دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره سوم، شماره هفتم، پاییز و زمستان ۹۴
http://pec.gonbad.ac.ir

بررسی ارتباط تنوع عملکرد و زیتوده جوامع گیاهی زاگرس مرکزی

علی گهرنژاد*[۱]، پژمان طهماسبی[۲]، اسماعیل اسدی[۲]، جواد معتمدی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشگاه شهرکرد، [۲] دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه شهرکرد،
[۳] استادیارگروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ارومیه

دریافت: ۹۴/۵/۷ ؛ پذیرش: ۹۴/۸/۳

چکیده

تنوع عملکرد بطور مستقیم در ارتباط با خدمات اکوسیستمی می‌باشد که زیتوده گیاهی بسیاری از خدمات اکوسیستمی از قبیل تامین غذا، حفاظت، گردشگری، گرده افشانی را شامل می‌گردد. در این مطالعه اقدام به آزمون دو فرض اساسی (۱) آزمون وجود رابطه نزدیک بین شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM) با زیتوده گیاهی، مطابق با نظریه نسبت جرم (۲) آزمون وجود رابطه نزدیک بین تنوع عملکرد رائو (Rao) با زیتوده گیاهی، مطابق با نظریه تنوع توسط تیلمان در پیش بینی زیتوده گیاهی و تعیین مناسبترین روابط بین زیتوده گیاهی با عوامل محیطی و شاخص‌های تنوع عملکرد در مراتع مشجر زاگرس مرکزی گردید. نتایج مطالعه نشان داد از بین ارزش ویژگی‌های شاخص CMW، بیشترین مقدار ضریب تبیین (R^2) مربوط به شاخص تنوع عملکرد میانگین وزنی شاخص سطح برگ CWM-LAI بود که در حدود ۳۷ درصد بود. همچنین، مقدار این ضریب در شاخص تنوع عملکرد رائو حدود ۱۸ درصد بود که نشان دهنده توجیه ۱۸ درصد تغییرات توسط زیتوده گیاهی می‌باشد. اکثر شاخصهای میانگین وزنی روند افزایشی با افزایش زیتوده گیاهی داشتند. تلفیق فاکتورهای غیرزنده، شاخص تنوع عملکرد رائو و میانگین وزنی جامعه (CWM) شامل متغیرهای بارش، درجه حرارت، میانگین وزنی انرژی متابولیسمی گیاهی، میانگین وزنی طول دوره رشد برگ و ارتفاع و شاخص تنوع عملکرد رائو در حدود ۷۶ درصد تغییرات زیتوده گیاهی را توجیه می‌کنند. با توجه به اینکه شاخص میانیگن وزنی نشان دهنده اثرات گروههای عملکردی چیره بر تولید اکوسیستم است نتایج نشان می‌دهد که فرضیه نسبت جرم گرایم فرضیه صحیح تری در مقابل فرضیه استفاده تکمیلی از آشیان اکولوژیک در تاثیر تنوع عملکرد بر خصوصیات اکوسیتمی مناطق مورد بررسی است.

واژه‌های کلیدی: **تنوع عملکرد، زیتوده گیاهی، فاکتورهای محیطی، CWM، زاگرس مرکزی.**

*نویسنده مسئول: goharnejad.a@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

مقدمه

عملکرد اکولوژیکی بر اساس اصول و ابزار ایجاد ارتباط بین مشخصات جوامع، عملکردها و خدمات اکوسیستمی بنا شده است (Lavorel *et al.,* 2007). برای مثال، جریان مواد و انرژی از طریق اجزا زنده و غیرزنده در یک اکوسیستم مستقیما با پایداری و انعطاف پذیری قابلیت تولید مرتبط می‌باشد که بر اساس قابلیت عکس‌العمل سیستم درشرایط وجود اختلال یا سازگاری با تغییر اندازه‌گیری می‌شود (Díaz and Cabido 2001). این روش عملکردی روشی فراتر از تجزیه و تحلیل‌های توصیفی می‌باشد که بصورت نسبتا ساده، ارزان و استاندارد اجرا می‌شود و امکان مقایسه جوامع و ویژگی‌های آنها را فراهم می‌سازد (Schumacher and Roscher 2009). تنوع عملکرد به‌صورت ارزش، محدوده، توزیع و فراوانی ویژگیهای عملکردی موجودات زنده در یک جامعه تعریف می‌شود (Díaz *et al.,* 2007). خدمات اکوسیستمی به ویژگی‌های اکوسیستمی وابسته بوده که به نوبه خود بوسیله عملکردها و فرآیندهای اکوسیستمی تعیین می‌شوند (Chanteloup and Bonis, 2013). با توجه به مشکلات اندازه‌گیری زیتوده گیاهی در سطوح وسیع و اهمیت این پارامتر به‌منظور تعیین وضعیت و ظرفیت مرتع، می توان با پیش بینی زیتوده گیاهی به بررسی تغییرات و ارزش‌های عملکرد اکوسیستمی پرداخت و بحالت ساده و ارزان و تنها با بکارگیری از تعداد اندکی از پارامترهای محیطی و ویژگیهای گیاهی، درصد قابل توجهی از تغییرات زیتوده گیاهی را پیش بینی کرد.

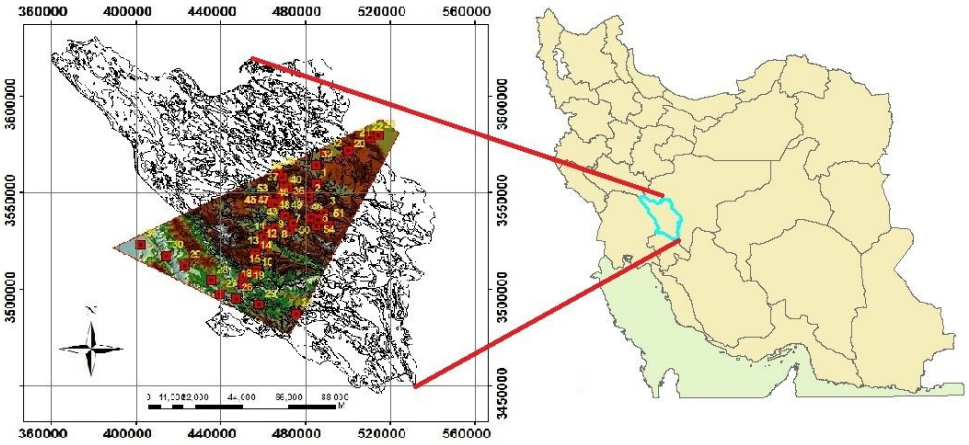
گریم (Grime, 1998) مطابق نظریه "نسبت جرم" پیشنهاد می‌کند که تولید گیاهی بوسیله فراوانی گونه‌های غالب قابل پیش بینی است و ارزش ویژگی به نسبت فراوانی نسبی افراد در پیش بینی زیتوده گیاهی نقش دارند (Grime, 1998) همچنین، تیلمان و همکاران (Tilman *et al.*, 1997) مطابق نظریه "تنوع" پیشنهاد می‌کنند که تولید گیاهی تحت تاثیر ویژگی‌های عملکردی بوده و دارای رابطه مثبت با یکدیگر هستند (Hooper, 2005; Hector, 1999). شاخص میانگین وزنی جامعه (Commnity weighted mean: CWM) به‌عنوان شاخص مبتنی بر یک ویژگی بوده که اهمیت بالایی درجهت مقایسه میانگین ارزش ویژگی‌ها در جامعه دارد و در محاسبه این شاخص از فراوانی نسبی و ارزش ویژگی افراد استفاده می‌گردد . شاخص تنوع عملکرد رائو (Rao) به‌عنوان شاخص مبتنی بر چند ویژگی می‌باشد که به فراوانی افراد وابسته بوده ولی در این شاخص نیاز به محاسبه چندین ویژگی به‌منظور تعیین ارزش شاخص تنوع می‌باشد (Pla *et al.,* 2012). شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی به‌علت مستقل بودن ویژگیهای عملکردی از یکدیگر دارای بیشترین ارتباط با تولید علوفه و کربن خاک در گرادیانت‌های محیطی مختلف هستند (Bradley *et al.,* 2013). ترکیبی از فاکتورهای ادافیکی، میانگین وزنی جامعه (CWM) و شاخص تنوع عملکرد (FD_Q) به‌عنوان مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی زیتوده گیاهی به‌حساب می‌آیند (Chanteloup and Bonis, 2013; Schumacher and Roscher, 2009). در

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

این مطالعه بر مبنای وجود دو تئوری اساسی در زمینه پیش بینی زیتوده گیاهی: (۱) تئوری نسبت جرم و (۲) تئوری تنوع اقدام به بررسی دو فرض مذکور می‌گردد: (۱) آزمون وجود رابطه نزدیک بین شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM) با زیتوده گیاهی، مطابق با نظریه نسبت جرم توسط گرایم (Grime, 1998) (۲) آزمون وجود رابطه نزدیک بین تنوع عملکرد رائو با زیتوده گیاهی، مطابق با نظریه تنوع توسط تیلمان. با توجه به اینکه روش‌های کلاسیک تنوع گونه‌ای که مبتنی بر تعداد گونه‌ها می‌باشند قادر به توجیه مناسب تغییرات بر اساس خدمات اکوسیستمی نمی‌باشند به منظور تعیین مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی زی‌توده گیاهی با استفاده از ویژگی‌های عملکردی زنده و ویژگی‌های غیرزنده این مطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه مطابق شکل ۱ در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی بین ´ ۱۳ °۵۱ تا ´۲۶ °۵۰ طول شرقی و ´ ۳۱°۳۱ تا ´۳۲°۱۸عرض شمالی واقع شده است. مساحت کل منطقه مورد مطالعه حدود ۳۵۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۳۹۰۰ متر و حداقل ارتفاع ۷۰۰ متر می‌باشد. پربارش‌ترین بخش استان ارتفاعات غرب با متوسط بارش سالانه ۱۶۰۰ میلی‌متر و کم‌بارش‌ترین ناحیه استان نواحی شرقی و شمال شرقی با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر می باشد (میانگین ۵۰ ساله اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری). منطقه مورد مطالعه ترکیبی از گراس‌ها، فورب‌ها و درختان بلوط می‌باشد که به‌عنوان مرتع مشجر به‌حساب می‌آید. اوج شدت چرا در منطقه از اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد یعنی بعد از ورود عشایر از استان خوزستان آغاز می‌گردد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و مکان‌های نمونه‌برداری

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

روش تحقیق

روش نمونه برداری: در این مطالعه از ۵۴ مکان مطابق شکل ۱ از استان چهارمحال بختیاری در طول گرادیانت ارتفاعی و آب وهوایی زاگرس مرکزی از منطقه شهرکرد تا منطقه ایذه اقدام به نمونه‌برداری گردید. به‌طوری‌که در تعیین مناطق نمونه‌برداری از نقشه واحدهای همگن منطقه با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ که از سه نقشه شیب، جهت و ارتفاع بدست آمد، استفاده گردید. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه به‌صورت مرتع مشجر می‌باشد، نمونه‌برداری به‌صورت ۵ پلات ۲×۲ متری در داخل پلات بزرگتر ۳۰×۳۰ متری بصورت سیستماتیک- تصادفی انجام شد (نمونه برداری بر مبنای پروتوکل‌های پیشنهاد شده توسط Garnier *et al.* (2001) و Cornelissen *et al.* (2003) در مناطق با پوشش جنگلی انجام گردید) و ویژگی‌های گیاهی کل ۱۲۰ گونه داخل پلات‌ها اندازه‌گیری شد. در مرکز یکی از پلات‌های بزرگتر ۳۰×۳۰ مترمربعی یک پروفیل خاک با توجه به وجود عمق ریشه دوانی بیشترگیاهان نمونه‌برداری شده در محدوده ۳۰-۰ سانتی‌متری از سطح خاک، اقدام به نمونه برردداری گردید.

پارامترها و متغیرهای محیطی بکارگرفته شده در این مطالعه شامل چهار گروه محیطی اقلیمی، ادافیکی، توپوگرافیکی و انسانی می‌باشد که عوامل بتفکیک گروه به‌صورت، اقلیمی (تبخیر و تعرق پتانسیل، مقدار بارش و درجه حرارت)، عوامل ادافیکی (درصد شن، درصد سیلت، درصد رس، پتاسیم، فسفر، نیتروژن، درصد رطوبت اشباع، کربنات کلسیم، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کربن آلی خاک، چگالی ظاهری خاک و رطوبت خاک)، عوامل توپوگرافیکی (شیب، جهت و ارتفاع) و شدت چرا (بصورت کمی بر اساس فاصله از محل سکونت عشایر و روستاییان) می‌باشند که این عوامل در تعیین روابط کلی بین متغیرهای محیطی و زیتوده گیاهی استفاده گردید. جهت بدست آوردن پارامترهای خاکی، در آزمایشگاه نمونه‌های خاک بعد از خشک شدن در هوای آزاد، کوبیده شده و از الک دو میلیمتری عبور داده شدند تا برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی آماده شوند. در آزمایشگاه، ۱۳ پارامتر خاکی چگالی ظاهری خاک، درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، رطوبت اشباع، پتاسیم خاک، فسفرخاک، ازت خاک، ماده آلی خاک، کربنات کلسیم، اسیدیته خاک، رطوبت خاک و هدایت الکتریکی بدست آمد. به‌طوری‌که درصد ذرات رس، سیلت و شن (بافت خاک) به روش هیدرومتری، اسیدیته خاک بروش الکترومتری، چگالی ظاهری خاک بروش سیلندر، رطوبت اشباع بروش وزنی، پتاسیم خاک بروش فیلم فتومتری، فسفر خاک بروش اولسن، ازت خاک بروش کجلدال، ماده آلی خاک بروش اسید سولفوریک سرد و غلیظ، کربنات کلسیم خاک بروش کلسیمتری، رطوبت خاک بروش وزنی و هدایت لکتریکی با دستگاه EC متر بدست آمد. به‌منظور تعیین پارامترهای اقلیمی از داده‌های موجود در ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه و روش میانیابی کریجینگ استفاده شد و همچنین در جهت بدست آوردن

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

پارامترهای توپوگرافیکی شیب، جهت و ارتفاع از نقشه رقومی ارتفاع منطقه با اندازه سلولی ۳۰×۳۰ استفاده شد. توصیفات آماری پایه از متغیرهای محیطی در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲- توصیفات آماری پایه از متغییرهای محیطی

متغیرها	تعداد	میانگین	S.D.	CV	حداقل	حداکثر
ارتفاع (متر)	۵۴	۱۸۵۵/۰۶	۳۵۶/۲۷	۱۹/۲۱	۸۳۱	۲۴۳۷
درصد رطوبت خاک	۵۴	۲/۸۱	۱/۲۶	۴۴/۷۶	۱/۰۹	۵/۴۰
چگالی ظاهری ($g.cm^{-3}$)	۵۴	۱/۲۳	۰/۰۵	۴/۱۶	۱/۱۰	۱/۳۱
درصد رس	۵۴	۲۰/۹۵	۶/۶۷	۳۱/۸۶	۹	۳۱
درصد سیلت	۵۴	۴۳/۳۴	۸/۴۷	۱۹/۵۵	۲۴	۶۴
درصد شن	۵۴	۳۵/۷۱	۱۱/۶۵	۳۲/۶۲	۱۲	۵۶
رطوبت اشباع	۵۴	۳۶/۰۳	۶/۰۲	۱۶/۷۲	۲۳/۲۵	۴۸
پتاسیم خاک ($mg.kg^{-1}$)	۵۴	۲۵۰/۸۱	۱۳۸/۸۱	۵۵/۳۴	۸۶	۶۴۳/۲۶
فسفر خاک ($mg.kg^{-1}$)	۵۴	۱۱/۸۴	۹/۹۵	۸۳/۹۸	۱/۲۹	۵۷/۸۹
ازت خاک	۵۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۴۳/۷۹	۰/۰۱	۰/۱۰
ماده آلی خاک	۵۴	۰/۴۸	۰/۳۸	۷۸/۶۲	۰/۰۱	۱/۷۹
کربنات کلسیم	۵۴	۳۴/۸۴	۱۴/۵۹	۴۴/۸۸	۰/۵۰	۵۰/۵۰
اسیدیته	۵۴	۷/۴۶	۰/۲۲	۲/۹۴	۶/۷۳	۷/۹۹
هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	۵۴	۰/۷۳	۰/۶۰	۸۳/۱۶	۰/۲۴	۳/۴۸
درصد شیب	۵۴	۲۴/۱۵	۱۱/۲۴	۴۶/۵۶	۱/۱۰	۴۴
جهت	۵۴	۱۴۰/۳۰	۱۰۵/۱۳	۷۴/۹۳	-۱	۳۴۶
بارش (میلی‌متر)	۵۴	۵۸۳/۳۵	۱۳۳/۷۶	۲۲/۹۳	۲۵۳	۸۷۷
درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۵۴	۱۴/۷۶	۳/۰۸	۲۰/۸۵	۱۱/۵۰	۲۱/۹۰
تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	۵۴	۲۲۵۹/۰۶	۲۴۶/۷۵	۱۰/۹۲	۱۷۸۸	۲۶۷۰
فاصله از سکونتگاه‌های روستایی و عشایری (کیلومتر)	۵۴	۲/۳۶	۱/۵۶	۶۵/۹۶	۰/۵۰	۷/۲۰

شاخص‌های تنوع عملکرد

شاخص مربع آنتروپی یا رائو (Rao): شاخص تنوع عملکرد رائو بصورت متوسط مقادیر اختلافات زوجی بین گونه‌ها و ارزش فراوانی نسبی آنها تعریف می‌گردد. این شاخص به‌وسیله Rao در سال ۱۹۸۲ مطرح شده است که بر مبنای تئوری آنتروپی مطرح شده و بصورت یک شکل کوادراتیک از بکارگیری ماتریس فواصل بین گونه‌ها و بردار فراوانی نسبی گونه‌ای بیان شده است. در جهت محاسبه این شاخص

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

استفاده از فاصله اقلیدوسی بین گونه‌ها در فضای ویژگی‌ها ضروری می‌باشد که به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌گردد.

$$d_{ij} = \sum_{t=1}^{T} (X_{ti} - X_{tl})^2$$

در نهایت شاخص Rao مطابق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$Rao = \sum_{i=1}^{S-1} \sum_{j>1}^{S} d_{ij} Wi\ Wj$$

که در آن dij عبارت است از فاصله بین گونه‌های i و j ; D: عبارت است از ماتریس فاصله با عناصر (اجزا) dij و W: عبارتست از فراوانی نسبی گونه‌ها.

شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM): میانگین وزنی جامعه (CWM) به‌عنوان یک شاخص مناسب جهت نشان‌دادن ارزش عملکردی مورد انتظار از یک ویژگی در یک نمونه تصادفی از جامعه به‌حساب می‌آید که در ابتدا به‌وسیله Garnier در سال 2004 به‌صورت یکپارچه سازی ارزش ویژگی‌های گیاهی تعریف گردید و پس از آن شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM) در شکل کنونی توسط دیاز و همکاران ۲۰۰۷ و همچنین لاورال و همکاران ۲۰۰۸ گسترش یافت. شاخص CWM به‌عنوان شاخص مبتنی بر یک ویژگی به‌حساب می‌آید و هر ویژگی دارای ارزش CWM مجزا در آن جامعه می‌باشد.
شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM) از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$CWM = \sum_{i=1}^{s} Wi\ Xi$$

که در آن s عبارتست ازتعداد کل گونه‌ها W عبارت است از فراوانی نسبی گونه i و ارزش ویژگی گونه i

ویژگی‌های گیاهی: در این مطالعه از ۱۰ ویژگی عملکردی قابلیت یا عدم قابلیت تثبیت ازت، شاخص سطح برگ (LAI)، ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، وزن ۱۰۰۰ دانه بذر (گرم)، طول برگ (سانتی‌متر)، طول دوره گل‌دهی (برحسب ماه) و کیفیت علوفه که شامل عوامل درصد پروتئین خام، درصد الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی، درصد هضم‌پذیری و انرژی متابولیسمی (MJ/kgDM) به‌منظور تعیین شاخص‌های تنوع عملکرد CWM و Rao استفاده شد. به‌طوری‌که شاخص سطح برگ بروش وزنی که با تعیین متوسط سطح برگ پنج گیاه نمونه‌برداری شده در هر گونه بصورت تصادفی (به‌علت زیاد بودن تعداد گونه‌ها) با کمک دستگاه Area meter AM 200 و تعیین تعداد برگ بوسیله اندازه‌گیری متوسط وزن برگ خشک و وزن خشک کل برگهای ۵ گیاه نمونه برداری شده از هر گونه و تعیین یک ضریب ثابت برای هر یک از گونه‌ها بدست آمد که در نهایت با قرار دادن تاثیر درصد تاج پوشش هر یک از گیاهان

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

داخل پلات مطابق رابطه زیر مقادیر شاخص سطح برگ هر یک از گونه‌ها حاصل شد (مقدم ۱۳۸۴ و Arias 2007).

مقادیر ارتفاع گیاه و طول برگ گونه‌ها (سانتی‌متر) در هنگام نمونه‌برداری ثبت شد و مقادیر طول دوره گلدهی (بر حسب ماه)، قابلیت یا عدم قابلیت تثبیت ازت [۱ و ۰] و وزن ۱۰۰۰ دانه بذر (گرم) گونه‌ها از منابع چاپ شده معتبر (از قبیل تقوی زاد ۱۳۸۶، فقیه ۱۳۸۴، مازندرانی ۱۳۸۳، جنگجو ۲۰۱۳، جمشیدی ۲۰۱۱، وب سایت مجتمع گل ارکیده (http://www.orchidsflora.com/medicinalherbsseed.html)، نیرومند ۱۳۹۰) بدست آمد. همچنین به‌منظور تعیین مقادیر درصد پروتئین خام (CP)، درصد الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی (ADF)، درصد هضم پذیری (DMD) و انرژی متابولیسمی (ME) بر حسب (MJ/kgDM) در مرحله گلدهی، تعدادی از گونه‌ها بعلت زیاد بودن تعداد نمونه‌ها و بالا بودن هزینه‌های نمونه برداری با استفاده از اطلاعات موجود در منابع معتبر بشرط مشابه بودن وضعیت اقلیمی هر دو منطقه بدست آمد (از قبیل رئوفی و همکاران، ۱۳۹۲؛ غریب وند و همکاران، ۱۳۸۷؛ ارزانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ معتمدی و همکاران، ۱۳۹۲) و سایر گونه‌های باقیمانده نیز در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. به‌طوری‌که مقادیر درصد پروتئین خام از روش کجلدال و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی از روش ون سوئست (Van Soest, 1982) و با استفاده از دستگاه فایبرتک اندازه گیری شد و مقادیر درصد هضم پذیری از فرمول پیشنهادی اودی و همکاران (Oddy *et al.*, 1983) و انرژی متابولیسمی (MJ/kgDM) از معادله ارائه شده توسط کمیته استاندارد کشاورزی (CSIRO, 1990) مطابق روابط زیر بدست آمد. مقادیر همبستگی ویژگی‌های گیاهی بروش آزمون همبستگی پیرسون با مقادیر معنی داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد در جدول ۱ مشخص شده است.

$$\%DMD = ۸۳/۵۸ - ۰/۸۲۴ \times \%ADF + ۲/۶۲۶ \times \%N$$

$$\%ME = ۰/۱۷ \%DMD - ۲$$

در این رابطه N درصد ازت گیاهی می‌باشد که از طریق رابطه $\%CP = ۶/۲۵ \times \%N$ بدست می‌آید.

انتخاب مدل: به‌منظور بررسی دقت شاخص‌های میانگین وزنی جامعه و تنوع عملکرد رائو در جوامع گیاهی مختلف، به مقایسه ارزش مقادیر بدست آمده از این شاخص‌ها با زیتوده گیاهی به‌عنوان یکی از مهمترین خدمات اکوسیستمی که در برگیرنده بسیاری از خدمات اکوسیستمی مهم از قبیل تغذیه‌ای، حفاظتی و چشم انداز می‌باشد، پرداخته شد. مقادیر زیتوده گیاهی بروش مضاعف که تلفیقی از روش قطع و توزین و تخمین است، در هر واحد نمونه‌برداری به‌دست آمد و از ضریب تبیین جهت تست مقادیر شاخص‌ها و زیتوده گیاهی استفاده شد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۱- مقادیر همبستگی ویژگی‌های گیاهی بروش آزمون همبستگی پیرسون

	LAI	طول دوره گلدهی	وزن ۱۰۰۰ دانه بذر	قابلیت تثبیت‌ازت	طول برگ	ارتفاع گیاه	CP	ADF	DMD	ME
LAI	۱	۰/۴۷۲**	-۰/۲۰۲	۰/۴۶۴**	۰/۲۴۱	۰/۳۷۷**	۰/۲۸۲*	-۰/۴۱۱**	۰/۴۰۸**	۰/۳۹۹**
طول دوره گلدهی		۱	-۰/۴۷۳**	۰/۱۱۰	-۰/۱۵۸	۰/۰۰۴	۰/۰۷۴	-۰/۳۸۱**	۰/۳۲۸*	۰/۳۲۷*
وزن ۱۰۰۰ دانه بذر			۱	-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۴	۰/۲۲۲	۰/۳۵۷**	۰/۰۹۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
قابلیت تثبیت ازت				۱	۰/۳۰۸*	۰/۴۲۴**	۰/۵۸۷**	-۰/۲۲۰	۰/۳۵۷**	۰/۲۵۵**
طول برگ					۱	۰/۵۲۲**	۰/۲۰۴	-۰/۱۹۵	۰/۱۹۶	۰/۱۹۱
ارتفاع گیاه						۱	۰/۴۳۱**	-۰/۲۳۲	۰/۳۰۲*	۰/۲۹۵*
CP							۱	-۰/۵۶۱**	۰/۷۱۵**	۰/۷۱۷**
ADF								۱	-۰/۹۵۵**	-۰/۹۵۵**
DMD									۱	۰/۹۹۹**
ME										۱

*: معنی‌داری در سطح خطای ۵ درصد؛ **: معنی‌داری در سطح خطای ۱ درصد

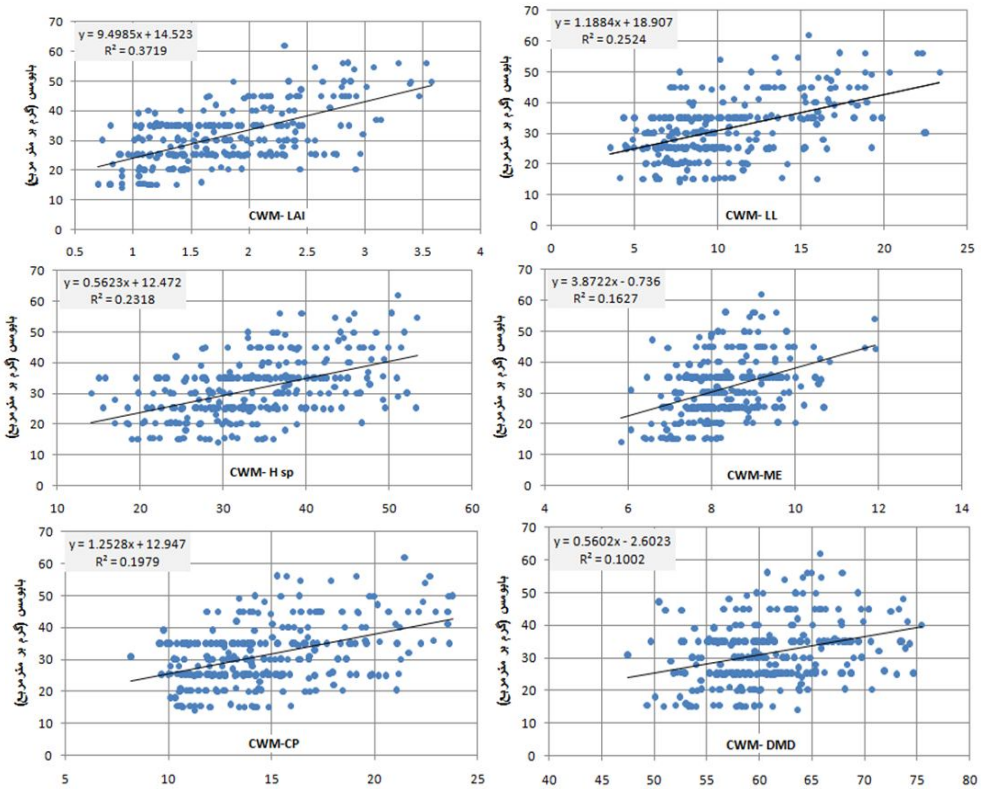
با استفاده از روش رگرسیون چند متغییره گام به گام (با لحاظ کردن فرضهای اولیه رگرسیون شامل اثر همراستایی و همگنی واریانس خطاها) به تعیین روابط مدل‌های فرضی زیتوده گیاهی بر مبنای ارزش ویژگیهای شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM)، تنوع عملکرد رائو (Rao) و پارامترهای محیطی شامل ادافیکی، اقلیمی، توپوگرافیکی و شدت چرا (بصورت کمی بر اساس فاصله از محل سکونت عشایر و روستاییان و مشاهدات میدانی) پرداخته شد و روابط هر یک از مدل‌های فرضی بدست آمد. در نهایت به‌منظور انتخاب بهترین مدل فرضی جهت پیش‌بینی تنوع عملکرد و زیتوده گیاهی، مقادیر ضریب تبیین و معنی داری مدل بعنوان معیاری جهت تصمیم‌گیری استفاده شد. لازم بذکر است که کلیه محاسبات شاخص تنوع عملکرد در نرم‌افزار FDiversity (http://www.fdiversity.nucleodiversus.org) اجرا شد.

نتایج

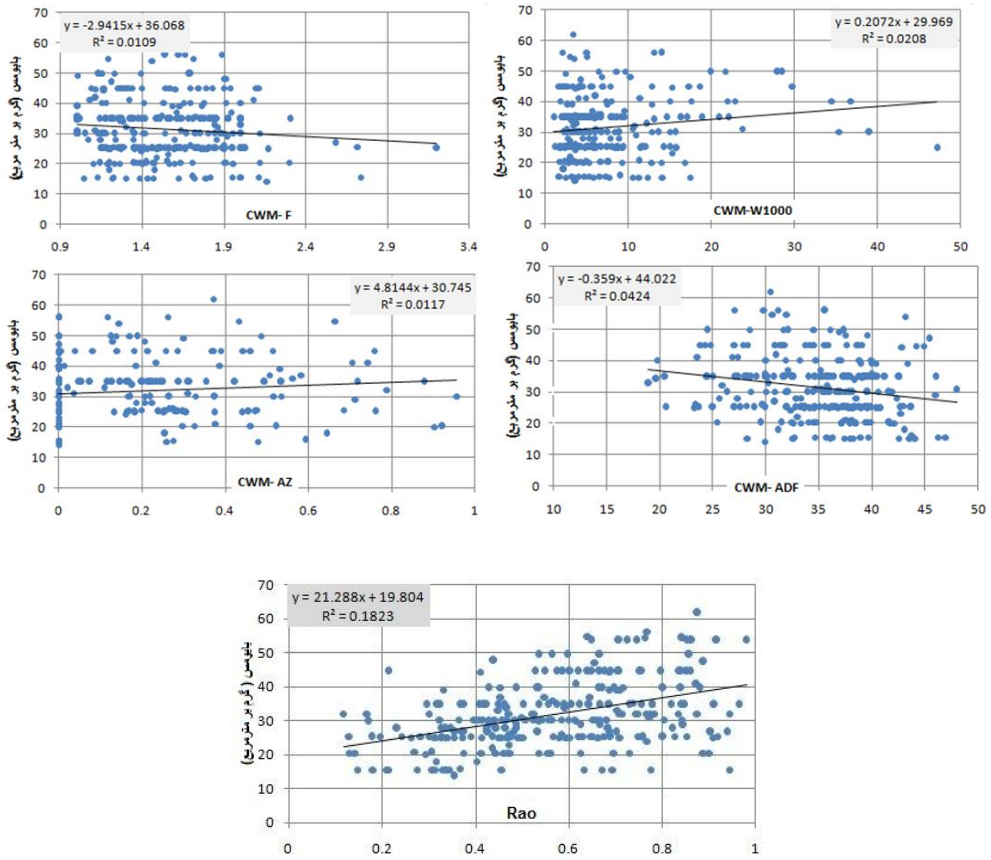
آزمون رابطه شاخص‌های CWM و تنوع عملکرد رائو (Rao) با زیتوده گیاهی: پس از تعیین مقادیر ارزش ویژگی‌های شاخص میانگین وزنی جامعه (CWM) و شاخص تنوع عملکرد رائو در واحدها و سایت‌های نمونه‌برداری، به‌منظور آزمون هر یک از مقادیر شاخص تنوع عملکرد با زیتوده گیاهی به‌عنوان خدمات اکوسیستمی مورد مطالعه در این تحقیق از ضریب تبیین (R^2) و تجزیه واریانس استفاده شد. مطابق نتایج نمودار ۲ مشاهده می‌شود که از بین ارزش ویژگی‌های شاخص CMW،

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

بیشترین مقدار ضریب تبیین (R^2) مربوط به شاخص تنوع عملکرد CWM-LAI بود که در حدود ۰/۳۷ بودکه نشان دهنده توجیه ۳۷ درصد تغییرات زیتوده گیاهی توسط این ارزش ویژگی می‌باشد. همچنین، مقدار این ضریب در شاخص تنوع عملکرد رائو حدود ۰/۱۸ بود که نشان‌دهنده توجیه ۱۸ درصد تغییرات توسط زیتوده گیاهی می‌باشد. همچنین، لازم بذکر است که مقادیر تجزیه واریانس بین تمام مقادیر شاخص‌های تنوع عملکرد و زیتوده گیاهی کمتر از ۰/۰۱ شد که نشان‌دهنده وجود رابطه رگرسیونی خطی بین متغییر وابسته و متغییر مستقل در سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد. تمامی شاخص‌ها بغیر از شاخص‌های CWM-F و CWM- ADF بحالت روند افزایشی با افزایش زیتوده گیاهی افزایش می‌یابند.



[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]



نمودار ۲- روابط ارزش ویژگی‌های شاخص‌های میانگین وزنی جامعه (CWM) و تنوع عملکرد رائو (Rao) با زیتوده گیاهی در واحدهای نمونه‌برداری. (Rao: شاخص مربع آنتروپی یا رائو؛ CWM: شاخص تنوع عملکرد میانگین وزنی جامعه؛ LAI: شاخص سطح برگ؛ LL: طول برگ؛ H sp: ارتفاع گیاه؛ ME : انرژی متابولیسمی؛ F: طول دوره گلدهی؛ W 1000: وزن ۱۰۰۰ دانه بذر؛ AZ: قابلیت تثبیت ازت؛ ADF: الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی؛ CP: پروتئین خام؛ DMD: هضم‌پذیری).

تاثیرات مدل‌های فرضی: به‌منظور تعیین مناسبترین مدل پیش بینی زیتوده گیاهی، اقدام به ساخت مدل‌های فرضی بر اساس ارزش ویژگی‌های شاخص‌های تنوع عملکرد CWM، شاخص تنوع عملکرد رائو (Rao) و پارامترهای محیطی (غیر زنده) گردید. متغیرهای محیطی پیش‌بینی‌کننده به چهار گروه اصلی شامل اقلیمی، توپوگرافیکی، ادافیکی و انسانی تقسیم گردید و مدل‌های فرضی مطابق جدول ۳

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

ساخته شد. بر اساس نتایج حاصل می‌توان گفت که از بین مدل‌های فرضی مدل تلفیقی پارامترهای غیرزنده ، شاخص تنوع عملکرد رائو و ارزش ویژگیهای شاخص‌های CWM با در برگیری بیش از ۷۶ درصد از تغییرات تولید زیتوده گیاهی و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد به‌عنوان مدل مناسب جهت پیش بینی تنوع عملکرد به‌حساب می‌آید. لازم بذکر است که تمام مدل‌های فرضی در سطح ۱ درصد (Sig<0.01) معنی‌دار هستند.

جدول ۳- روابط مدل‌های فرضی در جهت پیش‌بینی زیتوده گیاهی

مدل‌ها	معادله	R^2
ادافیکی + انسانی	Y= 27.407+(164.11×N)-(0.016×K)	۰/۳۱۵
توپوگرافیکی +انسانی	-	-
اقلیمی + انسانی	Y=26.2+(0.27×Pr)-(0.658×T)	۰/۳۴۷
غیرزنده (ادافیکی+توپوگرافیکی+ اقلیمی) و زنده (انسانی)	Y=26.8+(0.024×Pr)-(0.749×T)+ (138.5×N) - (0.019×K)	۰/۶۰۱
شاخص CWM	Y= 5.23+(0.534×CWM- Long Leaf) +(0.342× CWM- Height SP) + (5.108×CWM- LAI)	۰/۵۳
تنوع عملکرد رائو (Rao)	Y= ۱۹,۹+(۲۱,۲×Rao)	۰/۱۸۳
غیرزنده + CWM	Y=--8.329+(1.776× CWM- ME) + (0.017×Pr) + (0.552×CWM- Long Leaf) + (0.202× CWM- Height SP) + (60.024×N)	۰/۷۰۳
غیرزنده+ تنوع عملکرد رائو (Rao)+ شاخص CWM	Y=9.719+ (1.916× CWM- ME) + (0.03×Pr) + (0.331× CWM- Long Leaf) + (0.033× CWM- Height SP) + (14.97× Rao) - (1.023×T)	۰/۷۶۴

بحث و نتیجه‌گیری

فاکتورهای غیرزنده درصد قابل توجهی از تغییرات زیتوده را توجیه می‌کنند (Loreau *et al.,* 2001) که از بین پارامترهای ادافیکی نیتروژن خاک به‌عنوان عامل اصلی به شمار می‌آید (Díaz, Lavorel, de Bello *et al.,* 2007; Schumacher and Roscher, 2009) نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که از عوامل ادافیکی، پارامترهای نیتروژن و پتاسیم حدود ۳۲ درصد از تغییرات و از عوامل اقلیمی پارامترهای بارش و درجه حرارت حدود ۳۵ درصد از تغییرات تنوع عملکرد زیتوده گیاهی را توجیه می‌کنند. لازم بذکر است که هیچ یک از عوامل توپوگرافی درصد قابل توجهی از تغیرات زیتوده گیاهی را توجیه نمی‌کنند. ترکیب تمام فاکتورهای محیطی که شامل پارامترهای بارش، درجه حرارت، نیتروژن و پتاسیم خاک می‌گردد، حدود ۶۰ درصد از تغییرات زیتوده گیاهی را توجیه می‌کنند.

از میان شاخص‌های تنوع عملکردی، شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی به‌علت مستقل بودن ویژگی‌های عملکردی از یکدیگر دارای بیشترین ارتباط با زیتوده گیاهی و کربن خاک در گرادیانت‌های محیطی مختلف می‌باشند (Bradley *et al.,* 2013). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که سه شاخص تنوع

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

عملکرد CWM-LAI، CWM-Long Leaf و CWM-Height به‌عنوان شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی حدود ۵۳ درصد از تغییرات زیتوده گیاهی را توجیه می‌کنند که درصد قابل توجهی بشمار می‌آید. همچنین، مشاهده می‌گردد که شاخص تنوع عملکرد رائو حدود ۱۸ درصد از تغییرات زیتوده گیاهی را توجیه می‌کند و تنوع عملکرد به‌حالت صعودی با افزایش زیتوده گیاهی افزایش می‌یابد. مطابق نظرات (Tilman. 1997)، هکتور (Hector, 1999) و هوپر (Hooper, 2005). تلفیق فاکتورهای زنده و غیرزنده حدود ۷۶ درصد تغییرات تنوع عملکرد زیتوده گیاهی را توجیه می کند و به‌عنوان مناسبترین مدل‌های تنوع عملکرد زیتوده گیاهی به‌شمار می‌آیند. نتایج مطالعات ما نشان می‌دهد که تلفیق عوامل غیرزنده (اقلیمی، توپوگرافیکی، ادافیکی، انسانی)، شاخص تنوع عملکردی رائو و شاخص CWM حدود ۷۶ درصد از تغییرات زیتوده گیاهی را بخود اختصاص می‌دهند که شامل متغیرهای بارش، درجه حرارت، CWM-ME، CWM- Long Leaf، CWM- Height SP و شاخص تنوع عملکرد Rao می‌باشد. این مدل فرضی تلفیقی با توجه به توجیه قابل توجهی از تغییرات تنوع عملکرد زیتوده گیاهی می‌تواند به‌عنوان مدلی مناسب جهت پیش‌بینی زیتوده گیاهی به‌شمار آید.

نتایج این تحقیق موید این موضوع است که گونه‌ها و گروه‌های عملکرد چیره بر اساس شاخص میانگین وزنی تاثیرگذارترین عوامل کنترل کننده عملکرد اکوسیستمی هستند. این موضوع برخلاف فرضیه استفاده تکمیلی از آشیان بوم شناختی گونه‌ها است که فرض می کند گروه‌های مختلف قسمتی از آشیان بوم شناختی را اشغال کرده و در نتیجه عمکلرد اکوسیستم را افزایش می‌دهند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت گونه‌های چیره در منطقه نقش مهمتری در عملکرد اکوسیتمی دارند. در تایید نظریه "نسبت جرم" مشاهده می‌گردد که ارزش ویژگی‌های شاخص تنوع عملکرد قادر به توجیه درصد قابل توجهی از تغییرات زیتوده گیاهی می باشد. همچنین، ارتباط مثبت بدست آمده بین شاخص تنوع عملکرد رائو و زیتوده گیاهی در جهت تصدیق "نظریه تنوع" تیلمان می‌باشد، ولی تنها قادر به توجیه حدود ۱۸ درصد از تغییرات زیتوده گیاهی است که بنسبت شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی دارای مقادیر توجیه کمی است. درنتیجه، استفاده از فراونی نسبی گونه‌ها و شاخص‌های تنوع مبتنی بر یک ویژگی بمنظور پیش بینی زیتوده گیاهی بسیار تاثیرگذار است. استفاده از فاکتورهای غیرزنده و زنده در پیش‌بینی زیتوده گیاهی و مقایسه میان جوامع گیاهی می‌تواند روشی مناسب، نسبتاً ساده، ارزان و استاندارد به‌حساب آید، به‌طوری‌که با بکارگیری از تعدادی پارامترهای محیطی و ویژگی‌های گیاهی امکان توجیه درصد قابل توجهی از تغییرات زیتوده گیاهی امکان پذیر شده و قابلیت پیش بینی زمانی و مکانی زیتوده گیاهی از طریق پیش بینی پارامترهای موثر متغییر در زمان و مکان فراهم می گردد. با توجه به توجیه قابل توجهی از تغییرات بوسیله فاکتورهای زنده و غیر زنده، پیشنهاد می‌گردد که از مدل‌های تلفیقی در جهت پیش‌بینی زیتوده گیاهی استفاده شود.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

منابع

ارزانی، ح. صحراگرد، پ.، ترکان، ج.، سعیدی، ک. ۱۳۸۹. بررسی مراحل فنولوژیک بر کیفیت علوفه گونه مرتعی در مراتع مارال کردستان. مجله مرتع. ۴(۲): ۱۶۷-۱۶۰.

تقوی‌زاد، ر.، مجد، ع.، ناظریان، ح.، محرابیان، س. ۱۳۸۴. بررسی جذابیت خصوصیات گیاهان شهدزا و گرده‌زا برای زنبور عسل در ناحیه سیرچال، استان تهران، مجله پژوهش و سازندگی، ۷۴: ۵۲-۴۱.

رئوفی، و.، ابراهیمی، ع.، ارزانی، ح.، شجاعی، ز. ۱۳۹۲. بررسی رابطه بین خوشخوراکی و کیفیت علوفه در برخی گیاهان مرتعی (مطالعه موردی: مراتع کارسانک چهارمحال و بختیاری). مجله مرتع و آبخیزداری. ۶۶(۱): ۱۲۰-۱۱۱.

غریب‌وند، ح.، دیانتی، گ.، مصداقی، م.، شیرمردی، ح. ۱۳۸۷. مقایسه کیفیت علوفه دو گونه *Camphorosma monspeliaca* و *Echinophora platyloba* در چهارمحال بختیاری. مجله مرتع. ۲(۲): ۱۶۱-۱۵۱.

فقیه، ع.ر.، عبادی، ر.، ناظریان، ح.، نوروزی، م. ۱۳۸۹. تعیین جذابیت گیاهان مختلف برای زنبور عسل در نواحی خوانسار و فریدان اصفهان. مجله علوم کشاورزی. ۳۶(۳): ۵۳۶-۵۲۱.

معتمدی، ج.، ارزانی، ح.، شیدایی، ی.، علیجانپور، ع. ۱۳۹۲. کیفیت علوفه ۲۵ گونه مهم مرتعی در مراتع ییلاقی نازلوچای در ارومیه. مجله تحقیقات مرتع و بیابان. ۲۰(۴): ۶۶۳-۶۵۳.

مقدم، م. ۱۳۸۴. اکولوژی گیاهان. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۰۲ صفحه.

Almeida-Cortez J.S., Shipley B., Arnason J.T. 1999. Do plant species with high relative growth rates have poorer chemical defences. Func Ecol 13(6):819–827.

Arias D. 2007. Calibration of LAI- 2000 to estimate leaf area index and assessment of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costa Rica. Forest Ecology and Management, 247: 185-193.

Arzani H., Sahragard P., Torkan J., Saedi K. 2010. Comparison of Phenological Stages on Forage Quality of Rangelands Species in Rangeland of Saral Kordestan. Journal of Rangeland. 4(2): 160-167.

Bradley J., Butterfield T., Katharine N.S. 2013. Single-trait functional indices outperform multi-trait indices in linking environmental gradients and ecosystem services in a complex landscape. Journal of Ecology 10: 9–17.

Chanteloup, P., Bonis A. 2013. Functional diversity in root and above-ground traits in a fertile grassland shows a detrimental effect on productivity. Basic and Applied Ecology. 14(3): 208–216.

Conti, G., Diaz, S. 2013. Plant functional diversity and carbon storage – an empirical test in semi-arid forest ecosystems. Journal of Ecology, 101: 18–28.

Cornelissen J.H.C., Lavorel S, Garnier E., Díaz S., Buchmann N., Gurvich D.E., Reich P.B., Ter Steege H., Morgan H.D., Heijden M.G.A., van der Pausas J.G., Poorter H. .2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. Aust. J. Bot. 51: 335–380.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

CSIRO. 1990. Feeding standards for Australian livestock: ruminants. Standing Committee on Agriculture and Resource Management. Ruminants sub-committee. Melbourne, 266 p.

Diaz, S., Cabido, M. 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. Trends Ecol. 16(11): 646–655.

Díaz S., Lavorel S., De Bello F., Quétier F., Grigulis K., Robson, M. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 104:20684–20689.

Diaz S., Lavorel S., Stuart Chapin F., Tecco P.A., Gurvich D.E., Grigulist K. 2007 Functional diversity—at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. In: Canadell JG, Pataki DE, Pitelka LF (eds) Terrestrial ecosystems in a changing world.

Garnier E., Cortez J., Billeos G., Navas M.L., Roumet C., Debussche M., Laurent G., Blanchard A., Aubry D., Bellmann A., Neill C., Toussaint J.P. 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. Ecology 85(9): 2630–2637.

Garnier E., Shipley B., Roumet C., Laurent G. 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. Func Ecol 15:688–695

Grime J.P. 1998. Benefits of plant diversity to ecosystems: Immediate, filter and founder effects. Journal of Ecology, 86: 891–899.

Hector A., Schmid B., Beierkuhnlein C.1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science, 286: 1123–1127.

Hooper D.U.F., Chapin S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardle D.A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecol. Monogr. 75: 3–35.
http://www.orchidsflora.com/medicinalherbsseed.html

Hu Y., Li, K., Gong H., Yin W. 2009. Plant diversity-productivity patterns in the alpine steppe environment. Journal of arid land, VOL. 1, NO. 1, 43−48.

Jangjo M., Khajee H., Anvarkhan S., Sanjni S. 2013. Seed germination and dormancy tests of some rangeland species of Northern Khorasan province, Iran. Intl. J. Agri. Crop Sci. 5(1): 21-29.

Lavorel S., Diaz S., Cornelissen J.H, Garnier E., Harrison S.P., McIntyre S., Pausas J., Pérez N., Roumet C., Urcelay C. 2007. Plant functional types: Are we getting any closer to the Holy Grail? In: Canadell J.G., Pataki D., Pitelka L. Springer, New York.

Lavorel S., Grigulis K.., Lamarque P., Colace M.P., Garden D., Girel J., Pellet G., Douzet R. 2011. Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services. Journal of Ecology 99: 135–147.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J.P., Hector, A. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science, 294, 804–808.

Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

Mazandarani M., Kassaei M., Rezaee B. 2003. Medicinal plants in Ziarat Mountain Gorgan. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 20: 40-58.

Mokany K., Ash J., Roxburgh S. 2008. Functional identity is more important than diversity in influencing ecosystem processes in a temperate native grassland. Journal of Ecology, 96: 884–893.

Mouillot D., Villéger S., Scherer-Lorenzen M., Mason N.W.H. 2011. Functional structure of biological communities predicts ecosystem multi functionality. PLoS ONE, 6, e17476.

Niromand E., Jami M., Zamani, G. 2012. Responses of quality *Lathyrus sativus* L. in Birjand. Iranian Journal of Field Crops Research Vol. 9, No.4,. 678-684.

Oddy, V.H., Robards, G.E., Low, S.G. 1983. Prediction of invivo dry matter digestibility from the fiber nitrogen content of a feed, In Feed Information and Animal Production, eds. G.E. Robards, and R.G. Pakham Commonwealth Agricultural Bureaux, Australia, pp. 395-398.

Pla L., Casanoves F., Rienzo J.D. 2012. Quantifying Functional Biodiversity. ISBN 978-94-007-2647-5.

Rao CR. 1982. Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. Theor Popul. Biol. 21: 24–43.

Schumacher J., Roscher C. 2009. Differential effects of functional traits on aboveground biomass in semi-natural grasslands. Oikos, 118: 1659-1668.

Tilman D., Knops J., Wedin D., Reich P., Ritchie M., Siemann E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. Science, 277: 1300–1302.

Van Soest P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant Books, Ins. Corvallis, 375 p.

Walker B.H., Kinzig A., Langridge J.L. 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. Ecosystems 2: 95–113.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]