها به‌منزله بخش مهمی از منابع تجدیدشونده، در رشد اقتصادی و توسعه پایدار هر کشور تأثیر مهمی دارند. اجرای برنامه‌های صحیح، که لازمه آن‌ها شناخت کافی از این منابع است، استعدادهای بالقوه جنگل‌ها را به فعل درمی‌آورد. جنگل‌های شمال کشور، در صورت اعمال مدیریت صحیح، می‌توانند به‌منزله منبع تولید چوب نیز مطرح باشند، ولی متأسفانه گاه به دلیل نبود برنامه‌ریزی و بهره‌برداری صحیح و جایگزین‌نشدن مجدد، این ذخایر با ارزش رو به کاهش می‌گذارند و به جنگل‌های مخروبه تبدیل می‌شوند. بنابراین، برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی این منابع در معرض تخریب، اهمیت فراوانی دارد [۱].

اداره موفقیت‌آمیز یک جنگل، تحت پوشش طرح جنگل‌داری و بر پایه آگاهی از میزان دقیق موجودی سرپا، رویش، تعداد درختان به تفکیک گونه و پراکنش آن‌ها در طبقات قطری مختلف است. این اطلاعات جنبه آماری دارند و باید به کمک شاخص‌های دیگر توده، نظیر رویشگاه، کلیما و دیگر عوامل با اهمیت، تکمیل شوند [۲]. در زمینه موضوع تحقیق حاضر، مطالعات زیادی در داخل ایران صورت گرفته است. در پژوهشی با هدف برآورد رویش قطری درختان وی‌ول (*Quercus libani*) در سامان عرفی روستای هواره‌خول جنگل‌های زاگرس ۳۴ جفت نمونه رویشی به‌وسیله مته سال‌سنج اندازه‌گیری شده و ۱۱ اصله درخت نیز برای بررسی‌های دقیق‌تر قطع شدند. رویش جاری سالانه قطر در این درختان ۳/۵ میلی‌متر به‌دست آمد [۳].

1. Stand Visualization System

### روش تحقیق

داده‌های اولیه این توده در سال ۱۳۸۴ با روش آماربرداری ۱۰۰ درصد برداشت شد. در دوره اول آماربرداری، ۵۳۲ اصله درخت از توده اندازه‌گیری شدند. مشخصه‌های قطر برابر سینه با استفاده از خط‌کش دوبازو در طبقه قطری یک سانتی‌متری، ارتفاع کل (بن درخت تا نوک درخت)، ارتفاع تنه (بن درخت تا شروع تاج)، ارتفاع ساقه بدون شاخه (بن درخت تا شروع اولین شاخه)، ارتفاع ساقه با شاخه (شروع اولین شاخه تا شروع تاج) و ارتفاع تاج (شروع تاج تا نوک تاج) همه درختان توده با استفاده از شیب‌سنج سونتو تا دقت دسی‌متر، قطر تاج از طریق اندازه گرفتن قطر بزرگ و قطر کوچک سایه تاج درختان بر روی زمین تا دقت متر و مختصات عمودی درختان با اندازه‌گیری فاصله و آزیموت مغناطیسی بین دو پایه مجاور به کمک رابطه ۱ به دست آمده است.

$$x = L \times \cos_{\sigma_{1/2}} \text{ و } x = L \times \sin_{\sigma_{1/2}} \quad (1)$$

که در آن  $\sin_{\sigma_{1/2}}$  و  $\cos_{\sigma_{1/2}}$ ، آزیموت مغناطیسی درخت اول به درخت دوم و  $L$ ، فاصله افقی بین دو درخت به متر است.

داده‌های برداشت شده شامل ارتفاع کل، ارتفاع تنه، ارتفاع ساقه بی‌شاخه، ارتفاع ساقه با شاخه، ارتفاع تاج، همچنین قطر متوسط تاج پس از محاسبه با استفاده از رابطه ۲ جهت انجام دادن تجزیه و تحلیل اولیه وارد محیط نرم‌افزار Excel شد.

$$\text{قطر کوچک} \times \text{قطر بزرگ} = \text{قطر تاج} \quad (2)$$

از آنجا که همه درختان اندازه‌گیری شده در توده در دوره اول آماربرداری شماره‌گذاری شده بودند،

در یک بررسی در توده کاج در آلبرتای کانادا مشخص شد ضریب قدکشیدگی با میزان بسته‌بودن تاج رابطه عکس دارد [۸]. در مطالعه‌ای در نروژ براساس داده‌های حاصل از آماربرداری جنگل، رشد ارتفاع غالب را برای *Picea abies* و *Pinus Sylvestris* پیش‌بینی کردند [۹]. در این زمینه، هدف از این مطالعه بررسی تغییرات مشخصه‌های کمی درختان موجود در توده طبیعی جهت شناخت رفتار و چگونگی روند یک توده طبیعی در طول زمان است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مطالعه شده

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در ۷ کیلومتری شرق نوشهر واقع شده و محدوده ارتفاعی منطقه صفر تا ۲۰۵۰ متر از سطح دریاست. این جنگل شامل هفت بخش است. این پژوهش، در یک توده طبیعی ون به وسعت یک هکتار موجود در بخش چلیبر این جنگل صورت گرفته است. شایان ذکر است که توده مطالعه شده حالت بکر دارد و عواملی همچون بادافتادگی و خشکی بر اثر مغلوب‌شدن وجود داشت و آثاری از کت‌زدگی، چرا، نبود یا کمبود درختان مادری، فرسایش شدید بستر و نبود شرایط مناسب خاک در توده دیده نشد. گونه‌های موجود در این توده ون (۶۶/۹۵ درصد)، مرز (۱۱/۷۰ درصد)، پلت (۳/۴۵ درصد)، نم‌دار (۰/۲۳ درصد)، توسکا (۳/۴۵ درصد)، شیردار (۰/۹۵ درصد)، بلندمازو (۳/۳۴ درصد)، ملج (۰/۲۳ درصد)، خرمن‌دی (۰/۲۳ درصد) و راش (۰/۴۷ درصد) هستند. گونه غالب توده ون است که بیش از ۶۵ درصد از درختان موجود را در بر می‌گیرد.

دست است، برای رسم ساختار و به عبارتی ترسیم پروفیل توده از نرم‌افزار شبیه‌سازی ساختار توده (SVS) استفاده شد.

### نتایج و بحث

نتایج به دست آمده در رابطه با تغییرات مشخصه‌های کمی توده در هر دو دوره، در مورد همه درختان توده و درختان ون توده در جدول ۱ ارائه شده است.

حذف درختان با کیفیت نامطلوب در طول دوره در توده و ایجاد فضای مناسب برای درختان باقی مانده و در نتیجه بهبود کیفی جنگل و ورود نور بیشتر به داخل توده و تا حدودی کاهش رقابت تاجی بین پایه‌ها، سبب گسترش هرچه بیشتر تاج و پایین کشیده شدن آن در طول تنه شده است. چنان‌که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین ارتفاع کل، قطر برابر سینه، ارتفاع تاج، و سطح مقطع برابر سینه همه درختان توده در طول دوره افزایش و میانگین ارتفاع ساقه بی شاخه و ارتفاع ساقه با شاخه (میانگین ارتفاع تنه) در طول دوره کاهش پیدا کرده است. نمودار پراکنش درختان در طبقات قطری جهت بررسی همسالی، ناهمسالی و تغییرات توده در طول دوره ترسیم شد (شکل ۱).

با توجه به شکل ۱ مشخص می‌شود که در دوره دوم طبقه قطری ۵ سانتی متری به توده اضافه شده و تعداد درختان در طبقات قطری ۱۰ تا ۲۰ سانتی متری کاهش پیدا کرده است. تعداد درختان در طبقات ۲۵ تا ۶۰ سانتی متری، به جز طبقه ۳۰ و ۴۵ سانتی متری، افزایش پیدا کرده است. طبقات قطری ۷۵ تا ۹۵ سانتی متری از توده در دوره دوم حذف شده‌اند که نشان‌دهنده از بین رفتن درختان در طبقات قطری

داده‌های دوره دوم از درختان این توده در تابستان سال ۱۳۹۱ برداشت مجدد شد. پیرامون برابر سینه با استفاده از متر نواری تا دقت میلی متر، ارتفاع درخت، ارتفاع تنه، ارتفاع ساقه بدون شاخه، ارتفاع ساقه با شاخه، و ارتفاع تاج درختان اندازه‌گیری مجدد شدند. شایان ذکر است که قطر برابر سینه در هر دو دوره در ارتفاع ۱/۳۰ متری از سطح زمین اندازه‌گیری شد. داده‌های خام به دست آمده حاصل از آماربرداری توده در دوره دوم نیز ابتدا وارد محیط نرم‌افزار آماری Excel شد. در حدود ۵ درصد از داده‌ها به دلایلی همچون نامشخص بودن تاج درخت و شکسته بودن تاج و سایر مواردی که داده‌های غیر معمول محسوب و سبب نامتعادل شدن پراکنش داده‌ها می‌شدند به منزله داده‌های پرت از محاسبات حذف شدند. برای بررسی رویش و تغییرات توده مطالعه شده در طول دوره هشت ساله، میانگین حسابی قطر برابر سینه، ارتفاع کل، ارتفاع تنه، ارتفاع ساقه بی شاخه، ارتفاع ساقه با شاخه، ارتفاع تاج، و سطح مقطع برابر سینه را در هر دو دوره محاسبه و تغییرات شاخص‌های توده در طول دوره به وسیله آزمون جفتی t بررسی شدند. همچنین، ضریب ارتفاع نسبی تاج یا نسبت طول تاج به ارتفاع کل، که راهنمای شکل ویژه درخت است، برای توده مطالعه شده در هر دو دوره محاسبه شد. پراکنش تعداد در هکتار در طبقات قطری، پراکنش سطح مقطع برابر سینه در هکتار در طبقات قطری، ضریب قد کشیدگی (نسبت ارتفاع کل درخت به قطر برابر سینه درخت) و ارتفاع غالب (متوسط ارتفاع ۱۰۰ اصله از قوتورترین درختان در یک هکتار توده) برای توده در هر دو دوره برای بررسی تغییرات آن محاسبه شد. با توجه به اینکه مختصات جغرافیایی درختان در

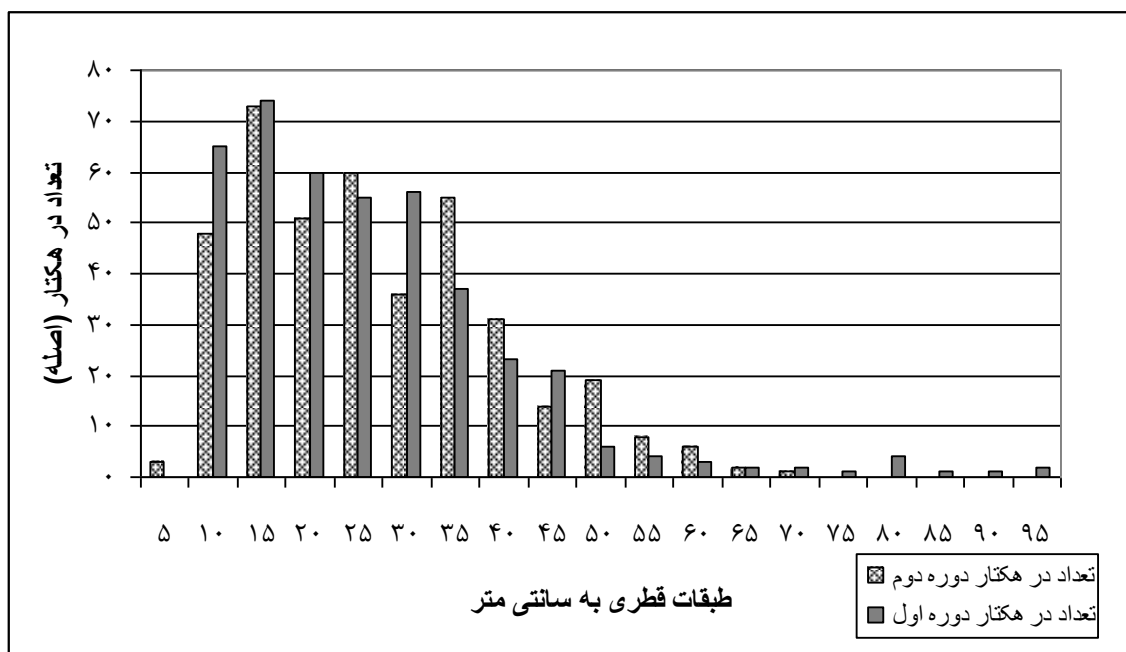
راست است که حاکی از تجمع زیاد پایه‌ها در طبقات قطری پایین تر است.

بالتر و رشد و وارد شدن زادآوری‌ها به طبقه قطری ۵ سانتی متری است. همچنین مشاهده شد که نمودار پراکنش تعداد در هکتار درختان برای توده چوله به

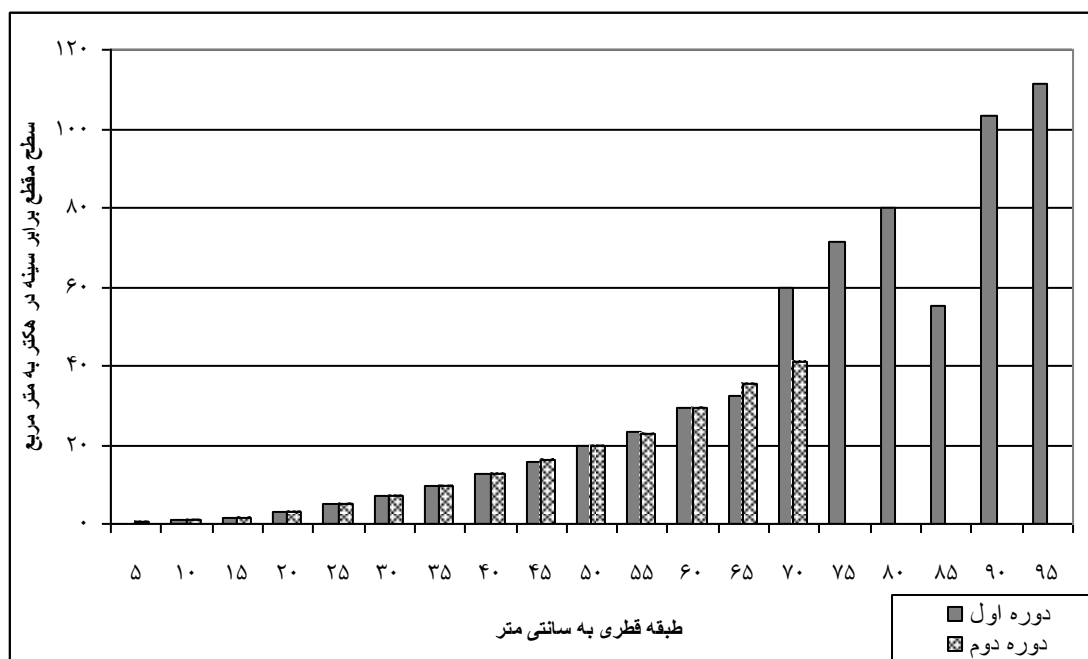
جدول ۱. نتایج آزمون جفتی t مقایسه میانگین شاخص‌های همه درختان توده

درختان ون توده				همه درختان توده				متغیر
سطح معناداری	مقدار t	میانگین دوره دوم	میانگین دوره اول	سطح معناداری	مقدار t	میانگین دوره دوم	میانگین دوره اول	
**۰/۰۰۰	۶/۵۸	۲۹/۱۵	۲۷/۰۸	**۰/۰۰۰	۸/۴۳	۲۷/۳۴	۲۵/۲۳	ارتفاع کل به متر
**۰/۰۰۰	۱۱/۰۹	۲۶/۵۸	۲۴/۴۹	**۰/۰۰۰	۱۰/۸۵	۲۶/۶۳	۲۴/۴۴	قطر برابر سینه به سانتی متر
**۰/۰۰۰	۷/۶۶	۱۰/۵۷	۱۲/۱۶	**۰/۰۰۲	-۳/۰۸	۹/۵۱	۱۰/۳۷	ارتفاع ساقه بی شاخه به متر
**۰/۰۰۰	-۱۱/۱۷	۶/۵۹	۱۲/۱۶	**۰/۰۰۳	-۳/۰۳	۶/۳۶	۷/۱۶	ارتفاع ساقه با شاخه به متر
**۰/۰۰۰	۱۰/۹۴	۱۱/۹۸	۷/۷۳	**۰/۰۰۰	۱۲/۱۷	۱۱/۴۷	۷/۸۰	ارتفاع تاج به متر
**۰/۰۰۰	-۶/۵۳	۱۷/۱۷	۱۹/۴۳	**۰/۰۰۰	-۶/۴۷	۱۵/۸۷	۱۷/۵۳	ارتفاع تنه به متر
**۰/۰۰۰	۹/۶۸	۶/۵۷	۵/۵۲	**۰/۰۰۰	۷/۶۸	۶/۹۴	۵/۸۷	سطح مقطع برابر سینه به متر مربع در هکتار

\*\* نشان دهنده اختلاف معنادار در سطح احتمال ۹۹ درصد



شکل ۱. پراکنش تعداد در هکتار در طبقات قطری مختلف در دوره اول و دوم



شکل ۲. پراکنش سطح مقطع برابر سینه در هکتار طبقات قطری مختلف در دوره اول و دوم

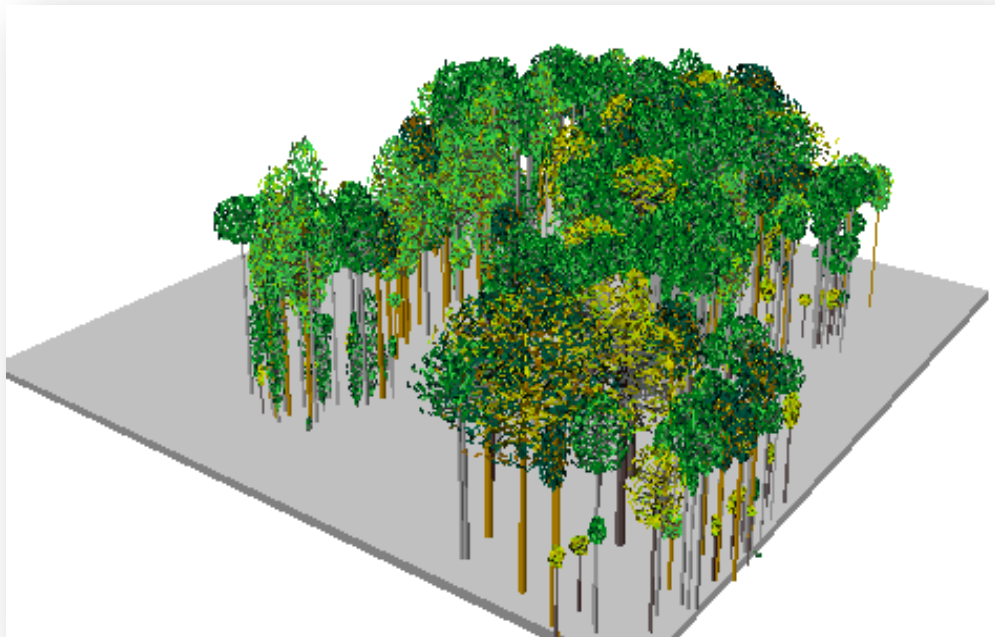
طبقه‌بندی ضریب قد کشیدگی بورشل و هاس [۱۰] مقایسه شد. ارتفاع غالب توده در دوره اول ۳۴ متر و در دوره دوم ۳۹ متر به دست آمد.

ساختار توده و تغییرات آن با استفاده از نرم افزار SVS ترسیم شد. مساحت در نظر گرفته برای ترسیم ساختار توده ۱۰ هزار متر مربع (یک هکتار) بود که مربعی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر را دربر می‌گرفت. شکل پراکنش درختان توده مطالعه شده در سال ۱۳۸۴ در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

شکل پراکنش درختان توده مطالعه شده در سال ۱۳۹۱ در شکل ۴ مشاهده می‌شود.

با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که بیشترین سطح مقطع برابر سینه در طبقات قطری بالا، که تعداد کمی دارند، تمرکز دارد. مشاهده می‌شود که در رابطه با سطح مقطع برابر سینه در هکتار نیز طبقه قطری ۵ سانتی متری در دوره دوم به توده اضافه شده و طبقات ۷۵ تا ۹۵ سانتی متری در دوره دوم حذف شده است. ضریب ارتفاع نسبی تاج برای توده در دوره اول ۰/۳۱ و برای دوره دوم ۰/۳۹ به دست آمد. به این صورت که در دوره اول به طور متوسط ۳۱ درصد از ارتفاع درختان توسط تاج پوشانده شده بود و این مقدار در دوره دوم به ۳۹ درصد رسیده و پس از گذشت ۸ سال ارتفاع تاج درختان افزایش پیدا کرده است (جدول ۱).

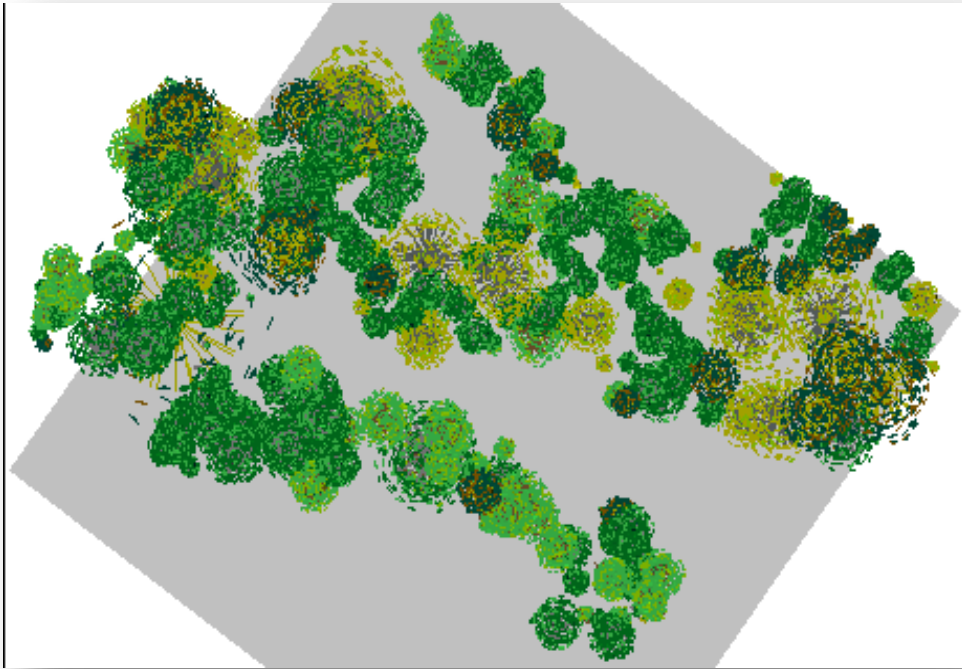
نسبت ارتفاع کل به قطر برابر سینه یا ضریب قد کشیدگی نیز برای توده مطالعه شده در دوره اول ۱/۰۷ و در دوره دوم ۰/۸۶ به دست آمده و با معیار



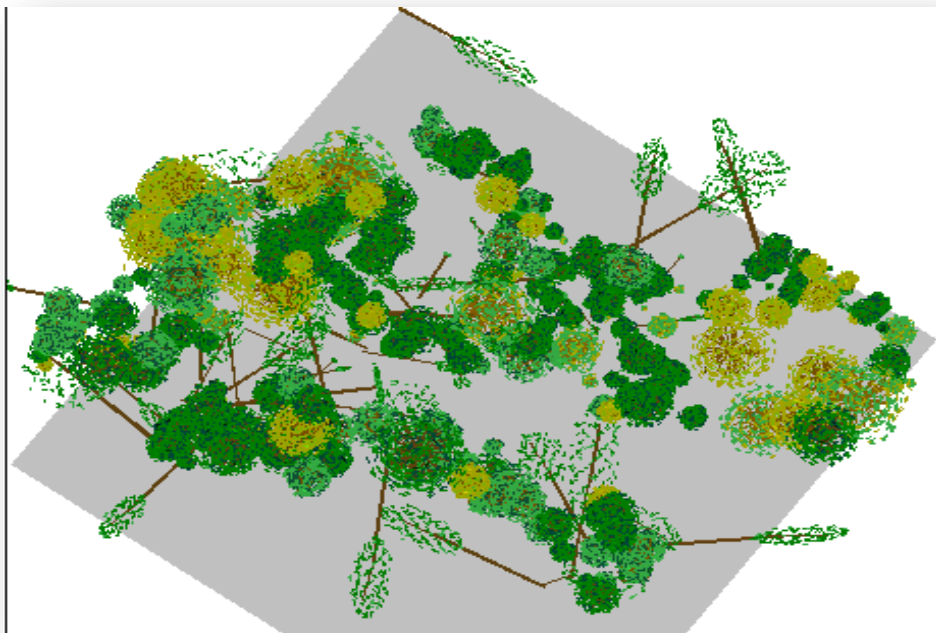
شکل ۳. توده مطالعه‌شده در دوره اول



شکل ۴. توده مطالعه‌شده در دوره دوم



شکل ۵. توده مطالعه‌شده در دوره اول از دید بالا

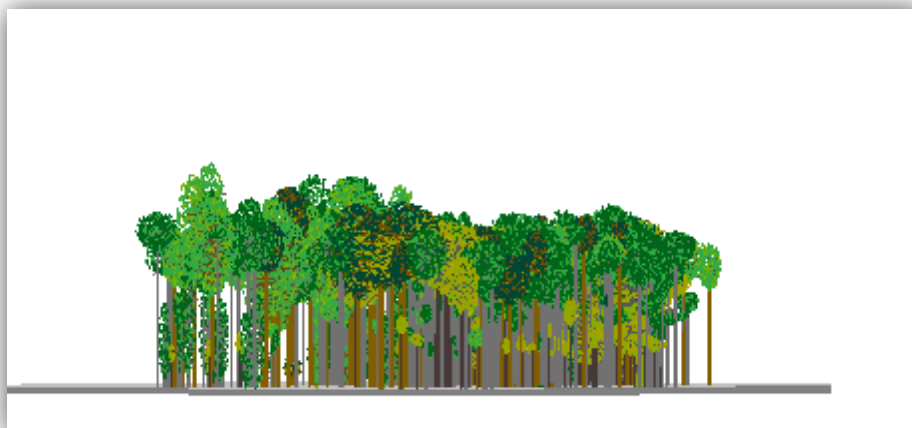


شکل ۶. توده مطالعه‌شده در دوره دوم از دید بالا

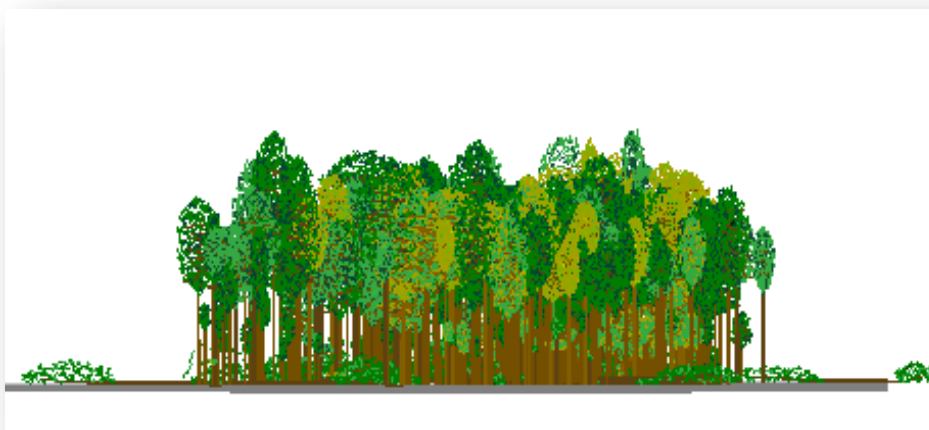


نمایانگر تراکم پایه‌های قرارگرفته در هر طبقه ارتفاعی و تغییرات ارتفاع تاج پوشش درختان در طول دوره است. ساختار عمودی درختان توده مطالعه‌شده در دو دوره در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده است.

با توجه به شکل‌های ۵ و ۶، مشاهده می‌شود که در نقاطی از توده بر اثر افتادن درختان، شکاف در تاج پوشش بزرگ‌تر شده است. ساختار عمودی، سیمای جنگل را از مقابل نشان می‌دهد و نمایانگر آشکوب‌بندی در جنگل مورد نظر است و همچنین،



شکل ۷. ساختار عمودی توده مطالعه‌شده در دوره اول



شکل ۸. ساختار عمودی توده مطالعه‌شده در دوره دوم

به خود اختصاص داده و سبب کاسته‌شدن ارتفاع تنه درخت (بن درخت تا شروع تاج) شده است و این امر مؤید افزایش ضریب ارتفاع نسبی تاج در دوره دوم است.

با توجه به شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود که توده در دوره دوم حالت منظم‌تر به خود گرفته و ارتفاع تاج درختان افزایش پیدا کرده و قسمت بیشتری از ارتفاع کل درخت را نسبت به دوره اول

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت بررسی تغییرات توده مورد نظر، مشخص شد که توده مطالعه‌شده تقریباً همسال، جوان و در فاز زادآوری است و بیشتر پایه‌ها در طبقات قطری پایین تراکم دارند، همچنان که بیشترین فراوانی تعداد در هکتار در طبقه قطری ۱۵ سانتی‌متری مشاهده شد و این تجمع در طبقات قطری پایین نشان‌دهنده نیاز توده به عملیات مناسب جنگل‌شناسی و بهداشتی مانند تنک‌کردن است. میانگین مشخصه‌های کمی همه درختان توده و درختان ون موجود در توده در طول دوره در سطح ۱ درصد معنادار به دست آمد. این موضوع بیانگر آن است که تغییرات در یک توده دست‌نخورده در مدت هشت سال، که در جنگل‌داری کوتاه‌مدت محسوب می‌شود، چشم‌گیر است. ضریب

قدکشیدگی توده در دوره اول در رده خیلی ناپایدار قرار داشت که در طول زمان با افتادن درختان و بازشدن فضای خالی در توده، که نوعی تنک‌شدن طبیعی محسوب می‌شود، رقابت نوری بین درختان کاهش یافته و این شرایط سبب افزایش قطر درختان و در نتیجه کاهش ضریب قدکشیدگی شده است؛ چنان‌که در دوره دوم ضریب قدکشیدگی توده در رده ناپایدار قرار دارد و این مقدار ضریب قدکشیدگی همچنان در دوره دوم می‌تواند برای این توده به همراه خطر باد و برف، بسیار زیاد باشد که این مطلب نیز نشان‌دهنده لزوم برنامه‌ریزی و مدیریت تمامی توده‌های جنگلی در همه مراحل رویش است تا از روند تخریب و کاهش پایه‌های مناسب جلوگیری شود.

## References

- [1]. Hasanzadnavrudi, I., Seyyedi, N., and Sefollahiyan, H.R. (2009). Survey qualitative and quantities characterization of forest stands after a period of forestry (case study: Janbe sara- Gilan). Forest Society of Iran, 1(4):301-311.
- [2]. Namiranian, M. (1991). Evaluation of the forest growth models. Iranian Journal of Natural Resources, 45:93-102.
- [3]. Gazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Marvimohajer, M.R., and Purtahmasbi, K. (2003). Estimated the diameter growth of trees (*Quercus libani*) in the northern Zagros forestry (case study: Hvarekhul). Iranian Journal of Natural Resources, 4(57):649-662.
- [4]. Gomioili, A., Mataji, A., Hoaeini, S.M., and Jalali, S.G. (2006). Evaluation of Changes trend in Quantitative Characteristics of two managed Forest associations. Iranian Quarterly Research - Scientific Spruce and Forests, 1(14):49-58.
- [5]. Gasemi, R., Asadai, F., and Torabi, A. (2009). Evaluation of height and diameter growth of indigenous and exotic poplar clones in one growing season. Iranian Journal of Forest, 1(3), 333-343.
- [6]. Mahdiani, A.L., Heydari, H., Rahmani, R., and Azadfar, D. (2012). Structure of the *Quercus macranthera* in Golestan forest. Journal of Wood Science and Forest Research, 2(19):23-42.
- [7]. Eslami, A.R., and Sagebtalebi, KH. (2007). Survey structure of pure and mixed *Fagus* stands in the north of iran (Zalemrud Neka area). Research and Development on Natural Resources, 77:39-46.
- [8]. Rudnicki, M., Silinus, U., and Lieffers, V.J. (2004). Crown cover is correlated with relative density, tree slenderness and tree height in lodgepole pine. Forest Science, 50(3): 356-363.
- [9]. Sharma, R., Brunner, A., Eid, T., and Oyen, B. (2011). Modelling dominant height growth from national forest inventory individual tree data with short time series and large age errors. Forest Ecology and Management, 262: 2162-2175.
- [10]. Burschel, p., and Huss, J. (1987). Grundriss des Waldbaus. Verlag Paul Parey. German Federal Republic, 352pp.