دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره نهم، شماره هجدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

بررسی الگوی غنا و تنوع اشکوب علفی در گرادیان ارتفاعی جنگل های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های بلوط ایرانی– تاف خرم‌آباد)

حمزه جعفری سرابی[1*]، بابک پیله‌ور[2]، بتول شعبانی راد[3]، الهام مال اسدی[3]

[1] دکترای جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[2] دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
[3] کارشناس ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۸

چکیده

درک الگوی مکانی تنوع و غنا گونه‌ای و عوامل موثر بر آن نتایج مهمی برای حفظ و مدیریت تنوع زیستی ارائه می‌دهد. در پژوهش حاضر تغییرات شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌های علفی در طول گرادیان ارتفاعی (۷۰۰ متر) جنگل‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) تاف شهرستان خرم‌آباد بررسی شد. بدین منظور در هر طبقه ارتفاعی۱۰۰ متری از دو قطعه نمونه ۵۰۰ مترمربعی مستطیلی با توزیع تصادفی برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیوگرافی، متغیرهای خاکی و درصد تاج‌پوشش اشکوب درختی استفاده شد. در هر قطعه نمونه نیز از ۳ زیر قطعه نمونه چهار مترمربعی تصادفی برای برداشت اشکوب علفی استفاده شد. پس از اندازه‌گیری-ها، تغییرات غنا و تنوع گونه‌ای با استفاده از تحلیل همبستگی بررسی و مهمترین مولفه‌های محیطی تاثیرگذار نیز با استفاده از تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) مشخص شدند. طبق نتایج بین شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی با تغییرات ارتفاع و شیب ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد، در حالیکه بین شاخص‌های تنوع و یکنواختی با میزان تاج‌پوشش همبستگی منفی مشاهده شد. برخلاف عدم رابطه بین شاخص‌های تنوع و یکنواختی با متغیرهای خاکی، شاخص‌های غنا با میزان رس و سیلت همبستگی مثبت و با مقادیر کربن آلی، پتاسیم، نیتروژن و ماسه همبستگی منفی نشان دادند. نتایج PCA نیز مقادیر پتاسیم، فسفر، کربن آلی، رطوبت اشباع، اسیدیته، ارتفاع از سطح دریا و تاج‌پوشش را مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار منطقه نشان داد. بنابراین علی‌رغم عدم وجود الگوی مشخص در شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای، میزان تاج پوشش از عوامل

* نویسنده مسئول: jafarisarabi2011@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

تاثیرگذار بر شاخص‌های تنوع و یکنواختی و متغیرهای خاکی از عوامل تاثیرگذار بر شاخص‌های غنا در منطقه است.

واژه‌های کلیدی: **تحلیل مولفه‌های اصلی، تنوع گیاهی، غنای گونه‌ای، گرادیان ارتفاعی**

مقدمه

جوامع گیاهی به طور ذاتی دارای پویایی بوده و تغییر در عوامل محیطی مانند تغییرات اقلیمی، توپوگرافی و خاکی این پویایی را دستخوش تغییر و به طبع آن شاخص‌های تنوع بوم‌سازگان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Porro et al., 2019). تنوع زیستی از مؤلفه‌های اصلی زیست محیطی است که کاهش آن در نتیجه پاسخ پیچیده‌ای از تغییرات محیطی می‌باشد (Priego-Santander et al., 2013). بر اساس مطالعات حفظ و نگهداری از تنوع زیستی یک هدف کلیدی در مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی و شرط لازم برای جنگلداری پایدار است (Randlkofer et al., 2010) که استفاده از آن برای درک پویایی و ناهمگونی جنگل‌های طبیعی در راستای تهیه دستورالعمل‌های مدیریتی ضروری می‌باشد (Torras and Saura, 2008; Tetetla et al., 2017; sosef et al., 2017). در واقع استفاده از شاخص‌های تنوع گونه‌ای از رویکردهای مهم اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای است (O'Connor et al., 2011) که اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای آن در ارتباط با عوامل محیطی می‌تواند در پاسخ به سؤال‌های اساسی مدیریت اکوسیستم راه‌گشا باشد (Metzger et al., 2005; Pueyoa et al., 2006). اشکوب علفی از مهم‌ترین اجزاء اکوسیستم‌های جنگلی است که تنوع گیاهی بالایی را در میان تمامی طبقات جنگل به خود اختصاص داده است (Ampoorter et al., 2015). با اینکه اشکوب علفی کمتر از ۱ درصد از زیست‌توده جنگل را شکل می‌دهد اما در عین حال می‌تواند۹۰ درصد یا بیشتر گونه‌های گیاهی جنگل را در خود جای دهد، لذا می‌توان گفت که تنوع گونه‌ای جنگل تا حد زیادی تابعی از تنوع اشکوب علفی (Gilliam, 2007) و تهدید تنوع زیستی جنگل تابعی از تهدید تنوع زیستی گونه‌های علفی است (Jolls, 2003). از طرفی شناخت الگوهای غنا و تنوع گونه‌ای مبنائی برای حفاظت از مناطق طبیعی (Fetene et al., 2006; Muhumuza and Byarugaba, 2009) و درک الگوهای مکانی و زمانی مؤثر بر آن از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی اکولوژیست‌ها می‌باشد (Lomolino, 2001). تفاوت در الگوهای تنوع و غنای گونه‌ای همواره به چندین گرادیان اکولوژیکی مرتبط می‌باشد (Huston and DeAngelis, 1994). در این میان می‌توان به تأثیر گرادیان‌های عرض جغرافیایی با بیشترین میزان بحث و تحقیق (Willig et al., 2003) و تأثیر گرادیان‌های ارتفاعی اشاره کرد (Wang et al., 2002). گرادیان ارتفاعی از مهم‌ترین عوامل موثر بر تنوع گونه‌ای مناطق کوهستانی است (McVicar and Ko¨ rner, 2012) که با تاثیر بر ساختار پوشش گیاهی (Rahbek, 2005) الگوهای مکانی غنا و تنوع گونه‌ای در مناطق کوهستانی را به وجود می‌آورد (Lomolino,

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

2001). عقیده عمومی بر این است که غنا و تنوع گونه‌ای با افزایش ارتفاع دارای کاهش یکنواختی می‌باشد، هرچند این فرضیه امروزه دارای ابهاماتی می‌باشد. رابک (Rahbek,۱۹۹۵) پس از بررسی کامل یک سری از مقالات نشان داد گرچه غنا گونه‌ای با افزایش ارتفاع تمایل به کاهش دارد اما لزوماً این روند یکنواخت نیست. در۵۰ درصد از مطالعات مورد بررسی ایشان حداکثر غنای گونه‌ای در ارتفاعات کم (وجود ثبات در غنای گونه‌ای از زمین‌های پست تا ارتفاعات میانی و سپس کاهش شدید غنای گونه‌ای) یا متوسط (وجود یک الگوی قوز پشتی با حداکثر غنا در ارتفاعات میانی) مشاهده شد (Wang et al., 2009). در یک نگاه کلی به تحقیقات انجام شده در زمینه الگوهای تنوع گونه‌های گیاهی در پاسخ به گرادیان ارتفاعی نیز نتایج بدست آمده متفاوت از هم می‌باشد، به طوری که در بعضی موارد با افزایش ارتفاع، تنوع گونه‌ای افزایش می‌یابد (Zhang et al., 2017) و در برخی دیگر یک روند کاهشی در تنوع گونه ای دیده می‌شود (Sharma et al., 2009). در بسیاری از موارد نیز روند تغییرات تنوع گونه‌ای به موازات افزایش ارتفاع به صورت یک تابع درجه دو می‌باشد (Joseph et al., 2008; Rahbek, 2005; Wang et al., 2002). همچنین در تعداد کمی از مطالعات تنوع گونه‌ای با تغییر ارتفاع تغییری نکرده (Lopez et al., 2005; Wilson and Sydes, 1988) و یا در بسیاری از مطالعات یک توزیع "خمیده" (اوج تنوع گونه‌ای در ارتفاعات میانی) دیده می‌شود (Amit Chawla et al., 2008; Sharma et al., 2019). نتایج این پژوهش‌ها باعث شد ارزیابی‌های مجدد از ماهیت غنا و تنوع گونه‌ای در امتداد گرادیان ارتفاعی به یکی از نقاط کانونی پژوهش در اکوسیستم‌های کوهستانی تبدیل شود. در ایران نیز حسینی (۱۳۹۴) در بررسی اثر گرادیان ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های بلوط هیانان ایلام نشان دادند که ارتفاع از سطح دریا بر تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌های آشکوب درختی تاثیر معنی‌دار داشته و طبقات ارتفاعی میانی (۲۱۰۰-۲۰۰۰ متر) بالاترین تنوع و غنای گونه‌ای را دارد. همچنین یکنواختی با افزایش ارتفاع روند افزایشی داشته ولی در طبقه ارتفاعی ۲۳۰۰ متر کاهش می‌یابد. حیدری و همکاران (۱۳۸۹) نیز تنوع و غنای گونه‌ای گیاهان اشکوب علفی قسمتی از جنگل‌های زاگرس میانی در رابطه با عوامل فیزیوگرافی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که ارتفاع از سطح دریا بر تنوع و غنای گونه‌های علفی تاثیر معنی‌داری داشته، به طوریکه بیشترین تنوع و غنا در دامنه ارتفاعی کمتر از ۱۶۰۰ متر و کمترین میزان تنوع و غنا در ارتفاعات بیشتر از ۱۸۰۰ متر مشاهده شد.

به طور کلی و با توجه به تنوع محسوس و قابل توجه اشکوب علفی منطقه رویشی زاگرس نسبت به اشکوب درختی (مروی مهاجر، ۱۳۹۰)، پژوهش پیش‌رو سعی دارد تا با استفاده از روش‌های آماری تفسیر مناسب‌تری از تغییرات اشکوب علفی مهم‌ترین تیپ جنگلی زاگرس میانی (بلوط ایرانی) در ارتباط با درصد اشکوب فوقانی، ویژگی‌های فیزیوگرافی و خاکی ارائه دهد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحتی بالغ بر ۲۵۶ هکتار قسمتی از سامان عرفی تاف با ۴۴۵۶ هکتار مساحت است که در محدوده عرض جغرافیایی "۹۴.′۸۳.°۳۶ تا "۲۰.′۸۷.°۳۶ شمالی و طول جغرافیایی "۸۰.′۳۱.°۲۶ تا "۷۶.′۴۳.°۲۶ شرقی واقع شده است. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه ۱۷۲۰ و ۲۷۰۰ متر از سطح دریا است (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۹). سنگ مادر از نوع آهک توده‌ای سفید رنگ با مارن‌های قرمز گچدار است. خاک منطقه کم عمق تا نسبتاً عمیق با بافت خاک لومی-رسی تا لومی-رسی لای‌دار با اسیدیته ۷/۶ است. میزان بارندگی سالانه منطقه ۷۲۵ میلیمتر و متوسط سالانه دمای هوا ۱۱درجه سانتی‌گراد است. این منطقه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم نیمه مرطوب سرد است (مهندسین مشاور جهاد سبز، ۱۳۸۵).

روش پژوهش

در پژوهش حاضر تغییرات شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌های گیاهی، در دامنه شمالی گرادیان ارتفاعی ۷۰۰ متری (۲۴۰۰-۱۷۰۰ متری) از جنگل‌های بلوط ایرانی زاگرس میانی در ارتباط با ارتفاع از سطح دریا و برخی متغیرهای خاکی بررسی شد. منطقه مورد مطالعه با تغییرات ارتفاعی مناسب، از تیپ‌های خالص بلوط شروع شده و تا مراتع ییلاقی موجود در ارتفاعات ادامه دارد. بدین منظور در هر طبقه ارتفاعی ۱۰۰ متری از دو قطعه نمونه ۵۰۰ مترمربعی مستطیلی (۲۵×۲۰ متر) تصادفی برای نمونه‌برداری از اشکوب درختی استفاده شد. اشکوب علفی در هر قطعه نمونه نیز با استفاده از ۳ قطعه نمونه چهار متر مربعی (۲×۲ متر) تصادفی برداشت گردید (Sánchez-González and López-Mata, 2005). استقرار تصادفی قطعات نمونه با پوشش دادن مناطق ناهمگن و گرادیان‌های محیطی پیچیده (Stohlgren, 2007)، احتمال برداشت گونه‌های نادر و به تبع از آن گونه‌های بیشتر را افزایش می‌دهد. شایان ذکر است که میزان سطح حداقل برای برداشت پوشش علفی با توجه به منحنی گونه-مساحت و به هنگام اوج پوشش گیاهی منطقه محاسبه گردید (Stohlgren, 2007). جهت اشراف به سطح قطعات‌نمونه، هر کدام از قطعات‌نمونه چهار متر مربعی خود به چهار ریز قطعه‌نمونه یک متر مربعی تقسیم گردید (Sánchez-González and López-Mata, 2005). در هر ریز قطعه‌نمونه یک متر مربعی علاوه بر اندازه‌گیری غنای گونه‌ای، درصد حضور گونه‌ای نیز به عنوان معیاری از وفور ثبت شد. در نهایت میانگین درصد حضور گونه‌های گیاهی موجود در چهار ریز قطعه نمونه یک متر مربعی محاسبه شد. بدین معنی که در بخش پوشش علفی از داده‌های ۴۲ قطعه نمونه ترکیبی چهار متر مربعی که ماحصل داده‌های ۱۶۸ ریز قطعه نمونه یک متر مربعی است برای محاسبات استفاده شد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

برای بررسی تغییرات غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌ای علاوه بر ثبت ارتفاع، شیب و درصد تاج‌پوشش قطعات نمونه، از چهارگوشه و مرکز هر قطعه نمونه دو نمونه ترکیبی خاک (Koorem and Moora, 2010) از اعماق ۰-۱۰ و ۱۰- ۳۰ سانتیمتری برداشته شد. نمونه‌های خاک نیز پس از خشک شدن در هوای آزاد، از الک با روزنه (mesh) ۲ میلیمتری عبور داده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری بایکاس، اسیدیته گل اشباع با pH متر، هدایت الکتریکی توسط هدایت‌سنج الکتریکی، درصد کربن آلی به روش والکلی بلاک، نیتروژن به وسیله کجلدال، پتاسیم با دستگاه جذب اتمی، میزان کلسیم به روش کمپلکسومتری، فسفر به روش اولسن و میزان آهک به روش تیتراسیون برگشتی با سود اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای با استفاده از نرم افزار تخصصی PAST اندازه‌گیری شد. نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و مقایسه شاخص‌ها در طبقات ارتفاعی با آنالیز واریانس یکطرفه انجام گرفت. ارتباط ویژگی‌های فیزیوگرافی، متغیرهای خاکی و درصد تاج‌پوشش با مقادیر تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و تجزیه تحلیل‌های کمی با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver. 22 انجام گرفت. همچنین با استفاده از نرم افزار PC Ord نسخه (۴/۱۷) مهم‌ترین مؤلفه‌های محیطی تاثیرگذار با استفاده تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) مشخص شدند.

نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی بین شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی در ارتباط با داده‌های ارتفاعی و شیب منطقه نشان داد که هیچ گونه ارتباط و الگوی معنی‌داری بین تغییرات ارتفاعی و شیب منطقه با شاخص‌های تنوع، غنا و یکنواختی گونه‌ای وجود ندارد (جدول ۱، شکل ۱). همچنین بجز شاخص‌های غنا، بین شاخص‌های تنوع و شاخص‌های یکنواختی با میزان تاج‌پوشش همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱).

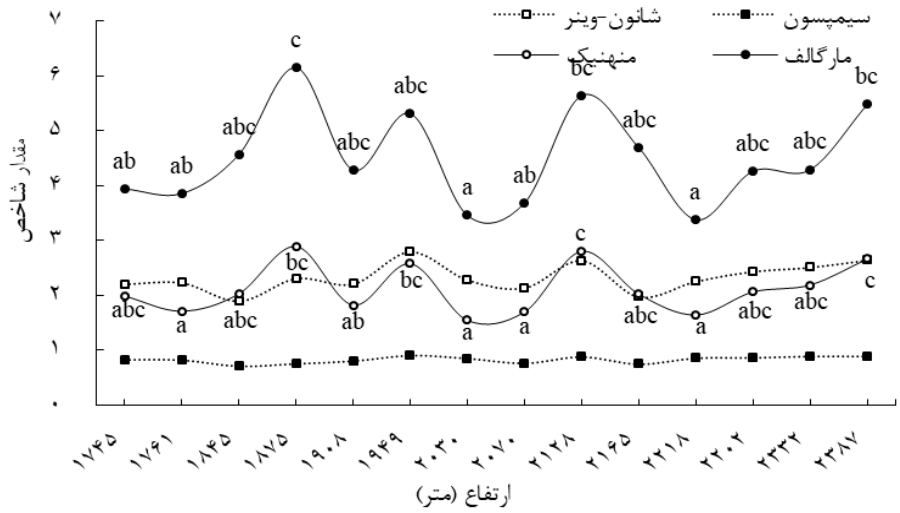
همچنین نتایج نشان داد که علی‌رغم اختلاف معنی‌دار بین شاخص‌های تنوع در قطعه‌نمونه‌های برداشت شده، اختلاف معنی‌داری در مقادیر شاخص‌های غنا و یکنواختی مشاهده شد (شکل ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

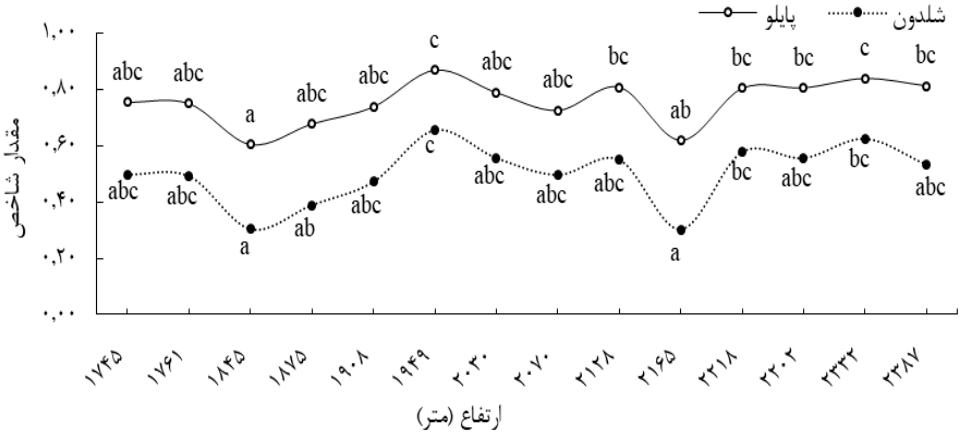
جدول ۱- همبستگی و سطح معنی‌داری شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی در رابطه با ارتفاع، تاج‌پوشش و شیب

	Shannon	Simpson	Menhinick	Margalef	Equitability	Evenness
Altitude	۰/۳۹۵^{ns}	۰/۴۶۱^{ns}	۰/۱۶۵^{ns}	۰/۰۷۲^{ns}	۰/۳۹۹^{ns}	۰/۳۵۱^{ns}
Canopy	-۰/۵۹*	-۰/۶۸۹**	-۰/۲۶۲^{ns}	-۰/۱۰۸^{ns}	-۰/۶۰۸*	-۰/۵۴۶*
Slope	-۰/۰۲۱^{ns}	۰/۲۸۷^{ns}	-۰/۳۱۸^{ns}	-۰/۴۶۴^{ns}	۰/۲۷۵^{ns}	۰/۲۹۷^{ns}

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ns فاقد همبستگی معنی‌دار



شکل ۱- روند تغییرات شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای در طول گرادیان ارتفاعی



شکل ۲- روند تغییرات شاخص‌های یکنواختی گونه‌ای در طول گرادیان ارتفاعی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

جدول ۲- میزان همبستگی و سطح معنی‌داری شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای

	شانون-وینر	سیمپسون		شانون-وینر	سیمپسون
منهنیک	۰/۷۴۸**	۰/۵۳۶**	مارگالف	۰/۶۷۴**	۰/۴۰۸**
شلدون	۰/۷۹۴**	۰/۸۴۹**	پایلو	۰/۸۸۸**	۰/۹۴۷**

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون نشان داد که شاخص غنا و یکنواختی با مقادیر تنوع شانون- وینر و سیمپسون دارای همبستگی مثبت معنی‌دار می‌باشند (جدول ۲).

از طرفی شاخص‌های غنای منهینیک و مارگالف با میزان رس و سیلت در عمق دوم همبستگی مثبت معنی‌داری نشان دادند. همچنین شاخص‌های غنای منهنیک و مارگالف با مقادیر کربن آلی دو عمق، پتاسیم عمق اول، نیتروژن و ماسه عمق دوم همبستگی منفی معنی‌داری نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- میزان همبستگی و سطح معنی‌داری شاخص‌های غنای گونه‌ای در رابطه با متغیرهای خاکی

	متغیرهای خاکی عمق اول											
	رس	سیلت	ماسه	آهک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن‌آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کلسیم	رطوبت اشباع
منهنیک	۰/۰۳ns	-۰/۱۱ns	۰/۰۱ns	-۰/۰۱۵ns	-۰/۴۹۶**	۰/۳۰ns	۰/۰۳ns	-۰/۳۵*	۰/۰۳ns	۰/۰۹ns	۰/۰۷ns	-۰/۲۶ns
مارگالف	-۰/۰۰۸ns	۰/۰۳ns	-۰/۰۰۹ns	-۰/۰۵ns	-۰/۴۴**	-۰/۲۶ns	۰/۰۱ns	-۰/۳۷*	۰/۰۴ns	۰/۱ns	۰/۰۳ns	-۰/۱۸ns
	متغیرهای خاکی عمق دوم											
	رس	سیلت	ماسه	آهک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن‌آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کلسیم	رطوبت اشباع
منهنیک	۰/۳۹**	۰/۳۰*	-۰/۳۹**	-۰/۰۵ns	-۰/۲۵ns	-۰/۲۶ns	-۰/۴۱**	-۰/۴۲**	۰/۰۹ns	۰/۰۳ns	-۰/۰۰۹ns	-۰/۱۹ns
مارگالف	۰/۳۰*	۰/۲۸ns	-۰/۳۲*	-۰/۰۶ns	-۰/۱۸ns	-۰/۲۵ns	-۰/۴۰**	-۰/۳۹*	-۰/۰۱ns	۰/۰۲ns	-۰/۰۰۱ns	-۰/۱۷ns

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ns فاقد همبستگی معنی‌دار

نتایج همبستگی پیرسون نشان داد هیچ گونه همبستگی معنی‌داری بین شاخص‌های تنوع شانون- وینر و سیمپسون در رابطه با متغیرهای خاکی وجود ندارد (جدول ۴).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

جدول ۴- نتایج همبستگی پیرسون بین شاخص‌های تنوع گونه‌ای در رابطه با متغیرهای خاکی

	متغیرهای خاکی عمق اول											
	رس	سیلت	ماسه	آهک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن‌آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کلسیم	رطوبت اشباع
شانون-وینر	۰/۱۲۷^{ns}	-۰/۲۵۷^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	-۰/۰۵۲^{ns}	-۰/۲۷۸^{ns}	۰/۰۲۶^{ns}	۰/۱۳۹^{ns}	-۰/۱۲۵^{ns}	-۰/۱۵۳^{ns}	۰/۱۲۶^{ns}	-۰/۰۲۳^{ns}	-۰/۰۹۱^{ns}
سیمپسون	۰/۱۳۷^{ns}	-۰/۳۲۵*	۰/۰۲۲^{ns}	۰/۰۲۲^{ns}	-۰/۲۱۲^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۰۸۶^{ns}	-۰/۱۵۲^{ns}	-۰/۰۵۹^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۲۴^{ns}	-۰/۱۴۷^{ns}
	متغیرهای خاکی عمق دوم											
	رس	سیلت	ماسه	آهک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن‌آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کلسیم	رطوبت اشباع
شانون-وینر	۰/۱۰۵^{ns}	-۰/۰۳۱^{ns}	-۰/۰۶۳^{ns}	-۰/۰۹۸^{ns}	-۰/۰۶۶^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}	-۰/۱۶۷^{ns}	-۰/۱۶۸^{ns}	-۰/۰۹۹^{ns}	۰/۱۳۰^{ns}	-۰/۱۰۷^{ns}	۰/۰۴۱^{ns}
سیمپسون	۰/۰۴۹^{ns}	-۰/۰۹۶^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	-۰/۰۷۰^{ns}	۰/۰۹۱^{ns}	-۰/۰۹۴^{ns}	-۰/۱۰۶^{ns}	۰/۰۲۵^{ns}	۰/۰۵۵^{ns}	-۰/۰۳۳^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}

ns: فاقد همبستگی معنی‌دار

در نهایت شاخص‌های یکنواختی شلدون و پایلو بجز با میزان سیلت در عمق اول با هیچ کدام از متغیرهای خاکی مورد بررسی همبستگی معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج همبستگی پیرسون بین شاخص‌های یکنواختی در رابطه با متغیرهای خاکی

	متغیرهای خاکی عمق اول											
	رس	سیلت	ماسه	آهک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن‌آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کلسیم	رطوبت اشباع
شلدون	۰/۱۸۵^{ns}	-۰/۳۱۸*	-۰/۰۱۷^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	-۰/۰۴۳^{ns}	۰/۰۲۶^{ns}	۰/۱۵۵^{ns}	۰/۰۳۶^{ns}	-۰/۲۴۸^{ns}	۰/۰۹۳^{ns}	-۰/۰۳۵^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}
پایلو	۰/۱۶۵^{ns}	-۰/۳۳۵*	۰/۰۰۵^{ns}	-۰/۰۰۱^{ns}	-۰/۱۲۵^{ns}	۰/۱۴۴^{ns}	۰/۱۳۵^{ns}	-۰/۰۴۲^{ns}	-۰/۱۸۸^{ns}	۰/۰۷۵^{ns}	-۰/۰۱۶^{ns}	-۰/۰۵۱^{ns}
	متغیرهای خاکی عمق دوم											
	رس	سیلت	ماسه	آهک	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن‌آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کلسیم	رطوبت اشباع
شلدون	-۰/۰۸۲^{ns}	-۰/۲۲۵^{ns}	۰/۱۴۴^{ns}	-۰/۰۶۸^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۲۵۱^{ns}	۰/۰۶۲^{ns}	۰/۰۴۴^{ns}	-۰/۱۵^{ns}	۰/۱۶۳^{ns}	-۰/۱۱۹^{ns}	۰/۱۶۳^{ns}
پایلو	-۰/۰۳۱^{ns}	-۰/۱۷۵^{ns}	۰/۰۸۸^{ns}	-۰/۰۴۸^{ns}	-۰/۰۲۸^{ns}	۰/۱۸۸^{ns}	-۰/۰۱۳^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	-۰/۰۹۴^{ns}	۰/۱۳۱^{ns}	-۰/۰۹۳^{ns}	۰/۱۰۸^{ns}

ns: فاقد همبستگی معنی‌دار، ×: معنی دار در سطح ۵ درصد

تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA)

در این بررسی پس از تهیه جدول ماتریس عوامل محیطی از روش تحلیل مولفه‌های اصلی جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. از آنجایی‌که آماره بروکن- استیک چهار محور از ارزش ویژه متناظر خود کوچک‌تر هستند، بنابراین در تجزیه و تحلیل‌ها می‌توان از هر چهار محور استفاده کرد. نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی در مورد ۳۳ متغیر محیطی اندازه‌گیری شده نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول، دوم، سوم و چهارم در مجموع ۸۱/۱۴ تغییرات خاکی، فیزیوگرافی و شاخص‌های تنوع گونه‌ای منطقه را تشریح می‌کنند (جدول ۶).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

جدول ۶- مقادیر واریانس، ارزش ویژه و آماره بروکن-استیک در محورهای PCA

محور	ارزش ویژه	واریانس (٪)	واریانس تجمعی (٪)	آماره بروکن-استیک
۱	۱۲/۴۳	۳۷/۶۷	۳۷/۶۷	۴/۰۸
۲	۵/۶۸	۱۷/۲۲	۵۴/۸۹	۳/۰۸
۳	۵/۳	۱۶/۰۴	۷۰/۹۶	۲/۵۸
۴	۳/۴۵	۱۰/۴۵	۸۱/۱۴	۲/۲۵

جدول ۷ ارتباط هر کدام از متغیرهای محیطی با محورهای استخراجی را نمایش می‌دهد. بر این اساس، متغیرهای پتاسیم، فسفر، کربن آلی، رطوبت اشباع دو عمق و نیتروژن عمق دوم همبستگی مثبت و با مقادیر اسیدیته دو عمق و کلسیم عمق اول همبستگی منفی نشان داد. این محور بیشترین مقدار تغییرات موجود در خاک منطقه را توجیه می‌کند. از طرفی محور دوم با مقادیر تنوع، یکنواختی، ارتفاع از سطح دریا همبستگی مثبت و با میزان تاج‌پوشش همبستگی منفی نشان می‌دهد. همچنین محور سوم با مقادیر غنای منهنیک و مارگالف، رس، سیلت عمق دوم همبستگی مثبت و با مقادیر شیب، آهک دو عمق، ماسه و کلسیم عمق دوم همبستگی منفی نشان داد (جدول ۷).

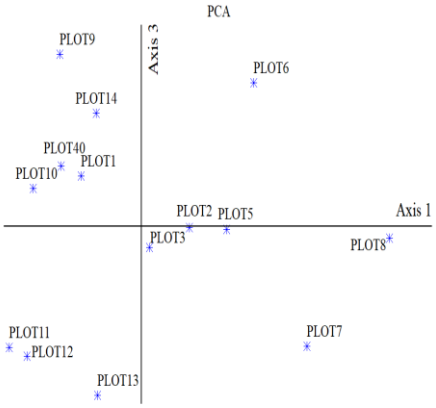
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

جدول ۷- همبستگی بین متغیرهای محیطی و مؤلفه‌های PCA

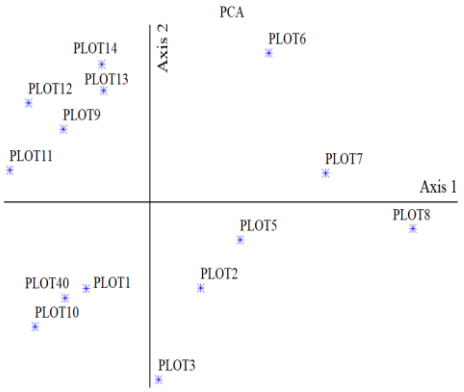
متغیرهای عمق اول	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	متغیرهای عمق دوم	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
رس (٪)	۰/۰۰۲	۰/۰۸۳	-۰/۰۳۶	**۰/۴۶۵**	رس (٪)	-۰/۰۹۲	-۰/۰۰۰۳	**۰/۳۴۲**	-۰/۰۹۸
سیلت (٪)	۰/۰۳۶	-۰/۲۳۶	۰/۰۱۶	**۰/۳۹۶**	سیلت (٪)	-۰/۱۰۶	-۰/۱۵۳	**۰/۲۸۱**	۰/۱۴۳
ماسه (٪)	-۰/۰۱۵	۰/۰۲۷	۰/۰۲۱	**-۰/۴۹۶**	ماسه (٪)	۰/۱۰۶	۰/۰۵۸	**-۰/۳۵۱**	۰/۰۱۵
آهک (٪)	-۰/۲۰۵	۰/۰۲۲	**-۰/۲۵۳**	۰/۰۸۶	آهک (٪)	-۰/۲۲۰	-۰/۰۰۳	**-۰/۲۵۰**	۰/۰۱۴
پتاسیم ($Mg.kg^{-1}$)	**۰/۱۹۶**	-۰/۱۱۱	-۰/۱۵۵	-۰/۰۹۷	پتاسیم ($Mg.kg^{-1}$)	**۰/۲۱۶**	-۰/۰۰۸	-۰/۱۰۷	۰/۱۲۲
فسفر ($Mg.kg^{-1}$)	**۰/۲۴۰**	۰/۰۸۸	-۰/۰۶۴	-۰/۱۹۲	فسفر ($Mg.kg^{-1}$)	**۰/۲۳۷**	۰/۰۹۹	-۰/۰۸۵	-۰/۱۴۶
نیتروژن (٪)	۰/۱۷۲	۰/۱۱۹	۰/۰۹۴	**۰/۲۹۲**	نیتروژن (٪)	**۰/۲۱۶**	-۰/۰۷۱	-۰/۱۵۹	۰/۱۱۷
کربن آلی (٪)	**۰/۲۶۲**	-۰/۰۷۱	-۰/۰۴۳	-۰/۰۳۷	کربن آلی (٪)	**۰/۲۲۸**	-۰/۰۷۵	-۰/۱۵۹	۰/۰۶۸
اسیدیته	**-۰/۲۳۷**	-۰/۱۴۷	-۰/۰۲۳	-۰/۰۲۳	اسیدیته	**-۰/۲۳۸**	-۰/۰۷۰	-۰/۰۹۸	-۰/۰۳۸
هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	۰/۱۶۰	۰/۱۳۶	۰/۰۴۳	**۰/۱۶۵**	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	۰/۱۹۹	۰/۱۲۶	۰/۰۶۹	**۰/۲۲۵**
کلسیم ($meq.lit^{-1}$)	**-۰/۲۱۴**	۰/۰۲۴	-۰/۲۰۴	**۰/۱۷۱**	کلسیم ($meq.lit^{-1}$)	-۰/۲۱۶	-۰/۰۲۴	**-۰/۲۲۹**	۰/۱۰۴
رطوبت اشباع (٪)	**۰/۲۷۲**	-۰/۰۴۵	۰/۰۴۳	-۰/۰۳۱	رطوبت اشباع (٪)	**۰/۲۶۷**	۰/۰۳۵	۰/۰۰۸	**۰/۰۱۶**
شانون-وینر	-۰/۰۱۷	**۰/۳۷۶**	۰/۱۴۳	۰/۰۲۹	ارتفاع (متر)	-۰/۰۸۳	**۰/۲۷۴**	-۰/۱۰۰	۰/۰۷۱
سیمپسون	-۰/۰۳۱	**۰/۳۸۲**	۰/۰۰۹	-۰/۰۲۶	شیب (٪)	-۰/۱۱	۰/۰۹۶	**۰/۳۳۵-**	۰/۰۳۲
شلدون	۰/۰۴۱	**۰/۳۷۳**	-۰/۰۵۱	-۰/۰۱۵	تاج‌پوشش (٪)	۰/۱۴۲	**-۰/۳۲۱**	۰/۰۵	۰/۰۱۹
منهنیک	-۰/۱۰۵	۰/۱۲۷	**۰/۲۹۰**	۰/۱۱۰	مارگالف	-۰/۰۸۸	۰/۰۵۹	**۰/۳۰۸**	۰/۱۰۱
پایلو	۰/۰۱۴	**۰/۳۸۴**	-۰/۰۲	-۰/۰۲۰					

بیشترین همبستگی متغیرها با مؤلفه‌ها با کشیدن خط در زیر ضریب‌ها نشان داده شده است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]



شکل ۳- تحلیل مؤلفه‌های اصلی با محورهای ۱ و ۲



شکل ۴- تحلیل مؤلفه‌های اصلی با محورهای ۱ و ۳

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که به واسطه افزایش ارتفاع الگوی مشخصی در مقادیر غنا و تنوع گونه‌ای ایجاد نمی‌شود. همچنین برخلاف مقادیر غنای گونه‌ای که فقط تحت تاثیر برخی متغیرهای خاکی قرار می‌گیرند، مقادیر تنوع و یکنواختی گونه‌ای بدون همبستگی معنی‌داری با متغیرهای خاکی و شیب، فقط تحت تاثیر درصد تاج‌پوشش اشکوب فوقانی قرار می‌گیرند.

وجود این نوع از الگوهای غنا و تنوع گیاهی در منطقه می‌تواند نشان‌دهنده یکنواخت بودن تنوع زیستگاه‌ها و گروه‌های تاکسونومی اکولوژیکی در طول گرادیان ارتفاعی منطقه باشد. زیرا براساس مطالعات امیت چاولا و همکاران (Amit Chawla et al., 2008) به علت تغییرات تنوع زیستگاه‌ها در طول گرادیان ارتفاعی است که الگوهای متنوعی از شاخص‌های غنا و تنوع گیاهی ایجاد می‌شود. پژوهش‌های اولیه گرینل و ویتاکر نیز نشان داد کـه الگوهای ارتفاعی غنای گونه‌ای منعکس کننده گروه‌های تاکسونومی اکولوژیکی می‌باشند (McCain, 2010). همچنین از آنجا که گرادیان‌های ارتفاعی اساسا منعکس‌کننده تغییرات بارش و دما می‌باشند (Xu, 2017) لذا افزایش ارتفاع در مقیاس منطقه‌ای به طور مستقیم از طریق تغییر در مقادیر بارش و دما (Grytnes and Beaman, 2006) و به طور غیرمستقیم از طریق تاثیر در تشکیل خاک، تأثیرات عمده‌ای بر جوامع گیاهی دارد (Muller and Oberlande, 1978). بر این اساس عدم تغییر در شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای در طول گرادیان ارتفاعی بدین معناست که تغییرات گرادیان ارتفاعی منطقه به اندازه‌ای نبوده که میزان دما و بارش را تحت تاثیر قرار داده و به تبع آن شاخص‌های غنا و تنوع را تحت تاثیر قرار دهد. در نتیجه می‌توان گفت که عواملی همچون در دسترس بودن منابع، همپوشانی زیستگاه‌ها، کم بودن گرادیان ارتفاعی و فعالیت‌های انسانی در منطقه ممکن است زمینه‌ساز این نوع از الگوهای غنا و تنوع گونه‌ای در منطقه

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

مورد مطالعه باشد. برخلاف نتایج این پژوهش در تعدادی از مطالعات تنوع گونه‌ای با افزایش ارتفاع، افزایش (Zhang et al., 2017)، کاهش (Sharma et al., 2009) به صورت یک تابع درجه دو (Wang et al., 2002؛ Rahbek, 2005؛Joseph et al., 2008) و یا در تعداد کمی از مطالعات تغییری نمی‌کند (Lopez et al., 2005; Wilson and Sydes, 1988). در مطالعات انجام گرفته در منطقه زاگرس نیز نتایج حیدری و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که ارتفاع از سطح دریا بر تنوع و غنای گونه‌های علفی زیر اشکوب جنگل‌های زاگرس میانی تاثیر معنی‌داری داشته، به‌طوریکه با افزایش ارتفاع میزان تنوع و غنا کاهش می‌یابد. در رابطه با شاخص‌های یکنواختی نیز نتایج پژوهش نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین تغییرات ارتفاع و شاخص‌های یکنواختی وجود ندارد. در این رابطه می‌توان تغییرات کم نرخ جایگزینی گونه‌ای در گرادیان ارتفاعی منطقه‌ای را از دلایل عدم رابطه بین تغییرات ارتفاعی و عدم تغییر شاخص‌های یکنواختی بیان کرد (Amit Chawla et al., 2008).

پوشش گیاهی و به تبع آن شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای در مقیاس‌های کوچک و محلی بیشتر تحت تأثیر خاک، عوامل توپوگرافی (Cui et al., 2009) و یا روابط بین گونه‌ای قرار می‌گیرد (زارع چاهوکی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهش حاضر نیز متغیرهای خاکی و عوامل توپوگرافی (شیب و ارتفاع) همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های تنوع و یکنواختی نشان نداد. لذا با توجه به وجود همبستگی منفی بین شاخص‌های تنوع و یکنواختی با درصد تاج‌پوشش (جدول ۱) می‌توان گفت که درصد تاج‌پوشش اشکوب فوقانی از جمله مهمترین عواملی است که بر مبنای روابط بین گونه‌ای مقدار این شاخص‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بدین معنی که با افزایش درصد تاج‌پوشش میزان تنوع و یکنواختی گونه‌ای کاهش می‌یابد. در این راستا ووکن‌هوبر و همکاران (Vockenhuber et al., 2011) بیان داشتند که اشکوب علفی می‌تواند از طریق دسترسی به منابع و شرایط مناسب، توسط اشکوب درختی تحت تاثیر قرار گیرد.

طبق نتایج شاخص‌های غنای منهینیک و مارگالف با مقادیر تنوع (جدول ۲) و میزان رس و سیلت در عمق دوم (جدول ۳) همبستگی مثبت معنی‌داری نشان دادند. از آنجایی که شاخص‌های تنوع مجموعی از شاخص‌های غنا و یکنواختی هستند بدیهی است که همبستگی معنی‌دار بالای بین شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای وجود داشته باشد (Akatove et al., 2018). همبستگی مثبت بین شاخص‌های غنا و میزان رس می‌تواند در نتیجه حفظ رطوبت خاک توسط رس توجیه شود. چراکه رطوبت خاک در میزان غنای گونه‌ای موثر بوده (Jones et al., 2019) و براساس نتایج مدینسکی و همکاران (Medinski et al., 2010) میزان رس با حفظ افزایش رطوبت خاک باعث افزایش غنا و تنوع گونه‌ای می‌شود. نتیجه این پژوهش در راستای نتایج جعفری‌سرابی و همکاران (۱۳۹۷) و برخلاف نتایج طالشی و اکبری‌نیا (۱۳۹۰) می‌باشد. در تحقیق حاضر همبستگی مثبت معنی‌داری بین مقادیر

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

غنا در ارتباط با میزان سیلت خاک مشاهده شد. در تائید این نتیجه میرزایی و همکاران (۱۳۸۶) بیان داشتند که میزان سیلت با تنوع گونه‌های علفی همبستگی مثبتی دارد، به طوریکه با افزایش درصد سیلت میزان تنوع گونه‌های علفی افزایش پیدا می‌کند. ایشان در این رابطه بیان داشتند که سیلت با ذخیره بیشتر آب در محدوده پراکنش ریشه گیاهان و مساعد کردن شرایط رطوبتی خاک افزایش تنوع و غنای گونه‌ای را در پی دارد. همچنین مناسب بودن سیلت از جهت اعتدال در نفوذ آب و وجود عناصر غذایی فراوان از دیگر دلایل افزایش غنای گونه‌ای می‌باشد (G-Campo et al., 1999). این نتیجه در راستای نتایج جعفری‌سرابی و همکاران (۱۳۹۷) می‌باشد. همچنین شاخص‌های غنای منهنیک و مارگالف با مقادیر پتاسیم، نیتروژن، ماسه و کربن آلی همبستگی منفی معنی‌داری نشان داد. به عبارتی با افزایش عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و کربن آلی خاک میزان شاخص‌های غنا کاهش معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد با افزایش عناصر غذایی (افزایش حاصلخیزی) رقابت بین گونه‌ای بر سر مواد غذایی کاهش یافته و گیاهان بیشتر در کسب نور و دیگر موارد با هم رقابت می‌کنند در نتیجه گیاهانی که توان رقابت نوری ندارند از بین رفته و شرایط برای غلبه تعدادی از گونه‌ها فراهم آید. به تبع چنین مکانیسمی میزان غنا کاهش می‌یابد. در واقع در رویشگاه‌های حاصلخیز در نتیجه خارج سازی ناشی از رقابت تنوع و غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد (Stohlgren, 2007). این نتایج در راستای نتایج جعفری-سرابی و همکاران (۱۳۹۷) و برخلاف نتایج کربی و پتوین (Kirby and Potvin, 2007) است که بیان داشتند، غنای گونه‌ای با تغییرات کربن آلی خاک ارتباط معنی‌داری ندارد. بر طبق نتایج با افزایش ماسه غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد. در تائید این نتایج تحقیقات مشابه گرون‌گروفت و همکاران (Grongroft et al., 2003) همچنین جعفری‌سرابی و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که با افزایش ماسه از میزان تنوع گونه‌ای کاسته می‌شود. در توجیه این مطلب می‌توان گفت که افزایش ماسه باعث بالا رفتن نفوذپذیری و خشک شدن سریع خاک می‌شود. لذا از آنجا که رطوبت در دسترس ریشه مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاهان است (Fisher et al., 1987) افزایش ماسه با نامساعد شدن شرایط رطوبتی خاک می‌تواند میزان غنای گونه‌ای کاهش دهد. در تائید این نتیجه مدبری و مینایی (۱۳۹۳) نیز بیان داشتند در دامنه‌های جنوبی زاگرس، تنوع و غنای گونه‌های علفی با درصد ماسه رابطه‌ی معکوس دارد.

نتایج تحلیل مؤلفه‌های محیطی اندازه‌گیری شده با استفاده از PCA نشان داد که از نظر ماهیت اکولوژیکی محور اول نشان‌دهنده متغییرهای خاکی و محور دوم نشان‌دهنده شاخص‌های تنوع، یکنواختی، ارتفاع از سطح دریا و درصد تاج‌پوشش می‌باشد. محور سوم نیز تبیین‌کننده شاخص‌های غنا می‌باشد (جدول ۷). در این راستا نتایج PCA تقریبا نتایج گفته شده در بالا را به وضوح تایید می‌کنند. برای مثال همانگونه که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود قطعات نمونه ۳ و ۱۰ کمترین میزان

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

شاخص‌های یکنواختی را نشان می‌دهند. همچنین در شکل‌های ۱ و ۴، قطعات نمونه ۴، ۶، ۹ و ۱۴ بیشترین غنای گونه‌ای را نشان می‌دهند.

به طور کلی و براساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت که با اینکه الگوی خاصی از تنوع و غنا در طول گرادیان ارتفاعی جنگل‌های بلوط ایرانی منطقه مشاهده نگردید، اما مقادیر کربن آلی، نیتروژن، پتاسیم، رس، ماسه و سیلت مهم‌ترین متغیرهای خاکی موثر بر غنای گونه‌ای و درصد تاج‌پوشش اشکوب فوقانی مهمترین عامل موثر بر شاخص‌های تنوع و یکنواختی گونه‌ای می‌باشد. این نتایج می‌تواند ماهیت دوگانه درصد تاج‌پوشش را نشان دهد. به طوریکه درصد تاج‌پوشش از طریق تاثیر مستقیم بر شرایط (بر مبنای روابط بین گونه‌ای) میزان تنوع و یکنواختی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرف دیگر می‌تواند با تاثیر غیر مستقیم بر منابع غذایی خاک شاخص‌های غنا را تحت تاثیر قرار دهد. در نهایت نتایج مشابه و متناقض این پژوهش با پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد که شناخت روابط بین شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای با عوامل محیطی بسیار پیچیده و حساس می‌باشد. لذا پی بردن به ظرافت این روابط و نحوه ارتباط آن‌ها نیازمند پژوهش‌های طولانی مدت و مکرر است.

منابع

جعفری‌سرابی، ح.، پیله‌ور، ب.، ابراری واجاری، ک.، واعظ موسوی، س م. ۱۳۹۷. تغییرات تنوع و غنای اشکوب علفی تیپ‌های جنگلی زاگرس میانی در ارتباط با ویژگی‌های اشکوب درختی و برخی متغیرهای خاک، فصلنامهٔ علمی - پژوهشی پژوهش و توسعه جنگل، ۴: ۲۲۱-۲۰۷.

حسینی، ا. ۱۳۹۴. اثر گرادیان ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌های درختی در جنگل‌های بلوط هیانان ایلام، فصلنامه اکوسیستم‌های طبیعی ایران، ۶ (۱): ۱-۹.

حیدری، م.، عطار روشن، س.، حاتمی، خ. ۱۳۸۹. ارزیابی تنوع زیستی گیاهان علفی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در اکوسیستم های جنگلی زاگرس میانی - منطقه حفاظت شده دالاب، مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۱(۲): ۲۸-۴۲.

زارع چاهوکی، م.ع.، نودهی، ر.، طویلی، ع. ۱۳۸۹. بررسی تنوع گونه‌ای و رابطهٔ آن با عوامل محیطی در مراتع اشتهارد، فصلنامه علمی -پژوهشی خشکبوم، ۱(۲): ۴۱-۴۹.

شعبانی‌راد، ب.، پیله‌ور، ب.، جعفری سرابی، ح.، ویسکرمی، غلامحسن. ۱۳۹۹. ترکیب فلورستیکی و جوامع گیاهی جنگل‌های بلوط ایرانی در ارتباط با گرادیان ارتفاعی (بررسی موردی: جنگل‌های تاف شهرستان خرم‌آباد)، فصلنامهٔ علمی - پژوهش و توسعه جنگل، ۶ (۱): ۵۷-۷۴.

طالشی، ح.، اکبری‌نیا، م. ۱۳۹۰. تنوع زیستی گونه‌های چوبی و علفی در رابطه با عوامل محیطی در جنگل‌های پایین بند شرق نوشهر، مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۴: ۷۷۷-۷۶۶.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

مدبری، ا.، مینایی، ح. ۱۳۹۳. بررسی تنوع زیستی و غنای گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافیکی و خصوصیات فیزیکو- شیمیایی خاک (منطقه خان کمان‌دار خرم‌آباد)، علوم و مهندسی محیط زیست، ۱: ۲۷-۱۹.

مروی مهاجر، م.ر. ۱۳۹۰. جنگل شناسی و پرورش جنگل، دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۳۸۷ص.

مهندسین مشاور جهاد سبز، طرح جنگلداری چند منظوره حوزه قلعه گل.، ۱۳۸۵.

میرزایی، ج.، اکبری‌نیا، م.، حسینی، س م.، سهرابی، ه.، حسین‌زاده، ج. ۱۳۸۶. تنوع گونه‌ای گیاهان علفی در رابطه با عوامل فیزیوگرافیک در اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس میانی، مجله زیست‌شناسی ایران،۲۰: ۳۸۲-۳۷۵.

Akatove, V.V., Akatova, T.V., Chefranov, C.G. 2018. The relationship of dominance and evenness with productivity and species richness in plant communities with different organization models. Russian journal of ecology, 49(4): 296-305.

Amit Chawla, S., Rajkumar, K., Singh Brij Lal, N., Singh, R.D. 2008. Plant Species Diversity along an Altitudinal Gradient of Bhabha Valley in Western Himalaya. Journal of Mountain Science, 5: 157–177.

Ampoorter, E., Beaten, L. Vanhellemont, M., Bruelheide, H., Lorenzen, M.S., Baasch, A., Erfmeier, A., Hock, M., Verheyen, K. 2015. Disentangling tree species identity and richness effects on the herb layer: first results from German tree diversity experiment. Journal of Vegetation Science, 26(4): 742–755.

Cui, B.S., Zhai, H.J., Dong, S.K., Chen, B., Liu, S.L. 2009. Multivariate analysis of the effects of edaphic and topographical factors on plant distribution in the Yilong lake basin of Yun-Gui Plateau, China. Canadian Journal of Plant Science, 89(1): 211–221.

Fetene, M., Assefa, Y., Gashaw, M., Woldu, Z., Beck, E. 2006. Diversity of afroalpine vegetation and ecology of treeline species in the Bale Mountains, Ethiopia, and the influence of fire. In: Spehn E. M., Liberman M., Ko¨rner editors C. New York, NY: CRC. Pp 25–38.

Fisher, F.M., Zak, J.C., Cunningham, G.L., Whitfor, W.G. 1987. Water and nitrojen effects on growth and allocation pattern of creosote bush in northern Chihuahuan Desert. Journal of Range Management, 41: 384-391.

G-Campo, J., Alberto, F., Hodgoson, J., G-Ruiz, J., M-Marti, G. 1999. Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain, interactions with topographic factors and soil erosion. Arid Environments, 41: 401-410.

Gilliam, F. S. 2007. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. BioScience, 57: 845-858.

Grongroft, A., Petersen A., Miehlich, G. 2003. Edaphical diversity and biodiversity in mutual dependency project, ID: 01 LC 0024; BIOTA AFRICA So2.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

Grytnes, J.A., Beaman, J.H. 2006. Elevation species richness patterns for vascular plants on Mount Kinabalu, Borneo. Journal of Biogeography, 33(10): 1838–1849.

Huston, M., DeAngelis, D.L.1994. Competition and Coexistence: the Effects of Resource Transport and Supply Rates. American Naturalist, 144: 954–977.

Jolls, C.L. 2003. Populations of and threats to rare plants of the herb layer: More challenges and opportunities for conservation biologists. In: Gilliam F.S., Roberts M.R. Eds. The Herbaceous Layer in Forests of Eastern North America. New York, Oxford University Press, Pp: 105–162.

Jones, J.A., Hutchinson, R., Moldenke, A., Pfeiffer, V., Helderop, E., Thomas, E., Griffin, J., Reinholtz, A. 2019. Landscape patterns and diversity of meadow plants and flower-visitors in a mountain landscape. Landscape Ecology, 34(5): 997-1014.

Joseph, S., Sudhakar-Reddy, C., Reddy, U., Pattanka, C., Sudhakar, S. 2008. Distribution of plant communities along climatic and topographic gradients in Mudumalai Wildlife Sanctuary (southern India). Biological Latter, 45: 29–41.

Kirby, K.R. Potvin, C. 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. Forest Ecology and Management, 246: 208–221.

Koorem, K., Moora, M. 2010. Positive association between understory species richness and a dominant shrub species (*Corylus avellana*) in a boreonemoral spruce forest, Forest Ecology and Management, 260(8): 1407–1413.

Lomolino, V.M. 2001. Elevation gradients of species–density: historical and prospective views. Global Ecology and Biogeography, 10: 3–13.

Lopez, L. 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico Diversity and Distributions. Diversity Distrib, 11: 567–575.

McCain, C.M. 2010. Global analysis of reptile elevational diversity. Global Ecology and Biogeography, 19: 541–553.

McVicar, T.R., Ko¨rner, C. 2012. on the use of elevation, altitude, and height in the ecological and climatological literature. Oecologia, 171: 335–337.

Medinski, T.V., Mills, A.J., Esler, K.J., Schmiedel, U., Jurgens, N. 2010. Do soil properties constrain species richness? Insights from boundary line analysis across several biomes in south western Africa. Journal of Arid Environments, 74: 1052-1060.

Metzger, K.L., Coughenour, M.B., Reich, R.M., Boone, R.B. 2005. Effects of seasonal grazing on plant species diversity and vegetation structure in a semi-arid ecosystem. Journal of Arid Environments 61: 147-160.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

Muhumuza, M., Byarugaba, D. 2009. Impact of land use on the ecology of uncultivated plant species in the Rwenzori mountain range, mid western Uganda. African Journal of Ecology, 47:614–621.

Muller, R. A., Oberlande, T. M., 1978. Physical Geography Today, a Portrait of a Planet, Random House. New York, 590 Pp.

O'Connor, T.G., Martindale, G., Morris, C.D., Short, A., Witkowski, T.F., Scott-Shaw, R. 2011. Influence of grazing management on plant diversity of highland sourveld grassland, kwazulu-natal, South Africa. Rangeland Ecology & Management, 64(2): 196-207.

Porro, F., Tomaselli, M., Abeli, T., Gandini, M., Gualmini, M., Orsenigo, S., Petraglia, A., Rossi, G., Carbognani, M. 2019. Could plant diversity metrics explain climate-driven vegetation changes on mountain summits of the GLORIA network? Biodiversity and Conservation, 2813: 3575-3596.

Priego-Santander, A.G., Campos, M., Bocco, G., Ramirez-Sanchez, L.G. 2013. Relationship between landscape heterogeneity and plant species richness on the Mexican Pacific coast, Applied Geography, 40: 171-178.

Pueyoa, Y., Aladosa, C.L., Ferrer-Benimeli, C. 2006. Is the analysis of plant community structure better than common species-diversity indices for assessing the effects of livestock grazing on a Mediterranean arid ecosystem? Journal of Arid Environments, 64: 698-712.

Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? Ecography, 18: 200–205.

Rahbek, C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness pattern. Ecology Letters, 8: 224–239.

Randlkofer, B., Obermaier, E., Hilker, M., Meiners, T. 2010. Vegetation complexity: The influence of plant species diversity and plant structures on plant chemical complexity and arthropods. Basic and Applied Ecology, 11(5): 383-395.

Sánchez-González, A., López-Mata, L. 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. Diversity and Distributions, 11(6): 567–575.

Sharma, C.M., Suyal, S., Gairola, S., Ghildiyal, S.K. 2009. Species richness and diversity along an altitudinal gradient in moist temperate forest of Garhwal Himalaya. Journal of American Science, 5(5): 119-128.

Sharma, N., Behera, M.D. Das, A.P., Panda, R.M. 2019. Plant richness pattern in an elevation gradient in the Eastern Himalaya. Biodiversity and Conservation, 28(8-9): 2085-2104.

Sosef, M.S., Dauby, G., Blach-Overgaard, A., Van Der Burgt, X., Catarino, Damen, L.T. Deblauwe, V., Dessein, S., Dransfield, J., Droissart, V., Duarte, M.C. 2017. Exploring the floristic diversity of tropical Africa. BMC biology, 15(1): 1-15.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]

Stohlgren, T.J. 2007. Measuring plant diversity. Oxford university press, 337 Pp.

Tetetla-Rangel, E., Dupuy, J.M., Hernández-Stefanoni, J.L., Hoekstra, P.H. 2017. Patterns and correlates of plant diversity differ between common and rare species in a Neotropical dry forest. Biodiversity and Conservation, 26(7): 1705-1721.

Torras, O., Saura, S. 2008. Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. Forest Ecology and Management, 255(8): 3322–3330.

Vockenhuber, E.A., Scherber, C., Langenbruch, C., Meißner, M., Seidel, D., Tscharntke, T. 2011. Tree diversity and environmental context predict herb species richness and cover in Germany's largest connected deciduous forest. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 13 (2): 111-119.

Wang, C.H., Tang, L., Fei, S.F., Wang, J.Q., Gao, Y., Wang, Q., Chen, J.K., Li, B. 2009. Determinants of seed bank dynamics of two dominant helophytes in a tidal salt marsh. Ecological Engineering, 35: 800–809.

Wang, G., Zhou, G., Yang, L., Li, Z. 2002. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. Plant Ecology, 165: 169–181.

Willig, M.R., Kaufman, D.M., Stevens, R.D. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34: 273–309.

Wilson, J.B., Sydes, M.T. 1988. Some tests for niche limitation by examination of species diversity in the Dunedin area. New Zealand, 26: 237–244.

Xu, X., Zhang, H.Y., Luo, J., Zhang, D.J., Ma, A. 2017. Area-corrected species richness patterns of vascular plants along a tropical elevational gradient. Journal of Mountain Science, 14(4): 694-704.

Zhang, P., Shaoand, M.A., Zhang, X. 2017. Spatial pattern of plant species diversity and the influencing factors in a Gobi Desert within the Heihe River Basin, Northwest China. Journal of Arid Land, 9(3):379-393.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2025-07-03]