

## سنجش تنوع زیستی و طبقه‌بندی گونه‌های درختی و درختچه‌ای در جنگل‌های ارسباران

راهله استادهاشمی\*<sup>۱</sup>، رضا اخوان<sup>۲</sup> و رویا عابدی<sup>۳</sup>

- ۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. (ra.oh.fo@gmail.com)
- ۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (akhavan@rifr-ac.ir)
- ۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، ایران. (abedi.roya@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹

## چکیده

**مقدمه و هدف:** کاهش تنوع زیستی، افزایش گونه‌های مهاجم و تغییرات اقلیمی از مسائل چالش‌برانگیز این قرن است که سبب کاهش تنوع گیاهی و تأثیرات منفی بر پایداری و ثبات بوم‌سازگان‌ها مانند جنگل‌ها شده است. وضعیت فعلی جنگل‌های ارسباران با توجه به تخریب‌ها و دخالت‌های انسانی سال‌های اخیر دستخوش تغییرات زیادی بوده و ارزیابی تنوع زیستی در سطح کل منطقه جنگلی ارسباران ضروری به نظر می‌رسد تا با بررسی آن، از وضعیت ترکیب و تنوع گونه‌های فعلی جنگل آگاه و به بهبود شرایط توده‌های جنگلی کمک کرد. هدف از این پژوهش ارزیابی و تعیین تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای جنگل‌های ارسباران با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی و طبقه‌بندی توده‌های جنگلی بر اساس اندازه شباهت گونه‌ای آنها است.

**مواد و روش‌ها:** جنگل‌های کوهستانی پهن‌برگ ارسباران واقع در شمال غرب ایران جزء ناحیه اصلی اروپ-سیبری و زیر ناحیه هیرکانی هستند که جزو نه‌ذخیره‌گاه بیوسفر ایران است. اگرچه این جنگل‌ها حفاظتی هستند اما فعالیت‌های شدید انسانی در چند دهه گذشته، سیمای ظاهری، ترکیب و ساختار جنگل‌های ارسباران را به شدت تغییر داده است. برای انجام این پژوهش با استفاده از روش نمونه‌برداری دو مرحله‌ای، ۱۲ توده جنگلی در سطح کل جنگل‌های ارسباران با پراکنش و توزیع مناسب توده‌ها در رویشگاه‌ها، تیپ‌های جنگلی و گرادیان‌های ارتفاعی مختلف به صورت تصادفی انتخاب و در داخل آنها به روش منظم-تصادفی، ۳۴۷ قطعه نمونه ثابت دایره‌ای شکل سه و ۱۰ آری آماربرداری و مشخصه‌های درختان اندازه‌گیری شد. سپس بر اساس داده‌های برداشت‌شده، ترکیب گونه‌ای، پراکنش قطری، متوسط سطح مقطع و تراکم در هکتار، ارتفاع درختان و درصد پایه‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد برآورد شدند. برای ارزیابی تنوع زیستی از

شاخص‌های غنای مارگالف و منهنیک، شاخص‌های یکنواختی پایلو و هیپ و شاخص‌های تنوع شانون-وینر و سیمپسون استفاده شد. سپس برای طبقه‌بندی بر اساس شباهت یا عدم شباهت گونه‌ای بین توده‌های جنگلی از شاخص جاکارد استفاده شد و دندروگرام حاصل از طبقه‌بندی توده‌ها بر اساس فاصله جاکارد ترسیم شد و با استفاده از آزمون تجزیه واریانس به بررسی تفاوت‌های آماری بین گروه‌ها از نظر شاخص‌های تنوع زیستی پرداخته شد.

**یافته‌ها:** براساس نتایج، ۲۵ گونه درختی و درختچه‌ای شناسایی شدند که چهار گونه غالب در توده‌ها شامل *Carpinus spp* با فراوانی ۴۰ درصد، *Quercus spp* با فراوانی ۲۹ درصد، *Juniperus spp* با فراوانی ۱۲ درصد و *Acer spp* با فراوانی ۱۱ درصد بودند. نتایج مشخصه‌های کمی توده‌های مورد بررسی نشان داد که جنگل‌های ارسباران، جنگل‌های جوان، کم‌قطر (میانگین قطر ۱۰ سانتی‌متر) با تراکم درختی زیاد است که غالب توده‌ها به صورت شاخه و دانه‌زاد هستند که دلیل آن می‌تواند قطع یکسره درختان در گذشته برای زغال‌گیری در این جنگل‌ها، قدرت جست‌دهی زیاد گونه‌های ممرز و بلوط و دخالت‌های انسانی باشد. بررسی شش شاخص تنوع زیستی نشان داد که جنگل‌های ارسباران از نظر غنای گونه‌ای تقریباً خوب اما یکنواختی بسیار کمی دارند و از نظر تنوع زیستی نیز به نسبت خوب هستند. بر اساس شاخص جاکارد، توده‌های جنگلی ارسباران به پنج گروه تقسیم شدند که نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین شاخص‌های تنوع در پنج گروه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی مربوط به توده‌های پهن‌برگ آمیخته با مقادیر عددی ۱/۱۵، ۰/۶۶ و ۱/۲ به ترتیب برای شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع و کمترین آنها مربوط به توده خالص اوری با مقادیر عددی ۰/۲۸، ۰/۰۶ و ۰/۱۲ به ترتیب برای شاخص غنا، یکنواختی و تنوع به دست آمد. همچنین، بر اساس ضریب تغییرات، شاخص غنای مارگالف، یکنواختی پایلو و تنوع شانون-وینر، بهترین شاخص‌ها برای منطقه شناخته شدند.

**نتیجه‌گیری کلی:** براساس نتایج، در منطقه ارسباران تنوع زیستی گونه‌های درختی و درختچه‌ای بیشتر متأثر از غنای گونه‌ای است که نقش مهمی در تغییرات تنوع زیستی منطقه دارد و غالبیت این جنگل‌ها با دو تا سه گونه سبب کاهش یکنواختی شده است. این پژوهش نشان داد که طبقه‌بندی گونه‌های درختی و درختچه‌ای بر اساس تنوع زیستی و با استفاده از شاخص جاکارد که به خوبی سبب تمایز گروه‌ها شد، امکان‌پذیر بوده و می‌تواند در تصمیمات مدیریتی و حفاظتی کاربرد داشته باشد. بنابراین برای رسیدن به پایداری، لازم است تا به بررسی شاخص‌های تنوع پرداخته و شاخص‌هایی که سبب کاهش تنوع زیستی در منطقه شده را مشخص و در راستای بهبود آن برنامه‌ریزی کرد. اجرای درست برنامه‌ها به مدیریت حفاظتی صحیح از توده‌های جنگلی و جلوگیری از حضور دام، جلوگیری از شاخه‌زنی و قطع پایه‌های جوان، شناسایی پایه‌های قطور و ایجاد فضا برای تولید بذر، کاهش جست‌گروه‌ها برای فرصت دادن به پایه‌های بذری و بررسی زادآوری و علل عدم استقرار زادآوری در منطقه بستگی دارد.

**واژه‌های کلیدی:** منطقه ارسباران، تنوع گونه‌ای، جاکارد، شاخص تنوع زیستی.

از یک گونه، ۲۰ درصد افراد جامعه از یک جنس و ۳۰ درصد افراد جامعه از یک خانواده باشند (Sæbø et al., 2005).

از رایج‌ترین روش‌های محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی، استفاده از اطلاعات آماربرداری جنگل‌هاست که علاوه بر مشخصه‌های ساختاری توده‌ها می‌توان تنوع زیستی آن منطقه را نیز بررسی کرد. شاخص‌های مختلفی نیز برای بررسی تنوع زیستی (غنا و یکنواختی) استفاده می‌شود که از رایج‌ترین آنها می‌توان به شانون-وینر، سیمپسون، مارگالف، برگر-پارکر و غیره اشاره کرد. (Pan et al., 2018) با استفاده از اطلاعات آماربرداری شده درختان در پلات‌ها و نتایج تجزیه و تحلیل آنها به ارزیابی تنوع زیستی منطقه‌ای جنگل‌های New England واقع در شش ایالت کشور آمریکا پرداختند. آنها نشان دادند که تنوع درختی از شمال به جنوب با نرخ افزایش دو تا سه گونه در هر درجه عرض جغرافیایی افزایش می‌یابد و تخمین تنوع زیستی بر اساس مشخصه ارتفاع درختان بهتر از سن و بیوماس درختان بوده است. (Kumar et al., 2022) نیز با استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای، شاخص‌های شانون-وینر، سیمپسون، مارگالف و پایلو را برای جنگل‌های تروپیکال هند به دست آوردند و نشان دادند که شاخص سیمپسون تحت تاثیر اندازه جمعیت هر گونه است و جایگاه اصلی یک گونه را نشان می‌دهد و شانون-وینر تحت تاثیر غنای گونه‌ای است. همچنین Storch et al. (2023) با پیدا کردن رابطه بین شاخص‌های ساختاری توده‌های جنگلی و غنای گونه‌ای گروه‌های تاکسونومی گیاهی در سه منطقه وسیع در جنگل‌های آلمان نشان دادند که برای پایش تنوع زیستی می‌توان از شاخص‌های کمی ساختاری به دست آمده از آماربرداری‌های وسیع در جنگل استفاده کرد که این

تنوع زیستی به گوناگونی فرم‌های حیات بر روی زمین می‌گویند که پشتیبان تداوم زندگی بر روی زمین و ضامن سلامت بوم‌سازگان‌های مختلف و کارکردها و خدمات آنهاست. بیشترین تنوع زیستی بر روی زمین مربوط به بوم‌سازگان جنگل است و تغییرات تنوع زیستی جنگل‌ها بستگی به تیپ جنگل، جغرافیای منطقه، اقلیم، خاک و همچنین نحوه استفاده از آن دارد (FAO, 2020). در بیشتر بوم‌سازگان‌های جنگلی، آلمان‌های چوبی جوامع گیاهی بر روی تنوع ساختاری تاثیر گذاشته که به تبع آن تاثیر قابل توجهی بر تنوع گونه‌های جانوری و گیاهی دارد (Storch et al., 2023). کاهش تنوع زیستی یکی از مسائل چالش‌برانگیز این قرن است که بر روی بوم‌سازگان‌های جنگلی تاثیر زیادی گذاشته است. از مهم‌ترین عوامل کاهش تنوع زیستی جنگل‌ها، گسترش کشاورزی، جنگل‌زدایی و قطعه‌قطعه شدن جنگل است (FAO, 2020) و همچنین افزایش گونه‌های مهاجم و تغییرات اقلیمی سبب کاهش تنوع گیاهی و تاثیرات منفی بر پایداری و ثبات بوم-سازگان‌ها مانند جنگل‌ها شده است (Naeem et al., 1994). از آنجا که تنوع زیستی شالوده بسیاری از خدمات بوم‌سازگان‌ها است و ویژگی‌های گونه‌های مختلف موجود در آنها اعم از گیاهی و جانوری نیز نقش مهمی در تعیین عملکرد بوم‌سازگان‌ها دارند (Pan et al., 2018)، در نتیجه شناخت و بررسی پراکنش گونه‌ای و ساختار درختی و درختچه‌ای جنگل‌ها نیز از عوامل مهم در پژوهش‌های بوم‌شناسی جنگل‌ها به حساب می‌آید. همچنین شناخت تنوع و ساختار گونه‌ها پیش‌نیازی برای کنترل تغییرات اقلیمی هستند و پایش آنها برای ارزیابی پایداری تنوع زیستی الزامی است (Kumar et al., 2022). طبق پژوهش‌ها، در شرایط مطلوب یک جنگل، باید حداکثر ۱۰ درصد افراد جامعه

به طور مثال می توان به پژوهش Pourbabaei et al. (2010) اشاره کرد که به بررسی تنوع زیستی گونه های چوبی رویشگاه های سفیدمازو (*Quercus petraea* subsp. *Iberica*) در حوزه ایلگنه چای ارسباران پرداختند و نشان دادند که بیشترین اهمیت گونه (بر اساس فراوانی نسبی، تراکم نسبی و چیرگی نسبی) مربوط به بلوط سفید و کمترین آن مربوط به گونه بارانک بوده است. (Mohammadzadeh et al., 2014). نیز به بررسی تنوع زیستی گونه های گیاهی در شیب های مختلف در دو حوزه جنگل های ارسباران پرداختند و نشان دادند که با افزایش شیب، غنای گونه ای و تنوع افزایش یافته است. همچنین تغییرات تنوع زیستی درختان بر اساس ارتفاع از سطح دریا در جنگل های ارسباران نشان داده است که با افزایش ارتفاع، غنای گونه ای کم و یکنواختی افزایش می یابد و افزایش ارتفاع به طور کل سبب کاهش تنوع می شود (Safari et al., 2020). (Ghanbari and Esmaili (2022) نیز با بررسی تنوع گونه ای توده های شاخه زاد در جنگل های ارسباران نشان دادند که تنوع گونه ای (۱/۳۹)، غنا (۱/۲۹) و یکنواختی (۱/۴۲) این توده های شاخه زاد با توجه به مقادیر عددی به دست آمده مناسب هستند.

از آنجایی که وضعیت فعلی توده های جنگلی ارسباران با توجه به تخریب ها و دخالت های انسانی سال های اخیر در منطقه (چرای دام و تغییر کاربری)، دستخوش تغییرات زیادی بوده، در نتیجه ارزیابی تنوع زیستی در سطح کل منطقه جنگلی ارسباران ضروری به نظر می رسد تا با بررسی آن، از وضعیت ترکیب و تنوع گونه ای فعلی جنگل آگاه و با مقایسه آن با گذشته (در صورت وجود داده) و آینده (پایش) به بهبود شرایط توده های جنگلی کمک کرد. در نتیجه هدف از این پژوهش، ارزیابی و تعیین تنوع گونه ای درختی و درختچه ای جنگل های ارسباران با استفاده از

آماربرداری ها می تواند ابزار مناسبی برای تعیین تنوع زیستی جنگل ها و مدیریت آنها باشند.

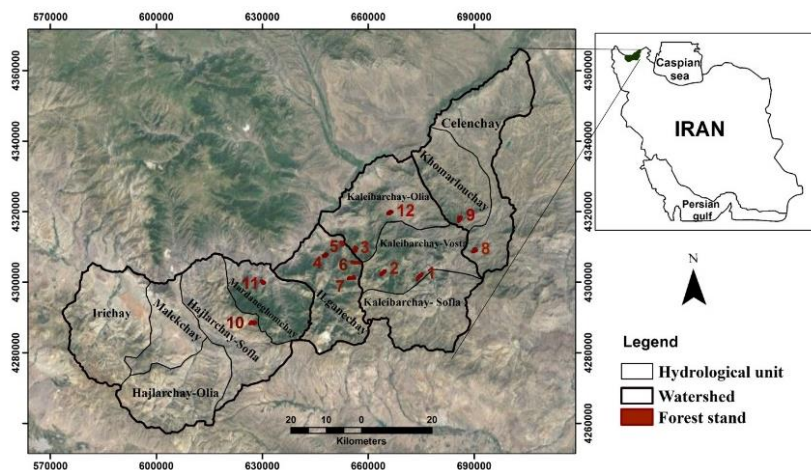
منطقه جنگلی ارسباران که از نظر بوم شناسی جزو نه ذخیره گاه بیوسفر ایران تحت برنامه Man and Biosphere یونسکو قرار گرفته است، با وجود مساحت کم، گونه های با ارزش و اندمیک زیادی دارد. این جنگل ها گذری از مناطق و بوم سازگان های جنگلی هیرکانی به مناطق و بوم سازگان های جنگلی کلشن (Colshan) ارمنستان و مناطق و بوم سازگان های جنگلی زاگرس هستند و متاثر از جریان های آب و هوایی مختلف است که موجب ایجاد تنوع زیستی بالا، گونه های گیاهی و جانوری کمیاب و حضور عناصر گیاهی مربوط به اقلیم های مختلف شده است، به طوری که این منطقه کوچک جنگلی دارای ۱۳۳۴ گونه گیاهی و ۹۷ گونه درختی و درختچه ای است (Birang et al., 2001). اگرچه این جنگل ها حفاظتی بوده و هیچگونه بهره برداری چوبی در آنها انجام نمی شود اما فعالیت های شدید انسانی در چند دهه گذشته، سیمای ظاهری، ترکیب و ساختار جنگل های ارسباران را به شدت تغییر داده؛ به طوری که منطقه دچار از هم گسیختگی زیست محیطی شده است. بیشتر منطقه، پوشش گیاهی خود را در اثر تبدیل به زمین های زراعی، زغال گیری و یا چرای شدید ازدست داده و آماده فرسایش شده است و پوشش جنگلی آن به صورت لکه های بسیار کوچک و پراکنده باقی مانده است که در منطقه حفاظت شده، فرآیند تکه تکه شدن جنگل های ارسباران بیشتر بوده که دلیل آن دسترسی راحت تر و وجود جاده های بیشتر در منطقه حفاظت شده نسبت به منطقه غیرحفاظتی است (Ghanbari Sharafeh et al., 2010; Sasanifar et al., 2023). پژوهش های مفیدی در زمینه تنوع زیستی در منطقه ارسباران انجام شده که تعداد آنها اندک و بیشتر به صورت موردی هستند.

شاخص‌های تنوع زیستی و طبقه‌بندی توده‌های جنگلی بر اساس اندازه شباهت گونه‌های آنها با استفاده از شاخص جاکارد است. این پژوهش می‌تواند اطلاعاتی از شرایط فعلی منطقه از نظر پایداری و ترکیب ساختاری آن ارائه دهد. با داشتن این اطلاعات و ارزیابی مجدد در دوره‌های بعدی می‌توان به پایش تنوع زیستی در منطقه ادامه داد و روند تغییر و حرکت آن را بررسی کرد و از این اطلاعات جامع در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و حفاظتی استفاده کرد.

**مواد و روش‌ها**  
**منطقه مورد بررسی**

جنگل‌های کوهستانی پهن‌برگ ارسباران در شمال غرب ایران و در ارتفاعات قره‌داغ از کناره رود مرزی ارس تا بیش از ۲۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا ادامه دارند و جزء ناحیه اصلی اروپ-سیبری (Euro-Siberian) و زیر ناحیه هیرکانی (Euxino-Hyrcanian) هستند

(Sagheb Talebi et al., 2014). طبق آخرین پژوهش انجام‌شده سطح تقریبی جنگل‌های واقع در منطقه ارسباران با تاج پوشش بالای پنج درصد، ۱۳۱۰۱۰ هکتار است (Ostadhashemi et al., 2023) که در عرض جغرافیایی "۳۸° ۲۵' ۵۹" تا "۳۹° ۲۰' ۷" شمالی و طول جغرافیایی "۴۶° ۹' ۱۸" تا "۴۷° ۱۶' ۵" شرقی قرار گرفته است. این ناحیه از چهار حوضه آبخیز اصلی با نام‌های سلن‌چای، کلیرچای، ایلگنه‌چای و حاجلرچای و ۱۱ واحد هیدرولوژیک تشکیل شده است (شکل ۱). طبق اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی (۲۰۰۶-۲۰۱۱)، میانگین دمای سالانه ارسباران ۱۰/۹ سانتی‌گراد، بارندگی سالانه ۳۳۳/۴ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی ۷۰/۵ درصد، اقلیم به روش دومارتن نیمه خشک سرد و اقلیم به روش آمبرژه نیمه‌مرطوب سرد است (Asri and Partonia, 2016).



شکل ۱- موقعیت حوضه‌های آبخیز، واحدهای هیدرولوژیک و توده‌های جنگلی آماربرداری شده در منطقه ارسباران

Fig 1. Location of the watersheds, hydrological units and studied forest stands in Arasbaran area

روش پژوهش

در این پژوهش از اطلاعات آماربرداری با قطعات نمونه ثابت استفاده شد. آماربرداری در ۱۲ توده جنگلی که بر اساس روش نمونه‌برداری د مرحله‌ای (Two- Stage

(Sampling) انتخاب شدند (Zobeiri, 1994)، انجام شد. پراکنش و توزیع مناسب قطعه‌نمونه‌ها در رویشگاه‌ها، تیپ‌های جنگلی و گرادیان‌های ارتفاعی مختلف منطقه با رعایت اصول نمونه‌برداری تصادفی به‌گونه‌ای انجام

شده است. این پژوهش با استفاده از شاخص جاکارد و روش آمبرژه برای تعیین رطوبت نسبی و روش دومارتن برای تعیین اقلیم انجام شد. نتایج این پژوهش در مقاله‌ای در مجله علمی-پژوهشی *Journal of Forest Research* (Zobeiri et al., 2014) منتشر شده است.

برابرسینه مشخص شد تا در دوره‌های بعدی به‌آسانی قابل بازیابی باشد. در داخل هر قطعه‌نمونه متغیرهای نوع گونه درختی، تعداد درختان، قطر در ارتفاع برابرسینه کل درختان با قطر بیشتر از پنج سانتی‌متر ( $dbh \geq 5$ )، ارتفاع قطورترین درخت در هر قطعه‌نمونه و نیز نزدیک‌ترین درخت به مرکز هر قطعه‌نمونه، فرم رویشی (درخت، درختچه)، درصد تاج پوشش و مبدا (دانه‌زاد، شاخه‌زاد) در هر قطعه‌نمونه تعیین و اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری داده‌های آماربرداری، ترکیب گونه‌ای، پراکنش قطری، متوسط سطح مقطع و تراکم در هکتار، ارتفاع برآوردی درختان بر اساس منحنی ارتفاع و درصد پایه‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد محاسبه شد.

پس از اتمام آماربرداری، در مجموع ۳۴۷ قطعه-نمونه در توده‌های موردنظر پیاده شد (۱۳ قطعه‌نمونه در نقاط غیرقابل اندازه‌گیری قرار گرفت) و مشخصات پارسل‌ها بر اساس ترکیب گونه‌ای به‌دست آمد (جدول ۱). در جنگل‌های ارسباران بیشتر درختان از گونه ممرز (*Carpinus betulus* L.) و دو گونه جنس بلوط (*Quercus petraea* L., *Quercus macranthera* Fisch. And C.A. Mey.) گونه‌های غالب منطقه را تشکیل می‌دهند.

تنوع زیستی شامل دو بخش مهم غنا و یکنواختی است که به تعداد گونه‌های موجود در منطقه و چگونگی همگنی و فراوانی آنها می‌پردازند که برای محاسبه این شاخص‌ها نیاز به سه نوع داده شامل تعداد کل گونه‌ها، تعداد کل درختان و تعداد درختان هر گونه است (Lakićević and Srđević, 2018). برای بررسی تنوع زیستی توده‌های جنگلی ارسباران از شاخص‌های غنای مارگالف (R1) (Margalef, 1958) و منهنیک (R2) (Menhinick, 1964) که به تعیین گوناگونی و تنوع گونه‌ها می‌پردازند و بر حسب تعداد گونه‌ها و تعداد کل

شد تا نتایج حاصل از آماربرداری، معرف کل منطقه جنگلی ارسباران باشد. به همین دلیل، ابتدا نقشه محدوده ۱۱ واحد هیدرولوژیک موجود در چهار حوضه آبخیز اصلی در ناحیه ارسباران با استفاده از نقشه‌های موضوعی موجود تهیه شد. سپس سه واحد هیدرولوژیک که فاقد پوشش جنگلی بودند (ملک‌چای، حاجی‌لر چای علیا و ایری چای) حذف شدند. در مرحله بعد در هر یک از هشت واحد هیدرولوژیک باقی‌مانده پارسل‌هایی به‌صورت تصادفی برای آماربرداری انتخاب شدند. به‌طوری‌که در حوضه‌های کلیبرچای و ایلگنه‌چای که از حوضه‌های مهم و با پوشش جنگل وسیع در ناحیه ارسباران هستند؛ هرکدام چهار پارسل (در مجموع هشت پارسل) و در حوضه‌های سلن‌چای و حاجی‌لرچای که دارای پوشش جنگلی کمتری نسبت به دو حوضه دیگر هستند؛ هر کدام دو پارسل (در مجموع چهار پارسل) و در مجموع ۱۲ پارسل در توده‌های مختلف برای آماربرداری در نظر گرفته شد (شکل ۱).

سپس در داخل هر پارسل منتخب ۳۰ قطعه‌نمونه (حداقل تعداد نمونه قابل قبول از نظر آماری) به روش منظم- تصادفی پیاده شد. به‌طوری‌که در توده‌های پهن‌برگ به دلیل تراکم زیادتر درختان و وسیع بودن سطح توده‌ها از شبکه آماربرداری با ابعاد  $150 \times 200$  متر (شبکه معمول آماربرداری در جنگل‌های شمال کشور) و سطح قطعات نمونه دایره‌ای شکل سه آری (۳۰۰ مترمربع) (Alijanpour et al., 2018) استفاده شد. اما در توده‌های سوزنی‌برگ به دلیل تراکم کم درختان، ابعاد شبکه آماربرداری  $100 \times 100$  متر و مساحت قطعات-نمونه دایره‌ای شکل ۱۰ آر (۱۰۰۰ مترمربع) در نظر گرفته شد. با توجه به ثابت و دائمی بودن قطعات نمونه، مرکز هر قطعه‌نمونه با دستگاه GPS ثبت و با رنگ‌آمیزی نزدیک‌ترین درخت به مرکز در ارتفاع

گونه‌ای (تنوع شانون) نیز می‌پردازند، استفاده شد. این شاخص‌ها از رایج‌ترین شاخص‌های تنوع زیستی هستند که جداول خوبی و محاسبه آسان از ویژگی‌های آنهاست و از پرکاربردترین شاخص‌ها در پژوهش‌های بوم‌شناسی هستند (Fedor and Zvaríková, 2019).

افراد یک جامعه به دست می‌آیند و همچنین شاخص‌های تنوع شانون-وینر (H) (Shannon, 1948) و سیمپسون (λ) (Simpson, 1949) که علاوه بر غنا به فراوانی نسبی هر گونه در جامعه نیز می‌پردازند و نیز شاخص‌های یکنواختی پایلو (J) (Pielou, 1966) و هپ (E) (Heip, 1974) که علاوه بر غنا به تنوع

جدول ۱- مشخصات و ترکیب گونه‌ای ۱۲ توده جنگلی مورد بررسی

Table 1. Characteristics and species composition of different 12 studied forest stands

توده ۶	توده ۵	توده ۴	توده ۳	توده ۲	توده ۱	مشخصه
Stand6	Stand5	Stand4	Stand3	Stand2	Stand1	Feature
90	93.5	92.5	96	86	89	مساحت (هکتار) Area (ha)
30	30	31	29	29	29	تعداد قطعه نمونه No. of Circular plot
HL	ML	ML	ML	HL	HL	*دامنه ارتفاعی Elevation zone
A (68.2), B (17.6), C (7.7), Others (6.5)	A (53.7), B (15.5), C (13.3), Others (17.5)	A (56.2), B (21.2), C (10), Others (12.6)	A (44), B (44), C (8.4), Others (3.6)	A (78), B (16.4), C (1.4), Others (4.2)	A (73), B (22), C (3.3), Others (1.7)	ترکیب گونه‌ای (درصد) Composition of species (%)
49	64	63	38	33	39	دانه‌زاد (درصد) Standard (%)
51	36	37	62	67	61	شاخه‌زاد (درصد) Coppice (%)
توده ۱۲	توده ۱۱	توده ۱۰	توده ۹	توده ۸	توده ۷	
Stand12	Stand11	Stand10	Stand9	Stand8	Stand7	
39	27	89	92	90	91	مساحت (هکتار) Area (ha)
33	28	29	25	28	26	تعداد قطعه نمونه No. of Circular plot
LL	ML	HL	HL	HL	HL	*دامنه ارتفاعی Elevation zone
D (98.5), Others (1.5)	B (23), C (21), D (44), Others (12)	B (93.1), C (3.7), Others (3.2)	A (40.7), B (24.8), C (18.1), Others (16.4)	A (33), B (32.6), C (22.3), Others (12.1)	A (34.8), B (39.9), C (18), Others (7.3)	ترکیب گونه‌ای (درصد) Composition of species (%)
77	40	54.4	22	23	49.8	دانه‌زاد (درصد) Standard (%)
23	60	45.6	78	77	50.2	شاخه‌زاد (درصد) Coppice (%)

A: *Carpinus betulus* L. & *C. orientalis* Mill. ; B: *Quercus petraea* L. & *Q. macranthera* Fisch. & C.A. Mey.; C: *Acer campestre* L. & *Acer monspessulanum* L. subsp. *Ibericum* (M.B) Yaltirik; D: *Juniperus foetidissima* Willd. & *J. excelsa* M. Bieb.; Others: *Cerasus avium* (L.) Moench., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Sorbus graeca* (Spach) Loddiges ex Schaver, *Sorbus aucuparia* L., *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus glabra* Hudson, *Ulmus minor* Miller, *Cornus australis* C.A. Mey., *Cornus mas* L., *Crataegus* sp L., *Pyrus* sp L., *Taxus baccata* L., *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. *Mutica* (Fisch & C.A. Mey.) Rech. F., *Mespilus germanica* L., *Prunus* sp L., *Corylus avellana* L., *Amygdalus fenzliana* (Fritsch) Lipsky = *A. communis*

\* دامنه ارتفاعی: پایین بند (LL) < ۸۰۰ متر، میان بند (ML) ۸۰۰-۱۶۰۰ متر و بالابند (HL) > ۱۶۰۰ متر

\* LL: Lowland <800 m, ML: Midland 800- 1600 m, HL: Highland >1600 m



پس از محاسبه شاخص‌ها در تمام قطعات نمونه ۱۲ توده جنگلی، برای مقایسه بوم‌شناسی و طبقه‌بندی توده‌های مورد بررسی بر اساس شباهت یا عدم شباهت گونه‌ای بین توده‌های جنگلی، از شاخص جاکارد (Jaccard, 1901) استفاده شد که در پژوهش‌های محیط زیستی کاربرد زیادی دارد (Lakićević and Srđević, 2018). این شاخص به مقایسه دو گروه بر اساس حضور یا عدم حضور گونه‌ها (داده‌های کیفی) می‌پردازد. از نسبت گونه‌های مشترک بین دو گروه بر جمع گونه‌های مشترک و گونه‌های مختص هر گروه عددی به نام شاخص جاکارد به دست می‌آید، سپس فاصله جاکارد ( $J \text{ distance} = 1 - J$ ) محاسبه می‌شود که مقدار آن بین صفر و یک است. هرچه عدد به یک نزدیک‌تر، یعنی دو گروه با هم شباهت بیشتری دارند (Lakićević and Srđević, 2018). دندروگرام حاصل از طبقه‌بندی توده‌ها نیز بر اساس فاصله جاکارد ترسیم شد. سپس با استفاده از آزمون تجزیه واریانس به بررسی تفاوت‌های آماری بین گروه‌ها از نظر شاخص‌های تنوع زیستی پرداخته شد. در این پژوهش، برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی از نرم‌افزار SDR، برای طبقه‌بندی توده‌ها از نرم‌افزار R 3.4.2 (پکیج

پس از محاسبه شاخص‌های مورد بررسی و ترکیب گونه‌ای درختی و درختچه‌ای آنها نشان داد که بیشتر توده‌ها در ارتفاع بالاتر از ۱۶۰۰ متر قرار گرفته‌اند و چهار گونه غالب در توده‌ها شامل *Carpinus spp L.* با فراوانی ۴۰ درصد، *Quercus spp L.* با فراوانی ۲۹ درصد، *Acer spp L.* با فراوانی ۱۲ درصد و همچنین فراوانی پایه‌های شاخه‌زاد نیز بیشتر از دانه‌زاد است.

پس از محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی کل قطعات نمونه و تعیین شاخص‌ها برای هر توده جنگلی، شاخص جاکارد با مقایسه دو به دو توده‌ها به دست آمد. طبق جدول ۲، بیشترین شباهت مربوط به توده‌های نه و هشت و پس از آن توده‌های هفت و هشت و توده‌های یک و شش است. همچنین کمترین شباهت مربوط به توده‌های ۱۰ و ۱۲ و توده دو و ۱۲ است (جدول ۲).

جدول ۲- مقدار عددی شاخص جاکارد برای مقایسه دو به دو توده‌های مورد بررسی

Table 2. Similarity between studied forest stands with Jaccard index

توده ۱۱ Stand11	توده ۱۰ Stand10	توده ۹ Stand9	توده ۸ Stand8	توده ۷ Stand7	توده ۶ Stand6	توده ۵ Stand5	توده ۴ Stand4	توده ۳ Stand3	توده ۲ Stand2	توده ۱ Stand1		
										توده ۲ Stand 2		
									0.736			
										توده ۳ Stand 3		
									0.371	0.487		
										توده ۴ Stand 4		
									0.632	0.389	0.468	
										توده ۵ Stand 5		
									0.653	0.500	0.439	0.540

مقادیر عددی پررنگ نشان‌دهنده بیشترین شباهت‌ها و مقادیر عددی مورب، کمترین شباهت‌ها را نشان می‌دهند.

Values in bold represent the highest similarities and values in italic represent the lowest similarities between analyzed forest stands.



ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

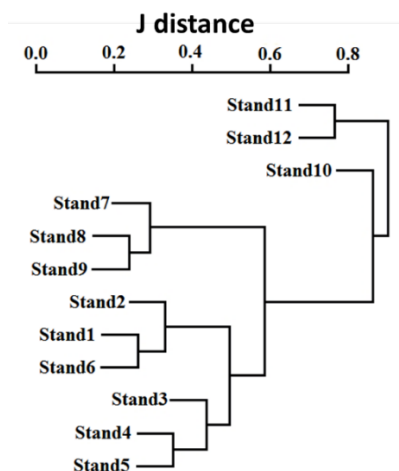
توده ۱۱ Stand11	توده ۱۰ Stand10	توده ۹ Stand9	توده ۸ Stand8	توده ۷ Stand7	توده ۶ Stand6	توده ۵ Stand5	توده ۴ Stand4	توده ۳ Stand3	توده ۲ Stand2	توده ۱ Stand1
					0.698	0.634	0.516	0.604	<b>0.741</b>	توده ۶ Stand 6
					0.438	0.433	0.539	0.623	0.291	0.370
				<b>0.747</b>	0.412	0.439	0.523	0.510	0.235	0.302
			<b>0.771</b>	0.683	0.408	0.420	0.555	0.504	0.232	0.301
		0.113	0.141	0.190	0.119	0.107	0.122	0.231	0.113	0.141
	0.101	0.317	0.309	0.286	0.176	0.193	0.230	0.215	0.083	0.119
0.235	<i>0.007</i>	0.012	0.012	0.013	0.008	0.008	0.010	0.010	<i>0.007</i>	0.008

مقادیر عددی پررنگ نشان‌دهنده بیشترین شباهت‌ها و مقادیر عددی مورب، کمترین شباهت‌ها را نشان می‌دهند.

Values in bold represent the highest similarities and values in italic represent the lowest similarities between analyzed forest stands.

نه (گروه سوم)، توده‌های پهن‌برگ - سوزنی‌برگ ۱۱ و ۱۲ (گروه چهارم) وجود دارد و توده خالص پهن‌برگ ۱۰ (گروه پنجم) به‌صورت جداگانه قابل تقسیم است. در نتیجه طبق شکل دو توده‌های جنگلی مورد بررسی را می‌توان به پنج گروه تقسیم کرد.

در ادامه با استفاده از مقادیر به‌دست‌آمده از شاخص جاکارد و فاصله جاکارد، دندروگرام توده‌های مورد بررسی رسم شد. نتایج نشان داد که بیشترین شباهت‌ها بین توده‌های پهن‌برگ آمیخته یک، دو و شش (گروه اول)، توده‌های پهن‌برگ آمیخته سه، چهار و پنج (گروه دوم)، توده‌های پهن‌برگ آمیخته هفت، هشت و



شکل ۲- دندروگرام طبقه‌بندی توده‌های جنگلی بر اساس شاخص جاکارد

Fig 2. Dendrogram of forest stands based on Jaccard index values

شاخص‌های غنا ( $R1=1/15$ ,  $R2=0/92$ )، تنوع  
 ( $H=1/2$ ,  $\lambda=0/69$ ) و یکنواختی ( $J=0/37$ ,  $E=0/66$ ) و  
 گروه پنج کمترین شاخص‌های غنا ( $R1=0/29$ )،  
 تنوع ( $H=0/21$ ,  $\lambda=0/12$ ) و یکنواختی  
 ( $J=0/06$ ,  $E=0/13$ ) را دارا هستند (جدول ۳).

پس از طبقه‌بندی توده‌های جنگلی، مشخصه‌های  
 بوم‌شناسی شامل میانگین قطر برابر سینه، تراکم و سطح  
 مقطع در هکتار، ارتفاع کل، درصد تاج پوشش و درصد  
 پایه‌های دانه‌زاد و شاخه‌زاد برای هر گروه محاسبه شد  
 و همچنین مقدار عددی شاخص‌های تنوع زیستی پنج  
 گروه به دست آمد. طبق نتایج، گروه سه بیشترین

جدول ۳- مقادیر عددی مشخصه‌های کمی و شاخص‌های تنوع زیستی پنج گروه طبقه‌بندی شده

Table 3. Values of quantified characteristics and biodiversity indices of five clustered groups					
گروه ۵	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	
Group 5	Group 4	Group 3	Group 2	Group 1	
8.3	10	<b>13.5</b>	12	8.8	قطر برابر سینه (سانتی متر) DBH (cm)
<b>2170</b>	247	961	1326	1998	تراکم (تعداد/ هکتار) Density (N/ha)
13	2.4	16	<b>18</b>	13.6	سطح مقطع (مترمربع/هکتار) BA(m <sup>2</sup> /ha)
6.3	4	7.2	<b>12.7</b>	10.8	ارتفاع درخت (متر) Height (m)
54.4	<b>58.5</b>	32	55	40	دانه‌زاد (درصد) Standard (%)
45.6	41.5	<b>68</b>	45	60	شاخه‌زاد (درصد) Coppice (%)
58	43	58	<b>77</b>	71	تاج پوشش (درصد) Canopy cover (%)
<i>0.21</i>	0.41	<b>1.20</b>	0.83	0.59	شانون- وینر H
<i>0.12</i>	0.39	<b>0.69</b>	0.56	0.39	سیمپسون $\lambda$
<i>0.29</i>	0.40	<b>1.15</b>	0.72	0.64	مارگالف R1
<i>0.28</i>	0.48	<b>0.92</b>	0.60	0.49	منهنیک R2
<i>0.06</i>	0.13	<b>0.37</b>	0.26	0.18	پایلو J
<i>0.13</i>	0.31	<b>0.66</b>	0.54	0.36	هیپ E

مشخصه‌های کمی  
Quantified characteristics

تنوع  
Diversity

شاخص‌های  
تنوع زیستی  
Biodiversity indices

یکنواختی  
Evenness

اعداد پر رنگ نشان‌دهنده بیشترین و اعداد مورب نشان‌دهنده کمترین مقادیر در بین پنج گروه هستند.

Numbers in bold represent the highest values and numbers in italic represent the lowest values between five groups.

معنی‌داری وجود دارد. همچنین برای شاخص‌ها،  
 ضریب تغییرات محاسبه شد تا بتوان شاخص‌ها را با

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص‌های  
 تنوع در پنج گروه از نظر آماری در سطح ۰/۰۱ اختلاف

یکدیگر مقایسه کرد. طبق نتایج بیشترین ضریب تغییرات مربوط به شاخص مارگالف و کمترین آن مربوط به شاخص سیمپسون است (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع زیستی بین پنج گروه طبقه‌بندی شده

Table 4. Results of ANOVA analysis for biodiversity indices between five classified groups

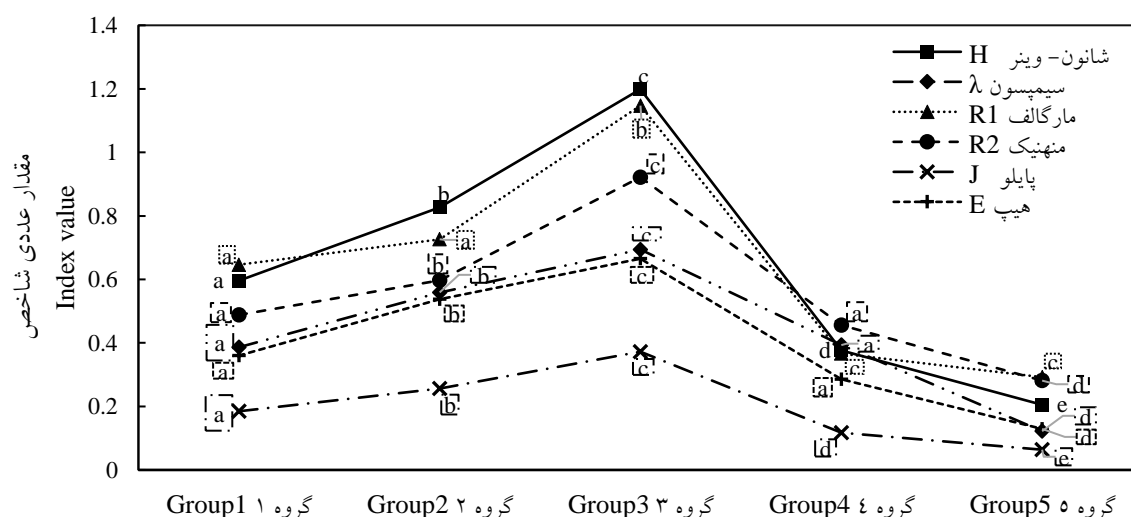
هیپ	پایلو	منهنیک	مارگالف	سیمپسون	شانون- وینر	
E	J	R2	R1	$\lambda$	H	
0.44	0.22	0.59	0.7	2.12	0.72	میانگین Mean
0.29	0.15	0.33	0.5	1.14	0.49	انحراف معیار Std.D
67	69	56	72	54	69	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
40	60	47	39.5	53	60	مقدار آماره F F
0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	معنی‌داری Sig.

\*\* The mean differences are significant at the 0.01 level

\*\* اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱.

گروه‌ها به جز گروه یک و چهار اختلاف معنی‌دار نشان داده است و شاخص مارگالف در گروه‌های یک و دو و همچنین چهار و پنج اختلاف معنی‌داری نشان نداده است (شکل ۳).

در ادامه با استفاده از نتایج آزمون دانکن به بررسی تفاوت‌های بین گروه‌ها برای هر شاخص پرداخته شد. بر اساس نتایج، شاخص تنوع شانون- وینر و پایلو در بین پنج گروه کاملاً متمایز و دارای اختلاف معنی‌داری هستند. شاخص‌های سیمپسون، منهنیک و هیپ در همه



شکل ۳- مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی پنج گروه طبقه‌بندی شده با استفاده از آزمون دانکن (حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد است)

Fig 3. Comparison of different groups in terms of diversity indices based on Duncan test (Low letters are referring to statistical differentiation at the 0.01 level)

## بحث

تنها راهبرد عملی برای حفظ، پایداری و استفاده درست از پتانسیل زیاد تنوع زیستی، داشتن اطلاعات کمی و کیفی متغیرها در طبیعت است که به وسیله شاخص‌های تنوع زیستی قابل بیان هستند (Fedor and Zvariková, 2019). با توجه به نتایج به دست آمده از مشخصه‌های کمی توده‌های مورد بررسی، مشخص شد که جنگل‌های ارسباران، جنگل‌های جوان، کم‌قطر (میانگین قطر ۱۰ سانتی‌متر) با تراکم درختی زیاد است که غالب توده‌ها به صورت شاخه و دانه‌زاد هستند که دلیل آن می‌تواند قطع یکسره درختان در گذشته برای زغال‌گیری در این جنگل‌ها، قدرت جست‌دهی زیاد گونه‌های ممرز و بلوط و دخالت‌های انسانی باشد (Alijanpour et al., 2011; Ostadhashemi et al., 2021). با بررسی گونه‌های درختی و درختچه‌ای منطقه مورد بررسی، ۲۵ گونه شناسایی شد که در کل منطقه مورد بررسی، جنس‌های *Carpinus* (دو گونه) و *Quercus* (دو گونه) حدود ۷۰ درصد ترکیب توده‌ها را تشکیل می‌دهند که پژوهش‌های گذشته نیز حاکی از تراکم زیاد ممرز و بلوط در منطقه است (Moradi Dirmandrik et al., 2015). (2015). Mohammadzadeh et al. با بررسی تنوع زیستی در دو حوضه ارسباران، ۲۶ گونه چوبی شناسایی کردند که بلوط سفید، ممرز و زغال اخته بیشترین حضور را داشتند.

نتایج بررسی شش شاخص تنوع زیستی در کل منطقه ارسباران و مقایسه آن با پژوهش‌های موردی و محدود در ارسباران (Mohammadzadeh et al., 2014; Ghanbari and Esmaili, 2022) و همچنین پژوهش‌های انجام‌گرفته در منطقه هیرکانی که شباهت‌های زیادی با منطقه ارسباران دارد نشان داد که به‌طور کلی مقدار عددی شاخص‌های به‌دست‌آمده نسبت به مناطق دیگر، مقدار عددی متوسطی هستند.

به عبارت دیگر از نظر غنای گونه‌ای تقریباً خوب اما از نظر یکنواختی اعداد بسیار کمی هستند و در نتیجه از نظر تنوع زیستی به نسبت خوب هستند.

بررسی شاخص‌های غنا نشان داد که شاخص مارگالف اغلب در تمامی موارد مقدار عددی بیشتری را نسبت به شاخص منهنیک نشان داده است و با درصد ضریب تغییرات ۷۲ درصد، عملکرد بهتری نسبت به شاخص منهنیک دارد. (Mohammadzadeh et al., 2014) شاخص مارگالف برای قسمتی از منطقه ارسباران را ۲/۲ و (Ghanbari and Esmaili, 2022) این شاخص را برای بخشی از جنگل‌های شاخه‌زاد ارسباران، ۱/۲۹ محاسبه کردند. همچنین کمترین مقادیر به‌دست آمده مربوط به شاخص‌های یکنواختی است. شاخص پایلو در بین تمام گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داده و همچنین ضریب تغییرات بیشتری دارد، در نتیجه عملکرد شاخص پایلو نسبت به هیپ بهتر بوده است، چنانکه (Ghanbari and Esmaili, 2023) بیشترین میانگین شاخص پایلو را برای بخشی از جنگل‌های شاخه-دانه‌زاد ارسباران ۱/۰۱ محاسبه کردند. (Esmailzadeh et al., 2012) نیز نشان دادند که شاخص پایلو با مقدار عددی ۰/۶ تمایز بین طبقات مختلف فیزیوگرافی را در ذخیرگاه افراتخته بهتر نشان داده است. شاخص‌های تنوع نیز نشان دادند که شانون-وینر که متاثر از غنای گونه‌ای است با مقدار عددی بیشتر، ضریب تغییرات بیشتر و تمایز معنی‌دار بین گروه‌ها عملکرد بهتری نسبت به سیمپسون که متاثر از یکنواختی است، داشته‌است. همچنین بسیاری از پژوهش‌های جنگل نشان داده‌اند که شاخص شانون-وینر مناسب‌تر از دیگر شاخص‌های تنوع است (Mohammadzadeh et al., 2014; Bahmany et al., 2014).

نتایج گروه‌بندی توده‌های جنگلی با استفاده از شاخص جاکارد نیز نشان داد که بیشترین شاخص‌های

سوزنی‌برگ آمیخته و سوزنی‌برگ خالص بیشتر است که مهم‌ترین علل آن را خصوصیات بوم‌شناسی متفاوت گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، تاثیر سوزنی‌برگان بر خاک و افزایش اسیدیته و در نتیجه کاهش عملکرد مواد مغذی خاک، کم بودن پوشش علفی کف در جنگل‌های سوزنی‌برگ که خود عاملی در افزایش تنوع در جنگل هستند و همچنین ایجاد محیط تاریک در جنگل‌های سوزنی‌برگ که برای گونه‌های سایه‌پسند قابل تحمل است، برشمرده است (Smith et al., 2005).

کمترین شاخص‌های تنوع زیستی مربوط به گروه پنج یعنی توده پهن‌برگ خالص *Quercus macranthera* با غالبیت زیاد، بیشترین تراکم درختی و کمترین میانگین قطر است. این امر می‌تواند به دلیل تخریب و برداشت پایه‌های قطور در گذشته و ایجاد فضاهای باز و فرصت بیشتر برای استقرار گونه نورپسند و مقاوم اوری در ارتفاعات بالای ارسباران باشد. همچنین تخریب ناشی از برداشت بی‌رویه درختان سبب تغییر وضعیت طبیعی توده‌های جنگلی و کاهش تعداد و تنوع گونه‌ای می‌شود (Kwiatkowska, 1994; Alijanpour et al., 2009). معمولا جوامع اوری در منطقه دارای ساختاری همگن با آمیختگی کم و یک اشکوبه هستند (Sefidi and Sadeghi, 2019).

#### نتیجه‌گیری

طبق نتایج این پژوهش مشخص شد که تقسیم‌بندی توده‌های جنگلی بر اساس تنوع زیستی و با استفاده از شاخص جاکارد که به خوبی سبب تمایز گروه‌ها شد، امکان‌پذیر بوده و می‌تواند در برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی بسیار کاربردی باشد. طبق نتایج Pitkänen (1998) بهبود شاخص‌های تنوع بر اساس مشخصه‌ها و ساختار توده‌ها مانند ترکیب گونه‌ای، تعداد آشکوب و میانگین قطر درختان از طریق مدیریت درست جنگل‌ها امکان‌پذیر است. بنابراین برای رسیدن به

تنوع زیستی به ترتیب مربوط به جنگل‌های پهن‌برگ آمیخته، توده‌های آمیخته پهن‌برگ-سوزنی‌برگ و پس از آنها توده خالص پهن‌برگ است. در بین گروه‌های پهن‌برگ آمیخته (یک، دو و سه)، گروه سه بیشترین غنای گونه‌ای را در بین گروه‌ها داشت که این می‌تواند به دلیل کاهش غالبیت گونه‌های اصلی و ایجاد فضای بیشتر برای حضور گونه‌های دیگر باشد. این گروه در بین توده‌های جنگلی پهن‌برگ آمیخته، کمترین سطح تاج پوشش و تراکم درختی و بیشترین میانگین قطر را داراست که نشان می‌دهد با کمی باز شدن تاج و فاصله بیشتر بین درختان، شرایط برای استقرار دیگر گونه‌ها ایجاد شده است. علاوه بر غنا، یکنواختی نیز در گروه سه نسبت به دو گروه دیگر افزایش یافته است که با توجه به نتایج قبلی در این مناطق (Ostadhashemi et al., 2021)، گروه‌های یک و دو، توده‌های بسته با سطح تاج پوشش زیاد، غالبیت بیشتر و اغلب یک آشکوبه هستند که سبب کاهش غنا و یکنواختی شد. طبق نتایج پژوهشی، آشکوب‌بندی‌های مختلف در جنگل سبب تغییر و بهبود غنا و تنوع در توده‌های جنگلی می‌شود (Bakhshandeh et al., 2018).

توده‌های آمیخته پهن‌برگ-سوزنی‌برگ (گروه چهار) نسبت به توده‌های پهن‌برگ آمیخته مقادیر تنوع زیستی کمتری داشته که این امر می‌تواند به دلیل کوهستانی بودن منطقه ارسباران و کم بودن رطوبت در پایین‌بند و میان‌بند و نیز تنک بودن این توده‌ها (کمترین سطح تاج پوشش) و تاثیر پوشش گیاهی سوزنی‌برگان بر خاک و وضعیت اسیدیته آن و همچنین شرایط سخت اقلیمی و توپوگرافی باشد. این گروه دارای کمترین شاخص‌های بوم‌شناسی مانند تراکم، ارتفاع و سطح مقطع و همچنین قطر هستند و غنا و تنوع زیستی کمی دارند. نتایج پژوهشی نشان داده است که به ترتیب تنوع زیستی در جنگل‌های پهن‌برگ نسبت به جنگل‌های

بیشتری برای حضور گونه‌های دیگر و فرصت دادن به پایه‌های قطور برای زادآوری بذری ایجاد کرد و در مناطق با غنای کمتر با ایجاد فضا و غنی‌سازی با گونه‌های پیش‌آهنگ بومی، منطقه را برای حضور گونه‌های اصلی آماده کرد. اجرای موفق این موارد به مدیریت صحیح حفاظتی از توده‌های جنگلی و جلوگیری از حضور دام، جلوگیری از شاخه‌زنی و قطع پایه‌های جوان، شناسایی پایه‌های قطور و ایجاد فضا برای تولید بذر، کاهش جست‌گروه‌ها برای فرصت دادن به پایه‌های بذری و بررسی زادآوری منطقه و بررسی علل عدم استقرار زادآوری در منطقه بستگی دارد.

#### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات همکاران بزرگوار آقایان مهندس عظیم عباسلو، مهندس قاسم صفاپور، مهندس محمد پورخاکی، مهندس جواد افرادی و مهندس جواد شیخ‌زاده که طی پنج سال ما را در آماربرداری و اندازه‌گیری‌های عرصه‌ای یاری کردند، سپاسگزاریم.

#### References

- Alijanpour, A.; Eshaghi Rad, J.; Banj Shafiei, A., Investigation and comparison of two protected and non-protected forest stands regeneration diversity in Arasbaran. *Iranian Journal of Forest* **2009**, 1 (3), 209-217. (In Persian)
- Alijanpour, A.; Eshaghi Rad, J.; Banej Shafiei, A., Effect of physiographical factors on qualitative and quantitative characteristics of *Cornus mas* L. in Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2011**, 19 (3), 396-407. (In Persian)
- Alijanpour, A.; Fatollahi, A.; Eshaghi Rad, J.; Mohamed, A. R., Effect of aspect and soil on quantitative and qualitative characteristic of hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in Arasbaran forest (case study: Ilginehchay and Kaleibarchay Watersheds). *Journal of Plant Research* **2018**, 30 (4), 887-898. (In Persian)
- Asri, Y.; Partonia, L., Site and silvicultural characteristics of *Juniperus foetidissima* Willd. endangered species in Arasbaran Biosphere Reserve. *Iranian Journal of Forest*

پایداری، لازم است تا به بررسی شاخص‌های هر گروه پرداخته و با مقایسه آن با گروه‌های دیگر، شاخص‌هایی که سبب کاهش تنوع زیستی در آن منطقه شده را مشخص و در راستای بهبود آن برنامه‌ریزی کرد. طبق نتایج، شاخص‌های یکنواختی در تمام گروه‌ها کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده و دامنه تغییرات کمینه و بیشینه این شاخص‌ها در تمام گروه‌ها کوتاه است. بنابراین می‌توان بیان کرد که در جنگل‌های ارسباران، غالبیت با دو تا سه گونه سبب کاهش یکنواختی شده است. از طرف دیگر شاخص‌های غنای گونه‌ای نسبت به یکنواختی در تمام گروه‌ها از مقادیر عددی بیشتری برخوردارند و دامنه تغییرات حداقل و حداکثر این شاخص‌ها در تمام گروه‌ها بیشتر است که نشان می‌دهد در منطقه ارسباران تنوع زیستی بیشتر متاثر از غنای گونه‌ای است و غنا نقش مهمی در تغییرات تنوع زیستی منطقه دارد (Mohammadzadeh et al., 2014).

- با توجه به نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاد می‌شود تا در توده‌های بسته با تراکم زیاد با اصلاحات پرورشی فضای *and Poplar Research* **2016**, 24 (4), 687-699. (In Persian).
- Bahmany, H.; Ataei, I.; Moradmand Jalali, A., Compression of tree species indices in the darabkola forest, mazandaran. *Journal of Environmental Science and Technology* **2014**, 15 (4), 55-64. (In Persian)
- Bakhshandeh Navoroud, B.; Abrari Vajari, K.; Pilehvar, B.; Kooch, Y., Evaluating plant diversity and some features of Oriental beech in different tree-layers: A case study of Beech forests in Asalem, Guilan. *Plant Ecosystem Conservation* **2018**, 6 (12), 109-122. (In Persian).
- Birang, N.; Javanshir, A.; Mojtahedi, Y. *Flora of Azerbaijan*.; University of Tabriz: Tabriz., 2001; p 488. (In Persian)
- Esmailzadeh, O.; Hosseini, S.M.; Asadi, H.; Ghadiripour, P.; Ahmadi, A., Plant biodiversity in relation to physiographical factors in Afratakhteh Yew (*Taxus baccata* L.) Habitat, NE Iran. *Iranian Journal of Plant Biology* **2012**, 4 (12), 1-12. (In Persian)



- FAO, 2020. Sustainable forest management: lessons of history and recent developments. <https://www.fao.org/3/v6585e/v6585e07.htm>.
- Fedor, P.; Zvaríková, M. *Conservation Ecology; Biodiversity Indices: Encyclopedia of Ecology*, 2th ed.; Elsevier: 2019; pp 337-346.
- Ghanbari, S.; Esmaili, A., Quantitative characteristics and species diversity of coppice stands in the Arasbaran forests, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2022**, *30* (3), 288-298. (In Persian)
- Ghanbari, S.; Esmaili, A., Investigating the structure and biodiversity of the coppice with standard of Arasbaran forests. *Forest Research and Development* **2023**, *9* (3), 335-347. (In Persian)
- Ghanbari Sharafeh, A.; Marvie Mohajer, MR.; Zobeiri, M., Natural regeneration of Yew in Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2010**, *18* (3), 380-389. (In Persian)
- Heip, C., A new index measuring evenness. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **1974**, *54*, 555-557.
- Jaccard, P., Étude de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* **1901**, *37* (142), 547-579.
- Kindt, R.; Coe, R. *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. World Agroforestry Centre (ICRAF): Nairobi, Kenya, 2005; p 179.
- Kumar, P.; Dobriyal, M.; Kale, A.; Pandey, A. K.; Tomar, R. S.; Thounaojam, E., Calculating forest species diversity with information-theory based indices using sentinel-2A sensor's of Mahavir Swami Wildlife Sanctuary. *PLOS ONE* **2022**, *17* (5), 1-17.
- Kwiatkowska, A.J., Changes in the species richness, spatial pattern and species frequency associated with the decline of oak forest. *Vegetatio* **1994**, *112*, 171-180.
- Lakićević, M.; Srđević, B., Measuring biodiversity in forest communities – a role of biodiversity indices. *Contemporary Agriculture* **2018**, *67* (1), 65 - 70.
- Margalef, R., Information Theory in Ecology. *General Systems* **1958**, *3*, 36-71.
- Menhinick, E.F., A Comparison of Some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects. *Ecology* **1964**, *45*, 859-861.
- Mohammadzadeh, A.; Basiry, R.; Torahi, A.A.; Dadashian, R.; Elahian, M., Evaluation of biodiversity of plant species in Arasbaran area using non parametric measures with respect to topographic factor of slope: a case study of aquiferous land of Ilgina and Kaleibar Rivers. *Journal of Plant Research* **2014**, *27* (4), 728-741. (In Persian)
- Moradi Dirmandrik, SH.; Ramezani Kakroudi, E.; Alijanpour, A.; Banj Shafiei, A., Quantitative and qualitative characteristics of Arasbaran Forest Protected Area in slope gradient classes. *Forest Research and Development* **2015**, *1* (1), 1-15. (In Persian).
- Naeem, S.; Thompson, L.J.; Lawler, S.P.; Lawton J.H.; Woodfin, R.M., Declining biodiversity can alter the performance of ecosystem. *Nature* **1994**, *368*, 734-737.
- Ostadhashemi, R.; Akhavan, R; Abbaslou, A.; Safapour, GH.; Pourkhaki, M., Classification of forest degradation based on Quantitative characteristics in Arasbaran forests (Kaleibarchay and Ilginechay watersheds). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* **2021**, *18* (2), 287-299. (In Persian).
- Ostadhashemi, R.; Mirakhorlou, Kh.; Yarahmadi, J.; Najibzadeh, MR., Mapping forest distribution and density as well as other land uses in Arasbaran area using Sentinel 2 data. *Geographical information (Sepehr)* **2023**, *32* (125), 67-80. (In Persian).
- Pan, Y.; McCullough, K. Y.; Hollinger, D., Forest biodiversity, relationships to structural and functional attributes, and stability in New England forests. *Forest Ecosystems* **2018**, *5*, (14):1-12.
- Pielou, EC., Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* **1966**, *10*, 370-383.
- Pitkänen, S., The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests. *Forest Ecology and Management* **1998**, *112*, 121-137.
- Pourbabaei, H.; Manafi, H.; Abedi, T., Investigation of woody species biodiversity in white Georgian oak tree (*Quercus petraea* subsp. *iberica*) sites (case study: Choobe daragh and Darana, Arasbaran). *Iranian Journal of Forest* **2010**, *2* (3), 197- 207. (In Persian).
- Sæbø, A.; Borzan, Ž.; Ducatillon, C.; Hatzistathis, A.; Lagerström, T.; Supuka, J.; García-Valdecantos, JI.; Rego, F.; Van



- Slycken, J., *The Selection of Plant Materials for Street Trees, Park Trees and Urban Woodland*. In: *Urban Forests and Trees: A Reference Book*; Konijnendijk, C., Nilsson, K., Randrup, T., Schipperijn, J., Ed.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, 2005; pp 257-280.
- Safari, M.; Omid, N.; Sefidi, K.; Abhasht, S.; Elahian, MR., Influence of Elevation on Tree Species Biodiversity Indicators in Arasbaran Forest. *Environmental Sciences Studies* **2020**, 5 (3), 2801- 2806. (In Persian)
- Sagheb Talebi, Kh.; Sajedi, T.; Pourhashemi, M. *Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future.*; Springer Dordrecht., 2014; P 152.
- Sasanifar, S.; Alijanpour, A.; Banj Shafiei, A.; Eshaghi Rad, J.; Molaei, M., Changes of landscape metrics in Arasbaran forests during 45 years of protection. *Forest Research and Development* **2023**, 9 (1), 81- 93. (In Persian)
- Sefidi, K.; Sadeghi, M., Structural characteristics of *Quercus macranthera* forests in Arasbaran region, North West of Iran (Hatam Mashe Si, Meshgin-Shahr). *Iranian Journal of Forest* **2019**, 11 (3), 347-361. (In Persian)
- Shannon, C.E., A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* **1948**, 27, 379-423.
- Simpson, E.H., Measurement of diversity. *Nature* **1949**, 30, 163- 688.
- Smith, G.; Gittings, T.; Wilson, M.; French, L.; Oxbrough, A.; O'Donoghue, S.; Pithon, J.; O'Donnell, V.; McKee, A.M.; Iremonger, S.; O'Halloran, J.; Kelly, D.; Mitchell, F.; Giller, P.; Kelly, T. *Assessment of Biodiversity at Different Stages of the Forest Cycle*, Bioforest project., 2005; p 247.
- Storch, F.; Boch, S.; Gossner, M. M.; Feldhaar, H.; Ammer, C.; Schall, P.; Polle, A.; Kroiher, F.; Müller J.; Bauhus, J., Linking structure and species richness to support forest biodiversity monitoring at large scales. *Annals of Forest Science* **2023**, 80 (3), 1-17.
- Zobeiri, M. *Forest Inventory.*; Tehran University Press, Tehran., 1994; p 401. (In Persian)

## Assessing and classification of tree species diversity in the Arasbaran forests of Iran

Raheleh Ostadhashemi<sup>\*1</sup>, Reza Akhavan<sup>2</sup> and Roya Abedi<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, East Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Tabriz, I. R. Iran. (ra.oh.fo@gmail.com)

2- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (akhavan@rifr-ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, I. R. Iran. (abedi.roya@yahoo.com)

Received: 11 October 2023

Accepted: 07 December 2023

### Abstract

**Background and objectives:** Biodiversity loss, increase in invasive species, and climate change are challenging issues of this century leading to decreased plant diversity and negative impacts on the sustainability and stability of ecosystems such as forests. Arasbaran forests have significantly changed in recent years due to degradation and human interventions. Therefore, it is essential to assess the biodiversity of Arasbaran forests in terms of species composition and species diversity to improve the forest stands stability. The aim of this research was to evaluate and determine the tree and shrub species diversity in the Arasbaran forests using biodiversity indices and classifying forest stands based on their species similarity.

**Methodology:** Mountainous broad-leaved forests of Arasbaran located in the northwest of Iran belonging to the main Euro-Siberian region and the Hyrcanian sub-region is known as a biosphere reserve of Iran. However these forests are protected, but intense human activities in recent decades have severely changed the appearance, composition, and structure of Arasbaran forests. To conduct this research, 12 forest stands were randomly selected all over the area based on suitable distribution of stands in different forest types and elevation gradients using a two-stage sampling method. Then, 347 circle permanent sample plots of 300 and 1000 m<sup>2</sup> were established using a systematic-random sampling approach and all tree parameters were measured. Afterward, species composition, basal area distribution, mean cross-sectional area, density per hectare, tree height, and proportion of sprout and seedling bases were estimated based on the collected data. To assess the species diversity of the stands, Margalef and Menhinick richness indices, Pielou and Heip evenness indices, and Shannon-Wiener and Simpson diversity indices were used. Furthermore, the Jaccard index was applied for classifying forest stands based on species similarity or dissimilarity, and a dendrogram was prepared based on Jaccard distances. Statistical differences among groups regarding biodiversity indices were examined using analysis of variance.

**Results:** Based on the results, 25 tree species were identified in the study area, including four dominant species of *Carpinus spp* L. with 40%, *Quercus spp* L. with 29%, *Juniperus spp* L. with 12%, and *Acer spp* L. with 11%. The quantitative characteristics of the studied stands indicated that the forests of Arasbaran are young forests with small tree diameters (average diameter of 10 cm) and high tree density, with the dominance of coppice and seedling bases, that it is likely due to historical clear-cutting of forests for charcoal production, strong resprouting ability of species such as hornbeam and oak, and human interventions. The obtained six biodiversity indices showed that the species richness, evenness and biodiversity were moderate, very low, and relatively moderate respectively in the Arasbaran forests. Based on the Jaccard index, forest stands were divided into five groups, which analysis of variance results indicating significant statistical differences between groups in terms of biodiversity indices. The highest biodiversity indices related to mixed broad-leaved stands with values of 1.15, 0.66, and 0.21 for richness, evenness, and diversity indices respectively, while the lowest indices associated with pure stands of *Quercus macranthera* with values of 0.28, 0.06, and 0.12 for richness, evenness, and diversity

---

\* Corresponding author

Tel: +989125701432

indices respectively. Furthermore, the Margalef, Pielou and Shannon-Wiener indices were recognized as the best indices for the region based on the coefficient of variation.

**Conclusion:** According to the results, biodiversity of tree species is more influenced by species richness, and species richness plays a significant role in the variation of biodiversity in the Arasbaran region. These forests are dominated by two or three tree species, that leading to a reduction in evenness. This research revealed that classifying tree species based on biodiversity using the Jaccard index, which effectively differentiated groups, is feasible and can be useful in conservation and management decisions. Therefore, it is necessary to assess the biodiversity indices and identifying factors caused to reduction in biodiversity in the region in order to improve them to achieve sustainability. Successful management plans depend on proper conservation practices for the forests, preventing livestock grazing in the forest stands, avoiding tree cutting, identifying seed-trees and creating space for seed production by removal of the coppice sprouts and investigation of the reasons for lack of establishment of regeneration in the region.

**Keywords:** Arasbaran area, Biodiversity indices, Jaccard, Species diversity.