Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۸ شماره ۱، صفحه ۱۳-۱، (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2020.341295.1891
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1399.28.1.79.1.1578.41

تأثیر مساحت قطعه‌نمونه بر تخمین ویژگی‌های ساختاری توده آمیخته راش (*Fagus orientalis* Lipsky)

سیده‌سارا نورالهی [۱]، رامین رحمانی [۲*]، هاشم حبشی [۳] و دنیله کاستانیری [۴]

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. پست الکترونیک: rahmani@gau.ac.ir
۳- دانشیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- پژوهشگر پسادکتری، مؤسسه تحقیقات جنگل، برف و چشم‌انداز فدرال سوئیس، بیرمنسدورف زوریخ، سوئیس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۴

چکیده

در جنگل‌داری پایا، ارزیابی ساختار توده ازطریق نمونه‌برداری، اطلاعات مهمی برای مدیران جنگل در رابطه با پایش معیارهای تنوع زیستی و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی فراهم می‌کند. بنابراین، نمونه‌برداری دقیق و صحیح برای برآورد ویژگی‌های ساختاری، امری اجتناب‌ناپذیر است. هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی تأثیر مساحت قطعه‌نمونه بر تغییرپذیری و برآورد ویژگی‌های ساختاری سنتی (رویه زمینی، تراکم و حجم سرپا در هکتار) و غیرمتداول (تعداد درختان قطور، حجم کل خشکدار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار) بود. ابتدا یک قطعه بررسی دائمی ۱۶ هکتاری واقع در توده‌های آمیخته راش (*Fagus orientalis* Lipsky) دست‌نخورده (شاهد) به ۲۵۶ قطعه‌نمونه ۰/۰۶۲۵ هکتاری تقسیم شد و اطلاعات کلیه درختان زنده و خشک‌دار برداشت شد. سپس، محاسبه ویژگی‌های ساختاری سنتی و غیرمتداول برای قطعه‌نمونه‌های با مساحت‌های ۰/۰۶۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۳۷۵، ۰/۵۶۲۵، ۰/۷۵ و یک هکتار انجام شد. درنهایت، درصد ضریب تغییرات برای هر ویژگی تعیین شد. نتایج نشان داد که مقدار تغییرپذیری ویژگی‌های ساختاری با افزایش سطح قطعه‌نمونه کاهش می‌یافت. به‌طور کلی، ضریب تغییرات در ویژگی‌های ساختاری غیرمتداول بیشتر از ویژگی‌های سنتی بود، بنابراین برآورد آن‌ها مستلزم جمع‌آوری اطلاعات از قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تر بود. با محاسبه تعداد قطعه‌نمونه لازم برای برآورد ویژگی‌های ساختاری در سطح خطای ۲۰ درصد میانگین مشخص شد که قطعه‌نمونه‌های کوچک ۰/۰۶۲۵ و ۰/۱۲۵ هکتاری برای برآورد ویژگی‌های رویه زمینی، تراکم، حجم سرپا و تعداد درختان قطور در هکتار و قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تر ۰/۵۶۲۵، ۰/۷۵ و یک هکتاری برای برآورد ویژگی‌های حجم کل خشک‌دار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار، کارایی بهتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: جنگل دست‌نخورده، ضریب تغییرات، مدیریت جنگل پایا، ویژگی‌های ساختاری سنتی.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، جنگل‌داری پایا در قالب یک تفکر مدیریتی نوین به‌شکل گسترده‌ای برای اداره جنگل‌های طبیعی در سراسر دنیا مطرح شده است. از اصول عمده جنگل‌شناسی در مدیریت جنگل پایا می‌توان به حفظ پایداری ساختاری و حفاظت از تنوع زیستی در جنگل‌های طبیعی اشاره کرد (Emborg *et al.*, 2000). ساختار در این رویکرد به‌عنوان یک عنصر کلیدی در فهم بوم‌سازگان‌های

www.SID.ir

Archive of SID

جنگلی محسوب می‌شود، زیرا ویژگی‌های ساختاری مانند لایه‌بندی عمودی، توزیع کمی و مکانی زی‌توده زنده و غیرزنده، ترکیب پوشش گیاهی و هندسه درختان، بیشتر با تنوع زیستی، پایداری بوم‌شناختی و فرایندهای ترکیبی و کارکردی بوم‌سازگان جنگل ارتباط مستقیم دارند (Kint *et al.,* 2004; Maleki & Kiviste, 2015).

بررسی ساختار جنگل، یک منبع مهم اطلاعات برای مدیران جنگل‌داری در ارتباط با تنوع زیستی، پویایی و پایداری بوم‌سازگان، تولید چوب و زیبایی‌شناسی آن فراهم می‌کند (Kint *et al.,* 2000). در مدیریت کلاسیک (سنتی) جنگل، اندازه‌گیری‌های ساختاری بیشتر با هدف تولید چوب بود که به‌طور عمده برای برآورد ویژگی‌های سنتی ساختاری (مانند تعداد در هکتار، رویه زمینی و حجم سرپا در هکتار) انجام می‌شد (Gadow *et al.,* 2012). در رویکردهای مدیریتی جدید که بر مبنای ارزیابی و پایش تنوع و پایداری بوم‌سازگان‌های جنگلی پایه‌ریزی شده‌اند، به اندازه‌گیری‌های گسترده‌تری نیاز است که بتوانند شرایط بوم‌سازگان را به‌خوبی توصیف کنند (Zenner & Peck, 2009). طی سال‌های اخیر، روند بررسی ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری (ویژگی‌هایی که اندازه‌گیری آن‌ها در آماربرداری‌های کلاسیک جنگل معمول نیست) در ارزیابی و پایش تنوع بوم‌سازگان‌های جنگلی معتدله در حال افزایش بوده است (Král *et al.,* 2010). ازجمله این ویژگی‌های غیرمتداول می‌توان به درختان قطور و به‌ویژه خشک‌دار که از اجزای اصلی ساختار جنگل‌های طبیعی و شاخص‌های قدرتمند تنوع زیستی هستند، اشاره کرد. همچنین، خشک‌دار بزرگ افتاده و سرپا، منابع مهم خردزیستگاه برای بسیاری از جانوران و ریزاندامگان در سطوح تغذیه‌ای مختلف بوم‌سازگان‌های جنگلی هستند، بنابراین اندازه‌گیری مشخصه‌های آن‌ها، اطلاعات خوبی درمورد تنوع زیستی جنگل‌های بکر و مدیریت‌شده ارائه می‌کند (Lombardi *et al.,* 2015).

شناسایی یک مقیاس کلی مناسب در مطالعات بوم‌شناسی جنگل و درنتیجه، یافتن یک راهبرد نمونه‌برداری خاص برای بررسی ویژگی‌های مختلف ساختاری در توده‌های جنگلی متفاوت، فرایندی دشوار است (Carrer *et al.,* 2018). انتخاب قطعه‌نمونه‌هایی که نماینده مناسبی برای کل جامعه باشند، به‌طور کامل به نوع ویژگی ساختاری موردنظر و ویژگی‌های توده مورد مطالعه بستگی دارد (Du *et al.,* 2015). بررسی تغییرپذیری محلی برخی ویژگی‌های ساختاری در توده‌های طبیعی جنگل‌های معتدله اروپای مرکزی نشان داد که ویژگی‌های سنتی ساختاری مانند رویه زمینی و حجم سرپا در هکتار نسبت به ویژگی‌های دیگر به‌صورت یکنواخت‌تری در درون توده توزیع می‌شوند (Král *et al.,* 2010). به‌عبارت دیگر، این ویژگی‌ها تغییرپذیری کمتری دارند. از سویی گفته می‌شود که ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری به‌طور عموم، تغییرات زیادی در توزیع و مقادیر مکانی نشان می‌دهند، بنابراین دستیابی به برآوردهای دقیق بدون نمونه‌برداری وسیع را مشکل می‌سازند (Zenner & Peck, 2009; Du *et al.,* 2015). بررسی‌های انجام‌شده به‌منظور تعیین سطح قطعه‌نمونه مناسب و برآورد تغییرپذیری ویژگی‌های ساختاری در جنگل‌های معتدله بکر و طبیعی در آمریکای شمالی، اروپا و چین نشان می‌دهند که برخی ویژگی‌های ساختاری غیرمتداول مانند غنای گونه‌ای و حضور درختان و خشک‌دار بسیار قطور، تراکم درختان قطور و خشک‌دار (Zenner & Peck, 2009)، مجموع حجم درختان زنده و خشک‌دار (Král *et al.,* 2010)، فراوانی گونه‌های نادر (Corona *et al.,* 2011)، تعداد نهال‌ها و درختان قطور (Du *et al.,* 2015) و تعداد و حجم خشک‌دار قطور افتاده و سرپا (Lombardi *et al.,* 2015) تغییرپذیری بیشتری نسبت به مشخصه‌های ساختاری سنتی مانند رویه زمینی، تعداد و حجم درختان در هکتار دارند. به همین دلیل، برای برآورد این ویژگی‌ها، قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تر و یا تعداد قطعه‌نمونه‌های زیادتری مورد نیاز است. نتایج پژوهش دیگری نشان داد که برای بررسی ویژگی‌های ساختاری مانند رویه زمینی، تعداد و حجم سرپا در هکتار در جنگل‌های بکر راش اروپایی (*Fagus sylvatica*) به‌دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

پیچیدگی‌های ساختاری بیشتر در مقایسه با جنگل‌های مدیریت‌شده به قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تری نیاز است (Carrer *et al.*, 2018). همچنین، براساس نتایج پژوهشی در چند توده جنگلی واقع در فنلاند، نوع الگوی مکانی درختان، دقت برآورد مشخصه‌های مورد بررسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Häbel *et al.*, 2019). در پژوهش مذکور برای مطالعه جنگل‌های با الگوهای مکانی مختلف، قطعه‌نمونه با مساحت‌های متفاوتی توصیه شد.

امروزه گفته می‌شود که اندازه‌گیری‌های معمول جنگل در سطوح قطعه‌نمونه رایج، پاسخگوی نیاز مدیران جنگل‌داری برای شناخت ابعاد مختلف بوم‌سازگان‌های جنگلی و پایش تنوع زیستی نیست. بخشی از این امر می‌تواند به‌دلیل صحت و دقت آماری کم برآوردها و درنتیجه کم بودن مساحت قطعه‌نمونه‌های مورداستفاده باشد (Král *et al.*, 2010; Corona *et al.*, 2011). در همین راستا، نتایج برخی پژوهش‌های انجام‌شده با هدف ارزیابی شیوه رایج آماربرداری طرح‌های جنگل‌داری شمال ایران نشان داده‌اند که روش آماربرداری تصادفی- منظم با قطعه‌نمونه ۱۰ آری، دقت لازم برای برآورد مشخصه‌های ساختاری مانند رویه زمینی، تراکم و حجم درختان در هکتار را تأمین نمی‌کند (Amini *et al.*, 2007; Amini *et al.*, 2016)، بنابراین در طرح‌های نوین جنگل‌داری، طراحی راهبردهای نمونه‌برداری مناسب (مانند انتخاب سطح و تعداد قطعه‌نمونه‌ها) برای برآورد میزان تنوع و تغییرپذیری ساختاری در توده‌های آمیخته راش که از جوامع مهم جنگل‌های هیرکانی محسوب می‌شوند، ازجمله چالش‌های مهم علوم جنگل به‌شمار می‌روند، زیرا نشان دادن تغییرات درون‌توده‌ای در داخل قطعه‌نمونه‌هایی که نماینده حقیقی مشخصه‌های ساختاری موجود باشند، مستلزم مطالعات کافی برای طراحی و اجرای روش‌های نمونه‌برداری با دقت و صحت مناسب است. اهداف پژوهش پیش‌رو، بررسی تأثیر مساحت قطعه‌نمونه بر تغییرپذیری محلی ویژگی‌های مهم سنتی و غیرمتداول ساختاری و تعیین مساحت و تعداد قطعه‌نمونه مورد نیاز برای برآورد ویژگی‌های مورد مطالعه در یک راشستان آمیخته فاقد مدیریت هستند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

طرح جنگل‌داری شصت‌کلاته گرگان در حوزه آبخیز ۸۵ طرح جامع کل جنگل‌های شمال کشور و در فاصله هشت کیلومتری جنوب‌غربی شهرستان گرگان واقع شده است. جنگل‌های سری یک این طرح در محدوده عرض جغرافیایی ″۲۷ ′۴۳ °۳۶ تا ″۶ ′۴۸ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ″۲۶ ′۲۱ °۵۴ تا ″۵۷ ′۲۴ °۵۴ شرقی قرار دارند. مساحت کل سری یک، ۱۷۱۳/۳ هکتار است که ۳۳ قطعه دارد. قطعه ۳۲ با مساحت ۸۹/۷ هکتار به‌عنوان قطعه شاهد آن درنظر گرفته شده است. کمترین، بیشترین و متوسط ارتفاع از سطح دریا در قطعه ۳۲ به‌ترتیب ۷۷۰، ۹۹۵ و ۹۲۰ متر است. این قطعه در جهت‌های عمومی شمال‌غربی و غربی قرار دارد. بافت خاک، متغیر و لوم، شنی لومی و رسی لومی است. راش- ممرز به‌همراه انجیلی، تیپ جنگلی این قطعه را تشکیل داده‌اند (Anonymous, 2008).

روش پژوهش

به‌منظور پاسخگویی به پرسش‌های این پژوهش، قطعه بررسی دائمی با مساحت ۱۶ هکتار (۴۰۰×۴۰۰ متر مربع) واقع در بخشی از قطعه ۳۲ انتخاب شد. برای سهولت در برداشت اطلاعات، سطح قطعه ۱۶ هکتاری به ۲۵۶ زیرقطعه مربعی (۲۵×۲۵ متر مربع) تقسیم شد. این سطح زیرقطعه‌نمونه به‌عنوان واحد مبنا برای اندازه‌گیری‌های میدانی انتخاب شد. در هر قطعه ۲۵×۲۵ متر مربعی، مشخصه‌های کمی شامل تعداد درختان، قطر برابر سینه و ارتفاع کل برای تمام درختان زنده با قطر برابر سینه مساوی یا بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند. همچنین، مشخصه‌های قطر و ارتفاع (طول) برای تمام خشک‌دار شامل: ۱) خشک‌دار سرپا با قطر برابرسینه بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر و ارتفاع بیشتر از ۱/۳ متر، ۲) کنده‌ها با حداقل

www.SID.ir

Archive of SID

قطر میانه ۱۰ سانتی‌متر و حداقل ارتفاع یک متر و ۳) خشک‌دار افتاده با حداقل قطر ۷/۵ سانتی‌متر در یک انتهای آن و حداقل طول ۱/۳ متر در هر قطعه‌نمونه ۲۵×۲۵ متر مربعی اندازه‌گیری شد. سپس، مشخصه‌های سنتی متداول ساختاری شامل رویه زمینی در هکتار، تراکم درختان در هکتار و حجم درختان سرپا در هکتار و مشخصه‌های غیرمتداول ساختاری شامل تعداد درختان قطور در هکتار (با قطر برابرسینه بیشتر یا مساوی ۵۰ سانتی‌متر)، حجم کل خشک‌دار در هکتار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار (با حداقل قطر برابر سینه ۳۰ سانتی‌متر برای خشک‌دار سرپا و حداقل قطر میانگین ۳۰ سانتی‌متر برای خشک‌دار افتاده) در هر قطعه‌نمونه ۲۵×۲۵ متر مربعی محاسبه شد (Lombardi *et al.*, 2015). از ترکیب زیرقطعه‌نمونه‌های ۲۵×۲۵ متر مربعی، قطعه‌های بزرگ‌تر (شامل قطعه‌نمونه‌های ۵۰×۲۵، ۵۰×۵۰، ۵۰×۷۵، ۷۵×۷۵، ۷۵×۱۰۰ و ۱۰۰×۱۰۰ متر مربعی) به‌دست آمد. مشخصه‌های ساختاری موردنظر برای قطعه‌نمونه‌های مذکور نیز محاسبه شد (شکل ۱).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

اندازه تغییرپذیری هرکدام از مشخصه‌های ساختاری متداول و غیرمتداول در سطح‌های مختلف قطعه‌نمونه با کمک شاخص درصد ضریب تغییرات بررسی شد. این شاخص، امکان مقایسه تغییرات در اندازه هرکدام از ویژگی‌های ساختاری در قطعه‌نمونه‌های با مساحت متفاوت را صرفنظر از مقدار میانگین و نوع متغیر فراهم می‌کند (Král *et al.*, 2010). در این پژوهش، ابتدا درصد ضریب تغییرات برای هرکدام از ویژگی‌های ساختاری و در هر مساحت قطعه‌نمونه محاسبه شد. سپس، برای هر مشخصه ساختاری، نمودار روند تغییر شاخص درصد ضریب تغییرات با افزایش سطح قطعه‌نمونه ترسیم شد. همچنین، برای هرکدام از نمودارهای سطح- درصد ضریب تغییرات ویژگی‌های ساختاری، نقطه عطف منحنی مشخص شد. نقطه عطف منحنی جایی است که افزایش نسبی مساحت قطعه‌نمونه منجر به کاهش نسبی به‌تقریب یکسانی در ضریب تغییرات می‌شود. پیش از این نقطه، کاهش ضریب تغییرات نسبت به افزایش مساحت قطعه‌نمونه به‌نسبت سریع‌تر اتفاق می‌افتد (Král *et al.*, 2010). به‌منظور تعیین نقاط عطف برای هرکدام از نمودارها به‌ازای افزایش درصد تفاضل مساحت هر قطعه‌نمونه نسبت به مساحت قطعه‌نمونه پیشین، درصد تفاضل ضریب تغییرات هر قطعه‌نمونه نسبت به قطعه‌نمونه پیشین محاسبه شد. از تقسیم درصد تفاضل ضریب تغییرات به درصد تفاضل مساحت قطعه‌نمونه، نسبت تغییرات این دو مقدار به‌دست آمد. سپس نقطه‌ای که در آن نسبت درصد افزایش مساحت به درصد کاهش ضریب تغییرات (شیب منحنی) حدود منفی یک بود، به‌عنوان نقطه عطف منحنی تعیین شد. اهمیت نقطه عطف به این سبب است که پس از این نقطه، روند تغییرات نمودار به‌تقریب یکنواخت می‌شود (Erfani Fard *et al.*, 2007). همچنین، برای محاسبه تعداد قطعه‌نمونه‌های مورد نیاز (n) برای تخمین میانگین در درون خطای d و با سطح احتمال α از رابطه ۱ استفاده شد (Zar, 1996):

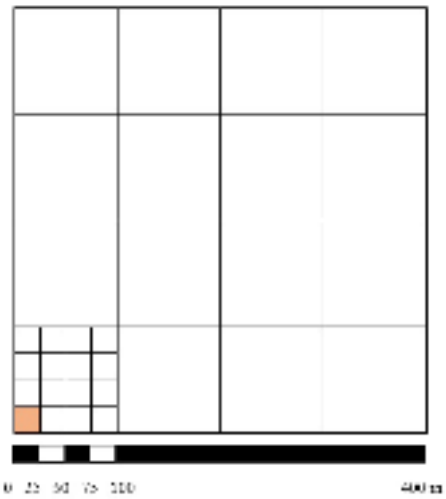
$$n = \frac{S^2 \cdot t^2_{(\alpha, n-1)}}{d^2} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: ضریب t همان t آماری استیودنت و S^2 برآورد واریانس جمعیت است.

برای این پژوهش، صحت قابل قبول برای برآورد ویژگی‌های ساختاری در درون قطعه‌نمونه‌های مختلف در سطح خطای کمتر یا مساوی ۲۰ درصد (۱۰٪±) و با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعریف شد (Du *et al.*, 2015).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- طراحی قطعه‌نمونه‌های با مساحت متفاوت در قطعه بررسی دائمی ۱۶ هکتاری (۴۰۰×۴۰۰ متر مربعی)

نتایج

آمار توصیفی ویژگی‌های ساختاری متداول و غیرمتداول برای قطعه‌نمونه‌های ۲۵×۲۵، ۵۰×۲۵، ۵۰×۵۰، ۷۵×۵۰، ۷۵×۷۵، ۱۰۰×۷۵، ۱۰۰×۱۰۰ متر مربعی در جدول ۱ ارائه شده است. بیشینه و درصد ضریب تغییرات برای تمام مشخصه‌های مورد بررسی با افزایش مساحت قطعه‌نمونه، کاهش نشان داد، در حالی‌که کمینه تمام مشخصه‌های مورد بررسی با افزایش مساحت قطعه‌نمونه، افزایش داشت. بیشترین تغییرات در برآورد ویژگی‌های ساختاری در کوچک‌ترین قطعه‌نمونه‌ها مشاهده شد. این تغییرات با افزایش سطح قطعه‌نمونه، روند کاهشی داشت، اما میزان کاهش تغییرپذیری‌ها برای ویژگی‌های مختلف متفاوت بود. به‌طور کلی، مشخصه‌های سنتی ساختاری شامل رویه زمینی، تراکم درختان و حجم سرپا در هکتار، تغییرات کمتری نسبت به ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری شامل تعداد درختان قطور، حجم کل خشک‌دار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار نشان دادند. تغییرپذیری بسیار زیاد به‌ویژه در ویژگی‌های مربوط به خشک‌دارها به‌طور کامل آشکار بود.

نمودارهای روند تغییرات ویژگی‌های متداول و غیرمتداول ساختاری برای سطح‌های متفاوت قطعه‌نمونه در شکل ۲ آمده است. نقطه عطف منحنی هر نمودار نیز با کمک خط‌چین‌های مماس بر نقاط عطف مشخص شد. نقطه عطف منحنی سطح قطعه‌نمونه- درصد ضریب تغییرات برای مشخصه‌های ساختاری رویه زمینی، حجم سرپا و تعداد درختان قطور در هکتار در مساحت ۰/۲۵ هکتاری تعیین شد، درحالی‌که برای تراکم درختان، حجم کل خشک‌دار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار، نقطه عطف در سطح قطعه‌نمونه ۰/۳۷۵ هکتاری محاسبه شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شیب منحنی در نمودارهای مورد بررسی، پیش از رسیدن به نقطه عطف به‌سرعت کاهش می‌یابد، اما پس از رسیدن به نقطه عطف از روندی به‌تقریب یکنواخت پیروی می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

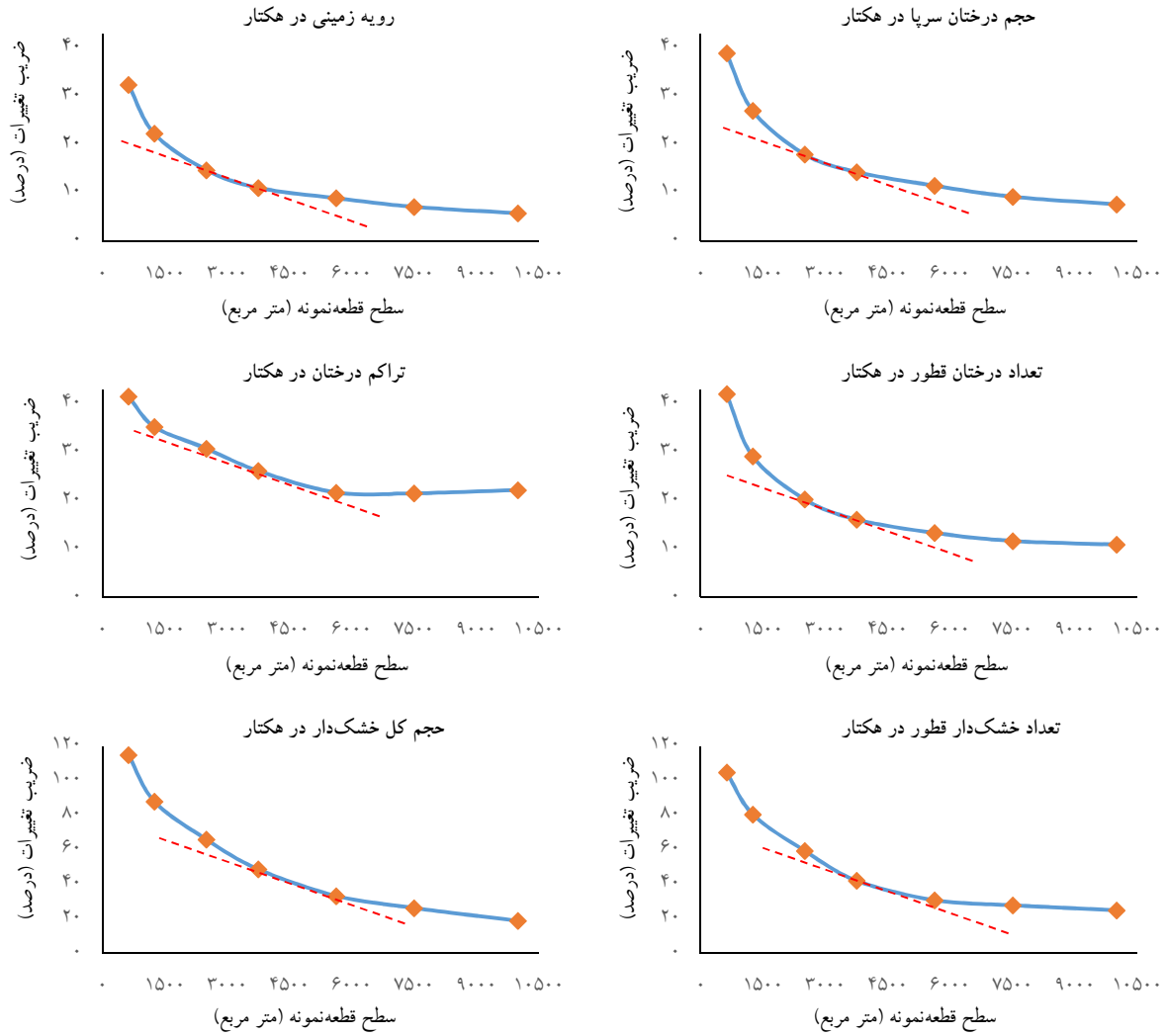
جدول ۱- آمار توصیفی تغییرات ویژگی‌های ساختاری در سطح‌های متفاوت قطعه‌نمونه

ویژگی‌های ساختاری	۲۵×۲۵ متر مربعی				۵۰×۲۵ متر مربعی				۵۰×۵۰ متر مربعی				۷۵×۵۰ متر مربعی				۷۵×۷۵ متر مربعی				۱۰۰×۷۵ متر مربعی				۱۰۰×۱۰۰ متر مربعی		
	کمینه	بیشینه	CV (%)		کمینه	بیشینه	CV (%)		کمینه	بیشینه	CV (%)		کمینه	بیشینه	CV (%)		کمینه	بیشینه	CV (%)		کمینه	بیشینه	CV (%)		کمینه	بیشینه	CV (%)
رویه زمینی* (متر مربع در هکتار)	۱۰/۲	۷۳/۹	۳۲/۵		۱۶/۳	۶۱/۹	۲۲/۳		۲۲/۴	۴۷/۵	۱۴/۸		۲۳/۴	۴۲/۸	۱۱/۱		۲۷/۱	۴۱/۶	۸/۹		۲۸/۹	۴۰/۲	۷/۱		۲۹/۸	۳۸/۱	۵/۸
تراکم درختان* (تعداد در هکتار)	۸۰	۶۷۲	۴۱/۷		۱۱۲	۶۳۲	۳۵/۴		۱۴۰	۴۸۰	۳۰/۹		۱۳۸/۷	۴۸۲/۷	۲۶/۲		۱۷۲/۴	۴۱۶	۲۱/۷		۱۸۴	۴۰۶/۷	۲۱/۶		۱۹۶	۳۸۶	۲۲/۳
حجم درختان سرپا* (متر مکعب در هکتار)	۱۲۱/۷	۱۲۷۸/۹	۳۹		۲۱۶/۷	۹۶۴/۵	۲۷/۱		۲۹۳/۵	۷۲۸/۴	۱۸		۳۱۶/۷	۶۵۳/۳	۱۴/۴		۳۶۱/۱	۶۳۸/۷	۱۱/۵		۳۸۱/۷	۶۱۳/۹	۹/۲		۴۳۷/۵	۵۷۳/۲	۷/۷
تعداد درختان قطور** (تعداد در هکتار)	۰	۱۱۲	۴۲/۲		۱۶	۹۶	۲۹/۳		۳۲	۸۰	۲۰/۳		۳۴/۷	۸۰	۱۶/۱		۳۹/۱	۷۴/۷	۱۳/۳		۴۰	۶۸	۱۱/۷		۴۳	۶۳	۱۰/۹
حجم کل خشک‌دار** (متر مکعب در هکتار)	۰	۵۰۳/۷	۱۱۴/۹		۰/۸	۳۵۸	۸۷/۹		۲/۸	۲۰۵/۱	۶۵/۹		۱۳/۴	۱۵۳/۸	۴۸/۶		۲۵/۶	۱۳۳/۴	۳۳/۲		۲۷/۷	۱۰۹	۲۶/۲		۴۹/۴	۹۰/۱	۱۸/۸
تعداد خشک‌دار قطور** (تکه در هکتار)	۰	۱۶۰	۱۰۴/۷		۰	۱۴۴	۸۰/۵		۰	۸۰	۵۹/۴		۵/۳	۶۴	۴۲		۷/۱	۴۹/۷	۳۰/۸		۱۳/۳	۴۶/۶	۲۷/۷		۱۷	۳۸	۲۴/۸

* ویژگی‌های متداول ساختاری؛ ** ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نمودارهای سطح قطعه‌نمونه- درصد ضریب تغییرات برای ویژگی‌های سنتی و غیرمتداول ساختاری با تعیین نقاط عطف منحنی

تعداد قطعه‌نمونه‌های مورد نیاز و مساحت کل نمونه‌برداری برای برآورد ویژگی‌های سنتی و غیرمتداول ساختاری در درون خطای ۲۰ درصد میانگین و در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای هرکدام از سطح‌های قطعه‌نمونه محاسبه شد (جدول ۲). نتایج این محاسبه نشان داد که تعداد قطعه‌نمونه‌های لازم برای برآورد هرکدام از ویژگی‌های ساختاری با افزایش سطح قطعه‌نمونه کاهش می‌یافت. با افزایش مساحت قطعه‌نمونه، کاهش تعداد قطعه‌نمونه‌ها در سطح‌های کوچک‌تر بسیار سریع اتفاق می‌افتد، اما در سطح‌های بزرگ‌تر، این کاهش تدریجی بود. تعداد قطعه‌نمونه‌های مورد نیاز برای برآورد مناسب ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری به‌ویژه برای مشخصه‌های حجم کل خشک‌دار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار که بیشترین ضریب تغییرات را داشتند، چندین برابر بیشتر از ویژگی‌های سنتی ساختاری محاسبه شد. به‌عنوان نمونه، تعداد قطعه‌نمونه لازم برای برآورد ویژگی حجم خشک‌دار در هکتار در سطح قطعه‌نمونه ۰/۰۶۲۵ هکتاری تا ۱۲ برابر بیشتر از قطعه‌نمونه‌های مورد نیاز برای ویژگی رویه زمینی در هکتار به‌دست آمد. برمبنای نتایج جدول ۲، ویژگی‌های سنتی ساختاری رویه زمینی و حجم در هکتار را می‌توان به‌ترتیب

www.SID.ir

Archive of SID

در یک قطعه‌نمونه ۰/۵۶۲۵ و ۰/۷۵ هکتاری به‌خوبی توصیف کرد. به‌علاوه، برای ویژگی‌های سنتی ساختاری رویه زمینی، حجم کل سرپا و تراکم درختان در هکتار و ویژگی غیرمتداول ساختاری تعداد درختان قطور در هکتار با درنظر گرفتن مساحت کل نمونه‌برداری کمتر، قطعه‌نمونه‌های کوچک ۰/۰۶۲۵ و ۰/۱۲۵ هکتاری دارای کارایی مؤثرتری بودند. در رابطه با دو ویژگی غیرسنتی ساختاری حجم کل خشک‌دار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار نیز با درنظر گرفتن تعداد و مساحت کل نمونه‌برداری کمتر، قطعه‌نمونه‌های بزرگ ۰/۵۶۲۵، ۰/۷۵ و یک هکتاری کارایی بیشتری داشتند.

جدول ۲- کمترین تعداد قطعه‌نمونه مورد نیاز برای برآورد ویژگی‌های ساختاری در سطح‌های مختلف قطعه‌نمونه

	ابعاد قطعه‌نمونه (متر مربع)	۲۵×۲۵	۲۵×۵۰	۵۰×۵۰	۵۰×۷۵	۷۵×۷۵	۷۵×۱۰۰	۱۰۰×۱۰۰
	مساحت قطعه‌نمونه (هکتار)	۰/۰۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵	۰/۵۶۲۵	۰/۷۵	۱
رویه زمینی*	تعداد قطعه‌نمونه‌ها	۱۱	۵	۳	۲	۱	۱	۱
	مساحت کل نمونه‌برداری (هکتار)	۰/۶۸۷۵	۰/۶۲۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵۶۲۵	۰/۷۵	۱
تراکم درختان*	تعداد قطعه‌نمونه‌ها	۱۸	۱۳	۱۰	۷	۵	۵	۵
	مساحت کل نمونه‌برداری (هکتار)	۱/۱۲۵	۱/۶۲۵	۲/۵	۲/۶۲۵	۲/۸۱۲۵	۳/۷۵	۵
حجم درختان سرپا*	تعداد قطعه‌نمونه‌ها	۱۶	۸	۴	۳	۲	۱	۱
	مساحت کل نمونه‌برداری (هکتار)	۱	۱	۱	۱/۱۲۵	۱/۱۲۵	۰/۷۵	۱
تعداد درختان قطور**	تعداد قطعه‌نمونه‌ها	۱۸	۹	۵	۳	۲	۲	۲
	مساحت کل نمونه‌برداری (هکتار)	۱/۱۲۵	۱/۱۲۵	۱/۲۵	۱/۱۲۵	۱/۱۲۵	۱/۵	۲
حجم کل خشک‌دار**	تعداد قطعه‌نمونه‌ها	۱۳۳	۷۵	۴۴	۲۴	۱۲	۷	۴
	مساحت کل نمونه‌برداری (هکتار)	۸/۳۱۲۵	۹/۳۷۵	۱۱	۹	۶/۷۵	۵/۲۵	۴
تعداد خشک‌دار قطور**	تعداد قطعه‌نمونه‌ها	۱۱۰	۶۵	۳۶	۱۸	۱۰	۸	۷
	مساحت کل نمونه‌برداری (هکتار)	۶/۸۷۵	۸/۱۲۵	۹	۶/۷۵	۵/۶۲۵	۶	۷

* ویژگی‌های سنتی متداول ساختاری؛ ** ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری

بحث

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که ویژگی سنتی رویه زمینی در هکتار از نظر کمترین و بیشترین مقدارهای به‌دست‌آمده، کمترین تغییرپذیری را نسبت به ویژگی‌های مورد مطالعه دیگر داشت. نقطه عطف این مشخصه در مساحت ۰/۲۵ هکتاری تعیین شد. محاسبه تعداد قطعه‌نمونه‌های مورد نیاز برای برآورد این ویژگی در سطح خطای ۲۰ درصد میانگین نشان داد که برای تأمین دقت و صحت مورد نظر می‌توان به یک قطعه‌نمونه ۰/۵۶۲۵ هکتاری اکتفا کرد (جدول ۲). ویژگی حجم درختان سرپا در هکتار نیز روند تغییرپذیری و نقطه عطف مشابهی داشت. ضریب تغییرات آن در سطح‌های متفاوت قطعه‌نمونه، اندکی بیشتر به‌دست آمد. محاسبه تعداد قطعه‌نمونه برای این ویژگی نشان داد که استفاده از یک قطعه‌نمونه ۰/۷۵ هکتاری، دقت و صحت لازم را برای برآورد آن تأمین می‌کند. ویژگی تراکم درختان در هکتار، تغییرپذیری بیشتری در مقایسه با دو ویژگی ساختاری سنتی دیگر نشان داد. با وجود اینکه در ابتدا ضریب تغییرات در کوچک‌ترین قطعه‌نمونه (۰/۰۶۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

هکتاری) برای تراکم در هکتار نسبت به ضریب تغییرات دو ویژگی رویه زمینی و حجم در هکتار، مقدار به‌تقریب مشابهی نشان داد و تنها اندکی بیشتر بود، اما با افزایش سطح قطعه‌نمونه، کاهش کمتری در مقدار درصد ضریب تغییرات تراکم در مقایسه با دو ویژگی دیگر رخ داد. نقطه عطف آن در مساحت بزرگ‌تری (۰/۳۷۵ هکتاری) محاسبه شد. ضریب تغییرات برای این ویژگی حتی در سطح یک هکتار همچنان ۲۲ درصد بود. این امر موجب شد که تعداد قطعه‌نمونه‌های مورد نیاز برای برآورد این ویژگی در سطح خطای میانگین ۲۰ درصد در سطح‌های کوچک قطعه‌نمونه با اندکی تفاوت، بیشتر از دو ویژگی سنتی ساختاری دیگر محاسبه شود، اما در قطعه‌نمونه‌های بزرگ این اختلاف بسیار چشمگیر بود و تا تعداد پنج قطعه‌نمونه یک هکتاری محاسبه شد. علت تفاوت در روند تغییرپذیری ویژگی تراکم درختان در هکتار و تغییرات بیشتر آن در قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تر نسبت به رویه زمینی و حجم سرپا در هکتار می‌تواند چنین توجیه شود که مشخصه‌های رویه زمینی و حجم در هکتار می‌توانند با حضور فقط یک یا چند پایه بزرگ در قطعه‌نمونه‌های کوچک، به مقادیر بیشینه برسند (ضریب تغییرات به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد)، اما این تغییرات بزرگ در قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تر به‌سبب وجود طیفی از ابعاد مختلف درختان تعدیل می‌یابد و ضریب تغییرات در مساحت‌های بزرگ‌تر به‌سرعت کم می‌شود (Král *et al.*, 2010). درمورد مشخصه تراکم درختان در هکتار می‌توان گفت که ناهمگنی توده‌ها و وجود مراحل مختلف تحولی، تراکم پایه‌های درختان را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین تراکم‌های متفاوت و درنتیجه، ضریب تغییرات بزرگ حتی در سطح‌های وسیع قطعه‌نمونه مشاهده می‌شود (Carrer *et al.*, 2018). در پژوهشی که توسط Fallah و همکاران (۲۰۰۰) با هدف تعیین مناسب‌ترین سطح قطعه‌نمونه برای برآورد دو ویژگی ساختاری حجم و تعداد درختان در هکتار در چند توده کمتردست‌خورده راش آمیخته انجام شد، سطح قطعه‌نمونه ۰/۷۵ تا یک هکتاری برای برآورد مناسب ویژگی‌های مذکور توصیه شد. این یافته با نتایج پژوهش پیش‌رو درمورد ویژگی حجم درختان سرپا در هکتار همخوانی دارد، اما در رابطه با ویژگی تراکم پایه‌ها در هکتار، پژوهش پیش‌رو نشان داد که برای برآورد مناسب این ویژگی، بیشتر از یک قطعه‌نمونه بزرگ (۰/۵۶۲۵ تا یک هکتاری) مورد نیاز است. نتایج پژوهش Král و همکاران (۲۰۱۰) نیز تغییرپذیری بزرگ‌تری برای ویژگی تراکم پایه‌ها در هکتار در مقایسه با ویژگی‌های سنتی دیگر مانند رویه زمینی و حجم در هکتار نشان داد. در پژوهش مذکور، نقطه عطف نمودار سطح- ضریب تغییرات برای ویژگی تراکم پایه‌ها در هکتار در مساحت بزرگ‌تری به‌دست آمد. همچنین، مساحت کل نمونه‌برداری و تعداد قطعه‌نمونه موردنیاز بیشتری برای این ویژگی محاسبه شد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش پیش‌رو مطابقت دارد. Carrer و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از قطعه‌نمونه‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ هکتاری (به‌ترتیب در توده‌های مدیریت‌شده و بکر راش اروپایی) برآورد مناسبی از ویژگی رویه زمینی ارائه کردند، اما برای ویژگی تراکم پایه‌ها، مساحت یک هکتار با ترکیب تصادفی چهار قطعه‌نمونه ۰/۲۵ هکتاری توصیه شد که با یافته‌های پژوهش پیش‌رو همخوانی دارد.

بررسی روند تغییرپذیری مشخصه‌های غیرمتداول ساختاری در این پژوهش، مؤید تغییرپذیری بسیار بزرگ برای ویژگی‌های حجم کل خشک‌دار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار بود. تفاوت میان کمینه و بیشینه برای این دو ویژگی در کوچک‌ترین قطعه‌نمونه‌ها، بسیار چشمگیر بود. ضریب تغییرات در قطعه‌نمونه‌های ۰/۰۶۲۵ هکتاری بیشتر از صددرصد به‌دست آمد (جدول ۱). نمودارهای کاهش ضریب تغییرات این دو ویژگی با افزایش سطح قطعه‌نمونه، روند مشابهی را نشان دادند و در مساحت قطعه‌نمونه ۰/۳۷۵ هکتاری به نقطه عطف خود رسیدند. با این‌وجود، حتی در قطعه‌نمونه‌های یک هکتاری، ضریب تغییرات همچنان برای این دو مشخصه در حدود ۲۰ درصد بود. این یافته‌ها نشان‌دهنده زیاد بودن ذاتی تغییرپذیری در ویژگی‌های مربوط به خشک‌دار هستند. همچنین، با محاسبه تعداد قطعه‌نمونه مورد نیاز برای برآورد ویژگی‌های حجم

www.SID.ir

Archive of SID

خشک‌دار و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار در سطح خطای ۲۰ درصد میانگین و با درنظر گرفتن تعداد قطعه‌ها و مساحت کل آماربرداری به‌دست‌آمده برای هر سطح قطعه‌نمونه مشخص شد که قطعه‌نمونه‌های بزرگ با مساحت ۰/۵۶۲۵ تا یک هکتاری برای ویژگی‌های خشک‌دار، کارایی بهتری داشتند (جدول ۲). مشخصه تعداد درختان قطور در هکتار در مقایسه با ویژگی‌های خشک‌دار، تغییرپذیری کمتری نشان داد. به‌نظر می‌رسد که علت آن با فراوانی قابل ملاحظه درختان قطور (با قطر برابر سینه مساوی یا بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر) و توزیع به‌نسبت یکنواخت آن در سراسر جنگل مورد بررسی به‌عنوان یک جنگل کهن‌سال مرتبط باشد. با وجود این، تفاوت میان مقادیر کمینه و بیشینه تعداد درختان قطور در قطعه‌نمونه‌های کوچک نیز قابل توجه بود. این ویژگی به‌صورت مشابهی مانند دو ویژگی سنتی رویه زمینی و حجم سرپا در هکتار در مساحت ۰/۲۵ هکتاری به نقطه عطف خود رسید، اما ضریب تغییرات آن با حدود ۱۱ درصد در مساحت یک هکتار، همچنان بزرگ‌تر از ویژگی‌های سنتی اشاره‌شده بود. با محاسبه تعداد قطعه‌نمونه‌های مورد نیاز نیز مشخص شد که برای برآورد ویژگی تعداد درختان قطور در هکتار، قطعه‌نمونه‌های کوچک ۰/۰۶۲۵ و ۰/۱۲۵ هکتاری مناسب‌تر از قطعه‌نمونه‌های بزرگ هستند (جدول ۲). این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های دیگر که تغییرپذیری بزرگی برای ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری گزارش کردند (Král *et al.,* 2010; Du *et al.,* 2015; Lombardi *et al.,* 2015)، همخوانی دارد. همچنین، نتایج پژوهش پیش‌رو، یافته‌های پژوهشگران دیگر که برای برآورد مناسب ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری، استفاده از قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تر یا مساحت آماربرداری کل بیشتری نسبت به ویژگی‌های سنتی ساختاری توصیه کردند (Zenner & Peck, 2009; Král *et al.,* 2010; Du *et al.,* 2015) را تأیید می‌کنند. در پژوهش Zenner و Peck (۲۰۰۹) در توده‌های معتدله کاج قرمز در آمریکای شمالی، به‌منظور برآورد ویژگی‌های سنتی ساختاری (رویه زمینی و تراکم پایه‌ها) یک قطعه‌نمونه ۰/۵ هکتاری و برای برآورد ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری (تراکم درختان بزرگ و خشک‌دار قطور سرپا) قطعه‌نمونه‌های بزرگ‌تر (۰/۷۵ تا یک هکتاری) پیشنهاد شد. Du و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی یک جنگل معتدله جوان کاج نوئل واقع در چین، قطعه‌نمونه‌های ۰/۰۱ و ۰/۲۵ هکتاری را به‌ترتیب برای برآورد ویژگی‌های سنتی ساختاری (شامل تراکم پایه‌ها و رویه زمینی) و غیرمتداول ساختاری (شامل درختان قطور و حجم کل خشک‌دار افتاده و سرپا) مناسب تشخیص دادند.

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که مشخصه‌های ساختاری مورد اندازه‌گیری در جنگل‌داری کلاسیک به‌طور عمومی تغییرپذیری کمتری نسبت به ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری داشتند. ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری مانند تعداد درختان قطور و به‌ویژه حجم کل خشک‌دارها و تعداد خشک‌دار قطور در بیشتر موارد، تغییرپذیری بسیار بزرگی در مساحت‌های متفاوت قطعه‌نمونه نشان می‌دادند. این امر در قطعه‌نمونه‌های کوچک، بسیار مشهود بود. براساس یافته‌های این پژوهش، برآورد مناسب ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری در یک دقت یکسان با ویژگی‌های کلاسیک باید در سطح‌های بزرگ‌تری (و یا مساحت کل آماربرداری بیشتری) انجام شود. این یافته می‌تواند به این معنا باشد که مدیران جنگل باید اندازه‌گیری‌های جنگل را طوری برنامه‌ریزی کنند که با صرف هزینه و زمان بیشتر در مقایسه با ویژگی‌های سنتی، دقت مورد نیاز برای ارزیابی و برآورد ویژگی‌های غیرمتداول ساختاری را تأمین کنند. با این وجود، به‌دلیل اهمیتی که این ویژگی‌ها به‌عنوان شاخص‌های قدرتمند زیستی در مدیریت جنگل پایدار و پایش تنوع زیستی بوم‌سازگان‌های جنگلی در طرح‌های نوین جنگل‌داری دارند، این امر تاحدی ناگزیر به‌نظر می‌رسد. همچنین، براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، استفاده از قطعه‌نمونه‌های کوچک ۰/۰۶۲۵ و ۰/۱۲۵ هکتاری برای برآورد مطلوب ویژگی‌های سنتی ساختاری شامل رویه زمینی، تراکم و حجم کل درختان در هکتار و ویژگی غیرمتداول تعداد درختان قطور در هکتار توصیه می‌شود،

www.SID.ir

Archive of SID

زیرا با کمک قطعه‌نمونه‌های کوچک می‌توان مساحت کل نمونه‌برداری را کاهش داد. این نکته را نیز باید درنظر داشت که استفاده از تعداد بیشتر قطعه‌نمونه‌های کوچک، احتمال تخمین بیشتر از حد مقادیر به‌دست‌آمده از قطعه‌نمونه‌های بزرگ انفرادی را کاهش داده و تغییرات درون‌توده‌ای را بهتر نشان می‌دهد. همچنین، برای برآورد مؤثر ویژگی‌های حجم و تعداد خشک‌دار قطور در هکتار پیشنهاد می‌شود که از قطعه‌نمونه‌های ۰/۵۶۲۵ تا یک هکتاری استفاده شود، زیرا تغییرپذیری زیاد این ویژگی‌ها در سطح‌های کوچک موجب می‌شود که دستیابی به دقت و صحت مورد نظر، مستلزم استفاده از تعداد بسیار زیادی قطعه‌نمونه کوچک باشد، در حالی‌که در قطعه‌نمونه‌های با مساحت بزرگ‌تر، علاوه‌بر اینکه تعداد کل قطعه‌نمونه کاهش می‌یابد، با استفاده از مساحت کل نمونه‌برداری کمتر نیز می‌توان به دقت برآورد مورد نظر رسید. یافته‌های پژوهش پیش‌رو از نظر کاربردی در راشستان‌های آمیخته شمال ایران حائز اهمیت است، زیرا نکات مهمی در رابطه با تغییرپذیری ویژگی‌های عمده ساختاری و نقش مساحت قطعه‌نمونه در دقت برآورد این ویژگی‌ها در درون توده‌های دست‌نخورده راش دارد. این یافته‌ها می‌تواند در کنار عواملی همچون برآورد هزینه و زمان مورد نیاز آماربرداری به‌منظور برنامه‌ریزی اندازه‌گیری‌های آینده جنگل مورد توجه مدیران جنگل قرار بگیرد.

منابع مورد استفاده

- Amini, M., Amini, R., Sagheb-Talebi, Kh. and Khorankeh, S.A., 2016. Tree density and stand structure estimation by stratified cluster and systematic random sampling methods. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 23(4): 719-731 (In Persian).
- Amini, M., Habashi, H. and Amini, R., 2007. A survey on the accuracy of the inventory method of sample plots with 1000m^2 area under random-systematic network for estimation of amount and distribution of stand volume, basal area and tree number in diameter classes. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 15(3): 195-206 (In Persian).
- Anonymous, 2008. Forest Management Plan: District 1 Dr. Bahramnia Forest, Watershed 85. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, 284p (In Persian).
- Carrer, M., Castagneri, D., Popa, I., Pividori, M. and Lingua, E., 2018. Tree spatial patterns and stand attributes in temperate forests: The importance of plot size, sampling design, and null model. Forest Ecology and Management, 407: 125-134.
- Corona, P., Chirici, G., McRoberts, R.E., Winter, S. and Barbati, A., 2011. Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring. Forest Ecology and Management, 262(11): 2061-2069.
- Du, J., Zhao, W.J., He, Z.B., Yang, J.J., Chen, L.F. and Zhu, X., 2015. Characterizing stand structure in a spruce forests: effects of sampling protocols. Sciences in Cold and Arid Regions, 7(3): 245-256.
- Emborg, J., Christensen, M. and Heilmann-Clausen, J., 2000. The structural dynamics of Suserop Skov, a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. Forest Ecology and Management, 126(2): 173-189.
- Erfani Fard, Y., Feghhi, J., Zobeiri, M. and Namiranian, M., 2007. Determining proper area and shape of sample plot for crown cover estimation using forest simulation in Zagros Region. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14(4): 360-370 (In Persian).
- Fallah, A., Zobeiri, M., Jazirehi, M.H. and Marvie Mohajder, M.R., 2000. Determination of the most appropriate plot area for investigating the structure of natural beech stands in Mazandaran and Golestan provinces. Proceedings of National Conference on Management of Northern Iranian Forests and Sustainable Development. Ramsar, Iran, 6-7 Sep. 2000: 481-493 (In Persian).
- Gadow, K.V., Zhang, C.Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Myklush, S., Hui, G.Y., Kiviste, A. and Zhao, X.H., 2012. Forest structure and diversity: 29-83. In: Pukkala, T. and von Gadow, K. (Eds.). Continuous Cover Forestry (Managing Forest Ecosystems), Second Edition. Springer, Dordrecht, 296p.
- Häbel, H., Kuronen, M., Henttonen1, H.M., Kangas, A. and Myllymäki, M., 2019. The effect of spatial structure of forests on the precision and costs of plot-level forest resource estimation. Forest Ecosystems, 6(8): 19p.
- Kint, V., Lust, N., Ferris, R. and Olsthoorn, A.F.M., 2000. Quantification of forest stand structure applied to scots pine *(Pinus sylvestris* L.) forests. Forest Systems, 9: 147-163.
- Kint, V., Robert, D.W. and Noël, L., 2004. Evaluation

www.SID.ir

Archive of SID

Ecology and Management, 346: 89-97.
- Maleki, K. and Kiviste, A., 2015. Effect of sample plot size and shape on estimates of structural indices: A case study in mature silver birch (*Betula pendula* Roth) dominating stand in Järvselja. Forestry Studies, 63(1): 130-150.
- Zar, J.H., 1996. Biostatistical Analysis, Third Edition. Prentice-Hall, Eryelwood Cliffs, New Jersey, 662p.
- Zenner, E.K. and Peck, J.L.E., 2009. Characterizing structural conditions in mature managed red pine: Spatial dependency of metrics and adequacy of plot size. Forest Ecology and Management, 257(1): 311-320.
of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. Ecological Modelling, 180(4): 461-476.
- Král, K., Janík, D., Vrška, T., Adam, D., Hort, L., Unar, P. and Šamonil, P., 2010. Local variability of stand structural features in beech dominated natural forests of Central Europe: Implications for sampling. Forest Ecology and Management, 260(12): 2196-2203.
- Lombardi, F., Marchetti, M., Corona, P., Merlini, P., Chirici, G., Tognetti, R., Burrascano, S., Alivernini, A. and Puletti, N., 2015. Quantifying the effect of sampling plot size on the estimation of structural indicators in old-growth forest stands. Forest

www.SID.ir

Archive of SID

Impact of plot area on structural attributes estimation in a mixed beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand

S.S. Nourolahi [1], R. Rahmani [2*], H. Habashi [3] and D. Castagneri [4]

1- Ph.D. Student of Silvicultural and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rahmani@gau.ac.ir
3- Associate Prof., Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4- Postdoc Researcher, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), Birmensdorf, Switzerland

Received: 30.12.2019 Accepted: 14.03.2020

Abstract

In continuous cover forestry, the evaluation of forest structure by sampling plots is an important source of information for monitoring biodiversity and resistance criteria in forest ecosystems. Therefore, a precise and accurate sampling design to estimate the structural attributes is required. This study aimed to investigate the impact of plot area on variability and estimates of 1) traditional structural attributes including basal area, density and volume of living trees, and 2) unconventional structural attributes including the number of large trees, total deadwood volume, and the number of large deadwood elements. For this purpose, a 16-ha permanent research plot was divided into 256 0.0625-ha plots, in which all information on living trees and deadwoods was collected. Then, the traditional and unconventional structural attributes were calculated for all sample plots of different sizes (0.0625, 0.125, 0.25, 0.375, 0.5625, 0.75, and 1 ha), followed by calculating the coefficient of variation for each attribute. The results showed that the variability of the structural attributes decreased with increasing plot area. The coefficient of variation on unconventional structural attributes is generally higher than traditional attributes. By calculating the minimal number of plots within a 20% mean error, it was found that the small plots (0.026 and 0.125 ha) are more appropriate for estimating the structural attributes including basal area, density, the volume of living trees, and the number of large trees. Moreover, large plots (0.5625, 0.75, and 1 ha) are more effective to estimate the structural attributes including total deadwood volume and the number of large deadwood elements.

Keywords: Coefficient of variation, continuous cover forest management, intact forest, traditional structural attributes.

www.SID.ir