



تنوع گونه‌های گیاهی علفی و چوبی در رابطه با موقعیت‌های مختلف فیزیوگرافی با استفاده از شاخص‌های عددی و غیرعددی در جنگل‌های کوهستانی زاگرس

جواد چراغی^۱, مهدی حیدری^۲, رضا امیدی پور^۳ و مجید میراب بالو^۴

- ^۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
^۲- استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، (نویسنده مسؤول: m.heidari@ilam.ac.ir)
^۳- مری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و زمین شناسی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
^۴- استادیار، گروه گیاه‌پژوهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
 تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۲۶
 تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۶

چکیده

شاخص‌های عددی و شاخص‌های غیرعددی دو گروه از مهم‌ترین و پرکاربردترین شاخص‌های ارزیابی تنوع زیستی در جوامع مختلف هستند. با این وجود کارایی و انتخاب آنها در بوم‌سازگان‌های مختلف همواره یکی از مباحث چالش برانگیز بوم‌شناسی بوده است. در این مطالعه، شاخص‌های عددی تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای و نیز مدل‌های توزیع فراوانی-رتبه تنوع گونه‌ای شامل عصای شکسته، لوگ نرمال، سری لگاریتمی و سری هندسی به عنوان شاخص‌های پارامتریک به تفکیک برای گونه‌های علفی و چوبی در شرایط فیزیوگرافی مختلف بوم‌سازگان جنگلی زاگرس محاسبه شد. نتایج نشان داد که از نظر شاخص‌های عددی تنوع بین موقعیت‌های مختلف فیزیوگرافی تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به طوریکه تنوع شانون وینر و غنای مارگالف گونه‌های علفی در جهت شمالی روند مشابهی داشته و بیشترین مقدار این شاخص‌ها در شیب ۲۵-۰ درصد بود و مقدار آنها با افزایش شبیه کاهش یافت. در مقابل، تنوع و غنای گونه‌های چوبی در جهت جنوبی و در شبیب بیش از ۵۰ درصد بیشترین بود. نتایج نشان داد که در تمامی موقعیت‌ها، توزیع فراوانی گونه‌های علفی بیشتر از مدل سری هندسی که نشان دهنده جوامع با تنوع پایین و شکننده است. در مورد توزیع گونه‌های چوبی نتایج نشان داد که مدل سری هندسی و عصای شکسته به ترتیب برای جهت دامنه شمالی و جنوبی بهترین مدل بودند.

واژه‌های کلیدی: مدل سری هندسی، شاخص شانون وینر، بلوط، زاگرس

مقدمه

زنده و غیرزنده دستخوش تغییر می‌شود (۶۰). در نواحی کوهستانی، پراکنش و توزیع گونه‌ها بیشتر تحت تأثیر عوامل توپوگرافی است که خود عامل تغییر در خرد اقیمه و خصوصیات ادaffیکی می‌باشد (۲۰). فیزیوگرافی در مناطق مختلف کوهستانی از عوامل مؤثر بر تنوع گونه‌های گیاهی قلمداد شده است هرچند، میزان اثرگذاری هر یک از مؤلفه‌های آن در مناطق مختلف متفاوت بوده است (۷، ۳۰، ۳۳، ۳۶، ۴۹). تاکنون روش‌های متعددی برای این ارزیابی‌ها تنوع زیستی با توجه به مسائلی مانند دقت، هزینه و زمان مورد نیاز در برآوردهای میدانی پیشنهاد شده است (۸، ۲۱). دو گروه عمده از این شاخص‌ها شامل شاخص‌های عددی (از قبیل شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی) و شاخص‌های غیرعددی (از قبیل مدل توزیع فراوانی گونه‌ای مثل سری هندسی و عصای شکسته) می‌باشد که هر دو دارای مزايا و معایي مختص به خود می‌باشند. از مشکلات اساسی شاخص‌های عددی اینست که هر کدام از آنها در مورد گروه‌های خاص از گونه‌ها کاربرد دارند (۱۰)، بطوريکه شاخص سیمپسون (۵۲) برای گونه‌های کمیاب اهمیت بیشتری قائل است. اين مسئله باعث ایجاد مشکلاتی در هنگام تفسیرهای بوم‌شناسی تنوع زیستی می‌گردد. یکی از راهکارها برای حل این مشکل، استفاده از شاخص‌های غیرعددی است (۲۶). این روش‌ها دو جامعه را به صورت گرافیکی با یکدیگر مقایسه می‌کنند (۳۸). تاکنون روش مدل‌سازی توزیع گونه‌ها به طور گستردگی برای پاسخ به سؤالات مربوط به محیط‌زیست،

مطالعه و بررسی تنوع زیستی گونه‌ای گیاهی در مطالعات بوم‌شناسی از اهمیت بالایی برخوردار است و جایگاه و نقش پوشش گیاهی و رستنی‌های یک منطقه به عنوان عامل مؤثر بر شرایط زیست محیطی، سبب می‌شود که اطلاعات دقیق و جامعی از آن تهیه گردد. تنوع گیاهی یا تعداد گونه در واحد سطح منطقه، از ویژگی‌های مهم جوامع گیاهی است که انعکاس‌دهنده میزان غنای گونه‌ای و فورنوسی گونه‌های جامعه بوده و بررسی وضعیت آن از ضروریات شناخت تنوع‌زیستی و شرایط روشنی می‌باشد (۳۱)، شناختی که می‌تواند نشان‌دهنده میزان سلامت سیستم‌های بوم‌شناسی در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی و تضمین‌کننده پایداری آنها در مقابل تغییرات مختلف زیستمحیطی باشد و به حفاظت بهتر و استفاده اصولی‌تر از این منابع منجر شود (۱۸، ۲۵). عوامل مختلف تهدیدکننده تنوع‌زیستی کره زمین نظیر کاهش روزافزون و سعت زیستگاه‌ها، افزایش آسیب به موجودات زنده با تخریب‌های انسانی و اثرات جهانی تغییرات آب و هوا، نشان‌دهنده اهمیت بالای تنوع‌زیستی در سراسر جهان می‌باشد (۵۶، ۲۹). از جنبه‌های مهم حفاظت از بوم‌سازگان‌های طبیعی و تنوع‌زیستی آنها، درک نحوه تأثیر عوامل محیطی همچون توپوگرافی و مؤلفه‌های آن از قبیل شب، جهت دامنه و ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌های گیاهی است که می‌تواند تأثیر بسزائی در شناخت نحوه اثر آنها بر پراکنش گیاهان هر منطقه داشته باشد (۲۳، ۴). شناختی که می‌تواند نشان دهد چگونه ساختار جامعه با فشارهای محیطی

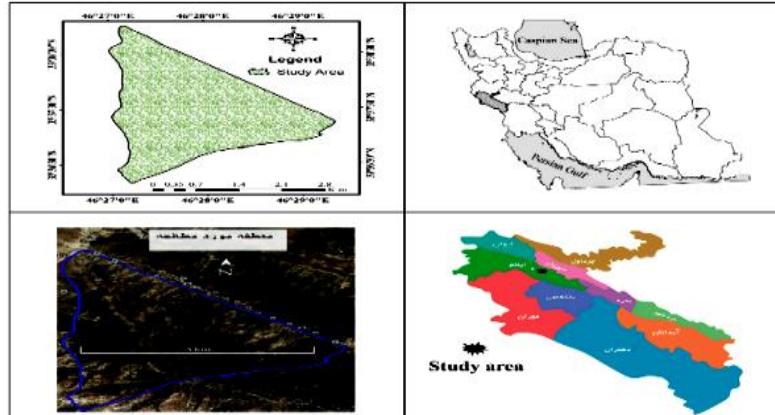
فیزیوگرافی بر شاخص‌های عددی تنوع گیاهی و شاخص‌های غیرعددی در این ناحیه مطالعات بسیار محدود بوده است. هدف از این تحقیق بررسی تنوع گونه‌های گیاهی علفی و چوبی در شرایط فیزیوگرافی مختلف با استفاده از شاخص‌های عددی و غیر عددی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رویشگاه مورد مطالعه با مساحت ۱۱۰۰ هکتار با گونه غالب درختان بلوط (*Quercus brantii Lindl.*) در منطقه کوهستانی و جنگلی شلیم واقع شده است که بخشی از منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ، در شهرستان ایلام است. این منطقه در طول جغرافیایی $26^{\circ} ۴۶' \text{ E}$ ، $۳۶^{\circ} ۲۸' \text{ N}$ و عرض جغرافیایی $۳۶^{\circ} ۳۷' \text{ N}$ تا $۳۳^{\circ} ۳۳' \text{ N}$ شمالی و ارتفاع از سطح دریای ۱۵۰۰ تا ۲۱۵۰ متر و با دو جهت غالب دامنه شمالی و جنوبی واقع شده است (شکل ۱). رژیم بارندگی منطقه مورد مطالعه مدیترانه‌ای و میانگین بارندگی سالیانه محدوده منطقه حفاظت شده مانشت قلارنگ، بر اساس نقشه خطوط همباران سالیانه، معادل 632 میلی‌متر محاسبه شده است. میانگین بیشینه دمای منطقه $18/4$ درجه سانتی‌گراد، میانگین کمینه دمای منطقه $0/6$ درجه سانتی‌گراد و متوسط ایام یخbandان 42 روز در سال است. کمینه و بیشینه مطلق دما به ترتیب -15 و 47 درجه سانتی‌گراد است (۳۲).

زیست‌شناسی و حفاظت گونه‌ها در مقیاس جهانی و منطقه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است (۹). بطور مثال مدل سری هندسی نشان‌دهنده جوامعی با تعداد کمی از گونه‌ها است که می‌تواند به علت شرایط بوم‌شناسی سخت حاکم بر آنها و یا به علت واقع بودن در مراحل اولیه توالی باشد که در آن مراحل اکثر گونه‌ها نایاب غ بوده و تعداد کمی از آنها توانایی استقرار در در حالیکه غالبية مدل سری لگاریتمی نشان‌دهنده جوامعی است که در آن یک عامل محیطی غالب، فراوانی گونه‌ها را کنترل می‌کند و معمولاً این جوامع تعداد نسبتاً کمی گونه دارند. همچنین مدل لوگ نرمال بر یک جامعه بیانگر جوامع طبیعی، گستردگی، متنوع، بالغ و با غنای گونه‌ای و ثبات بالا و نهایتاً غالبية مدل عصای شکسته مک آرتور نشان‌دهنده توزیع متعادل‌تر منابع در بین گونه‌های جامعه می‌باشد (۲۵، ۲۶، ۴۴). با توجه به لزوم حفاظت از تنوع زیستی و به منظور توصیف و مقایسه وضعیت اکولوژیک اکوسیستم‌ها، بررسی آنها با استفاده از شاخص‌های مختلف تنوع در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در مورد عرصه‌های منابع طبیعی بسیار مهم است (۲۲، ۴). در بوم‌سازگان‌های جنگلی و مرتعی رشته کوه‌های زاگرس در غرب ایران در زمینه اقدامات مدیریتی مانند حفاظت و نیز عدم حفاظت (۱۸)، پایش سابقه اختلالات و تخریب رویشگاه (۱۹، ۴۶) و اثر عوامل فیزیوگرافی (۳۵) با استفاده از شاخص‌های عددی تنوع مطالعاتی انجام شده است ولی در زمینه بررسی تأثیر عوامل



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد پژوهش
Figure 1. Location of the research area

طول 100 متر، عمود بر جهت شیب (برای کاهش تغییرات پوشش گیاهی در طول ترانسکت‌ها) پیاده گردید. بر روی هر ترانسکت به فاصله هر 20 متر یک 5 قطعه نمونه 2×2 متر انتخاب گردید. نمونه‌های موردنیاز برای بررسی پوشش گیاهی از هر 5 قطعه نمونه و برای گونه‌های درختی و درختچه‌ای در قطعه نمونه‌های با ابعاد 20×20 متر از نقاط ابتداء، وسط و انتهای هر ترانسکت برداشت و شناسایی شد. در مجموع در دو دامنه از هر طبقه ارتفاعی تعداد 90 قطعه نمونه (270 سه شیب مختلف (کمتر از 25 درصد، $50-25$ درصد و بیش از 50 درصد) تعیین و سپس در هر کلاس شیب، سه نقطه به صورت تصادفی مشخص شد. در هر نقطه یک ترانسکت به

جمع‌آوری داده‌ها

نمونه‌برداری در بهار سال ۱۳۹۵ مطابق با اوج رویش گیاهان در منطقه مورد مطالعه انجام شد. به این منظور پس از بازدید از منطقه مورد مطالعه، براساس تغییرات پوشش گیاهی، طبقات ارتفاعی (پایین‌بند، میان‌بند و بالا‌بند) در طول گردایان ارتفاعی (1500 تا 2150 متر) تعیین شد. در دو جهت غالب این منطقه کوهستانی (شمالی و جنوبی)، در هر طبقه ارتفاعی سه شیب مختلف (کمتر از 25 درصد، $50-25$ درصد و بیش از 50 درصد) تعیین و سپس در هر کلاس شیب، سه نقطه به صورت تصادفی مشخص شد. در هر نقطه یک ترانسکت به

مدل، از آزمون کای‌اسکور در نرم‌افزار 3.04 var. PAST استفاده گردید. آزمون کای‌اسکور برای ارزیابی ارتباط بین فراوانی گونه‌های دیده شده و فراوانی قابل انتظار در هریک از طبقات به کار می‌رود و اگر p محاسبه شده بیشتر از 0.05 باشد (معنی‌دار نباشد) اختلافی بین الگوی مشاهدهای و الگوی مدل نبوده و بنابراین داده‌ها از آن مدل پیروی می‌کنند.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که ۱۲۹ گونه، از ۱۰۱ جنس و ۳۴ خانواده در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. خانواده‌های Poaceae با ۲۰ گونه، Papilionaceae با ۱۸ گونه، Asteraceae با ۱۵ گونه، Lamiaceae با ۱۲ گونه، به ترتیب $13/95$, $15/5$, $11/62$ و $9/30$ درصد، بیشترین تعداد گونه‌ها را به خود اختصاص دادند که در مجموع میزان $50/37$ درصد، از کل گونه‌های شناسایی شده درمنطقه را شامل می‌گردد که از این نظر جزو مهم‌ترین خانواده‌های موجود در این منطقه به حساب می‌آیند.

شاخص‌های عددی تنوع گیاهی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های تنوع گیاهی علفی، شاخص‌های تنوع شانون وینر و غنای مارگالف بطور معنی‌داری ($0.05 < p$) تحت تأثیر شیب، جهت دامنه، ارتفاع از سطح دریا و اثر متقابل آنها قرار گرفته است. از طرفی یکنواختی به طور معنی‌داری تحت تأثیر جهت دامنه، ارتفاع از سطح دریا و اثر متقابل آنها قرار گرفته است. در مورد گونه‌های چوبی، شاخص‌های تنوع، غنای و یکنواختی به طور معنی‌داری تحت تأثیر جهت دامنه، شیب و ارتفاع از سطح دریا و نیز اثر متقابل آنها قرار گرفتند (جدول ۱).

طبقه ارتفاعی) به منظور بررسی و شناسایی گونه‌های چوبی (درختی و درختچه‌ای) تعیین شد. گونه‌ها با استفاده از فلور ایرانیکا (۴۷)، فلور استان ایلام (۳۹) و نمونه‌های هرباریوم دانشگاه ایلام مورد شناسایی دقیق قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری

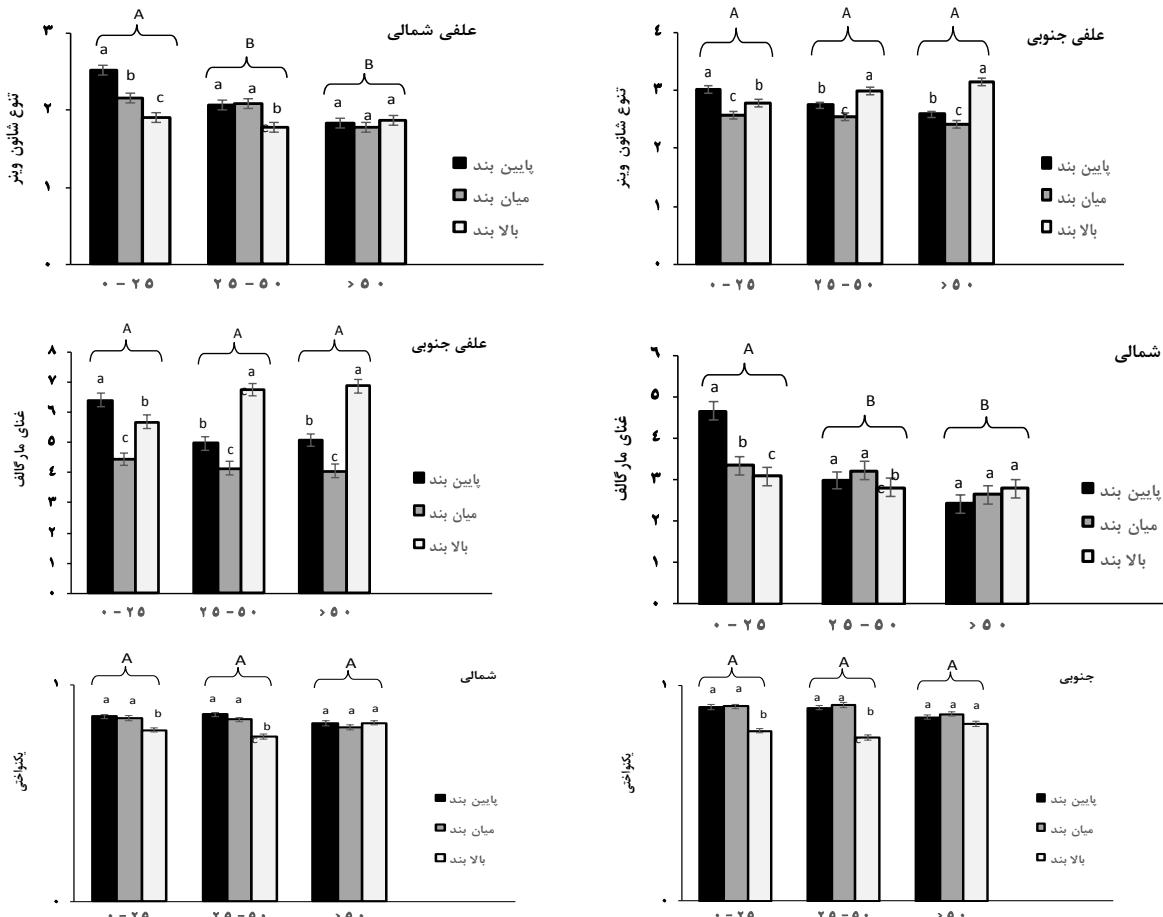
برای اندازه‌گیری تنوع، از شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع از شاخص‌های شانون وینر، غنای مارگالف و یکنواختی پایلو استفاده شد. این شاخص‌ها در نرم‌افزار Ecological methodology نسخه ۷/۱۲ محاسبه شدن. نرمال بودن و همگنی داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و لون بررسی شد و در صورت نیاز (داده‌های غیرنرمال)، از تبدیل‌های مرسوم از قبیل لوگاریتم استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها به منظور بررسی اثر ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت دامنه و اثر متقابل آنها بر تنوع، غنا و یکنواختی تنوع گیاهی، از آزمون تجزیه واریانس چند طرفه (GLM) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. همچنین مقایسه شاخص‌های تنوع بین گونه‌های گیاهی (علفی و چوبی) و در هر کدام از موقعیت‌ها با استفاده از آزمون α مستقل انجام شد. در این مطالعه علاوه بر شاخص‌های عددی تنوع، مدل‌های توزیع فراوانی-رتبه تنوع گونه‌ای (شاخص‌های پارامتریک) شامل عصای شکسته، سری لگاریتمی و سری هندسی استفاده گردید. به منظور بررسی تطابق بین الگوی پراکنش گونه‌ای در هر منطقه با مدل‌های مورد استفاده، ابتدا فراوانی هر گونه تعیین و پس از مرتب کردن (رتبه‌بندی) داده بر اساس فراوانی (از زیاد به کم) نمودار توزیع فراوانی گونه‌ای هر منطقه ایجاد شد. بر اساس داده‌های فراوانی واقعی، فراوانی هر گونه بر اساس مدل‌های پارامتریک نیز ایجاد شدند (۳۸). در نهایت برای بررسی تطابق بین فراوانی گونه‌ای واقعی و فراوانی ایجاد شده توسط هر

جدول ۱- تأثیر جهت دامنه، ارتفاع از سطح دریا، شیب و اثر متقابل آنها بر تنوع شانون وینر، غنای مارگالف و یکنواختی پایلو برای گونه‌های علفی و چوبی

Table 1. Effect of aspect, elevation, slope and their interaction on Shannon Wiener diversity, Margalaf richness and Pielou evenness for herbaceous and woody species

گونه‌های علفی							
یکنواختی	غنای مارگالف			تنوع شانون وینر			منبع تغییرات
سطح معنی‌داری	F	سطح معنی‌داری	F	سطح معنی‌داری	F	سطح معنی‌داری	
...	۲۱۳/۷۴۳	...	۵۰۰/۴۰۸	...	۶۵۸/۸۵۴		جهت دامنه
۰/۰۸	۳/۰۷۷	...	۳۶/۸۹۷	...	۱۶/۵۰۰		ارتفاع از سطح دریا
۰/۱۳۲	۲/۰۳۸	...	۱۳/۵۷۷	...	۱۸/۷۵۱		شیب
...	۲۱/۴۹۱	...	۴۶/۶۹۳	...	۳۹/۷۶۳		جهت × ارتفاع
۰/۶۹۳	۰/۲۶۹	...	۶/۵۳۵	...	۷/۵۴۷		جهت × شیب
...	۱۵/۳۷۱	...	۱۶/۲۸۶	...	۱۷/۵۲۲		ارتفاع × شیب
۰/۶۴۱	۰/۶۳۰	...	۱/۸۵۳	...	۰/۶۳۸		جهت × ارتفاع × شیب
گونه‌های چوبی							
...	۱۷۸/۰۹۰	...	۲۷/۹۶۱	...	۱۱۹/۲۰۷		جهت دامنه
...	۲۱/۵۶۷	...	۲۴/۳۲۴	...	۴۶/۱۲۶		ارتفاع از سطح دریا
...	۱۲/۷۵۹	...	۱۱/۳۳۳	...	۱۴/۷۰۹		شیب
...	۲۴/۴۶۱	...	۰/۹۴۲	...	۵/۶۳۷		جهت × ارتفاع
...	۱۳/۸۳۴	...	۲۴/۳۴۲	...	۲۸/۹۳۰		جهت × شیب
۰/۲۶۱	۱/۳۳۱	...	۵/۲۸۷	...	۶/۲۹۶		ارتفاع × شیب
...	۶/۸۲۷	...	۶/۶۶۶	...	۱۴/۱۱۲		جهت × ارتفاع × شیب

شیب‌های ($50\text{--}25$ درصد و >50 درصد) بود. هرچند که بین دو کلاس شیب $50\text{--}25$ و بیش از 50 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از طرفی در جهت جنوبی مقدار شاخص‌های تنوع بین طبقات شیب اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۲).

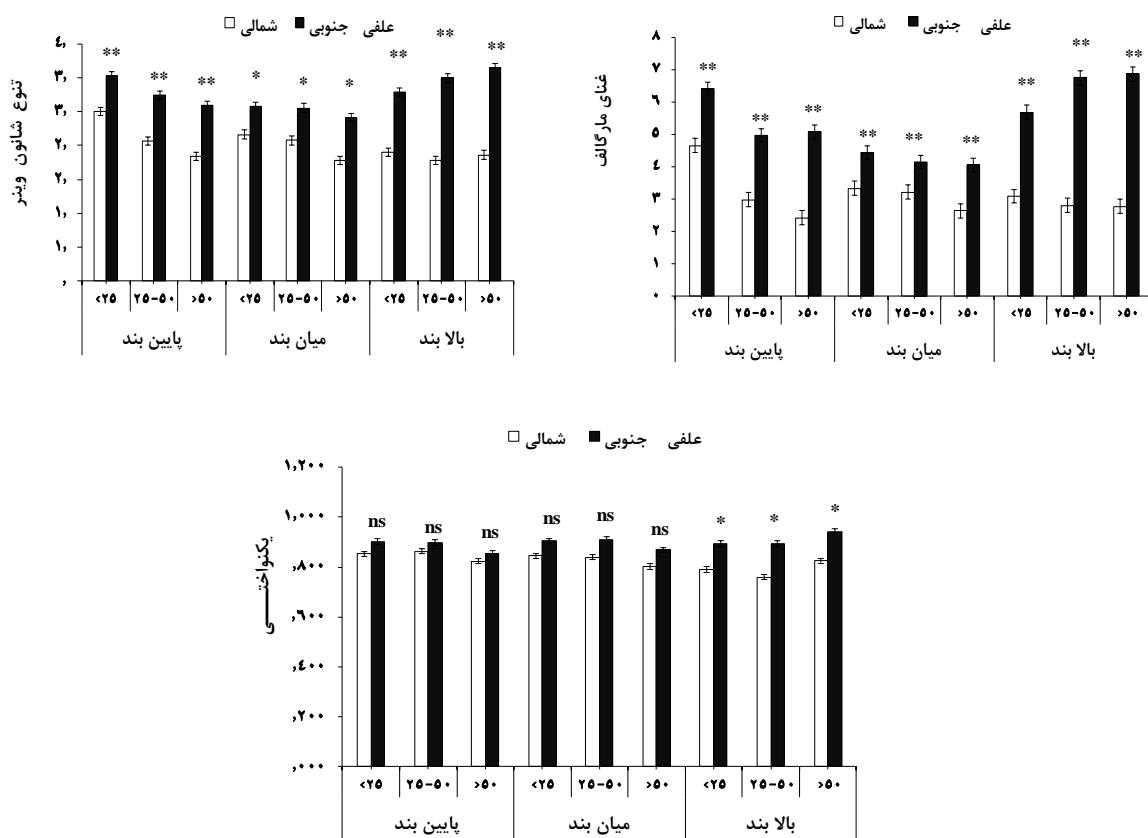


شکل ۲- نتایج تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌های گیاهی علفی گیاهی بین طبقات مختلف شیب (حروف بزرگ) و طبقات ارتفاعی در هر طبقه شیب (حروف کوچک) در دو جهت شمالی و جنوبی، حروف مختلف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین موقعیت‌های فیزیوگرافی است.

Figure 2. The results of diversity, richness and evenness of herbaceous species between different slope classes (uppercase letters) and elevation classes in each slope class (lowercase letters) in north and south aspect; Different letters indicate significant differences between physiographic conditions

معنی‌داری بیشتر از دوطبقه ارتفاعی دیگر بود. از لحاظ یکنواختی در شیب بیشتر از 50 درصد دامنه جنوبی اختلاف معنی‌داری بین طبقات ارتفاعی مختلف مشاهده نشد که این حالت کاملاً در دامنه شمالی نیز رخ داد. مقایسه شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی در دو جهت شمالی و جنوبی برای گونه‌های علفی نشان داد که در مورد تنوع و غنا تمام کلاسه‌های ارتفاعی-شیب، میزان تنوع و غنا در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود، اما در مورد یکنواختی تنها در مورد کلاسه ارتفاعی بالابند و در طبقات شیب کمتر از 25 و $50\text{--}25$ و بیش از 50 بین جهت شمالی و جنوبی اختلاف معنی‌داری وجود داشت و یکنواختی در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود (شکل ۳).

مقایسه شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی در هر کلاس شیب براساس طبقات ارتفاع از سطح دریا نشان داد که در دامنه شمالی و در شیب $25\text{--}0$ و $50\text{--}25$ درصد تنوع و غنا و با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند نزولی داشت ولی در شیب بیش از 50 درصد بین طبقات ارتفاعی مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در جهت شمالی و در هر سه طبقه شیب بین طبقات ارتفاعی از نظر یکنواختی پوشش علفی اختلافی مشاهده نشد. در دامنه جنوبی تنوع شانون و نیز، غنای مارکالف و یکنواختی در شیب $25\text{--}0$ درصد در پایین بند بیشترین مقدار بود ولی در شیب $50\text{--}25$ بیشترین مقدار تنوع و غنا در بالابند اتفاق افتاد. در دامنه جنوبی، در شیب $50\text{--}25$ و بیش از 50 درصد تنوع و غنا در بالابند بطور

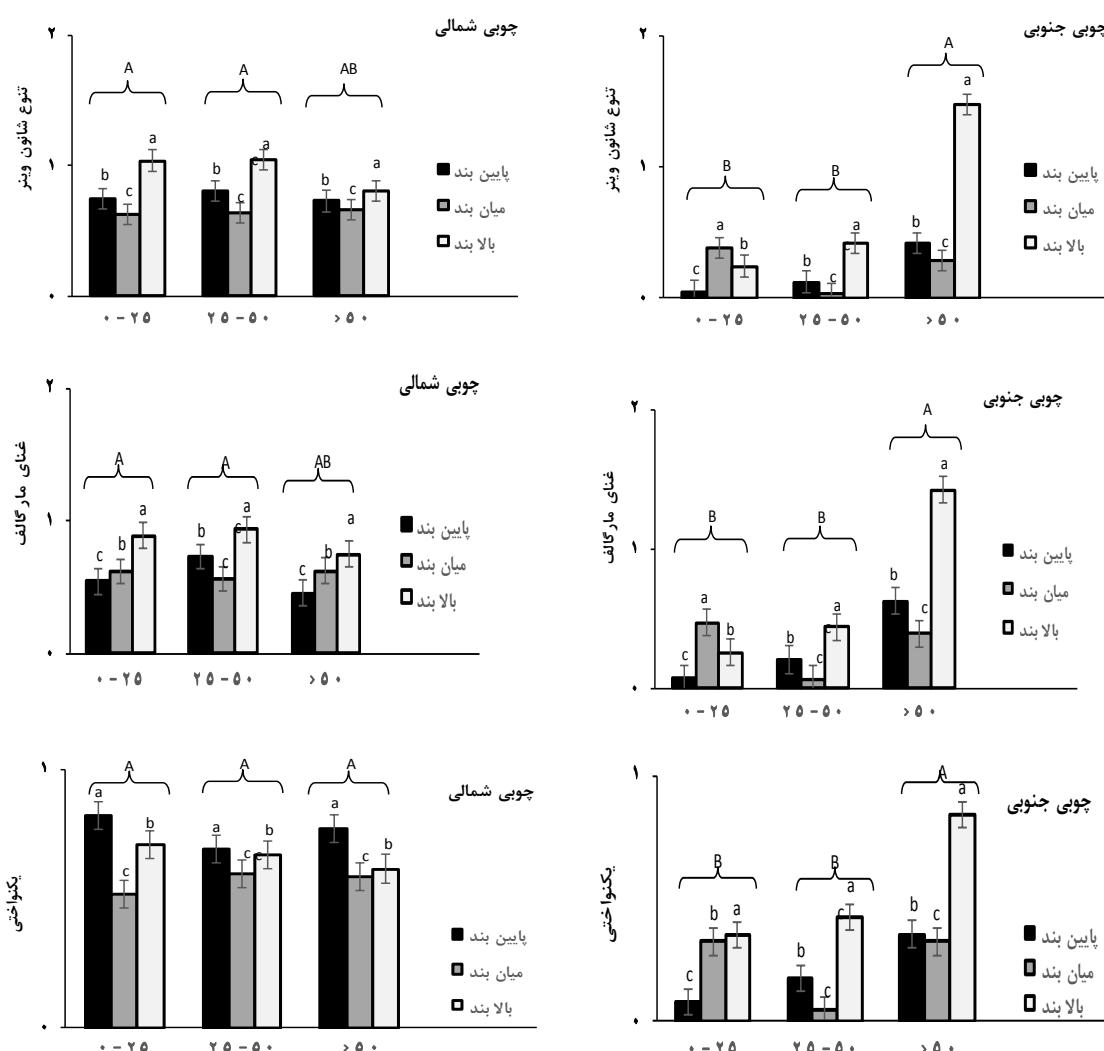


شکل ۳- تفاوت تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌های علفی بین دو جهت شمالی و جنوبی برای طبقه شیب در هر محدوده ارتفاع. ستاره‌ها نشان می‌دهند که بین دو جهت دامنه در هر محدوده ارتفاع و در هر شیب بر اساس آزمون تی اختلاف معنی دار وجود دارد ($*p < 0.05$ و $**p < 0.01$) و ns = no significant (آزمون تی دار نیست)

Figure 3. Differences in diversity, richness and evenness of herbaceous species between the two aspects for each elevation and slope class. Stars indicate significant differences (* $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$; ns = no significant) between the two aspects in each elevation and slope class based on independent t-test

نشان داد که در جهت شمالی میزان تنوع و غنا در بالابند بیشتر از دو کلاس ارتفاعی دیگر بود. ولی میزان یکنواختی در هر سه کلاس شیب در پایین بند بیش از میان بند و بالابند بود. اما در جهت جنوبی بطور کلی در دو کلاس شیب ۲۵-۵۰ و بیش از ۵۰ درصد میزان تنوع در بالابند بیشتر از میان بند و پایین بند بود، اما در شیب ۲۵-۰ تنوع و غنا در میان بند بطور معنی داری بیشتر از دو کلاس ارتفاعی دیگر بود (شکل ۴).

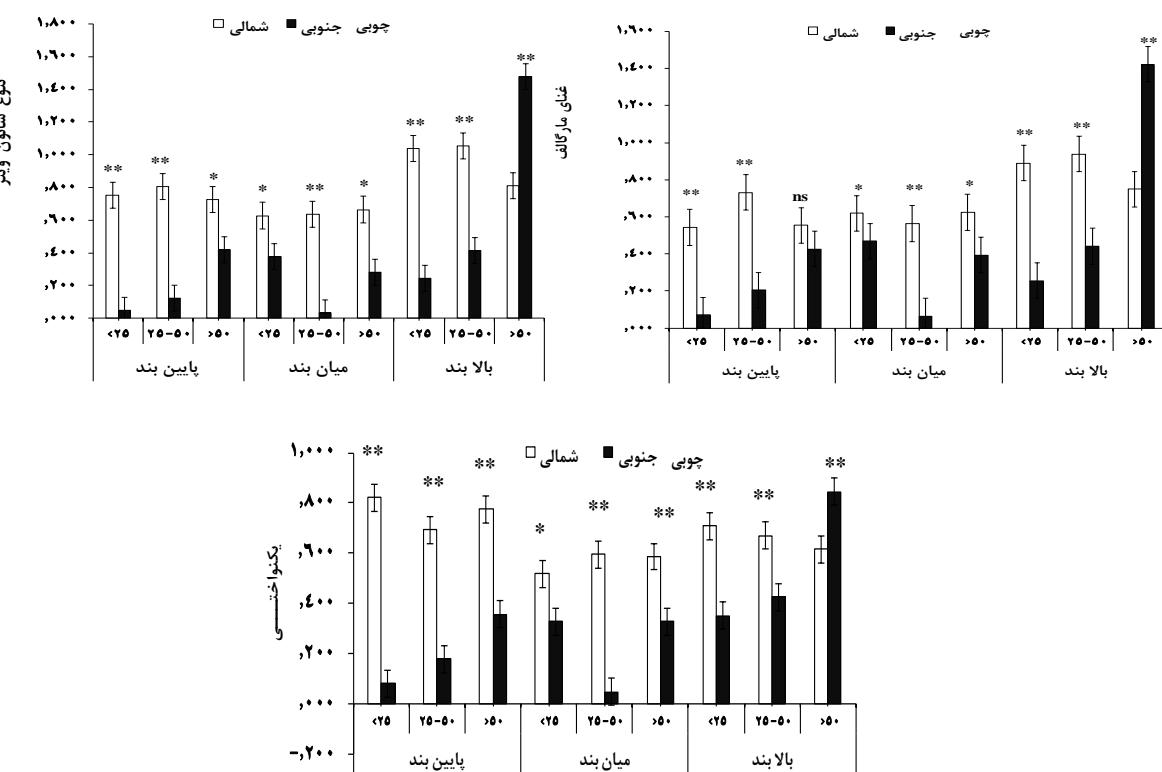
تنوع گونه‌های چوبی بر اساس شاخص‌های عددی
 بررسی اثر متقابل شیب و ارتفاع از سطح دریا در جهت شمالی نشان داد که میزان تنوع، غنا و یکنواختی بین طبقات شیب اختلاف معنی داری نداشت. اما در جهت جنوبی، تنوع، غنا و یکنواختی در شیب بیش از ۵۰ درصد بیشترین مقدار بود، اما بین دو کلاس شیب دیگر اختلاف معنی داری وجود نداشت. اما بررسی روند تغییرات تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌های چوبی در هر کلاس شیب بر اساس طبقات ارتفاعی



شکل ۴- نتایج تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌های گیاهی چوبی بین طبقات مختلف شیب (حروف بزرگ) و طبقات ارتفاعی در هر طبقه شیب (حروف کوچک) در دو جهت شمالی و جنوبی، حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین موقعیت‌های فیزیوگرافی است.
Figure 4. The results of diversity, richness and evenness of woody species between different slope classes (uppercase letters) and elevation classes (lowercase letters) in each slope class (lowercase letters) in north and south aspect; Different letters indicate significant differences between physiographic conditions.

میزان غنا درجهت شمالی بطور معنی‌داری بیشتر از جهت جنوبی بود، اما در بالابند (شیب بیشتر از ۵۰°) همانند وضعیت تنوع، غنا نیز در جهت جنوبی بیشتر از شمالی بود. یکنواختی نیز روند کاملاً مشابهی با تنوع و غنا داشت و در همه کلاس‌های ارتفاعی بجز در شیب بیشتر از ۵۰° بالابند، درجهت شمالی بیشتر از جنوبی بود (شکل ۵).

در مورد تنوع شاون وینر در پایین بند و میان بند در تمام طبقات شیب و در بالابند در طبقه شیب ۰-۲۵° و ۲۵-۵۰° میزان تنوع درجهت شمالی بیشتر از جنوبی بود. ولی در بالابند و شیب بیشتر از ۵۰° بیشترین تنوع در جهت جنوبی وجود داشت. در مورد غنا مارکالف نیز در پایین بند و میان بند در تمام طبقات شیب و در بالابند در طبقه شیب ۰-۲۵° و ۲۵-۵۰°

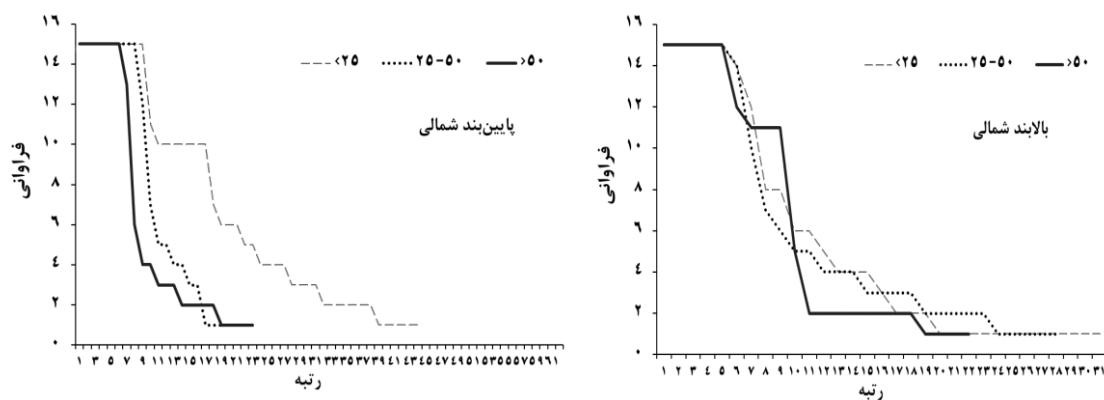


شکل ۵- تفاوت تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌های چوبی بین دو جهت شمالی و جنوبی برای طبقه شیب در هر محدوده ارتفاع. ستاره‌ها نشان می‌دهند که بین دو جهت دامنه در هر محدوده ارتفاع و در هر شیب بر اساس آزمون تی اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p < 0.05$) و $p < 0.01$ و ns اختلاف معنی‌دار نیست.

Figure 5. Differences in diversity, richness and evenness of woody species between the two aspects for each elevation and slope class. Stars indicate significant differences ($*p < 0.05$ and $**p < 0.01$; ns = no significant) between the two aspects in each elevation and slope class based on independent t-test

پس از مدل سری هندسی، داده‌ها بیشترین تطابق را با مدل عصای شکسته نشان دادند و تقریباً در تمامی موارد، الگوی توزیع از این مدل نیز پیروی کرده است ($p > 0.05$). با توجه به تعدد نمودارها، در همه کلاس‌های ارتفاعی تنها دو نمودار ارائه گردیده است (شکل ۶).

توزیع فراوانی تنوع گیاهی پوشش علفی
نتایج بررسی تطابق الگوی توزیع فراوانی پوشش علفی با مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق نشان داد که در تمامی موارد در هر دو جهت شمالی و جنوبی الگوی پراکنش از مدل سری هندسی پیروی می‌کند ($p > 0.05$).



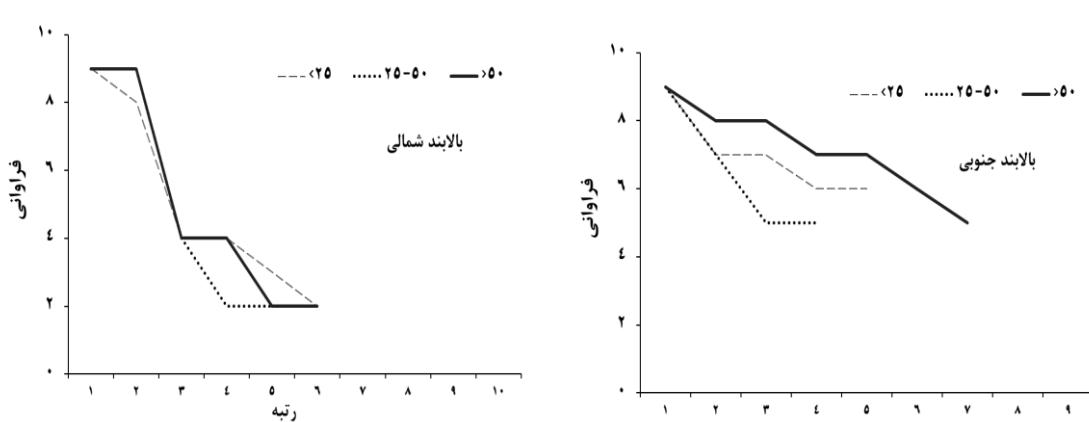
شکل ۶- نمودار رتبه- فراوانی تنوع گیاهی برای پوشش علفی در بالابند- دامنه شمالی (سمت راست) و پایین بند- دامنه شمالی (سمت چپ)
Figure 6. Species abundance-ranking curve of herbaceous species in high land-north aspect (right) and low land-north aspect (left)

جدول ۲- نتایج تطابق فراوانی پوشش گیاهی (علفی) با مدل‌های توزیع فراوانی
Table 2. Results of fitting of vegetation cover (herbaceous) data with parametric models of frequency distribution

مدل	کای اسکور	علفی دامنه شمالی									
		پایین بند			میان بند			بالا بند			
		۲۵<	۲۵-۵۰	۵۰>	۲۵<	۲۵-۵۰	۵۰>	۲۵<	۲۵-۵۰	۵۰>	
هندسی	کای اسکور	۹/۳۴	۲۱/۹۷	۱۲/۵۱	۳۱/۲۴	۱۲/۲۸	۷/۷۰	۵/۷۹	۵/۲۹	۱۴/۹۵	
	P	۱/۰۰	۰/۰۸	۰/۵۷	۰/۰۱	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۳۱	
سری	کای اسکور	۶۱/۳۰	۷۰/۳۱	۲۳/۸۷	۷۷/۱۶	۲۰/۴۱	۲۷/۵۹	۱۵/۳۵	۱۵/۱۳	۳۲/۰۷	
	P	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۳۱	۰/۰۰	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۰۰	
لگاریتمی	کای اسکور	۱۸/۳۷	۲۵/۲۶	۱۷/۵۶	۳۰/۵۳	۱۷/۶۴	۱۱/۲۲	۱۳/۰۶	۹/۲۱	۱۸/۵۳	
	P	۰/۹۷	۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۲۹	
عصای	کای اسکور	۱۱/۹۸	۸/۰۳	۴/۹۹	۱۳/۶۶	۵/۸۰	۴/۴۸	۱۰/۴۴	۱/۴۶	۱۲/۶۱	
	P	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۴۸	۰/۰۰	
شکسته	کای اسکور	۲۳/۸۲	۳۱/۱۶	۱۴/۲۰	۳۵/۸۷	۱۲/۲۳	۱۲/۷۴	۲۶/۰۷	۶۰/۵۱	۱۰/۷۹	
	P	۱/۰۰	۰/۴۱	۱/۰۰	۰/۰۷	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۸۹	۰/۰۳	۱/۰۰	
نرمال	کای اسکور	۱۷۱/۷۰	۱۲۰/۸۰	۷۲/۲۳	۱۶۶/۵۰	۷۶/۰۷	۹۰/۳۴	۱۴۸/۹۰	۲۷۶/۶۰	۹۷/۷۳	
	P	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
لگاریتمی	کای اسکور	۴۸/۳۴	۴۰/۹۲	۲۱/۵۵	۴۱/۸۶	۲۴/۳۱	۲۶/۲۴	۴۱/۶۸	۸۱/۹۸	۲۸/۱۷	
	P	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۹۴	۰/۰۲	۰/۴۴	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۹۸	
عصای	کای اسکور	۲۶/۰۰	۱۲/۵۷	۱۹/۷۴	۳۵/۲۳	۹/۱۶	۱۲/۶۱	۲۹/۱۸	۴۹/۰۶	۱۴/۹۰	
	P	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
هندسی	کای اسکور	۲۳/۸۲	۳۱/۱۶	۱۴/۲۰	۳۵/۸۷	۱۲/۲۳	۱۲/۷۴	۲۶/۰۷	۶۰/۵۱	۱۰/۷۹	
	P	۱/۰۰	۰/۴۱	۱/۰۰	۰/۰۷	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۸۹	۰/۰۳	۱/۰۰	
سری	کای اسکور	۱۷۱/۷۰	۱۲۰/۸۰	۷۲/۲۳	۱۶۶/۵۰	۷۶/۰۷	۹۰/۳۴	۱۴۸/۹۰	۲۷۶/۶۰	۹۷/۷۳	
	P	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
شکسته	کای اسکور	۴۸/۳۴	۴۰/۹۲	۲۱/۵۵	۴۱/۸۶	۲۴/۳۱	۲۶/۲۴	۴۱/۶۸	۸۱/۹۸	۲۸/۱۷	
	P	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۹۴	۰/۰۲	۰/۴۴	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۹۸	
نرمال	کای اسکور	۲۶/۰۰	۱۲/۵۷	۱۹/۷۴	۳۵/۲۳	۹/۱۶	۱۲/۶۱	۲۹/۱۸	۴۹/۰۶	۱۴/۹۰	
	P	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	

را با مدل عصای شکسته نشان دادند و تقریباً در تمامی موارد، توزیع پراکنش از این مدل نبز بیرونی کرده است ($p > 0.05$). اما برخلاف پوشش علفی در جهت جنوبی توزیع پوشش چوبی بیشتر از مدل عصای شکسته پیروی می‌کند ($p < 0.05$) (جدول ۳). با توجه به تعدد نمودارها، در همه کلاس‌های ارتفاعی تنها دو نمودار ارائه گردیده است (شکل ۷).

توزیع فراوانی تنوع گیاهی برای پوشش چوبی
نتایج بررسی تطابق الگوی توزیع فراوانی تنوع گیاهی برای پوشش چوبی با مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق نشان داد که در تمامی موارد همانند پوشش علفی در جهت شمالی، پراکنش از مدل سری هندسی پیروی می‌کند ($p < 0.05$). پس از مدل سری هندسی، داده‌های مورد مطالعه بیشترین تطابق



شکل ۷- نمودار رتبه - فراوانی تنوع گیاهی برای پوشش علفی در بالا بند- دامنه جنوبی (سمت راست) و بالا بند - دامنه شمالی (سمت چپ)
Figure 7. Species abundance –ranking curve of woody species in high land- south aspect (right) and high land- north aspect (left)

جدول ۳- نتایج تطبیق فراوانی پوشش گیاهی (چوبی) با مدل‌های توزیع فراوانی
Table 3. Results of fitting of vegetation cover (woody) data with parametric models of frequency distribution

مدل	کای اسکور	چوبی دامنه شمالی									
		پایین بند			میان بند			بالا بند			
		<۲۵	۲۵-۵۰	>۵۰	<۲۵	۲۵-۵۰	>۵۰	<۲۵	۲۵-۵۰	>۵۰	
هندسی	کای اسکور	.۰/۲۹	.۰/۷۷	۱/۴۶	.۰/۴۶	۱/۵۱	۱/۰۱	.۰/۰۷	۲/۵۳	۲/۹۰	
	P	.۰/۹۶	.۰/۹۴	۰/۴۸	.۰/۹۸	.۰/۶۸	.۰/۸۰	۱/۰۰	.۰/۷۷	.۰/۴۱	
سری لگاریتمی	کای اسکور	۱/۹۲	۴/۱۶	۶/۵۴	۳/۱۵	۲/۱۰	۳/۵۴	۲۱/۲۷	۱۵/۱۲	۱۱/۹۴	
	P	.۰/۱۷	.۰/۱۳	۰/۰۱	.۰/۲۱	.۰/۳۵	.۰/۱۷	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	
عصای شکسته	کای اسکور	۲/۳۹	۳/۶۹	۲/۴۸	۱/۳۳	۱/۵۷	۱/۶۸	۸/۵۲	۶/۴۰	۶/۵۲	
	P	.۰/۵۰	.۰/۴۵	۰/۲۹	.۰/۷۲	.۰/۶۷	.۰/۶۴	.۰/۰۴	.۰/۱۷	.۰/۰۹	
لوگ نرمال	کای اسکور	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	
	P	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	
چوبی دامنه جنوبی											
هندسی	کای اسکور	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۶۵	۱/۲۱	.۰/۰۰	.۰/۶۳	.۰/۰۰	.۰/۳۱	۲/۶۱	
	P	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۷۲	.۰/۵۵	.۰/۰۰	.۰/۷۳	.۰/۰۰	.۰/۸۶	.۰/۹۲	
سری لگاریتمی	کای اسکور	.۰/۰۰	.۰/۰۰	۱/۳۴	۷/۱۴	.۰/۰۰	۴/۲۹	.۰/۰۰	۳/۱۶	۱۸,۳۳	
	P	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰,۵۱	.۰,۰۱	.۰/۰۰	.۰/۰۴	.۰/۰۰	.۰/۰۸	.۰/۰۰	
عصای شکسته	کای اسکور	.۰,۲۷	۱,۸۰	.۰,۸۹	۲,۸۰	.۰,۲۷	۱,۶۵	۳,۰۰	.۰/۹۰	۸/۲۷	
	P	.۰/۶۰	.۰/۱۸	.۰/۸۳	.۰/۲۵	.۰/۶۰	.۰/۴۴	.۰/۰۸	.۰/۶۴	.۰/۲۲	
لوگ نرمال	کای اسکور	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۹۸	
	P	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۰۰	.۰/۳۲	

شمالی نشان داد که برخلاف گونه‌های علفی، میزان تنوع و غنا حتی در شیب‌های زیاد، در بالابند بیشتر از دو کلاس ارتفاعی دیگر بود. در جهت جنوبی نیز مانند جهت شمالی در تمام طبقات شیب، تنوع و غنا در بالابند بیشترین بود. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در ارتفاعات میان بند تنوع و غنای گونه‌های چوبی افزایش می‌یابد که دلیل آن شرایط بهتر بوم‌شناسی (دما، رطوبت و خاک) ذکر شده است (۵۸،۱۲). میزانابی و همکاران (۳۴) منطبق با نتایج تحقیق حاضر در ناحیه رویشی زاگرس بیان کرد که تنوع و غنای گونه‌های چوبی در جهت‌های مختلف دامنه با ارتفاع از سطح دریا همبستگی مثبت دارد. دلیل این مسئله بالا بودن درصد سنگ در ارتفاعات بالا و نقش حفاظتی آن برای استقرار گونه‌های چوبی بیان شده است. وجود گونه‌هایی درختی مانند انجير کوهی، شن، بنه، خنجک، زالزالک، بخورک، ارزن، کیکم و آبلالو دانه ریز در ارتفاعات بالا در پناه صخره سنگ‌ها و ریشه دوالی در شیب‌های زیاد در این تحقیق مؤید مناسب بودن چنین شرایطی به عنوان آشیان بوم‌شناسی مناسب استقرار این گونه‌ها است (۳۶). پترز و همکاران (۴۳) نیز به نقش مهم صخره سنگ‌ها در استقرار و پراکنش گونه‌های چوبی و ایجاد شرایط مناسب رطوبتی و حفاظتی برای این گونه‌ها در مناطق خشک اشاره کرده است. از طرفه ارتفاعی بالاتر به دلیل کاهش دما، تغییر نوع بارش از باران به برف و افزایش میزان بارندگی گونه‌های چوبی در جهت‌های مختلف دیده می‌شوند و از نظر شادابی و رشد و زادآوری

مقایسه شاخص‌های تنوع نشان داد که تنوع شانون وینر و غنای مارکالف گونه‌های علفی در جهت شمالی روند مشابهی داشته و بیشترین مقدار این شاخص‌ها در شیب ۲۵-۵۰ درصد بود و مقدار آنها با افزایش شیب کاهش یافت. افزایش شیب عامل مهمی در فرسایش سطحی خاک است، در چنین شرایطی استقرار و رشد گونه‌های گیاهی به دلیل ناپایداری فیزیکی و کاهش حاصلخیزی خاک سطحی دچار اختلال می‌شود (۱۳،۱۶،۵۵). نادال رومرو و همکاران (۴۰) در بررسی اثر شیب بر غنای گونه‌های گیاهی در منطقه‌ای کوهستانی با اقلیم مدیترانه‌ای نشان داد که با افزایش شیب غنای گونه‌های گیاهی کاهش پیدا کرد و بیشترین و کمترین غنا به ترتیب در شیب کمتر ۲۵ و بیشتر از ۵۰ رخ داده است. مطالعات دیگر در ناحیه رویشی زاگرس نیز به کاهش تنوع و غنای گونه‌های یر اشکوب تأکید کرده اند و دلیل آن را اثر منفی شیب‌های تند در خشک شدن خاک، شسته شدن خاک، زهکشی، از دست رفتن عناصر غذایی و کاهش حاصلخیزی ذکر کرده‌اند (۱۷). از طرفی با افزایش شیب و بروز فرسایش خاک و نیز شسته شدن مستقیم بذور، ذخیره بذر گونه‌ها (اندازه بانک بذر) کاهش پیدا می‌کند و تنوع و ترکیب گونه‌های گیاهی تغییر پیدا می‌کند (۱۴،۵). برخلاف گونه‌های علفی تنوع و غنای گونه‌های چوبی در جهت جنوبی در شیب‌های زیاد (بیش از ۵۰ درصد) بیشترین بود و در جهت شمالي بین طبقات شیب اختلافی مشاهده نشد. نتایج بررسی تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌های چوبی در هر سه طبقه شیب و در جهت

مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق نشان داد که در تمامی موارد و در هر دو جهت شمالی و جنوبی الگوی پراکنش از مدل سری هندسی و سپس عصای شکسته پیروی می‌کند. نتایج بررسی تطابق الگوی توزیع فراوانی تنوع گیاهی برای پوشش چوبی با مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق نشان داد که در تمامی موارد همانند پوشش علفی در جهت شمالی، پراکنش از مدل سری هندسی پیروی می‌کند اما در جهت جنوبی توزیع پوشش چوبی بیشترین انطباق را با مدل عصای شکسته نشان داد. مدل سری هندسی در شرایطی که گونه‌های آن نسبتاً قلیر است و منابع محیطی محدود در استقرار گونه‌ها اهمیت زیادی دارند، اتفاق می‌افتد به عبارتی این مدل بیانگر جوامع شکننده و حساس است (۳۷). این مدل بیانگر این است که در حالت‌های مختلف مورد مطالعه (شرایط فیزیوگرافی مختلف) تعداد کمی گونه غالب و تعداد زیادی گونه نادر وجود دارد (۵۶). قهساره اردستانی (۱۵) در بررسی تنوع گونه‌های گیاهی در چهار رویشگاه مرتعی با شرایط فیزیوگرافی و ادفیکی زیاد نشان داد که همه رویشگاه‌ها از مدل لوگ نرمال پیروی کردنده ولی شاخص عددی هیل N1 تفاوت تنوع بین رویشگاه‌ها را بهتر نشان داد. همچنین در مناطق با سطوح مختلف حفاظتی نیز شاخص‌های عددی بیانگر تفاوت معنی‌دار تنوع بود در حالیکه همه مناطق از مدل لوگ نرمال تبعیت کردند (۳).

در این تحقیق مشخص شد که پایش تفاوت تنوع گونه‌های (علفی و چوبی) در شرایط مختلف فیزیوگرافی با شاخص‌های عددی امکان پذیر است و مدل‌های توزیع، تفاوت این شرایط را منعکس نکردند. به نظر می‌رسد شاخص‌های عددی در این ناحیه کوهستانی کارایی بیشتری در نشان دادن تفاوت تنوع گونه‌های علفی و چوبی در موقعیت‌های مختلف فیزیوگرافی داشته است. هرچند مدل‌های توزیع بصورت بارزی به این تفاوت‌ها واکنش نشان ندادند ولی می‌توانند اطلاعات تکمیلی مناسبی در زمینه شکننده و حساس بودن یا پایداری جوامع بوم‌سازگان و وضعیت فراوانی گونه‌های غالب و نادر آن ارائه دهد.

گونه‌های چوبی از شرایط بهتری برخوردار هستند (۴۸). در ارتباط با ارتفاع از سطح دریا، در دامنه شمالی و در شیب‌های کمتر، تنوع و غنای گونه‌های علفی با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند کاهشی داشت یعنی در پایین بند بیشترین و در بالابند کمترین مقدار بود. همانند دامنه شمالی در دامنه جنوبی نیز در شیب‌های کمتر تنوع و غنای گونه‌های علفی در پایین بند بیشترین بود. این نتیجه با بافت‌های انطباق دارد. کاهش دما، کاهش عمق و حاصل خیزی خاک و سنگلاخی شدن طبقات ارتفاعی بالا بخصوص در شیب‌های زیاد امکان استقرار گونه‌های علفی را کاهش می‌دهد (۱۱، ۴۲). از طرفی کاهش تعداد گونه‌ها در بانک بذر خاک به عنوان منشأ پوشش گیاهی روزمنی در مناطق بالابند نسبت به طبقات ارتفاعی پایین اشاره شده است (۴۶) که می‌تواند از دلایل کاهش تنوع گونه‌های علفی در مناطق بالابند باشد. به طور کلی مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌های چوبی بین دو جهت شمالی و جنوبی بر اساس شیب-طبقه ارتفاعی نشان داد که تنوع، غنا و یکنواختی در جهت شمالی بیشتر از جنوبی بود در حالیکه برای گونه‌های علفی در تمام حالت‌های ارتفاعی-شیب، میزان تنوع و غنا در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود. جهت دامنه به واسطه تأثیر بر رطوبت، حاصلخیزی و عمق خاک از عوامل مهم تغییر تنوع گونه‌های گیاهی است (۱۹، ۵۴). نجفی فر (۴۱) اثر شاخص‌های فرم زمین را بر تنوع گونه‌ای گیاهان چوبی در مناطق جنگلی زاگرس میانی در استان ایلام را مورد بررسی قرار داد و بیان کرد که در جهات شمالی مقدار تنوع گونه‌ای به طور معنی داری بیشتر از جهات دیگر است. مارن و همکاران (۲۸) نیز بیان کرد که در نیمکره شمالی، جهت دامنه جنوبی نور خورشید بیشتری دریافت می‌کند و خشک تر است که این شرایط برای رشد درختان مناسب نیست. بیشتر بودن تنوع گونه‌های علفی در جهت جنوبی می‌تواند به باز بودن تاج پوشش اشکوب فوکانی و دریافت نور بیشتر برای ظهور گونه‌های علفی مرتبط باشد. این نتیجه با یافته‌های مهدوی و حیدری (۲۷) در ناحیه زاگرس انطباق دارد.

نتایج بررسی تطابق الگوی توزیع فراوانی پوشش علفی با

منابع

- Akbarzadeh, M. and Sh. Razaghi. 2002. Preservation and conservation of important species of rangelands using pollen pollination of honeybees in rangelands of Mazandaran province. Proceedings of the first national conference on livestock and rangelands management, 11 pp (In Persian).
- Atashgahi, Z., H. Ejtehadi and H. Zare. 2015. Plant species diversity in relation to topography in the east of dodangeh forests, Mazandaran province, Iran. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 28(1): 1-11 (In Persian).
- Bagheri, A., R. Ghorbani, M. Benayan and A. Shafner. 2014. Effect of different levels of environmental protection on plant species diversity. Journal of Agroecology, 6(1): 60-69 (In Persian).
- Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton and S.H. Spurr. 1998. Forest Ecology. John Wiley and Sons, Inc: 773.
- Cerdà, A. and P. García-Fayos. 2002. The influence of seed size and shape on their removal by water erosion. *Catena*, 48: 293-301.
- Condit, R., N. Pitman, E.G. Leigh, J. Chave, J. Terborgh and R.B. Foster. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science*, 295(5555): 666-669.
- Curtin, G.G. 1995. Can landscapes recover from human disturbance? Long-term evidence from disturbed subalpine communities. *Biological Conservation*, 74: 49-55.
- Duccio, R., M. Matteo and R. Carlo. 2017. Measuring rao's q diversity index from remote sensing: an open source solution. *Ecological Indicators*, 72: 234-238.
- Dukes, J.S. and H.A. Mooney. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology and Evolution*, 14(4): 135-139.
- Ejtehadi, H., A. Sepehry and H.R. Akkafi. 2009. Methods of Measuring Biodiversity. Ferdowsi University Publication, 228 pp (In Persian).
- Fisher, M.A. and P.Z. Fuel. 2004. Changes in forest vegetation and arbuscular mycorrhizae along a steep elevation gradient in Arizona. *Forest Ecology and Management*, 200: 293-311.
- Fossa, A. 2004. Biodiversity patterns of vascular plant species in mountain vegetation in the Faroe Islands. *Diversity and dittribution*, 10(3): 2017-223.
- Gallart, F., M. Marignani, N. Pérez-Gallego, E. Santi and S. Maccherini. 2013. Thirty years of studies on badlands, from physical to vegetational approaches. A succinct review. *Catena*, 106: 4-11.
- Garcia-Fayos, P., E. Bochet and A. Cerdà. 2010. Seed removal susceptibility through soil erosion shapes vegetation composition. *Plant Soil*, 334: 289-297.
- Gahsareh Ardestani, A., M. Basiri, M. Tarkesh and M. Borhani. 2010. Distributions of species diversity abundance models and relationship between ecological factors with Hill (N1) species diversity index in 4 range sites of Isfahan Province. *Journal of Range and Watershed Management*, 63 (3): 387-397 (In Persian).
- Guardia, R. and J.M. Ninot. 1992. Distribution of plant communities in the badlands of the Upper Llobregat basin (Pyrenees). *Studia Geobotanica*, 12: 83-103.
- Heydari, M. and A. Mahdavi. 2009. Pattern of plant species diversity in related to physiographic factors in melah gavan protected area, Iran. *Asian Journal of Biological Sciences*, 2(1): 21-28.
- Heydari, M., H. Poorbabaei, M. Bazgir, A. Salehi and J. Eshaghirad. 2014. Earthworms as indicators of different forest management and human disturbance in Ilam oak foresto Iran. *Folia Forestalia Polonica*, series A, 56(3): 121-134.
- Heydari, M., P. Prevosto, T. Abdi, J. Mirzaei, M. Mirab-balou, N. Rostami, M. Khosravi and D. Pothier. 2017. Establishment of oak seedlings in historically disturbed sites: regeneration success as a function of stand structure and soil characteristics. *Ecological Engineering*, 107: 172-182.
- Hua, Y. 2002. Distribution of plant species richness along elevation gradient in Hubei Province, China. International Institute for Earth System Science, Nanjing University, 14 pp.
- Ibanez, J.J., S. De-Albs, F.F. Bermúdez and A. García-Álvarez. 1995. Pedodiversity: concepts and measures. *Catena*, 24(3): 215-232.
- Kolongo, T.S.D., G. Decocq Adou Aao, E. Blom and R.S.A. Van Rompaey. 2006. Plant species diversity in the southern part of the Tai national park (Cote d'Ivoire). *Biodiversity and Conservation*, 15: 2123-2142.
- Kraft, N.J. B., L.S. Comita, J.M. Chase, N.J. Sanders, N.G. Swenson, T.O. Crist, J.C. Stegen, M. Vellend, B. Boyle, M.J. Anderson, H.V. Cornell, K.F. Davies, A.L. Freestone, B.D. Inouye, S.P. Harrison and J.A. Myers. 2011. Disentangling the drivers of b diversity along latitudinal and elevational gradients. *Science*, 333: 1755-1758.
- Krebs, C.J. 2001. *Ecology*. Benjamin Cummings Sanfransisco. Fifth Ed, pp: 343-384.
- Loghmanpour, M., M. Elahi, A. Yakhshaki and Z. Vardanayan. 2015. Study of the effects of type of participatory and governmental management on the diversity of wooden species using parametric models of diversity. *Forest and Wood Products. Journal of Natural Resources of Iran*, 68(2): 457-468 (In Persian).
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helmeted. London.
- Mahdavi, A., M. Heydari, R. Bastam and H. Abdollah. 2010. Vegetation in relation to some edaphic and physiographic characteristics of site (Case study: Zagros forest ecosystem, Kabirkuh protected area, Ilam). *Iranian journal of Forest and Poplar Research*, 17(4): 581-593 (In Persian).
- Maren, I.E., S. Karki, C. Prajapati, R.K. Yadav and B. BabuShresthab. 2015. Facing north or south: Does slope aspect impact forest stand characteristics and soil properties in a semiarid trans-Himalayan valley? *Journal of Arid Environments*, 121: 112-123.
- Margules, C.R. and R.L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405: 243-253.

30. Mark, A.F., K.J. Dickinson and R.G. Hofstde. 2000. Alpine vegetation, Plant distribution, Life form, and environments a humid New Zealandregion. Arctile Antarctic and Alpine Research, 32: 240-254.
31. Mi, Z., Z. Kai-hua, Y. Jin-Zhu and G. Bin. 2012. Analysis on slope revegetation diversity in different habitats. Procedia Earth and Planetary Science, 5: 180-187.
32. Mirzaei, J. 2014. Detailed plan of Manesht Qalarang Ilam protected area, 450 pp (In Persian).
33. Mirzaei, J., M. Akbarineya, S.M. Hosseini, H. Sohrabi and J. Hosseinzadeh. 2007. Diversity of herbaceous plants in relation to physiographic factors in middle ecosystems of zagros. Journal of Biology, 20(4): 375-382 (In Persian).
34. Mirzaei, J., M. Akbarineya, S.M. Hosseini and M. Kohzadi. 2008. Comparison of biodiversity response of herbaceous and wood species to environmental factors in different geographical directions of zagros forests. Environmental Sciences, 5(3) (In Persian).
35. Mirzaei, J., M. Akbarinia, S.M. Hosseini, H. Sohrabi and J. Hosseinzadeh. 2008a. Biodiversity of herbaceous species in relation to physiographic factors in forest ecosystems in Central Zagros. Journal of Iranian Biology, 20(4): 375-382 (In Persian).
36. Mirzaei, J., M. Heydari and P. Bernard. 2017. Effects of vegetation patterns and environmental factors on woody regeneration in semi-arid oak-dominated forests of western Iran. Journal of Arid Land, 9 (3): 368-378.
37. Motamed, J. and I. Sheidai Karkaj. 2014. Suitable species diversity abundance model in three grazing intensities in Dizaj Batchi Rangelands of west Azerbaijan, Journal of Rangeland and Watershed Management, Journal of Natural Resources of Iran, 67(1): 103-115 (In Persian).
38. Motamed, J. and M. Souri. 2016. Efficiency of numerical and parametrical indices to determinebiodiversity in mountain rangelands. Acta Ecologica Sinica, 36(2): 108-112.
39. Mozaffarian, V. 2008. Flora ilam. Contemporary culture publishing house, 936 pp. (In Persian).
40. Nadal-Romero, E., K. Petrlic, E. Verachtert, E. Bochet and J. Poesen. 2014. Effects of slope angle and aspect on plant cover, and species richness in a humid Mediterranean badland. Earth Surface Processes and Landforms, 39(13): 1705-1716.
41. Najafifar, A. 2013. Biodiversity of woody species in relation to topographical factors in central Zagros forest ecosystems, Journal of Wood and Forest Science and Technology, 19(4) (In Persian).
42. Namgail, T., G.S. Rawat, C. Mishra, S.E. van Wieren and H.H. Prins. 2012. Biomass and diversity of dry alpine plant communities along altitudinal gradients in the Himalayas. Journal of Plant Research, 125(1): 93-101.
43. Petersa, E.M., C. Martorellb and E. Ezcurrac. 2008. Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacán Valley Mexico. Journal of Arid Environments, 72(5): 593-601.
44. Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity, Wiley, New York.
45. Pourreza, M., S.M. Hosseini, A.A. Safari Sanjani, M. Matinizadeh and V. Dick. 2013. Effect of fire intensity on soil macrophona in Iranian oak forests. Journal of forest and Poplar Research, 21(4): 729-741 (In Persian).
46. Li, Q., H. Fang and Q. Cai. 2011. Persistent soil seed banks along altitudinal gradients in the Qilian Mountains in China and their significance for conservation management .African Journal of Agricultural Research, 6(10): 2329-2340.
47. Rechinger, K.H. 1898. Flora Iranica. Nordic Journal of Botany, 8(6): 625-626.
48. Saghari, M., H. Shahrokh, M. Rostampour and M. Eshghizadeh. 2016. Evaluation of topographic factors affecting the growth characteristics and establishment of *Rhus coriaria* L. In eastern watershed rangelands (Case study: Kakhak watershed in Gonabad province). Journal of Plant Ecosystem Conservation, 4(9): 133-150 (In Persian).
49. Salick, J., J. Anderson, R. Woo, N. Sherman, A. Cili and S. Dorje. 2004. Tibetan ethnobotany and gradient analyses: Menri (Medicine Mountains), Eastern Himalayas. Millennium Ecosystem Assessment. Economic Botany, 59(4): 312-325.
50. Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, 131 pp.
51. Shmida, A. and M.A. Wilson. 1985. Biological determinants of species diversity, Journal of biogeography, 12: 1-20.
52. Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 688.
53. Siyan, He., Z.h. Yonglin, S. Yudan, S. Zhiyao, J. Xiaorong, H. Yanqiu and Zh. Qing. 2017. Topography-associated thermal gradient predicts warming effects on woody plant structural diversity in a subtropical forest. Scientific Reports, 40387: 1-10.
54. Small, C.J. and B.C. McCarthy. 2005. Relationship of understory diversity to soil nitrogen, topographic variation and stand age in an eastern oak forest, USA. Forest Ecology and Management. 217(2-3): 229-243.
55. Takyu, M., S.I. Aiba and K. Kanehiro. 2002. Effects of topography on tropical lower montane forests under different geological conditions on Mount Kinabalu, Borneo. Plant Ecology, 159: 35-49.
56. Valadi, G., J. Eshaghirad and M. Zargaran. 2016. Evaluation of the effect of turbulence on species diversity of oak forests using parametric indices. Scientific Journal of Forest Research and Development, 2(4): 315-324 (In Persian).
57. Worm, B., E.B. Barbier, N. Beaumont, J.E. Duffy, C. Folke, B.S. Halpern, J.B. Jackson, H.K. Lotze, F. Micheli, S.R. Palumbi and E. Sala. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services, Science, 314(5800): 787-790.
58. Zakeri Pashakalaei, M., S. Alvany Nejad and A. Esmaeil Zadeh. 2014. Relationship between plant biodiversity with topographic factors in western forests of Mazandaran (Case study: Research forest of Tarbiat Modares University). Applied ecology, 3(8): 1-16 (In Persian).

Diversity of Herbaceous and Woody Plant Species in Relation to Different Physiographic Conditions using Numerical and Parametrical Indices in Zagros Mountainous Forests

Javad Cheraghi¹, Mehdi Heydari², Reza Omidipour³ and Majid Mirab Balo⁴

1- M.Sc. Student of the Forest Sciences, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2- Assistant Professor, Department of Forest Science, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran,
(Corresponding Author: m.heidari@ilam.ac.ir)
3- Instructore, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth
Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
4- Assistant Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Received: December 17, 2017

Accepted: January 16, 2018

Abstract

Numerical and parametrical indices are two of the most important and most widely used indices for assessing biodiversity in different societies. Nevertheless, their efficiency and selection in various ecosystems has always been one of the challenging issues of ecology. In this study, the numerical indices of diversity, richness and evenness, as well as abundance-ranking distribution models including broken stick, log normal, log series and geometric series as parametrical indices of diversity were calculated separately for herbaceous and woody species in different physiographic conditions in Zagros forest ecosystem. Results showed that there was significant difference between various physiographic conditions in term of numerical indices as the Shannon-Wiener diversity and Margalef richness indices of herbaceous species in the northern aspect have a similar trend and the highest values of these indices were on slope of 0-25% and their values decreased with increasing slope. In contrast, the diversity and richness of woody species was higher in south aspect and slope more than 50%. The results showed that, in all physiographic situations, the frequency distribution of herbaceous species is more consistent with the geometric series model which indicates low biodiversity and fragile communities. In the case of the woody species frequency distribution, results showed that the log series and broken stick were the best models on north and south-facing slopes respectively.

Keywords: Geometric series model, Shannon Wiener index, Oak, Zagros