Journal of Range & Watershed Management

https://jrwm.ut.ac.ir/ Volume 79 (2)

Prolonged Assessment of Plant Species Diversity and Richness Indices in the Jishabad Rangeland (Tarom County, Iran)

Farhad Aghajanlou* | **Peyman Akbarzadeh**

Forest and Rangeland Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Zanjan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran.
Correspond E-mail: faghajanloo@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 19 Sep. 2025
Revised: 24 Oct. 2025
Accepted: 27 Oct. 2025
Published online: 01 Jul. 2026

Keywords:
Diversity and Richness Indices,
Exclosure Management,
Long-term Vegetation Monitoring,
Plant Biodiversity,
Iranian–Turanian Rangeland.

Abstract

Rangelands, as one of the vital ecosystems in Iran's arid and semi-arid regions, play a crucial role in biodiversity conservation, soil erosion prevention, and forage supply. In recent years, anthropogenic pressures such as overgrazing and climate change have led to the decline in species diversity and the ecological degradation of rangelands. This study aimed to investigate the trends of plant species diversity and richness indices from 2021 to 2023 (corresponding to 1400–1402 in the Iranian calendar) in the Jishabad rangeland site of Tarom County. For this purpose, a systematic sampling design was applied, in which four main plots (each 10×10 m) were randomly selected within a one-hectare study site. In each main plot, four subplots of 1×1 m were established. Field measurements were conducted during the peak growth season (May–June) over three consecutive years. In each subplot, data on species composition, life form, percentage cover of vegetation, litter, moss, bare soil, gravels, and erosion intensity were recorded. Species identification was conducted using reliable floristic references for Iranian flora. Diversity indices including richness (Margalef and Menhinick), evenness (Pielou), and diversity (Shannon–Wiener and Simpson) were calculated and analyzed using appropriate parametric and non-parametric statistical methods. The results revealed that biodiversity indices varied significantly across the study years. Results showed significant increases in biodiversity indices over the study period (2021–2023): the mean number of species per subplot rose from 5.69 in 2021 to 7.75 in 2023 ($P < 0.01$); the Shannon–Wiener index increased from 1.62 to 1.96, and the Simpson index from 0.16 to 0.83 These changes, accompanied by a 10% reduction in bare soil cover and increased perennial plant frequency, were likely driven by grazing management, natural exclosure, and favorable climatic conditions.

Cite this article: Aghajanlou, F., Akbarzadeh, P. (2026). Prolonged Assessment of Plant Species Diversity and Richness Indices in the Jishabad Rangeland (Tarom County, Iran). *Journal of Range & Watershed Management*, 79 (2), 147-168. DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2025.398912.1845

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Rangelands, especially those situated within the Irano-Turanian region, are among the most critical ecosystems in Iran's arid and semi-arid zones. These ecosystems not only sustain a significant portion of the country's biodiversity but also provide vital ecological services, including forage production, soil erosion control, and ecosystem stability. However, over the past decades, intensified anthropogenic pressures such as overgrazing, unsustainable land use practices, and climate variability have led to degradation of rangeland vegetation and a reduction in biodiversity indices. Monitoring biodiversity dynamics and understanding the driving factors behind changes in vegetation structure are thus vital for the long-term sustainability of these ecosystems. Diversity and richness indices, such as Shannon-Wiener, Simpson, Margalef, Menhinick, and Pielou's evenness, are widely used to evaluate the ecological health of plant communities. These indices not only reflect species composition and distribution but are also sensitive indicators of ecological disturbances and management impacts. Recent studies emphasize the role of conservation practices, especially livestock exclosure and grazing intensity reduction, in enhancing vegetation diversity in degraded rangelands. Given the ecological and socioeconomic importance of rangelands in northwestern Iran, the present research was conducted to assess the temporal changes in species richness and diversity from 2021 to 2023 in the Jishabad rangeland of Tarom County. This study aims to provide a scientific basis for formulating effective rangeland management strategies tailored to dryland ecosystems.

Materials and Methods: The study was conducted in the Jishabad rangeland, located in the southern foothills of the Alborz Mountains, Zanjan Province. The site lies at approximately 36°58'N and 48°44'E with an average elevation of 2100 m above sea level. The climate is classified as cold semi-arid with an annual mean precipitation of 350 mm and a mean annual temperature of 10°C. Vegetation is dominated by Juniperus excelsa in association with herbaceous and shrubby species. A systematic-random sampling approach was used over a 1-hectare plot. Four main plots (10×10 m) were randomly located across the site. Each main plot contained four 1×1 m subplots arranged in a grid pattern. Vegetation data were collected during the peak growing season (May–June) from 2021 to 2023. The recorded variables included species composition, plant life forms, percentage cover of green vegetation, litter, moss, bare soil, gravel, and erosion intensity. Species were identified using standard floristic references (Assadi et al. 1988–2018). Erosion was visually classified into four categories (none, low, moderate, severe). All fieldwork was conducted by a consistent, trained team to minimize observer bias. Biodiversity indices were calculated, including species richness using Margalef and Menhinick indices, species diversity using Shannon–Wiener and Simpson indices, and evenness using Pielou's index. Data normality was tested using the Kolmogorov-Smirnov test. Repeated Measures ANOVA was applied to normally distributed data, while Friedman's test was used for non-parametric analysis. Statistical analyses were conducted using SPSS; PAST and Excel were used for diversity computations and graphical visualization.

Results and Discussion: The results revealed significant interannual variations in species diversity and richness indices between 2021 and 2023. The average number of species per subplot increased from 5.69 in 2021 to 7.75 in 2023. Likewise, the Margalef and Menhinick indices showed notable upward trends, indicating improved richness. The Shannon–Wiener index rose from 1.62 in 2021 to 1.96 in 2023, while the Simpson index increased from 0.16 to 0.83, signifying a more balanced distribution of species and reduced dominance by a few species. These trends were accompanied by a decrease in bare soil cover and an increase in perennial plant frequency, suggesting ecological recovery facilitated by conservation practices. The discussion highlights that proper grazing management, including the implementation of natural exclosures, played a crucial role in enhancing biodiversity. Improved climatic conditions, such as favorable rainfall and temperature patterns during the growing seasons, likely contributed to the positive vegetation response. The study also supports previous findings indicating that semi-arid rangelands are responsive to low-impact management interventions. Ecological interpretation of these findings suggests a shift toward a more stable and resilient vegetation structure, with increased functional diversity and reduced vulnerability to disturbance. The significance of multi-year monitoring and appropriate sampling scale (1×1 m) is emphasized for capturing vegetation dynamics accurately.

Conclusion: The findings demonstrate that plant species diversity and richness indices in the Jishabad rangeland improved over the 2021–2023 period due to the combined effects of management practices and climatic conditions. Increases in Shannon–Wiener and Menhinick indices, along with the reduced presence of bare soil and dominance of annual species, signal an ecological shift toward more stable and diverse plant communities. This study highlights the

effectiveness of livestock exclusion and reduced grazing pressure in restoring degraded rangelands. The use of standard biodiversity metrics, combined with appropriate statistical methods and long-term monitoring, provides robust data for evaluating rangeland health. It is recommended that such management practices be adopted widely in arid and semi-arid regions to promote ecological resilience and biodiversity conservation.

Keywords: Diversity and Richness Indices, Exclosure Management, Long-term Vegetation Monitoring, Plant Biodiversity, Iranian–Turanian Rangeland.

Article Type: Research

Acknowledgement: This research was conducted as part of a provincial research project funded and supported by the Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO) and the Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. The project was implemented under the supervision and coordination of the first author as the principal investigator. The authors gratefully acknowledge the support and facilities provided by the mentioned organizations throughout the research process.

Conflicts of interest: The authors declare no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

نشریه مرتع و آبخیزداری

دوره ۷۹ (۲)

شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۵-۲۴۲۳

تحلیل روند تغییرات شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای گیاهی در مراتع ناحیه ایرانی–تورانی (مطالعه موردی: سایت جیش‌آباد، شهرستان طارم)

فرهاد آقاجانلو* | پیمان اکبرزاده

گروه جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران.

رایانامه: faghajanloo@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۱۰

کلیدواژه‌ها:
پایش بلندمدت پوشش گیاهی،
تنوع زیستی گیاهی،
شاخص‌های تنوع و غنا،
مراتع ایرانی- تورانی،
مدیریت قرق.

چکیده

مراتع به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های حیاتی در ناحیه خشک و نیمه‌خشک ایران، نقش کلیدی در حفاظت از تنوع زیستی، جلوگیری از فرسایش خاک و تأمین علوفه ایفا می‌کنند. در سال‌های اخیر، فشارهای انسانی ازجمله چرای مفرط و تغییرات اقلیمی سبب کاهش تنوع گونه‌ای و تخریب ساختار اکولوژیکی مراتع شده است. هدف از این پژوهش، بررسی روند تغییرات شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای گیاهی در طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ در سایت مرتعی جیش‌آباد شهرستان طارم است. در این راستا، با استفاده از طرح نمونه‌برداری سیستماتیک، چهار قطعه‌نمونه اصلی در سطح یک هکتار از منطقه به‌طور تصادفی انتخاب و در هر قطعه‌نمونه، چهار ریز پلات به ابعاد ۱×۱ متر تعبیه شد. عملیات میدانی طی سه سال متوالی در فصل اوج رشد (اردیبهشت تا خرداد) انجام گرفت. در هر پلات کوچک، ترکیب فلور، فرم‌های زیستی، درصد پوشش گیاهان، میزان لاشبرگ، خزه، خاک لخت، سنگ‌ریزه و شدت فرسایش ثبت شد. شناسایی گونه‌ها با استفاده از منابع معتبر فلور ایران و کلیدهای شناسایی انجام گرفت. سپس شاخص‌های غنا (مارگالف و منهینیک)، یکنواختی (پیلویو) و تنوع (شانون–وینر و سیمپسون) محاسبه و با روش‌های آماری پارامتریک و نا پارامتریک تجزیه‌وتحلیل شدند. نتایج نشان داد که شاخص‌های تنوع زیستی طی دوره مطالعه (۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲) به‌طور معنی‌داری افزایش یافته‌اند: میانگین تعداد گونه‌ها در هر ریزپلات از ۵/۶۹ در سال ۱۴۰۰ به ۷/۷۵ در سال ۱۴۰۲ ($P < 0.01$) رسید؛ شاخص شانون–وینر از ۱/۶۲ به ۱/۹۶ و شاخص سیمپسون از ۰/۱۶ به ۰/۸۳ افزایش یافت. این تغییرات همراه با کاهش ۱۰ درصدی خاک لخت و افزایش فراوانی گیاهان چندساله بود که احتمالاً ناشی از مدیریت چرا، قرق طبیعی و شرایط اقلیمی مساعد است.

استناد: آقاجانلو؛ فرهاد، اکبرزاده؛ پیمان (۱۴۰۵). تحلیل روند تغییرات شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای گیاهی در مراتع ناحیه ایرانی–تورانی (مطالعه موردی: سایت جیش‌آباد، شهرستان طارم). *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۷۹ (۲)، ۱۶۸-۱۴۷.

DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2025.398912.1845

ناشر : انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

مراتع به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی، در حفظ تعادل زیستی، جلوگیری از فرسایش خاک، تأمین منابع علوفه و حمایت از تنوع زیستی نقش مهمی دارند. این اکوسیستم‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ناحیه ایرانی–تورانی که بخش وسیعی از ایران را پوشش می‌دهد، از تنوع گیاهی منحصربه‌فرد و اهمیت اکولوژیکی بالایی برخوردارند. بااین‌حال، چرای مفرط، بهره‌برداری ناپایدار، تغییرات اقلیمی و دخالت‌های انسانی باعث تخریب مراتع و تهدید تنوع زیستی آن‌ها شده است (رستم پور[۱]، ۲۰۲۴؛ اکبرزاده و نیکو، ۱۴۰۱) بررسی شاخص‌های کلیدی مانند تنوع و غنای گونه‌ای گیاهی برای پایش اکوسیستم‌ها و ارائه راهکارهای مدیریتی ضروری است. این شاخص‌ها از ابزارهای مهم ارزیابی سلامت و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی و نیمه‌طبیعی هستند و تحلیل روند تغییرات آن‌ها امکان بررسی تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی، از جمله تغییرات اقلیمی، چرای دام، تغییر کاربری اراضی و حفاظت محیط‌زیست بر ساختار و عملکرد جوامع گیاهی را فراهم می‌کند. شاخص‌هایی مانند شانون–وینر، سیمپسون، مارگالف، منهینیک و پیلو، هر یک با حساسیت خاص نسبت به تعداد گونه‌ها، فراوانی نسبی و یکنواختی پراکنش گونه‌ها، بسته به هدف پژوهش و شرایط اکولوژیکی منطقه انتخاب می‌شوند (ماگوران[۲]، ۲۰۰۴؛ زارع چاهوکی، ۲۰۱۳).

مطالعات نشان داده‌اند که عوامل محیطی مانند ارتفاع، شیب، رطوبت خاک و دمای فصل رشد تأثیر قابل‌توجهی بر شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای دارند؛ به‌عنوان مثال، با افزایش ارتفاع معمولاً غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد (چی و همکاران[۳]، ۲۰۰۵؛ نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین عوامل مدیریتی و انسانی نظیر شدت چرای دام، تغییر کاربری اراضی و سطح حفاظت محیط‌زیست نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش یا کاهش این شاخص‌ها دارند، به‌طوری که چرای شدید دام باعث کاهش غنا و تنوع گونه‌ای و حفاظت محیط‌زیست منجر به حفظ یا افزایش آن می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸؛ دورنالس و همکاران[۴]، ۲۰۱۴؛ اکبرزاده و همکاران[۵]، ۲۰۲۵). مقیاس نمونه‌برداری نیز تأثیر مهمی بر مقادیر به‌دست‌آمده دارد و استفاده از پلات‌های هم‌مرکز یا چند مقیاسی دقت ارزیابی را افزایش می‌دهد (گورویچ و همکاران[۶]، ۲۰۱۸؛ فخار ایزدی و کشتکار[۷]، ۲۰۲۰). مطالعات متاآنالیز جهانی نشان داده‌اند که تغییرات غنای گونه‌ای در مقیاس محلی طی دهه‌های اخیر عمدتاً ثابت بوده، اما عوامل اختلال‌زا مانند آتش‌سوزی، تغییرات اقلیمی و ورود گونه‌های مهاجم باعث نوسانات محلی می‌شوند (دورنالس و همکاران[۸]، ۲۰۱۴؛ ولند و همکاران[۹]، ۲۰۱۳). در ایران نیز پژوهش‌های متعددی بر مراتع، جنگل‌ها و مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام‌شده که نقش عوامل اقلیمی، مدیریتی و محیطی در تغییرات شاخص‌های تنوع و غنا را تأیید می‌کنند (زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۹۲؛ نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۶).

تنوع زیستی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پایداری اکوسیستم‌های مرتعی است که نه‌تنها وضعیت پوشش گیاهی، بلکه توان اکوسیستم را در مقابله با تنش‌ها نشان می‌دهد (دینارووند و همکاران[۱۰]، ۲۰۲۱). افزایش تنوع گونه‌ای به ثبات و پایداری در مقابل تنش‌هایی مانند خشک‌سالی و چرای سنگین می‌انجامد (مک کان[۱۱]، ۲۰۰۰؛ مصداقی[۱۲]، ۲۰۱۸). شاخص‌های متنوعی مانند شانون، سیمپسون، مارگالف و منهینیک برای ارزیابی تنوع زیستی استفاده می‌شوند (اجتهادی و همکاران[۱۳]، ۲۰۰۸)؛ که هر یک حساسیت متفاوتی نسبت به غنا و فراوانی گونه‌ها دارند (آذرنیوند[۱۴] و زارع چاهوکی[۱۵]، ۲۰۱۱). شاخص‌های هیل (N0، N1، N2) و ترکیبی مانند ارزش اهمیت نسبی گونه‌ها (IVI) نیز

[1] Rostampour
[2] Magurran
[3] Che
[4] Dornelas
[5] Akbarzade
[6] Gurevitch
[7] Fakhar Izadi & Keshtkar
[8] Dornelas
[9] Vellend
[10] Dinarvand
[11] McCann
[12] Mesdaghi
[13] Ejtehadi
[14] Azarnivand
[15] Zare Chahouki

برای درک بهتر ساختار گیاهی توصیه می‌شوند (هیل[1]، ۱۹۷۳؛ رستم پور[2]، ۲۰۲۴). یکی از رویکردهای مدیریتی مؤثر برای بهبود پوشش گیاهی و افزایش تنوع زیستی، مدیریت قرق است که با محدود کردن چرای دام، امکان بازسازی طبیعی پوشش گیاهی را فراهم می‌آورد. مطالعات مختلف در مناطق نیمه‌استپی ایران نشان داده‌اند که اعمال قرق باعث افزایش پوشش تاجی، بهبود ترکیب گیاهی، تولید علوفه و شاخص‌های شانون و سیمپسون شده است (فخیمی و همکاران[3]، ۲۰۲۳؛ حیدریان آقاخانی و همکاران[4]، ۲۰۱۱؛ خادم‌الحسینی، ۲۰۱۰؛ بنی هاشمی و همکاران، ۲۰۱۷). ترکیب گیاهی در مناطق قرق‌شده به سمت گیاهان چندساله، خوش‌خوراک و با ارزش اکولوژیکی بالا تغییر می‌کند، درحالی‌که در مناطق تحت چرای مفرط، گیاهان مقاوم به چرا یا یک‌ساله غلبه‌لند (بنی هاشمی و همکاران، ۲۰۱۷). اثر قرق بر شاخص‌های عملکردی مرتع نیز مشهود است و می‌تواند وضعیت مرتع را از ضعیف به متوسط یا خوب ارتقاء دهد، همراه با افزایش ماده آلی خاک، کاهش فرسایش و بهبود نفوذپذیری خاک (قربانی و همکاران[5]، ۲۰۲۱؛ تمرتاش[6]، ۲۰۱۲). همچنین، مناطق با تنوع گونه‌ای بالاتر، پایداری اکولوژیکی بیشتری دارند و در برابر تغییرات اقلیمی مقاوم‌ترند (ویلسون[7] و تیلمان[8]، ۲۰۰۲، کاوادا[9] و همکاران، ۲۰۱۲). انتخاب مقیاس مناسب نمونه‌برداری نیز حیاتی است. مطالعه قربان پور دلیوند (۲۰۲۳) نشان داد که مقیاس ۳ مترمربع به دلیل یکنواختی پوشش گیاهی، نتایج دقیق‌تری برای شاخص‌های تنوع ارائه می‌دهد. با توجه به اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی ناحیه ایرانی– تورانی و نقش حیاتی مراتع در تأمین امنیت غذایی و حفاظت از تنوع زیستی، بررسی روند تغییرات شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای در بازه‌های زمانی پیوسته ضرورت دارد؛ بنابراین، تحقیق حاضر باهدف تحلیل تغییرات این شاخص‌ها طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ در مراتع جیش‌آباد شهرستان طارم انجام شده و می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و اقدامات احیایی مانند قرق، بذرکاری و اصلاح پوشش گیاهی باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲–۱. معرفی منطقه موردمطالعه

منطقه جیش‌آباد در جنوب غربی شهرستان طارم، استان زنجان، در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز واقع‌شده است. این منطقه با موقعیت جغرافیایی تقریباً ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه طول شرقی، دارای ارتفاع میانگین حدود ۲۱۰۰ متر از سطح دریا است (شکل ۱). اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک سرد بوده و میانگین بارندگی سالانه آن حدود (۱۴۰۰–۱۴۰۲) ۳۴۳ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه در حدود ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد گزارش‌شده است (جدول ۱). پوشش گیاهی غالب این منطقه از تیپ جنگلی ارس[10] است که در ترکیب با گونه‌های علفی و درختچه‌ای، ساختار اکولوژیکی خاصی را شکل داده‌اند.

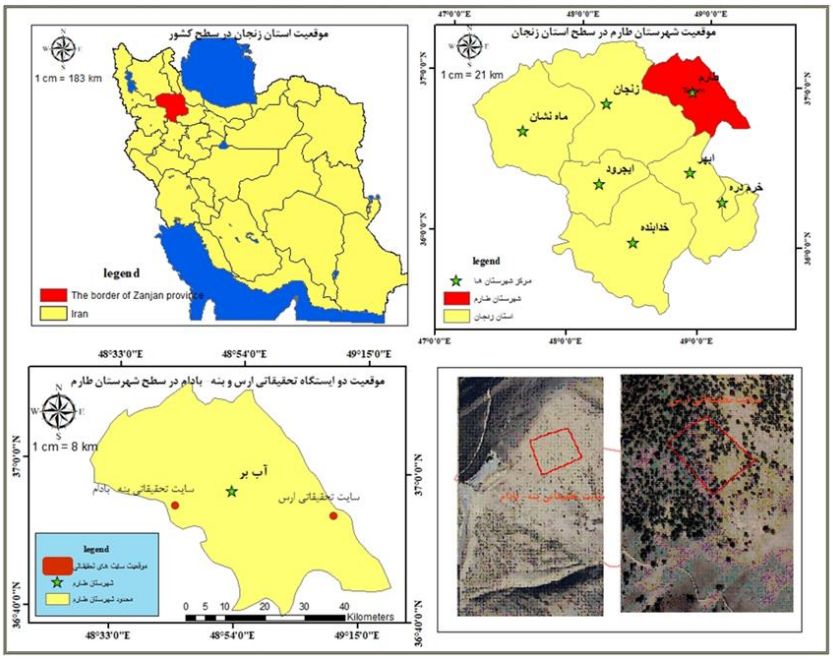
جدول (۱) تغییرات بارندگی و دما را در سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بارندگی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ کمتر از میانگین بلندمدت (۳۵۵ میلی متر) بوده، در حالی که در سال ۱۴۰۲ میزان بارندگی افزایش یافته و شرایط بهتری نسبت به دو سال قبل داشته است. میانگین دما طی این سه سال تغییر چندانی نداشته و تقریباً در محدوده میانگین بلندمدت باقی مانده است.

۲–۲. طراحی نمونه‌برداری

در این مطالعه، از طرح نمونه‌برداری سیستماتیک–تصادفی با الهام از روش‌های استاندارد مورداستفاده در مطالعات مشابه (قربان پور دلیوند و همکاران، ۲۰۲۳؛ رستم پور، ۲۰۲۴) استفاده شد. در سایت یک هکتاری جیش‌آباد، چهار پلات اصلی ۱۰×۱۰ متر (۱۰۰ مترمربع) به‌صورت تصادفی در نقاط مختلف منطقه مستقر گردید. داخل هر پلات اصلی، چهار ریز پلات ۱×۱ متر به‌صورت شبکه‌ای (با فاصله‌گذاری منظم) تعبیه

[1] Hill
[2] Rostampour
[3] Fakhimi
[4] Heydarian Aghakhani
[5] Ghorbani
[6] Tamartash
[7] Wilson
[8] Tilman
[9] Kawada
[10] Juniperus excelsa

شد (شکل ۲) تا اثر مقیاس نمونه‌برداری بر دقت داده‌ها کنترل شود و مشخصات این پلات‌ها در جدول (۲) آورده شده است. این طراحی مشابه روش‌های به‌کاررفته در مراتع شمال ایران (قربانپور دلیوند و همکاران، ۲۰۲۳) و مناطق خشک (دیناروند و همکاران، ۲۰۲۳) است.



شکل ۱. موقعیت منطقه موردمطالعه

جدول ۱. خصوصیات اقلیمی منطقه در سال های مطالعه

سال	بارندگی سالانه (میلی‌متر)	میانگین دمای بیشینه (درجه سانتی گراد)	میانگین دمای کمینه (درجه سانتی گراد)	میانگین دما (درجه سانتی گراد)
۱۴۰۰	۳۲۰	۱۴/۸	۲/۰	۱۱/۰
۱۴۰۱	۳۵۰	۱۵/۲	۱/۸	۱۰/۷
۱۴۰۲	۳۶۰	۱۵	۲/۵	۱۰/۳
میانگین (۱۴۰۰–۱۴۰۲)	۳۴۳	۱۵	۲/۱	۱۰/۷

شکل ۲. نمای از جنگل‌های ارس سایت جیش‌آباد و بررسی پوشش با استفاده از پلات‌های یک متری

جدول ۲. مشخصات قطعات نمونه‌ی ۱۰۰ مترمربعی سایت جیش‌آباد طارم – زنجان

شماره قطعه‌نمونه	مساحت (مترمربع)	نقطه ثبت مختصات	زون	طول و عرض جغرافیایی (متر)	درصد شیب	جهت (درجه)	ارتفاع (متر)
۱	۱۰۰	-	۳۹S	E:33 66 73 N:40 85 496	۱۳	جنوب	۲۰۷۳
۲	۱۰۰	-	۳۹S	E:33 66 13 N:40 85 496	۲۸	جنوب	۲۰۳۹
۳	۱۰۰	-	۳۹S	E:33 66 13 N:40 85 556	۳۶	جنوب غربی	۲۰۳۷
۴	۱۰۰	-	۳۹S	E:33 66 73 N:40 85 556	۲۶	جنوب غربی	۲۰۷۲

۲–۳. جمع‌آوری داده‌ها

برای گردآوری داده‌ها در هر ریزپلات ۱×۱ متری در سایت جیش‌آباد، اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک با دقت ثبت شد. درصد پوشش کل گیاهان سبز، شامل گونه‌های علفی و بوته‌ای، با استفاده از روش تخمین چشمی مطابق با استانداردهای ارائه‌شده توسط بونهام[1] (۲۰۱۳) اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، درصد پوشش خزه‌ها، لاشبرگ، خاک لخت و سنگ‌ها نیز به‌طور جداگانه ثبت گردید. شناسایی گونه‌های گیاهی بر اساس منابع معتبر فلور ایران (اسدی و همکاران[2]، ۱۹۸۸–۲۰۱۸) و با استفاده از کلیدهای شناسایی استاندارد انجام گرفت. همچنین، گونه‌ها بر اساس طبقه‌بندی فرم زیستی رانکایر[3] دسته‌بندی شدند تا ویژگی‌های زیستی آن‌ها دقیق‌تر بررسی شود. شدت فرسایش خاک در هر ریزپلات نیز بر اساس معیارهای بصری و با طبقه‌بندی در چهار سطح (بدون فرسایش، کم، متوسط و زیاد) مطابق روش‌های دیناروند و همکاران (۲۰۲۱) ارزیابی شد.

۲–۴. شرایط و ابزار کار

عملیات میدانی در این مطالعه طی فصل اوج رشد گیاهی، یعنی از اردیبهشت تا خرداد، در سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ انجام شد تا تأثیرات فصلی بر داده‌ها به حداقل برسد، رویکردی که در مطالعات مشابه مانند دیناروند و همکاران (۲۰۲۱) نیز توصیه شده است. تمام اندازه‌گیری‌ها توسط یک تیم آموزش‌دیده و ثابت انجام گرفت تا خطای ناشی از تفاوت بین نمونه‌برداران کاهش یابد. برای اطمینان از دقت و استاندارد بودن فرآیند نمونه‌برداری، از ابزارهای استاندارد مانند ترانسکت و پلات‌های ثابت استفاده شد، روشی که با استانداردهای ارائه‌شده توسط رستم‌پور (۲۰۲۴) همخوانی دارد.

۲–۵. تحلیل آماری

برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنف بررسی شد. برای داده‌هایی که توزیع نرمال داشتند، از تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری[4] برای مقایسه تغییرات سالانه شاخص‌های تنوع زیستی، شامل شاخص‌های شانون–وینر، سیمپسون، غنای مارگالف، غنای منهینیک و یکنواختی پیلو استفاده شد. به‌منظور مقایسه زوجی میانگین‌ها،

[1] Bonham
[2] Assadi et al
[3] Raunkiaer
[4] ANOVA

آزمون تعقیبی توکی به کار رفت. برای داده‌های با توزیع غیرنرمال، مانند شدت فرسایش خاک که به‌صورت رتبه‌ای ثبت شده بود، آزمون ناپارامتریک فریدمن اعمال شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار اس. پی. اس. اس[1] نسخه ۲۱ انجام گرفت. همچنین، برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی و ترسیم نمودارها، از نرم‌افزارهای اکسل نسخه ۲۰۱۶ و پست[2] نسخه ۴.۱۷ استفاده شد، رویکردی که با روش‌های به‌کاررفته در مطالعه دیناروند و همکاران (۲۰۲۱) سازگار است. برای بررسی تغییرات شاخص‌های تنوع زیستی طی سه سال، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو– ویلک[3] مورد بررسی قرار گرفت. در صورت نرمال بودن داده‌ها، از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری[4] استفاده شد. فرض کرویت داده‌ها با آزمون ماچلی[5] بررسی گردید و در مواردی که این فرض نقض می‌شد، از تصحیح گرینهوس–گایزر[6] استفاده گردید. برای داده‌هایی که توزیع نرمال نداشتند، آزمون ناپارامتری فریدمن به‌کار گرفته شد.

۲–۶. محاسبه شاخص‌های تنوع

جدول (۳) شاخص‌های تنوع زیستی پوشش گیاهی را همراه با فرمول محاسبه، ویژگی حساسیت هر شاخص و منابع مرجع مربوطه ارائه می‌دهد. شاخص‌ها شامل سیمپسون، شانون–وینر، غنای منهینیک، غنای مارگالف و یکنواختی پیلو هستند که هرکدام جنبه خاصی از ساختار و تنوع گونه‌ای جامعه گیاهی را ارزیابی می‌کنند.

جدول ۳. خلاصه شاخص‌های مورداستفاده

شاخص/ روابط	فرمول	حساسیت	منبع مرجع
سیمپسون	$1-\sum(pi)2$	گونه‌های غالب	Dinarvand et al. (2021)
شانون–وینر	$-\sum(pilnpi)$	گونه‌های نادر	Rostampour (2024)
غنای منهینیک	$S/\sqrt{N}$	حجم نمونه	Ghorbanpour Delivand et al. (2023)
غنای مارگالف	$(S-1)/\ln N$	غنای مستقل	Dinarvand et al. (2021)
یکنواختی پیلو	$H'/\ln S$	توزیع فراوانی	Rostampour (2024)

۳. یافته‌های پژوهش

۳–۱. فلور منطقه جیش آباد

در مجموع، در آماربرداری سه‌ساله، ۴۴ گونه گیاهی در سایت جیش آباد طارم – زنجان شناسایی شد که کلیه این گونه‌ها در داخل میکرو پلات‌ها (ریزقطعه– نمونه‌ها) ثبت شدند. تمامی تجزیه‌وتحلیل‌ها بر اساس گونه‌های ثبت‌شده در میکرو پلات‌ها صورت گرفت. این ۴۳ گونه به ۲۶ جنس و ۱۴ تیره گیاهی تعلق داشتند. تیره‌های *Poaceae* با ۹ گونه، *Lamiaceae* با ۸ گونه، *Asteraceae* با ۴ گونه، *Fabaceae* با ۳ گونه و تیره‌های دیگر مانند *Apiaceae* و *Brassicaceae* به ترتیب بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی منطقه موردمطالعه بودند (جدول ۴).

۳–۲. شاخص‌های تنوع زیستی سایت جیش‌آباد در سال ۱۴۰۰

در سال پایه مطالعه (۱۴۰۰)، میانگین تعداد گونه‌های گیاهی در هر ریز پلات ۱×۱ متری برابر با ۵/۶۹ گونه بود که نشان‌دهنده غنای گونه‌ای نسبتاً پایین در منطقه است. شاخص شانون– وینر با میانگین ۱/۶۲ بیانگر تنوع زیستی در سطح متوسط می‌باشد، هرچند این مقدار در بین پلات‌های مختلف از ۱/۲ تا ۲/۳ در نوسان بود. شاخص سیمپسون با میانگین ۰/۱۶ حکایت از تسلط نسبی برخی گونه‌های غالب در اکوسیستم دارد. مقادیر شاخص‌های غنای مارگالف (۱/۵۴) و منهینیک (۱/۲۲) نیز مؤید همین وضعیت هستند.

[1] SPSS
[2] PAST
[3] The Shapiro–Wilk test
[4] Repeated Measures ANOVA
[5] Mauchly's Test of Sphericity
[6] Greenhouse-Geisser correction

جدول ۴. فهرست گونه‌های گیاهی سایت جیش آباد

ردیف	نام علمی	تیره	شکل زیستی	سال های مطالعاتی		
				۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
۱	*Bromus tomentellus*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۲	*Bromus danthoniae*	Poaceae	Therophyte	–	–	❊
۳	*Bromus tectorum*	Poaceae	Therophyte	–	–	❊
۴	*Thymus kotschyanus*	Lamiaceae	Chamaephyte	*	*	*
۵	*Stachys lavandulifolia*	Lamiaceae	Chamaephyte	*	*	*
۶	*Elymus hispidus*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۷	*Cousinia calocephala*	Asteraceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۸	*Vinca herbacea*	Apocynaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۹	*Phlomis olivieri*	Lamiaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۱۰	*Onobrychis cornuta*	Fabaceae	Chamaephyte	*	*	*
۱۱	*Xeranthemum squarrsom*	Asteraceae	Therophyte	–	*	*
۱۲	*Heteranthelium piliferum*	Poaceae	Therophyte	*	*	*
۱۳	*Elymus libanoticus*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۱۴	*Festuca ovina*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۱۵	*Agropyron intermedium*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۱۶	*Centaurea aucheri*	Asteraceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۱۷	*Hypericum scabrum*	Hypericaceae	Hemicryptophyte	❊	–	–
۱۸	*Galium sp.*	Rubiaceae	Geophyte	*	–	–
۱۹	*Astragalus sp.*	Fabaceae	Chamaephyte	*	*	*
۲۰	*Eryngium bilardieri*	Apiaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۲۱	*Stipa hohenackeriana*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۲۲	*Acanthalimon festucaceum*	Plumbaginaceae	Chamaephyte	*	*	*
۲۳	*Marrubium cuneatum*	Lamiaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۲۴	*Echinops pungens Trautv.*	Asteraceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۲۵	*Salvia viridis*	Lamiaceae	Hemicryptophyte	*	–	–
۲۶	*Stipa barbata*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۲۷	*Poa bulbosa*	Poaceae	Hemicryptophyte	*	*	*
۲۸	*Alyssum sp.*	Brassicaceae	Hemicryptophyte	–	–	❊
۲۹	*Alyssum desertorum*	Brassicaceae	Therophyte	–	–	*
۳۰	*Cerasus microcarpa*	Rosaceae	Phanerophyte	–	–	*
۳۱	*Juniperus excelsa*	Cupressaceae	Phanerophyte	*	*	*
۳۲	*Falcaria vulgaris*	Apiaceae	Hemicryptophyte	–	–	❊
۳۳	*Astragalus tricholobus*	Fabaceae	Chamaephyte	*	*	*
۳۴	*Astragalus curvirostris*	Fabaceae	Hemicryptophyte	*	❊	❊
۳۵	*Tulipa humilis*	Liliaceae	Geophyte	–	–	*
۳۶	*Dactylis glomerata*	Poaceae	Hemicryptophyte	–	*	❊
۳۷	*Sisymbrium officinale*	Brassicaceae	Therophyte	–	*	*
۳۸	*Erodium sp.*	Geraniaceae	Therophyte	–	–	*
۳۹	*Salvia limbata*	Lamiaceae	Hemicryptophyte	–	*	*
۴۰	*Ziziphora tenuir*	Lamiaceae	Therophyte	*	*	*
۴۱	*Berberis orthobotrys*	Berberidaceae	Phanerophyte	❊	❊	❊
۴۲	*Crucianella gilanica*	Rubiaceae	Hemicryptophyte	–	*	–
۴۳	*Lonicera nummulariifolia*	Caprifoliaceae	Chamaephyte			❊
۴۴	*Salvia sp*	Lamiaceae	Hemicryptophyte	❊	❊	❊

نکته قابل‌توجه، مقدار نسبتاً مناسب شاخص یکنواختی پیلو (۰/۷۹) است که نشان می‌دهد توزیع افراد بین گونه‌های موجود تقریباً متعادل بوده است. در بین قطعات نمونه، قطعه ۱ با داشتن بالاترین مقادیر شاخص شانون (۱/۷۵) و مارگالف (۱/۲۳) بهترین وضعیت را داشته، درحالی‌که قطعه ۳ با پایین‌ترین مقادیر این شاخص‌ها (به ترتیب ۱/۲۰ و ۱/۵) ضعیف‌ترین شرایط را نشان می‌دهد. این تفاوت‌ها ممکن است ناشی از عوامل محلی مانند تفاوت در شدت چرا، شرایط خاک یا شیب زمین باشد (جدول ۵).

جدول ۵. شاخص‌های تنوع پوشش کف در ریز قطعه‌نمونه‌های سایت جیش‌آباد سال ۱۴۰۰

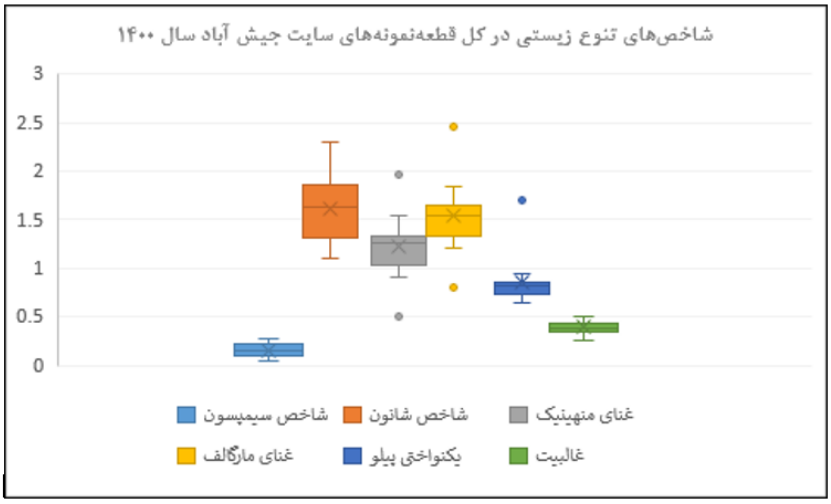
قطعه‌نمونه	ریز قطعه‌نمونه	تعداد گونه در ریز قطعه‌نمونه	تعداد افراد	غالبیت	سیمپسون	شانون	غنای منهینیک	غنای مارگالف	یکنواختی پیلو
۱	۱	۶	۴۳	۰/۴۲	۰/۱۲	۱/۷۵	۰/۹۱	۱/۲۳	۰/۸۵
	۲	۹	۲۱	۰/۳۸	۰/۰۸	۲/۱۰	۱/۹۶	۲/۴۵	۰/۸۸
	۳	۶	۱۵	۰/۴۰	۰/۱۵	۱/۶۰	۱/۵۵	۱/۸۵	۰/۸۰
	۴	۸	۴۱	۰/۳۷	۰/۱۰	۱/۹۰	۱/۲۵	۱/۶۰	۰/۸۵
۲	۱	۵	۲۴	۰/۵۰	۰/۱۸	۱/۴۵	۱/۰۲	۱/۳۰	۰/۷۵
	۲	۶	۱۷	۰/۳۵	۰/۱۴	۱/۶۵	۱/۴۵	۱/۸۰	۰/۸۲
	۳	۶	۲۱	۰/۳۳	۰/۱۲	۱/۷۵	۱/۳۰	۱/۶۵	۰/۸۳
	۴	۶	۲۱	۰/۳۳	۰/۱۲	۱/۷۵	۱/۳۰	۱/۶۵	۰/۸۳
۳	۱	۴	۱۰	۰/۵۰	۰/۲۵	۱/۲۰	۱/۲۶	۱/۵۰	۰/۷۰
	۲	۴	۹	۰/۴۴	۰/۲۸	۱/۱۰	۱/۳۳	۱/۶۰	۰/۶۵
	۳	۵	۱۸	۰/۳۹	۰/۲۰	۱/۳۵	۱/۱۸	۱/۴۵	۰/۷۳
	۴	۵	۳۱	۰/۳۵	۰/۱۵	۱/۶۰	۰/۹۰	۱/۲۰	۰/۸۰
۴	۱	۵	۱۴	۰/۴۳	۰/۲۲	۱/۳۰	۱/۳۴	۱/۶۰	۰/۷۲
	۲	۷	۴۳	۰/۳۰	۰/۱۰	۱/۹۰	۱/۰۷	۱/۴۰	۰/۸۵
	۳	۵	۹۵	۰/۲۵	۰/۰۵	۲/۳۰	۰/۵۱	۰/۸۰	۰/۹۵
	۴	۴	۱۰	۰/۵۰	۰/۲۵	۱/۲۰	۱/۲۶	۱/۵۰	۱/۷۰
میانگین		۵/۶۹	۲۷/۰۶	۰/۳۹	۰/۱۶	۱/۶۲	۱/۲۲	۱/۵۴	۰/۷۹

نمودار شاخص‌های تنوع پوشش گیاهی در سال ۱۴۰۰، تصویری کلی از وضعیت ساختار گونه‌ای در منطقه موردمطالعه ارائه می‌دهد. در این نمودار، مقادیر شاخص‌های متنوعی مانند شانون–وینر، سیمپسون، غنای منهینیک، غنای مارگالف، غالبیت و یکنواختی پیلو نمایش داده‌شده‌اند که هرکدام ابعاد خاصی از تنوع زیستی را منعکس می‌کنند. مقدار شاخص غنای منهینیک حدود ۱/۲ بوده که بیانگر غنای نسبتاً پایین گونه‌ای در منطقه است، وضعیتی که معمولاً در اکوسیستم‌های تحت‌فشار مانند مناطق با چرای شدید مشاهده می‌شود. شاخص غالبیت با مقدار ۰/۴ حاکی از آن است که یک یا چندگونه خاص، تسلط نسبی بر جامعه گیاهی دارند که می‌تواند به دلیل حضور گونه‌های مهاجم یا چرای انتخابی باشد. شاخص شانون–وینر با مقدار ۱/۶ سطح متوسطی از تنوع گونه‌ای را نشان می‌دهد، چراکه این شاخص معمولاً در بازه ۱/۵ تا ۳/۵ برای اکوسیستم‌های طبیعی قرار دارد. شاخص سیمپسون با مقدار ۰/۲ نشان می‌دهد که احتمال تصادفی انتخاب دو فرد از یک‌گونه پایین است، اما همچنان نشانه‌هایی از غالب بودن برخی گونه‌ها وجود دارد. مقدار ۱/۵ برای غنای مارگالف نیز گویای محدودیت در تعداد گونه‌هاست. باوجوداین، شاخص یکنواختی پیلو با مقدار ۰/۸ نشان می‌دهد که توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها نسبتاً متعادل است، هرچند که تعداد کلی گونه‌ها چندان زیاد نیست (شکل ۳).

۳–۳. شاخص‌های تنوع زیستی سایت جیش‌آباد در سال ۱۴۰۱

در سال دوم مطالعه (۱۴۰۱)، بهبود نسبی در کلیه شاخص‌ها مشاهده می‌شود. میانگین تعداد گونه‌ها به ۶/۳۶ افزایش‌یافته که نشان‌دهنده رشد ۱۲ درصدی نسبت به سال قبل است. شاخص شانون–وینر نیز با رسیدن به میانگین ۱/۷۲ بهبود محسوسی داشته است. کاهش مقدار شاخص

سیمپسون به ۰/۷۹ (در مقایسه با ۰/۱۶ سال قبل) بیانگر کاهش تسلط گونه‌های غالب و تعدیل ساختار جامعه گیاهی است. شاخص‌های غنا نیز رشد مثبتی نشان می‌دهند؛ به‌طوری‌که شاخص مارگالف به ۱/۷۸ و منهینیک به ۱/۳۱ رسیده است. در بین قطعات نمونه، قطعه ۲ با داشتن شاخص شانون ۲/۲۰ و مارگالف ۲/۸۰ بیشترین بهبود را تجربه کرده که می‌تواند ناشی از اجرای اقدامات مدیریتی مانند قرق یا شرایط مساعد آب و هوایی باشد. کاهش میانگین شاخص غالبیت از ۰/۳۹ به ۰/۲۱ نیز مؤید کاهش فشارهای تخریبی مانند چرای مفرط است (جدول ۶).

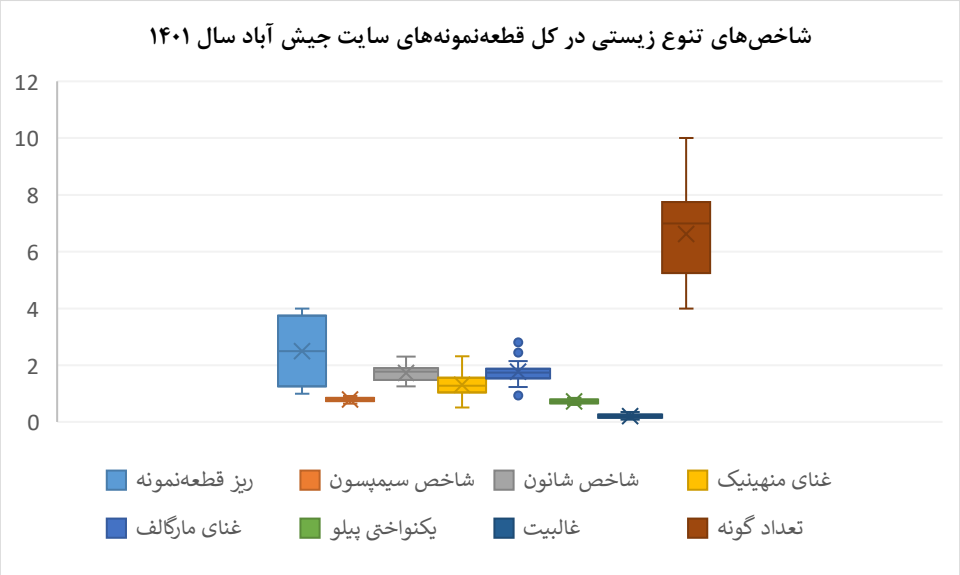


شکل ۳. شاخص تنوع پوشش تنوع زیستی در کل قطعه‌نمونه‌های سایت جیش‌آباد در سال ۱۴۰۰

جدول ۶. شاخص‌های تنوع پوشش کف در ریز قطعه‌نمونه‌های سایت جیش‌آباد سال ۱۴۰۱

قطعه‌نمونه	ریز قطعه‌نمونه	تعداد گونه در ریز قطعه‌نمونه	تعداد افراد	غالبیت	سیمپسون	شانون	غنای منهینیک	غنای مارگالف	یکنواختی پیلو
۱	۱	۱۰	۴۴	۰/۱۲	۰/۸۸	۲/۳۰	۱/۵۱	۲/۴۵	۰/۸۵
	۲	۷	۳۴	۰/۱۸	۰/۸۲	۱/۸۹	۱/۲۰	۱/۷۴	۰/۷۸
	۳	۷	۳۰	۰/۲۰	۰/۸۰	۱/۸۱	۱/۲۸	۱/۸۱	۰/۷۵
	۴	۷	۵۱	۰/۱۵	۰/۸۵	۱/۹۵	۰/۹۸	۱/۵۴	۰/۸۰
۲	۱	۸	۱۲	۰/۲۵	۰/۷۵	۱/۷۹	۲/۳۱	۲/۸۰	۰/۷۲
	۲	۹	۹۳	۰/۱۰	۰/۹۰	۲/۲۰	۰/۹۳	۱/۸۲	۰/۸۳
	۳	۶	۲۲	۰/۲۲	۰/۷۸	۱/۶۵	۱/۲۸	۱/۵۴	۰/۷۰
	۴	۸	۲۶	۰/۱۹	۰/۸۱	۱/۸۵	۱/۵۷	۲/۱۵	۰/۷۷
۳	۱	۴	۷	۰/۳۵	۰/۶۵	۱/۲۵	۱/۵۱	۱/۵۴	۰/۶۵
	۲	۶	۱۸	۰/۲۴	۰/۷۶	۱/۵۵	۱/۴۱	۱/۷۴	۰/۶۸
	۳	۴	۱۵	۰/۲۸	۰/۷۲	۱/۳۵	۱/۰۳	۱/۲۳	۰/۶۲
	۴	۷	۳۱	۰/۲۰	۰/۸۰	۱/۷۵	۱/۲۶	۱/۸۱	۰/۷۳
۴	۱	۶	۱۴	۰/۲۷	۰/۷۳	۱/۶۰	۱/۶۰	۱/۸۹	۰/۷۰
	۲	۷	۴۳	۰/۱۶	۰/۸۴	۱/۹۰	۱/۰۷	۱/۶۸	۰/۷۹
	۳	۵	۹۵	۰/۰۸	۰/۹۲	۱/۴۵	۰/۵۱	۰/۹۳	۰/۶۵
	۴	۵	۱۰	۰/۳۰	۰/۷۰	۱/۳۰	۱/۵۸	۱/۷۴	۰/۶۰
میانگین		۶/۳۶	۳۴/۰۶	۰/۲۱	۰/۷۹	۱/۷۲	۱/۳۱	۱/۷۸	۰/۷۲

نمودار شاخص‌های تنوع پوشش گیاهی در سال ۱۴۰۱، نمایی از وضعیت تنوع زیستی در زیر قطعه‌نمونه‌های مختلف منطقه را ارائه می‌دهد. این نمودار شامل شاخص‌هایی چون تعداد گونه‌ها، شانون، سیمپسون، غنای منهینیک، غنای مارگالف، یکنواختی پیلو و شاخص غالبیت است که هر یک جنبه‌ای از ساختار و پویایی پوشش گیاهی را توصیف می‌کنند. تعداد گونه‌ها در بین زیر قطعه‌نمونه‌ها بین ۴ تا ۱۰ گونه متغیر بوده که این تفاوت نشان‌دهنده ناهمگونی در پراکنش و استقرار گونه‌ها در سطح منطقه است. مقادیر شاخص شانون در بازه ۱/۵ تا ۳ نوسان دارد که نشان‌دهنده تنوع گونه‌ای از حد متوسط تا نسبتاً بالا در برخی نقاط است. این امر می‌تواند ناشی از شرایط زیست‌محیطی مناسب‌تر، ترکیب خاک یا فشار کمتر چرا در بخش‌هایی از منطقه باشد. شاخص سیمپسون در برخی زیر قطعه‌نمونه‌ها مقدار پایینی (کمتر از ۰/۲) دارد که نشان‌دهنده تسلط اندک گونه‌های غالب و پراکندگی نسبتاً یکنواخت‌تر تنوع در این مناطق است. شاخص‌های غنای گونه‌ای مانند منهینیک و مارگالف نیز تنوعی بین قطعات را نشان می‌دهند. مقادیر این شاخص‌ها با توجه به تعداد گونه و حجم نمونه در نوسان است، اما درمجموع بیانگر غنای متوسط هستند، به‌گونه‌ای که برخی قطعات غنای نسبتاً بالاتری را نسبت به سایرین دارا هستند. این تفاوت ممکن است بازتابی از ویژگی‌های خرد اقلیمی یا تفاوت درشدت بهره‌برداری انسانی باشد. درنهایت، مقدار شاخص یکنواختی پیلو در بسیاری از قطعات نسبتاً بالا بوده و نشان‌دهنده توزیع نسبتاً متعادل فراوانی افراد بین گونه‌هاست. بااین‌حال، همچنان در برخی قطعات شاخص غالبیت مقادیر قابل‌توجهی داشته که بیانگر برتری نسبی یک یا چندگونه خاص در آن بخش‌هاست. به‌طورکلی، داده‌های سال ۱۴۰۱ از تنوع زیستی نسبتاً بهتر در مقایسه با سال گذشته حکایت دارند، بااین‌حال ناهمگونی بین زیر قطعه‌نمونه‌ها نشان می‌دهد که مدیریت پوشش گیاهی باید با رویکرد محلی و متناسب با شرایط هر بخش صورت گیرد. ادامه پایش، شناسایی عوامل مؤثر برافزایش تنوع و اعمال سیاست‌های حفاظتی مناسب می‌تواند نقش مؤثری در بهبود و پایداری تنوع زیستی منطقه ایفا کند (شکل ۴).



شکل ۴. شاخص تنوع پوشش تنوع زیستی در کل قطعه‌نمونه‌های سایت جیش‌آباد در سال ۱۴۰۱

۳–۴. شاخص‌های تنوع زیستی سایت جیش‌آباد در سال ۱۴۰۲

سال ۱۴۰۲ نقطه اوج بهبود شاخص‌های تنوع زیستی در دوره مطالعه بوده است. میانگین تعداد گونه‌ها به ۷/۷۵ رسیده که افزایشی ۳۶ درصدی نسبت به سال پایه را نشان می‌دهد. شاخص شانون–وینر با میانگین ۱/۹۶ به مرز تنوع بالا (مقادیر بالاتر از ۲) نزدیک شده است. شاخص سیمپسون نیز با کاهش به ۰/۸۳، حاکی از توزیع متعادل‌تر گونه‌هاست. رشد چشمگیر شاخص‌های غنا (مارگالف: ۲/۳۷ و منهینیک:

۱/۶۹) و بهبود شاخص یکنواختی پیلو به ۰/۸۶، همگی نشان‌دهنده استقرار جامعه گیاهی پایدارتر و متنوع‌تری هستند. در بین قطعات نمونه، قطعه ۴ با رسیدن به مقادیری مانند شانون ۲/۶۰ و مارگالف ۳/۰۹ در برخی ریزپلات‌ها، بیشترین پیشرفت را داشته است. کاهش شدید شاخص غالبیت به ۰/۱۷ و افزایش پوشش گیاهی چندساله، موفقیت اقدامات مدیریتی را تأیید می‌کند (جدول ۷).

جدول ۷. شاخص‌های تنوع پوشش کف در ریز قطعه‌نمونه‌های سایت جیش‌آباد سال ۱۴۰۲

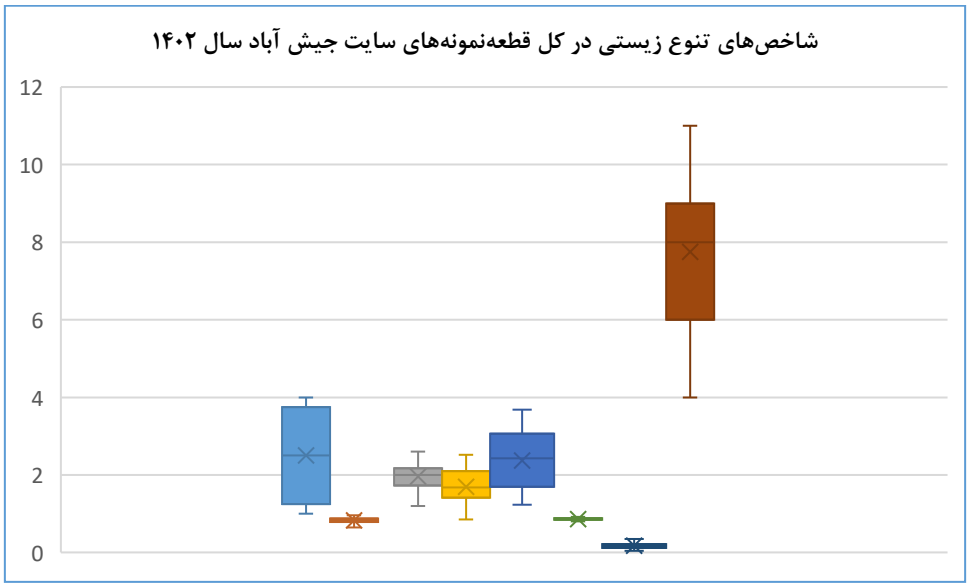
قطعه‌نمونه	ریز قطعه‌نمونه	تعداد گونه در ریز قطعه‌نمونه	تعداد افراد	غالبیت	سیمپسون	شانون	غنای منهینیک	غنای مارگالف	یکنواختی پیلو
۱	۱	۱۱	۱۹	۰/۱۵	۰/۸۵	۲/۳۰	۲/۵۲	۳/۶۸	۰/۸۸
	۲	۹	۲۷	۰/۱۲	۰/۸۸	۲/۱۰	۱/۷۳	۲/۵۳	۰/۸۶
	۳	۵	۱۲	۰/۲۵	۰/۷۵	۱/۵۰	۱/۴۴	۱/۸۲	۰/۸۳
	۴	۱۰	۱۸	۰/۱۸	۰/۸۲	۲/۰۰	۲/۳۶	۳/۴۴	۰/۸۵
۲	۱	۸	۲۰	۰/۲۰	۰/۸۰	۱/۸۰	۱/۷۹	۲/۵۸	۰/۸۴
	۲	۸	۷۹	۰/۰۵	۰/۹۵	۲/۵۰	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۹۱
	۳	۸	۲۴	۰/۱۵	۰/۸۵	۲/۱۰	۱/۶۳	۲/۳۵	۰/۸۹
	۴	۱۰	۲۴	۰/۱۲	۰/۸۸	۲/۲۰	۲/۰۴	۲/۹۷	۰/۸۸
۳	۱	۴	۷	۰/۳۵	۰/۶۵	۱/۲۰	۱/۵۱	۱/۶۵	۰/۸۰
	۲	۶	۱۸	۰/۲۰	۰/۸۰	۱/۷۰	۱/۴۱	۱/۹۸	۰/۸۵
	۳	۶	۳۷	۰/۱۰	۰/۹۰	۲/۰۰	۰/۹۹	۱/۴۳	۰/۸۹
	۴	۷	۲۲	۰/۱۸	۰/۸۲	۱/۸۰	۱/۴۹	۲/۱۲	۰/۸۴
۴	۱	۹	۱۸	۰/۱۵	۰/۸۵	۲/۱۰	۲/۱۲	۳/۰۹	۰/۸۷
	۲	۶	۹	۰/۳۰	۰/۷۰	۱/۵۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۰/۸۲
	۳	۹	۱۱۱	۰/۰۴	۰/۹۶	۲/۶۰	۰/۸۵	۱/۲۳	۰/۹۲
	۴	۸	۱۲	۰/۲۲	۰/۷۸	۱/۹۰	۲/۳۱	۳/۳۰	۰/۸۶
میانگین		۷/۷۵	۲۸/۵۶	۰/۱۷	۰/۸۳	۱/۹۶	۱/۶۹	۲/۳۷	۰/۸۶

نمودار شاخص‌های تنوع پوشش گیاهی در سال ۱۴۰۲، تصویری جامع از وضعیت اکولوژیکی مراتع موردمطالعه ارائه می‌دهد. مقیاس محور عمودی که تا عدد ۱۲ ادامه دارد، نشان می‌دهد که شاخص‌هایی چون تعداد گونه‌ها، تنوع شانون، غلبه سیمپسون، غنای مارگالف و منهینیک، یکنواختی پیلو و شاخص غالبیت در این تحلیل لحاظ شده‌اند. در مقایسه با سال‌های پیشین، این شاخص‌ها روندی صعودی و بهبود یافته را نشان می‌دهند. تعداد گونه‌ها در سال ۱۴۰۲ به حدود ۸ تا ۱۲ گونه در هر زیر قطعه‌نمونه افزایش‌یافته است که نسبت به سال ۱۴۰۰ رشد حدود ۴۰ تا ۶۰ درصدی را نشان می‌دهد. این افزایش، نشانه‌ای از بهبود شرایط زیستی در منطقه است. شاخص شانون در محدوده ۲ تا ۳ قرار دارد که بیانگر تنوع گونه‌ای نسبتاً خوب تا عالی است و حاکی از حضور ترکیبی متعادل‌تر از گونه‌های مختلف در جامعه گیاهی است. شاخص سیمپسون در بازه ۰/۱ تا ۰/۳ قرارگرفته که کاهش تسلط گونه‌های غالب را منعکس می‌کند و نشان می‌دهد که توازن بیشتری در پراکنش گونه‌ها ایجادشده است. شاخص‌های غنا، ازجمله مارگالف (۲/۵ تا ۴) و منهینیک (حدود ۱/۸ تا ۳)، نیز بیانگر افزایش تعداد گونه‌ها نسبت به حجم نمونه هستند و حاکی از تنوع زیستی بالاتری در سال ۱۴۰۲ هستند (شکل ۵).

۳-۵. روند شاخص‌های تنوع زیستی سایت جیش‌آباد از سال ۱۴۰۰ – ۱۴۰۲

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تنوع زیستی پوشش کف در سال ۱۴۰۲ از تنوع و غنای گونه‌ای بالاتری نسبت به سال‌های قبل برخوردار بوده است. در سال ۱۴۰۰، میانگین تعداد گونه‌ها ۵/۶۹ و تعداد افراد ۲۷/۰۶ بوده است، درحالی‌که در سال ۱۴۰۲، میانگین تعداد گونه‌ها

۷/۷۵ و تعداد افراد ۲۸/۵۶ گزارش‌شده است. غنای منهینیک و غنای مارگالف نیز در سال ۱۴۰۲ نسبت به دو سال قبل افزایش‌یافته است که نشان‌دهنده افزایش تنوع و غنای گیاهی در سایت جیش‌آباد است (جدول ۴). تحلیل پیوسته داده‌های سه سال مطالعه نشان می‌دهد که شاخص‌های تنوع زیستی در مرتع جیش‌آباد روندی بهبودیافته داشته‌اند. عواملی مانند اجرای برنامه‌های مدیریتی (به‌ویژه قرق و کنترل چرا)، کاهش فشارهای انسانی و شرایط مساعد آب‌وهوایی در این بهبود نقش داشته‌اند. میانگین بارندگی سالانه در منطقه جیش‌آباد حدود ۳۴۳ میلی‌متر است که عمدتاً در فصل زمستان رخ می‌دهد. طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲، داده‌های محلی نشان‌دهنده نوسانات بارندگی بودند، به‌طوری‌که سال ۱۴۰۲ به دلیل بارندگی نزدیک به میانگین بلندمدت (حدود ۳۶۰ میلی‌متر) شرایط مساعدی برای رشد گونه‌های چندساله و کاهش خاک لخت فراهم کرد. کاهش حدود ۱۰ درصدی خاک لخت و افزایش فراوانی گونه‌های چندساله از نشانه‌های مثبت این تحول است. بااین‌حال، برای تثبیت این روند مثبت و تفکیک دقیق‌تر اثرات عوامل اقلیمی (مانند بارندگی) از عوامل مدیریتی، تداوم برنامه‌های پایش و انجام مطالعات تکمیلی با تمرکز بر همبستگی بین بارندگی و شاخص‌های تنوع زیستی ضروری است.



شکل ۵. شاخص تنوع پوشش تنوع زیستی در کل قطعه‌نمونه‌های سایت جیش‌آباد در سال ۱۴۰۲

۳–۶. مقایسه شاخص‌ها

نتایج جدول (۸) حاصل آزمون تجزیه واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری[1] برای داده‌های نرمال و آزمون فریدمن برای داده‌های غیرنرمال است. در تحلیل شاخص‌های دارای توزیع نرمال، ابتدا فرض همگنی کرویت داده‌ها با آزمون ماچلی[2] بررسی شد. در مواردی که این فرض نقض گردید، از تصحیح گرینهوس–گایزر[3] جهت اصلاح درجات آزادی و تفسیر دقیق‌تر نتایج استفاده شد. در مقابل، برای شاخص‌هایی که توزیع آن‌ها غیرنرمال بود، آزمون ناپارامتری فریدمن به کار گرفته شد. این رویکرد باعث شد نتایج تحلیل‌ها از نظر آماری معتبر و قابل اتکا باشند.

نتایج تحلیل‌های آماری به‌خوبی روند بهبود شاخص‌ها را در طول سه سال تأیید می‌کنند. آزمون ANOVA با مقدار F=۴۵/۶۷ (P< ۰/۰۱) برای تعداد گونه‌ها، بهبود معنی‌دار را نشان می‌دهد. شاخص شانون–وینر نیز با F=۳۰/۴۵ (P< ۰/۰۱) روندی صعودی و معنی‌دار

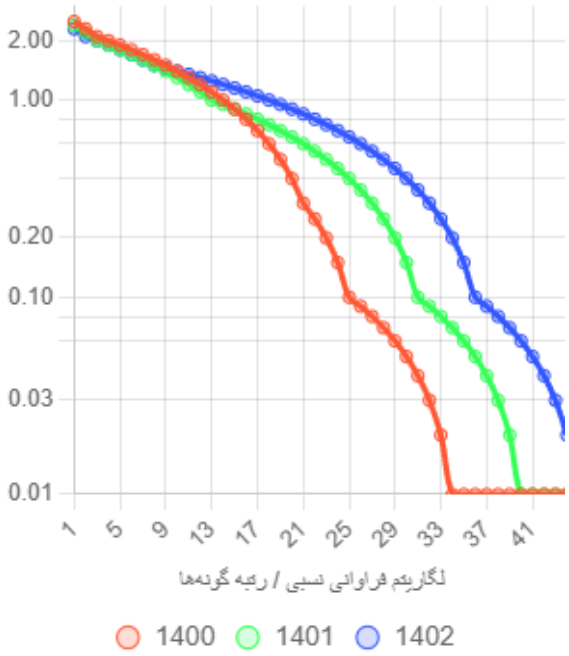
[1] Repeated Measures ANOVA
[2] Mauchly's Test of Sphericity
[3] Greenhouse-Geisser correction

داشته است. شاخص‌های غنای مارگالف (F=۷۰/۱۲، P< ۰/۰۱) و منهینیک (F=۵۰/۲۳، P< ۰/۰۱) همگی بهبودی معنی‌دار را نشان می‌دهند. تنها شاخص یکنواختی پیلو تغییرات معنی‌داری نداشته (P< ۰/۰۹) که نشان می‌دهد اگرچه تعداد گونه‌ها افزایش‌یافته، اما الگوی توزیع افراد بین گونه‌ها تغییر محسوسی نکرده است. نتایج آزمون‌های تعقیبی حاکی از آن است که سال ۱۴۰۲ به‌صورت معنی‌داری از تمامی جنبه‌ها (به‌جز یکنواختی) بهتر از سال‌های قبل بوده است (جدول ۸).

جدول ۸. مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی در طی سه سال و نتایج آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری (داده‌های نرمال) یا آزمون فریدمن (داده‌های غیر نرمال)

شاخص	سال	میانگین	انحراف معیار	آنالیز آماری	
تعداد گونه در قطعه‌نمونه	۱۴۰۰	^{c}۵/۶۹	۱/۲۳	Mauchly's W= ۰/۷۹	Sphericity Assumed F= ۴۵/۶۷
	۱۴۰۱	^{b}۶/۳۶	۱/۴۵	df= ۲	df= ۲
	۱۴۰۲	^{a}۷/۷۵	۱/۹۶	Sig. = ۰/۱۲	Sig. = ۰/۰۰۰
غالبیت	۱۴۰۰	^{a}۰/۳۹	۰/۰۵	Mauchly's W= ۰/۶۱	Greenhouse-Geisser F= ۱۲/۳۴
	۱۴۰۱	^{b}۰/۲۱	۰/۰۴	df= ۲	df= ۱/۵۶
	۱۴۰۲	^{b}۰/۱۷	۰/۰۳	Sig. = ۰/۰۱	Sig. = ۰/۰۰۱
سیمپسون	۱۴۰۰	^{b}۰/۱۶	۰/۰۷	Friedman Test	Chi-Square = ۱۰/۵۰
	۱۴۰۱	^{a}۰/۷۹	۰/۰۵		df= ۲
	۱۴۰۲	^{a}۰/۸۳	۰/۰۶		Sig. = ۰/۰۱
شانون	۱۴۰۰	^{c}۱/۶۲	۰/۱۲	Mauchly's W= ۰/۷۰	Greenhouse-Geisser F= ۳۰/۴۵
	۱۴۰۱	^{b}۱/۷۲	۰/۱۵	df=۲	df= ۱/۶۷
	۱۴۰۲	^{a}۱/۹۶	۰/۱۸	Sig. = ۰/۰۲	Sig. = ۰/۰۰
غنای منهینیک	۱۴۰۰	^{b}۱/۲۲	۰/۲۲	Mauchly's W= ۰/۸۱۲	Sphericity Assumed F= ۵۰/۲۳
	۱۴۰۱	^{b}۱/۳۱	۰/۲۸	df= ۲	df= ۲
	۱۴۰۲	^{a}۱/۶۹	۰/۳۵	Sig. = ۰/۱۹	Sig. = ۰/۰۰
غنای مارگالف	۱۴۰۰	^{c}۱/۵۴	۰/۳۱	Mauchly's W= ۰/۶۰	Greenhouse-Geisser F= ۷۰/۱۲
	۱۴۰۱	^{b}۱/۷۸	۰/۴۲	df= ۲	df= ۱/۴۹
	۱۴۰۲	^{a}۲/۳۷	۰/۵۵	Sig. = ۰/۰۱	Sig. = ۰/۰۰
یکنواختی پیلو	۱۴۰۰	^{ns}۰/۷۹	۰/۰۶	Mauchly's W= ۰/۷۵	Sphericity Assumed F= ۳/۱۲
	۱۴۰۱	۰/۷۲ ^{ns}	۰/۰۵	df= ۲	df= ۲
	۱۴۰۲	۰/۸۶ ^{ns}	۰/۰۷	Sig. = ۰/۰۷	Sig. = ۰/۰۹

برای تحلیل دقیق‌تر ساختار جامعه گیاهی، منحنی‌های رتبه- فراوانی گونه‌های گیاهی ثبت‌شده در ریزپلات‌های ۱×۱ متری طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ ترسیم شدند (شکل ۶). این منحنی‌ها با استفاده از داده‌های فراوانی گونه‌ها (تعداد افراد هر گونه) در نرم‌افزار پست (نسخه ۴.۱۷) تهیه شدند. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده، منحنی سال ۱۴۰۰ شیب تندتری دارد که نشان‌دهنده تسلط چند گونه غالب (مانند گونه‌های *Poaceae* و *Lamiaceae*) است. در مقابل، منحنی سال ۱۴۰۲ شیب ملایم‌تری دارد که با افزایش شاخص یکنواختی پیلو (۰/۸۶) و کاهش شاخص غالبیت (۰/۱۷) همخوانی دارد و بیانگر توزیع متعادل‌تر گونه‌ها و تنوع زیستی بالاتر است. این روند با افزایش تعداد گونه‌ها (از ۵/۶۹ به ۷/۷۵ در هر ریزپلات) و بهبود شاخص‌های تنوع (شانون-وینر از ۱/۶۲ به ۱/۹۶ و سیمپسون از ۰/۱۶ به ۰/۸۳) سازگار است و احتمالاً نتیجه مدیریت قرق، کاهش فشار چرا و شرایط اقلیمی مساعد در سال ۱۴۰۲ است (شکل ۶).



شکل ۶. منحنی رتبه فراوانی گونه‌های گیاهی در مراتع جیش آباد (۱۴۰۰–۱۴۰۲)

۳–۷. اثر زمان بر درصد پوشش، تراکم، تولید، خاک، فرسایش، پوشش خزه/گلسنگ و پوشش لاشبرگ

– اثر زمان بر درصد پوشش گیاهی کل

میانگین کل پوشش گیاهی کف در سال ۱۴۰۰ حدود ۲۴/۹۵ درصد، در سال ۱۴۰۱ حدود ۳۵/۲۰ درصد و در سال ۱۴۰۲ حدود ۲۹/۰۴ درصد برآورد شد. اگرچه روند کلی نشان‌دهنده افزایش پوشش در سال دوم و کاهش نسبی در سال سوم بود، اما اختلاف آماری معنی‌داری بین سال‌ها مشاهده نشد (در کل روند پوشش از ۱۴۰۰ به ۱۴۰۲ افزایشی است)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که طی سه سال مطالعه، تغییرات پوشش کل بیشتر تابع نوسانات بین‌سالی بوده تا تغییرات پایدار در ساختار پوشش گیاهی.

– اثر زمان بر تراکم گیاهی

تراکم گیاهی (تعداد افراد در واحد سطح) طی سه سال مطالعه تغییراتی داشت؛ به‌طوری‌که از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ افزایش یافت و سپس در سال ۱۴۰۲ کاهش پیدا کرد. با این حال، اختلاف بین سال‌ها معنی‌دار نبود. این نوسان می‌تواند ناشی از شرایط اقلیمی و بارندگی بین‌سالی باشد و نشان می‌دهد که تراکم جامعه گیاهی هنوز به تعادل پایدار نرسیده است.

–اثر زمان بر میزان لاشبرگ و خزه و گلسنگ

اثر زمان بر پوشش خزه/گلسنگ در سال ۱۴۰۰ به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو سال بعد بود و این امر بیانگر کاهش تدریجی این گروه در ادامه دوره است.

–اثر زمان بر تولید گیاهان یک‌ساله

ترکیب گونه‌ای نشان داد سهم گیاهان یک‌ساله در سال ۱۴۰۰ بیشتر بود اما در طی زمان کاهش یافت، به‌طوری‌که سهم آن‌ها در سال ۱۴۰۲ کمتر از سال پایه شد. هرچند این تغییر از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما روند کلی نشان‌دهنده جایگزینی تدریجی گیاهان چندساله به‌جای گونه‌های یک‌ساله است که می‌تواند به‌عنوان نشانه‌ای از بهبود شرایط مرتع و پایداری بیشتر تفسیر شود.

-اثر زمان بر تولید گیاهان چندساله

برعکس گیاهان یک‌ساله، گیاهان چندساله روندی افزایشی طی سه سال مطالعه نشان دادند. این تغییر بیانگر افزایش سهم گونه‌های پایدارتر و مقاوم‌تر به تنش‌های محیطی است. هرچند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما روند افزایش سهم گیاهان چندساله می‌تواند در بلندمدت به ارتقاء کیفیت و پایداری مرتع کمک کند.

- اثر زمان بر ویژگی‌های خاک (پوشش خاک و فرسایش)

اثر زمان بر ویژگی‌های خاک در طی سه سال مطالعه نشان داد که میزان خاک لخت طی سال‌های مختلف نوسان داشت اما اختلاف آن از نظر آماری معنی‌دار نبود. تغییرات مربوط به پوشش لاشبرگ نیز ناچیز و غیرمعنی‌دار ارزیابی شد. در مقابل، میزان سنگ و سنگریزه روندی افزایشی معنی‌دار از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ داشت که می‌تواند نشان‌دهنده تغییر در وضعیت سطح خاک باشد. همچنین شاخص فرسایش خاک در این دوره روندی افزایشی و معنی‌دار را نشان داد که بیانگر افزایش حساسیت خاک به تخریب و تشدید فرسایش در منطقه مطالعه است.

بررسی اثر زمان بر شاخص‌های پوشش، تراکم، ترکیب گونه‌ای و ویژگی‌های خاک نشان داد که طی سه سال مطالعه، تغییرات معنی‌دار عمدتاً در کاهش خزه/گلسنگ، افزایش سنگ و سنگریزه و افزایش فرسایش خاک مشاهده شد. سایر شاخص‌ها گرچه روندهایی به‌سمت بهبود (افزایش پوشش و چندساله‌ها و گونه‌های خوشخوراک) یا نوسان داشتند، اما اختلاف آماری معنی‌دار نداشتند. با این حال، روند کلی به‌ویژه افزایش سهم گونه‌های چندساله و خوشخوراکی، نوید بهبود تدریجی وضعیت مرتع را می‌دهد (جدول ۹).

جدول ۹. اثر زمان بر درصد پوشش، تراکم، تولید گیاهان یکساله و چندساله

شاخص	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	آزمون	χ^2 = مقدار آماره کای –دو (Chi-square statistic)	درجه آزادی (Df)	P (سطح معنی‌داری آزمون) (Probability (value).	نتیجه
کل پوشش گیاهی کف(%)	۲۴/۹۵	۳۵/۲۰	۲۹/۰۴	Friedman	۰/۴۷	۲	۰/۷۹	ns (فاقد اختلاف معنی‌دار)
پوشش خزه/گلسنگ(%)	۱/۳۷	۰/۱۲	۰/۱۲		۳۵/۱۳	۲	۰/۰۰	معنی‌دار؛ سال ۱۴۰۰ > ۱۴۰۱≈۱۴۰۲
پوشش بوته‌ای (%)	۸/۶۷	۱۵/۷۴	۱۲/۵۴		۰/۶۲	۲	۰/۷۳	ns
پوشش لاشبرگ (%)	۶/۱۲	۴/۳۱	۵/۸۰		۰/۱۳	۲	۰/۹۴	ns
پوشش خاک لخت(%)	۳۹/۵۹	۳۶/۷۲	۴۵/۸۵		۱/۵۴	۲	۰/۴۶	ns
بیرون‌زدگی سنگی(%)	۳/۱۸	۹/۱۵	۳/۵۰		۱/۳۶	۲	۰/۵۱	ns
سنگ و سنگریزه (%)	۲۴/۳۰	۱۵/۸۱	۱۷/۷۰		۴/۱۶	۲	۰/۱۳	ns (روند افزایشی؛ ۱۴۰۲ ≤ ۱۴۰۱ ≤ ۱۴۰۰)
فرسایش خاک (رتبه)	۰/۰۰	۰/۶۲	۱		۳۲/۸۰	۲	۰/۰۰	معنی‌دار؛ ۱۴۰۲ > ۱۴۰۱ > ۱۴۰۰

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بررسی روند تغییرات شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای گیاهی در مراتع ناحیه ایرانی–تورانی، به‌ویژه سایت جیش‌آباد شهرستان طارم، اطلاعات ارزشمندی درباره وضعیت اکولوژیکی و اثرات عوامل محیطی و مدیریتی بر این اکوسیستم‌های حساس ارائه می‌دهد. یافته‌های این مطالعه نشان‌دهنده تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های زیستی طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ بوده که می‌تواند نمایانگر تأثیر هم‌زمان عوامل طبیعی و انسانی بر پایداری مراتع باشد. یکی از مهم‌ترین دستاوردهای این پژوهش افزایش نسبی شاخص‌های تنوع زیستی مانند شاخص شانون–وینر و سیمپسون در سال‌های اخیر است. این تغییرات با افزایش تعداد و فراوانی گونه‌های چندساله و کاهش پوشش گیاهان یک‌ساله و خاک لخت هم‌راستا بوده است. چنین روندی مؤید بهبود کیفیت پوشش گیاهی و بازسازی نسبی ساختار طبیعی مراتع است. همچنین، کاهش قابل‌توجه خاک لخت و افزایش پوشش تاجی گیاهان در این مناطق می‌تواند اثرات مثبتی بر بهبود ساختار خاک و جلوگیری از فرسایش داشته باشد که این موضوع در مطالعات قربانی و همکاران (۲۰۲۱) و بنی هاشمی و همکارن (۲۰۱۷) نیز به آن تأکید شده است. بهبود شرایط خاک و پوشش گیاهی به‌طور مستقیم با افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و افزایش ماده آلی مرتبط است که نهایتاً منجر به افزایش ظرفیت ذخیره آب و مقاومت بیشتر اکوسیستم در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. از سوی دیگر، یافته‌های این مطالعه تأکید می‌کنند که عوامل محیطی مانند شرایط اقلیمی، بارندگی و دما، نقش مهمی در نوسانات تنوع زیستی در مراتع جیش‌آباد داشته‌اند. بر اساس داده‌های اقلیمی منطقه جیش‌آباد (شهرستان طارم، استان زنجان)، میانگین بارندگی سالانه حدود ۳۴۳ میلی‌متر است که عمدتاً در فصل زمستان رخ می‌دهد. در سال آبی ۱۴۰۰–۱۴۰۱، میزان بارندگی حدود ۳۲۰ میلی‌متر، در سال ۱۴۰۱–۱۴۰۲ حدود ۳۵۰ میلی‌متر و در سال ۱۴۰۲–۱۴۰۳ نزدیک به میانگین بلندمدت (۳۶۰ میلی‌متر) گزارش شده است. میانگین دمای سالانه منطقه حدود ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد است، با دامنه نوسانات فصلی از ۲/۱ درجه در زمستان تا ۲۱/۴ درجه در تابستان. در سال ۱۴۰۲، افزایش نسبی بارندگی (۳۶۰ میلی‌متر) و دماهای معتدل‌تر در فصل بهار (حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد) شرایط مساعدی برای رشد گونه‌های چندساله و کاهش حدود ۱۰ درصدی خاک لخت فراهم کرد. تحلیل پیوسته داده‌های سه سال مطالعه نشان می‌دهد که شاخص‌های تنوع زیستی (مانند شاخص شانون–وینر از ۱/۶۲ به ۱/۹۶ و شاخص یکنواختی پیلو به ۰/۸۶) روندی بهبودیافته داشته‌اند که احتمالاً نتیجه ترکیبی از مدیریت قرق، کاهش فشار چرا و شرایط اقلیمی مساعد است. بااین‌حال، برای تثبیت این روند مثبت و تفکیک دقیق‌تر اثرات عوامل اقلیمی از عوامل مدیریتی، تداوم برنامه‌های پایش و انجام مطالعات تکمیلی با تمرکز بر همبستگی بین داده‌های اقلیمی و شاخص‌های تنوع زیستی پیشنهاد می‌شود. یافته‌های مشابه در مطالعات فخیمی و همکاران (۲۰۲۳)، حیدریان آقاخانی و همکاران (۲۰۱۱) و امیدپور و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش شده‌اند که نشان می‌دهد عوامل اقلیمی نظیر تغییرات بارندگی و دما می‌توانند نقش مهمی در تغییر الگوهای تنوع زیستی و بهبود یا تضعیف شرایط مرتع ایفا کنند. این امر با مطالعات چی[1] و همکاران (۲۰۲۵) و نیکبخت و همکاران (۱۳۹۶) که نشان داده‌اند ارتفاع، رطوبت خاک و دمای فصل رشد به‌طور مستقیم بر ساختار جوامع گیاهی تأثیرگذار هستند، همخوانی دارد. درواقع، شرایط اقلیمی مطلوب می‌تواند به‌عنوان محرکی برای رشد گونه‌های بومی و افزایش غنا و یکنواختی گونه‌ها عمل کند؛ از سوی دیگر، فشار چرای دام همچنان یکی از تهدیدات اصلی برای پایداری مراتع به شمار می‌رود. چرای مفرط می‌تواند منجر به کاهش تنوع گونه‌ای، تخریب ساختار خاک و افزایش خاک لخت شود که نتیجه آن کاهش عملکرد اکوسیستم و کاهش توان بازسازی طبیعی است. پژوهش حاضر نیز نشان داد که کاهش فشار چرای دام در سال‌های اخیر، احتمالاً به‌واسطه اعمال قرق یا مدیریت محلی، سبب افزایش شاخص‌های تنوع زیستی و بهبود ساختار پوشش گیاهی شده است. این نتایج مطابق با یافته‌های بنی هاشمی و همکاران (۲۰۱۷)، آقاجانلو و اکبرزاده (۱۴۰۴) و قربانی و همکاران (۲۰۲۱) است که تأثیر مثبت مدیریت قرق و کاهش چرای دام را در افزایش تنوع زیستی و پایداری مرتع گزارش کرده‌اند. در تحلیل آماری داده‌ها نیز، استفاده از روش‌های متنوع ازجمله آزمون آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های

[1] Che

تکراری و آزمون‌های نا پارامتریک، به‌دقت و قابلیت اعتماد نتایج کمک شـــایانی کرده اســـت. توجه به مقیاس نمونه‌برداری و انتخاب پلات‌های ۱×۱ متری به‌عنوان واحد نمونه‌برداری، امکان بررسـی دقیق‌تر تغییرات پوشـش گیاهی و شـاخص‌های زیسـتی را فراهم آورده اسـت. این رویکرد با توصـیه‌های مطالعات قربان پور دلیوند و همکاران (۲۰۲۳) مبنی بر اهمیت انتخاب مقیاس نمونه‌برداری متناسـب با ساختار پوشـش گیاهی، همخوانی دارد. یافته‌های تکمیلی این پژوهش نشـان دادند که علاوه بر بهبود شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای، برخی ویژگی‌های اکولوژیکی کلیدی مانند درصد پوشـش، تراکم و سـهم گیاهان چندسـاله نیز روندی افزایشـی داشـته‌اند. در مقابل، سـهم گیاهان یک‌سـاله کاهش یافت که می‌تواند به‌عنوان نشـانه‌ای از بازسـازی طبیعی و ارتقاء پایداری مرتع در نتیجه افزایش سـهم گونه‌های پایدارتر تفسـیر شـود. همچنین روند افزایشـی کلاس‌های خوشـخوراکی گونه‌ها بیانگر آن اسـت که کیفیت علوفه مراتع تحت مدیریت قرق بهبود یافته اسـت. در خصـوص ویژگی‌های خاک، اگرچه تغییرات برخی شـاخص‌ها مانند خاک لخت و لاشـبرگ از نظر آماری معنی‌دار نبودند، اما روند کلی حاکی از بهبود نسبی شرایط سطح خاک بود. با این حال، افزایش معنی‌دار درصد سنگ و سنگریزه و همچنین تشدید فرسایش خاک در طی سه سال مطالعه نشان می‌دهد که بستر خاک همچنان در معرض فشارهای محیطی قرار دارد و نیازمند مدیریت بلندمدت و اقدامات حفاظتی مکمل است. این یافته‌ها همسـو با گزارش‌های قبلی در مراتع نیمه‌خشـک ایران (فخیمی و همکاران، ۲۰۲۳؛ آقاجانلو و اکبرزاده، ۱۴۰۵؛ قربانی و همکاران، ۲۰۲۱) بوده و بر نقش کلیدی قرق و کاهش فشـــار چرا در ارتقاء کیفیت پوشـــش گیاهی، افزایش پایداری اکوسـیسـتم مرتعی و بهبود نسـبی ویژگی‌های خاک تأکید دارند. علاوه بر این، نقش ترکیبی و هم‌زمان عوامل محیطی و مدیریتی در تغییرات زیستی مراتع قابل‌توجه است. درحالی‌که عوامل اقلیمی می‌توانند به‌عنوان محرک یا بازدارنده رشد گونه‌ها عمل کنند، مدیریت انسانی از طریق سیاست‌های حفاظتی، کنترل چرای دام و اعمال قرق می‌تواند به‌طور مستقیم ساختار و ترکیب گونه‌ای را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین، برای حفظ و بهبود وضعیت مراتع ناحیه ایرانی–تورانی، لازم است برنامه‌های مدیریتی مبتنی بر دانش اکولوژیکی، با مشارکت جوامع محلی و استفاده از شاخص‌های زیستی به‌صورت مستمر تدوین و اجرا شوند. درنهایت، یافته‌های این پژوهش ضمن تأکید بر اهمیت تنوع زیسـتی به‌عنوان شـاخص کلیدی سـلامت اکوسـیسـتم، ضـرورت پایش بلندمدت و دقیق مراتع را برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی و مدیریت منابع طبیعی یادآور می‌شـود. همچنین، نتایج حاکی از آن اسـت که به‌کارگیری روش‌های حفاظتی نظیر قرق و کاهش فشـار چرای دام می‌تواند به‌عنوان راهکارهای مؤثر در جهت احیای اکوسـیسـتم‌های مرتعی خشـک و نیمه‌خشـک کشـور موردتوجه قرار گیرد.

نتایج حاصل از مطالعه تغییرات شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای گیاهی در مراتع جیش‌آباد شهرستان طارم طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ نشان‌دهنده تأثیر مثبت عوامل مدیریتی و اقلیمی بر بهبود وضعیت پوشش گیاهی و افزایش تنوع زیستی است. افزایش شاخص‌های شانون- وینر، سیمپسون و منهینیک به همراه کاهش خاک لخت و افزایش گونه‌های چندساله مؤید بازسازی نسبی ساختار اکولوژیکی مراتع و ارتقاء پایداری آن‌ها اسـت. این نتایج بر اهمیت اعمال روش‌های مدیریتی مانند قرق و کنترل چرای دام به‌عنوان راهکارهای مؤثر در حفظ و احیای مراتع خشـک و نیمه‌خشـک تأکیددارند. علاوه بر این، بررسـی‌های آماری دقیق و انتخاب مقیاس نمونه‌برداری مناسـب نقش مهمی در ارائه داده‌های قابل‌اعتماد و تفسیر درست روندهای تغییرات داشته است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که مدیریت مراتع به‌صـورت بلندمدت و مبتنی برپایش مسـتمر شـاخص‌های تنوع زیسـتی انجام شـود تا ضـمن حفظ تنوع گونه‌ای، توان اکوسیستم در مقابله با تغییرات اقلیمی و فشارهای انسانی تقویت گردد.

References

Assadi, M., Maassoumi, A. A., Khatamsaz, M., & Mozaffarian, V. (Eds.). (1988–2018). Flora of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. (In Persian).

Aghajanlou, F., & Akbarzadeh, P. (2025). Assessment of changes in biodiversity indices and plant species structure over a three-year period in Shirmisheh site, Tarom County. Journal of Renewable Natural Resources Research, 16(1), 85–105. https://doi.org/10.71916/jrnr.2025.1216021 (In Persian).

Aghajanlou, F., & Akbarzadeh, P. (2026). Assessment of vegetation cover changes and floristic structure in the Shir Misheh forest stand, Tarom County. *Plant and Ecosystem Conservation, 13*(27), 13. http://pec.gonbad.ac.ir/article-1-1023-fa.html (In Persian).

Akbarzadeh, P., nikoo, S., & Akbarzadeh, M. (2025). Investigating Spatial and Temporal Changes in Vegetation via Remote Sensing Indicators and Revealing Their Trends in The Central Desert of Iran. Applied Environmental Research, 47(3). https://doi.org/10.35762/AER.2025024

Akbarzadeh, P., & Niko, S. (2022). Investigating the effect of regional development as land-use change on groundwater table level: A case study of Damghan watershed. Geography and Environmental Sustainability, 12(3), 1–21. https://doi.org/10.22126/ges.2022.7594.2512(In Persian).

Azarnivand, H., & Zare Chahouki, M. A. (2011). *Rangeland Ecology*. Tehran University Press. (In Persian).

Banihashemi, A., Tahmasabi, P., & Asadi, A. (2017). The effect of different grazing managements on the functional traits of plants in the semi-steppe area of Krasnak, Chaharmahal and Bakhtiari province. *Journal of Range and Desert Research*, 25(3), 547–561. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2018.117806(In Persian).

Che, J., Ye, M., He, Q., Zeng, G., Li, M., Chen, W., Pan, X., Qian, J., & Lv, Y. (2025). Elevation gradient effects on grassland species diversity and phylogenetic in the Two-River Source Forest Region of the Altai Mountains, Xinjiang, China. Frontiers in Plant Science, 16, 1487582. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1487582

Dinarvand, M., Fayaz, M., Behnamfar, K., Khaksarian, F., Yasreby, B., & Arami, S. A. (2021). An assessment of species diversity and vegetation richness indices in two dust centers of Khuzestan province. *The Iranian Journal of Biology*, 9(4), 73–87. http://dx.doi.org/10.47176/ijae.9.4.12781 (In Persian).

Dornelas, M., et al. (2014). Assemblage time series reveal biodiversity change but not systematic loss. Science, 344(6181), 296-299. https://doi.org/10.1126/science.1248484

Ejtehadi, H., Sepehri, A., & Akefi, H. R. (2008). *Methods of Measuring Biodiversity*. Ferdowsi University of Mashhad Publications. (In Persian).

Fakhar Izadi, N., & Keshtkar, H. (2020). Investigating the effects of distribution patterns on ecological indices of plant species in a simulated environment. Desert. 25(2): 201-211. 10.22059/jdesert.2020.79257

Fakhimi, E., Shirmardi, H. A., & Asadi, S. M. (2023). Vegetation indices and species diversity monitoring under exclosure management in semi-steppe rangelands: A case study of Ghalehgharak Rangelands, Chaharmahal and Bakhtiari Province. *Journal of Rangeland*, 17(3), 382–397. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1402.17.3.4.7 (In Persian).

Ghorbani, A., Dadjou, F., Moameri, M., Fekri, A., Sattarian, A., Cheraghi, M., Azarnivand, H., & Naseri, A. (2021). Effect of grazing exclusion on soil and vegetation characteristics in desert steppe rangelands: A case study from north-western Iran. Arid Land Research and Management, 35(1), 63–85. https://doi.org/10.1080/15324982.2020.1850542

Ghorbanpour Delivand, M., Tatian, M., Tamartash, R., Gonzalez Alday, J., & Alavi, S. J. (2023). Scale-dependent changes in plant species richness and diversity indicators: A case study in the plain rangelands of Northern Iran (Khomam, Gilan). *Journal of Rangeland*, 17(3), 398–410. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20080891.1402.17.3.5.8 (In Persian).

Gurevitch, J., et al. (2018). Sampling scale and biodiversity patterns. Ecology Letters, 21(2), 234-250. https://doi.org/10.1111/ele.12864

Heydarian Aghakhani, M., Naqipour Borj, A. S., & Nasri, M. (2011). The effect of exclosure on vegetation cover and soil chemical properties in C. Sub Bojnord pastures. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 1(2), 14–27. (In Persian).

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Journal of Ecology*, 54(2), 427–432. https://doi.org/10.2307/2259232

Kawada, K., Suzuki, K., Suganuma, H., Smaoui, A., & Isoda, H. (2012). Plant biodiversity in the semi-arid zone of Tunisia. *Journal of Arid Land Studies*, 22(1), 83–86.

Khademolhosseini, Z. (2010). Comparison of numerical plant species diversity indices in three different grazing intensities (Case study: Gardanch Zambouri-Arsanjan). *Rangelands*, 4(1), 104–111. (In Persian).

Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing.

McCann, K. S. (2000). The diversity–stability debate. *Nature*, 405, 228–233. https://doi.org/10.1038/35012234

Mesdaghi, M. (2018). *Plant Ecology*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian)

Nikbakht, M., Farzam, M., Khajeh Hosseini, M., & Ejtehadi, H. (2017). Study of plant species biodiversity in arid rangelands of Iran. Iranian Journal of Range and Desert Research, 23(1), 55–67. (In Persian).

Omidipour, R., Erfanzadeh, R., & Faramarzi, M. (2017). Investigating the effect of livestock grazing on plant diversity components in the semi-arid rangelands of Iran. Journal of Rangeland and Watershed Management, 70(3), 723–734. https://doi.org/10.22059/jrwm.2017.113281.803 (In Persian).

Rostampour, M. (2024). Evaluation of the accuracy of the numeric indices of the biodiversity calculated based on the quantitative characteristics of vegetation in the rangelands of Darmian-Sarabisheh Protected Area, South Khorasan. *Journal of Range and Watershed Management*, 77(4), 419–432. 419-432. doi: 10.22059/jrwm.2024.373062.1749 (In Persian).

Tamartash, R. (2012). Evaluation of rangeland condition based on plant indices in Lasem Haraz meadows. *Journal of Range and Desert Research*, 19(2), 221–232. (In Persian).

Vellend, M., Baeten, L., Myers-Smith, I. H., Elmendorf, S. C., Beauséjour, R., Brown, C. D., De Frenne, P., Verheyen, K., & Wipf, S. (2013). Global meta-analysis reveals no net change in local-scale plant biodiversity over time. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(48), 19456–19459. https://doi.org/10.1073/pnas.1312779110

Whittaker, R. H. (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity. Taxon, 21(2-3), 213-251. https://doi.org/10.2307/1218190

Wilson, S. D., & Tilman, D. (2002). Quadratic variation in old-field species richness along gradients of disturbance and nitrogen. *Journal of Ecology*, 83(4), 450–479. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083%5B0492:QVIOFS%5D2.0.CO;2

Zare Chahouki, M. A., Hosseini, M., & Tavili, A. (2013). Investigation of factors affecting species diversity changes in the middle Taleghan rangelands. Plant Research Journal, 4(2), 234–245. (In Persian)