

## مقایسه شاخص‌های مختلف تنوع‌زیستی در طرح‌های مختلف نمونه‌برداری (مطالعه موردی: ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق استان چهارمحال و بختیاری)

علی جعفری\*<sup>۱</sup>، یوسف عسکری<sup>۲</sup>

۱ استادیار گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد  
۲ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۶؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۰۴)

### چکیده

در این مطالعه، تنوع‌زیستی درختان و درختچه‌های ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق شهرستان اردل استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص‌های تنوع، غنا، یکنواختی و غالبیت و همچنین طرح‌های نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی و کاملاً تصادفی در قطعات نمونه دایره‌ای شکل به شعاع‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ آری هرکدام به تعداد ۳۲ قطعه ارزیابی شد. با استفاده از آماربرداری صد در صد در منطقه، مقدار واقعی شاخص‌ها نیز به دست آمده و نتایج واقعی با نتایج آماری با هم مقایسه شدند. با توجه به عدم همگنی واریانس‌ها از آزمون گیمز هاول برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. براساس نتایج به دست آمده، بین طرح‌های مختلف نمونه‌برداری و همچنین مساحت‌های متفاوت قطعات نمونه اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون t تک‌نمونه برای مقایسه مقدار واقعی با مقدار برآوردی نشان داد که فقط شاخص یکنواختی در مقایسه با مقدار واقعی معنی‌دار نیست، در حالی که سایر شاخص‌ها (غنا، تنوع و غالبیت) معنی‌دار شدند. بنابراین، در شرایط مشابه ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق، می‌توان به داده‌های حاصل از شاخص یکنواختی در روش نمونه‌برداری کاملاً تصادفی برای برآورد وضعیت تنوع‌زیستی اعتماد کرد. اما، داده‌های حاصل از سایر شاخص‌ها و روش‌های نمونه‌برداری به خاطر اختلاف معنی‌دار با مقدار واقعی قابل اعتماد نیستند.

**کلید واژه‌ها:** تنوع‌زیستی گیاهی، ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق، روش نمونه‌برداری، شاخص غنا، شاخص یکنواختی، شاخص غلبه

## سرآغاز

آن چه امروزه بر اهمیت روزافزون تنوع‌زیستی می‌افزاید، نقش آن در حفظ ثبات و پایداری اکوسیستم‌ها است. «گوناگونی بین موجودات زنده از انواع منابع شامل دریا و خشکی و مجموعه‌های اکولوژیکی که بخشی از آن هستند را تنوع‌زیستی می‌گویند. این تنوع شامل تنوع در درون گونه‌ها (ژنتیکی) و بین گونه‌ها و اکوسیستم‌ها می‌شود» (United Nations, 1992). تنوع زیاد گونه‌ها نه فقط سپرهای اکوسیستم در مقابل اختلال‌های عمده است، بلکه حاصلخیزی و تولید اکوسیستم‌ها را نیز افزایش می‌دهد (Downing & Tilman, 1996). از قطبین به طرف استوا غنای موجودات زنده افزایش می‌یابد که این امر یکی از عمومی‌ترین الگوهای ماکرواکولوژیک تنوع‌زیستی است. مطالعه ترکیب فلورزیستیک اکوسیستم‌ها در مدیریت حفاظت و تنوع‌زیستی از اهمیت خاصی برخوردار است. (Wittaker, 1972) سه اصطلاح را می‌توان برای اندازه‌گیری تنوع‌زیستی در مقیاس مکانی بیان نمود: تنوع آلفا که عبارت است از تعداد گونه در داخل یک جامعه مانند: علفزار یا بیشه‌زار، تنوع بتا یا تفاوت بین تنوع گونه‌ای در مناطق یا محیط‌های مختلف که با آن می‌توان سرعت دگرگونی تنوع را در زیستگاه‌های مختلف مقایسه کرد؛ تنوع گاما یا تنوع منطقه‌ای که تنوع در سطح سیمای سرزمین و در بین اکوسیستم‌ها است. تنوع‌زیستی گیاهی به مطالعه گوناگونی، ساختار جمعیتی و الگوهای فراوانی و پراکنش گیاهان که مفهوم آن با آمیختگی و ترکیب گونه‌ها قرین است پرداخته است و به عنوان شاخصی برای مقایسه وضعیت اکولوژیک اکوسیستم‌های جنگلی به کارگرفته می‌شود (Brockway, 1998) و هدف از آن رسیدن به کمیتی واحد برای سهولت مقایسه و ارزیابی جوامع و اکوسیستم‌ها می‌باشد. برای مطالعه تنوع‌زیستی باید ابتدا اجزای آن را شناخت. تنوع خود ترکیبی از غنا و یکنواختی گونه‌ای است. یکنواختی توزیع وفور گونه‌ای است و هر چه این توزیع یکسان‌تر باشد یکنواختی بیشتر است.

شاخص‌های متعددی برای اندازه‌گیری غنا و یکنواختی گونه‌ای ارائه شده است که هر کدام به طریقی با آرایه یک عدد، میزان تنوع را در یک قطعه نمونه و یا یک رویشگاه نشان می‌دهند. ولی از بین شاخص‌های متفاوت آرایه شده، شمارش تعداد کل گونه‌ها به عنوان غنای گونه‌ای از همه مشهورتر است. محاسبه

شاخص‌های تنوع و مقایسه نتایج آن‌ها روش مفیدی جهت مطالعه تنوع‌زیستی است. بوم‌شناسان به سه دلیل عمده علاقه‌مند به تنوع اکولوژیکی و محاسبه آن هستند: نخست به دلیل آسیب جدی به تعداد زیادی از زیستگاه‌ها و تعهد بسیاری از کشورها در قبال تنوع‌زیستی، دوم، به خاطر این که در بیشتر مواقع اندازه‌گیری تنوع به عنوان شاخص‌های سلامتی سیستم‌های اکولوژیکی مطرح می‌باشد و سوم آن که اندازه‌گیری تنوع یکی از مباحث بحث‌انگیز در اکولوژی است.

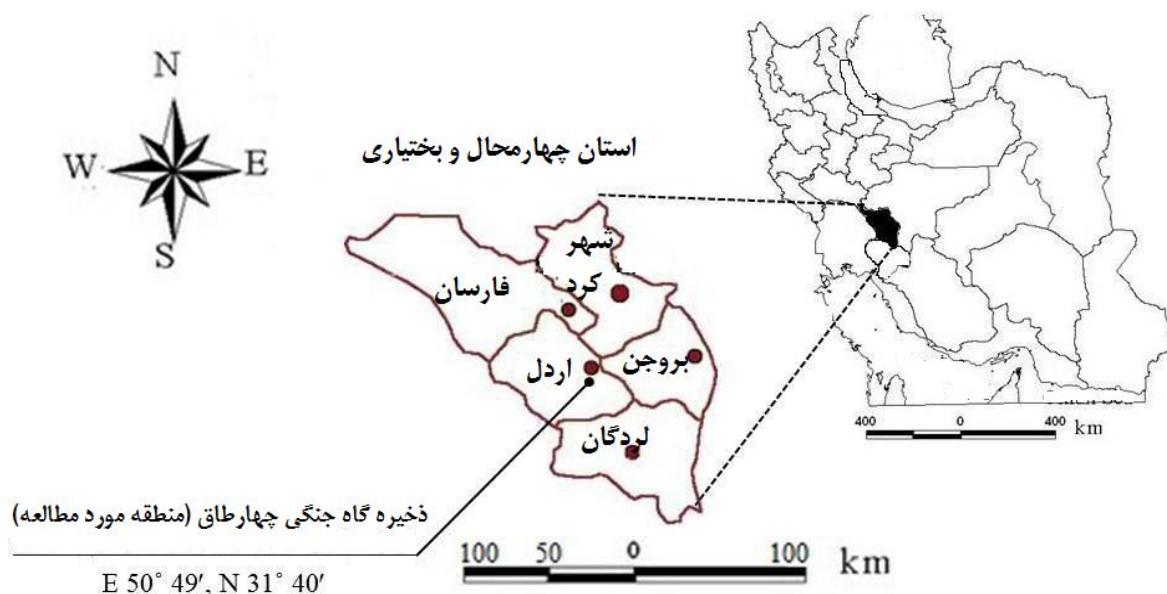
روش‌های اندازه‌گیری تنوع شامل شاخص‌های عددی و شاخص‌های پارامتری هستند و شاخص‌های عددی شاخص‌های غنای گونه‌ای، شاخص‌های غیریکنواختی و شاخص‌های یکنواختی را شامل می‌شوند که شاخص‌های غیریکنواختی براساس تئوری اطلاعات و شاخص‌های غالبیت می‌باشند. از جمله محققانی که به بررسی شاخص‌های تنوع پرداخته‌اند می‌توان به (پوربابایی، ۱۳۷۷) اشاره کرد که با تعیین رویشگاه‌های گونه‌های آزاد، بارانک، بلندمازو، داغداغان، راش، زربین، سرخدار، شاه‌بلوط، شمشاد با استفاده از طرح‌های جنگلداری و پیاده‌کردن قطعه نمونه‌های به مساحت نیم هکتار و به شکل لوزی در هریک از این رویشگاه‌ها اقدام به بررسی تنوع گونه‌ای نمود و از شاخص‌های سیمپسون، شانون وینر و شاخص بریلوین برای محاسبه تنوع‌زیستی استفاده کرد. ایشان برای ارزیابی غنا از شاخص‌های مارگالف و منهینیک استفاده نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که رویشگاه‌های داغداغان و سرخدار بیشترین و رویشگاه‌های راش و شمشاد کمترین تنوع‌زیستی را دارا می‌باشند. همچنین، تنوع‌زیستی در جنگل‌های غرب گیلان بیشتر از شرق گیلان است. (Magnussen & Boyle, 1995) بر روی برآورد اندازه نمونه برای نتیجه‌گیری در رابطه با شاخص‌های تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون وینر کار کردند و چنین بیان کردند که فرضیات ابتدایی در مورد توزیع فراوانی محتمل‌ترین گونه‌ها می‌تواند برای به‌دست آوردن برآوردهای صحیح تغییر شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون وینر استفاده شود. اندازه‌های نمونه بزرگ برای استنباط آماری قوی و کارآمد مورد نیاز است و راندمان آماری شاخص شانون- وینر در مقایسه با شاخص‌های سیمپسون بسیار زیاد است. تنوع زیاد شاخص‌های تنوع‌زیستی به همراه تنوع زیاد طرح‌های نمونه‌برداری سبب شده با حجم زیادی از قضاوت‌ها درباره

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق با مساحتی حدود ۴۰۰ هکتار، در ۴۰ کیلومتری شهر اردل و مجاورت روستای چهارطاق، در حد فاصل ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی، قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع آن از سطح دریا از حداقل ۲۱۰۰ متر از کنار رودخانه سبزکوه تا ۳۱۰۰ متر در ارتفاعات کوه کلار متغیر است. میانگین بارندگی سالیانه منطقه معادل ۵۳۰ میلی‌متر، حداقل درجه حرارت مطلق ۱۹/۵- درجه سانتیگراد و حداکثر درجه حرارت مطلق ۳۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. براساس روش دومارتن، منطقه مورد مطالعه جزو اقلیم نیمه‌مرطوب محسوب می‌شود. نتایج جامعه‌شناسی گیاهی (عسکری و همکاران، ۱۳۹۱) نشان می‌دهد که ارس و زبان گنجشک از نظر تاج پوشش و زالزالک از نظر تعداد پایه، چهره اصلی این ذخیره‌گاه را شکل می‌دهند. در کنار این سه گونه، فراوانی درختان و درختچه‌های بلوط ایرانی (برودار)، بنه، کیکم، محلب و گز و انواع درختچه‌های بادام وحشی، راناس، پلاخور و شیرخشت، نشانه مؤثر بودن عملیات قرق کامل ذخیره‌گاه، از اوایل دهه شصت خورشیدی است (شکل ۱).

استفاده از آنها در موقعیت‌های مختلف روبرو باشیم. در واقع این که چه شاخص‌هایی در قالب چه طرح نمونه‌برداری می‌توانند جواب‌های با حداکثر دقت و صحت از برآورد تنوع‌زیستی به همراه داشته باشند به‌عنوان نکته‌ای مجهول مطرح است. محققان زیادی برای تعیین شاخص‌های تنوع‌زیستی از طرح تصادفی استفاده کرده‌اند. (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۹). برای بررسی تنوع‌زیستی و غنای گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی و فیزیکی- شیمیایی خاک در منطقه حفاظت‌شده کبیرکوه از طرح تصادفی بر روی خط ترانسکت بهره گرفتند. عده‌ای دیگر، از طرح سیستماتیک یا منظم تصادفی استفاده کرده‌اند. قمی اوپلی و همکاران (۱۳۸۶) برای بررسی تنوع‌زیستی گونه‌های چوبی و زادآوری در دو جامعه گیاهی مدیریت‌شده در منطقه خیرود کنار نوشهر از روش تصادفی سیستماتیک با ۶۰ قطعه نمونه استفاده کردند. این که هدف از به‌کارگیری این طرح‌ها بر چه مبنایی می‌باشد، باز جای سوال دارد. در این تحقیق سعی شده از هر دو طرح کاملاً تصادفی و تصادفی سیستماتیک هر کدام با ۳۲ قطعه نمونه با مساحت‌های مختلف ۱۰، ۱۵ و ۲۰ آری استفاده و شاخص‌های تنوع‌زیستی بر این مبنا محاسبه و با آنچه از آماربرداری ۱۰۰ درصد به دست آمده مقایسه شود تا در نهایت بهترین طرح نمونه‌برداری، بهترین مساحت قطعه نمونه و بهترین شاخص تنوع‌زیستی در شرایط تحقیق و شرایط مشابه معلوم شود.

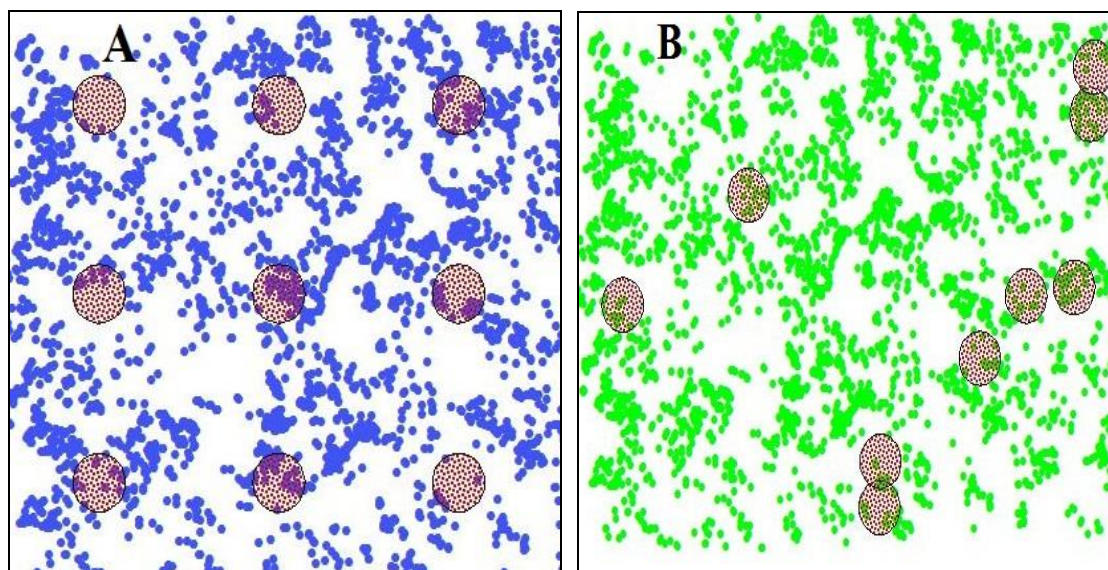


شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به نقشه کشوری و نقشه استانی

## روش پژوهش

در این تحقیق، از سطح ۴۰۰ هکتاری ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق براساس بودجه و امکانات تحقیق، ۵۳ هکتار انتخاب و آماربرداری صد در صد در آن اجرا و موقعیت مکانی درختان و مشخصات آن‌ها ثبت شد. سپس، اطلاعات به دست آمده به صورت یک لایه نقطه‌ای در محیط GIS وارد گردید. استقرار تک‌تک درختان و درختچه‌ها در طبیعت (مختصات X و Y) به وسیله نقاط پایه مشخص شده توسط دستگاه موقعیت‌سنج جغرافیایی دو فرکانسه و روش متر و آزیموت و اندازه‌های ارتفاع گیاه و دو قطر بزرگ و کوچک تاج (تا دقت دسی‌متر) به وسیله دستگاه سونتو و متر نواری اندازه‌گیری شدند. از آن جا که محاسبه شاخص‌های تنوع‌زیستی، بدون نمونه‌برداری محقق نمی‌شد، برای اجتناب از اثر حاشیه در مرکز توده در روش

سیستماتیک شبکه آماربرداری به ابعاد  $100 \times 150$  متر و با شروع یک نقطه تصادفی در فاصله ۱۰۰ متری از مرکز جغرافیایی توده، بر روی نقشه منطقه پیاده شد. برای نمونه‌برداری از ۳۲ قطعه نمونه دایره‌ای شکل که مساحت آن‌ها از ۱۰ تا ۲۰ آر متغیر بود به صورت تصادفی و سیستماتیک استفاده شد (شکل ۲). پس از مشخص شدن درصد فراوانی گونه‌ها (چوبی و علفی) در هر قطعه نمونه، در مرحله بعد با استفاده از شاخص‌های تنوع‌زیستی شامل شاخص‌های تنوع، غنا، یکنواختی و غلبه با یکدیگر مقایسه شدند. تجزیه و تحلیل اطلاعات تنوع‌زیستی با استفاده از نرم‌افزار تخصصی Past و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS17 انجام شد. برای مقایسه معنی‌دار بودن میانگین داده‌های مربوط به طرح‌های مختلف نمونه‌برداری از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد.



شکل (۲): قطعه‌ای از آماربرداری صورت گرفته در منطقه با سطح ۱۵ آر در طرح‌های سیستماتیک (A) و کاملاً تصادفی (B)

## شاخص‌های تنوع‌زیستی

قدیمی‌ترین و ساده‌ترین مفهوم تنوع‌زیستی، مربوط به تنوع گونه‌ای است. شاخص‌های تنوع گونه‌ای خود به سه دسته غنا، تنوع و یکنواختی تقسیم می‌شوند. منظور از غنای گونه‌ای، تعداد کل گونه‌ها در یک جامعه است. تنوع گونه‌ای متأثر از دو عامل است: ۱- تعداد گونه‌ها ۲- فراوانی (توزیع) آنها. اگر همه گونه‌ها فراوانی یکسانی در یک جامعه داشته باشند، به اصطلاح یکنواختی جامعه در حد بیشینه خود است. برای اکثر جوامع امکان

شمارش کل گونه‌ها برای محاسبه این سه دسته ویژگی وجود ندارد. بنابراین، از جامعه نمونه‌برداری و نتایج به کل جامعه تعمیم داده می‌شود. فرمول جنگل‌های زیادی برای برآورد غنا، تنوع و یکنواختی ارائه شده است که در این تحقیق از بعضی از آنها به شرح زیر استفاده شده است.

## غنای گونه‌ای

غنای گونه‌ای به تعداد گونه‌های موجود در یک سطح یا در یک

نمونه مشخص بدون در نظر گرفتن تعداد افراد مورد مطالعه در هر گونه گفته می‌شود (Simpson, 1964 ; Hulbert, 1971). در این تحقیق، برای تعیین غنای گونه‌ای از شاخص‌های زیر استفاده شد.

$$R1 = \frac{S - 1}{LnN} \quad (\text{Margalef, 1958}) \quad \text{شاخص غنای مارگالف}$$

$$R2 = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (\text{Menhenic, 1964}) \quad \text{شاخص غنای منهینک}$$

گونه‌ای) و وضعیت یکنواختی که افراد در میان این گونه‌ها حضور می‌یابند (Margalef, 1958; Lioyd & Ghrlardi, 1964; Pielou, 1996). در این تحقیق، برای بررسی تنوع گونه‌ای از شاخص‌های زیر استفاده شد.

S: تعداد گونه، N: تعداد افراد علاوه بر دو شاخص فوق، از شمارش مستقیم تعداد گونه‌های موجود در سطح پلات یا منطقه، غنای گونه‌ای نیز به دست می‌آید.

### تنوع گونه‌ای

تنوع گونه‌ای عبارت است از تعداد گونه‌های موجود (غنای

شاخص تنوع سیمپسون (Simpson, 1949)

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^s (Pi)^2 = 1 - \sum_{i=1}^s \left[ \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)} \right]$$

1-D : شاخص تنوع سیمسون، S: تعداد کل گونه‌ها، ni : در جامعه. تعداد افراد گونه i ام، N : تعداد کل افراد، Pi: نسبت افراد گونه i ام

شاخص تنوع شانون-وینر (Shannon & Weaner, 1949)

$$H' = - \sum_{i=1}^s (Pi) \log_2 Pi = - \sum_{i=1}^s Pi \ln Pi = - \sum_{i=1}^s Pi \log_{10} Pi$$

Pi : نسبت یا وفور گونه i ام که برحسب نسبتی از کل افراد است.

H' : تابع شانون-وینر

S : تعداد گونه‌ها

### شاخص تنوع بریلوین

مجموعه، n 1 : تعداد افراد متعلق به گونه ۱، n2 تعداد افراد متعلق به گونه ۲.

$$H' = \frac{1}{N} \log \left( \frac{N!}{n1!n2!n3!.....} \right)$$

H' : شاخص بریلوین، N: تعداد کل افراد موجود در داخل

$$S = a * \ln \left( \frac{1+n}{a} \right) \quad (\text{Fisher et al, 1943}) \quad \text{شاخص تنوع آلفا فیشر (fisher_alpha)}$$

### غلبه گونه‌ای

S : تعداد گونه، n تعداد افراد و a شاخص تنوع آلفا فیشر

غلبه گونه‌ها وضعیت چیرگی گونه‌ها را نشان می‌دهد. در این تحقیق از شاخص‌های (Dominance و برگر- پارکر Berger-

می‌باشد.

(Parker) استفاده شد. این شاخص هم برای غنا و هم برای فراوانی نسبی محاسبه می‌شود و به سادگی به روش زیر به دست می‌آید.

$$D = \frac{N_{\max}}{N} \quad (\text{Magurran, 1988}) \quad (\text{Berger-Parker})$$

شاخص برگر-پارکر (Berger-Parker) (Magurran, 1988)  $N_{\max}$ : تعداد افراد در گونه‌ای که دارای حداکثر فراوانی است و  $N$  تعداد کل گونه‌ها.

$$D = \sum \left( \frac{n_i}{n} \right)^2 \quad (\text{Dominance})$$

شاخص غلبه (Dominance)  $n_i$ : تعداد افراد مربوط به گونه  $i$  و  $n$  تعداد کل افراد (درختان).

مقدار عددی این شاخص بین صفر و یک است.

### یافته‌ها

با توجه به مقایسه بین مقادیر به دست آمده از میانگین شاخص‌های مختلف با مقدار واقعی در طرح‌های مختلف و با اندازه‌های متفاوت پلات، بیشترین مقدار آریبی مربوط به شاخص تنوع آلفا فیشر در طرح نمونه برداری تصادفی و کمترین آن متعلق به شاخص یکنواختی در طرح نمونه برداری سیستماتیک تصادفی می‌باشد (جدول ۱).

### یکنواختی گونه‌ای

یکنواختی عبارت از توزیع افراد در میان گونه‌های موجود یا وفور هر گونه است (Bhatt & Sanjit, 2005).

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{Equitability})$$

شاخص یکنواختی (Equitability)  $H$ : شاخص تنوع شانون وینر و  $S$ : تعداد کل گونه‌ها.

جدول (۱): نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع‌زیستی در طرح‌های مختلف نمونه برداری با مساحت‌های متفاوت

| شاخص‌ها         | تصادفی<br>10r | تصادفی<br>15r | تصادفی<br>20r | سیستماتیک<br>0r | سیستماتیک<br>15r | سیستماتیک<br>20r | مقدار واقعی |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|------------------|-------------|
| Dominance       | ۰/۱۲۹۷        | ۰/۱۳۱         | ۰/۱۲۹۴        | ۰/۱۶۰۱          | ۰/۱۶۱۴           | ۰/۱۵۱۵           | ۰/۱۱۴       |
| Simpson         | ۰/۸۷۰۳        | ۰/۸۶۸۹        | ۰/۸۷۰۶        | ۰/۸۳۹۹          | ۰/۸۳۸۶           | ۰/۸۴۸۵           | ۰/۸۸۵       |
| Shannon- weaner | ۲/۲۰۷         | ۲/۱۹۵         | ۲/۲۰۷         | ۲/۱۰۱           | ۲/۱۰۸            | ۲/۱۴۷            | ۲/۲۹۳       |
| Brillouin       | ۲/۱۴۵         | ۲/۱۵۲         | ۲/۱۷۱         | ۲/۰۴۹           | ۲/۰۷             | ۲/۱۱۶            | ۲/۲۸۷       |
| Menhinc         | ۰/۵۷۹         | ۰/۴۶۵         | ۰/۴۴۰         | ۰/۵۲۸           | ۰/۴۳۳            | ۰/۳۸۰            | ۰/۱۴۵       |
| Margalef        | ۱/۸۱۵         | ۱/۶۹۲         | ۱/۷۷۳         | ۱/۷۶۱           | ۱/۶۵۶            | ۱/۵۹۴            | ۱/۳۳۶       |
| Equitability    | ۰/۸۸۸         | ۰/۸۸۳         | ۰/۸۶۰         | ۰/۸۴۵           | ۰/۸۴۸            | ۰/۸۶۳            | ۰/۸۹۳       |
| Fisher_alpha    | ۲/۲۹۱         | ۲/۰۷۹         | ۲/۱۶۷         | ۲/۱۹۶           | ۲/۰۲             | ۲/۹۲             | ۱/۵۱۸       |
| Berger_parker   | ۰/۲۲۸         | ۰/۲۲۷         | ۰/۲۰۶         | ۰/۳۱۰           | ۰/۳۱۵            | ۰/۲۹۶            | ۰/۱۸۲       |
| غناي گونه‌ای*   | ۴/۷۵          | ۵/۸۱          | ۶/۵۳          | ۴/۵۶            | ۵/۷۸             | ۶/۴۳             | ۱۲          |

\* شاخص غناي گونه‌ای از ساده‌ترین شاخص‌های تنوع‌زیستی می‌باشد که از شمارش مستقیم میانگین تعداد گونه‌ها در منطقه و پلات مورد نظر به دست آمده و با شاخص‌های مارگالف و منهنیک متفاوت است.

برای بررسی تجزیه واریانس استفاده شد. پس از معنی‌دار شدن اختلاف شاخص‌های تنوع‌زیستی در طرح‌های مختلف و سطح‌های متفاوت با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد (جدول ۲).

نتایج آزمون  $t$  جفتی به دست آمده (Sig 0.05) برای مقایسه طرح‌های تصادفی و سیستماتیک حاکی از این است که بین این دو روش اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد و نمی‌توان هر کدام از این روش‌ها را به جای دیگری به کار برد. در طرح تصادفی با توجه به عدم همگنی واریانس از آزمون گیمز هاول

جدول (۲): تجزیه واریانس مساحت‌های مختلف قطعه نمونه با شاخص‌های مختلف در روش تصادفی

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | آماره F  | sig   |
|--------------|------------|--------------|----------------|----------|-------|
| شاخص         | ۸          | ۱۸/۰۱        | ۲/۵۲           | ۹۴۹ (**) | ۰/۰۰۰ |
| خطا          | ۱۸         | ۰/۰۴۳        | ۰/۰۰۲          |          | ۰/۰۰۰ |
| کل           | ۲۶         | ۱۸/۰۶۲       |                |          | ۰/۰۰۰ |

براساس این نتایج، بین شاخص‌های غلبه با بریلوین همچنین سیمپسون و منهینیک، شانون و بریلوین به علاوه بریلوین و آلفافیشر، منهینیک و غلبه و سیمپسون و یکنواختی اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد و می‌توان هر کدام از آنها را به جای دیگری به کار برد. در طرح سیستماتیک نیز با توجه به عدم همگنی واریانس‌ها از آزمون گیمز هاول برای بررسی تجزیه واریانس استفاده شد (جدول ۳). براساس این نتایج، بین

شاخص‌های مختلف نیز اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد ولی در برآورد جداگانه هر یک از این شاخص‌ها مشخص شد که بین شاخص‌های شانون و بریلوین، شاخص‌های شانون و آلفافیشر و همچنین شاخص‌های منهینیک و برگر- پارکر اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد و می‌توان هر کدام از این شاخص‌ها را به جای دیگری به کار برد.

جدول (۳): تجزیه واریانس مساحت‌های مختلف قطعه نمونه با شاخص‌های متفاوت در روش سیستماتیک

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | آماره F  | sig   |
|--------------|------------|--------------|----------------|----------|-------|
| شاخص         | ۸          | ۱۵/۷۲        | ۱/۹۶۶          | ۵۱۵ (**) | ۰/۰۰۰ |
| خطا          | ۱۸         | ۰/۰۶۹        | ۰/۰۰۴          |          | ۰/۰۰۰ |
| کل           | ۲۶         | ۱۵/۷۸۹       |                |          | ۰/۰۰۰ |

برای مقایسه نتایج حاصل از شاخص‌های مختلف با مقدار واقعی به دست آمده از داده‌های منطقه از آزمون t تک نمونه‌ای استفاده شد (جدول ۴).

جدول (۴): نتایج آزمون t تک نمونه برای مقایسه شاخص‌های مختلف با مقدار واقعی

| شاخص‌ها        | اختلاف میانگین‌ها |           | (Sig) معنی‌داری |           |
|----------------|-------------------|-----------|-----------------|-----------|
|                | تصادفی            | سیستماتیک | تصادفی          | سیستماتیک |
| Dominance      | ۰/۰۱۶             | ۰/۰۴۳     | ۰/۰۰۱           | ۰/۰۰۵     |
| Simpson        | ۰/۰۱۵             | ۰/۰۴۲     | ۰/۰۰۱           | ۰/۰۰۵     |
| Shannon-Weaner | ۰/۰۹              | ۰/۱۷      | ۰/۰۰۲           | ۰/۰۰۷     |
| Brillouim      | ۰/۱۳              | ۰/۲۰      | ۰/۰۰۳           | ۰/۰۰۹     |
| Menhinic       | ۰/۳۴۹             | ۰/۳۰۲     | ۰/۰۱۵           | ۰/۰۲۰     |
| Margalef       | ۰/۴۳              | ۰/۳۴      | ۰/۰۰۷           | ۰/۰۲۰     |
| Equitability   | ۰/۰۱۶             | ۰/۰۴۱     | ۰/۲۰۵           | ۰/۰۱۸     |
| Fisher_alpha   | ۰/۶۶              | ۰/۵۳      | ۰/۰۰۸           | ۰/۰۲۲     |
| Berger_parker  | ۰/۰۳۸             | ۰/۱۲۵     | ۰/۰۳۳           | ۰/۰۰۲     |

شاخص‌ها معنی‌دار شدند. براساس این نتایج، بیشترین اختلاف میانگین‌ها مربوط به شاخص تنوع آلفا فیشر در طرح تصادفی و

براساس نتایج به دست آمده، فقط شاخص یکنواختی در طرح تصادفی در مقایسه با مقدار واقعی معنی‌دار نمی‌باشد. ولی، سایر

کمترین آن متعلق به شاخص سیمپسون در طرح تصادفی می‌باشد.

### بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، برای ارزیابی شاخص‌های مختلف تنوع‌زیستی فقط به اطلاعات حاصل از گونه‌های چوبی (درختی و درختچه‌ای) تکیه شده است و سایر گونه‌های گیاهی مدنظر قرار نگرفت. بسیاری از مطالعات دیگر (پوربابایی، ۱۳۷۷؛ هادی، ۱۳۸۰؛ قمی اوپلی و همکاران، ۱۳۸۶؛ نوری و همکاران، ۱۳۸۹) نیز برای بررسی شاخص‌های تنوع‌زیستی تنها از ویژگی‌های گونه‌های چوبی استفاده نموده‌اند و گونه‌های علفی در تعیین تنوع‌زیستی گیاهی نقشی نداشته‌اند. اما (سهرابی و اکبری نیا، ۱۳۸۴؛ اسماعیل زاده و حسینی، ۱۳۸۶)، به ترتیب در مطالعه تنوع‌زیستی گیاهی منطقه جنگلی ده‌سرخ جوانرود و ذخیره‌گاه سرخدار افراخته از شاخص کمی غلبه یا درصد تاج‌پوشش به جای شاخص وفور یا تعداد پایه‌ها استفاده کردند که این امر، امکان مطالعه تنوع‌زیستی گیاهی را براساس ویژگی‌های فلوربستیکی همه گیاهان موجود در عرصه (گیاهان چوبی و علفی) میسر ساخته است. برای کسب اطلاعات از پارامترهای کمی و کیفی جنگل از جمله تنوع‌زیستی، به‌طور معمول از طرح‌های مختلف نمونه‌برداری استفاده می‌شود. این که مبنای استفاده از این طرح‌ها بر چه چیزی استوار است، دلایل فراوانی وجود دارد. بعضی از محققان برای اینکه اصول آمار و پراکنش یکسان نقاط نمونه را در این طرح‌ها به‌کار گیرند، از روش تصادفی سیستماتیک استفاده می‌کنند و تعداد دیگری نیز تمایل دارند که از روش تصادفی استفاده شود. علاوه بر آن شاخص‌های تنوع‌زیستی نیز فراوان هستند. مبنای به‌کارگیری این شاخص‌ها نیز براساس کسب داده‌های مربوط به غنا، تنوع و یکنواختی متفاوت می‌باشند. همین پیچیدگی روش‌های نمونه‌برداری و فراوانی شاخص‌های تنوع‌زیستی سبب شده تا با طیف وسیعی از داده‌ها روبرو باشیم که باید بهترین گزینه را انتخاب کنیم. تاکنون تحقیقی مبنی بر به‌کارگیری بهترین روش نمونه‌برداری و موثرترین سطح آماربرداری برای شاخص‌های مختلف تنوع‌زیستی انجام نشده است و متأسفانه امکان هیچ گونه مقایسه‌ای نیز وجود ندارد. اما براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مشخص شد که روش‌های تصادفی سیستماتیک و تصادفی با تعداد نمونه مساوی نتایج کاملاً متفاوتی نشان

می‌دهند. همچنین، مشخص شد که سطح‌های مختلف قطعه نمونه (۱۰، ۱۵ و ۲۰ آر) نتایج کاملاً متفاوتی از شاخص‌های تنوع‌زیستی را ارائه می‌دهند که براساس همین نتایج، سطح ۱۵ آر برای برآورد این شاخص‌ها مناسب تشخیص داده شده و نیاز به استفاده از سطح‌های بزرگتر وجود ندارد. علاوه بر این، همان‌طور که انتظار می‌رفت، شاخص غنای گونه‌ای (تعداد گونه‌های گیاهی یا درختی) با اندازه سطح قطعه نمونه رابطه مستقیمی داشت و در سطح ۲۰ آر به غنای گونه‌ای واقعی منطقه مورد مطالعه نزدیک شد ولی همان‌طور که پیشتر گفته شد، در سطح ۱۵ آر نیز نتایج غنای گونه‌ای با سطح ۲۰ آر تفاوت چندانی نداشت و نتایج یکسانی برای این شاخص به‌دست آمد. شاید دلیل عمده آن الگوی پراکنش کپه‌ای منطقه مورد مطالعه باشد. نحوه پراکنش پایه‌های درختان و درختچه‌های یک جنگل و نحوه قرارگیری‌شان نسبت به درختان همان‌گونه و پایه‌های سایر گونه‌ها اطلاعات فراوانی در اختیار جنگلداران و اکولوژیست‌های جنگل قرار می‌دهد. برای مثال برای یک گونه، الگوی قرارگیری پایه‌های درختان در کنار یکدیگر می‌تواند از یک طرف به معنی تمرکز منطقه‌ای زادآوری باشد و از سوی دیگر ممکن است محدودیت رشدی برای آن گونه تلقی شود. بنابراین، آشیان اکولوژیک حضور یک گونه گیاهی به‌طور مستقیم تحت تاثیر راهبرد الگوی پراکنش افراد جمعیت‌های آن گونه قرار می‌گیرد. در هر صورت هنگامی به یقین می‌توان انعکاس رفتار رویشی درختان در الگوی پراکنش‌شان را مورد ارزیابی قرار داد که اول از زیست‌شناسی (نیازهای اکولوژیک و معماری رشدی) تک‌تک گونه‌های درختان و درختچه‌ها اطلاعات درخوری در دست داشت و دوم از طبیعی بودن شرایط رشد درختان جنگل مطمئن بود (Hughes & Fahey, 1988; Mou et al., 2005; Thebaud & Debussche, 1991). متأسفانه در زمینه تأثیر الگوی پراکنش بر شاخص‌های تنوع‌زیستی نیز تاکنون تحقیقی ارائه نشده است که بر مبنای آن مقایسه صورت گیرد. براساس نتایج به‌دست آمده شاخص‌های غلبه، منهنیک، مارگالف، آلفا فیشر و برگر- پارکر بیشتر از مقدار واقعی و شاخص‌های سیمپسون، شانون وینر، بریلوین و یکنواختی برآوردی کمتر از مقدار واقعی جامعه داشتند. از دلایل عمده بیش برآوردی یا کم‌برآوردی این شاخص‌ها می‌توان به نوع طرح (شبه آماربرداری و تعداد نقاط نمونه) و رابطه برآورد کننده اشاره کرد. که در هر دو مورد فرضیات زیادی قابل طرح می‌باشد. در مورد



شاخص یکنواختی به خاطر اختلاف کم و ناچیز با مقداری واقعی سایر مناطق مشابه تشخیص داده شد. و عدم معنی‌داری، به‌عنوان شاخص قابل اعتماد در این مطالعه و

### فهرست منابع

- اسماعیل زاده، ا. و حسینی، س. م. ۱۳۸۶. رابطه بین گروه‌های اکولوژیک گیاهی با شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در ذخیره گاه سرخ‌دار افراتخته. محیط‌شناسی ۳۳(۴۳): ۳۰-۲۱
- پوربابایی، ح. ۱۳۷۷. تنوع‌زیستی گونه‌های چوبی در جنگل‌های استان گیلان، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، ۲۶۴ ص.
- حسینی، س. م. ۱۳۷۹. تعیین توان اکولوژیک رویشگاه‌های سوزنی برگان بومی شمال ایران. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، ۱۶۳ ص.
- سهرابی، ه. و اکبری‌نیا، م. ۱۳۸۴. تنوع گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در منطقه جنگلی ده سرخ، جوانرود، استان کرمانشاه، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۳(۳): ۲۹۴-۲۷۹.
- عسکری، ی.؛ زبیری، م. و سهرابی، ه. ۱۳۹۱. مقایسه ۵ روش نمونه برداری فاصله ای برای تعیین پارامترهای کمی در ذخیره گاه جنگلی چهارطاقی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۲۱(۳): ۳۲۸-۳۱۶.
- قمی اویلی، ع.؛ حسینی، س. م.؛ متاجی، ا. و جلالی، س. غ. ۱۳۸۶. بررسی تنوع‌زیستی گونه‌های چوبی و زادآوری در دو جامعه گیاهی مدیریت شده در منطقه خیرودکنار نوشهر. محیط‌شناسی، ۳۳(۴۳)، ص ۱۰۶-۱۰۱
- مهدوی، ع.؛ حیدری، م. و اسحاقی‌راد، ج. ۱۳۸۹. بررسی تنوع‌زیستی و غنای گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی و فیزیکی-شیمیایی خاک در منطقه حفاظت شده کبیر کوه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۳)، ۴۳۶-۴۲۶.
- نوری، ز.؛ فقهی، ج.؛ زاهدی امیری، ق.؛ زبیری، م. و رحمانی، ر. ۱۳۸۹. ارزیابی تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای و اثر آن در مدیریت پایداری جنگل (بررسی موردی: بخش پاتم جنگل خیرودکنار). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب ۶۳(۲): ۲۱۴-۲۰۱
- هادی، ع. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر روی تنوع گونه‌های چوبی در منطقه‌ای تقریباً بکر (جنگل‌های اسالم گیلان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، ۸۹ ص.

Bhatt, D. & Sanjit L. 2005. How relevant are the concepts of species diversity and species richness. Bioscience, 30 (5): 101-104.

Brockway, D.G. 1998. Forest plant diversity at local and landscape scales in the Cascade Mountains of Southwestern Washington. Forest Ecology and Management. 109: 323-341.

Burger, J.A. & Kelting, D.L. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. Forest Ecology and Management, 122:155-156.

Downing D.J. & Tilman D. 1996. Measurement of tree diversity in the Nigerian rain forest. Biodiversity and Conservation .5(10): 1253-1270

Fisher, R.A.; Corbet A.S. & Williams C.B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. Animal Ecology, 12: 42-58.

Hulbert S.H. 1971. The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. Ecology, 52: 577-586.

- Hughes, J.W. & Fahey, T.J. 1988. Seed Dispersal and Colonization in a Disturbed Northern Hardwood Forest. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 115(2).
- Lloyd, M. & Ghelardi, R.J. 1964. A table for calculating the equitability component of species diversity. *Animal Ecology*, 33: 217-225.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its measurement* Princeton. Princeton University Press.
- Magnussen, S. & Boyle, T.J.B. 1995. Estimating sample size for inference about the Shannon-Weaver and the Simpson indices of species diversity. *Forest Ecology and Management* 78: 71-84.
- Margalef, M. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3:36-71.
- Menhenic, E.F. 1964. A comparison of some species individuals diversity indices applied to sample of field insects. *Ecology*, 45:859-861.
- Mou, P.; Jones, R.H.; Guo, D. & Lister, A. 2005. Regeneration Strategies, Disturbance and Plant Interactions as Organizers of Vegetation Spatial Patterns in a Pine Forest. *Landscape Ecology*, 20(8): 971-987.
- Pielou, E.C. 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Theoretical Biology*, 10: 370-383.
- Shannon, C.E. & Weaver, A. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, 350 pp.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 12:1-20.
- Simpson, G.G. 1964. Species diversity of North American recent mammals. *Systematic Zoology*, 13: 57-73.
- Thebaud, C. & Debussche, M. 1991. Rapid Invasion of *Fraxinus ornus* L. Along the Herault River System in Southern France: The Importance of Seed Dispersal by Water. *Journal of Biogeography*, 18(1).
- United Nations, 1992. United Nations Conference on Environment & Development; Convention on Biological Diversity. Accessible at: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
- Whittaker, H. 1972. Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon* 21 (2/3): 213-25