



# Evaluation of the relationship between, Tree diversity indexes and topographical factors in Hyrcanian forests

Mahmoud Bayat<sup>1</sup> | Majid Hassani<sup>2</sup>

1. Corresponding Author, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: [mbayat@rifr-ac.ir](mailto:mbayat@rifr-ac.ir)

2. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: [hassani@rifr-ac.ir](mailto:hassani@rifr-ac.ir)

## Article Info

### Article type:

Research Article

### Article history:

Received 11 November 2023

Received in revised form 10

January 2024

Accepted 14 February 2024

Published online 22 July

2024

### Keywords:

*Asalem,*

*Beech,*

*Biodiversity Index,*

*Broad leaf forests,*

*Oak.*

## ABSTRACT

Biodiversity analysis in northern forests of Iran is very important due to its importance as one of the most valuable forest ecosystems in the country. In this study, the indexes of Margaleph and Menhink, Simson, Shannon Wiener and Pilo, Hip in two forest areas of 10 Chafrood and 7 Nav Asalem of Gilan province were used. 31 and 30 0.1 hectare plots in a 150 \* 200 m survey network in 10 Chafrood and 7 nav forests, respectively, were permanently taken and measured and the indices mentioned in each sample plots were estimated. One-way ANOVA and Duncan analyzes were used to compare the two regions in terms of biodiversity indices. Then, altitude, slope and slope direction factors were determined in two regions and their effects on biodiversity indices were evaluated by correlation coefficients and analysis of variance. The results showed that the diversity indices of Simpson, Shannon Wiener, Pilo and Hip homogeneity indices were significantly different at 95% probability level. Margaluff and Mannhink richness did not show significant differences between the two regions and the 10 Chafrood region, was higher than all 7 Nav region, in all indices. The altitude factor had a significant negative correlation with almost all biodiversity indices. Slope and geographic direction were only significantly correlated with some indices. The beech species was the dominant species in both regions, so that the percentage of abundance of the beech species compared to the total species was 83 percent in the area of 7 Nava Asalem, and this ratio was 37 percent of the total species in the area of Chafrood.

**Cite this article:** Bayat, M., & Hassani, M. (2024). Evaluation of the relationship between, Tree diversity indexes and topographical factors in Hyrcanian forests. *Journal of Natural Environment*, 77 (Special Issue), 115-125. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2023.363163.2585>



## ارزیابی رابطه شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختی با عوامل توپوگرافیک در جنگل‌های هیرکانی

محمود بیات<sup>۱</sup> | مجید حسنی<sup>۲</sup>

۱. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [mbayat@rifr-ac.ir](mailto:mbayat@rifr-ac.ir)  
 ۲. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: [hassani@rifr-ac.ir](mailto:hassani@rifr-ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۵</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها: اسالم، جنگل‌های پهن‌برگ، راش، شاخص تنوع گونه‌ای، ممرز.</p>	<p>تجزیه و تحلیل تنوع زیستی در جنگل‌های شمال کشور با توجه به اهمیت فراوان به‌عنوان مهم‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی کشور، بسیار ضروری است. در این پژوهش، بدین منظور دو حوزه جنگلی ۱۰ چפרود و ۷ ناو اسالم استان گیلان برای بررسی شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختی انتخاب شدند. از شاخص‌های مارگالف و منهینک، سیمپسون، شانون-وینر و پیلو، هیپ استفاده شد. تعداد ۳۱ و ۳۰ قطعه نمونه ۰/۱ هکتاری دایره‌ای شکل در یک شبکه آماربرداری ۲۰۰*۱۵۰ متر به ترتیب در حوزه‌های ۱۰ چפרود و ۷ ناو اسالم و به صورت ثابت و دائمی پیاده و اندازه‌گیری و شاخص‌های ذکر شده در هر یک از قطعات نمونه برآورد شد. به منظور مقایسه دو منطقه، از نظر شاخص‌های تنوع زیستی، از آزمون t مستقل استفاده گردید. سپس، عوامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه در دو منطقه تعیین و اثری که بر شاخص‌های تنوع زیستی می‌گذارند توسط ضرائب همبستگی و آزمون t بررسی شدند. نتایج نشان داد شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون-وینر شاخص‌های یکنواختی پیلو و هیپ در سطح احتمال ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری هستند. عامل ارتفاع از سطح دریا با تمامی شاخص‌های تنوع زیستی همبستگی معنی‌دار منفی داشته است. شیب و جهت جغرافیایی تنها با برخی شاخص‌ها دارای همبستگی معنی‌دار بوده‌اند. گونه راش در هر دو منطقه گونه غالب بود به طوری که درصد فراوانی گونه راش نسبت به کل گونه‌ها در حوزه ۷ ناو اسالم ۸۳ درصد و این نسبت در حوزه ده چفرود ۳۷ درصد کل گونه‌ها بود. به طور کلی نتایج نشان داد، شاخص‌های تنوع زیستی این دو منطقه اختلاف معنی‌داری داشته و همچنین عوامل توپوگرافیک به ویژه ارتفاع از سطح دریا تأثیر شدیدی بر این شاخص‌ها داشته است.</p>

استناد: بیات، محمود؛ و حسنی، مجید (۱۴۰۳). ارزیابی رابطه شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختی با عوامل توپوگرافیک در جنگل‌های هیرکانی. محیط زیست طبیعی، ۷۷ (ویژه نامه)، ۱۲۵-۱۱۵.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2023.363163.2585>



## مقدمه

تجزیه و تحلیل و بررسی ترکیب گونه‌ای جوامع جنگلی به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل تشکیل‌دهنده ساختار جنگل از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که پایداری اکولوژیک اکوسیستم جنگل ارتباط زیادی به تنوع زیستی آن دارد. در گذشته مدیریت جنگل تنها با هدف تولید چوب انجام می‌شد، اما امروزه مدیران جنگل‌ها کارکردهای مختلف کارکردهای چندگانه بوم‌شناختی جنگل، از جمله تنوع زیستی اکوسیستم‌های جنگلی را نیز در نظر می‌گیرند. تحقیقات مختلف مؤید این مطلب است که تنوع زیستی، ظرفیت باروری اکوسیستم‌های جنگلی را زیاد و توانایی آن‌ها را برای سازگار شدن با تغییر وضعیت افزایش می‌دهد در حقیقت کارکردهای مختلف بوم‌نظام و خدمات آن ممکن است به‌طور منفی تحت تأثیر کاهش تنوع زیستی قرار گیرد و کاهش درازمدت شمار گونه‌ها ممکن است منجر به کاهش توانایی بوم‌نظام در رویارویی با آشفتگی‌ها شود. عوامل زیادی بر تنوع گونه‌ای این جنگل‌ها اثر گذار هستند که از آن جمله می‌توان به عوامل توپوگرافی یعنی ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه اشاره کرد. از آنجا که پیدایش و پراکنش جوامع جنگلی نتیجه ارتباط متقابل بین عناصر زیستی و عوامل محیطی فیزیکی است، بنابراین بررسی این عوامل از اهمیت زیادی برخوردار است (Bayat et al., 2021). در واقع، بررسی تنوع زیستی ابزاری مناسب برای تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت جنگل به‌شمار می‌آید. شاخص‌های تنوع زیستی جهت برآورد و مقایسه تنوع زیستی توده‌های مختلف و تعیین روند تغییرات تنوع زیستی در طول زمان در سطح مختلف جنگل اندازه‌گیری می‌شوند. این شاخص‌ها در واقع ابزارهایی کنترلی در مدیریت جنگل می‌باشند (Hamidi et al., 2023). مطالعه تنوع زیستی گیاهی بنا به ضرورت انجام گرفته، از نظر محققان داخلی و خارجی نیز دور نمانده است؛ Pourbabaie (۱۹۹۹) تنوع گونه‌های چوبی در جنگل‌های راش گیلان را مورد بررسی قرار داد و بدین‌منظور از شاخص‌های شانون-وینر، سیمپسون، بریلیون، مارگالف و منهنیک استفاده کرد. نتایج نشان داد که جوامع مختلف راش، رویشگاه‌های قطره و ونی، ناو اسالم و تالش شلیشه، املش و رودسر حداکثر ارزش تنوع زیستی و رویشگاه‌هایی مانند سیاهکل، چشمه‌سر و شن‌رود حداقل ارزش تنوع زیستی را دارا بودند. Bayat و همکاران (۲۰۱۹) نیز که در مطالعه‌ای کاربرد رگرسیون سیمبولیک و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز خیرود برای ارائه مدل‌های مکانی تنوع زیستی را بررسی کردند، نتایج مؤید این است که برآوردهای عددی از شرایط غیر زیستی و شاخص‌های آنها برای مثال سرعت باد، ارتفاع از نزدیکترین نقطه زهکشی شده و شاخص خیزی توپوگرافی، می‌تواند بخش مهمی از تغییرات تنوع زیستی و مکانی در سطح قطعات نمونه (تقریباً ۸۵ درصد) را در اکوسیستم‌های ارتفاعات شمال ایران تفسیر کند. Bayat و Heidari (۲۰۱۹) شاخص‌های تنوع زیستی گونه‌های درختی در جنگل‌های هیرکانی در سه جنگل خیرود، رامسر و نکا مقایسه کرده و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای در سطح احتمال ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بین سه منطقه هستند. بیشترین مقدار شاخص غنای گونه‌ای، در جنگل خیرود و کمترین آن در جنگل نکا بوده است و بالاترین مقدار شاخص‌های تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون-وینر نیز در جنگل خیرود و کمترین آن در جنگل نکا و در مورد شاخص‌های یکنواختی، در جنگل رامسر و کمترین مقدار آن در جنگل نکا است. Heidari و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر عوامل فیزیوگرافی بر تنوع زیستی جنگل‌های تحقیقاتی بلوط دانشگاه رازی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای در طبقه ارتفاعی میانی یعنی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر بود. همچنین بیشترین مقدار شاخص‌ها در دامنه شمالی بود. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده اثر معنی‌دار پارامترهای فیزیوگرافی بر تنوع زیستی گیاهی در منطقه بود. Mahmoudi و همکاران (۲۰۱۹) در راشستان‌های اسالم گیلان تنوع زیستی را تحت تأثیر موقعیت شیب کاتنا بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر موقعیت شیب بر شاخص تنوع سیمپسون و یکنواختی کامارگو در گونه‌های درختی معنی‌دار بود. Zakeri Pashkolahi و همکاران (۲۰۱۵) رابطه تنوع زیستی گونه‌های درختی با عوامل توپوگرافی در جنگل پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس در غرب مازندران را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند اثر ارتفاع از سطح دریا بر کلیه شاخص‌های یکنواختی و غنای گونه‌ای معنی‌دار بوده ولی اثر شیب و جهت بر روی هیچ یک از شاخص‌ها معنی‌دار نبود. Bakhshande Nawrood و همکاران (۲۰۱۸) شاخص‌های تنوع و برخی ویژگی‌های درختان راش را در اشکوب‌های مختلف درختی در جنگل راش اسالم مورد بررسی قرار داده که نتایج نشان داد بین شاخص‌های غنا و تنوع درختی فقط با وزن تر و خشک برگ درختان راش همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. Jiang و همکاران (۲۰۰۷) اثر عوامل توپوگرافیکی را بر تنوع زیستی گیاهان در چین مورد بررسی قرار داده و بیان

کردند که ارتفاع اثر مثبت بر غنای گونه‌های داشته است. Han و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر عوامل محیطی را بر تنوع گونه‌های گیاهی در انواع توده‌های جنگلی بلوط و ممرز را در چین مورد مطالعه قرار دادند که نتایج این مطالعه نشان داد که طبقات شکل زمین و جهت دارای اثر معنی‌داری بر تنوع گونه‌ها بود. Fu و همکاران (۲۰۰۴) ارتباط بین ویژگی‌های خاک و عوامل توپوگرافیک و تنوع گیاهی را در منطقه بیجینگ چین در جنگل‌های پهن‌برگ ناهمسال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که ارتفاع و جهت دارای همبستگی معنی‌داری با غنای گونه‌ای و تنوع آلفا داشتند. لزوم انجام پژوهش‌های بیشتری در جنگل‌های شمال کشور با توجه به آنچه پیرامون اهمیت این جنگل‌ها به‌عنوان مهم‌ترین و با ارزش‌ترین اکوسیستم‌های جنگلی کشور از منظر عوامل مختلف، یاد شد، بسیار در اولویت و ضروری به‌نظر می‌رسد چرا که از این طریق می‌توان گام‌هایی در زمینه حفاظت و استفاده مستمر از این منابع برداشت و برنامه‌ریزی لازم را در این زمینه انجام داد. در چند دهه گذشته تعداد قابل توجهی از شاخص‌های ساختاری متفاوت معرفی شده‌اند و به‌منظور کمی‌سازی ساختار جنگل و همچنین به‌منظور اندازه‌گیری‌های جایگزین با هدف کمی‌سازی تنوع زیستی بکار برده شده‌اند (Pommerening, 2002). که در این پژوهش، از هر سه گروه شاخص‌های تنوع زیستی (غنا، ناهمگنی و یکنواختی) شامل شش شاخص پرکاربرد برآورد تنوع زیستی: شاخص مارگالف و منهینک (از گروه شاخص‌های غنای گونه‌ای)، سیمسون، شانون-وینر (از گروه شاخص‌های تنوع گونه‌ای) و پیلو، هیپ (از گروه شاخص‌های یکنواختی) در دو حوزه جنگلی ۱۰ چفرود و ۷ ناو اسالم استان گیلان بکار برده شد و عوامل توپوگرافیک شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه در دو منطقه تعیین و اثری که بر شاخص‌های تنوع زیستی می‌گذارند، تجزیه و تحلیل شد. بنابراین، با توجه به اهمیت تنوع زیستی در مدیریت و ارتقای کیفیت جنگل، از یک سو و جایگاه ویژه جنگل‌های شمال در پهنه رویشی کشور از سوی دیگر، اهداف اصلی این مطالعه، شامل ۱- بررسی جامع و کاملی از پرکاربردترین شاخص‌های تنوع گونه‌ای؛ ۲- مقایسه و تجزیه و تحلیل این شاخص‌ها و بررسی اثر عوامل توپوگرافیک در دو منطقه جنگلی در استان گیلان و ۳- مشخص کردن مهمترین فاکتورهای توپوگرافیک تأثیرگذار بر تنوع گونه‌ای درختی در جنگل‌های پهن برگ هیرکانی می‌باشد.

### روش‌شناسی پژوهش

**منطقه مورد مطالعه:** جنگل‌های هیرکانی به‌صورت یک نوار باریک و بلند (۸۰۰ کیلومتر طول و ۲۰ تا ۷۰ کیلومتر عرض) در امتداد شمالی رشته کوه البرز کشیده شده‌اند. این جنگل‌ها با ارزش‌ترین جنگل از نظر صنعتی و تولید چوب می‌باشند. برداشت‌های صنعتی فقط در این قسمت از جنگل‌های کشورمان صورت می‌گیرد. این جنگل‌ها به ۱۰۳ حوزه آبخیز تقسیم شده است، اکثر توده‌های جنگلی از نوع دانه‌زاد ناهمسال می‌باشند. گونه‌های اصلی را راش (*Fagus orientalis* Lipsky)، ممرز (*Carpinus betulus* L)، بلوط (*Quercus castaneifolia*)، افرا (*Acer velutinum* Boiss) و توسکا (*Alnus subcordata*) تشکیل داده و گونه‌های دیگری نیز به‌صورت محدود وجود دارند. این جنگل‌ها تحت مدیریت ناهمسال و روش تک‌گزینی درختی یا تک‌گزینی گروهی هستند (Marvie-Mohadjer, 2012).

حوزه ۱۰ چفرود و در سری ۲، در جهت کلی شمالی و در عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۷ دقیقه و طول جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۸ دقیقه واقع شده است. این منطقه کوهستانی بوده و نوع سنگ مادر آن آهک ناخالص مخلوط سنگ‌های آذرین با لایه‌های کنگلومرا و شیبست قهوه‌ای تا سیاه و تیپ خاک جنگل قهوه‌ای جنگلی است. این منطقه از نظر دامنه ارتفاعی بین ۱۴۰۰ تا ۱۹۰۰ متر از سطح دریا است (Keyvan Behjoo et al., 2010). حوزه ۱۰ چفرود تقریباً بین دو شهر صومعه‌سرا و بندر انزلی است و اقلیم منطقه براساس ضریب دما در گروه مرطوب قرار دارد.

جنگل‌های حوزه ۷ ناو و سری ۳، دارای حداقل ارتفاع آن ۴۵۰ متر و حداکثر آن ۳۱۵۰ متر است. از لحاظ شیب دارای شیب متوسط تا زیاد است. این سری از تهنسست‌های دوران اول و دوم زمین‌شناسی تشکیل شده است. تهنسست‌های دوران اول، شامل رسوبات فیلیتی و لوحی است که سن آنها به دولین بالایی تا پرمین تعلق دارد. این سنگ‌ها دارای خاصیت شیبستوزیته و تورق‌پذیری خوب می‌باشند. تیپ جنگل راش-ممرز-شیردار است. اقلیم منطقه براساس ضریب دما در گروه مرطوب قرار دارد و میانگین ۳۰ ساله بارندگی منطقه برابر ۱۳۸۵ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین بیشینه دما

۲۵ و میانگین کمینه آن ۸ درجه سانتی‌گراد است. تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی، توده راش نسبتاً خالص با گونه‌های همراه پلت، مرمر و شیردار می‌باشد (Mahmoodi et al., 2019).

**نحوه اندازه‌گیری در قطعه‌نمونه:** در سال ۱۳۹۸ پس از مشخص شدن مرکز قطعات نمونه ثابت، در داخل قطعه‌نمونه، قطر برابر سینه تمام درختان سرپا که در ارتفاع برابر سینه، قطری بزرگتر از ۷/۵ سانتی‌متر داشتند به کمک خط‌کش دو بازو اندازه‌گیری و مقادیر آن‌ها در طبقات یک سانتی‌متری در فرم‌های آماربرداری به تفکیک گونه یادداشت شد. در این پژوهش، محل اندازه‌گیری قطر برابر سینه درختان توسط رنگ قرمز مشخص شد و زاویه هر یک از درختان از طبقه قطری ۵ سانتی‌متری به بالا نسبت به مرکز قطعه‌نمونه برداشت گردید. برای به‌دست آوردن رابطه قطر-ارتفاع و رسم نمودار آن در توده‌های ناهمسال، در هر قطعه‌نمونه، قطورترین و نزدیکترین درخت به مرکز قطعه‌نمونه انتخاب شد، قطر برابر سینه و ارتفاع آنها اندازه‌گیری و یادداشت گردید. این قطعات در سال ۱۳۹۸ برای اولین بار پیاده و اندازه‌گیری شدند. به‌طوری که در یک شبکه آماربرداری ۲۰۰\*۱۵۰ متر به ترتیب ۳۰ و ۲۸ قطعه‌نمونه ۰/۱ هکتاری دایره‌ای شکل در حوزه‌های ۷ ناو و ۱۰ چفرود و به‌صورت ثابت و دائمی پیاده و اندازه‌گیری شدند.

### شاخص‌های تنوع زیستی

**شاخص 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 و در واقع، حضور انواع گونه‌ها را نشان می‌دهد که از طریق شمارش گونه‌های گیاهی در یک منطقه به‌دست می‌آید. تاکنون، تعداد زیادی شاخص غنای گونه‌ای ابداع شده که از میان شاخص‌های ارائه شده، شاخص مارگالف و منهینک (Krebs, 1999) مشهورتر است که در این پژوهش از آن استفاده شده است:

**شاخص هتروژنیته (ناهمگونی):** شاخص‌های هتروژنیته، در واقع ترکیبی از غنای گونه‌ای و یکنواختی است. این شاخص، دو مقدار غنای گونه‌ای و یکنواختی را در یک کمیت جمع‌آوری می‌کند. در این تحقیق برای بررسی تنوع گونه‌ای از شاخص‌های شانون-وینر و سیمپسون (Bourque and Bayat, 2015; Abedi and Abedi, 2017) استفاده شد.

**شاخص یکنواختی گونه‌ای:** یکنواختی گونه‌ها عبارت از توزیع افراد در میان گونه‌های موجود یا وفور هر گونه است. این شاخص، نحوه پراکنش و توزیع افراد گونه‌ها را نشان می‌دهد. هر چه توزیع گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد، میزان پایداری و ثبات بیشتر بوده، در نتیجه تنوع زیستی بیشتر خواهد بود. در این تحقیق، برای بررسی شاخص یکنواختی از توابع پیلو و هیپ (Krebs, 1999) استفاده شد. در جدول ۱ این شاخص‌ها به‌طور خلاصه ارائه شده است.

مقادیر تنوع گونه‌ای در هر قطعه‌نمونه با استفاده از شاخص‌های ذیل و در نرم‌افزارهای STATISTICA، SPSS و Excel محاسبه شد که این شاخص‌ها به شرح زیر هستند:

جدول ۱- شاخص‌های تنوع زیستی استفاده شده در پژوهش

مؤلفه تنوع زیستی	نام شاخص	فرمول
غنای گونه‌ای	مارگالف	$R = \frac{S-1}{\ln(N)}$
منهینک		$R2 = \frac{S}{\sqrt{N}}$
ناهمگنی گونه‌ای	شانون-وینر	$H = -\sum pi \ln(pi)$
	سیمپسون	$\lambda = 1 - \sum pi^2$
یکنواختی گونه‌ای	پیلو	$E = \frac{H}{\ln S}$
	هیپ	$A = \frac{e^H - 1}{S - 1}$

S: تعداد گونه‌ها، N: تعداد افراد کل گونه‌ها در نمونه، pi: فراوانی نسبی گونه‌ی ام، H: شاخص محاسبه‌شده تنوع شانون-وینر

**تجزیه و تحلیل آماری:** ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگوف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. جهت مقایسه دو منطقه مورد مطالعه، از نظر شاخص‌های تنوع زیستی، پس از بررسی و احراز شرایط نرمال بودن و همگنی واریانس از تحلیل-های واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن به‌ترتیب برای مقایسه کلی بین گروه‌ها و مقایسه میانگین استفاده گردید. همچنین به

دلیل احراز نرمال بودن داده‌ها، از آزمون هبستگی پیرسون استفاده شد. کلیه محاسبات مذکور با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد.

### یافته‌های پژوهش

جدول ۲ فراوانی گونه‌های درختی موجود در حوزه ۷ را نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین فراوانی در این منطقه مربوط به گونه راش می‌باشد. جدول ۳ فراوانی گونه‌های درختی موجود در حوزه ۱۰ را نشان می‌دهد. براساس نتایج، بیشترین فراوانی در این منطقه مربوط به گونه راش می‌باشد. جدول ۴ آمار توصیفی داده‌های استفاده شده در تنوع گونه‌های درختی را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که جنگل چفروود از تنوع گونه‌های درختی به مراتب بالاتری نسبت به جنگل ناو برخوردار است. جدول‌های ۵ و ۶ ویژگی‌های آماری شاخص‌های تنوع زیستی و عوامل توپوگرافی را در مناطق مورد مطالعه در استان گیلان نشان می‌دهد. براساس نتایج حاصل، میانگین تنوع گونه‌های درختی شاخص‌های مختلف از ۰/۳۴ تا ۰/۶۵ متغیر می‌باشد.

نتایج آزمون t مستقل در دو منطقه جنگلی مورد مطالعه نشان داد که شاخص‌های تنوع سیمپسون، شانون-وینر شاخص‌های یکنواختی پیلو و هیپ در سطح احتمال ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری هستند و غنای مارگالف و منهینک، فاقد اختلاف معنی‌دار بین دو منطقه بودند (جدول ۷). در شکل ۱ شاخص‌های تنوع زیستی بین دو منطقه مورد مطالعه مقایسه شده است که همان‌طور که مشاهده می‌شود حوزه ۱۰ چفروود از نظر تمامی شاخص‌ها بیشتر از حوزه ۷ ناو است.

جدول ۲- فراوانی ۷ گونه درختی موجود در قطعات نمونه برداشت شده در حوزه ۷

گونه	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	راش <i>Fagus orientalis</i>	پلت <i>Acer velutinum</i>	شیردار <i>Acer cappadocicum</i>	نمدار <i>Tilia _platyphyllos</i>	ملج <i>Ulmus glabra</i>	بارانک <i>Sorbus torminalis</i>	جمع
فراوانی مطلق	۳۹	۵۸۹	۸	۴۸	۳	۱۶	۱۰	۷۱۳
درصد فراوانی	۱۶	۸۳	۱/۱	۶/۷	۰/۴	۲	۴/۱	۱۰۰

جدول ۳- فراوانی ۱۱ گونه درختی موجود در قطعات نمونه برداشت شده در حوزه ۱۰

گونه	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	راش <i>Fagus orientalis</i>	پلت <i>Acer velutinum</i>	شیردار <i>Acer cappadocicum</i>	توسکا <i>Alnus subcordata</i>	آزاد <i>Zelkova carpini folia</i>	ملج <i>Ulmus glabra</i>	ون <i>Fraxinus excelsior</i>	نمدار <i>Tilia _platyphyllos</i>	گردو <i>Juglans regia</i>	بلند مازو <i>Quercus castanefolia</i>	جمع
فراوانی مطلق	۱۵۸	۲۵۱	۲۰	۲۸	۱۶۹	۱	۴	۳	۴	۴	۳۲	۶۷۵
درصد فراوانی	۲۳/۴	۳۷	۳	۴	۲۵	۰/۱۴	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۵۹	۰/۵۹	۴/۷	۱۰۰

جدول ۴- مشخصات متغیرهای زنده در قطعه‌های نمونه ثابت جنگل در هر منطقه مورد مطالعه

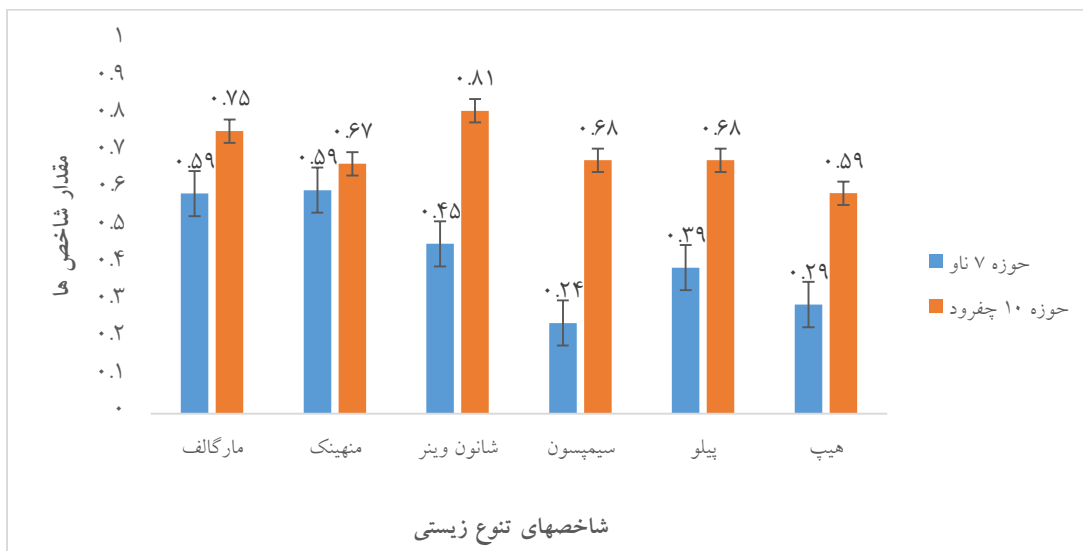
نام جنگلها	میانگین قطر برابر سینه (cm)			میانگین BAL (m <sup>2</sup> . Ha <sup>-1</sup> )			شاخص شانون-وینر		
	میانگین	انحراف معیار	حداقل	میانگین	انحراف معیار	حداقل	میانگین	انحراف معیار	حداقل
چفروود	۳۵/۵۱	۱۲/۲	۱۷/۶	۲۱/۵۲	۷/۶۹	۹	۰/۷۸۴	۰/۴۶۶	۰
ناو	۳۶/۸۹	۹/۳۷	۱۹/۵	۲۷/۹۳	۹/۸۷	۱۴/۴	۰/۴۳۹	۰/۳۶۴	۰

جدول ۵- مشخصات آماری شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی بررسی شده

مارگالف	منهینک	شانون وینر	سیمپسون	پیلو	هیپ
۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۳۴	۰/۵۳	۰/۴۳
۰/۴۶	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۲۳	۰/۳۰	۰/۲۸
۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۱۹	۰/۰۵۷	۰/۰۹۰	۰/۰۸۳
۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲/۰۲	۱/۳۳	۱/۶۴	۰/۷۴	۰/۹۸	۰/۹۷

جدول ۶ - مشخصات آماری متغیرهای زنده و غیرزنده مورد استفاده در ارزیابی شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختی بررسی شده

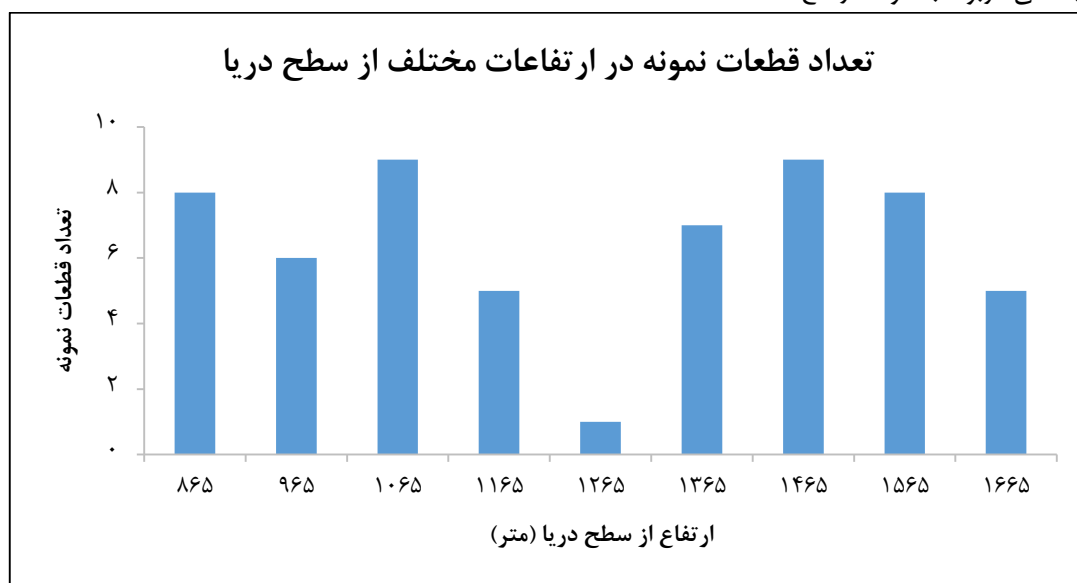
شیب (%)	ارتفاع از سطح دریا (m)	قطر برابر سینه (cm)	
۴۹/۹۶	۱۳۷۴/۳۶	۳۲/۶۳	میانگین
۱۵/۶۶	۳۲۳/۴۹	۲۳/۳۴	انحراف معیار
۲۴۵/۴۷	۱۰۴۶۴۶/۶۵	۵۴۵/۰۴	واریانس
۵/۰۰	۸۵۶/۰	۷/۵۰	حداقل
۸۵/۰۰	۱۸۹۰	۱۵۰/۰۰	حداکثر



شکل ۱- مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای درختی بین دو منطقه جنگلی مورد مطالعه در استان گیلان

شکل ۲ تعداد قطعات نمونه در ارتفاعات مختلف از سطح دریا در طبقات ارتفاعی ۱۰۰ متر را نشان می‌دهد. دامنه ارتفاعی قطعات نمونه از ۸۵۰ تا ۱۶۶۵ متر است.

جدول ۸ همبستگی پارامترهای فیزیوگرافیک را با شاخص‌های تنوع زیستی مطالعه شده، نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود عامل ارتفاع از سطح دریا تقریباً با تمامی شاخص‌های تنوع زیستی همبستگی معنی‌دار منفی داشته است. عوامل شیب و جهت جغرافیایی نیز تنها با برخی از شاخص‌ها دارای همبستگی معنی‌دار بوده‌اند. همچنین قابل ذکر است که بیشترین عدد همبستگی مربوط به مؤلفه ارتفاع است.



شکل ۲- تعداد قطعات نمونه در ارتفاعات مختلف از سطح دریا در طبقات ارتفاعی ۱۰۰ متر

جدول ۷- نتایج آزمون t مستقل بین دو حوزه جنگلی مورد بررسی

شاخص‌ها	میزان معنی داری	اختلاف میانگین	اختلاف خطای استاندارد	Lower	Upper
مارگالف واریانس‌ها برابر فرض شده	۰/۲۵۶	-۰/۱۴۶۵	۰/۱۲۲۶۰	-۰/۳۸۶۳۷	۰/۱۰۵۰۷
واریانس‌ها برابر فرض نشده	۰/۲۶۱	-۰/۱۴۶۵	۰/۱۲۳۶۷	-۰/۳۸۸۹۰	۰/۱۰۷۶۰
منهینک واریانس‌ها برابر فرض شده	۰/۳۵۷	-۰/۰۷۰۸۳	۰/۷۶۲۲	-۰/۲۲۳۵۲	۰/۸۱۸۶
واریانس‌ها برابر فرض نشده	۰/۳۶۱	-۰/۰۷۰۸۳	۰/۷۶۸۰	-۰/۲۲۴۹۶	۰/۸۳۳۱
شانون-وینر واریانس‌ها برابر فرض شده	۰/۰۰۱	-۰/۳۵۶۷۹	۰/۱۰۵۹۴	-۰/۵۶۹۰۱	-۰/۱۴۴۵۷
واریانس‌ها برابر فرض نشده	۰/۰۰۲	-۰/۳۵۶۷۹	۰/۱۰۶۸۰	-۰/۵۷۱۱۸	-۰/۱۴۲۴۱
سیمپسون واریانس‌ها برابر فرض شده	۰/۰۰۰	-۰/۲۱۴۸۸	۰/۵۶۳۰	-۰/۳۲۷۶۷	-۰/۱۰۲۱۰
واریانس‌ها برابر فرض نشده	۰/۰۰۰	-۰/۲۱۴۸۸	۰/۵۶۵۵	-۰/۳۲۸۲۷	-۰/۱۰۱۵۰
پیلو واریانس‌ها برابر فرض شده	۰/۰۰۰	-۰/۲۱۸۱۶	۰/۶۹۸۴	-۰/۴۲۸۰۷	-۰/۱۴۸۲۶
واریانس‌ها برابر فرض نشده	۰/۰۰۰	-۰/۲۱۸۱۶	۰/۷۰۳۶	-۰/۴۲۹۳۵	-۰/۱۴۶۹۷
هیپ واریانس‌ها برابر فرض شده	۰/۰۰۰	-۰/۲۹۸۶۹	۰/۶۵۱۷	-۰/۴۲۹۲۳	-۰/۱۶۸۱۵
واریانس‌ها برابر فرض نشده	۰/۰۰۰	-۰/۲۹۸۶۹	۰/۶۵۹۶	-۰/۴۳۱۳۳	-۰/۱۶۶۰۵

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تنوع گونه‌های درختی با عوامل محیطی

شاخص‌های تنوع	عوامل توپوگرافی		
	شیب	ارتفاع از سطح دریا	جهت
شاخص مارگالف (غناى گونه‌ای)	۰/۳۰۷*	-۰/۳۱۵*	-۰/۰۳۳
شاخص منهینک (غناى گونه‌ای)	۰/۳۰۲*	-۰/۲۳۵*	-۰/۰۱۲
شاخص شانون-وینر (ناهمگنی گونه‌ای)	۰/۲۶۵*	-۰/۵۲۷*	-۰/۱۶۹
شاخص سیمپسون (ناهمگنی گونه‌ای)	۰/۲۳۶	-۰/۵۴۱**	-۰/۲۰۱
شاخص هیپ (یکنواختی گونه‌ای)	۰/۰۸۳	-۰/۴۹۰**	-۰/۲۴۰
شاخص پیلو (یکنواختی گونه‌ای)	۰/۱۳۶	-۰/۴۹۴**	-۰/۲۶۳*

\* در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار است. \*\* در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی دار است.

## بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر همان گونه که مشاهده شد شاخص‌های تنوع زیستی در منطقه جنگلی مورد مطالعه دارای اختلاف معنی دار از نظر آماری بوده و تمامی این شاخص‌ها در حوزه ۱۰ چفرود بالاتر از حوزه ۷ ناو اسالم بوده است. این امر دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از جمله مهمترین آن‌ها این است که غالبیت راش و بیشتر بودن جمعیت راش نسبت به سایر گونه‌ها سبب کم شدن یکنواختی گونه‌ای می‌شود که به تبع آن تنوع زیستی نیز کاهش می‌یابد. مطابق با نتایج جدول‌های ۲ و ۳، گونه راش در هر دو منطقه گونه غالب بود به طوری که درصد فراوانی گونه راش نسبت به کل گونه‌ها در حوزه ۷ ناو اسالم ۸۳ درصد بود و این نسبت در حوزه ۱۰ چفرود ۳۷ درصد کل گونه‌ها بود. که این شرایط به وضوح در جنگل‌های حوزه ۷ ناو دیده می‌شود بنابراین همان گونه که در شکل ۲ نیز مشاهده می‌شود به رغم تفاوت کمتر در شاخص‌های غناى گونه‌ای بین دو منطقه، اما به دلیل غالبیت راش در حوزه ۷ ناو اسالم و فراوانی نسبی بالای آن، سایر شاخص‌های تنوع گونه‌ای تفاوت بسیار بیشتری بین دو منطقه نشان می‌دهند. همچنین دلایل متعدد دیگر از جمله نحوه مدیریت هم شاید یکی از عوامل تأثیرگذار در این زمینه باشد. از علل دیگر می‌توان عوامل فیزیوگرافیک مؤثر بر تنوع زیستی را نام برد. جدول ۷ همبستگی پارامترهای فیزیوگرافیک را با شاخص‌های تنوع زیستی مطالعه شده، نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود عامل ارتفاع از سطح دریا تقریباً با تمامی شاخص‌های تنوع



زیستی همبستگی معنی‌دار منفی داشته است. در ارتباط با عامل ارتفاع از سطح دریا همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود تمامی شاخص‌های تنوع زیستی با این عامل دارای ارتباط منفی معنی‌دار بودند. بدین معنی که با افزایش ارتفاع از سطح دریا شاخص‌های تنوع زیستی به‌طور مشخصی، کاهش یافته است. مهمترین دلیل آن می‌تواند کاهش دما به‌ازای افزایش ارتفاع از سطح دریا باشد چرا که با توجه به وجود سرما در ارتفاعات بالا، شرایط برای حضور برخی گونه‌ها نامساعد شده و به‌همین دلیل با افزایش ارتفاع از سطح دریا تنوع زیستی کاهش می‌یابد. این یافته با نتایج بسیاری از پژوهش‌های مشابه همسو است از آن جمله می‌توان به تحقیق Bayat و همکاران (۲۰۲۱) که روند تنوع گونه‌ای درختی را از غرب به شرق در جنگل‌های هیرکانی مورد بررسی قرار دادند و همچنین به کمک مدل‌های هوش مصنوعی عوامل تأثیرگذار بر غنای گونه‌ای درختی را بررسی کردند و نتیجه گرفتند ارتفاع از سطح دریا مهمترین عامل تأثیرگذار بر غنای گونه‌ای می‌باشد. یا به تحقیق Fallachai و Marvi Mohajer (۲۰۰۵) اشاره کرد که گزارش کردند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا از غنای گونه‌های چوبی کاسته می‌شود. Rostami و Pourbabaei (۲۰۰۶) در تحقیقی دیگر در جنگل اسالم در استان گیلان گزارش کردند که میزان تنوع گونه‌های درختی در طبقات ارتفاعی میانی بالاتر است که دلیل آن را کاهش دخالت‌های انسانی در این ارتفاعات بیان کردند. همچنین Zamani و Zolfaghari (۲۰۱۴) نیز در تحقیق خود در مطالعه تنوع گونه‌ای درختی و علفی در منطقه حفاظت‌شده دنا ی غربی گزارش کردند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا غنای گونه‌های درختی کاهش می‌یابد. پژوهش دیگر مطابق با این یافته‌ها، Ming و همکاران (۲۰۰۵) است که در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر گردان ارتفاعی در تنوع گونه‌های گیاهی در کوه شونگجیا در مرکز چین پرداختند. نتایج نشان داد که تنوع زیستی گونه‌های چوبی، بوته‌ای و علفی با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش شدیدی داشتند. Zakeri و همکاران (۲۰۱۴) نیز در پژوهش خود در جنگل‌های غرب استان مازندران به نتیجه مشابهی دست یافتند. عامل توپوگرافیک مهم دیگر که بر تنوع گیاهی می‌تواند اثرگذار باشد، شیب است. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود این عامل با شاخص‌های غنای گونه‌ای (مارگالف و منهینک) و نیز شاخص تنوع شانون وینر همبستگی مثبت معنی‌دار داشته و با سایر شاخص‌ها همبستگی نشان نداد. Zakeri و همکاران (۲۰۱۴) نیز در پژوهش خود در جنگل‌های غرب استان مازندران به نتیجه مشابهی دست یافته و عنوان کردند در مورد گونه‌های درختی فقط غنای مارگالف ارتباط مثبت و معنی‌داری با درصد شیب نشان می‌دهد. و در نهایت عامل جهت دامنه که از طرق مختلف بر شرایط پوشش گیاهی یک منطقه از جمله با تغییر در شرایط نور، دما و رطوبت و نیز باد اثر می‌گذارد، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. در مورد این عامل همان‌طور که مشاهده شد، تمامی شاخص‌ها دارای همبستگی منفی با این عامل بودند. این به این معنی است که بیشترین تنوع در جهت‌های شمالی و شمال شرقی بوده است و هرچه به سمت جهت‌های جنوبی و غربی رفته‌ایم، از تنوع کاسته شده است. البته شایان ذکر است که عامل جهت در تحقیق حاضر تنها با شاخص یکنواختی پیلو ارتباط معنی‌دار داشت و با سایر شاخص‌ها ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد. دلیل این امر می‌تواند این باشد که جهت غالب منطقه مورد مطالعه، شمالی است، درحالی‌که چنانچه تعداد جهات جغرافیایی بیشتر باشد قطعاً این امر سبب تأثیرگذاری عامل جهت بر خصوصیات و پراکنش جوامع گیاهی و از جمله بر تنوع زیستی آنها می‌شود. همسو با این یافته می‌توان به تحقیق Ming و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کرد که گزارش کردند که از لحاظ شاخص‌های تنوع بین جهات جغرافیایی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. Hashemi (۲۰۱۰) در تحقیقی دیگر در جنگل‌های سیاهکل استان گیلان گزارش کرد که تنوع گونه‌ای در جهت شمالی بیشترین مقدار بود. اما ذکر این نکته ضروری است که همواره عوامل بسیاری بر تنوع زیستی یک منطقه تأثیرگذارند که در این مطالعه تنها تعدادی از آنها مورد بررسی قرار گرفت. از جمله می‌توان به عوامل اقلیمی مانند دما، بارش، رطوبت نسبی و باد و عامل خاک اشاره کرد چرا که آب و هوا و اقلیم یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر شرایط پوشش گیاهی یک اکوسیستم و پراکنش و توزیع آن می‌باشند (Ahmad Abadi and Fathnia, 2017). همچنین آشفته‌گی‌های طبیعی مثل طوفان و یا باد یک فرآیند طبیعی و در عین حال مهم در همه اکوسیستم‌های جنگلی بوده که این آشفته‌گی‌ها موجب پیدایش روشنه‌هایی با سطوح مختلف و تشکیل ریزرویشگاه‌ها در جنگل شده که مجموع این عوامل بر تنوع زیستی اکوسیستم جنگل اثرگذار است (Ulanova, 2000). خاک‌ها نیز به‌عنوان بخش مهمی از یک اکوسیستم شناخته شده و نقش مهمی در توسعه پوشش گیاهی جنگلی دارند و محققان زیادی بر تأثیر و واکنش دو طرفه بین خاک یک اکوسیستم و تنوع زیستی آن تأکید داشته‌اند. همچنین چنانچه پیش‌تر ذکر شد عامل نوع و نحوه مدیریت جنگل هم یکی از عوامل مهم است

که قطعاً بر اختلاف شاخص‌های تنوع زیستی بین مناطق مختلف اثرگذار است. عوامل زیستی از جمله رقابت نیز در یک جنگل یکی از علل مهم در تغییر تنوع زیستی است. فرآیندهای زیستی مانند رقابت و همزیستی گونه‌ها در یک اکوسیستم جنگلی ساختار توده‌های جنگلی را تحت تأثیر خود قرار داده و سبب تغییر و تنوع آن در طی زمان می‌شوند (Muller *et al.*, 2003). بنابراین برای بررسی و تجزیه و تحلیل تنوع زیستی در یک جامعه جنگلی، در نظر گرفتن تمامی عوامل ذکر شده جهت دست‌یابی به یک نتیجه جامع و قابل اطمینان، لازم است. مدیران و تصمیم‌گیران جنگل، همواره نیازمند ابزارهایی جهت بهبود و ارتقای کیفیت جنگل‌ها هستند، ارزش‌های زیستی اکوسیستم‌های جنگلی بسیار مهم بوده و این موضوع با تجزیه و تحلیل و بررسی طیف وسیعی از شاخص‌های تنوع زیستی، قابل دستیابی هستند. شاخص‌های تنوع زیستی جهت مقایسه تنوع زیستی اکوسیستم‌های جنگلی مختلف و برآورد تغییرات تنوع زیستی در طول زمان اندازه‌گیری می‌شوند. این شاخص‌ها در واقع به‌عنوان ابزارهای کنترلی در مدیریت جنگل می‌باشند. به‌طور کلی، شناخت و بررسی و مقایسه تنوع گونه‌های درختی در رویشگاه‌های جنگلی شمال کشور و رابطه آنها با عوامل مختلف از جمله فیزیوگرافیک امری است که نیاز به بررسی و مطالعه بیشتری در آینده دارد چرا که با توجه به روند تخریبی سریع در جنگل‌ها از یک سو و از سوی دیگر اهمیت بسیار بالای جنگل‌های شمال کشور از جهات مختلف، حراست از آنها و برنامه‌ریزی جهت حفظ و ارتقای عملکردهای این اکوسیستم‌ها، روزه روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در این تحقیق دو حوزه جنگلی در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد شاخص‌های تنوع زیستی این دو منطقه اختلاف معنی‌داری داشته و همچنین عوامل توپوگرافیک به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا تأثیر شدیدی بر این شاخص‌ها داشته است. بدیهی است که جهت دستیابی به نتایج قابل اطمینان، بررسی مناطق و رویشگاه‌های جنگلی مختلف دیگر و نیز بررسی سایر عوامل مهم تأثیرگذار بر تنوع زیستی اکوسیستم‌های جنگلی که پیش‌تر ذکر شد، لازم و ضروری است.

## References

- Abedi, R., Abedi, T., 2017. Evaluation of Nearest Neighbor Distance Method for Biodiversity Estimation in Arasbaran Forest Ecosystem. *Ecology of Iranian Forests* 5(10), 61-69. (In Persian)
- Ahmad Abadi, A., Fathnia, A., 2017. Estimating climate change based on climate factors using satellite images. *Sepehr Geographical Information Journal* 26(102): 137-127. (In Persian)
- Bakhshandeh Nawrood, B., Abrari Vajjari, K., Pilehvar, B., Kuch, Y., 2018. Evaluation of Diversity Indices and Some Characteristics of Beech Trees in Different Tree Lichens (Case Study: Asalem-Gilan Beech Forest). *Journal of Plant Ecological Conservation* 6 (12), 109-122. (In Persian)
- Bayat, M., Burkhart, H., Namiranian, M., Hamidi, S.K., Heidari, S., Hassani, M., 2021. Assessing Biotic and Abiotic Effects on Biodiversity Index Using Machine Learning. *Forests* 2021, 12, 461
- Bayat, M., Heidari Masteali, S., 2020. Evaluation and Comparison of Biodiversity Indexes of Tree Species in Hyrcanian Forests (Case Study: Kheyroud, Ramsar and Neka Forests). *Journal of Plant Research* 44 (4), 311-324. (In Persian)
- Bayat, M., Heidari, S., Bourque, Ch., 2019. Application of Symbolic regression and Geographic Information System in Kheyroud watershed to provide spatial models that affect the surface of the landscape. *Environmental Science* 44(3), 411-424. (In Persian)
- Bourque, C.P.A., Bayat, M., 2015. Landscape variation in tree species richness in northern Iran forests. *PLoS One* 10(4), 1-18
- Fallachai, M.P., Marvi Mohajer, M., 2005. Ecological role of sea level elevation in tree species diversity in northern Sangak forests. *Iran. Iranian Journal of Natural Resources* 1, 89-10058 (In Persian).
- Fu, B.J., Liu, S.L., Ma, K.M., Zhu, Y.G., 2004. Relationships between soil characteristics, topography and plant diversity in a heterogeneous deciduous broad-leaved forest near Beijing, China. *Plant and Soil* 261(1-2), 47-54.
- Krebs. C.J., 1999. *Ecological Methodology*, University of British Columbia. Jim Green publisher, 620 p.
- Hamidi, S.K., de Luis, M., Bourque, C.P.A., Bayat, M., Serrano- Notivoli., 2023. Projected biodiversity in the Hyrcanian Mountain Forest of Iran: an investigation based on two climate scenarios. *Biodiversity and Conservation* 32, 3791-3808

- Han, H., Jang, K., Song, J., Seol, A., Chung, W., Chung, J., 2011. The effects of site factors on herb species diversity in Kwangneung forest stands. *Forest Science and Technology* 7(1), 1-7.
- Hashemi, A., 2010. Evaluating plant species diversity and physiographical factors in natural broad leaf forest. *Journal of Environmental Sciences* 6(1), 20- 25.
- Hossein Heidari, R., Sohrabizadeh, A., Heidari, M., 2019. Effect of Physiographic Factors on Plant Biodiversity in the Central Zagros Forests (Case Study: Educational Forest of Razi University of Kermanshah). *Ecology of Iranian Forests* 7(13), 66-75. (In Persian)
- Jiang, Y., Kang, M., Zhu, Y., Xu, G., 2007. Plant biodiversity patterns on Helan Mountain, China. *Acta Oecologica* 32(2), 125-133.
- Keyvan Behjoo, F., Majnounian, B., Namiranian, M., Saeed, A., Feghhi, J., 2010. Determination of Volume and Value Loss in Logging Operations (Case study: Chafroud Forests of Gilan). *Forest and Wood Products* 63(3), 293-304. (In Persian)
- Mahmoodi, M., Jalilvand, H., Hojati, M., Kuch, Y., 2019. Plant biodiversity affected by the Katna slope position in Asalem-Gilan. *Ecology of Iranian Forests* 7(13), 36-45. (In Persian)
- Marvie-Mohadjer, M.R., 2012. *Silviculture*. University of Tehran Press. 400 p. (In Persian)
- Ming, C., Chen, W. L., Tina, Z. Q., Xie, Z. Q., 2005. Altitudinal pattern of plant species diversity in Shennongjia Mountains, central China. *Journal of Integrative Plant Biology (formerly Acta Botanica Sinica)* 47, 1431- 1449.
- Muller, C., Berger, G., Glemnitz, M., 2003. Quantifying geomorphological heterogeneity to assess species diversity of set-aside arable land, *Agriculture and Environment, Agriculture, Ecosystems & Environment* 104(3), 587-594
- Pommerening, A., 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75(3), 305-324.
- Pourbabaie, H., Rostami. T., 2006. Floristic composition and plant species diversity in altitudinal classes of the managed forests, Asalem Region, Talesh, North of Iran. *Ecology Environment and Conservation* 12(4), 589-598.
- Pourbabaie, H., 1999. Biodiversity of wood species in the forests of beech of Gilan, National Congress northern forest management and sustainable development, Ramsar, Iran.
- Ulanova, N.G., 2000. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management* 135(1-3), 155-167.
- Zakeri Pashaklaie, M., Alvani Nejad, S., Esmailzadeh, O., 2014. Relationship between plant biodiversity and topographic factors in western forests of Mazandaran, (Case study: Tarbiat Modares University Research Forest). *Journal of Applied Ecology*, 3(8), 1-16. (In Persian)
- Zamani, S. M., Zolfaghari. R., 2014. Evaluation of Tree and Herb Biodiversity in the Western World Conservation Area and its Relationship with Factors. *Journal of Environmental Science* 11(3), 131-143