

قوانین جدید برای توقف طبقه‌بندی در دارنگاره TWINSpan

امید اسماعیل‌زاده*، سیده سمیرا سلیمانی‌پور، سید محسن حسینی و حامد اسدی
گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، ارائه یک الگوریتم اصلاح شده از TWINSpan و معرفی توابع جدید برای توقف طبقه‌بندی در دارنگاره TWINSpan است. TWINSpan اصلاح شده، با تلفیق آنالیز ناهمگنی خوشه‌ها پیش از هر تقسیم، ضمن این که از تفکیک تحمیلی خوشه‌های همگن جلوگیری می‌کند، بلکه با اجرای فرآیند طبقه‌بندی به صورت گام به گام، محدودیت روش TWINSpan معمولی مبنی بر این که تعداد خوشه‌ها در سطوح بعدی باید دو برابر سطح قبلی باشد را نیز برطرف می‌سازد. برای این منظور، طبقه‌بندی اکولوژیک جنگل‌های شمشاد فریم بر اساس مقادیر درصد تاج پوشش ترکیب گیاهی تعداد ۶۰ قطعه نمونه ۴۰۰ متر مربعی که به روش رولوه (انتخابی) برداشت شدند، با استفاده از دو روش TWINSpan معمولی و اصلاح شده انجام شد. در این ارتباط، پنج روش آنالیز ناهمگنی شامل تنوع بتا ویتاگر و واریانس کل به همراه شاخص‌های فاصله‌ای عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی استفاده شد. همچنین، طبقه‌بندی خوشه‌ای رویشگاه بر مبنای ویژگی‌های توپوگرافیک رویشگاه و با استفاده از ضریب فاصله اقلیدوسی و روش خوشه‌بندی واردز انجام شد. نتایج حاصل از دو سری از شاخص‌های ناهمگنی با یکدیگر متفاوت بود و در این ارتباط، نتایج دو شاخص تنوع بتا ویتاگر با واریانس کل و نتایج سه شاخص عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی که به ترتیب به عنوان شاخص‌های تنوع و فاصله‌ای ناهمگنی به شمار می‌روند، مشابه هستند. به طور کلی، نتایج تحقیق حاضر تصریح می‌کند که روش TWINSpan اصلاح شده به تغییر منطق طبقه‌بندی TWINSpan منجر نشده است، بلکه با تغییر در سلسله مراتب تقسیم‌ها در فرآیند طبقه‌بندی به افزایش انعطاف‌پذیری روش TWINSpan در تعیین گروه‌های اکولوژیک جنگل‌های شمشاد فریم منجر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: TWINSpan، تحلیل خوشه‌ای، شاخص‌های ناهمگنی، طبقه‌بندی پوشش گیاهی

مقدمه

توصیف و تحلیل آن، بخش جدایی‌ناپذیر مطالعات اکولوژیک را تشکیل می‌دهد (Moghaddam, 2001). یکی از بهترین روش‌های بررسی و توصیف پوشش گیاهی، روش ترکیب گیاهی یا فلوریستیک است که

پوشش گیاهی هر منطقه به دلیل ارتباط عمیق و تنگاتنگی که با ویژگی‌ها محیطی مختلف آن منطقه دارد و به عنوان برآیندی از این ویژگی‌ها محسوب می‌شود،

* oesmailzadeh@modares.ac.ir

(Two Way Indicator Species TWINSpan Analysis) که توسط Hill و همکاران (۱۹۷۵) توصیف و بسط داده شد، یکی از معروف‌ترین روش‌های خوشه‌بندی مقسمی سلسله مراتبی (hierarchical divisive clustering) در طبقه‌بندی جوامع گیاهی به شمار می‌رود (Tichý *et al.*, 2007). محدودیت روش TWINSpan این است که الف) تعداد گروه‌ها در سطوح بعدی همواره باید دو برابر سطح قبلی باشد، یعنی این که پژوهشگر حق انتخاب تعداد گروه دلخواه (۳، ۵ و ۷ گروه) را ندارد و ب) این که طبقه‌بندی گروه‌ها بدون توجه به میزان ناهمگنی آنها انجام می‌شود و در این ارتباط، گروه‌های همگن و ناهمگن به یک نسبت طبقه‌بندی می‌شوند (Roleček *et al.*, 2009). برای رفع این نقص، الگوریتم TWINSpan اصلاح شده (Modified TWINSpan) معرفی گردید که در آن، با بهره‌گیری از برخی توابع ناهمگنی ضمن این که از تفکیک تحمیلی خوشه (گروه)‌ها جلوگیری می‌شود، محدودیت روش TWINSpan معمولی مبنی بر این که تعداد خوشه‌ها در سطوح بعدی همواره باید دو برابر سطح قبلی باشد را نیز بر طرف می‌سازد (Roleček *et al.*, 2009). در این روش، همانند روش TWINSpan معمولی، ابتدا داده‌ها به دو خوشه تقسیم می‌شود؛ سپس، فرآیند طبقه‌بندی TWINSpan متوقف شده و با بهره‌گیری از برخی توابع ناهمگنی، میزان ناهمگنی هر یک از خوشه‌ها محاسبه می‌شود. در گام بعدی، تنها خوشه‌ای که حاوی بالاترین میزان ناهمگنی باشد به دو خوشه دیگر تفکیک شده و خوشه دیگر بدون تغییر وارد سطح بعدی می‌شود. بنابراین، در سطح دوم تعداد

نتایج کاملاً مفیدی را برای درک و فهم رویشگاه به دست می‌دهد (Jennings *et al.*, 2003). زیرا گیاهان بهترین شاخص شرایط محیطی از لحاظ فیزیکی و زیستی خاک هستند و طبقه‌بندی آنها، کیفیت رویشگاه را با دقت قابل قبولی ارزیابی می‌کند (Daubenmire, 1952). کلیه روش‌های تشخیص و تعریف جوامع گیاهی در واقع همان روش‌های طبقه‌بندی هستند. هدف از طبقه‌بندی، این است که مجموعه‌ای از افراد (نمونه‌های پوشش گیاهی یا قاب‌ها) بر اساس صفات (ترکیب فلوریستیک) آنها به گروه‌های همگن طبقه‌بندی شوند، که این گروه‌ها معمولاً تحت عنوان جوامع گیاهی منطقه مورد مطالعه قلمداد خواهند شد (Mesdaghi, 2001). طبقه‌بندی عددی به عنوان یک ابزار گسترده به منظور ساده‌سازی روابط پیچیده چند متغیره در مجموعه داده‌های اکولوژیک به کار می‌رود (McCune & Orloci, 1978; Legendre and Legendre, and Grace, 2002). (2012)

طبقه‌بندی سلسله مراتبی در اکولوژی جوامع مقبولیت ویژه‌ای دارد، به این علت که ساختار داده‌ها را به طریقی که مشابه با دید سنتی از روابط سلسله مراتبی در میان جوامع گیاهی باشد را توصیف می‌کند. همچنین، تعداد خوشه یا اجتماع گیاهی مناسب را به کمک انتخاب سطح قطع مناسب پس از اتمام تقسیم‌بندی سلسله مراتبی و بازبینی آنها تعیین می‌کند (Roleček *et al.*, 2009). نکته مهم در طبقه‌بندی سلسله مراتبی این است که خوشه‌بندی در این سیستم به دو شیوه تجمعی یا رسیدن از جزء به کل و مقسمی یا رسیدن از کل به جزء است (Gauch and Whittaker, 1981).

تحلیل گونه‌های شاخص دو طرفه معروف به

عنوان یک روش معمول در حوزه طبقه‌بندی پوشش گیاهی برای نخستین بار در ایران؛

۲- بررسی تأثیر متفاوت شاخص‌های ناهمگنی در نتایج روش طبقه‌بندی TWINSpan اصلاح‌شده؛

۳- تعیین این که نتایج روش طبقه‌بندی TWINSpan اصلاح‌شده بر اساس کدام معیار ناهمگنی انطباق بیشتری با ویژگی‌ها توپوگرافی رویشگاه دارد؟

شاخص‌های اندازه‌گیری ناهمگنی خوشه‌ها

۱- واریانس کل (total inertia): مجموع مقادیر بردار ویژه است که گسترش قطعات نمونه را در اطراف مرکز محورهای مختصاتی نمودار تحلیل تطبیقی (corespondance analysis) یا CA ارایه می‌کند (Greenacre, 2000).

۲- شاخص تنوع بتا ویتاگر (Whittaker's Beta): نسبت تعداد کل گونه‌های گزارش شده در همه قطعات نمونه یک خوشه (گروه) به تعداد متوسط گونه‌های گزارش شده در همان خوشه (رابطه ۱) را نشان می‌دهد (Whittaker, 1960).

رابطه ۱: $\beta = S/\alpha - 1$

S = تعداد کل گونه‌های موجود در همه قطعات نمونه یک خوشه، α = تعداد متوسط گونه‌های هر گروه یا میانگین غنای گونه‌ای

۳- میانگین عدم تشابه جاکارد (Average Jaccard Dissimilarity) یا (AJD): ابتدا با استفاده از شاخص تشابه جاکارد (رابطه ۲) (Medaghi, 2001) برای هر یک از جفت قطعات نمونه هر گروه، اقدام به محاسبه درجه تشابه گونه‌ای شده، سپس متوسط درجه تشابه گونه‌ای جاکارد برای هر گروه (رابطه ۳) و در نهایت،

خوشه‌ها به سه خوشه افزایش می‌یابد. در این سطح، دوباره درجه ناهمگنی برای هر یک از سه خوشه‌ها محاسبه و تنها خوشه‌ای با بالاترین میزان ناهمگنی به دو گروه تقسیم می‌شود. بنابراین، تعداد خوشه‌ها به چهار خوشه در سطح قطع سوم افزایش می‌یابد. این فرآیند تا زمانی که تعداد خوشه‌های مد نظر (از قبل انتخاب شده) توسط پژوهشگر تأیید شود، ادامه می‌یابد (Tichý *et al.*, 2007). بر این اساس، پژوهش حاضر در نظر دارد تا نخست طبقه‌بندی اکولوژیک جنگل‌های آمیخته راش-شمشاد (*Fagus orientalis* Lipsky- *Buxus hyrcana* Pojark.) با استفاده از روش TWINSpan اصلاح‌شده بر اساس شاخص‌های مختلف تنوع بتا ویتاگر و واریانس کل به همراه شاخص‌های عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی (که به ترتیب معیارهای تنوع و فاصله‌ای در محاسبه درجه ناهمگنی هستند) انجام داده، سپس با تحلیل نیکویی برآزش و ضریب تطابق کاپا ($Kappa$)، میزان انطباق نتایج روش TWINSpan اصلاح‌شده با روش معمولی آن را ارزیابی کند. همچنین، با استفاده از نتایج تحلیل خوشه‌ای با تأکید بر ویژگی‌های توپوگرافیک رویشگاه که همواره به عنوان بخش مهمی از ویژگی‌های محیطی هر منطقه است و تأثیر زیادی بر گروه‌های گیاهی آن منطقه دارند، کیفیت دارنگاره‌های حاصل از الگوریتم جدید TWINSpan بر اساس پنج سری از معیارهای اندازه‌گیری ناهمگنی به همراه دارنگاره طبقه‌بندی روش TWINSpan معمولی ارزیابی گردید. در واقع، تحقیق حاضر برای دستیابی به سه هدف زیر شکل گرفته است:

۱- معرفی روش TWINSpan اصلاح‌شده به

یک از جفت قطعات نمونه محاسبه و در نهایت میانگین CRD برای هر گروه محاسبه می شود.

$$CCos_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^s (X_{ij} - X_{ik})}{\sqrt{\sum_{i=1}^s x_{ij}^2 \sum_{i=1}^s X_{ik}^2}} \quad \text{رابطه ۸:}$$

$$CRD_{jk} = \sqrt{2(1 - C \cos_{jk})} \quad \text{رابطه ۹:}$$

$$CRD = \frac{\sum CRD_{jk}}{n} \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

X_{ik}: وفور گونه نام در واحد نمونه k، X_{ij}: وفور گونه نام در واحد نمونه نام

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در رویشگاه های شمشاد در سری دو بولا (محدوده ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا) و شیلاک (محدوده ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ متر از سطح دریا) جنگل های شرکت سهامی چوب فریم در مختصات جغرافیایی ۳۶°۱۵ تا ۳۶°۱۱ عرض شمالی و ۵۳°۱۵۸ تا ۵۳°۲۷ طول شرقی در جنوب غربی شهرستان ساری استان مازندران قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه حدود ۸۰۰ میلی متر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۰/۴ درجه سانتیگراد است. اقلیم منطقه بر اساس اقلیم نمای آمبرژه در اقلیم مرطوب سرد قرار دارد. سنگ مادر از جنس آهکی مربوط به دوره ژوراسیک تحتانی (رشته کوه سنگی)، آهکی ماسه سنگ و رس مربوط به دوره کرتاسیک تحتانی تشکیل شده است. از نظر خاک شناسی، انواع تیپ خاک از قهوه ای جنگلی تا راندزین در این منطقه وجود دارد (Anonymous, 2003).

مطالعه پوشش گیاهی: مطالعه پوشش گیاهی با

میانگین عدم تشابه جاکارد (رابطه ۴) برآورد می شود.

$$J_{ij} = \frac{a}{a+b+c} \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$AJS = \frac{\sum J_{ij}}{n} \quad \text{رابطه ۳:}$$

$$AJD = 1 - AJS \quad \text{رابطه ۴:}$$

J_{ij} = شاخص تشابه گونه ای جاکارد، AJS = متوسط درجه تشابه گونه ای جاکارد برای هر گروه، n = تعداد قطعه نمونه

a = تعداد گونه مشترک در دو قطعه نمونه، b و c = تعداد گونه هایی که به ترتیب فقط در قطعه نمونه اول و دوم وجود دارد.

۴- میانگین عدم تشابه سورنسون (Average Sorenson Dissimilarity) یا ASD: ابتدا با استفاده از شاخص تشابه سورنسون (رابطه ۵) (Medaghi, 2001) برای هر یک از جفت قطعات نمونه هر گروه، اقدام به محاسبه درجه تشابه گونه ای شده و سپس متوسط درجه تشابه گونه ای سورنسون برای هر گروه (رابطه ۶) و در نهایت، میانگین عدم تشابه سورنسون (رابطه ۷) برآورد می شود.

$$S_{ij} = \frac{a}{a+b+c} \quad \text{رابطه ۵:}$$

$$ASS = \frac{\sum S_{ij}}{n} \quad \text{رابطه ۶:}$$

$$ASD = 1 - ASS \quad \text{رابطه ۷:}$$

۵- روش Orloci (۱۹۶۷): این روش به نام تابع فاصله ای CRD یا Chord نیز معروف است (Ludwig and Reynolds, 1989) که در آن با استفاده از رابطه ۸، کسینوس هر یک از جفت قطعات نمونه بر اساس وفور گونه های مشترک محاسبه می شود، سپس با استفاده از رابطه ۹ ضریب فاصله کسینوس Chord هر

نرم‌افزار TURBOVEG به عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره شد. طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد با استفاده از تحلیل TWINSpan معمولی و اصلاح شده (Roleček *et al.*, 2009) بر اساس مقادیر درصد تاج پوشش گونه‌ها و بر مبنای سطوح قطع: ۰، ۱، ۲/۵، ۵، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ با بهره‌گیری از بسته نرم‌افزاری Juice (Tichý, 2002) انجام شد. برای این منظور، نخست طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک منطقه با روش TWINSpan معمولی انجام شد و سطح قطع دوم که به ایجاد چهار گروه منجر می‌شود، مد نظر قرار گرفت. سپس، گروه‌های اکولوژیک منطقه با روش TWINSpan اصلاح شده بر مبنای هر یک از پنج شاخص ناهمگنی به تفکیک تعیین شد. در نهایت، میزان انطباق نتایج حاصل از طبقه‌بندی TWINSpan اصلاح شده به وسیله هر یک از این شاخص‌های ناهمگنی با دارنگاره روش TWINSpan معمولی بر مبنای عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در هر یک از گروه‌های چهارگانه برآورد گردید.

همچنین، با استفاده از نتایج تحلیل خوشه‌ای بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی قطعات نمونه، کیفیت نتایج طبقه‌بندی TWINSpan معمولی و اصلاح شده ارزیابی گردید. در این ارتباط، بر مبنای نتایج جدول توافقی، میزان انطباق گروه‌بندی هر یک از روش‌ها با نتایج گروه‌بندی تحلیل خوشه‌ای با استفاده از آزمون نیکویی برآزش مربع کای و ضریب تطابق کاپا (Kappa) برآورد گردید. تحلیل خوشه‌ای بر مبنای ضریب فاصله اقلیدسی و روش خوشه‌بندی واریانس حداقل یا روش واردز (Wards) و بسته نرم‌افزاری Pc-ord نسخه ۵ (McCune and Mefford, 1999)

روش براون-بلانکه معروف، روش رولوه (Braun-Blanquet, 1932) انجام شد. مهم‌ترین نکته در روش براون-بلانکه، تعیین صحیح محل قطعات نمونه است. در پژوهش حاضر تلاش شده است تا ضمن تأکید بر اصل توده معرف (Asri, 2005) به منظور پراکنش مناسب قطعات نمونه در سطح منطقه و لحاظ شدن هر گونه تغییر احتمالی در پوشش گیاهی منطقه که مؤید تغییر در شرایط رویشگاهی آن است، از روش نمونه‌برداری سیستماتیک نیز برای پیاده‌سازی قطعات نمونه استفاده شود. برای این منظور، نخست ترانسکت‌هایی با فواصل مشخص به عنوان خطوط مبنای جهت شیب تغییرات ارتفاع از سطح دریا (عمود بر خطوط منحنی میزان) در نظر گرفته و تعداد ۶۰ قطعه نمونه به صورت انتخابی با فواصل تقریبی ۲۰۰ و ۴۰۰ متری از یکدیگر در امتداد ترانسکت‌ها پیاده شد. قطعات نمونه به صورت انتخابی و در نقاط تخریب‌نشده و نقاطی که وضعیت کنونی پوشش گیاهی آنها بیانگر ویژگی‌های پوشش گیاهی بالقوه (جامعه اوج) منطقه بوده، یا نزدیک به آن باشند پیاده شدند. در واقع، نمونه‌گیری پوشش گیاهی با روش سیستماتیک-انتخابی انجام شد (Mesdaghi, 2005). اندازه قطعات نمونه مطابق اندازه قطعه نمونه پیشنهادی برای مطالعه پوشش‌های جنگلی نواحی معتدله، ۴۰۰ متر مربع (۲۰×۲۰ متر) در نظر گرفته شد (Dengler *et al.*, 2008). در هر قطعه نمونه ابتدا موقعیت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت دامنه ثبت و سپس فهرست کلیه گونه‌های گیاهی به همراه میزان وفور یا درصد تاج پوشش آنها به صورت تخمینی و بر اساس ضرایب فراوانی-غلبه وان در مارل ثبت شد (Mesdaghi, 2001).

تحلیل داده‌ها: اطلاعات پوشش گیاهی منطقه در

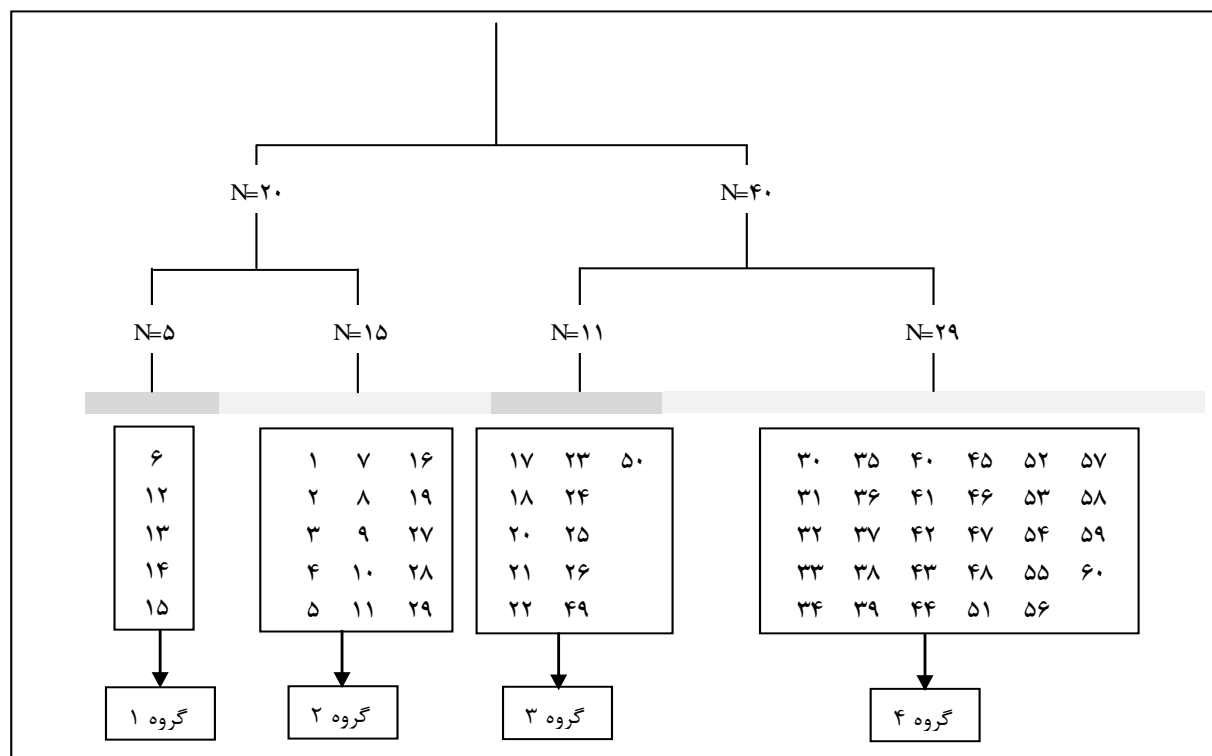
ویتاکرو واریانس کل و نتایج سه شاخص عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی که به ترتیب به عنوان شاخص های تنوع و فاصله ای در محاسبه درجه ناهمگنی هستند، کاملاً شبیه هم هستند. بنابراین، نتایج به دست آمده از دو سری از شاخص های ناهمگنی تنوع و فاصله ای در قالب تنها دو نمودار ارایه گردید. در طبقه بندی گروه های اکولوژیک منطقه با روش TWINSpan اصلاح شده بر مبنای دو سری از شاخص های ناهمگنی تنوع بتا ویتاکرو واریانس کل (شکل ۲-A) و شاخص های فاصله ای عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی (شکل ۲-B) در سطح قطع سوم، تعداد چهار گروه اکولوژیک قابل تفکیک است.

انجام شد. در تحلیل خوشه ای نیز یک سطح معادل (تعداد چهار گروه) در نظر گرفته شد تا حداکثر تشابه با گروه بندی TWINSpan ایجاد شود.

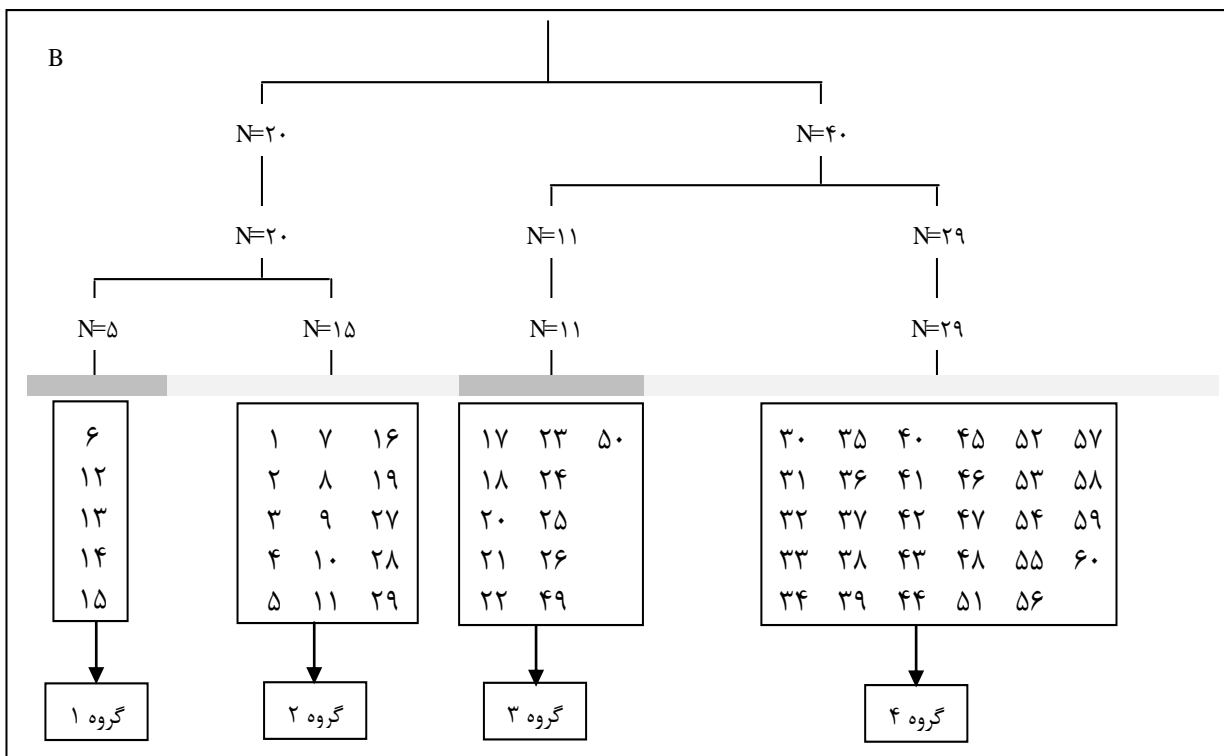
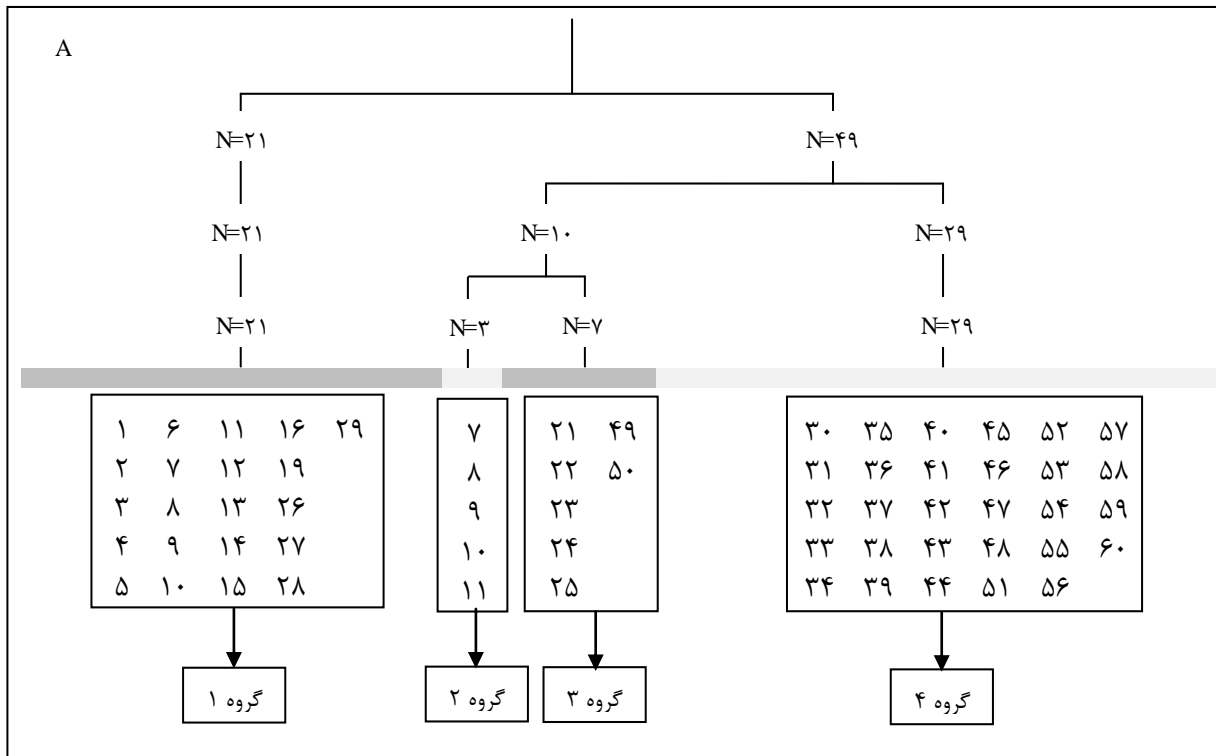
نتایج

در نتیجه اجرای تحلیل TWINSpan معمولی بر اساس مقادیر درصد تاج پوشش کلیه گونه ها و بر اساس سطح قطع دوم، چهار گروه اکولوژیک طبقه بندی گردید (شکل ۱).

در طبقه بندی گروه های اکولوژیک منطقه با روش TWINSpan اصلاح شده بر مبنای توابع پنج گانه ناهمگنی، مشخص شد که نتایج دو شاخص تنوع بتا



شکل ۱- دارنگاره طبقه بندی گروه های اکولوژیک منطقه با استفاده از تحلیل TWINSpan معمولی



شکل ۲- دارنگاره طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک منطقه با استفاده از تحلیل TWINSpan اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی تنوع

(A) و فاصله‌ای (B)

دارنگاره روش TWINSpan معمولی و اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های فاصله‌ای (۹۶/۷ درصد) همواره در سطح بالاتری نسبت به شاخص‌های تنوع (۶۸/۳ درصد) قرار دارد.

در بررسی درجه تشابه نتایج طبقه‌بندی TWINSpan اصلاح شده با استفاده از دو سری از شاخص‌های ناهمگنی تنوع (جدول ۱) و فاصله‌ای (جدول ۲) با نتایج روش TWINSpan معمولی مشخص شد که میزان انطباق

جدول ۱- عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در گروه‌های طبقه‌بندی شده با دو روش TWINSpan معمولی و اصلاح شده با استفاده از شاخص ناهمگنی تنوع (بتا ویتاکر و واریانس کل). میانگین وزنی درصد انطباق = ۶۸/۳ درصد

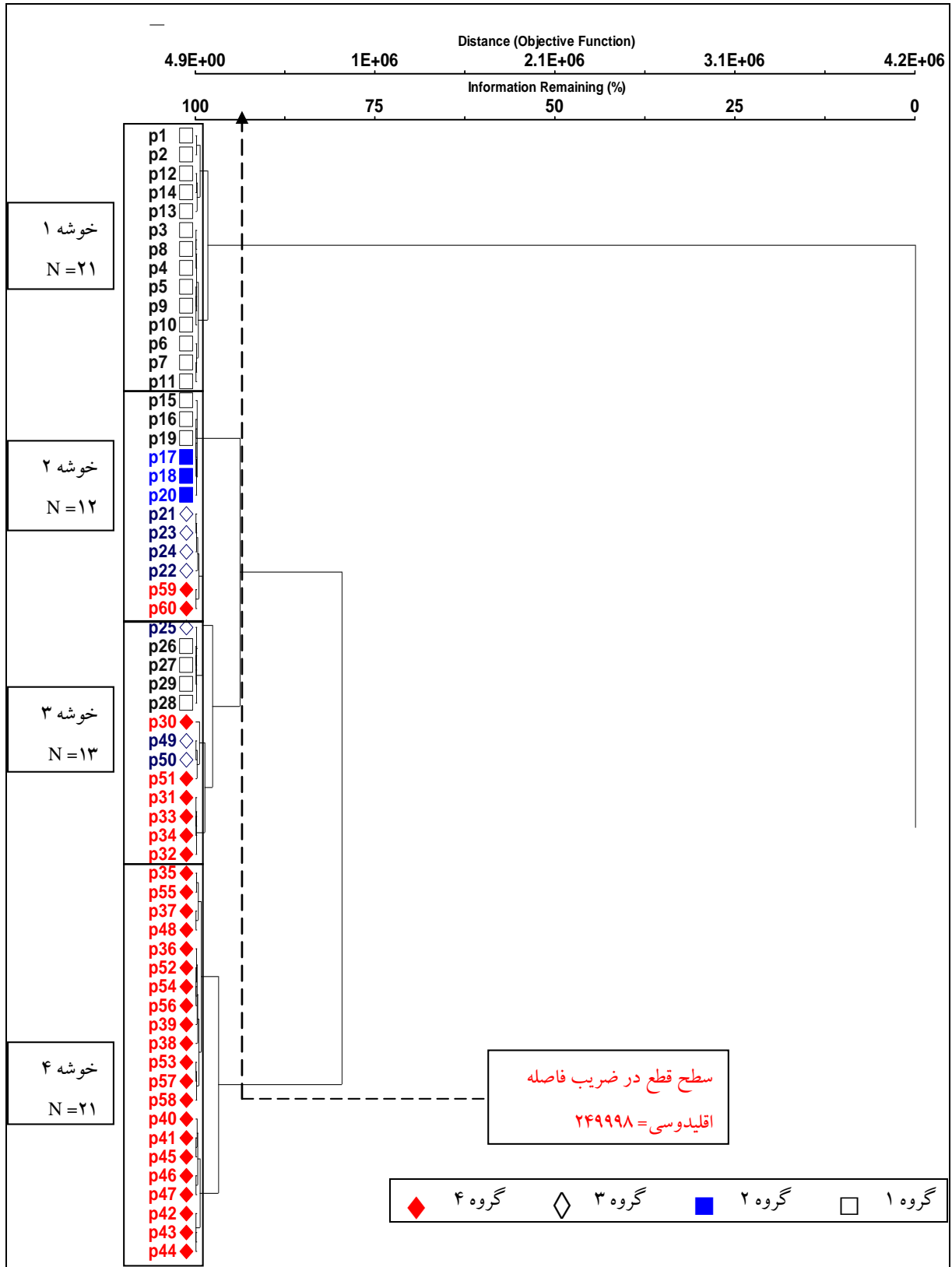
درصد انطباق	تعداد قطعه نمونه	گروه‌های روش TWINSpan معمولی				گروه‌های TWINSpan اصلاح شده با استفاده از شاخص‌های ناهمگنی تنوع
		۴	۳	۲	۱	
۲۳/۸۱	۲۱	۰	۰	۱۶	۵	گروه ۱
۰	۳	۰	۳	۰	۰	گروه ۲
۱۰۰	۷	۰	۷	۰	۰	گروه ۳
۱۰۰	۲۹	۲۹	۰	۰	۰	گروه ۴

جدول ۲- عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در گروه‌های طبقه‌بندی شده از دو روش TWINSpan معمولی و اصلاح شده با استفاده از شاخص ناهمگنی فاصله‌ای (شاخص عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی). میانگین وزنی درصد انطباق = ۹۶/۷ درصد

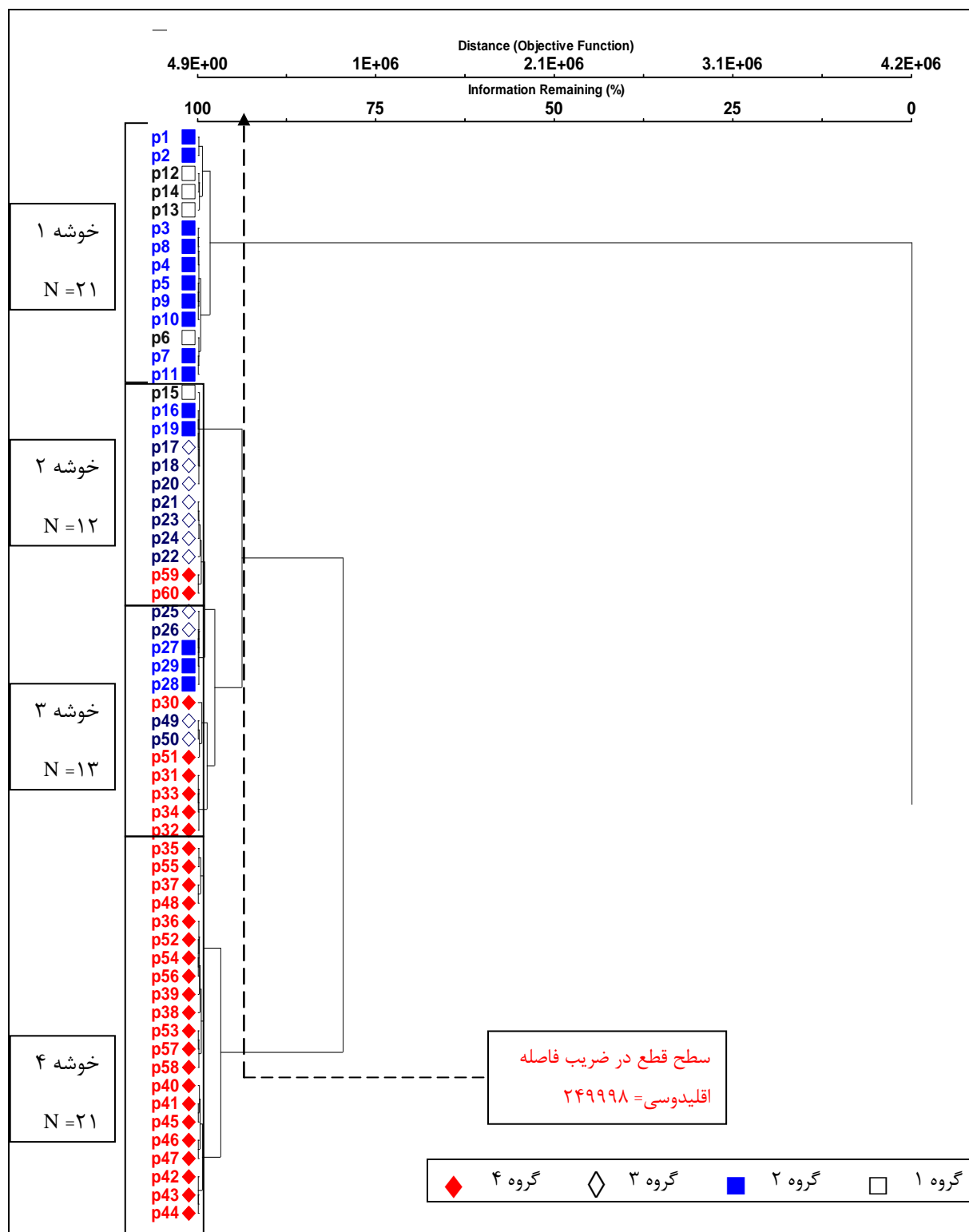
درصد انطباق	تعداد قطعه نمونه	گروه‌های روش TWINSpan معمولی				گروه‌های TWINSpan اصلاح شده با استفاده از شاخص‌های ناهمگنی تنوع
		۴	۳	۲	۱	
۸۳/۳۳	۶	۰	۰	۱	۵	گروه ۱
۹۳/۳۳	۱۵	۰	۱	۱۴	۰	گروه ۲
۱۰۰	۱۰	۰	۱۰	۰	۰	گروه ۳
۱۰۰	۲۹	۲۹	۰	۰	۰	گروه ۴

گرفته شد تا تعداد گروه‌های حاصل معادل تعداد گروه‌های حاصل از روش TWINSpan باشد. بر این اساس، در سطح قطع سوم تعداد چهار خوشه (گروه) ۱۴، ۱۲، ۱۳ و ۲۱ قطعه نمونه‌ای تقسیم گردید. نقطه توقف برای ایجاد این چهار خوشه بر مبنای ضریب فاصله اقلیدوسی ۲۴۹۹۹۸ به دست آمد.

دارنگاره طبقه‌بندی خوشه‌ای قطعات نمونه بر مبنای ویژگی‌ها توپوگرافیک رویشگاه و نمایش گروه‌های معرفی شده توسط روش TWINSpan اصلاح شده با استفاده از دو سری از شاخص‌های ناهمگنی تنوع و فاصله‌ای به تفکیک در شکل‌های ۳ و ۴ به نمایش درآمده است. سطح قطع در تحلیل CA به گونه‌ای در نظر



شکل ۳- دارنگاره تحلیل خوشه‌ای قطعات نمونه گروه‌های معرفی شده توسط روش TWINSPAN اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی تنوع (بتا ویتاکر و واریانس کل)



شکل ۴- دارنگاره تحلیل خوشه‌ای قطعات نمونه گروه‌های معرفی شده توسط روش TWINSpan اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی فاصله‌ای (شاخص عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی)

بررسی میزان انطباق نتایج به دست آمده از روش TWINSPAN اصلاح شده بر مبنای دو سری از شاخص‌های ناهمگنی تنوع (جدول ۳) و فاصله‌ای (جدول ۴)، با نتایج طبقه‌بندی خوشه‌ای بر اساس عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در گروه‌های چهارگانه نشان می‌دهد که میزان انطباق دارنگاره روش خوشه‌ای با دارنگاره روش TWINSPAN

اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های فاصله‌ای (۵۸/۳) درصد) همواره در سطح پایین‌تری نسبت به شاخص‌های تنوع (۷۵ درصد) قرار دارد. در این ارتباط، تعداد قطعات نمونه‌ای که به طور یکسان در گروه‌های حاصل از دو سری تحلیل طبقه‌بندی قرار گرفتند، به صورت حروف درشت و زیر خط‌دار مشخص شده‌اند.

جدول ۳- عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در گروه‌های طبقه‌بندی شده از دو روش خوشه‌ای و TWINSPAN اصلاح شده با استفاده از شاخص ناهمگنی تنوع (بتا ویتاکر و واریانس کل). میانگین وزنی درصد انطباق = ۷۵ درصد

درصد انطباق	تعداد قطعه نمونه گروه‌ها	گروه‌های تحلیل خوشه‌ای				گروه‌های روش TWINSPAN اصلاح شده با استفاده از شاخص‌های ناهمگنی تنوع
		۴	۳	۲	۱	
۶۶/۶۷	۲۱	۰	۴	۳	۱۴	گروه ۱
۱۰۰	۳	۰	۰	۳	۰	گروه ۲
۱۰۰	۷	۰	۷	۰	۰	گروه ۳
۷۲/۴۱	۲۹	۲۱	۶	۲	۰	گروه ۴

جدول ۴- عضویت‌پذیری مشابه قطعات نمونه در گروه‌های طبقه‌بندی شده از دو روش خوشه‌ای و TWINSPAN اصلاح شده با استفاده از شاخص ناهمگنی فاصله‌ای (شاخص عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی). میانگین وزنی درصد انطباق = ۵۸/۳ درصد

درصد انطباق	تعداد قطعه نمونه گروه‌ها	گروه‌های تحلیل خوشه‌ای				گروه‌های روش TWINSPAN اصلاح شده با استفاده از شاخص‌های ناهمگنی فاصله‌ای
		۴	۳	۲	۱	
۸۰	۶	۰	۰	۱	۴	گروه ۱
۱۳/۳	۱۵	۰	۳	۲	۱۰	گروه ۲
۷۲/۷۳	۱۱	۰	۸	۳	۰	گروه ۳
۷۲/۴۱	۲۹	۲۱	۸	۰	۰	گروه ۴

در بررسی میزان انطباق نتایج دو روش طبقه‌بندی TWINSPAN اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی تنوع و تحلیل خوشه‌ای بر اساس نتایج جدول توافقی و آزمون نیکویی برازش مربع کای ($\chi^2 = ۸۹/۲$) مشخص گردید که نتایج دو روش طبقه‌بندی با احتمال ۹۹ درصد از یکدیگر مستقل نبوده، با یکدیگر انطباق دارند. در این ارتباط، میزان تطابق دو روش مذکور بر

مبنای ضریب کاپا ۶۴/۷ درصد برآورد گردید (جدول ۵). این در حالی است که بر اساس نتایج آزمون نیکویی برازش مربع کای ($\chi^2 = ۶۳/۶$) و معیار کاپا ($K = ۴۲/۹$) مشخص گردید که میزان انطباق نتایج روش طبقه‌بندی خوشه‌ای با روش TWINSPAN اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی فاصله‌ای در سطح پایین‌تری نسبت به روش‌های تنوع قرار دارد (جدول ۶).

جدول ۵- ضریب کاپا و همبستگی اسپیرمن در بررسی میزان انطباق و همبستگی دو روش خوشه‌ای و TWINSpan اصلاح شده با استفاده از شاخص ناهمگنی تنوع (بتا ویتاکر و واریانس کل). $P < 0.001$ (**): انطباق و همبستگی در سطح ۹۹ درصد)

مقدار ضریب کاپا	اشتباه معیار	معنی داری
۰/۶۴۷	۰/۰۷۳	۰/۰۰۰**
ضریب همبستگی اسپیرمن = ۰/۸۶۶** ۰/۰۰۰		

جدول ۶- ضریب کاپا و همبستگی اسپیرمن در بررسی میزان انطباق و همبستگی دو روش خوشه‌ای و TWINSpan اصلاح شده با استفاده از شاخص ناهمگنی فاصله‌ای (شاخص عدم تشابه سورنسون، جاکارد و اورلوسی). $P < 0.001$ (**): انطباق و همبستگی در سطح ۹۹ درصد)

مقدار ضریب کاپا	اشتباه معیار	معنی داری
۰/۴۲۹	۰/۰۷۵	۰/۰۰۰**
ضریب همبستگی اسپیرمن = ۰/۸۶۲** ۰/۰۰۰		

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که قواعد جدید ارایه شده در روش TWINSpan اصلاح شده، منطق طبقه بندی روش TWINSpan را تغییر نمی‌دهد بلکه تقسیمات سلسله مراتبی را در دارنگاره طبقه بندی اصلاح و بهبود می‌بخشد. اما آنچه که روش TWINSpan اصلاح شده را نسبت به روش معمولی آن متمایز می‌سازد، این است که تعداد خوشه (گروه)ها در این روش برخلاف روش معمولی TWINSpan لزوماً به صورت دو دویی نیست، بلکه پژوهشگر در آن می‌تواند به تعداد دلخواه خوشه یا گروه ایجاد نماید. به بیان دیگر، روش TWINSpan اصلاح شده نسبت به روش معمولی آن از انعطاف پذیری بیشتری در انتخاب گروه‌ها برخوردار است (Roleček et al., 2009). همان طور که در شکل ۲ مشخص است در سطح قطع دوم دارنگاره طبقه بندی روش TWINSpan اصلاح شده امکان انتخاب تعداد سه گروه وجود دارد، در صورتی که روش TWINSpan معمولی قادر به ارایه سه گروه نیست و تعداد گروه‌ها همواره در سطوح

بالا تر مضریبی از عدد دو است. این قابلیت روش TWINSpan اصلاح شده در تعداد گروه‌های بیشتر (۵، ۶ و ۷ گروه) چشمگیرتر است (نتایج ارایه نشده است) و راهبرد روش مزبور مبنی بر اجتناب از طبقه بندی تحمیلی گروه‌ها در سطوح بالاتر طبقه بندی را بیشتر رهنمون می‌سازد (Luther-Mosebach et al., 2012; Uğurlu et al., 2012).

انطباق صد درصدی گروه‌های تفکیک شده از روش‌های TWINSpan معمولی و TWINSpan اصلاح شده در سطح قطع اول (ایجاد دو گروه اکولوژیک) به همراه انطباق ۹۶/۷ درصدی گروه‌های حاصل از روش TWINSpan معمولی و TWINSpan اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی فاصله‌ای نیز مؤید این مسأله است که دو روش مزبور از نظر ماهیت طبقه بندی مشابه هستند. در واقع، نتایج تحقیق حاضر نشان داد: الف) نتایج طبقه بندی حاصل از روش TWINSpan اصلاح شده با استفاده از شاخص‌های عدم تشابه جاکارد، سورنسون و اورلوسی با همدیگر به همراه نتایج حاصل از دو شاخص تنوع

نتایج طبقه‌بندی TWINSpan اصلاح شده با استفاده از دو سری از شاخص‌های ناهمگنی (فاصله‌ای و تنوع) به تأسی از این مسأله که ترکیب و ساختار جوامع جنگلی به ویژه در نواحی کوهستانی تا حد زیادی تحت کنترل و تأثیر ویژگی‌ها توپوگرافی رویشگاه نظیر ارتفاع از سطح دریا، جهت و شیب دامنه قرار دارد (Asadi *et al.*, 2011)، اقتباس گردید.

عامل ارتفاع از سطح دریا با تأثیر میزان دما، بارندگی و رطوبت نسبی هوا به طور غیرمستقیم بر حضور و میزان رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد. جهت دامنه با تأثیر بر میزان دریافت انرژی خورشید، میزان ابرناکی و رطوبت رویشگاه و عامل شیب دامنه نیز با تأثیر بر عمق خاک، بافت خاک، عمق آب زیرزمینی و میزان رطوبت خاک (He *et al.*, 2007) همواره حضور و عملکرد یا درصد تاج پوشش گونه‌های گیاهی را تحت کنترل دارد و به این ترتیب در پراکنش گروه‌های گیاهی هر منطقه، نقش تعیین کننده‌ای دارد و به همین دلیل، همواره در مطالعات اکولوژی پوشش گیاهی مد نظر قرار می‌گیرند (Boublík *et al.*, 2007). انطباق نتایج طبقه‌بندی دو روش TWINSpan (به ویژه TWINSpan اصلاح شده) و خوشه‌ای که به ترتیب بر مبنای ترکیب پوشش گیاهی و ویژگی‌های توپوگرافیک شکل گرفته است نیز گویای آن است که ایده گروه‌های اکولوژیک به دلیل لحاظ کردن ویژگی‌ها توپوگرافیک رویشگاه می‌تواند دستاوردی مهم در طبقه‌بندی رویشگاه‌های جنگلی باشد (Asadi *et al.*, 2011؛ Esmailzadeh *et al.*, 2007).

به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر تصریح می‌کند که روش TWINSpan اصلاح شده مانع از تقسیمات تحمیلی خوشه‌های همگن در تقسیمات سلسله مراتبی

کل و بتا ویتاکر با یکدیگر که به ترتیب به عنوان معیار ناهمگنی فاصله‌ای (سه شاخص اول) و تنوع (دو شاخص دوم) معرفی شدند، با یکدیگر مشابه است.

Koleff و همکاران (۲۰۰۳) نیز در معرفی معیارهای اندازه‌گیری تنوع زیستی گیاهی بتا نشان دادند که نتایج دو معیار تنوع واریانس کل و تنوع بتا ویتاکر مشابه است. Roleček و همکاران (۲۰۰۹) نیز اعتقاد دارند که رفتار شاخص‌های فاصله‌ای اورلوسی، جاکارد و سورنسون در طبقه‌بندی گروه‌های اکولوژیک مشابه است. ب) در طبقه‌بندی چهار گروه، نتایج روش TWINSpan اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی فاصله‌ای تقریباً مشابه نتایج طبقه‌بندی با روش TWINSpan معمولی است. در این ارتباط، میزان انطباق گروه‌های حاصل از روش TWINSpan اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی تنوع با نتایج روش‌های TWINSpan معمولی و TWINSpan اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های ناهمگنی فاصله‌ای ۶۸/۳ درصد برآورد گردید.

در ارزیابی کیفیت نتایج طبقه‌بندی TWINSpan اصلاح شده حاصل از دو سری از شاخص‌های ناهمگنی (فاصله‌ای و تنوع) بر مبنای نتایج تحلیل خوشه‌ای (که بر اساس ویژگی‌های توپوگرافیک رویشگاه انجام شد) و با استفاده از آزمون نیکویی برازش مربع کای و ضریب کاپا مشخص گردید که میزان انطباق دارنگاره روش خوشه‌ای با دارنگاره روش TWINSpan اصلاح شده بر مبنای شاخص‌های تنوع ($\chi^2 = 89/2$ و $K = 64/7$) همواره در سطح بالاتری نسبت به شاخص‌های فاصله‌ای قرار ($\chi^2 = 64/7$ و $K = 42/9$) دارد. ایده استفاده از متغیرهای توپوگرافیک در ارزیابی دقت نتایج دو روش TWINSpan معمولی و اصلاح شده یا ارزیابی دقت

سال‌های اخیر استفاده از معیارهای ناهمگنی تنوع در روش TWINSpan اصلاح شده در طبقه‌بندی اکولوژیکی رویشگاه‌های گیاهی معمول گردید (Lötter *et al.*, 2013; Hrivnák, *et al.*, 2013; Świerkosz *et al.*, Naqinezhad *et al.*, 2013). (2014).

سپاسگزارى

نگارندگان از آقای مهندس بهروز محمدی ناظر مسؤول محترم جنگل‌های حوزه چوب فریم به پاس همه حمایت‌هایی که در فرآیند نمونه‌برداری از جنگل مبذول داشتند، کمال تشکر و امتنان را دارند.

روش TWINSpan می‌شود و بر این اساس ضمن فراهم شدن امکان انتخاب تعداد گروه دلخواه توسط پژوهشگر، کیفیت نتایج طبقه‌بندی گروه‌ها نیز بهبود می‌یابد (Luther-Mosebach *et al.*; Tichý *et al.*, 2007). همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که (al., 2012). از میان شاخص‌های مختلف اندازه‌گیری ناهمگنی خوشه‌ها، کاربرد دو شاخص تنوع بتا ویتاکر و واریانس کل در فرآیند طبقه‌بندی با روش TWINSpan اصلاح شده نسبت به سه شاخص دیگر نتایج مناسب‌تری را ارائه می‌دهد. Roleček و همکاران (۲۰۰۹) نیز این دو شاخص را به عنوان بهترین شاخص‌های اندازه‌گیری ناهمگنی خوشه‌ها معرفی کرده و بر این اساس در

منابع

- Anonymous (2003) Sangedeh forest management plans. Forest Rangeland and Watershed Organization, Sari (in Persian).
- Asadi, H., Hosseini, S. M. and Esmailzadeh, O. (2011) Introduction of Khybus plant communities and their relation to physiographical factors and biodiversity indices. *Iranian Journal of Natural Resources* 64(2): 107-127 (in Persian).
- Asri, Y. (2005) *Phytosociology*. Payam Noor University Publications, Tehran (in Persian).
- Boublík, K., Petřík, P., Sádlo, J., Hédli, R., Willner, W., Černý, T. and Kolbek, J. (2007) Calcicolous beech forests and related vegetation in the Czech Republic: a comparison of formalized classifications. *Preslia* 79(2): 141-161.
- Braun-Blanquet, J. (1932) *Plant sociology: the study of plant communities*. McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Daubenmire, R. (1952) Forest vegetation of northern Idaho and adjacent Washington and its bearing on concept of vegetation classification. *Ecological Monographs* 22(4): 301-330.
- Dengler, J., Chytrý, M. and Ewald, J. (2008) *Phytosociology*. In: *Encyclopedia of ecology, general ecology* (Eds. Jørgensen, S. E. and Fath, B. D.) 4: 2767-2779. Elsevier, Oxford.
- Esmailzadeh, O., Hosseini, S. M. and Tabari, M. (2007) A phytosociological study of English yew (*Taxus baccata* L.) in Afratakhteh reserve. *Pajouhesh va Sazandegi*, 20(1): 17-24 (in Persian).
- Gauch, H. G. and Whittaker, R. H. (1981) Hierarchical classification of community data. *Journal of Ecology* 69(2): 537-557.
- Greenacre, M. (2000) Correspondence analysis of square asymmetric matrices. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 49: 297-310.
- He, M. Z., Zheng, J. G., Li, X. R. and Qian, Y. L. (2007) Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China. *Journal of Arid Environments* 69(3): 473-489.

- Hill, M. O., Bunce, R. G. H. and Shaw, M. W. (1975) Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification and its application to a survey of native pinewoods in Scotland. *Journal of Ecology* 63(2): 597-613.
- Hrivnák, R., Košťál, J., Slezák, M., Petrášová, A. and Feszterová, M. (2013) Black Alder dominated forest vegetation in the western part of central Slovakia - species composition and ecology. *Hacquetia* 12(2): 23-37.
- Jennings, M., Loucks, O., Glenn-Lewin, D., Peet, R., Faber-Langendoen, D., Grossman, D., Damman, A., Barbour, M., Pfister, R., Walker, M., Talbot, S., Walker, J., Hartshorn, G., Waggoner, G., Abrams, M., Hill, A., Roberts, D., Tart, D. and Rejmanek, M. (2003) Guidelines for describing associations and alliances of the U.S. national vegetation classification, version 2. The Ecological Society of America Vegetation Classification Panel, Washington, DC.
- Koleff, P., Gaston, K. J. and Lennon, J. J. (2003) Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72: 367-382.
- Legendre, P. and Legendre, L. (2012) Numerical ecology, 3rd edition. Elsevier, Amsterdam.
- Lötter, M. C., Mucina, L. and Witkowski, E. T. (2013) The classification conundrum: species fidelity as leading criterion in search of a rigorous method to classify a complex forest data set. *Community Ecology* 14(1): 121-132.
- Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F. (1989) Statistical ecology: a primer on methods and computing. John Wiley and Sons Publication, New York.
- Luther-Mosebach, J., Dengler, J., Schmiedel, U., Röwer, I. U., Labitzky, T. and Gröngroft, A. (2012) A first formal classification of the Hardeveld vegetation in Namaqualand, South Africa. *Applied Vegetation Science* 15(3): 401-431.
- McCune, B. and Grace, J. B. (2002) Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Oregon, USA.
- McCune, B. and Mefford, M. J. (1999) PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 5. MjM Software, Gleneden Beach.
- Mesdaghi, M. (2001) Vegetation description and analysis, a practical approach. Jahad Daneshgahi, Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad (in Persian).
- Mesdaghi, M. (2005) Plant ecology. Jahad Daneshgahi, Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad (in Persian).
- Moghaddam, M. R. (2001) Quantitative plant ecology. Tehran University Press, Tehran (in Persian).
- Naqinezhad, A., Zare-Maivan, H., Gholizadeh, H. and Hodgson, J. G. (2013) Understorey vegetation as an indicator of soil characteristics in the Hyrcanian area, N. Iran. *Flora* 208(1): 3-12.
- Orloci, L. (1967) An agglomerate method for classification of plant communities. *Journal of Ecology* 55(1): 193-206.
- Orloci, L. (1978) Multivariate analysis in vegetation research, 2nd edition. Springer, Germany.
- Roleček, J., Tichý, L., Zelený, D. and Chytrý, M. (2009) Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *Journal of Vegetation Science* 20: 596-602.
- Świerkosz, K., Reczyńska, K. and Boublík, K. (2014) Variability of *Abies alba*-dominated forests in central Europe. *Central European Journal of Biology* 9(5): 495-518.
- Tichý, L. (2002) JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13(3): 451-453.

-
- Tichý, L., Roloček, D., Zelený, C. and Chytrý, M. (2007) New stopping rules for TWINSpan. European Vegetation Survey, 16th Workshop, Rome, Italy.
- Uğurlu, E., Roleček, J. and Bergmeier, E. (2012) Oak woodland vegetation of Turkey, a first overview based on multivariate statistics. *Applied Vegetation Science* 15(4): 590-608.
- Whittaker, R. H. (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30(3): 279-338.

New stopping rules for dendrogram classification in TWINSPAN

Omid Esmailzadeh *, Seyedeh Samira Soleymanipor, Seyed Mosen Hosseini and Hamed Asadi

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

Abstract

The aim of this study is to propose a modification of TWINSPAN algorithm with introducing new stopping rules for TWINSPAN. Modified TWINSPAN combines the analysis of heterogeneity of the clusters prior to each division to prevent the imposed divisions of homogeneous clusters and it also solved the limitation of classical TWINSPAN in which the number of clusters increases power of two. For this purpose, ecological groups of Box tree stands in Farim forests were classified with using classical and modified TWINSPAN basis of plant species cover percentage of 60 plots with 400 m² surface area which were made by releve method (by consideration of indicator stand concept). In this relation, five different heterogeneity measures including Whittaker's beta diversity and total inertia, Sorensen, Jaccard and Orlo'ci dissimilarity indices which representing diversity and distance indices respectively were involved. Sample plots were also classified from basis of topographical properties using cluster analysis with emphasizing Euclidean distance coefficient and Wards clustering method. Results showed that using of two sets of heterogeneity indices lead to different classification dendrograms. In this relation, results of Whittaker's beta with total inertia as diversity indices were similar and the other three dissimilarity indices have shown similar behavior. Finally, our results reiterated that modified TWINSPAN did not alter the logic of the TWINSPAN classification, but it increased the flexibility of TWINSPAN dendrogram with changing the hierarchy of divisions in the final classification of ecological groups of Box tree stands in Farim forests.

Key words: TWINSPAN, Cluster analysis, Indices of heterogeneity, Vegetation classification

* oesmailzadeh@modares.ac.ir