ارزیابی شاخص‌های تشابه در اختصاص قطعات‌نمونه به جوامع گیاهی از قبل طبقه‌بندی شده

امید اسماعیل‌زاده*، رزگار داروند و حامد اسدی

نور، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۱۹

چکیده

تحقیق حاضر در نظر دارد تا کیفیت شاخص‌های تشابه قطعه نمونه-گروه در اختصاص قطعات نمونه به جوامع‌گیاهی را با استفاده از شاخص‌های ارزیاب مبتنی بر گروه و گونه مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و مناسب‌ترین روش را ارائه دهد. برای این منظور از داده‌های بانک اطلاعاتی پوشش‌گیاهی شمشاد هیرکانی در دو استان گلستان و مازندران (تعداد ۴۳۷ رولوه) استفاده شد. با استفاده از نتایج تلفیقی دو روش TWINSPAN معمولی و اصلاح-شده به همراه نتایج تحلیل خوشه‌ای، تعداد ۱۱ گروه گیاهی طبقه‌بندی شد. گروه‌های حاصله به عنوان گروه‌های اولیه در محاسبه شاخص‌های تشابه قطعه‌نمونه- گروه مد نظر قرار گرفتند. پس از گروه‌بندی، نخست درجه اجتماع‌پذیری گونه- گروه با استفاده از شاخص تعلقه فی اصلاح‌شده برآورد شده و سپس با بکارگیری ۶ شاخص تشابه قطعه نمونه- گروه اقدام به تخصیص دوباره قطعات نمونه به گروه‌های ۱۱ گانه شد. نتایج نشان داد که گروه-های حاصل از شاخص تشابه TPFI از نظر همه شاخص های ارزیابی مورد نظر (به غیر از دو شاخص کالینسکی و انحصارگرایی) نسبت به بقیه ۵ شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه از کیفیت مطلوب‌تری برخوردار است. نتایج تحلیل PCA در ارتباط با مقادیر شاخص‌های ارزیابی نشان داد شاخص غیرهندسی گونه‌های معرف یا ISA به همراه دو شاخص هندسی ضریب همبستگی بیسیریال نقطه‌ای و ضریب پارتانا به ترتیب اهمیت به عنوان مهمترین شاخص‌ها محسوب می‌شوند. به طور کلی نتایج تحقیق حاضر تصریح می‌کند استفاده از روش مدل مجموع شاخص تعلقه فی در تخصیص قطعات‌نمونه به گروه‌های از قبل طبقه‌بندی شده نسبت به پنج روش فروانی شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه در اولویت می‌باشد.

واژه های کلیدی: جوامع گیاهی، شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه، شاخص‌های ارزیابی هندسی و غیر هندسی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۳-۴۴۵۳۱۰۱-۰۱۱ ، پست الکترونیکی: oesmailzadeh@modares.ac.ir

مقدمه

متخصیصن اکولوژی جوامع گیاهی و محققین پوشش گیاهی به طور معمول از طیف گسترده‌ای از روش‌های عددی طبقه‌بندی را برای تجزیه و تحلیل جوامع گیاهی استفاده می‌کنند (۲۲). اجرای دوباره یک روش طبقه‌بندی پس از اضافه شدن یک سری از قطعات‌نمونه جدید ممکن است منجر به ایجاد تغییرات اساسی در تعداد گروه‌ها و عضویت‌پذیری قطعات نمونه قبلی به گروه‌های موجود شود (۱۱ و ۳۴). این مسئله به عنوان یک رویکرد منفی در فرآیند طبقه‌بندی جوامع گیاهی مطرح می‌باشد. چون با اضافه شدن سری جدید قطعات‌نمونه به پایگاه اطلاعاتی داده و در نتیجه اجرای مجدد فرآیند طبقه‌بندی، نتایج مختلفی از گروه‌بندی ارائه می‌شود که هر کدام از آن ممکن است تشابه اندکی با گروه‌های گیاهی استاندارد (تایید شده) در سطح منطقه‌ای یا بین‌المللی نشان دهند (۲۴). این ویژگی سبب می‌شود تا استفاده از نتایج یک طبقه‌بندی نظارت شده مناسب در یک منطقه (طبقه‌بندی که گروه‌های آن همخوانی مناسبی را با واقعیت رویشگاهی نشان داده و کیفیت آن مورد تایید می‌باشد) با محدودیت مواجه شده و امکان بهره‌گیری از نتایج آنها به دلیل تغییر در عضویت‌پذیری قطعات‌نمونه از پیش طبقه‌بندی شده مقدور نمی‌باشد.

به طور کلی اعتقاد بر این است که در یک سیستم طبقه‌بندی اکولوژیک جامع باید امکان اضافه شدن قطعات‌نمونه جدید به همراه بازیابی گروه‌های از قبل تعیین شده فراهم باشد (۳۷ و ۳۳). از اینرو طبقه‌بندی جوامع گیاهی نیازمند روش‌های عددی مناسب به منظور تخصیص قطعات نمونه جدید (قطعات‌نمونه‌ای که پس از فرآیند

طبقه‌بندی و تفکیک جوامع گیاهی از سطح منطقه برداشت شدند) به جوامع موجود (که قبلا در نتیجه کاربرد روش‌های طبقه‌بندی شناسایی و معرفی شدند) می‌باشد (۳۵).

Tichy (۳۱) براساس پایایی نسبی (Constancy) و وفور (Abundance) گونه‌های گیاهی و با استفاده از شاخص اجتماع‌پذیری گونه– گروه (وفاداری) فی (Phi fidelity index)، پنج روش شاخص فراوانی (Frequency index) یا FQI، شاخص تعلقه مثبت (Positive fidelity index) یا PFDI، شاخص تلفیقی فراوانی– تعلقه مثبت (Frequency- Positive fidelity index) یا FPFI، شاخص تعلقه منفی (Negative fidelity index) یا NFDI و شاخص تلفیقی فراوانی– تعلقه کلی (Frequency- Global Fidelity index) یا FGFI را به منظور تعیین میزان اجتماع‌پذیری هر یک از قطعات نمونه به جوامع گیاهی موجود (که قبلاً در نتیجه کاربرد روش‌های طبقه‌بندی ارائه شدند) معرفی کرد. Dai (۱۴) نیز با استفاده از مقادیر ارزش معرف گونه‌ها و توسعه روش مدل مجموع ارزش شاخص (Total Indicator Value Model) یا TIVM، یک روش جدید تخصیص قطعه-نمونه– گروه را معرفی کرد. اسماعیل‌زاده و اسدی (۱۲) با استناد به اینکه روش فی تعدیل شده (۳۲) به دلیل سهولت اجرا (برآورد فقط بر اساس داده های حضور و غیاب) و ارائه مقادیر منفی درجه وفاداری گونه‌ها از استقبال بیشتری در تعیین گونه‌های معرف به ویژه تعیین گونه‌های تفریقی در طبقه‌بندی سلسله مراتبی بروان بلانه توسط جامعه شناسان گیاهی برخوردار است، شاخص مجموع شاخص تعلقه فی (Total Phi Fidelity Index) یا TPFI را به عنوان یک روش جدید اجتماع‌پذیری قطعه‌نمونه–گروه توسعه دادند.

شاخص‌های تخصیص قطعه نمونه–گروه صرف نظر از اینکه بر مبنای کدام روش تعیین درجه اجتماع‌پذیری گونه–گروه و یا روش ریاضی تعریف می‌شوند همانند روش‌های مختلف طبقه‌بندی منجر به ارائه ماتریس قطعه‌نمونه–گروه شده از اینرو نتایج آنها را می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی، اعتبار سنجی کرد (۱). به طور کلی روش‌های عددی ارزیابی طبقه‌بندی در قالب دو گروه ارزیابی داخلی (Internal) و خارجی (External) ارائه می‌شوند (۶).

روش‌های ارزیابی خارجی، کیفیت هر یک از روش‌های طبقه‌بندی حاصله را با نتایج گروه‌های از قبل طبقه‌بندی شده، مورد مقایسه قرار می‌دهد. در مقابل روش‌های ارزیابی داخلی، کیفیت هر یک از روش‌های طبقه‌بندی را بر اساس روابط موجود در هر یک از خوشه‌ها (گروه‌ها) ارائه می‌دهد. ارزیابی‌های داخلی مشتمل بر دو گروه هندسی (Geometric) و غیرهندسی (Non- geometric) می‌باشند. ارزیابی‌های هندسی روش‌هایی هستند که ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی را بر مبنای روابط هندسی (فاصله) قطعات نمونه در درون و بین خوشه‌ها (گروه‌ها) انجام می‌دهد. در مقابل روش های غیر هندسی ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی را بر مبنای پراکنش گونه‌های گیاهی ارائه می‌دهد (۶). در واقع در روش‌های هندسی، محاسبات بر مبنای مقادیر عددی هر یک از قطعات نمونه انجام می‌پذیرد این در حالی است که در روش‌های غیر هندسی مثل روش ارزش معرف یا Indval (۱۸)، محاسبات بر مبنای مقادیر عددی هر یک از گونه-های گیاهی انجام می‌شود. از اینرو به روش‌های ارزیابی هندسی و غیر هندسی به ترتیب روش‌های ارزیاب مبتنی بر گروه (Community- based) و گونه (Species- based) نیز اطلاق می‌شود (۲۵).

تحقیق حاضر در نظر دارد تا با استفاده از نتایج طبقه‌بندی فلوریستیکی رویشگاه‌های شمشاد هیرکانی در دو استان مازندران و گلستان به عنوان گروه‌های اکولوژیک موجود (که بر اساس نتایج تلفیقی دو روش عددی طبقه‌بندی شامل تحلیل خوشه ای و تحلیل گونه‌های معرف دو طرفه (Two way indicator species analysis) معمولی یا TWINSPAN و اصلاح شده(Modified TWINSPAN) انجام شده است) و بهره‌گیری از تعدادی شاخص‌های ارزیابی داخلی و خارجی طبقه‌بندی، کیفیت نتایج شاخص‌های تخصیص قطعه نمونه–گروه ارائه شده توسط Tichy (۳۱) و اسماعیل زاده و اسدی (۱۲) را در اختصاص قطعات نمونه جدید به جوامع گیاهی از قبل تعیین شده مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و مناسب‌ترین روش را ارائه دهد.

مواد و روشها

پایگاه اطلاعاتی داده: در این پژوهش از داده‌های بانک اطلاعاتی پوشش گیاهی شمشاد هیرکانی استفاده شد. این بانک اطلاعاتی مشتمل بر تعداد ۴۳۷ رولوه از رویشگاه‌های شمشاد در استان شمال گلستان و مازندران است که در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ به روش براون بلانکه (۱۹۶۴) برداشت شد. رولوه‌ها با مساحت ۴۰۰ متر مربع با رعایت اصل توده معرف از شرقی‌ترین منطقه پراکنش شمشاد هیرکانی در ذخیره‌گاه چشمه‌بلبل بندرگز تا لیره‌سر تنکابن در غرب استان مازندران و از دامنه ارتفاعی ۵۰ متر از سطح دریا در ذخیره‌گاه جنگلی سی‌سنگان تا ۱۷۵ متر از سطح دریا در منطقه فریم برداشت شد.

طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی: با استفاده از نتایج تلفیقی دو روش TWINSPAN معمولی و اصلاح شده (۲۷) به همراه نتایج تحلیل خوشه‌ای تعداد ۱۱ گروه گیاهی طبقه‌بندی شد. آن دسته از قطعات-نمونه که مطابق سه روش در یک گروه قرار نگرفتند از طریق تحلیل ممیزی و بر اساس داده‌های متغیرهای محیطی و نمایش همزمان گروه‌ها در نمودار رج‌بندی تحلیل تطبیقی نااریب یا DCA به گروه-های مزبور تخصیص یافتند. هر دو روش TWINSPAN با بهره‌گیری از بسته نرم‌افزاری Juice ۷ (۳۰) براساس مقادیر درصد تاج‌پوشش گونه‌ها و بر مبنای سطوح قطع ۱۰۰- ۷۵- ۵۰- ۲۵- ۱۲/۵- ۵- ۲/۵- ۱- (صفر) ۰ انجام شد. روش اصلاح‌شده آن نیز با استفاده از معیار تنوع شاخص واریانس کل (Total inertia) انجام شد (۲۷). گروه‌های حاصله به عنوان گروه‌های اولیه یا از قبل تعیین شده در محاسبه شاخص‌های تشابه یا تخصیص قطعه‌نمونه- گروه مد نظر قرار گرفتند.

اجتماع‌پذیری گونه- گروه و قطعه‌نمونه- گروه: پس از گروه-بندی، اجتماع‌پذیری گونه- گروه (گروه‌های اولیه) با استفاده از شاخص تعلقه فی اصلاح شده (۳۲) انجام شد. سپس با استفاده از مقادیر شاخص تعلقه فی که ۱- تا ۱+ متغیر است و بکارگیری ۶ شاخص تشابه قطعه نمونه- گروه (جدول ۱) اقدام به تخصیص دوباره قطعات نمونه به گروه های ۱۱ گانه می‌شود. بالاترین مقدار عددی هریک از شاخص‌های تشابه قطعه‌نمونه- گروه هر یک از رولوه‌ها در هر یک از گروه‌های گیاهی موجود در منطقه بیانگر اختصاص آن رولوه‌ها به گروه گیاهی مزبور می باشد. بر این اساس تعداد ۶ سری گروه‌بندی جدید (برمبنای تعداد ۶ شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه) ارائه شد.

جدول ۱- شاخص های تشابه قطعه نمونه-گروه مورد

شاخص	توضیحات	منبع	فرمول
فروانی نسبی	$\sum_{i\in R} FQ_i$ = مجموع فراوانی یا پایایی نسبی ترکیب گیاهی موجود که در هر رولوه (R) حضور دارند؛ $\sum_{i\in C} FQ_i$ = مجموع مقادیر فراوانی یا پایایی نسبی کلیه گونه هایی که در هر گروه گیاهی (C) حضور دارند. دامنه این شاخص از ۰ تا ۱۰۰ است.	(۱۰)	$FQI = 100 \times \left(\frac{\sum_{i\in R} FQ_i}{\sum_{i\in C} FQ_i} \right)$
تعلقه مثبت	روش محاسبه این شاخص کاملا شبیه روش محاسبه شاخص فراوانی می باشد با این تفاوت که بجای مقادیر فراوانی از مقادیر مثبت ضرایب تعلقه فی استفاده می‌شود. دامنه این شاخص از ۰ تا ۱۰۰ است.	(۱۰)	$PFDI = 100 \times \left(\frac{\sum_{i\in R} FD_i}{\sum_{i\in C} FD_i} \right)$
تعلقه منفی	محاسبه شاخص تعلقه منفی کاملا شبیه شاخص تعلقه مثبت می باشد با این تفاوت که در محاسبه آن فقط ضرایب تعلقه منفی مد نظر قرار می گیرند. دامنه این شاخص از ۱۰۰- تا است.	(۱۰)	$NFDI = -100 \times \left(\frac{\sum_{i\in R} FD_i}{\sum_{i\in C} FD_i} \right)$
تلفیقی فراوانی- تعلقه مثبت	این شاخص میانگین دو شاخص فروانی و تعلقه مثبت را ارائه می‌دهد. دامنه این شاخص از ۰ تا ۱۰۰ است.	(۱۰)	$FPFI = 100 \times (FQI + PFDI)/2$
تلفیقی فراوانی- تعلقه کلی	این شاخص با استفاده از سه مولفه فراوانی، تعلقه مثبت و منفی محاسبه می شود. دامنه این شاخص از ۵۰- تا ۱۰۰ می باشد.	(۱۰)	$FGFI = 100 \times (FQI + PFDI + NFDI)/3$
مجموع شاخص تعلقه فی	A_i= ارزش معرف گونه i در گروه k؛ C_i= درصد تاج پوشش گونه i در قطعه‌نمونه j	(۱۲)	$TFVI_{j,k} = \sum_{k\in i(j)} (A_i \times C_i)$

شاخص‌های ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی: پس از تهیه ماتریس قطعه‌نمونه- گروه با استفاده از ۶ معیار تشابه قطعه‌نمونه، کیفیت نتایج هر یک از شاخص‌های شش‌گانه تشابه قطعه‌نمونه- گروه با استفاده از دو سری از شاخص‌های اعتبارسنجی داخلی و خارجی، ارزیابی شد. با استفاده از ایده جدول توافقی و بهره-گیری از آزمون نیکویی برازش مربع کای با اعمال ضریب تصحیح یتس (۵)، میزان انطباق نتایج ۶ سری از گروه‌بندی‌های حاصله با نتایج گروه‌بندی اولیه برآورد شد(۱۲). نتایج ماتریس قطعه‌نمونه- گروه هریک از ۶ شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه، انطباق بالاتری را با ماتریس قطعه‌نمونه- گروه حاصل از نتیجه طبقه‌بندی اولیه نشان دهد، به عنوان مناسب‌ترین شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه معرفی می‌شود. این روش ارزیابی به عنوان یک روش خارجی ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی محسوب می‌شود (۲۴). همچنین از شاخص‌های فاصله‌ای C-Index، ضریب پارتانا (Partana ratio)، ضریب همبستگی بیسریال نقطه‌ای (Point biserial correlation) و شاخص کالینسکی و هاراباس (Calinski and Harabas) که بر اساس تشابه درون گروهی و برون گروهی قطعات‌نمونه عمل می‌کنند به عنوان شاخص‌های ارزیابی داخلی هندسی و از شاخص‌های تمایزی (Sharpness)، انحصاری (Uniquness)، قدرت تفکیک گونه‌های معرف (Crispness)، شاخص ارزش معرف (Indicator species analysis) یا ISA، شاخص کاهش همپوشانی درجه پایای گونه‌های معرف در گروه‌ها یا ISAMIC و شاخص همپوشانی آشیان بوم‌شناختی موریسیتا (Morisita's index of niche overlap) به عنوان شاخص‌های ارزیابی داخلی غیرهندسی استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۲- شاخص های هندسی (الف) و غیر هندسی (ب) ارزیابی داخلی کیفیت طبقه‌بندی

الف) شاخص‌های هندسی	
ضریب همبستگی بیسریال نقطه‌ای (۲۵)	
D= ماتریس فاصله قطعات‌نمونه موجود در بانک اطلاعاتی؛ B= ماتریس عضویت‌پذیری مشابه قطعات‌نمونه در گروه‌های مشابه (اگر دو قطعه‌نمونه مربوط به یک گروه شوند عدد صفر و در غیر این صورت عدد یک به خود می-گیرند). توجه: مقادیر بالای این شاخص وضعیت مناسب گروه‌بندی را دلالت می‌کند.	PBC=Corr (D, B)
ضریب پارتانا (۲۶)	
P= شاخص پارتانا؛ N= تعداد پلات‌های موجود در بانک اطلاعاتی؛ C= تعداد گروه‌ها؛ Nz= تعداد قطعات‌نمونه در Z امین گروه (z=1,2,....)؛ W= عضویت‌پذیری بنابراین وقتی Wi بابWj برابر نیست نشان دهنده این است که قطعات نمونه i و j مربوط به گروه مختلف می‌باشد. Sij= تشابه قطعات i و j توجه: مقدار بالای شاخص پارتانا وضعیت مناسب گروه‌بندی را دلالت می‌کند.	$P=\frac{\sum_{z=1}^{c}\sum_{\substack{i=1\\ i\in z}}^{N-1}\sum_{\substack{j=i+1\\ j\in z}}^{N} Sij \Big/ \sum_{z=1}^{c}\left(n_z^2-n_z\right)/2}{\sum_{\substack{i=1\\ i\in z\\ \omega_i\neq\omega_j}}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N} Sij \Big/ \sum_{z=1}^{c-1}\sum_{k=z+1}^{c} n_z.n_k}$
C-Index (۲۷)	
برای محاسبه dmin و dmax در فرمول C-Index فرض می‌شود که p تعداد جفت قطعات‌نمونه است که در گروه مشابه قرار می‌گیرد ازاین رو dmin تعداد جفت قطعات‌نمونه با کمترین فاصله و dmax تعداد جفت قطعات‌نمونه با بیشترین فاصله را نشان می‌دهند. در واقع مقدار این شاخص بیانگر کمترین شاخص عدم تشابه درون گروهی می-باشد بنابراین هرچه مقدار عددی شاخص C_Index بیشتر باشد اختلاف درون گروهی کمتر است.	$C=\frac{d_w-d_{min}}{d_{max}-d_{min}}$
شاخص کالینسکی و هاراباس (۲۸)	
BGSS= مجموع مجذور فاصله درون گروهی خوشه‌ها؛ WGSS= مجموع مجذور فاصله بین گروهی خوشه‌ها؛ N= تعداد گونه‌ها؛ K=تعداد خوشه‌ها؛ توجه: مقادیر بالای این شاخص وضعیت مناسب گروه‌بندی را دلالت می‌کند.	$C=\frac{N-K}{K-1}\times\frac{BGSS}{WGSS}$
ب) شاخص‌های غیر هندسی	
انحصارگرایی (۲۹)	
یک اجتماع گیاهی زمانی منحصر است که هیچ‌یک از گونه‌های معرف آن در دیگر گروه‌های گیاهی به‌عنوان گونهٔ معرف مطرح نباشد. φ_{ij} = تعلقه گونهٔ i در واحد رویشی؛ φ_{ik} = تعلقه گونهٔ i در واحد رویشی k	$U_j=\frac{1}{\sum_k T_{jk}}$ و $T_{jk}=\frac{\sum_i \varphi_{ij}\times\varphi_{ik}}{\sum_i \varphi_{ij}^2}$

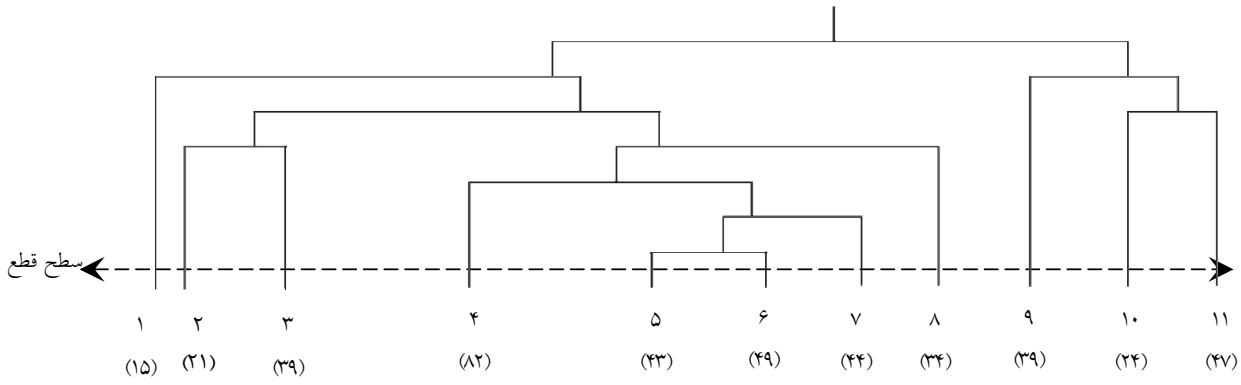
تمایزی (۲۹)	
مقدار بالای این شاخص زمانی به‌دست می‌آید که یک اجتماع گیاهی، تعداد زیادی گونهٔ معرف با درجهٔ فی بالا داشته باشد.	$S_j = \frac{1+\sum_i \phi_{ij} \times 100}{R_j}$
قدرت تفکیک گونه های معرف (۳۰)	
$f(o)_i$= فراوانی مشاهده شده؛ $f(e)_i$= فراوانی مورد انتظار	$G = 2\sum f(o)_i . \ln\left[f(o)_i / f(e)_i \right]$
تعداد گونه‌های معرف a=۰/۰۵ (۱۹ و ۳۱)	
IV= شاخص ارزش معرف ؛ RA= فروانی گونه j در گروه k؛ RF= حضور و غیاب گونه j در گروه k؛ توجه: مقادیر بالای این شاخص وضعیت مناسب گروه‌بندی را دلالت می‌کند.	$IV = 100(RA_{jk} \times RF_{jk})$
میانگین مقادیر p-value (۱۹)	
IV= شاخص ارزش معرف ؛ RA= فروانی گونه j در گروه k؛ RF= حضور و غیاب گونه j در گروه k؛ توجه: مقادیر پایین این شاخص وضعیت مناسب گروه‌بندی را دلالت می‌کند.	$IV = 100(RA_{jk} \times RF_{jk})$
کاهش همپوشانی درجه پایای گونه‌های معرف در گروه‌ها یا ISAMIC (۲۶)	
I= متوسط مقدار شاخص ISAMIC؛ Cik = پایایی گونه i در گروه k؛ G= تعداد گروه ها؛ N= تعداد گونه‌ها توجه: مقادیر بالای این شاخص وضعیت مناسب گروه‌بندی را دلالت می‌کند.	$I = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left\{ \left(2\sum_{k=1}^{g} \lvert C_{ik} - 0.5 \rvert \right) \Big/ g \right\}}{n}$

آنالیز تشابه (Anosim) (۱۳) نیز به منظور بررسی معنی‌داری طبقه‌بندی حاصله از نتایج ۶ شاخص تشابه مورد استفاده قرار گرفت به عبارت دیگر با استفاده از این آنالیز، معنی‌داری گروه‌های حاصله از طبقه‌بندی از نقطه نظر اختلاف ترکیب گونه‌ای ارزیابی شد. شاخص‌های تشابه قطعه نمونه–گروه ارائه شده توسط Tichy (۳۱) و آزمون‌های مربوط به معیارهای ارزیابی انحصارگرایی، تمایزی و قدرت تفکیک گونه‌های معرف با استفاده از بسته نرم افزاری Juice ۷ انجام شد. شاخص تشابه TPFI (۱۲) و همچنین ارزیابی دیگر معیارها با استفاده از زبان برنامه نویسی RStudio انجام شد.

به منظور مقایسه نتایج شاخص‌های ارزیابی از تحلیل مولفه اصلی یا PCA استفاده شد. برای این منظور در هریک از سطوح طبقه‌بندی دارنگاره گروه‌های گیاهی منطقه (از سطح قطع اول که منجر به ایجاد ۲ گروه می‌شود تا سطح قطع نهم که منجر به ایجاد ۱۰ گروه می‌شود) مقدار عددی هریک از شاخص‌ها برآورد شد. مقادیر عددی هریک از شاخص‌های مزبور در هر سطح طبقه‌بندی به عنوان یک تکرار از آن شاخص مد نظر قرار گرفت. از اینرو یک ماتریس شاخص‌های ارزیاب طبقه‌بندی– تعداد سطح طبقه‌بندی (۱۱ شاخص × ۹ سطح) به عنوان ماتریس اولیه ایجاد شده و در PCA مورد استفاده قرار گرفت. ماتریس داده‌ها به منظور حذف اثر اریبی ناشی از متفاوت بودن مقادیر عددی شاخص‌های ارزیابی با استفاده از روش تبدیل نسبی بر مبنای مقدار بیشینه استاندارد شد. در انتخاب مهمترین مولفه‌ها از آماره بروکن– استیک (Brocken stick) و درصد تبیین واریانس (Percentage of explained variance) استفاده شد (۹) همچنین میزان همبستگی هریک از شاخص‌ها با مولفه-های PCA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

شکل ۱ دارنگاره طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک شمشاد بر اساس مقادیر درصد تاج‌پوشش گونه‌های ۴۳۷ قطعه نمونه با استفاده از نتایج تلفیقی دو روش TWINSPAN معمولی و اصلاح‌شده (با استفاده از شاخص ناهمگنی واریانس) و بر مبنای سطوح قطع ۱۰۰– ۷۵– ۵۰– ۲۵– ۱۲/۵– ۵– ۲/۵– ۱– (صفر) ۰ را نشان می-دهد. بطوریکه مشاهده می شود در سطح قطع ۷ تعداد ۱۱ گروه اکولوژیک قابل تفکیک و تمایز است. شماره گروه‌ها به همراه اندازه آنها (تعداد قطعه نمونه) در بخش پایینی دارنگاره طبقه‌بندی مشخص است.



شکل ۱- دارنگاره طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک شمشاد استان‌های گلستان و مازندران

بر اساس هر یک از شاخص‌های اجتماع‌پذیری قطعه‌نمونه-گروه، کلیه ۴۳۷ رولوه به طبقه‌بندی اولیه دوباره اختصاص یافت. جدول ۳ عضویت‌پذیری مشابه رولوه‌ها در گروه‌های گیاهی حاصله از شاخص‌های تشابه قطعه‌نمون- گروه با گروه‌های اکولوژیک منطقه را نشان می‌دهد. از میان شاخص‌های مزبور، شاخص TPFI با ۵۹/۳ درصد دارای بیشترین تطابق بوده و بقیه روش‌ها FGFI (۱۴/۴۶)، NFDI (۱۴/۴۶)، PFDI (۱۷/۳۸)، FPFI (۱۸/۰۸) و FQI (۱۸/۰۸) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. جدول ۴ ارزیابی طبقه‌بندی های شاخص های تشابه قطعه نمونه-گروه را بر اساس معیارهای هندسی و غیر هندسی نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی طبقه‌بندی های مختلف توسط شاخص‌های مزبور نشان داد که گروه‌های اکولوژیک حاصل از شاخص تشابه TPFI از نظر شاخص‌های تمایزی، قدرت تفکیک گونه‌های معرف و همچنین معیارهای ضریب پارتانا، ضریب همبستگی بیسریال نقطه‌ای، موریسیتا، C-index، ISAMIC، تعداد گونه‌های معرف و میانگین مقادیر p-value دارای بیشترین مقدار است. همچنین گروه‌های اکولوژیک حاصل از شاخص تشابه PFDI از نظر شاخص انحصارگرایی و معیار کالینسکی دارای بهترین گروه‌بندی است. نتایج طبقه‌بندی حاصله از شاخص تشابه FGFI در همه شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی دارای کمترین مقدار است و گروه‌های گیاهی حاصل از شاخص FPFI از نظر تمامی ارزیاب ها در جایگاه دوم قرار دارد.

نتایج تحلیل تشابه (جدول ۵) نشان داد که گروه‌های حاصله از شاخص تشابه TPFI دارای بیشترین نسبت اختلاف بین‌گروهی به اختلاف درون‌گروهی (۰/۴۹۷۴) در مقایسه با گروه‌های حاصله از دیگر شاخص‌ها تشابه قطعه نمونه-گروه می‌باشد.

جدول ۳- فراوانی همسویی نتایج طبقه‌بندی شاخص‌های تشابه قطعه‌نمونه- گروه با گروه‌های اکولوژیک

تعداد قطعه‌نمونه	FGFI	NFDI	FPFI	PFDI	FQI	TPFI	گروه‌های اکولوژیک
۱۵	۱	۱	۳	۳	۳	۱۵	۱
۲۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰	۲
۳۹	۸	۸	۰	۰	۰	۳۳	۳
۸۲	۲۵	۲۵	۱۵	۳۸	۱۵	۵۳	۴
۴۳	۱۴	۱۴	۰	۹	۰	۴۰	۵
۴۹	۱	۱	۲۴	۶	۲۴	۱۰	۶
۴۴	۶	۶	۶	۰	۶	۱۵	۷
۳۴	۲	۲	۰	۰	۰	۲۰	۸
۳۹	۳	۳	۲	۳	۲	۱۸	۹
۲۴	۹	۹	۹	۱۳	۹	۰	۱۰
۴۷	۱	۱	۲۶	۱۴	۲۶	۲۶	۱۱
درصد انطباق با گروه‌های اکولوژیک	۱۴/۴۶	۱۴/۴۶	۱۸/۰۸	۱۷/۳۸	۱۸/۰۸	**۵۹/۳**	

جدول ۴-مقادیر عددی معیارهای ارزیابی داخلی (الف: هندسی و ب: غیرهندسی) کیفیت طبقه‌بندی در گروه‌های حاصل از شاخص‌های تشابه

معیارهای ارزیابی	FGFI	NFDI	FPFI	PFDI	FQI	TPFI
الف) هندسی						
ضریب پارتانا	۱/۰۲	۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۰۳	۱/۰۲	**۱/۱۴**
ضریب همبستگی بیسریال نقطه‌ای	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	**۰/۲۶**
* ۱-(C-Index)	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۵	**۰/۲**
شاخص کالینسکی و هاراباس	۰/۵۷۷۱	۰/۵۷۷۱	۰/۶۴۳۲	**۰/۸۷۷۱**	۰/۶۴۳۲	۰/۶۳۴۴
ب)غیر هندسی						
تمایزی	۹/۱۸	۹/۲۵	۱۴/۱۴	۱۵	۱۴	**۲۰/۴۵**
انحصارگرایی	۱۱/۱۳	۱۱/۶۱	۱۱/۶۱	**۱۱/۶۱**	۱۱/۶۱	۱۱/۱۵
قدرت تفکیک گونه‌های معرف	۴۹/۶۴	۵۰/۳۵	۸۲/۸۹	۸۷/۷۷	۸۲/۸۹	**۱۴۷/۳۷**
*(موریسیتا)-۱	۰/۷	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۷	۰/۶۸	**۰/۴۷**
کاهش همپوشانی درجه پایای گونه‌های معرف در گروه‌ها یا ISAMIC	۰/۷۶۰۵	۰/۷۶۱	۰/۷۶۷۸	۰/۷۶۹۶	۰/۷۶۷۸	**۰/۸۱۱**
تعداد گونه‌های معرف a=۰/۰۵	۳۳	۳۲	۵۵	۵۴	۵۵	**۶۷**
میانگین مقادیر p-value	۰/۱۳۰۰	۰/۱۳۳۱	۰/۰۷۸۲	۰/۰۷۱۴	۰/۰۷۸۰	**۰/۰۱۳۱**

* از آنجایی که مقادیر عددی کمتر، برای دو معیار C-Index و موریسیتا در یک روش طبقه‌بندی برخلاف دیگر ارزیاب‌ها، بیانگر شرایط مطلوب‌تر آن روش طبقه‌بندی است، مقادیر عددی ارزیابی گزارش شده برای این دو شاخص از عدد یک تفریق شد تا اینکه نتایج تمامی ارزیاب ها همسو باشند.

جدول ۵- نتایج آنالیز تشابه ANOSIM طبقه بندی های شاخص‌های تشابه قطعه نمونه- گروه

شاخص‌های تشابه	FPFI	FQI	TPFI	FGFI	NFDI	PFDI
آماره R	۰/۱۴۳۹	۰/۱۴۳۹	**۰/۴۹۷۴**	۰/۰۹۲۴۲	۰/۰۹۱۱	۰/۱۵۸۱
معنی داری	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱	p<۰/۰۰۱

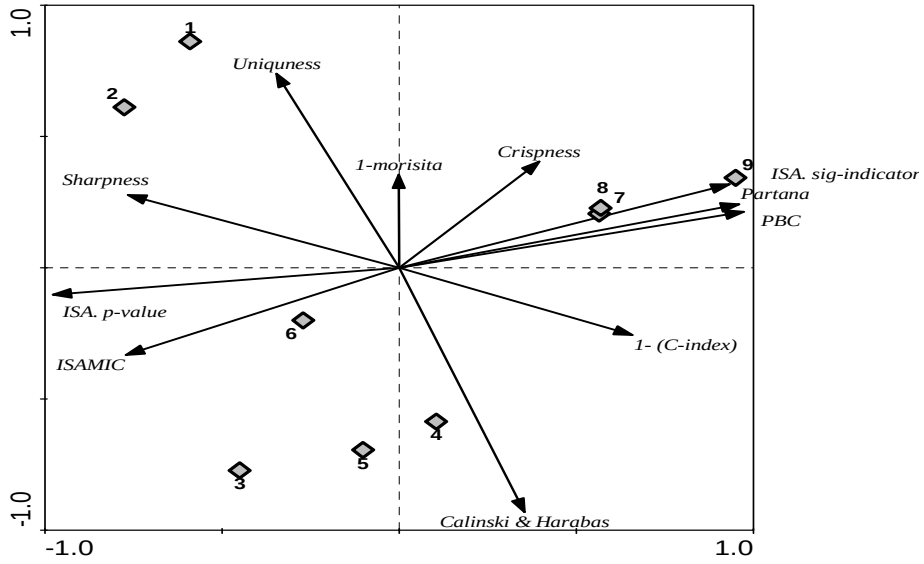
در تجزیه به مولفه‌های اصلی در ارتباط با مقادیر شاخص‌های ارزیابی در هر یک از سطوح طبقه‌بندی (از بالاترین سطح قطع دارنگاره یعنی تشکیل ۲ گروه تا سطح قطع هفتم و تشکیل ۱۱ گروه) مشخص شد که بیش از ۷۷ درصد از تغییرات مربوط به شاخص‌های ارزیابی توسط دو محور اول توجیه می‌شود (جدول ۶). بنابراین شاخص‌هایی که با این دو محور همبستگی دارند (p<۰/۰۵) را می‌توان به عنوان مهمترین شاخص‌ها مدنظر قرار داد. از این نظر شاخص‌های ISA (میانگین مقادیر معنی‌داری)، ضریب همبستگی بیسریال نقطه‌ای، ضریب پارتانا، ISA (تعداد گونه‌های معرف)، شاخص کالینسکی و هاراباس، کاهش همپوشانی درجه پایای گونه‌های معرف در گروه‌ها یا ISAMIC، تمایزی و انحصارگرایی به ترتیب اهمیت به عنوان مهمترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند (شکل ۲). در این رابطه اهمیت سه شاخص (C-Index)-۱، (موریسیتا)- ۱ و قدرت تفکیک گونه‌های معرف به دلیل همبستگی پایینی که با دو مولفه اول تحلیل PCA نشان دادند نسبت به بقیه شاخص‌ها در سطح کمی ارزیابی شد.

جدول ۶-مقادیر ویژه و درصد واریانس توجیه شده محورهای PCA و همبستگی آنها با شاخص‌های ارزیاب

متغیرها	علامت اختصاری	محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴
ضریب پارتانا	Partana	۰/۹۶ **	۰/۲۵۲ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۴۴ ns
ضریب همبستگی بیسریال نقطه‌ای	PBC	۰/۹۷۳ **	۰/۲۲۳**	۰/۰۸۱ ns	۰/۰۱۶ ns
۱-(C-Index)	1-C.Index	۰/۶۵۶ ns	-۰/۲۴۵ ns	-۰/۰۵۵ ns	-۰/۷۰۵**
شاخص کالینسکی و هاراباس	Calinski & Harabas	۰/۳۴۷ns	-۰/۹۲۹**	۰/۰۸۸ ns	۰/۰۲۱ ns
تمایزی	Sharpness	-۰/۷۶۸**	۰/۲۶۸ ns	۰/۵۶۸ ns	-۰/۰۱۵ ns
انحصارگرایی	Uniquness	-۰/۳۴۴ ns	۰/۷۳۳**	۰/۰۰۳ ns	-۰/۰۳۵ ns
قدرت تفکیک گونه های معرف	Crispness	۰/۳۹۷ ns	۰/۴۰۷ ns	۰/۶۴۰ ns	-۰/۲۰۲ ns
(موریسیتا)-۱	1-Morisita	۰ ns	۰/۳۶۰ ns	۰/۷۹۸**	۰/۰۶۱ ns
کاهش همپوشانی درجه پایای گونه‌های	ISAMIC	-۰/۷۷۵**	-۰/۳۴۰ ns	-۰/۴۵۴ ns	-۰/۰۸۴ ns
تعداد گونه‌های معرف	ISA- sig.indicator	۰/۹۳۴**	۰/۳۲۵ ns	۰/۰۷۲ ns	۰/۱۰۷ ns
میانگین مقادیر p-value	ISA-p.value	-۰/۹۷۸**	-۰/۱۱۳ ns	۰/۱۲۶ ns	-۰/۰۱۸ ns

مقادیر ویژه	۵/۷۹۱	۲/۷۶۴	۱/۱۹۷	۰/۵۷۸
آماره بروکن- استیک	۳/۰۲	۲/۰۲	۱/۵۲	۱/۱۸۷
درصد تبیین واریانس	۵۲/۶۵	۲۵/۱۳	۱۰/۸۸	۵/۲۶
درصد تجمعی تبیین واریانس	۵۲/۶۵	۷۷/۷۸	۸۸/۶۶	۹۳/۹۲

*و **به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ است و ns معنی‌دار نبودن را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار تجزیه به مولفه‌های اصلی مقادیر شاخص‌های ارزیابی در هر یک از سطوح طبقه‌بندی

(نماد لوزی شکل، سطوح قطع در دارنگاره طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی منطقه را نشان می‌دهد؛ فهرست علامت اختصاری شاخص‌های ارزیابی در جدول ۵ ارائه شد)

نمایش همبستگی شاخص‌های ارزیابی در امتداد دو محور اول و دوم نشان می‌دهد که شاخص‌های ISA (تعداد گونه معرف)، کاهش همپوشانی درجه پایای گونه‌های معرف در گروه‌ها یا ISAMIC و تمایزی همبستگی منفی را با محور اول نشان داده در حالی که شاخص‌های ISA (متوسط معنی‌داری)، پارتانا و ضریب همبستگی بیسریال نقطه‌ای یا PBC همبستگی مثبتی را با محور اول نشان می‌دهد از این نظر می‌توان اظهار داشت که صرف نظر از نوع همبستگی (مثبت یا منفی) با افزایش تعداد گروه‌ها، مقادیر سه شاخص تعداد گونه معرف، پارتانا و ضریب PBC کاهش یافته و این در حالی است که مقادیر دو شاخص ISA (متوسط معنی‌داری) و ISAMIC در گروه‌ها افزایش می‌یابد. در این رابطه شاخص انحصارگرایی همبستگی بالایی را در سطح قطع اول و دوم طبقه‌بندی نشان داده و شاخص کالینسکی و هارباراس نیز در سطوح میانی (سطوح ۳، ۴ و ۵) طبقه‌بندی حاوی بالاترین مقدار عددی می‌باشد. شایان ذکر است اگرچه دو شاخص (C-Index)-۱ و (موریسیتا)- ۱ به ترتیب همبستگی نسبتا خوبی را به ترتیب با دو محور چهارم و سوم نشان دادند اما با توجه به اینکه این دو مولفه شرط آزمون بروکن- استیک را احراز نکردند از اینرو نتایج آنها در برآورد درصد تبیین واریانس مد نظر قرار نگرفت.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد از میان ۶ شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه مورد بررسی ، استفاده از روش مدل مجموع شاخص تعلقه فی یا TPFI (۲) در تخصیص قطعات‌نمونه به گروه‌های از قبل طبقه‌بندی شده نسبت به پنج روش فروانی شاخص تشابه قطعه‌نمونه- گروه (۳۱) به دلیل ارائه بهترین عملکرد طبقه‌بندی در اولویت می‌باشد. بالا بودن کیفیت نتایج طبقه‌بندی حاصله از روش TPFI می‌تواند به دلیل بهره‌گیری از معیار درصد تاج‌پوشش گونه‌ها به همراه مقادیر تعلقه آنها باشد این درحالی است که در بقیه روش‌ها فقط از معیار حضور- غیاب گونه‌ها استفاده می‌شود. بهره‌گیری از معیار کمی درصد تاج پوشش گونه‌ها سبب می‌شود تا در محاسبه درجه اختصاص یک قطعه نمونه به یک گروه، سهم اثر گزاری هر یک از گونه‌ها در هر قطعه نمونه به صورت مشابه نبوده بلکه هر گونه گیاهی به نسبت

درصد تاج پوشش خود که تابعی از درجه مطلوبیت رویشگاهی برآن گونه محسوب می‌شود (افزایش درصد پوشش یک گونه نشانگر تامین شدن نیاز های اکولوژیک آن گونه است) در این ارزیابی موثر باشد. به دیگر سخن وزن‌دار کردن مقادیر درجه وفاداری گونه–گروه بر اساس درصد تاج پوشش گونه‌ها در روش TPFI سبب می‌شود تا در تخصیص یک قطعه‌نمونه به یک گروه گیاهی، میزان تاثیرگذاری مقادیر تعلقه گونه‌های گیاهی آن قطعه‌نمونه به گروه‌های موجود برحسب مقادیر درصد تاج‌پوشش آنها انجام شود. در این رابطه گونه‌هایی که با درصد تاج پوشش بیشتری در هر قطعه نمونه حضور می‌یابند نسبت به گونه‌هایی که با درصد تاج‌پوشش کمتری در آن قطعه نمونه حضور می‌یابند از سهم بیشتری در این ارزیابی برخوردار می‌باشند. از اینرو نتایج حاصله از این روش (مبتنی بر درجه وفور گونه‌ها) نسبت به روش‌های مبتنی بر فروانی از اعتبار بیشتری برخوردار است.

اگرچه این نتیجه گیری برای نخستین بار ارائه شده و مبنای مقایسه ای برای آن وجود ندارد ولی مرور منابع دلالت بر آن دارد که وزن-دار کردن مقادیر عددی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خام با استفاده از معیار کمی درصد تاج‌پوشش گونه‌ها در برآورد بهینه رشد گیاهی (۲۸، ۲۰ و ۱۷) و اندازه‌گیری غیرمستقیم فاکتورهای محیطی در هر قطعه‌نمونه (۷) نتایج بسیار مطلوب‌تری را نسبت به روش‌های حسابی آن (بهره‌گیری از معیار حضور و غیاب گونه) به همراه خواهد داشت. در این رابطه Willner و همکاران (۳۶) نیز اعتقاد دارد که استفاده از داده‌های کمی درصد تاج‌پوشش برای تطبیق رولوه‌های جدید به واحدهای گیاهی از قبل طبقه‌بندی شده از ضرورت بالایی برخوردار است Willner و همکاران (۳۶) در مقایسه روش‌های آماری تعیین تعلقه و روش‌های غیر آماری پایای نسبی (Constancy Ratio) CR و مجموع درصد تاج‌پوشش نسبی (Total Constancy Ratio) یا TCR نشان دادند که کیفیت دو روش CR و TCR که در آنها میزان تعلقه گونه– گروه با استفاده از ترکیب دو معیار درصد تاج‌پوشش و درجه پایایی گونه‌ها انجام می‌شود نه تنها قابل مقایسه با نتایج شاخص‌های آماری تعیین تعلقه می‌باشد بلکه گاهی نتایج مناسب‌تری نیز ارائه می‌دهد.

مقایسه پنج روش فراوانی شاخص تشابه نیز نشان داد که گروه‌های حاصله از روش FPFI نسبت به بقیه روش‌ها از کیفیت مطلوب‌تری برخوردار بوده و در این رابطه گروه‌های حاصله از دو روش NFDI و FGFI پایین‌ترین مقادیر ضرایب ارزیابی را به خود اختصاص دادند. گروه‌های حاصل از دو روش FQI و PFDI نیز رفتار متوسطی را از خود نشان دادند. پایین بودن کیفیت طبقه‌بندی در دو روش NFDI و FGFI می‌تواند به خاطر استفاده از مقادیر منفی تعلقه گونه‌ها در محاسبه درجه تخصیص قطعات نمونه به گروه‌های گیاهی موجود باشد (۳۱). استفاده از مقادیر تعلقه منفی از یک سو در روش NFDI سبب می‌شود تا به وضعیت تعلقه گونه‌ها در گروه هدف هیچ توجهی نشده ولی بلعکس به مقدار تعلقه آنها در گروه‌های غیر هدف توجه می‌شود. این درحالی است که در شکل‌گیری هر گروه گیاهی (گروه هدف) توجه به مقادیر تعلقه گونه‌ها در آن گروه سبب می‌شود تا گروه‌بندی با کیفیت مطلوب‌تری انجام شود (۱۵) از سوی دیگر استفاده از مقادیر تعلقه منفی در روش FGFI سبب می‌شود تا میزان تاثیرگذاری مقادیر تعلقه مثبت گونه‌ها (به دلیل جمع شدن با مقادیر منفی آن) کاهش یابد. این مسئله سبب می‌شود تا کیفیت دو روش NFDI و FGFI نسبت به روش‌های FQI و PFDI که در آنها مقادیر منفی تعلقه مد نظر قرار نمی‌گیرد در سطح پایین‌تری ارزیابی شود.

مناسب بودن کیفیت نتایج گروه‌بندی حاصله از شاخص تشابه FPFI نسبت به دو روش FQI و PFDI می‌تواند به دلیل ساختار این شاخص باشد که ترکیبی از دو شاخص FQI (که بر مبنای فراوانی نسبی گونه‌ها شکل گرفته است و در آن به مقادیر تعلقه گونه‌ها توجهی نمی‌شود) و شاخص PFDI (که بر مبنای مقادیر مثبت تعلقه گونه‌ها شکل گرفته و به فراوانی گونه‌ها توجهی نمی‌شود) را شامل می‌شود (۳۱) در واقع استفاده از شاخص FPFI سبب می‌شود تا ضمن توجه به مقادیر درجه تعلقه گونه‌ها در گروه هدف (تعلقه مثبت) به مقادیر درجه فراوانی آنها نیز توجه شود. لحاظ شدن درجه فراوانی گونه‌ها سبب می‌شود تا از اهمیت گونه‌هایی که اگرچه با فراوانی کم در گروه هدف حضور می‌یابند ولی به دلیل عدم حضور در گروه غیر هدف حاوی مقادیر عددی بالای تعلقه در گروه هدف می‌شوند کاهش یابد (۱۶) این مسئله سبب می‌شود تا سهم

تاثیرگذاری این گونه‌ها در محاسبه درجه تخصیص قطعه‌نمونه- گروه کمتر شده و کیفیت نتایج ارتقا یابد.

مقایسه نتایج شاخص‌های ارزیابی بررسی شده در این تحقیق با استفاده از تحلیل PCA نشان داد که نتایج دو شاخص PBC و پارتانا که بر اساس حداقل اختلاف درون گروهی و حداکثر اختلاف بین گروهی هر یک از گروه‌ها محاسبه شده و به عنوان شاخص‌های ارزیاب هندسی محسوب می‌شوند با نتایج شاخص غیرهندسی ISA (تعداد گونه معرف) همبستگی بالایی را نشان می‌دهند که این مسئله همسویی نتایج این دو شاخص ارزیاب هندسی و غیرهندسی کیفیت طبقه‌بندی را دلالت می‌کند. در این رابطه همبستگی بالای دو شاخص ISA (متوسط مقادیر معنی‌داری) و شاخص کاهش درجه همپوشانی پایایی گونه‌های معرف در گروه‌ها یا ISAMIC که به ترتیب به عنوان شاخص‌های غیرهندسی و هندسی محسوب می‌شوند نیز تاییدی بر دلالت مزبور می‌باشد.

همبستگی منفی دو شاخص ISA (متوسط معنی داری) و ISAMIC با ۳ شاخص PBC، پارتانا و ISA (بر اساس تعداد گونه معرف) بالا بودن کیفیت طبقه‌بندی جوامع‌گیاهی منطقه را تبیین می‌سازد. چون بالا بودن مقادیر عددی دو شاخص PBC و پارتانا بیانگر بالا بودن قدرت تفکیک گروه‌ها (اختلاف درون گروهی کم ولی اختلاف بین گروهی بالا) می‌باشد (۶). از سوی دیگر بالا بودن کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی (بالا بودن شاخص PBC و پارتانا) سبب می‌شود تا مقادیر اجتماع‌پذیری یا تعلقه گونه- گروه به دلیل کاهش درجه تشابه اکولوژیک گروه‌های گیاهی افزایش یافته از اینرو تعداد گونه-های معرف (بالا رفتن شاخص ISA بر اساس تعداد گونه معرف) افزایش می‌یابد. کاهش درجه تشابه اکولوژیک گروه‌های گیاهی همچنین سبب می‌شود تا از یک سو از وقوع مشترک گونه‌ها در گروه‌های مختلف کاسته شود که این مسئله کاهش مقدار عددی شاخص ISAMIC را به همراه خواهد داشت و از سوی دیگر سبب می‌شود تا در فرآیند تصادفی‌سازی به منظور انجام آزمون معنی‌داری مونت- کارلو (که تعیین گونه معرف به روش ارزش معرف منوط به اجرای این آزمون می‌باشد) مقادیر عددی ارزش شاخص گونه‌ها در گروه‌های تصادفی همواره در سطح پایین‌تری نسبت به گروه هدف باشد از اینرو مقدار عددی آماره p-value کاهش یابد (۱۴).

نتایج این تحقیق همچنان نشان داد که مقادیر شاخص های ISA (در هر دو حالت تعداد گونه معرف و متوسط معنی داری)، پارتانا، PBC و ISAMIC همبستگی بالایی را با سطوح پایین طبقه بندی (۷، ۲۱ و ۹) نشان می دهند این در حالی است که شاخص های انحصارگرایی و تمایزی همبستگی نسبتا بالایی را با سطوح بالایی طبقه بندی (۱ و ۲) نشان می دهند. در واقع نتایج تحقیق حاضر از این نظر نشان می-دهد که اولا: با افزایش تعداد سطوح طبقه‌بندی، میزان تشابه گونه ای بین گروهی به دلیل کوچک‌تر شدن گروه‌ها و در نتیجه کاهش میزان اختلاف بین گروهی آنها، افزایش یافته و از اینرو مقدار عددی دو شاخص تمایزی و انحصار گرایی که به شدت تحت تاثیر حضور گونه های مشترک در گروه های مورد بررسی می باشد کاهش می یابد. ثانیا: تعداد ۹ سطح طبقه بندی و ایجاد ۱۱ گروه گیاهی که در نتیجه تلفیق دارنگاره چند روش عددی خوشه ای به TWINSPAN معمولی و اصلاح شده ارائه شده است قابل تایید می باشد.

به طور کلی نتایج این تحقیق به روشنی نشان داد که استفاده از هر دو سری از شاخص‌های هندسی و غیرهندسی در ارزیابی کیفیت طبقه-بندی گروه مطرح بوده و از این نظر هیچ کدام از دو سری از شاخص‌ها نسبت به دیگری برتری نداشته و لذا در مطالعات با هدف ارزیابی عددی گروه‌ها، هر دو سری از ارزیابی‌ها باید مدنظر قرار بگیرند. ولی به طور کلی می‌توان اظهار داشت که استفاده از شاخص غیر هندسی ISA با هر دو رویکرد (متوسط مقادیر معنی داری و تعداد گونه معرف) به همراه شاخص های PBC، پارتانا و کالینسکی و هاراباس به عنوان شاخص های هندسی را می‌توان به عنوان مهمترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت طبقه بندی قلمداد کرد. این در حالی است که Aho و همکاران (۶) اعتقاد داشتند کاربرد شاخص پارتانا به دلیل همبستگی مناسبی که با بقیه شاخص‌های ارزیاب هندسی نظیر، متوسط شاخص سیلووت، C-index، گاما و PBC ارائه می‌کند از اولویت بیشتری به منظور ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های حاصله از چندین روش عددی طبقه‌بندی شامل TWINSPANT، PAM، خوشه‌ای (روش خوشه‌بندی واریانس

حداقل) و خوشه ای (با استفاده از شاخص B انعطاف پذیر) برخوردار است. آنها همچنین در تعیین مناسب‌ترین شاخص ارزیاب غیر هندسی نشان دادند اگرچه که کیفیت هر یک از شاخص های غیرهندسی در گروه‌های حاصله از هر یک از روش‌های طبقه‌بندی متفاوت می‌باشد ولی استفاده از دو شاخص ISAMIC و شاخص پراکندگی موریسیتا نسبت به هر دو شاخص ISA در اولویت می-باشد که از این نظر با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد.

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد مدل مجموع شاخص تعلقه فی که برای نخستین بار توسط اسماعیل‌زاده و اسدی (۲) بر اساس نتایج تلفیقی داده‌های کیفی شاخص فی گونه‌های گیاهی هر قطعه نمونه در هر گروه به همراه داده‌های درصد تاج پوشش آنها ارائه شده است می‌تواند به عنوان یک شاخص عددی نسبت به شاخص‌های تشابه موجود که فقط بر مبنای مقادیر داده‌های کیفی درجه فروانی و یا تعلقه فی محاسبه می‌شوند از کیفیت مناسب تری برخوردار بوده از اینرو همانند دیگر شاخص‌ها استفاده از آنها را می‌توان برای ۳ هدف: ۱) اختصاص قطعات نمونه جدید به گروه‌های از قبل طبقه بندی شده ۲) بهبود نتایج کیفیت طبقه بندی (۲ و ۳) و ۳) بازبینی مجدد طبقه‌بندی‌های قبلی (۱۶) بکار گرفت.

منابع

۱- اسدی، ح.، و همکاران، ۱۳۹۵. ارزیابی شاخص‌های مختلف اجتماع‌پذیری گونه-گروه در طبقه‌بندی پوشش‌گیاهی، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران.

۲- اسماعیل‌زاده، ا، اسدی، ح.، ۱۳۹۳. معرفی مدل مجموع شاخص تعلقه فی (TPFIM) در تجزیه و تحلیل گروه‌های اکولوژیک گیاهی، مجله جنگل ایران، ۶ (۲): ۲۴۲-۲۲۵.

۳- اسماعیل‌زاده، ا، نور محمدی، ک.، ۱۳۹۵. معرفی مدل مجموع ارزش گونه شاخص (TIVM) در طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک، مجله پژوهش‌های گیاهی.

۴- طهماسبی، پ.، ۱۳۹۰. رجبندی (تجزیه و تحلیل چند متغیره در علوم محیطی و منابع‌طبیعی). انتشارات دانشگاه شهرکرد، ۱۸۱ ص.

۵- مصداقی م.، ۱۳۸۰. توصیف و تحلیل پوشش‌گیاهی، (ترجمه)، جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۸۷ص.

6- Aho, K., D.W. Roberts., and T. Weaver., 2008. Using geometric and non-geometric internal evaluators to compare eight vegetation classification methods. J. Veg. Sci, 19: 549-562.

7- Balkovič, J., Kollár, J., & Šimonovič, V., 2012. Experience with using Ellenberg's R indicator values in Slovakia: Oligotrophic and mesotrophic submontane broad-leaved forests. Biologia, 67(3): 474-482.

8- Brogden, H.E., 1949. A new coefficient: application to biserial correlation and to estimation of selective efficiency. Psychometrika, 14: 169-182.

9- Bruelheide, H., & Chytry, M., 2000. Towards unification of national vegetation classifications: a comparison of two methods for analysis of large data sets. Journal of Vegetation Science, 11: 295–306.

10- Calinski, T., and Harabasz, J., 1974. A dendrite method for cluster analysis. Communications in Statistics, 3, no. 1:1-27

11- Cern, a, L., & Chytr, y, M., 2005. Supervised classification of plant communities with artificial neural networks. Journal of Vegetation Science, 16: 407–414.

12- Chytry, M., and Tichy, L., 2003. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. Brno, 153 p.

13- Clarke, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian Journal of Ecology, 18: 117-143.

14- Dai, x., Page B., Duffy, K. j., 2006. Indicator value analysis as a group prediction technique in community classification, South African journal of Botany, 72(4): 589-595.

15- DeCaceres, M., and Legendre, P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. Ecology, 90(12): 3566-3574.

16- DeCaceres, M., Font, X., and Oliva, F., 2008. Assessing species diagnostic value in large data sets: A comparison between phi coefficient and Ochiai index. Journal of Vegetation Science, 19(6): 779-788.

17- Desgraupes, B., 2013. Clustering indices. University of Paris Ouest-Lab Modal'X, 1, 34.

18- Dufrene, M., Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs, 67(3): 345-366.

19- Hubert, L.J., & Levin, J.R., 1976. A general framework for assessing categorical clustering in free recall. Psychology Bulletin, 83: 1072-1080.

20- Käfer, J., & Witte, J. P. M., 2004. Cover-weighted averaging of indicator values in vegetation analyses. Journal of Vegetation science, 15(5): 647-652.

21- Koleff, P., Gaston, K.J., Lennon, J.J., 2003. Measuring beta diversity forpresence–absence data. J. Anim. Ecol, 72, 367–382.

22- Legendre, P., & Legendre, L., 2012. Numerical ecology, 3rd ed. Elsevier, Amsterdam, NL.

23- McCune, B., and Grace, J.B., 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, Oregon, USA.

24- R.L. Boyce, P.C. Ellison Choosing the best similarity index when performing fuzzy set ordination on binary data Journal of Vegetation Science, 12 (2001), pp. 711–720

25- Roberts, D. W., ۲۰۱۵. Vegetation classification by two new iterative reallocation optimization algorithms. Plant Ecology, 216(5), 741-758.

26- Roberts, D., 2005. Vegetation classification in R, for labdsv ver. 1.1-1, vegetation ecology package. http://www.cran.r-project. org. unpubl.

27- Rolecek J., Tichy L., Zeleny D., Chytry M., 2009. Modified TWINSPAN classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. Journal of Vagatation Science, 20(4): 596.

28- Schaffers, A. P., & Sýkora, K. V., 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. Journal of Vegetation science, 11(2): 225-244.

29- Sokal, R. R., and Rohlf , F. J., 1995. Biometry. Freeman and Company, New York.

30- Tichý, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. Journal of vegetation Science, 13 (3): 451-453.

31- Tichy, L., 2005. New similarity indices for the assignment of relev_es to the vegetation units of an existing phytosociological classification. Plant Ecology, 179: 67–72.

32- Tichy, L., and Chytry, M., 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. Journal of Vegetation Science, 17(6): 809-818.

33- Tichy, L., Chytry, M., & Botta-Dukat, Z., 2014. Semi-supervised classification of vegetation :preserving the good old units and searching for new ones. Journal of Vegetation Science, 25: 1504–1512

34- Tichy, L., Chytry, M., & Smarda, P., 2011. Evaluating the stability of the classification of community data. Ecography, 34: 807–813.

35- van Tongeren, O., Gremmen, N., & Hennekens, S., 2008. Assignment of relev_es to pre-defined classes by supervised clustering of plant communities using a new composite index. Journal of Vegetation Science, 19: 525–536.

36- Willner, W., Tichy L., Chytry M., 2009. Effects of different fidelity measures and contexts on the determination of diagnostic species, Journal of Vegetation Science, 20(1): 130-137

37- Wiser, S.K., & De Caceres, M., 2013. Updating vegetation classifications: an example with New Zealand's woody vegetation. Journal of Vegetation Science, 24: 80–93.

Assessing of similarity indices for the assignment of the plots to the plant communities of an existing phytosociological classification

Esmailzadeh O., Darvand R. and Asadi H.

Forestry Dept., Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. of Iran

Abstract

In this paper, we evaluate quality of several similarity indices for assignment of new releve to vegetation units, using geometric and non-geometric based evaluators. For this purpose, *Buxus hyrcana* dataset (437 releves) that belong to Mazandaran and Golestan provinces in Hyrcanian forests was used. 11 vegetation units as a primary groups produced by combination results of TWINSPAN, Modified TWINSPAN and cluster analysis. All of 437 releve were re-assigned to 11 primary groups by six simirality indeices indices that consider Phi fidelity index. With the exception of Calinski and Uniqueness evaluators, classification resulting from TPFI similarity index had the highest values of evaluators. Results of PCA analysis showed that ISA evaluator as a non-geometric evaluator with two geometric evaluators consist of PBC and PARTANA are the most important evaluators. Totally, the results of this study revealed that among six similarity indices, TPFI to be an effective one for assignment of new releve to vegetation units.

Key words: vegetation communities, similarity indices of site –groups, geometric and non-geometric evaluators