

معرفی مدل مجموع شاخص تعلقه فی (TPFIM) در تجزیه و تحلیل گروه‌های اکولوژیک گیاهی

امید اسماعیل‌زاده^{۱*} و حامد اسدی^۲

^۱ استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

^۲ دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۳)

چکیده

در تحقیق حاضر نخست با کاربرد شاخص تعلقه فی (Φ)، گونه‌های معرف گروه‌های اکولوژیک گیاهی جنگل حفاظت‌شده خیبوس تعیین‌شده و سپس با توسعه مدل مجموع شاخص تعلقه فی به‌همراه دو شاخص تمایزی و انحصارگرایی، ارزش گونه‌های معرف در ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های مزبور تشریح شد. براساس نتایج شاخص تعلقه فی تعداد ۳۳ گونه معرف برای گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد معرفی شد که سهم گونه‌های چوبی و علفی به-ترتیب ۷۶/۷ درصد (۲۲ گونه) و ۳۳/۳ درصد (۱۱ گونه) بود، این در حالی است که در فهرست گونه‌های معرف گروه‌های گیاهی شمشاد (۷ گونه) اصلاً گونه‌های علفی حضور نداشتند. کاربرد آزمون نیکویی برازش مربع کای ($d_f=25$ و $\chi^2=234/97$)، ضریب کاپا ($K=0/789$) و ضریب همبستگی اسپیرمن ($r_s=0/935$) در بررسی تطابق گروه‌های گیاهی حاصل از دو روش عضویت‌پذیری TPFIM و طبقه‌بندی TWINSpan نشان داد نتایج این دو روش با احتمال ۹۹ درصد از یکدیگر مستقل نیستند و با یکدیگر انطباق دارند. ارزیابی کیفیت نتایج دو روش TPFIM و TWINSpan براساس دو شاخص انحصارگرایی و تمایزی نشان می‌دهد که متوسط مقادیر این دو شاخص در گروه‌های گیاهی ارائه‌شده به روش TPFIM ($Sh=33/76$ و $U=88/74$) همواره در سطح بالاتری نسبت به گروه‌های گیاهی ارائه‌شده از طریق روش TWINSpan ($Sh=29/98$ و $U=71/51$) قرار دارد. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که روش عضویت‌پذیری TPFIM می‌تواند به‌عنوان روشی کارآمد در بهبود نتایج روش TWINSpan در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی کاربرد داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص فی (Φ)، گروه‌های گیاهی، مدل مجموع شاخص تعلقه فی (TPFIM)، TWINSpan.

مقدمه و هدف

پوشش گیاهی برآیندی از خصوصیات محیطی هر منطقه بوده و آینه تمام نمای خصوصیات رویشگاهی آن منطقه است، بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای مناسب در قضاوت شرایط بوم‌شناختی منطقه دخالت داشته باشد (Barnes *et al.*, 1998). یکی از بهترین روش‌های بررسی و توصیف پوشش گیاهی، روش ترکیب گیاهی یا فلوریستیک^۱ است که نتایج کاملاً مفیدی را برای درک و فهم رویشگاه ایجاد می‌نماید (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974). مجموعه‌ای از گونه‌های گیاهی با نیازهای بوم‌شناختی و بردباری مشابه که معمولاً با همدیگر در نواحی ویژه‌ای با ترکیب‌های مشابه‌ای از عوامل محیطی (از نظر فیزیوگرافی، رطوبت، نور، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک) حضور می‌یابند، گروه گونه‌ اکولوژیک نامیده می‌شوند (Spies and Barnes, 1985; Grabherr *et al.*, 2003).

ایده گروه گونه‌های اکولوژیک بر این فرضیه استوار است که فرآیندهای اجتماع‌پذیری و تکاملی مثل رقابت در طول سالیان متمادی، سبب حضور یک سری از گونه‌های گیاهی در شرایط محیطی خاصی می‌شود که در آن شرایط نسبت به دیگر گونه‌ها بهتر عمل می‌کنند و سازگارترند (Kashian *et al.*, 2003). بنابراین می‌توان گفت که اگرچه بین دو گونه گیاهی اشتراک سیستماتیک محضی وجود ندارد، می‌توان آنها را بر مبنای توزیع مشابهی که نسبت به عوامل محیطی دارند، در قالب یک گروه اکولوژیک در نظر گرفت (Barnes *et al.*, 1998). یکی از اهداف رایج در تحلیل گروه‌های اکولوژیک، آشکار کردن و توصیف ارزش گونه‌های مختلف و شناسایی گونه‌های معرف^۲ هر گروه است. گونه‌های معرف یکی از ویژگی مهم در طبقه‌بندی پوشش گیاهی است (Whittaker, 1962; Barkman, 1989; Durfrenne and Legendre, 1997; Chytry *et al.*, 2002a) که شناسایی آن به‌ویژه در مکتب اروپایی جامعه‌شناسی گیاهی بسیار اهمیت

دارد (Chytry and Tichy, 2003). گونه‌های معرف که اغلب گونه‌های متمایزی^۳، تفریقی^۴ و گونه‌های شاخص^۵ نامیده می‌شوند، مشتمل بر گونه‌هایی هستند که تمایل خاصی برای حضور در یک واحد (اجتماع) گیاهی ویژه دارند. درجه فراوانی و غلبه گونه‌های معرف بیانگر نوع خاصی از پوشش گیاهی یا شرایط ویژه‌ای از خصوصیات اکولوژیک رویشگاه است و از این‌رو در شناسایی و تفکیک گروه‌های گیاهی بسیار مفیدند (De Caceres *et al.*, 2008).

ایده گونه‌های معرف اولین بار توسط Brockman-Jeroch (1907) ارائه شد که در آن گونه‌هایی را که حضور آنها به یک واحد پوشش گیاهی خاص محدود می‌شود، به‌عنوان گونه‌های معرف آن واحد معرفی کرد. Koch (1926) در معرفی گونه‌های معرف اظهار داشت، گونه‌هایی که حضور آنها به‌طور چشمگیری در یک واحد پوشش گیاهی متمرکز شده است، به‌طوری‌که بر اساس محدوده پراکنش آنها می‌توان به‌سهولت محدوده واحدهای پوشش گیاهی مزبور را از واحدهای مجاور متمایز کرد، در زمره گونه‌های معرف قرار دارند. در واقع می‌توان گفت که مفهوم گونه‌های معرف همواره با مفهوم تعلقه یا وفاداری^۶ گونه‌ها به یک واحد گیاهی خاص مرتبط بوده است (Chytry and Tichy, 2003). روش‌های اولیه تعیین وفاداری گونه‌های گیاهی ذهنی است و بعد از آن تلاش‌هایی برای توسعه روش‌های آماری به‌منظور تعیین وفاداری توسط Goodall (1953) و Juhász-Nagy (1964) انجام گرفته است. این مقوله طی دهه اخیر با توسعه علوم رایانه و کاربرد روش‌های آماری در تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی، شاخص تعلقه

¹ Floristic² Diagnostic species³ Character species⁴ Differential⁵ Indicator species⁶ Fidelity

مثبت (تمایل حضور) و منفی (عدم تمایل حضور) نسبت به ضریب ارزش گونه‌های شاخص مزیت بیشتری دارد. (Boublik *et al.*, 2007) با بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی TWINSpan و شاخص تعلقه فی، گروه‌های جنگلی راش در کشور چک را طبقه‌بندی کردند. (Tsiripidis *et al.*, 2007) در معرفی گونه‌های شمال یونان نشان دادند که بهره‌گیری از شاخص تعلقه فی، امکان درک دقیق‌تری از تفاوت‌های فلوربستیکی گروه‌های جنگلی را حتی براساس گونه‌هایی که با درجه پایایی نسبتاً کمی در سطح منطقه حضور یافتند، فراهم می‌کند.

در ارتباط با تعیین گونه‌های معرف در گروه‌ها و یا گروه‌های گیاهی در داخل کشور تاکنون فقط از روش ارزش گونه‌های شاخص موسوم به روش IndVal (Durfrene and Legendre, 1997) توسط محققینی همچون بصیری و همکاران (۱۳۸۲)، اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۸۶)، اسحاقی راد و همکاران (۱۳۸۷)، اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۳۸۸)، اسدی و همکاران (۱۳۹۰)، رودی و همکاران (۱۳۹۱) بکار گرفته شده، بنابراین تحقیق حاضر در نظر دارد تا کاربرد شاخص تعلقه فی را در تعیین گونه‌های معرف گروه‌های گیاهی جنگل حفاظت‌شده خیبوس ارائه دهد و با معرفی مدل عددی مجموع شاخص تعلقه فی^۱ یا TPFIM به‌همراه دو شاخص متمایز بودن^۵ و انحصارگرایی^۶ ترکیب گونه‌های معرف، ارزش گونه‌های معرف را در ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های مزبور تشریح کند.

به‌طور گسترده در مبحث طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی مطرح شد (Chytry and Tichy, 2003).

ضریب فی، شاخص عددی از شاخص تعلقه است که وضعیت اجتماع‌پذیری هر گونه گیاهی را بر مبنای فراوانی نسبی آن گونه در هر گروه یا تیپ گیاهی ارائه می‌کند، از این‌رو در تعیین گونه‌های شاخص کاربرد دارد (Chytry *et al.*, 2002b). گونه‌هایی که دارای بالاترین شاخص تعلقه فی به یک گروه یا اجتماع گیاهی باشند، گونه‌های معرف آن اجتماع گیاهی محسوب می‌شوند. محاسبه شاخص تعلقه فی بر مبنای محاسبه ضریب همبستگی مربع کای شکل گرفته است. بر این اساس با تنظیم جدول توافقی ۲×۲ بررسی فراوانی مشاهده‌شده و فراوانی قابل انتظار شکل می‌گیرد. ایده‌ای که در ورای شاخص تعلقه فی نهفته است، این است که با مقایسه فراوانی مشاهده‌شده با فراوانی قابل انتظار در مورد اینکه الگوی پراکنش یک گونه در یک گروه به‌صورت تصادفی یا ترجیحی بوده است، تصمیم‌گیری می‌شود (Tichy and Chytry, 2006).

(Chytry *et al.*, 2002b) با توسعه ضریب اجتماع‌پذیری فی، گونه‌های معرف گروه‌های گیاهی مرتعی جمهوری چک را معرفی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد شاخص تعلقه فی که تنها بر مبنای شاخص کیفی فراوانی نسبی محاسبه می‌شود، نتایجی مشابه روش ارزش گونه‌های شاخص^۱ که بر مبنای شاخص ترکیبی وفور نسبی^۲ و فراوانی نسبی^۳ محاسبه می‌شود، ارائه می‌کند، بنابراین به‌دلیل سهولت می‌تواند در تعیین گونه‌های معرف اجتماعات گیاهی کاربرد داشته باشد. (Tichy and Chytry, 2006) شناسایی و تفکیک گونه‌های معرف تیپ‌های گیاهی مراتع جمهوری چک را بر مبنای ضریب فی و مقادیر ارزش گونه‌های شاخص (IV) انجام دادند و نتایج نشان داد که شناسایی گونه‌های شاخص در تفسیر اکولوژیکی گروه‌ها یا تیپ‌های گیاهی بسیار مهم است و در این زمینه ضریب فی به‌دلیل ارائه شاخص تعلقه

¹ Indicator value species analysis

² Relative abundance

³ Relative frequency

⁴ Total Phi Fidelity Index Model

⁵ Sharpness

⁶ Uniqueness

مواد و روش‌ها

- منطقه مورد بررسی

این تحقیق در جنگل حفاظت‌شده خیوس که بستر رویش توده‌های آمیخته راش با زیراشکوب شمشاد در جنگل‌های هیرکانی مرکزی است، انجام گرفته است. برای این منظور از تعداد شش گروه اکولوژیک جل-راش (*Laurocerasus officinalis*) کوله خاس-راش (*Fagus orientalis*) شمشاد-راش (*Fagus orientalis-hyrcanus*) انجیلی (*Fagus orientalis-Buxus hyrcana*) شمشاد-راش-ممرز (*Parrotia persica*) شمشاد-راش-پلت (*Fagus orientalis-Carpinus betulus*) شمشاد-راش (*Buxus hyrcana*) و شمشاد-راش (*Acer velutinum-orientalis*) که اسدی و همکاران (۱۳۹۰) معرفی کردند، استفاده شد. گروه‌های مزبور در مختصات جغرافیایی $36^{\circ} 17' 55''$ تا $36^{\circ} 20' 50''$ عرض شمالی و $53^{\circ} 1' 20''$ تا $53^{\circ} 4' 15''$ طول شرقی در حوزه آبخیز تالار (حوزه شماره ۶۳ ب تقسیم‌بندی طرح جامع جنگل‌های شمال کشور) قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه حدود ۱۶۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن $13/4$ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه براساس اقلیم نمای آمبرژه در اقلیم مرطوب سرد قرار دارد. قسمت اعظم منطقه را واحد سنگی تشکیل می‌دهد که به رسوبات پلیوسین مرتبط است و از سنگ‌های کنگلومرایبی با کمی آهک‌های مارنی تشکیل یافته‌اند (اسدی و همکاران، ۱۳۹۰).

- روش‌های نمونه‌برداری ترکیب گیاهی

در این تحقیق هرکدام از گروه‌های گیاهی شش‌گانه منطقه که بر مبنای ایده گروه گونه‌های اکولوژیک و با استفاده از تحلیل گونه‌های شاخص دوطرفه اصلاح‌شده^۱ (Rolecek et al., 2009) توسط

اسدی و همکاران (۱۳۹۰) طبقه‌بندی و معرفی شدند، به‌عنوان طبقات اصلی نمونه‌برداری مدنظر قرار گرفتند. بدین منظور تعداد ۶۴ قطعه نمونه با رعایت اصل توده معرف (عصری، ۱۳۷۴) و براساس تغییرات ترکیب پوشش گیاهی در گروه‌های مزبور طراحی شد. بنابراین می‌توان گفت که روش نمونه‌برداری مورد استفاده در تحقیق حاضر روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده با رعایت اصل توده معرف (نمونه‌برداری انتخابی) است. نمونه‌برداری در خرداد که انتظار می‌رود بیشتر گونه‌های گیاهی در سطح منطقه حضور دارند و به رشد کامل رسیده‌اند، انجام گرفت (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). سهم قطعات نمونه در هر یک از گروه‌های گیاهی منطقه متناسب با اندازه همگنی ترکیب پوشش گیاهی و مساحت آنها مشخص شد. مساحت قطعات نمونه مطابق اندازه قطعه نمونه پیشنهادی برای بررسی پوشش‌های جنگلی نواحی معتدله، ۴۰۰ متر مربع (20×20 متری) در نظر گرفته شد (Barnes et al., 1998). در هر قطعه نمونه فهرست کلیه گونه‌های گیاهی به‌همراه درصد تاج‌پوشش آنها به‌صورت تخمینی یا ذهنی براساس مقیاس فراوانی-غلبه براون-بلانکه ثبت شد (Braun-Blanquet, 1932).

- تجزیه و تحلیل گونه‌های معرف

تعیین گونه‌های معرف هر گروه گیاهی با استفاده از شاخص تعلقه Φ (Chytry et al., 2002a) به‌عمل آمد. بدین منظور برای محاسبه شاخص تعلقه فی در گام نخست جدول توافقی 2×2 تنظیم شد (جدول ۱) و سپس با استفاده از رابطه ۱ ضریب فی برای هر یک گونه‌ها در هر گروه گیاهی محاسبه شد.

جدول ۱- جدول توافقی فراوانی مشاهده شده

	گروه مورد نظر	دیگر گروه‌ها
حضور گونه	n_p	$n - n_p$
عدم حضور	$N_p - n_p$	$N - N_p - n + n_p$

¹ Modified TWINSpan

رابطه ۱

تعداد رولو متفاوت منتهی می‌شود، ضرورت بیشتری دارد (Tichy and Chytry, 2006).

رابطه ۲

$$\Phi = \frac{(N.n_p') - (n'.N_p')}{\sqrt{(n'.N_p')(N-n')(N-N_p')}} \quad (1)$$

اجزای این رابطه عبارتند از:

$$n_p' = N_p' \cdot (n_p / N_p) = s.N \cdot (n_p / N_p)$$

$$N_p' = s.N$$

$$n' = s.N \cdot (n_p / N_p) + (1-s).N \cdot [(n - n_p) / (N - N_p)] \quad (2)$$

s = متوسط اندازه (تعداد قطعه نمونه) گروه‌ها یا گروه‌های گیاهی که از حاصل تقسیم عدد واحد یک به تعداد گروه‌ها به دست می‌آید (تعداد گروه‌ها/ $s=1$). در این تحقیق برای بررسی گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی شش گانه $s=0.166$ در نظر گرفته شد.

شایان ذکر است که در شناسایی گونه‌های معرف باید مقادیر مثبت فی مدنظر قرار گیرد. گونه‌هایی که دارای بالاترین شاخص تعلقه فی به یک گروه یا اجتماع گیاهی باشند، به عنوان گونه معرف آن اجتماع گیاهی محسوب می‌شوند. البته در استفاده از ضریب فی در بررسی گونه‌های شاخص باید یک حد آستانه^۱ مناسب برای این ضریب (حداقل مقدار Φ که هرگونه باید داشته باشد تا به عنوان گونه شاخص مدنظر قرار گیرد) تعریف شود. اگرچه تعیین حد آستانه ضریب فی به طور دلخواه است (Chytry and Tichy, 2003)، باید در نظر داشت حد آستانه فی به طوری تعیین شود که اندازه فراوانی نسبی هرگونه شاخص در گروه مدنظر دو برابر بیشتر از این اندازه در دیگر گروه‌ها باشد (Tsiripidis et al., 2007). در این تحقیق حد آستانه فی $\Phi = 0.23$ یا $\Phi = 23\%$ در نظر گرفته شد. بررسی معنی داری شاخص تعلقه فی گونه‌های

$$\Phi = \frac{(N.n_p) - (n.N_p)}{\sqrt{(n.N_p)(N-n)(N-N_p)}} \quad (1)$$

N : تعداد کل قطعه نمونه؛

N_p : تعداد قطعه نمونه در هر گروه؛

n : فراوانی گونه مورد نظر در کل گروه‌ها؛

n_p : فراوانی گونه مورد نظر در گروه مورد نظر.

مقدار ضریب فی بین ۱- تا ۱ متغیر است. اگر ضریب فی نزدیک یا مساوی صفر باشد، بیانگر آن است که یک گونه تمایلی به حضور یا عدم حضور در یک گروه مشخص را ندارد. هرچه این ضریب به سمت ۱ میل کند، بیانگر تعلق آن گونه به گروه مورد نظر و هرچه ضریب فی به سمت ۱- میل کند، نشان دهنده عدم تعلق آن گونه به گروه مورد نظر است. اگر ضریب فی یک گونه مساوی یک باشد، بیانگر آن است که آن گونه در تمام قطعات نمونه گروه مورد نظر حضور دارد و درحالی که در هیچ یک از قطعات نمونه دیگر گروه‌ها حضور ندارد و اگر ضریب فی مساوی منفی یک باشد، الگویی معکوس حالت قبلی را نشان می‌دهد (Tichy and Chytry, 2006).

مقادیر ضریب فی گونه‌ها در هر گروه گیاهی که بر مبنای رابطه ۱ به دست می‌آیند، به طور عمده تحت تأثیر تعداد قطعات نمونه آن گروه گیاهی قرار دارد. این اساس (Tichy and Chytry 2006) با ارائه ضریب فی تعدیل شده درصدد رفع این نقیصه برآمدند (رابطه ۲). در این رابطه با تعریف آماره s و در نتیجه بی‌اثر شدن تأثیر اندازه گروه (تعداد قطعه نمونه) در تعیین شاخص تعلقه فی، گونه‌های نادر و گونه‌هایی که با فراوانی کمتر در سطح منطقه حضور یافتند، وزن بیشتری می‌یابند. این در حالی است که در ضریب فی تعدیل نشده گونه‌های با فراوانی زیاد که اغلب در گروه‌های بزرگ حضور می‌یابند، وزن بیشتری می‌یابند. کاربرد ضریب فی تعدیل شده در مطالعات جامعه‌شناسی گیاهی که اغلب به گروه‌های گیاهی با

¹ Threshold

گونه‌های معرف ارزیابی شد. ارزیابی انطباق نتایج طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی منطقه با استفاده از دو روش TWINSpan و TPFi از طریق آزمون نیکویی برازش مربع کای (داده‌های جدول توافقی)، شاخص تطابق‌پذیری کاپا و ضریب همبستگی اسپیرمن بررسی شد.

- ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی

با استفاده از دو شاخص عددی تمایزی و انحصارگرایی، کیفیت گروه‌های گیاهی معرفی شده توسط اسدی و همکاران (۱۳۹۰) که با بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی گونه‌های شاخص دوطرفه اصلاح شده، تعیین شد و گروه‌های گیاهی حاصله از کاربرد مدل TPFi در این تحقیق ارزیابی و اهمیت مدل TPFi در بهبود کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی منطقه بررسی شد.

شاخص تمایزی، تعداد گونه‌های معرف در هر واحد (اجتماع) گیاهی را نسبت به متوسط غنای گونه‌های آن واحد ارائه می‌دهد (Chytry and Tichy, 2003). یک واحد گیاهی زمانی نسبت به دیگر واحدها متمایزتر است که سهم عمده‌ای از گونه‌های آن انحصاری خودش باشد و گونه‌های مزبور در دیگر گروه‌های گیاهی غایب یا اینکه نادر باشند. شاخص تمایزی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود. دامنه شاخص تمایزی بین ۰ تا بی‌نهایت است. مقدار بالای این شاخص زمانی به دست می‌آید که یک اجتماع گیاهی، تعداد زیادی گونه معرف با درجه فی بالا داشته باشد.

$$S_j = \frac{1 + \sum_i \phi_{ij} \times 100}{R_j} \quad \text{رابطه ۴}$$

ϕ_{ij} : تعلق گونه i در اجتماع گیاهی j ؛

R_j : میانگین تعداد گونه در اجتماع گیاهی j ؛

شاخص انحصارگرایی، تشابه فلوریستیکی

معرف هر یک از گروه‌ها بر مبنای آزمون صحت فیشر^۱ تعیین شد (Tichy and Chytry, 2006). کلیه محاسبات مربوط به شاخص تعلقه فی با استفاده نرم‌افزار Juice 6.3 انجام شد.

- مدل مجموع شاخص تعلقه فی

مدل پیشنهادی^۲ مجموع شاخص تعلقه فی یا TPFIM بر اساس مقادیر ضرایب تعلقه فی و وفور یا درصد تاج‌پوشش گونه‌های گیاهی هر قطعه نمونه محاسبه می‌شود (رابطه ۳). مدل TPFi، اندازه تعلقه یا وفاداری هر قطعه نمونه به یک گروه یا اجتماع گیاهی مشخص را نشان می‌دهد، از این رو می‌توان از آن به عنوان یک روش عددی اعتبارسنجی در عضویت‌پذیری قطعات نمونه گروه‌های گیاهی بهره برد. در واقع این روش ارزیابی صحت طبقه‌بندی گروه‌ها یا گروه‌های گیاهی را بر مبنای خصوصیات فلوریستیکی آنها انجام می‌دهد.

$$TPFi_{h,j} = \sum_{K \in j(h)} (\phi_k \times C_k) \quad \text{رابطه ۳}$$

ϕ_k : شاخص تعلقه فی تعدیل شده هر گونه (j) در هر گروه (k)؛

C_k : تاج پوشش نسبی هر گونه در هر گروه (k).

شاخص TPFIM برای هر قطعه نمونه در هر یک از طبقات گروه‌های گیاهی منطقه به تفکیک محاسبه شد. با تعیین بالاترین مقدار TPFIM هر قطعه نمونه در یک اجتماع گیاهی، درجه تعلق‌پذیری قطعات نمونه به هر یک از گروه‌های گیاهی برآورد می‌شود. در واقع بیشترین مقدار TPFIM هر قطعه نمونه در یک اجتماع گیاهی بیانگر تعلق آن قطعه نمونه به آن اجتماع گیاهی است. با مقایسه نتایج طبقه‌بندی TPFi و گروه‌های گیاهی منطقه و براساس عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه، درصد انطباق گروه‌های گیاهی منطقه با گروه‌های پیش‌بینی شده توسط مدل TPFi تعیین و بر این اساس، کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی منطقه بر مبنای ایده

^۱ Fisher exact test

^۲ این مدل را نگارندگان تحقیق حاضر ارائه کردند.

^۳ Total Phi Fidelity Index Model

گونه و سهم گروه‌های گیاهی دارای شمشاد فقط ۶ گونه است. البته گونه کوله‌خاس (*Ruscus hyrcanus*) به‌طور مشترک به‌عنوان گونه معرف هر دو سری از گروه‌های گیاهی شمشاد و فاقد شمشاد معرفی شد. از تعداد کل ۳۲ گونه معرف ارائه‌شده در گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد، ۹ گونه شامل *Cardamine tenera* *Alnus subcordata* *Dryopteris dilatata* *Danae racemosa* *Polystichum woronowii* *Prunus laurocerasus* و *Lamium album* *Solanum kieseritzkii* *Polygonatum orientale* متعلق به گروه گیاهی اول (تیپ جل-راش) است. در این زمینه تعداد ۲۱ گونه شامل *Asplenium adiantum-nigrum* *Galium odoratum* *Carex pendula* *Athyrium filix-femina* *Crataegus microphylla* *Circaea lutetiana* *Euphorbia amygdaloides* *Dryopteris affinis* *Hypericum androsaemum* *Fagus orientalis* *Polystichum aculeatum* *Oplismenus undulatifolius* *Tamus communis* *Viola alba* *Ulmus glabra* *Mespilus germanica* *Ilex spinigera* *Fragaria vesca* *Sanicula europaea* و *Asplenium scolopendrium* به‌عنوان گونه معرف گروه گیاهی دوم (تیپ راش-کوله‌خاس) و تعداد ۳ گونه *Carex remota* *C. sylvatica* و *Rubus hyrcanus* نیز به‌طور مشترک به‌عنوان گونه معرف گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد منطقه معرفی شدند. نتایج سنتز جدول تعلقه فی همچنان حاکی از آن است که گونه‌های معرف گروه‌های گیاهی شمشاد منطقه شامل انجیلی و کوله‌خاس (گروه گیاهی ۳)، پلت (گروه گیاهی ۴)، مرمر (گروه گیاهی ۵)، شیردار و نم‌دار (گروه گیاهی ۶) به‌همراه شمشاد که به‌طور مشترک به‌عنوان گونه معرف گروه‌های گیاهی ۳، ۴ و ۵ معرفی شد، همگی چوبی هستند و اغلب در اشکوب بالای جنگل همراه گونه غالب راش حضور می‌یابند. البته در این خصوص فقط گونه کوله‌خاس در زیراشکوب گروه گیاهی ۳

گروه‌های گیاهی یک منطقه را از نظر گونه‌های معرف ارزیابی می‌کند. یک اجتماع گیاهی زمانی منحصر است که هیچ‌یک از گونه‌های معرف آن در دیگر گروه‌های گیاهی به‌عنوان گونه معرف مطرح نباشد؛ یا به دیگر سخن، گونه‌های معرف آن با گونه‌های معرف دیگر گروه‌های گیاهی منطقه مشابه نباشد (Chytry and Tichy, 2003). این شاخص در دو مرحله محاسبه می‌شود؛ نخست شاخص تشابه نامتقارن بین هر جفت از واحدهای پوشش گیاهی J و K محاسبه شد (رابطه ۵). در فرمول شاخص تشابه نامتقارن (رابطه ۵) فقط ϕ_{ij} و ϕ_{ik} بالاتر از ۵ مدنظر قرار می‌گیرد. در مرحله دوم شاخص انحصارگرایی برای هر واحد یا اجتماع گیاهی با استفاده از رابطه ۶ برآورد می‌شود. دامنه شاخص انحصارگرایی بین ۰ تا ۱۰۰ است.

$$T_{jk} = \frac{\sum_i \phi_{ij} \times \phi_{ik}}{\sum_i \phi_{ij}^2} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$U_j = \frac{1}{\sum_k T_{jk}} \quad \text{رابطه ۶}$$

ϕ_{ij} : تعلق گونه i در واحد رویشی j؛

ϕ_{ik} : تعلق گونه i در واحد رویشی k.

نتایج

جدول ۲ ضرایب تعلقه یا وفاداری هر یک از گونه‌های گیاهی به گروه‌های گیاهی شش‌گانه جنگل حفاظت‌شده خیبوس را براساس شاخص تعلقه فی نشان می‌دهد. بر این اساس از بین ۵۴ گونه گیاهی که در تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی (گونه‌های شاخص دوطرفه اصلاح‌شده) بررسی شدند، مقادیر تعلقه تعداد ۳۹ گونه گیاهی بیشتر از حد آستانه ۲۳ بود، از این‌رو به‌عنوان گونه معرف گروه‌های مزبور معرفی شدند که از بین آنها سهم گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد ۳۲

مبنای ضریب کاپا^۱ و ضریب همبستگی اسپیرمن به- ترتیب ۷۸/۹ و ۹۳/۵ درصد برآورد شد (جدول ۵).

- کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی

جدول ۶ مقادیر شاخص انحصارگرایی در هر یک از طبقات گروه‌های گیاهی حاصله از دو روش را نشان می‌دهد. همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد، مقادیر شاخص انحصارگرایی در گروه‌های گیاهی شمشادی (متوسط شاخص انحصارگرایی در گروه‌های گیاهی شمشاد = ۵۹/۸۶) منطقه همواره در سطح پایین‌تری نسبت به گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد (متوسط شاخص انحصارگرایی در گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد = ۹۳/۷۴) قرار دارد. همچنین مقایسه مقادیر شاخص انحصارگرایی گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی حاصله از دو روش طبقه‌بندی نشان می‌دهد که متوسط مقادیر شاخص انحصارگرایی در گروه‌های گیاهی حاصله از روش TPFIM ($U = ۸۸/۷۴$) در سطح بالاتری نسبت به گروه‌های گیاهی حاصله از روش TWINSpan ($U = ۷۱/۵۱$) قرار دارد.

در بررسی شاخص تمایزی در هر یک از طبقات گروه‌های گیاهی حاصله از دو روش طبقه‌بندی مشخص شد، مقادیر شاخص تمایزی گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد منطقه (متوسط شاخص انحصارگرایی در گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد = ۵۰/۰۵) همواره در سطح بالاتری نسبت به گروه‌های گیاهی شمشادی (متوسط شاخص تمایزی در گروه‌های گیاهی شمشاد = ۱۹/۵۶) قرار دارد (جدول ۶). بررسی وضعیت تمایزی گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی حاصله از دو روش طبقه‌بندی حاکی از آن است که متوسط مقادیر شاخص تمایزی در گروه‌های گیاهی حاصله از روش TPFIM ($Sh = ۳۳/۷۶$) در سطح بالاتری نسبت به گروه‌های گیاهی حاصله از روش TWINSpan ($Sh = ۲۹/۹۸$) قرار دارد.

(گونه معرف مشترک با گروه گیاهی ۲) قرار می‌گیرد. بررسی فرم رویشی (علفی یا چوبی بودن) گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی منطقه نشان می‌دهد که از تعداد کل ۳۳ گونه معرف گروه‌های گیاهی غیر شمشادی، سهم گونه‌های علفی و چوبی به ترتیب ۷۶/۷ (۲۲ گونه) و ۳۳/۳ (۱۱ گونه) است. این در حالی است که در فهرست گونه‌های معرف گروه‌های گیاهی شمشاد منطقه (۷ گونه) اصلاً گونه‌های علفی حضور نمی‌یابند (شکل ۱).

- مدل مجموع شاخص تعلقه فی

جدول ۳، طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی منطقه را بر مبنای مدل مجموع ارزش شاخص تعلقه فی نشان می‌دهد. اعداد بدنه جدول، مقادیر TPFIM یا درجه تعلق‌پذیری هر قطعه نمونه در هر یک از گروه‌های گیاهی شش‌گانه را ارائه می‌دهد. بیشترین مقدار TPFIM برای هر قطعه نمونه در هر یک از گروه‌های گیاهی که به صورت خاکستری رنگ در جدول مشخص است، بیانگر تعلق آن قطعه نمونه به اجتماع گیاهی مورد نظر است و بر این اساس، عضویت‌پذیری قطعات نمونه به گروه‌های گیاهی منطقه بر مبنای مقادیر شاخص فی ارائه شد. سلول‌های خاکستری رنگ بدنه جدول، عضویت‌پذیری قطعات نمونه به گروه‌های گیاهی منطقه به روش TPFIM را نشان می‌دهد. بررسی عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در دو سری از طبقات گروه‌های گیاهی حاصله از دو روش TPFIM و TWINSpan نشان می‌دهد که نتایج دو روش مزبور به‌طور متوسط به اندازه ۷۶/۵ درصد با یکدیگر مطابقت دارند (جدول ۳). همچنین در بررسی اندازه تطابق گروه‌های گیاهی حاصل از دو روش براساس نتایج جدول توافقی (جدول ۴) و آزمون نیکویی برازش مربع کای ($d_f = ۲۵$ و $\chi^2 = ۲۳۴/۹۷$) مشخص شد نتایج دو روش TPFIM و TWINSpan با احتمال ۹۹ درصد از یکدیگر مستقل نیستند و با یکدیگر انطباق دارند. در این زمینه اندازه تطابق و همبستگی دو روش TPFIM و TWINSpan بر

^۱ Kappa

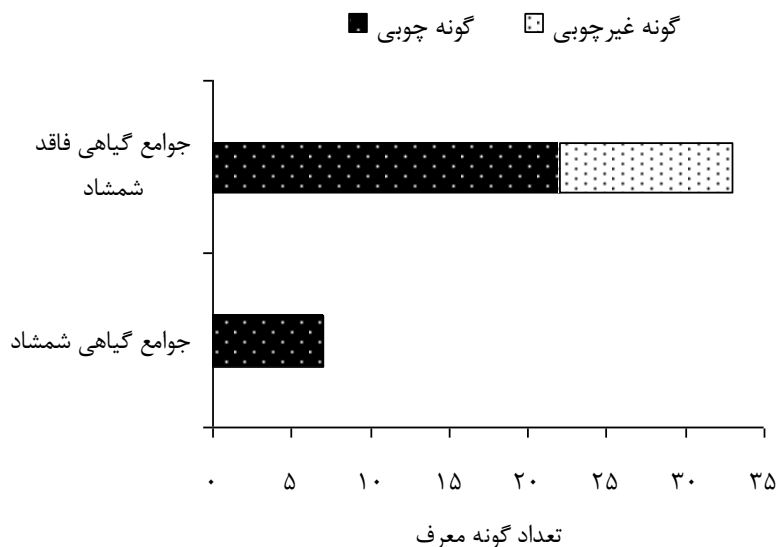
جدول ۲- ضرایب تعلقه فی در گروه‌های اکولوژیک جنگل حفاظت‌شده خیبوس

گروه‌های گیاهی	پایایی نسبی (درصد فراوانی نسبی)						شاخص تعلقه فی × ۱۰۰					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تعداد قطعه نمونه	۶	۱۲	۱۴	۱۰	۱۷	۵	۵	۱۷	۱۰	۱۴	۱۲	۶
گونه‌های معرف گروه اکولوژیک ۱												
<i>Alnus subcordata</i>	۴۰	۱۲	.	۷	.	.	۳۴/۹*	۸/۹	-۱۲/۵	-۱/۳	-۱۴	-۹/۴
<i>Cardamine tenera</i>	۶۰	۲۴	۱۰	.	.	.	۴۱/۸*	۲۰/۱	-۳/۳	-۲۰	-۱۸/۲	-۱۲/۲
<i>Danae racemosa</i>	۶۰	۱۲	.	.	۲۵	.	۴۱/۸*	-۱/۳	-۱۶/۳	-۲۰	۱۸/۲	-۱۲/۲
<i>Dryopteris dilatata</i>	۸۰	۲۹	.	۷	۸	.	۴۸/۵**	۱۹/۵	-۱۹/۶	-۱۴/۱	-۱۱/۳	-۱۴/۷
<i>Prunus Laurocerasus</i>	۱۰۰	۶	.	.	۱۷	.	۷۷***	-۱۲	-۱۶/۳	-۲۰	۶/۱	-۱۲/۲
<i>Polystichum woronowii</i>	۱۰۰	۴۱	.	۲۹	۵۰	۱۷	۳۸/۹**	۶/۶	-۳۲/۲	-۸/۱	۱۴/۱	-۱۲/۹
<i>Solanum kieseritzkii</i>	۸۰	۲۴	۲۰	.	.	.	۵۱/۶**	۱۳/۱	۵/۲	-۲۲/۸	-۲۰/۷	-۱۳/۸
<i>Lamium album</i>	۴۰	۲۴	.	۷	.	۱۷	۲۴/۲	۲۰/۱	-۱۶/۳	-۸/۶	-۱۸/۲	۴/۱
<i>Polygonatum orientale</i>	۸۰	۷۶	۳۰	۳۶	۱۷	۱۷	۲۸/۲	۹/۵	-۷/۷	-۹/۵	-۸/۶	-۵/۸
گونه‌های معرف گروه اکولوژیک ۲												
<i>Galium odoratum</i>	.	۱۸	.	.	.	.	-۶/۵	۳۶/۹*	-۹/۵	-۱۱/۷	-۱۰/۷	-۷/۱
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	۴۰	۲۹	۱۰	.	۸	.	۲۱/۷	۲۶/۶*	-۵	-۲۱/۴	-۷/۹	-۱۳
<i>Athyrium filix-femina</i>	۶۰	۶۵	.	۲۹	.	.	۲۰/۶	۴۸/۹***	-۲۶/۹	۰/۵	-۳۰/۱	-۲۰/۱
<i>Carex pendula</i>	۲۰	۳۵	.	.	.	۱۷	۶/۶	۴۱/۵**	-۱۶/۳	-۲۰	-۱۸/۲	۴/۱
<i>Circaea lutetiana</i>	۲۰	۶۵	۳۰	۷	.	.	-۳/۴	۵۵/۱***	۵	-۲۱/۸	-۲۷/۷	-۱۸/۶
<i>Crataegus sp.</i>	.	۲۹	۱۰	.	.	.	-۹/۴	۴۱/۳**	۰/۹	-۱۷	-۱۵/۵	-۱۰/۳
<i>Dryopteris affinis</i>	۱۰۰	۹۴	۴۰	۶۴	۵۰	۱۷	۲۱/۸	۳۷/۷**	-۲۱/۶	۰/۲	-۱۴/۱	-۳۱/۸
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	۴۰	۷۶	۳۰	.	.	.	۷/۷	۶۴/۷***	۱/۸	-۳۳/۱	-۳۰/۱	-۲۰/۱
<i>Fagus orientalis</i>	۶۰	۱۰۰	۷۰	۷۹	۱۰۰	۳۳	-۱۵/۸	۲۸/۹*	-۱۲/۴	-۳/۶	۲۳/۱	-۳۹/۵
<i>Hypericum androsaemum</i>	۶۰	۸۸	۴۰	.	.	.	۱۵/۷	۶۸/۳***	۵/۱	-۳۸/۳	-۳۴/۸	-۲۳/۳
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	.	۵۳	۳۰	۷	۸	.	-۱۵/۴	۴۵/۲***	۸/۵	-۱۸/۹	-۱۵/۷	-۱۷
<i>Polystichum aculeatum</i>	۲۰	۶	.	.	.	.	۲۱/۳	۳۹/۷**	-۱۱/۹	-۸/۶	-۲۶/۲	-۱۰/۶
<i>Ulmus glabra</i>	۴۰	۵۹	۳۰	.	.	۱۷	۱۰/۱	۴۷***	۵	-۳۰/۶	-۲۷/۷	-۶/۲
<i>Viola alba</i>	۲۰	۵۹	۴۰	.	.	.	-۲/۴	۵۰/۳***	۱۶/۸	-۲۹/۳	-۲۶/۶	-۱۷/۸
<i>Tamus communis</i>	۲۰	۳۵	۲۰	.	.	.	۵	۳۶/۷**	۷/۳	-۲۱/۴	-۱۹/۴	-۱۳
<i>Fragaria vesca</i>	.	۱۲	.	.	.	.	-۵/۲	۲۹/۹	-۷/۷	-۹/۵	-۸/۶	-۵/۸
<i>Ilex spinigera</i>	.	۱۲	.	.	.	.	-۵/۲	۲۹/۹	-۷/۷	-۹/۵	-۸/۶	-۵/۸
<i>Mespilus germanica</i>	۲۰	۱۸	.	.	.	.	۱۶/۵	۲۸/۳	-۱۱/۱	-۱۳/۷	-۱۲/۴	-۸/۳
<i>Asplenium scolopendrium</i>	۱۰۰	۹۴	۷۰	۶۴	۷۵	۶۷	۱۵/۴	۲۳/۳	-۸/۵	-۱۷/۷	-۳/۶	-۸/۹
<i>Sanicula europaea</i>	.	۱۲	.	.	.	.	-۵/۲	۲۹/۹	-۷/۷	-۹/۵	-۸/۶	-۵/۸
گونه‌های معرف گروه اکولوژیک ۳												
<i>Parrotia persica</i>	۱۷	.	۴۱	۸۰	۷	۸	-۱۸/۲	۱۷/۵	۴۹/۷***	-۲۴/۷	-۲۱/۱	-۸/۲

ادامه جدول ۲

گروه‌های گیاهی	پایایی نسبی (درصد فراوانی نسبی)						شاخص تعلقه فی ۱۰۰ ×					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تعداد قطعه نمونه	۶	۱۲	۱۴	۱۰	۱۷	۵	۵	۱۷	۱۰	۱۴	۱۲	۶
گونه‌های معرف گروه اکولوژیک ۴												
<i>Acer velutinum</i>	۸۰	۵۹	۲۰	۷۹	.	۸۳	۱۷/۵	۱۰/۶	-۲۵/۸	۳۰/۳*	-۴۸	۲۱/۴
گونه‌های معرف گروه اکولوژیک ۵												
<i>Carpinus betulus</i>	.	۶۵	۸۰	۵۷	۱۰۰	۵۰	-۴۰/۲	-۱/۲	۱۳	-۹/۴	۳۴/۸**	-۱۰/۶
گونه‌های معرف گروه اکولوژیک ۶												
<i>Acer cappadocicum</i>	۲۰	۲۴	۵۰	۷	۱۷	۱۰۰	-۶/۲	-۸/۱	۱۹/۱	-۲۶/۱	-۱۳/۷	۴۹/۵***
<i>Tilia rubra</i>	۴۰	۱۲	.	.	۱۷	۶۷	۱۹/۵	-۶/۴	-۱۸/۵	-۲۲/۸	۱/۴	۴۵/۳**
گونه‌های معرف در چند گروه اکولوژیک												
<i>Carex remota</i>	۸۰	۸۲	۴۰	۷	.	۱۷	۲۵/۶	۵۵/۷***	۲/۲	-۳۳/۲	-۳۷/۲	-۱۳/۸
<i>Rubus spp.</i>	۶۰	۵۹	۲۰	.	.	.	۲۵/۱	۵۰/۳***	-۳/۵	-۲۹/۳	-۲۶/۶	-۱۷/۸
<i>Carex sylvatica</i>	۸۰	۴۷	.	۲۱	.	.	۳۸/۹**	۳۳/۵*	-۲۳/۸	-۲/۵	-۲۶/۶	-۱۷/۸
<i>Ruscus hyrcanus</i>	۶۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۱	۴۲	۶۷	-۳/۴	۴۳/۵***	۳۱/۱**	-۴۹/۲	-۲۴/۲	۰/۷
<i>Buxus hyrcana</i>	۲۰	۱۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-۳۲/۱	-۷۷/۱	۲۸*	۳۴/۴**	۳۱/۳**	۲۰/۹
گونه‌های همراه												
<i>Brachypodium pinnatum</i>	.	۱۲	۱۰	.	.	.	-۶/۵	۲۰/۱	۱۰/۸	-۱۱/۷	-۱۰/۷	-۷/۱
<i>Carex riparia</i>	.	۶	.	.	.	.	-۳/۷	۲۰/۹	-۵/۴	-۶/۷	-۱/۶	-۴/۱
<i>Cephalanthera caucasica</i>	۲۰	۱۸	.	.	۸	.	۱۳/۲	۲۲	-۱۲/۵	-۱۵/۴	۰/۹	-۹/۴
<i>Cerasus avium</i>	.	۶	۲۰	.	.	۳۳	-۸/۵	-۴/۳	۱۹/۵	-۱۵/۴	-۱۴	۳۰/۶
<i>Diospyros lotus</i>	۸۰	۸۸	۹۰	۸۶	۷۵	۶۷	-۲/۲	۸/۶	۸/۲	۴/۱	-۹/۹	-۱۳/۸
<i>Epipactis helleborine</i>	.	۶	.	.	.	.	-۳/۷	۲۰/۹	-۵/۴	-۶/۷	-۶/۱	-۴/۱
<i>Equisetum telmateia</i>	.	۶	.	.	.	.	-۳/۷	۲۰/۹	-۵/۴	-۶/۷	-۶/۱	-۴/۱
<i>Evonymus latifolia</i>	.	.	.	.	.	۱۷	-۳/۷	-۷/۶	-۵/۴	-۶/۷	-۶/۱	۳۹/۲
<i>Ficus carica</i>	.	۶	.	.	۸	.	-۵/۲	۹/۵	-۷/۷	-۹/۵	۱۴/۴	-۵/۸
<i>Frangula alnus</i>	.	۶	.	.	.	.	-۳/۷	۲۰/۹	-۵/۴	-۶/۷	-۶/۱	-۴/۱
<i>Hedera pastochowii</i>	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۳	۱۰۰	۱۰۰	۳/۷	۷/۶	۵/۴	-۲۳/۸	۶/۱	۴/۱
<i>Pteris cretica</i>	۱۰۰	۷۶	۳۰	۸۶	۷۵	۸۳	۱۷/۵	۴/۱	-۴۲/۳	۱۴/۷	۱/۷	۷/۲
<i>Primula heterochroma</i>	۲۰	۱۸	.	.	.	۱۷	۱۳/۲	۲۲	-۱۲/۵	-۱۵/۴	-۱۴	۱۰/۶
<i>Quercus castaneifolia</i>	.	۶	.	.	.	.	-۳/۷	۲۰/۹	-۵/۴	-۶/۷	-۶/۱	-۴/۱
<i>Solidago virga-aurea</i>	.	۶	.	.	.	.	-۳/۷	۲۰/۹	-۵/۴	-۶/۷	-۶/۱	-۴/۱

بیانگر فراوانی صفر در هر گروه اکولوژیک است. * معنی‌دار بودن تفاوت مقادیر فی بین گروه‌ها در سطح ۹۵ درصد ($P < ۰/۰۵$). ** معنی‌دار بودن تفاوت مقادیر فی بین گروه‌ها در سطح ۹۹ درصد ($P < ۰/۰۱$). *** معنی‌دار بودن تفاوت مقادیر فی بین گروه‌ها در سطح ۹۹/۹ درصد ($P < ۰/۰۰۱$) و مقادیر فی خاکستری‌رنگ بدنه جدول بیانگر بالا بودن مقدار فی از حد آستانه ۲۳ درصد است ($\Phi > ۰/۲۳$).



شکل ۱- تعداد گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی شمشاد و فاقد شمشاد جنگل حفاظت‌شده خیبوس

جدول ۳- طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی منطقه بر مبنای مدل مجموع ارزش شاخص تعلقه فی (مقادیر TPFIM خاکستری‌رنگ بدنه جدول بیانگر بالا بودن مدل مجموع ارزش شاخص تعلقه فی قطعات نمونه در آن گروه گیاهی و در نتیجه تعلق آن قطعه‌نمونه به گروه گیاهی مزبور است).

گروه‌های گیاهی حاصله از روش TWINSpan	گروه‌های گیاهی حاصله از مدل مجموع شاخص تعلقه فی	قطعه‌نمونه					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
گروه گیاهی ۱	۴۱	۴۹/۰۴	۱۹/۳۶	۲/۷۹	۰/۴۸	۱۸	۲/۸۵
	۴۶	۱۰۰/۶۳	۱۱/۴۰	۱/۴۰	۶/۵۶	۶/۸۰	۲۶/۷۱
	۴۷	۹۲/۹۴	۸/۱۳	۱/۹۱	۱۶/۱۰	۶/۰۹	۱۶/۹۵
	۴۸	۱۰۱/۴۲	۷/۵۴	۰/۵۶	۱۰/۷۷	۵/۱۳	۱۰/۷۹
	۴۹	۶۳/۷۰	۸/۳۳	۱۵/۸۰	۱۵/۵۴	۲۵/۱۵	۱۴/۶۱
	گروه گیاهی ۲	۱	۰/۶۲	۳۶/۲۲	۱۶/۱۴	۰/۰۰۱	۱۸/۱۵	۰/۳۳
۴		۳/۸۰	۲۸/۹۸	۴/۵۳	۱/۱	۲۲/۷۸	۲/۰۷
۵		۴/۰۴	۳۵/۵۳	۱۱/۹۵	۰/۰۹	۲۱/۷۱	۲/۴۷
۸		۴/۷۶	۲۵	۱۱/۵۶	۱/۰۲	۱۱/۴۱	۰/۳۴
۱۱		۱/۸۱	۲۸/۰۵	۱۰/۰۴	۰/۱۵	۱۳/۶۵	۰/۳۳
۱۲		۴	۳۴/۲۹	۹/۷	۰/۰۸	۱۷/۴۹	۰/۴
۱۳		۱/۲۵	۳۱/۱۶	۶/۶۷	۰/۰۳	۲۰/۸۶	۰/۳۱
۱۴		۲/۷۱	۳۴/۵۷	۱۰/۵۴	۰/۲۵	۱۸/۵۶	۰/۵۱
۱۵		۶/۳۵	۴۰/۲۱	۲۱/۱۴	۰/۱۵	۱۴/۲۶	۰/۸۴
۱۶		۴/۸۴	۲۳/۸۹	۲۷/۲۴	۱۹/۹۷	۲۸/۳۴	۱۸/۱۸
۱۹		۱/۳۰	۳۸/۸۰	۲۰/۲۸	۰/۰۰۴	۲۲/۰۸	۰/۹۸
۲۱		۹/۲۳	۳۳/۴۱	۱۲/۶۸	۰/۲	۱۸/۴۳	۰/۱۸
۲۲		۸/۸۲	۲۵/۲۲	۱۵/۷۴	۰/۰۷	۲۱/۴۲	۰/۲۸
۳۵		۱۲/۳۲	۴۰/۶۷	۲۹/۳۹	۲/۷۳	۲۵/۲۹	۳/۷۸
۴۳		۰/۹۷	۲۸/۶۲	۴۵/۶۵	۰	۱۴/۹۵	۱
۵۰	۱۴/۱۱	۴۶/۹۵	۳۰/۵۸	۶/۵۶	۲۰/۴۱	۸/۵۷	
۶۰	۴/۵۲	۱۵/۸۸	۱۶/۵۳	۰	۱۵/۹۷	۱۲/۲۵	

ادامه جدول ۳

گروه‌های گیاهی حاصله از روش TWINSpan	قطعه نمونه	گروه‌های گیاهی حاصله از مدل مجموع شاخص تعلقه فی					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
گروه گیاهی ۳	۶	۰/۱	۲۲/۱۶	۳۳/۷۷	۲۴/۳۹	۴۲/۲۲	۲۲/۲۵
	۹	۳/۳۶	۲۹/۵۴	۳۸/۱۴	۲۲/۹۴	۲۵/۵۸	۲۱/۶۱
	۲۳	۰/۳۵	۲۱/۴۸	۲۲/۷۵	۱۸/۲۷	۳۹/۳۰	۱۶/۷۵
	۲۴	۰/۱۵	۲۲/۷۷	۳۹/۱۷	۱۸/۲۷	۳۰/۵۹	۱۶/۶۵
	۲۵	۰/۱۸	۲۰	۳۴/۲۷	۱۵/۳۷	۳۱/۳۱	۱۴/۰۲
	۲۶	۰/۴۲	۲۴/۹۶	۴۸/۰۴	۱۸/۳۴	۳۱/۷	۱۶/۸۰
	۵۹	۰/۸۵	۲۱/۰۳	۴۰/۶۲	۲۷/۵۱	۴۶/۷۰	۲۵/۳۲
	۶۲	۰/۲۱	۱۷/۹۱	۶۷/۸۲	۲۷/۴۱	۳۸/۱۶	۲۵/۰۲
	۶۶	۳/۱۷	۲۰/۴۴	۵۸	۲۹/۷۸	۲۹/۲۳	۲۷/۷۳
	۶۷	۰/۲۱	۱۷/۳۸	۵۵/۲۱	۲۶/۲۰	۳۲/۷۲	۲۶/۷۷
گروه گیاهی ۴	۲	۴/۵۶	۱۲/۴۶	۱۸/۹	۲۴/۶۴	۲۹/۳۶	۲۲/۸۵
	۱۰	۲/۱۸	۱۳	۲۳/۷۲	۲۳/۷۹	۳۱/۰۵	۲۰/۵۸
	۱۷	۱۰/۷	۹/۰۳	۲۲/۳۸	۳۲/۲۶	۲۴/۹	۳۰/۷۸
	۱۸	۷	۶/۳۸	۲۷/۶۴	۳۲/۳۹	۲۴/۸۲	۲۹/۵۶
	۲۰	۶/۴۷	۷/۴۴	۲۴/۵۱	۳۲/۲۱	۲۷/۲۷	۲۹/۲
	۳۰	۸/۹۲	۵/۱۱	۳۱/۲۸	۳۷/۸۸	۳۴/۱۸	۳۵/۲۳
	۳۱	۸/۷۶	۷/۹۹	۳۲/۷۳	۳۴/۷۱	۴۵/۸۹	۳۳/۴۲
	۳۲	۱/۸۶	۱۲/۴۳	۳۱/۴۸	۲۷/۵	۳۸/۹۷	۲۵/۰۷
	۳۳	۸/۶۳	۱۳/۵۴	۲۹/۷۵	۳۴/۵۲	۳۶/۵	۳۴/۰۸
	۳۶	۹/۲۵	۳۱/۴۹	۴۶/۷۳	۲۱/۶۹	۳۸/۱۳	۲۱/۵۹
	۴۰	۱۲/۴۸	۸/۰۴	۳۸/۳	۴۲/۷۵	۳۲/۵۸	۴۰/۰۶
	۵۳	۱/۸۳	۸/۸۴	۳۳/۸۶	۲۸/۹۱	۴۴/۵۴	۲۷/۲۴
	۵۴	۴/۱۱	۸/۱۴	۳۸/۲۱	۳۰/۷۴	۳۸/۴۷	۳۰/۰۹
	۵۷	۶/۷۵	۱۱/۳۲	۳۲/۳۵	۳۴/۴۲	۴۲/۹۷	۳۳/۵۲
گروه گیاهی ۵	۳	۰/۳۸	۱۰/۸۷	۷/۱۸	۵/۲۱	۱۹/۵۸	۵/۱
	۷	۱/۱۱	۱۳/۳۵	۲۰/۹	۲۱/۴۱	۳۳	۱۹/۶
	۲۹	۲/۲۳	۲/۹	۳۹/۷۳	۲۹/۰۴	۵۱/۰۴	۳۳/۱
	۳۴	۲/۰۸	۲۲/۲۵	۲۸/۳۳	۲۷/۵۴	۴۷/۵۷	۲۶/۶۳
	۳۷	۰/۳۹	۸/۸۷	۳۴/۲۱	۲۷/۵۲	۵۴/۰۷	۲۴/۷۲
	۳۹	۰/۵۴	۱۳/۱۵	۳۱/۶۸	۲۷/۵۱	۵۰/۹۵	۲۵/۲
	۴۲	۰/۴۷	۲۲/۵۹	۲۶/۴۱	۲۷/۴	۴۸/۰۵	۲۵
	۴۵	۱/۴۲	۶/۸۵	۳۲/۷۸	۲۹/۰۳	۴۴/۰۹	۲۷/۴۱
	۵۲	۱/۱۳	۳/۹۹	۳۱/۶۵	۲۹/۰۶	۴۰/۶۳	۴۸/۲۴
	۵۵	۳/۱۸	۴/۶۷	۳۸/۸۸	۲۸/۰۱	۶۰/۲۸	۲۶/۸۳
	۵۶	۳۵/۲	۱۲/۸۳	۲۹/۸۲	۲۳/۱۱	۵۰/۵۷	۲۲/۵۱
	۵۸	۱/۰۹	۷/۳۵	۳۸	۲۸/۳۲	۵۷/۲۴	۲۶/۵۸
	گروه گیاهی ۶	۲۷	۱۸/۰۳	۱۱/۵۷	۴۱/۲۴	۴۵/۵۶	۳۷/۳۲	۴۶/۶۲
۳۸		۱۰/۰۳	۵/۳۱	۳۵/۹۳	۳۶/۹۵	۴۰/۹۳	۴۳/۱۵
۴۴		۱۰/۱۶	۷/۴۳	۳۶/۳۵	۳۹/۱۹	۳۳/۷۸	۴۷/۷۶
۵۱		۲۳/۲۹	۸/۷۵	۲۸/۵۳	۴۴/۴۳	۲۸/۵۹	۶۰/۶۹
۶۳		۱۰/۱۴	۱۰/۲۲	۳۴	۳۷/۵۹	۲۸/۶۴	۳۸/۰۷
۶۴		۱۰/۹۴	۴/۰۹	۳۱/۲۸	۲۶	۲۸/۴۲	۵۲/۱۴

جدول ۴- جدول توافقی بررسی استقلال نتایج دو روش TPFIM و TWINSpan

	گروه‌های گیاهی TPFIM						تعداد قطعه نمونه	درصد انطباق
	۱	۲	۳	۴	۵	۶		
گروه‌های گیاهی TWINSpan	۱	۵	۰	۰	۰	۰	۵	۱۰۰
	۲	۰	۱۴	۲	۰	۱	۱۷	۸۸/۳۵
	۳	۰	۰	۷	۰	۳	۱۰	۷۰
	۴	۰	۰	۱	۵	۸	۱۴	۳۵/۷۱
	۵	۰	۰	۰	۰	۱۱	۱۲	۹۱
	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۶	۱۰۰
تعداد قطعه نمونه	۵	۱۵	۱۲	۸	۱۸	۶	۶۴	
$\chi^2 = 234/97$	$d_f = 25$		Sig = ۰/۰۰۰			میانگین وزنی درصد انطباق دو روش = ۷۶/۵		

جدول ۵- گزارش ضریب کاپا و همبستگی اسپیرمن در بررسی اندازه انطباق و همبستگی دو روش TPFIM و TWINSpan

معنی داری	اشتباه معیار	مقدار ضریب کاپا
۰/۰۰۰**	۰/۰۵۸	۰/۷۸۹
۰/۰۰۰**		ضریب همبستگی اسپیرمن = ۰/۹۳۵
		(**) P < ۰/۰۰۱ (انطباق و همبستگی در سطح ۹۹ درصد)

جدول ۶- مقادیر شاخص انحصارگرایی و تمایزی در گروه‌های گیاهی منطقه

گروه‌های گیاهی حاصله از روش TWINSpan						گروه‌های گیاهی حاصله از روش TPFIM						
۶	۵	۴	۳	۲	۱	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۶	۱۲	۱۴	۱۰	۱۷	۸	۶	۲۲	۵	۱۲	۱۴	۵	تعداد قطعه نمونه
۱۰/۲	۹/۱	۹	۱۲/۲	۲۰/۶	۲۰/۲	۱۰/۲	۹/۵	۹/۲	۱۲/۸	۲۱/۴	۲۰/۲	متوسط غنای گونه-ای
۱۰۰	۵۲/۸۷	۵۰/۷۵	۵۶/۹۳	۹۳/۸۲	۹۳/۴۸	۱۰۰	۸۵/۳۶	۱۰۰	۷۷/۷۹	۹۲/۸۶	۹۳/۵۴	شاخص انحصارگرایی
۲۲/۱۹	۱۶/۳۸	۸/۹۳	۱۸/۷۵	۴۶/۶۶	۳۵/۴۴	۲۲/۱۹	۲۰/۵۷	۱۵/۹۶	۲۸/۲۲	۶۹/۹۳	۳۵/۴۴	شاخص تمایزی
متوسط انحصارگرایی = ۷۱/۵۱						متوسط انحصارگرایی = ۸۸/۷۴						
متوسط تمایزی = ۲۹/۹۸						متوسط تمایزی = ۳۳/۷۶						
						متوسط انحصارگرایی در گروه‌های شمشاد = ۵۹/۸۶						
						متوسط انحصارگرایی در گروه‌های فاقد شمشاد = ۹۳/۷۴						

بحث

در این تحقیق، شاخص تعلقه فی (Φ) که به عنوان یک روش عددی در معرفی گونه‌های معرف در تجزیه و تحلیل گروه‌های گیاهی مکاتب اروپایی (Chytry *et al.*, 2002a; Tichy and Chytry, 2006;) (Tsiripidis, *et al.*, 2007; De Caceres *et al.*, 2008) و آمریکایی (Kusbach *et al.*, 2012) کاربرد دارد، به منظور معرفی گونه‌های شاخص گروه‌های گیاهی جنگل حفاظت شده خیبوس مدنظر قرار گرفت. تعیین گونه‌های معرف همانند شناخت گونه‌هایی که حاوی بیشترین اندازه فراوانی (گونه‌های پایدار) و بالاترین مقادیر درجه وفور یا پوشش (گونه‌های غالب) هستند، به دلیل اهمیتی که در شناسایی گروه‌های گیاهی طبقه‌بندی شده در منطقه و تعیین محدوده انتشار آنها دارند، ضروری به نظر می‌رسد. ضمن اینکه با کاربرد مدل مجموع شاخص تعلقه فی یا TPFIM، اندازه تعلق هر یک از قطعات نمونه به گروه‌های گیاهی شش‌گانه که قبلاً از طریق روش TWINSpan طبقه‌بندی شدند، بررسی و بر این اساس مشخص شد که نتایج دو روش TPFIM و TWINSpan یکدیگر مستقل نیستند و با یکدیگر انطباق دارند. نتایج تحلیل همبستگی اسپیرمن، اندازه همبستگی بین مقادیر عددی شاخص TPFIM و روش طبقه‌بندی TWINSpan را ۹۳/۵ درصد ارزیابی کرد که این مسئله بر ارتباط نسبتاً بالای دو روش دلالت دارد.

مقایسه نتایج دو روش TPFIM و TWINSpan براساس دو شاخص انحصارگرایی و تمایزی نشان می‌دهد که متوسط مقادیر این دو شاخص در گروه‌های گیاهی ارائه شده به وسیله روش TPFIM ($U=۸۸/۷۴$ و $Sh=۳۳/۷۶$) همواره در سطح بالاتری نسبت به گروه‌های گیاهی ارائه شده از طریق روش TWINSpan ($U=۷۱/۵۱$ و $Sh=۲۹/۹۸$) قرار دارد که این مسئله به بالا بودن کیفیت نتایج طبقه‌بندی به روش TPFIM نسبت به روش TWINSpan دلالت

دارد. مقایسه ضرایب مزبور در گروه‌های گیاهی شمشاد نسبت به گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد حاکی از آن است که ضرایب مزبور در گروه‌های گیاهی شمشاد ($U=۵۹/۸۶$ و $Sh=۱۹/۵۶$)، در سطح پایین‌تری نسبت به گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد ($U=۹۳/۷۴$ و $Sh=۳۳/۷۶$) قرار دارد.

پایین بودن شاخص‌های تمایزی و انحصارگرایی در گروه‌های گیاهی شمشاد نسبت به گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد (گروه‌های اول و دوم) به دلیل کمتر بودن تعداد گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی شمشاد (۷ گونه) نسبت به گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد (۳۳ گونه) است. در این زمینه Chytry and Tichy (2003) اعتقاد دارند که مقادیر عددی دو شاخص تمایزی و انحصارگرایی به طور مستقیم تحت تأثیر تعداد گونه‌های معرف است و مقادیر دو شاخص مزبور در گروه‌های گیاهی با تعداد گونه معرف بیشتر در سطح بالاتری نسبت به گروه‌های گیاهی با تعداد گونه معرف کمتر قرار دارد. آنها همچنین اعتقاد داشتند گروه‌های گیاهی که از نظر گونه غنی هستند ولی گونه معرف کمی دارند، شاخص تمایزی و انحصارگرایی آنها نسبت به گروه‌های گیاهی با غنای گونه‌ای کمتر که دست کم دارای یک یا دو گونه معرف هستند کمتر است. البته به طور معمول تعداد گونه‌های معرف در هر اجتماع گیاهی با غنای گونه‌ای آن رابطه مستقیم داشته و گروه‌های گیاهی که از نظر گونه غنی هستند، احتمال حضور گونه‌های معرف در آنها نیز بیشتر است (Chytry and Tichy, 2003). در واقع تراکم زیاد درختان شمشاد در اشکوب دوم در گروه‌های گیاهی شمشاد منطقه سبب می‌شود تا فضا و نور کافی برای رویش گونه‌های زیراشکوب به ویژه گونه‌های علفی فراهم نباشد و در نتیجه از تعداد گونه‌های معرف به شدت کاسته می‌شود. همین مسئله سبب شد تا در جدول سنتز تعلقه فی، فقط گونه‌های چوبی مانند انجیلی (*Parrotia persica*)، پلست (*Acer velutinum*)، ممرز (*Carpinus betulus*)

TPFIM در سطح بالاتری نسبت به روش طبقه‌بندی TWINSpan قرار دارد. (Dai et al. 2006) نیز با توسعه مدل مجموع ارزش شاخص^۱ موسوم به TIV که براساس مقادیر ارزش شاخص گونه‌ها یا IndVal و وفور آنها در هر قطعه نمونه محاسبه می‌شود، اندازه تعلق هر قطعه نمونه به گروه‌های گیاهی طبقه‌بندی شده را ارزیابی کردند و اظهار داشتند که مدل حاصله از مقادیر ارزش شاخص نه تنها می‌تواند به عنوان روشی مفید در ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی ارائه شده از طریق تحلیل TWINSpan کاربرد داشته باشد، بلکه می‌تواند به عنوان روشی مؤثر و سریع در تعیین تعلق قطعات نمونه‌ای که در فرایند طبقه‌بندی حضور نداشتند به کار رود.

بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که عضویت‌پذیری قطعات نمونه گروه‌های گیاهی براساس مدل مجموع شاخص تعلقه فی موسوم به TPFIM می‌تواند به عنوان روشی کارآمد در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی رویشگاه‌های جنگلی کاربرد داشته باشد. البته این بدان مفهوم نیست که روش TPFIM جایگزین روش طبقه‌بندی TWINSpan باشد، بلکه می‌توان از آن به منظور بهبود کیفیت نتایج طبقه‌بندی ارائه شده از طریق تحلیل TWINSpan بهره جست. البته کاربرد روش TPFIM سبب می‌شود تا در صورت برداشت تعدادی قطعه نمونه جدید از رویشگاه (اضافه شدن شمار قطعات نمونه پس از تفکیک گروه‌های گیاهی) نیازی به اجرای دوباره روش طبقه‌بندی نبوده، بلکه با استفاده از روش TPFIM می‌توان تعلقه یا اختصاص هر یک از قطعات نمونه جدید به گروه‌های گیاهی مزبور را تعیین کرد.

شیردار (*A. cappadocicum*) و شمشاد که اغلب در اشکوب بالای جنگل حضور دارند (غیر از کوله‌خاس)، به عنوان گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی شمشاد منطقه مطرح باشند. این درحالی است که در گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد به دلیل حضور نداشتن درختان شمشاد در اشکوب دوم جنگل، عرصه برای حضور دیگر گونه‌های گیاهی اعم از درختی، درختچه‌ای و به ویژه گونه‌های علفی فراهم است و در نتیجه غنای گونه‌ای (اسدی و همکاران، ۱۳۹۰) و به تبع آن تعداد گونه‌های معرف نیز افزایش می‌یابد.

بررسی فرم رویشی گونه‌های معرف در گروه‌های گیاهی فاقد شمشاد نشان داد که بخش عمده‌ای از گونه‌های معرف گروه‌های مزبور مربوط به گونه‌های علفی (۷۶/۷ درصد، ۲۲ گونه) است و در این زمینه گونه‌های چوبی یک سوم (۳۳/۳ درصد، ۱۱ گونه) گونه‌های معرف را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج تحقیق حاضر از این نظر بالا بودن ارزش معرف یا شاخص گونه‌های علفی در تفکیک و تمایز گروه‌های گیاهی را تصریح می‌کند. گونه‌های علفی به دلیل دارا بودن ریشه سطحی، دامنه اکولوژیک محدودتری نسبت به گونه‌های چوبی دارد و از این رو تغییرات خصوصیات محیطی رویشگاه و در نتیجه طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی را با دقت بیشتری نسبت به گونه‌های چوبی ارائه می‌دهد (Muller- Dombois and Ellenberg, 1974) و در نتیجه سهم بالایی از لیست گونه‌های معرف را به خود اختصاص می‌دهد.

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که اولاً در جنگل حفاظت شده خیوس تعداد شش گروه گیاهی متمایز وجود داشته و نتایج TPFIM در عضویت‌پذیری قطعات نمونه گروه‌های گیاهی منطقه انطباق نسبتاً بالایی با روش TWINSpan دارد؛ ثانیاً تفاوت نتایج دو روش مزبور در مواردی که با یکدیگر همخوانی ندارد، براساس ضرایب انحصارگرایی و تمایزی حاکی از آن است که دقت نتایج روش

¹Total indicator value

منابع

- Barkman, J.J., 1989. Fidelity and character-species, a critical evaluation, *Vegatation*, 85: 105- 116.
- Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton, and S.H. Spurr, 1998. *Forest Ecology*, John Wiley and Sons, 792 pp.
- Boublik, K., P. Petrik, J. Sadlo, R. Hedl, W. Willner, T. Cerny, and J. Kolbek, 2007. Calcicolous beech forests and related vegetation in the Czech Republic: a comparison of formalized classifications, *Perslia*, 79: 141-161.
- Braun-Blanquet, J. 1932. *Plant Sociology, The Study of. Plant Communities.* (Translated by G.D. Fuller and H.S. Conard.) McGraw-Hill, New York and London.
- Brockman-Jerosch, H., 1907. Die pflanzengesellschaften der Schweizeralpen: I. Teil (Vol. 1). W. Engelmann, 456 pp.
- Chytry M., A. Exner, R. Hrivnak, K. Ujhazy, M. Valachovic, and W. Willner, 2002a. Context-dependence of diagnostic species: A case study of the Central European spruce forests, *Folia Geobotanica*, 37: 403-417.
- Chytry, M., and L. Tichy, 2003. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision, Masaryk University, 230 pp.
- Chytry, M., L. Tichy, J. Holt, and Z. Botta-Dukat, 2002b. Determination of diagnostic species with ststistical fidelity measures, *Journal of Vegetation Science*, 13: 49-90.
- De Caceres, M.D., X. Font, and F. Oliva, 2008. Assessing species diagnostic value in large data sets: A comparison between phi - coefficient and Ochiai index, *Journal of Vegetation Science*, 19: 779-788.
- Dai, X., B. Page, and K. J. Duffy, 2006. Indicator value analysis as a group prediction technique in community classification, *South African Journal of Botany*, 72: 589-596.
- Dufrene, M., and P. Legendre, 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach, *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- اسحاقی‌راد، جواد، قوام‌الدین زاهدی امیری، محمد رضا مروی مهاجر، مصطفی اسدی و اسداله متاجی، ۱۳۸۵. ارزیابی و مقایسه تنوع گونه‌ای در گروه‌های گیاهی *Carpino- Fagetum orientalis, Fagetum orientalis, Querco-Carpinetum betulii* (مطالعه موردی: بخش‌های نمخانه و گرازبن جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار، نوشهر)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۴: ۳۲۶-۳۳۷.
- اسدی، حامد، سید محسن حسینی و امید اسماعیل‌زاده، ۱۳۹۰. معرفی اجتماع‌های گیاهی منطقه حفاظت‌شده خیبوس و بررسی ارتباط آنها با خصوصیات فیزیوگرافی و تنوع زیستی گیاهی، جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۴: ۱۰۷-۱۲۷.
- اسماعیل‌زاده، امید، سید محسن حسینی و مسعود طبری-کوچکسرایبی، ۱۳۸۶. بررسی گروه‌های جنگلی سرخدار (*Taxus baccata* L.) ذخیره‌گاه افراتخته، پژوهش و سازندگی، ۷۴: ۱۷-۲۴.
- اسماعیل‌زاده، امید، سید محسن حسینی، منصور مصداقی، مسعود طبری کوچکسرایبی و جهانگرد محمدی، ۱۳۸۸. آیا ترکیب گیاهی بانک بذر خاک قابلیت تشریح گروه‌های گیاهی روزمینی را دارند؟، علوم محیطی، ۷ (۲): ۴۱-۶۲.
- بصیری، رضا، پرویز کرمی، مسلم اکبری‌نیا و سید محسن حسینی، ۱۳۸۲. تعیین گروه گونه‌های اکولوژیک به روش Anglo- American (مطالعه موردی: منطقه قامیشه مریوان)، محیط‌شناسی، ۳۶: ۸۹-۹۸.
- رودی، زینب، حمید جلیلونند و امید اسماعیل‌زاده، ۱۳۹۱. معرفی گروه گونه‌های بوم‌شناختی گیاهی ذخیره‌گاه شمشاد سی‌سنگان و بررسی ارتباط آنها با ویژگی‌های خاک، پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۹: ۱-۲۱.
- عصری، یونس، ۱۳۷۴. جامعه‌شناسی گیاهی (فیتوسوسیولوژی)، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران ۲۸۵ ص.

- Goodall, D. W., 1953. Objective methods for the classification of vegetation, II, Fidelity and indicator value, *Australian Journal of Botany*, 1: 434-456.
- Grabher, G., K. Reiter, and W. Willner, 2003. Towards objectivity in vegetation classification: the example of the Austrian forests, *Plant Ecology*, 169: 21-34.
- Juhász-Nagy, P., 1964. Some theoretical models of cenological fidelity I, *Acta Botanica Debrecina*, 3: 33-43.
- Kashian, D.M., B.V. Barnes, and W. S. Walker, 2003. Ecological species groups of landform- level ecosystems dominated by jack pine in northern Lower Michigan, USA, *Plant Ecology*, 166: 75-91.
- Koch, W., 1926. Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordostschweiz, Sep. ex Jahrb. St. Gall. naturwiss. Ges, 144 pp.
- Kusbach, A., J.N. Long, H. Van Miegroet, and L. M. Shultz, 2012. Fidelity and diagnostic species concepts in vegetation classification in the Rocky Mountains, northern Utah, USA, *Botany*, 90(8): 678-693.
- Muller- Dombois, D., and H. Ellenberg, 1974. Aims and methods of vegetation ecology, John Willy, New York, 547 pp.
- Rolecek, J., L. Tichy, D. Zeleny, and M. Chytry, 2009. Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity, *Journal of Vagatation Science*, 20: 596-602.
- Spies, T.A., and B.V. Barnes, 1985. Ecological species groups of upland northern hardwood hemlock forest ecosystems of the Sylvania Recreation Area, Upper Peninsula, Michigan, *Canadian Journal of Forestry Research*, 15: 961-972.
- Tichy, L., and M. Chytry, 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size, *Journal of Vegetation Science*, 17: 809-818.
- Tsiripidis, I., V. Karagiannakidou, D. Alifragis, and N. Athanasiadis, 2007. Classification and gradient analysis of the beech forest vegetation of the southern Rodopi (Northern Greece), *Folia Geobotanica*, 42: 249-270.
- Whittaker, R.H., 1962. Classification of natural communities, *Botanical Review*, 28: 1-239.

Total Phi Fidelity Index (TPFI) as a new algorithm in plant communities analysis

O. Esmailzadeh^{1*}, and H. Asadi²

¹ Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

² Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran

(Received: 22 May 2013, Accepted: 24 May 2014)

Abstract

This study extracts diagnostic species of plant communities of Khybus protected forest based on statistical analysis of phytosociological data. The affinity of vascular plants was calculated using a statistically defined coefficient of fidelity. Additionally, with the development of Total Phi Fidelity Index, TPFI, as a new criterion in fidelity attention with sharpness and uniqueness indices the evaluation of plant communities was created. It is shown that there are 33 diagnostic species in the plant communities without box tree (*Buxus hyrcana* Pojark.) based on Φ coefficient in which the contribution of herbaceous species were 76.7% (22 species) and the contribution of woody species were 33.3% (11 species), while in the list of diagnostic species in the box tree plant communities (with 7 species) the herbaceous species were never presented. Chi-square goodness of fit test ($\chi^2 = 234.97$, $d_f = 25$) in reviewing the consistence of TPFI and TWINSpan are not independent and they are applicable together with 99% probability. In this case, conformity and correlation between the two mentioned methods were assessed 78.9% and 93.5% from basis of Kappa index and Spearman correlation coefficient. Also, quality assessment of TPFI and TWINSpan results based on sharpness and uniqueness showed that the mean values of these two indices in the provided vegetation units by the TPFI method ($Sh=33.76$, $U=88.74$) is consistently higher than the submitted plant communities by TWINSpan ($Sh=29.98$, $U=71.51$). Totally, we are concluded that TPFI method can be used as a new approach in improvement of TWINSpan results in plant community classification.

Keywords: Phi fidelity index (Φ), Plant community, Total phi fidelity index (TPFI), TWINSpan.