

## مقایسه غنای گونه‌های و تنوع عملکرد $FAD_2$ در جهت برآورد بایومس گیاهی در منطقه زاگرس مرکزی

علی گهرنژاد<sup>۱\*</sup>، پژمان طهماسبی<sup>۲</sup>، اسماعیل اسدی<sup>۲</sup> و جواد معتمدی<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ایران، پست الکترونیک: [goharnejad.a@gmail.com](mailto:goharnejad.a@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ایران

۳- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۵

### چکیده

در تنوع عملکرد برخلاف تنوع گونه‌ای که تنها در ارتباط با فراوانی گونه‌ای می‌باشد، به جنبه‌های مختلف تنوع عملکرد در ترکیبات زیستی و نقش جمعیت‌ها در جامعه توجه می‌گردد. تنوع عملکرد به‌طور مستقیمی در ارتباط با خدمات اکوسیستم می‌باشد که بایومس گیاهی بسیاری از خدمات اکوسیستمی از قبیل تأمین غذا، حفاظت و گرده‌افشانی را شامل می‌شود. در این مطالعه اقدام به آزمون چندین فرض شد، الف) آزمون وجود رابطه نزدیک بین غنای گونه‌ای با بایومس گیاهی، ب) آزمون وجود رابطه نزدیک بین تنوع عملکرد  $FAD_2$  با بایومس گیاهی و ج) توجه درصد قابل توجهی از تغییرات بایومس گیاهی بوسیله پارامترهای محیطی و ویژگی‌های گیاهی. نتایج مطالعه نشان داد که غنای گونه‌ای برای پیش‌بینی بایومس گیاهی با مقدار ضریب همبستگی برابر ۰/۰۳ به‌عنوان شاخصی مناسب به‌حساب نمی‌آید. مقادیر ضریب همبستگی شاخص تنوع عملکرد  $FAD_2$  با بایومس گیاهی واحدهای نمونه‌برداری در حدود ۰/۴ شد که به‌سبب توجه درصد قابل توجهی از تغییرات بایومس گیاهی می‌تواند شاخصی نسبتاً مناسب در برآورد بایومس گیاهی محسوب شود. در نهایت، به‌منظور آزمون فرضیه سوم اقدام به ایجاد مدل‌های فرضی بر مبنای پارامترهای محیطی و ویژگی‌های گیاهی و شاخص تنوع عملکرد  $FAD_2$  گردید و مشاهده شد که تلفیق فاکتورهای غیرزنده، ویژگی‌های گیاهی و تنوع عملکردی ( $FAD_2$ ) که شامل پارامترهای بارش، طول برگ، ارتفاع گیاه و شاخص  $FAD_2$  می‌گردد، حدود ۷۵ درصد تغییرات تنوع عملکرد بایومس گیاهی را توجیه می‌کند و به‌عنوان مناسبترین مدل پیش‌بینی بایومس گیاهی به‌شمار می‌آید.

واژه‌های کلیدی: تنوع عملکرد، بایومس گیاهی، فاکتورهای محیطی، شاخص  $FAD_2$ ، زاگرس مرکزی.

### مقدمه

تنوع عملکرد به‌صورت ارزش، محدوده، توزیع و فراوانی مشخصات در عملکرد موجودات زنده در یک جامعه تعریف می‌شود (Díaz et al. 2007, a). ضمن اینکه خدمات اکوسیستمی، به ویژگی‌های اکوسیستمی وابسته بوده که به نوبه خود توسط عملکردها و فرایندهای اکوسیستمی تعیین می‌شوند (Chanteloup & Bonis, 2013). برخی از مطالعات از قبیل (Schmacher & Roscher, 2009; Mouillot, Villéger, Scherer- Lorenzen &

عملکرد اکولوژیکی بر اساس اصول و ابزار ایجاد ارتباط روابط بین مشخصات جوامع، عملکردها و خدمات اکوسیستمی بنا شده است (Lavorel et al., 2007). این روش عملکردی، روشی فراتر از تجزیه و تحلیل‌های توصیفی می‌باشد که به‌صورت نسبتاً ساده، ارزان و استاندارد اجرا می‌شود و امکان مقایسه جوامع و ویژگی‌های آنها را فراهم می‌سازد (Schumacher & Roscher, 2009).

مقایسه غنای گونه‌ای و تنوع عملکرد FAD2 در جهت برآورد ...

می‌باشند. Roscher و Schmacher (۲۰۰۹)، وجود رابطه بسیار ضعیف بین غنای گونه‌ای و بایومس گیاهی را نشان دادند و به اهمیت شاخص‌های تنوع عملکرد در بایومس گیاهی اشاره کردند.

روش‌های کلاسیک تنوع گونه‌ای که مبتنی بر تعداد گونه‌ها می‌باشند، به‌خوبی قادر به نشان دادن تغییرات بر اساس خدمات اکوسیستمی نمی‌باشند (Schumacher & Roscher, 2009). بر همین اساس این پژوهش با هدف تعیین روش‌های جدیدتر تنوع که مبتنی بر ویژگی‌های گیاهی است و همچنین تعیین تنوع عملکرد مبتنی بر خدمات اکوسیستمی بایومس گیاهی بر مبنای ویژگی‌های گیاهی در طول گرادینت ارتفاعی، در قسمت‌هایی از سه استان اصفهان، چهارمحال و بختیاری و خوزستان انجام شد. به‌طوری‌که پس از تعیین تنوع عملکرد و غنای گونه‌ای و آزمون این شاخص با مقادیر بایومس گیاهی، به ساخت چندین مدل فرضی بر اساس تلفیق گروه‌هایی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده شامل متغیرهای اقلیمی، ادافیکی، توپوگرافیکی، چرایی و ویژگی‌های گیاهی پرداخته شد و بعد مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی بایومس گیاهی بر مبنای مقدار درصد توجیه تغییرات بایومس گیاهی و با استفاده از ویژگی‌های عملکردی (عوامل زنده) و ویژگی‌های محیطی (عوامل غیرزنده) بدست آمد. لازم بذکر است که انجام کلیه محاسبات شاخص تنوع عملکرد FAD2 در نرم‌افزار FDiversity اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

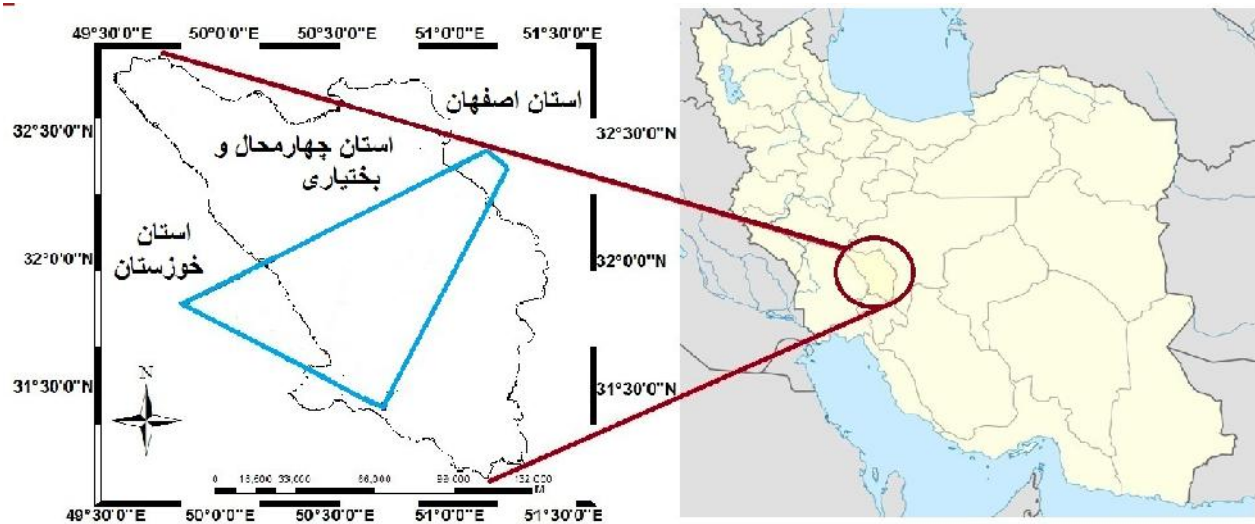
### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه مطابق شکل ۱ در قسمت‌هایی از سه استان اصفهان، چهارمحال و بختیاری و خوزستان می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی بین ۲۶° ۵۰ تا ۱۳° ۵۱ طول شرقی و ۳۱° ۳۱ تا ۱۸° ۳۲ عرض شمالی واقع شده است. مساحت کل منطقه مورد مطالعه حدود ۳۵۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۲۵۰۰ متر و

رابطه معنی‌دار غنای گونه‌ای با بایومس گیاهی تأکید دارند. با توجه به مشکلات اندازه‌گیری بایومس گیاهی در سطوح وسیع و اهمیت این پارامتر به‌منظور تعیین وضعیت و ظرفیت چرای مرتع، می‌توان با پیش‌بینی بایومس گیاهی به بررسی تغییرات و ارزش‌های عملکرد اکوسیستمی پرداخت و به‌حالت ساده و ارزان و تنها با بکارگیری تعداد اندکی از پارامترهای محیطی و ویژگی‌های گیاهی، درصد قابل توجهی از تغییرات بایومس گیاهی را پیش‌بینی کرد. Roscher و Schumacher (۲۰۰۹) به بررسی تأثیرات گروه‌های عملکردی بایومس در گراس‌لندهای نیمه‌طبیعی پرداختند و نشان دادند که ترکیب سه عامل غیر زنده خاکی، ارزش ویژگی‌های گونه‌های غالب و تنوع عملکردی ویژگی‌ها به‌عنوان بهترین حالت در نشان دادن میزان اختلاف بایومس در اکوسیستم‌های طبیعی بشمار می‌آید. Hu و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی اهمیت رابطه تنوع - بایومس در عملکرد تنوع گونه‌ای و اکوسیستم در مناطق جلگه‌ای در کوه‌های تیانشان چین پرداختند و بیان کردند که رابطه معنی‌داری بین رطوبت هوا، رطوبت خاک، نیتروژن خاک و اسیدپته خاک در توزیع و ترکیب جوامع گیاهی وجود دارد. همچنین، رابطه معنی‌داری بین رطوبت خاک، رطوبت هوا، اسیدپته، درجه حرارت هوا با غنای گونه‌ای و بایومس گیاهی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. Bradley و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی و مقایسه شاخص‌های تنوع عملکردی (CWM Community)، (Functional regularity) FRO، (weighted mean Functional) FEve، (Functional divergence) FDvar و (evenness) FRic (Functional richness) پرداختند و از سه ویژگی گیاهی ارتفاع گیاه، شاخص رشد و تراکم ریشه در محیط‌های فیزیکی مختلف و در ارتباط با تولید علوفه و کربن خاک استفاده کردند و در نهایت پیشنهاد کردند که شاخص‌های مبتنی بر یک ویژگی بعلت مستقل بودن ویژگی‌های عملکردی از یکدیگر دارای بیشترین ارتباط با تولید علوفه و کربن خاک در گرادینت‌های محیطی مختلف

کم‌بارش‌ترین ناحیه استان نواحی شرقی و شمال‌شرقی با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

حداقل ارتفاع ۷۰۰ متر می‌باشد. پربارش‌ترین بخش استان ارتفاعات غرب با متوسط بارش سالانه ۹۰۰ میلی‌متر و



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

استپی می‌باشد که گونه‌های همراه هریک از تیپ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. به‌طوری که مکانهای نمونه‌برداری در داخل ۱۰ تیپ گیاهی انتخاب شد.

منطقه مورد بررسی، بر اساس نقشه‌های طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰)، دارای ۱۰ تیپ گیاهی (جدول ۱) عمده و معرف مناطق رویشی نیمه

جدول ۱- نام تیپ‌های گیاهی و گونه‌های همراه هریک از تیپ‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰)

تیپ گیاهی	گونه‌های همراه
<i>Astragalus brachystachys</i> - <i>Cousinia bakhtiarika</i>	<i>Cynodon dactylon</i> , <i>Bromus tomentellus</i> , <i>Medicago sativa</i> , <i>Ferula ovina</i> , <i>Gundelia tarnifurta</i>
<i>Astragalus adseendens</i> - <i>Anabasis aphylla</i>	<i>Achillea millefolium</i> , <i>Bromus tectorum</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Cirsium bracteosum</i>
<i>Astragalus adseendens</i> - <i>Cirsium bracteosum</i>	<i>Eryngium ovina</i> , <i>Vicia angustifolia</i> , <i>Festuca ovina</i> , <i>Secale montanum</i> , <i>Ferula ovina</i> ,
<i>Astragalus adseendens</i> - <i>Daphne mucronata</i>	<i>Cousinia bakhtiarika</i> , <i>Noaea macronata</i> , <i>Echinophora platyloba</i> , <i>Bromus tectorum</i>
<i>Astragalus adseendens</i> - <i>Eryngium billardieri</i>	<i>Boissieria squarrossa</i> , <i>Hordeum bulbosa</i> , <i>Echinophora platyloba</i> , <i>Centaurea persica</i>
<i>Astragalus brachystachys</i> - <i>Eryngium billardieri</i>	<i>Aegilops cylindrica</i> , <i>Picnomon acarna</i> , <i>Carthamus flaversens</i> , <i>Bromus tomentellus</i> , <i>Agropyron intermedium</i> , <i>Carthamus flaversens</i>
<i>Astragalus brachystachys</i> - <i>Acanthlimon seabrellum</i>	<i>Glycyrhiza glabra</i> , <i>Bromus strilis</i> , <i>Lactuca orientalis</i> , <i>Cynodon dactylon</i> ,
<i>Astragalus adseendens</i> - <i>Bromus tomentellus</i>	<i>Avena fatua</i> , <i>Hordeum bulbosum</i> , <i>Carthamus flaversens</i> , <i>Cardaria draba</i> , <i>Boissieria squarrossa</i> , <i>Scariola orientalis</i> , <i>Cousinia bakhtiarika</i> , <i>Saponaria vaccaria</i>
<i>Astragalus brachystachys</i> - <i>Scariola orientalis</i>	<i>Achillea millefolium</i> , <i>Aegilops cylindrical</i> , <i>Lolium persicum</i> , <i>Cirsium hydrophilum</i>

## روش تحقیق

سطح تیپ‌های گیاهی منطقه (جدول ۱) پراکنش دارند، نمونه‌برداری شد.

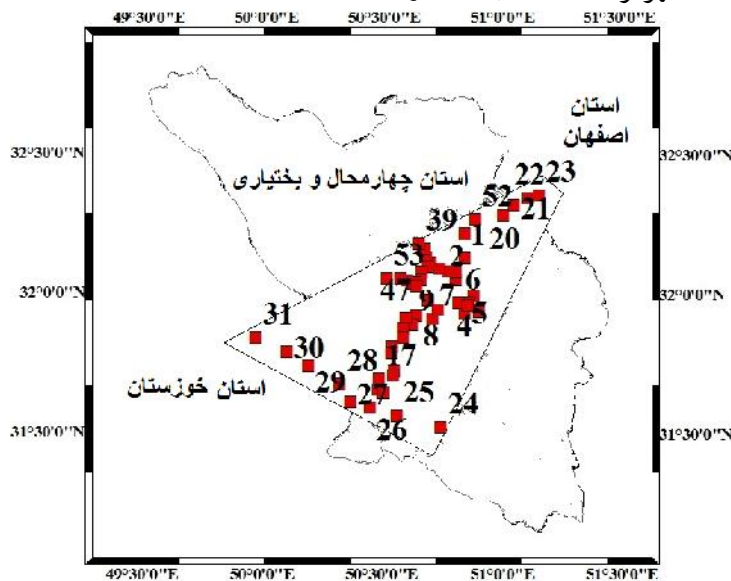
با توجه به تراکم پوشش گیاهی و بر مبنای دستورالعمل طرح ملی ارزیابی مراتع مناطق مختلف آب و هوایی و اینکه مراتع مورد بررسی، معمولاً به‌عنوان مراتع مشجر تلقی می‌گردند، نمونه‌برداری از پوشش گیاهان مرتعی زیر آشکوب در هر مکان مرتعی، بر مبنای پروتکل پیشنهادی Garnier و همکاران (۲۰۰۴) و Cornelissen و همکاران (۲۰۰۳)، در داخل پنج پلات چهار مترمربعی (۲×۲ متری) که در چهار گوش و مرکز پلات‌های ۳۰×۳۰ متری مستقر شده بودند، انجام شد. در مجموع، ۲۷۰ پلات چهار متر مربعی به‌منظور اندازه‌گیری ۱۰ ویژگی گونه‌های گیاهی شامل قابلیت یا عدم قابلیت تثبیت ازت، شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن ۱۰۰۰ دانه بذر، طول برگ، دوره گلدهی و کیفیت علوفه که شامل عوامل پروتئین خام، الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی، درصد هضم‌پذیری و انرژی متابولیسمی به‌همراه تولید آنها، در ۵۴ مکان مرتعی، در منطقه مورد بررسی به‌کار برده شد. همچنین به‌منظور مطالعه عوامل خاکی، یک نمونه خاک از مرکز پلات‌های ۳۰×۳۰ متری در افق سطحی خاک (۰-۳۰ سانتی‌متر) برداشت شد.

در این پژوهش پس از انتخاب مکان‌های نمونه‌برداری، ابتدا غنای گونه‌ای و شاخص تنوع عملکرد هر یک از ویژگی‌های گیاهی در واحدهای نمونه‌برداری محاسبه شد و روابط رگرسیونی بین مقادیر شاخص‌های مذکور با بایومس گیاهی بر مبنای ضریب تبیین مورد آزمون قرار گرفت و شاخص مناسب برای برآورد بایومس گیاهی در مکان‌های نمونه‌برداری مشخص گردید.

در گام بعد به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی بایومس گیاهی، مقادیر ویژگی‌های گیاهی (زنده)، عوامل محیطی (غیرزنده) و مقادیر شاخص تنوع عملکرد هر یک از ویژگی‌های گیاهی واحدهای نمونه‌برداری مورد بررسی در یک ماتریس ۴۰ × ۲۷۰ ارائه شد و بر مبنای آنها، اقدام به ساخت مدل‌های فرضی برآورد بایومس گیاهی در مکان مورد بررسی گردید و بر مبنای میزان درصد توجیه تغییرات واریانس مدل‌های فرضی، بهترین مدل مبتنی بر عوامل زنده، غیززنده و تنوع عملکرد انتخاب شد.

## روش نمونه‌برداری

در این مطالعه از ۵۴ مکان مرتعی (شکل ۲) استان‌های اصفهان، چهارمحال بختیاری و خوزستان در طول گرادیانت ارتفاعی و آب و هوایی از منطقه شهرکرد تا منطقه ایذه که در



شکل ۲- موقعیت مکان‌های مورد بررسی

## غناى گونه‌ای

به‌طوری‌که بدین منظور از ویژگی‌های عملکردی مبتنی بر میزان بایومس گیاهی که در این تحقیق از شاخص‌های 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 پروتئین خام ( )، الیاف نامحلول شوینده‌های اسیدی ( )، درصد هضم‌پذیری ( ) و انرژی متابولیسمی (MJ/kg) می‌باشد، استفاده شد. به‌طوری‌که شاخص سطح برگ به‌روش وزنی که با تعیین متوسط سطح برگ ۵ 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 نمونه‌برداری شده از هر گونه یک ضریب ثابت برای هر یک از ۱۲۰ گونه (جدول ۲) بدست آمد که در نهایت با قرار دادن تأثیر درصد تاج پوشش هر یک از گیاهان داخل پلات مطابق رابطه ۴ مقادیر شاخص سطح برگ هر یک از گونه‌ها حاصل شد (مقدم، ۱۳۸۴ و Arias, 2007).

$$\text{LAI} = \frac{\text{ML} \times \text{NL}}{\text{CC}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در اینجا LAI به‌عنوان شاخص سطح برگ، ML متوسط سطح برگ (سانتیمترمربع)، NL تعداد برگ، CC سطح تاج پوشش (سانتی‌متر مربع) تعریف می‌گردد. مقادیر ارتفاع گیاه (سانتیمتر) و طول برگ (سانتیمتر) گونه‌ها 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 تقوی‌زاد، ۱۳۸۶؛ فقیه، ۱۳۸۴؛ مازندرانی، ۱۳۸۳؛ جنگجو، ۲۰۱۳؛ جمشیدی، ۲۰۱۱؛ وب سایت مجتمع گل ارکیده نیرومند، ۱۳۹۰) بدست آمد. همچنین مقادیر پروتئین خام (CP)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، هضم‌پذیری ماده خشک (DMD) و انرژی متابولیسمی (ME) تعدادی از گونه‌ها در مرحله گلدهی نیز از منابع مرتبط به‌شرط مشابه بودن وضعیت

در این پژوهش، با استناد به مطالعات (Hooper *et al.*, 2005 و Schmacher & Roscher, 2009) علاوه بر ویژگی‌های گیاهی، عوامل محیطی و مقادیر شاخص تنوع عملکرد FAD2، مقادیر غناى گونه‌ای هر یک از واحدهای نمونه‌برداری نیز به‌منظور ساخت مدل‌های فرضی برآورد بایوماس گیاهی، در مکان مورد بررسی محاسبه شد. به‌منظور تعیین غناى گونه‌ای واحدهای نمونه‌برداری، از شاخص منهنیک Menhinick's index مطابق رابطه ۱ استفاده شد (Magurran, 1988).

$$\text{Dmn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در رابطه (۱): N تعداد کل افراد و S تعداد کل گونه‌ها می‌باشد.

## تنوع عملکرد

شاخص FAD2 (Functional Attribute Diversity) که در این مطالعه استفاده شده است، عبارت است از مجموع فواصل استاندارد بین تمام زوج گونه‌ها در فضای ویژگی‌ها. در تعیین فاصله اکولوژیکی بین گونه‌های i و j مطابق رابطه (۲) استفاده می‌شود (Walker *et al.*, 1999).

$$\text{ED}_{ij} = \sqrt{\sum_{t=1}^T (X_{tj} - X_{ti})^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در رابطه ۲: T تعداد ویژگی‌ها و  $X_{tj}$  و  $X_{ti}$  شامل ارزش ویژگی  $t$ ام از گیاهان i و j می‌باشد. ED<sub>ij</sub> عبارت است از فاصله اقلیدوسی بین دو گونه و شاخص FAD2 بصورت رابطه ۳ تعریف می‌گردد:

$$\text{FAD2} = \sum_{i=1}^S \sum_{j>1}^S \text{ED}_{ij} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، S عبارت است از تعداد گونه‌ها. تمام محاسبات شاخص تنوع عملکرد FAD2 در نرم‌افزار FDiversity انجام شد.

## ویژگی‌های گیاهی

برای محاسبه تنوع عملکرد مرتبط با خدمات اکوسیستمی بایومس گیاهی از شاخص FAD2 که به‌عنوان شاخص مبتنی بر چند ویژگی می‌باشد، استفاده شد.

شاخص‌های کیفیت علوفه ۲۶ گونه دیگر نیز طبق دستورالعمل (AoAc) (۱۹۹۰) اندازه‌گیری شد.

اقلیمی هر دو منطقه، استخراج گردید (از قبیل، Arzani 2006، رثوفی راد، ۱۳۹۲، غریب وند ۱۳۸۷، ارزانی، ۱۳۸۹، ارزانی، ۱۳۹۳ و معتمدی، ۱۳۹۲) و مقادیر

جدول ۲- گونه‌های گیاهی مورد بررسی در مکان‌های انتخابی

ردیف	گونه گیاهی	ردیف	گونه گیاهی	ردیف	گونه گیاهی	ردیف	گونه گیاهی
۱	<i>Acanthlimon seabrellum</i>	۳۱	<i>Carthamus flaversens</i>	۶۱	<i>Fumaria parviflora</i>	۹۱	<i>Plantago major</i>
۲	<i>Acanthophyllum glandulosum</i>	۳۲	<i>Carthamus oxyacantha</i>	۶۲	<i>Glycirhiza glabra</i>	۹۲	<i>Poa bulbosa</i>
۳	<i>Achillea millefolium</i>	۳۳	<i>Centaurea persica</i>	۶۳	<i>Gundelia tarnifurti</i>	۹۳	<i>Polygonum hyrcanicum</i>
۴	<i>Achillea santolina</i>	۳۴	<i>Centaurea virgata</i>	۶۴	<i>Heterantheium piliferum</i>	۹۴	<i>Prangos ferulacea</i>
۵	<i>Aegilops cylindrica</i>	۳۵	<i>Ceratocarpus arenarius</i>	۶۵	<i>Hordeum bulbosum</i>	۹۵	<i>Rhamnus palasii</i>
۶	<i>Agropyron intermedium</i>	۳۶	<i>Cichorium intybus</i>	۶۶	<i>Hordeum glaucum</i>	۹۶	<i>Rheum ribes</i>
۷	<i>Ajuga chamaecistus</i>	۳۷	<i>Cirsium arvense</i>	۶۷	<i>Hordeum jubatum</i>	۹۷	<i>Rumex acetosa</i>
۸	<i>Alhagi camelorum</i>	۳۸	<i>Cirsium bracteosum</i>	۶۸	<i>Hymenocrater bituminosus</i>	۹۸	<i>Salvia nemorosa</i>
۹	<i>Alopecurus texilis</i>	۳۹	<i>Cirsium congestum</i>	۶۹	<i>Lactuca orientalis</i>	۹۹	<i>Saponaria vaccaria</i>
۱۰	<i>Alyssum linifolium</i>	۴۰	<i>Scariola orientalis</i>	۷۰	<i>Lactuca pulchella</i>	۱۰۰	<i>Scariola orientalis</i>
۱۱	<i>Artemisia scoparia</i>	۴۱	<i>Convolvulus arvensis</i>	۷۱	<i>Lactuca scariola</i>	۱۰۱	<i>Secale montanum</i>
۱۲	<i>Asperula glomerata</i>	۴۲	<i>Convolvulus commutatus</i>	۷۲	<i>Lactuca scariola</i>	۱۰۲	<i>Sisymbrium sophia</i>
۱۳	<i>Asstragalus gossypinus</i>	۴۳	<i>Cousinia bakhtiarika</i>	۷۳	<i>Lathyrus sativus</i>	۱۰۳	<i>Solanum rostratum</i>
۱۴	<i>Astragalus verus</i>	۴۴	<i>Cynodon dactylon</i>	۷۴	<i>Lolium persicum</i>	۱۰۴	<i>Stachys inflata</i>
۱۵	<i>Astragalus adseendens</i>	۴۵	<i>Dactylis glamerata</i>	۷۵	<i>Ixilirion tataricum</i>	۱۰۵	<i>Stachys lavandulifolia</i>
۱۶	<i>Astragalus bisulcatus</i>	۴۶	<i>Daphne mucronata</i>	۷۶	<i>Medicago radiata</i>	۱۰۶	<i>Stipa barbata</i>
۱۷	<i>Astragalus brachystachys</i>	۴۷	<i>Echinophora platyloba</i>	۷۷	<i>Medicago sativa</i>	۱۰۷	<i>Stipa hohenackeriana</i>
۱۸	<i>Astragalus complanatus</i>	۴۸	<i>Echinops cephalotes</i>	۷۸	<i>Melica persica</i>	۱۰۸	<i>Stipa parviflora</i>
۱۹	<i>Astragalus effuses</i>	۴۹	<i>Echinops ritroes</i>	۷۹	<i>Melilitus officinalis</i>	۱۰۹	<i>Tanacetum myriophyllum</i>
۲۰	<i>Avena fatua</i>	۵۰	<i>Eremurus persicus</i>	۸۰	<i>Mentha longifolia</i>	۱۱۰	<i>Taraxacum bessarabicum</i>
۲۱	<i>Avena sativa</i>	۵۱	<i>Eryngium billardieri</i>	۸۱	<i>Noaea macronata</i>	۱۱۱	<i>Taraxacum monochlamydeum</i>
۲۲	<i>Boisseria squarrossa</i>	۵۲	<i>Eryngium bungei</i>	۸۲	<i>Onobrychis cornuta</i>	۱۱۲	<i>Taraxacum officinalis</i>
۲۳	<i>Borago officinalis</i>	۵۳	<i>Eryngium compestre</i>	۸۳	<i>Onobrychis cristagalli</i>	۱۱۳	<i>Teucrium polium</i>
۲۴	<i>Bromus danthoniae</i>	۵۴	<i>Eryngium ovina</i>	۸۴	<i>Ononis spinosa</i>	۱۱۴	<i>Thymus serpyllum</i>
۲۵	<i>Bromus stirelis</i>	۵۵	<i>Euphorbia descipiens</i>	۸۵	<i>Peganum harmala</i>	۱۱۵	<i>Trachynia distachya</i>
۲۶	<i>Bromus tectorum</i>	۵۶	<i>Euphorbia seguieiana</i>	۸۶	<i>Phlomis oliveari</i>	۱۱۶	<i>Tragopogon pratensis</i>
۲۷	<i>Bromus tomentellus</i>	۵۷	<i>Ferula gumosa</i>	۸۷	<i>Phlomis persica</i>	۱۱۷	<i>Trifolium repens</i>
۲۸	<i>Bunium paucifolium</i>	۵۸	<i>Ferula ovina</i>	۸۸	<i>Picninin acarna</i>	۱۱۸	<i>Trigonella elliptica</i>
۲۹	<i>Cardaria draba</i>	۵۹	<i>Festuca arundiacea</i>	۸۹	<i>Plantago atrata</i>	۱۱۹	<i>Turgenia latifolia</i>
۳۰	<i>Carex stenophylla</i>	۶۰	<i>Festuca ovina</i>	۹۰	<i>Plantago lanceolata</i>	۱۲۰	<i>Vicia angustifolia</i>

همبستگی پیرسون با مقادیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد در جدول ۳ مشخص شده است.

رابطه (۵)

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

$$ME = ۰/۱۷ DMD - ۲ \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در رابطه (۵): N درصد ازت گیاهی می‌باشد که از طریق رابطه  $CP = ۶/۲۵ \times N$  بدست می‌آید.

مقادیر درصد پروتئین خام از روش کج‌دال و الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی از روش Van Soest (۱۹۸۲) و با استفاده از دستگاه فایرتک اندازه‌گیری شد و مقادیر درصد هضم‌پذیری از فرمول پیشنهادی Oddy و همکاران (۱۹۸۳) مطابق رابطه ۵ و انرژی متابولیسمی (MJ/kgDM) از رابطه ارائه شده توسط کمیته استاندارد کشاورزی (۱۹۹۰) مطابق رابطه ۶ بدست آمد. مقادیر همبستگی ویژگی‌های گیاهی به‌روش آزمون

جدول ۳- مقادیر همبستگی ویژگی‌های گیاهی بر روش آزمون همبستگی پیرسون

	LAI	طول دوره گلدهی	وزن ۱۰۰۰ دانه بذر	قابلیت تثبیت ازت	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

### عوامل محیطی

همکاران، (۱۳۹۲) می‌باشند که این عوامل در تعیین روابط کلی بین متغیرهای محیطی و بایومس گیاهی استفاده گردید. برای بدست آوردن پارامترهای خاکی، در آزمایشگاه نمونه‌های خاک بعد از خشک شدن در هوای آزاد، کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند تا برای آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی آماده شوند. در آزمایشگاه، ۱۳ پارامتر خاکی چگالی ظاهری خاک (b.d)، درصد رس (Clay)، درصد سیلت (Silt)، درصد شن (Sand)، رطوبت اشباع (SP)، پتاسیم خاک (K)، فسفر خاک (P)، ازت خاک (N)، ماده آلی خاک (OC)، کربنات کلسیم (T.N.V)، اسیدیته خاک (pH)، رطوبت خاک (H) و هدایت الکتریکی

پارامترها و متغیرهای محیطی بکارگرفته شده در این مطالعه شامل چهار گروه محیطی اقلیمی، اداپتیکی، توپوگرافیکی و چرا می‌باشد که عوامل به‌تفکیک گروه بصورت، اقلیمی (تبخیر و تعرق پتانسیل، مقدار بارش و درجه حرارت)، عوامل اداپتیکی (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 (منصوری و

بدست آمد (دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب، ۱۳۷۸). به منظور تعیین پارامترهای اقلیمی از داده‌های موجود در ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه (جدول ۴) و روش میان‌یابی کریجینگ استفاده شد، همچنین در جهت بدست آوردن پارامترهای توپوگرافیکی شیب، جهت و ارتفاع از نقشه DEM منطقه با اندازه سلولی ۳۰×۳۰ استفاده شد.

(EC) بدست آمد. به طوری که درصد ذرات رس، سیلت و شن (بافت خاک) به روش هیدرومتری، اسیدپته خاک به روش الکترومتری، چگالی ظاهری خاک به روش سیلندر، رطوبت اشباع به روش وزنی، پتاسیم خاک به روش فیلم فتومتری، فسفر خاک به روش اولسن، ازت خاک به روش کجلدال، ماده آلی خاک به روش اسید سولفوریک سرد و غلیظ، کربنات کلسیم خاک به روش کلسیمتری، رطوبت خاک به روش وزنی و هدایت لکتریکی با دستگاه EC متر

جدول ۴- لیست ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
منج	۴۶۵۳۱۷	۳۴۸۸۸۰۸	۱۴۱۶
بارز	۴۴۴۰۴۲	۳۴۸۶۷۲۹	۹۷۰
سولگان	۵۲۲۱۴۳	۳۵۰۱۶۳۷	۲۱۵۹
ارمند	۴۸۰۰۰۱	۳۵۰۱۲۰۲	۱۲۹۵
مرغک	۴۴۸۲۰۳	۳۵۰۳۴۲۶	۹۴۹
لردگان	۴۸۰۷۹۸	۳۴۸۶۹۴۳	۱۵۸۲
شهرکرد	۴۸۸۲۷۴	۳۵۷۶۰۲۰	۲۰۵۸
بروجن	۵۲۶۱۸۱	۳۵۳۶۰۰۸	۲۲۴۵
دزک آباد	۴۳۶۴۲۴	۳۵۶۹۰۶۰	۲۲۶۱
چلگرد	۴۱۷۵۹۸	۳۵۹۱۶۲۲	۲۳۷۲
بره مرده	۴۵۸۹۹۶	۳۵۲۲۱۰۸	۲۳۲۴
دورک اناری	۴۷۴۳۴۵	۳۵۱۷۵۰۲	۱۴۷۴
سورشجان	۴۷۰۴۶۷	۳۵۷۵۷۴۲	۲۱۲۸
عباس آباد	۴۴۶۶۰۹	۳۵۴۵۹۵۴	۲۱۳۹
راستاب	۴۶۴۹۱۲	۳۵۶۴۵۵۶	۲۰۴۵
فردنبه	۵۱۹۳۳۵	۳۵۴۲۲۴۰	۲۱۸۶

توصیفات آماری پایه از متغیرهای محیطی در جدول ۵ خلاصه شده است.



جدول ۵- توصیفات آماری پایه از متغیرهای محیطی

متغیرها	تعداد	میانگین	S.D.	CV	حداقل	حداکثر
ارتفاع (m)	۵۴	۱۸۵۵/۰۶	۳۵۶/۲۷	۱۹/۲۱	۸۳۱	۲۴۳۷
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
اسیدیت	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 (mm)	۵۴	۵۸۳/۳۵	۱۳۳/۷۶	۲۲/۹۳	۲۵۳	۸۷۷
درجه حرارت (C)	۵۴	۱۴/۷۶	۳/۰۸	۲۰/۸۵	۱۱/۵۰	۲۱/۹۰
تبخیر و تعرق (mm)	۵۴	۲۲۵۹/۰۶	۲۴۶/۷۵	۱۰/۹۲	۱۷۸۸	۲۶۷۰
فاصله از سکونتگاه‌های روستایی و عشایری (km)	۵۴	۲/۳۶	۱/۵۶	۶۵/۹۶	۰/۵۰	۷/۲۰

## مقایسه تنوع عملکرد با خدمات اکوسیستمی

به منظور بررسی دقت شاخص تنوع عملکرد FAD2 در جوامع گیاهی مختلف، به مقایسه ارزش مقادیر بدست آمده از شاخص تنوع عملکرد FAD2 با بایومس گیاهی به عنوان یکی از مهمترین خدمات اکوسیستمی که دربرگیرنده بسیاری از خدمات اکوسیستمی مهم از قبیل تغذیه‌ای، حفاظتی و چشم انداز می‌باشد، پرداخته شد. اشاره می‌کند که مقدار تولید هریک از گونه‌ها در واحدهای نمونه برداری، به روش قطع و توزین و اندازه گیری مضاعف، برآورد شد و از ضریب تبیین برای آزمون مقادیر شاخص FAD2 و بایومس گیاهی

استفاده شد.

## انتخاب مدل

با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و به حالت Forward به تعیین روابط مدل‌های فرضی تولید بایومس گیاهی بوسیله شاخص تنوع عملکردی FAD2، ویژگی‌های گیاهی و پارامترهای محیطی شامل ادافیکتی، اقلیمی، توپوگرافیکی و شدت چرا (بصورت کمی بر اساس فاصله از محل سکونت عشایر و روستاییان) پرداخته شد و روابط هریک از مدل‌های فرضی بدست آمد. در نهایت به منظور انتخاب بهترین مدل فرضی برای پیش‌بینی تنوع عملکرد و

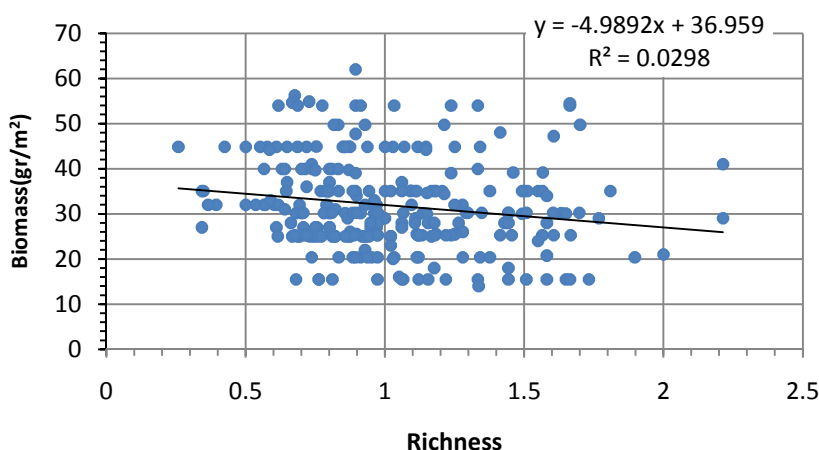
مقایسه غنای گونه‌ای و تنوع عملکرد FAD2 در جهت برآورد ...

بایومس گیاهی واحدهای نمونه‌برداری (مطابق نمودار ۱)، مشاهده شد که میزان ضریب همبستگی بین مقادیر شاخص تنوع عملکرد و بایومس گیاهی برابر ۰/۰۳ گردید که به حالت روند کاهشی با افزایش ارزش شاخص منهنیک (Menhinick's index) میزان بایومس گیاهی کاهش می‌یابد.

بایومس گیاهی، مقادیر ضریب همبستگی و معنی‌داری مدل به‌عنوان معیاری برای تصمیم‌گیری استفاده شد.

## نتایج

آزمون شاخص غنای گونه‌ای با بایومس گیاهی پس از آزمون مقادیر بدست آمده از غنای گونه‌ای با

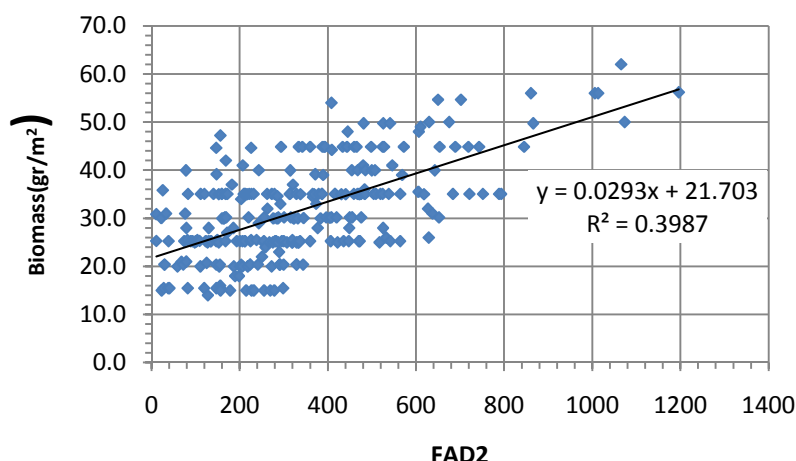


نمودار ۱- رابطه غنای گونه‌ای و بایومس گیاهی در واحدهای نمونه‌برداری

معنی‌داری در تجزیه واریانس رگرسیونی بین مقادیر شاخص تنوع عملکرد و بایومس گیاهی به ترتیب برابر ۰/۴ و کمتر از ۰/۰۱ بدست آمد که نشان‌دهنده وجود رابطه رگرسیونی خطی بین متغیر وابسته و متغیر مستقل در سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد و به حالت روند افزایشی با افزایش ارزش شاخص FAD2 میزان بایومس گیاهی نیز افزایش می‌یابد.

## آزمون شاخص FAD2 با بایومس گیاهی

پس از تعیین مقادیر شاخص تنوع عملکرد FAD2 بر اساس ویژگی‌های عملکردی در واحدها و سایت‌های نمونه‌برداری، به‌منظور آزمون مقادیر شاخص تنوع عملکرد با بایومس گیاهی به‌عنوان خدمات اکوسیستمی مورد مطالعه در این تحقیق از ضریب همبستگی و تجزیه واریانس استفاده شد. مطابق نتایج نمودار ۲ میزان ضریب همبستگی و



نمودار ۲- رابطه شاخص تنوع عملکرد FAD2 و بایومس گیاهی در واحدهای نمونه برداری

حاصل می‌توان گفت که از بین مدل‌های فرضی مدل تلفیقی پارامترهای غیرزنده، ویژگی‌های گیاهی و شاخص FAD2 با دربرگیری حدود ۷۵ درصد از تغییرات تولید بایومس گیاهی و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد به‌عنوان مدل مناسب برای پیش‌بینی تنوع عملکرد به حساب می‌آید. لازم بذکر است که تمام مدل‌های فرضی در سطح خطای ۱ درصد ( $\text{Sig} < 0.01$ ) معنی‌دار هستند.

#### تأثیرات مدل‌های فرضی

به‌منظور پیش‌بینی مدل تنوع عملکرد اقدام به ساخت مدل‌های فرضی بر اساس مقدار شاخص تنوع عملکرد FAD2، پارامترهای محیطی (غیر زنده) و ویژگی‌های گیاهی گردید. متغیرهای محیطی پیش‌بینی‌گر به چهار گروه اصلی شامل اقلیمی، توپوگرافیکی، ادافیکی و چرا تقسیم گردید و مدل‌های فرضی مطابق جدول ۶ ساخته شد. بر اساس نتایج

جدول ۶- روابط مدل‌ها با معنی‌داری و مقدار توجیه درصد تغییرات بایومس گیاهی در مدل‌های فرضی

مدل‌ها	معادله	R <sup>2</sup>	Sig
چرا + ادافیکی	$Y = 27/4 + (164/1 \times N) - (0/016 \times K)$	0/315	0/000
چرا + توپوگرافیکی	-	-	-
اقلیمی + چرا	$Y = 26/2 + (0/27 \times Pr) - (0/66 \times T)$	0/347	0/000
غیرزنده (ادافیکی + توپوگرافیکی + اقلیمی + چرا)	$Y = 26/8 + (0/024 \times Pr) - (0/75 \times T) + (138/5 \times N) - (0/019 \times K)$	0/601	0/000
FAD2 تنوع عملکردی	$Y = 21/7 + (0/029 \times FAD2)$	0/406	0/000
ویژگی‌های گیاهی	$Y = 22/05 + (0/99 \times \text{Long Leaf})$	0/134	0/006
FAD2 غیرزنده +	$Y = 11/86 + (0/028 \times FAD2) - (0/018 \times Pr)$	0/516	0/000
غیرزنده + ویژگی‌های گیاهی	$Y = 30/97 + (0/024 \times Pr) - (0/048 \times ADF) + (72/6 \times N)$	0/568	0/000
غیرزنده + ویژگی‌های گیاهی + FAD2 +	$Y = 7/73 + (0/025 \times FAD2) + (0/023 \times Pr) + (1/08 \times \text{Long Leaf}) - (0/24 \times \text{Height SP})$	0/741	0/000

## بحث

عملکرد اکوسیستمی به صورت نقش گونه‌های مختلف در حفظ فرایندهای اکوسیستمی بیان می‌گردد. به طوری که، تغییرات در ترکیب و فراوانی نسبی گونه‌ای نشان‌دهنده تأثیرپذیری مستقیم ساختار اکوسیستم در شرایط پویایی جامعه می‌باشد. خدمات اکوسیستمی از قبیل بایومس گیاهی به ویژگی‌های اکوسیستمی وابسته بوده که به نوبه خود بوسیله عملکردها و فرایندهای اکوسیستمی تعیین می‌گردد (Díaz *et al.* 2007a).

نتایج حاصل از این مطالعه مطابق نمودار ۱ نشان‌دهنده عدم وجود همبستگی بالا میان غنای عملکردی و بایومس گیاهی (ضریب تبیین ۰/۰۳) می‌باشد. به طوری که، به حالت روند کاهشی با افزایش ارزش شاخص منهنیک، میزان بایومس گیاهی نیز کاهش می‌یابد. این نتایج می‌تواند به علت حضور گونه‌هایی با غنای بسیار کم در بررسی‌ها باشد که با افزایش تعداد گونه‌ها در واحدهای نمونه برداری موجب کاهش تأثیر فراوانی گونه‌ای در محاسبه غنای گونه‌ای شده و سبب می‌گردد که نتایج خروجی به شدت تحت تأثیر تعداد گونه‌ها قرار گرفته و برآورد صحیحی از عملکرد اکوسیستم ارائه ندهد. برخی مطالعات از قبیل (Schmacher & Mouillot *et al.*, 2011; Hooper *et al.*, Roscher, 2009; 2005) نیز بر عدم وجود رابطه معنی‌دار غنای گونه‌ای با بایومس گیاهی تأکید دارند. از این رو روش‌های جدیدتر تعیین تنوع که بر ویژگی‌های گیاهان تأکید دارند، مطابق بسیاری از مطالعات انجام شده در زمینه خدمات اکوسیستمی مختلف، قادر به برآورد مناسب‌تر خدمات اکوسیستمی از قبیل بایومس گیاهی می‌باشند. در این مطالعه با استفاده از روش تنوع عملکردی FAD2 و ساخت مدل‌های فرضی بر اساس ویژگی‌های زنده و غیرزنده، اقدام به برآورد بایومس گیاهی شد.

مطابق نتایج حاصل از جدول ۶ نتیجه‌گیری می‌شود که فاکتورهای غیرزنده (Abiotic) درصد قابل توجهی از تغییرات بایومس گیاهی را توجیه می‌کنند، به طوری که از عوامل ادافیک، 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 بایومس گیاهی را توجیه می‌کنند. نتایج حاصل از این مطالعه در زمینه عوامل ادافیک مطابق نتایج حاصل از مطالعات (Schumacher & Roscher و Díaz & Lavorel 2007) می‌باشد. به طوری که نیتروژن خاک به عنوان عامل اصلی در پیش‌بینی بایومس گیاهی به شمار می‌آید. لازم بذکر است که هیچ یک از عوامل توپوگرافی درصد قابل توجهی از تغییرات بایومس گیاهی را توجیه نمی‌کنند. ترکیب تمام فاکتورهای محیطی که شامل پارامترهای بارش، درجه حرارت، نیتروژن و پتاسیم خاک می‌گردد، حدود ۶۰ درصد از تغییرات بایومس گیاهی را توجیه می‌کنند. در مطالعه فاکتورهای زنده (Biotic)، مطابق جدول ۶ مشاهده می‌گردد که از بین ویژگی‌های گیاهی، عامل طول برگ حدود ۱۴ درصد و شاخص تنوع عملکرد FAD2 حدود ۴۰ درصد از تغییرات بایومس گیاهی را توجیه می‌کنند. به طوری که، به حالت روند افزایشی با افزایش ارزش شاخص FAD2، میزان بایومس گیاهی نیز افزایش می‌یابد.

مطابق مطالعات Roscher و Schmacher (۲۰۰۹)، تلفیق فاکتورهای زنده و غیرزنده قادر به توجیه درصد قابل توجهی از تغییرات واریانس تنوع عملکرد بایومس گیاهی می‌باشد و به عنوان مناسبترین مدل‌های تنوع عملکرد بایومس گیاهی به شمار می‌آیند. نتایج حاصل از این مطالعه نیز مطابق جدول ۶ نشان می‌دهد که تلفیق عوامل غیرزنده (اقلیمی، توپوگرافیک، ادافیک، چرا)، ویژگی‌های عملکردی و شاخص FAD2 حدود ۷۵ درصد از تغییرات بایومس گیاهی را به خود اختصاص می‌دهند که شامل متغیرهای بارش، ارتفاع گیاه، طول برگ و شاخص FAD2 می‌باشد. این مدل فرضی تلفیقی در سطح معنی‌داری یک درصد ( $Sig < 0/01$ ) با توجه به توجیه قابل توجهی از تغییرات تنوع عملکرد بایومس گیاهی می‌تواند به عنوان مدلی مناسب در جهت پیش‌بینی بایومس گیاهی به شمار یابد.

استفاده از فاکتورهای غیرزنده و زنده (ویژگی‌های گیاهی + شاخص FAD2) در پیش‌بینی بایومس گیاهی و

- and Applied Ecology. 14(3): 208–216.
- Conti, G. and 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 and Poorter, H., 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51:335–380.
- CSIRO., 1990. Feeding standards for Australian livestock: ruminants. Standing Committee on Agriculture and Resource Management. Ruminants sub-committee. Melbourne, 266p.
- Diaz, S and Cabido ,M., 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(11):646–655.
- Díaz, S., Lavorel, S ., De Bello, F ., Quétier, F., Grigulis, K and Robson, M., 2007(a). Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 104:20684–20689.
- Diaz, S., Lavorel, S., Stuart Chapin , F., Tecco P. A., Gurvich D. E and Grigulist, K., 2007(b). Functional diversity-at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. 81-91. In: Canadell, J. G, Pataki, D.E, Pitelka, L. F. (Eds.) *Terrestrial ecosystems in a changing world*.
- Faghih, A. R., Ebadi, R., Nazerian, H. and Noroozi, M., 2005. Determination of attractiveness of different plants for honey bees in Khansar and Faridan Regions of Isfahan Province. *Iranian Journal of Agriculture Sciences*, 36(3): 521-536.
- Garibvand, H., Dianati, G., Mesdagi, M and Shirmardi, H., 2008. Comparison forage quality of two species *Echinophora platyloba* and *Camphorosma monspeliaca* in charmahale bakhtiyari. *Journal of Rangeland*, 2(2):151-161.
- 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 and Laurent, G., 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology*, 15:688–695
- 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 and Wardle, D. A., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol*
- مقایسه میان جوامع گیاهی می‌تواند روشی مناسب و استاندارد به حساب آید، به طوری که با بکارگیری از تعدادی پارامترهای محیطی و ویژگی‌های گیاهی امکان توجیه درصد قابل توجهی از تغییرات بایومس گیاهی امکان پذیر شده و قابلیت پیش‌بینی زمانی و مکانی بایومس گیاهی از طریق پیش‌بینی پارامترهای مؤثر متغیر در زمان و مکان فراهم می‌گردد. همچنین، روش‌های غنای گونه‌ای در پیش‌بینی بایومس گیاهی به‌علت وجود همبستگی بسیار پایین توصیه نمی‌گردد. با توجه به توجیه قابل توجهی از تغییرات بوسیله فاکتورهای زنده (Biotic) و غیر زنده (Abiotic)، پیشنهاد می‌گردد که از مدل‌های تلفیقی در جهت پیش‌بینی بایومس گیاهی استفاده شود.

#### منابع مورد استفاده

- Almeida-Cortez, J. S., Shipley, B. and Arnsen, J. T., 1999. Do plant species with high relative growth rates have poorer chemical defences. *Functional Ecology*, 13(6):819–827.
- AOAC., 1990. Official Method of Analysis. 15th Edn., Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, DC., USA.
- 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., Basiri, M., Khatibi, F and Ghorbani, G., 2006. Nutritive value of some Zagros Mountain rangeland species. *Small Ruminant Research*, 65: 128–135.
- Arzani, H., Motamedi, J., Yegane., H and Shirmardi, H., 2014. Forage quality of range species in semi-steppe rangelands of Karsank, Chaharmahal-o-Bakhtiari. *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 21(2): 221-233.
- Arzani, H., Sahragard, P., Torkan, J. and 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. and 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*, 101:9–17.
- Chanteloup, P and Bonis, A., 2013. Functional diversity in root and above-ground traits in a fertile grassland shows a detrimental effect on productivity. *Basic*

- university Publication, 702p.
- Motamedi, J., Arzani, H., Sheidaye, E and Alijanpour, A., 2013. Forage quality of 25 important species from summer rangelands of Nazlo Chai Basin in Urmia. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20(4): 653-663.
- Mouillot, D., Villéger, S., Scherer-Lorenzen, M. and Mason, N. W. H., 2011. Functional structure of biological communities predicts ecosystem multifunctionality. *PLOS ONE*, 6(3):1-9.
- Niromand, E., Jami, M. and Zamani, G., 2012. Responses of quality *Lathyrus sativus* L. in Birjand. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9(4): 678-684.
- Oddy, V. H., Robards, G. E. and Low, S. G., 1983. Prediction of in vivo dry matter digestibility from the fiber nitrogen content of a feed. 395-398. In *Feed Information and Animal Production*, (Eds.) Robards, G. E., and Pakham, R.G., Commonwealth Agricultural Bureaux, Australia.
- Pla, L., Casanoves, F. and Rienzo, J. D., 2012. Quantifying functional biodiversity. ISBN, 978-94-007-2647-5.
- Raofi, V., Ebrahimi, A., Arzani, H. and shojaee, Z., 2013. Investigation on relationship between palatability and Forage quality in some of rangeland plants (Case study: Karsanak rangelands of Chaharmahal-va-Bakhtiari Province). *Journal of watershed management and rangeland*, 66(1); 111-120.
- Schumacher, J., Roscher, C., 2009. Differential effects of functional traits on aboveground biomass in semi-natural grasslands. *Oikos*, 118: 1659\_1668.
- Tagavizad, R., Majd, A., Nazarian, H. and Mehrabian, S., 2007. Survey of the attractive characters of the nectar and pollen plants for honeybee in Sirachal region, Tehran Province. *Pajouhesh & Sazandegi*, 74: 41-52.
- Van Soest, P. J., 1982. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, 488.
- 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.
- Monogr 75:3-35
- Hu, Y., Li, K., Gong, H and Yin.W., 2009. Plant diversity-productivity patterns in the alpine steppe environment. *Journal of arid land*, 1(1):43-48.
- Jafari, A., Yavari, A., Yarali, N. and Valipour, G., 2010. Assesment to dominet to conservation networks with plant diversity emphases. *Journal of Environmental Studies*, 54:77-88.
- Jamshidi, S. and Ahmadifard, S., 2011. Estimating seed bank of weed in wheat-wheat and wheat-fallow rotations in rainfed winter wheat farms. *International Conference on Asia Agriculture and Animal. IPCBEE*, 13:126-130.
- Jangjo, M., Khajee, H., Anvarkhan, S and Sanjni, S., 2013. Seed germination and dormancy tests of some rangeland species of Northern Khorasan province, Iran. *International Journal of Agriculture Crop Sciences*, 5(1): 21-29.
- Lavorel, S., Diaz, S., Cornelissen, J. H, Garnier, E., Harrison, S. P., McIntyre, S., Pausas, J., Pérez, N., Roumet, C. and Urcelay, C., 2007. Plant functional types: Are we getting any closer to the Holy Grail.. *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. 149-164.
- Lavorel, S., Grigulis, K., Lamarque, P., Colace, M. P., Garden, D., Girel, J., Pellet, G and Douzet, R., 2011. Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services. *Journal of Ecology*, 99: 135-147.
- 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.7-45.
- Mansori, Z., Tarhmasebi, P., Saeedfa, M and Shirmardi, H., 2013. Response plant diversity functional diversity to animal grazing in rainfall gradient. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 1(3): 91-104.
- Mazandarani, M., Kassaei, M and Rezaee, B., 1383. Medicinal plants in Ziarat Mountain Gorgan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 20:40-58.
- Mogadam, M., 2005. *Ecology of plants* . Tehran

## Comparison of species richness and FAD2 functional diversity in order to estimate the biomass production in the Central Zagros

Goharnejad<sup>1\*</sup>, P. Tahmasebi<sup>2</sup>, E. Asadi<sup>2</sup> and J. Moetamedi<sup>3</sup>

1\*-Corresponding author, Ph.D. Student in Range Management, Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Sharekord University, Iran, Email: [goharnejad.a@gmail.com](mailto:goharnejad.a@gmail.com)

2-Associate Professor, Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Sharekord University, Iran

3-Associate Professor, Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received:1/18/2015

Accepted:9/6/2015

### Abstract

In contrast to the taxonomic biodiversity, based only on the relative abundance of species in the community, functional diversity summarizes various aspects of the biological composition and, hence, the role of populations in the community. Functional diversity may be linked directly to the ecosystem services; the plant biomass encompasses many ecosystem services such as food supply, conservation, tourism, and pollination. In this study, we tested several hypotheses (1) existence of a close relationship between species richness and plant biomass (2) existence of a close relationship between FAD2 (Functional Diversity index) and plant biomass (3) explaining the high percentage of plant biomass variations. The results showed that the species richness in order to predict the plant biomass with a correlation coefficient equal to three does not count as a proper indicator. However, the correlation coefficient of FAD2 Functional Diversity with plant biomass was about 0.4, which is relatively good indicator to estimate the plant biomass because of explaining a significant percentage of the biomass variations. Finally, our results clearly showed that the incorporation of abiotic factors, plant traits and functional diversity (FAD2), containing the parameters of rainfall, leaf length, plant height and FAD2 index, could explain 75% of plant biomass variations and was considered as the most appropriate model predicts plant biomass.

**Keywords:** Functional diversity, plant biomass, environmental factors, FAD2 index, Central Zagros.