

## شناسایی واحدهای اکوسیستمی و بررسی قابلیت تفکیک آنها در طبقه‌بندی جنگل (مطالعه موردی: جنگل راش دارکلا)

امید اسماعیل زاده، سید محسن حسینی، مسعود طبری و حامد اسدی

گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

### چکیده

هدف این تحقیق طبقه‌بندی اکوسیستمی جنگل راش دارکلا و تعیین مهمترین خصوصیات محیطی مؤثر در تفکیک واحدهای مزبور است. برای این منظور، تعداد ۵۲ قطعه نمونه به صورت سیستماتیک-انتخابی با ابعاد شبکه شناور ۱۰۰ و ۲۰۰ متری به مساحت ۴۰۰ متر مربعی با تأکید بر اصل توده معرف، در سطح منطقه پیاده شد. با استفاده از تحلیل TWINSpan و بر مبنای درصد تاج پوشش گونه‌ها، تعداد ۵ واحد اکوسیستمی طبقه‌بندی گردید. تجزیه و تحلیل واحدها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه و تحلیل تشخیص و براساس خصوصیات توپوگرافیک رویشگاه، عوامل فیزیکی-شیمیایی خاک و شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی انجام شد. نتایج تحلیل تشخیص نشان داد که سه متغیر توپوگرافیک ارتفاع از سطح دریا، شیب دامنه، شمال‌گرایی به همراه درصد رس خاک، به عنوان تنها متغیر خاک و سه متغیر تنوع شانون-وینر، تنوع سیمپسون و یکنواختی پیلو به عنوان شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی به ترتیب اهمیت در توابع چهارگانه تشخیص قرار گرفتند که هر کدام در سطح خطای ۱ درصد معنی‌دار بودند. توابع حاصله، صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی را ۹۰/۴ درصد برآورد. نتایج این تحقیق نشان داد که خصوصیات توپوگرافی و شاخص‌های تنوع زیستی از اهمیت بیشتری نسبت به عوامل فیزیکی-شیمیایی خاک در الگوی پراکنش جوامع گیاهی منطقه برخوردار بوده، طبقه‌بندی اکوسیستمی هرچند که بر مبنای آنالیز پوشش گیاهی تعیین می‌شود، اما می‌تواند پیش‌بینی قابل قبولی از خصوصیات محیطی منطقه ارائه کند.

**واژه‌های کلیدی:** واحدهای اکوسیستمی، TWINSpan، تحلیل تشخیص، عوامل خاکی، توپوگرافی و تنوع زیستی گیاهی

### مقدمه

طبیعت کنار هم مستقل هستند شناسایی و تفکیک می‌شوند (Witte, 2002). طبقه‌بندی رویشگاه‌های طبیعی بر مبنای پوشش گیاهی به خاطر توانایی آنها در فراهم ساختن همزمان آثار اقلیم، خاک و فیزیوگرافی رویشگاه مربوطه

طبقه‌بندی پوشش گیاهی یکی از موضوع‌های مهم در علوم گیاهی است که بر اساس آن گروه‌های گیاهی مشتمل بر گیاهانی با سرشت و نیازهای مشابه اکولوژیک که در

است و توجه به پوشش گیاهی در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرد. این در حالی است که در طبقه‌بندی سنتی جوامع گیاهی، پوشش گیاهی به عنوان برآیندی از خصوصیات فیزیکی و بیولوژیک رویشگاه از درجه اول اهمیت برخوردار است (Palik *et al.*, 2003; Abella and Covington, 2006). در طبقه‌بندی اکوسیستمی بررسی ارتباط موزائیک پوشش گیاهی با عوامل خاکی و توپوگرافی (به عنوان بستر پوشش گیاهی) همواره مورد توجه محققان بوده است (Palik *et al.*, 2003).

توپوگرافی با مشخصه‌های محیطی ارتفاع از سطح دریا، جهت و شیب دامنه، فرم و شکل زمین به ایجاد میکرواقليم در سطح یک منطقه منجر شده، تأثیر بسیار زیادی بر پراکنش جوامع گیاهی و خاک دارد (Barbur *et al.*, 1998). بین جوامع گیاهی و ویژگی‌های خاکی روابط دو طرفه مشخصی وجود دارد که شناخت این روابط سبب می‌شود تا ارزیابی حاصلخیزی رویشگاه و طبقه‌بندی آن، نتایج مطلوبتری را ارائه نماید (محمودی و همکاران، ۱۳۸؛ صالحی و همکاران، ۱۳۸۴). متاجی و بابایی کفاکی (۱۳۸۵) و اسحاقی راد و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی ارتباط جوامع گیاهی جنگل خیرودکنار با عوامل توپوگرافیک رویشگاه نشان دادند که بین جوامع گیاهی و جهت جغرافیایی ارتباط معنی‌داری وجود دارد، ولی بین جوامع گیاهی و مشخصه‌های شیب و ارتفاع از سطح دریا رابطه معنی‌داری مشاهده نشد. تنوع زیستی گیاهی (Plant biodiversity) که مفهوم آن با آمیختگی و ترکیب گونه‌ها قرین است (لودویگ و رینولدز، ۱۳۸۳) نیز به عنوان شاخصی به منظور نیل به کمیته واحد برای سهولت مقایسه و ارزیابی جوامع و اکوسیستم‌ها به کار گرفته می‌شود (اسماعیل‌زاده و حسینی، ۱۳۸۶). بنابراین، تحقیق

همواره در درجه اول اهمیت قرار دارد (Whittaker, 1962). با توسعه علوم رایانه و در نتیجه بهره‌گیری از روش‌های عددی چند متغیره در فرآیندهای طبقه‌بندی پوشش گیاهی، تلاش برای کاهش عامل ذهنیت در توصیف پوشش گیاهی به منظور درک هرچه صحیح‌تر روابط پوشش گیاهی و عوامل محیطی در قالب ایده گروه گونه‌های اکولوژیک مطرح است (Grabher *et al.*, 2003). کاربرد گروه گونه‌های اکولوژیک در طبقه‌بندی اکولوژیک (اکوسیستمی) مطرح بوده، از طریق به کار گیری توام عوامل محیطی با گروه گونه‌های اکولوژیک، واحدهای اکوسیستمی تعریف می‌شوند (Barnes *et al.*, 1998; Goebel *et al.*, 2001). طبقه‌بندی اکوسیستمی یا اکولوژیک یک روش توصیف ساختار اکوسیستم‌های گیاهی بر مبنای شناخت روابط متقابل عوامل زنده و غیر زنده است (Barnes *et al.*, 1998).

واحدهای اکوسیستمی طبق تعریف مشتمل بر نقاطی با ترکیب گیاهی و خصوصیات محیطی مشابه هستند که از نظر ویژگی‌های فیزیوگرافی، خاک و پوشش گیاهی از یکدیگر متمایز هستند (McNab *et al.*, 1999). هر واحد اکوسیستمی نماینده‌ای از شرایط فیزیوگرافی، خاک و ترکیب پوشش گیاهی مشخص و متمایزی از یک رویشگاه بوده، الگوی پراکنش آنها در سطح یک رویشگاه بر اساس الگوی تغییرات خصوصیات مزبور است، بنابراین، می‌تواند راهنمای مناسبی برای شناسایی خصوصیات محیطی رویشگاه باشد و برای طراحی و مدیریت بهینه هر رویشگاه ضروری است (Kiminis, 2004). تفاوت عمده طبقه‌بندی اکوسیستمی و طبقه‌بندی سنتی جوامع گیاهی در این است که در طبقه‌بندی اکوسیستمی، بررسی عوامل غیر زنده دایمی اکوسیستم مثل خاک و فیزیوگرافی مورد تأکید

### جمع‌آوری داده‌ها

مطالعه پوشش گیاهی منطقه در خرداد ماه، هنگامی که انتظار می‌رود اکثر گونه‌های گیاهی در سطح منطقه حضور داشته و به رشد کامل رسیده‌اند، با استفاده از روش سیستماتیک-انتخابی به عمل آمد (Barbur et al., 1998). برای این منظور، نخست تعداد ۸ ترانسکت با فواصل مشخص، در امتداد شیب تغییرات ارتفاعی (عمود بر خطوط میزان منحنی) در نظر گرفته شد. سپس تعداد ۵۲ قطعه نمونه به صورت انتخابی با فواصل تقریبی ۱۰۰ و ۲۰۰ متری از یکدیگر در امتداد ترانسکت‌ها پیاده شد. مساحت قطعات نمونه مطابق اندازه قطعه نمونه پیشنهادی برای مطالعه پوشش‌های جنگلی نواحی معتدله، ۴۰۰ متر مربع (۲۰ × ۲۰ متری) در نظر گرفته شد (Barnes et al., 1998). شناسایی و نام‌گذاری گونه‌های گیاهی با استفاده از منابع فلورا ایرانیکا (Rechinger, 1963-1998)، فلور ایران (اسدی و همکاران، ۱۳۸۱-۱۳۶۷)، فلور رنگی ایران (قهرمان، ۱۳۷۵-۱۳۷۹) و فرهنگ نام‌های گیاهان ایران (مظفریان، ۱۳۸۹) انجام شد.

در هر قطعه نمونه، ابتدا خصوصیات محیطی شیب دامنه، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا و موقعیت جغرافیایی به ترتیب با استفاده از شیب‌سنج، قطب‌نما و سامانه موقعیت‌یاب جهانی یا GPS (مدل Garmin) بررسی و سپس فهرست کلیه گونه‌های گیاهی با درصد تاج پوشش آنها ثبت گردید. اندازه‌گیری تاج پوشش گونه‌های گیاهی به تفکیک در دو سطح ۴۰۰ متر مربعی (سطح کل قطعه نمونه به عنوان قطعه نمونه اصلی) برای گونه‌های چوبی (درختی، درختچه‌ای و بوته‌ای) و برای گونه‌های علفی در ریز قطعه نمونه‌های ۵ متر مربعی که به صورت دستجات چهار تایی (خوشه‌ای) در پنج نقطه از سطح قطعه نمونه به

حاضر در نظر دارد تا نخست با تشریح واحدهای اکوسیستمی، طبقه‌بندی جنگل راش دارکلا (از توابع پل سفید مازندران) را ارائه کند و سپس بر مبنای الگوی تغییرات عوامل توپوگرافی و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک به همراه شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی، صحت طبقه‌بندی واحدهای مزبور را بررسی نماید.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۱۸۶ هکتار در حوزه آبخیز تالار (حوزه شماره ۶۴ تقسیم‌بندی طرح جامع جنگل‌های شمال کشور) در مختصات جغرافیایی ۳۶° ۶' ۴۰" تا ۳۶° ۹' ۱۰" عرض شمالی و ۵۳° ۴۰' تا ۵۳° ۸' ۰۰" طول شرقی در محدوده ارتفاعی ۱۰۵۰ تا ۱۷۵۰ متر از سطح دریا در ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر پل سفید واقع در شهرستان سوادکوه (استان مازندران) واقع شده است (بی‌نام، ۱۳۸۱). منطقه مورد مطالعه از لحاظ تقسیمات زمین‌شناسی در زون البرز مرکزی بر روی سازند شمشک واقع شده است. اکثر سنگ‌های تشکیل‌دهنده سطح منطقه از نظر زمانی مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی از دوره ژوراسیک زیرین تا کرتاسه است. خاک منطقه دارای سه تیپ رانکر، قهوه‌ای جنگلی اسیدی و قهوه‌ای است که بر روی سنگ مادر سیلت استون و شیل زغالی قرار دارند. متوسط بارندگی سالیانه ۹۰۰ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۳ درجه سانتیگراد برآورد شده است. اقلیم منطقه در اقلیم نمای دومارتن، مرطوب نوع الف و در اقلیم نمای آمبرژه خیلی مرطوب است (بی‌نام، ۱۳۸۱).

کربن به نیتروژن و آهک (%). (به روش تیتراسیون) اندازه‌گیری شدند (زرین کفش، ۱۳۷۲).

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

طبقه‌بندی سیستمی با بهره‌گیری از تحلیل گونه‌های شاخص دو طرفه (Two Way Indicator Species Analysis) معروف به TWINSpan بر اساس مقادیر درصد پوشش تاجی گونه‌ها و بر مبنای سطوح قطع ۱۰۰-۷۵-۵۰-۲۵-۱۲/۵-۵-۲/۵-۱- (صفر) به عمل آمد. ایده اصلی TWINSpan بر اساس نظریه جامعه‌شناسی گیاهی استوار است که هر گروه از قطعات نمونه توسط گروهی از گونه‌های تفریقی (Differential species) مشخص می‌شوند (زاهدی امیری و لوست، ۱۳۷۸)، لیکن ایده‌ای که در ورای گونه‌های تفریقی نهفته است، معیار کیفی حضور و عدم حضور گونه‌ها به جای معیار کمی آنها (وفور) است و لذا گونه‌های تفریقی اساساً ماهیت کیفی دارند، اما در این روش به منظور از دست ندادن اطلاعات مربوط به کمی گونه‌ها (معیار وفور) مفهوم شبه گونه یا گونه‌های دروغین (Pseudo species) و سطح قطع (Cut level) معرفی شد که هر گونه می‌تواند به عنوان چندین شبه گونه مطابق با کمیت آن در قطعات نمونه حاضر باشد (کنت و کاکر، ۱۳۸۰). برای این منظور، هر مقیاس وفور (طبقات درصد پوشش گیاهی) به یک سری گونه‌های دروغین خرد و در فرآیند تقسیم‌بندی به کار گرفته شدند (جدول ۱). نقطه توقف برای شکل‌گیری این واحدها بر اساس تجربه بوده (McNab et al., 1999) که در این تحقیق سطح سوم انتخاب گردید که نتیجه آن ایجاد پنج گروه است. در طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی از نرم‌افزار PC-ORD for Win. Ver. 4.17 استفاده گردید

صورت انتخابی پیاده شدند (نمونه‌برداری خوشه‌ای- انتخابی) به عمل آمد (اسماعیل زاده و همکاران، ۱۳۸۸). مقادیر درصد پوشش تاجی گونه‌های گیاهی هر قطعه نمونه که نتیجه اندازه‌گیری دقیق آنها در قطعه نمونه‌های ۴۰۰ متر مربعی برای گونه‌های چوبی و ۱۰۰ متر مربعی برای گونه‌های علفی است، در یک جدول با عنوان ماتریس گونه-قطعه نمونه تنظیم و در تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره پوشش گیاهی رو زمینی به کار گرفته شدند. جهت دامنه (Aspect) نیز برای به کار گیری در تجزیه و تحلیل‌های چند متغیره از طریق دو رابطه (Cos A+1) و (Sin A+1) (Dobrovic et al., 2007) که در آن A آزیموت دامنه از بالا به پایین شیب است، به ترتیب به متغیرهای کمی شمال‌گرایی (Northness) و شرق‌گرایی (Eastness) با دامنه تغییرات صفر (جهت جنوبی و غربی) تا دو (جهت شمالی و شرقی) تبدیل شد.

در مرکز هر قطعه نمونه در زیر لایه لاش‌برگ با استفاده از مته اوگر به قطر ۸ سانتی‌متر نمونه‌برداری خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر به عمل آمد. نمونه‌های خاک بعد از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا در معرض هوا خشک و بعد از جدا کردن ریشه‌ها، سنگ و سایر ناخالصی‌ها از الک با قطر ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. برای هر یک از نمونه‌ها عوامل شیمیایی و فیزیکی: بافت خاک (به روش هیدرومتری بایکاس)، اسیدیته خاک (به وسیله دستگاه pH متر و به کارگیری مخلوط ۱:۲/۵ خاک و آب مقطر)، کلسیم (ppm) (با عصاره‌گیری از مخلوط ۱:۱۰۰ خاک و آب مقطر به روش جذب اتمی)، نیتروژن کل (%). (به روش کج‌لدال (Kjeldahl))، فسفر (ppm) (با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر)، ماده آلی و کربن آلی (%). (به روش والکی- بلاک (Walkley- Black)) و سپس محاسبه نسبت

مقادیر درصد تاج پوشش گونه‌ها، مقادیر عددی شاخص‌های غنا، یکنواختی، تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون برای هر قطعه نمونه محاسبه شد. شاخص‌های تنوع زیستی به عنوان گرادیان محیطی در تحلیل تشخیص و آنالیزهای رسته‌بندی به کار رفتند.

(McCune and Mefford, 1999). تعیین و برآورد تنوع زیستی گیاهی، اغلب در قالب شاخص‌های عددی غنای گونه‌ای، یکنواختی و تنوع گونه‌ای مورد توجه واقع می‌شود (لودویگ و رینولدز، ۱۳۸۳). بر این اساس، با بهره‌گیری از توابع مندرج در جدول ۲ و با استفاده از

جدول ۱- جدول تبدیل مقیاس وفور یا درصد تاج پوشش گونه‌ها به شبه گونه

| شبه گونه | طبقات درصد تاج پوشش |
|----------|---------------------|
| ۱        | صفر تا ۱ درصد       |
| ۲        | ۱ تا ۲/۵ درصد       |
| ۳        | ۲/۵ تا ۵ درصد       |
| ۴        | ۵ تا ۱۲/۵ درصد      |
| ۵        | ۱۲/۵ تا ۲۵ درصد     |
| ۶        | ۲۵ تا ۵۰ درصد       |
| ۷        | ۵۰ تا ۷۵ درصد       |
| ۸        | ۷۵ تا ۱۰۰ درصد      |

جدول ۲- شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع گونه‌ای

| فرمول                               | منبع           | شاخص‌ها               |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------|
| $R = S$                             | Magurran, 1988 | شاخص غنای گونه‌ای (S) |
| $J' = [-\sum p_i \ln(p_i)] / \ln S$ | Peet, 1974     | شاخص یکنواختی پیلو    |
| $H' = -\sum_i p_i \ln(p_i)$         | Peet, 1974     | شاخص تنوع شانون-وینر  |
| $\lambda = 1 - \sum_i p_i^2$        | Hill, 1973     | شاخص تنوع سیمپسون     |

S: تعداد گونه‌ها؛  $p_i$ : نسبت درصد تاج پوشش گونه  $i$  ام ( $n_i$ ) / مجموع درصد تاج پوشش گونه‌ها (N)

تنها مهمترین متغیرهای محیطی مستقل مؤثر بر الگوی پراکنش جوامع گیاهی را انتخاب می‌کنند، بلکه احتمال اختصاص هر قطعه نمونه به هر یک از واحدهای اکوسیستمی را نشان داده، بر این اساس درصد طبقه‌بندی صحیح گروه‌ها تعیین می‌شوند. در این تحقیق، از آماره لامبدا ویلکس (Wilks lambda) و آماره کاپا (Kappa)

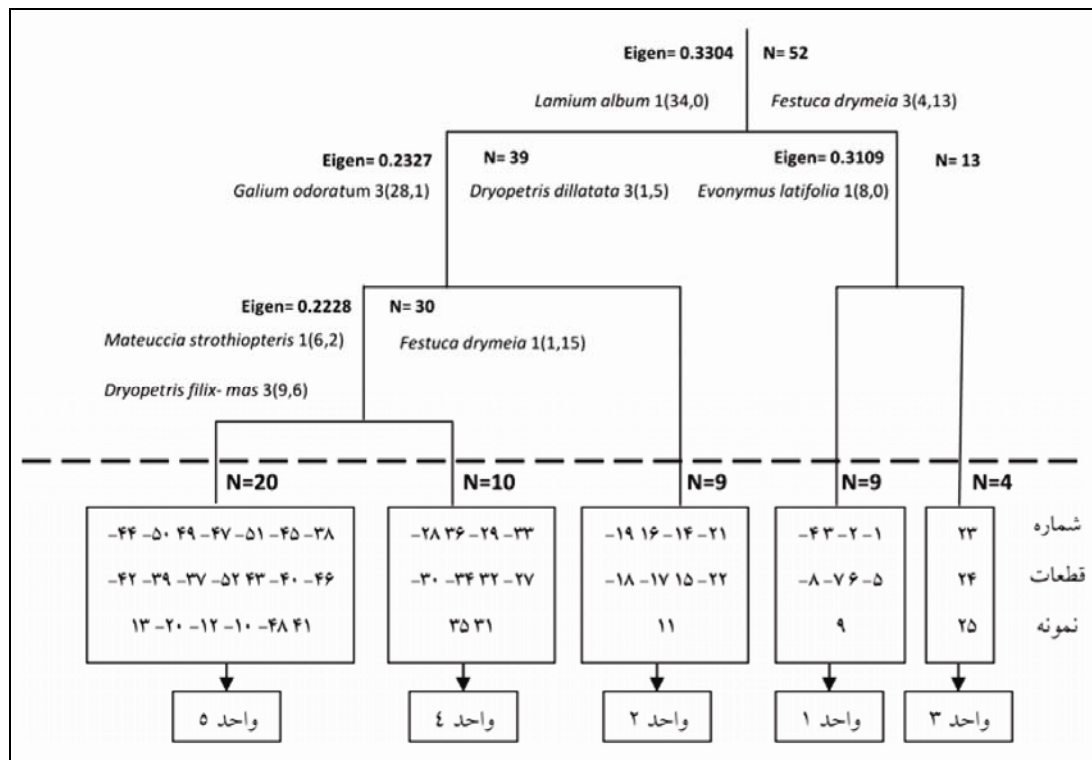
ارزیابی صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی حاصل از فرآیند طبقه‌بندی اکولوژیک با بهره‌گیری از تحلیل تشخیص (Discriminant Analysis) و بر مبنای خصوصیات محیطی قطعه نمونه‌ها (عواملی همچون خاک، توپوگرافی و شاخص‌های تنوع زیستی) توسط بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۱۲ تعیین شد. توابع تشخیص، نه

به ترتیب برای ارزیابی سطح معنی‌دار بودن و ارزیابی آماری صحت پیش‌بینی توابع تشخیص استفاده شد (بصیری و همکاران، ۱۳۸۲).

**نتایج**

نتایج طبقه‌بندی TWINSpan در شکل ۱ به نمایش درآمده است. اولین سطح طبقه‌بندی به دو واحد ۱۳ و ۳۹ قطعه نمونه‌ای تقسیم شده است. گونه‌های شاخص برای هر گروه در سطوح مختلف طبقه‌بندی در شکل ۱ ارائه شده است. گونه‌های شاخص برای هر سطح، از قطعات نمونه‌ای حاصل شده که حضور آن گونه‌ها در آن قطعات نمونه عامل تفکیک آنها بوده است. عدد داخل هر پرانتز، حضور هر گونه را در زیر گروه‌های چپ و راست نشان می‌دهد. گونه شاخص در سمت چپ اولین سطح طبقه‌بندی شامل

*Lamium album* L. و برای سمت راست شامل *Festuca drymeia* M. et K. است. دومین سطح طبقه‌بندی در سمت چپ به دو واحد ۹ و ۳۰ قطعه نمونه‌ای تقسیم شده است. در سطح دوم طبقه‌بندی در سمت چپ گونه *Galium odoratum* (L.) Scop. و در سمت راست گونه‌های *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray و *Danae racemosa* (L.) Moench به عنوان گونه شاخص معرفی شدند. همچنین در این سطح در سمت راست دو گروه ۴ و ۹ قطعه نمونه‌ای تقسیم شدند. گونه‌های *Danae racemosa* و *Euonymus latifolia* (L.) Mill. به عنوان گونه‌های شاخص سمت چپ این سطح طبقه‌بندی تشخیص داده شدند.



شکل ۱- دارنگاره طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی با استفاده از تحلیل TWINSpan

(Eigen = مقدار ویژه و N = تعداد قطعه نمونه)

آزمون دانکن بر اساس شاخص شمال‌گرایی نشان داد که فقط واحد اکوسیستمی سوم با سایر واحدها دارای تفاوت معنی‌دار آماری است ( $P < 0/01$ ) (شکل ۳).

بررسی نتایج آزمون دانکن بر اساس شاخص شیب نشان داد که واحدهای دوم و سوم و نیز واحدهای چهارم و پنجم از نظر عامل شیب دامنه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند (شکل ۴). البته، میزان شیب دامنه در واحدهای دوم و سوم نسبت به واحدهای چهارم و پنجم بیشتر است. در این ارتباط شیب دامنه در واحد اکوسیستمی اول نسبت به سایر واحدها حداکثر است ( $P < 0/01$ ). بررسی مقادیر کلسیم نشان داد که واحدهای اکوسیستمی دوم و پنجم به ترتیب دارای بالاترین و کمترین مقدار کلسیم بوده، از این حیث با سایر واحدها دارای اختلاف معنی‌دار هستند. سایر واحدها نیز از نظر مقدار کلسیم با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (شکل ۵).

بررسی مقادیر کربن (شکل ۶) و نسبت C/N (شکل ۷) در بین واحدهای اکوسیستمی منطقه نشان داد که واحد اکوسیستمی اول که در بالاترین حد ارتفاعی منطقه، شیب‌های تند و جهت‌های شمالی قرار دارند، حاوی بیشترین مقدار کربن و نسبت C/N است. در حالی که این مقادیر در واحد اکوسیستمی سوم که در پایین‌ترین حد ارتفاعی منطقه و بر روی شیب‌های جنوبی قرار دارد، حداقل است. از این نظر واحدهای دوم، چهارم و پنجم با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نشان ندادند.

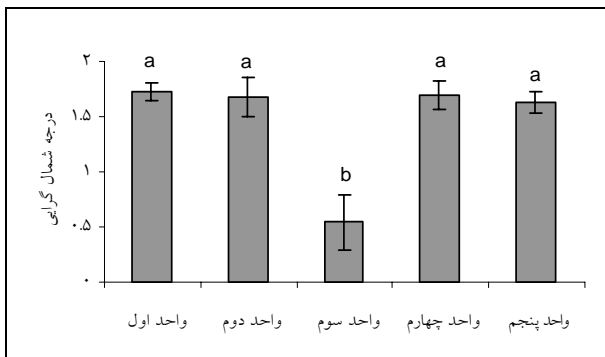
در بررسی شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی، واحدهای اکوسیستمی اول و سوم به ترتیب حاوی بالاترین و کمترین مقدار غنای گونه‌ای بوده، دیگر واحدها از این لحاظ با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان ندادند (شکل ۸). از نظر شاخص‌های تنوع شانون-وینر (شکل ۹) و سیمپسون

در سطح سوم، واحدهای اول تا سوم تفکیک نشده، ولی واحد چهارم (تعداد ۳۰ قطعه نمونه) به دو واحد ۲۰ و ۱۰ قطعه نمونه‌ای تقسیم گردید. گونه‌های *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. *Dryopteris filix-mas* (L.) و *Mercurialis perennis* L. و *Lamium album*، Schott به عنوان گونه‌های شاخص سمت چپ و گونه *Festuca drymeia* به عنوان گونه شاخص سمت راست این سطح طبقه‌بندی تشخیص داده شدند. بنابراین، بر اساس نتایج سومین سطح گروه‌بندی تحلیل TWINSpan پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه به پنج خوشه ۴، ۹، ۹، ۱۰ و ۲۰ قطعه نمونه‌ای قابل تقسیم است که در قالب پنج واحد اکوسیستمی مد نظر قرار گرفتند.

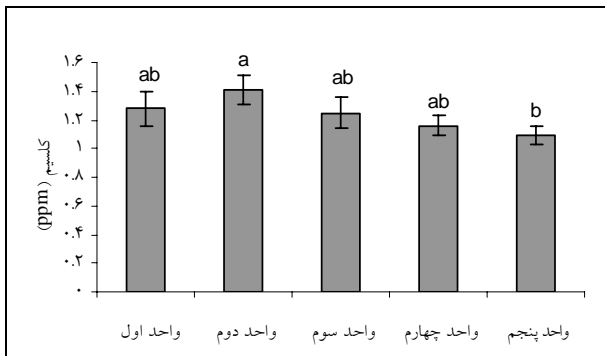
نتایج آنالیز واریانس یک طرفه حاکی از آن است که واحدهای اکوسیستمی منطقه از نظر متغیرهای محیطی درصد شیب، شاخص شمال‌گرایی، ارتفاع از سطح دریا، بافت خاک، میزان کلسیم و شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی همگی در سطح ۹۹ درصد ( $P < 0/01$ ) به همراه میزان کربن و نسبت C/N در سطح ۹۵ درصد ( $P < 0/05$ ) با همدیگر تفاوت معنی‌دار دارند (جدول ۳).

نتایج آزمون دانکن نشان داد که دو واحد اول و دوم از نظر ارتفاع از سطح دریا با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند، لیکن ارتفاع از سطح دریای آنها نسبت به دیگر واحدها به طور معنی‌داری بیشتر بود ( $P < 0/01$ ) (شکل ۲). واحدهای اول و دوم از حیث ارتفاع از سطح دریا در بالاترین حد ارتفاعی منطقه قرار دارند. نتایج این آنالیز همچنین نشان داد واحد اکوسیستمی سوم نسبت به سایر واحدها در پایین‌ترین حد ارتفاعی منطقه قرار دارد. در این ارتباط دو واحد اکوسیستمی چهارم و پنجم با یکدیگر از نظر ارتفاع از سطح دریا تفاوت معنی‌دار ندارند. نتایج

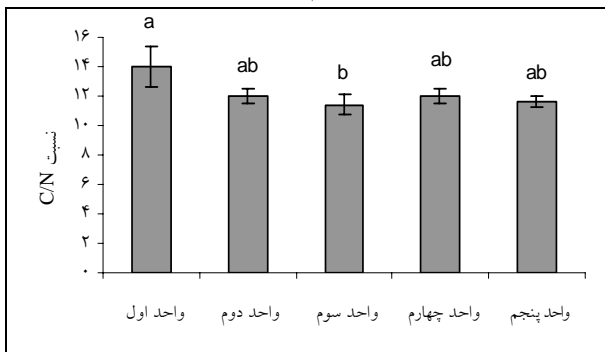
سوم بوده، از این نظر واحدهای دیگر با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. از نظر درصد رس، واحد اکوسیستمی اول حاوی بالاترین مقدار بوده، نسبت به سایر واحدها دارای تفاوت معنی‌دار است، در صورتی که سایر واحدها از این حیث با یکدیگر تفاوت نداشتند (شکل ۱۲). بقیه متغیرهای محیطی تفاوت معنی‌دار آماری را در بین واحد اکوسیستمی منطقه نشان ندادند.



شکل ۳- نمودار مقادیر شمال گرایی در بین واحدهای اکوسیستمی

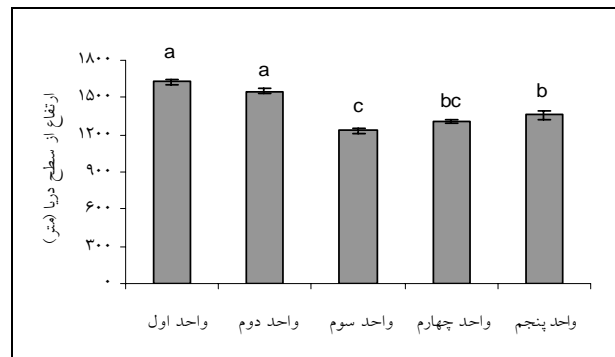


شکل ۵- نمودار مقادیر کلسیم در بین واحدهای اکوسیستمی

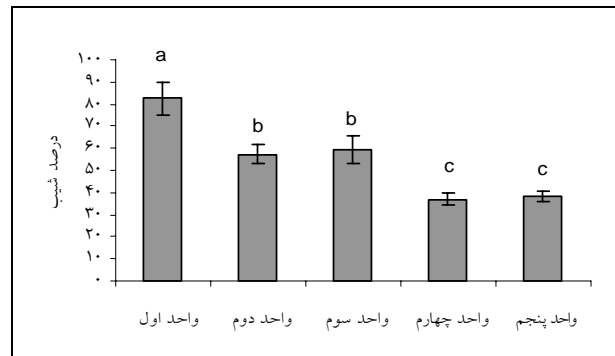


شکل ۷- نمودار مقادیر نسبت C/N در بین واحدهای اکوسیستمی

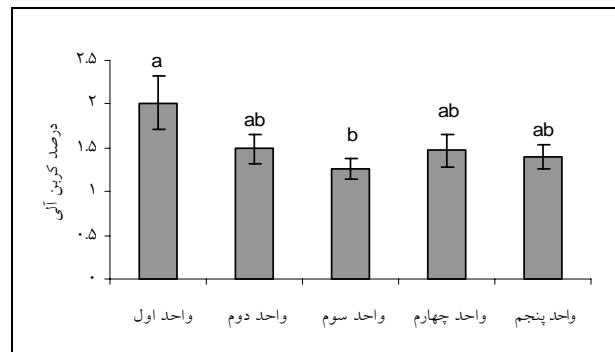
(شکل ۱۰) و یکنواختی پیلو (شکل ۱۱)، واحدهای اول و چهارم دارای بالاترین مقادیر شاخص‌های تنوع و یکنواختی بوده، واحد اکوسیستمی پنجم حاوی کمترین مقدار است. در این ارتباط، واحدهای دوم و سوم با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در بررسی بافت خاک، واحد اکوسیستمی سوم از نظر درصد ذرات شن و سیلت نسبت به سایر واحدها تفاوت معنی‌دار داشت. بالاترین مقدار شن و کمترین میزان رس خاک در سطح منطقه مربوط به واحد



شکل ۲- نمودار ارتفاع از سطح دریا در بین واحدهای اکوسیستمی

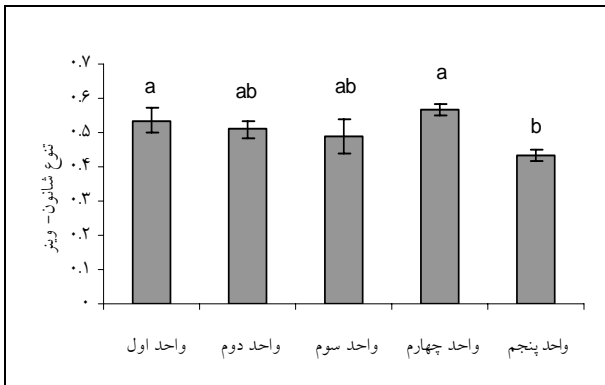


شکل ۴- نمودار مقادیر درصد شیب در بین واحدهای اکوسیستمی

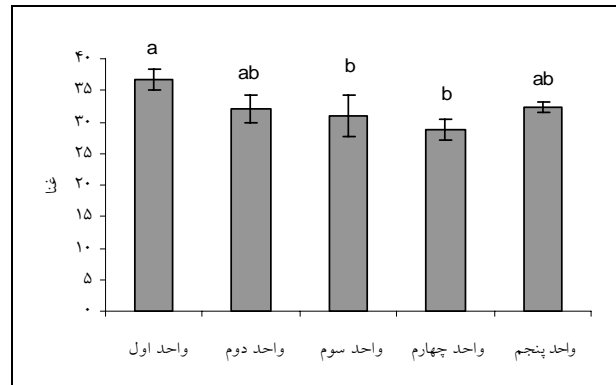


شکل ۶- نمودار درصد کربن آلی در بین واحدهای اکوسیستمی

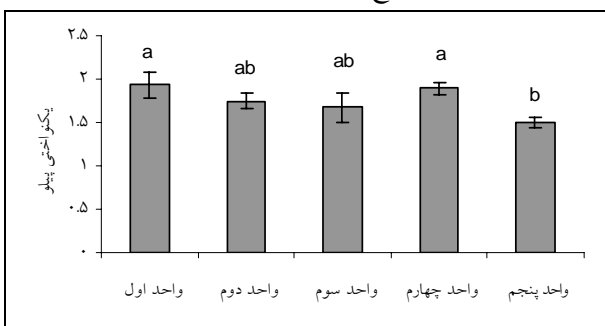




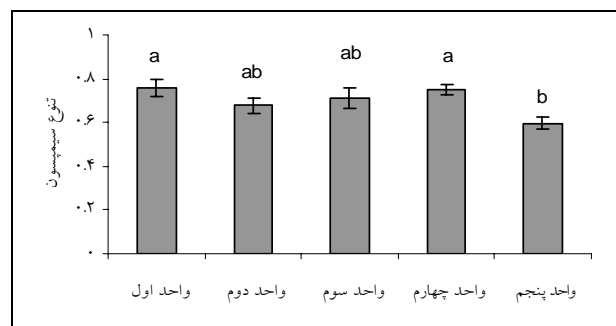
شکل ۹- نمودار مقادیر تنوع شانون-وینر در بین واحدهای اکوسیستمی



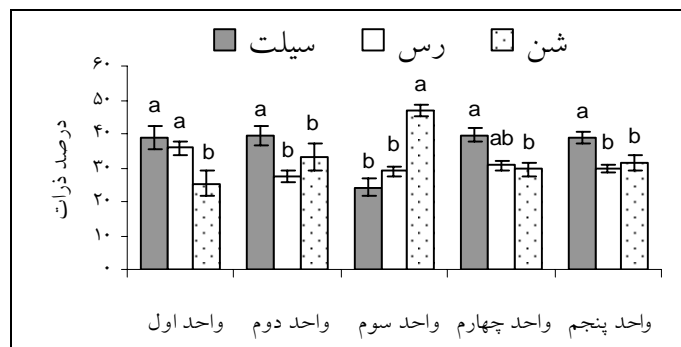
شکل ۸- نمودار مقادیر غنا در بین واحدهای اکوسیستمی



شکل ۱۱- نمودار یکنواختی پیلودر بین واحدهای اکوسیستمی



شکل ۱۰- نمودار تنوع گونه‌ای سیمپسون در بین واحدهای اکوسیستمی



شکل ۱۲- نمودار مقادیر درصد ذرات خاک در بین واحدهای اکوسیستمی

به عنوان تنها متغیر خاک و سه متغیر تنوع شانون-وینر، تنوع سیمپسون و یکنواختی پیلو به عنوان شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی هستند به ترتیب اهمیت در طی هفت مرحله در توابع چهارگانه تشخیص قرار گرفتند که هر کدام در سطح خطای ۱ درصد نیز معنی‌دار بودند (جدول ۴).

این تحلیل نشان داد که با استفاده از چهار متغیر مذکور تعداد چهار تابع تشخیص تشکیل شدند. میزان اهمیت توابع چهارگانه بر مبنای سهم تبیین واریانس آنها از تابع اول

## تحلیل چند متغیره تشخیص عوامل محیطی در واحدهای اکوسیستمی

بررسی تحلیل تشخیص برای تعیین معنی‌داری متغیرهای محیطی در بین واحدهای اکوسیستمی و نیز بررسی صحت طبقه‌بندی واحدها به کار گرفته شد. نتایج این تحلیل نشان داد که تعداد هفت متغیر در توابع تشخیص قرار گرفتند. این متغیرها که شامل سه متغیر توپوگرافیک ارتفاع از سطح دریا، شیب دامنه، شمال‌گرایی به همراه درصد رس خاک

مبنای عوامل محیطی رویشگاه (خصوصیات توپوگرافی و خاک) ۹۰/۴ درصد برآورد کرد. ضریب برآوردی کاپا نیز میزان تطبیق گروه‌بندی واحدهای اکوسیستمی با گروه‌های حاصل از تحلیل تشخیص را ۰/۸۹۸ ارزیابی کرد که این مقدار بسیار نزدیک به مقدار  $Kappa = 1$ ؛ یعنی بهترین وضعیت پیش‌بینی است. نتایج این تحلیل همچنین نشان داد از میان ۱۶ متغیر محیطی، تعداد ۷ متغیر ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، درجه شمال‌گرایی، تنوع گونه‌ای شانون-وینر، درصد رس، تنوع گونه‌ای سیمپسون و یکنواختی پیلو به ترتیب درجه اهمیت در توابع تشخیص قرار گرفتند. در واقع، تابع اول که در آن دو عامل ارتفاع از سطح دریا و شیب دامنه حاوی بالاترین مقادیر ضرایب کانونی هستند، به تفکیک دو واحد اکوسیستمی اول و دوم از سایر واحدها منجر می‌شود. این دو واحد خود نیز به دلیل اختلاف در مقادیر شیب دامنه، الگوی پراکنش کاملاً متمایزی را در نمودار دو گانه تحلیل تشخیص نمایش دادند. در این نمایش قطعات نمونه هر یک از واحدها حاشیه مخصوص به خود را داشته، از یکدیگر کاملاً متمایزند. واحد اکوسیستمی اول در بالاترین حد ارتفاعی منطقه (۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ متری) و بر روی دامنه‌های پر شیب آن استقرار می‌یابد. این واحد اکوسیستمی نماینده تیپ راش (*Fagus orientalis* Lipsky) با زیر اشکوب همیشهک (*Danae racemosa*) در منطقه است. حضور درختان بارانک (*Sorbus torminalis* Garsault) و سفید مازو (*Quercus petraea* ssp. *iberica* (Steven ex M. Bieb) Krassiln.) که توانایی استقرار و رویش در نواحی مرتفع و پر شیب با خاک کم عمق را دارند، این واحد را از سایر واحدها متمایز می‌سازد. بالا بودن مقادیر درصد کربن، نسبت C/N و غنای گونه‌ای نیز بر شیب تند و ارتفاع زیاد واحد مزبور دلالت می‌کند. Fisher و Binkley (۲۰۰۰) نیز

(۶۶/۸٪) تا تابع دوم (۲۱/۳٪)، تابع سوم (۷/۷٪) و تابع چهارم (۴/۲٪) به شدت کاهش می‌یابد (جدول ۵). تابع اول بر اساس متغیر ارتفاع از سطح دریا و شیب دامنه به ترتیب با ضرایب همبستگی تطبیقی ۷۹ و ۶۵/۹ درصد شکل گرفت. تابع دوم بر اساس متغیر درجه شمال‌گرایی با ضریب همبستگی تطبیقی ۷۰/۸- درصد شکل گرفت. تابع سوم بر اساس توابع تنوع زیستی شانون-وینر، سیمپسون و پیلو به ترتیب با ضرایب همبستگی تطبیقی ۷۸/۷، ۶۲/۴ و ۶۴/۷ درصد شکل گرفت و تابع چهارم بر اساس متغیر درصد رس با ضریب همبستگی تطبیقی ۶۵/۷ درصد شکل گرفت (جدول ۶).

در نهایت، جدول توافقی تحلیل تشخیص، صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی منطقه بر مبنای ۱۶ متغیر محیطی اندازه‌گیری شده (متغیرهای درصد نیتروژن، درصد کربن آلی و درصد ماده آلی به دلیل همخطی که با دیگر متغیرها داشتند، مد نظر قرار نگرفتند) را ۹۰/۴ درصد نشان می‌دهد (جدول ۷). در واقع عضویت پذیری مشابه قطعه نمونه‌ها در دو سری از طبقات گروه‌ها؛ یعنی واحدهای اکوسیستمی و گروه‌های طبقه‌بندی حاصل از تحلیل تشخیص معادل ۹۰/۴ درصد است (شکل ۱۳). در این ارتباط، ضریب کاپا ( $Kappa$ ) میزان تطبیق واحدهای اکوسیستمی با گروه‌های حاصله از تحلیل تشخیص را ۰/۸۹۸ ارزیابی می‌کند (جدول ۸). به عبارت دیگر، بر مبنای معیار کاپا، صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی در تحلیل تشخیص ۸۹/۸ درصد برآورد می‌شود.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آنالیز عددی تجزیه به توابع تفکیک (تحلیل تشخیص)، صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی را بر

اشکوب سیاه گیله (*Vaccinium arctostaphylos* Willd.) است. مقایسه مقادیر درصد ذرات خاک (بافت خاک) در واحدهای اکوسیستمی نشان داد که این واحد حاوی بالاترین مقدار درصد ذرات شن بوده، لذا خاک واحد اکوسیستمی سوم حاوی سبک‌ترین بافت خاک نسبت به سایر واحدهاست. از این نظر، نتایج این تحقیق مشابه مطالعه حبیبی کاسب (۱۳۶۳) است که در بررسی وضعیت خاک راشستان‌های شمال و ارتباط آن در گسترش تیپ‌های مختلف راش، خاک راشستان‌های با زیر اشکوب سیاه گیله را به عنوان سبک‌ترین خاک در مقایسه با خاک سایر توده‌های راش جنگل‌های شمال معرفی کرده است. در این واحد تراکم درختان راش نسبت به سایر واحدها کاهش یافته، ولی بر تراکم درختان ممرز به شکل محسوسی افزوده می‌شود که علت آن را می‌توان در استقرار این واحد در پایین‌ترین حد ارتفاعی منطقه، بر روی شیب‌های نسبتاً تند با جهت دامنه جنوبی تا جنوب غربی جستجو کرد که شرایط را برای حضور کمتر درختان راش و افزایش حضور درختان ممرز فراهم می‌کند. پایین بودن مقادیر درصد کربن و نسبت C/N خاک این واحد نسبت به سایر واحدها نیز تأییدی بر حضور بیشتر درختان ممرز در این واحد نسبت به سایر واحدهای اکوسیستمی منطقه است (زرین کفش، ۱۳۸۰). Salehi و همکاران (۲۰۰۷) نیز در بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک در ارتباط با گروه‌های اکولوژیک سری نمخانه جنگل خیرودکنار نشان دادند که درصد کربن و نسبت C/N در تیپ‌های راش با افزایش میزان غلبه درختان ممرز کاهش می‌یابد.

اعتقاد دارند که روند انباشتگی و ذخیره کربن در خاک و به دنبال آن افزایش نسبت C/N با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش می‌یابد.

واحد اکوسیستمی دوم مانند واحد اکوسیستمی اول در دامنه ارتفاعی ۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ متری منطقه ولی بر روی دامنه‌های با شیب ملایم‌تر استقرار می‌یابد. این واحد اکوسیستمی نماینده تیپ راش-پلت در منطقه است که در آن درختان نمدار (*Tilia platyphyllos* M.Bieb.) و پلت (*Acer velutinum* Boiss.) جایگزین درختان بارانک، شیردار و سفید مازو در واحد اکوسیستمی اول می‌شوند. همیشک در این واحد مانند واحد اول به عنوان مهمترین گونه زیر اشکوب مطرح است. بالا بودن درصد سنگی بودن و نیز بالا بودن مقدار کلسیم خاک در این واحد نسبت به سایر واحدها ممکن است از دلایل اصلی حضور درختان پلت و نمدار در این واحد باشد. افزایش میزان غلبه درختان نمدار در شیب‌های متوسط و سنگی جوامع جنگلی راش در جنگل خیرودکنار نیز توسط اسدی (۱۳۶۴) گزارش شد.

تابع دوم که در آن درجه شمال‌گرایی حایز بالاترین ضریب کانونی است، سبب تفکیک واحد اکوسیستمی سوم از واحدهای چهارم و پنجم می‌شود. واحد اکوسیستمی سوم که در نمودار تحلیل تشخیص در انتهای تابع دوم پراکنش دارد، به علت اینکه در پایین‌ترین حد ارتفاعی منطقه (۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ متری) و بر روی شیب‌های تند با جهت دامنه غربی تا جنوب غربی استقرار دارد، از سایر واحدها متمایز است. این واحد نماینده تیپ راش با زیر

جدول ۳- آنالیز واریانس و مقایسات میانگین متغیرهای محیطی در واحدهای اکوسیستمی جنگل دارکلا

| متغیرهای محیطی   | گروه ۱                  | گروه ۲                   | گروه ۳                   | گروه ۴                   | گروه ۵                   | F     | معنی‌داری |
|------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|-----------|
| درصد نیتروژن     | ۰/۱۳۸±۰/۰۰۹             | ۰/۱۲۱±۰/۰۰۸              | ۰/۱۱۰±۰/۰۰۴              | ۰/۱۱۹±۰/۰۱۰              | ۰/۱۱۵±۰/۰۰۸              | ۱/۰۰۵ | ns        |
| فسفر (ppm)       | ۱۷/۹±۲/۲                | ۱۵±۲/۲                   | ۱۵/۲۲±۱                  | ۱۷/۷±۱/۸                 | ۱۴/۳۹±۰/۹۸               | ۱/۰۷  | ns        |
| کلسیم (ppm)      | ۱/۲۸±۰/۱۲ <sup>ab</sup> | ۱/۴۱±۰/۱۰ <sup>a</sup>   | ۱/۲۵±۰/۱۰ <sup>ab</sup>  | ۱/۱۶±۰/۰۷ <sup>ab</sup>  | ۱/۱±۰/۰۶ <sup>b</sup>    | ۲/۹۲  | P<۰/۰۵    |
| درصد ماده آلی    | ۳/۱۳±۰/۳۶               | ۲/۵۷±۰/۲۸                | ۲/۳۰±۰/۲۶                | ۲/۴۳±۰/۳۳                | ۲/۴۰±۰/۲۴                | ۰/۹۴۹ | ns        |
| درصد کربن آلی    | ۲/۰۱±۰/۳۰ <sup>a</sup>  | ۱/۵۰±۰/۱۶ <sup>ab</sup>  | ۱/۲۶±۰/۱۱ <sup>b</sup>   | ۱/۴۷±۰/۱۸ <sup>ab</sup>  | ۱/۳۹±۰/۱۴ <sup>ab</sup>  | ۲/۶۲  | P<۰/۰۵    |
| C/N              | ۱۴/۰۵±۱/۴ <sup>a</sup>  | ۱۲/۰۲±۰/۵۲ <sup>ab</sup> | ۱۱/۴۲±۰/۷۳ <sup>b</sup>  | ۱۲/۰۲±۰/۵۴ <sup>ab</sup> | ۱۱/۶۴±۰/۴۱ <sup>ab</sup> | ۲/۸۲  | P<۰/۰۵    |
| اسیدیته (pH)     | ۶/۱۸±۰/۰۵               | ۶/۳۵±۰/۱۰                | ۶/۱۸±۰/۰۹                | ۶/۲۴±۰/۰۶                | ۶/۲۱±۰/۰۶                | ۰/۰۹۷ | ns        |
| درصد آهک         | ۲/۹±۰/۴۲                | ۳/۷۱±۰/۵۰                | ۳/۰۷±۰/۶۱                | ۲/۷±۰/۳۹                 | ۲/۸±۰/۳۱                 | ۰/۸۷۲ | ns        |
| درصد شیب         | ۸۲/۷±۷/۵ <sup>a</sup>   | ۵۷/۳±۴/۲ <sup>b</sup>    | ۵۹/۵±۶/۵ <sup>b</sup>    | ۳۶/۹±۲/۸ <sup>c</sup>    | ۳۸/۱±۲/۹ <sup>c</sup>    | ۲۰/۱۰ | P<۰/۰۱    |
| شمال‌گرایی       | ۱/۷۲±۰/۰۸ <sup>a</sup>  | ۱/۶۷±۰/۱۸ <sup>a</sup>   | ۰/۵۴۳±۰/۲۵ <sup>b</sup>  | ۱/۶۹±۰/۱۳ <sup>a</sup>   | ۱/۶۳±۰/۱۰ <sup>a</sup>   | ۶/۲۸  | P<۰/۰۱    |
| شرق‌گرایی        | ۰/۵۲۸±۰/۱۶              | ۰/۵۲۲±۰/۰۹               | ۰/۲۳۸±۰/۰۹               | ۰/۸۰۷±۰/۱۹               | ۰/۶۶۴±۰/۱۳               | ۱/۱۱  | ns        |
| درصد رس          | ۳۵/۸±۲/۲ <sup>a</sup>   | ۲۷/۳±۱/۸ <sup>b</sup>    | ۲۹±۱/۳ <sup>b</sup>      | ۳۰/۸±۱/۴ <sup>ab</sup>   | ۲۹/۷±۱/۳ <sup>b</sup>    | ۳/۰۴۱ | P<۰/۰۵    |
| درصد سیلت        | ۳۸/۹±۳/۶ <sup>a</sup>   | ۳۹/۵±۲/۷ <sup>a</sup>    | ۲۴/۳±۲/۸ <sup>b</sup>    | ۳۹/۶±۱/۹ <sup>a</sup>    | ۳۸/۷±۱/۷ <sup>a</sup>    | ۳/۲۴۵ | P<۰/۰۵    |
| درصد شن          | ۲۵/۳±۳/۸ <sup>b</sup>   | ۳۳/۱±۳/۹ <sup>b</sup>    | ۴۶/۸±۱/۷ <sup>a</sup>    | ۲۹/۶±۲/۰۶ <sup>b</sup>   | ۳۱/۵±۲/۳ <sup>b</sup>    | ۳/۳۸۱ | P<۰/۰۵    |
| ارتفاع (m.a.s.l) | ۱۶۲۵±۲۵ <sup>a</sup>    | ۱۵۵۰±۲۳ <sup>a</sup>     | ۱۲۳۷±۲۱ <sup>c</sup>     | ۱۳۰۶±۱۴ <sup>bc</sup>    | ۱۴۱۸±۲۲ <sup>b</sup>     | ۲۴/۹  | P<۰/۰۱    |
| غناى S           | ۳۶/۷±۱/۷ <sup>a</sup>   | ۳۲±۲/۱ <sup>ab</sup>     | ۳۱±۳/۲ <sup>b</sup>      | ۲۸/۷±۱/۶ <sup>b</sup>    | ۳۲/۳±۰/۸۹ <sup>ab</sup>  | ۳/۰۴  | P<۰/۰۵    |
| شانون-وینر       | ۰/۵۳۶±۰/۰۴ <sup>a</sup> | ۰/۵۰۸±۰/۰۳ <sup>ab</sup> | ۰/۴۹۰±۰/۰۵ <sup>ab</sup> | ۰/۵۶۶±۰/۰۲ <sup>a</sup>  | ۰/۴۳۲±۰/۰۲ <sup>b</sup>  | ۵/۱۱  | P<۰/۰۱    |
| یکنواختی پیلو    | ۱/۹۳±۰/۱۴ <sup>a</sup>  | ۱/۷۴±۰/۰۸ <sup>ab</sup>  | ۱/۶۷±۰/۱۷ <sup>ab</sup>  | ۱/۸۹±۰/۰۸ <sup>a</sup>   | ۱/۵۰±۰/۰۶ <sup>b</sup>   | ۴/۴۲  | P<۰/۰۱    |
| سیمپسون          | ۰/۷۵۷±۰/۶۶ <sup>a</sup> | ۰/۶۷۶±۰/۰۴ <sup>ab</sup> | ۰/۷۱۲±۰/۰۴ <sup>ab</sup> | ۰/۷۵۰±۰/۰۲ <sup>a</sup>  | ۰/۵۹۶±۰/۰۳ <sup>b</sup>  | ۴/۹۶  | P<۰/۰۱    |

مقادیر عددی بدنه جدول مربوط به میانگین متغیرها به همراه انحراف معیار آنها است؛ ns: فاقد تفاوت معنی‌دار آماری؛ P<۰/۰۵ و P<۰/۰۱: تفاوت معنی‌دار به ترتیب در سطوح ۹۵ و ۹۹ درصد

جدول ۴- پارامترهای آماری متغیرهای وارد شده در توابع تشخیص

| متغیرهای محیطی     | آماره Wilks Lambda | مقدار P |
|--------------------|--------------------|---------|
| ارتفاع از سطح دریا | ۲۴/۹۳              | ۰/۰۰۰   |
| درصد شیب           | ۱۷/۸۰              | ۰/۰۰۰   |
| شمال‌گرایی         | ۱۳/۵۷              | ۰/۰۰۰   |
| تنوع شانون-وینر    | ۱۱/۴۳              | ۰/۰۰۰   |
| درصد رس            | ۹/۷۵               | ۰/۰۰۰   |
| تنوع سیمپسون       | ۸/۸۰               | ۰/۰۰۰   |
| یکنواختی پیلو      | ۸/۱۷               | ۰/۰۰۰   |

جدول ۵- خلاصه آماره‌های توابع تشخیص کانونی

| مقدار P | کای اسکویر | درجه آزادی | آماره Wilks<br>Lambda | ضریب<br>همبستگی<br>کانونی | درصد تبیین<br>واریانس | مقدار ویژه | توابع |
|---------|------------|------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|------------|-------|
| ۰/۰۰۰   | ۱۵۰/۸۰     | ۲۸         | ۰/۰۳۵                 | ۹۰/۸                      | ۶۶/۸                  | ۴/۷۱       | ۱     |
| ۰/۰۰۰   | ۷۲/۳۹      | ۱۸         | ۰/۲۰۰                 | ۷۷/۵                      | ۲۱/۳                  | ۱/۵۱       | ۲     |
| ۰/۰۰۱   | ۳۱/۰۶      | ۱۰         | ۰/۵۰۱                 | ۵۹/۲                      | ۷/۷                   | ۰/۵۴۰      | ۳     |
| ۰/۰۲۰   | ۱۱/۶۴      | ۴          | ۰/۷۷۲                 | ۴۷/۷                      | ۴/۲                   | ۰/۲۹۵      | ۴     |

جدول ۶- ماتریس ضرایب کانونی استاندارد شده متغیرهای محیطی و توابع تشخیص

| توابع تشخیص |        |        |        | متغیرهای محیطی     |
|-------------|--------|--------|--------|--------------------|
| تابع ۴      | تابع ۳ | تابع ۲ | تابع ۱ |                    |
| -۲۶/۷       | ۷/۸    | -۴۲    | ۷۹     | ارتفاع از سطح دریا |
| -۱۷/۶       | -۱۴/۵  | ۵۴/۹   | ۶۵/۹   | درصد شیب           |
| ۵۱/۹        | ۱۴/۶   | -۷۰/۸  | ۳۵/۵   | شمال‌گرایی         |
| -۱۱/۳       | ۷۸/۷   | ۲۱/۳   | ۸/۲    | تنوع شانون-وینر    |
| -۲/۵        | ۶۲/۴   | ۳۱/۶   | ۱۱/۶   | تنوع سیمپسون       |
| -۲          | ۶۴/۷   | ۲۰/۳   | ۱۳/۶   | یکنواختی پیلو      |
| ۶۵/۷        | ۲۸/۷   | ۵۹/۴   | ۱۹/۲   | درصد رس            |

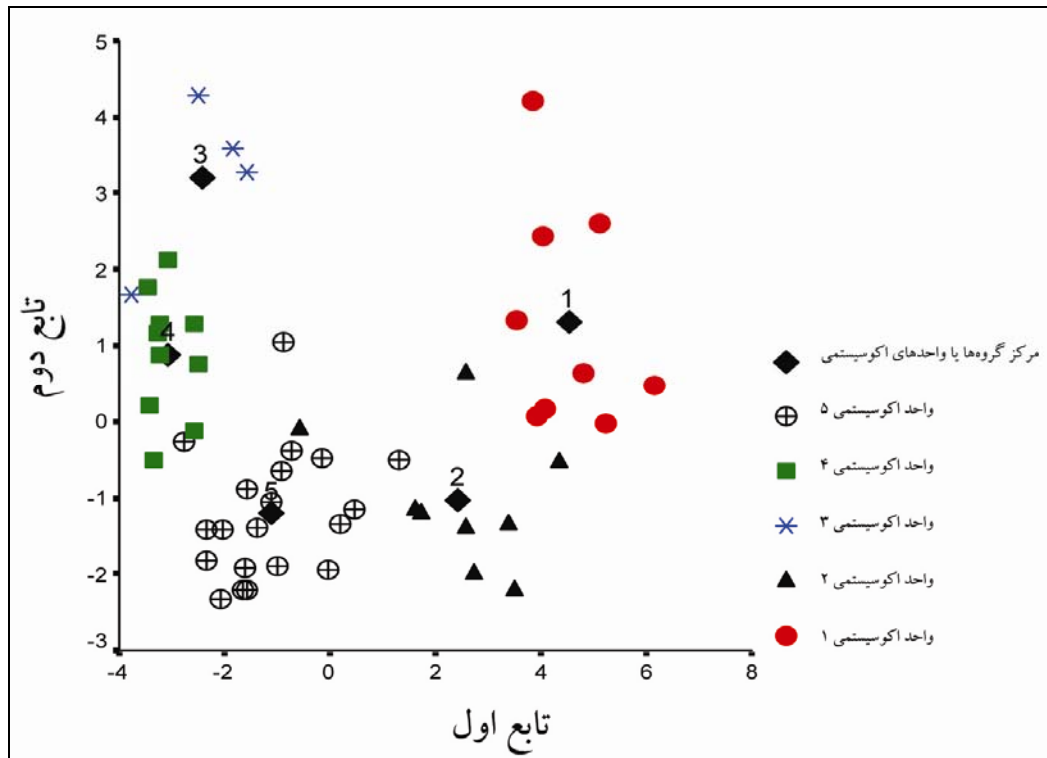
جدول ۷- جدول عضویت پذیری قطعه نمونه‌ها و صحت طبقه‌بندی واحدهای اکوسیستمی جنگل راش دارکلا

| درصد انطباق | تعداد<br>قطعه نمونه‌ها | گروه‌های پیش‌بینی شده توسط تحلیل تشخیص بر مبنای متغیرهای محیطی |            |          |          |          | واحدهای<br>اکوسیستمی |
|-------------|------------------------|--|------------|----------|----------|----------|----------------------|
|             |                        | گروه پنجم  | گروه چهارم | گروه سوم | گروه دوم | گروه اول |                      |
| ۱۰۰         | ۹                      | ۰  | ۰          | ۰        | ۰        | ۹        | اول                  |
| ۸۸/۹        | ۹                      | ۱  | ۰          | ۰        | ۸        | ۰        | دوم                  |
| ۷۵          | ۴                      | ۰  | ۱          | ۳        | ۰        | ۰        | سوم                  |
| ۹۰          | ۱۰                     | ۱  | ۹          | ۰        | ۰        | ۰        | چهارم                |
| ۹۰          | ۲۰                     | ۱۸   | ۱          | ۰        | ۱        | ۰        | پنجم                 |

میانگین درصد انطباق = ۹۰/۴٪

جدول ۸- گزارش ضریب کاپا در تعیین دقت گروه‌های پیش‌بینی شده توسط تحلیل تشخیص

| مقدار ضریب Kappa | انحراف معیار | معنی‌داری |
|------------------|--------------|-----------|
| ۰/۸۹۸            | ۰/۰۴۹        | ۰/۰۰۰     |



شکل ۱۳- نمودار دو گانه تحلیل تشخیص واحدهای اکوسیستمی جنگل راش دار کلا بر اساس متغیرهای ارتفاع از سطح دریا

درصد شیب، درجه شمال‌گرایی، درصد رس، شاخص‌های شانون، سیمپسون و بیلو

چهارم و پنجم، حاکی از آن است که واحدهای مزبور نسبت به متغیرهای خاکی و توپوگرافی پاسخ تقریباً مشابهی دارند (اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند)، لکن از نظر شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی کاملاً از یکدیگر متمایز هستند. در واقع، دو واحد اکوسیستمی چهارم و پنجم هرچند از نظر متغیرهای خاکی و توپوگرافیک مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند، اما در فرآیند طبقه‌بندی به عنوان دو واحد متمایز معرفی شدند. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که طبقه‌بندی اکوسیستمی به دلیل لحاظ کردن تغییرات ذاتی یا پنهانی گرادیان محیطی هر رویشگاه

واحدهای اکوسیستمی چهارم و پنجم که از نظر خصوصیات محیطی شباهت بسیار با یکدیگر دارند در محدوده ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ متری و بر روی شیب‌های ملایم استقرار می‌یابند. این دو واحد نماینده تیپ راش با زیراشکوب کوله خاس (*Ruscus hyrcanus* Woronow) است. حضور درختان توسکا (*Alnus subcordata* C.A.Mey.) که معرف رطوبت بالای خاک و شیب کم در جنگل‌های راش است (صالحی و همکاران، ۱۳۸۴) در این دو واحد، آنها را از سایر واحدها متمایز می‌کند. بررسی معنی‌داری خصوصیات محیطی واحدهای اکوسیستمی

طبقه‌بندی منطقی از گروه‌های گیاهی جنگل راش دارکلا را ارائه کرده، این نکته را تأیید می‌کند که پوشش گیاهی می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب در طبقه‌بندی رویشگاه‌های طبیعی با خصوصیات ناهمگن اکولوژیک کاربرد داشته باشد. نتایج این تحقیق همچنین آشکار کرد که خصوصیات توپوگرافی و شاخص‌های تنوع زیستی از اهمیت بیشتری نسبت به عوامل فیزیکی-شیمیایی خاک در الگوی پراکنش واحدهای اکوسیستمی منطقه برخوردارند. نتایج تحقیق حاضر، از این نظر برخلاف نتایج تحقیق اسحاقی راد و همکاران (۱۳۸۸) است که خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک به همراه ارتفاع از سطح دریا را به عنوان مهمترین عوامل محیطی مؤثر در پراکنش جوامع گیاهی راش در جنگل خیرود کنار معرفی کردند.

می‌تواند به عنوان یک دستاورد مهم در طبقه‌بندی رویشگاه‌های جنگلی کاربرد داشته باشد که این نتیجه گیری مشابه نتایج تحقیقات McNab و همکاران (۱۹۹۹)، Kashian و همکاران (۲۰۰۳) و Grabherr و همکاران (۲۰۰۳) است.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که به کارگیری آنالیزهای چند متغیره در فرآیند طبقه‌بندی، به تفکیک رویشگاه به واحدهایی با خصوصیات یکنواخت و همگن اکولوژیک عنوان واحدهای اکوسیستمی منجر شد. واحدهای اکوسیستمی منطقه هرچند که بر مبنای آنالیز پوشش گیاهی تعیین شدند، اما می‌توانند پیش‌بینی قابل قبولی از خصوصیات محیطی منطقه را ارائه دهند. بنابراین، نتیجه گیری می‌شود که ایده واحدهای اکوسیستمی،

## منابع

- اسحاقی راد، ج.، زاهدی امیری، ق.، مروی مهاجر، م. ر. و متاجی، ا. (۱۳۸۸) ارتباط بین پوشش‌های رستنی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جوامع راش (مطالعه موردی: جنگل آموزشی- پژوهشی خیرودکنار)، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۷: ۱۷۴-۱۸۷.
- اسدی، م. (۱۳۶۴) بررسی جوامع گیاهی خیرودکنار سری پاتم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- اسدی، م.، معصومی، ع. ا.، خاتمساز، م. و مظفریان، و. (۱۳۶۷-۱۳۸۱). فلور ایران، جلد ۱-۳۸. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.
- اسماعیل زاده، ا. حسینی، س. م.، مصداقی، م.، طبری، م. و محمدی، ج. (۱۳۸۸) آیا ترکیب گیاهی بانک بذر خاک قابلیت تشریح جوامع گیاهی رو زمینی را دارند؟ مجله علوم محیطی ۷: ۴۱-۶۲.
- اسماعیل زاده، ا. و حسینی، س. م. (۱۳۸۶) رابطه بین گروه‌های اکولوژیک گیاهی با شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در ذخیره گاه سرخدار افراخته، مجله محیط‌شناسی ۲۱: ۴۳-۳۰.
- بصیری، ر.، کرمی، پ.، اکبری نیا، م. و حسینی، س. م. (۱۳۸۲) تعیین گروه گونه‌های اکولوژیک به روش Anglo-American (مطالعه موردی: منطقه قامیشله مریوان)، مجله محیط‌شناسی ۳۶: ۸۹-۹۸.
- بی‌نام. (۱۳۸۱) کتابچه طرح جنگلداری سری دارکلا، اداره کل منابع طبیعی استان مازندران، ساری.
- حیبی کاسب، ح. (۱۳۶۳) بررسی خاک راشستان‌های شمال ایران و نقش آن در گسترش تیپ‌های مختلف راشستان، مجله منابع طبیعی ایران ۳۸: ۱-۱۶.
- زاهدی امیری، ق. و لوست، ن. (۱۳۷۸) طبقه‌بندی هوموس جنگلی بر اساس خصوصیات جوامع گیاهی در یک جنگل آمیخته پهن برگ. مجله منابع طبیعی ایران ۵۲: ۴۷-۶۲.

کنت، م. و کاکر، پ. (۱۳۸۰) توصیف و تحلیل پوشش گیاهی، ترجمه مصدافی، م. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

لودویگ، جی. الف. و رینولدز، جی، اف. (۱۳۸۳) کاربرد آمار در بوم‌شناسی (روش‌ها و محاسبات پایه‌ای). ترجمه پوربابایی، ح. انتشارات دانشگاه گیلان، گیلان.

متاجی، ا. و بابایی کفاکی، س. (۱۳۸۵) بررسی جوامع گیاهی و شرایط توپوگرافیکی به منظور تهیه نیمرخ جوامع جنگلی شمال ایران (مطالعه موردی: جنگل خیرود کنار نوشهر). مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۴: ۲۵۸-۲۶۸.

محمودی، ج.، زاهدی امیری، ق.، عادل، ا. و رحمانی، ر. (۱۳۸۴) شناسایی گروه‌های اکولوژیک گیاهی و ارتباط آنها با ویژگی‌های خاک در جنگل جلگه‌ای کلارآباد (چالوس). مجله منابع طبیعی ایران ۵۸(۲): ۲۵۱-۳۶۲.

مظفریان، و. (۱۳۷۵) فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. انتشارات مؤسسه فرهنگ معاصر، تهران.

Abella, S. R. and Covington, W. W. (2006) Forest ecosystems of an Arizona *Pinus ponderosa* landscape: multifactor classification and implications for ecological restorations. *Journal of Biogeography* 33: 1368-1383.

Barbour, M. G., Bruk, J. H. and Pitts, W. D. (1998) *Terrestrial Plant Ecology*. 3<sup>rd</sup> edition. The Benjamin/Commings Publishing Company, Inc., Menlo Park.

Barnes, B. V., Zak, D. R., Denton, S. R. and Spurr, S. H. (1998) *Forest ecology*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Braun-Blanquet, J. (1932) *Plant sociology, The study of plant communities* (Translation of *Pflanzensoziologie* by Fuller, G. D. and Conard, H. S. 1983). McGraw Hill Book Company, Inc., New York.

Dobrovic, I., Safner, T., Jelaska, S. D. and Nikolic, T. (2007) Ecological and phytosociological characteristics of the association *Abieti-Fagetum «pannonicum»* prov. on Mt. edvednica (NW Croatia). *Acta Botanica Croatia*. 65(1): 41-55.

زرین کفش، م. (۱۳۷۲) خاک‌شناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

زرین کفش، م. (۱۳۸۰) خاک‌شناسی جنگل - اثرات متقابل خاک و گیاه در ارتباط با عوامل زیست محیطی اکوسیستم‌های جنگلی. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

صالحی، ع.، زرین کفش، م.، زاهدی امیری، ق. و مروی مهاجر، م. ر. (۱۳۸۴) بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ارتباط با گروه‌های اکولوژیک درختی در سری نم خانه جنگل خیرود کنار، مجله منابع طبیعی ایران ۵۸(۳): ۵۶۷-۵۷۸.

قهرمان، ا. (۱۳۷۹-۱۳۷۵) فلور رنگی ایران، جلد‌های ۱-۲۲، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و دانشگاه تهران، تهران.

Fisher, R. and Binkley, D. (2000) *Ecology and management of forest soils*. 3<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Goebel, P. C., Palik, B. J., Kirkman, L. K., Drew, M. B., West, L. and Pederson, D. C. (2001) Forest ecosystems of a lower Gulf Coastal Plain landscape: multifactor classification and analysis. *Journal of the Torrey Botanical Society* 128: 47- 75.

Grabherr, G., Reiter, K. and Willner, W. (2003) Towards objectivity in vegetation classification: the example of the Austrian forests. *Plant Ecology* 169: 21- 34.

Hill, M. O. (1973) Diversity and Evenness: A unifying notation and its consequences, *Ecology* 54: 427- 432.

Kashian, D. M., Barnes, B. V. and Walker, W. S. (2003) Ecological species groups of landform-level ecosystems dominated by jack pine in northern Lower Michigan, USA. *Plant Ecology* 166: 75- 91.

Kimmins, J. P. (2004) *Forest Ecology: a foundation for sustainable forest management*



- and environmental ethics in forestry. 3<sup>rd</sup> edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Magurran, A. (1988) Ecological diversity and its measurement. Croom Helm, London.
- McCune, B. and Mefford, M. J. (1999) PC-ORD, Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4, MjM Software Design, Glenden Beach, Oregon, USA.
- McNab, W. H., Browing, S. A., Simon, S. A. and Fouts, P. E. (1999) An unconventional approach to ecosystem unit classification in western north Carolina, USA. *Forest Ecology and Management* 114: 405-420.
- Palik, B. J., Buech, R. and Engeland, L. (2003) Using an ecological land hierarchy to predict season- wetland abundance in upland forests. *Ecological Applications* 13: 1153- 1163.
- Peet, R. K. (1974) The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematic* 5: 285-307.
- Rechinger, K. (Ed.) (1963-1998) *Flora Iranica*, Vols, 1-173, Akademish, Druck- University Verlagsanstalt, Graz.
- Salehi, A., Zahedi Amiri, Gh., Burslem, D. F. R. P. and Swaine, M. D. (2007) Relationships between tree species composition, soil properties and topograohic factores in a temperate deciduous forest in northern Iran. *Asian Journal of Plant Science* 6(3): 455-462.
- Whittaker, R. H. (1962) Classification of natural communities. *Botanical Review* 28: 1-239.
- Witte, P. M. (2002) The descriptive capacity of ecological plant species groups. *Plant Ecology* 162: 199-213.

## **Classification system analysis in classification of forest plant communities (Case study: Darkola's beech forest)**

**Omid Esmailzadeh \*, Seyed Mohsen Hosseini, Masoud Tabari and Hamed Asadi**

Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

### **Abstract**

The aim of this study was identification of ecosystem units of Darkola's beech (*Fagus orientalis* Lipskey) forest and determination of effective environmental factors on their distribution. 52 vegetation plots were allocated at maximum vegetation cover during last spring by systematic-selective method. The plots were located 100-200 meter from each other based upon indicator stands concept. Five ecosystem units were distinguished based on floristic cover data by using TWINSpan method. With respect to the units, we used one way ANOVA and discriminant analysis based on topographic and soil factors and plant biodiversity indices. Results showed that the ecosystem units which were classified on the basis of vegetation data could also reflect underlying differences in environmental features. Elevation, slope and north gravitation as topographical factors, percentage of clay as the only soil factor with Shannon- Wiener and Simpson diversity and Pielou evenness as biodiversity indices were the most important gradients respectively which constructed four discriminant functions. These functions, which were significant ( $P < 0.01$ ), showed that the five ecosystem units were correctly classified with 90.4 percentage goodness on the basis of environmental data and they were recognizable in five distinct groups in the biplot graph of discriminant analysis. Therefore, it was concluded that topographical characteristics and plant biodiversity indices had more influence on the formation of ecosystem units than physical and chemical properties of soil. We also concluded that and even an, ecological classification system were based upon vegetation analysis, it can present a suitable prediction of environmental characteristics.

**Key words:** Ecosystem units, TWINSpan, Discriminant analysis, Soil factors, Topography, Plant biodiversity

---

\* Correspong Author: Oesmailzadeh@yahoo.com