Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Relationship Between Plant Diversity and Functional Diversity Indices with Landscape Function Analysis (LFA) Functionalities

Zahra Heidari Ghahfarrokhi[*1], PejmanTahmasebi[2], Ali Asghar Naghipour[3]

1. Corresponding author, Ph.D. in Range Management, Department of Nature engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. Email: zahra.heydarigh@stu.sku.ac.ir
2. Associate Prof., Department of Nature engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
3. Assistant Prof., Department of Nature engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2024; Vol 18, Issue 1

Article history:
Received: 01.01.2024
Revised: 16.04.2024
Accepted: 20.04.2024

Keywords:
Plant Diversity Indices,
Functional Diversity Indices,
Landscape Function Analysis,
Rangeland Condition,
Tang e Sayad Protected Area.

Abstract

Background and objectives: Rangeland condition assessment is crucial for effective management. While qualitative methods like Landscape Function Analysis (LFA) provide valuable information on ecosystem functions, their application can be time-consuming and require expertise. This study aimed to identify relationships between quantitative plant diversity and functional diversity indices with the qualitative functional characteristics assessed by LFA in Tang e Sayad protected area, Chaharmahal va Bakhtiari Province, Iran.

Methodology: Three rangeland sites experiencing different long-term grazing pressures were selected along a grazing intensity gradient. Within each site, two representative areas were chosen, and three 30 x 30 m macroplots were established. Plant canopy cover and functional characteristics were sampled in May 2021, corresponding to peak plant growth. Functional diversity was assessed using plant performance characteristics like specific leaf area index, leaf length, leaf nitrogen, leaf phosphorus, and growth form. Species diversity indices (species richness, Shannon-Evenness, and Shannon diversity) and functional diversity indices (Quadratic Entropy Rao, Functional Richness, Functional Evenness, and Functional Dispersion) were calculated using vegan and FD packages in R software (version 4.3.0). LFA software was used to analyze data from 162 patches and the space between patches (interpatch) to obtain three functional characteristics: stability, infiltration, and nutrient cycling. Correlations and univariate regressions were performed using ggcorrplot, ggpubr, and ggpmisc packages in R to establish relationships between diversity indices, functional diversity indices, and LFA functionalities.

Results: A positive and significant relationship was found between the nutrients index, Functional Evenness, and community-weighted mean leaf length ($R^2 = 0.3$). Landscape infiltration showed a stronger positive and significant association ($P < 0.05$) with Functional Evenness, Functional Dispersion, Quadratic Entropy Rao, and community-weighted mean leaf nitrogen ($R^2 = 0.4$) compared to Shannon diversity, Functional Richness, and community-weighted mean leaf length ($R^2 = 0.3$). The landscape stability index exhibited a positive and significant relationship ($P < 0.05$) with biodiversity indices (species richness and Shannon diversity), functional diversity indices based on multiple characteristics (Functional Richness,

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

Functional Evenness, Functional Dispersion, and Quadratic Entropy Rao), and functional diversity indices based on single characteristics (community-weighted mean of leaf phosphorus, specific leaf area, and perennial grass), while displaying a negative and significant relationship ($R^2 = 0.5$) with the community-weighted mean of perennial forbs.

Conclusion: The positive correlations observed between plant diversity and functional diversity metrics with LFA functional characteristics suggest their potential application in rangeland condition assessment. The complex interactions between these indices highlight the need for further research on integrating them into a robust assessment protocol applicable across different climatic regions. This study opens doors for developing a practical method for evaluating rangeland health using quantitative biodiversity and functional diversity indicators.

Cite this article: Heidari Ghahfarrokhi, Z., P. Tahmasebi, A.A. Naghipour, 2024. Relationship Between Plant Diversity and Functional Diversity Indices with Landscape Function Analysis (LFA) Functionalities. Journal of Rangeland, 18(1): 132-151.



© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

ارتباط بین برخی از شاخص‌های تنوع و تنوع عملکرد با ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA)

زهرا حیدری قهفرخی*[۱]، پژمان طهماسبی[۲]، علی‌اصغر نقی‌پور[۳]

۱. نویسنده مسئول، دکتری علوم و مهندسی مرتع، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایان نامه: zahra.heydarigh@stu.sku.ac.ir

۲. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۳. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۳؛ جلد ۱۸، شماره ۱

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۱۰/۱۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱

واژه‌های کلیدی:
تنوع زیستی،
وضعیت مرتع،
تحلیل عملکرد چشم‌انداز،
منطقه حفاظت شده تنگ صیاد.

چکیده

سابقه و هدف: وضعیت مرتع یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که ارزیابی آن در مدیریت مرتع ضرورت بیشتری دارد. با این حال، روش‌های کیفی (مانند تحلیل عملکرد چشم‌انداز) اندازه‌گیری عملکردهای اکوسیستم مرتع، وقت‌گیر و هزینه‌بر هستند و باید منحصراً توسط افراد آگاه و باتجربه استفاده شوند. در همین راستا، این تحقیق با هدف یافتن ارتباط منطقی بین ویژگی‌های کمی گیاهی (تنوع گیاهی و تنوع عملکرد) با شاخص‌های کیفی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز در قسمتی از مراتع منطقه حفاظت شده تنگ صیاد واقع در استان چهارمحال و بختیاری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در طول گرادیانت شدت چرای دام، ۳ مکان مرتعی که در بلندمدت فشار چرایی متفاوتی را تجربه کرده‌اند، انتخاب شدند. در هر کدام، پس از انتخابِ ۲ منطقه معرف، ابتدا سه ماکروپلات ۳۰*۳۰ مترمربعی مشخص شد و درون آن‌ها، نمونه‌برداری از پوشش و ویژگی‌های عملکردی گیاهی با سه کوادرات ۲*۲ متر مربعی در اواسط اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ مطابق با حداکثر رشد گونه‌های گیاهی انجام شد. ویژگی‌های عملکردی گیاهی شامل شاخص سطح ویژه برگ، طول برگ، نیتروژن برگ، فسفر برگ و فرم رویشی جهت اندازه‌گیری تنوع عملکرد مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص‌های تنوع گونه‌ای شامل غنای گونه‌ای، یکنواختی شانون و تنوع شانون و شاخص‌های تنوع عملکرد شامل شاخص مربع آنتروپی رائو، غنای عملکرد، یکنواختی عملکرد و پراکندگی عملکرد با استفاده از بسته آماری vegan و FD در نرم افزار $R_{4.3.0}$ محاسبه شدند. سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز شامل پایداری، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی، با استفاده از نرم افزار LFA و بر اساس داده‌های حاصل از نمونه‌برداری صحرایی برای ۱۶۲ لکه و فضای بین لکه‌ای به دست آمد. ارتباط شاخص‌های تنوع و تنوع عملکرد با ویژگی‌های عملکردی تحلیل عملکرد چشم‌انداز با استفاده از همبستگی و رگرسیون تک متغیره بر اساس بسته‌های آماری ggcorrplot، ggpubr و ggpmisc در نرم‌افزار $R_{4.3.0}$ انجام شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین شاخص چرخه مواد غذایی با شاخص یکنواختی عملکرد و میانگین وزنی طول برگ (R^2= 0.3) وجود دارد. شاخص نفوذپذیری چشم‌انداز با یکنواختی عملکرد، پراکندگی عملکرد، آنتروپی رائو و میانگین وزنی نیتروژن برگ (R^2= 0.4) رابطه‌ی معنی‌داری بهتری نسبت به تنوع شانون، غنای عملکرد و میانگین وزنی طول برگ (R^2= 0.3) دارد ($P<0.05$). شاخص پایداری چشم‌انداز نیز با

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

شاخص‌های تنوع زیستی (غنای گونه‌ای و تنوع شانون)، شاخص‌های تنوع عملکردی مبتنی بر چند ویژگی (غنای عملکرد، یکنواختی عملکرد، پراکندگی عملکرد و آنتروپی رائو) و شاخص‌های تنوع عملکردی مبتنی بر یک ویژگی (میانگین وزنی فسفر برگ، میانگین وزنی سطح ویژه برگ و میانگین وزنی فرم رویشی گندمی چندساله) رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری دارد ($P < 0.05$) و با میانگین وزنی فرم رویشی پهن‌برگ چندساله ($R^2 = 0.5$) رابطه‌ی منفی و معنی‌داری دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به ارتباطات پیچیده‌ای که بین تنوع گیاهی و تنوع عملکردی با ویژگی‌های عملکردی تحلیل عملکرد چشم‌انداز وجود دارد و با توجه به اینکه با تغییر مقادیر شاخص‌های تنوع عملکردی، ویژگی‌های عملکردی تحلیل عملکرد چشم‌انداز نیز تغییر یافته است، می‌توان از این شاخص‌ها نیز به هنگام ارزیابی وضعیت مرتع، استفاده نمود. در گام‌های بعدی می‌بایست چگونگی تلفیق شاخص‌های تنوع زیستی برای ارزیابی وضعیت سلامت مرتع را برای استخراج یک پروتکل ارزیابی در مناطق مختلف اقلیمی ارائه کرد.

استناد: حیدری قهفرخی. ز.، پ. طهماسبی، ع. نقی‌پور، ۱۴۰۳. ارتباط بین برخی از شاخص‌های تنوع و تنوع عملکرد با ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA). مرتع، ۱۷(۱): ۱۳۲-۱۵۱.

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

مقدمه

بسیاری از متخصصین علم مرتع بر این باورند که از میان فاکتورهایی که جهت ارزیابی مراتع مورد استفاده قرار می‌گیرند، شاید وضعیت مرتع مهم‌ترین فاکتوری باشد که ارزیابی آن در مدیریت مرتع ضرورت بیشتری دارد (۷۰ و ۸۰). ارزیابی این ویژگی در طی چند سال، مدیر مرتع را از روند تغییرات آگاه ساخته و به او در مدیریت اصولی و دقیق مرتع راهنمایی می‌رساند (۵۰ و ۹۵). عدم شناخت دقیق این امر موجب اشتباه در تدوین سیاست‌های مدیریتی و استفاده غیراصولی از مرتع خواهد شد (۷۵). برای ارزیابی وضعیت مرتع، روش‌های متعددی از سوی محققین ابداع شده است که این روش‌ها همانند علم ارزیابی مرتع در حال تغییر و تحول بوده و مفاهیم و دستورالعمل‌های آن همچنان به تکامل خود ادامه می‌دهند (۵۰). به دلیل استفاده از ویژگی‌های متفاوت، این روش‌ها از لحاظ کارایی با یکدیگر متفاوت هستند. شناسایی روش مناسب برای ارزیابی عملکرد مراتع به تشخیص میزان تخریب و تفسیر چگونگی تغییرات کمک می‌کند (۵۷).

روش‌های ارزیابی مراتع را می‌توان به طور کلی به دو نوع کیفی و کمی طبقه‌بندی نمود. روش‌های کیفی از مشاهدات برای تخمین یا قضاوت شرایط استفاده می‌کنند و اغلب، شاخص‌ها را بر اساس مشاهدات سیستماتیک طبقه‌بندی می‌کنند. روش‌های کیفی ارزیابی وضعیت در چند دهه گذشته و به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که در آن نظارت بر مناطق وسیع، بسیار پرهزینه بوده و آزمایشگاه‌های پیشرفته همیشه در دسترس نیستند، محبوبیت زیادی پیدا کرده است (۲۲).

در مقابل، روش‌های کمی بر ثبت اندازه‌گیری‌ها و محاسبه مقادیر شاخص عددی تکیه می‌کنند. صرف نظر از اینکه ارزیابی اساساً مبتنی بر مشاهدات کیفی است یا اندازه‌گیری‌های کمی، این اطلاعات باید با برخی از انواع مرجع عینی یا توصیف شرایط مورد نظر برای قضاوت یا رسیدن به نتیجه مقایسه شوند (۴۶). سازگاری و تکرارپذیری ارزیابی‌های کیفی زمانی به حداکثر می‌رسد که ارزیابی‌ها توسط داده‌های شاخص کمی مناسب با هدف عینیت و تکرارپذیری بیشتر پشتیبانی شوند. به همین ترتیب، مجموعه داده‌های کمی ممکن است با ارزیابی‌های کیفی تکمیل شوند که می‌تواند بینشی نسبت به شاخص‌هایی که اندازه‌گیری آن‌ها دشوار است، فراهم کند و دید کامل‌تری از پوشش گیاهی، خاک و فرآیندهای اکولوژیکی زیربنایی فراهم کند. بنابراین، روش‌های ارزیابی شرایط مرتع و فرآیندهای اکوسیستم زمانی کارآمد هستند که به ایجاد درک مشترک در بین گروه‌های کاربری گسترده کمک کنند و از تصمیم‌گیری‌ها پشتیبانی کنند (۴۶ و ۶۴).

روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (Landscape Function Analysis (LFA) یک شیوه‌ی ارزیابی کیفی بررسی عملکرد اکوسیستم است (۸۸). این روش به یک استاندارد پذیرفته‌شده برای ارزیابی اکولوژیکی محیط‌های مرتعی و پایش مستمر و سریع آن‌ها تبدیل شده است (۱ و ۸۸). ارزیابی چشم‌انداز به عنوان یک گام مهم برای درک عملکرد چشم‌انداز و در نهایت شناسایی نواحی با سطوح مختلف عملکرد و خدمات اکوسیستم است (۸۵). پایش اکوسیستم‌های مرتعی با استفاده از روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز برای ارزیابی اثرات چرا و موفقیت احیای اکوسیستم‌ها استفاده می‌شود (۸۹). این روش برخی از ویژگی‌های اکوسیستم را با شاخص‌های کیفی با دقت زیاد و سریع ارزیابی می‌کند (۶۴ و ۸۹) اما باید منحصراً توسط افراد آگاه و باتجربه استفاده شود (۶۳).

تنوع زیستی (Biological diversity) (غنا و تنوع گونه‌ای) از مفاهیم مهم در بوم‌شناسی است و هنگام اشاره به حفاظت و مدیریت پایدار اراضی طبیعی به کار می‌رود (۱۵ و ۳۳). تنوع زیستی نقش مهمی در پایداری و سلامت (۶۰)، تولید (۲) و ارزیابی اکوسیستم‌های طبیعی (۴۹) دارد. تنوع به عنوان یکی از شاخص‌های مهم و سریع در تعیین وضعیت اکوسیستم‌های مرتعی تحت مدیریت‌های مختلف به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. با مطالعه و اندازه‌گیری آن می‌توان پویایی جوامع گیاهی و پراکنش گونه‌ها را بررسی کرد و با تأکید بر حفظ پویایی اکوسیستم‌ها، اقدامات مدیریتی لازم را ارائه نمود (۳۶). تنوع گونه‌ای، از مشخصه‌های نشان‌دهنده تغییرات در مراتع است (۲۴). غنای گیاهی و تنوع (ترکیبی از غنا و یکنواختی) دو معیار تنوع زیستی به عنوان شاخص‌های سلامت اکوسیستم توسط محققان مختلف مطرح شده‌اند (۲۸، ۷۶ و ۸۳). رابطه بین تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم یکی از موضوعات

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

اصلی اکولوژیکی بوده است (۳۸ و ۸۷). بر اساس عقیده‌ی بسیاری از محققین تنوع گونه‌ای بالا، معادل پایداری سامانه‌های بوم‌شناختی در نظر گرفته شده است (۲۸) و فراتر از تغییرات گونه‌ها، از دست دادن عملکردهای خاص، تهدید اصلی برای فرآیندها و خدمات اکوسیستم است (۴۴). بنابراین بررسی ارتباط بین تحلیل عملکرد چشم‌انداز و اجزای آن‌ها با تنوع زیستی منجر به اعتبارسنجی ابزارهای سنجش وضعیت مرتع می‌شود (۱۵).

تنوع عملکردی جزء مهمی از تنوع زیستی است (۶۷ و ۶۸). تنوع عملکردی را میزان تفاوت در ویژگی‌های عملکردی میان گونه‌ها در یک جامعه تعریف می‌کنند (۸۶). برخلاف تنوع زیستی که تنها بر اساس فراوانی نسبی گونه‌ها در جامعه است، تنوع عملکردی جنبه‌های مختلفی از ترکیب زیستی و در نتیجه نقش جمعیت‌ها در جامعه را بیان می‌کند (۱۷). همچنین تنوع عملکردی نمی‌تواند به صورت یک جنبه منفرد محاسبه شود (۹۲). بر این اساس با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف آن می‌توان همه جوانب ارتباط تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم را آشکار نمود. به منظور درک و شناخت بهتر تأثیر تنوع عملکردی بر عملکردهای اکوسیستم، به بررسی تنوع عملکردی، ارتباط بین تنوع عملکردی و غنای گونه‌ای و ارتباط بین تنوع عملکردی و عملکردهای اکوسیستم می‌پردازیم (۸۲). تنوع عملکردی می‌تواند تغییرات عملکرد اکوسیستم را بهتر از تنوع گونه‌ای توضیح دهد (۱۶ و ۴۷). تنوع عملکردی اغلب با غنای گونه‌ای همبستگی مثبت دارد (۸۶ و ۸۷). غنای عملکردی، عملکرد اکوسیستم را بهتر از غنای گونه‌ای توضیح می‌دهد (۸۷) بنابراین می‌تواند جایگزین غنای گونه‌ای شود.

با افزایش آگاهی، بوم‌شناسان متوجه شدند که ویژگی‌های گونه‌ها بر عملکرد اکوسیستم تأثیر می‌گذارند (۱۰). به علت اینکه تنوع عملکردی بر پایه ویژگی‌های گونه‌ها در اکوسیستم‌ها بیان می‌شود، مجموعه‌ای از ویژگی‌ها باید مورد ارزیابی قرار گیرند (۷۱ و ۷۷). بنابراین باید برخی از صفات عملکردی گیاه اندازه‌گیری شود تا در شرایطی که ویژگی‌های مختلف اکوسیستم مورد نظر است، بتوانند توسط تنوع عملکردی توصیف شوند (۱۳ و ۵۲) و به طور هم‌زمان، به راحتی برای تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی با حداقل تعداد نمونه و با هزینه کم اندازه‌گیری شوند (۱۴). همچنین توانایی پیش‌بینی واکنش‌های مهم اکوسیستم به تغییرات محیطی را داشته باشند و/یا خودشان تأثیرات شدیدی بر فرآیندهای اکوسیستم بگذارند (۱۴).

روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز شامل سه جزء مهم پایداری (توانایی خاک برای مقاومت در برابر فرسایش و میزان بازسازی آن بعد از وقوع آشفتگی)، نفوذپذیری (میزان نگهداشت آب در بین خاکدانه‌ها یا آب قابل استفاده برای گیاهان و مقدار از دست رفته از سیستم از طریق رواناب) و نیز چرخه عناصر غذایی (ترکیب چرخه مواد آلی و مواد غذایی و میزان بازگشت مواد آلی به خاک) است که برای ارزیابی از ۱۱ شاخص بصری ارزیابی سطحی خاک استفاده شده است (۱۹، ۴۸ و ۹۰). این شاخص‌ها باید برای حداقل سه تکرار از هر لکه و فضای بین لکه‌ای در طول هر ترانسکت برآورد شوند. هر کدام از این اجزا و اجزای ریزتر آن‌ها به نظر با تنوع عملکردی اکوسیستم در ارتباط هستند.

عملکردهای اکوسیستم به احتمال زیاد از فراوان‌ترین گونه‌ها قابل پیش‌بینی است، گونه‌هایی که سهم زیادی در زی‌توده گیاهی کل دارند (۳۵ و ۷۱) و همچنین بیشترین مشارکت را در فرآیندهایی مانند فتوسنتز، چرخه مواد غذایی و چرخه هیدرولوژی ایفا می‌کنند (۷۱). گیاهان بزرگ‌تر، زیتوده بیشتری را به شکل برگ و لاشبرگ در واحد سطح زمین می‌ریزند و در نتیجه به طور مستقیم به تجمع کربن در لاشبرگ سرپا و خاک کمک می‌کنند (۳۱ و ۴۵). حضور مواد در حال پوسیدن با کیفیت متفاوت (غلظت مواد غذایی) بر سرعت تجزیه لاشبرگ و در نتیجه ذخیره کربن خاک تأثیر می‌گذارد (۱۳).

شکل‌های مختلف رشد گونه‌های گیاهی به دلیل تنوع ساختاری، تأثیرات متفاوتی بر پایداری خاک دارند (۶، ۴۲ و ۷۸). گونه‌های بوته‌ای چندساله و مجموعه‌های متشکل از بوته‌ای و گندمیان، ظرفیت بالایی برای جذب مواد تخریب شده دارا هستند، مقاومت سطح خاک را در برابر نیروهای تخریب کننده (بارش زیاد و فرسایش بادی) افزایش می‌دهند (۴).

اکوسیستم‌ها ممکن است خدماتی را برای کنترل فرسایش آبی ارائه دهند. این خدمت به حفظ آب در خاک و رسوب، لاشبرگ و پوشش گیاهی سرپا و تعادل بین نفوذ و رواناب بستگی دارد، ویژگی‌هایی که ممکن است با در نظر

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

گرفتن صفاتی مانند شکل رشد و سرعت رشد گیاه، طول عمر گیاه، ساختار تاج، ماندگاری برگ‌ها، ماده خشک، محتوای نیتروژن و لیگنین در برگ، سرعت تجزیه بالقوه برگ‌ها و ساقه‌ها، ساختار ریشه و ریشه‌های عمیق و زیرزمینی ارزیابی شوند (۸). بنابراین هیدرولوژی علفزار (Grassland) می‌تواند عمیقاً تحت تأثیر گروه عملکردی گیاهی غالب قرار گیرد (۷۳ و ۹۴).

برخی ویژگی‌های عملکردی جوامع گیاهی (تنوع عملکردی) از جمله صفات برگ مانند شکل برگ، سطح ویژه برگ ((Specific Leaf Area (SLA) و لاشبرگ بر تجمع کربن خاک تأثیر می‌گذارد. این اثر به تغییرات در قابلیت در دسترس بودن مواد غذایی ناشی از تجزیه برگ‌ها (غلظت نیتروژن برگ ((Leaf Nitrogen Concentration (LNC) و غلظت فسفر برگ (Leaf Phosphorus Concentration (LPC))) نسبت داده می‌شود که به نوبه خود بر محتوای ماده آلی خاک تأثیر می‌گذارد (۳۱، ۳۷ و ۴۵) و ممکن است باعث افزایش ذخیره‌سازی ماده آلی خاک (Soil Organic Carbon (SOC)) شود (۵، ۵۱). لاشبرگ برگ‌های با طول عمر (Lifespan) طولانی مقاومت نسبی در برابر تجزیه دارند، زیرا منابع قابل توجهی را برای حفاظت از برگ‌ها سرمایه‌گذاری کرده‌اند (۱۴). سطح ویژه برگ نیز برای مطالعه ظرفیت فتوسنتز استفاده می‌شود (۷۱).

به علت آنکه اندازه‌گیری عملکردهای اکوسیستم مرتع، وقت‌گیر و هزینه‌بر است (۶۴)؛ برای ارزیابی این ویژگی‌ها از برخی شاخص‌های اکولوژیک استفاده می‌شود (۷۲). این گونه شاخص‌ها به عنوان اعضای ویژگی‌های اکوسیستم در نظر گرفته می‌شوند و ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های عملکردی مراتع دارند (۶۴ و ۹۳). بسیاری از محققین برای ارزیابی مرتع، استفاده از ویژگی‌های عملکردی مرتع و نیز شاخص‌های سطح خاک را مورد بحث قرار داده‌اند. تنوع عملکردی منجر به ایجاد روابط بین تنوع زیستی و عملکردهای اکوسیستم (Biodiversity–Ecosystem Functioning (BEF)) می‌شود (۱۱، ۳۰ و ۵۶). مؤلفه‌های اصلی تنوع عملکردی، به ویژه مقادیرِ ویژگی‌های گونه‌های فراوان یا تنوع مقادیر ویژگی‌های موجود در جامعه، بیش‌ترین ارتباط را با عملکردهای اکوسیستم دارند (۱۳) و از مؤثرترین پیش‌بینی کننده‌های عملکرد اکوسیستم هستند (۳۴ و ۶۸).

از این رو، توسعه یک ابزار ارزیابی سلامت اکوسیستم مرتعی که سازگار، کمی، ارزان، قابل تکرار، سیستماتیک، از نظر آماری سالم، به طور گسترده قابل‌اجرا و بتواند با حداقل مهارت‌های فنی انجام شود، ضروری است. همچنین نحوه‌ی تأثیرپذیری شاخص‌ها توسط اقدامات مدیریتی مهم یا عوامل آشفتگی انسانی باید توسط شواهد تجربی، مستند و شفاف نشان داده شوند. تغییرات در شاخص‌ها باید به آسانی قابل تشخیص در وضعیت باشند و برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان قابل تفسیر باشند (۳ و ۴۰).

همان طور که در بالا نیز توضیح داده شد برخی از مقادیر صفات عملکردی گیاهان ارتباط بیشتری با ویژگی‌های اصلی اکوسیستم شامل فتوسنتز، چرخه مواد غذایی، ذخیره کربن خاک و کنترل فرسایش آبی دارند. لذا این مطالعه در جهت یافتن ارتباط بین ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز با شاخص‌های تنوع گیاهی و تنوع عملکرد است که در صورت یافتن ارتباط منطقی، ویژگی‌های کمی گیاهی (تنوع گیاهی و تنوع عملکرد) به عنوان شاخص‌های تکمیلی برای ارزیابی وضعیت مرتع، بکار برده شود؛ زیرا وضعیت مرتع یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که ارزیابی آن در مدیریت مرتع ضرورت بیشتری دارد.

مواد و روش‌ها

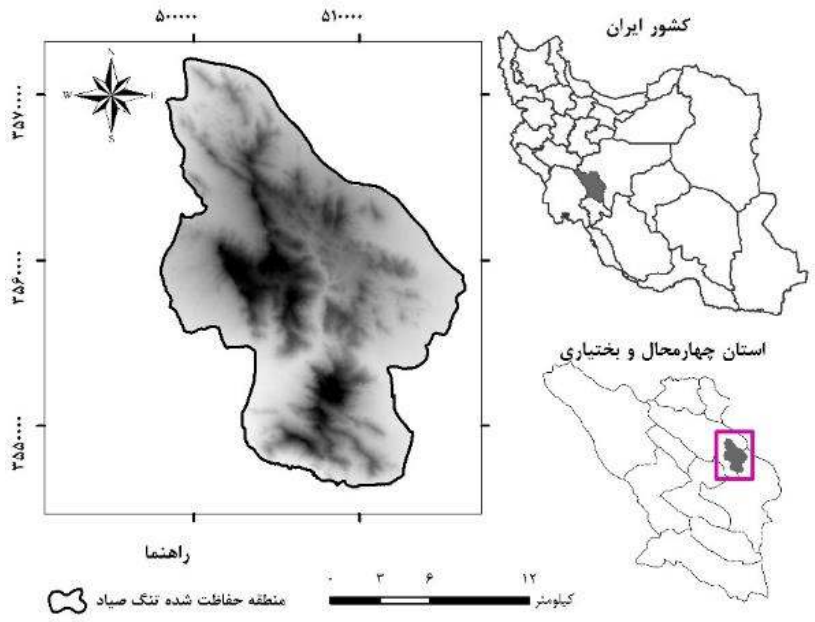
منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی تنگ صیاد ناحیه‌ای کوهستانی و مرتفع با وسعتی معادل ۲۷۰۰۰ هکتار بین مختصات جغرافیایی ´۵۹ °۵۰ تا ´۱۰ °۵۱ طول شرقی و ´۳ °۳۲ تا ´۱۷ °۳۲ عرض شمالی واقع شده است. این منطقه دارای حداقل ارتفاع ۲۰۶۹ و حداکثر ۳۱۳۷ متر از سطح دریای آزاد است. از نظر تقسیمات کشوری، این منطقه در بخش شرقی شهرستان فرخشهر و بخش غربی شهرستان بروجن در استان چهارمحال و بختیاری و فاصله آن تا شهرستان شهرکرد (مرکز استان) ۱۵ کیلومتر است و نزدیک‌ترین شهر به آن فرخشهر است (۲۳) (شکل ۱).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

دامنه ارتفاعی محدوده مورد مطالعه در پژوهش حاضر، ۲۱۴۵-۲۲۵۵ متر است. میانگین بارندگی سالانه‌ی منطقه ۲۷۷ میلی‌متر و میانگین درجه‌ی حرارت آن ۱۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در سال است (۳۹). بر اساس دو اقلیم‌نمای گوسن و آمبرژه این منطقه در قلمرو اقلیمی استپی سرد و ارتفاعات قرار گرفته است (۸۱). نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه‌ی مورد مطالعه، ایستگاه کلیماتولوژی فرخ‌شهر است. پوشش گیاهی غالب منطقه شامل گون زرد (*Astragalus verus* Olivier.) به همراه گونه‌های استپی بیابانی (*Stipa hohenackeriana* Trin. & Rupr.)، کاهوی وحشی (*Lactuca Serriola* L.)، گاو چاق کن (*Scariola orientalis* (Boiss.) Sojak.)، هزار خار استوانه‌ای (*Cousinia cylindracea* Boiss.)، چوبک ایرانی (*Acanthophyllum microcephalum* Boiss.)، گون سرسان (*Astragalus cephalanthus* DC.)، جارو علفی (*Bromus tomentellus* Boiss.)، شنگ نوک دراز (*Tragopogon longirostris* Bisch.)، گون دانه خونین (*Astragalus rhodosemius* Boiss. & Hausskn.)، گون افشان (*Astragalus effusus* Bunge.) و ... است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان چهارمحال و بختیاری

روش تحقیق

روش نمونه‌برداری از پوشش گیاهی

در طول گرادیانت شدت چرای دام، ۳ مکان مرتعی که در بلندمدت فشار چرایی متفاوتی را تجربه کرده‌اند و در سایر مشخصات از قبیل ویژگی‌های محیطی و فیزیوگرافی ثابت هستند، انتخاب شدند. این مکان‌های مرتعی شامل شدت چرایی سبک (مکان مرتعی ۱)، شدت چرایی متوسط (مکان مرتعی ۲) و شدت چرایی سنگین (مکان مرتعی ۳) هستند. در هر یک از مناطق در طول گرادیانت چرای دام، ۲ منطقه معرف انتخاب و در هر مکان سه ماکروپلات ۳۰*۳۰ مترمربعی انتخاب شد و درون آن‌ها، نمونه‌برداری از پوشش و ویژگی‌های عملکردی گیاهی با سه کوادرات ۲*۲ مترمربعی انجام گرفت (حداقل فاصله دو ماکرو پلات ۶۰ متر است) (۲۹). نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در اواسط اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ مطابق با حداکثر رشد گونه‌های گیاهی انجام شد (۲۹). پس از ثبت گونه‌های داخل پلات، درصد تاج پوشش، لاشبرگ، خاک لخت و سنگ و سنگریزه ثبت شد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

اندازه‌گیری ویژگی‌های عملکردی گیاهی

برای محاسبه‌ی شاخص‌های تنوع عملکرد، علاوه بر داده‌های فراوانی گونه‌ای، ویژگی‌های عملکردی گیاهان نیز مورد نیاز است (۲۵، ۵۹ و ۷۱). فراوان‌ترین گونه‌هایی که در مجموع شامل ۷۰ تا ۸۰ درصد ترکیب یا زیتوده جامعه گیاهی باشند، برای اندازه‌گیری صفات عملکردی انتخاب شدند. افراد (Individual) انتخابی از گونه‌های مورد بررسی دارای شرایطی کاملاً سالم بوده و از مکان‌های روشن و ترجیحاً بدون سایه (دریافت نور به صورت ویژه‌ای برای اندازه‌گیری صفات برگ اهمیت دارد) جمع‌آوری شدند. همچنین گیاهانی که تحت تأثیر علفخواران یا بیماری (Herbivores or Pathogens) قرار گرفته‌اند از مطالعه خارج شدند (۱۴ و ۶۶).

بر اساس اهداف تحقیق حاضر و همچنین در دسترس بودن ابزارهای لازم برای اندازه‌گیری، طول برگ، شاخص سطح ویژه برگ، فسفر برگ، نیتروژن برگ و فرم رویشی جهت اندازه‌گیری تنوع عملکرد مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). برای اندازه‌گیری هر ویژگی کمی عملکردی گیاهی، حداقل ۲۰ تکرار از ۱۰ پایه گیاهی از مجموع مناطق انتخاب شد (۱۴، ۶۶ و ۸۴). جهت کامل کردن ویژگی‌های عملکردی گیاهان از منابع مختلف نیز استفاده شد (۲۷، ۴۱ و ۶۱).

جدول ۱: ویژگی‌های عملکردی مورد بررسی گیاهان و روش اندازه‌گیری آن‌ها

ویژگی عملکردی گیاهی	نحوه اندازه‌گیری
طول برگ	با استفاده از نرم‌افزار "Leaf Area Measurement"
سطح ویژه برگ (SLA)	میانگین وزن خشک برگ (گرم)/ میانگین سطح برگ (سانتی‌متر)
فسفر و نیتروژن محلول برگ	به روش استفن و همکاران (۲۰۱۳) (۲۶)
فرم رویشی	بر اساس منابع موجود (سایت‌های گیاه‌شناسی، مقالات و کتب فلور گیاهی)

محاسبه شاخص‌های تنوع گونه‌ای و تنوع عملکرد

تنوع گونه‌ای دارای مؤلفه‌های مختلف غنا، یکنواختی و تنوع است. از میان شاخص‌های متنوع جهت محاسبه تنوع گیاهی، شاخص غنای گونه‌ای (۴۹)، شاخص یکنواختی شانون (۶۹) و شاخص تنوع شانون (۷۹) انتخاب شدند (جدول ۲). همچنین تنوع عملکرد نیز شامل اجزاء مختلفی با در نظر گرفتن ارزش ویژگی‌ها و فراوانی گونه‌ای است که هر کدام بخشی از عملکرد جامعه را نشان می‌دهند (۵۳). شاخص‌های تنوع عملکرد بر اساس تعداد ویژگی‌ها به دو گروه تقسیم‌بندی می‌گردند، گروه مبتنی بر یک ویژگی که تنها به یک ویژگی جهت انجام محاسبات نیاز است و گروه مبتنی بر چند ویژگی که جهت اجرای محاسبات به بیش از یک ویژگی نیاز است. شاخص میانگین وزنی جامعه (۳۱) را می‌توان به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تک ویژگی نام برد که جهت تعیین سهم هر یک از گونه‌ها در تنوع، از فراوانی گونه‌ای استفاده می‌کند. شاخص مربع آنتروپی رائو (۷۴)، غنای عملکرد (۹۲)، یکنواختی عملکرد (۵۸) و پراکندگی عملکرد (۴۳) نیز از مهم‌ترین شاخص‌های مبتنی بر چند ویژگی هستند که می‌توانند با در نظر گرفتن و یا عدم در نظر گرفتن فراوانی گونه‌ای محاسبه شوند (جدول ۳).

جدول ۲: شاخص‌های تنوع گیاهی مورد استفاده

شاخص‌ها	فرمول	توضیحات
غنای گونه‌ای (S)	$R = S$	S: غنای گونه‌ای
شاخص تنوع شانون- واینر	$H' = -\sum_i P_i \ln(P_i)$	Pi: فراوانی نسبی گونه i ام Ln: لگاریتم در پایه n
شاخص یکنواختی شانون، پیلو	$E_1 = \frac{H'}{H_{max}} = \frac{H'}{\ln S}$	H´ : شاخص تنوع شانون H_{max}: ماکزیمم شاخص تنوع

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

جدول ۳: شاخص‌های تنوع عملکرد گیاهی مورد استفاده

شاخص‌ها	نام لاتین	فرمول	توضیحات
میانگین وزنی جامعه (CWM)	Community Weighted Mean	$CWM = \sum_{i=1}^{s} Wi\ Xi$	s: تعداد کل گونه‌ها Wi: فراوانی نسبی گونه i Xi: ارزش ویژگی گونه i
مربع آنتروپی رائو	Quadratic entropy (74)	$d_{ij} = \sum_{t=1}^{T}(X_{tj} - X_{ti})^2$ $Rao = \sum_{i=1}^{S-1}\sum_{j>1}^{S} d_{ij}\ PiPj$	d_{ij}: فاصله بین گونه‌های i و j Pi: فراوانی نسبی گونه i Pj: فراوانی نسبی گونه j
غنای عملکرد (FRic)	Functional Richess index	نشان‌دهنده گسترش فضای ویژگی عملکردی توسط جامعه است.	برای یک ویژگی به صورت محدوده مینیمم- ماکزیمم برای بیش از یک ویژگی به صورت حجمی در فضای ویژگی‌ها
یکنواختی عملکرد (FEve)	Functional Evenness index	$FEve = \frac{\sum_{b=1}^{S-1} min\left(PEW_b \ \frac{1}{s-1}\right) - \frac{1}{s-1}}{1-\frac{1}{s-1}}$	PEWb: یکنواختی وزنی جزئی
پراکندگی عملکرد (FDis)	Functional dispersion	$FDis = \frac{\sum a_j z_j}{\sum a_j}$	aj: فراوانی نسبی گونه j zj: فاصله گونه j تا مرکز وزنی c

محاسبه ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز

در هر مکان مرتعی واقع در طول گرادیانت چرای دام، ۲ منطقه معرف انتخاب و در هر کدام سه ترانسکت حداقل ۳۰ متری جهت تعیین حداقل تعداد ۳ تکرار از هر یک از لکه‌ها و فضای بین لکه‌ای مستقر شد (۵۵ و ۸۸). پس از استقرار ترانسکت‌ها، انواع لکه‌های گیاهی شامل بوته‌ای و کپه‌های گیاهی (گندمی و پهن‌برگ علفی) شناسایی شدند. بر روی هر ترانسکت، طول و عرض قطعات اکولوژیک و نیز طول خاک لخت بین لکه‌ها ثبت شد. سه ویژگی عملکردی شامل پایداری، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی، با استفاده از نرم افزار LFA بر اساس داده‌های حاصل از نمونه‌برداری صحرایی برای ۱۶۲ لکه و فضای بین لکه‌ای به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴: شاخص‌ها و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های عملکردی مرتع (۸۸)

شاخص‌های سطح خاک	توضیحات	تعداد طبقات	پایداری	نفوذپذیری	چرخه مواد غذایی
پوشش سطح خاک	پوشش سطحی مانع از تخریب خاک توسط جریان سطحی	۵	■		
پوشش گیاهان چندساله	درصد پوشش تاجی و طوقه‌ای	۴		■	■
لاشبرگ	درصد بقایای گیاهان قابل تبدیل به هوموس	۶	■	■	■
پوشش نهانزادان	جلبک‌ها، خزه‌ای‌ها، قارچ‌ها و سرخس‌ها	۴	■		■
شکستگی پوسته	ارزیابی شکنندگی سله سطح خاک	۴	■		
نوع و شدت فرسایش	ارزیابی فرسایش و هدر رفت خاک و شدت فعالیت	۴	■		
مواد رسوبی	ارزیابی مواد پوشش‌دار	۴	■		
ناهمواری سطحی	ارزیابی پستی بلندی‌های کوچک سطح خاک	۵		■	■
طبیعت سطح خاک	استحکام لایه سطحی خاک در مقابل ضربه‌های وارده	۵	■	■	
پایداری در برابر رطوبت	ارزیابی توانایی سله سطح خاک در مقابل رطوبت	۴	■	■	
بافت	تعیین بافت خاک تا عمق ۵cm از طریق لمس کردن	۴		■	

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از میان شاخص‌های متنوع تنوع گیاهی شاخص‌های غنای گونه‌ای، تنوع شانون و یکنواختی شانون که بیشترین ارتباط را با ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز از خود نشان دادند، انتخاب شدند. همچنین از میان شاخص‌های متنوع تنوع عملکرد نیز مربع آنتروپی رائو، غنای عملکرد، یکنواختی عملکرد، پراکندگی عملکرد و میانگین وزنی صفات انتخاب شدند. شاخص تنوع عملکرد مبتنی بر چند ویژگی گویای وجود تنوع و اختلاف در ویژگی‌های عملکردی گونه‌های گیاهی می‌باشد. بنابراین، نوع رابطه (مثبت یا منفی) و سطح ضریب تبیین (R^2)، تعیین کننده نوع مکانیسم ارتباط تنوع زیستی (گیاهی) و عملکرد اکوسیستم خواهند بود (۶۱). به علت سهم ۸۰ تا ۹۰ درصدی مناطق بین لکه‌ای از طول ترانسکت، عمده ارزش عددی شاخص‌های LFA برای کل اکوسیستم (مناطق لکه + بین لکه) تحت تأثیر مناطق بین لکه‌ای (خاک لخت) است و فقط ارتباط شاخص‌های تنوع و تنوع عملکرد با سه ویژگی عملکردی کل چشم‌انداز آورده شده‌اند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و بررسی نرمال بودن آن‌ها، شاخص‌های تنوع گونه‌ای (غنا، یکنواختی و تنوع شانون) بر اساس روابط ذکر شده با استفاده از بسته آماری vegan در نرم افزار $R_{4.3.0}$ محاسبه شدند. شاخص‌های تنوع عملکرد بر اساس بسته آماری FD محاسبه شدند. همچنین ارتباط شاخص‌های تنوع و تنوع عملکرد با سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز با استفاده از همبستگی و رگرسیون تک متغیره (۹۱) بر اساس بسته آماری ggcorrplot، ggpubr و ggpmisc در نرم افزار $R_{4.3.0}$ برای ۱۸ جفت داده (۱۳، ۴۴ و ۸۴) انجام شدند.

نتایج

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز و برخی از شاخص‌های تنوع و تنوع عملکرد همبستگی معنی‌داری مشاهده شد.

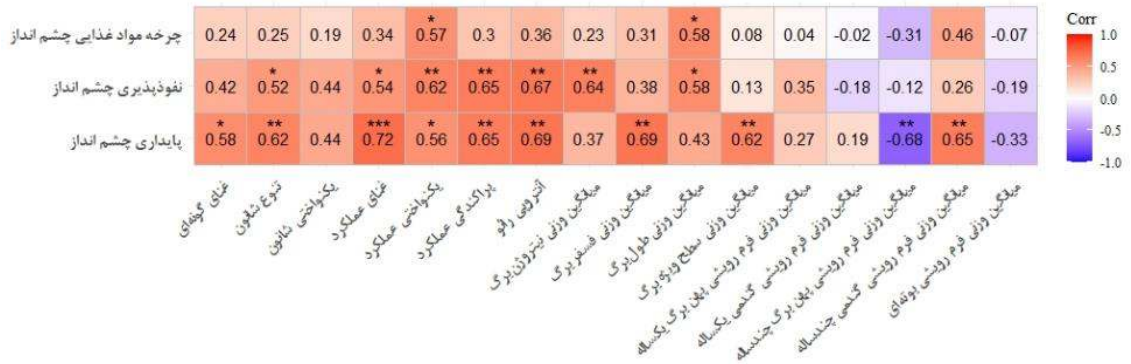
نتایج نشان داد که شاخص چرخه مواد غذایی با شاخص یکنواختی عملکرد (R^2= 0.3) و میانگین وزنی طول برگ (R^2= 0.3) که به ترتیب یکی از شاخص‌های تنوع عملکرد مبتنی بر چند ویژگی و یک ویژگی هستند، رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری دارد ($P < 0.05$) (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).

شاخص نفوذپذیری چشم‌انداز با تنوع شانون (R^2= 0.3)، غنای عملکرد (R^2= 0.3)، یکنواختی عملکرد (R^2= 0.4)، پراکندگی عملکرد (R^2= 0.4)، آنتروپی رائو (R^2= 0.4)، میانگین وزنی نیتروژن برگ (R^2= 0.4)، میانگین وزنی طول برگ (R^2= 0.3) رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری دارد ($P < 0.05$). به صورتی که هر چه میزان این شاخص‌ها بیشتر شود، شاخص نفوذپذیری چشم‌انداز نیز افزایش می‌یابد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).

شاخص پایداری چشم‌انداز نیز با غنای گونه‌ای (R^2= 0.3)، تنوع شانون (R^2= 0.4)، غنای عملکرد (R^2= 0.5)، یکنواختی عملکرد (R^2= 0.3)، پراکندگی عملکرد (R^2= 0.4)، آنتروپی رائو (R^2= 0.5)، میانگین وزنی فسفر برگ (R^2= 0.5)، میانگین وزنی سطح ویژه برگ (R^2= 0.4) و میانگین وزنی فرم رویشی گندمی چندساله (R^2= 0.4) رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری دارد ($P < 0.05$) و با میانگین وزنی فرم رویشی پهن‌برگ چندساله (R^2= 0.5) رابطه‌ی منفی و معنی‌داری دارد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]



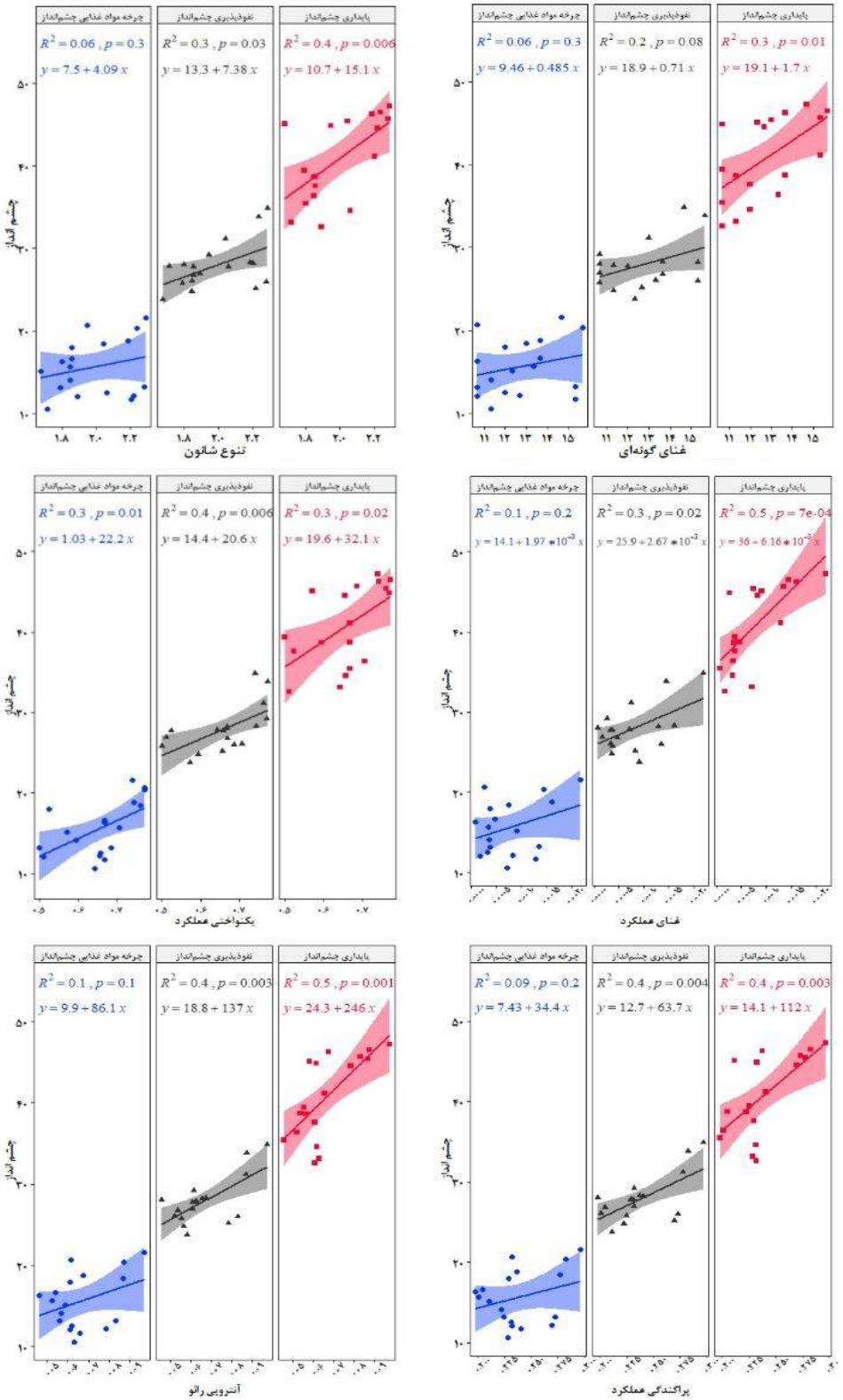
شکل ۲: همبستگی بین شاخص‌های تنوع زیستی (تنوع گونه‌ای و عملکردی) با ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز
***، ** و *به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد و عدم وجود ستاره بیانگر عدم اختلاف معنی‌داری است

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش ارتباط بین تنوع گیاهی و تنوع عملکرد با سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز با استفاده از روابط رگرسیونی و همبستگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز و برخی از شاخص‌های تنوع گیاهی و تنوع عملکرد، همبستگی معنی‌داری وجود دارد. این نتایج با مطالعه‌ی مک‌دونالد (۲۰۱۸) در مراتع نیمه‌خشک جنوب شرقی استرالیا تفاوت دارند که همبستگی کمتری بین معیارهای تنوع و سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز مشاهده شده بود.

به‌طور خاص، نتایج نشان می‌دهند که بین غنای گونه‌ای، تنوع شانون، غنای عملکرد، یکنواختی عملکرد، پراکندگی عملکرد، آنتروپی رائو، میانگین وزنی فسفر برگ و میانگین وزنی سطح ویژه برگ با پایداری چشم‌انداز رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. تنوع گونه‌ای بالا، تنوع عملکردی بالایی را تضمین می‌کند و به نوبه خود پایداری در عملکرد اکوسیستم را حفظ می‌کند (۱۲، ۵۴ و ۸۷). افزایش پایداری خاک و ساختار گیاه، کاهش ذخیره کربن و تجزیه مواد آلی را جبران می‌کند (۱۸). غنای گونه‌ای و غنای عملکردی ذاتاً به هم مرتبط هستند (۱۰ و ۹۱). تنوع عملکردی و تنوع گونه‌ای بسته به شرایط محیطی و شدت آشفتگی، می‌توانند همبستگی مثبت یا منفی داشته باشند (۸۲). نتایج احسانی و همکاران (۲۰۱۶) نیز مبین آن بود که بیشترین غنا و تنوع گونه‌ای در گروه اکولوژیکی با بیشترین پایداری و نفوذپذیری خاک است. افزایش غنای گونه‌ای در نهایت عملکرد اکوسیستم را با بهبود چرخه مواد مغذی، نفوذ و سایر فرآیندهای اکوسیستم تقویت می‌کند (۴۸). غنای گونه‌ای می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی وضعیت سلامت مرتع مفید و کارا باشد (۲۱). از طرفی بیان شده است که پایداری و سلامت اکوسیستم طبیعی وابسته به غنا و تنوع گونه‌ای است و با تخریب زیستگاه‌های طبیعی، تنوع بیولوژیکی و به تبع آن غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد. بنابراین حفظ تنوع زیستی در اکوسیستم‌های طبیعی جزء اهداف نهایی مدیریت منابع به شمار می‌آید (۲۱ و ۳۲). با استفاده از ترکیب مؤلفه‌های مختلف تنوع گونه‌ای (به عنوان مثال، غنا، یکنواختی و ...) و تنوع عملکردی می‌توان پایداری یک اکوسیستم را با دقت بیشتری نسبت به پیش‌بینی ایجاد شده از غنای گونه‌ای یا تنوع گونه‌ای به تنهایی بیان کرد (۷). برای اینکه تنوع عملکردی معنی‌دار و ارزش اندازه‌گیری داشته باشد، باید با عملکرد اکوسیستم همبستگی داشته باشد و باید اطلاعاتی فراتر از آنچه غنا یا تنوع گونه‌ای می‌تواند توضیح دهد ارائه کند (۱۰).

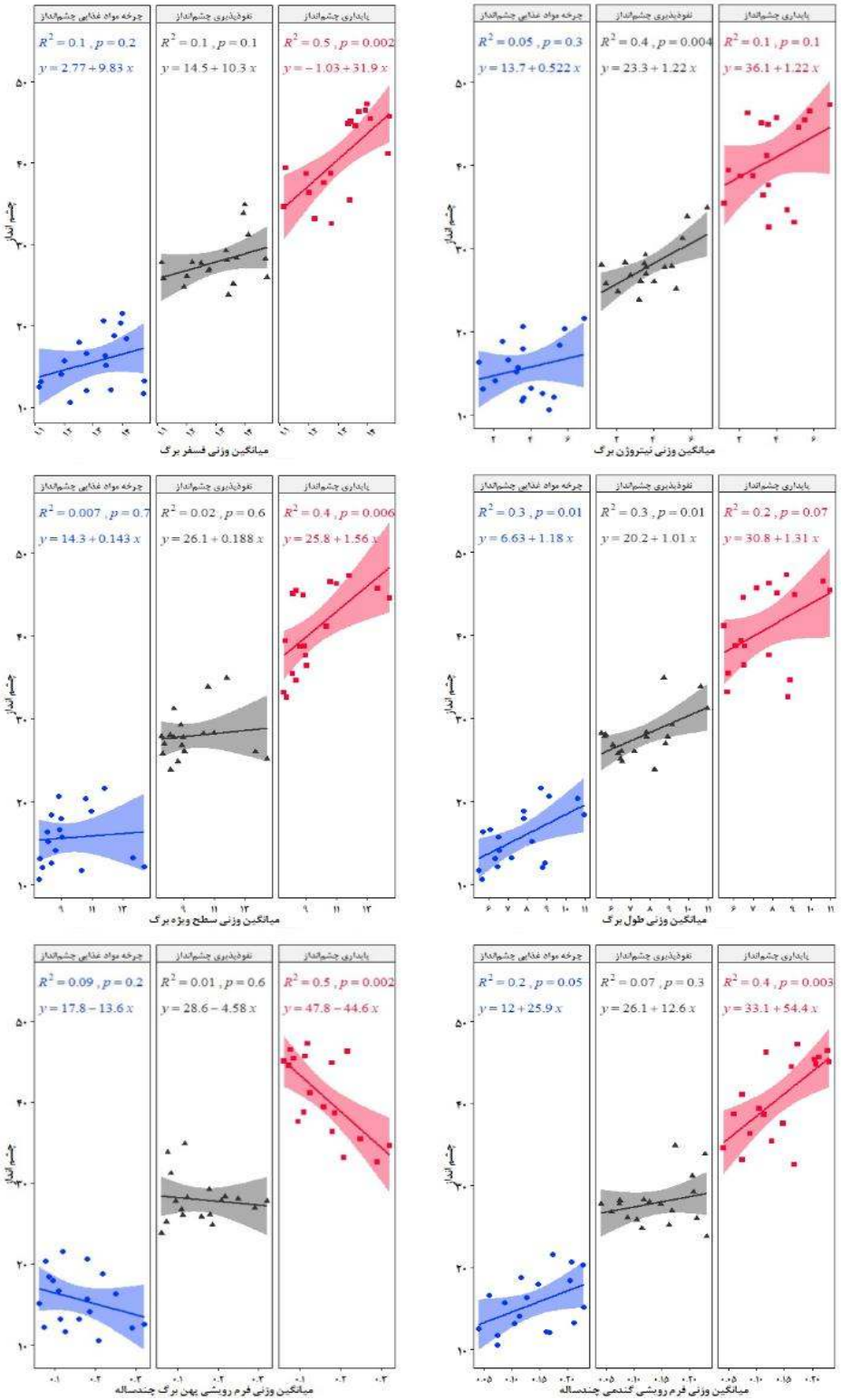
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]



شکل ۳: رگرسیون خطی ساده بین شاخص‌های تنوع زیستی (تنوع گونه‌ای و تنوع عملکردی مبتنی بر چند ویژگی) با ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]



شکل ۴: رگرسیون خطی ساده بین شاخص‌های تنوع عملکردی مبتنی بر یک ویژگی با ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که الگوهای روابط بین یکنواختی گونه‌ای و یکنواختی عملکردی، به اندازه روابط غنای گونه‌ای و غنای عملکردی واضح نبودند و قابلیت پیش‌بینی مشخصی ندارند. شاخص یکنواختی عملکرد با سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز ارتباط مثبت معنی‌داری دارد ولی شاخص یکنواختی ارتباط معنی‌داری ندارد. بیس‌واس و مالیک (۲۰۱۱) نیز در مطالعات خود در جوامع جنگل‌های شمالی کانادا به نتایج مشابهی دست یافتند.

یافته‌های این مطالعه نشان داد ارتباط معنی‌داری بین میانگین وزنی فرم رویشی بوته‌ای و چرخه مواد غذایی مشاهده نشد این امر شاید به این دلیل است که درصد کمی از طول لکه‌ها توسط این فرم رویشی اشغال شده است. در صورتی که باترفیلد و بریگز (۲۰۰۹) بیان کردند که گیاهان چوبی و لاشبرگ آن‌ها حاصلخیزی و سطوح مواد آلی خاک (نیتروژن و فسفر) را افزایش می‌دهند، از آنجا که مواد مغذی مورد نیاز یک گونه با مواد مغذی بافت‌های آن‌ها در ارتباط است، جذب مداوم مواد مغذی از لاشبرگ تجزیه‌شده را نیز منجر می‌شود. افزایش رسوب مواد آلی غنی از مواد مغذی پس از مرگ گیاهان چوبی علاوه بر توقف جذب مجدد به داخل گیاه منجر به تولید مواد مغذی نیز می‌شود.

در این تحقیق همچنین مشخص شده است که میانگین وزنی فرم رویشی گندمی چندساله رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار و میانگین وزنی فرم رویشی پهن‌برگ چندساله رابطه‌ی منفی و معنی‌داری با شاخص پایداری دارند. می‌توان این گونه استنباط کرد افزایش مقاومت سطح خاک در برابر فرسایش توسط گندمیان منجر به این رابطه مثبت شده است (۴). به نظر می‌رسد که الگوهای پوشش گیاهی تضاد خاک در میان سیماهای سرزمین را با تولید لاشبرگ با ترکیب مواد مغذی مختلف تقویت می‌کنند. این امر به نوبه خود تضاد پوشش گیاهی و تمایز ویژگی‌های بستر را تقویت می‌کند (۶۲).

در این پژوهش میانگین وزنی نیتروژن برگ با شاخص نفوذپذیری چشم‌انداز رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. این امر قاعدتاً به علت تأثیر این صفت گیاهی همراه با سایر صفات بر روی تعادل بین نفوذ و رواناب و در نتیجه کنترل فرسایش آبی است (۸). به علت آنکه شاخص‌های میانگین وزنی برای هر ویژگی گیاهی به صورت مجزا محاسبه می‌شوند (۸۴)، بنابراین تأثیر نیتروژن برگ متأثر از ویژگی گونه‌های غالب است.

ارتباط مثبت نفوذپذیری و پایداری چشم‌انداز با شاخص آنتروپی رائو در این منطقه بیانگر این واقعیت است که در این منطقه با افزایش در تنوع گونه‌ای که منجر به افزایش در ویژگی‌های عملکردی در این منطقه شده است، گونه‌های اضافه شده سهم مناسبی در عملکردهای اکوسیستم داشته‌اند.

همان‌طور که از نتایج برمی‌آید اندازه‌گیری تعدادی از صفات گیاهی ممکن است مؤثرتر از صرف زمان زیادی برای اندازه‌گیری شاخص‌های روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز برای کلیه لکه‌ها و فواصل بین لکه‌ای باشد. برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها، می‌توان از داده‌های جمع‌آوری شده در منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده کرد. این داده‌ها شامل داده‌های درصد پوشش گیاهی و لیست گونه‌های موجود به همراه بانک اطلاعات صفات گونه‌ای است. با داشتن یک بانک اطلاعات صفات گونه‌ای می‌توان با اندازه‌گیری داده‌های درصد پوشش گیاهی، ویژگی‌های عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز که عملکردهای اکوسیستم هستند را به آسانی محاسبه کرد. محاسبه شاخص‌های تنوع عملکردی توسط بوم شناسان به راحتی قابل محاسبه هستند و نرم‌افزار رایگان بالقوه نیز برای محاسبه آن‌ها فراهم شده است.

با توجه به اینکه وضعیت اکوسیستم از ویژگی‌های مهم محسوب می‌شود، کمی سازی مؤلفه‌های آن می‌تواند محققین و مدیران را در راستای مدیریت بهتر اکوسیستم‌های طبیعی یاری نماید. با ارزیابی تغییرات شاخص‌های تنوع گونه‌ای در یک منطقه در طول زمان، امکان ارزیابی مدیریت اعمال شده وجود دارد (۲۰). همچنین تنوع عملکردی به عنوان کلیدی برای پیش‌بینی جذب منابع، چرخه مواد غذایی و قابلیت تولید جوامع در نظر گرفته شده است (۵۲). یکی از بهترین توضیحات برای اثرات تنوع عملکرد بر عملکرد اکوسیستم این است که تنوع بیشتر صفات عملکردی، کارایی استفاده از منابع را در محیط‌های ناهمگن افزایش می‌دهد (۱۶). شاخص‌های تنوع و تنوع عملکردی دارای روابط مختلفی با عملکردهای

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

اکوسیستم هستند (۶۱). با تغییر شرایط محیطی نوع روابط متفاوت خواهد بود، بنابراین بهتر است برای هر منطقه آب و هوایی ارتباطات به صورت مجزا تعیین گردد.

با توجه به نتایج می‌توان از مدل ساده‌ی رگرسیون خطی و رابطه همبستگی ساده، روابط بین تنوع گیاهی و تنوع عملکرد با سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز را بررسی و پیش‌بینی کرد. ارتباط این شاخص‌ها با ۱۱ شاخص سطح خاک روش LFA به صورت غیرمستقیم برآورد می‌شود، زیرا هر شاخص با مجموعه‌ای از شاخص‌های دیگر یکی از سه ویژگی عملکردی را به وجود آورده‌اند که به طور مستقیم با خصوصیات پوشش گیاهی شامل تنوع در گونه‌ها، تنوع در ویژگی‌ها، تنوع در فرم‌های رویشی و ... ارتباط داشته‌اند. با توجه به اینکه در شدت‌های چرایی مختلف، احتمالاً مقادیر ویژگی‌های عملکردی LFA تغییر می‌کند، به جای ارزیابی LFA در شدت‌های مختلف چرایی، با محاسبه شاخص‌های تنوع و تنوع عملکرد می‌توان وضعیت مرتع را ارزیابی کرد. همچنین می‌توان از روش‌های آماری پیشرفته‌تری مانند رگرسیون چندمتغیره، تحلیل مسیر و مدل‌سازی ساختاری، تأثیر هم‌زمان چندین متغیر مستقل بر متغیر وابسته را بررسی کرده و روابط پیچیده‌تری را مدل‌سازی کرد. بنابراین، با توجه به ارتباطات پیچیده‌ای که بین تنوع گیاهی و تنوع عملکردی با سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز وجود دارد و با توجه به اینکه با تغییر مقادیر شاخص‌های تنوع عملکردی، سه ویژگی عملکردی روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز نیز تغییر یافته است، می‌توان از این شاخص‌ها نیز به هنگام ارزیابی وضعیت مرتع، استفاده نمود. در گام‌های بعدی می‌بایست چگونگی تلفیق شاخص‌های تنوع زیستی برای ارزیابی وضعیت سلامت مرتع را برای استخراج یک پروتکلِ ارزیابی ارائه کرد.

References

1. Alchin, M.D., 2011. A test of landscape function theory in the semi-arid shrublands of Western Australia. Ph.D., Curtin University of Technology, 214 p.
2. Alhamad, M.N., 2006. Ecological and species diversity of arid Mediterranean grazing land vegetation. Journal of Arid Environments, 66(4): 698-715.
3. Andreasen, J.K., R.V. O'neill, R. Noss & N.C. Slosser, 2001. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. Ecological indicators, 1(1): 21-35.
4. Azimi, R., G.A. Heshmati, M.K. Kianian, S. Hossein Jafari & D. Zakeri, 2018. Role of plant species and ecological patches in conserving and fixing natural lands′ soil using landscape functional analysis (LFA)(Case study: Dehbar rangeland, Torghabeh, Mashhad, Iran). Journal of Rangeland Science, 8(2): 166-175.
5. Bakker, M.A., G. Carreño-Rocabado & L. Poorter, 2011. Leaf economics traits predict litter decomposition of tropical plants and differ among land use types. Functional Ecology, 25(3): 473-483.
6. Bestelmeyer, B.T., J.P. Ward, J.E. Herrick & A.J. Tugel, 2006. Fragmentation effects on soil aggregate stability in a patchy arid grassland. Rangeland Ecology & Management, 59(4): 406-415.
7. Biswas, S.R. & A.U. Mallik, 2011. Species diversity and functional diversity relationship varies with disturbance intensity. Ecosphere, 2(4): 1-10.
8. Brauman, K.A., G.C. Daily, T.K. Duarte & H.A. Mooney, 2007. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. Annual Review of Environment and Resources, 32: 67-98.
9. Butterfield, B.J. & J.M. Briggs, 2009. Patch dynamics of soil biotic feedbacks in the Sonoran Desert. Journal of Arid Environments, 73(1): 96-102.
10. Cadotte, M.W., K. Carscadden & N. Mirotchnick, 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. Journal of Applied Ecology, 48(5): 1079-1087.
11. Cadotte, M.W., J. Cavender-Bares, D. Tilman & T.H. Oakley, 2009. Using phylogenetic, functional and trait diversity to understand patterns of plant community productivity. PloS ONE, 4(5): e5695.
12. Chapin Iii, F.S., B.H. Walker, R.J. Hobbs, D.U. Hooper, J.H. Lawton, O.E. Sala & D. Tilman, 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. Science, 277(5325): 500-504.
13. Conti, G. & S. Díaz, 2013. Plant functional diversity and carbon storage–an empirical test in semi-arid forest ecosystems. Journal of Ecology, 101(1): 18-28.
14. Cornelissen, J.H.C., S. Lavorel, E. Garnier, S. Díaz, N. Buchmann, D.E. Gurvich, P.B. Reich, H. Ter Steege, H.D. Morgan, M.G.A. Van Der Heijden, J.G. Pausas & H. Poorter, 2003. A handbook of protocols for

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 51(4): 335-380.
15. Demaere, C.G., 2019. The Relationship of Plant Diversity to Alberta's Range Health Assessment. Thesis of Master of Science, Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, University of Alberta: 145.
16. DÍAz, S. & M. Cabido, 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. Trends in Ecology & Evolution, 16(11): 646-655.
17. Díaz, S., S. Lavorel, F.S. Chapin, P.A. Tecco, D.E. Gurvich & K. Grigulis, 2007. Functional diversity—at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. Springer, Berlin, Heidelberg, 81-91 p.
18. Ding, J. & D.J. Eldridge, 2021. Climate and plants regulate the spatial variation in soil multifunctionality across a climatic gradient. Catena, 201: 105233.
19. Ebrahimi, M., M. Arab & M. Ajorloo, 2014. Effects of Enclosure on Ecological Indexes of Rangeland Health Using Landscape Function Analysis Method (Case Study:Jiroft Jbalbarez Rangeland). Journal of Rangeland, 8(3): 261-271. (In Persian).
20. Ehsani, S., G. Heshmati & R. Tamartash, 2016. Investigating the effects of topographical factors and LFA indices on plant species diversity (Case study: Summer rangeland at the Valuye of Kiyasar). Journal of Rangeland, 9(3): 255-267. (In Persian).
21. Ehsani, S.M., R. Tamartash, G. Heshmati & E. Sheidai Karkaj, 2020. Evaluation of the Efficiency of Landscape Function Analyze (LFA) to Estimate Plant Diversity in Kiasar rangeland of Mazandaran. Applied Biology, 33(1): 9-23. (In Persian).
22. Eldridge, D.J. & M. Delgado-Baquerizo, 2018. Grazing reduces the capacity of Landscape Function Analysis to predict regional-scale nutrient availability or decomposition, but not total nutrient pools. Ecological Indicators, 90: 494-501.
23. Environmental Protection Agency, 2002. National parks and protected area management plan Tang e Sayad, Identify plant cover. (In Persian).
24. Eslami, H., J. Motamedi, H. Nazarnejad & E. Sheidaye Karkaj, 2019. Investigating the relationship between range condition of plant types and species diversity. Iranian Journal of Range and Desert Research, 26(3): 613-628. (In Persian).
25. Esler, K. & A. Rebelo, 2014. Quantifying Functional Biodiversity. African Journal of Range & Forage Science, 31: 235-236.
26. Estefan, G., R. Sommer & J. Ryan, 2013. Methods of soil, plant, and water analysis. A manual for the West Asia and North Africa region, 3: 65-119.
27. Faal Feizabadi, M., 2021. Ecosystem multifunctionality related to species diversity, Functional diversity and functional redundancy along the gradient of productivity in semi-arid ecosystems. Ph.D. in the subject of Rangeland Science and Engineering, Shahrekord University, Iran, 189 p. (In Persian).
28. Fancy, S.G., J.E. Gross & S.L. Carter, 2009. Monitoring the condition of natural resources in US national parks. Environmental Monitoring and Assessment, 151(1): 161-174.
29. Feizabadi, M.F., P. Tahmasebi, E.A. Broujeni, A. Ebrahimi & R. Omidipour, 2021. Functional diversity, functional composition and functional β diversity drive aboveground biomass across different bioclimatic rangelands. Basic and Applied Ecology, 52: 68-81.
30. Flynn, D.F., M. Gogol-Prokurat, T. Nogeire, N. Molinari, B.T. Richers, B.B. Lin, N. Simpson, M.M. Mayfield & F. Declerck, 2009. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. Ecology Letters, 12(1): 22-33.
31. Garnier, E., J. Cortez, G. Billès, M.-L. Navas, C. Roumet, M. Debussche, G. Laurent, A. Blanchard, D. Aubry & A. Bellmann, 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. Ecology, 85(9): 2630-2637.
32. Ghahraman, A., H. Miravodi & H. Zahedipour, 2001. Study of plant diversity in plant communication in Arak. in 2th Congress of range and rangeland in Iran, University of Tehran. (In Persian).
33. Glowka, L., F. Burhenne-Guilmin & H. Synge, 1994. Guide to the convention on biological diversity. IUCN (International Union for Conservation of Nature), Gland, Switzerland and Cambridge, England. 161 p.
34. Griffin, J.N., V. Méndez, A.F. Johnson, S.R. Jenkins & A. Foggo, 2009. Functional diversity predicts overyielding effect of species combination on primary productivity. Oikos, 118(1): 37-44.
35. Grime, J.P., 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. Journal of Ecology, 86(6): 902-910.
36. Hayek, L.A.C., M.A. Buzas & L.E. Osterman, 2007. Community structure of foraminiferal communities within temporal biozones from the western Arctic Ocean. The Journal of Foraminiferal Research, 37(1): 33-40.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

37. He, M., K. Zhang, H. Tan, R. Hu, J. Su, J. Wang, L. Huang, Y. Zhang & X. Li, 2015. Nutrient levels within leaves, stems, and roots of the xeric species Reaumuria soongorica in relation to geographical, climatic, and soil conditions. Ecology and Evolution, 5(7): 1494-1503.
38. Hillebrand, H. & B. Matthiessen, 2009. Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. Ecology Letters, 12(12): 1405-1419.
39. I.R.Of Iran Meteorological Organization. 2021. https://data.irimo.ir/.
40. Jackson, L.E., J.C. Kurtz & W.S. Fisher, 2000. Evaluation guidelines for ecological indicators. Research Triangle Park, NC, USA: US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, EPA/620/R-99/005. 107 p.
41. Kattge, J., G. Boenisch, S. Diaz, S. Lavorel, I.C. Prentice, P. Leadley, S. Tautenhahn, G.D. Werner, T. Aakala, M. Abedi & A.T. Acosta, 2023. TRY plant trait database - enhanced coverage and open access. Global Change Biology, 26(1): 119-188.
42. Khosravi, H., M. Ebrahimi & M. Rigi, 2017. Effects of rangeland exclusion on plant cover and soil properties in a steppe rangeland of Southeastern Iran. Arid Land Research and Management, 31(3): 352-371.
43. Laliberté, E. & P. Legendre, 2010. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. Ecology, 91(1): 299-305.
44. Lamas, M.I.B., A.L. Carrera & M.B. Bertiller, 2021. Sheep grazing differentially affects the canopy attributes and functional diversity of shrubs and perennial grasses in arid rangelands. Plant Ecology, 222(1): 13-27.
45. Lavorel, S. & K. Grigulis, 2012. How fundamental plant functional trait relationships scale-up to trade-offs and synergies in ecosystem services. Journal of Ecology, 100(1): 128-140.
46. Lepak, N., B.A. Newingham, E. Kachergis, D. Toledo & J. Moffitt, 2021. Where do qualitative assessments fit in an era of increasingly quantitative monitoring? Perspectives from Interpreting Indicators of Rangeland Health. Rangelands, Available online.
47. Loreau, M., 1998. Biodiversity and ecosystem functioning: a mechanistic model. Proceedings of the National Academy of Sciences, 95(10): 5632-5636.
48. Maestre, F.T. & J. Cortina, 2004. Insights into Ecosystem Composition and Function in a Sequence of Degraded Semiarid Steppes. Restoration Ecology, 12(4): 494-502.
49. Magurran, A.E., 2013. Ecological Diversity and Its Measurement. Springer Science & Business Media. 179 p.
50. Mahdavi, M., H. Arzani & M.H. Jouri, 2009. Analysis of rangeland condition's changes using of qualitative method of rangeland health (case study: steppic rangeland of Roudshour). Journal of Rangeland, 3(3): 385-397. (In Persian).
51. Manning, P., F.T. De Vries, J.R.B. Tallowin, R. Smith, S.R. Mortimer, E.S. Pilgrim, K.A. Harrison, D.G. Wright, H. Quirk, J. Benson, B. Shipley, J.H.C. Cornelissen, J. Kattge, G. Bönisch, C. Wirth & R.D. Bardgett, 2015. Simple measures of climate, soil properties and plant traits predict national-scale grassland soil carbon stocks. Journal of Applied Ecology, 52(5): 1188-1196.
52. Mason, N.W., K. Macgillivray, J.B. Steel & J.B. Wilson, 2003. An index of functional diversity. Journal of Vegetation Science, 14(4): 571-578.
53. Mason, N.W., D. Mouillot, W.G. Lee & J.B. Wilson, 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. Oikos, 111(1): 112-118.
54. Mayfield, M.M., S. Bonser, J. Morgan, I. Aubin, S. Mcnamara & P. Vesk, 2010. What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change. Global Ecology and Biogeography, 19(4): 423-431.
55. Mcdonald, S.E., N. Reid, C.M. Waters, R. Smith & J. Hunter, 2018. Improving ground cover and landscape function in a semi-arid rangeland through alternative grazing management. Agriculture, Ecosystems & Environment, 268: 8-14.
56. Milcu, A., E. Allan, C. Roscher, T. Jenkins, S.T. Meyer, D. Flynn, H. Bessler, F. Buscot, C. Engels & M. Gubsch, 2013. Functionally and phylogenetically diverse plant communities key to soil biota. Ecology, 94(8): 1878-1885.
57. Molaeinasab, A., H. Bashari & M. Tarkesh Esfahani, 2018. Comparing rangeland functions using landscape function analysis and rangeland health (Case study: Meidanak rangelands, Fereidoonshar). Journal of Rangeland, 12(2): 242-254. (In Persian).
58. Mouillot, D., S. Villéger, M. Scherer-Lorenzen & N.W.H. Mason, 2011. Functional structure of biological communities predicts ecosystem multifunctionality. PloS ONE, 6(3): e17476.
59. Naeem, S., D.E. Bunker, A. Hector, M. Loreau & C. Perrings, 2009. Biodiversity, ecosystem functioning, and human wellbeing: an ecological and economic perspective. Oxford University Press. 368 p.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

60. Odum, E.P. & G.W. Barrett, 1971. Fundamentals of ecology. Vol. 3: Cengage Learning, Saunders Philadelphia. 624 p.
61. Omidipour, R., 2019. Stability of rangeland ecosystems in response to plant functional diversity along a gradient of productivity in arid and semi-arid regions. Ph.D. in the subject of Rangeland Science and Engineering, Shahrekord University, Iran, 171 p. (In Persian).
62. Parker, K.C. & J. Bendix, 1996. Landscape-scale geomorphic influences on vegetation patterns in four environments. Physical Geography, 17(2): 113-141.
63. Pellant, M., P. Shaver, D.A. Pyke & J.E. Herrick, 2008. Interpreting Indicators of Rangeland Health. Translated and Collected by: Dr Hossein Arzani and Ehsan Zandi Esfahan. Culture and Pen Publications. 138 p. (In Persian).
64. Pellant, M., P.L. Shaver, D.A. Pyke, J.E. Herrick, N. Lepak, G. Riegel, E. Kachergis, B.A. Newingham, D. Toledo & F.E. Busby, 2020. Interpreting Indicators of Rangeland Health, Version 5: Bureau of Land Management Technical Reference 1734-6. U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, CO. 202 p.
65. Pellant, M.L., 2000. Interpreting indicators of rangeland health: version 3. US Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Science, 111 p.
66. Perez-Harguindeguy, N., S. Diaz, E. Garnier, S. Lavorel, H. Poorter, P. Jaureguiberry, M. Bret-Harte, W. Cornwell, J. Craine & D. Gurvich, 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 61(3): 167-234.
67. Petchey, O. & K. Gaston, 2002. Functional diversity (FD), species richness, and community composition. Ecology Letters, 5: 402-411.
68. Petchey, O.L. & K.J. Gaston, 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. Ecology Letters, 9(6): 741-758.
69. Pielou, E.C., 1975. Ecological diversity. newNueva York. Wiley Interscience. 165 p.
70. Pieper, R.D. & R.F. Beck, 1990. Range condition from an ecological perspective: modifications to recognize multiple use objectives. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives, 43(6): 550-552.
71. Pla, L., F. Casanoves & J. Di Rienzo, 2011. Quantifying functional biodiversity. Springer Science & Business Media. 102 p.
72. Pyke, D.A., J.E. Herrick, P. Shaver & M. Pellant, 2002. Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. Journal of Range Management, 55(6): 584-597.
73. Pyšek, P., V. Jarošík, P.E. Hulme, J. Pergl, M. Hejda, U. Schaffner & M. Vilà, 2012. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. Global Change Biology, 18(5): 1725-1737.
74. Rao, C.R., 1982. Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. Theoretical Population Biology, 21(1): 24-43.
75. Scarncecchia, D.L., 1995. View point: the range land condition concept and range science search for identify a system. Journal of Rang Management, 48(2): 181-186.
76. Schime, D., M. Keller, P. Duffy, L. Alves, S. Aulenbach, B. Johnson, T. Hehn, T. Kampe, B. Kao, M. Kuester, H. Loescher, V. Mckenzie & H. Powell, 2009. The NEON (National Ecological Observatory Network) Strategy- Enabling Continental Scale Ecological Forecasting. Boulder, CO, USA: NEON, Inc. 50 p.
77. Schleuter, D., M. Daufresne, F. Massol & C. Argillier, 2010. A user's guide to functional diversity indices. Ecological Monographs, 80(3): 469-484.
78. Shaker, R.R., 2016. Examining sustainable landscape function across the Republic of Moldova. Habitat International, 3: 1-15.
79. Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal, 27(3): 379-423.
80. Smith, E.L., 1979. Evaulation of the Range Condition Concept. Rangelands Archives, 1(2): 52-54.
81. Soltani, S., L. Yaghmaei, M. Khodagholi & R. Saboohi, 2011. Bioclimatic Classification of Chahar-Mahal & Bakhtiari Province Using Multivariate Statistical Methods. Journal of Water and Soil Science, 14(54): 53-68. (In Persian).
82. Song, Y., P. Wang, G. Li & D. Zhou, 2014. Relationships between functional diversity and ecosystem functioning: A review. Acta Ecologica Sinica, 34(2): 85-91.
83. Symstad, A.J. & J.L. Jonas, 2011. Incorporating biodiversity into rangeland health: plant species richness and diversity in Great Plains grasslands. Rangeland Ecology & Management, 64(6): 555-572.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]

84. Tahmasebi, P., M. Moradi & R. Omidipour, 2017. Plant functional identity as the predictor of carbon storage in semi-arid ecosystems. Plant Ecology & Diversity, 10(2-3): 139-151.
85. Távora, G.S.G. & A.P.D. Turetta, 2016. An approach to map landscape functions in Atlantic Forest—Brazil. Ecological Indicators, 71: 557-566.
86. Tilman, D., 2001. Functional diversity. In: Encyclopedia of Biodiversity (ed. Levin, S.A.). Academic Press, San Diego, CA: 109–120.
87. Tilman, D., J. Knops, D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie & E. Siemann, 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. Science, 277(5330): 1300-1302.
88. Tongway, D. & N. Hindley, 2004. Landscape function analysis: a system for monitoring rangeland function. African Journal of Range & Forage Science, 21(2): 109-113.
89. Tongway, D.J. & N.L. Hindley, 2004. Landscape function analysis manual: procedures for monitoring and assessing landscapes with special reference to minesites and rangelands. CSIRO Sustainable Ecosystems: Canberra, Australia, 82 p.
90. Tongway, D.J. & N.L. Hindley, 2008. Landscape function analysis: procedures for monitoring and assessing landscapes. Translated and Collected by: Gh Heshmati, K Naseri And Gh Ghanbarian. jdmpress. 112 p. (In Persian).
91. Van Der Walt, L., 2013. Landscape functionality and plant diversity of grassland fragments along an urban–rural gradient in the Tlokwe Municipal area, South Africa. Master of Science in Environmental Sciences, North-West University, 290 p.
92. Villéger, S., N.W.H. Mason & D. Mouillot, 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. Ecology, 89(8): 2290-2301.
93. Whitford, W.G. & B.D. Duval, 2019. Ecology of desert systems. 2 ed.: Academic Press. 473 p.
94. Wilcox, B.P., L. Turnbull, M.H. Young, C.J. Williams, S. Ravi, M.S. Seyfried, D.R. Bowling, R.L. Scott, M.J. Germino & T.G. Caldwell, 2012. Invasion of shrublands by exotic grasses: ecohydrological consequences in cold versus warm deserts. Ecohydrology, 5(2): 160-173.
95. Wilson, A.D., 1986. The monitoring of changes in range condition: a multivariate site potential approach. Rangelands: a resource under siege: 517-521.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.1.8.4]