



## تنوع گونه‌های درختی و شرایط تاج و تنه درخت به‌عنوان شاخص‌های پایش سلامت جنگل در حوزه آبخیز جنگلی ماسوله

عطیه شهامتی‌نژاد<sup>۱</sup>، رقیه جهدی<sup>۲\*</sup> و فرشاد کیوان بهجو<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد علوم زیستی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل  
<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل  
<sup>۳</sup> استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۶)

### چکیده

این پژوهش با هدف تجزیه و تحلیل تنوع گونه‌های درختی و شرایط تاج و تنه درختان به‌منزله شاخص‌های سلامت جنگل در حوزه آبخیز جنگلی ماسوله در استان گیلان انجام گرفت. جمع‌آوری داده‌های میدانی با استفاده از نمونه‌برداری خوشه‌ای براساس روش پایش سلامت جنگل (FHM) صورت پذیرفت. در مجموع پنج خوشه شامل ۲۰ قطعه نمونه در توده جنگلی راش آمیخته در نظر گرفته شد. در داخل هر خوشه مشخصات کمی و کیفی درختان موجود مانند قطر برابر سینه، ارتفاع کل، قطر تاج، درصد خشکیدگی تاج و کیفیت تنه درختان بررسی و اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی تنوع گونه‌های درختی، شاخص‌های تنوع، یکنواختی و غنای گونه‌ای در هر خوشه محاسبه شد. براساس نتیجه تجزیه واریانس، در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری در بین شاخص‌های مذکور در خوشه‌های اندازه‌گیری شده مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). بیشترین تنوع گونه‌های درختی در خوشه ۲ و کمترین آن در خوشه ۳ به‌دست آمد. بیشترین تغییرات در تنوع گونه‌های درختی در خوشه ۴ مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد که همه خوشه‌ها در منطقه پژوهش از نظر شاخص تنوع گونه‌های درختی شرایط خوبی دارند. مقدار خشکیدگی تاج درختان در برخی گونه‌ها متناسب با روند تغییرات قطر تاج بود و گونه‌های درختی شمشاد و خرمندی بیشترین درصد خشکیدگی تاج (در حدود ۱۷ درصد) را به خود اختصاص دادند. در خصوص کیفیت تنه درختان نیز بیش از ۸۰ درصد درختان در این توده جنگلی دارای درجه کیفی خوب هستند. نتیجه‌گیری نهایی آن است که وضعیت سلامت بوم‌سازگان بررسی شده از نظر سطح تنوع گونه‌های درختی و شرایط تاج و تنه درخت مطلوب است.

**واژه‌های کلیدی:** پایش سلامت جنگل، جنگل راش آمیخته، ماسوله، نمونه‌برداری خوشه‌ای.

### مقدمه

جنگل، شرایط جنگل از نظر سن، ساختار، ترکیب، عملکرد، قدرت، نبود سطوح غیرمعمول از حشرات یا بیماری و تاب‌آوری در برابر آشفستگی تعریف شده است (Warren, 2007; Raffa et al., 2009; Kayet et al., 2019). دانش کافی درباره سلامت جنگل‌ها و عوامل

حفظ سلامت و شادابی جنگل، پایه و اساس مدیریت پایدار جنگل است (FAO, 2005). جنگل سالم بوم‌سازگانی پایدار، خودتنظیم، مستقل و در طول زمان مقاوم به تنش‌های محیطی است. سلامت

است که به صورت گسترده در بررسی سلامت و شادابی درختان جنگل اندازه‌گیری می‌شود. زمانی که تنش‌های طبیعی یا انسانی بر جنگل تأثیر می‌گذارد، اولین نشانه‌های زوال در تاج درخت مشاهده می‌شود. بنابراین کمی‌سازی خصوصیات تاج درخت یکی از اصول ارزیابی سلامت جنگل است (Schomaker et al., 2007). اطلاعات درباره این شاخص، در پاسخ به سؤال در مورد تأثیر عوامل تنش‌زای زنده و غیرزنده و چگونگی تأثیر آنها بر شرایط زیستی و فرایندهای درون جامعه جنگل کمک می‌کند (Stolte et al., 2002). در این زمینه کم‌وبیش پژوهش‌هایی در جهان و ایران انجام گرفته است. برای ارزیابی سلامت جنگل از ویژگی‌های کمی و کیفی تاج مانند ابعاد تاج، تراکم تاج، حجم و سطح تاج، خشکیدگی تاج، مقدار دریافت نور و موقعیت رقابتی تاج استفاده می‌شود (Juknys & Augustaitis, 1998; Zarnoch et al., 2004; Takahashi et al., 2005; Schomaker et al., 2007; Azaryan et al., 2015; Fallah & Haidari, 2018). با توجه به پیچیدگی بوم‌سازگان جنگل واضح است که اندازه‌گیری همه جنبه‌های این بوم‌سازگان بسیار سخت است. با وجود این، می‌توان چند شاخص نمایانگر مؤلفه‌های اصلی سلامت جنگل را انتخاب کرد. انتخاب و کاربرد شاخص‌ها باید شرایط علمی و عملی برای تعیین کمیت سلامت جنگل را فراهم کند که تأثیر مهمی در اهداف مدیریتی و موفقیت آنها دارد (Fengii et al., 2004; Kruse, 2019). در این پژوهش سعی شد که حد تنوع گونه‌های درختی و شرایط تاج و تنه درختان تیپ راش (*Fagus orientalis* Lipsky) آمیخته برای پایش سلامت جنگل در حوزه آبخیز ماسوله در استان گیلان بررسی شود. پایش و مدیریت سطح تنوع گونه‌های درختی و به‌طور کلی آگاهی از وضعیت سلامت جنگل به‌منظور برنامه‌ریزی صحیح برای رسیدن به مدیریت پایدار جنگل و کاهش آثار منفی عوامل طبیعی و انسانی ضروری است.

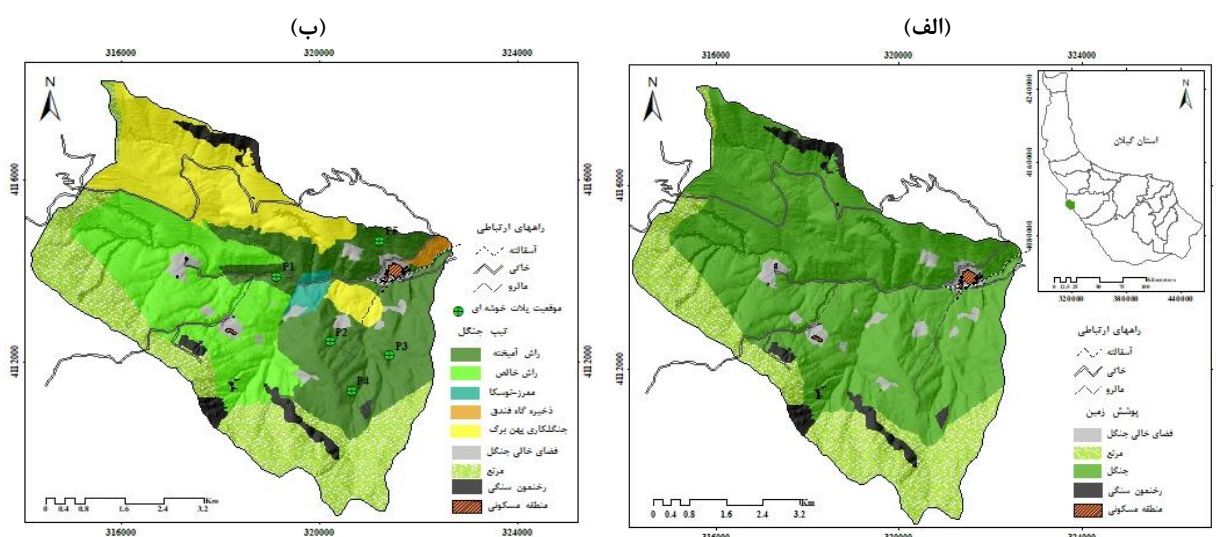
مؤثر بر ایجاد و گسترش جنگل‌های ناسالم، شناسایی اقدامات مناسب را برای تقویت توسعه پایدار بوم‌سازگان‌های جنگلی امکان‌پذیر می‌کند. بنابراین اهمیت کاربردی ارزیابی سلامت این بوم‌سازگان‌ها بیش از پیش برجسته می‌شود (Cao et al., 2019). از آنجا که سلامت بوم‌سازگان را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری یا مشاهده کرد، برای ارزیابی آن اغلب از شاخص استفاده می‌شود (Smith & Conkling, 2004). شاخص‌های مختلف مانند تنوع زیستی، کیفیت خاک، زادآوری، شرایط تاج و تنه درخت، خشک‌دار، آسیب وارد شده به درختان، پوشش گیاهی، گل‌سنگ‌ها، حساسیت درختان به آلاینده‌ها، رشد درختان و مرگ‌ومیر درختان برای دستیابی به مدیریت پایدار جنگل توسعه یافته است (Juknys & et al., 2002). به دلیل پیچیدگی‌های جنگل اندازه‌گیری همه ویژگی‌های آن مقدور نیست، به همین دلیل باید متغیرهای اساسی نشان‌دهنده سلامت جنگل انتخاب و اندازه‌گیری شوند (Ferretti, 1998). در این تحقیق با توجه به شرایط حاکم بر جنگل از دو دسته شاخص سلامت جنگل شامل تنوع زیستی گونه‌های درختی و شرایط تاج و تنه درخت استفاده شد. تنوع زیستی شامل گستره وسیعی از مقیاس‌های مکانی و دارای اجزای مربوط به ساختار جنگل، ترکیب و عملکرد است (Ćosović et al., 2020). از شاخص‌های تنوع زیستی برای پایش تغییرات جوامع زیستی در پژوهش‌های مختلفی استفاده شده است (Ndah et al., 2013; Akhtar & Bergmeier, 2015; Kanagaraj et al., 2016). در ایران نیز تنوع زیستی در مناطق جنگلی به‌صورت ترکیبی از گونه‌های درختی مختلف، اندازه‌های قطر و ارتفاع و پراکنش مکانی آنها بررسی شده است (Farhadi et al., 2017; Haidari et al., 2019; Bayat et al., 2020). شاخص شرایط تاج و تنه درخت نیز از متغیرهایی

## مواد و روش‌ها

## منطقه پژوهش

منطقه پژوهش بخش جنگلی از حوزه آبخیز ماسوله با وسعت حدود ۴۰۰۰ هکتار است که در استان گیلان، در بخش غربی شهرستان فومن و در محدوده جغرافیایی عرض شمالی  $37^{\circ}06'$  تا  $37^{\circ}12'$  و طول شرقی  $48^{\circ}54'$  تا  $49^{\circ}01'$  قرار دارد. دامنه ارتفاعی این بخش جنگلی ۴۰۰ تا ۲۹۰۰ متر از سطح دریاست (شکل ۱-الف). اقلیم ناحیه به روش آمبرژه از نوع مرطوب سرد و متوسط بارندگی سالیانه ۹۳۰ میلی‌متر است (Bigdeli et al., 2014). بافت خاک اغلب از نوع لومی و رسی است (Zare et al., 2016). بخش جنگلی با مساحت ۲۴۷۰ هکتار،

۵۸ درصد از این حوزه را شامل می‌شود که بیشتر آن جنگل انبوه است. دیگر پوشش زمین این حوزه قسمت‌های مرتعی است (شکل ۱-الف). عمده تیپ‌های جنگلی این منطقه شامل تیپ راش خالص، تیپ راش آمیخته همراه تک‌پایه‌های توسکا-افرا-گردو، تیپ راش-ممرز، تیپ ممرز-توسکا-راش، جنگلکاری‌های سنواتی و تیپ فندق (ذخیره‌گاه جنگلی) است (شکل ۱-ب). این تحقیق در توده جنگلی راش آمیخته واقع در ارتفاعات بالابند (بیش از ۱۴۰۰ متر از سطح دریا) با بیشترین وسعت (۱۰۳۴ هکتار) بدون سابقه اجرای طرح‌های جنگلداری و بهره‌برداری در منطقه انجام گرفت.



شکل ۱- نقشه‌های موقعیت حوزه آبخیز ماسوله در استان گیلان و کاربری/پوشش زمین منطقه پژوهش (الف) و تیپ جنگل و موقعیت پنج خوشه اندازه‌گیری‌شده در تیپ راش آمیخته (ب)

در مناطق مختلف جهان از این روش برای پایش شاخص‌های سلامت جنگل استفاده شده است (Juknys & Augustaitis, 1998; Lausch et al., 2017; Potter & Conkling, 2015, 2019). براساس این روش، طراحی خوشه برای آماربرداری جنگل شامل چهار قطعه نمونه با شعاع  $7/3$  متری است.

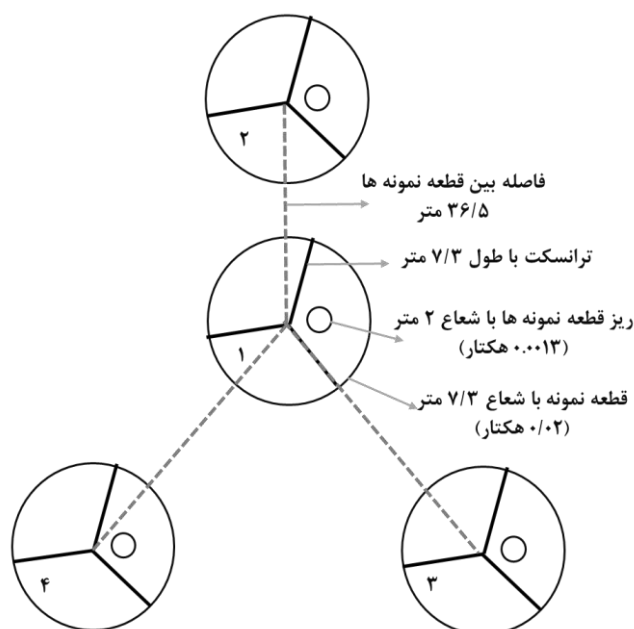
## شیوه اجرای پژوهش

## روش نمونه‌برداری

در این پژوهش، جمع‌آوری داده میدانی با استفاده از نمونه‌برداری خوشه‌ای براساس روش پایش سلامت جنگل (FHM) مطابق با (Mangold (1997) و USDA (2005, 2009) به‌دست آمد. در پژوهش‌های متعددی

نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند (از پیش تعیین شده) تعیین شد (Mangold, 1997). در مجموع پنج خوشه شامل ۲۰ قطعه نمونه در توده جنگلی راش آمیخته در منطقه پژوهش در نظر گرفته شد (شکل ۱-ب). مشخصه‌های مربوط به شاخص‌های سلامت جنگل مانند تنوع گونه‌های درختی، شرایط تاج و تنه درخت در این قطعه نمونه‌ها به شرح زیر اندازه‌گیری و ثبت شد. این شاخص‌ها در مرداد و شهریور ۱۳۹۹ در منطقه پژوهش اندازه‌گیری شدند.

فاصله بین مراکز این قطعه نمونه‌ها ۳۶/۵ متر است. در هر قطعه نمونه همه درختان با قطر برابر سینه بیش از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند (شکل ۲). شایان ذکر است که وجود یک ریز قطعه نمونه (با شعاع دو متر از مرکز قطعه نمونه) و نیز ترانسکت (با طول ۷/۳ متر در هر قطعه نمونه) در این شکل به ترتیب مربوط به اندازه‌گیری‌های زادآوری و خشک‌دار می‌شود. افزون‌بر درختان اندازه‌گیری شده در این قطعه نمونه‌ها، داده در زمینه شیب، جهت و ارتفاع هر قطعه نمونه نیز ثبت شد. موقعیت هر خوشه براساس



شکل ۲- طرح خوشه‌ای برای اندازه‌گیری شاخص‌های سلامت جنگل در منطقه پژوهش (USDA, 2005, 2009)

بررسی تنوع گونه‌های درختی در قطعه نمونه تحت بررسی از شاخص‌های شانون-وینر و سیمپسون و برای تعیین یکنواختی گونه‌ها و غنای گونه‌ای به ترتیب از شاخص‌های پیلو و مارگالف استفاده شد (جدول ۱). ارزیابی تنوع زیستی گونه‌های درختی و محاسبه شاخص‌های تنوع گونه‌ای، غنای گونه‌ای و یکنواختی در هر خوشه انجام گرفت.

### اندازه‌گیری شاخص تنوع گونه‌های درختی

در این تحقیق در هر قطعه نمونه تنها در اشکوب درختی، تعداد درختان به تفکیک گونه، قطر برابر سینه و ارتفاع همه درختان با قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر شمارش و اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قطر برابر سینه درختان از دستگاه خط‌کش دوبازو و برای اندازه‌گیری ارتفاع درختان از دستگاه سونتو در فاصله ۲۰ متری درخت تا دقت سانتی‌متر استفاده شد. برای

جدول ۱- فرمول شاخص‌های تنوع، یکنواختی و غنا

شاخص	فرمول
تنوع	$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^S \left[ \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)} \right]$
یکنواختی	$H' = - \sum_{i=1}^S Pi \ln Pi$
غنا	$E = \frac{H'}{\ln(S)}$
	$R = \frac{S - 1}{\ln(N)}$

S: تعداد گونه‌ها، N: تعداد کل افراد در نمونه،  $P_i$ : فراوانی نسبی گونه  $i$  ام،  $\ln$ : لگاریتم طبیعی،  $n_i$ : تعداد افراد گونه  $i$  ام،  $N_i$ : تعداد افراد کل گونه‌ها در نمونه

و ضعیف (تنه چندشاخه، دارای پوسیدگی و انحنای شدید) دسته‌بندی شد (Marvie Mohadjer & Azaryan et al., 2015; Moradi, 2012). افزون‌بر این، به‌منظور اندازه‌گیری خشک‌دارها در هر قطعه نمونه ترانسکت‌هایی با طول ۷/۳۲ متر پیاده شد. برای هر یک از خشک‌دارها نوع گونه، قطر (بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر) و ارتفاع آنها تعیین شد.

### روش تحلیل

در ابتدا نرمال بودن داده‌های کمی با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس با استفاده از آزمون لون همگن بودن داده‌های کمی بررسی شد. برای مقایسه میانگین‌ها از تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد. محاسبه مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی با استفاده از نرم‌افزار PAST، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24 و ترسیم نمودارها نیز از طریق نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ انجام گرفت.

### نتایج

بررسی آماره‌های توصیفی قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر تاج و تعداد درختان در هکتار نتایج بررسی آماره‌های توصیفی داده‌های زمینی قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر تاج درختان و تعداد در

### اندازه‌گیری شاخص شرایط تاج و تنه درخت

برای مشخص کردن سلامت تاج درختان، قطر تاج و درصد خشکیدگی تاج اندازه‌گیری شد. در هر قطعه نمونه قطر تاج درختان با استفاده از متر لیزری لایکا (مدل D510) اندازه‌گیری شد. قطر تاج در دو راستای شمال-جنوب و غرب-شرق از راه تعیین پای عمود تاج روی زمین اندازه‌گیری و میانگین قطر تاج برای هر درخت محاسبه شد (Nasiri et al., 2020). همچنین درصد مرگ‌ومیر اخیر در پیرامون تاج زنده (بخش انتهایی شاخه‌هایی که قطر کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر دارند) در بخش بالایی و رو به خورشید تاج به‌عنوان خشکیدگی تاج تعریف شد. فرض بر این است که خشکیدگی این شاخه‌ها در نتیجه استرس‌هایی به غیر از رقابت و سایه‌اندازی است (Zarnoch et al., 2004). خشکیدگی تاج در طبقات پنج درصدی ثبت و به‌صورت صفر، پنج، ۱۰ تا ۱۰۰ کدگذاری شد. کیفیت تنه درختان شامل مشخصات و علائم فیزیکی قابل مشاهده (مانند شاقولی بودن تنه، وجود گره، سوراخ و انواع پوسیدگی) روی درختان سرپاست که برخلاف کیفیت چوب می‌تواند در طول آماربرداری میدانی جنگل ارزیابی شود (Bosela et al., 2016). در این بررسی کیفیت تنه در سه سطح خوب (تنه واحد، بدون انحنای و پوسیدگی)، متوسط (تنه چندشاخه، دارای انحنای و پوسیدگی کم)

گونه‌های راش و بلوط بلندمازو است. بررسی آماره‌های توصیفی مشخصه‌های قطر برابرسینه و ارتفاع نشان داد که دامنه تغییرات این مشخصه‌ها زیاد بود که توده جنگلی مورد بررسی دانه‌زاد ناهمسال است.

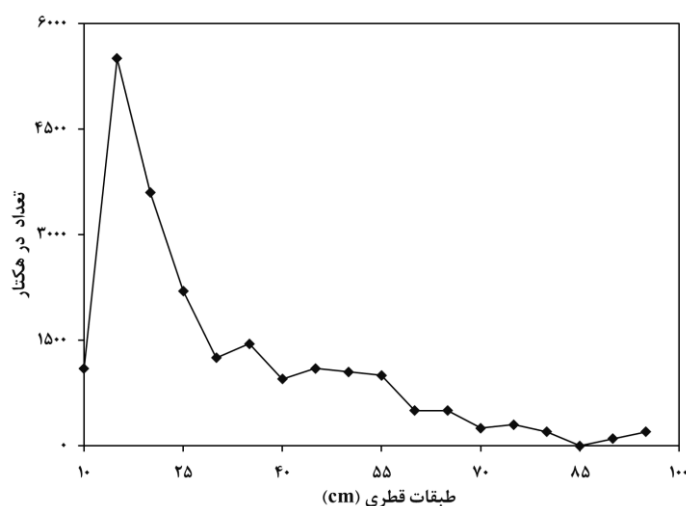
هکتار در جدول ۲ ارائه شد. میانگین، کمینه و بیشینه قطر برابرسینه به ترتیب ۳۰/۶۰، ۱۰ و ۹۵ سانتی‌متر و ارتفاع به ترتیب ۱۴/۳۲، ۴ و ۴۶ متر بود. بیشینه قطر برابرسینه و نیز بیشینه ارتفاع درختان مربوط به

جدول ۲- آماره‌های توصیفی حاصل از نمونه‌برداری میدانی در پنج خوشه اندازه‌گیری شده در توده جنگلی تحت بررسی

آماره	قطر برابرسینه (cm)	ارتفاع (m)	قطر تاج (m)	تعداد پایه	تعداد در هکتار
میانگین	۳۰/۶۰	۱۴/۳۲	۷/۰۹	۸۵	۱۰۶۲/۵
کمینه	۱۰	۴	۲/۸۳	۷۸	۹۷۵
بیشینه	۹۵	۴۶	۲۰/۴۵	۱۰۲	۱۲۷۵
انحراف معیار	۱۸/۵۹	۸/۰۹	۳/۸۵	۸/۸۳	۱۱۰/۴۰

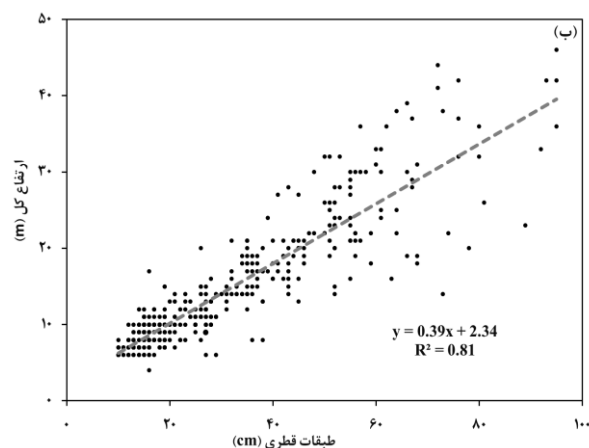
میانگین قطر برابرسینه در کل توده ۳۰/۶۰ سانتی‌متر بود و بررسی چولگی و هم‌کشیدگی نشان داد که پراکنش درختان در طبقات قطری از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند (شکل ۳). چنانکه از این منحنی پراکنش تعداد در طبقات قطری برمی‌آید، بیشترین فراوانی به ترتیب مربوط به طبقات قطری ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متری است، به همین ترتیب در طبقات قطری بالاتر از فراوانی درختان کاسته می‌شود.

از نظر تعداد در هکتار در مجموع پنج خوشه اندازه‌گیری شده، به صورت میانگین ۱۰۶۲ درخت در هکتار در توده بررسی شده محاسبه شده است. بیشینه تعداد در هکتار (۱۲۷۵) مربوط به خوشه ۴ و کمینه تعداد در هکتار (۹۷۵) مربوط به خوشه ۵ است. به منظور رسم منحنی پراکنش قطری از مشخصه‌های قطر برابرسینه و تعداد در هکتار استفاده شد (شکل ۳). شکل این منحنی پراکنش قطری کاهنده بود که در واقع نمونه‌ای از جنگل‌های دانه‌زاد ناهمسال است.

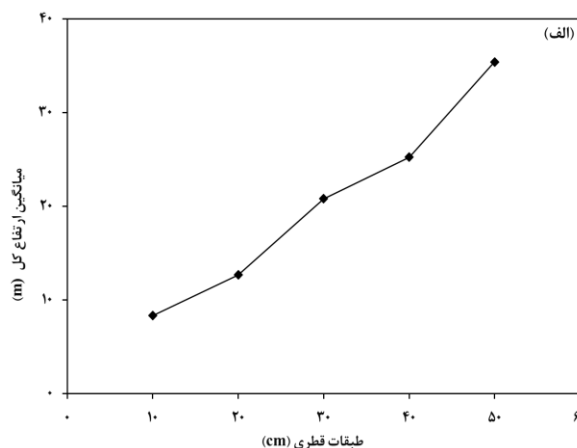


شکل ۳- تعداد در هکتار درختان در طبقات قطری در توده جنگلی تحت بررسی

جنگلی در این شکل ارائه شده است. بررسی پراکنش قطر برابر سینه و ارتفاع درختان همبستگی معنی‌داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ) و این رابطه از مدلی خطی پیروی می‌کند (شکل ۴-ب).



نمودار ارتفاع درختان در طبقات قطری مختلف نشان می‌دهد که با افزایش طبقه قطری میانگین ارتفاع نیز افزایش یافته است (شکل ۴-الف). همچنین ابر نقاط درختان اندازه‌گیری شده در توده



شکل ۴- نمودار میانگین ارتفاع درختان در طبقات قطری مختلف (الف) و نمودار ابر نقاط رابطه قطر برابر سینه و ارتفاع درختان (ب) در توده جنگلی تحت بررسی

مقدار شاخص یکنواختی پیلو (۰/۷۷) به مقدار بیشینه (۱) نزدیک است. افزون بر این، مقدار عددی شاخص مارگالف به‌طور متوسط ۲/۹۳ به‌دست آمد. در زمینه میانگین مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی در خوشه‌ها، مقادیر شاخص تنوع گونه‌های شانون-وینر (۲/۱۷) و سیمپسون (۰/۸۵) و شاخص یکنواختی (۰/۸۲) در خوشه ۲ بیشینه است، در حالی که بیشینه غنای گونه‌ای (۳/۰۳) متعلق به خوشه ۴ است. کمینه مقادیر شاخص تنوع گونه‌های شانون وینر (۱/۸۹) و سیمپسون (۰/۷۸) و غنای گونه‌ای (۲/۷۰) متعلق به خوشه ۳ است و کمینه شاخص یکنواختی (۰/۷۳) مربوط به خوشه ۴ است. نتایج تحلیل واریانس یکطرفه برای خوشه‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای، غنای گونه‌ای و یکنواختی در بین خوشه‌های بررسی شده وجود ندارد ( $p > 0.05$ ). بررسی تغییرات میانگین شاخص‌های تنوع گونه‌ای، یکنواختی و غنای گونه‌ای در خوشه‌های مختلف در شکل ۶ ارائه شده است.

### تنوع گونه‌های درختی

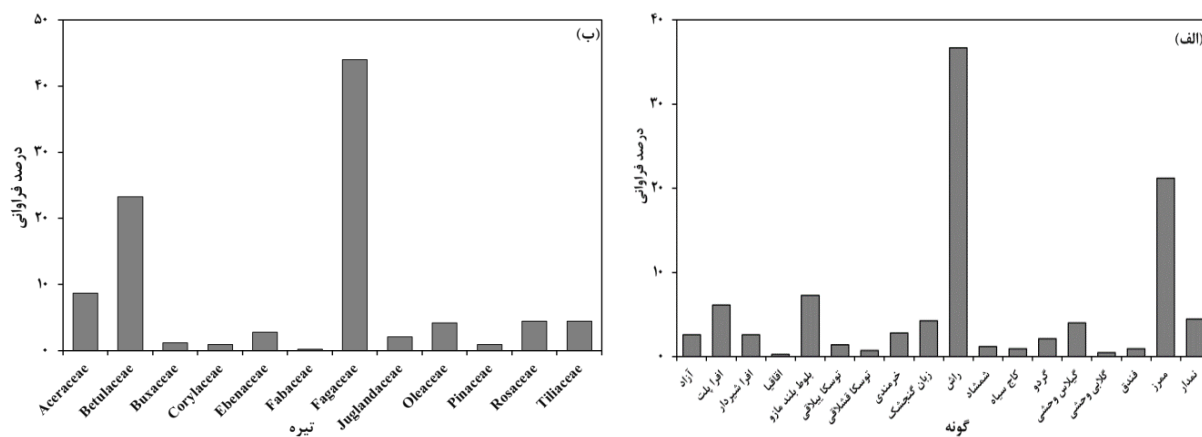
در کل ۴۲۵ درخت از ۱۸ گونه و ۱۳ خانواده در منطقه پژوهش با وسعت ۱۰۳۴ هکتار شناسایی شد (جدول ۳ و شکل ۵). بیشترین تعداد پایه‌ها به‌ترتیب متعلق به گونه‌های راش (۱۵۶ پایه) و مرمرز (۹۰ پایه) و کمترین تعداد پایه‌ها متعلق به گونه‌های افاقیا (۱ پایه) و گلابی وحشی (۲ پایه) است (شکل ۵-الف). خانواده‌های Fagaceae و Betulaceae به‌ترتیب با ۴۴ درصد (۱۸۷ پایه) و ۲۳/۳ درصد (۹۹ پایه)، بیشترین درصد پوشش را به خود اختصاص دادند (شکل ۵-ب).

### شاخص تنوع گونه‌های درختی

نتایج ارزیابی شاخص‌های تنوع گونه‌ای، یکنواختی و غنای گونه‌ای در خوشه‌های بررسی شده در جدول ۴ ارائه شده است. در مجموع پنج خوشه، مقدار شاخص تنوع شانون-وینر تقریباً متوسط (۲/۰۳) و سیمپسون (۰/۸۱) نزدیک به مقدار بیشینه (۱) است. همچنین

جدول ۳- نام گونه‌های درختی، میانگین درصد پوشش و تعداد پایه‌ها در توده جنگلی بررسی شده

خانواده	گونه	نام علمی	میانگین درصد پوشش	تعداد پایه
Aceraceae	افرا پلت	<i>Acer velutinum</i> Boiss.	۶/۱۲	۲۶
	افرا شیردار	<i>Acer cappadocicum</i> Gled.	۲/۵۹	۱۱
Betulaceae	ممرز	<i>Carpinus betulus</i> L.	۲۱/۱۸	۹۰
	توسکای بیلاقی	<i>Alnus subcordata</i> C.A.Mey.	۱/۴۱	۶
	توسکای قشلاقی	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	۰/۷۱	۳
Buxaceae	شمشاد	<i>Buxus hyrcana</i> Pojark.	۱/۱۸	۵
Corylaceae	فندق	<i>Corylus avellana</i> L.	۰/۹۴	۴
Ebenaceae	خرمندی	<i>Diospyros lotus</i> L.	۲/۸۲	۱۲
Fabaceae	اقاقیا	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	۰/۲۴	۱
Fagaceae	بلوط بلندمازو	<i>Quercus castaneifolia</i> C.A.Mey.	۷/۲۹	۳۱
	راش	<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.	۳۶/۷۱	۱۵۶
Juglandaceae	گردو	<i>Juglans regia</i> L.	۲/۱۲	۹
Oleaceae	زبان گنجشک	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	۴/۲۴	۱۸
Pinaceae	کاج سیاه	<i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold.	۰/۹۴	۴
Rosaceae	گیلاس وحشی	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench.	۴	۱۷
	گل‌ابی وحشی	<i>Pyrus glabra</i> Boiss.	۰/۴۷	۲
Tiliaceae	نمدار	<i>Tilia begonifolia</i> Stev.	۴/۴۷	۱۹
Ulmaceae	آزاد	<i>Zelkova carpinifolia</i> (Pall.) K. Koch.	۲/۵۹	۱۱

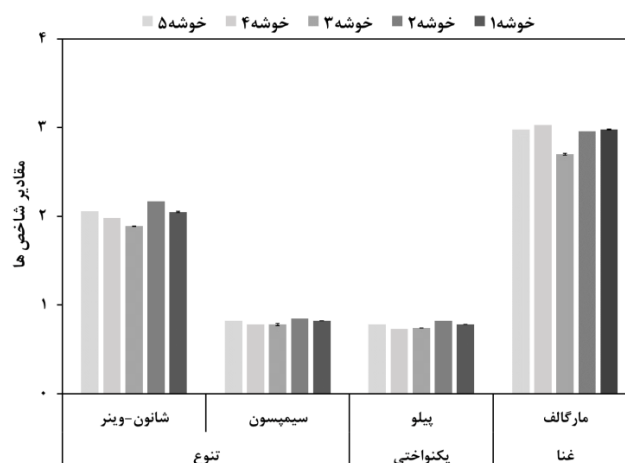


جدول ۴- آماره‌های توصیفی و تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی در خوشه‌ها در توده جنگلی بررسی شده

شاخص	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	مقدار F	معنی‌داری
تنوع	۲/۰۳	۰/۱۰	۱/۸۵	۲/۲۳	۰/۲۶۴	۰/۹۹۱ <sup>ns</sup>
یکنواختی	۰/۸۱	۰/۰۳	۰/۷۴	۰/۸۵	۰/۱۲۸	۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>
غنا	۲/۹۳	۲/۱۶	۰/۰۰	۸/۰۴	۰/۱۶۶	۰/۹۹۹ <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> معنی‌دار نبودن





شکل ۶- میانگین ( $\pm$  اشتباه معیار) شاخه‌های تنوع، یکنواختی و غنای گونه‌ای در خوشه‌های مختلف در توده بررسی شده

کل درختان موجود ۷/۰۹ متر به‌دست آمد. گونه‌های راش و بلوط بلندمازو بیشترین قطر تاج اندازه‌گیری شده (در حدود ۲۰ متر) را نشان دادند (جدول ۵).

#### شاخص شرایط تاج و تنه درخت

مقادیر میانگین، انحراف معیار، کمینه و بیشینه قطر تاج اندازه‌گیری شده (متر) و خشکیدگی تاج (درصد) در جدول ۵ ارائه شده است. میانگین قطر تاج

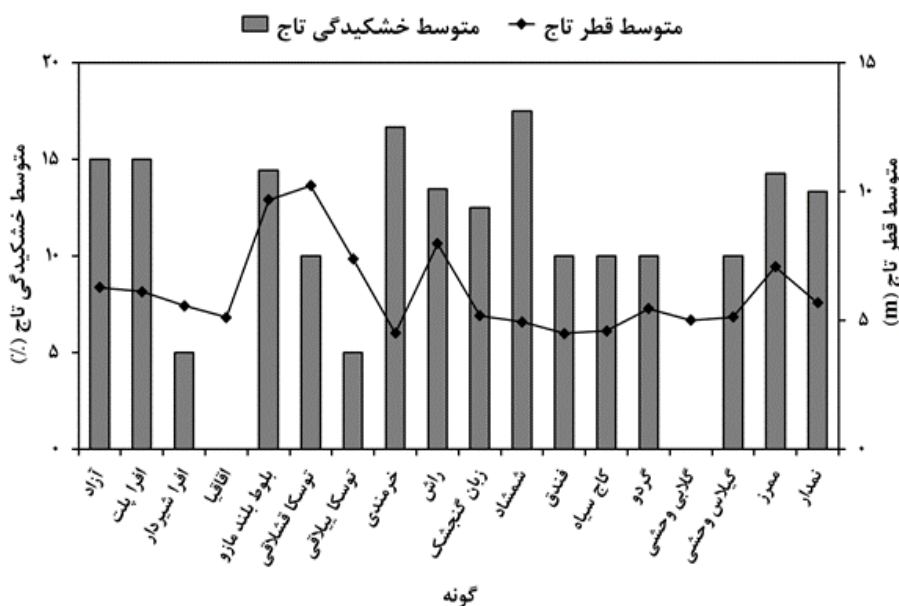
جدول ۵- نتایج آمار توصیفی قطر تاج و درصد خشکیدگی تاج در بین گونه‌های درختی توده جنگلی بررسی شده

گونه	قطر تاج (m)		خشکیدگی تاج (درصد)	
	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
آزاد	۶/۲۷	۳/۱۵	۲/۸۳	۱۳/۸۱
افرا پلت	۶/۱۱	۲/۰۹	۳/۴۵	۱۰/۲۹
افرا شیردار	۵/۵۶	۲/۳۶	۳/۰۳	۱۰/۰۸
اقاقیا	۵/۱۱	۰/۰۰	۵/۱۱	۵/۱۱
بلوط بلندمازو	۹/۷۶	۴/۶۴	۲/۸۳	۲۰/۴۵
توسکای فشلاقی	۱۰/۲۲	۳/۳۳	۷/۱۸	۱۴/۸۵
توسکای بیلاقی	۷/۳۹	۲/۶۱	۳/۸۶	۱۱/۱۲
خرمندی	۴/۵۰	۱/۱۹	۳/۴۵	۶/۵۶
راش	۷/۹۸	۴/۵۳	۲/۸۳	۲۰/۴۵
زبان گنجشک	۵/۱۷	۱/۲۹	۳/۶۶	۸/۰۱
شمشاد	۴/۹۴	۱/۱۶	۳/۴۵	۶/۱۴
فندق	۴/۴۹	۰/۸۹	۳/۶۶	۵/۹۴
کاج سیاه	۴/۵۹	۰/۳۷	۴/۰۷	۵/۱۱
گردو	۵/۴۵	۱/۹۰	۳/۰۳	۸/۴۲
گلایی وحشی	۵	۰/۱۰	۴/۹۰	۵/۱۱
گیلاس وحشی	۵/۱۳	۱/۹۴	۳/۲۴	۱۰/۲۹
ممرز	۷/۰۸	۳/۴۶	۲/۸۳	۱۵/۶۸
نمدار	۵/۶۸	۲/۵۸	۳/۲۴	۱۳/۱۹

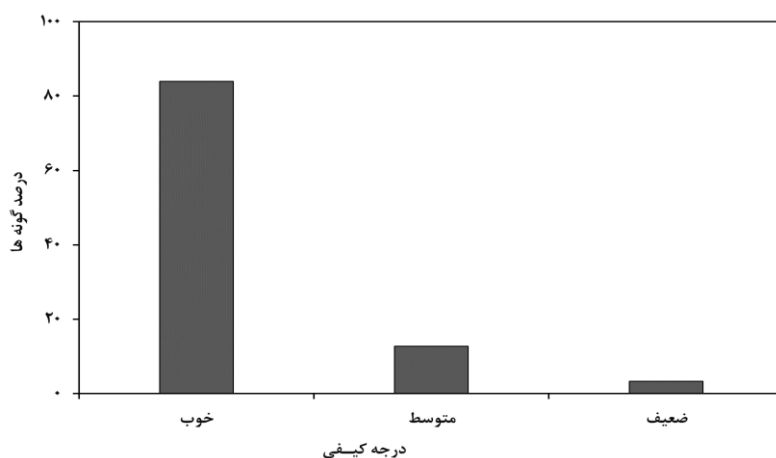
توسکای بیلاقی و افرا شیردار به‌طور مشترک با ۵ درصد خشکیدگی به‌ترتیب بیشترین و کمترین خشکیدگی تاج را دارند (شکل ۷).

نتایج به‌دست‌آمده در خصوص کیفیت تنه حاکی از آن است که درختان در توده جنگلی با ۸۴ درصد در طبقه خوب، ۱۲/۷۱ درصد در طبقه متوسط و با ۳/۲۹ درصد در طبقه ضعیف قرار داشتند (شکل ۸).

براساس نتایج، خشکیدگی تاج درختان منطقه در برخی گونه‌ها متناسب با روند تغییرات قطر تاج است (شکل ۷). نتایج آمار توصیفی درصد خشکیدگی تاج در بین گونه‌های درختی توده جنگلی مدنظر نیز در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج به‌دست‌آمده در خصوص شرایط تاج در بین درختان بررسی‌شده حاکی از آن است که گونه‌های درختی شمشاد و خرمندی با ۱۶/۶۷ و ۱۷/۵۰ درصد خشکیدگی و گونه‌های



شکل ۷- نمودار متوسط قطر تاج (m) و متوسط خشکیدگی تاج (درصد) درختان توده جنگلی بررسی‌شده



شکل ۸- نمودار وضعیت کیفی تنه درختان توده جنگلی بررسی‌شده

استفاده شد. بسیاری از پژوهش‌های دیگر (Pourbabaei, 2000; Nouri et al., 2010) نیز برای بررسی شاخص تنوع زیستی تنها از گونه‌های چوبی استفاده کردند. اما در دیگر بررسی‌ها (Esmailzadeh et al., 2012; Sohrabi & Akbarinia, 2005) از شاخص کمی غلبه یا درصد تاج پوشش به‌جای شاخص وفور یا تعداد پایه‌ها استفاده کردند که بررسی تنوع زیستی گیاهی را براساس ویژگی‌های فلورزیستیک همه گیاهان موجود در عرصه (چوبی و علفی) امکان‌پذیر کرد. براساس نتایج این تحقیق، مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی محاسبه شده تقریباً نزدیک به مقدار بیشینه به‌دست آمد که نشان‌دهنده تنوع گونه‌ای زیاد در منطقه پژوهش است. همچنین مقدار شاخص یکنواختی پیلو نزدیک به مقدار بیشینه و مقدار عددی شاخص غنای محاسبه شده نشان از غنای فراوان در منطقه پژوهش است. از دیدگاه پایش سلامت جنگل، این شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی استفاده شده به‌طور کلی بیانگر تنوع محیط زیست در منطقه است. مقادیر این شاخص‌ها و توزیع آنها در ارتباط با اقلیم، فیزیوگرافی، توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه است و پیچیدگی فرایندهای ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی تشکیل‌دهنده این سیمای سرزمین و بوم‌سازگان را منعکس می‌کند (Cruz García et al., 2015). با بررسی نتایج به‌دست آمده از مقادیر شاخص‌های تنوع، یکنواختی و غنای گونه‌ای مشخص شد که دامنه تغییرات این شاخص‌ها زیاد بوده و نشان‌دهنده تنوع زیاد گونه‌های درختی در منطقه پژوهش است. با توجه به قرار گرفتن توده اندازه‌گیری شده در بالابند جنگل‌های شمال و دست‌نخورده بودن آن، این مقادیر قابل انتظار بود. این نتیجه مطابق با یافته‌های (Tavankar et al., 2011) و (Noorian et al., 2017) است که در آنها بیشترین تنوع گونه‌های درختی در مناطق دست‌نخورده و حفاظت‌شده وجود داشت. همچنین مقادیر به‌دست آمده این شاخص‌ها در این

در مورد شرایط خشک‌دارها در منطقه پژوهش، تعداد کل خشک‌دار ۶۷۱ اصله در هکتار و حجم کل آنها ۱۷۶/۳ متر مکعب بر هکتار بود. بیشترین تعداد در هکتار خشک‌دارها مربوط به گونه‌های ممرز و راش به‌ترتیب با ۱۹۶ و ۱۵۴ اصله به‌دست آمد. از نظر حجمی نیز بیشترین حجم خشک‌دار مربوط به گونه‌های ممرز، راش و بلوط بلندمازو به‌ترتیب با ۶۷، ۴۷ و ۴۴ متر مکعب بر هکتار بود.

### بحث

برای کسب اطلاعات از مشخصات کمی و کیفی و ارزیابی سلامت جنگل می‌توان از شاخص‌های مختلف مانند تنوع زیستی استفاده کرد (Raptis et al., 2018; Kruse, 2019; Schomaker et al., 2007). با توجه به ماهیت پویای جنگل‌ها، باید شاخص‌ها به‌عنوان روندها در طول زمان ارزیابی شوند. همچنین تغییر در وضعیت جنگل‌ها و شرایط مربوط به آن در طول زمان و جهت آن تغییرات، با ارزیابی پایداری مرتبط است (Smith & Conkling, 2004). بنابراین در این تحقیق ابتدا نتایج متغیرهای کمی اندازه‌گیری شده شامل قطر برابرسینه، ارتفاع، قطر تاج و تعداد درختان در هکتار ارائه شد که در صورت مشاهده و اندازه‌گیری‌های دوره‌ای می‌تواند روندها را نشان دهد. منحنی توزیع درختان در طبقات قطری در این تحقیق، منحنی کاهنده و تعداد کم درختان جوان در توده به‌افت چشمگیر این منحنی در طبقه قطری ۱۰ سانتی‌متر منجر شد. در این توده زادآوری زیاد است، ولی به دلایل مختلف مانند رقابت شدید، خشکی تابستانه یا مغلوب ماندن نمی‌توانند به مرحله رویشی بعدی صعود کنند یا به زمان به‌نسبت زیادی برای رسیدن به این مرحله نیاز دارند. این عوامل منجر به خلأ تعداد در طبقه قطری ۱۰ سانتی‌متر شده است که با نتایج تحقیق (Rahimiyan et al., 2014) مطابقت دارد.

در این تحقیق برای ارزیابی سلامت جنگل از شاخص تنوع زیستی و براساس گونه‌های درختی

و Safe'i et al. (2021) در بررسی تنوع گونه‌های درختی بر پایه روش پایش سلامت جنگل است. به طور کلی تنوع زیستی زیاد در جنگل‌های راش برای عملکرد بوم‌سازگان جنگل مانند تولید و چرخه عناصر غذایی ضروری است (Ratcliffe et al., 2015) و از سوی دیگر لازمه پایداری این عملکرد، تنوع زیستی و پیچیدگی روابط میان گونه‌هاست. حذف یک گونه از بوم‌سازگان یا افزایش آن به جامعه می‌تواند سبب اثرهای پیش‌بینی‌ناپذیر عمده‌ای در بوم‌سازگان شود (Aerts & Honnay, 2011). از این‌رو بررسی تنوع زیستی، ابزاری مناسب در تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت پایدار جنگل به شمار می‌آید (Angelstam et al., 2004).

در این تحقیق شرایط تاج و تنه درخت نیز به‌منزله یکی از شاخص‌های مهم برای ارزیابی سلامت و توان رشد درختان (Schomaker et al., 2007; Randall et al., 2012)، استفاده شد. به‌طور کلی تاج درختان یکی از مشخصه‌های اصلی بوم‌سازگان جنگل است که بر خرداقلیم، تجزیه، چرخه عناصر غذایی و تنوع زیستی اثرگذار است (Hansen et al., 2014). در این تحقیق کار میدانی در زمینه شرایط تاج درختان شامل یک مشخصه کمی یعنی قطر تاج و یک مشخصه کیفی یعنی مقدار خشکیدگی تاج بود. زیاد بودن ابعاد تاج درختان منطقه پژوهش با میانگین هفت‌متری قطر تاج درختان در کل منطقه، نشان‌دهنده حاصلخیزی رویشگاه و کم بودن اثر رقابتی گونه‌های همراه است که با یافته‌های Bakhshandeh و Dieler & Pretzsch (2013) و Navroud et al. (2018) مطابقت دارد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، درختان دارای قطر تاج بزرگ‌تر، خشکیدگی تاج بیشتری نشان دادند. این نتیجه مطابق با پژوهش‌های Raptis et al. (2018) و Hosseini و Pourhashemi & Hosseinzadeh (2014) است که در مناطق تحت بررسی آنها درصد بیشتری از درختان با اندازه تاج بزرگ‌تر در طبقه

تحقیق قابل مقایسه با مقادیر به‌دست‌آمده در دیگر پژوهش‌ها در بررسی تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های راش گیلان است. برای مثال در پژوهش Pourbabaei (2000) مقدار تنوع زیستی راشستان‌های بالابند (مقادیر شاخص شانون وینر بین ۱/۲ تا ۱/۴ و مقادیر شاخص سیمپسون بین ۰/۴ تا ۰/۶) در نتیجه توزیع فراوانی همه گونه‌ها، در مقایسه با راشستان‌های پایین‌بند بیشتر به‌دست آمد. همچنین در پژوهش Bakhshandeh Navroud et al. (2018) با مقدار زیاد تنوع گونه‌های درختی و غنا (مقادیر شاخص شانون وینر بین ۰/۸۸ تا ۱/۴۹ و شاخص غنای مارگالف بین ۲/۶۶ تا ۴/۵۱) توده‌های جنگلی بررسی شده در مرحله تحولی بلوغ قرار داشته و در کنار گونه راش به‌عنوان گونه غالب، شرایط اکولوژیکی مناسبی برای حضور گونه‌های همراه مثل ممرز، افرا پلت، توسکا، شیردار، ملج، نمدار و گیلاس وحشی فراهم است.

شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای در ارزیابی تنوع زیستی جنگل به سطح اندازه نمونه و تعداد گونه‌ها بستگی دارد. مناطق بزرگ‌تر و تعداد بیشتری از گونه‌ها مقادیر شاخص بیشتری نسبت به منطقه کوچک با تعداد کمتر گونه‌ها ارائه می‌کنند (Nuhamara & Irawan, 2001). از طرح خوشه‌ای پایش سلامت جنگل شامل چهار قطعه نمونه می‌توان برای ارزیابی تنوع در طرح نمونه‌برداری استفاده کرد. خوشه با مساحت ۰/۰۸ هکتار با تعداد زیاد گونه‌ها بیشترین تنوع و غنا را ارائه می‌کند. براساس نتیجه تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری در بین شاخص‌های مذکور در خوشه‌های اندازه‌گیری شده مشاهده نشد. بیشترین تنوع گونه‌های درختی در خوشه ۲ و کمترین آن در خوشه ۳ به‌دست آمد. بیشترین تغییرات در تنوع گونه‌های درختی نیز در خوشه ۴ مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد که همه خوشه‌ها در منطقه پژوهش از نظر شاخص تنوع گونه‌های درختی شرایط خوبی دارند که مشابه نتیجه تحقیق Nuhamara & Irawan (2001)

جنگل و سرعت دگرگونی و پوسیده شدن زیاد است (Sefidi & Marvie Mohadjer, 2009). حفظ و نگهداری این خشک‌دارها به‌منظور حفظ تنوع زیستی در جنگل‌های راش توصیه می‌شود (Sefidi & Sadeghi, 2020).

روش پایش سلامت جنگل (FHM) با تأکید بر تنوع زیستی بوم‌سازگان‌های جنگل می‌تواند برای سیستم‌های پایش جنگل کاربرد وسیعی داشته باشد. در این پژوهش شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی و شرایط تاج و کیفیت تنه درختان برای پایش سلامت جنگل انتخاب شده که تجزیه و تحلیل داده پایش جنگل، امکان ارزیابی ویژگی‌های کلی جنگل مانند پایداری بر مبنای این شاخص‌های استخراج‌شده را فراهم می‌کند. تمرکز این پژوهش بر سلامت جنگل در حوزه آبخیز جنگلی ماسوله در نتیجه کاربرد روش پایش سلامت جنگل به‌منزله نوعی روش استاندارد طراحی‌شده در جنگل‌های معتدله در شمال آمریکا بوده که در دیگر مناطق جنگلی جهان هم از آن استفاده شده است. نتایج حاصل از شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش با توجه به دست‌نخورده بودن توده جنگلی بررسی شده می‌تواند مبنایی برای ارزیابی سلامت جنگل و مقایسه با جنگل‌های مشابه و تعیین اندازه انحرافات ایجادشده در اثر تغییرات طبیعی و انسانی باشد.

خشکیدگی تاجی شدید قرار داشتند. اگرچه در بررسی (Fallah & Haidari, 2018) درختان با سطح تاج کوچک‌تر بیشتر در معرض خشکیدگی قرار داشتند. در این تحقیق به‌طور متوسط در حدود ۱۴ درصد از تاج کل درختان بررسی‌شده دارای خشکیدگی بودند.

در پژوهش (Marvie Mohadjer & Moradi, 2012) در ارزیابی سلامت تاج درختان راش در یکی از مناطق جنگلی گیلان، مشخص شد که ۸۴ درصد درختان دارای تاج سالم و تنها ۱۵ درصد فاقد تاج سالم بودند. براساس نتایج این تحقیق می‌توان به وضعیت تاج درختان به‌منزله شاخصی برای تشخیص وضع کنونی و آتی سلامت جنگل‌ها توجه جدی نشان داد. زیرا درختان با تاج ناسالم به نسبت آسیب‌دیده و به‌خصوص شکستگی در تاج بعد از مدت زمانی در نتیجه نفوذ عوامل بیماری‌زا و از دست رفتن منبع تأمین انرژی از بین می‌روند. در مورد کیفیت تنه درختان نیز در حدود ۴۳ درصد از تنه کل درختان سالم ارزیابی شد که نشان‌دهنده محدودیت کمتر آنها برای تأمین منابع معدنی است. در پژوهش (Moradi et al., 2010) نیز ۶۰ درصد درختان دارای پوسیدگی درون تنه بودند که سبب کاهش ارزش کمی و کیفی چوب درختان راش در این منطقه شد. همچنین در ارتباط با شرایط خشک‌دار، حجم زیاد خشک‌دار در منطقه پژوهش نشان‌دهنده پویایی

## References

- Aerts, R., & Honnay, O. (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC Ecology, 11*, 29.
- Akhtar, N., & Bergmeier, E. (2015). Species richness, alpha and beta diversity of trees, shrubs and herbaceous plants in the woodlands of swat, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany, 47*(6), 2107-2113.
- Angelstam, P., Persson, R., & Schlaepfer, R. (2004). The Sustainable Forest Management Vision and Biodiversity: Barriers and Bridges for Implementation in Actual Landscapes. *Ecological Bulletins, 51*, 29-49.

- Azaryan, M., Marvie Mohadjer, M., Etemaad, V., Shirvany, A., & Sadeghi, S. (2015). Morphological characteristics of old trees in Hyrcanian forest (Case study: Pattom and Namkhaneh districts, Kheyroud). *Forest and Wood Products*, 68(1), 47-59.
- Bakhshandeh Navroud, B., Abrari vajari, K., Pilehvar, B., & Kooch, Y. (2018). Evaluating Plant diversity and some features of Oriental beech in different tree-layers (Case study: Beech forests, Asalem, Guilan). *Plant Ecosystem Conservation*, 6(12), 109-122.
- Bayat, M., Heidari Masteali, S., & Shekarchian, A. (2020). Quantitative Comparison of Biodiversity Indicators and Environmental Variables affecting it in Beech and Hornbeam Forests (Case Study: Gorazbon Section of Kheyroud Forest). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 26(4), 47-64.
- Bigdeli, A., Hojati Saeedi, S., & Ebadifar, M. (2014). Climate zoning of Gilan province using rainfall and temperature raster layers in GIS. The First National Conference on Geography, Tourism, Natural Resources and Sustainable Development, Iran Tourism Association, Tehran.
- Bosela, M., Redmond, J., Kučera, M., Marin, G., Adolt, R., Gschwantner, T., Petráš, R., Korhonen, K., Kuliešis, A., Kulbokas, G., Fischer, C., & Lanz, A. (2016). Stem quality assessment in European National Forest Inventories: an opportunity for harmonised reporting?. *Annals of Forest Science*, 73, 635-648.
- Cao, B., Meng, Y., Dong, Ch., & Dong, X. (2019). Article Mount Taishan Forest Ecosystem Health Assessment Based on Forest Inventory Data. *Forests*, 10, 657.
- Ćosović, M., Bugalho, M.N., Thom, D., & Borges, J.G. (2020). Stand Structural Characteristics Are the Most Practical Biodiversity Indicators for Forest Management Planning in Europe. *Forests*, 11, 343.
- Cruz García, L.M., Arreola-Lizarraga, J.L., Mendoza-Salgado, R.R., GalinaTessaro, P., Beltrán-Morales, L.F., & Ortega-Rubio, A. (2015). Applying ecological diversity indices with ecosystem approach at ecoregional level and prioritizing the decree of new protected natural areas. *Interciencia*, 40(3), 179-184.
- Dieler, J., & Pretzsch, H. (2013). Morphological plasticity of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in pure and mixed-species stands. *Forest Ecology and Management*, 295, 97-108.
- Esmailzadeh, O., Hosseini, S.M., Asadi, H., Ghadiripour, P., & Ahmadi, A. (2012). Plant biodiversity in relation to physiographical factors in Afratakhteh Yew (*Taxus baccata* L.) Habitat, NE Iran. *Iranian Journal of Plant Biology*, 4(12), 1-12.
- Fallah, A., & Haidari, M. (2018). Investigating the Oak Decline in different Crown-Dimensions in Middle Zagros Forests (Case Study: Ilam). *Iranian Forest Ecology Journal*, 6(12), 9-17.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome). (2005). Global Forest Resources Assessment 2005, Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147. Rome, 2005.
- Farhadi, P., Soosani, J., & Erfanifard, S.Y. (2017). Evaluation level of tree diversity in the Hyrcanian forests using complex structural diversity index (Case study: beech-hornbeam type, Nav-e Asalem, Gilan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 25(3), 495-505.
- Ferretti, M. (1998). Potential and limitation of visual indices of tree condition. *Chemosphere* 36, 1031-1036. Forest Service, Southern Research Station, Gen. Tech. Rep. SRS-10.
- Fengiiin, X., Hua, O., Qiang, Z.H., Bojie, F., & Zhicheng, ZH. (2004). Forest ecosystem health assessment and analysis in China. *Journal of Geographical Sciences*, 14(1), 18-24.
- Haidari, R.H., Sohrabi Zadeh, A., & Haidari, M. (2019). Effect of Physiographic Factors on Plant Biodiversity in the Central Zagros Forests (Case Study: Educational Forest of Razi University of Kermanshah). *Iranian Forest Ecology Journal*, 7(13), 66-75.

- Hansen, A.J., Phillips, L.B., Dubayah, R., Goetz, S., & Hofton, M. (2014). Regionalscale application of lidar: Variation in forest canopy structure across the southeastern US. *Forest Ecology and Management*, 329, 214-226.
- Hosseinzadeh, J., & Pourhashemi, M. (2015). An investigation on the relationship between crown indices and the severity of oak forests decline in Ilam. *Iranian Journal of Forest*, 7(1), 57-66.
- Hosseini, A. (2014). Effects of some of Persian oak tree and stand characteristics on crown dieback rate in oak forests of medium Zagros. *Journal of Zagros Forests Researches*, 1(1), 37-50.
- Juknys, R., & Augustaitis, A. (1998). Indicators of crown and their application in forest health monitoring. *Baltic Forestry*, 2, 51-58.
- Kanagaraj, S., Selvaraj, M., Kangabam, R.D., & Munisamy, G. (2016). Assessment of Tree Species Diversity and its Distribution Pattern in Pachamalai Reserve Forest, Tamil Nadu. *Journal of Sustainable Forestry*, 36, 32-46.
- Kayet, N., Pathak, K., Chakrabarty, A., Singh, C.P., Chowdary, V.M., Kumar, S., & Sahoo, S. (2019). Forest health assessment for geo-environmental planning and management in hilltop mining areas using Hyperion and Landsat data. *Ecological Indicators*, 106, 105471.
- Kruse, M. (2019). Ecosystem Health Indicators. *Encyclopedia of Ecology* (Second Edition), 1, 407-414.
- Lausch, A., Erasmi, S., King, D.J., Magdon, P., & Heurich, M. (2017). Understanding Forest Health with Remote Sensing—Part II—A Review of Approaches and Data Models. *Remote Sensing*, 9, 129.
- Mangold, R. (1997). Forest Health Monitoring: Field Methods Guide, USDA Forest, USDA Forest Service General Technical Report, New York, p. 246.
- Marvie Mohadjer, M.R., & Moradi, M. (2012). Morphological and quantitative characteristics of mature beech trees (*Fagus orientalis* Lipsky) in two regions of Sistan in Guilan and Kheiroud in Mazandaran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(3), 300.
- Moradi, M., Marvie Mohadjer, M.R., Zobeiri, M., & Omid, A. (2010). Morphological characteristics and health of beech trees by diameter more than one meter (case study, Guilan province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(1), 46-58.
- Nasiri, V., Darvishsefat, A.A., Arefi, H., & Namiranian, M. (2020). Estimating Mean Tree Crown Diameter using UAV Imagery Based on Multi Resolution and Watershed Segmentation Methods (Case study: Kheyroud Forest). *Iranian Journal of Forest*, 12(1), 131-145.
- Ndah, R.N., Egbe, A.E., & Bechem, E.E.T. (2013). Species composition, diversity and distribution in a disturbed Takamanda Rainforest, South West, Cameroon. *African Journal of Plant Science*, 7(12), 577-585.
- Noorian, N., Shataee, S.H., & Mohamadi, J. (2017). Study of Tree and Shrub Species Diversity in Forestry Plans with Different Forest Management. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 6(3), 43-55.
- Nouri, Z., Feghhi, J., Zahedi Amiri, G.H., Zobeiri, M., & Rahmani, R. (2010). The study of shrub and tree species diversity and its application in forest planning (case study: Patom District, Kheiroud Forest). *Journal of Forest and Wood Products*, 63(2), 201-214.
- Nuhamara, S.T., & Irawan U.S. (2001). Assessment of damage indicator in forest health monitoring to monitor the sustainability of Indonesian tropical rain forest. In: Forest Health Monitoring to Monitor the Sustainability of Indonesian Tropical Rain Forest. Volume II. ITTO, Japan dan SEAMEO-BIOTROP, Bogor, Indonesia. [International-Indonesian].
- Potter, K.M., & Conkling, B.L. (2015). Forest health monitoring: national status, trends, and analysis. U.S. Department of Agriculture, Asheville, NC, USA, 2015.

- Potter, K.M., & Conkling, B.L. (2019). Forest health monitoring: national status, trends, and analysis 2018. General Technical Report SRS-GTR-239. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southern Research Station. 168 p.
- Pourbabaei, H. (2000). Study of biodiversity of woody species in beech forests (*Fagus orientalis* Lipsky), Guilan Forests, Proceeding of Management of North Forests of Iran and Sustainable development, 14-16 Sep. Organization of Forests and Ranges, Ramsar, Mazandaran.
- Raffa, K.F., Aukema, B., Bentz, B.J., Carroll, A., Erbilgin, N., Herms, D., Hicke, J.A., Hofstetter, R.W., Katovich, S., Lindgren, B.S., Logan, J., Mattson, W., Munson, A.S., Robinson, D.J., Six, D.L., Tobin, P.C., Townsend, P.A., & Wallin, K.F. (2009). A literal use of “forest health” safeguards against misuse and misapplication. *Journal of Forestry*, 107(5), 276–277.
- Rahimiyan, M.S., Hassanim, M., & Kia Daliri, H. (2014). Effect of marking on the spatial distribution and structure of beech stands (Case study: Safarood-Ramsar). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4), 597-608.
- Randall, M.S., Steinman, J., & Randolph, K.C. (2012). Utility of tree crown condition indicators to direct tree survival using remeasured forest inventory and analysis data. *Forest Inventory and Analysis %%*, 210-215.
- Raptis, D., Kazana, V., Kazaklis, A., & Stamatiou, C. (2018). A Crown Width-Diameter Model for Natural Even-Aged Black Pine Forest Management. *Forests*, 9(610), 610.
- Ratcliffe, S., Holzwarth, F., Nadrowski, K., Levick, S., & Wirth, C. (2015). Tree neighbourhood matters—Tree species composition drives diversity—productivity patterns in a near-natural beech forest. *Forest Ecology and Management*, 335, 225-234.
- Safe'i, R., Latumahina, F.S., Dewi, B.S., & Ardiansyah, F. (2021) Short Communication: Assessing the state and change of forest health of the proposed arboretum in Wan Abdul Rachman Grand Forest Park, Lampung, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(4), 2072-2077.
- Schomaker, M.E., Zarnoch, S.J., Bechtold, W.A., Latelle, D.J., Burkman, W.G., & Cox., S.M. (2007). Crown-condition classification: A guide to data collection and analysis. USDA For Serv, General Technical Report SRS-102. Asheville, NC. 78 p.
- Sefidi, K., & Marvie Mohadjer, M.R. (2009). Amount and quality of dead trees (snag and logs) in a mixed beech forest with different management histories. *Journal of Forest and Wood Products (JFWP). Iranian Journal of Natural Resources*, 62(2), 191-202.
- Sefidi, K., & Sadeghi, S.M.M. (2020). The diversity of microhabitats and the ecological value of habitat trees in oriental beech stands. *Iranian Journal of Forest*, 12(2), 147-160.
- Smith, W.D., & Conkling, B.L. (2004). Analyzing forest health data. Gen. Tech. Rep. SRS-77. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 33 p.
- Sohrabi, H., & Akbarinia, M. (2005). Plant species diversity in relation to physiographical factors at Dehsorkh Woodland. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13(3), 294-279.
- Stolte, K., Conkling, B., Campbell, S., & Gillespie, A. (2002). Forest Health Indicators Forest Inventory and Analysis Program. Brochure. US Department of Agriculture Forest Service, Washington, DC, 24 pp.
- Takahashi, M., Taoda, H., Inagaki, M., & Ishizuka, K. (2005). Monitoring of tree crown condition for detecting decline and damage of Japanese forests in the 1990s. *FORMATH*, 5, 169-177.
- Tavankar, F., Mahmoudi, J., & Iranparast Bodaghi, A. (2011). The effect of single selection method on tree species diversity in the Northern forests of Iran (Case study: Asalem-Nav, Guilan province). *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 6(1), 27-40.
- USDA (United States Department of Agriculture). (2005). Forest inventory and analysis national core field guide, Vol. 1: Field data collection procedures for phase 2 plots.



USDA (United States Department of Agriculture). (2009). Forest inventory and analysis national core field guide (Phase 2 and 3), version 4.0. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Inventory and Analysis. <http://www.fia.fs.fed.us/library/field-guides-methods-proc/>. Accessed December 2009.

Warren, W.A. (2007). What is a healthy forest? Definitions, rationales, and the life world. *Society and Natural Resources*, 20(2), 99-117.

Zare, M., Jouri, M.H., Askarizadeh, D., Salarian, T., & Fakhre Ghazi, M. (2016). An Evaluation of Landslide Hazard in Masooleh Watershed using Dempster-Shafer Theory and GIS. *Journal of Watershed Management Research*, 7(13), 217-209

Zarnoch, S.J., Bechtold, W.A., & Stolte, K.W. (2004). Using crown condition variables as indicators of forest health. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 1057–1070.



*Research Article*

## Tree Diversity and Tree Crown and Stem Conditions as Indicators of Forest Health Monitoring in Masouleh Forest Watershed

A. Shahamati Nejad<sup>1</sup>, R. Jahdi<sup>2\*</sup> and F. Keivan Behjou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. of Forest Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Prof., Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

<sup>3</sup> Prof., Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

(Received: 31 December 2020; Accepted: 7 November 2021)

### Abstract

This study aimed to analyze tree diversity and tree crown and stem condition as two indicators of forest health in the Masouleh forest watershed, Gilan province. Field data collection was performed using cluster sampling based on Forest Health Monitoring (FHM) method. A total of 5 clusters including 20 subplots in the mixed beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) forest stand were established. Within each cluster, quantitative and qualitative characteristics of existing trees such as diameter at breast height (dbh), total height, canopy diameter, density, and percentage of crown dieback and stem quality were studied and measured. To assess the tree species diversity, species biodiversity indices, richness and evenness were calculated in each cluster. Based on the results of the analysis of variance in 95% confidence level, there are no significant differences in the species diversity indices between the five different clusters ( $P > 0.05$ ). The highest and lowest value of the species diversity indices were measured in clusters 2 and 3, respectively. The largest change in the species diversity occurred at cluster 4. The results showed that all clusters in the study area had good status in terms of the species diversity indices. The amount of canopy drought in some species was proportional to the trend of canopy diameter changes and *Buxus hyrcana* Pojark. and *Diospyros lotus* L. species had the highest percentage of canopy drought (approximately 17%). Regarding the quality of stems, more than 80% of the trees in the forest stand have good quality. It is concluded that the health status of the studied ecosystem in terms of the level of tree diversity and tree crown and stem conditions is desirable.

**Keywords:** Cluster sampling, Forest health monitoring, Masouleh, Mixed beech forest.