مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال دوازدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹
ص ۵۵۵-۵۴۱
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2021.127801
شناسه دیجیتال (DOR): ۲۰.۱۰۰۱.۱.۲۴۲۳۴۴۳۵.۱۳۹۹.۱۲.۴.۶.۴

ارزیابی کیفیت روش‌های مختلف تعیین گونهٔ معرف در طبقه‌بندی جوامع گیاهی

بختی‌گل صابری[۱]، امید اسماعیل‌زاده[۲*] و حامد اسدی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۳)

چکیده

پژوهش حاضر در نظر دارد کیفیت روش‌های عددی آماری (شاخص تعلقه فی و ارزش معرف) و غیرآماری (شاخص پایایی نسبی و نسبت تاج‌پوشش کل) در تعیین گونه‌های معرف جوامع گیاهی راش جنگل‌های هیرکانی شرقی (شصت‌کلا و توسکستان) را ارزیابی کند. برای این منظور، نخست با استفاده از روش گونه‌های معرف دوطرفه یا TWINSPAN شش گروه بوم‌شناختی طبقه‌بندی شد. سپس با بهره‌گیری از روش تخصیص مجموع مقادیر ارزش معرف/ اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا TFVI (به‌عنوان شاخص تشابه در اختصاص قطعه نمونه- گروه) و براساس هریک از شاخص‌های ده‌گانهٔ تعیین گونهٔ معرف (در قالب ده الگوریتم)، طبقه‌بندی مجدد گروه‌ها انجام گرفت. بررسی میزان انطباق نتایج هر یک از الگوریتم‌های طبقه‌بندی بر نتایج جوامع گیاهی اولیه که در نتیجهٔ کاربرد روش سنتز جدولی براون بلانکه به‌دست آمدند، نشان داد که گروه‌های به‌دست‌آمده از شاخص تخصیص TFVI در صورت استفاده از دو شاخص فی تعدیل‌شده براساس داده‌های حضور- غیاب (۸۴ درصد) و روش پایایی نسبی (۸۲ درصد) به‌ترتیب بیشترین انطباق بر جوامع گیاهی منطقه را نشان می‌دهند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از دو شاخص فی اصلاح‌شده براساس داده‌های حضور- غیاب و شاخص پایایی نسبی نسبت به شاخص‌های دیگر در برآورد درجهٔ اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا تعیین گونه‌های معرف در تجزیه‌وتحلیل جوامع گیاهی در اولویت است.

واژه‌های کلیدی: پایایی نسبی، تخصیص قطعه نمونه-گروه، شاخص‌های اجتماع‌پذیری گونه-گروه، گروه‌های بوم‌شناختی.

مقدمه

طبقه‌بندی پوشش گیاهی و توصیف آن بستری مناسب برای آماربرداری و پایش جوامع گیاهی، مدیریت و برنامه‌ریزی در زمینهٔ حفاظت، نظارت و ارائهٔ منطقهٔ هدف برای احیا و بازسازی فراهم می‌کند. طبقه‌بندی در راستای خلاصه کردن تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی در تعداد محدودی از واحدهای دارای ساختار مشابه صورت می‌گیرد (De Caceres et al., 2015). براساس نظر براون- بلانکه[۱]، به مجموعه‌ای از گونه‌های گیاهی که دارای ترکیب گونه‌ای مشخصی هستند و اجتماع خاصی را با حضور گونه‌های معرف[۲] خود به‌وجود می‌آورند جامعهٔ گیاهی[۳] گفته می‌شود

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۲۰۵۰۱۳ ایمیل: oesmailzadeh@modares.ac.ir

1. Braun-Blanquet
2. Indicator species
3. Association

(Jennings et al., 2009). گونه‌های معرف به گونه‌های دارای وفاداری زیاد به برخی گروه‌ها/جوامع گیاهی در مقایسه با گروه‌ها/جوامع دیگر یک رویشگاه اطلاق می‌شود. همچنین این گونه‌ها در یک یا تعداد کمی از واحدهای گیاهی تمایل به حضور دارند و به تغییرات محیطی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند، از این‌رو این گونه‌ها به‌طور بالقوه توصیف بهتری از ظرفیت بوم‌شناختی هر رویشگاه را ارائه می‌دهند (De Caceres & Legendre, 2009). بنابراین می‌توان گفت بهره‌گیری از ایدهٔ گونهٔ معرف می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای مدیران منابع طبیعی در زمینهٔ پایش ارتباطات بوم‌شناختی بدون نیاز به اندازه‌گیری از کل جامعه باشد.

در طی چند دههٔ اخیر، معیارها و روش‌های مختلفی برای تعیین حد وفاداری[1] و در پی آن ارائهٔ گونه‌های معرف توسعه یافته‌اند که می‌توان آنها را به دو گروه روش‌های تجربی[2] و روش‌های عددی[3] تقسیم کرد. در روش تجربی، تعلقه هر یک از گونه‌ها براساس دانش محقق تعیین می‌شود؛ اما در روش‌های عددی، درجهٔ اختصاص هر یک از گونه‌ها به گروه‌های گیاهی برمبنای توابع عددی و مقادیر درصد تاج‌پوشش گونه‌ها (روش‌های کمّی) یا داده‌های حضور و غیاب گونه‌ها (روش‌های کیفی) برآورد می‌شود. روش‌های عددی تعیین گونهٔ معرف را می‌توان به دو گروه آماری (Chytry et al., 2002) و غیرآماری (Willner et al., 2009) طبقه‌بندی کرد. از میان روش‌های آماری مختلفی که برای تعیین گونه‌های معرف وجود دارد، روش‌های مبتنی بر همبستگی[4] و ارزش معرف[5] از روش‌های دیگر کاربرد بیشتری دارد (De Caceres & Wiser, 2012).

شاخص‌های همبستگی ترجیحات نسبی مثبت یا منفی گونه‌ها به گروه گیاهی هدف را در مقایسه با دیگر گروه‌های گیاهی بررسی می‌کنند (Chytry et al., 2002)، ولی در روش ارزش معرف، میزان تطابق قطعات نمونهٔ گروه هدف با قطعات نمونه‌ای که گونهٔ مورد نظر در آن وجود دارد بررسی می‌شود. از این‌رو نتایج این روش فاقد مقادیر منفی است. در کل می‌توان گفت خروجی تحلیل ارزش معرف، فهرستی مرتب‌شده از گونه‌های معرف است که به‌طور معنی‌داری با گروه‌های گیاهی منطقه اجتماع‌پذیری دارند. از روش‌های عددی غیرآماری می‌توان به شاخص نسبت پایایی[6] یا CR و شاخص نسبت تاج‌پوشش کل[7] یا TCR اشاره کرد (Willner et al., 2009). معیار نسبت پایایی از تقسیم پایایی[8] گونه در گروه هدف بر بیشینهٔ مقدار پایایی گونهٔ مورد نظر در دیگر گروه‌های همان سطح طبقه‌بندی به‌دست می‌آید. همچنین شاخص نسبت تاج‌پوشش کل از نسبت بین متوسط درصد تاج‌پوشش گونه در گروه هدف به بیشینهٔ مقدار متوسط تاج‌پوشش همان گونه در دیگر گروه‌های همان سطح طبقه‌بندی (گروه‌های غیرهدف) برآورد می‌شود. دامنهٔ دو شاخص CR و TCR از صفر (وقتی گونه در گروه هدف حضور نیابد) تا بی‌نهایت (اگر گونه فقط در گروه هدف حضور داشته باشد و در هیچ گروه غیرهدف وقوع نیابد) تغییر می‌کند.

یکی دیگر از کاربردهای مفهوم ایدهٔ گونهٔ معرف، بهره‌گیری از مقادیر وفاداری گونه‌ها در اختصاص قطعات نمونه به گروه‌های گیاهی از قبل طبقه‌بندی شده است (Gegout & Coudun, 2012). استفاده از ایدهٔ گونهٔ معرف و بهره‌گیری از مقادیر وفاداری گونه‌ها در اختصاص قطعات نمونه به گروه‌های گیاهی از قبل طبقه‌بندی‌شده، سابقهٔ به‌نسبت طولانی دارد. در این زمینه می‌توان به روش جامعه‌شناختی براون- بلانکه (Braun-Blanquet, 1932) اشاره کرد که در آن

1. Fidelity
2. Experimental methods
3. Numerical methods
4. Correlation
5. Indicator value
6. Constancy ratio
7. Total cover ratio
8. Constancy

طبقه‌بندی یا اختصاص قطعات نمونه به گروه‌ها برمبنای حضور گونه‌های معرف هر یک از گروه‌ها (گونه‌های تشخیصی[1]) در آن قطعات نمونه انجام می‌گیرد (Esmailzadeh & Asadi, 2014). همچنین Tichy (2005) با استفاده از ایدهٔ گونهٔ معرف و بهره‌گیری از معیار تعلقه فی[2] به‌همراه مقادیر پایایی نسبی[3] یا وفور[4] گونه‌های گیاهی پنج شاخص اختصاص قطعه نمونه- گروه را توسعه داده و نشان داد که کیفیت روش شاخص تلفیقی فراوانی- تعلقه مثبت[5] یا FPFI از روش‌های دیگر بیشتر است (Tichy, 2005). از دیگر روش‌های تخصیص قطعه نمونه-گروه می‌توان به مدل مجموع ارزش معرف[6] یا TIVM Esmailzadeh & Nourmohammadi, (2017) و شاخص تعلقه قطعه نمونه- گروه[7] یا FI Coudun & Gegout (2012) اشاره کرد که همگی با استفاده از ایدهٔ گونهٔ معرف و با تخصیص مجدد قطعات نمونه به گروه‌های از قبل طبقه‌بندی‌شده، سبب بهبود نتایج طبقه‌بندی می‌شوند (Esmailzadeh & Nourmohammadi, 2017; Coudun & Gegout, 2012). ازآنجا که کیفیت هر یک از روش‌های مختلف تخصیص قطعه نمونه- گروه (اجتماع گیاهی) با تأکید بر ایدهٔ درجهٔ اجتماع‌پذیری گونه- گروه (اجتماع گیاهی) یا تعلقه گونه‌های گیاهی به هر یک از گروه‌های از قبل طبقه‌بندی‌شده تا حد زیادی تحت تأثیر روش مورد استفاده در تعیین اجتماع‌پذیری گونه- گروه است (Esmailzadeh et al., 2017 ; Esmailzadeh & Nourmohammadi, 2017). از این‌رو بررسی کیفیت نتایج تخصیص الگوریتم‌های مختلف تخصیص قطعه نمونه-گروه می‌تواند یک ارزیابی مناسبی از کیفیت روش‌های مختلف درجه اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا روش تعیین گونهٔ معرف را ارائه دهد. تحقیق حاضر در نظر دارد کیفیت روش‌های مختلف تعیین گونهٔ معرف در تجزیه‌وتحلیل جوامع گیاهی در فرایند تخصیص قطعه نمونه - گروه‌ها (جوامع) گیاهی را با بهره‌گیری از روش مجموع مقادیر ارزش معرف/اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا TFVI ارائه دهد. در واقع این پژوهش در پی پاسخ به این پرسش است که کدام روش تعیین گونهٔ معرف در بهبود نتایج طبقه‌بندی اولیه (گروه‌های اکولوژیک حاصل از روش TWINSPAN) به‌منظور تعیین گروه‌های جامعه‌شناختی مناسب‌تر است؟

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

مناطق تحت بررسی در این پژوهش بخشی از جنگل‌های راش (*Fagus orientalis* Lipsky) هیرکانی شرقی شامل سری دو جنگل شصت‌کلا و سری نومل جنگل توسکستان است. سری دو جنگل شصت‌کلا به مساحت ۱۹۹۲ هکتار در محدودهٔ ارتفاعی ۲۵۰ تا ۱۹۳۵ متر از سطح دریا و در مختصات جغرافیایی ′۴۲ °۳۶ تا ″۴۳ °۳۶ عرض شمالی و ′۲۱ °۵۴ تا ″۲۴ °۵۴ طول شرقی قرار دارد. جنگل‌های راش توسکستان به مساحت ۱۰۰ هکتار در محدودهٔ ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا و در مختصات جغرافیایی ′۳۸ °۳۶ تا ″۴۹ °۳۶ عرض شمالی و ′۳۲ °۵۴ تا ″۳۷ °۵۴ طول شرقی قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه در جنگل‌های شصت‌کلا ۶۴۹ میلی‌متر و در جنگل‌های توسکستان ۵۰۵ میلی‌متر گزارش شده و اقلیم در دو منطقه براساس روش آمبرژه به‌ترتیب، معتدل مرطوب و معتدل نیمه‌مرطوب است. جنگل‌های تحت بررسی دارای ساختار ناهمسال و آمیختهٔ دو تا سه (در توده‌های سرخداری) آشکوبه هستند و خاک آنها اغلب از نوع قهوه‌ای جنگلی است (بی‌نام، ۲۰۱۱).

1. Diagnostic species
2. Phi fidelity value
3. Constancy
4. Abundance
5. Frequency- positive fidelity index
6. Total indicator value Model
7. Plot fidelity index

شیوهٔ اجرای پژوهش

نمونه‌برداری پوشش گیاهی منطقه به روش براون بلانکه معروف در تیرماه سال ۱۳۹۷ انجام گرفت (Braun-Blanquet, 1932). قطعات نمونه به‌صورت انتخابی و در نقاط تخریب‌نشده و نقاطی که وضعیت کنونی پوشش گیاهی آنها بیانگر خصوصیات پوشش گیاهی بالقوه (جامعه اوج) منطقه یا نزدیک به آن بودند پیاده شدند. اندازهٔ قطعات نمونه مطابق اندازهٔ قطعه نمونهٔ پیشنهادی برای مطالعهٔ پوشش‌های جنگلی نواحی معتدله، ۴۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد (Dengler, 2016). به‌طور کلی ۱۴۲ قطعه نمونه از دو منطقه به‌همراه برآورد درصد تاج‌پوشش آنها با استفاده از ضرایب فراوانی- غلبه وان‌درمارل (۰: غایب، ۱: ۰-۱، ۲: ۱-۲/۵، ۳: ۲/۵-۵، ۴: ۵-۱۲/۵، ۵: ۱۲/۵-۲۵، ۶: ۲۵-۵۰، ۷: ۵۰-۷۵، ۸: ۷۵-۱۰۰ درصد) برداشت شد (Esmailzadeh & Asadi, 2014).

روش تحلیل

طبقه‌بندی گروه‌های بوم‌شناختی از تحلیل گونه‌های معرف دوطرفه یا TWINSPAN برمبنای سطوح قطع ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵، ۱۲/۵، ۵، ۲/۵، ۱، صفر صورت گرفت و سطح قطع سوم به‌طور تجربی به‌عنوان نقطهٔ توقف برای شکل‌گیری گروه انتخاب شد. این تحلیل براساس مقادیر درصد تاج‌پوشش گونه‌ها و با استفاده از نرم‌افزار Juice,7.0.3 (Tichy, 2002) انجام شد (Tichy, 2002). درجهٔ اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا وفاداری گونه‌ها به هر یک از گروه‌های بوم‌شناختی با استفاده از ده شاخص مختلف اجتماع‌پذیری گونه- گروه (چهار شاخص ارزش معرف، چهار شاخص تعلقه فی و دو روش CR و TCR) انجام گرفت:

۱- شاخص ارزش معرف

ضریب ارزش معرف[1] (IndVal) با استفاده از دو معیار وفور نسبی[2] (RA) و فراوانی نسبی[3] (RB) که به‌ترتیب درجهٔ اختصاص[4] و درجهٔ حساسیت[5] یا تعلقه گونه به هر گروه را نشان می‌دهند، (De Caceres & Legendre, 2009) برای هر گونهٔ گیاهی و به‌ازای هر یک از گروه‌های گیاهی انجام گرفت. در این زمینه، مؤلفهٔ B براساس فراوانی نسبی هر گونه در گروه هدف برآورد می‌شود (رابطهٔ ۱) (De Caceres & Legendre, 2009). درصورتی که مؤلفهٔ A براساس اطلاعات حضور- غیاب (فراوانی) و درصد تاج‌پوشش (وفور) گونه‌ها آن هم در دو حالت که مشتمل بر: الف) اندازهٔ گروه‌ها تعدیل‌نشده باشند؛ و ب) اندازهٔ گروه‌ها تعدیل‌شده باشند محاسبه می‌شود (رابطهٔ ۲). از این‌رو چهار روش ارزش معرف شامل: IndVal.۱ (رابطهٔ ۳) و IndVal.۲ (رابطهٔ ۴) که محاسبهٔ ضریب ارزش معرف گونه‌ها در آنها براساس اندازهٔ گروه تعدیل‌نشده انجام می‌گیرد، همراه با IndVal.۳ (رابطهٔ ۵) و IndVal.۴ (رابطهٔ ۶) که ضریب ارزش معرف گونه‌ها را براساس اندازه گروه تعدیل‌شده ارائه می‌دهند قابل ارائه است (De Caceres & Wiser, 2012). محاسبهٔ مؤلفهٔ A در دو روش اول و سوم براساس داده‌های وفور نسبی گونه‌ها و در دو روش دوم و چهارم براساس فراوانی نسبی گونه‌ها برآورد می‌شود.

رابطهٔ ۱
$$A = \frac{a_p}{a}$$

رابطهٔ ۲
$$B = \frac{n_p}{N_p}$$

رابطهٔ ۳
$$IndVal_1 = \frac{a_p}{a} \times \frac{n_p}{N_p}$$

رابطهٔ ۴
$$IndVal_2 = \frac{n_p}{n} \times \frac{n_p}{N_p}$$

رابطهٔ ۵
$$IndVal_3 = \frac{a_p / N_p}{\sum_{k=1}^{k} a_k / N_k} \times \frac{n_p}{N_p}$$

1. Indicator Value
2. Relative abundance
3. Relative frequency
4. Specificity
5. Sensitivity

رابطهٔ ۶ $$IndVal_4 \frac{a_p/N_p}{\sum_{k=1}^{k} a_k/N_k} \times \frac{n_p}{N_p}$$

a_p= متوسط مجموع مقادیر وفور گونهٔ مورد نظر در گروه هدف؛ a= مجموع متوسط وفور گونهٔ مورد نظر در همهٔ گروه‌ها؛ n_p= فراوانی گونهٔ مورد نظر در گروه هدف؛ n= فراوانی گونهٔ مورد نظر در همه قطعات نمونه؛ Np= تعداد قطعات نمونهٔ گروه هدف؛ K= شمارهٔ گروه مورد نظر؛ N_k= تعداد قطعه نمونه در گروه K؛ n_k= فراوانی گونهٔ مورد نظر در گروه K؛ a_k متوسط مجموع مقادیر وفور گونهٔ مورد نظر در گروه k

۲- شاخص تعلقه فی

ضریب فی یک شاخص عددی از معیار تعلقه است که وضعیت اجتماع‌پذیری هر گونهٔ گیاهی را برمبنای فراوانی نسبی آن گونه در هر گروه یا تیپ گیاهی ارائه می‌دهد (Chytry et al., 2002). مقدار ضریب فی بین ۱- تا ۱ متغیر است که با استفاده از رابطهٔ ۸ محاسبه می‌شود. محاسبه شاخص تعلقه فی براساس دو سری از اطلاعات حضور- غیاب (فراوانی) و درصد تاج‌پوشش (وفور) گونه‌ها آن هم در دو حالت که مشتمل بر: الف) اندازه گروه‌ها تعدیل نشده باشند (رابطه‌های ۷ و ۸) و ب) اندازه گروه‌ها تعدیل شده باشند (رابطه‌های ۹ و ۱۰) محاسبه می‌شود. از این‌رو چهار روش تعیین شاخص تعلقه فی در این تحقیق مدنظر قرار گرفت. دو شاخص Φ_1 و Φ_3 براساس مقادیر درصد تاج‌پوشش (داده‌های کمی) و دو شاخص Φ_2 و Φ_4 براساس مقادیر حضور-غیاب (داده‌های کیفی) گونه‌های گیاهی برآورد می‌شوند (De Caceres & Legendre, 2009)

رابطهٔ ۷ $$\Phi_1 = \frac{N \times a_p - a \times N_p}{\sqrt{\left(N \times c \times a - a^2\right) \times \left(N \times N_p - N_p^2\right)}}$$

رابطهٔ ۸ $$\Phi_2 = \frac{N \times n_p - n \times N_p}{\sqrt{\left(N \times n - n^2\right) \times \left(N \times N - N_p^2\right)}}$$

رابطهٔ ۹ $$\Phi_3 = \frac{N \times a_p^g - a^g \times N_p^g}{\sqrt{\left(N \times c \times a^g - a^{g2}\right) \times \left(N \times N_p^g - N_p^{g2}\right)}}$$

رابطهٔ ۱۰ $$\Phi_4 = \frac{N \times a_p - a \times N_p}{\sqrt{\left(N \times c \times a - a^2\right) \times \left(N \times N_p - N_p^2\right)}}$$

a_p= متوسط مجموع مقادیر وفور گونهٔ مورد نظر در گروه هدف؛ a= مجموع متوسط وفور گونهٔ مورد نظر در کلیه گروه‌ها؛ n_p= فراوانی گونهٔ مورد نظر در گروه هدف؛ n= فراوانی گونهٔ مورد نظر در همهٔ قطعات نمونه؛ N_p= تعداد قطعات نمونهٔ گروه هدف؛ K= شماره گروه مورد نظر؛ N_k= تعداد قطعه نمونه در گروه K؛ nk= فراوانی گونهٔ مورد نظر در گروه K؛ c= متوسط اندازهٔ (تعداد قطعه نمونه) گروه‌ها که از حاصل تقسیم عدد واحد یک به تعداد گروه‌ها به‌دست می‌آید (تعداد گروه‌ها/۱= c). در این تحقیق برای بررسی گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی شش‌گانه c =۰/۱۶۶ در نظر گرفته شد.

۳- شاخص پایایی نسبی

در تعیین گونهٔ معرف با استفاده از این شاخص، اگر نسبت پایایی یک گونه در گروه هدف بیشتر از دوبرابر نسبت پایایی همان گونه در گروه‌های غیر هدف در همان سطح طبقه‌بندی باشد، گونهٔ مزبور، گونهٔ معرف قلمداد می‌شود. چنانچه نسبت پایایی یک گونه در یک گروه از دوبرابر نسبت پایایی همان گونه در دیگر گروه‌ها کمتر (CR کمتر از ۲) باشد، اولاً درصد تاج‌پوشش گونهٔ مزبور بیشتر از ۱۵ درصد باشد، ثانیاً TCR یا شاخص نسبت تاج‌پوشش کل آن‌گونه در گروه مزبور بیش‌تر از دوبرابر TCR همان گونه در دیگر گروه‌ها باشد، گونهٔ معرف قلمداد می‌شود (Willner et al., 2009).

۴- شاخص نسبت تاج‌پوشش کل

در محاسبهٔ TCR برای هریک از گونه‌ها در گروه‌ها یا جوامع گیاهی، فقط مقدار TCR گونه‌ها در یک گروه (گروهی که در آن گونهٔ مزبور دارای بیشترین درصد تاج‌پوشش یا TCR است) بیشتر از ۱ بوده و مقادیر TCR آن گونه در بقیهٔ گروه‌ها همواره کمتر از ۱ است. اگر بیشترین مقدار TCR یک گونه در بین چندین گروه کمتر از یک باشد، TCR آن گونه برای

همهٔ گروه‌ها صفر در نظر گرفته می‌شود. همچنین مقادیر TCR کمتر از ۰/۱درصد باشد، ۰/۱ در نظر گرفته می‌شود. البته به‌منظور کاهش اثر خطای ناشی از برآورد درصد تاج‌پوشش گونه‌ها ترجیح داده شد که گونه‌های معرف براساس میانگین مقادیر پایایی نسبی (CR) و درصد تاج‌پوشش کل (TCR) تعیین شوند. گونه‌هایی که مقدار TCR آنها بیشتر از ده باشد، گونهٔ معرف در نظر گرفته می‌شوند. در تعیین مقدار بیشینهٔ TCR، مقدار TCR گروه هدف مدنظر قرار نمی‌گیرد (Willner et al., 2009).

پس از برآورد درجهٔ اجتماع‌پذیری گونه- گروه با هریک از روش‌های ده‌گانهٔ تعیین گونهٔ معرف، با بهره‌گیری از روش تخصیص مجموع مقادیر ارزش معرف/ اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا TFVI (رابطهٔ ۱۱)، طبقه‌بندی مجدد گروه‌ها در قالب ده الگوریتم (براساس هریک از شاخص‌های ده‌گانه تعیین گونهٔ معرف) انجام گرفت. البته برای این منظور از شاخص تلفیقی فراوانی- تعلقه مثبت فی[1] یا FPFI (Tichy, 2005) نیز به‌عنوان یک روش تخصیص قطعه نمونه- گروه استفاده شد (Tichy, 2005; Esmailzadeh et al., 2017). در نهایت، میزان انطباق نتایج هر یک از یازده الگوریتم تخصیص قطعه نمونه- گروه (۱۰ الگوریتم TFVI به‌همراه الگوریتم FPFI) بر نتایج روش سنتز جدولی براون بلانکه (به‌عنوان یک ارزیاب خارجی) با استفاده از نتایج جدول توافقی بررسی شد. برای این منظور نخست گزارش جدول توافقی برای هر یک از روش‌های تخصیص، در هر سطح طبقه‌بندی (تعداد دو، چهار یا شش گروه جامعه‌شناختی) به‌ازای هر یک از گروه‌های جامعه‌شناختی جداگانه انجام گرفت و سپس با استفاده از روش میانگین وزنی، درصد انطباق هر یک از گروه‌های حاصله از روش تخصیص بر گروه‌های از قبل طبقه‌بندی‌شدهٔ (گروه‌های جامعه‌شناختی) متناظر خود برآورد شد. در نهایت متوسط درصد انطباق هر یک از روش‌های تخصیص بر گروه‌های جامعه‌شناختی در هر سه سطح طبقه‌بندی برآورد شد. براساس مقادیر میانگین درصد انطباق، کیفیت نتایج الگوریتم‌های مختلف تخصیص و روش‌های تعیین گونهٔ معرف متناظر آن رتبه‌دهی شد. ازآنجا که در فرایند تخصیص به روش TFVI از یک الگوریتم مشابه و همچنین ورودی دادهٔ مشابه (داده‌های پوشش گیاهی، گروه‌های اولیه و تعداد گروه‌های مشابه) استفاده می‌شود، هر گونه تغییر در کیفیت نتایج تخصیص ناشی از روش برآورد اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا همان روش تعیین گونهٔ معرف است. به دیگر سخن بهره‌گیری از یک روش تخصیص و مقایسهٔ نتایج حاصل با نتایج روش سنتز جدولی براون- بلانکه سبب می‌شود که مناسب‌ترین روش تعیین گونهٔ معرف در بهبود نتایج طبقه‌بندی اولیهٔ (گروه‌های اکولوژیک حاصل از روش TWINSPAN) به‌منظور تعیین گروه‌های جامعه‌شناختی معرفی شود.

$$TFVI_{h,i} = \sum_{i} FV_{i,j} \times C_{i,h}$$

رابطهٔ ۱۱

$FV_{i,j}$= شاخص وفاداری هرگونه (**i**) در هر گروه (j)،

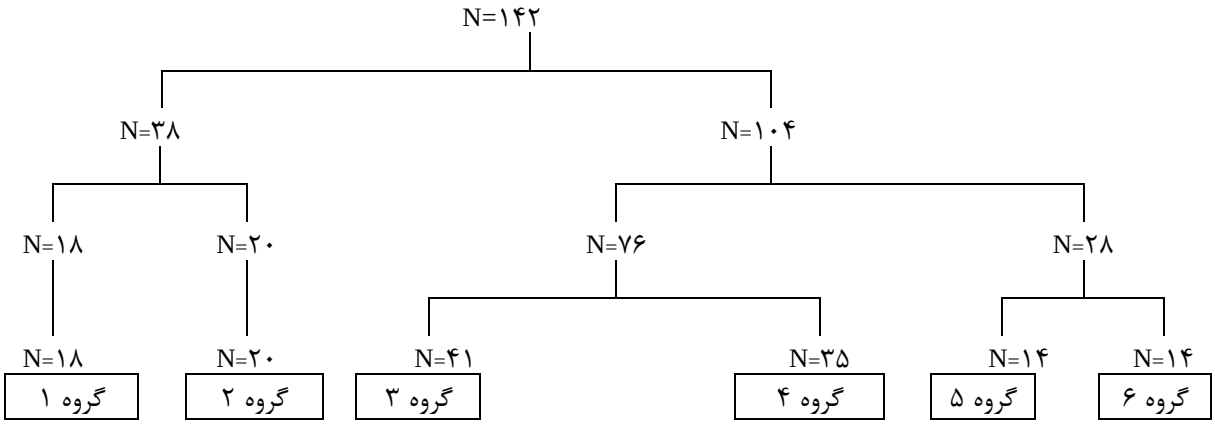
$C_{i,h}$= تاج‌پوشش هرگونه (**i**) در هر قطعه نمونه(h)

نتایج

در نتیجهٔ اجرای TWINSPAN و در سطح قطع سوم دارنگارهٔ طبقه‌بندی، شش گروه بوم‌شناختی در منطقه شناسایی و تعیین شد. سطح قطع اول به دو گروه ۱۰۴ (جوامع گیاهی راش با زیراشکوب کوله‌خاس در جنگل‌های راش شصت‌کلا) و ۳۸ (جوامع گیاهی راش با زیراشکوب خاس در جنگل‌های راش توسکستان) قطعه نمونه‌ای تقسیم شد. در سطح قطع دوم، گروه‌های اول (۱۸ قطعه نمونه) و دوم (۲۰ قطعه نمونه) از گروه‌های دیگر تفکیک شد، درحالی که تفکیک گروه‌های سوم (۴۱ قطعه نمونه)، چهارم (۳۵ قطعه نمونه)، پنجم (۱۴ قطعه نمونه) و ششم

1. Frequency positive fidelity index

(۱۴ قطعه نمونه) در سطح قطع سوم انجام گرفت (شکل ۱). گروه‌های مزبور به‌عنوان گروه‌های اولیه وارد سنتز جدولی براون-بلانکه شد. در جدول براون-بلانکه با تأکید بر ایدهٔ گونه‌های شاخص و تفریقی، شش گروه جامعه‌شناختی راش در دو منطقه شناسایی شد (نتایج جامعه‌شناسی گیاهی راش در این مقاله ارائه نشده، ولی به‌عنوان ارزیاب خارجی از آن استفاده شده است).



شکل ۱- دارنگارهٔ طبقه‌بندی گروه‌های بوم‌شناختی منطقه با استفاده از TWINSPAN

گروه‌های جامعه‌شناختی در هر یک از سه سطح طبقه‌بندی وارد تحلیل درجهٔ اجتماع‌پذیری گونه-گروه براساس هریک از روش‌های ده‌گانه شدند. جدول ۱، مقادیر ضریب اجتماع‌پذیری گونه- گروه در روش Φ_4 (که حائز مناسب‌ترین عملکرد در فرایند تخصیص قطعه نمونه- گروه شده است)، در سطح قطع سوم طبقه‌بندی (تعداد شش گروه جامعه‌شناختی) را نشان می‌دهد. مقادیر اجتماع‌پذیری قطعه نمونه- گروه در هریک از روش‌های ده‌گانه تعیین گونهٔ معرف به‌عنوان ورودی داده در فرایند TFVI استفاده شدند. در نتیجهٔ فرایند تخصیص قطعه نمونه-گروه با استفاده از هر یک از یازده الگوریتم مورد استفاده (ده الگوریتم TFVI به‌همراه الگوریتم FPFI)، هر شش گروه جامعه‌شناختی بازیابی شدند.

جدول ۲، عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه را در گروه‌های گیاهی حاصل از شاخص‌های تشابه قطعه نمونه- گروه با گروه‌های جامعه‌شناختی (در الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی) منطقه در سه سطح مختلف طبقه‌بندی با استفاده از مدل TFVI که نوعی ارزیاب خارجی محسوب می‌شود، نشان می‌دهد. رتبه‌دهی مقادیر میانگین درصد تطابق هر یک از الگوریتم‌های طبقه‌بندی (در سه سطح دارنگارهٔ طبقه‌بندی جامعه‌شناسی) نشان داد که از میان روش‌های مختلف اجتماع‌پذیری گونه- گروه، شاخص phi.۴ با میانگین ۸۴ درصد دارای بیشترین درصد تطابق است و رتبهٔ اول را به خود اختصاص می‌دهد. در این زمینه، شاخص‌های CR (۸۲/۲ درصد)، FPFI (۸۱/۹ درصد)، phi.۲ (۸۱/۵ درصد)، IndVal.۳ (۸۱/۲ درصد)، TCR (۸۰/۸ درصد)، IndVal.۴ (۷۷/۷ درصد)، phi.۳ (۷۵/۱ درصد) IndVal.۲ (۷۰/۹ درصد)، phi.۱ (۷۰/۴ درصد)، ۱. IndVal (۶۸/۵۹ درصد) به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول ۱- مقادیر ضریب اجتماع‌پذیری گونه- گروه با استفاده از روش Φ_4
در گروه‌های جامعه‌شناختی جنگل‌های راش شصت‌کلا و توسکستان

گونه‌های گیاهی	گروه‌های جامعه‌شناختی						گروه حاوی بیشترین مقدار ضریب اجتماع‌پذیری
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	
Acer velutinum Boiss.	۰/۱۳	۰/۱	-۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۱۴	-۰/۰۸	۱
Agrostis stolonifera L.	۰/۲۶	۰/۲۵	-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۲	-۰/۲۳	۱
Asplenium scolopendrium L.	۰/۲	۰/۱۴	-۰/۰۳	۰/۰۴	-۰/۱۲	-۰/۲۳	۱
Athyrium filix var. *femina* (L.) Roth.	۰/۴۸	-۰/۱۱	-۰/۰۴	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۱	۱
Carex remota L.	۰/۲۴	-۰/۱۴	۰/۱۶	-۰/۰۳	-۰/۱۴	-۰/۰۸	۱
Corydalis hyrcana Wendelbo	۰/۲۱	-۰/۰۷	۰	۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۱۳	۱
Crataegus microphylla C.Koch	۰/۴۶	-۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۱۲	-۰/۱۱	-۰/۱۳	۱
Diospyros lotus L.	۰/۳۵	-۰/۰۸	۰/۰۱	-۰/۱۴	-۰/۰۱	-۰/۱۴	۱
Fraxinus excelsior L.	۰/۱۴	-۰/۰۷	-۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۰/۰۹	۱
Hypericum androsaemum L.	۰/۱۸	۰/۰۹	-۰/۰۴	-۰/۱۲	۰/۰۵	-۰/۱۷	۱
Lamium album L.	۰/۳۹	۰/۰۶	۰/۰۴	-۰/۱۱	-۰/۱۴	-۰/۲۴	۱
Leucojum aestivum L.	۰/۷۵	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۸	-۰/۱۸	-۰/۱۸	۱
Mercurialis perennis L.	۰/۱۸	۰/۰۱	-۰/۰۶	-۰/۰۲	-۰/۰۶	-۰/۰۶	۱
Oplismenus undulatifolius (Ard.) Roemer & Schultes	۰/۴۷	۰/۰۱	-۰/۰۷	-۰/۱۱	-۰/۱۳	-۰/۱۶	۱
Parrotia persica C.A.Mey.	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۰۷	-۰/۱۸	-۰/۱۴	-۰/۲۷	۱
Prunus avium (L.) L.	۰/۲۵	-۰/۰۷	۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۱
Rubus hyrcanus Juz.	۰/۰۹	۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۰۳	-۰/۰۵	۰	۱
Rumex acetosella L.	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۱	-۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۰۹	۱
Scilla siberica Andrews	۰/۵۹	-۰/۱۹	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۱۹	-۰/۱۹	۱
Solanum nigrum L.	۰/۱۷	-۰/۰۲	۰/۱۱	-۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۱۴	۱
Torilis arvensis Link	۰/۱۲	-۰/۰۶	۰/۰۸	-۰/۰۱	-۰/۰۶	-۰/۰۶	۱
Veronica persica hort. ex Poir.	۰/۳۵	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۱
Alliaria petiolata (M.Bieb.) Cavara & Grande	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۰۶	۰	-۰/۱۵	-۰/۴۵	۲
Alnus subcordata C.A.Mey.	۰/۱۹	۰/۲۵	-۰/۰۸	-۰/۱	-۰/۰۴	-۰/۲۳	۲
Arum maculatum L.	۰/۱۲	۰/۲۳	-۰/۰۵	-۰/۰۸	-۰/۰۷	-۰/۱۳	۲
Brachypodium sylvaticum P.Beauv.	۰/۰۳	۰/۱۴	-۰/۱	-۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۷	۲
Cardamine tenera S.G.Gmel. ex C.A.Mey.	-۰/۰۴	۰/۲	۰/۰۱	-۰/۱۳	۰/۰۹	-۰/۱۳	۲
Cardamine bulbifera Crantz	-۰/۱۱	۰/۲۴	۰/۰۹	-۰/۰۱	-۰/۱۱	-۰/۱	۲
Carex divulsa Stokes	-۰/۰۱	۰/۳۲	۰/۰۹	-۰/۱۲	-۰/۱۴	-۰/۱۴	۲
Circaea lutetiana L.	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۱۲	-۰/۰۹	-۰/۱۴	-۰/۲۶	۲
Clinopodium vulgare L.	-۰/۱	۰/۱۸	-۰/۱	-۰/۱	۰/۱۱	۰	۲
Dryopteris filix-mas (L.) Schott.	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۰۲	۰	-۰/۳۱	۲
Equisetum telmateia Ehrh.	-۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۱	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۲
Euonymus europaeus L.	۰/۰۵	۰/۴	-۰/۰۸	-۰/۱۱	-۰/۱۳	-۰/۱۳	۲
Euphorbia amygdaloides L.	۰/۲۵	۰/۳۱	-۰/۰۵	-۰/۲۱	-۰/۱	-۰/۲	۲
Festuca drymeja Mert. & Koch	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۳	-۰/۰۲	-۰/۰۸	-۰/۳۳	۲
Fragaria vesca L. Species *Fragaria vesca* L.	-۰/۰۹	۰/۲۷	۰	-۰/۱	۰/۰۹	-۰/۱۶	۲
Primula heterochroma Stapf	۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۱۱	-۰/۱۶	۰/۰۲	-۰/۳۵	۲
Pteris cretica L.	۰/۰۹	۰/۲۵	-۰/۰۲	-۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۱۵	۲
Scrophularia vernalis L.	۰/۱	۰/۱۱	-۰/۰۷	۰	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۲

ادامه جدول ۱

گونه‌های گیاهی	گروه‌های جامعه‌شناختی						گروه حاوی بیشترین مقدار ضریب اجتماع‌پذیری
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	
Tamus communis L.	-۰/۰۸	۰/۱۵	-۰/۰۲	۰/۰۶	-۰/۰۴	-۰/۰۷	۲
Viola alba Bess.	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۰۱	-۰/۱۳	-۰/۰۹	-۰/۲۹	۲
Carex pendula Huds.	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۱۴	-۰/۰۴	-۰/۰۳	-۰/۱۹	۳
Carex strigosa Huds.	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۸	-۰/۰۸	-۰/۰۷	-۰/۲۸	۳
Fagus orientalis Lipsky	-۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۱۲	-۰/۱۴	۰/۰۳	-۰/۰۶	۳
Galium odoratum Scop.	-۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۴	-۰/۰۲	-۰/۱۲	-۰/۰۴	۳
Polygonatum orientale Desf.	-۰/۰۷	-۰/۰۴	۰/۱۴	-۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۰۳	۳
Vicia cracca L.	-۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۱۵	-۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۰۴	۳
Acer cappadocicum Gleditsch	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۰۷	۰/۲۹	-۰/۱۲	۰/۱۵	۴
Allium paradaxum G.Don	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۱۴	-۰/۰۳	-۰/۰۲	۴
Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm.	-۰/۱	-۰/۱	۰/۰۹	۰/۲۵	-۰/۰۳	-۰/۱	۴
Asplenium adiantum-nigrum L.	-۰/۰۸	۰	-۰/۰۴	۰/۲۷	-۰/۰۸	-۰/۰۸	۴
Danae racemosa Moench	-۰/۱۳	-۰/۱	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۳	-۰/۱۶	۴
Dryopteris affinis (Lowe) Fraser-Jenk.	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۳	۰/۲۸	-۰/۰۶	-۰/۰۶	۴
Dryopteris caucasica (A.Braun) Fraser-Jenk. & Corley	-۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۱۵	-۰/۰۶	-۰/۱۵	۴
Epipactis helleborine (L.) Crantz	-۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۱۶	-۰/۰۳	-۰/۰۳	۴
Frangula alnus Mill.	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۲۷	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۴
Hedera pastuchovii Woronow	-۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۱۶	-۰/۱	-۰/۲	۴
Ornithogalum bungei Boiss.	-۰/۱۳	-۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۲۸	-۰/۰۹	-۰/۱۳	۴
Poa nemoralis L.	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۱۴	-۰/۰۳	۰/۰۴	۴
Polystichum woronowii Fomin	-۰/۰۸	-۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۰۴	-۰/۱۱	۴
Prunus divaricata Ledeb.	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۰۲	۰/۱۹	-۰/۰۵	۰/۱۱	۴
Ruscus hyrcanus Woronow	۰/۰۳	-۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۲	-۰/۰۵	-۰/۲۳	۴
Sorbus torminalis (L.) Crantz	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۶	۰/۱۶	۰	۰/۰۲	۴
Stellaria media (L.) Vill.	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۱۹	-۰/۱۳	-۰/۱۸	۴
Tilia rubra DC.	-۰/۲۱	-۰/۱۹	۰	۰/۳۸	-۰/۰۹	۰/۱۲	۴
Carex sylvatica Huds.	-۰/۱	۰/۱۵	۰/۱	-۰/۱۱	۰/۱۶	-۰/۱۹	۵
Carpinus betulus L.	۰/۰۸	-۰/۱۹	-۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۲	۰	۵
Polystichum aculeatum Roth	۰/۱۱	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۳	۰/۱۸	-۰/۲۱	۵
Quercus castaneifolia C.A.Mey.	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۰۱	۵
Digitalis nervosa Steud. & Hochst. ex Benth.	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۰	-۰/۰۴	۰/۲۶	۶
Ilex spinigera Loes.	-۰/۲۱	-۰/۲۱	-۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۲۷	۶
Lapsana communis L.	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۵	-۰/۰۱	۰/۲۳	۶
Lathyrus laxiflorus Kuntze	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۰۳	-۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۱۶	۶
Salvia glutinosa L.	-۰/۱۶	-۰/۱۶	-۰/۱۵	-۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۴۸	۶
Sanicula europaea L.	-۰/۰۵	-۰/۰۴	۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۸	۰/۱۴	۶
Scutellaria tournefortii Benth.	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰	۰/۲۱	۶
Solanum kieseritzkii C.A.Mey.	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۶	-۰/۰۶	۰/۳۲	۶
Taxus baccata L.	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۰۲	۰/۱	-۰/۱۲	۰/۲۶	۶
Ulmus glabra Huds.	-۰/۱	-۰/۱	-۰/۰۴	۰	۰/۱۱	۰/۱۳	۶

جدول ۲- درصد انطباق و رتبهٔ ضرایب همسویی نتایج طبقه‌بندی شاخص‌های تخصیص قطعه نمونه- گروه در گروه‌های جامعه‌شناختی براون- بلانکه

رتبه	میانگین درصد انطباق	درصد انطباق همسویی در سطوح مختلف دارنگارهٔ طبقه‌بندی براون-بلانکه			شاخص‌های تخصیص قطعه نمونه- گروه
		۶ گروه (جوامع و زیرجوامع)	۴ گروه (جامعه)	۲ گروه (اتحادیه)	
۱۱	۶۸/۵	۴۵/۱	۷۲/۵	۸۸/۰	T(IndVal.1)VI
۹	۷۰/۹	۴۸/۶	۷۶/۱	۸۸/۰	T(IndVal.2)VI
۵	۸۱/۲	۶۵/۵	۸۳/۱	۹۵/۱	T(IndVal.3)VI
۷	۷۷/۷	۴۸/۶	۹۶/۵	۸۸/۰	T(IndVal.4)VI
۱۰	۷۰/۴	۳۷/۳	۸۰/۳	۹۳/۷	T(phi.1)VI
۴	۸۱/۵	۶۲/۰	۸۳/۱	۹۹/۳	T(phi.2)VI
۸	۷۵/۱	۴۵/۱	۸۸/۷	۹۱/۵	T(phi.3)VI
۱	۸۴/۰	۶۴/۱	۸۸/۷	۹۹/۳	T(phi.4)VI
۲	۸۲/۲	۷۳/۲	۷۸/۹	۹۴/۴	T(CR)VI
۶	۸۰/۸	۶۲/۷	۸۵/۲	۹۴/۴	T(TCR)VI
۳	۸۱/۹	۵۹/۹	۹۰/۹	۹۵/۱	FPFI

بحث

بازیابی هر یک از شش گروه جامعه‌شناختی راش در دو منطقه با استفاده از الگوریتم‌های TFVI و FPFI نه‌تنها کیفیت مطلوب این دو الگوریتم را در فرایند بازیابی گروه‌های گیاهی از قبل طبقه‌بندی‌شده تأیید می‌کند، بلکه بر کیفیت مطلوب نتایج طبقه‌بندی TWINSPAN و قابلیت تمایز گروه‌های بوم‌شناختی ارائه‌شده نیز دلالت می‌کند. در این زمینه، Dufrene & Legendr (1997) اعتقاد دارند گروه‌های گیاهی زمانی از قابلیت تفکیک و تمایز مناسبی برخوردارند که هر یک از آنها حاوی گونه‌های معرف مخصوص خود هستند و بر این اساس شمارش تعداد گونهٔ معرف را به‌عنوان یک معیار ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی جوامع گیاهی معرفی می‌کند (Dufrene & Legendre, 1997; Roberts, 2015). در پژوهش حاضر، به‌جای استفاده از معیار تعداد گونهٔ معرف از مقادیر عددی تعلقه/ ارزش معرف گونه‌ها استفاده شده است و بازیابی شش گروه بوم‌شناختی منطقه پس از فرایند تخصیص الگوریتم‌های اجتماع‌پذیری قطعه نمونه- گروه که همگی براساس مقادیر عددی تعلقه/ ارزش معرف گونه‌ها محاسبه می‌شوند، گویای این مسئله است که گروه‌های مزبور از نظر ترکیب فلوریستیکی و تعلقه گونه‌های گیاهی متمایزند (Coudun & Gegout, 2012; Esmailzadeh & Nourmohammadi, 2017).

نتایج پژوهش حاضر همچنین تصریح می‌کند که استفاده از ضریب تعلقه فی براساس داده‌های حضور و غیاب در حالت تعدیل‌شده (phi.۴) در مدل TFVI نسبت به دیگر ضرایب اجتماع‌پذیری در اولویت است و بیشترین درجهٔ انطباق را گروه‌های جامعه‌شناختی نشان می‌دهد. انطباق زیاد گروه‌های به‌دست‌آمده از مدل TFVI برمبنای الگوریتم ضریب تعلقه فی

(حضور و غیاب تعدیل‌شده) بر گروه‌های جامعه‌شناختی منطقه، بیانگر همسویی مناسب گروه‌های به‌دست‌آمده از مدل TFVI و کاربرد مؤثر مفهوم معیار وفاداری گونه‌ها در تفکیک و تمایز گروه‌های جامعه‌شناختی در منطقه است. بر این اساس نتیجه‌گیری می‌شود که کاربرد روش تعلقه فی تعدیل‌شده براساس داده‌های حضور- غیاب در تعیین گونهٔ معرف در مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی در اولویت است. نتایج تحقیق حاضر از این نظر با نتایج تحقیق Legendre & De Caceres (2009) و Willner et al. (2009) که اعتقاد داشتند روش تعلقه فی به‌دلیل ارائهٔ مقادیر اجتماع‌پذیری مثبت و منفی گونه‌های گیاهی به هر یک از گروه‌ها بر اصول روش جامعه‌شناختی براون- بلانکه منطبق است، همخوانی دارد. از سوی دیگر مقادیر ارزش معرف به‌دست‌آمده از روش‌های ارزش معرف یا IndVal نسبت به گونه‌های فراوان اریبی دارد و در این رابطه وزن کمتری به گونه‌های با فراوانی کم اختصاص می‌دهد که این مسئله با مفهوم گونهٔ معرف مبنی بر وقوع در تعداد معدودی رویشگاه در تضاد است (Tichy & Chytry, 2006; De Caceres & Legendre, 2009).

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که به‌هنگام استفاده از شاخص تعلقه فی، استفاده از داده‌های کیفی حضور- غیاب گونه‌ها و به‌هنگام بهره‌گیری از معیار ارزش معرف استفاده با همدیگر داده‌های فراوانی و درصد تاج‌پوشش گونه‌ها نتایج مناسب‌تری دارد. نتایج تحقیق حاضر از این نظر با نتایج تحقیق Willner et al. (2009) همخوانی دارد. آنها نشان دادند که در تعیین گونهٔ معرف در جنگل‌های راش و بیشه‌زارهای اروپای مرکزی، اهمیت استفاده از نوع داده (کمی یا کیفی) بیشتر از نوع روش آماری است، (Willner et al., 2009). دلیل کیفیت کمتر نتایج شاخص تعلقه فی به‌هنگام استفاده از معیار درصد تاج‌پوشش گونه‌ها ممکن است به این دلیل باشد که تغییرات مقادیر وفور گونه‌های گیاهی همواره ناشی از مطلوبیت رویشگاهی (فراهم بودن یا نبودن خواهش‌های بوم‌شناختی) آن گونه نیست، بلکه در بسیاری از مواقع ممکن است ناشی از فشار رقابت دیگر گونه‌ها باشد. به دیگر سخن، تغییرات درصد تاج‌پوشش گونه‌های گیاهی در گروه هدف همواره تحت تأثیر خصوصیات محیطی آن رویشگاه نیست، بلکه ممکن است تحت کنترل عامل زیستی رقابت باشد. این در حالی است که برآورد درجهٔ ترجیح‌پذیری یک گونه به یک گروه براساس داده‌های حضور-غیاب از این نقیصه به دور است. در واقع می‌توان گفت گزارش عددی حاصل از شاخص تعلقه فی به‌هنگام استفاده از داده‌های حضور- غیاب به‌دلیل تأثیرپذیری کمتر از عامل رقابت بین‌گونه‌ای از یک‌سو و سهولت اندازه‌گیری از سوی دیگر و در نتیجه مرتکب نشدن اشتباه یا خطا در برآورد معیار درصد تاج‌پوشش، به نتایج دقیق‌تری در برآورد درجهٔ اجتماع‌پذیری گونه- گروه منجر شده و بر این اساس به‌عنوان مهم‌ترین روش در تعیین گروه گونه‌های جامعه‌شناختی کاربرد دارد. مرور مطالعات جامعه‌شناختی و استفادهٔ آنها از شاخص تعلقه فی براساس داده‌های حضور- غیاب، گواهی روشن بر صدق این ادعاست (Swierkosz et al., 2018; Willner et al., 2009).

کیفیت مطلوب نتایج معیار پایایی نسبی در مقایسه با شاخص درصد تاج‌پوشش نسبی به‌عنوان روش‌های غیرآماری تعیین گونهٔ معرف (Willner et al., 2017) نیز دلالت بر آن دارد که در تعیین گونهٔ معرف استفاده از معیار فراوانی نسبت به درصد تاج‌پوشش در اولویت است (Willner et al., 2009). اگرچه براساس نتایج تحقیق حاضر، کیفیت روش پایایی نسبی در تعیین گونهٔ معرف پس از دو روش فی و ارزش معرف قرار گرفت، اما استفاده از شاخص مزبور به‌عنوان روش تکمیلی نتایج شاخص تعلقه فی در تعیین گونه‌های معرف جوامع گیاهی کاربرد دارد (Swierkosz et al., 2018; Willner et al., 2009).

ازآنجا که مقدار عددی شاخص تعلقه فی ضمن تأثیرپذیری از مقادیر فراوانی یک گونه در گروه هدف ممکن است تحت تأثیر فراوانی غیاب آن گونه در گروه‌های دیگر باشد، مقادیر زیاد شاخص فی یک گونه، گاهی ترجیح‌پذیری زیاد آن گونه در گروه هدف را دلالت نمی‌کند؛ از این‌رو برای رفع این نقص و رتبه‌دهی گونه‌های معرف هر گروه می‌توان از نتایج شاخص پایایی نسبی در تکمیل گزارش مربوط به تعیین گونهٔ معرف استفاده کرد.

نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که نتایج تخصیص قطعه نمونه- گروه در الگوریتم TFVI به‌هنگام استفاده از شاخص تعلقه فی تعدیل‌شده (براساس داده‌های حضور و غیاب) و شاخص CR نسبت به شاخص FPFI نتایج مناسب‌تری را ارائه می‌دهد. از این‌رو می‌توان اذعان داشت که کاربرد الگوریتم TFVI به‌هنگام استفاده از دو معیار ضریب تعلقه فی اصلاح‌شده (براساس داده‌های حضور و غیاب) و شاخص فراوانی نسبی یا CR نسبت به شاخص تعلقه FPFI برای تخصیص قطعه نمونه- گروه و بهبود نتایج طبقه‌بندی Esmailzadeh & Nourmohammadi (2017) در اولویت است (Esmailzadeh & Nourmohammadi, 2017). کیفیت بهتر نتایج شاخص TFVI نسبت به FPFI ممکن است به‌دلیل وزن‌دهی مقادیر تعلقه گونه‌ها توسط درصد تاج‌پوشش گونه‌ها در روش TFVI باشد. این در حالی است که در محاسبهٔ شاخص FPFI فقط از مقادیر تعلقه گونه- گروه استفاده می‌شود. زمانی که گونه‌ای دارای تعلقه زیادی نسبت به یک گروه است، درصد تاج‌پوشش بیشتری هم در گروه مزبور نسبت به گروه‌های دیگر خواهد داشت (Willner et al., 2017). از این‌رو استفاده از معیار TFVI سبب می‌شود در فرایند تخصیص قطعه نمونه- گروه، سهم تأثیرگذاری گونه‌ها در برآورد درجه اختصاص قطعات نمونه به گروه‌های گیاهی از قبل طبقه‌بندی‌شده براساس میزان مطلوبیت رویشگاهی آن گروه وزن‌دار شود. با توجه به اینکه درصد تاج‌پوشش گونه‌ها، مطلوبیت رویشگاهی یا ترجیح‌پذیری بوم‌شناختی گونه‌ها را دلالت می‌کند، کاربرد آن در روش TFVI به حصول نتایج مناسب‌تری منتج می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که استفاده از شاخص‌های تعلقه تعدیل‌شده در مقایسه با شاخص‌های تعلقه تعدیل‌نشده نتایج بهتری دارند که این مسئله، اهمیت تعدیل گروه‌ها در فرایند تعیین گونهٔ معرف را تأکید می‌کند. تعدیل اندازهٔ گروه‌ها سبب می‌شود که برآورد درجهٔ اختصاص گونه-گروه تحت تأثیر اندازهٔ گروه‌ها قرار نگیرد. اگر تعدیل اندازهٔ گروه انجام نگیرد، مقادیر درجهٔ اختصاص گونه- گروه به‌سمت گروه‌های با اندازهٔ کوچک‌تر اریب می‌شود؛ از این‌رو تعداد گونهٔ معرف در گروه‌های بزرگ‌تر کاهش می‌یابد و به همان نسبت گروه‌های کوچک‌تر حاوی گونه‌های معرف بیشتری می‌شوند. همچنین تعدیل نشدن اندازهٔ گروه‌ها سبب می‌شود که وزن بیشتری به گونه‌های عمومی نسبت به گونه‌های نادر در فرایند برآورد اجتماع‌پذیری گونه- گروه اختصاص یابد (Tichy & Chytry, 2006). این در حالی است که در بیشتر موارد، گونه‌های نادر به‌عنوان گونهٔ معرف مناسبی در مطالعات جامعهٔ شناسایی گیاهی محسوب می‌شوند (De Caceres & Legendre, 2009). از دیگر امتیازهای استفاده از شاخص‌های تعلقه تعدیل‌شده، هم‌راستایی مقادیر عددی تعلقه با مقادیر فراوانی نسبی گونه‌هاست که این مسئله در نمایش سنتز جدولی براون بلانکه اهمیت زیادی دارد.

نتیجه‌گیری

بررسی میزان انطباق نتایج هر یک از الگوریتم‌های مختلف تخصیص قطعه نمونه-گروه بر نتایج روش سنتز جدولی براون بلانکه نشان داد که استفاده از دو روش فی اصلاح‌شده براساس داده‌های حضور- غیاب (۸۴ درصد) و روش پایایی نسبی (۸۲ درصد) به‌ترتیب بیشترین انطباق بر جوامع جنگلی راش

بررسی‌شده را نشان می‌دهند. به‌طور کلی نتیجه‌گیری می‌شود که در برآورد درجهٔ اجتماع‌پذیری گونه- گروه یا تعیین گونه‌های معرف در تجزیه‌وتحلیل جوامع گیاهی، استفاده از دو روش فی اصلاح‌شده براساس داده‌های حضور- غیاب و روش پایایی نسبی نسبت به روش‌های دیگر اولویت دارد.

سپاسگزاری

از همکاری سرکار خانم مهندس پری کرمی و آقای میثم صوفی به‌خاطر همکاری موثر در فرایند نمونه‌برداری صحرایی، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس برای حمایت مالی این پژوهش تقدیر می‌شود.

References

Braun-Blanquet, J. (1932). *Plant sociology. The study of plant communities*. New York: McGraw-Hill Book Co., Inc.

Chytry, M., Exner, A., Hrivnak, R., Ujhazy, K., Valachovic, M., & Willner, W. (2002). Context-dependence of diagnostic species: A case study of the Central European spruce forests. *Folia Geobotanica, 37*(4), 403-417.

De Caceres, M., Chytry, M., Agrillo, E., Attorre, F., Botta Dukát, Z., Capelo, J., ... & Feoli, E. (2015). A comparative framework for broad-scale plot-based vegetation classification. *Applied Vegetation Science, 18*(4), 543-560.

De Caceres, M., & Wiser, S.K. (2012). Towards consistency in vegetation classification. *Journal of Vegetation Science, 23*(2), 387-393.

De Caceres, M.D., & Legendre, P. (2009). Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology, 90*(12), 3566-3574.

Dengler, J. (2016). Phytosociology. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, 1-6.

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

Esmailzadeh, O., Darvand, R., & Asadi, H. (2017). Assessing of similarity indices for the assignment of the plots to the plant communities of an existing phytosociological classification. *Journal of plant research, 30*(4), 882-892.

Esmailzadeh, O., & Nourmohammadi, K. (2017). Introduction of Total Indicator Value Model (TIVM) in Vegetation Classification. *Journal of plant research (Iranian Journal of biology), 30*(2), 244-258.

Esmailzadeh, O., & Asadi, H. (2014). Total Phi Fidelity Index (TPFI) as a new algorithm in plant communities Analysis. *Iranian journal of forest, 6*(2), 215-232.

Gegout, J.C., & Coudun, C. (2012). The right releve in the right vegetation unit: a new typicality index to reproduce expert judgement with an automatic classification programme. *Journal of Vegetation Science, 23*(1), 24-32.

Jennings, M.D., Faber-Langendoen, D., Loucks, O.L., Peet, R.K., & Roberts, D. (2009). Standards for associations and alliances of the US National Vegetation Classification. *Ecological Monographs, 79*(2), 173-199.

Roberts, D.W. (2015). Vegetation classification by two new iterative reallocation optimization algorithms. *Plant ecology, 216*(5), 741-758.

Swierkosz, K., Reczyńska, K., Pech, P., Kuras, I., & Hédl, R. (2018). Syntaxonomy and ecology of beech forest vegetation in southwestern Poland. *Phytocoenologia*, *48*(3), 297-320.

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

Tichy, L. (2005). New similarity indices for the assignment of releves to the vegetation units of an existing phytosociological classification. *Plant ecology*, *179*(1), 67-72.

Tichy, L. (2002). JUICE, software for vegetation classification. *Journal of vegetation science, 13*(3), 451-453.

Willner, W., Kuzemko, A., Dengler, J., Chytry, M., Bauer, N., Becker, T., ..., & Igic, R. (2017). A higher-level classification of the Pannonian and western Pontic steppe grasslands (Central and Eastern Europe). *Applied vegetation science, 20*(1), 143-158.

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

Iranian Journal of Forest
Vol. 12, No. 4, Winter 2021
pp. 541-555

Research Article

Evaluating the different indicator species analysis in the classification of plant communities

B.G. Saberi[1], O. Esmailzadeh[2*], and H. Asadi[3]

[1]M.Sc., Student, Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Sea Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran
[2]Assistant Prof., Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University Noor, I. R. Iran
[3]Assistant Prof., Dept. of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran

(Received: 6 July 2020, Accepted: 24 October 2020)

Abstract

The goal of this study is to evaluate the quality of numerical methods (Phi fidelity and indicator value indices) and non-statistical (constancy ratio and total cover ratio indices) in determining the indicator species of Beech plant communities in the eastern Hyrcanian forests. For this purpose, six ecological groups were first classified using two-way indicator analysis or TWINSPAN. Then, by using sum of the indicator value/association indices or TFVI, as a similarity index for assignment of the plot to the plant communities, with emphasizing the result of species and plant communities association (based on 10 algorithms), the groups were reclassified. Evaluating the compatibility of the results of each classification algorithms with the initial plant communities which have been classified by Braun-Blanquet synoptic table showed that reclassification of sample sites by using TFVI when is derived by group-equalized and incidence-based phi index (84%) and constancy ratio method (82%) showed the highest adaptability with the initial plant communities respectively. Totally, the results of this research revealed that group-equalized and incidence-based phi fidelity and constancy ratio indices have the most priority in assessing the association between species and groups of sites or in determining the diagnostic species of plant communities than the other association indices.

Keywords: Constancy Ratio, Site-groups assignment, Association indices of species-group, Ecological groups.

∗Corresponding author Tel: +989113205013 Email: oesmailzadeh@modares.ac.ir