Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Investigating the Relationships Between Aboveground Biomass and Species-Functional Diversity Indices in Arid Rangelands of Ilam Province

Zahra Hematizad[1], Reza Erfanzadeh[*2], Reza Omidipour[3]

[1.] MSc. Student of Rangeland Management, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

[2.] Corresponding Author; Associate Prof., Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran. Email: rezaerfanzadeh@modares.ac.ir

[3.] Assistant Prof., Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 20, Issue 2

Article history:
Received: 26.01.2025
Revised: 24.02.2026
Accepted: 26.02.2026

Keywords:
Ecosystem function,
Functional diversity,
Biomass,
Ecosystem Management,
Species richness.

Abstract

Background and Objective: Rangelands Biodiversity is particularly importance and plays a key role in the maintaining and sustaining rangeland ecosystems and their services. Studying the relationship between plant diversity and productivity, especially through biodiversity indices and aboveground biomass, is crucial for assessing ecosystem functions and services, as well as understanding their sustainability. New approaches in this field are essential for measuring the relationship between plant biomass and plant species diversity. One of the key effective factors in examining the relationship between biodiversity and aboveground biomass, as one of the most important functions of rangeland ecosystem, is the level of livestock grazing in rangelands. Therefore, investigating the effect of grazing intensity on biomass and species diversity holds particular significance in ecological studies.

Methodology: This study was conducted to investigate the relationship between biodiversity indices and ecosystem function in rangelands around Ban Rahman village, located in Mehran County, Ilam Province. We examined the relationship between species diversity indices, single-trait-based functional indices (CWM) and multi-trait-based indices (functional richness, functional evenness, functional dispersion and functional Rao index) with aboveground biomass as the key ecosystem function. To calculate biodiversity indices (including species and functional diversity), we recorded the abundance of plant species in the field and measured functional traits (plant height, leaf dry matter content, and specific leaf area) using 90 randomly placed 1m *1m sampling units in spring 2023. The relationship between biodiversity indices and aboveground biomass was analyzed using single and multiple linear regression models.

Results: The results of this study showed that all species diversity indices including: richness (R^2=0.591), evenness (R^2=0.189), Shannon (R^2=0.585), and Simpson (R^2=0.537) had a significant and positive relationship with aboveground biomass. Among the single-trait-based functional indices, the community weighted mean of average height (CWM.H) (R^2=0.155) and leaf dry matter content (CWM.LDMC) (R^2=0.389) had a negative relationship, while the specific leaf area index (CWM.SLA) (R^2=0.237) had a positive relationship with biomass. additionally, among the multi-trait-based functional indices, only the functional

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

richness index (R^2=0.333) had a positive and significant relationship with aboveground biomass.
Conclusion: Biodiversity and varied species characteristics not only contribute to ecosystem productivity but also enhance its long-term sustainability. The results demonstrate that greater species diversity leads to increased biomass production and improved ecosystem productivity. The negative relationship between height and leaf dry matter content with aboveground biomass indicates that species with higher biomass ratios utilize resources more efficiently. Functional richness is also linked with high ecosystem productivity. Therefore, effective management and conservation of biodiversity, along with emphasis on different functional traits in rangeland ecosystems, can enhance productivity and sustainability in these ecosystems.

Cite this article: Hematizad, Z., R. Erfanzadeh, R. Omidipour, 2026. Investigating the Relationships Between Aboveground Biomass and Species-Functional Diversity Indices in Arid Rangelands of Ilam Province. Journal of Rangeland, 20(2): 166-181.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

بررسی روابط بین زی‌توده روزمینی و شاخص‌های تنوع‌گونه‌ای و کارکردی در مراتع خشک استان ایلام

زهرا همتی زاد[۱]، رضا عرفانزاده*[۲]، رضا امیدی‌پور[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. ، ایران. رایان‌نامه: rezaerfanzadeh@modares.ac.ir

[۳] استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۵؛ جلد ۲۰، شماره ۲

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۱۱/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۷

واژه‌های کلیدی:
کارکرد اکوسیستم،
تنوع کارکردی،
زی‌توده،
مدیریت اکوسیستم،
عملکرد گیاهی.

چکیده

سابقه و هدف: تنوع‌زیستی در مراتع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نقش کلیدی در حفظ و پایداری اکوسیستم‌های مرتعی و خدمات آن ایفا می‌کند. مطالعه رابطه بین تنوع‌زیستی و بهره‌وری، به‌ویژه از طریق بررسی شاخص‌های تنوع‌زیستی و زی‌توده روزمینی، برای ارزیابی کارکردها و خدمات اکوسیستم و درک پایداری آن بسیار مهم است و رویکردهای جدید در این زمینه برای اندازه‌گیری ارتباط بین زی‌توده گیاهی و تنوع گونه‌های گیاهی بسیار ضروری است. فرضیه نسبت زیست‌توده و فرضیه تکمیلی آشیان اکولوژیک هر دو اهمیت تنوع‌زیستی در اکوسیستم‌ها را برجسته می‌کنند، اما هر یک از زاویه‌ای متفاوت به این موضوع می‌نگرند. فرضیه اول بیشتر بر ارتباط مستقیم بین تنوع گونه‌ها و زیست‌توده تمرکز دارد، در حالی که فرضیه دوم به تعاملات پیچیده میان گونه‌ها و نقش‌های اکولوژیکی آن‌ها تأکید می‌کند. بنابراین، برای درک کامل‌تر نقش تنوع‌زیستی در تولید زیست‌توده و پایداری اکوسیستم‌ها، لازم است که هر دو فرضیه در مطالعات مورد توجه قرار گیرند. این پژوهش به منظور بررسی ارتباط میان شاخص‌های تنوع‌زیستی و کارکرد اکوسیستم (زی‌توده) در مراتع خشک استان ایلام انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به‌منظور بررسی رابطه بین شاخص‌های تنوع زیستی و کارکرد اکوسیستم (زی‌توده) در مراتع اطراف روستای بان رحمان، واقع در شهرستان مهران، استان ایلام، انجام شد. بدین منظور ارتباط بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای، شاخص‌های کارکردی مبتنی بر یک ویژگی (غنای کارکردی، یکنواختی کارکردی، پراکندگی کارکردی و شاخص رائو کارکردی) و شاخص‌های کارکردی مبتنی بر چند ویژگی، با زی‌توده روزمینی به‌عنوان کارکردی اصلی این اکوسیستم مورد بررسی قرار گرفت. به منظور محاسبه شاخص‌های تنوع‌زیستی اعم از تنوع گونه‌ای و تنوع کارکردی، فراوانی گونه‌های گیاهی حاضر در عرصه و ویژگی‌های کارکردی شامل: ارتفاع گیاه- محتوی ماده خشک برگ- سطح ویژه برگ به‌وسیله ۹۰ قطعه نمونه‌برداری ۱×۱ مترمربعی در بهار ۱۴۰۲ انجام گرفت. بررسی ارتباط میان شاخص‌های تنوع‌زیستی و زی‌توده روزمینی در این تحقیق به‌وسیله تجزیه و تحلیل رگرسیونی انجام گردید.

نتایج: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که همه شاخص‌های تنوع گونه‌ای شامل: غنا (R^2=۰/۵۹۱)، یکنواختی (R^2=۰/۱۸۹)، شانون (R^2=۰/۵۸۵) و سیمپسون (R^2=۰/۵۳۷) دارای ارتباط معنی‌دار و مثبتی با زی‌توده روزمینی بودند. در میان شاخص‌های کارکردی مبتنی بر یک ویژگی شاخص‌های میانگین وزنی ارتفاع (R^2=۰/۱۵۵) و محتوی ماده خشک برگ (R^2=۰/۳۸۹) دارای ارتباط منفی و شاخص سطح ویژه برگ (R^2=۰/۲۳۷) دارای ارتباط مثبت با زی‌توده بودند. همچنین در میان شاخص‌های کارکردی مبتنی بر چند ویژگی تنها شاخص غنای کارکردی (R^2=۰/۳۳۳) دارای ارتباط مثبت و معنی‌دار با زی‌توده بود. همچنین

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

نتایج رگرسیون چندگانه خطی نشان داد که شاخص تنوع گونه‌ای و شاخص‌های مبتنی بر چند ویژگی بیشترین میزان تغییرات کارکرد اکوسیستم را توجیه کردند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که تنوع بیشتر گونه‌ها منجر به افزایش تولید زی‌توده و بهره‌وری بهتر اکوسیستم می‌شود. ارتباط منفی میان ارتفاع و محتوای ماده خشک برگ با زی‌توده روزمینی نشان‌دهنده استفاده مؤثرتر گونه‌های با نسبت زی‌توده بالاتر از منابع است. غنای کارکردی نیز با بهره‌وری بالای اکوسیستم مرتبط است. بنابراین، مدیریت و حفظ تنوع‌زیستی و تأکید بر ویژگی‌های کارکردی مختلف در اکوسیستم‌های مرتعی به افزایش بهره‌وری و پایداری این اکوسیستم‌ها منجر می‌شود.

استناد: همتی‌زاد، ز.، ر. عرفانزاده، ر. امیدی‌پور، ۱۴۰۵. بررسی روابط بین زی‌توده روزمینی و شاخص‌های تنوع‌گونه‌ای و کارکردی در مراتع خشک استان ایلام. مرتع، ۲۰(۲): ۱۶۶-۱۸۱.

DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

مقدمه

در ده‌های اخیر توجه ویژه‌ای به تنوع‌زیستی و رابطه آن با تولید زی‌توده (Biomass) در مراتع، به‌ویژه در علفزارهای تخریب‌شده، در میان بوم‌شناسان شده است (۲۰ و ۲۷). مطالعه رابطه بین تنوع‌زیستی و زی‌توده در ارزیابی عملکردها، خدمات اکوسیستم و همچنین درک پایداری اکوسیستم بسیار حائز اهمیت است (۲۹). شاخص‌های مختلف اکولوژیکی در مدیریت مراتع مهم هستند (۳۴) و شاخص‌های تنوع‌زیستی و زی‌توده روزمینی به‌عنوان دو فاکتور مهم در اکوسیستم‌های طبیعی شناخته می‌شوند (۲۴ و ۲۵) و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند (۵۶). رویکردهای جدید برای اندازه‌گیری ارتباط بین زی‌توده گیاهی و تنوع گونه‌های گیاهی بسیار ضروری است (۵۲). حفظ تنوع زیستی و منابع ژنتیکی یکی از مهم‌ترین خدمات اکوسیستم به‌شمار می‌آید که نقش اساسی در مطالعه، درک عملکردها و پایداری اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند (۲ و ۴۴). ارتباط بین تنوع‌زیستی و زی‌توده به‌عنوان کارکرد اکوسیستم تحت تأثیر دو فرضیه مهم، یعنی فرضیه نسبت زی‌توده (Mass Ratio Hypothesis) و فرضیه استفاده تکمیلی آشیان‌های اکولوژیک (Niche Complementarity Hypothesis) به‌خوبی بررسی شده‌است (۴۷). فرضیه نسبت زی‌توده بیان می‌کند که کارکرد اکوسیستم‌ها از ترکیب و نسبت زی‌توده گونه‌های موجود در یک جامعه اکولوژیک ناشی می‌شود (۵۷). طبق این فرضیه، گونه‌های غالب با زی‌توده بالا تأثیر بیشتری بر کارکرد اکوسیستم دارند و تنوع‌زیستی به این دلیل مهم است که هر گونه به شیوه‌ای متفاوت از منابع اکولوژیک استفاده می‌کند (۹). از سوی دیگر، فرضیه استفاده تکمیلی آشیان‌های اکولوژیک تأکید دارد که افزایش تنوع گونه‌ها منجر به بهبود کارکردهای اکوسیستمی می‌شود، زیرا گونه‌ها به‌طور منحصر به فرد از منابع استفاده می‌کنند و به‌طور رقابتی یا مکملی به تخصیص منابع کمک می‌نمایند (۳۱). نتایج فرضیه آشیان تکمیلی اکولوژیکی می‌تواند در مدیریت مراتع مورد استفاده قرار بگیرد (۱). اساساً، در این مدل هر گونه می‌تواند به نیازهای زیستی منحصربه‌فرد خود دسترسی داشته باشد و این مسئله منجر به کاهش رقابت و استفاده بهینه از منابع می‌شود. ترکیب این دو فرضیه، یعنی تأثیر گونه‌های غالب و استفاده متفاوت گونه‌های مختلف از منابع، درک عمیق‌تری از ارتباط بین تنوع‌زیستی و کارکرد اکوسیستم ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، درحالی‌که فرضیه نسبت زی‌توده بر وضعیت و مقدار زی‌توده گونه‌های غالب تأکید دارد (۴۸)، فرضیه تکمیلی آشیان اکولوژیکی به قابلیت اکوسیستم در پاسخ به تغییرات محیطی در شرایطی با تنوع بالا اشاره می‌کند (۴۱). این دو فرضیه می‌توانند به‌عنوان چارچوب‌هایی نظری برای تجزیه و تحلیل‌های اکولوژیکی مورد استفاده قرار گیرند و درک ما را از پیچیدگی‌های روابط بین تنوع‌زیستی و کارکرد اکوسیستم عمیق‌تر سازند.

در بررسی ارتباط شاخص‌های تنوع‌زیستی و کارکرد اکوسیستمی تحقیقات مشابهی در داخل و خارج از کشور انجام گردید. در بیان نتایج پژوهش بررسی ارتباط تنوع‌زیستی و عملکرد اکوسیستم (۳۶) آمده است که ارتباط معنی‌دار بین شاخص‌های تنوع عملکردی مبتنی بر یک ویژگی و شاخص‌های مبتنی بر چند ویژگی به اثبات رسید که بیانگر تایید فرضیه‌های نسبت زی‌توده و آشیان اکولوژیک است. در پژوهشی (۲۸) روابط بین تنوع‌زیستی و تولید زی‌توده را بررسی کردند و بیان داشتند که غنای گونه‌ای و شاخص‌های شانون-وینر با زی‌توده گیاهی و زی‌توده گیاهی زیرزمینی در مقیاس چشم‌انداز همبستگی مثبت داشتند، در حالی که شاخص یکنواختی با زی‌توده گیاهی روی زمین منفی داشت. همچنین (۴۳) نیز در نتایج پژوهش خود بیان کردند که کاهش زی‌توده گیاهی با شدت چرا مربوط به کاهش شدید تنوع گونه‌های گرامینوئیدی بود، که نشان می‌دهد رابطه تنوع-زیست توده تحت تاثیر چرای انتخابی گونه های خوش خوراک است. همچنین تمرکز انحصاری بر ارتباط بین غنای گونه‌ای و بهره‌وری تصویری ناقص از چگونگی ارتباط تنوع‌زیستی یک جامعه با عملکرد آن ارائه می‌دهد (۹). این امر به لزوم بررسی سایر شاخص‌های تنوع‌زیستی تاکید دارد. با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته و همچنین کمبود پژوهش‌های مرتبط در مناطق خشک لزوم بررسی ارتباط میان شاخص‌های تنوع‌زیستی و زی‌توده در مناطق خشک پر اهمیت‌تر می‌گردد. هدف این پژوهش بررسی کلی و همزمان شاخص‌های مختلف تنوع‌زیستی و ارتباط آنها با کارکرد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

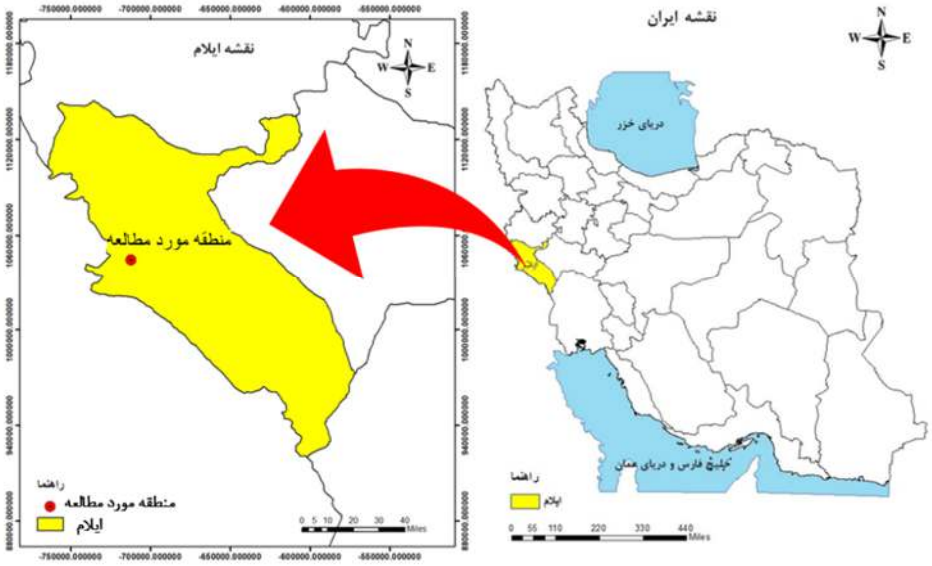
[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

اکوسیستم است. زی‌توده روزمینی به‌عنوان کارکرد اکوسیستم در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، مراتع خشک روستای بان رحمان واقع در شهرستان مهران در استان ایلام است. براساس طبقه‌بندی آمبرژه، اقلیم این منطقه در دسته‌بندی خشک قرار می‌گیرد. دامنه ارتفاعی منطقه ۳۰۰ تا ۴۲۰ متر از سطح دریا است. بالاترین بیشینه دمای این منطقه ۵۲/۳ و پایین‌ترین کمینه دما نیز ۴/۲- است، همچنین بیشینه بارندگی سالانه منطقه ۵۳۸/۶ و کمینه بارندگی سالانه ۶۰/۶ است میزان رطوبت نسبی منطقه ۳۵ درصد و تعداد ساعات آفتابی منطقه ۲۹۷۶/۱ است که عمدتاً در فصل زمستان و اوایل فصل رشد در بهار اتفاق می‌افتد . از جمله گیاهان غالب این منطقه می‌توان به موارد *Stipa capensis* L. ، *Trifulium tomentosum* L.، *Achillea bibersteinii* M .D، *Carthamus oxyacantha* اشاره کرد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه مراتع خشک استان ایلام، غرب ایران

نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در فصل رشد گیاهی در اوایل فصل بهار ۱۴۰۲ انجام گرفت. نمونه‌برداری در ۳۰ پلات اصلی ۱۰×۱۰ مترمربعی و ۳ قطعه نمونه‌برداری۱×۱ در درون هر پلات انجام شد. نمونه‌برداری به شکل تصادفی_سیستماتیک انجام گردید، به شکلی که پلات‌ها به شکل سیستماتیک و قطعه نمونه‌برداری‌های مورد استفاده در آن تصادفی مستقر شدند (شکل ۲). در نهایت داده‌های سه قطعه نمونه‌برداری به علت از بین بردن خطای تکرار کاذب در نمونه‌برداری با یکدیگر تلفیق شد و مبنای تمامی محاسبات قرار گرفت. نمونه‌برداری از درصد حضور گونه‌های گیاهی، درصد پوشش کل و کارکرد اکوسیستم در درون هر قطعه نمونه‌برداری انجام شد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

شکل ۲: نمایی از پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه (مراتع خشک استان ایلام)

۲-۳ اندازه‌گیری کارکرد اکوسیستم

در این پژوهش همانند پژوهش‌های پیشین (۲۱ و ۲۸) زی‌توده روزمینی به‌عنوان کارکرد اکوسیستم در نظر گرفته و اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری زی‌توده روزمینی در هر قطعه نمونه‌برداری کل پوشش گیاهان شامل گیاهان یکساله و چند ساله از یک سانتی‌متری سطح خاک قطع گردید (۴) و پس از جداسازی گونه‌ها گیاهی به مدت ۷۲ ساعت خشک و بعد وزن شدند (۳). در این تحقیق گیاهان بوته‌ای به روش آدلاید (در بررسی‌های مرتعی، یکی از روش‌های نمونه‌گیری و برآورد پوشش گیاهی است که به منظور برآورد درصد پوشش گونه‌های مختلف در یک منطقه مرتعی به کار می‌رود. این روش بر اساس مشاهده چشمی و تخمین درصد پوشش گیاهی در نقاط نمونه‌برداری طراحی شده است و معمولاً در محیط‌های مرتعی و برای ارزیابی تنوع و درصد پوشش گیاهان به کار می‌رود) تعیین زی‌توده شدند(۱۷). بدین ترتیب که گیاهان بوته‌ای که نماینده ۱۰ تا ۲۰ درصد کل گیاه بودند قطع گردیدند و این شاخص با گیاه موجود در هر قطعه نمونه‌برداری مقایسه و براساس مقایسه چشمی، مقدار زی‌توده روزمینی هر گیاه به صورت تخمینی تعیین گردید (۳۶).

۲-۴ اندازه‌گیری ویژگی‌های کارکردی

به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع کارکردی، ویژگی‌های کارکردی گیاهان و فراوانی گونه‌ها مورد نیاز است (۱۱، ۱۳). صفاتی از گیاهان به‌عنوان ویژگی‌های کارکردی انتخاب می‌شوند که اندازه‌گیری آنها راحت باشد و همچنین بیشترین ارتباط با کارکرد اکوسیستم را داشته باشند. در پژوهش حاضر با توجه به تحقیقات مشابه و مرور منابع پیشین سه ویژگی گیاهی شامل: محتوی وزن خشک برگ (LDMC= Leaf Dry Matter Content)، ارتفاع گیاه (H) و سطح ویژه برگ (SLA= Specific Leaf Area) جهت اندازه‌گیری تنوع کارکردی مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری این صفات کارکردی، در هر گونه ده پایه گیاه کاملاً بالغ و بدون هیچ گونه آلودگی، بیماری یا تنش انتخاب و مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۳۷).

۲-۵ اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای و کارکردی

در این تحقیق برای اندازه‌گیری تنوع‌زیستی، از دو رویکرد تنوع شامل تنوع گونه‌ای و تنوع کارکردی استفاده شد. شاخص‌های تنوع گونه‌ای (غنای گونه‌ای، شاخص شانون، شاخص سیمپسون، یکنواختی) در نرم افزار PAST محاسبه گردید. شاخص‌های نامبرده توسط فرمول‌های زیر محاسبه گردیدند:

غنای گونه‌ای تعداد گونه‌ها

شاخص تنوع شانون

$H'=-i=1\sum spi\ln piH = -\sum_{i=1}^{s} Wi\ln(Wi)$

شاخص تنوع سیمپون

$D = 1 - \sum_{i=1}^{S}\left[\frac{ni(ni-1)}{N(N-1)}\right]$

یکنواختی $E = \frac{H}{H_{max}}$

ni: تعداد یا فراوانی گونه ii.

N: جمع کل نمونه یا تعداد کل گیاهان نمونه‌برداری شده.

pi: نسبت فراوانی (توزیع نسبی گونه i).

Lnpi: لگاریتم طبیعی نسبت فراوانی.

تنوع کارکردی همچون تنوع گونه‌ای شامل اجزا غنا، یکنواختی و واگرایی می‌باشد که دو بخش ارزش ویژگی‌های خاص هر گونه و فراوانی گونه‌ها را نیز در نظر می‌گیرد (۵۳). ارزش ویژگی‌ها در این بخش شامل ویژگی‌های خاص هر گونه(مانند اندازه، شکل، رفتار) که می‌تواند بر عملکرد اکوسیستم تأثیر بگذارد (۵۴) و همچنین فراوانی گونه‌ها که

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

اشاره به تعداد هر گونه در یک اکوسیستم دارد. گونه‌هایی که فراوان‌تر هستند، می‌توانند تأثیر بیشتری بر کارکردهای اکوسیستم داشته باشند (۵۵). در این تحقیق شاخص‌های تنوع کارکردی مورد استفاده شامل دو گروه عمده بودند. گروه اول شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی (Single trait-based) بود که با استفاده از شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM= Community weighted means) و بصورت مجزا برای هر یک از ویژگی‌های ارتفاع، محتوی ماده خشک برگ و سطح ویژه برگ محاسبه شد. این شاخص از حاصل ضرب فراوانی هر گونه در ارزش کارکردی ویژگی مورد اندازه‌گیری بدست آمده و پس از جمع شدن، ارزش میانگین وزنی آن ویژگی برای آن واحد نمونه محاسبه گردید (۳۶). گروه دوم شاخص‌های تنوع کارکردی مورد استفاده در این تحقیق شامل شاخص‌های مبتنی بر چند ویژگی (Multiple trait-based) که در نظر گرفتن فراوانی هر گونه و همه ارزش ویژگی‌ها به‌دست آمد. در این تحقیق از شاخص‌های غنای کارکردی (Functional richness) و یا به اختصار (FRic)، یکنواختی کارکردی (Functional evenness) یا به اختصار (FEve)، پراکندگی کارکردی (functional dispersion)، به اختصار (FDis) و شاخص مربع آنتروپی رائو (Rao) به‌عنوان شاخص‌های تنوع کارکردی چندویژگی استفاده شد. محاسبه شاخص‌های تنوع کارکردی با استفاده از بسته آماری (FD) و در نرم‌افزار R انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق، نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس با استفاده از آزمون‌های آماری کلموگروف-اسمیرنوف و لیون مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، برای مدل‌سازی کلی تنوع‌زیستی بر اساس تمامی شاخص‌های مورد بررسی، از رگرسیون چندگانه خطی در نرم‌افزار R استفاده گردید و همچنین برای بررسی قابلیت پیش‌بینی زی‌توده توسط سه گروه: ۱) شاخص‌های تنوع گونه‌ای، ۲) شاخص‌های کارکردی مبتنی بر یک ویژگی، ۳) شاخص‌های کارکردی مبتنی بر چند ویژگی از رگرسیون خطی گام به گام استفاده شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. به‌منظور حذف هم خطی چندگانه در هر گروه تنها متغیرهایی که با زی‌توده ارتباط معنی‌داری داشتند به مدل نهایی وارد شدند.

نتایج

ارتباط شاخص‌های تنوع گونه‌ای با زی‌توده روزمینی

بررسی ارتباط شاخص‌های تنوع گونه‌ای و زی‌توده روزمینی نشان داد که همه شاخص‌های تنوع گونه‌ای دارای ارتباط معنی‌دار با مقدار زی‌توده روزمینی هستند. بر اساس نتایج، غنای گونه‌ای، تنوع شانون، تنوع سیمپسون و شاخص یکنواختی دارای ارتباط مثبت و معنی‌داری با زی‌توده روزمینی بودند (جدول ۱ و شکل ۳).

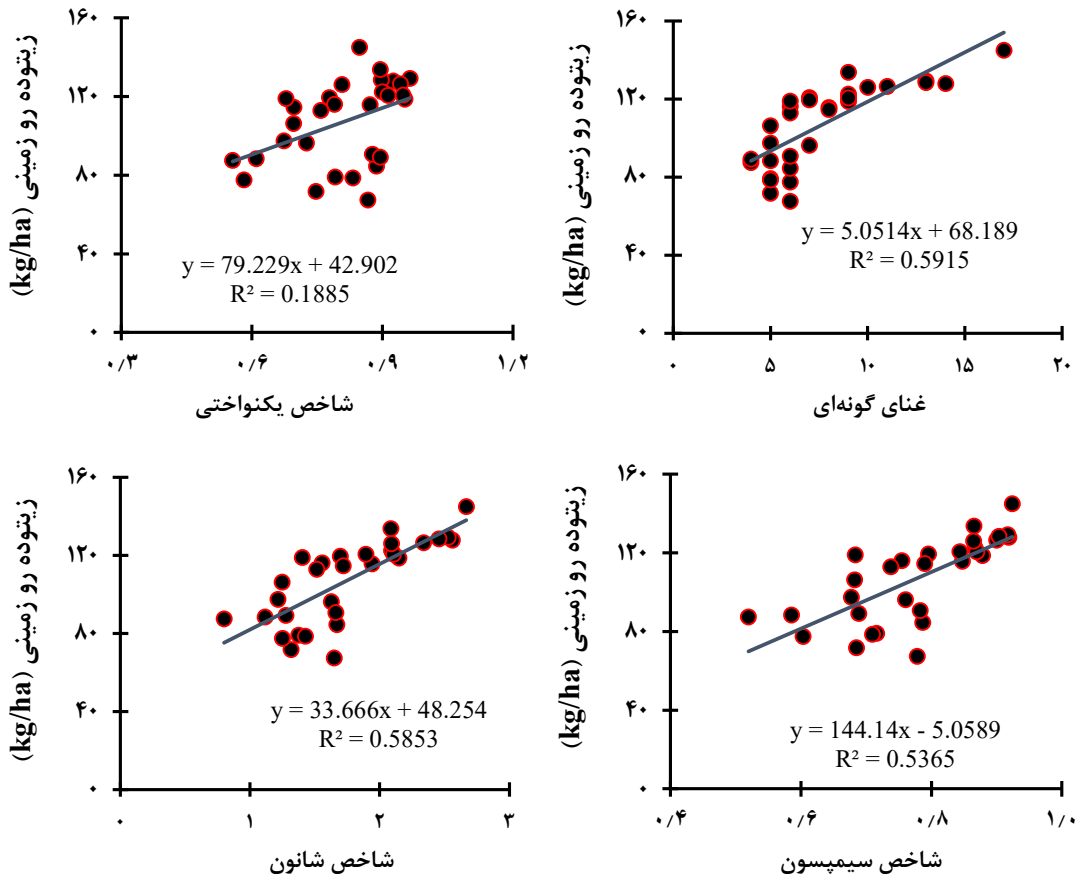
جدول ۱: بررسی ارتباط رگرسیونی بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و زی‌توده روزمینی

شاخص تنوع گونه‌ای	R	R^2	Adjusted R^2	*P*-value
غنای گونه‌ای	۰/۷۶	۰/۵۹	۰/۵۷	$^{**}<$ ۰/۰۱
تنوع شانون	۰/۷۶	۰/۵۸	۰/۵۷	$^{**}<$ ۰/۰۱
تنوع سیمپسون	۰/۷۳	۰/۵۳	۰/۵۲	$^{**}<$ ۰/۰۱
یکنواختی گونه‌ای	۰/۴۳	۰/۱۸	۰/۱۶	*۰/۰۱۷

R، R^2 و Adjusted R^2 به‌ترتیب ضریب همبستگی، ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل‌شده هستند. علامت‌های ** و * به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در ۱ و ۵ هستند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]



شکل ۳: بررسی ارتباط رگرسیونی بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و زی‌توده روزمینی

ارتباط شاخص‌های تنوع کارکردی مبتنی بر یک ویژگی با زی‌توده روزمینی

نتایج بررسی ارتباط شاخص‌های تنوع کارکردی مبتنی بر یک ویژگی نشان داد همه این شاخص‌ها دارای ارتباط معنی‌دار با تغییرات زی‌توده روزمینی هستند. در این بین دو شاخص میانگین وزنی ارتفاع (R^2=0.16, P-value =0.03) و میانگین وزنی محتوای ماده خشک برگ (R^2=0.39, P-value < 0.01) ارتباط منفی و شاخص میانگین وزنی سطح ویژه برگ (R^2=0.24, P-value =0.06) ارتباط مثبتی با زی‌توده داشتند (جدول ۲ و شکل ۴).

جدول۲. بررسی ارتباط رگرسیونی بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و زی‌توده روزمینی.

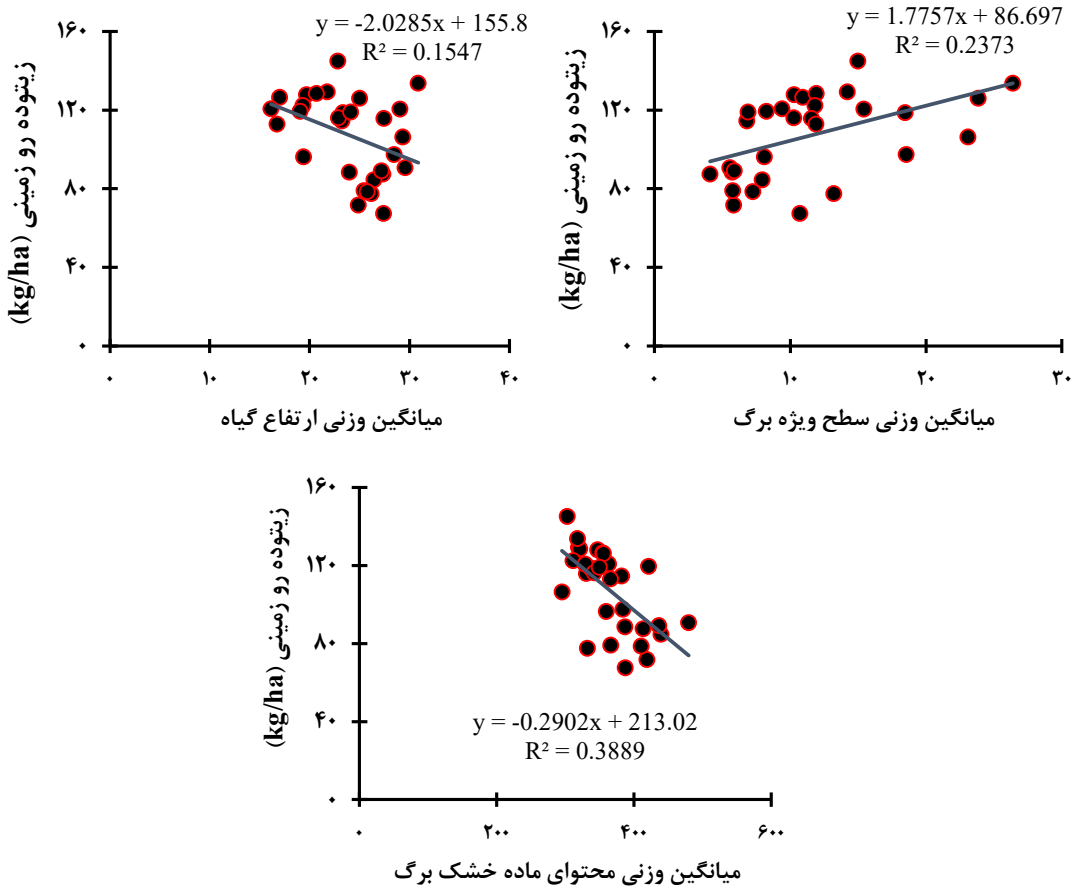
شاخص تنوع گونه‌ای	R	R^2	Adjusted R^2	*P*-value
میانگین وزنی ارتفاع	۰/۳۹	۰/۱۵	۰/۱۲	*۰/۰۳
میانگین وزنی سطح ویژه برگ	۰/۴۸	۰/۲۳	۰/۲۱	**۰/۰۰
میانگین وزنی محتوای ماده خشک برگ	۰/۶۲	۰/۳۸	۰/۳۶	**< ۰/۰۱

R، R^2 و Adjusted R^2 به‌ترتیب ضریب همبستگی، ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل‌شده هستند.

علامت‌های ** و * به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در ۱ و ۵ هستند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]



شکل۴: بررسی ارتباط رگرسیونی بین شاخص‌های تنوع کارکردی تک ویژگی و زی‌توده روزمینی

ارتباط شاخص‌های تنوع کارکردی مبتنی بر چند ویژگی با زی‌توده روزمینی

بررسی ارتباط شاخص‌های تنوع کارکردی مبتنی بر چند ویژگی و زی‌توده روزمینی نشان داد که تنها شاخص غنای کارکردی (R^2=0.33, P-value < 0.01) دارای ارتباط مثبتی و معنی‌داری با زی‌توده بود و سایر شاخص‌ها فاقد ارتباط معنی‌داری بودند (جدول ۳ و شکل ۵).

جدول۳: بررسی ارتباط رگرسیونی بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و زی‌توده روزمینی

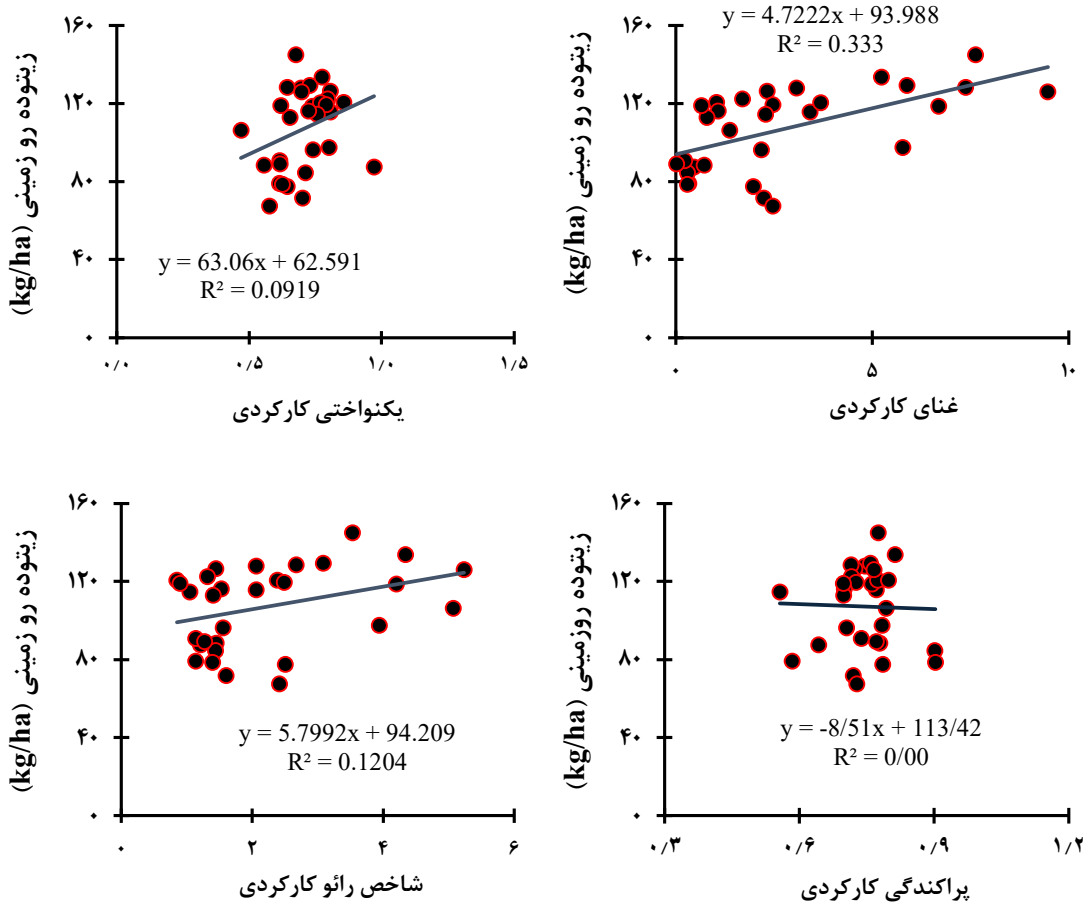
شاخص تنوع گونه‌ای	R	R^2	Adjusted R^2	*P*-value
غنای کارکردی	۰/۵۷	۰/۳۳	۰/۳۰	*< ۰/۰۱
یکنواختی کارکردی	۰/۳۰	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۰
پراکندگی کارکردی	۰/۰۲	۰/۰۰	-۰/۰۳	۰/۸۷
شاخص رائو کارکردی	۰/۳۴	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۶

R، R^2 و Adjusted R^2 به‌ترتیب ضریب همبستگی، ضریب تبیین و ضریب تبیین تعدیل‌شده هستند.

علامت‌های ** و * به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در ۱ و ۵ هستند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]



شکل ۵: بررسی ارتباط رگرسیونی بین شاخص‌های تنوع کارکردی چند ویژگی و زی‌توده روزمینی

تعیین بهترین پیش‌بینی‌کننده زی‌توده

برای تعیین بهترین مدل پیش‌بینی‌کننده زی‌توده روزمینی از سه مدل (تنوع گونه‌ای، تنوع کارکردی مبتنی بر یک ویژگی، تنوع کارکردی مبتنی بر چند ویژگی) استفاده گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج بهترین دقت در پیش‌بینی تغییرات زی‌توده روزمینی مربوط به مشخصه غنای گونه‌ای بود که ۷۷ درصد از تغییرات زی‌توده را تبیین نمود. در بین دو گروه مشخصه‌های تنوع کارکرد، مشخصه‌های مبتنی بر چند ویژگی (مشخصه غنای کارکردی) دارای دقت و قابلیت بالاتری نسبت به مشخصه‌های تک ویژگی در پیش‌بینی تغییرات زی‌توده روزمینی بود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

جدول ۴: تعیین بهترین پیش‌بینی کننده زی‌توده روزمینی با رگرسیون خطی گام به گام.

مشخصه تنوع گونه‌ای	متغیر ورودی به مدل	معادله	R^2	*P*-value
تنوع گونه‌ای	Richness	(Richness)۰/۷۶۹Y =	۰/۷۶۹	**< ۰/۰۰۱
تنوع کارکردی مبتنی بر یک ویژگی	CWM.H, CWM.SLA, CWM.LDMC	(CWM.LDMC)۰/۶۲۴Y = -	۰/۳۸۹	**< ۰/۰۰۱
		(CWM.H)۰/۲۹۴ (CWM.LDMC) – ۰/۵۷۳Y = -	۰/۴۷۳	**< ۰/۰۰۱
		(CWM.SLA)۰/۴۱۵(CWM.H) + ۰/۴۴۴ (CWM.LDMC) – ۰/۲۸۸Y = -	۰/۵۵۶	**< ۰/۰۰۱
		(CWM.SLA)۰/۶۱۹ (CWM.H) + ۰/۵۴۳Y = –	۰/۵۱۵	**< ۰/۰۰۱
تنوع کارکردی مبتنی بر چندویژگی	FRic	(FRic)۰/۵۷۷Y =	۰/۵۷۷	**< ۰/۰۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

در مناطق خشک گیاهان به شرایط آبی و خاکی بسیار حساس هستند و مناطق خشک معمولاً دارای تنوع‌زیستی کمتری هستند (۴۵). به‌همین دلیل فرآیندهای اکولوژیک در این مناطق دارای اهمیت بیشتری هستند، به ویژه در جایی که گیاهان به‌شدت به شرایط آبی و خاکی حساس هستند، این تأثیرات می‌تواند محسوس‌تر باشد. ارتباط معناداری میان ساختارهای زیستی و کارکردهای اکوسیستم در مناطق خشک وجود دارد (۳۲)، که اهمیت حفظ تنوع زیستی در تداوم عملکردهای اکوسیستم را برجسته می‌سازد (۴۲). در این پژوهش نتایج (شکل ۳ و ۴) نشان داد که پوشش گیاهی (خصوصاً سطح برگ، ارتفاع، و شاخص‌های تنوع زیستی) دارای رابطه مثبت و معنی‌دار با زی‌توده بودند که در تایید نتایج به‌دست آمده (۴۲) عنوان کردند که پوشش گیاهی مکانیسم ارتباطی برای روابط مثبت بین تنوع‌زیستی و زی‌توده روزمینی است. غنای گونه‌ای و تنوع کارکردی دارای نقش مهم‌تری در ایجاد و تولید کارکردهای مختلف اکوسیستم مانند زی‌توده روزمینی هستند (۱۰). افزایش پوشش گیاهی با افزایش غنای گونه‌ای نشان می دهد که گونه های گیاهی فضاهای اضافی خالی را در فضا اشغال می‌کنند (۴۹) و منجر به افزایش زیست توده بالای زمین می‌گردند. پوشش گیاهی متنوع و فراوان می‌تواند با تسهیل استفاده از آب، تبخیر از خاک را کاهش دهد و این کاهش تبخیر، باعث افزایش زی‌توده روزمینی می‌شود (۶). همچنین نتایج نشان داد که شاخص‌های تنوع گونه‌ای همگی دارای ارتباط مثبت با مقدار زی‌توده روزمینی هستند مشابه نتایج حاصل در این پژوهش (۳۸) در نتایج تحقیق خود بیان کردند که غنا و یکنواختی با زیست‌توده کل جامعه همبستگی داشت. وجود یکنواختی زیاد نشان‌دهنده وجود گونه‌های با فراوانی مشابه است در صورتی که یکنواختی کم اشاره به غالب بود تعداد اندکی از گیاهان دارد. با توجه به اینکه تولید زی‌توده گیاهی در گیاهان مختلف یکسان نیست و همچنین به علت نقش گیاهان غالب در تولید زی‌توده روزمینی، افزایش یکنواختی به‌شکل واضحی باعث کاهش زی‌توده روزمینی و تاثیر منفی بر کارکرد اکوسیستم می‌گردد (۲۳). ارتباط مثبت بین زی‌توده و شاخص یکنواختی می‌تواند به این معنی باشد که در مناطق با زی‌توده بالا، گونه‌ها به‌طور یکنواخت‌تری توزیع شده‌اند و این امر باعث افزایش توانایی اکوسیستم در مواجهه با استرس‌ها و تغییرات می‌شود (۵).

وجود ارتباط معنی‌دار بین شاخص‌های تنوع کارکردی و زی‌توده روزمینی نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان در تحلیل زی‌توده گیاهی نقش مهمی دارند (۷). در نتیجه پژوهش تاثیر مدیریت چرا بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای و کارکردی مرتع و ارتباط بین آن‌ها با زی‌توده روزمینی بیان گردید که شاخص میانگین وزنی محتوی ماده خشک و شاخص میانگین وزنی ارتفاع گیاه رابطه مثبت با عملکرد زی‌توده دارد، که این نتایج با نتایج ما همخوانی نداشت (۱۴). ارتباط منفی شاخص ارتفاع گیاه با زی‌توده به این معنا است که در مناطقی با زی‌توده بالاتر، گیاهان معمولاً کوتاه‌ترند. این می‌تواند به شرایط محیطی خاصی اشاره کند، مثلاً تعدادی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

از گونه‌های بلندتر ممکن است تحت فشارهای محیطی مانند چرای دام یا رقابت شدید برای منابع قرار گیرند و در نتیجه کمتر رشد کنند (۱۲). ارتفاع کوتاه گیاهان، یکی از مکانیسم‌های معمول مقاومت به چرا و یا اجتناب از چرا است (۳۳). در اکوسیستم‌های با زی‌توده بالا، تنوع گونه‌های با محتوای ماده خشک بالا (یعنی گیاهان مقاوم و چوبی‌تر) کمتر است و جوامعی که شاخص LDMC پایین‌تری دارند دارای تولید گیاهی بیشتری هستند (۱۸). دلیل این امر می‌تواند به این موضوع مرتبط باشد که گیاهان با محتوای ماده خشک پایین‌تر به راحتی در چنین شرایطی رشد کنند که به زی‌توده بالاتر و تنوع بیشتر منجر می‌شود. در نتایج پژوهش (۱۹) به همبستگی مثبت بین شاخص سطح ویژه برگ و زی‌توده اشاره گردید. این شاخص میانگین وزنی سطح ویژه برگ که معمولاً به نسبت سطح برگ به جرم آن اشاره دارد (۳۵)، در یک محیط غنی از مواد مغذی که اکوسیستم کارکرد مناسبی را از خود نشان می‌دهد گونه‌هایی با سطح ویژه برگ بالا را ترجیح می‌دهد، در حالی که انتخاب در زیستگاه‌های فقیر از مواد مغذی گونه‌هایی با سطح ویژه برگ کم و کسر بیشتری از توده ریشه و در نتیجه نسبت سطح برگ کم است (۳۹).

در بین شاخص‌های تنوع کارکردی مبتنی بر چند ویژگی تنها شاخص غنای کارکردی دارای ارتباط مثبت و معنی‌داری با زی‌توده روزمینی بود (شکل ۵) نتایج این پژوهش با نتایج (۳۶) که به ارتباط معنی‌دار بین شاخص غنای کارکردی و زی‌توده روزمینی اشاره می‌کند، مطابقت دارد. غنای کارکردی به تنوع ویژگی‌های کارکردی در یک جامعه گیاهی اشاره دارد و نشان می‌دهد که چه تعداد از ویژگی‌های مختلف در یک اکوسیستم وجود دارد (۲۶). این شاخص نمایان‌گر این است که اکوسیستمی با زی‌توده بالا معمولاً شامل گونه‌های بیشتری با ویژگی‌های کارکردی متنوع است (۲۲). ارتباط مثبت و معنی‌دار بین غنای کارکردی و زی‌توده به این معناست که در مناطقی با زی‌توده بالاتر، تنوع کارکردی بیشتر است (۲۰). این می‌تواند به این دلیل باشد که شرایط محیطی فراهم‌کننده‌ای برای رشد و توسعه گونه‌های با استراتژی‌های زنده‌مانی متنوع وجود دارد. افزایش غنای کارکردی نشان‌دهنده این است که گستره وسیعی از گونه‌های با کارکرد مختلف وجود دارد که قادر به استفاده از منابع قابل مصرف در دسترس در منطقه به‌وسیله تعداد گروه‌های کارکردی زیاد هستند (۳۰). افزایش غنای کارکردی و همچنین افزایش کارکرد اکوسیستم ناشی از فزونی گیاهانی با ویژگی‌های کارکردی مختلف است که این افزایش در غنای کارکردی به دلیل کم شدن رقابت بین گیاهان مختلف به‌دلیل عدم شباهت در ویژگی‌های مختلف آنها و همچنین مصرف بیشتر همه منابع غذایی موجود در اکوسیستم است (۲۰).

فرضیه تکمیلی آشیان اکولوژیک بر این اصل استوار است که تنوع‌زیستی و ویژگی‌های مختلف گونه‌ها نه تنها به بهره‌وری اکوسیستم کمک می‌کند، بلکه بر پایداری طولانی‌مدت آن نیز تأثیر می‌گذارد (۵۷). بر اساس این فرضیه وجود گونه‌های بیشتر با ویژگی‌های مختلف به ایجاد تعادل در اکوسیستم کمک می‌کند (۴۰). با توجه به نتایج که نشان‌دهنده ارتباط مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای و زی‌توده روزمینی هستند، می‌توان نتیجه گرفت که تنوع بیشتر در جمعیت گیاهی منجر به افزایش تولید زی‌توده و بهره‌وری بهتر اکوسیستم خواهد شد (۵۱). ارتباط منفی میان ارتفاع و محتوای ماده خشک برگ با زی‌توده روزمینی نشان می‌دهد که گونه‌های با نسبت زی‌توده بالاتر می‌توانند منابع را مؤثرتر استفاده کنند. گونه‌های دارای ویژگی‌های کارکردی متنوع نیز ممکن است در شرایط مختلف اکوسیستم بهتر عمل کرده و به افزایش کلی زی‌توده کمک کنند. غنای کارکردی نمایانگر تنوع ویژگی‌های کارکردی در گونه‌ها است. ارتباط مثبت آن با زی‌توده نشان می‌دهد که گونه‌های دارای ویژگی‌های کارکردی متفاوت می‌توانند به بهره‌وری بالای اکوسیستم کمک کنند (۵۰). این تنوع کارکردی با ایجاد ترکیب‌های عملکردی مؤثر بین گونه‌ها، به بهبود نسبت زی‌توده کلی منجر می‌شود. با توجه به دو فرضیه مذکور، می‌توان نتیجه گرفت که تنوع‌زیستی بیشتر (از جمله وجود گونه‌های مختلف با ویژگی‌های عملکردی متفاوت) به افزایش زی‌توده روزمینی کمک می‌کند. این امر می‌تواند به ایجاد پایداری و کارایی بیشتر در اکوسیستم‌های مرتعی منجر شود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های مبتنی بر چند ویژگی پیش‌بینی‌کننده زی‌توده بهتری نسبت به

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی بودند که این موضوع تاییدی بر فرضیه تکمیلی آشیان اکولوژیک در این زمینه بود. گونه‌هایی که به نوعی با یکدیگر تعامل مثبت دارند و ویژگی‌های متنوعی را ارائه می‌دهند، می‌توانند به بهینه‌سازی استفاده از منابع و بهبود تولید کلی بر اساس نسبت زی‌توده کمک کنند. در این بین شاخص‌های مبتنی بر چند ویژگی به درک عمیق‌تری از توزیع گونه‌ها در اکوسیستم و نقش آن‌ها در بهره‌وری کمک می‌کند. سودمندی شاخص‌های مبتنی بر چند ویژگی در مقایسه با شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی به پیچیدگی و تنوع کارکردی اکوسیستم برمی‌گردد. این گونه از تحلیل‌ها به‌ویژه در درک تعاملات میان‌گونه‌ای، رفتار و عملکرد اکوسیستم بسیار مهم‌اند. در واقع، این موضوع نشان‌دهنده این است که تنوع بیشتر در ویژگی‌های گیاهی، منجر به پایداری و ارتقاء زی‌توده می‌شود و این امر ضرورت استفاده از مدل‌های چندویژگی در تحقیقات اکولوژیکی را برجسته می‌کند. به این ترتیب، مدیریت و حفظ تنوع‌زیستی و تأکید بر وجود ویژگی‌های کارکردی مختلف در اکوسیستم‌های مرتعی بر اساس این نتایج و فرضیه‌های اکولوژیک، می‌تواند به افزایش بهره‌وری و پایداری این اکوسیستم‌ها منجر شود.

References

1. Abbasi, Z., J. Farzadmehr & H. Sangouni, 2024. Determining the Potential Habitat of Iris songarica Schrenk in Torbat Heydarieh County, Using Ecological Niche Factor Analysis. Journal of Rangeland, 17(4): 570-586. (In Persian)
2. Aghababaei, M., A. Ebrahimi, A. A. Naghipour & E. Asadi, 2025. Mapping plant ecological units to quantify ecosystem services (carbon sequestration) in the semi-steppe rangelands of Chaharmahal and Bakhtiari Province. Journal of Rangeland, 18(3): 432-450. (In Persian)
3. Arzani, H. & M. Abedi, 2015. Rangeland assessment: Vegetation measurement. University of Tehran Press, 322 p. (In Persian)
4. Bonham, C.D., 2013. Measurements for terrestrial vegetation. 2nd ed. John Wiley & Sons, 246 p.
5. Buzas, M.A. & L.A.C. Hayek, 2005. On richness and evenness within and between communities. Paleobiology, 31(2): 199-220.
6. Caldeira, M.C., R.J. Ryel, J.H. Lawton & J.S. Pereira, 2001. Mechanisms of positive biodiversity-production relationships: insights provided by δ13C analysis in experimental Mediterranean grassland plots. Ecology Letters, 4(5): 439–443.
7. Cao, X., Q. Shen, C. Shang, H. Yang, L. Liu & J. Cheng, 2019. Determinants of shoot biomass production in mulberry: Combined selection with leaf morphological and physiological traits. Plants, 8(5): 118.
8. Chalcraft, D.R., B.J. Wilsey, C. Bowles & M.R. Willig, 2009. The relationship between productivity and multiple aspects of biodiversity in six grassland communities. Biodiversity and conservation, 18: 91-104.
9. Cheng, Y., C. Zhang, X. Zhao & K. von Gadow, 2018. Biomass-dominant species shape the productivity-diversity relationship in two temperate forests. Annals of Forest Science, 75: 1-9.
10. Chisholm, R.A., H.C. Muller-Landau., K.A. Rahman., D.P. Bebber., Y. Bin., S.A. Bohlman., N.A. Bourg., J. Brinks., S. Bunyavejchewin., N. Butt & H. Cao, 2013. Scale-dependent relationships between tree species richness and ecosystem function in forests. Journal of Ecology, 101(5): 1214-1224.
11. Cornelissen, J.H.C., S. Lavorel, E. Garnier, S. Diaz, N. Buchmann, D.E. Gurvich, P.B. Reich, H. Ter Steege, H.D. Morgan, M.G.A. Van Der Heijden & J.G. Pausas, 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian journal of Botany, 51(4): 335-380.
12. Díaz, S., I. Noy-Meir & M. Cabido, 2001. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? Journal of Applied Ecology, 38(3): 497-508.
13. Díaz, S., S. Lavorel., F. de Bello., F. Quétier., K. Grigulis & T.M. Robson, 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(52): 20684-20689.
14. faraji, A., M. Tatian, R. Tamartash & A. Sanaei, 2022. The effect of grazing management on indicators of species and functional diversity of rangeland and the relationship between them on aboveground biomass. Journal of Environmental Science Studies, 7(4): 5696-5710. (In Persian)
15. 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.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

16. Fornara, D.A. & D. Tilman, 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. Journal of Ecology, 96(2): 314-322.
17. Foroughbakhch, R., Hernández-Piñero, J. L., Alvarado-Vázquez, M. A., Céspedes-Cabriales, E., Rocha-Estrada, A., & Cárdenas-Ávila, M. L. 2009. Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. Agroforestry Systems, 77(3): 181-192.
18. Garnier, E., J. Cortez, G. Billès, M.L. Navas, C. Roumet, M. Debussche, G. Laurent, A. Blanchard, D. Aubry, A. Bellmann, C. Neill, J. P. Toussaint, 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. Ecology, 85(9): 2630-2637.
19. Gharanjad, A., P. Tahmasabi, E. Asadi & J. Motamedi, 2015. Select the best predict biomass production model by using of CWM Functional Diversity. Watershed Management Research, 28(4): 48-61. (In Persian)
20. Grace, J.B., T.M. Anderson. E.W. Seabloom, E.T. Borer, P.B. Adler, W.S. Harpole, Y. Hautier, H. Hillebrand, E.M. Lind, M. Pärtel, J.D. Bakker, Y.M. Buckley, M.J. Crawley, E.I. Damschen, K.F. Davies, P.A. Fay, J. Firn, D.S. Gruner, A. Hector, J.M.H. Knops, A.S. MacDougall, B.A. Melbourne, J.W. Morgan, J.L. Orrock, S.M. Prober & M.D. Smith, 2016. Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. Nature, 529(7586): 390-393.
21. Grigulis, K., S. Lavorel, U. Krainer, N. Legay, C. Baxendale, M. Dumont, E. Kastl, C. Arnoldi, R.D. Bardgett, F. Poly & T. Pommier, 2013. Relative contributions of plant traits and soil microbial properties to mountain grassland ecosystem services. Journal of Ecology, 101(1): 47-57.
22. Hooper, D.U., M. Solan, A. Symstad, S. Diaz, M.O. Gessner, N. Buchmann, F.D. Hulot, J. Roy, E.M. Spehn, F. Mermillod-Blondin, P. Grime, P. Degrange & L. Van Peer, 2002. Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning. Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives, 17: 195-208.
23. Jafarian, Z., F. Ahmadi & M. Kargar, 2018. Investigation effect of grazing intensities on functional diversity and species diversity indices in the rangeland Bolban Abad, Kurdistan province, Iranian Journal of Range and Desert Research, 24(4): 768-777. (In Persian)
24. Jiao, S., Y. Lu & G. Wei, 2022. Soil multitrophic network complexity enhances the link between biodiversity and multifunctionality in agricultural systems. Global Change Biology, 28(1): 140-153.
25. Kaveh, N., A. Ebrahimi & E. Asadi, 2022. Environmental drivers of above-ground biomass in semi-arid rangelands. Journal of Rangeland, 44(3): 165-175. (In Persian)
26. Legras, G., N. Loiseau, & J.C. Gaertner, 2018. Functional richness: Overview of indices and underlying concepts. Acta Oecologica, 87: 34-44.
27. Li, W., W.X. Cao, J.L. Wang, X.L. Li, C.L. Xu & S.L. Shi, 2017. Effects of grazing regime on vegetation structure, productivity, soil quality, carbon and nitrogen storage of alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau. Ecological Engineering. 98: 123-133.
28. Li, Y., S. Dong, S. Liu, X. Su, X. Wang, Y. Zhang, X. Zhao, X. Gao, S.Li & Tang, L. 2019. Relationships between plant diversity and biomass production of alpine grasslands are dependent on the spatial scale and the dimension of biodiversity. Ecological Engineering, 127: 375-382.
29. Liu, S.B., K. Zamanian, P. Schleuss, M. Zarebanadkouki & Y. Kuzyakov, 2018. Degradation of Tibetan grasslands: consequences for carbon and nutrient cycles. Agriculture, Ecosystems & Environment. 252: 93-104.
30. Loreau, M. & A. Hector, 2001. Partitioning Selection and Complementarity in Biodiversity Experiments. Nature, 412: 72-76.
31. Loreau, M. 2000. Biodiversity and ecosystem functioning: recent theoretical advances. Oikos, 91(1): 3-17.
32. Maestre, F. T., Biancari, L., Chen, N., Corrochano-Monsalve, M., Jenerette, G. D., Nelson & Y. Shpilkina, 2024. Research needs on the biodiversity–ecosystem functioning relationship in drylands. Biodiversity, 3(1): 12.
33. Milchunas, D.G. & I. Noy-Meir, 2002. Grazing refuges, external avoidance of herbivory and plant diversity. Oikos, 99(1): 113-130.
34. Moameri, M., Z. Mohammadi Rad, D. Noori, & A. Ghorbani, 2025. Assessment of Key Indicators Influencing Rangeland Management: Perspectives of Local Stakeholders in Nir County, Ardabil. Journal of Rangeland, 19(2): 216-230. (In Persian)
35. Norris, J., & L. Ortega, 2003. Defining and measuring SLA. The handbook of second language acquisition, 716-761 p.
36. Omidipour R., A. Ebrahimi, P. Tahmasbi, M. Faramarzi, 2019. The relationship between functional richness, evenness and divergence and ecosystem functioning in a cold steppe rangeland of Marjan, Boroujen. Journal of Rangeland, 13(3): 504-521. (In Persian)
37. Pérez-Harguindeguy, N., S. Diaz, E. Garnier, S. Lavorel, H. Poorter, P. Jaureguiberry, M.S. Bret-Harte, W.K. Cornwell, J. Craine, D. Gurvich, C. Urcelay, E. Veneklaas, P. Reich, L. Poorter, I.J. Wright, P. Ray, L. Enrico, J.G. Pausas, A.C. Vos & J. Cornelissen, 2013. New handbook for standardise measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 61: 167-234.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]

38. Poggio, S. L. & C.M. Ghersa, 2011. Species richness and evenness as a function of biomass in arable plant communities. Weed Research, 51(3): 241-249.
39. Poorter, H. & C. Remkes, 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. Oecologia, 83(4): 553-559.
40. Richards, D. & S. Lavorel, 2023. Niche theory improves understanding of associations between ecosystem services. One Earth, 6(7): 811-823.
41. Ross, S.R.J. & T. Sasaki, 2024. Limited theoretical and empirical evidence that response diversity determines the resilience of ecosystems to environmental change. Ecological Research, 39(2): 115-130.
42. Sanaei, A., A. Ali, M.A.Z. Chahouki & M. Jafari, 2018. Plant coverage is a potential ecological indicator for species diversity and aboveground biomass in semi-steppe rangelands. Ecological Indicators, 93: 256-266.
43. Sanaei, A., E.J. Sayer, H. Saiz, Z. Yuan & A. Ali, 2021. Species co-occurrence shapes spatial variability in plant diversity–biomass relationships in natural rangelands under different grazing intensities. Land Degradation & Development, 32(15): 4390-4401.
44. Schulze, E.D. & H.A. Mooney, 2012. Biodiversity and ecosystem function. Springer Science & Business Media.
45. Schwinning, S. & O.E. Sala, 2004. Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems. Oecologia, 141: 211-220.
46. Sokół, M. & G. Łaska, 2024. Biodiversity and ecosystem services: Complementary approach for catchment protection and land use in northeastern Poland. Ecological Indicators, 159: 111649.
47. 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.
48. Sonkoly, J., A. Kelemen, O. Valkó, B. Deák, R. Kiss, K. Tóth, T. Miglécz, B. Tóthmérész & P. Török, 2019. Both mass ratio effects and community diversity drive biomass production in a grassland experiment. Scientific Reports, 9(1): 1848.
49. Spehn, E.M., J. Joshi, B. Schmid. M. Diemer. & C. Körner, 2000. Above-Ground Resource Use Increases with Plant Species Richness in Experimental Grassland Ecosystems. Functional Ecology, 14(3): 326-337.
50. Tang, R., S. Li, X. Lang, X. Huang & J. Su, 2023. Rare species contribute greater to ecosystem multifunctionality in a subtropical forest than common species due to their functional diversity. Forest Ecology and Management, 538: 120981.
51. Tilman, D., C. L. Lehman & K. T. Thomson, 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations. Proceedings of the National Academy of Sciences, 94(5): 1857-1861.
52. VanCon, T., N.T. Thanga, D.T.T. Ha, C.C. Khiem, T.H. Quy, V.T. Lam, T.V. Do & T. Sato, 2013. Relationship between aboveground biomass and measures of structure and species diversity in tropical forests of Vietnam. Forest Ecology and Management. 310: 213–218.
53. Villéger, S., N.W. Mason & D. Mouillot, 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. Ecology, 89(8): 2290-2301.
54. Violle C, M. Navas, D. Vile, E. Kazakou, C. Fortunel, I. Hummel & E. Garnier, 2007. Let the concept of trait be functional!. Oikos 116 (5): 882–892.
55. Winfree, R., J.W. Fox, N.M. Williams, J.R. Reilly & D.P. Cariveau, 2015. Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real-world ecosystem service. Ecology Letters, 18(7): 626-635.
56. Yang, G., M. Ryo, J. Roy, S. Hempel & M.C. Rillig, 2021. Plant and soil biodiversity have non-substitutable stabilising effects on biomass production. Ecology Letters, 24(8): 1582-1593.
57. Yue, Q., M. Hao, Y. Geng, X. Wang, K. von Gadow, C. Zhang & L. Gao, 2022. Evaluating alternative hypotheses behind biodiversity and multifunctionality relationships in the forests of Northeastern China. Forest Ecosystems, 9: 100027.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.2.2.4]