

رابطه بین گروه‌گونه‌های اکولوژیک با شاخص‌های غیر پارامتریک تنوع زیستی و عامل‌های محیطی در ارسباران (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلگنه‌چای و کلیبرچای)

الله‌وردی محمدزاده^{۱*}، رضا بصیری^۲ و علی‌اصغر تراهی^۳

*^۱ - نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: ecology2020@yahoo.com

^۲ - دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء(ص) بهبهان، بهبهان، ایران

^۳ - استادیار، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۲۳

چکیده

هدف این پژوهش، طبقه‌بندی اکوسیستمی منطقه ارسباران و تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های محیطی مؤثر در تفکیک واحدهای مذکور بود. با استفاده از شبکه آماربرداری منظم - تصادفی با ابعاد ۳۰۰×۳۰۰ متر، ۱۳۰ قطعه‌نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۳۱۴ متر مربع مورد بررسی قرار گرفت. گونه‌های درختی و درختچه‌ای در قطعه‌نمونه اصلی اندازه‌گیری شدند. گونه، درصد تاج‌پوشش و تعداد پایه به‌عنوان معیارهای اندازه‌گیری پوشش گیاهی در نظر گرفته شدند. نوع گونه‌های علفی و درصد پوشش آن‌ها در ریزقطعه‌نمونه‌هایی به مساحت ۳/۱۴ مترمربع اندازه‌گیری شدند. در طبقه‌بندی واحدها از روش طبقه‌بندی پوشش گیاهی با به‌کارگیری تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص (TWINSPAN) و تحلیل تطبیقی (RA)، شش واحد تفکیک شد. تجزیه و تحلیل واحدها با استفاده از تحلیل واریانس یک‌طرفه و تحلیل تشخیص و بر اساس ویژگی‌های توپوگرافیک رویشگاه و شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی انجام شد. بر اساس نتایج تحلیل تشخیص، دو متغیر توپوگرافی ارتفاع از سطح دریا و شیب - جهت و شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و شاخص‌های یکنواختی اسمیت - ویلسون، شلدون و سیمپسون و شاخص‌های ناهمگنی (تنوع) سیمپسون، هیل (N1) و شانون - وینر به ترتیب اهمیت در توابع پنج‌گانه تشخیص قرار گرفتند که در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بودند. توابع به‌دست آمده، صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی را ۸۳/۸٪ نشان داد. نتایج این پژوهش نشان داد که ویژگی‌های توپوگرافی نسبت به شاخص‌های تنوع زیستی از اهمیت بیشتری در الگوی پراکنش جوامع گیاهی منطقه برخوردار بودند. طبقه‌بندی اکوسیستمی هرچند که بر اساس تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی تعیین می‌شود، اما می‌تواند پیش‌بینی قابل قبولی از ویژگی‌های محیطی ارائه کند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل تطبیقی، تحلیل تشخیص، توپوگرافی، شاخص غنای گونه‌ای، شاخص یکنواختی، واحد اکوسیستمی.

مقدمه

در سطح کره زمین نشان می‌دهد (Magurran, 2005). اکوسیستم‌هایی که تنوع زیستی بیشتری دارند، پایداری اکولوژیکی و تولیدی بیشتر خواهند داشت. شاخص‌هایی که

تنوع زیستی یا گوناگونی زیست‌شناختی به‌عنوان گنجینه زیستی ترکیبی از اشکال مختلف و فرم‌های رویشی متنوع را

طبقه‌بندی اکوسیستمی پوشش گیاهی جنگل راش دارکلا انجام شد (Esmailzadeh *et al.*, 2011). نتایج این پژوهش نشان داد که عامل‌های ارتفاع از سطح دریا، شیب و شاخص‌های تنوع زیستی مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در تفکیک پنج واحد اکوسیستمی بودند. Aghaei و همکاران (۲۰۱۳) رابطه بین گروه‌های اکولوژیک گیاهی با عامل‌های محیطی رویشگاه وزک را مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج آن‌ها مشخص شد که چهار گروه اکولوژیک در منطقه حضور داشتند و متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب و درصد پوشش علفی در تفکیک گروه‌ها معنی‌دار بودند.

با توجه به اهمیت و جایگاه جنگل‌های ارسباران از نظر گونه‌های گیاهی و جانوری، تأثیرگذاری عمده بر بیلان آبی رودخانه ارس، حفظ ذخایر بیولوژیکی، تأثیر در تلطیف آب و هوایی منطقه، جلوگیری از فرسایش خاک، ارزش‌های گردشگری و غیره و نیز برای دستیابی به توسعه پایدار، حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی و تنوع زیستی آن‌ها لازم است و یکی از گام‌های مهم در این راستا بررسی پوشش گیاهی و عامل‌های مؤثر بر الگوی پراکنش پوشش گیاهی و اندازه‌گیری تنوع در این جنگل‌ها می‌باشد. با توجه به مطالعات محدود انجام شده در این رابطه در ناحیه رویشی ارسباران، هدف این پژوهش نخست تفکیک و تشریح واحدهای اکوسیستمی، طبقه‌بندی جنگل منطقه مورد مطالعه و سپس اندازه‌گیری غنا، یکنواختی و تنوع گونه‌ای در واحدهای اکوسیستمی و در نهایت تعیین صحت طبقه‌بندی واحدهای مذکور بر مبنای الگوی تغییرات عامل‌های توپوگرافی به‌همراه شاخص‌های تنوع زیستی بود تا بتوان با دیدی بهتر نسبت به حفظ اکوسیستم، تأمین پایگاه اطلاعاتی و ارزیابی توان‌های منطقه در بلندمدت اقدام کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه ارسباران در شمال غرب کشور و شمال استان آذربایجان شرقی قرار دارد. رویشگاه مورد مطالعه با مساحت ۱۲۰۰ هکتار در توده‌های جنگلی حوضه آبخیز

با ارائه یک عدد تنوع گونه‌ای (غنا، یکنواختی و ناهمگنی) را در یک واحد نمونه‌برداری یا یک جامعه نشان می‌دهند، شاخص‌های غیرپارامتریک نامیده می‌شوند (Magurran, 2005). طبقه‌بندی پوشش گیاهی یکی از موضوع‌های مهم در علوم گیاهی است که بر اساس آن گروه‌های گیاهی با سرشت و نیازهای مشابه اکولوژیک از سایر گروه‌ها شناسایی و تفکیک می‌شوند (Witee, 2002; Esmailzadeh *et al.*, 2011).

روش‌های فراوانی برای توصیف پوشش با طبقه‌بندی واحدهای پوشش وجود دارد. یکی از این روش‌ها، روش گروه‌گونه‌های اکولوژیک است که در مقایسه با روش‌های جامعه‌شناختی دارای مزیت‌های متعددی است (Witte, 2002). کاربرد گروه‌گونه‌های اکولوژیک در طبقه‌بندی اکولوژیک مطرح بوده و از طریق به‌کارگیری هم‌زمان عامل‌های محیطی با گروه‌های اکولوژیک، واحدهایی را تفکیک می‌کند که واحدهای اکوسیستمی نامیده می‌شوند (Kashian *et al.*, 2003; Esmailzadeh *et al.*, 2011). طبقه‌بندی اکوسیستمی پوشش گیاهی را پژوهشگران مختلفی مورد توجه قرار داده‌اند (Pitkanen, 1998; Woldewahid *et al.*, 2007). در پژوهشی، Woldewahid و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از روش تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص (TWINSpan)، طبقه‌بندی پوشش گیاهی سواحل دریای سرخ را انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که طبقه‌بندی پوشش گیاهی مبنی بر ایده واحدهای اکوسیستمی منجر به طبقه‌بندی و تفکیک رویشگاه با ویژگی‌های محیطی مشابه می‌شود. در بررسی الگوهای تنوع گونه‌ای در ارتفاعات منطقه Qinghi-Tibetan در چین مشخص شد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا غنای گونه‌ای نیز افزایش می‌یابد (Shimono *et al.*, 2010). در ایران نیز در زمینه طبقه‌بندی اکوسیستمی مطالعاتی انجام شده است (Basiri, 2003; Sohrabi *et al.*, 2007; Kialashki & Shabani, 2010; Esmailzadeh *et al.*, 2011; Aghaei *et al.*, 2013). در پژوهشی با استفاده از تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص و تحلیل تشخیص (Discriminant analysis)،

ایلگنه‌چای با مختصات جغرافیایی $۳۳^{\circ} ۴۶'$ تا $۵۱^{\circ} ۴۶'$ طول شرقی و $۳۸^{\circ} ۵۹'$ تا ۳۸° عرض شمالی و حوضه آبخیز کلیبرچای با مختصات جغرافیایی $۴۰^{\circ} ۴۶'$ تا ۱۳° ۴۷° طول شرقی و $۳۹^{\circ} ۰۹'$ تا ۳۸° عرض شمالی با حداقل و حداکثر ارتفاع ۶۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. بر اساس اطلاعات ۳۰ ساله (۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰) ایستگاه هواشناسی کلیبر (نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه)، بارندگی سالانه این منطقه بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر نوسان داشته است. میانگین دمای سالانه از ارتفاعات پایین (حاشیه رود ارس) تا کوهستان‌های مرتفع متغیر بوده و به ترتیب از ۵ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، مرطوب و سرد است (Alijanpour et al., 2011).

روش پژوهش

نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و فاکتورهای توپوگرافی ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی و جنگل‌گردشی حدود منطقه مورد مطالعه روی نقشه مشخص شد. سپس با استفاده از روش قطعه‌نمونه‌های حلزونی، حداقل سطح قطعه‌نمونه مشخص شد. تعداد قطعات نمونه از طریق محاسبه ضریب تغییرات و خطای قابل قبول نمونه‌برداری تعیین شد

مساحت قطعه‌نمونه‌ها از طریق رسم منحنی سطح - گونه (Cain, 1938) برای پوشش علفی و پوشش درختی و درختچه‌ای به‌طور جداگانه به‌دست آمد. بنابراین، ۱۳۰ قطعه‌نمونه دایره‌ای شکل به مساحت ۳۱۴ متر مربع به روش منظم - تصادفی برداشت شدند. در هر قطعه‌نمونه اصلی یک ریزقطعه‌نمونه $۳/۱۴$ متر مربعی به منظور برداشت پوشش علفی پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه، مختصات جغرافیایی با دستگاه GPS و عامل‌های توپوگرافی شیب دامنه، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا ثبت شد. در قطعه‌نمونه اصلی، گونه، تعداد و درصد پوشش درختان و درختچه‌ها یادداشت شد. در ریزقطعه‌نمونه‌ها نیز گونه، تعداد و درصد پوشش گونه‌های علفی بر اساس مقیاس براون - بلانکه ثبت شد. درصد تاج‌پوشش گونه‌های گیاهی هر قطعه‌نمونه در یک جدول تحت عنوان ماتریس گونه - قطعه‌نمونه تنظیم و در تجزیه و تحلیل‌های آماری استفاده شد. با استفاده از رابطه ۱ جهت جغرافیایی برای استفاده در تجزیه و تحلیل‌ها تبدیل شد (Beers et al., 1966). همچنین، با استفاده از رابطه ۲ دو متغیر جهت و شیب با یکدیگر ترکیب شده و به‌صورت یک متغیر در تحلیل چندمتغیره تشخیص استفاده شدند (Stage et al., 1976).

$$\text{Asp. slp.} = \tan(S) \times \cos(A-45) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\cos(45-A) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن‌ها: A آزمون دامنه و S شیب می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک از روش طبقه‌بندی پوشش گیاهی با به‌کارگیری تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص و گرادیان غیرمستقیم تجزیه و تحلیل تطبیقی یا معدل‌گیری معکوس (RA/CA) استفاده شد. تجزیه و تحلیل تطبیقی به‌عنوان یک روش بسیار مهم از سال ۱۹۷۰ اساس توسعه در فنون رج‌بندی بوده و پایه اصلی تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص است. طبقه‌بندی سیستمی با بهره‌گیری از

تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص بر اساس مقادیر درصد پوشش تاجی گونه‌ها و بر مبنای سطوح قطع ۱۰۰-۷۵-۵۰-۲۵-۱۲/۵-۵-۱-۰ (صفر) انجام شد (جدول ۱). نطقه توقف برای شکل‌گیری این واحدها بر اساس تجربه است که در این پژوهش سطح سوم انتخاب شد. در طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی از نرم‌افزار PC-ORD استفاده شد (McCune & Mefford, 1999).

تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص بر اساس مقادیر درصد پوشش تاجی گونه‌ها و بر مبنای سطوح قطع ۱۰۰-۷۵-۵۰-۲۵-۱۲/۵-۵-۱-۰ (صفر) انجام شد (جدول ۱). نطقه توقف برای شکل‌گیری این واحدها بر اساس تجربه است که در این پژوهش سطح سوم انتخاب شد. در طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی از نرم‌افزار PC-ORD استفاده شد (McCune & Mefford, 1999).

جدول ۱- تبدیل مقیاس وفور یا درصد تاج پوشش گونه‌ها به شبه‌گونه (Esmailzadeh et al., 2011)

درصد پوشش	طبقه	درصد پوشش	طبقه
۲۶-۵۰	۳	<٪۱	+
۵۱-۷۵	۴	۱-۵	۱
۷۶-۱۰۰	۵	۶-۲۵	۲

نرم‌افزار SPSS تعیین شد. توابع تشخیص نه‌تنها مهم‌ترین متغیرهای محیطی مستقل مؤثر بر الگوی پراکنش جوامع گیاهی را مشخص می‌کنند، بلکه احتمال اختصاص هر قطعه‌نمونه به هر یک از واحدهای اکوسیستمی را نشان داده و بر این اساس، درصد طبقه‌بندی صحیح گروه‌ها تعیین می‌شود. در این پژوهش از آماره لامبدای ویلکس برای ارزیابی سطح معنی‌دار بودن و برای ارزیابی صحت پیش‌بینی عضویت گروهی از نظر آماری، از معیار PressQ استفاده شد (Basiri, 2003; Esmailzadeh et al., 2011).

اندازه‌گیری تنوع زیستی گیاهی توسط شاخص‌های عددی غنا، یکنواختی و ناهمگنی (تنوع) انجام شد (جدول ۲). شاخص‌های تنوع زیستی و فاکتورهای توپوگرافی به‌عنوان گرادیان‌های محیطی در تحلیل تشخیص و تجزیه و تحلیل‌های رسته‌بندی به‌کار رفتند (Esmailzadeh et al., 2011). ارزیابی صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی به‌دست آمده از فرآیند طبقه‌بندی اکولوژیک با بهره‌گیری از تحلیل تشخیص و بر مبنای خصوصیات محیطی قطعه‌نمونه‌ها (شاخص‌های تنوع زیستی و فاکتورهای توپوگرافی) توسط

جدول ۲- شاخص‌های غنا، یکنواختی و ناهمگنی مورد استفاده

شاخص	رابطه	دامنه	مرجع
Margalef	$R1=(S-1)/Ln(n)$	0-∞	Margalef (1958)
Menhinick	$R2 = S/\sqrt{n}$	0-∞	Menhinick (1964)
Simpson	$E_{1/D} = \frac{1/D}{S}$	0-1	Simpson (1949)
Smith & Wilson	$E_{var} = 1 - (2/\pi) \left[\arctan \left\{ \frac{\sum_{i=1}^S (\log_e(n_i) - \sum_{j=1}^S \log_e(n_j)/S)^2}{S} \right\} \right]$	0-1	Smith & Wilson (1996)
Sheldon	$E2 = e^{H'} / S$	0-1	Sheldon (1969)
Shannon & Wiener	$H' = \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2^{p_i})$	0-4.5	Shannon & Wiener (1949)
Simpson	$D = \sum p_i^2$	0-1	Simpson (1949)
Hill	$N_1 = exp [-\sum p_i \ln(p_i)]$	0-∞	Hill (1973)

غنا

یکنواختی

ناهمگنی

S تعداد کل گونه‌ها یا تعداد گونه‌ها در نمونه، N حجم یا اندازه نمونه یا تعداد کل افراد در نمونه، LnN لگاریتم طبیعی N یا $P_i \log_e IV$ سهم افراد در گونه i ام نسبت به کل نمونه که به صورت $P_i = \frac{1}{N}$ تعریف می‌شود.

پس از طبقه‌بندی رویشگاه و تهیه گروه‌های اکولوژیک، محاسبه ارزش شاخص گونه‌ها برای تشخیص گونه‌های

شاخص هر گروه به روش Legendre و Dufrene (۱۹۹۷) انجام شد (McCune & Mefford, 1999) (رابطه ۳).

$$IV_{jk} = RA_{jk} \times RF_{jk} \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن: RA_{jk} وفور نسبی گونه j در گروه k و RF_{jk} فراوانی نسبی گونه j از گروه k است.

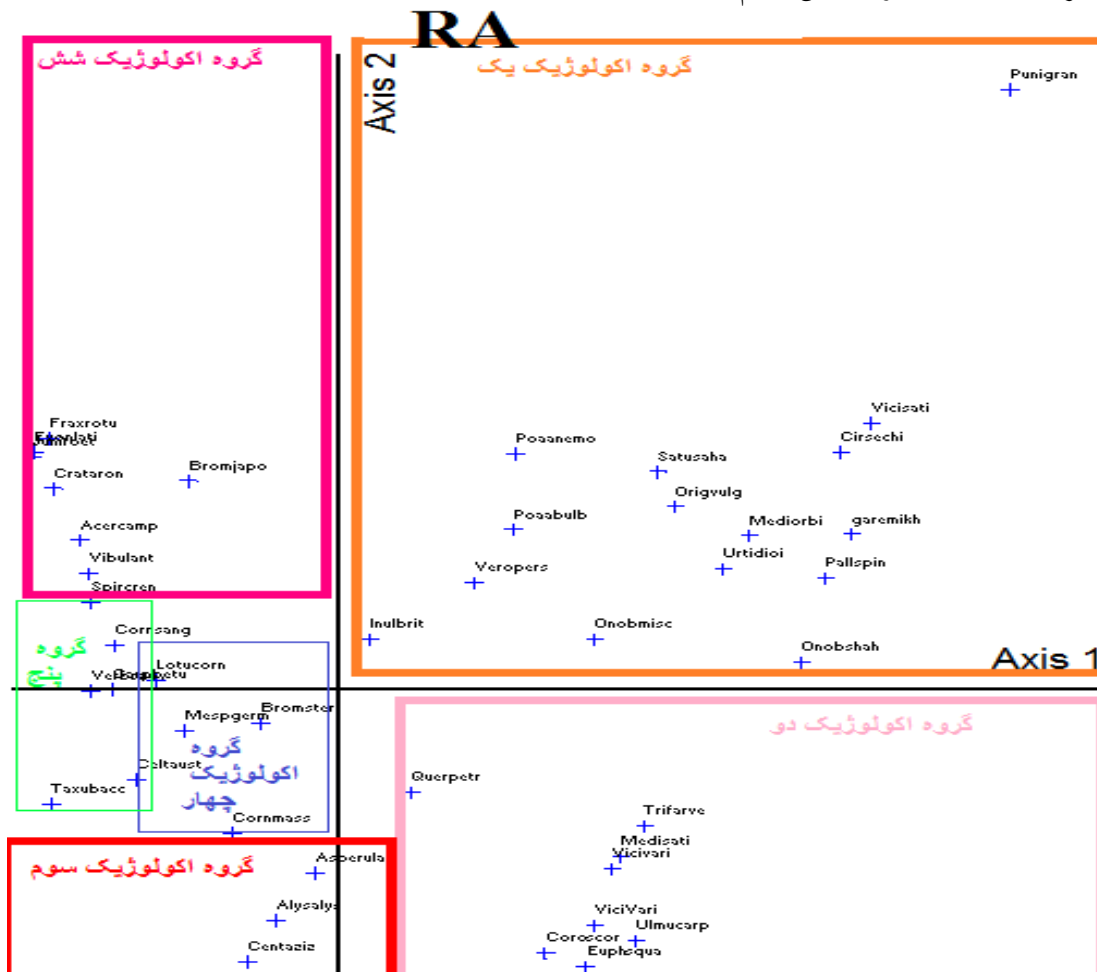
معنی دار بودن مقادیر ارزش شاخص با استفاده از آزمون مونت کارلو انجام شد (McCune & Mefford, 1999). برای بررسی تفاوت بین گروه‌های اکولوژیک بر اساس هر یک از شاخص‌های تنوع، با توجه به نرمال بودن و همگن بودن داده‌ها از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

در منطقه مورد مطالعه، ۲۶ گونه چوبی و ۸۱ گونه علفی (در مجموع ۱۰۷ گونه) متعلق به ۷۲ سرده و ۳۹ خانواده شناسایی شد. از مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی می‌توان Fabaceae (۱۵٪)، Asteraceae (۱۳٪)، Rosaceae (۷/۵٪) و Lamiaceae (۵/۶٪) را نام برد.

تجزیه و تحلیل تطبیقی

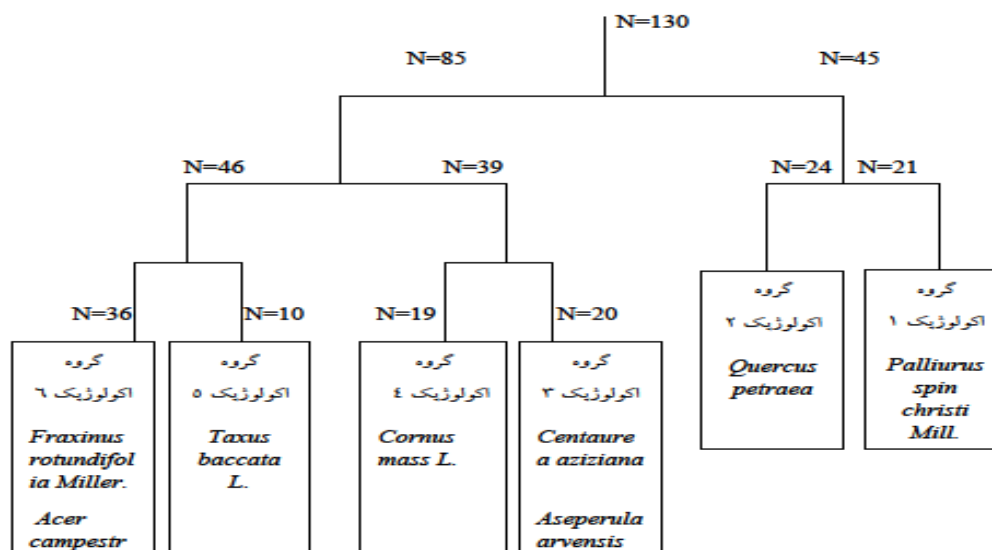
با توجه به بیشتر بودن مقدار ویژه محورهای ۱ و ۲ (به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۲۱) نسبت به محور ۳ (مقدار ویژه ۰/۱۷)، برای نمایش نتایج از این دو محور استفاده شد. محور اول ۵۴ و محور دوم ۲۱/۲ درصد تغییرات کل را توجیه می‌کردند. نتایج تجزیه و تحلیل تطبیقی وجود گروه‌گونه‌های اکولوژیکی را اثبات کرد (شکل ۱).



شکل ۱- دیاگرام رسته‌بندی RA/CA برای گونه‌ها (نام گونه‌ها به صورت خلاصه آمده است)

نتایج طبقه‌بندی تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص در شکل ۲ ارائه شده است. اولین سطح طبقه‌بندی به دو گروه ۸۵ و ۴۵ قطعه‌نمونه‌ای تقسیم شد. دومین سطح طبقه‌بندی در سمت چپ به دو گروه ۳۹ و ۴۶ قطعه‌نمونه‌ای و در سمت راست به دو گروه ۲۱ و ۲۴ قطعه‌نمونه‌ای تقسیم شد. در سطح سوم، گروه‌های ۲۱ و ۲۴ قطعه‌نمونه‌ای تفکیک نشد، اما گروه‌های ۳۹ و ۴۶ قطعه‌نمونه‌ای هر کدام به ترتیب به دو گروه ۱۹ و ۲۰ و ۱۰ و ۳۶ قطعه‌نمونه‌ای تقسیم شدند. بنابراین، بر اساس نتایج سومین

سطح گروه‌بندی، پوشش گیاهی منطقه به شش گروه اکولوژیک ۲۱، ۲۴، ۲۰، ۱۹، ۱۰ و ۳۶ قطعه‌نمونه‌ای تفکیک شد. پس از طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک، با محاسبه ارزش شاخص برای هر گونه، گروه‌هایی که در شرایط مشابه محیطی (گروه اکولوژیک) قرار گرفته بودند، مشخص شدند. مقادیر احتمال خطای نوع I بر اساس آزمون مونت‌کارلو حاکی از آن بود که مقادیر شاخص تعداد ۴۶ گونه از ۱۰۷ گونه در رابطه با گروه‌های طبقه‌بندی شده معنی‌دار بود ($p \leq 0/05$) (جدول ۴).



شکل ۲- دارنگاره طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک با استفاده از تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص

(N: تعداد قطعات نمونه و اسامی علمی بیانگر گونه‌های شاخص هر گروه است).

تحلیل چندمتغیره تشخیص در رابطه با گروه گونه‌های اکولوژیک بر اساس جدول ۵، ارتفاع از سطح دریا و شیب-جهت و شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و شاخص‌های یکنواختی اسمیت- ویلسون، شلدون و سیمپسون و شاخص‌های ناهمگنی (تنوع) سیمپسون، هیل (NI) و شانون- واینر در تابع تشخیص قرار گرفتند و همگی در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار بودند. پنج تابع تشخیص که بر اساس ۲۰ متغیر

فوق ایجاد شدند، همگی معنی‌دار بودند ($p < 0/01$). تابع اول (همبستگی تطبیقی ۶۳٪) بر اساس متغیر ارتفاع از سطح دریا، تابع دوم (همبستگی تطبیقی ۳۷٪) بر اساس متغیر شیب-جهت، تابع سوم (همبستگی تطبیقی ۵۸٪) بر اساس شاخص اسمیت- ویلسون، تابع چهارم (همبستگی تطبیقی ۷۸٪) بر اساس شاخص یکنواختی شلدون و تابع پنجم (همبستگی تطبیقی ۶۳٪) بر اساس شاخص ناهمگنی سیمپسون شکل گرفتند.

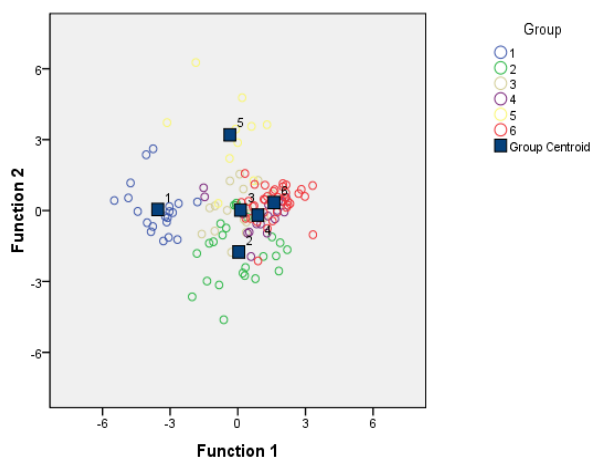
جدول ۴- مقدار شاخص برای گونه‌های شاخص گیاهی در هر گروه، p (مقدار احتمال خطای نوع I بر اساس آزمون مونت کارلو)

گونه	گروه	مقدار شاخص	p	گونه	گروه	مقدار شاخص	p
<i>Paliurus spina-christi</i>	۱	۵۸/۹	۰/۰۰۱	<i>Aseperula arvensis</i>	۳	۱۲/۱	۰/۰۴
<i>Cirsium arrense</i>	۱	۳۱/۹	۰/۰۰۱	<i>Achillea biebersteinii</i>	۳	۱۱/۱	۰/۰۴
<i>Satureja sahandica</i>	۱	۲۸/۵	۰/۰۰۱	<i>Centaurea zuvandica</i>	۳	۱۰/۲	۰/۰۴
<i>Poa nemoralis</i>	۱	۲۴/۳	۰/۰۰۴	<i>Campanula cantabrica</i>	۳	۸/۸	۰/۰۳
<i>Punica granatum</i>	۱	۲۳/۸	۰/۰۰۲	<i>Cornus mass</i>	۴	۳۸/۸	۰/۰۰۱
<i>Origanum vulgare subsp. viride</i>	۱	۱۹/۷	۰/۰۱۳	<i>Alyssum alyssoides</i>	۴	۲۲/۸	۰/۰۰۳
<i>Poa bulbosa</i>	۱	۱۷/۱	۰/۰۰۳	<i>Lotus corniculatus</i>	۴	۱۴/۵	۰/۰۰۵
<i>Onobrychis shahpurenensis</i>	۱	۱۵/۹	۰/۰۱۹	<i>Bromus sterilis</i>	۴	۱۲/۹	۰/۰۰۳
<i>Onobrychis mischauxii</i>	۱	۱۵/۶	۰/۰۰۴	<i>Celtis australis</i>	۴	۱۱/۳	۰/۰۰۴
<i>Rhamnus sphulifolia</i>	۱	۱۴/۱	۰/۰۰۲	<i>Taxus baccata</i>	۵	۸۰	۰/۰۰۱
<i>Medicago orbicularis</i>	۱	۱۳/۶	۰/۰۰۴	<i>Carpinus betulus</i>	۵	۳۵/۸	۰/۰۰۱
<i>Urtica dioica</i>	۱	۱۳	۰/۰۰۲	<i>Cornus sanguines</i>	۵	۲۵/۷	۰/۰۰۱
<i>Veronica persica</i>	۱	۱۲/۹	۰/۰۰۴	<i>Inula britanniana</i>	۵	۱۹/۶	۰/۰۰۹
<i>Vicia sativa</i>	۱	۱۲/۵	۰/۰۰۴	<i>Lathyrus roseus</i>	۵	۱۶/۷	۰/۰۰۱
<i>Quercus petraea</i>	۲	۲۳/۹	۰/۰۰۱	<i>Verbascum szovitsianum</i>	۵	۱۵/۴	۰/۰۰۳
<i>Medicago sativa</i>	۲	۲۳/۸	۰/۰۰۳	<i>Fraxinus rotundifolia</i>	۶	۶۹/۷	۰/۰۰۱
<i>Trifolium arvense</i>	۲	۱۹/۹	۰/۰۰۶	<i>Acer campestre</i>	۶	۳۸/۲	۰/۰۰۱
<i>Euphorbia squamosa</i>	۲	۱۵/۶	۰/۰۰۲	<i>Evonymus latifolius</i>	۶	۲۵/۶	۰/۰۰۲
<i>Vicia variegata</i>	۲	۱۳/۸	۰/۰۰۱	<i>Spiraea crenata</i>	۶	۱۸/۶	۰/۰۰۲
<i>Coronilla scorpioides</i>	۲	۱۳/۷	۰/۰۰۳	<i>Juniperus foetidissima</i>	۶	۱۸	۰/۰۰۸
<i>Ulmus carpinifolia</i>	۲	۱۲/۷	۰/۰۰۲	<i>Viburnum lantana</i>	۶	۱۵	۰/۰۰۴
<i>Vicia variabilis</i>	۲	۱۲	۰/۰۰۴	<i>Bromus japonicus</i>	۶	۱۱/۱	۰/۰۰۴
<i>Centaurea aziziana</i>	۳	۱۳/۴	۰/۰۰۲	<i>Crataegus orientalis</i>	۶	۸/۳	۰/۰۰۴

جدول ۵- پارامترهای آماری متغیرهای وارد شده در تابع تشخیص

p	درجه آزادی ۲	درجه آزادی ۱	آماره Wilks Lambda	متغیر
<۰/۰۱	۱۲۴	۵	۳۲/۷۶	ارتفاع از سطح دریا
<۰/۰۱	۲۴۶	۱۰	۲۱/۸۴	یکنواختی اسمیت- ویلسون
<۰/۰۱	۳۳۷	۱۵	۱۹/۵۸	تنوع سیمپسون
<۰/۰۱	۴۰۲	۲۰	۱۷/۹۸	شاخص مارگالف
<۰/۰۱	۴۴۷	۲۵	۱۶/۷۸	تنوع هیل (N1)
<۰/۰۱	۴۷۸	۳۰	۱۵/۴۴	یکنواختی شلدون
<۰/۰۱	۴۹۸	۳۵	۱۵/۲۱	یکنواختی سیمپسون
<۰/۰۱	۵۱۲	۴۰	۱۴	شیب- جهت
<۰/۰۱	۵۲۱	۴۵	۱۳/۱۳	تنوع شانون- واینر

بین گروه‌های اکولوژیک از نظر متغیرهای محیطی مؤثر در تحلیل تشخیص، تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد (جدول ۶). نتایج حاکی از آن بود که هر ۹ متغیر در سطح اطمینان ۹۹٪ در گروه‌های اکولوژیک دارای اختلاف معنی‌دار بودند. نتایج آزمون دانکن برای مقایسه بین گروه‌ها بر اساس ۹ عامل محیطی در جدول ۷ ارائه شده است.



شکل ۳- تابع تشخیص و طبقه‌بندی متغیرهای گروه‌بندی

این تحلیل ثابت کرد که توابع تشخیص می‌توانند با استفاده از ۹ متغیر محیطی (عامل‌های محیطی و شاخص‌های تنوع) تولید شوند و این توابع به‌طور کلی، میزان موفقیت در پیش‌گویی عضویت طبقه‌بندی متغیرهای گروه‌بندی را ۸۳/۸٪ نشان می‌دهند؛ بدین معنی که بر مبنای متغیرهای محیطی، ۸۳/۸٪ از شش گروه طبقه‌بندی شده، درست طبقه‌بندی شده‌اند (شکل ۳). به‌منظور بررسی تفاوت معنی‌دار

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای واحدهای اکوسیستمی

متغیر	F	p
ارتفاع از سطح دریا	۳۲/۸	<۰/۰۱
یکنواختی اسمیت- ویلسون	۱۱/۵	<۰/۰۱
تنوع سیمپسون	۱۴	<۰/۰۱
شاخص مارگالف	۱۶/۳	<۰/۰۱
تنوع هیل (NI)	۱۲/۱	<۰/۰۱
یکنواختی شلدون	۹/۴	<۰/۰۱
یکنواختی سیمپسون	۱۰/۵	<۰/۰۱
شیب- جهت	۱۵/۶	<۰/۰۱
تنوع شانون- واینر	۱۷/۷	<۰/۰۱

جدول ۷- نتایج آزمون دانکن برای متغیرهای محیطی وارد شده در تابع تشخیص

متغیر	واحد اکوسیستمی					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ارتفاع از سطح دریا	۸۶۵/۸ ^d	۱۱۴۳ ^c	۱۲۳۲/۲ ^{bc}	۱۲۳۲/۲ ^{bc}	۱۲۹۹/۸ ^{ab}	۱۳۹۰ ^a
یکنواختی اسمیت- ویلسون	/۸۳ ^a	/۸۱ ^a	/۸ ^a	/۷۲ ^b	/۷۳ ^b	/۸۳ ^a
تنوع سیمپسون	/۸۳ ^b	/۸۴ ^b	/۸۵ ^b	/۹ ^a	/۷۹ ^c	/۸۹ ^a
شاخص مارگالف	۱/۷ ^d	۲/۲ ^{ab}	۲/۲ ^{ab}	۲/۱ ^b	۱/۹ ^c	۲/۴ ^a
تنوع هیل (NI)	۶/۹ ^c	۸/۴ ^b	۸/۵ ^b	۸/۶ ^b	۸/۶ ^b	۱۰/۲ ^a
یکنواختی شلدون	/۹۷ ^{bc}	/۷۲ ^d	/۷۸ ^{bc}	/۸ ^{ab}	/۷۵ ^{dc}	/۸۵ ^a
یکنواختی سیمپسون	/۶۴ ^b	/۶۶ ^b	/۶۵ ^b	/۶۸ ^b	/۵۵ ^c	/۷۶ ^a
شیب- جهت	/۰۵ ^b	/۰۸ ^b	/۱ ^b	/۱۴ ^b	/۳۲ ^a	/۳۲ ^a
تنوع شانون- واینر	۲/۶۴ ^d	۳/۱ ^b	۳ ^{bc}	۳/۱ ^b	۲/۸ ^c	۳/۳ ^a

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد. حروف انگلیسی مشابه در سطر بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

بحث

امروزه طبقه‌بندی پوشش گیاهی و اهمیت آن در مدیریت رویشگاه‌های جنگلی یکی از مباحث اصلی علو بوم‌شناسی گیاهی است. روش‌های مختلفی اعم از یک‌فاکتوره و یا چندفاکتوره برای طبقه‌بندی رویشگاه به کار گرفته می‌شوند (Zahedi Amiri, 1998). سیستم‌های سنتی طبقه‌بندی یا بر اساس گونه‌های چیره و یا بر اساس تشابه گونه‌ای بین توده‌های مختلف عمل می‌کرد که اساس این کار ذهنی بود، اما روش‌های جدید طبقه‌بندی بر مبنای روش‌های عینی تحقق یافت که از دقت زیادی برخوردار است، به طوری که پژوهشگران با به‌کارگیری این روش به‌طور معمول به نتایج یکسانی می‌رسند (Basiri, 2003). بر این اساس، در این پژوهش از تلفیق روش‌های طبقه‌بندی عددی استفاده شد تا در نهایت بتوان به یک طبقه‌بندی جامع و مطمئن رسید. مقایسه طبقه‌بندی تحلیل دوطرفه گونه‌های شاخص و رسته‌بندی تجزیه و تحلیل طیفی نشان داد که از ۱۳۰ قطعه‌نمونه، ۱۰۹ قطعه‌نمونه (۸۳/۱ درصد) در هر دو روش در گروه‌های مشابه قرار گرفتند. به‌طور کلی، اشتراک زیاد قطعات نمونه در گروه‌ها در دو روش مذکور، تأییدکننده تفکیک شش واحد اکوسیستمی با صحت زیاد بود. همچنین، نتایج تحلیل تشخیص این موضوع را اثبات کرد (شکل ۳). در مجموع، ۴۶ گونه (۴۳ درصد) از کل گونه‌های گیاهی شناسایی شده، جزء گونه‌های شاخص در شش واحد اکوسیستمی طبقه‌بندی شدند.

محاسبه و مقایسه شاخص‌های مختلف تنوع به‌عنوان روشی مطلوب برای مطالعه تنوع زیستی مورد توجه است (Haji Mirza Aghaei et al., 2011, Mohammadzadeh et al., 2015). بر اساس شاخص‌های مختلف تنوع مشاهده شد که واحد شش (گروه *Fraxinus rotundifolia*) همواره دارای تنوع گونه‌های گیاهی بیشتری نسبت به سایر گروه‌ها بود. از آنجایی که میانگین درصد شیب و ارتفاع از سطح دریا در این گروه از بقیه گروه‌ها بیشتر بود، در نتیجه دسترسی، آشفته‌گی و تخریب در این گروه نسبت به گروه‌های دیگر کمتر بود. همچنین، با توجه به اینکه گونه

درختی شاخص واحد شش، زبان‌گنجشک بود، می‌توان گفت چون زبان‌گنجشک یک گونه پرنیاز اکولوژیکی محسوب می‌شود، شرایط اکولوژیک منطقه از جمله حاصلخیزی و رطوبت خاک و شرایط بهینه محیطی در این واحد مطلوب بوده، در نتیجه تنوع گونه‌ای این واحد بیش از سایر واحدهای اکوسیستمی بود. از آنجایی که میانگین درصد شیب و ارتفاع از سطح دریا در واحد اول با گونه درختچه‌ای شاخص *Paliurus spina-christi* و گونه‌های علفی مربوطه (جدول ۴) از بقیه گروه‌ها کمتر بود، در نتیجه دسترسی، آشفته‌گی و تخریب توسط افراد محلی در این واحد نسبت به واحدهای دیگر بیشتر بود. همچنین، با توجه به اینکه سیاه‌تلو یک گونه کم‌نیاز اکولوژیکی و گونه فرصت‌طلب محسوب می‌شود، می‌توان گفت شرایط اکولوژیک منطقه از جمله حاصلخیزی و رطوبت خاک و شرایط بهینه محیطی در این واحد کمتر بوده و مجموعه عامل‌ها به مرور زمان سبب غالب شدن سیاه‌تلو و حذف گونه‌های دیگر شده‌اند که به تناسب تنوع گیاهی کمتر شده است. واحد دوم با گونه درختی شاخص *Quercus petraea* و گونه‌های علفی مربوطه (جدول ۴)، معرف ورود دام به جنگل و قطع و سرشاخه‌زنی درختان بود. بنابراین، جنگل شاخه‌زاد بوده، اما پایه‌های دانه‌زاد نیز در آن دیده می‌شد و تجدید حیات جنسی نیز در آن وجود داشت که نشان‌دهنده توان اکولوژیکی زیاد منطقه بود. واحد سوم با گونه درختچه‌ای شاخص *Mespilus germanica* و گونه‌های علفی مربوطه (جدول ۴)، معرف شرایط بینابینی نسبت به سایر گروه‌ها بود. واحد چهارم با گونه درختچه‌ای شاخص *Cornus mass* و گونه‌های علفی مربوطه (جدول ۴) معرف باز شدن توده جنگلی، کاهش درصد تاج‌پوشش و کاهش عمق خاک بر اثر شیب زیاد بود. واحد پنجم با گونه‌های درختی شاخص *Taxus baccata* و *Carpinus betulus* و گونه‌های علفی مربوطه (جدول ۴)، معرف دامنه‌های سنگلاخی و اقلیم نیمه‌مرطوب و سرد بود. با توجه به اینکه گونه‌های چوبی سرخدار و مرمرز در این گروه غالب بودند، به‌علت انبوهی تاج‌پوشش و فراهم نبودن شرایط

سبب نزدیک بودن به جاده، روستاهای حاشیه جنگل و چرای دام و غیره رخ داده، باعث شده بود که تنوع زیستی ارتفاعات بالاتر بیشتر از ارتفاعات پایینی و میانی باشد که با نتایج Ghelich Nia (۲۰۰۸) و Taleshi و Akbarinia (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد.

به‌طور کلی، در این پژوهش به‌کارگیری تجزیه و تحلیل‌های چندمتغیره در فرآیند طبقه‌بندی به تفکیک رویشگاه به واحدهایی با خصوصیات یکنواخت و همگن اکولوژیک با عنوان واحدهای اکوسیستمی منجر شد. واحدهای اکوسیستمی منطقه هرچند که بر مبنای تحلیل پوشش گیاهی تعیین شدند، اما می‌توانند پیش‌بینی قابل قبولی از ویژگی‌های محیطی منطقه را ارائه دهند. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که ایده واحدهای اکوسیستمی، طبقه‌بندی منطقی از گروه‌های گیاهی جنگل منطقه مورد مطالعه را ارائه کرده و این نکته را تأیید می‌کند که پوشش گیاهی می‌تواند به‌عنوان ابزاری مناسب در طبقه‌بندی رویشگاه‌های طبیعی با ویژگی‌های ناهمگن اکولوژیک کاربرد داشته باشد. نتایج این پژوهش همچنین آشکار کرد که عامل‌های توپوگرافی به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا و پس از آن درصد شیب - جهت و شاخص‌های تنوع زیستی غنای گونه‌ای و ناهمگنی (تنوع) از اهمیت بیشتری در الگوی پراکنش واحدهای اکوسیستمی منطقه برخوردار بودند که از این نظر با نتایج Esmailzadeh و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد.

References

- Aghaei, R., Alvaninejad, S., Basiri, R. and Zolfaghari, R., 2013. Relationship between ecological species groups and environmental factors (Case study: Vezg-e region in southeast of Yasuj). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 1(2): 53-64 (In Persian).
- Alijanpour, A., Eshaghi Rad, J. and Banej Shafiei, A., 2011. The effect of physiographical factors on qualitative and quantitative characteristics of *Cornus mas* L. in Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(3): 396-407 (In Persian).
- Barbour, M.G., Burk, J.H., Pills, W.D., Gilliam, F.S. and Gchwarts, M.W., 1999. *Terrestrial Plant Ecology*. Third Edition, Benjamin

نوری مناسب در کف جنگل، رشد سایر گیاهان محدود شده و در نتیجه تنوع گونه‌ای کاهش یافته بود.

با توجه به روند تغییرات شاخص‌ها در واحدهای اکوسیستمی می‌توان نتیجه گرفت که ارتفاع از سطح دریا نقش به‌سزایی در افزایش تنوع داشت. بیشتر نیز اشاره شده است که در رویشگاه‌های مورد مطالعه، با افزایش ارتفاع از سطح دریا بارندگی نیز افزایش یافته و با افزایش رطوبت بر کیفیت و تنوع گیاهان در این رویشگاه‌ها افزوده می‌شود (Mohammadzadeh et al., 2015). عامل‌های فیزیوگرافی به‌طور کلی به‌عنوان مهم‌ترین عامل‌ها در تفکیک واحدهای اکوسیستمی شناخته می‌شوند. Kohgardi (۲۰۰۲) و Fallahchai و Marvi Mohajer (۲۰۰۵) عامل ارتفاع از سطح دریا، Zahedi Amiri (۱۹۹۸) عامل جهت جغرافیایی، Basiri (۲۰۰۳) عامل‌های ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی، Ghalandar Ayeshi (۲۰۰۳) و Sohrabi و همکاران (۲۰۰۷) عامل شیب و Kialashki و Shabani (۲۰۱۰) عامل‌های شیب و ارتفاع از سطح دریا را مهم‌ترین عامل‌ها در تفکیک واحدهای اکوسیستمی ذکر کرده‌اند. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، شاخص‌های تنوع و غنا با شیب و ارتفاع همبستگی مثبت داشتند، به‌طوری‌که با افزایش شیب و ارتفاع، تنوع و غنای گونه‌ای افزایش می‌یافت (به‌جز واحد ۵). در حالی‌که در اکثر پژوهش‌ها همبستگی شاخص‌های تنوع زیستی با این عامل‌ها منفی بوده است. این موضوع می‌تواند به این موارد مربوط باشد: ۱- در منطقه مورد مطالعه تغییرات ارتفاعی خیلی زیاد نبود (۱۵۰۰-۶۰۰ متر) که باعث کاهش دما شود و در نتیجه تنوع زیستی کاهش یابد. ۲- نباید انتظار داشت که رابطه بین تنوع زیستی با ارتفاع از سطح دریا و شیب یک رابطه علی و معلولی است، بلکه ممکن است فاکتور ارتفاع و شیب بر عامل‌های دیگر تأثیر گذاشته و باعث افزایش تنوع زیستی شوند. ۳- به‌خاطر شرایط خاص میکروکلیمایی پای سنگ‌ها و حفظ رطوبت بیشتر در زیر آن‌ها. ۴- با توجه به شرایط حاکم بر منطقه مورد مطالعه، آشفته‌گی‌ها و تخریب‌های شدیدی که در ارتفاعات پایین به

- ecological groups in Aghoozchal forest (Case study: Kojur, no. 46 basin). *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 5(1): 29-38 (In Persian).
- Kohgard, A., 2002. The investigation of relationship between Pistachia-Amygdalus and Prosopis-Ziziphus plant types with soil physical properties and physiographic factors in south of Bushehr province, Iran. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 74p (In Persian).
 - Magurran, A., 2005. *Measuring Biological Diversity*. Wiley-Blackwell Science, 256p.
 - Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3(1): 36-71.
 - Menhinick, E.F., 1964. A comparison of some species individual diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45(1): 839-861.
 - McCune, B. and Mefford, M.J., 1999. PC-ORD, Multivariate analysis of ecological data, Version 4. MjM Software Design, Glenden Beach, Oregon, USA.
 - Mohammadzadeh, A., Basiri, R. and Torahi, A.A., 2015. Evaluation of biodiversity of plant species in Arasbaran zone using non parametric measures with respect to ecological factor of altitude. *Iranian Journal of Biology*, 27(5): 949-963 (In Persian).
 - Pitkanen, S., 1998. The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 112(1): 121-137.
 - Shannon, C.E. and Wiener, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, 350p.
 - Shimono, A., Ueno, S., Gu, S., Zhao, X., Tsumura, Y. and Tang, Y., 2010. Range shifts of *Potentilla fruticosa* on the Qinghai-Tibetan plateau during glacial and interglacial periods revealed by chloroplast DNA sequence variation. *Heredity*, 104(6): 534-542.
 - Sheldon, A.L., 1969. Equitability indices: dependence on the species count. *Ecology*, 50: 466-467.
 - Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
 - Smith, B. and Wilson, J.B., 1996. A consumer's guide to evenness indices. *Oikos*, 76: 70-82.
 - Sohrabi, H., Akbarinia, M. and Hoseini, S.M., 2007. The investigation of plant species Cummings, Menlo Park, California, 649p.
 - Basiri, R., 2003. The ecological study of *Quercus libani* Oliv. growth with environmental factors analysis in Marivan, Kurdistan province in Iran. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 123p (In Persian).
 - Beers, T.W., Dress, P.E. and Wensel, L.C., 1966. Aspect transformation in site productivity research. *Journal of Forestry*, 80: 493-498.
 - Cain, S.A., 1938. The species-area curve. *American Midland Naturalist*, 19(1): 573-581.
 - Dufrene, M. and Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-36.
 - Esmailzadeh, O., Hosseini, S.M., Tabari, M. and Asadi, H., 2011. Classification system analysis in classification of forest plant communities (Case study: Darkola's beech forest). *Iranian Journal of Plant Biology*, 3(7): 11-28 (In Persian).
 - Fallahchai, M. and Marvi Mohajer, M.R., 2005. The ecological role of altitude in diversity of tree species in Siahkal forest, the north of Iran. *Iranian Journal of Natural Resources*, 58(1): 89-98 (In Persian).
 - Ghalandar Ayeshi, Sh., 2003. The investigation of tree cover changes and its relationship with soil physical and chemical properties in Cheshmeh Bolbol box tree community. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, 104p (In Persian).
 - Ghelich Nia, H., 2008. The investigation of plant communities correlation degree with topography (slope and aspect) in Nardin area. *Journal of Pajouhesh & Sazandgi*, 43: 33-41 (In Persian).
 - Haji Mirza Aghaei, S., Jalilvand, H., Kooch, Y. and Poor Majidian, M.R., 2011. Plant diversity with respect to ecological factor of altitude in Sardab Rud forest of Chalous, north of Iran. *Iranian Journal of Biology*, 24(3): 400-411 (In Persian).
 - Kashian, D.M., Barnes, B.V. and Walker, W.S., 2003. Ecological species groups of landform level ecosystem dominated by jack pine in northern Lower Michigan, USA. *Plant Ecology*, 166(1): 75-91.
 - Kialashki, A. and Shabani, S., 2010. The investigation of plant species diversity in

- Journal of Biology, 24(5): 766-777 (In Persian).
- Witte, J.P.M., 2002. The descriptive capacity of ecological plant species groups. *Plant Ecology*, 162(2): 199-213.
 - Woldewahid, G., Van der Werf, W., Sykora, K., Abate, T., Mostofa, B. and Van Huits, A., 2007. Description of plant communities on the red sea coastal plain of Sudan. *Journal of Arid Environments*, 68(1): 113-131.
 - Zahedi Amiri, Gh., 1998. Relation between ground vegetation and soil characteristics in a mixed hardwood stand. Ph.D. thesis, Ghent University, Ghent, 319p.
 - diversity in ecosystem units in Sourkhdeh forest, Javanrud, Iran. *Journal of Environmental Studies*, 33(4): 61-68 (In Persian).
 - Hill, M.O., 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and it's consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
 - Stage, A.R., 1976. An expression for the effect of aspect, slope, and habitat type on tree growth. *Forest Science*, 22(4): 457-460.
 - Taleshi, H. and Akbarinia, M., 2011. Biodiversity of woody and herbaceous vegetation species in relation to environmental factors in lowland forests of eastern Nowshahr, Iran. *Iranian*

The relationship between ecological species groups and non-parametric indicators of biodiversity and environmental factors in Arasbaran (Case study: Ilgenechai & Kaleybarchai Watershed)

A. Mohammadzadeh^{1*}, R. Basiri² and A.A. Torahi³

1* - Corresponding author, Ph.D. Student, Silviculture and Forest Ecology, Department of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses, Gorgan, Iran. E-mail: ecology2020@yahoo.com

2- Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

3- Assistant Prof., Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 29.05.2017

Accepted: 14.08.2017

Abstract

The aim of this study was identification of ecosystem units in Arasbaran forests and determination of effective environmental factors and biodiversity indices on their distribution. For this purpose, 130 circular plots with an area of 314 m² were examined in a random - systematic design with 300 × 300 m dimensions. Tree and shrub species in the original sample plots were measured. Species, canopy cover and vegetation cover were considered as basic measurement criteria. Herbaceous species were studied in micro sample plots, each 3.14 m². Six ecological groups were classified using two-way analysis of indicator species (TWINSPAN) and comparative analysis (RA) methods. Analysis of groups was performed by applying analysis of variance and discriminant analysis based on topographic and biodiversity index. The discriminative analysis showed that altitude and gradient-direction as two topography variable, and the Margalef richness index, evenness indices of Smith - Wilson, Sheldon and Simpson, and heterogeneity (diversity) indices of Simpson, Hill (N1) and Shannon-Wiener were the five important indices which were significant ($\alpha = 0.01$) which confirmed the accuracy of the classification at 83.8%. Therefore, it was concluded that topographical characteristics had more influence on the formation of ecosystem units than plant biodiversity indices. We also concluded that the ecological classification system can present a suitable prediction of environmental characteristics.

Keywords: Discriminant analysis, ecosystem unit, evenness index, species richness index, topography.