

Research Article

Assessment of plant species diversity understory of forest in high, coppice, and coppice-with-standards stands in the Zagros forests (case study of Qalajeh forest, Kermanshah province, Iran)

Niknam Soleymani ¹, Kambiz Abrari Vajari ^{2*} and Morteza Pourreza ³

1- Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Forestry Department, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2- Corresponding author, Prof., Forestry Department, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Email: kambiz.abrari2003@yahoo.com

3- Assistant Prof., Forestry Department, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 17.03.2025

Revised: 06.08.2025

Accepted: 17.08.2025

Abstract

Background and objectives: The oak forests of western Iran, with their unique species diversity and numerous plant communities, are considered among the most important natural ecosystems. The diversity and richness of plant species play a vital role in the health and sustainability of these forests. The present study aimed to investigate and understand the differences, similarities, and relationships among understory plant species diversity in different Iranian oak forest stands, as well as its relationship with their structural characteristics in the protected forests of Qalajeh Mountain in Kermanshah Province.

Methodology: In this research, three forest stand types, including high forest, coppice, and coppice-with-standards stands, were identified, and three 1-hectare sample plots were randomly established in each stand type. Structural characteristics, including species name, growth form, number of sprouts, diameter at breast height, tree height, dominant height of coppice trees, and two perpendicular crown diameters, were recorded. In addition, to investigate the forest floor vegetation cover and its relationship with forest stand characteristics, 40 sample plots of 1 m² were randomly selected within each 1-hectare plot. In each sample plot, plant species were identified, and their richness and percentage cover were measured. Ecological Methodology software was used to estimate diversity indices. The Shannon–Wiener and Simpson diversity indices, Margalef and Menhinick richness indices, and Hill and Pielou evenness indices were calculated.

Results: The results showed that 145 vascular plant species belonging to 104 genera and 35 families were identified in the study area. The largest plant families were Fabaceae with 12 genera and 24 species, Asteraceae with 16 genera and 19 species, Poaceae with 12 genera and 18 species, Lamiaceae with 8 genera and 12 species, and Apiaceae with 9 genera and 9 species. In the coppice stand, 33 families, 88 genera, and 124 species were identified; in the coppice-with-standards stand, 31 families, 83 genera, and 103 species; and in the high forest stand, 108 species belonging to 33 families and 81 genera were recorded. The highest values of the Shannon–Wiener and Simpson diversity indices were observed in the coppice stand, while the highest values of Hill and Pielou evenness indices were recorded in the high forest stand. Margalef and Menhinick richness indices were also highest in the coppice stand. The results of the analysis of variance



indicated that only the Shannon–Wiener diversity index differed significantly among the stands (P -value < 0.05), whereas the other indices showed no significant differences. The Shannon–Wiener diversity index and Hill’s evenness index were significantly related to crown surface area, whereas other structural characteristics of the stands did not show similar relationships with the studied indices.

Conclusion: The results of this study indicate that the diversity of understory vegetation in the studied forest stands is related to some of their structural characteristics. Moreover, the Shannon–Wiener diversity index differed significantly among the three oak forest stand types, with the coppice stand showing the highest diversity and the high forest stand showing the lowest diversity. In contrast, the Simpson diversity index, evenness indices, and species richness indices did not differ significantly among the forest stands.

Keywords: Diversity indices, forest structural characteristics, forest understory, Iraian oak.

ارزیابی تنوع گونه‌های گیاهی زیراشکوب توده‌های جنگلی دانه‌زاد، شاخه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد در جنگل‌های زاگرس (پژوهش موردی: جنگل قلاجه در استان کرمانشاه)

نیکنام سلیمانی^۱، کامبیز ابراری واجاری^{۲*} و مرتضی پوررضا^۳

۱- دانشجوی دکتری رشته جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. پست الکترونیک: kambiz.abrari2003@yahoo.com

۳- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: جنگل‌های بلوط غرب ایران با تنوع گونه‌ای منحصربه‌فرد خود و دارا بودن جوامع گیاهی متعدد، جزو مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های طبیعی ایران محسوب می‌شوند. تنوع و غنای گونه‌های گیاهی، نقش بسیار مهمی در سلامت و پایداری آن ایفا می‌کند. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی و درک تفاوت‌ها، شباهت‌ها و تنوع گونه‌های گیاهی زیراشکوب و نیز ارتباط آن با ویژگی‌های ساختاری توده در جنگل‌های حفاظت‌شده کوهستان قلاجه در استان کرمانشاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، ضمن شناسایی سه توده جنگلی دانه‌زاد، شاخه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد، سه قطعه‌نمونه یک هکتاری به‌صورت تصادفی در هرکدام برداشت شد. در این قطعه‌نمونه‌ها، ویژگی‌های ساختاری همه درختان و جست‌گروه‌ها شامل نام گونه، فرم رویشی، تعداد جست‌ها، قطر برابرسینه، ارتفاع درختان، ارتفاع غالب جست‌گروه‌ها و دو قطر عمودبرهم تاج برداشت شد. همچنین، به‌منظور بررسی پوشش گیاهی زیراشکوب جنگل و ارتباط آن با ویژگی‌های توده جنگلی، در هر قطعه‌نمونه یک هکتاری، ۴۰ قطعه‌نمونه یک متر مربعی به‌صورت تصادفی برداشت شد. در هرکدام، پس از شناسایی گونه‌های گیاهی، غنا و درصد پوشش آن‌ها اندازه‌گیری شدند. مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون‌وینر و سیمپسون، شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف و من‌هنیک و شاخص‌های یکنواختی هیل و پیت با استفاده از نرم‌افزار Ecological Methodology محاسبه شدند.

نتایج: در منطقه مورد مطالعه، ۱۴۵ گونه از گیاهان آوندی متعلق به ۱۰۴ جنس و ۳۵ تیره شناسایی شد. بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهان آوندی شامل Fabaceae با ۱۲ جنس و ۲۴ گونه، Asteraceae با ۱۶ جنس و ۱۹ گونه، Poaceae با ۱۲ جنس و ۱۸ گونه، Lamiaceae با هشت جنس و ۱۲ گونه و Apiaceae با ۸ جنس و ۸ گونه بودند. در توده شاخه‌زاد، ۳۳ تیره، ۸۸ جنس و ۱۲۴ گونه، در توده شاخه و دانه‌زاد ۳۱ تیره، ۸۳ جنس و ۱۰۳ گونه و در توده دانه‌زاد نیز ۱۰۸ گونه متعلق به ۳۳ تیره و ۸۱ جنس شناسایی شدند. در توده شاخه‌زاد، بیشترین شاخص‌های شانون‌وینر، سیمپسون، مارگالف و من‌هنیک به‌دست آمد، اما بیشینه شاخص‌های یکنواختی هیل و پیت به توده دانه‌زاد اختصاص یافت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص‌های مورد بررسی، بیانگر معنی‌داری اختلاف شاخص تنوع شانون‌وینر بین توده‌های جنگلی بود ($p < 0.05$)، درحالی‌که شاخص دیگر، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون‌وینر و یکنواختی هیل در همه توده‌های جنگلی با مساحت تاج، ارتباط معنی‌داری داشتند، اما ویژگی‌های ساختاری دیگر با شاخص‌های مورد بررسی، ارتباط و وابستگی‌های یکسانی نشان ندادند.

نتیجه‌گیری کلی: مقادیر تنوع گونه‌ای پوشش گیاهی زیراشکوب در توده‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه با برخی از ویژگی‌های ساختاری در آن‌ها ارتباط بود. همچنین، شاخص تنوع گونه‌ای شانون‌وینر در سه توده جنگلی بلوط باهم اختلاف معنی‌داری داشتند.

به طوری که توده شاخه‌زاد از بیشترین تنوع و توده دانه‌زاد از کمترین تنوع برخوردار بود، در حالی که اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص تنوع سیمپسون و نیز شاخص‌های یکنواختی و غنای گونه‌ای بین توده‌های جنگلی مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: بلوط ایرانی، شاخص‌های تنوع، زیراشکوب جنگل، ویژگی‌های ساختاری جنگل.

مقدمه

جنگل‌های بلوط غرب با تنوع گونه‌ای منحصر به فرد و دارا بودن جوامع گیاهی متعدد، جزو مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های طبیعی ایران محسوب می‌شوند (Marvie Mohadjer, 2005). این جنگل، نقش مهمی در تأمین آب، حفظ خاک و آب، تعدیل هوا و تعادل اقتصادی-اجتماعی در کشور ایفا می‌کنند (Sagheb-Talebi et al., 2004). تمرکز بهره‌برداری‌ها و دخالت انسان به‌ویژه از طریق کشاورزی، چرای خارج از فصل و بیش‌ازحد ظرفیت علوفه تولیدی دام‌های عشایر و روستائیان و آتش‌سوزی در این جنگل‌ها سبب پیدایش شرایط جدید محیطی و به‌دنبال آن، قابلیت پذیرش جوامع گیاهی و استقرار گونه‌های مهاجم خاصی در این جنگل‌ها شده است. بدین ترتیب، ترکیب فلورستیکی و تنوع گونه‌ای جوامع گیاهی موجود در این جنگل‌ها بر اثر آشفستگی‌ها، دچار تغییرات زیادی شده است (Fattahi, 1994). ادامه روند تخریب جنگل‌های زاگرس، خسارت‌های جبران‌ناپذیری را برای این بوم‌سازگان بی‌نظیر و منابع طبیعی کشور به‌همراه خواهد داشت، بنابراین برنامه‌ریزی به‌منظور حفظ و احیای جنگل‌های زاگرس، بسیار مهم و ضروری است. این موضوع، مستلزم انجام پژوهش‌های دقیق جنگل‌شناسی و بوم‌شناختی در آن‌ها است.

هرگونه پژوهش و برنامه‌ریزی به‌منظور مدیریت جنگل بدون مطالعه پوشش گیاهی زیراشکوب که نقش بسیار مهمی در سلامت و پایداری بوم‌سازگان دارد، با مشکل مواجه می‌شود (Esmailzadeh et al., 2025). با توجه به اینکه اغلب جنگل‌های زاگرس به‌ویژه در بخش‌های مرکزی و جنوبی از توده‌های جنگلی خالص بلوط با فرم‌های رویشی شاخه‌زاد، دانه‌زاد و یا ترکیبی از آن‌ها تشکیل شده‌اند، بنابراین شناخت

شباهت‌ها و تفاوت‌های زیراشکوب جنگل در واحدهای مدیریتی جنگل (توده‌ها) و بررسی ارتباط آن با ویژگی‌های ساختاری توده، بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. اعتقاد بر این است که مدیریت مناسب، رابطه مستقیمی با توسعه پایدار بوم‌شناختی دارد. برای مدیریت تنوع زیستی در جنگل‌ها باید مسائل زیر رعایت شود:

(۱) به‌کارگیری روش‌های مدیریتی در سطح توده برای حفظ ساختار پوشش گیاهی و ترکیب جنگل به‌منظور حفاظت از زیستگاه‌ها برای زندگی حیات وحش؛ (۲) کاربرد راهبردهای مدیریتی در سطح سیمای منظر (Landscape) برای اطمینان از حفظ ناهمگنی آن و افزایش مناطق حفاظت‌شده و (۳) مدیریت در سطح سیمای منظر و منطقه شامل شناسایی ذخیره‌گاه‌ها (Lindenmayer et al., 2002). یکی از موضوع‌های مهم در بوم‌شناسی گیاهی، تعیین سازوکارهایی است که در حضور هم‌زمان گونه‌ها نقش دارند و نیز چگونگی تأثیر این سازوکارها بر عملکردهای بوم‌سازگان مهم است (Sutherland et al., 2013). شباهت خواص‌های بوم‌شناسی گونه‌ها می‌تواند الگوی وقوع هم‌زمان، روابط تعاملی و نحوه تأثیر گونه‌ها بر عملکردهای بوم‌سازگان باشد (Morais & Cianciaruso, 2014). در همین راستا، تنوع زیستی، مهم‌ترین مسئله برای درک محیط‌زیستی بوم‌سازگان‌ها محسوب می‌شود (Ricklefs, 2004). جوامع گیاهی زیراشکوب، یکی از مؤلفه‌های اصلی در بسیاری از فرایندهای موجود در بوم‌سازگان‌های جنگلی (Suchar & Crookston, 2010) و یک شاخص مؤثر بوم‌شناسی در بررسی سلامت و پایداری جنگل‌ها محسوب می‌شوند. تغییر در ساختار غالب گروه‌های عملکردی پوشش گیاهی کف جنگل می‌تواند در فرایندهای بوم‌سازگان

2021). در ارزیابی تنوع گونه‌های گیاهی در هفت تیپ از جنگل‌های زاگرس شمالی گزارش شد که در مقایسه با تیپ‌های خالص وی‌ول (*Quercus libani* G.Olivier)، مازودار (*Q. brantii*) و برودار (*Q. infectoria* G.Olivier) (Lindl.، شاخص‌های تنوع در تیپ‌های جنگلی آمیخته وی‌ول- برودار و وی‌ول- مازودار بیشتر بودند (Haidari & Haidari, 2013).

پژوهش پیش‌رو با هدف شناسایی و تفکیک توده‌های جنگلی بلوط با توجه به فرم رویشی آن‌ها در جنگل‌های قلاجه در استان کرمانشاه و نیز بررسی ویژگی‌های ساختاری، تنوع گونه‌ای و مقایسه این ویژگی‌ها در توده‌های مختلف به منظور شناخت تفاوت‌های بوم‌شناختی و جنگل‌شناسی و پاسخ‌گویی به سؤال‌های زیر صورت گرفته است.

- ۱- آیا تنوع گونه‌های گیاهی زیراشکوب جنگل در توده‌های مختلف جنگلی متفاوت است؟
- ۲- آیا تنوع گونه‌های گیاهی زیراشکوب جنگل با ویژگی‌های ساختاری توده‌ها ارتباط دارند؟

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

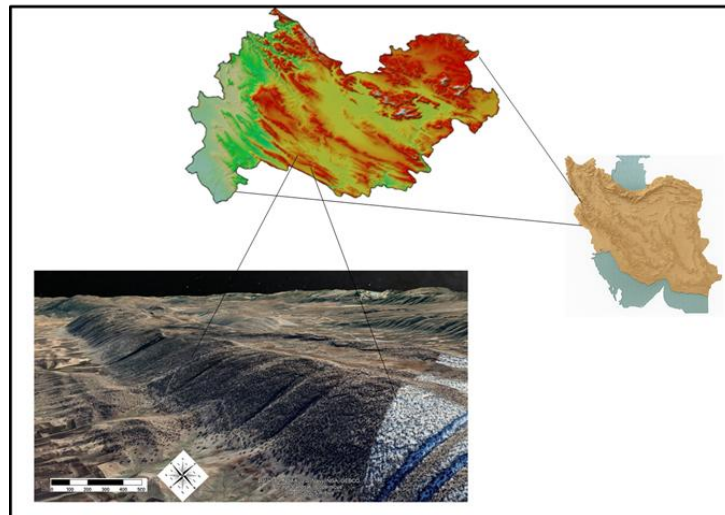
برای انجام این پژوهش، بخشی از رویشگاه بلوط در جنگل‌های کوهستان قلاجه در شهرستان گیلانغرب از توابع استان کرمانشاه که دارای شرایط بوم‌شناختی مناسبی از جمله تنوع گونه‌ای و توده‌های بلوط با فرم رویشی متنوع بود، انتخاب شد. کمینه و بیشینه ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه به ترتیب معادل ۱۵۸۰ و ۲۰۴۵ متر هستند. این جنگل‌ها در طول جغرافیایی ۲۵' ۴۶° تا ۳۰' ۴۶° شرقی و عرض ۳۵' ۳۴° تا ۴۰' ۳۴° شمالی واقع شده‌اند. براساس داده‌های ۳۰ ساله نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک، میانگین دما و بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه حدود ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد و ۴۳۳ میلی‌متر است. نوع اقلیم منطقه براساس روش دومارتن ($I=18/02$) و اقلیم نگار تجربی آمبرژه ($Q=32/9$) نیمه‌خشک سرد تعیین شده است. فصل خشک از اواسط بهار تا اواخر پاییز طول می‌کشد، درحالی‌که

(Nilsson & Wardle, 2005) و تنوع زیستی مؤثر باشد (Suchar & Crookston, 2010)، بنابراین به‌منظور افزایش تنوع زیستی و بهبود عملکرد جنگل، تغییر در پوشش گیاهی زمینی می‌تواند به‌عنوان شاخص تغییرات گونه‌های غالب درختی به‌کار گرفته شود (Nilsson & Wardle, 2005).

مدیریت جنگل، نقش اساسی در افزایش یا کاهش تنوع زیستی دارد. دستورالعمل‌های جنگل‌شناسی که در ارتباط با ساختار و شرایط دیگر توده تهیه می‌شوند، تأثیر بسزایی در تنوع زیستی خواهند داشت، بنابراین اگر روش اتخاذشده برای مدیریت جنگل با شرایط آن جنگل مطابقت نداشته باشد، توده به سمت کاهش تنوع زیستی و به‌دنبال آن، سیر قهقرایی پیش خواهد رفت. حیات و تداوم بقای یک جنگل در گرو حفظ تنوع زیستی و پایداری بوم‌سازگان آن است. نحوه تأثیر تنوع زیستی بر حفظ و ارتقای کارکردهای بوم‌سازگان، بسیار مورد توجه بوم‌شناسان قرار گرفته است (Lavorel & Garnier, 2002). ارزیابی الگوهای تنوع زیستی در طول گرادیان سازوکارهای محیطی نیز موضوع اصلی در پژوهش‌های اخیر تنوع زیستی است (Trigas et al., 2013). دانستن مفاهیم اساسی تنوع زیستی برای جنگل‌داران، برنامه‌ریزان و مدیران منابع طبیعی حائز اهمیت است. زیرا حفاظت تنوع زیستی علاوه بر ارزشمند بودن، به‌عنوان یک هدف اصلی در مدیریت سیمای منظر و منابع طبیعی مطرح است (Smith, 1996). تاکنون، پژوهش‌های متعددی در مورد جنبه‌های مختلف تنوع گونه‌ای انجام شده است. در تحلیل پوشش گیاهی بستر جنگل‌های زاگرس، ۳۷۰ گونه گیاهی شناسایی شد و مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌ای در توده‌های قرق و معرف حاکی از اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها بود (Ravanbakhsh et al., 2024). ارزیابی تغییرات جوامع گیاهی در زاگرس مرکزی بیانگر ارتباط تغییر تنوع جوامع گیاهی با تغییرات تیپ پوشش گیاهی بود (Mirazadi et al., 2023). بررسی تنوع گونه‌ای درختان و گیاهان زیراشکوب در تیپ‌های مختلف راش (*Fagus orientalis* Lipsky) در جنگل شصت‌کلاسه گرگان نشان داد که مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌های در تیپ‌های مختلف جنگلی، اختلاف معنی‌داری دارند (Kardgar et al.,

خاک‌های کم‌عمق تا نیمه‌عمیق و بافت متوسط بر روی سنگ‌ریزه و سنگ است.

ماه‌های دیگر سال، فصل مرطوب به حساب می‌آیند. از نظر زمین‌شناسی، این منطقه دارای سنگ مادر آهکی و مارنی با



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Geographical location of the study area

روش پژوهش (Rechinger, 1963-2015) و فلور استان ایلام (Mozaffarian, 2008) شناسایی و نام‌گذاری شدند. برای برآورد شاخص‌های تنوع از نرم‌افزار Ecological Methodology استفاده شد. مقادیر مربوطه در محیط Excel طبقه‌بندی و آماده آنالیز شد. برای مقایسه تنوع گونه‌ای توده‌های مورد بررسی از شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون‌وینر و سیمپسون، شاخص‌های غنای گونه‌ای مارگالف و من‌هنیک و شاخص‌های یکنواختی هیل و پیت استفاده شد (Waite, 2000). فرمول‌های زیر به‌منظور محاسبه شاخص‌های مورد نظر پژوهش پیش‌رو به‌کار برده شد.

شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون (S) از طریق رابطه (۱) محاسبه شد (Simpson, 1949).

$$S = 1 - \sum_{i=1}^n \left[\frac{ni(ni-1)}{n(n-1)} \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

در ابتدا، توده‌های جنگلی براساس فرم رویشی (دانه‌زاد، شاخه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد) تفکیک شدند. در هر توده جنگلی به‌صورت تصادفی، سه قطعه‌نمونه یک هکتاری (Akhavan *et al.*, 2018) با توجه به اهداف پژوهش پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه ضمن ثبت نام گونه، ویژگی‌های ساختاری همه درختان شامل مبدأ رویشی، ارتفاع، قطر برابر سینه درختان و جست‌ها در هر جست‌گروه، دو قطر بزرگ و کوچک تاج و جست‌گروه‌ها اندازه‌گیری شدند. همچنین، به‌منظور بررسی پوشش گیاهی زیراشکوب جنگل و ارتباط آن با خصوصیات توده جنگلی در هر قطعه‌نمونه یک هکتاری، ۴۰ قطعه‌نمونه یک متر مربعی به‌صورت تصادفی برداشت شد. در مجموع، ۱۲۰ قطعه‌نمونه در هر توده جنگلی برای ثبت پوشش گیاهی زیراشکوب اندازه‌گیری شد. در درون هر قطعه‌نمونه، کل گونه‌های گیاهی شناسایی و شمارش شدند. نمونه‌های گیاهی پس از خشک کردن با استفاده از منابع گیاه‌شناسی مانند فلورهای ایران (Assadi *et al.*, 1988-2018)، فلور ایرانیکا

که در آن، n_i نشان‌دهنده تعداد افراد مربوط به i امین گونه و n بیانگر تعداد کل افراد جامعه است.

در رابطه (۲) چگونگی محاسبه شاخص تنوع گونه‌ای شانون‌وینر (H) آمده است (Shanon & Weaver, 1949).

$$E_2 = \frac{1/S}{H} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$H = -\sum_{i=1}^S [P_i \ln(P_i)] \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن، S نشان‌دهنده شاخص سیمپسون و H بیانگر شاخص شانون‌وینر است.

که در آن، S بیانگر تعداد گونه و P_i نشان‌دهنده فراوانی نسبی افراد گونه i ام در نمونه مورد نظر است. شاخص غنای گونه‌ای مارگالف (R_1) براساس رابطه (۳) محاسبه شد (Margalef, 1958).

$$R_1 = \frac{S-1}{\ln N} \quad \text{رابطه (۳)}$$

روش تجزیه و تحلیل پس از برداشت اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از عملیات زمینی، داده‌ها سازمان‌دهی و آماده تجزیه و تحلیل شدند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف-سمیرنوف، نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. مقادیر توصیفی توده‌ها در محیط نرم‌افزار Excel 2013 برآورد شد. به منظور شناخت بهتر و وضعیت کمی و کیفی مشخصه‌های جنگل، هر توده به صورت مجزا توصیف و تحلیل شد. نمودارهای مربوطه نیز در محیط همین نرم‌افزار ترسیم شد. آنالیز آماری داده‌ها در نرم‌افزار SPSS 26 انجام گرفت. به این صورت که برای بررسی ارتباط بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون و برای مقایسه توده‌ها از نظر مشخصه‌های کمی مورد مطالعه نیز از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده شد (Yazdi Samadi et al., 2004). همچنین، آزمون مقایسه‌های چندگانه دانکن برای گروه‌بندی توده‌ها براساس مؤلفه‌های مورد بررسی به کار گرفته شد.

که در آن، S نشان‌دهنده تعداد گونه و N بیانگر تعداد افراد است. شاخص غنای من‌هنیک (R_2) نیز از رابطه (۴) به دست آمد (Menhinick, 1964).

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن، S نشان‌دهنده تعداد گونه و N بیانگر تعداد افراد است. رابطه (۵) چگونگی محاسبه شاخص یکنواختی پیت (E_1) را نشان می‌دهد (Pielou, 1966). به این شاخص، شاخص پیلو هم گفته می‌شود.

$$E_1 = \frac{H}{\ln(S)} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن، H نشان‌دهنده شاخص شانون‌وینر و S بیانگر تعداد گونه است.

نتایج

در منطقه مورد مطالعه، هشت گونه درختی و درختچه‌ای به شرح جدول ۱ شناسایی شد. بلوط ایرانی با ۸۵/۶ درصد حضور، گونه غالب این منطقه به شمار می‌رود. ۵۵/۶ درصد از درختان بلوط ایرانی دارای فرم رویشی شاخه‌زاد و ۴۴/۴ درصد نیز دارای فرم رویشی دانه‌زاد بودند. بر این اساس، سه توده اصلی منطقه شامل بلوط دانه‌زاد، بلوط شاخه و دانه‌زاد و بلوط شاخه‌زاد شناسایی و تفکیک شدند.

جدول ۱- اسامی گونه‌های درختی و درختچه‌ای شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه

Table 1. Tree and shrub species identified in the study area

Number	Species	Family
1	<i>Quercus persica</i> Jaub. & Spach	Fagaceae
2	<i>Prunus microcarpa</i> C.A.Mey	Rosaceae
3	<i>Crataegus azarolus</i> L. var. <i>pontica</i> (Koch) K.I.Christensen	Rosaceae
4	<i>Lonicera nummulariifolia</i> Jaub. & Spach	Caprifoliaceae
5	<i>Pistacia eurycarpa</i> Yalt.	Anacardiaceae
6	<i>Acer monspessulanum</i> L. subsp. <i>assyriacum</i> (Pojark.) Rech.f.	Sapindaceae
7	<i>Prunus argentea</i> (Lam.) Rehder	Rosaceae
8	<i>Daphne mucronata</i> Royle	Thymelaeaceae

Accepted names according to Plants of the World Online (POWO; <https://powo.science.kew.org/>):

¹ *Quercus persica* Jaub. & Spach

² *Prunus microcarpa* C.A.Mey

³ *Pistacia eurycarpa* Yalt.

⁴ *Prunus argentea* (Lam.) Rehder

شاخه‌زاد بودند. سطح تاج پوشش در این توده ۳۰۶۲/۷۶ متر مربع در هکتار برآورد شد. از این مقدار ۵۰/۶۶ در صد به درختان دانه‌زاد و ۴۹/۳۶ در صد مربوط به جست‌گروه‌ها بودند. در توده بلوط شاخه‌زاد نیز به‌طور متوسط در هر هکتار ۱۲۶/۳۳ درخت و جست‌گروه‌ها در آن ۹۱/۳ در صد آن‌ها دارای فرم رویشی شاخه‌زاد بودند. تعداد جست‌های مربوط به جست‌گروه‌ها ۷۰۳/۳ پایه محاسبه شد که سهم هر جست‌گروه به‌طور میانگین ۶/۱ جست است. سطح تاج پوشش و سطح مقطع برابر سینه به ترتیب ۳/۸۵ و ۲۰۱۶ متر مربع در هکتار محاسبه شد.

در جدول ۲، ویژگی‌های زیست‌سنجی سه توده مورد بررسی به تفکیک فرم رویشی خلاصه شده است. بررسی ویژگی‌های ساختاری توده بلوط دانه‌زاد نشان داد که در این توده به‌طور متوسط در هر هکتار ۱۲۳/۳۳ درخت و جست‌گروه وجود دارد. سطح تاج پوشش درختان، جست‌گروه‌ها و درختچه‌ها در آن ۳۱۷۹/۲۵ متر مربع در هکتار و مجموع سطح مقطع آن‌ها ۱۳/۰۵ متر مربع در هکتار به دست آمد. در این میان، سهم بلوط ایرانی دانه‌زاد به ترتیب ۹۰/۲ و ۸۳/۸ در صد بود. در توده بلوط شاخه و دانه‌زاد به‌طور متوسط در هر هکتار ۱۲۹ درخت و جست‌گروه وجود داشت. از این تعداد، ۴۸/۸ در صد دارای فرم رویشی دانه‌زاد و ۵۱/۲ درصد دارای فرم رویشی

جدول ۲- آمار توصیفی و متوسط ویژگی‌های زیست‌سنجی توده‌های مورد بررسی

Table 2. Descriptive and average statistics of the biometric characteristics of the studied stands

Stand	Growth form	Density (ha)	Diameter at the breast height (cm)	Basal area (m ² /ha)	Height (m)	Crown diameter (m)	Crown area (m ² /ha)
High stand	High stand	120	18.55	12.97	6	5.43	3063
	Coppice stand	3.33	11.37	0.08	5.4	6.37	116.25
	Total	123.33	18.31	13.05	5.98	5.46	3179.25
Coppice-with-standards stand	High stand	63.01	27.89	4.1672	5.65	5.36	1551.76
	Coppice stand	65.99	14.01	1.0198	5.57	4.55	1511.52
	Total	129	15.72	5.187	5.61	4.88	3062.76
Coppice stand	High stand	10.33	15.49	0.34	5.65	4.3	99.6
	Coppice stand	116	7.87	3.41	5.57	4.53	1917
	Total	126.33	8.37	3.85	5.61	4.44	2016

جدول ۳- گونه‌های شناسایی شده در توده جنگلی شاخه‌زاد

Table 3. Species identified in the coppice forest stand

Taxon	Family	Taxon	Family
<i>Allium myrianthum</i> Boiss.	Amaryllidaceae	<i>Trifolium bullatum</i> Boiss. & Hausskn.	Fabaceae
<i>Allium stamineum</i> Boiss.	Amaryllidaceae	<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Fabaceae
<i>Bunium paucifolium</i> DC.	Apiaceae	<i>Trifolium spumosum</i> L.	Fabaceae
<i>Eryngium billardierei</i> F.Delaroche	Apiaceae	<i>Vicia michauxii</i> Spreng.	Fabaceae
<i>Eryngium thyrsoideum</i> Boiss.	Apiaceae	<i>Vicia peregrina</i> L.	Fabaceae
<i>Ferula macrocolea</i> (Boiss.) Boiss.	Apiaceae	<i>Vicia sativa</i> L.	Fabaceae
<i>Heptaptera anisoptera</i> (DC.) Tutin	Apiaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	Geraniaceae
<i>Scandix pectin-veneris</i> L.	Apiaceae	<i>Geranium rotundifolium</i> L.	Geraniaceae
<i>Smyrniopsis aucheri</i> Boiss.	Apiaceae	<i>Geranium tuberosum</i> L.	Geraniaceae
<i>Bellevalia glauca</i> (Lindl.) Kunth	Asparagaceae	<i>Crocus haussknechtii</i> (Boiss. & Reut. ex Maw) Boiss	Iridaceae
<i>Muscari neglectum</i> Ten.	Asparagaceae	<i>Gladiolus atrovioleaceus</i> Boiss	Iridaceae
<i>Achillea wilhelmsii</i> K.Koch	Asteraceae	<i>Iris aucheri</i> (Baker) Sealy.	Iridaceae
<i>Anthemis odontostephana</i> Boiss.	Asteraceae	<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f.	Ixioliriaceae
<i>Carthamus oxyacanthus</i> M.Bieb.	Asteraceae	<i>Lamium album</i> L.	Lamiaceae
<i>Centaurea iberica</i> Trevir. ex Spreng.	Asteraceae	<i>Marrubium astracanicum</i> Jacq.	Lamiaceae
<i>Centaurea solstitialis</i> L.	Asteraceae	<i>Phlomis olivieri</i> Benth.	Lamiaceae
<i>Cichorium pumilum</i> Jacq.	Asteraceae	<i>Phlomis persica</i> Boiss.	Lamiaceae
<i>Echinops tenuisectus</i> Rech.f.	Asteraceae	<i>Salvia bracteata</i> Banks & Sol.	Lamiaceae
<i>Garhadiolus hedypnois</i> Jaub. & Spach	Asteraceae	<i>Stachys benthamiana</i> Boiss.	Lamiaceae
<i>Gundelia tournefortii</i> L.	Asteraceae	<i>Stachys kurdica</i> Boiss. & Hohen.	Lamiaceae
<i>Onopordum carduchorum</i> Bornm. & Beauverd.	Asteraceae	<i>Ziziphora capitata</i> L.	Lamiaceae
<i>Lactuca aculeata</i> Boiss. & Kotschy ex Boiss.	Asteraceae	<i>Fritillaria straussii</i> Bornm.	Liliaceae
<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.	Asteraceae	<i>Gagea gageoides</i> (Zucc.) Vved.	Liliaceae
<i>Scorzonera phaeopappa</i> (Boiss.) Boiss.	Asteraceae	<i>Tulipa systola</i> Stapf.	Liliaceae
<i>Senecio vernalis</i> Waldst. & Kit.	Asteraceae	<i>Alcea kurdica</i> Alef.	Malvaceae
<i>Tragopogon coelesyriacus</i> Boiss.	Asteraceae	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Malvaceae
<i>Xanthium spinosum</i> L.	Asteraceae	<i>Peganum harmala</i> L.	Nitrariaceae
<i>Biebersteinia multifida</i> DC.	Biebersteiniaceae	<i>Orobanche anatolica</i> Boiss. & Reuter	Orobanchaceae
<i>Onosma dasytrichum</i> Boiss.	Boraginaceae	<i>Papaver argemone</i> L.	Papaveraceae
<i>Onosma rostellatum</i> Lehm.	Boraginaceae	<i>Papaver macrostomum</i> Boiss. & A.Huet	Papaveraceae
<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb.) Cavara & Grande	Brassicaceae	<i>Veronica intercedens</i> Bornm.	Plantaginaceae
<i>Meniocus linifolius</i> (Stephan ex Willd.) DC.	Brassicaceae	<i>Veronica intercedens</i> Bornm.	Papaveraceae
<i>Alyssum stapfii</i> Vierh.	Brassicaceae	<i>Aegilops triuncialis</i> L.	Poaceae
<i>Alyssum szovitsianum</i> Fisch. & C.A.Mey	Brassicaceae	<i>Aegilops umbellulata</i> Zhuk.	Poaceae
<i>Minuartia hamata</i> (Hausskn. & Bornm.) Mattf.	Caryophyllaceae	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link.	Poaceae
<i>Silene longipetala</i> Vent.	Caryophyllaceae	<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) P.Beauv.	Poaceae
<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Mill.	Cistaceae	<i>Bromus danthoniae</i> Trin.	Poaceae
<i>Bryonia multiflora</i> Boiss. & Heldr.	Cucurbitaceae	<i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia aleppica</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Bromus tomentellus</i> Boiss.	Poaceae
<i>Euphorbia cheiradenia</i> Boiss. & Hohen.	Euphorbiaceae	<i>Festuca ovina</i> L.	Poaceae

Taxon	Family	Taxon	Family
<i>Euphorbia denticulata</i> Lam	Euphorbiaceae	<i>Hordeum bulbosum</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia falcata</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Hordeum marinum</i> Huds.	Poaceae
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Poaceae
<i>Euphorbia phymatosperma</i> Boiss.	Euphorbiaceae	<i>Poa annua</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia szovitsii</i> Fisch. & C.A.Mey.	Euphorbiaceae	<i>Poa bulbosa</i> L.	Poaceae
<i>Astragalus amblolepis</i> Fisch	Fabaceae	<i>Secale segetale</i> (Zhuk.) Roshev.	Poaceae
<i>Astragalus curvirostris</i> Boiss	Fabaceae	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	Poaceae
<i>Astragalus ovinus</i> Boiss.	Fabaceae	<i>Stipa arabica</i> Trin. & Rupr.	Poaceae
<i>Astragalus verus</i> Olivier.	Fabaceae	<i>Anemone biflora</i> DC.	Primulaceae
<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J.Koch	Fabaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Fabaceae	<i>Ceratocephala falcata</i> (L.) Pers.	Ranunculaceae
<i>Lathyrus aphaca</i> L.	Fabaceae	<i>Ranunculus kochii</i> Ledeb.	Ranunculaceae
<i>Vicia lens</i> (L.) Coss. & Germ.	Fabaceae	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	Ranunculaceae
<i>Medicago coronata</i> (L.) Bartal.	Fabaceae	<i>Asperula arvensis</i> L.	Rubiaceae
<i>Medicago monantha</i> (C.A.Mey.) Trautv.	Fabaceae	<i>Galium aparine</i> L.	Rubiaceae
<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.	Fabaceae	<i>Galium setaceum</i> Lam.	Rubiaceae
<i>Medicago polymorpha</i> L.	Fabaceae	<i>Daphne mucronata</i> Royle.	Thymelaeaceae
<i>Medicago radiata</i> L.	Fabaceae	<i>Urtica dioica</i> L. subsp. <i>dioica</i>	Urticaceae
<i>Onobrychis crista-galli</i> (L.) Lam	Fabaceae	<i>Viola modesta</i> Fenzl.	Violaceae
<i>Onobrychis lunata</i> Boiss.	Fabaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.	Zygophyllaceae
<i>Pisum sativum</i> L.	Fabaceae		

Accepted names according to Plants of the World Online (POWO; <https://powo.science.kew.org/>):

¹ *Achillea wilhelmsii* K.Koch

² *Meniocus linifolius* (Stephan ex Willd.) DC.

³ *Vicia lens* (L.) Coss. & Germ.

⁴ *Ranunculus kochii* Ledeb.

Setaria viridis (L.) P.Beauv., *Smyrniopsis aucheri* Boiss.

در شکل ۲، نمایی از دو گونه *Bromus tectorum* L. و *Marrubium astracanicum* Jacq. که در زیراشکوب هر سه توده مورد مطالعه حضور داشتند، آمده است.

در توده شاخه و دانه‌زاد نیز ۱۰۳ گونه گیاهی در ۸۳ جنس و ۳۱ تیره به شرح جدول ۴ تیره شناسایی شد که ۱۱ گونه انحصاری به شرح زیر فقط در این توده ثبت شدند.

Linum mucronatum Bertol., *Arenaria serpyllifolia* L., *Arum elongatum* Steven., *Bufoia oliveriana* Ser., *Chrozophora tinctoria* (L.) A.Juss., *Crupina crupinastrum* (Moris) Vis., *Fritillaria imperialis* L., *Fritillaria persica* L., *Lactuca orientalis* (Boiss.) Boiss., *Teucrium polium* L., *Ononis spinosa* L.

به‌طورکلی، در منطقه مورد مطالعه ۱۴۵ گونه از گیاهان آوندی متعلق به ۱۰۴ جنس و ۳۵ تیره شناسایی شد. بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهان آوندی Fabaceae با ۱۲ جنس و ۲۴ گونه، Asteraceae با ۱۶ جنس و ۱۹ گونه، Poaceae با ۱۲ جنس و ۱۸ گونه، Lamiaceae با هشت جنس و ۱۲ گونه، Apiaceae با ۸ جنس و ۸ گونه، Euphorbiaceae با دو جنس و هشت گونه، Caryophyllaceae با پنج جنس و پنج گونه بودند. در توده جنگلی شاخه‌زاد ۱۲۴ گونه گیاهی در قالب ۸۸ جنس و ۳۳ تیره به شرح جدول ۳ شناسایی شد. در بین این گونه‌ها، هفت گونه انحصاری در این توده حضور داشتند که عبارتند از:

Centaurea solstitialis L., *Eryngium billardiieri* F.Delaroche, *Euphorbia phymatosperma* Boiss., *Lamium album* L., *Medicago polymorpha* L.,

جدول ۴- گونه‌های شناسایی شده در توده جنگلی شاخه و دانه‌زاد

Table 4. Species identified in the coppice-with-standards stand

Taxon	Family	Taxon	Family
<i>Allium myrianthum</i> Boiss.	Amaryllidaceae	<i>Onobrychis lunata</i> Boiss.	Fabaceae
<i>Eryngium thyrsoideum</i> Boiss.	Apiaceae	<i>Ononis spinosa</i> L.	Fabaceae
<i>Ferula macrocolea</i> (Boiss.) Boiss.	Apiaceae	<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Fabaceae
<i>Ferulago carduchorum</i> Boiss. & Hausskn	Apiaceae	<i>Trifolium spumosum</i> L.	Fabaceae
<i>Heptaptera anisoptera</i> (DC.) Tutin.	Apiaceae	<i>Vicia peregrina</i> L.	Fabaceae
<i>Scandix pectin-veneris</i> L.	Apiaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	Geraniaceae
<i>Smyrniium cordifolium</i> Boiss.	Apiaceae	<i>Geranium rotundifolium</i> L.	Geraniaceae
<i>Arum elongatum</i> Steven.	Araceae	<i>Crocus haussknechtii</i> (Boiss. & Reut. ex Maw)	Iridaceae
<i>Bellevalia glauca</i> (Lindl.) Kunth.	Asparagaceae	<i>Gladiolus atroviolaceus</i> Boiss.	Iridaceae
<i>Muscari neglectum</i> Ten.	Asparagaceae	<i>Iris aucheri</i> (Baker) Sealy.	Iridaceae
<i>Achillea wilhelmsii</i> K.Koch	Asteraceae	<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f.	Ixioliriaceae
<i>Anthemis odontostephana</i> Boiss.	Asteraceae	<i>Ajuga chamaecistus</i> Ging. ex Benth.	Lamiaceae
<i>Carthamus oxyacanthus</i> M.Bieb.	Asteraceae	<i>Salvia bracteata</i> Banks & Sol.	Lamiaceae
<i>Centaurea iberica</i> Trevir. ex Spreng.	Asteraceae	<i>Marrubium astracanicum</i> Jacq.	Lamiaceae
<i>Cichorium pumilum</i> Jacq.	Asteraceae	<i>Phlomis persica</i> Boiss.	Lamiaceae
<i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.	Asteraceae	<i>Stachys benthamiana</i> Boiss.	Lamiaceae
<i>Echinops tenuisectus</i> Rech.f.	Asteraceae	<i>Stachys kurdica</i> Boiss. & Hohen.	Lamiaceae
<i>Garhadiolus hedyppnois</i> Jaub. & Spach	Asteraceae	<i>Teucrium polium</i> L.	Lamiaceae
<i>Gundelia tournefortii</i> L.	Asteraceae	<i>Fritillaria imperialis</i> L.	Liliaceae
<i>Lactuca aculeata</i> Boiss. & Kotschy ex Boiss.	Asteraceae	<i>Fritillaria persica</i> L.	Liliaceae
<i>Lactuca orientalis</i> (Boiss) Boiss.	Asteraceae	<i>Gagea gageoides</i> (Zucc.) Vved.	Liliaceae
<i>Onopordum carduchorum</i> Bornm. & Beauverd	Asteraceae	<i>Tulipa systola</i> Stapf.	Liliaceae
<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.	Asteraceae	<i>Linum mucronatum</i> Bertol.	Linaceae
<i>Scorzonera phaeopappa</i> (Boiss.) Boiss.	Asteraceae	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Malvaceae
<i>Senecio vernalis</i> Waldst. & Kit.	Asteraceae	<i>Peganum harmala</i> L.	Nitrariaceae
<i>Tragopogon coelesyriacus</i> Boiss.	Asteraceae	<i>Orobanche anatolica</i> Boiss. & Reuter.	Orobanchaceae
<i>Xanthium spinosum</i> L.	Asteraceae	<i>Papaver argemone</i> L.	Papaveraceae
<i>Onosma rostellatum</i> Lehm.	Boraginaceae	<i>Acantholimon oliveri</i> (Jaub. & Spach) Boiss.	Plumbaginaceae
<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb.) Cavara & Grande	Brassicaceae	<i>Acantholimon bromifolium</i> var. <i>ilamicum</i> Mobayen	Plumbaginaceae
<i>Alyssum linifolium</i> Stephan ex Willd. ²	Brassicaceae	<i>Aegilops triuncialis</i> L.	Poaceae
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	Caryophyllaceae	<i>Aegilops umbellulata</i> Zhuk.	Poaceae
<i>Bufonia oliveriana</i> Ser.	Caryophyllaceae	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link.	Poaceae
<i>Dianthus szowitsianus</i> Boiss.	Caryophyllaceae	<i>Bromus danthoniae</i> Trin.	Poaceae
<i>Silene longipetala</i> Vent.	Caryophyllaceae	<i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae
<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Mill.	Cistaceae	<i>Bromus tomentellus</i> Boiss.	Poaceae
<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) A.Juss.	Euphorbiaceae	<i>Festuca ovina</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia aleppica</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Hordeum bulbosum</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia cheiradenia</i> Boiss. & Hohen.	Euphorbiaceae	<i>Poa annua</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia denticulata</i> Lam.	Euphorbiaceae	<i>Poa bulbosa</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia falcata</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Stipa arabica</i> Trin. & Rupr.	Poaceae
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Anemone biflora</i> DC.	Primulaceae

Taxon	Family	Taxon	Family
<i>Euphorbia szovitsii</i> Fisch. & C.A.Mey.	Euphorbiaceae	<i>Ceratocephala falcata</i> (L.) Pers.	Ranunculaceae
<i>Astragalus amblolepis</i> Fisch.	Fabaceae	<i>Ranunculus kochii</i> Ledeb.	Ranunculaceae
<i>Astragalus curvirostris</i> Boiss.	Fabaceae	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	Ranunculaceae
<i>Astragalus ovinus</i> Boiss.	Fabaceae	<i>Prunus haussknechtii</i> C.K.Schneid..	Rosaceae
<i>Astragalus verus</i> Olivier.	Fabaceae	<i>Asperula arvensis</i> L.	Rubiaceae
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Fabaceae	<i>Galium aparine</i> L.	Rubiaceae
<i>Lathyrus aphaca</i> L.	Fabaceae	<i>Verbascum alceoides</i> Boiss. & Hausskn	Scrophulariaceae
<i>Medicago coronata</i> (L.) Bartal.	Fabaceae	<i>Daphne mucronata</i> Royle.	Thymelaeaceae
<i>Medicago monantha</i> (C.A.Mey.) Trautv.	Fabaceae	<i>Viola modesta</i> Fenzl.	Violaceae
<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.	Fabaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L. var. <i>orientalis</i> (A.Kern.)	Zygophyllaceae
<i>Medicago radiata</i> L.	Fabaceae		

Accepted names according to Plants of the World Online (POWO; <https://powo.science.kew.org/>):

¹ *Achillea wilhelmsii* K.Koch

² *Meniocus linifolius* (Stephan ex Willd.) DC.

³ *Ranunculus kochii* Ledeb.

در توده دانه‌زاد نیز ۱۰۸ گونه گیاهی در قالب ۸۱ جنس و ۳۳ تیره به شرح جدول ۵ شناسایی شد. چهار گونه شامل *Myosotis refracta*, *Bromus pumilio* (Trin.) P.M.Sm. *Astragalus* و *Nonea persica* Boiss. Boiss. در این توده ثبت شد. در شکل ۳، نمایی از جنگل‌های دانه‌زاد در منطقه مورد مطالعه و یکی از گونه‌های زیراشکوب آن آمده است.

در توده دانه‌زاد نیز ۱۰۸ گونه گیاهی در قالب ۸۱ جنس و ۳۳ تیره به شرح جدول ۵ شناسایی شد. چهار گونه شامل *Myosotis refracta*, *Bromus pumilio* (Trin.) P.M.Sm. *Astragalus* و *Nonea persica* Boiss. Boiss. در این توده ثبت شد. در شکل ۳، نمایی از جنگل‌های دانه‌زاد در منطقه مورد مطالعه و یکی از گونه‌های زیراشکوب آن آمده است.

جدول ۵- گونه‌های شناسایی شده در توده جنگلی دانه‌زاد

Table 5. Species identified in the forest high stand

Taxon	Family	Taxon	Family
<i>Allium myrianthum</i> Boiss.	Amaryllidaceae	<i>Vicia michauxii</i> Spreng.	Fabaceae
<i>Allium stamineum</i> Boiss.	Amaryllidaceae	<i>Vicia peregrina</i> L.	Fabaceae
<i>Bunium paucifolium</i> DC.	Apiaceae	<i>Geranium tuberosum</i> L.	Geraniaceae
<i>Ferula macrocolea</i> (Boiss.) Boiss.	Apiaceae	<i>Crocus haussknechtii</i> (Boiss. & Reut. ex Maw) Boiss	Iridaceae
<i>Ferulago carduchorum</i> Boiss. & Hausskn.	Apiaceae	<i>Gladiolus atroviolaceus</i> Boiss.	Iridaceae
<i>Scandix pecten-veneris</i> L.	Apiaceae	<i>Iris aucheri</i> (Baker) Sealy.	Iridaceae
<i>Smyrniium cordifolium</i> Boiss.	Apiaceae	<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f.	Ixioliriaceae
<i>Bellevalia glauca</i> (Lindl.) Kunth.	Asparagaceae	<i>Ajuga chamaecistus</i> Ging. ex Benth.	Lamiaceae
<i>Achillea santolinoides</i> subsp. <i>wilhelmsii</i> (K.Koch) Greuter ¹	Asteraceae	<i>Salvia bracteata</i> Banks & Sol.	Lamiaceae
<i>Anthemis odontostephana</i> Boiss.	Asteraceae	<i>Marrubium astracanicum</i> Jacq.	Lamiaceae
<i>Carthamus oxyacanthus</i> M.Bieb.	Asteraceae	<i>Phlomis persica</i> Boiss.	Lamiaceae
<i>Centaurea iberica</i> Trevir. ex Spreng.	Asteraceae	<i>Stachys benthamiana</i> Boiss.	Lamiaceae
<i>Cichorium pumilum</i> Jacq.	Asteraceae	<i>Stachys kurdica</i> Boiss. & Hohen.	Lamiaceae
<i>Echinops tenuisectus</i> Rech.f.	Asteraceae	<i>Ziziphora capitata</i> L.	Lamiaceae
<i>Gundelia tournefortii</i> L.	Asteraceae	<i>Fritillaria straussii</i> Bornm.	Liliaceae
<i>Lactuca aculeata</i> Boiss. & Kotschy ex Boiss.	Asteraceae	<i>Gagea gageoides</i> (Zucc.) Vved.	Liliaceae

Taxon	Family	Taxon	Family
<i>Onopordum carduchorum</i> Bornm. & Beauverd.	Asteraceae	<i>Tulipa systola</i> Stapf.	Liliaceae
<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.	Asteraceae	<i>Alcea kurdica</i> Alef.	Malvaceae
<i>Scorzonera phaeopappa</i> (Boiss.) Boiss.	Asteraceae	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Malvaceae
<i>Senecio vernalis</i> Waldst. & Kit.	Asteraceae	<i>Orobanche anatolica</i> Boiss. & Reuter.	Orobanchaceae
<i>Tragopogon coelesyriacus</i> Boiss.	Asteraceae	<i>Papaver argemone</i> L.	Papaveraceae
<i>Xanthium spinosum</i> L.	Asteraceae	<i>Papaver macrostomum</i> Boiss. & A.Huet	Papaveraceae
<i>Biebersteinia multifida</i> DC.	Biebersteiniaceae	<i>Veronica intercedens</i> Bornm.	Plantaginaceae
<i>Myosotis refracta</i> Boiss.	Boraginaceae	<i>Acantholimon oliveri</i> (Jaub. & Spach) Boiss.	Plumbaginaceae
<i>Nonea persica</i> Boiss.	Boraginaceae	<i>Acantholimon bromifolium</i> var. <i>ilamicum</i> Mobayen	Plumbaginaceae
<i>Onosma dasytrichum</i> Boiss.	Boraginaceae	<i>Aegilops triuncialis</i> L.	Poaceae
<i>Onosma rostellatum</i> Lehm..	Boraginaceae	<i>Aegilops umbellulata</i> Zhuk.	Poaceae
<i>Alyssum linifolium</i> Stephan ex Willd	Brassicaceae	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link.	Poaceae
<i>Alyssum szovitsianum</i> Fisch. & C.A.Mey.	Brassicaceae	<i>Bromus danthoniae</i> Trin.	Poaceae
<i>Dianthus szowitsianus</i> Boiss.	Caryophyllaceae	<i>Bromus pumilio</i> (Trin.) P.M.Sm.	Poaceae
<i>Minuartia hamata</i> (Hauskn. & Bornm.) Mattf.	Caryophyllaceae	<i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae
<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Mill.	Cistaceae	<i>Bromus tomentellus</i> Boiss.	Poaceae
<i>Bryonia multiflora</i> Boiss. & Heldr.	Cucurbitaceae	<i>Festuca ovina</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia aleppica</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Hordeum bulbosum</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia cheiradenia</i> Boiss. & Hohen.	Euphorbiaceae	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.	Poaceae
<i>Euphorbia denticulata</i> Lam.	Euphorbiaceae	<i>Poa annua</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia falcata</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Poa bulbosa</i> L.	Poaceae
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Secale segetale</i> (Zhuk.) Roshev.	Poaceae
<i>Euphorbia szovitsii</i> Fisch. & C.A.Mey.	Euphorbiaceae	<i>Stipa arabica</i> Trin. & Rupr.	Poaceae
<i>Astragalus amblolepis</i> Fisch.	Fabaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae
<i>Astragalus curvirostris</i> Boiss.	Fabaceae	<i>Dionysia odora</i> Fenzl	Primulaceae
<i>Astragalus gossypinus</i> Fisch.	Fabaceae	<i>Anemone biflora</i> DC.	Ranunculaceae
<i>Astragalus ovinus</i> Boiss.	Fabaceae	<i>Ceratocephala falcata</i> (L.) Pers.	Ranunculaceae
<i>Astragalus verus</i> Olivier.	Fabaceae	<i>Ficaria kochii</i> (Ledeb.) Iranshahr & Rech.f. ³	Ranunculaceae
<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J.Koch	Fabaceae	<i>Ranunculus kochii</i> Ledeb..	Ranunculaceae
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Fabaceae	<i>Papaver argemone</i> L.	Papaveraceae
<i>Lathyrus aphaca</i> L.	Fabaceae	<i>Asperula arvensis</i> L.	Rubiaceae
<i>Lens culinaris</i> Medik. subsp. <i>orientalis</i> (Boiss).	Fabaceae	<i>Galium aparine</i> L.	Rubiaceae
<i>Medicago coronata</i> (L.) Bartal.	Fabaceae	<i>Galium setaceum</i> Lam.	Rubiaceae
<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.	Fabaceae	<i>Daphne mucronata</i> Royle	Thymelaeaceae
<i>Onobrychis crista-galli</i> (L.) Lam.	Fabaceae	<i>Verbascum alceoides</i> Boiss. & Hauskn	Scrophulariaceae
<i>Onobrychis lumata</i> Boiss.	Fabaceae	<i>Urtica dioica</i> L. subsp. <i>dioica</i>	Urticaceae
<i>Pisum sativum</i> L.	Fabaceae	<i>Viola modesta</i> Fenzl.	Violaceae
<i>Trifolium bullatum</i> Boiss. & Hauskn.	Fabaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L. var. <i>orientalis</i> (A.Kern.) G.Beck	Zygophyllaceae

Accepted names according to Plants of the World Online (POWO; <https://powo.science.kew.org/>):

¹ *Achillea wilhelmsii* K.Koch

² *Meniocus linifolius* (Stephan ex Willd.) DC.

³ *Ranunculus kochii* Ledeb.



شکل ۲- گونه‌های *Bromus tectorum* L. (راست) و *Marrubium astracanicum* Jacq. (چپ) در منطقه مورد مطالعه

Figure 2. *Marrubium astracanicum* Jacq. (Left) and *Bromus tectorum* L. (Right) in studied area



شکل ۳- گونه *Verbascum alceoides* Boiss. & Hausskn. (راست) و نمایی از توده دانه‌زاد در جنگل مورد مطالعه (چپ)

Figure 3. A view of the high stand in the studied forest (Left) and *Verbascum alceoides* Boiss. & Hausskn (Right)

جدول ۶- تجزیه واریانس توده‌های بلوط ایرانی براساس مقدار شاخص‌های تنوع گونه‌ای

Table 6. Analysis of variance of Iranian oak stands based on the value of species diversity indices

Diversity index		Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Shannon-Wiener	Between groups	0.193	2	0.097	7.135	0.026
	Within groups	0.081	6	0.014		
	Total	0.274	8			
Simpson	Between groups	6.55×10^{-5}	2	3.27×10^{-5}	2.456	0.1662
	Within groups	8.001×10^{-5}	6	1.33×10^{-5}		
	Total	14.55×10^{-5}	8			
Hill	Between groups	1.42×10^{-6}	2	7.11×10^{-6}	2.207	0.072
	Within groups	1.01×10^{-6}	6	1.7×10^{-6}		
	Total	2.43×10^{-6}	8			
Pitt	Between groups	1.22×10^{-4}	2	6.1×10^{-5}	0.017	0.983
	Within groups	0.21	6	0.004		
	Total	0.22	8			
Menhinick	Between groups	0.804	2	0.402	0.502	0.628
	Within groups	4.803	6	0.801		
	Total	5.608	8			
Margalef	Between groups	19.203	2	9.601	1.801	0.244
	Within groups	31.99	6	5.332		
	Total	51.192	8			

(شانون وینر و سیمپسون) و نیز شاخص‌های غنای گونه‌ای (مارگالف و من‌هنیک) به ترتیب در توده‌های شاخه‌زاد و دانه‌زاد به دست آمد، در حالی که بیشترین مقدار شاخص‌های یکنواختی (هیل و پیت) به توده دانه‌زاد تعلق داشت. کمینه مقدار این شاخص‌ها به ترتیب در توده‌های شاخه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد مشاهده شد.

در جدول‌های ۸، ۹ و ۱۰ همبستگی مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای با ویژگی ساختاری به ترتیب در توده‌های شاخه‌زاد، شاخه و دانه‌زاد و دانه‌زاد برآورد شده است.

بررسی شاخص‌های تنوع گونه‌های علفی زیراشکوب جنگل نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع گونه‌ای در جدول ۶ نشان می‌دهد که مقادیر شاخص تنوع شانون وینر در توده‌های مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر هستند ($p < 0.05$)، اما اختلاف شاخص‌های دیگر تنوع، غنا و یکنواختی بین توده‌ها، غیرمعنی‌دار بود.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چندگانه دانکن در جدول ۷، بیشینه و کمینه شاخص‌های تنوع گونه‌ای

جدول ۷- میانگین شاخص‌های تنوع در توده‌های مورد بررسی

Table 7. Average diversity indices in the studied stands

Stand	Shannon-Wiener	Simpson	Hill	Pitt	Menhinick	Margalef
Coppice stand	5.35±0.136 ^{ab}	0.976±0.002 ^a	0.002±0 ^{ab}	1.183±0.03 ^a	5.28±0.605 ^a	15.82±1.499 ^a
Coppice-with-standards stand	5.06±0.075 ^{bc}	0.975±0.002 ^a	0.0021±0 ^{abc}	1.176±0.249 ^a	5.26±0.323 ^a	15.67±1.081 ^a
High stand	5.02±0.128 ^{bc}	0.973±0.005 ^a	0.0025±0 ^{bc}	1.192±0.095 ^a	4.828±1.389 ^a	13.87±3.54 ^a

Different letters in each row indicate a significant difference between means ($P < 0.05$).

جدول ۸- همبستگی مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای با ویژگی ساختاری در توده شاخه‌زاد

Table 8. Correlation of species diversity index values with structural characteristics in coppice stand

Diversity index	Diameter at the breast height (cm)	Basal area (m ² /ha)	Crown area (m ² /ha)	Height (m)	Height-diameter ratio
Shannon-Wiener	0.654 ^{**}	0.947 ^{**}	-0.991 ^{**}	-0.170 ^{ns}	0.618 ^{ns}
Simpson	0.028 ^{ns}	0.529 ^{ns}	-0.683 ^{ns}	-0.755 ^{ns}	-0.02 ^{ns}
Hill	0.25 ^{ns}	-0.275 [*]	0.989 ^{**}	0.537 ^{ns}	0.295 ^{ns}
Pitt	0.993 ^{**}	0.917 ^{**}	-0.917 ^{**}	0.537 ^{ns}	0.986 ^{**}
Menhinick	-0.236 ^{ns}	0.288 ^{ns}	-0.991 ^{**}	-0.901 [*]	-0.282 ^{ns}
Margalef	-0.394 ^{ns}	0.125 ^{ns}	-0.956 ^{**}	-0.961 ^{**}	-0.437 ^{ns}

** : Significant at $p < 0.01$; * : Significant at $p < 0.05$; ns : non-significant

جدول ۹- همبستگی مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای با ویژگی ساختاری در توده شاخه و دانه‌زاد

Table 9. Correlation of species diversity index values with structural characteristics in Coppice-with-standard stand

Diversity index	Diameter at the breast height (cm)	Basal area (m ² /ha)	Crown area (m ² /ha)	Height (m)	Height-diameter ratio
Shannon-Wiener	0.807 ^{ns}	0.784 ^{ns}	-0.865 [*]	-0.826 ^{ns}	0.171 ^{ns}
Simpson	0.196 ^{ns}	0.233 ^{ns}	-0.607 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	-0.966 ^{**}
Hill	-0.931 ^{**}	-0.945 ^{**}	-0.887 [*]	-0.917 ^{**}	0.739 ^{ns}
Pitt	-0.323 ^{ns}	-0.358 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	0.288 ^{ns}	0.991 ^{**}
Menhinick	0.611 ^{ns}	0.641 ^{ns}	-0.523 ^{ns}	-0.582 ^{ns}	-0.98 ^{**}
Margalef	0.785 ^{ns}	0.808 ^{ns}	-0.714 ^{ns}	-0.762 ^{ns}	-0.803 ^{ns}

** : Significant at $p < 0.01$; * : Significant at $p < 0.05$; ns : non-significant

جدول ۱۰- همبستگی مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای با ویژگی ساختاری در توده دانه‌زاد

Table 10. Correlation of species diversity index values with structural characteristics in the high stand

Diversity index	Diameter at the breast height (cm)	Basal area (m ² /ha)	Crown area (m ² /ha)	Height (m)	Height-diameter ratio
Shannon-Wiener	-0.967**	0.932**	-0.831*	-0.962**	0.861*
Simpson	-0.911**	-0.858*	-0.807 ^{ns}	-0.904*	-0.825 ^{ns}
Hill	-0.696 ^{ns}	0.61 ^{ns}	-0.872*	-0.683 ^{ns}	0.56 ^{ns}
Pitt	-0.828*	0.758 ^{ns}	-0.626 ^{ns}	-0.817*	0.716 ^{ns}
Menhinick	0.749 ^{ns}	-0.783 ^{ns}	0.695 ^{ns}	0.839*	-0.743 ^{ns}
Margalef	0.751 ^{ns}	-0.671 ^{ns}	0.718 ^{ns}	0.739 ^{ns}	-0.624 ^{ns}

** : Significant at p<0.01; * : Significant at p<0.05; ns : non-significant

بحث

استان کرمانشاه، گونه‌های تیره‌های Asteraceae و Fabaceae به‌عنوان مهم‌ترین گونه‌های گیاهی منطقه معرفی شدند (Dehshiri *et al.*, 2017). مقادیر شاخص تنوع شانون‌وینر در توده‌های شاخه‌زاد، دانه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد بلوط ایرانی در پژوهش پیش‌رو به ترتیب ۵/۳۵، ۵/۰۲ و ۵/۰۶ محاسبه شد. براین اساس، توده شاخه‌زاد به‌طور معنی‌داری، تنوع بیشتری نسبت به دو توده دیگر داشت. این موضوع می‌تواند ناشی از حضور توده‌های شاخه‌زاد در ارتفاعات پایین‌تر و در نتیجه، امکان استقرار گونه‌های بیشتر در دمای گرم‌تر باشد. مقدار شاخص سیمپسون که مبنایی برای وفور گونه است، در توده‌های شاخه‌زاد، دانه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد بلوط ایرانی به ترتیب ۰/۹۷۶، ۰/۹۷۳ و ۰/۹۷۵ به‌دست آمد. با توجه به عدم معنی‌داری تفاوت بین این عددها، نتایج مذکور بیانگر وضعیت مشابه توده‌های مورد مطالعه از نظر شاخص سیمپسون بودند. در تحلیل پوشش گیاهی بستر جنگل‌های زاگرس، مقادیر متوسط شاخص شانون‌وینر و سیمپسون به ترتیب ۱/۵ و ۰/۶۷ گزارش شد (Ravanbakhsh *et al.*, 2024). مقایسه این یافته‌ها با نتایج پژوهش پیش‌رو بیانگر تنوع گونه‌ای بیشتر در منطقه مورد مطالعه نسبت به میانگین شاخص‌های فوق در جنگل‌های زاگرس است. مقادیر شاخص تنوع شانون‌وینر و سیمپسون بین توده‌های جنگلی الندان در شهرستان ساری، اختلاف معنی‌داری داشتند (Moslemi Seyed Mahalle *et al.*, 2020). این یافته‌ها با نتایج پژوهش پیش‌رو مبنی بر اختلاف معنی‌دار توده‌ها از نظر شاخص تنوع شانون‌وینر مطابقت دارد، اما از نظر شاخص تنوع سیمپسون در تضاد هستند. معنی‌داری اختلاف توده‌های جنگلی از نظر شاخص تنوع شانون‌وینر در

تنوع زیستی در جنگل‌ها، اهمیت زیادی دارد و مدیریت صحیح این بوم‌سازگان‌ها برای حفظ آن ضروری است. با توجه به اثرات منفی ناشی از فعالیت‌های انسانی، نیاز به توجه بیشتر به حفاظت از تنوع زیستی احساس می‌شود تا بتوان از مزایای آن برای نسل‌های آینده بهره‌برداری کرد. به‌طور کلی، حفاظت از تنوع زیستی در توده‌های جنگلی نه تنها به حفظ تعادل بوم‌شناختی کمک می‌کند، بلکه تأثیر مثبتی بر کیفیت خاک و سلامت کلی بوم‌سازگان دارد، بنابراین مدیریت مناسب منابع طبیعی برای حفظ و افزایش تنوع زیستی ضروری است (Yu & Sun, 2013). در توده‌های جنگلی، تغییرات پوشش گیاهی (ترکیب و تنوع زیستی زیراشکوب) تحت تأثیر اشکوب فوقانی و درختی قرار می‌گیرد (Esmailzadeh & Hosseini, 2007). به همین منظور در پژوهش پیش‌رو، تنوع زیستی در توده‌های بلوط ایرانی بررسی شد. با توجه به تأثیر درختان در توده‌های مختلف جنگلی بر تنوع گونه‌های علفی کف جنگل، آگاهی از وضعیت تنوع گونه‌ای می‌تواند به جنگل‌شناسان در اعمال دخالت‌های مؤثر در جنگل کمک کند. در منطقه مورد مطالعه، ۱۴۵ گونه از گیاهان آوندی متعلق به ۳۵ تیره و ۱۰۴ جنس شناسایی شد. تیره Asteraceae با ۱۶ جنس و ۱۹ گونه و تیره Fabaceae با ۱۲ جنس و ۲۴ گونه، بیشترین تنوع را در منطقه مورد مطالعه به‌خود اختصاص دادند. Nemati Paykani و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه فلورستیکی گیاهان آوندی در کوهستان قلاجه نیز این دو تیره را به‌عنوان بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهان آوندی منطقه معرفی کردند. همچنین، در بررسی فلورستیک نواکوه در

آسان، برخی از گونه‌ها از جمله گونه‌های جنس *Bromus* در زیراشکوب بیشتر قطعه‌نمونه‌ها غالب بود. همین موضوع به احتمال زیاد سبب شاخص‌های یکنواختی کم در توده شاخه‌زاد نسبت به دو توده دیگر شده است. وجود عوامل محدودکننده رشد گیاهان، یکی از علت‌های کاهش شاخص‌های یکنواختی در برخی جنگل‌ها است (Khazani *et al.*, 2022). البته تفاوت شاخص‌های ذکر شده در توده‌های مورد نظر پژوهش پیش‌رو، به حدی نبود که این اختلاف، معنی‌دار باشد. در توده شاخه‌زاد، شاخص پیت با قطر برابر سینه، سطح مقطع، مساحت تاج و ضریب قدکشیدگی درختان، در توده شاخه و دانه‌زاد با ضریب قدکشیدگی درختان و در توده دانه‌زاد با ارتفاع و قطر برابر سینه، ارتباط معنی‌داری نشان داد. شاخص یکنواختی هیل نیز در توده شاخه‌زاد با مساحت تاج و سطح مقطع، در توده شاخه و دانه‌زاد با قطر برابر سینه، سطح مقطع، مساحت تاج و ارتفاع درختان و در توده دانه‌زاد با مساحت تاج، ارتباط معنی‌داری داشت.

یکی دیگر از مؤلفه‌های اساسی ارزیابی تنوع زیستی، بررسی غنای گونه‌ای است. بوم‌سازگان‌هایی که غنای گونه‌ای بیشتری دارند، اغلب از پایداری و تاب‌آوری بیشتری در برابر تغییرات محیطی برخوردار هستند (Mesdaghi, 2005). در مقابل، بوم‌سازگان‌های با غنای گونه‌ای کمتر به‌طور معمول آسیب‌پذیرتر و حساس‌تر به تغییرات محیطی هستند. از جمله شاخص‌های مهم غنای گونه‌ای می‌توان به شاخص‌های من‌هنیک (Menhinick) و مارگالف (Margalef) اشاره کرد. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که مقدار شاخص غنای مارگالف در توده‌های شاخه‌زاد، دانه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد بلوط ایرانی به ترتیب ۱۵/۶۷ و ۱۳/۸۷، ۵/۲۸ و ۴/۸۳ و ۵/۲۶ به دست آمد. هرچند اختلاف شاخص‌های غنای گونه‌ای بین توده‌های مختلف معنی‌دار نبود، اما همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، توده‌های شاخه‌زاد در منطقه مورد مطالعه اغلب در ارتفاع‌های پایین قرار دارند، بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش دما در غنای گونه‌ای بیشتر

جنگل‌های زاگرس شمالی نیز گزارش شد (Haidari & Haidari, 2013).

در توده شاخه‌زاد، شاخص تنوع شانون‌وینر تحت تأثیر قطر برابر سینه، سطح مقطع و مساحت تاج درختان قرار داشت (جدول ۸). در میان این ویژگی‌ها، اثر سطح تاج درختان بر تنوع پوشش کف جنگل بیشتر مشهود بود. هیچ ارتباط معنی‌داری بین ویژگی‌های ساختاری توده با شاخص تنوع سیمپسون یافت نشد. طبق جدول ۹، در توده شاخه و دانه‌زاد، شاخص تنوع شانون‌وینر فقط تحت تأثیر مساحت تاج قرار داشت ($p < 0.05$)، در حالی که در توده دانه‌زاد، همه ویژگی‌های ساختاری، ارتباط معنی‌داری با شاخص شانون‌وینر نشان دادند (جدول ۱۰). همچنین در همین توده، شاخص تنوع سیمپسون تحت تأثیر قطر برابر سینه، ارتفاع و سطح مقطع قرار داشت.

در پژوهش‌های تنوع زیستی، شاخص‌های یکنواختی برای ارزیابی نحوه توزیع گونه‌ها در جوامع زیستی، کاربرد فراوانی دارند. این شاخص‌ها به‌ویژه برای مقایسه جوامع زیستی مختلف و بررسی توزیع متوازن یا نامتوازن گونه‌ها در بوم‌سازگان‌های مختلف استفاده می‌شوند (Hill, 1973; Pielou, 1966). در میان شاخص‌های متعدد، شاخص‌های یکنواختی هیل (Hill's Evenness) و پیت (Pielou's Evenness) معروف‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها هستند. در توده‌های مورد بررسی، مقدار شاخص یکنواختی پیت در توده‌های شاخه‌زاد، دانه‌زاد و شاخه و دانه‌زاد بلوط ایرانی به ترتیب ۱/۱۸۳، ۱/۱۹۲ و ۱/۱۷۶ محاسبه شد. بر این اساس، مقدار شاخص فوق در توده دانه‌زاد نسبت به توده‌های دیگر بیشتر بود. همچنین، مقادیر شاخص هیل برای توده‌های فوق به ترتیب ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۲۵، ۰/۰۰۲۱ به دست آمد. بنابراین این شاخص در توده دانه‌زاد با اختلاف اندکی نسبت به دو توده دیگر بیشتر بود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که حضور گونه‌های علفی غالب در زیراشکوب جنگل دانه‌زاد نسبت به دو توده دیگر کمتر بود. در نتیجه، مقدار شاخص‌های یکنواختی آن، عدد بیشتری به دست آمد. در توده شاخه‌زاد به دلایلی مانند تخریب و بهره‌برداری بیشتر به‌واسطه دسترسی

دانه‌زاد با ارتفاع درختان، ارتباط معنی‌داری داشت. به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که توده‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص تنوع شانون‌وینر بایکدیگر، اختلاف معنی‌دار داشتند، اما تفاوت توده‌ها از نظر شاخص تنوع سیمپسون و شاخص‌های یکنواختی و غنای گونه‌ای معنی‌دار نبود، بنابراین در پژوهش‌های جنگل‌شناسی و مدیریت جنگل به‌منظور دخالت در ترکیب و افزایش تنوع گونه‌ای می‌توان برنامه‌ای به‌نسبت یکسان برای آن‌ها تدوین کرد. با توجه به چرای مفرط دام در جنگل‌های زاگرس پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، تفاوت تنوع گونه‌ای زیراشکوب جنگل در توده‌های با چرای مفرط، چرای متوسط و قرق‌شده بررسی شود.

آن‌ها بی‌تأثیر نبوده است. Mirzaei و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی در جنگل‌های ایلام نیز به این موضوع اشاره کردند. نتایج پژوهش Haidari و Haidari (۲۰۱۳) در جنگل‌های مریوان بیانگر تفاوت معنی‌دار شاخص غنای مارگالف بین توده‌های جنگلی بود. بررسی ارتباط دو شاخص غنای گونه‌ای با ویژگی‌های ساختاری در توده‌های مورد نظر پژوهش پیش‌رو نشان داد که شاخص غنای مارگالف در توده شاخه‌زاد، ارتباط معنی‌داری با مساحت تاج و ارتفاع درختان دارد، اما این شاخص در توده‌های شاخه و دانه‌زاد و دانه‌زاد با مؤلفه‌های ساختاری، ارتباط معنی‌داری نشان نداد. شاخص غنای مهنیک نیز در توده شاخه‌زاد با مساحت تاج و ارتفاع، در توده شاخه و دانه‌زاد با ضریب قدکشیدگی و در توده

References

- Akhavan, R., Khanhasani, M. and Khodakarami, Y., 2018. Spatial patterns and inter-specific competition of three oak species in the Baneh forests of western Iran. *Forest and Wood Products*, 71(2): 149-159 (In Persian with English summary).
- Assadi, M., 1988-2018. *Flora of Iran* (Vols. 1-149). Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran (In Persian).
- Dehshiri, M.M., Jalilian, N. and Tahmasebi, G., 2017. Floristic study in Nova (Noor) mountain, Kermanshah province. *Iranian Journal of Plant Biology*, 9(3): 95-108 (In Persian with English summary).
- Esmailzadeh, O. and Hosseini, S.M., 2007. The relationship between plants ecological groups and plant biodiversity indices in Afratakhteh Yew (*Taxus baccata* L.) reserved area. *Journal of Environmental Studies*, 33(43): 21-30 (In Persian with English summary).
- Esmailzadeh, O., Rahnamazadeh, R. and Amini, T., 2025. Ecological group classification of Crimean juniper (*Juniperus excelsa* M.Bieb.) in Haraz Valley, Northern Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 33(1): 18-35 (In Persian with English summary).
- Fattahi, M., 1994. *The Study of Zagros' Oak Forests and the Most Important Factors of Its Destruction*. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 64p (In Persian).
- Haidari, M. and Haidari, R.H., 2013. Examination of species of plant diversity in the different forest type in the northern Zagros forests (Case study: Marivan, Gomarlang district). *Natural Ecosystems of Iran*, 3(4): 1-15 (In Persian with English summary).
- Hill, M.O., 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2): 427-432.
- Kardgar, N., Rahmani, R., Zare, H. and Ghorbani, S., 2021. Species diversity of trees and forest floor plants in oriental beech forest types of Shastkalate Educational and Research Forest, Gorgan. *Ecology of Iranian Forests*, 8(16): 125-135 (In Persian with English summary).
- Khazani, M.A., Alijanpour, A., Motamedi, J., Sheidai Karkaj, E., 2022. The effect of forest canopy on diversity of understory vegetation (Case study: Nejadreh Reservoir, Urmia, West Azerbaijan). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 35(2): 274-292 (In Persian with English summary).
- Lavorel, S. and Garnier, E., 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16: 545-556.
- Lindenmayer, D.B., Manning, A.D., Smith, P.L., Possingham, H.P., Fischer, J., Oliver, I. and McCarthy, M.A., 2002. The focal-species approach and landscape restoration: a critique. *Conservation Biology*, 16(2): 338-345.
- Margalef, M., 1958. *Information theory in ecology*. *General Systematics*, 3: 36-71.
- Marvie Mohadjer, M.R., 2005. *Silviculture*. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 387p (In Persian).

- Menhinick, E.F., 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45: 859-861.
- Mesdaghi, M., 2005. *Plant Ecology*. Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran, 187p (In Persian).
- Mirazadi, Z., Pilehvar, B., Jafari Sarabi, H. and Nadi, H. 2023. Assessing the plant communities changes by effects of vegetation type, physiography and soil in central Zagros forest. *Ecology of Iranian Forests*, 10(20): 43-51 (In Persian with English summary).
- Mirzaei, J., Akbarinia, M., Hosseini, S.M. and Kohzadi, M., 2008. Biodiversity comparison of woody and ground vegetation species in relation to environmental factors in different aspects of Zagros forest. *Environmental Sciences*, 5(3): 85-94 (In Persian with English summary).
- Morais, J.M. and Cianciaruso, M.V., 2014. Plant functional groups: scientometric analysis focused on removal experiments. *Acta Botanica Brasilica*, 28(4): 502-511.
- Moslemi Seyed Mahalle, S.M., Jalali, S.G., Hojjati, S.M. and Kooch, Y., 2020. The effect of different forest types on soil properties and biodiversity of grassland cover and regeneration in central Hyrcanian forests (Case study: Seri-Alandan-Sari). *Ecology of Iranian Forests*, 7(14): 10-21 (In Persian with English summary).
- Mozaffarian, V., 2008. *Flora of Ilam*. Published by Farhang Moaser, Tehran, Iran, 936p (In Persian).
- Nemati Paykani, M.N., Ejtehadi, H., Asri, Y. and Esmailzadeh, O., 2021. A floristic study of vascular plants in the Qalajeh Protected Area in Kermanshah Province. *Taxonomy and Biosystematics*, 13(3): 59-92 (In Persian with English summary).
- Nilsson, M.C. and Wardle, D.A., 2005. Understory vegetation as a forest ecosystem driver: evidence from the northern Swedish boreal forest. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3: 421-428.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13(2): 131-144.
- Ravanbakhsh, H., Pourhashemi, M., Hamzeh'ee, B., Rashidi, F., Iranmanesh, Y., Bordbar, S.K., ... and Rahimi, H., 2024. Analysis of ground vegetation of Zagros forests using monitoring plots. *Journal of Forest and Wood Products*, 77(2): 153-171 (In Persian with English summary).
- Rechinger, K.H. (Ed.), 1963-2015. *Flora Iranica*, Vols. 1-181. Akademische Druck und Verlagsanstalt, Verlag des Naturhistorischen Museum Wien, Graz and Wien, Austria.
- Ricklefs, R.E., 2004. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters*, 7: 1-15.
- Sagheb-Talebi, Kh., Sajedi, T. and Yazdian, F., 2004. *Forests of Iran*. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 56p (In English and Persian).
- Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA, 132p.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Smith, F., 1996. Biological diversity, ecosystem stability and economic development. *Ecological Economics*, 16: 191-203.
- Suchar, V.A. and Crookston N.L., 2010. Understory cover and biomass indices predictions for forest ecosystems of the Northwestern United States. *Ecological Indicators*, 10(3): 602-609
- Sutherland, W.J., Freckleton, R.P., Godfray, H.C.J., Beissinger, S.R., Benton, T., Cameron, D.D., ... and Wiegand, T., 2013. Identification of 100 fundamental ecological questions. *Journal of Ecology*, 101(1): 58-67.
- Trigas, P., Panitsa, M. and Tsiftsis, S., 2013. Elevational gradient of vascular plant species richness and endemism in Crete – The effect of post-isolation mountain uplift on a continental island system. *PLoS ONE*, 8(3): e59425.
- Waite, S., 2000. *Statistical Ecology in Practice: A Guide to Analysing Environmental and Ecological Field Data*. Prentice Hall, Harlow, England, 414p.
- Yazdi Samadi, B., Rezaei, A. and Valizadeh, M., 2004. *Statistical Designs in Agricultural Research*. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 764p (In Persian).
- Yu, M. and Sun, O.J., 2013. Effects of forest patch type and site on herb-layer vegetation in a temperate forest ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 300: 14-20.