مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۸ شماره ۳، صفحه ۲۴۳-۲۳۱، (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2020.343101.1934
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1399.28.241.81.3.32.1610

پویایی مراحل تحولی توده‌های جنگلی در قطعه‌های شاهد جنگل‌های هیرکانی

مهدی کاکاوند [۱]، وحید اعتماد [۲*]، خسرو ثاقب‌طالبی [۳]، محمدرضا مروی مهاجر [۴] و کریستین آمر [۵]

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. پست الکترونیک: vetemad@ut.ac.ir
۳- استاد، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۵- استاد، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل مناطق معتدله، دانشگاه گوتینگن، گوتینگن، آلمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۲

چکیده

پژوهش پیش‌رو با هدف شناسایی پویایی ساختار توده‌های دست‌نخورده در جنگل‌های هیرکانی انجام شد. ابتدا، چهار رویشگاه در سه استان گیلان، مازندران و گلستان انتخاب شد و در هر رویشگاه سه قطعه‌نمونه یک هکتاری (درمجموع، ۱۲ قطعه‌نمونه) در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و تخریب درنظر گرفته شد. مرحله اول برداشت‌های ساختاری قطعه‌نمونه‌های فوق از اطلاعات سال ۱۳۸۷ استخراج شد و در سال ۱۳۹۷ داده‌های ساختاری در همان قطعه‌نمونه‌ها دوباره برداشت شدند، به‌طوری‌که قطر تمام پایه‌ها (قطر برابر سینه بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، میانگین تعداد درختانی که به‌شکل طبیعی از توده حذف شده بودند، برای مراحل تحولی اولیه، بلوغ و تخریب به‌ترتیب ۷۸، ۴۸ و ۳۱ اصله در هکتار (۲۱/۱، ۱۶ و ۱۲/۶ درصد) به‌دست آمد. افزایش قطر متوسط توده نیز برای مراحل مذکور به‌ترتیب ۳/۲، ۴/۵ و ۳/۷۵ سانتی‌متر بود. در قطعه‌های مورد بررسی طی دوره ۱۰ساله، بیشینه رویش در مرحله تحولی بلوغ با متوسط ۱۰۱ متر مکعب در هکتار مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از مثلث ساختار، تمام توده‌ها در قسمت قطور قرار داشتند. طی دوره ۱۰ساله در تمام قطعه‌نمونه‌ها (به‌جز مرحله‌های تحولی اولیه)، توده‌ها از حالت ناهمسال نامنظم دور شده بودند و جابه‌جایی اندکی در مثلث ساختار داشتند. درمجموع، می‌توان گفت پایش‌های دوره‌ای و جمع‌آوری اطلاعات از قطعه‌نمونه‌های دائمی جزء اصول اولیه حفظ و اصلاح توده‌ها هستند. شناسایی تغییرات ساختار طی زمان به‌عنوان پویایی مراحل تحولی توده‌ها به‌شمار می آید و جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت را ممکن می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت، رویش، ساختار توده، مثلث ساختار.

مقدمه

پژوهش درمورد پویایی و ساختار توده‌های جنگلی بکر با توجه به چشم‌انداز تغییرات اقلیمی و کاهش تنوع زیستی، اهمیت زیادی برای پژوهشگران در بخش حفاظت و مدیریت دارد (Leuschner & Ellenberg, 2017). بررسی ساختار توده‌های جنگلی، پایه شناخت پویایی این توده‌ها به‌شمار آمده و مسیرهای پویایی آن‌ها با پژوهش‌های دوره‌ای قابل شناسایی هستند. منظور از پویایی توده‌های جنگلی، تغییرات ساختار این توده‌ها است و رفتار و وضعیت توده جنگلی در طی بروز و پس از آشوب‌های توده را شامل می‌شود (Oliver & Larson, 1996). در حال حاضر، علم روز جنگل‌شناسی دنیا از مرحله شناخت مراحل تحولی و آشوب‌های جنگلی گذر کرده و به

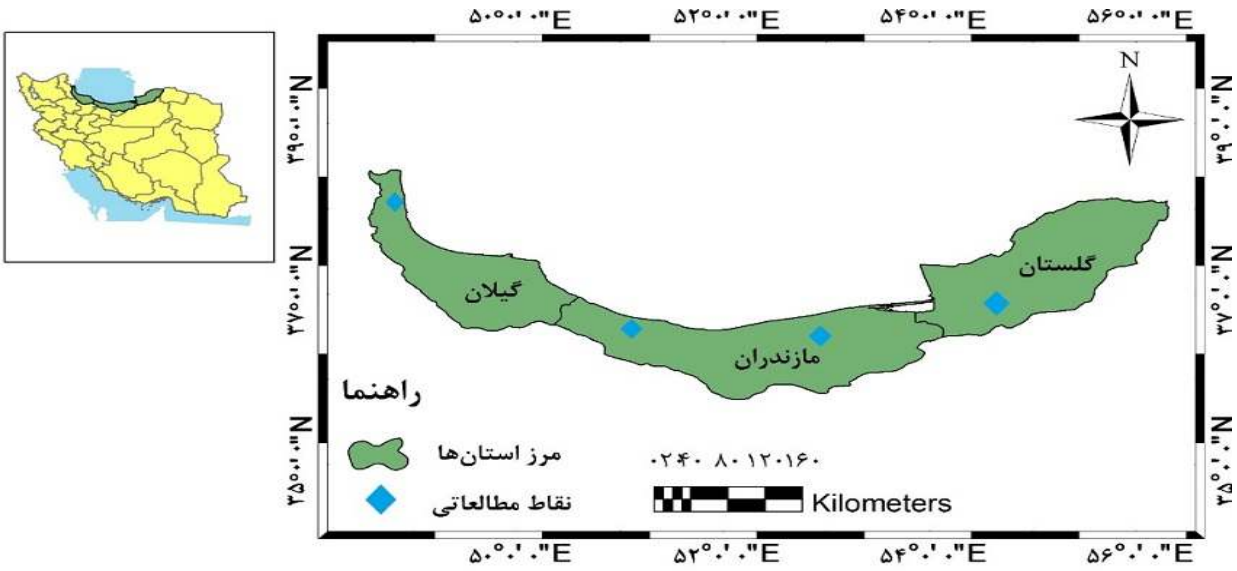
مرحله ردیابی آشوب‌ها براساس شواهد و آمارها رسیده است (O'Hara, 2016). اولین پژوهش‌ها درمورد مراحل تحولی توده‌های جنگلی به‌صورت یک چرخه مشخص توسط Watt (۱۹۲۳) انجام شد. این چرخه شامل یک مدل مفهومی از تغییرات پیوسته و پی‌درپی از فازهای تکاملی- توسعه‌ای است. اجزا اصلی این چرخه تکاملی شامل روشنه، استقرار زادآوری، شکل‌گیری توده، بلوغ، کهن‌سالی و تخریب هستند. پس از آن، پژوهشگران دیگر مانند 'Korpel (۱۹۸۲)، Remmert (۱۹۸۵)، Oldeman (۱۹۹۰)، Leibundgut (۱۹۹۳) و Emborg و همکاران (۲۰۰۰) به شناسایی مراحل تحولی و تغییرات اجزا توده‌ها در مراحل تحولی طی زمان پرداختند. پژوهش‌ها در داخل کشور با استفاده از استانداردهای تقسیم تقسیم‌بندی مراحل تحولی مربوط به جنگل‌های خارج از کشور انجام شده‌اند. Sagheb-Talebi (۲۰۱۴) با بررسی ساختار توده‌ها در مراحل تحولی توده‌های دست‌نخورده و مدیریت‌نشده راش (*Fagus orientalis* Lipsky) جنگل‌های هیرکانی، تعداد درختان و حجم در هکتار را به‌ترتیب بین ۱۸۸ تا ۴۷۵ اصله و ۴۴۸ تا ۷۲۳ متر مکعب گزارش کرد. Sefidi و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی پویایی مرحله نهایی توالی در سه قطعه‌نمونه ۲۵ هکتاری در توده‌های جنگلی خیرودکنار نوشهر (بدون درنظر گرفتن عامل زمان)، تعداد درختان در هکتار و متوسط حجم توده را به‌ترتیب ۱۸۹ اصله و ۳۸۶ متر مکعب محاسبه کردند. در پژوهش دیگری که در قطعه‌نمونه‌های دائمی جنگل جنگل‌های کلاردشت با هدف بررسی تغییرات ساختاری در مراحل تحولی طی دوره ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱ انجام گرفت، رویش حجمی سالانه در قطعه‌های موردبررسی ۲/۴ تا ۸/۸ متر مکعب در هکتار گزارش شد (Parhizkar & Sagheb-Talebi, 2016). براساس نتایج پژوهش مذکور، میانگین قطر برابر سینه درختان طی پنج سال در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و تخریب به‌ترتیب ۲/۲، ۱/۸ و ۰/۹ سانتی‌متر افزایش یافت. Akhavan و همکاران (۲۰۱۰) میانگین قطر برابر سینه برای جنگل‌های کلاردشت در مراحل تحولی مذکور را به‌ترتیب ۲۷/۶، ۳۶/۸ و ۳۵/۸ سانتی‌متر و ضریب تغییرات قطر را به‌ترتیب ۰/۸۴، ۰/۵۵ و ۰/۵۹ اندازه‌گیری کردند. Amini و همکاران (۲۰۱۸) با مقایسه جایگاه توده‌های راش- ممرز در مثلث ساختار جنگل‌های میان‌بند حاجی‌کلا، محل قرارگیری توده مرحله تحولی اولیه را در قسمت کم‌قطر- قطور و توده‌های مراحل تحولی بلوغ و تخریب را در قسمت قطور مثلث ساختار گزارش کردند. Parobeková و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تنوع ساختاری جنگل‌های آمیخته راش- نراد- نوئل در اسلواکی بین مراحل تحولی مختلف گزارش کردند که بین سال سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۵، رویه زمینی و تراکم به‌ترتیب شش و نه درصد افزایش یافتند. همچنین، رویه زمینی متوسط توده برای مراحل تحولی اولیه، بلوغ و تخریب به‌ترتیب ۳۲/۲، ۶۰/۲ و ۳۳/۳ متر مربع در هکتار محاسبه شد. Mataji و همکاران (۲۰۱۴) با تقسیم‌بندی قطعه‌نمونه‌های مورد بررسی در جنگل خیرودکنار نوشهر گزارش کردند که توده‌های مراحل جوانی و اپتیمال در طبقه جوان مثلث ساختار و توده مرحله تخریب در طبقه آمیخته نامنظم این مثلث قرار دارند.

به‌رغم اهمیت زیاد پژوهش‌های دوره‌ای قطعه‌نمونه‌های دائمی در مراحل تحولی مختلف، بیشتر پژوهش‌های مراحل تحولی در داخل کشور بدون درنظر گرفتن عامل زمان انجام شده‌اند. اهداف اصلی این مقاله شامل (۱) آشکارسازی پویایی طبقات قطری در مراحل تحولی مختلف طی یک دوره ۱۰ساله در توده‌های جنگلی کمتردست‌خورده و مدیریت‌نشده هیرکانی، (۲) ارزیابی میزان رویش درختان در مراحل تحولی مختلف و (۳) تقسیم‌بندی مراحل تحولی توده‌های جنگلی با استفاده از مثلث ساختار و مقایسه آن‌ها طی دوره ۱۰ساله هستند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در سال ۱۳۸۷ چهار منطقه در جنگل‌های مدیریت‌نشده هیرکانی انتخاب شد. انتخاب مناطق به‌شکلی انجام شد که در طول جنگل‌های هیرکانی از غرب تا شرق این جنگل‌ها قرار گیرند (شکل ۱). در این جنگل‌ها با حرکت از سمت غرب به شرق از میزان بارندگی کاسته می‌شود و مدت فصل خشک افزایش می‌یابد (Marvie Mohadjer, 2011).



شکل ۱- موقعیت قطعه‌نمونه‌ها در جنگل‌های هیرکانی

پس از بررسی‌های میدانی در هر منطقه، سه قطعه‌نمونه که در مراحل تحولی اولیه، بلوغ و تخریب قرار داشتند، انتخاب شدند (Korpel', 1995). در پژوهش پیش‌رو پس از یک دوره ۱۰ساله و در سال ۱۳۹۷، برداشت‌های دوباره داده‌های ساختاری در همان قطعه‌های پیشین با هدف شناسایی پویایی جنگل‌های هیرکانی انجام گرفت. مشخصات رویشگاهی مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های رویشگاهی مناطق مورد مطالعه (Sagheb-Talebi, 2014)

	جنگل شفارود گیلان	جنگل لنگا مازندران	جنگل هفت‌خال مازندران	جنگل شصت‌کلا گرگان
متوسط بارندگی (میلی‌متر)	۹۹۰	۱۳۰۰	۶۱۹	۶۰۰
متوسط درجه حرارت (درجه سانتیگراد)	۱۱	۸	۱۰	۱۳/۵
جامعه گیاهی	راشستان آمیخته	راشستان خالص و راش- ممرز	راشستان همراه با توسکا و ممرز	راشستان آمیخته
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۲۰۰	۱۶۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰
فصل خشک	-	-	چهار تا شش هفته	تا دوازده هفته

برداشت‌های میدانی

در هر منطقه، سه قطعه‌نمونه یک هکتاری (۱۰۰× ۱۰۰ متر مربع) در مراحل تحولی جوانی، بلوغ و تخریب انتخاب شد (درمجموع، ۱۲ قطعه‌نمونه برای چهار منطقه). سطح یک هکتار در جنگل‌های هیرکانی برای پژوهش‌های ساختاری، مناسب گزارش شده است (Fallah, 2000; Sagheb-Talebi & Schütz, 2002).

تغییرات طبقات قطری

در آماربرداری دوره اول (سال ۱۳۸۷)، قطر همه درختان (با قطر بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر) در ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متر و از بالای شیب اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری درختان با قطر

کمتر از ۱۰۰ سانتی‌متر با خط‌کش دوبازو و با قطر بیشتر از ۱۰۰ سانتی‌متر با استفاده از نوار قطرسنج انجام گرفت. همچنین، محل اندازه‌گیری قطر با رنگ قرمز مشخص شد. در آماربرداری سال ۱۳۹۷ قطر پایه‌ها در همان محل رنگ‌آمیزی شده دوباره اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رویش توده

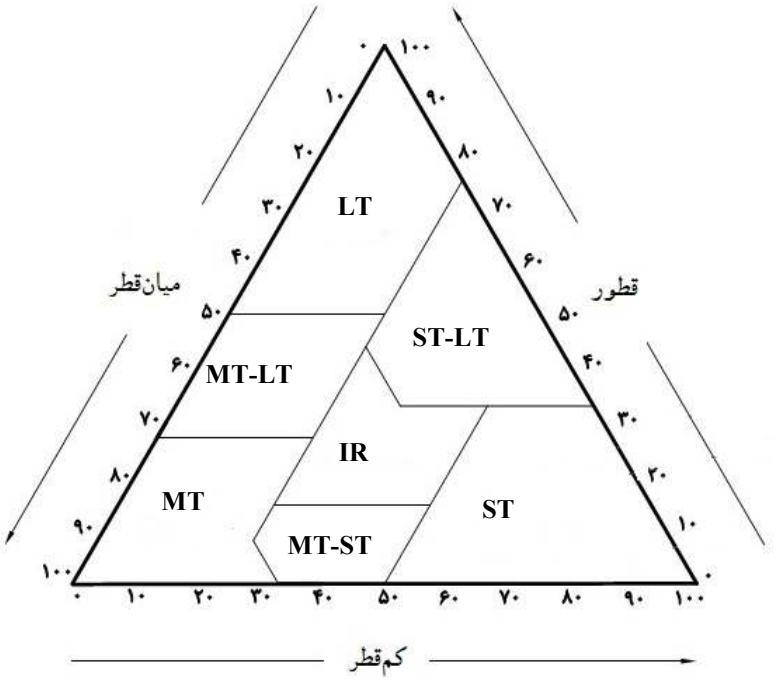
ابتدا حجم درختان در آماربرداری سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ با استفاده از رابطه قطر برابر سینه و ارتفاع درختان به‌دست آمد. در آماربرداری سال ۱۳۹۷ حجم پایه‌های واردشده به طبقه قطری ۱۰ سانتی‌متر نیز محاسبه شد. طی دوره ۱۰ساله، برخی درختان بر اثر رقابت، بیماری و یا رسیدن به دیرزیستی به‌صورت خشک‌دار درآمده بودند یا به‌کلی ناپدید شده بودند. در این پژوهش برای اندازه‌گیری رویش، حجم درختان خشک‌شده و ناپدیدشده به حجم توده در ابتدای دوره اضافه شد. درنهایت، براساس رابطه ۱، رویش برای هر مرحله تحولی محاسبه شد.

$$G = V2 - (V1 + X) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: G رویش در دوره، V1 حجم در ابتدای دوره، V2 حجم در پایان دوره و X درختان حذف‌شده در دوره هستند.

مثلث ساختار

مثلث ساختار برای تحلیل ساختار عمودی جنگل و مشخص کردن جایگاه توده‌ها نسبت به جنگل نامنظم آمیخته استفاده می‌شود (Donoso & Nyland, 2005). همچنین، مسیر حرکت توده‌ها در این مثلث قابل شناسایی است (شکل ۲). تقسیم‌بندی هفت طبقه در مثلث ساختار براساس نسبت درختان کم‌قطر (کمتر از ۳۰ سانتی‌متر)، میان‌قطر (۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) و قطور (بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر) انجام شده است.



شکل ۲- تقسیم‌بندی مثلث ساختار جنگل

LT: درختان طبقه قطور در توده غالب هستند. **ST-LT**: درختان طبقه‌های کم‌قطر و قطور در توده غالب هستند. **MT-LT**: درختان طبقه‌های میان‌قطر و قطور در توده غالب هستند. **ST**: درختان طبقه کم‌قطر در توده غالب هستند. **MT**: درختان طبقه میان‌قطر در توده غالب هستند. **MT-S**: درختان طبقه قطور و میان‌قطر در توده غالب هستند. **IR**: توده نامنظم است (**Donoso & Nyland, 2005**).

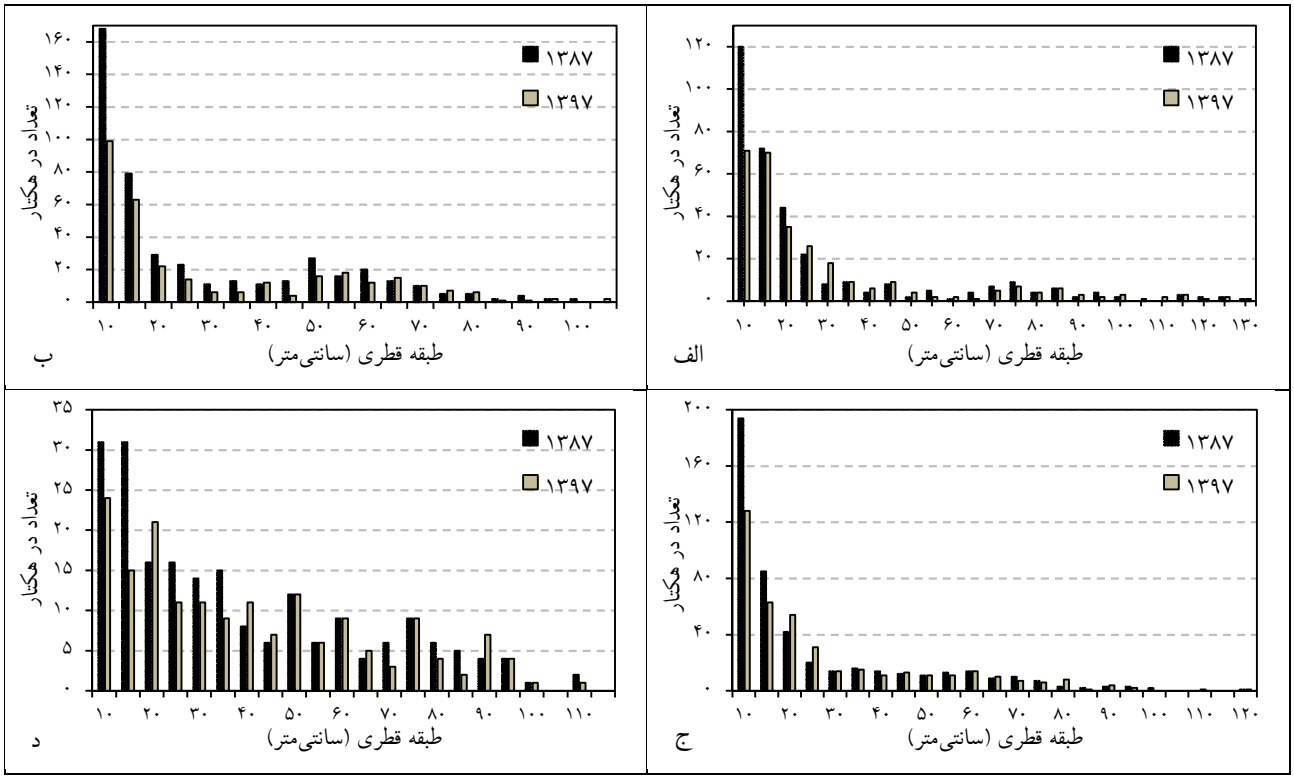
نتایج

براساس نتایج، بیشترین و کمترین نرخ کاهش تراکم طی دوره ۱۰ساله به‌ترتیب در مرحله‌های تحولی اولیه و تخریب مشاهده شد (جدول ۲). همچنین، روند تغییر قطر متوسط توده‌ها طی این دوره در مراحل مختلف تحولی به‌شکل افزایشی (کمینه دو و بیشینه شش سانتی‌متر) بود. به‌طور کلی، ضریب تغییرات قطر در رویشگاه‌های مورد پژوهش از مرحله تحولی اولیه به‌سمت تخریب، روند کم شونده دارد.

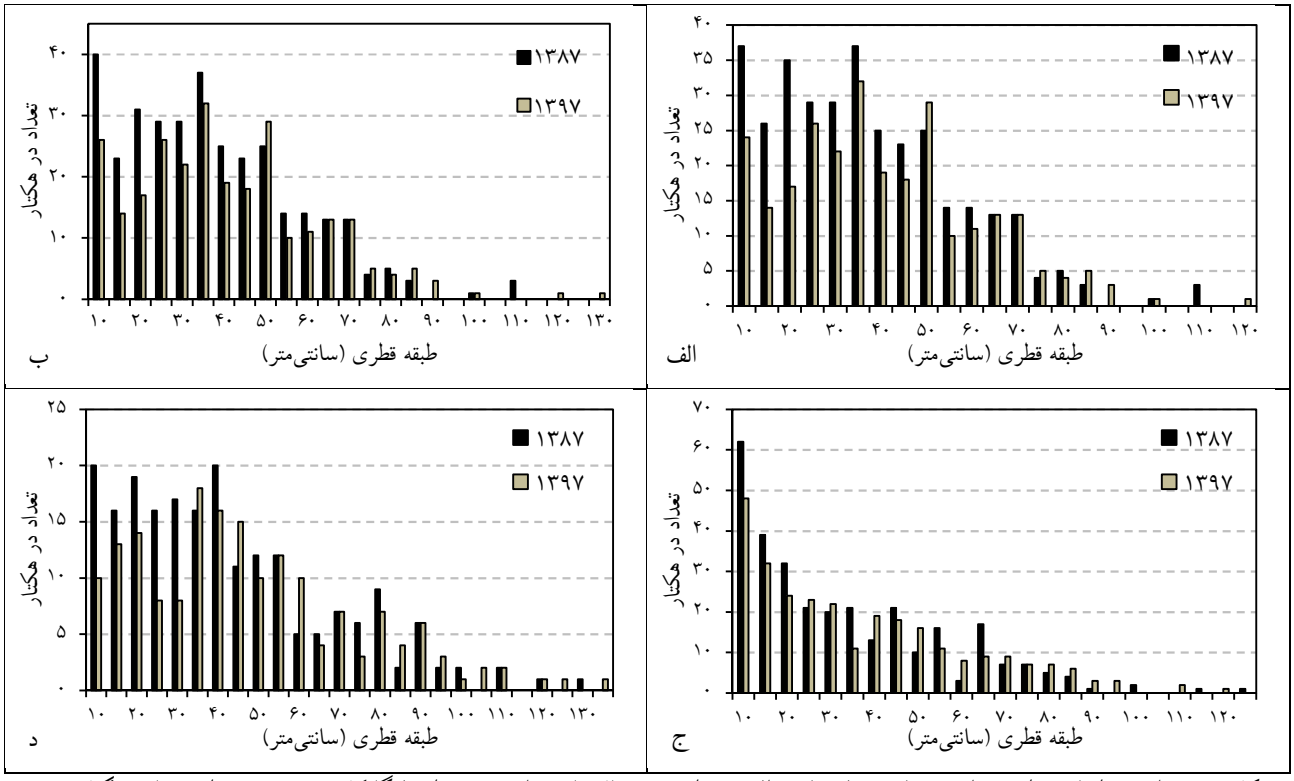
براساس نمودارهای تعداد در طبقات قطری پنج سانتی‌متری، بیشترین نرخ‌های کاهش و مرگ‌ومیر طی دوره ۱۰ساله در طبقات قطری ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر در مراحل تحولی مختلف به‌دست آمد. همچنین، نرخ کاهش در طبقات قطری اول در مراحل تحولی بلوغ و تخریب نسبت به مرحله تحولی اولیه کمتر بود (شکل‌های ۳ تا ۵).

جدول ۲- مشخصات ساختاری قطعه‌نمونه‌ها در مراحل تحولی مختلف طی دوره ۱۰ساله

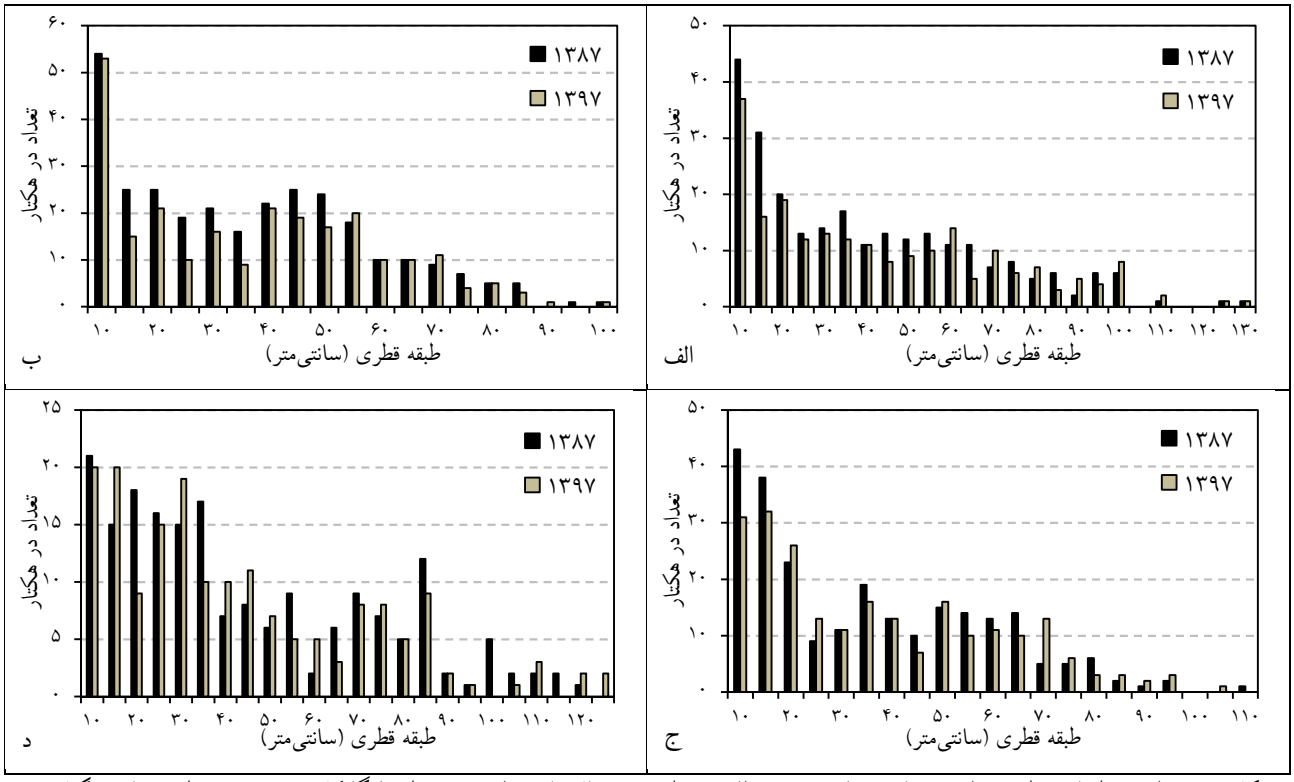
مشخصات ساختاری	سال	جنگل شفارود گیلان			جنگل هفت‌خال مازندران			جنگل لنگا مازندران			جنگل شصت‌کلا گرگان		
		اولیه	بلوغ	تخریب	اولیه	بلوغ	تخریب	اولیه	بلوغ	تخریب	اولیه	بلوغ	تخریب
تراکم	۱۳۸۷	۴۷۵	۳۰۳	۲۴۸	۳۴۱	۳۳۶	۲۴۸	۴۵۴	۳۳۶	۲۹۷	۲۰۶	۲۰۷	۱۸۸
(اصله در هکتار)	۱۳۹۷	۴۰۵	۲۷۷	۲۳۰	۲۹۲	۲۶۷	۲۱۳	۳۱۵	۲۶۹	۲۳۸	۱۶۲	۱۷۶	۱۷۶
قطر متوسط	۱۳۸۷	۳۲	۳۸	۴۱	۳۷	۳۹	۴۷	۳۶	۴۲	۳۸	۴۷	۴۹	۵۲
(سانتی‌متر)	۱۳۹۷	۳۵	۴۴	۴۴	۴۰	۴۲	۵۲	۳۹	۴۶	۴۳	۵۱	۵۴	۵۴
ضریب تغییرات قطر	۱۳۸۷	۶۵	۵۹	۵۵	۷۱	۴۸	۵۷	۶۴	۴۸	۵۷	۵۷	۵۱	۵۵
(درصد)	۱۳۹۷	۶۲	۵۴	۵۲	۶۹	۵۴	۵۵	۶۰	۴۶	۴۹	۵۰	۴۸	۵۲



شکل ۳- تعداد در طبقات قطری برای مرحله تحولی اولیه. الف) منطقه هفت‌خال مازندران، ب) منطقه لنگا کلاردشت، ج) منطقه شفارود گیلان و د) منطقه شصت‌کلا گرگان

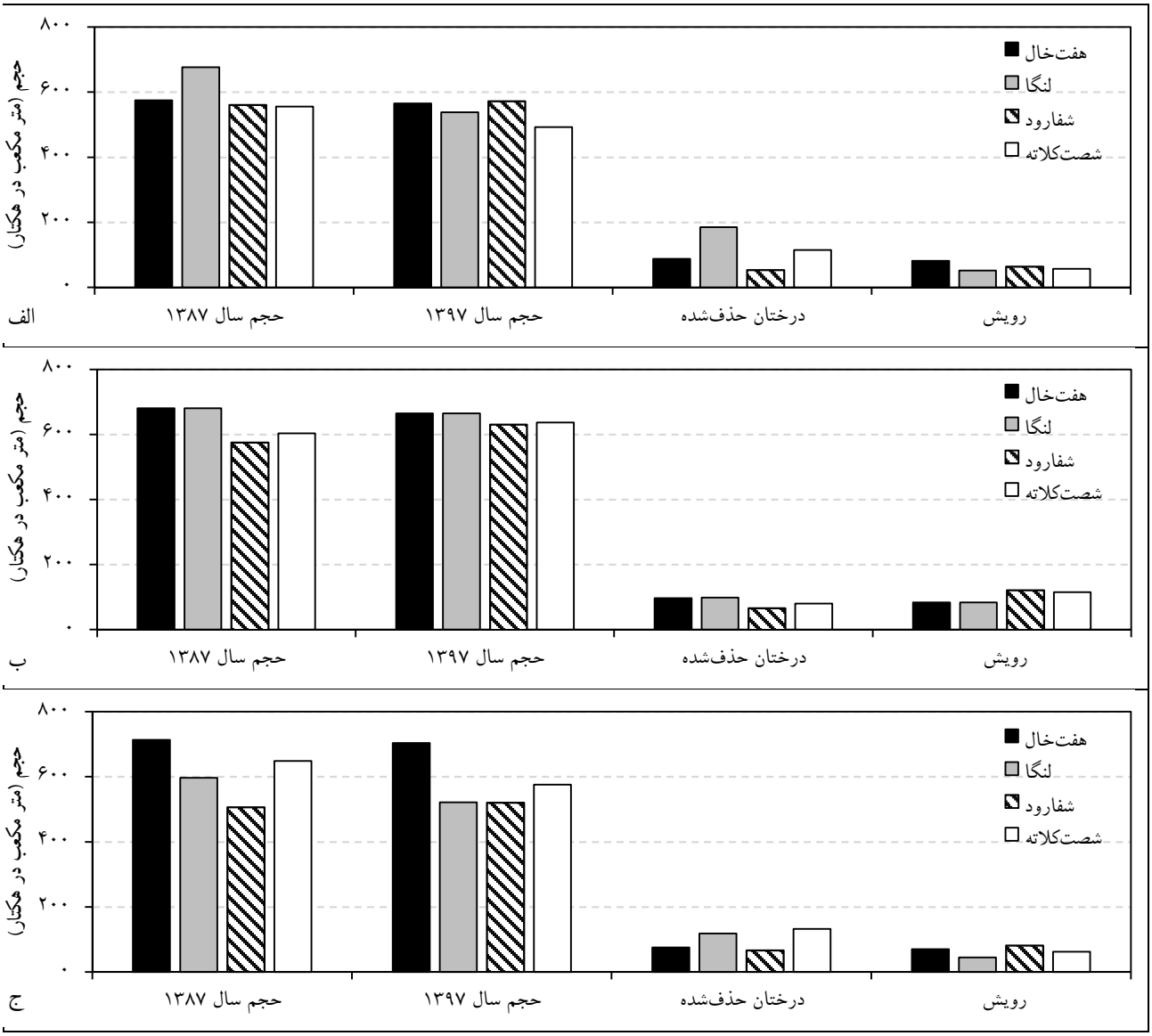


شکل ۴- تعداد در طبقات قطری برای مرحله تحولی بلوغ. الف) منطقه هفت‌خال مازندران، ب) منطقه لنگا کلاردشت، ج) منطقه شفارود گیلان و د) منطقه شصت‌کلا گرگان



شکل ۵- تعداد در طبقات قطری برای مرحله تحولی تخریب. الف) منطقه هفت‌خال مازندران، ب) منطقه لنگا کلاردشت، ج) منطقه شفارود گیلان و د) منطقه شصت‌کلا گرگان

با توجه به نمودارهای حجم سرپای درختان، بیشترین حذف طبیعی درختان در مرحله تحولی اولیه رخ داد، در حالی‌که کمترین آن مربوط به مرحله تحولی بلوغ بود. همچنین، بیشترین رویش دوره با ۱۲۱ و ۱۱۵ متر مکعب در هکتار به‌ترتیب در مرحله تحولی بلوغ رویشگاه‌های شفارود و شصت‌کلا گرگان مشاهده شد (شکل ۶).

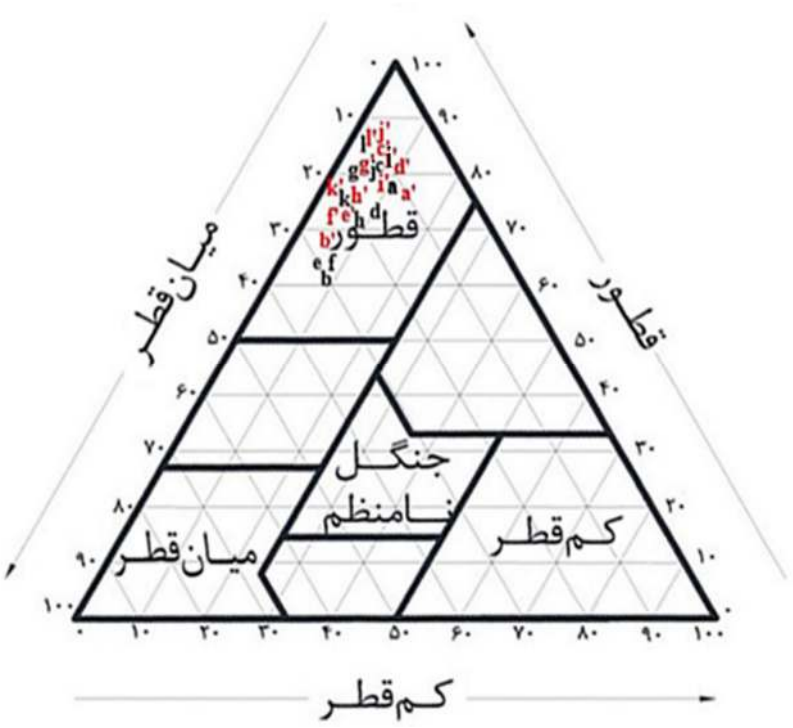


شکل ۶- حجم توده، حجم درختان حذف‌شده و رویش توده (متر مکعب) طی دوره ۱۰ساله در مراحل تحولی. الف) مرحله تحولی اولیه، ب) مرحله تحولی بلوغ و ج) مرحله تحولی تخریب

براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول حجم در سه طبقه (کمتر از ۳۰، بین ۳۰ تا ۵۰ و بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر)، بیشترین تغییرات حجم در مرحله تحولی اولیه و در طبقه بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر رویشگاه شفارود (۱۹/۴ درصد) مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- حجم طبقه‌های قطری در مراحل تحولی مختلف رویشگاه‌ها

مرحله تحولی	رویشگاه	هفت‌خال مازندران		لنگا کلاردشت		شفارود گیلان		جنگل شصت‌کلا گرگان	
	سال / طبقه قطری (سانتی‌متر)	۱۳۸۷	۱۳۹۷	۱۳۸۷	۱۳۹۷	۱۳۸۷	۱۳۹۷	۱۳۸۷	۱۳۹۷
		درصد حجم							
اولیه	کمتر از ۳۰	۶/۳	۷/۳	۵/۴	۴/۶	۹/۷	۷/۴	۳/۹	۳/۳
	۳۰ تا ۵۰	۷/۲	۸/۹	۱۴/۷	۹/۹	۲۰/۹	۳/۸	۱۱	۱۰/۲
	بیشتر از ۵۰	۸۶/۵	۸۳/۸	۷۹/۹	۸۵/۵	۶۹/۴	۸۸/۸	۸۵/۱	۸۶/۳
بلوغ	کمتر از ۳۰	۴/۹	۳/۸	۴/۸	۳/۸	۵/۴	۴/۶	۳/۱	۱/۶
	۳۰ تا ۵۰	۲۶/۳	۲۰/۵	۲۵/۶	۲۱/۴	۱۹/۴	۱۶/۹	۱۵/۴	۱۵/۹
	بیشتر از ۵۰	۶۸/۷	۷۵/۷	۶۹/۶	۷۴/۸	۷۵/۲	۷۸/۵	۸۱/۵	۸۲/۵
تخریب	کمتر از ۳۰	۳/۵	۲/۷	۴/۶	۳/۲	۳/۹	۴	۲/۹	۲/۹
	۳۰ تا ۵۰	۹/۸	۷/۸	۲۳/۹	۲۲/۶	۱۵/۸	۱۳/۵	۹/۷	۱۱/۵
	بیشتر از ۵۰	۸۶/۸	۸۹/۵	۷۱/۵	۷۴/۲	۸۰/۳	۸۲/۵	۸۷/۴	۸۵/۶



شکل ۷- جایگاه توده‌های مورد مطالعه در مثلث ساختار جنگل نامنظم

a: هفت‌خال ۱۳۸۷، **'a**: هفت‌خال ۱۳۹۷ (اولیه). **b**: هفت‌خال ۱۳۸۷، **'b**: هفت‌خال ۱۳۹۷ (بلوغ). **c**: هفت‌خال ۱۳۸۷، **'c**: هفت‌خال ۱۳۹۷ (تخریب). **d**: لنگا ۱۳۸۷، **'d**: لنگا ۱۳۹۷ (اولیه). **e**: لنگا ۱۳۸۷، **'e**: لنگا ۱۳۹۷ (بلوغ). **f**: لنگا ۱۳۸۷، **'f**: لنگا ۱۳۹۷ (تخریب). **g**: شفارود ۱۳۸۷، **'g**: شفارود ۱۳۹۷ (اولیه). **h**: شفارود ۱۳۸۷، **'h**: شفارود ۱۳۹۷ (بلوغ). **i**: شفارود ۱۳۸۷، **'i**: شفارود ۱۳۹۷ (تخریب). **j**: شصت‌کلا ۱۳۸۷، **'j**: شصت‌کلا ۱۳۹۷ (اولیه). **k**: شصت‌کلا ۱۳۸۷، **'k**: شصت‌کلا ۱۳۹۷ (بلوغ). **l**: شصت‌کلا ۱۳۸۷ و **'l**: شصت‌کلا ۱۳۹۷ (تخریب)

براساس نتایج به‌دست‌آمده از جایگاه توده‌ها در مثلث ساختار، تمام توده‌ها در بخش قطور مثلث ساختاری قرار گرفتند. نزدیک‌ترین قطعه به جنگل نامنظم ازنظر ساختاری، منطقه هفت‌خال در مرحله بلوغ سال ۱۳۸۷ بود (شکل ۷).

بحث

همان‌طور که انتظار می‌رفت، با حرکت توده‌ها از مرحله تحولی اولیه به‌سمت تخریب، روند تغییر تراکم درختان در هکتار از نوع کم‌شونده بود. میانگین تعداد درختان حذف‌شده از توده برای مراحل تحولی اولیه تا تخریب به‌ترتیب ۷۸، ۴۸ و ۳۱ اصله در هکتار (۲۱/۱، ۱۶ و ۱۲/۶ درصد از تراکم درختان در سال ۱۳۸۷) به‌دست آمد. تراکم زیاد توده‌ها و درنتیجه، افزایش رقابت بین آن‌ها در مرحله تحولی اولیه باعث حذف درختان بیشتر نسبت به دو مرحله دیگر می‌شود. توده‌های مراحل مختلف تحولی در رویشگاه لنگا کلاردشت با میانگین حذف ۸۷/۳ اصله در هکتار نسبت به رویشگاه های دیگر، روند حذف شدیدتری را نشان دادند. دلیل این مسئله به بارش شدید برف (۵۰ سانتی‌متر) طی شهریورماه (که درختان هنوز برگ‌های خود را از دست نداده‌اند) سال ۱۳۹۰ در منطقه کلاردشت برمی‌گردد. درنتیجه، تعداد زیادی از پایه های کم‌قطر به‌علت ضریب قدکشیدگی زیاد و تراکم قابل‌ملاحظه توده‌های جوان (به‌ویژه در مرحله تحولی اولیه) در منطقه مذکور حذف شده بودند.

با افزایش سن توده و حرکت آن به‌سمت مرحله تحولی تخریب، رقابت بر سر منابع و شرایط تعدیل می‌شود. همچنین، پایه‌های ضعیف، مریض و آسیب‌دیده بر اثر عوامل محیطی مختلف (مانند حشرات، سرما و گرما) حذف می‌شوند (Moridi *et al.*, 2015). حذف شدن پایه‌ها بیشتر در طبقات قطری اولیه انجام شده و قطر متوسط توده درنتیجه باقی ماندن پایه‌های قطورتر افزایش می‌یابد. افزایش قطر متوسط توده در رویشگاه های مورد پژوهش برای مراحل تحولی اولیه، بلوغ و تخریب به‌ترتیب ۳/۲، ۴/۵ و ۳/۷۵ سانتی‌متر طی دوره ۱۰ساله به‌دست آمد. در مرحله تحولی اولیه، درختان در رقابت مضاعف و به‌منظور کسب نور بیشتر، انرژی خود را صرف افزایش رویش ارتفاعی می‌کنند. با گذشت زمان و رسیدن به مرحله تحولی بلوغ از تراکم کاسته شده و درختان، جایگاه اجتماعی خود را تثبیت می‌کنند، بنابراین رقابت کاهش یافته و درختان افزایش قطر را در اولویت قرار می‌دهند (Korpel', 1982). پایه‌های مرحله تحولی بلوغ در رویشگاه‌های مورد پژوهش نیز بیشترین افزایش قطر متوسط را داشتند. همچنین، دو گروه عمده درختان مرحله تحولی تخریب شامل درختان متعلق به طبقات قطری زیاد و درختان مستقر در روشنه‌ها هستند. در مرحله مذکور، تعداد درختان قطور کمتری نسبت به دو مرحله دیگر مشاهده شد، اما رویش قطری در این گروه زیاد بود. درنتیجه، افزایش قطر متوسط بیشتری برای آن نسبت به مرحله تحولی اولیه (با تعداد زیاد درختان کم‌قطر) به‌دست آمد. این نتایج با یافته‌های Korpel' (۱۹۸۲)، Emborg و همکاران (۲۰۰۰) و Parhizkar و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارند.

در مرحله تحولی اولیه، تعداد درختان در طبقات قطری ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر زیاد بودند. از سوی دیگر، درختان قطور که به پایان دیرزیستی خود رسیده بودند نیز در توده حضور داشتند، بنابراین برای هر چهار رویشگاه مرحله تحولی اولیه، اختلاف زیادی در اندازه قطر درختان با متوسط ضریب تغییرات ۶۲/۲ درصد به‌دست آمد. با افزایش سن توده و حذف پایه‌ها در اثر عوامل مختلف، تراکم کاهش می‌یابد. همچنین، درختان از نظر قطری به‌هم نزدیک (به‌رغم اختلاف سن) می‌شوند و تغییرات قطری نیز نسبت به مرحله پیشین کم می‌شود. میانگین ضریب تغییرات برای قطر متوسط درختان در توده‌های مورد پژوهش و در مرحله تحولی بلوغ ۵۱ درصد به‌دست آمد. این یافته نشان‌دهنده همگن بودن قطرها در مرحله مذکور است. با مسن‌تر شدن توده، پیدایش روشنه‌های حاصل از افتادن درختان قطور و یا خشک‌دارها، استقرار زادآوری و نیز فراهم شدن امکان رشد برای پایه‌های آشکوب پایین، پیش‌رسته و دیررسته‌ها دوباره توده به‌سمت ناهمگن شدن قطری پیش می‌روند. متوسط ضریب تغییرات قطری برای مرحله تحولی تخریب ۵۴ درصد محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی ضریب تغییرات قطر در پژوهش پیش‌رو با یافته‌های Akhavan و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی

دارد.

مشابه با یافته‌های Korpel' (۱۹۸۲) در جنگل‌های اسلواکی و نیز Parhizkar و همکاران (۲۰۱۱) در جنگل‌های کلاردشت، نمودارهای پراکنش در طبقات قطری مرحله تحولی اولیه بیانگر حضور بیشتر پایه‌های توده در طبقات قطری ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر است. حذف درختان در طبقات قطری ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر بیشتر بر اثر عوامل مختلف شامل رقابت، تراکم زیاد، کمبود فضای رشد، عوامل وراثتی و ژنتیک درخت و عوامل خارجی دیگر مانند هجوم آفات طی مرحله تحولی اولیه رویشگاه‌ها رخ می‌دهد. در مراحل تحولی بلوغ و تخریب، بیشترین تراکم در طبقات قطری ۲۰ تا ۸۵ سانتی متر مشاهده شد. طی دوره ۱۰ساله از تراکم درختان در طبقات قطری ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر کاسته شد و در بیشتر رویشگاه‌ها به تراکم درختان در طبقات قطری ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر اضافه شد. براساس نتایج Korpel' (۱۹۸۲) نیز حداکثر تمرکز پایه ها و حجم توده در طبقات میانی است که یافته‌های پژوهش پیش‌رو را تأیید می‌کند. ازجمله ویژگی‌های جنگل‌های بکر می‌توان به ثبات حجم و برابری ورودی و خروجی بوم‌سازگان اشاره کرد. مقایسه حجم توده‌ها، میزان رویش و حجم درختان حذف‌شده در مرحله تحولی اولیه در رویشگاه‌های هفت‌خال و شفارود، تغییرات ناچیزی را طی دوره ۱۰ساله نشان می دهد. طی این دوره در مرحله تحولی اولیه رویشگاه لنگا، ۱۸۴ متر مکعب از درختان توده در هکتار حذف شده بودند. همان‌طور که پیشتر ذکر شد، دلیل‌های اصلی این کاهش حجم، برف سنگین سال ۹۰ در منطقه، تراکم زیاد، ضریب قدکشیدگی قابل‌توجه و جایگاه اجتماعی ضعیف درختان در مرحله تحولی اولیه هستند. در مرحله تحولی بلوغ رویشگاه لنگا، تأثیر برف بر درختان توده (حذف ۹۸ متر مکعب در هکتار طی دوره) کمتر بود. ازجمله علت‌های آن می‌توان به تراکم کمتر و مقاومت بیشتر توده مذکور درنتیجه ریشه‌دوانی بهتر و ضریب قدکشیدگی مناسب پایه‌ها اشاره کرد. در مرحله تحولی تخریب توده لنگا، میزان حذف ۱۱۸ متر مکعب در هکتار به‌دست آمد. علت این مسئله را می‌توان با سن و آسیب‌پذیری بیشتر پایه‌ها و نیز تعداد و سطح بیشتر روشنه‌ها در توده مرتبط دانست.

طی دوره ۱۰ساله، بیشترین رویش با متوسط ۱۰۱ متر مکعب در هکتار برای مرحله تحولی بلوغ به‌دست آمد. Parhizkar و همکاران (۲۰۱۱) نیز بیشینه شاخص سطح برگ در راشستان‌های کلاردشت را برای این مرحله گزارش کردند. در پژوهش مذکور، مقدار این شاخص برای مراحل تحولی اولیه، بلوغ و تخریب به‌ترتیب ۳/۳۴، ۴/۷۵ و ۲/۳۷ اندازه‌گیری شد. با افزایش شاخص سطح برگ (به‌عنوان یکی از فاکتورهای اصلی)، رویش نیز به‌طور مستقیم افزایش می یابد (Arias, 2005). به‌طور کلی، بیشترین رویش قطری در جوانی و میان‌سالی حاصل می‌شود (Marvie Mohadjer, 2011). مقایسه نتایج جدول ۳ حاکی از تمرکز درصد زیادی از حجم و تعداد پایه‌ها در طبقه قطری بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر است. نتایج مذکور با یافته‌های Parhizkar و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد، بنابراین دو عامل شاخص سطح برگ و سن توده‌ها از عوامل تعیین‌کننده در تعیین مرحله رویشی توده‌ها به‌حساب می‌آیند. لازم به ذکر است که در توده‌های ناهمسال، صحبت از سن توده‌ها صحیح نیست. هدف از کاربرد واژه سن، ارتباط بهتر خوانندگان با موضوع بحث است.

براساس نتایج مثلث ساختار، تمام توده‌ها در قسمت قطور قرار گرفتند. طی دوره ۱۰ساله در تمام قطعه‌های مورد پژوهش (به‌جز مرحله‌های تحولی اولیه هفت‌خال)، قطعه‌ها از جنگل ناهمسال نامنظم دور شده بودند و جابه‌جایی اندک در مثلث ساختار داشتند. توده‌های مرحله تحولی اولیه رویشگاه ها در قسمت بالاتر مثلث ساختار قرار گرفتند. علت آن به سهم درختان قطور باقی‌مانده از مرحله تحولی تخریب برمی گردد که به مرحله تحولی اولیه منتقل شده بودند. این یافته با تعریف Korpel' (۱۹۸۲) مطابقت دارد، اما با نتایج Amini و همکاران (۲۰۱۸) و Mataji و همکاران (۲۰۱۴) متفاوت است. پژوهش Amini و همکاران (۲۰۱۸) در توده‌های راش- ممرز میان‌بند متعلق به منطقه حاجی‌کلا ساری انجام شد که نسبت به توده‌های پژوهش پیش‌رو از ترکیب گونه‌ای و موقعیت متفاوتی برخوردار بودند. همچنین، Mataji و همکاران (۲۰۱۴) از مشخصه تعداد در هکتار برای مشخص

کردن جایگاه توده‌ها در مثلث ساختار استفاده کردند، اما در پژوهش پیش‌رو، درصد رویه زمینی در طبقه‌های مشخص به‌کار برده شد.

به‌منظور جمع‌بندی نتایج مثلث ساختار توده‌ها و مراحل تحولی حاصل از پژوهش پیش‌رو می‌توان بیان کرد که چنانچه توده‌ها همچنان بدون دخالت باقی بمانند، مسیر حرکت کندی را به‌صورت غیرخطی به‌سمت جنگل آمیخته نامنظم طی می کنند. البته نقش آشوب‌ها بسیار تعیین‌کننده است، به‌طوری‌که براساس نظر نگارندگان، امکان هرگونه پیش‌بینی را غیرممکن می‌کنند. در سناریوی دوم و در صورت تمایل به مدیریت و دخالت در توده‌هایی که در بخش قطور مثلث ساختار قرار دارند، می‌توان این توده‌ها را به‌سمت ساختار جنگل ناهمسال نامنظم (۳۰ تا ۵۰ درصد کم‌قطر، ۳۰ تا ۶۰ درصد میان‌قطر و ۲۰ تا ۴۰ درصد قطور و خیلی قطور) هدایت کرد، به‌طوری که با مراجعه به نمودارهای تعداد در طبقات قطری و حذف برخی پایه‌های قطور و میان‌قطر با هدف تقویت گروه‌های زادآوری و پایه‌های آینده توده (مشابه با شیوه فمل‌اشلاگ) می‌توان به این هدف مدیریتی (ساختار ناهمسال نامنظم) نزدیک شد.

ادامه پژوهش در قطعه‌های مورد مطالعه برای چند دوره دیگر، نتایج آشکارتری را در راستای بهبود دانش جنگل شناسی توده‌ها در پی دارد. پژوهش‌های دوره‌ای در توده‌های دخالت‌نشده، امکان شناسایی و تصمیم‌گیری هرچه بهتر را فراهم می‌کند. نتایج این پژوهش، اهمیت هرچه بیشتر سهم درختان حذف‌شده و مقدار آن را برای برآورد رویش توده‌ها آشکار ساخت. طبیعت، بسیار پیچیده و پرحوصله عمل می کند، به‌طوری‌که قطعه‌ها بدون دخالت عوامل خارجی، مسیر مستقیم به‌سمت جنگل ناهمسال نامنظم را طی نمی‌کنند. در طول زمان، عوامل گسترده‌ای مانند آشوب‌ها و رقابت‌های غیرقابل‌پیش‌بینی به تغییر کامل مسیر توده‌ها منجر می‌شوند. شناسایی پایه‌های مرغوب آشکوب پایین و کمک به رویش قطری و ارتفاعی آن‌ها، شناسایی و تقویت گروه‌های زادآوری با هدف کمک به حفظ و بهبود آمیختگی گونه‌ای، جلوگیری از باز شدن بیش‌ازحد توده‌ها در مراحل تحولی مختلف (این مسئله آسیب جدی به آینده توده و نیز تأثیر تشدیدشونده بر آشوب‌های خارجی دارد)، مشخص کردن میزان برداشت با توجه به حجم درختان حذف‌شده از توده در مراحل تحولی مختلف و حفظ ساختار نامنظم با استفاده از نمودارهای تعداد در طبقات قطری از مهم‌ترین نکاتی هستند که باید مورد توجه قرار بگیرد.

منابع مورد استفاده

- Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hassani, M. and Parhizkar, P., 2010. Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(2): 322-336 (In Persian).
- Amini, R., Rahmani, R. and Parhizkar, P., 2018. Comparison of developmental stages in Beech-Hornbeam stands using non-spatial indices of stand structure. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(2): 156-167 (In Persian).
- Arias, D., 2005. Tree morphometry in tropical forest plantations. Kurú: Revista Forestal, 2(5): 1-13 (In Spanish).
- Donoso, P.J. and Nyland, R.D., 2005. Seedling density according to structure, dominance and understory cover in old-growth forest stands of the evergreen forest type in the coastal range of Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 78(1): 51-63.
- Emborg, J., Christensen, M. and Heilmann-Clausen, J., 2000. The structural dynamics of Suserup Skov, a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. Forest Ecology and Management, 126(2): 173-189.
- Fallah, A., Zobeyri, M., Jazirei, M.H. and Marvi Mohajer, M.R., 2000. An investigation of the structure of natural Caspian Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Gorazbon-Kheyroudkenar district. Iranian Journal Natural Resources, 53(3): 251-260 (In Persian).
- Korpel', Š., 1982. Degree of equilibrium and dynamical changes of the forest on example of natural forests of Slowakia. Acta Facultatis Forestalis, 24: 9-30.
- Leibundgut, H., 1993. Europäische Urwälde: Wegweiser zur naturnahen Waldwirtschaft. Paul Haupt, Bern, 260p (In German).
- Leuschner, C. and Ellenberg, H., 2017. Ecology of Central European Non-Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man-Made Habitats: Vegetation Ecology of Central Europe, Volume II. Springer, Cham, 1128p.

and Poplar Research, 19(1): 141-153 (In Persian).
- Parobeková, Z., Pittner, J., Kucbel, S., Saniga, M., Filípek, M., Sedmáková, D., … and Jaloviar, P., 2018. Structural diversity in a mixed spruce-fir-beech old-growth forest remnant of the Western Carpathians. Forests, 9(7): 379.
- Remmert, H., 1985. Was geschieht im Klimax-Stadium? Naturwissenschaften, 72(5): 505-512 (In German).
- Sagheb-Talebi, Kh. and Schütz, J.P., 2002. The structure of natural oriental beech (*Fagus orientalis*) forests in the Caspian region of Iran and potential for the application of the group selection system. Forestry, 75(4): 465-472.
- Sagheb-Talebi, Kh., 2014. Appropriate characteristics of beech stands for application of close to nature silviculture (selection system). Final Report of National Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 120p (In Persian).
- Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V. and Mosandl, R., 2014. Late successional stage dynamics in natural Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in northern Iran (Case study: Gorazbon district of Kheiroud-Kenar experimental forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(2): 270-283 (In Persian).
- Watt, A.S., 1923. On the ecology of British beechwoods with special reference to their regeneration. Journal of Ecology, 11(1): 1-48.
- Marvie Mohadjer, M.R., 2011. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, 418p (In Persian).
- Mataji, A., Sagheb-Talebi, K. and Eshaghi-Rad, J., 2014. Deadwood assessment in different developmental stages of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Caspian forest ecosystems. International Journal of Environmental Science and Technology, 11(5): 1215-1222.
- Moridi, M., Sefidi, K. and Etemad, V., 2015. Stand characteristics of mixed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in the stem exclusion phase, northern Iran. European Journal of Forest Research, 134(4): 693-703.
- O'Hara, K.L., 2016. What is close-to-nature silviculture in a changing world? Forestry, 89(1): 1-6.
- Oldeman, R.A.A., 1990. Forests: Elements of Silvology. Springer-Verlag, Berin, 624p.
- Oliver, C.D. and Larson, B.C., 1996. Forest Stand Dynamics. New York: Wiley, 521p.
- Parhizkar, P. and Sagheb-Talebi, Kh., 2016. Status of unmanaged oriental beech stand in different development stages within 5-years period (case study: Langa- Kelardasht). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 29(1): 31-42 (In Persian).
- Parhizkar, P., Sagheb-Talebi, Kh., Mattaji, A., Namiranian, M., Hasani, M. and Mortazavi, M., 2011. Tree and regeneration conditions within development stages in Kelardasht beech forest (Case study: reserve area-Langa). Iranian Journal of Forest

Development stages dynamics of the Hyrcanian reserve stands, Iran

M. Kakavand [1], V. Etemad [2*], Kh. Sagheb-Talebi [3], M.R. Marvie Mohadjer [4] and C. Ammer [5]

1- Ph.D. Student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: vetemad@ut.ac.ir
3- Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
4- Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
5- Prof., Silviculture and Forest Ecology of the Temperate Zones, University of Göttingen, Goettingen, Germany

Received: 24.05.2020 Accepted: 12.07.2020

Abstract

With the aim of identifying the dynamism of the Hyrcanian forests, four reserve compartments were selected in three provinces of Gilan, Mazandaran, and Golestan. In each reserve stand, three plots of one hectare (12 plots in total) were laid out in the initial, optimal, and decay development stages. The first inventory (structural study) was performed in 2008 and in the present study, data were collected again in 2018. All trees with a diameter at breast height larger than 7.5 cm were measured. Based on the results, the mean number of trees naturally removed in the initial, optimal, and decay stages were 78, 48, and 31 per ha (21.1, 16, and 12.6%), respectively. The increase in the average mean diameter of the stands in the initial, optimal, and decay stand was increased in the amount of 3.2, 4.5, and 3.75 cm, respectively. Also, the maximum volume increment within the period was calculated 101 m^3ha^{-1} in the optimal stage. All of the studied stands were placed in the large sizetimber in the structured triangle. Which indicates that they are far from theirregular structure. Over the ten-yearperiod, all stands, except the initial stage in Haftkhal, showed a light displacement in the triangle structure. Accordingly, periodic monitoring and data collection of permanent plots are one of the basic principles of stand conservation and improvement. Recognizing changes in structure over time is the first step in understanding the dynamics of development stages in stands which facilitates close to nature forest management.

Keywords: Close to nature forestry, increment, stand structure, structure triangle.