Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 14, Issue 1, 2026 p: 3-15

OPEN ACCESS

Research Article

The Relationship between Biodiversity and the Aboveground Biomass of Woody Plants Across Climatic Regions and Elevational Gradients (Case Study: Forests of Ilam Province)

Fatemeh Gol-Mohammadi[1], Abdolali Karamshahi[2], Mehdi Heydari[3], and Reza Omidipour[4]

1- Ph.D. Student, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2- Associate Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, (Corresponding author: a.karamshahi@ilam.ac.ir)
3- Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
4- Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Received: 01 June, 2025 Revised: 15 September, 2025 Accepted: 30 October, 2025

Extended Abstarct

Background: The Zagros forests, one of the most vital ecosystems in Iran, play a crucial role in climate regulation, biodiversity conservation, and the provision of ecosystem services. However, anthropogenic activities and climate change have increasingly threatened these forests, leading to declines in aboveground biomass and species diversity. Biodiversity is a key characteristic of forest ecosystems and significantly contributes to maintaining ecosystem functions, such as aboveground biomass production. Nevertheless, the influence of topographic factors—particularly elevation- on mediating the relationship between biodiversity and ecosystem function across different climatic regions of the Zagros forests remains insufficiently studied. This study aims to investigate the relationship between biodiversity indices (diversity, richness, and evenness) and aboveground biomass through a comparative analysis across various climatic regions, assessing how biodiversity–ecosystem function relationships change along an elevational gradient in Ilam Province.

Methods: Areas with distinct climatic conditions, semi-humid cold (Manesht-Qalarang) and semi-arid cold (Kabir-Kuh), were selected to achieve the study objectives. Study sites were chosen based on their climatic, topographic, and vegetation characteristics to evaluate the influence of these factors on species diversity and ecosystem function. In each region, four transects were established along a 300-meter elevational gradient, with sampling points set at 100-meter intervals. Along these transects, 30×30 meter plots were established systematically and randomly. Data on woody species, including species identity, diameter at breast height (DBH), total height, and crown diameters, were collected within each plot. Biodiversity indices, Shannon and Simpson diversity indices, species richness indices (Margalef and Menhinick), and evenness index (Pielou), were calculated using PAST software. Aboveground biomass was estimated using species-specific allometric equations. For statistical analysis, t-tests were used to compare biodiversity indices between two climatic regions. Simple linear regression models were applied to examine the relationships between aboveground biomass (dependent variable) and biodiversity indices (independent variables), as well as the relationships between biodiversity indices and elevation. Additionally, Principal Component Analysis (PCA) was performed to assess the degree of separation between two regions based on biodiversity indices. All data were standardized prior to PCA, and variables with correlation coefficients above 0.7 were excluded to avoid multicollinearity. PCA was conducted using R software with the “FactoMineR” and “factoextra” packages.

Results: The results showed that aboveground biomass (AGB) was significantly higher in the semi-humid cold region (2,973.18 ± 278.57 kg/ha) than in the semi-arid cold region (1,948.25 ± 158.34 kg/ha). This substantial difference is likely due to more favorable climatic conditions in the semi-humid region, which support a longer growing season and enhanced tree growth. In contrast, species diversity indices were higher in the semi-arid region (Kabir-Kuh) than in the semi-humid region (Manesht–Qalarang). This pattern may be attributed to the presence of drought-tolerant species, reduced competition, and higher ecological niche differentiation under stressful environmental conditions. These findings are consistent with ecological theories, such

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]

[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

Copyright ©2026. Gol-Mohammadi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

as the Intermediate Disturbance Hypothesis and the Dynamic Equilibrium Model, both of which propose that moderate levels of stress can enhance species diversity. Regression analyses revealed a negative relationship between elevation and AGB in the semi-humid region (R^2 = -0.368), likely due to the reduced abundance of dominant species, such as Persian oak (*Quercus brantii* L.) at higher altitudes, as well as the adverse effects of elevation on temperature, precipitation, and vegetation structure. Regarding the relationship between biodiversity indices and AGB, Menhinick's richness index showed a significant correlation with biomass in the semi-humid region, while other indices, such as Shannon-Wiener and Pielou's evenness, did not. Conversely, Pielou's evenness index exhibited the strongest explanatory power for AGB in the semi-arid region, with other diversity indices also significantly correlated with biomass. These differences likely reflect variations in vegetation structure, climatic conditions, and forest degradation levels between the two zones. Under stress conditions, limited resources and harsh environmental factors often lead to the dominance of low-performing species, reducing ecosystem function and biomass. Thus, a negative correlation between diversity indices and biomass is expected in semi-arid climates. In the semi-humid region, only species richness showed a negative correlation with biomass, possibly due to intensified interspecific competition and functional redundancy among species. PCA results confirmed a clear separation between the two climatic regions based on biomass and biodiversity components. The semi-humid region was characterized by higher biomass and crown cover, whereas the semi-arid region exhibited greater species diversity and richness. These findings indicate that forest management should be tailored to the climatic conditions of each region. In arid and semi-arid areas, in particular, the conservation and development of drought-resistant species, along with soil moisture management, can help enhance biomass stability and species diversity.

Conclusion: This study underscores the significant influence of climate and elevation on biodiversity patterns and aboveground biomass in the Zagros forests. The results indicate that intense interspecific competition may result in higher biomass but lower species diversity in more humid climates. Conversely, semi-arid environments tend to support greater biodiversity, albeit with lower biomass accumulation. These findings highlight the necessity of developing sustainable forest management strategies that are tailored to the ecological variability of different regions. Specifically, biodiversity conservation efforts should be prioritized in semi-arid areas, where species richness and ecological niche differentiation are more pronounced, while carbon storage initiatives can be more effectively targeted in semi-humid regions with higher biomass potential. Implementing management practices that consider local climatic and topographic conditions is essential for preserving the ecological integrity and functional resilience of the Zagros forest ecosystem.

Keywords: Aboveground biomass, Climate change, Species diversity, Topography, Zagros

How to Cite This Article: Gol-Mohammadi, F., Karamshahi, A., Heydari, M., & Omidipour, R. (2026). The Relationship between Biodiversity and the Aboveground Biomass of Woody Plants Across Climatic Regions and Elevational Gradients (Case Study: Forests of Ilam Province). *Ecol Iran For,* 14(1), 3-15. DOI: 10.61882/ifej.2026.588

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]

[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

ارتباط بین تنوع زیستی و زی‌توده روزمینی گیاهان چوبی در طول مناطق اقلیمی و گرادیان ارتفاعی (مطالعه موردی: جنگل‌های استان ایلام)

فاطمه گل‌محمدی[۱]، عبدالعلی کرمشاهی[۲]، مهدی حیدری[۳] و رضا امیدی‌پور[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، (نویسنده مسوول: a.karamshahi@ilam.ac.ir)
۳- استاد، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۴- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۸
صفحه ۳ تا ۱۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های ایران، نقش کلیدی را در تعدیل آب و هوا، حفاظت از تنوع زیستی و ارائه خدمات بوم‌سازگانی ایفا می‌کنند. با این حال، عوامل انسانی و تغییرات اقلیمی، این جنگل‌ها را با تهدیداتی مانند کاهش زی‌توده و تنوع گونه‌ی مواجه کرده‌اند. تنوع زیستی از مهم‌ترین ویژگی‌های بوم‌سازگان‌های جنگلی است و نقش مهمی در پایداری و حفاظت از کارکردهای بوم‌سازگانی از قبیل زی‌توده روزمینی دارد. هر چند که نقش عوامل توپوگرافی به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا در مناطق اقلیمی بر ارتباط بین تنوع زیستی و کارکرد اکوسیستم در جنگل‌های زاگرس به‌خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی رابطه بین شاخص‌های تنوع زیستی (تنوع، غنا، یکنواختی) و زی‌توده روزمینی، تلاش دارد تا با طراحی مطالعه مشابه در مناطق اقلیمی مختلف، ارتباط بین شاخص‌های تنوع زیستی و کارکرد اکوسیستم در طول گرادیان ارتفاعی در استان ایلام را مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور دستیابی به اهداف مطالعه، مناطقی با اقلیم متفاوت (نیمه‌مرطوب سرد: مانشت‌قلارنگ؛ نیمه‌خشک سرد: کبیرکوه) انتخاب شدند. مناطق مورد مطالعه با توجه به ویژگی‌های اقلیمی، توپوگرافی و پوشش گیاهی انتخاب شدند تا تأثیر این عوامل بر تنوع گونه‌ای و کارکرد اکوسیستم ارزیابی شود. در هر منطقه در امتداد گرادیان ارتفاعی ۳۰۰ متری، ۴ ترانسکت با فاصله ۱۰۰ متر پیاده و قطعات نمونه با ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ متر به‌صورت تصادفی سیستماتیک روی ترانسکت‌ها پیاده شدند. داده‌های مربوط به گونه‌های چوبی از قبیل نوع گونه، قطر برابر سینه، ارتفاع کل و قطر بزرگ و کوچک تاج ثبت شدند. برای ارزیابی تنوع زیستی، شاخص‌های تنوع (شانون–وینر، سیمپسون)، غنا (مارگالف، منهینیک) و یکنواختی (پایلو) با استفاده از نرم‌افزار PAST محاسبه گردیدند. زی‌توده روزمینی با استفاده از معادلات زیست‌سنجی به تفکیک گونه‌های گیاهی موجود در نمونه‌برداری برآورد شد. برای مقایسه شاخص‌های تنوع‌زیستی در دو منطقه اقلیمی از آزمون t مستقل، به‌منظور بررسی رابطه بین زی‌توده (متغیر وابسته) و شاخص‌های تنوع زیستی (متغیر مستقل)، و همچنین بررسی رابطه بین شاخص‌های تنوع زیستی و ارتفاع از سطح دریا نیز از رگرسیون خطی ساده (Simple Linear Regression) استفاده شد. در نهایت، برای بررسی میزان تفکیک‌پذیری مناطق اقلیمی بر اساس شاخص‌های تنوع از آزمون آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده گردید. پیش از این آنالیز، ابتدا همه داده‌ها استاندارد شدند. همچنین، متغیرهای با همبستگی بیش از ۰/۷ پیش از آزمون حذف شدند. آزمون PCA در نرم‌افزار R و با استفاده از بسته‌های آماری FactoMineR و factoextra انجام شد.

یافته‌ها: زی‌توده روزمینی در منطقه نیمه‌مرطوب سرد (۲۷۸/۵۷ ± ۲۹۷۳/۱۸ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از منطقه نیمه‌خشک سرد (۱۵۸/۳۳۷ ± ۱۹۴۸/۲۴۸ کیلوگرم در هکتار) بود؛ این تفاوت قابل توجه احتمالاً ناشی از شرایط اقلیمی مساعدتر، دوره رشد طولانی‌تر و در نتیجه رشد بهتر درختان در اقلیم مرطوب‌تر است. در مقابل، میانگین شاخص‌های تنوع گونه‌ای در اقلیم نیمه‌خشک (کبیرکوه) بیش از منطقه نیمه‌مرطوب (مانشت–قلارنگ) بود، که این پدیده می‌تواند به حضور گونه‌های مقاوم به خشکی، رقابت کمتر و تمایز آشیان‌های بوم‌شناختی در شرایط تنش محیطی نسبت داده شود. این نتایج با فرضیات اکولوژیکی مانند فرضیه آشفتگی متوسط و مدل تعادل پویا (وجود تنوع بیشتر در محیط‌های با تنش) همخوانی دارند. بررسی ارتباط رگرسیونی بین ارتفاع از سطح دریا و زی‌توده نشان داد که در منطقه نیمه‌مرطوب، زی‌توده با افزایش ارتفاع کاهش یافت (R^2 = -0.368). این روند ممکن است به‌دلیل کاهش تراکم گونه‌های غالب مانند بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.) در ارتفاعات بالاتر و اثرات منفی ارتفاع بر دما، بارندگی و ساختار پوشش گیاهی باشد. بررسی رابطه بین شاخص‌های تنوع و زی‌توده نشان داد که در منطقه نیمه‌مرطوب سرد، غنای منهینیک رابطه معنی‌داری با زی‌توده داشت، در حالی‌که شاخص‌های دیگر مانند شانون–وینر و یکنواختی پیلو رابطه معنی‌داری نداشتند. در مقابل، در منطقه نیمه‌خشک کبیرکوه، شاخص یکنواختی پیلو بیشترین توان تبیین زی‌توده را داشت و شاخص‌های تنوع رابطه معنی‌داری با زی‌توده نشان دادند. این تفاوت‌ها می‌توانند ناشی از ساختار متفاوت پوشش گیاهی، تفاوت‌های اقلیمی و درجه تخریب در دو منطقه باشند. در شرایط تنش‌زا، کاهش منابع و سختی شرایط باعث ورود گونه‌های کم‌بازده می‌شود که منجر به کاهش کارکرد اکوسیستم و زی‌توده می‌گردد. در نتیجه، در اقلیم نیمه‌خشک، رابطه منفی شاخص‌های تنوع با زی‌توده قابل انتظار است، در حالی‌که در اقلیم نیمه‌مرطوب، تنها غنای گونه‌ای با زی‌توده رابطه منفی داشت که به رقابت شدید بین گونه‌ها و همپوشانی عملکردی آن‌ها نسبت داده می‌شود. در تحلیل PCA، تفکیک دو منطقه بر اساس محورهای زی‌توده و تنوع تأیید شد. منطقه نیمه‌مرطوب با زی‌توده و تاج‌پوشش بالاتر، و منطقه نیمه‌خشک با تنوع و غنای بیشتر مشخص شدند. این یافته‌ها نشان می‌دهند که مدیریت جنگل باید متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه انجام شود به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک، حفاظت و توسعه گونه‌های مقاوم به خشکی و مدیریت رطوبت خاک می‌توانند به افزایش پایداری زی‌توده و تنوع گونه‌ای کمک کنند.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که اقلیم و ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان عوامل کلیدی، تأثیر قابل توجهی بر الگوهای تنوع‌زیستی گیاهان چوبی و زی‌توده در جنگل‌های زاگرس داشتند. نتایج حاکی از آن هستند که در اقلیم‌های مرطوب‌تر، رقابت بین گونه‌ها منجربه زی‌توده بالاتر اما تنوع کمتر می‌شود. در حالی‌که در مناطق نیمه‌خشک، تنوع بالاتر با کاهش زی‌توده همراه است. این یافته‌ها بر ضرورت توجه به مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس با توجه به تفاوت‌های بوم‌شناختی این مناطق، حفظ تنوع‌زیستی در مناطق نیمه‌خشک، افزایش ذخیره کربن در مناطق نیمه‌مرطوب و نیاز به مدیریت تفکیک‌شده بر اساس شرایط اقلیمی تأکید می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، تنوع گونه‌ای، توپوگرافی، زاگرس، زی‌توده روزمینی

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]

[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

مقدمه

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین بوم‌سازگان‌های زمین نقش اساسی را در حفظ تعادل آب و هوایی و تنوع زیستی ایفا می‌کنند. این اکوسیستم‌ها با جذب دی‌اکسیدکربن و ذخیره آن در زی‌توده به کاهش اثرات تغییرات اقلیمی کمک می‌کنند (Mäkelä *et al.*, 2023). همچنین، تنوع زیستی غنی جنگل‌ها نه‌تنها موجب پایداری اکوسیستم می‌شود (Brockerhoff *et al.*, 2017)، بلکه ظرفیت ذخیره کربن را نیز افزایش می‌دهد. تنوع زیستی گیاهی در هر اکوسیستم به‌طور مستقیم تحت تأثیر ترکیب گونه‌ای و ویژگی‌های ساختاری پوشش گیاهی آن است، عاملی که نقش کلیدی را در پایداری اکوسیستم در برابر تغییرات محیطی و زیستی ایفا می‌کند (Bijani-Nejad *et al.*, 2024). مدیریت پایدار جنگل‌ها می‌تواند اهداف حفاظت از تنوع زیستی و افزایش زی‌توده را تحقق بخشد (Sabatini *et al.*, 2019). در مقابل تخریب جنگل‌ها منجر به از دست رفتن تنوع زیستی می‌شود و این امر بر خدمات اکوسیستمی تأثیر منفی دارد (Anderegg *et al.*, 2020). جنگل‌های زاگرس یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین رویشگاه‌های جنگلی ایران محسوب می‌شوند و به‌عنوان منبعی بی‌نظیر پشتیبان تنوع زیستی و خدمات مختلف اکوسیستمی هستند (Sagheb Talebi *et al.*, 2014). با این حال، عوامل مختلفی از جمله دخالت‌های انسانی، چرای بی‌رویه دام، بهره‌برداری ناپایدار از چوب و محصولات فرعی جنگلی، زراعت در زیر اشکوب و وقوع مکرر آتش‌سوزی‌ها موجب کاهش تنوع‌زیستی و ناپایداری یا کاهش خدمات اکوسیستمی در این جنگل‌ها شده‌اند (Heydari *et al.*, 2023; Hosseini, 2024).

در این میان، دو شاخص کلیدی زیستی و زی‌توده به‌عنوان معیارهای سلامت جنگل مطرح هستند که تحت تأثیر عوامل محیطی مانند اقلیم و ارتفاع از سطح دریا قرار می‌گیرند (Chapin *et al.*, 2002). قنبری و اسماعیلی (Ghanbari & Esmaili, 2023) به بررسی اثر شیب و ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌ای درختان در جنگل‌های ارسباران پرداختند. نتایج این پژوهش نشان دادند که از نظر آماری ارتفاع از سطح دریا تأثیر معنی‌داری روی شاخص‌های تنوع زیستی نداشت. نتایج مطالعه بازیار و همکاران (Bazyar *et al.*, 2013) در جنگل‌های زاگرس نشان دادند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا تنوع کاهش یافت. تحقیقات دیگر نیز نشان دادند که گرادیان ارتفاعی تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های جنگل داشت (Körner, 2007). میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi *et al.*, 2020) در مطالعه‌ای به بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌های علفی پرداختند که نتایج نشان داد ارتفاع از سطح دریا تأثیر معنی‌داری بر تنوع و غنای گونه‌های علفی داشت. به‌طور معمول، بیشترین تنوع زیستی در ارتفاعات متوسط مشاهده می‌شود. در حالی‌که زی‌توده ممکن است با افزایش ارتفاع، روند صعودی داشته باشد (Mannan *et al.*, 2019). این الگوها ناشی از تعامل پیچیده بین عوامل محیطی مانند دما، بارندگی و رطوبت خاک است (Walther *et al.*, 2002). برای مثال، در مناطق مرطوب و معتدل، شرایط برای رشد گیاهان و تنوع گونه‌ای مطلوب‌تر است، در حالی‌که در مناطق خشک، تنش آبی محدودیت ایجاد می‌کند (Allen *et al.*, 2010). با توجه به وابستگی ارتباط بین تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم به شرایط اقلیمی (Omidipour *et al.*, 2021)، مطالعه این روابط در جنگل‌های زاگرس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنین پژوهش‌هایی می‌توانند به مدیریت پایدار این اکوسیستم‌های ارزشمند و حفظ خدمات آن‌ها در برابر تغییرات اقلیمی کمک کنند. با توجه به نقش حیاتی جنگل‌های زاگرس در حفظ تنوع زیستی، و همچنین تهدیدهای فزاینده ناشی از تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، بررسی الگوهای تغییرپذیری تنوع زیستی و زی‌توده در گرادیان‌های محیطی مختلف این منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. چنین مطالعاتی می‌توانند به درک بهتر مکانیسم‌های حاکم بر پویایی این اکوسیستم‌ها کمک کنند و مبنای علمی مناسبی را برای تدوین راهبردهای مدیریت پایدار جنگل ارائه دهد. به همین دلیل تحقیق حاضر در صدد است تا با طراحی مطالعه مشابه در دو منطقه اقلیمی متفاوت، ارتباط بین شاخص‌های تنوع زیستی و کارکرد اکوسیستم را مورد بررسی قرار دهد. به عبارتی، تحقیق حاضر در پی پاسخ به سوالات زیر است: ۱) آیا تغییر در نوع اقلیم می‌تواند موجب ایجاد اختلاف معنی‌دار در تنوع زیستی و تولید زی‌توده روزمینی شود؟ ۲) آیا با تغییر ارتفاع شاخص‌های تنوع‌زیستی و زی‌توده روزمینی تغییر می‌کنند؟ ۳) آیا ارتباط بین ارتفاع از سطح دریا و شاخص‌های تنوع زیستی و زی‌توده روزمینی در مناطق اقلیمی مختلف تفاوت دارد؟

مواد و روش‌ها

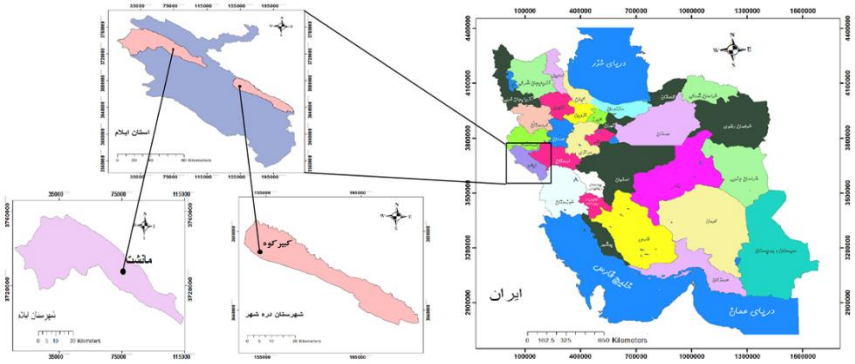
مناطق مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در این تحقیق شامل دو منطقه حفاظت‌شده مانشت–قلارنگ و منطقه کبیرکوه هستند. منطقه حفاظت‌شده مانشت–قلارنگ با وسعتی بالغ بر ۳۳۰۰۰ هکتار، بین عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱) و ارتفاع آن بین ۱۱۰۵ تا ۲۶۵۰ متر متغیر است. اقلیم آن طبق طبقه‌بندی آمبرژه، نیمه‌مرطوب سرد، با میانگین بارندگی ۵۵۰ میلی‌متر و دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (Mirzaei, 2019). گونه غالب در این منطقه بلوط ایرانی (*Q. brantii* var *persica*) است و ۲۳۱ گونه گیاهی متعلق به ۱۵۶ جنس و ۵۲ تیره وجود دارند، که ۳۵ گونه آن به تک لپه‌ای‌ها و ۱۹۶ گونه به دولپه‌ای‌ها تعلق دارند (Darvishnia *et al.*, 2012).

منطقه حفاظت‌شده کبیرکوه با مساحت حدود ۱۷۹۰۰۰ هکتار، بین عرض‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع منطقه از حدود ۸۰۰ متر تا ۲۷۹۰ متر متغیر است. اقلیم آن نیمه‌خشک سرد با میانگین بارندگی ۳۹۹/۵ میلی‌متر و دمای سالیانه ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد است (Miri, 2023). گونه غالب این منطقه نیز بلوط ایرانی (*Q. brantii* var persica) است. اسامی گونه‌های چوبی مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده‌اند. پوشش گیاهی منطقه شامل ۲۱۸ گونه گیاهی متعلق

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]
[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

به ۱۵۱ جنس و ۶۰ تیره است، که دو گونه آن سرخس، ۱۸۲ گونه نهان‌دانه دولپه‌ای و ۳۴ گونه نهاندانه تک‌لپه‌ای هستند.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه در استان ایلام
Figure 1. The location of the study areas in Ilam Province

جدول ۱- فهرست گونه‌های چوبی شناسایی‌شده به همراه نام فارسی و علمی، تیره، و فرم رویشی
Table 1. The List of Identified Woody Plant Species with Scientific and Persian Names, Family, and Growth Form

ردیف No	اسم فارسی Persian Name	اسم علمی Scientific Name	تیره Family	فرم رویشی Growth Form	مانشت-قلارنگ Manesht-Qalarng	کبیرکوه Kabir-Kouh
1	بلوط ایرانی	*Quercus Brantii* Lindll. Var. Persica (Jaun. & Spach) Zohary	Fagaceae	درختی Tree	✓	✓
2	بنه	*Pistacia atlantica* Desf	Anacardinaceae	درختی Tree	✓	✓
3	کیکم	*Acer monspessulanum* L.	Aceraceae	درختی Tree	✓	✓
4	داغداغان	*Celtis Caucasica* Willd.	Ulmaceae	درختی Tree	✓	–
5	شن	*Lonicera nummularifolia* Jaub. & Spach.	Caprifoliacae	درختچه‌ای Shrub	✓	✓
6	ارجن	*Amygdalus reuteri* Boiss.	Rosaceae	درختچه‌ای Shrub	✓	✓
7	زالزالک	*Ceratagus Puntica* C. Koch.	Rosaceae	درختچه‌ای Shrub	✓	✓
8	دافنه	*Daphne mucronata* Royle.	Thymelaeaceae	درختچه‌ای Shrub	✓	–
9	بادام بی‌برگ	*Amygdalus*	Rosaceae	درختچه‌ای Shrub	–	✓
10	گون	*Astragalus* sp.	Fabaceae	درختچه‌ای Shrub	✓	✓
11	گیلاس وحشی	*Prunus avium*	Rosaceae	درختچه‌ای Shrub	✓	✓

جمع‌آوری داده‌ها

برای انجام این پژوهش، دو منطقه حفاظت‌شده مانشت-قلارنگ و کبیرکوه به‌عنوان ایستگاه مطالعاتی انتخاب شدند. در هر منطقه در امتداد گرادیان ارتفاعی ۳۰۰ متری، چهار ترانسکت با فاصله ۱۰۰ متر پیاده شدند. قطعات نمونه با ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ متر به‌صورت تصادفی سیستماتیک روی ترانسکت‌ها پیاده گردیدند (Akbari & Kalbi, 2019). در ترسیم ترانسکت به‌عنوان خط مبنا که در راستای گرادیان راتفاعی از سطح دریا است، به‌گونه‌ای عمل شد که خط مبنا ضمن پوشش دادن تغییرات ارتفاع از سطح دریا، تغییرات تیپ‌های جنگلی منطقه و بخش عمده‌ای از تغییرات فیزیوگرافی منطقه را پوشش دهد. خط مبنا با استفاده از قطب‌نما و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در سطح منطقه پیاده شد. دامنه ارتفاعی در منطقه مانشت-قلارنگ از ۱۸۲۰ متر تا ۲۰۷۰ متر و در منطقه کبیرکوه از ۱۱۰۰ تا ۱۴۵۰ متر بود. نمونه‌برداری از اواسط اردیبهشت تا اواخر خرداد انجام، و برداشت اطلاعات از گونه‌های درختی و درختچه‌ای در قطعات نمونه و اطلاعات مربوط به نوع گونه، ارتفاع کل، قطر بزرگ و کوچک تاج و قطر برابر سینه درختان با قطر برابر سینه بیش از ۵ سانتی‌متر برداشت شد (Valipour *et al.*, 2013). علاوه بر این، اطلاعات رویشگاهی (ارتفاع، شیب، جهت دامنه) بر اساس موقعیت قطعه نمونه در نرم‌افزار GIS محاسبه شد. لازم به ذکر است که با توجه به پیچیدگی و توپوگرافی موجود در منطقه، برای افزایش دقت اطلاعات توپوگرفی، ابتدا موقعیت هر چهار گوشه قطعه نمونه در زمان نمونه‌برداری تهیه و سپس اطلاعات نقشه‌های توپوگرافی به‌دست‌آمده از نقشه DEM با دقت ۱۲/۵ متر ماهواره آلوس‌پالسار برای هر چهار نقطه میانگین‌گیری شده تا میزان خطای مطالعه کاهش یابد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]
[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

شاخص‌های تنوع گونه‌ای

پس از جمع‌آوری داده‌ها، مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای، غنا و یکنواختی در سطح قطعات نمونه با استفاده از اطلاعات برداشتی و در قالب نرم‌افزار PAST محاسبه گردیدند. در این مطالعه، اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای بر اساس شاخص‌های تنوع شانون–وینر و سیمپسون، غنای گونه‌ای بر اساس شاخص‌های غنای مارگالف و غنای منهنیک و یکنواختی نیز با استفاده از شاخص یکنواختی پایلو (طبق رابطه‌های جدول ۲) محاسبه شدند. در روابط ذیل: Pi نسبت کل نمونه‌هایی که در آن گونه iام وجود دارد، S تعداد گونه‌ها، H' شاخص تنوع گونه‌ای شانون–وینر، n تعداد افراد هر یک از گونه‌ها و N تعداد افراد کل گونه‌ها هستند.

جدول ۲– شاخص‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای و رابطه آن‌ها
Table 2. The indices used for measuring taxonomic diversity and their relationships

شاخص‌ها Indices	منبع Source	فرمول Formula
تنوع شانون–وینر Shannon-Wiener diversity	(Shannon & Weaver, 1949)	$\acute{H} = -\sum_{i=1}^{s}(Pi(\ln Pi)$
تنوع سیمپسون Simpson diversity	(Simpson, 1949)	$1 - D = \left(\sum Pi\right)^2$
غنای مارگالف Margalef richness	(Margalef, 1973)	$R_1 = \frac{s-1}{Ln\,(n)}$
غنای منهینیک Menhinhck richness	(Menhinick, 1964)	$R_2 = \frac{s}{\sqrt{n}}$
یکنواختی پیلو Pielou's evenness	(Pielou, 1966)	$J = \frac{\acute{H}}{\ln s}$

اندازه‌گیری زی‌توده روزمینی

در این تحقیق، برای اندازه‌گیری کارکرد بوم‌سازگان از اندازه‌گیری زی‌توده استفاده شد. زی‌توده روزمینی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کارکرد اکوسیستم است و در بسیاری از تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Chen *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2025). با توجه به سختی در اندازه‌گیری زی‌توده روزمینی و همچنین اهمیت حفاظت از گونه‌های درختی، برای برآورد زی‌توده از روابط زیست‌سنجی استفاده شد. محاسبه زی‌توده بلوط بر اساس معادلات زیست‌سنجی موجود برای درختان بلوط ایرانی دانه‌زاد (رابطه ۱) و شاخه‌زاد (رابطه ۲)، زی‌توده بنه بر اساس معادلات زیست‌سنجی پیشنهادی برای درختان بنه (رابطه ۳) و برای سایر گونه‌ها از معادله جهانی (رابطه ۴) انجام شد (Sohrabi *et al*., 2012; Iranmanesh *et al*., 2014; Chave *et al*., 2014).

رابطه (۱) $Y = 0.188 \times X^{3.228}$

رابطه (۲) $Y = 2.534 \times X^{2.383}$

رابطه (۳) $Y = 0.635 \times X^{2.786}$

رابطه (۴)
$$AGB = Exp\,(-1.803 - 0.976(EF) + 0.976 \times \ln(\rho) + 2.673 \times \ln(DBH) - 0.0299 \times (\ln(DBH)^2))$$

در معادله‌های ۱، ۲ و ۳، X: قطر تاج بر حسب متر و Y: زی‌توده روزمینی بر حسب کیلوگرم هستند. در معادله ۴، AGB: زی‌توده روزمینی بر حسب تن در هکتار، Exp تابع نمایی که بر عکس لگاریتم طبیعی است، Ln لگاریتم طبیعی، ρ وزن مخصوص چوب بر حسب گرم بر مترمکعب، DBH قطر برابر سینه درختان، و EF استرس محیطی هستند. EF برای مناطق مورد مطالعه ۲/۰۸۶ محاسبه شده است.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها، مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای، غنا و یکنواختی در سطح قطعات نمونه به‌وسیله نرم‌افزار PAST محاسبه شدند. جهت بررسی نرمال‌بودن داده‌ها در دو منطقه مورد مطالعه از آزمون کلوموگروف اسمیرنوف و برای مقایسه شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای در دو منطقه اقلیمی از آزمون t مستقل، برای بررسی رابطه بین زی‌توده (متغیر وابسته) و شاخص‌های تنوع (متغیر مستقل)، از رگرسیون خطی ساده (Simple Linear Regression) استفاده شد. همچنین، به‌منظور بررسی رابطه بین شاخص‌های تنوع زیستی و ارتفاع از سطح دریا نیز از رگرسیون خطی ساده استفاده گردید. در نهایت، به‌منظور بررسی میزان تفکیک‌پذیری مناطق اقلیمی بر اساس شاخص‌های تنوع از آزمون تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. پیش از این آنالیز، ابتدا همه داده‌ها استاندارد شدند. به‌علاوه متغیرهای با همبستگی بیش از ۰/۷ پیش از آزمون حذف شدند. آزمون PCA در نرم‌افزار R و با استفاده از بسته‌های آماری FactoMineR و factoextra انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین زی‌توده روزمینی و شاخص‌های تنوع بین دو اقلیم نیمه‌مرطوب سرد (مانشت–قلارنگ) و نیمه‌خشک سرد (کبیرکوه)

نتایج آزمون t نشان دادند که دو منطقه اقلیمی مانشت–قلارنگ و کبیرکوه از نظر زی‌توده روزمینی اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0.05$) (جدول ۳). مقایسه میانگین این ویژگی‌ها بین دو منطقه اقلیمی نشان داد که زی‌توده روزمینی در منطقه حفاظت‌شده مانشت–قلارنگ (۲۹۷۳/۱۸ ± ۲۷۸/۵۷ kg/ha) به‌صورت معنی‌داری بیش از مقدار زی‌توده در منطقه کبیرکوه (۱۹۴۸/۲۴۸ ± ۱۵۸/۳۳۷ kg/ha) بود. این نتیجه با یافته‌های پیشین در مورد تأثیر رطوبت و بارش بر رشد گیاهان و افزایش تراکم پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش زی‌توده هم‌راستا است (Qian *et al.*, 2024; Yao *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022). این امر به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد، تبخیر و تعرق کمتر و توان بالاتر گونه‌های غالب در بهره‌برداری از منابع آب در این مناطق است (Martins *et al.*, 2012). در مقابل در مناطق خشک‌تر، گیاهان برای مقابله با

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]
[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

تنش‌های محیطی، زی‌توده بیشتری را به ریشه‌ها اختصاص می‌دهند که موجب کاهش زی‌توده روزمینی می‌شود (Li *et al.*, 2021; Ursino, 2009). همچنین نتایج نشان دادند که بین دو منطقه تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های تنوع شانون–وینر، تنوع سیمپسون، غنای مارگالف و غنای منهنیک وجود داشت ($P< 0.05$). اما شاخص یکنواختی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳) به‌طوری‌که علی‌رغم زی‌توده کمتر، در منطقه نیمه‌خشک تنوع و غنای گونه‌ای بالاتری مشاهده شد، پدیده‌ای که به حضور گونه‌های مقاوم به خشکی، رقابت کمتر و تمایز آشیان‌های بوم‌شناختی در شرایط تنش نسبت داده می‌شود (Grytnes & McCain, 2007). در مناطق نیمه‌خشک، محدودیت منجر به همزیستی گونه‌های بیشتری می‌شود و تنوع را افزایش می‌دهد (Maestre *et al.*, 2012). در حالی که در اقلیم‌های مرطوب‌تر به‌دلیل گسترگی بیشتر آشیان‌های بوم‌شناختی، گونه‌های گیاهی وارد تقابلاتی از قبیل رقابت می‌شوند و ممکن است در این شرایط برخی از آن‌ها از ترکیب گیاهی منطقه حذف شوند (Omidipour *et al.*, 2021). فرضیات بوم‌شناختی از قبیل فرضیه آشفتگی متوسط[1] نیز بیان می‌کنند که در مناطق دارای وجود استرس، مقدار تنوع زیستی، نسبت به مناطق فاقد استرس و دارای شرایط محیطی مناسب‌تر، تنوع زیستی بیشتر خواهد بود (Erfanzadeh *et al.*, 2015). در نهایت، نبود تفاوت معنی‌دار در شاخص یکنواختی ممکن است به اثر متعادل‌کننده دما و بارندگی و همچنین حضور گونه‌های غالب با الگوی توزیع مشابه در دو منطقه باشد (da Silva *et al.*, 2014; Yao *et al.*, 2022).

جدول ۳- مقایسه میانگین زی‌توده و شاخص‌های تنوع بین دو منطقه حفاظت شده مانشت–قلارنگ و کبیرکوه با استفاده از آزمون t مستقل
Table 3. The comparison of mean biomass and diversity indices between the two protected areas, Manesht-Qalarang and Kabir-Kouh, using an independent t-test.

متغیر Variable	مناطق Region	میانگین ± اشتباه معیار Mean ± Std. Error	t-value	معنی‌داری Sig
زی‌توده روزمینی (کیلوگرم در هکتار) Aboveground biomass (Kg/ha)	کبیر کوه Kabir-Kouh	1948.248±158.337[b]	-3.19	0.002**
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	2973.18±277.57[a]		
تنوع شانون–وینر Shannon-Wiener diversity	کبیر کوه Kabir-Kouh	0.901±0.04[a]	2.78	0.007**
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	0.658±0.075[b]		
تنوع سیمپسون Simpson diversity	کبیر کوه Kabir-Kouh	0.462±0.025[a]	2.94	0.005**
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	0.327±0.038[b]		
غنای مارگالف Margalef richness	کبیر کوه Kabir-Kouh	1.028±0.042[a]	2.05	0.045*
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	0.852±0.074[b]		
غنای منهینیک Menhinhck richness	کبیر کوه Kabir-Kouh	0.746±0.03[a]	2.13	0.024*
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	0.617±0.047[b]		
یکنواختی پیلو Pielou's evenness	کبیر کوه Kabir-Kouh	0.54±0.022[a]	1.3	0.196ns
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	0.50±0.023[b]		

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری. حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۵ هستند.
**, * and ns: respectively, significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05 and non-significance. Different letters indicate significant differences at $P < 0.05$.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی

نتایج PCA نشان دادند که محور اول و دوم تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌ترتیب ۴۵/۷ و ۲۲/۱ درصد واریانس را تبیین کردند. نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای مورد بررسی نشان دادند که محور اول با زی‌توده روزمینی ($R = 0.84, P < 0.001$)، تاج پوشش ($R = 0.73, P < 0.001$) و ارتفاع از سطح دریا ($R = 0.48, P < 0.001$) همبستگی مثبت و با تنوع شانون ($R = -0.805, P < 0.001$)، یکنواختی ($R = -0.57, P < 0.001$) و غنای گونه‌ای ($R = -0.55, P < 0.001$) همبستگی منفی داشت. همچنین، محور دوم با شاخص‌های تنوع، غنا، یکنواختی و زی‌توده همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴). این یافته‌ها نشان می‌دهند که افزایش زی‌توده و پوشش گیاهی با کاهش تنوع و یکنواختی گونه‌ها همراه است، که ممکن است ناشی از رقابت شدیدتر گونه‌های غالب در اکوسیستم‌های نیمه‌مرطوب باشد (Qian *et al.*, 2024; Yao *et al.*, 2022). بر اساس این تحلیل دو منطقه اقلیمی مورد مطالعه در راستای محور اول و دوم PCA تفکیک شدند. تفکیک مناطق بیانگر آن است که منطقه مانشت–قلارنگ (نیمه‌مرطوب سرد) با زی‌توده و تاج‌پوشش بالاتر و ارتفاع بیشتر مشخص می‌شود، در حالی‌که منطقه کبیرکوه (نیمه‌خشک سرد) دارای تنوع، غنا و یکنواختی بالاتری است، اما زی‌توده و تاج پوشش کمتری دارد (شکل ۲). این الگو با نتایج تحقیقات قبلی مطابقت دارد که در اقلیم‌های خشک‌تر،

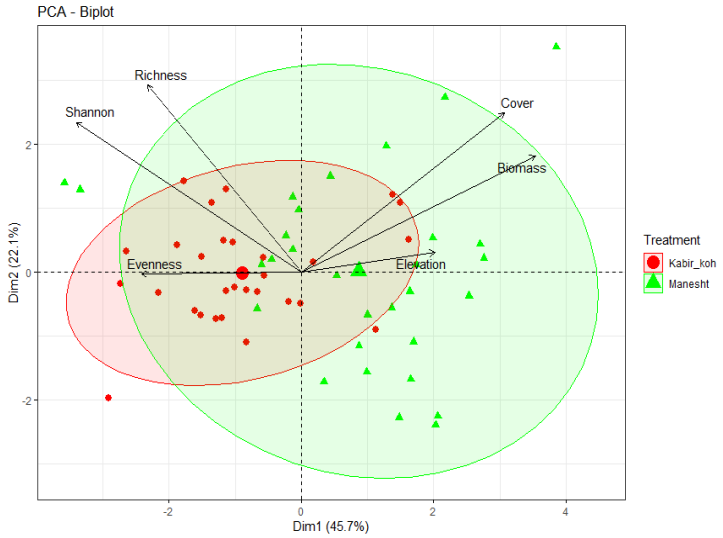
[1] In Intermediate disturbance hypothesis

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]
[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

محدودیت منابع باعث افزایش تنوع گونه‌ای و کاهش زی‌توده می‌شود (Jie *et al.*, 2010; Yao *et al.*, 2022). به‌علاوه، بر اساس نتایج آزمون PCA، تفکیک مشخصی بین دو منطقه بر اساس شاخص‌های تنوع گونه‌ای وجود ندارد. به‌طوری که منطقه مانشت و قلارنگ بیانگر زی‌توده و سطح تاج پوشش بیشتر بود و میانگین ارتفاع از سطح دریای بالاتری را نشان داد. در مقابل، منطقه کبیرکوه میزان زی‌توده و تاج پوشش گونه‌های چوبی کمتر و تنوع، غنا و یکنواختی بیشتری داشت (شکل ۲). نبود تفکیک‌پذیری قوی بر اساس شاخص‌های ترکیبی تنوع نشان می‌دهد که تفاوت‌های ساختاری گونه‌ها در دو منطقه بیشتر از تغییرات کلی در تنوع است (da Silva *et al.*, 2014).

جدول ۴- همبستگی پیرسون بین محورهای اول و دوم PCA و ویژگی‌های مورد بررسی
Table 4. Pearson's correlation between the first and second PCA axes and the studied traits

محور دوم Axis 2 of PCA			محور اول Axis 1 of PCA		
P-value	همبستگی Correlation	شاخص Index	*P*-value	همبستگی Correlation	شاخص Index
0.000	0.69	غنا Richness	0.000	0.837	زی‌توده روزمینی Aboveground Biomass
0.000	0.59	تاج پوشش Crown canopy	0.000	-0.805	تنوع شانون–وینر Shannon-Wiener diversity
0.000	0.55	تنوع شانون–وینر Shannon-Wiener diversity	0.000	0.726	تاج پوشش Crown canopy
0.000	0.43	زی‌توده روزمینی Aboveground Biomass	0.000	-0/572	یکنواختی پیلو Pielou evennes
			0.000	-0.55	غنا Richness
			0.000	0.48	ارتفاع Elevation

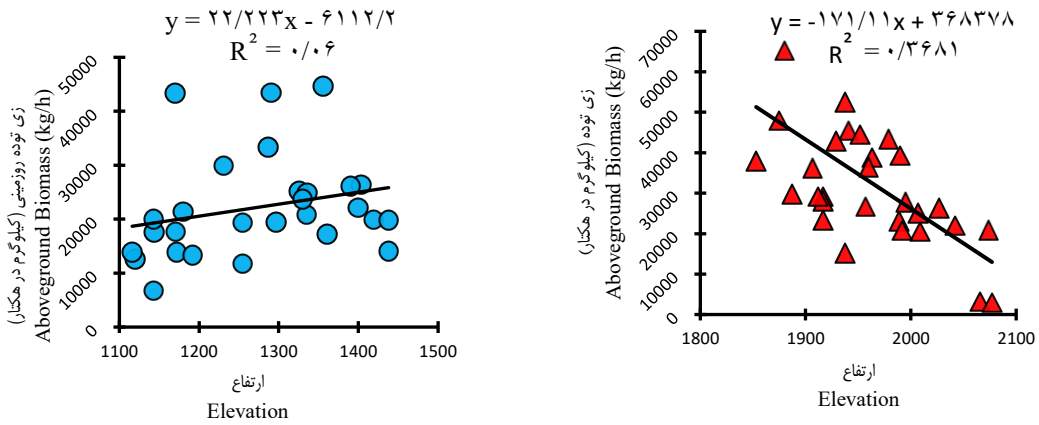


شکل ۲- پراکنش قطعات نمونه در طول محورهای اول و دوم PCA
Figure 2. Distribution of sample plots along the first and second PCA axes

رابطه بین زی‌توده و ارتفاع از سطح دریا

نتایج نشان داد که الگوی تغییرات زی‌توده تابع نوع اقلیم بود. بر اساس نتایج، در منطقه مانشت–قلارنگ یک ارتباط منفی و معنی‌دار (R^2 = -0.368, $P < 0.001$) بین ارتفاع از سطح دریا و زی‌توده وجود داشت درحالی‌که در منطقه کبیرکوه، ارتباط معنی‌داری بین زی‌توده و ارتفاع وجود نداشت (شکل ۳). این نتایج با یافته‌های پردل و همکاران و مطلق و همکاران (Pordel *et al.*, 2024; Motlagh *et al.*, 2018) که گزارش کرده‌اند در جنگل‌های نواحی مرطوب و کوهستانی، افزایش ارتفاع معمولاً منجربه کاهش زی‌توده می‌شود، هم‌خوانی دارد. به‌طور کلی، کاهش زی‌توده در مناطق نیمه‌مرطوب سرد، به‌دلیل کاهش فراوانی گونه‌های غالب مانند بلوط و تأثیر ارتفاع بر دما، بارندگی و ساختار پوشش گیاهی است (Karami *et al.*, 2022; Su *et al.*, 2023). اگرچه ارتفاع به‌طور مستقیم عامل اصلی این تغییرات نیست، اما از طریق تغییر شرایط اقلیمی و ترکیب گونه‌ای، به‌ویژه در جنگل‌های با تاج متراکم، می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر زی‌توده داشته باشد (Su *et al.*, 2023). در مقابل، در بوم‌سازگان نیمه‌خشک، رابطه معنی‌داری میان ارتفاع و زی‌توده دیده نشد، زیرا در این مناطق متغیرهای اقلیمی نظیر بارندگی و دما نقش غالب‌تری دارند و عوامل توپوگرافی مانند ارتفاع تأثیر مستقیم ندارند (Kaveh *et al.*, 2022). در این شرایط، تنش آبی محدودکننده اصلی رشد است و ارتفاع فقط از طریق اثر غیر مستقیم بر الگوهای بارش و دما ممکن است تأثیرگذار باشد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]
[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]



شکل ۳- ارتباط بین زی‌توده روزمینی و ارتفاع از سطح دریا در مناطق مانشت-قلارنگ (راست) و کبیرکوه (چپ)
Figure 3: The relationship between aboveground biomass and elevation in the Manesht-Qalarang (right) and Kabir-Kouh (left) regions

رابطه بین زی‌توده و شاخص‌های تنوع گونه‌های چوبی

در بررسی نتایج رگرسیون بین زی‌توده و شاخص‌های تنوع در دو منطقه‌ی مانشت—قلارنگ و کبیرکوه، تفاوت‌هایی در میزان قدرت تبیین و معنی‌داری روابط مشاهده شدند که در منطقه مانشت-قلارنگ غنای منهینیک (R^2 = 0.32) مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر زی‌توده بود. در حالی‌که در منطقه‌ی کبیرکوه، بیشترین مقدار ضریب تعیین (R^2) مربوط به شاخص یکنواختی پیلو (R^2 = 0.427) بود که نشان‌دهنده‌ی ارتباط معنی‌دار بین توزیع یکنواخت گونه‌ها و زی‌توده بود. به‌طور کلی، در منطقه‌ی کبیرکوه شاخص‌های تنوع و یکنواختی رابطه معنی‌داری با زی‌توده داشتند، اما در منطقه‌ی مانشت-قلارنگ، شاخص‌های غنا نقش پررنگ‌تری را ایفا کردند. همچنین، در منطقه مانشت—قلارنگ برخی شاخص‌ها مانند شانون-وینر (R^2 = -0.0505, P = 0.25) و یکنواختی پیلو (R^2 = -0.0135, P = 0.59) فاقد معنی‌داری آماری بودند، در حالی‌که همین شاخص‌ها در کبیرکوه روابط معنی‌داری با زی‌توده نشان دادند (جدول ۵). تاریخچه تکاملی متفاوت گونه‌های محلی، ساختار متفاوت پوشش گیاهی، اقلیم، توپوگرافی و درجه‌ی تخریب در دو منطقه دلایل احتمالی برای این تفاوت‌ها هستند (Partel *et al*., 2007). در شرایط تنش‌زا مانند اقلیم‌های نیمه‌خشک، کاهش منابع و سختی شرایط باعث ورود گونه‌های کم‌بازده می‌شوند که عملکرد اکوسیستم را کاهش می‌دهد (Zhang *et al*., 2025؛ Grime, 1973؛ Tilman, 1997). بنا بر این، رابطه منفی و معنی‌دار بین تنوع و زی‌توده در کبیرکوه قابل انتظار است. در اقلیم‌های نیمه‌مرطوب مانند مانشت—قلارنگ، تنها غنای گونه‌ای با زی‌توده رابطه منفی و معنی‌دار داشت و شاخص‌های ترکیبی تنوع (شانون-وینر و یکنواختی) بی‌تأثیر بودند، که نشان‌دهنده تأثیرپذیری کارکرد اکوسیستم (زی‌توده) از برخی گونه‌های خاص است. به‌عبارتی، حجم عمده منطقه تابعی از حضور و فراوانی گونه بلوط است و با افزایش غنا و حضور گونه‌های جدید افزایش چشم‌گیری در زی‌توده مشاهده می‌شود (Hooper *et al*., 2005; Loreau & Hector, 2001; wang *et al*., 2023).

جدول ۵- رگرسیون بین زی‌توده و شاخص‌های تنوع‌زیستی در دو منطقه حفاظت‌شده مانشت- قلارنگ و کبیرکوه
Table 5. Regression analysis between biomass and biodiversity indices in the two protected areas, Manesht-Qalarang and Kabir-Kouh

متغیر Variable	مناطق Region	معادله رگرسیون Regression Equation	R^2	F	*P*-value
تنوع شانون-وینر Shannon-Wiener diversity	کبیر کوه (Kabir-Kouh)	Y = -1228.1x + 3190.5	0.28	15.48	0.000***
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = -9255x + 39131	0.05	1.35	0.25ns
تنوع سیمپسون Simpson diversity	کبیر کوه (Kabir-Kouh)	Y = - 38853x + 39622	0.31	15.52	0.000***
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = -15250x + 38032	0.03	0.9	0.35ns
غنای مارگالف Margalef richness	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y = - 13846x + 35990	0.1	7.92	0.009**
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = -16369x + 46993	0.15	5.01	0.03*
غنای منهینیک Menhinhck richness	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y = -36698x + 49035	0.37	27.48	1.59***
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = -37220x + 56025	0.32	12.84	0.001**
یکنواختی پیلو Pielou's evenness	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y = - 43712x + 47244	0.42	20.42	0.000***
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = -8988.1x + 37018	0.01	0.29	0.59ns

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.
**,* and ns: respectively, significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05 and non-significance.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]
[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

رابطه بین شاخص‌های تنوع و ارتفاع از سطح دریا

در بررسی نتایج رگرسیون بین ارتفاع از سطح دریا و شاخص‌های تنوع مشخص شد که در منطقه مانشت–قلارنگ شاخص‌های تنوع شانون–وینر ($R^2 = 0.266$, $P = 0.011$) و سیمپسون ($R^2 = 0.215$, $P = 0.028$) و شاخص‌های غنای مارگالف ($R^2 = 0.475$, $P < 0.001$) و منهینیک ($R^2 = 0.558$, $P < 0.001$) دارای رابطه معنی‌دار و مثبت بودند، اما شاخص یکنواختی رابطه آماری معنی‌دار با ارتفاع نشان نداد ($R^2 = 0.368$, $P = 0.09$). این نتیجه با نتایج مطالعه (Mirzaei & Karami, 2015) که بیان می‌کنند با افزایش ارتفاع تنوع کاهش می‌یابد، مغایرت دارد. در منطقه کبیرکوه، هیچ‌کدام از شاخص‌های تنوع زیستی با ارتفاع دارای رابطه‌ای معنی‌دار نبودند (جدول ۶). با افزایش ارتفاع از سطح دریا در منطقه نیمه‌مرطوب سرد، شاخص‌های تنوع زیستی افزایش یافتند که به‌دلیل بهبود شرایط دما و رطوبت و کاهش محدودیت بلوط در ارتفاعات بالاتر است (McCain & Grytnes, 2010). در منطقه نیمه‌خشک، ارتفاع تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های تنوع نداشت، چون عوامل اقلیمی مانند بارندگی نقش مهم‌تری دارند و نبود رطوبت کافی مانع افزایش تنوع با ارتفاع از سطح دریا می‌شود (Körner, 2007; Lomolino, 2001).

جدول ۶- رگرسیون بین شاخص‌های تنوع زیستی و ارتفاع از سطح دریا در دو منطقه حفاظت شده مانشت–قلارنگ و کبیرکوه
Table 6. Regression analysis between biodiversity indices and elevation in the two protected areas, Manesht-Qalarang and Kabir-Kouh

متغیر Variable	مناطق Region	معادله رگرسیون Regression Equation	R^2	F	*P*-value
تنوع شانون–وینر Shannon-Wiener diversity	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y =0.0003x + 0.5593	0.014	0.39	0.53^{ns}
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = 0.0035x – 6.2688	0.26	7.39	0.011*
تنوع سیمپسون Simpson diversity	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y = 0.0002x + 0.2498	0.015	0.43	0.51^{ns}
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = 0.0016x – 2.8258	0.215	5.33	0.028*
غنای مارگالف Margalef richness	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y = 0.0001x + 0.8894	0.003	0.09	0.76^{ns}
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = 0.0047x + 8.3636	0.475	21.02	0.000***
غنای منهینیک Menhinhck richness	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y = - 0.0002x + 1.0018	0.016	0.46	0.5^{ns}
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = - 0.0032x – 5.6587	0.55	31.68	0.000***
یکنواختی پیلو Pielou's evenness	کبیر کوه Kabir-Kouh	Y = - 2E - 05x + 0.6085	0.000	0.23	0.63^{ns}
	مانشت – قلارنگ Manesht-Qalarang	Y = 0.0014x - 2.391	0.157	2.95	0.09^{ns}

**، * و ns: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری
**, * and ns: respectively, significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05 and non-significance

نتیجه‌گیری کلی

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان اکوسیستم‌های مهم ایران، نقش کلیدی در خدمات اکوسیستمی و حفظ تنوع زیستی دارند. این مطالعه رابطه بین زی‌توده روزمینی و شاخص‌های تنوع زیستی را در دو منطقه با اقلیم نیمه‌مرطوب سرد (مانشت و قلارنگ) و نیمه‌خشک سرد (کبیرکوه) بررسی کرد. نتایج نشان دادند که منطقه نیمه‌مرطوب دارای زی‌توده بالاتر اما تنوع گونه‌ای پایین‌تر بود که به شرایط محیطی مساعد و رقابت بیشتر گونه‌ها نسبت داده می‌شود. در مقابل، منطقه نیمه‌خشک با تنوع و غنای گونه‌ای بالاتر، زی‌توده کمتری داشت که احتمالاً ناشی از سازگاری گونه‌ها به خشکی و رقابت کمتر است. همچنین، در منطقه نیمه‌مرطوب افزایش ارتفاع با کاهش زی‌توده همراه بود، در حالی‌که در منطقه نیمه‌خشک ارتفاع تأثیر معنی‌داری نداشت و عوامل محدود کننده اصلی رشد، مانند میزان بارش و تنش آبی، نقش غالب را ایفا می‌کنند. رابطه منفی شاخص‌های تنوع با زی‌توده در منطقه نیمه‌خشک نشان دهنده تضاد تنوع و بهره‌وری در شرایط تنش است، در حالی‌که در نیمه‌مرطوب فقط غنای گونه‌ای با زی‌توده رابطه منفی داشت که به رقابت گونه‌ها مربوط می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شرایط محیطی بهتر (برای مثال منطقه مانشت–قلارنگ) الزاماً باعث افزایش تنوع زیستی نخواهند شد و این قبیل مناطق نیازمند استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب‌تر از قبیل کاشت گونه‌های بومی جهت افزایش تنوع زیستی هستند. همچنین، نتایج نشان می‌دهند که با افزایش ارتفاع تنوع افزایش خواهد یافت. به همین دلیل، مناطق دارای ارتفاع کمتر دارای اولویت حفاظت و اصلاح و احیاء بیشتری هستند.

References

Akbari, H., & Kalbi, S. (2019). Modeling the diversity of tree species in circular forest forests using GeoEye images (Case study: Sari Gardeshi Series). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 26(2), 51-62. [In Persian]

Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., & Hogg, E. T. (2010). A global overview of drought and heat-induced

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]

[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660–684.

Anderegg, W. R., Trugman, A. T., Badgley, G., Anderson, C. M., Bartuska, A., Ciais, P., Cullenward, D., Field, C. B., Freeman, J., & Goetz, S. J. (2020). Climate-driven risks to the climate mitigation potential of forests. *Science*, 368(6497), eaaz7005.

Bazyar, M., Haidari, M., Shabanian, N., & Haidari, R. H. (2013). Impact of physiographical factors on the plant species diversity in the Northern Zagros Forest (Case study, Kurdistan Province, Marivan region). *Annals of Biological Research*, 4(1), 317-324.

Bijani-Nejad, A., Fallah, A., Jalilvand, H., & Asadi, H. (2024). Evaluation of Understory Plant Species Biodiversity in Buaxus hyrcana Habitats within Hyrcanian Forests. *Ecology of Iranian Forest*, 12(2), 41-58. [In Persian]

Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., González-Olabarria, J. R., Lyver, P. O. B., Meurisse, N., Oxbrough, A., & Taki, H. (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 26(13), 3005–3035.

Chapin III, F. S., Matson, P. A., & Mooney, H. A. (2002). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer.

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., & Goodman, R. C. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177–3190.

Chen, X., Luo, M., & Larjavaara, M. (2023). Effects of climate and plant functional types on forest above-ground biomass accumulation. *Carbon Balance and Management*, 18(1), 5.

da Silva, F. K. G., de Faria Lopes, S., Lopez, L. C. S., de Melo, J. I. M., & Trovão, D. M. (2014). Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 110, 47–52.

Darvishnia, H., Dehghani Kazemi, M., Forghani, A. H., & Kavyani Fard, A. A. (2012). Study and introducing of flora of the protected area of Manesht and Qalarang in Ilam province. *Taxonomic and Biosystematic*, 4(11), 14. https://doi.org/20.1001.1.20088906.1391.4.11.6.747-60 [In Persian]

Erfanzadeh, R., Omidipour, R., & Faramarzi, M. (2015). Variation of plant diversity components in different scales in relation to grazing and climatic conditions. *Plant Ecology & Diversity*, 8(4), 537–545.

Ghanbari, S., & Esmaili, A. (2023). The Effect of Slope and Height above Sea Level on Tree Species Diversity in Arsbaran Forests. *Ecology of Iranian Forest*, 11(21), 111–119. https://doi.org/10.61186/ifej.11.21.111 [In Persian]

Grime, J. P. (1973). Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature*, 242(5396), 344–347.

Grytnes, J. A., & McCain, C. M. (2007). Elevational trends in biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity*, 2, 1–8.

Heydari, M., Cheraghi, J., Omidipour, R., Rostaminia, M., Kooch, Y., Valkó, O., & Carcaillet, C. (2023). Tree dieback, woody plant diversity, and ecosystem driven by topography in semi-arid mountain forests: Implication for ecosystem management. *Journal of Environmental Management*, 339, 117892.

Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., & Naeem, S. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3–35.

Hosseini, A. (2024). Environmental Challenges Facing Zagros Forest. *Strategic Research Journal in Agricultural Sciences and Natural Resources*, 9(1), 35–50.

Iranmanesh, Y., Saghibtalebi, K., Sohrabi, H., Jalali, S. G., & Hosseini, S. M. (2014). Biomass and carbon Stocks of Brant's oak (Quercus brantii Lindl.) in two vegetation forms in Lordegan, Chaharmahal & Bakhtiari Forests. *Iranin Jornal of Forest and Poplar Research*, 22(4), 14. [In Persian]

Jie, C., Tian-Ming, H., Ji-Min, C., & Gao-Lin, W. (2010). Distribution of biomass and diversity of Stipa bungeana community to climatic factors in the Loess Plateau of northwestern China. *African Journal of Biotechnology*, 9(40), 6733-6739.

Karami, M., Heydari, M., Sheykholeslami, A., Eshagh Nimvari, M., Omidipour, R., Yuan, Z., & Prevosto, B. (2022). Dieback intensity but not functional and taxonomic diversity indices predict forest productivity in different management conditions: Evidence from a semi-arid oak forest ecosystem. *Journal of Arid Land*, 14(2), 225–244.

Kaveh, N., Ebrahimi, A., & Asadi, E. (2022). Environmental drivers of above-ground biomass in semi-arid rangelands. *The Rangeland Journal*, 44(3), 165–175.

Körner, C. (2007) The use of ‘altitude’in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(11), 569–574.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]

[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

Li, X., Zuo, X., Yue, P., Zhao, X., Hu, Y., Guo, X., Guo, A., Xu, C., & Yu, Q. (2021). Drought of early time in growing season decreases community aboveground biomass, but increases belowground biomass in a desert steppe. *BMC Ecology and Evolution*, 21(1), 106.

Lomolino, M. V. (2001). Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, 10(1), 3–13.

Loreau, M., & Hector, A. (2001). Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature*, 412(6842), 72–76.

Maestre, F. T., Quero, J. L., Gotelli, N. J., Escudero, A., Ochoa, V., Delgado-Baquerizo, M., García-Gómez, M., Bowker, M. A., Soliveres, S., & Escolar, C. (2012). Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science*, 335(6065), 214–218.

Mäkelä, A., Minunno, F., Kujala, H., Kosenius, A.-K., Heikkinen, R. K., Junttila, V., Peltoniemi, M., & Forsius, M. (2023). Effect of forest management choices on carbon sequestration and biodiversity at national scale. *Ambio*, 52(11), 1737–1756.

Mannan, A., Zhongke, F., Khan, T. U., Khan, M. A., & Badshah, M. T. (2019). Variation in tree biomass and carbon stocks with respect to altitudinal gradient in the Himalayan forests of Northern Pakistan. *Journal of Pure and Applied Agriculture*, 4.

Margalef, R. (1973). *Information theory in ecology*. Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. 1-36.

Martins, F. d. S. R. V., Xaud, H. A. M., dos Santos, J. R., & Galvão, L. S. (2012). Effects of fire on above-ground forest biomass in the northern Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 28(6), 591–601.

McCain, C. M., & Grytnes, J. A. (2010). Elevational gradients in species richness. *Encyclopedia of Life Sciences*, 15, 1–10.

Menhinick, E. F. (1964). A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45(4), 859–861.

Miri, A. (2023). *Lichens Flostic Study of Darehshahr* [Masters thesis, Faculty of Basic Sciences Ilam University. [In Persian]

Mirhashemi, H., Pourbabaei, H., & Mezbani, H. (2020). The effect of altitude on diversity and Species Importance Value (SIV) of herbaceous species in forests of Kabirkouh, Ilam. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 33(4), 1025-1036. [In Persian]

Mirzaei, J. (2019). Detailed Managemet plan of the manesht Ang Qalarang Protected Area 2, [In Persian]

Mirzaei, J., & Karami, A. (2015). Plant diversity and richness in relation to environmental gradient in Zagros ecosystems, west of Iran. *Journal of Rangeland Science*, 5(4), 294-302.

Motlagh, M. G., Kafaky, S. B., Mataji, A., & Akhavan, R. (2018). Estimating and mapping forest biomass using regression models and Spot-6 images (Case study: Hyrcanian forests of north of Iran). *Environmental Monitoring and Assessment,* 190(6), 352.

Omidipour, R., Tahmasebi, P., Faizabadi, M. F., Faramarzi, M., & Ebrahimi, A. (2021). Does β diversity predict ecosystem productivity better than species diversity? *Ecological Indicators*, 122, 107212.

Pärtel, M., Laanisto, L., & Zobel, M. (2007). Contrasting plant productivity–diversity relationships across latitude: the role of evolutionary history. *Ecology*, 88(5), 1091-1097.

Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144.

Pordel, N., Hosseinzadeh, J., Heydari, M., & Omidipour, R. (2025). The biodiversity-ecosystem function puzzle: Untangling the roles of topography, canopy cover, and structural diversity in Zagros woodlands. *Science of The Total Environment*, 1001, 180497.

Qian, J., Ye, M., Zhang, X., Li, M., Chen, W., Zeng, G., Che, J., & Lv, Y. (2024). Characteristics of grassland species diversity and soil physicochemical properties with elevation gradient in Burzin forest area. *Agriculture*, 14(7), 1176.

Rezaei Angdehi. S. M., Fallah, A., Oladi, J., Latifi, H. (2020). Determination the Effect of Altitude Gradient on Quantitative Characteristics of Forest Stands (Case Study: District-3 of Sangdeh Forests). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 27(1), 1-16. [In Persian]

Sabatini, F. M., de Andrade, R. B., Paillet, Y., Odor, P., Bouget, C., Campagnaro, T., Gosselin, F., Janssen, P., Mattioli, W., & Nascimbene, J. (2019). Trade-offs between carbon stocks and biodiversity in European temperate forests. *Global Change Biology*, 25(2), 536–548.

Sagheb Talebi, K., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). A mathematical model of communication. *Urbana, IL: University of Illinois Press*, 11, 11–20.

Simpson, E. H. (1949). Mesurment of Diversity. *Nature*, 163(4148), 688.

Sohrabi, H., & Shirvani, A. (2012). Allometric equations for estimating standing biomass of Atlantic Pistache (*Pistacia atlantica* var. mutica) in Khojir National Park. *Iranin Jornal of Forest*, 4(1), 10 [In Persian]

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]

[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]

Su, L., Heydari, M., Omidipour, R., Soheili, F., Cheraghi, J., Villa, P. M., & Prévosto, B. (2023). Stand structural diversity and elevation rather than functional diversity drive aboveground biomass in historically disturbed semiarid oak forests. *Forest Ecology and Management*, 543, 121139.

Tilman, D. (1997). Community invasibility, recruitment, limitation and grassalnd biodiversity. *Ecology*, 78(1), 8192.

Ursino, N. (2009). Above and below ground biomass patterns in arid lands. *Ecological Modelling*, 220(11), 1411–1418.

Valipour, A., Namiranian, M., Ghazanfari, H., Heshmatol Vaezin, S. M., Lexer, M. J., & Plienger, T. (2013). Relationships between forest structure and tree's dimensions with physiographical factors in Armardeh forests (Northern Zagros). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, *21*(1), 30-47. [In Persian]

Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., Fromentin, J. M., Hoegh-Guldberg, O., & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879), 389–395.

Wang, Y., Song, Z., Zhang, X., & Wang, H. (2023). Effects of Tree Diversity, Functional Composition, and large trees on the Aboveground Biomass of an old-growth Subtropical Forest in Southern China. *Forests*, 14(5), 994.

Yao, Z., Xin, Y., Yang, L., Zhao, L., & Ali, A. (2022). Precipitation and temperature regulate species diversity, plant coverage and aboveground biomass through opposing mechanisms in large-scale grasslands. *Frontiers in Plant Science*, 13, 999636.

Zhang, Y., Wang, L., Jiang, J., Zhang, J., Zhang, Z., & Zhang, M. (2022). Application of soil quality index to determine the effects of different vegetation types on soil quality in the Yellow River Delta wetland. *Ecological Indicators*, 141, 109116.

Zhang, L., Lei, S., Qian, R., Ochoa-Hueso, R., Wang, X., Wang, J., ... & Zhang, C. (2025). Plant and microbial β diversities are better predictors of ecosystem functioning than their α diversities, but aridity weakens these associations. *Plant and Soil*, 512(1), 441-460.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-08-13]

[DOI: 10.61882/ifej.2026.588]