



## ارزیابی شاخص‌های تنوع بنا در شناسایی تغییرات ترکیب پوشش گیاهی جامعه شمشاد (*Buxus hyrcana* Pojark.) در جنگل‌های هیرکانی

سیده فاطمه حسینی<sup>۱</sup>، حامد اسدی<sup>۲</sup>، حمید جلیلوند<sup>۳</sup>، امید اسماعیل‌زاده<sup>۴</sup>

۱ و ۳- دانشجو کارشناسی ارشد و استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (نویسنده مسؤول): (h.asadi@sanru.ac.ir)  
۴- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس  
تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۷ صفحه: ۱۴۶ تا ۱۵۵

### چکیده

پژوهش‌ها در زمینه تنوع بنا منجر به ارائه شاخص‌های فراوانی شد. گوناگونی شاخص‌های مزبور باعث سردرگمی در استفاده از آنها است. این پژوهش به دنبال ارزیابی و تعیین روابط بین ۱۸ شاخص مختلف تنوع بنا بر اساس مقادیر دادهای حضور و غیاب ترکیب پوشش گیاهی جامعه شمشاد هیرکانی در دو استان گلستان و مازندران بود. نتایج طبقه‌بندی به روش خوش‌بندی نشان داد که شاخص‌های ۱۸ گانه مزبور را می‌توان در چهار گروه طبقه‌بندی کرد. ارزیابی گروه‌های حاصل از روش خوش‌بندی توسط تجزیه تطبیقی قوس‌گیری شده (DCA) نشان داد که شاخص‌های چهار گروه تجزیه خوش‌بندی در سه گروه مجزا قابل تفکیک می‌باشد. بررسی انطباق گروه‌های به دست آمده از تحلیل تشخیصی بر مبنای مقادیر شاخص‌های تنوع بنا با تعداد چهار اتحادیه گیاهی که با روش سنتز جدولی برآون - بلانکه شناسایی شدند، انطباق ۶۴/۱ درصد را نشان داد. همچنین نتایج تحلیل تشخیصی مشخص کرد که از میان ۱۸ شاخص تنوع بنا که در تحلیل تشخیص وارد شدند، تنها هفت شاخص  $B_m$ ,  $B_1$ ,  $B_{co}$ ,  $B_{rb}$ ,  $B_{-2}$ ,  $B_c$ ,  $B_e$  در توابع تشخیصی قرار گرفته که از این تعداد چهار شاخص  $B_c$ ,  $B_e$ ,  $B_1$ ,  $B_m$  همبستگی تطبیقی بالایی با سه تابع تحلیل تشخیص داشتند. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که بسیاری از شاخص‌های تنوع بنا که بر اساس داده‌های حضور و غیاب محاسبه می‌شوند، عملکرد مشابهی دارند و مقادیر عددی این شاخص‌ها ابزاری مناسب برای شناسایی جوامع گیاهی است به شرطی که عمل کرد حضور و غیاب گونه‌ها در این جوامع گیاهی بالا باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تنوع زیستی گیاهی، تحلیل خوش‌بندی، طبقه‌بندی پوشش گیاهی، عمل کرد گونه‌ها

سهم کمتری از غنای گونه‌ای آن منطقه را به خود اختصاص می‌دهد. در واقع تنوع بنا جنبه مهمی از الگوهای مکانی تنوع زیستی را در بر می‌گیرد (۷، ۴۰، ۳۹). با این وجود، در مقایسه با تنوع آلفا که مطالعات زیادی روی آن انجام گرفته، توجه کمتری به تنوع بنا شده است (۱۵، ۱۴، ۵).

عمده پژوهش‌های علوم زیستی در زمینه شناخت و تحلیل الگوهای مکانی تنوع گونه‌ای بر روی شاخص‌های تنوع آلفا و گاما متوجه شده است. در صورتی که تنوع بنا به فهم بوم‌شناسان در مورد پراکنش مکانی گونه‌ها و فرآیندهای تعیین‌کننده این الگوهای پراکنش در مقیاس‌های مختلف کمک بیشتری می‌کند (۲۸، ۱۰).

از زمانی که ویتاکر پیشنهاد داد که تنوع بنا باید به صورت افزایش غنای گونه‌ای یک منطقه نسبت به میانگین غنای گونه‌ای یک مکان واحد در آن منطقه محاسبه شود (۴۰، ۳۹)، شاخص‌های متعددی پیشنهاد شده است که تنوع در این موضوع را تشکیل می‌دهند (۳۵، ۳۴، ۷). تقریباً برای هر کاربرد جدید از مفهوم تنوع بنا یک معیار اندازه‌گیری جدید ارائه شده است. عمده مطالعاتی که از شاخص‌های مختلف تنوع بنا استفاده شده است در زمینه بررسی تغییرات ترکیب گونه‌ها در اثر تغییرات مکانی یا عوامل محیطی (۳۲، ۲۷، ۶)، تعیین درجه تشابه رویشگاه‌ها (۳۲، ۲۵) و تشخیص مرزهای جغرافیایی زیستی یا الگوی تغییرات اکوتون‌ها (مرزها) و کاربردهای آنها برای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی است (۳۶، ۴۱، ۳۱). برای گردآوری و مقایسه‌ی روش‌های مختلف اندازه‌گیری تنوع بنا تلاش‌هایی انجام شده است (۳۷). بعضی از این روش‌ها دارای

### مقدمه

تنوع زیستی در سطحی گسترده در مطالعات پوشش گیاهی به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در تعیین وضعیت بوم‌سازگان مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طریق مطالعه تنوع می‌توان پویایی جوامع گیاهی و توزیع گونه‌ها را بررسی کرد و با تأکید بر پویایی جوامع گیاهی توصیه‌های مدیریتی مناسب ارائه داد (۱۱). مطالعه تنوع گیاهی به دلیل ارائه الگوهای مکانی گونه‌ها و برآوردهای پیامدهای تخریب جنگل با توجه به فعالیت‌های انسانی و نیز ارزیابی تأثیر راه کارهای حفاظتی در هر رویشگاه بهویژه در جنگل‌های حفاظت شده موضوعی مهم برای مطالعه بوم‌سازگان‌ها و حفاظت آنها است (۱۳، ۱۲، ۱۱). همچنین شناخت الگوهای مکانی تنوع در بوم‌سازگان‌ها، از بخش‌های مهم حفاظت زیستی آنها بهویژه در جنگل‌های پهن برگ خزان کننده که از قدمت بالایی نسبت به دیگر جنگل‌ها برخوردار هستند، محسوب می‌شود (۳۳).

الگوهای مکانی اجتماعات گیاهی عموماً توسط سه مؤلفه تنوع آلفا یا تنوع محلی، تنوع گاما یا تنوع منطقه‌ای تفسیر گردید (۱). تنوع بنا یا میزان تغییرات گونه‌ها، معیار اندازه‌گیری تفاوت‌های ترکیب گونه‌ای در بین دو یا چند اجتماع محلی و یا بین اجتماعات محلی و منطقه‌ای و همین‌طور تغییرات تدریجی در گردیدن های محیطی است (۱). برای یک سطح مشخص از غنای گونه‌ای منطقه‌ای، هنگامی که تنوع بنا افزایش پیدا می‌کند، پراکنش محلی گونه‌ها نیز افزایش می‌یابد و هر قطعه نمونه فرضی در منطقه

شاخص مختلف بتا بر مبنای داده‌های حضور و غیاب است. با توجه به تعداد زیاد شاخص‌های تنوع بتا و تشابه عمل کرد برخی از آنها، دانستن روابط بین آنها جهت شناسایی شاخص‌هایی که مشابه هم عمل می‌کنند برای پژوهشگران ضروری به نظر می‌رسد. همچنین با ارزیابی نتایج آنها، بهترین شاخص‌ها برای استفاده متخصصان پوشش گیاهی معرفی می‌شوند. برای این منظور از بانک اطلاعاتی داده‌های پوشش گیاهی شمشاد جنگل‌های هیرکانی در دو استان گلستان و مازندران استفاده شد (۲) تا ضمن مقایسه این شاخص‌ها به معرفی جنبه‌های جدید بوم‌شناختی رویشگاه‌های این گونه در معرض خطر در جنگل‌های هیرکانی پردازد.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش رویشگاه‌های مهم شمشاد هیرکانی از منطقه حفاظت‌شده چشم به بیل بندرگز استان گلستان به عنوان شرقی‌ترین ناحیه پراکنش این گونه در جنگل‌های هیرکانی تا جنگل‌های لیره سر تکابین در استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۱). این رویشگاه‌ها در بازه ارتفاعی بین ۵۰ متر از سطح دریا (پارک جنگلی سی سنگان) تا ۱۷۵۰ متر از سطح دریا (جنگل‌های فربیم سوادکوه) و به عنوان مرتفع‌ترین رویشگاه شمشاد در جنگل‌های هیرکانی، قرار دارند. برای این منظور از بانک داده‌های پوشش گیاهی شمشاد هیرکانی که دارای ۴۰۱ قطعه‌نمونه و ۸۹ گونه گیاهی است استفاده شد (۲).

**بانک اطلاعاتی پوشش گیاهی شمشاد هیرکانی**  
بانک اطلاعاتی پوشش گیاهی شمشاد به روش براون-بلانک معروف به روش رولوه (۴) تهیه شد. برای این منظور ترانسکت‌هایی با فواصل ۴۰۰ متر به عنوان خطوط مینا در امتداد شیب تغییرات ارتفاع از سطح دریا (عمود بر خطوط منحنی میزان) در نظر گرفته شدند. اندازه رولوه‌ها مطابق اندازه قطعه‌نمونه پیشنهادی برای مطالعه پوشش‌های جنگلی نواحی معتدله ۴۰۰ مترمربع (۲۰×۲۰ متری) در نظر گرفته شد (۹). در هر یک از رولوه‌ها لیست کلیه گونه‌های گیاهی به همراه درصد تاج پوشش آنها بر اساس مقیاس وان‌درمارل باکمی تغییر (۰: غایب، ۱: -۱، ۰-۱، ۲/۵، ۳: ۲/۵-۵، ۴: ۵-۱۲/۵، ۵: ۱۲/۵-۲۵، ۶: ۲۵-۵۰، ۷: ۷۵-۵۰ و ۸: ۷۵-۱۰۰ درصد) ثبت شد (۱۲).

### شاخص‌های تنوع بتا

در این پژوهش، از ۱۸ شاخص تنوع بتا که بر اساس داده‌های حضور و غیاب عمل می‌کنند استفاده شد (جدول ۱). در پیشتر مطالعات در مورد تنوع بتا از داده‌های حضور و غیاب استفاده شده است (۲۲). همه این شاخص‌ها بر اساس سه مؤلفه a، b و c عمل می‌کنند. مؤلفه‌ی a گونه‌های مشترک در دو قطعه‌نمونه هدف و غیر هدف است، درحالی که مؤلفه‌ی b تعداد گونه‌ها در قطعه‌نمونه غیر هدف و c تعداد گونه‌های قطعه‌نمونه هدف را مشخص می‌کند (شکل ۲).

همبستگی بالا هستند، در صورتی که بقیه روش‌ها با یکدیگر متفاوت هستند (۴۲، ۴۱، ۴۳). Wilson و Shmida در پژوهشی به ارزیابی شاخص تنوع بتا که بر اساس داده‌های حضور و غیاب گونه‌ها عمل می‌کردند، پرداختند. نتایج نشان داد که چهار شاخص تنوع بتا عمل کردی مشابه شاخص تنوع بتای ویتاکر داشتند و شاخص B که توسط نویسنده‌گان ارائه شده بود عمل کردی متفاوت داشت.

مروء منابع داخل کشور نشان می‌دهد که استفاده از این شاخص‌ها برای بررسی اختلافات ترکیب پوشش گیاهی مورد توجه قرار گرفته است. اسماعیل‌زاده و همکاران (۱۲) در پژوهشی بیان کردند که استفاده از شاخص‌های تنوع بتا در تعیین ناهمگنی طبقات روش TWINSPLAN اصلاح شده، نتایج بهتری را ارائه می‌دهد.

با توجه به این که شاخص‌های تنوع بتا اختلافات ترکیب پوشش گیاهی دو ناجیه را به صورت کمی نشان می‌دهند و از طرفی عمدۀ تغییرات در ترکیب پوشش گیاهی جوامن گیاهی ناشی از تغییرات در عوامل محیطی است، بنابراین می‌توان با بررسی روابط تغییرات شاخص‌های تنوع بتا و تغییرات عوامل محیطی به‌دلیل اصلی تغییرات ترکیب پوشش گیاهی در یک ناجیه پی برد. به عبارتی می‌توان در کنار تجزیه‌های خوشه‌بندی و رسته‌بندی از شاخص‌های تنوع بتا نیز استفاده کرد. در این ارتباط مطالعات زیادی در داخل و خارج کشور انجام شده است (۲۴، ۲۳، ۱۷، ۲۰).

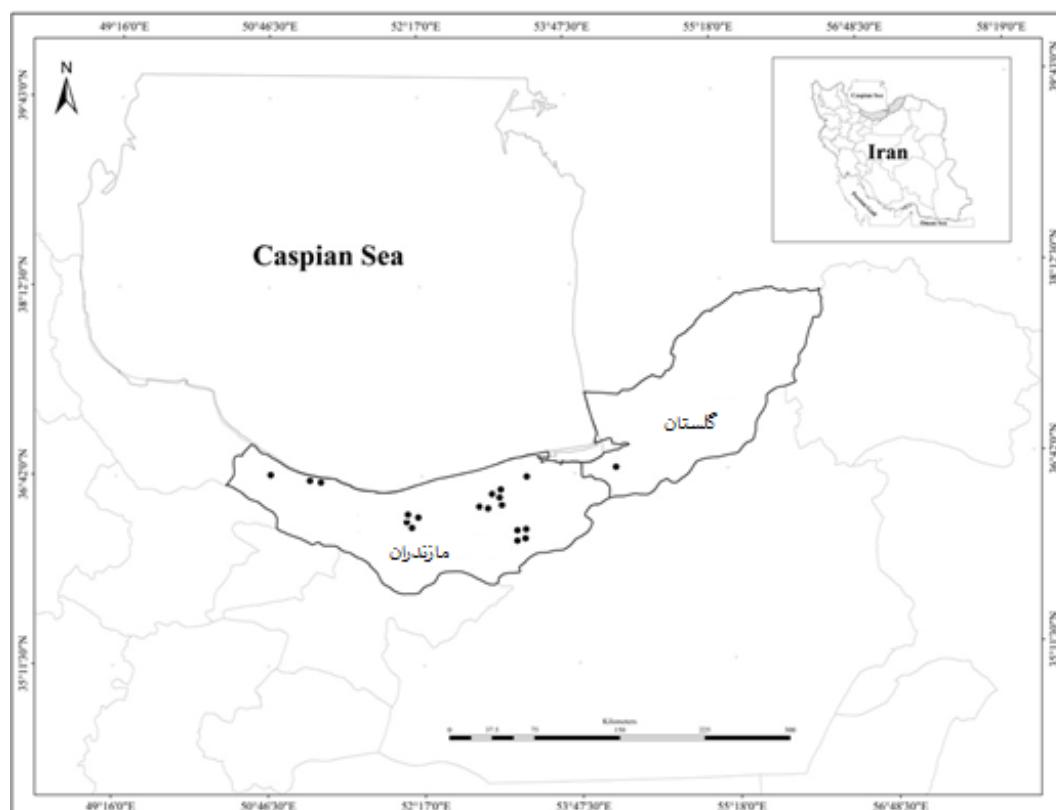
هرچند تاکنون مطالعات پراکنده‌ای در خصوص تغییرات تنوع بتا در پوشش‌های گیاهی مختلف دنیا و ارتباط این شاخص‌ها با عوامل محیطی انجام شده است (۱۹، ۲۹)، اما لزوم انجام این قبیل مطالعات در پوشش‌های گیاهی متعدد ایران احساس می‌شود. جنگل‌های پهن‌برگ خزان کننده از پوشش‌های گیاهی مناطق معتدله شمال آفریقا، غرب اوراسیا و شرق آسیا هستند که به‌دلیل وجود فعالیت‌های انسانی فراوان در این رویشگاه‌ها، سطوح وسیعی از این جنگل‌ها از بین رفته و یا تغییر کاربری داده‌اند؛ تا این که امروزه بازمانده‌های نسبتاً کوچکی از آن‌ها باقی‌مانده است. یکی از این مناطق، جنگل‌های هیرکانی شمال ایران با قدمتی بیش از ۴۰ میلیون سال است که از نظر تنوع گونه‌های گیاهی دارای ویژگی‌های منحصر به‌فرد می‌باشد (۲۶).

شمشاد هیرکانی یکی از گونه‌های منحصر به‌فرد و از محدود درختان پهن‌برگ همیشه سبز جنگل‌های هیرکانی با دیرزیستی بالا (بالغ بر ۵۰۰ سال) است و علی‌رغم تولیدات زیستی بالارزش، متأسفانه همواره مورد بی‌توجهی قرار گرفته و سطوح وسیعی از جنگل‌های آن نابود شده است. امروزه به‌دلیل کاهش چشمگیر جنگل‌های شمشاد و بروز بیماری سوختگی شمشاد (Box blight) در لیست گونه‌هایی در معرض خطر جنگل‌های خزری قرار دارد (۲). در این ارتباط، مطالعه جامع بوم‌شناختی ویژگی‌های اجتماعی گونه‌های بومی و در معرض خطر جنگل‌های شمال نظری شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark.) هدف از این مطالعه معرفی، تعیین روابط و ارزیابی هجده

(Average linkage) خوشه‌بندی به روش اتصال میانگین (Average linkage) روابط بین شاخص‌ها تعیین شد. به منظور تعیین روابط شاخص‌های مختلف تنوع بنا از تحلیل تطبیقی ناریپ (Detrended correspondence analysis) یا DCA استفاده شد (۲۱). با توجه به این که مقادیر شاخص‌های تنوع بنا بیانگر اختلاف ترکیب پوشش گیاهی یک قطعه نمونه با دیگر قطعات نمونه بانک اطلاعاتی پوشش گیاهی مورد استفاده در این پژوهش است، بنابراین از تحلیل چندمتغیره تشخیص برای تعیین معنی‌داری مقادیر شاخص‌های تنوع بنا در بین جوامع گیاهی حاصل از طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد و نیز تعیین درصد قطعات نمونه‌ای که بر مبنای شاخص‌های تنوع بنا درست طبقه‌بندی شده، استفاده شد. درواقع، در این روش بر اساس ترکیب خطی مقادیر شاخص‌های تنوع بنا، یک سری توابع تشخیص ایجاد می‌شود که برای تعیین صحت طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد بر مبنای شاخص‌های تنوع بنا به کار گرفته شد.

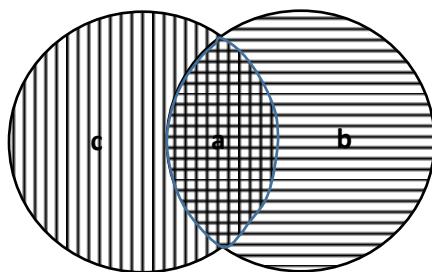
### تحلیل داده‌ها

در این پژوهش به منظور طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد از روش طبقه‌بندی نظرارت شده ترکیب گونه‌های معرف (Cocktail) استفاده شد (۴). برای محاسبه شاخص‌های مختلف تنوع بنا از بسته 'vegan' نرمافزار R استفاده شد (۳۰). به منظور بررسی روابط بین شاخص‌های مختلف تنوع بنا نخست مقدار عددی هر یک از شاخص‌ها برای هر قطعه نمونه محاسبه شد. سپس با توجه به تعداد ۴۰۱ قطعه نمونه موجود در بانک اطلاعاتی شمشاد، برای هر قطعه نمونه، تعداد ۴۰۰ مقدار عددی با توجه به مقایسه‌های دودویی در محاسبه شاخص‌های تنوع بنا، برای هر شاخص به دست آمد. در ادامه میانگین این ۴۰۰ عدد به عنوان مقدار عددی آن شاخص برای هر قطعه نمونه در نظر گرفته شد و توسط این مقادیر ماتریس قطعه نمونه-شاخص تنوع بنا ( $401 \times 18$ ) تشکیل شد. در خاتمه با بهره‌گیری از روش‌های عددی خوشه‌ای (Cluster) و Bray-Curtis analysis و بر اساس ضریب فاصله



شکل ۱- مناطق مورد مطالعه در استان‌های گلستان و مازندران. رویشگاه‌های نمونه برداری شده به صورت نقطه‌های پرنگ در شکل نشان داده شدند

Figure 1. Map of the study area in Golestan and Mazandaran provinces. Dots indicate sampling locations corresponding to the *Buxus hyrcana* dataset



شکل ۲- احتمال پراکنش یک گونه در بین دو قطعه‌نمونه. a) تعداد گونه‌های مشترک بین دو قطعه‌نمونه، b) تعداد گونه‌های موجود در قطعه‌نمونه غیر هدف، c) تعداد گونه‌های موجود در قطعه‌نمونه هدف (۲۲)

Figure 2. The possible spatial distribution of a species across a pair of quadrats. (a) total number of species that occur in both quadrats; (b) total number of species that occur in the neighbouring quadrat but not in the focal one; and (c) total number of species that occur in the focal quadrat but not in the neighbouring one

جدول ۱- شاخص‌های تنوع بتا بر اساس داده‌های حضور و غیاب (مؤلفه‌های a، b و c در شکل ۱ تشریح شده‌اند)

Table 1. Beta diversity measures for presence/absence data (components of a, b and c explained in Figure 1)

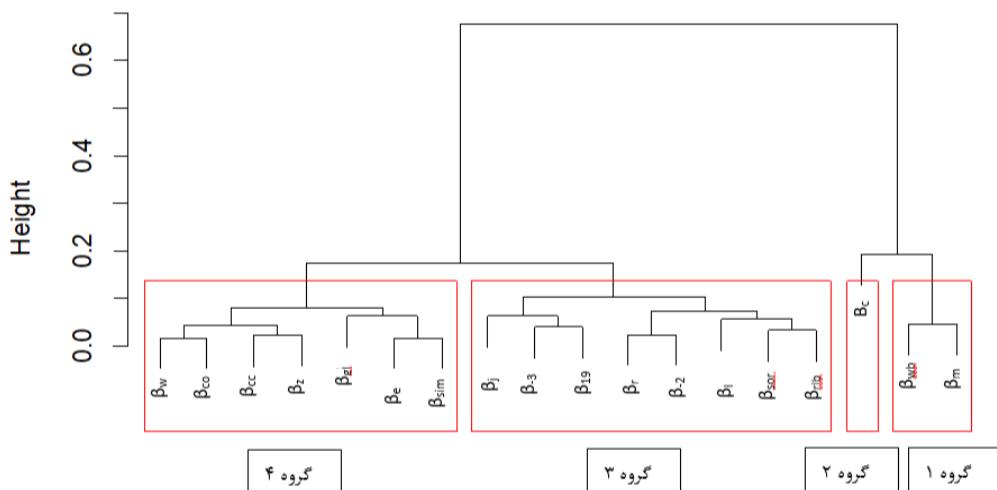
منبع	معادله	شماره
(۱۹)	$B_w = \frac{a + b + c}{(2a + b + c)/2} - 1$	۱
(۱۸)	$B_c = \frac{b + c}{2}$	۲
(۳۸)	$B_{wb} = b + c$	۳
(۳۷)	$B_r = \frac{(a + b + c)^2}{(a + b + c)^2 - 2bc} - 1$	۴
(۴۳)	$B_I = \log(2a + b + c) - \left[ \frac{1}{2a + b + c} 2a \log 2 \right] - \left[ \frac{1}{2a + b + c} ((a + b) \log(a + b) + (a + c) \log(a + c)) \right]$	۵
(۴۴)	$B_e = \exp \left( \log(2a + b + c) - \left[ \frac{1}{2a + b + c} 2a \log 2 \right] - \left[ \frac{1}{2a + b + c} ((a + b) \log(a + b) + (a + c) \log(a + c)) \right] \right) - 1$	۶
(۳۷)	$B_j = \frac{a}{a + b + c}$	۷
(۳۷)	$B_{sor} = \frac{2a}{2a + b + c}$	۸
(۲۵)	$B_m = (2a + b + c) \left[ 1 - \frac{a}{a + b + c} \right]$	۹
(۱۸)	$B_{-2} = \frac{\min(b, c)}{\max(b, c) + a}$	۱۰
(۸)	$B_{co} = 1 - \frac{a(2a + b + c)}{2(a + b)(a + c)}$	۱۱
(۱۶)	$B_{cc} = \frac{b + c}{a + b + c}$	۱۲
(۴۱)	$B_{-3} = \frac{\min(b, c)}{a + b + c}$	۱۳
(۴۱)	$B_{19} = \frac{bc + 1}{((a + b + c)^2 - (a + b + c))/2}$	۱۴
(۳۶)	$B_{rlb} = \frac{a}{a + c}$	۱۵
(۲۲)	$B_{sim} = \frac{\min(b, c)}{\min(b, c) + a}$	۱۶
(۲۲)	$B_{gl} = \frac{2 b - c }{2a + b + c}$	۱۷
(۲۲)	$B_z = 1 - \left[ \log \left( \frac{2a + b + c}{a + b + c} \right) / \log 2 \right]$	۱۸

می‌توان به ترتیب گروه شاخص سورنسون  $B_{sor}$  و شاخص  $B_w$  نامید. در این دو گروه از شاخص‌ها، همواره مقادیر شاخص تنوع بنا به عنوان نسبتی از تعداد گونه‌های غیرمشترک به گونه‌های مشترک در گروه‌های هدف و غیر هدف ارائه می‌شود.

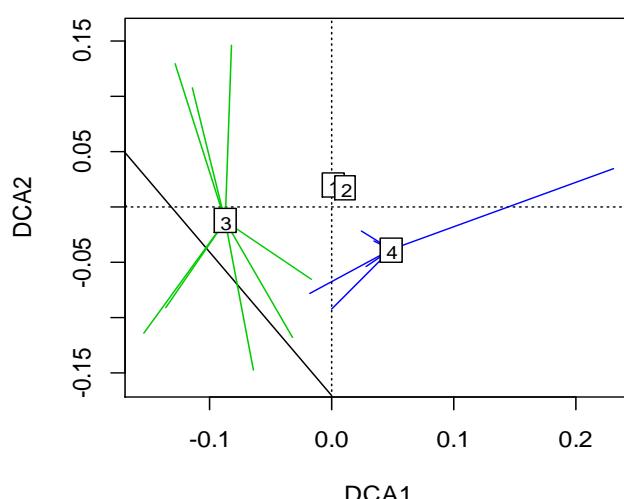
نتایج طبقه‌بندی ۴۰۱ قطعه‌نمونه پوشش گیاهی رویشگاه‌های شمشاد با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده ترکیب گونه‌های معرف منجر به شناسایی چهار اتحادیه گیاهی (Taxo baccatae- *Buxoion hyrcanea*) سرخدار- شمشاد با ۸۶ قطعه‌نمونه، راش- شمشاد ۷۱ (*Fago orientalae- Buxoion hyrcanea*) *Parrotio persicae-* شمشاد (قطعه‌نمونه، انگلی) با ۱۳۹ (*Buxoion hyrcanea*) با ۱۰۵ (*Zelko carpinifoliae- Buxoion hyrcanea*) قطعه‌نمونه شد.

## نتایج و بحث

نتایج خوشبندی ۱۸ شاخص تنوع بنا منجر به شناسایی چهار گروه متمایز (گروه اول شامل شاخص‌های  $B_{wb}$  و  $B_m$ ، گروه دوم شامل شاخص  $B_c$ ، گروه سوم شامل شاخص‌های  $B_{rlb}$ ،  $B_r$ ،  $B_{l2}$ ،  $B_{sor}$ ،  $B_{rlb}$  شاخص‌های  $B_w$  و  $B_{co}$ ،  $B_{cc}$ ،  $B_z$ ،  $B_{gl}$ ،  $B_e$ ،  $B_{sim}$  از یکدیگر شد (شکل ۳) که گروه‌های اول و دوم در تحلیل DCA دارای فاصله کمی از یکدیگر بودند. درواقع بر اساس تحلیل DCA می‌توان گروه اول و دوم را یک گروه قلمداد کرد (شکل ۴). این دو گروه شامل سه شاخص  $B_{wb}$ ،  $B_m$  و  $B_c$  می‌باشند که هر سه این شاخص‌ها فقط به تعداد گونه‌های غیرمشترک در گروه هدف و غیر هدف (مؤلفه b و c) می‌پردازد. به عبارت دیگر به نسبت گونه‌های غیرمشترک به گونه‌های مشترک توجهی ندارد (۲۲). گروه‌های سوم و چهارم را



شکل ۳- دارنگاره طبقه‌بندی خوشبندی شاخص‌های تنوع بنا  
Figure 3. Dendrogram of cluster analysis of beta diversity indicators



شکل ۴- توزیع چهار گروه حاصل از خوشبندی تنوع بنا با استفاده از روش DCA  
Figure 4. Distribution of four groups resulted from beta diversity clustering by using DCA method

ضرایب همبستگی تطبیقی  $-9/49$  و  $7/90$  درصد شکل گرفتند (جدول ۴).

در نهایت جدول توافقی تحلیل تشخیص، صحت طبقه‌بندی اتحادیه‌های گیاهی شمشاد بر مبنای ۱۸ شاخص تنوع بتا را  $64/1$  درصد نشان می‌دهد (جدول ۵). درواقع عضویت پذیری مشابه رولوهای در دو سری از طبقات یعنی اتحادیه‌های حاصله از روش براون-بلانکه با گروه‌های حاصله از تحلیل تشخیص که بر مبنای مقادیر عددی تعداد ۱۸ شاخص تنوع بتا به عمل آمد معادل  $64/1$  درصد است. در این ارتباط می‌توان بیان کرد که طبقه‌بندی تحلیل تشخیص بر مبنای مقادیر شاخص‌های تنوع بتا عمدۀ قطعات نمونه راش-شمشاد را به اتحادیه انگلی شمشاد تشخیص داده است و درواقع می‌توان گفت این دو اتحادیه را یکی دانسته است (شکل ۵).

نتایج تجزیه تحلیل تشخیص نشان داد که از میان شاخص‌های مختلف تنوع بتا فقط شاخص‌های  $B_{rlb}$ ,  $B_c$ ,  $B_m$ ,  $B_{co}$ ,  $B_I$  و  $B_e$  در تابع تشخیص قرار گرفته که هر کدام در سطح خطای یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). این تحلیل نشان داد که با استفاده از هفت شاخص مذکور تعداد سه تابع تشخیص تشکیل شدند. میزان اهمیت تابع سه‌گانه بر مبنای سهم تبیین واریانس آنها از تابع اول ( $85/2\%$ ) تا به تابع دوم ( $13/3\%$ ) و سوم ( $1/5\%$ ) بهشت کاهش می‌یابد (جدول ۳). تابع اول بر اساس شاخص‌های  $B_m$  و  $B_c$  با ضرایب همبستگی تطبیقی (Canonical Correlation)  $5/67$  و  $5/72$  درصد، تابع دوم بر اساس شاخص‌های  $B_I$  و  $B_e$  با ضرایب همبستگی تطبیقی  $11/35$  و  $10/49$  درصد و تابع سوم مشابه تابع اول بر اساس شاخص‌های  $B_c$  و  $B_m$  با

جدول ۲- پارامترهای آماری متغیرهای وارد شده در تابع تشخیص

Table 2. The variables entered in the discriminant functions

P	مقدار	Wilks Lambda	آماره	شاخص‌های تنوع بتا
.	۰/۰۰	۹۴/۰۳		$B_m$
.	۰/۰۰۰	۱۰۰/۷۱		$B_c$
.	۰/۰۰۰۰	۷۰/۰۲۷		$B_{rlb}$
.	۰/۰۰۰۰۰	۵۸/۰۲۷		$B_{co}$
.	۰/۰۰۰۰۰۰	۵۱/۰۴۲		$B_I$
.	۰/۰۰۰۰۰۰۰	۴۸/۰۶۶		$B_e$
.	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰	۴۳/۰۰۶		

جدول ۳- خلاصه آماره‌های تابع تشخیص کانوئی

Table 3. Summary of canonical discriminant functions

P	مقدار	کای اسکویر	درجه آزادی	Wilks Lambda	آماره	ضریب همبستگی کانوئی	درصد تبیین واریانس	مقدار ویژه	توابع تشخیص
.	۰/۰۰۰	۶۶۹/۰۲	۲۱	۰/۱۸		۰/۸۵	۸۵/۲	۲۶۷	۱
.	۰/۰۰۰	۱۵۵/۶۸	۱۲	۰/۶۷		۰/۵۴	۱۳/۳	۰/۴۲	۲
.	۰/۰۰۳	۱۸/۲۰	۵	۰/۹۵		۰/۲۱	۱/۵	۰/۰۵	۳

جدول ۴- ضرایب کانوئی استاندارد شده شاخص‌های تنوع بتا و تابع تشخیص

Table 4. Standardized canonical discriminant functions coefficients and bata diversity indictors

تابع تشخیص			شاخص‌های تنوع بتا
تابع ۳	تابع ۲	تابع ۱	
-۹/۴۹	-۰/۵۴	-۵/۶۷	$B_c$
-۴/۵۲	۱۱/۵	-۱/۰۱	$B_I$
۲/۸۳	-۱۰/۴۹	-۲/۳۹	$B_e$
۷/۹۰	-۰/۷۱	۵/۷۲	$B_m$
-۰/۸۸	-۱/۰۴	۲/۱۷	$B_{rlb}$
۴/۲۶	-۰/۳۶	۳/۳۴	$B_{co}$
۱/۰۸	-۰/۰۱	۱/۲۷	$B_{rlb}$

دو روش طبقه‌بندی را  $64/1$  درصد برآورد می‌کند. این کاهش میزان انطباق مربوط به تخصیص ۵۰ قطعه‌نمونه از ۷۱ قطعه‌نمونه اتحادیه راش-شمشاد به اتحادیه انگلی شمشاد در تجزیه تابع تشخیص است. با توجه به این که اتحادیه‌های گیاهی مزبور از نواحی ساحلی دریای مازندران (۲۵) تا ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا با انواع گونه‌های درختی با نیازهای بوم‌شناختی متفاوت (مانند آزاد، راش، انگلی و سرخدار) پراکنش داشتند، وجود چهار اتحادیه گیاهی بر پایه ترکیب پوشش گیاهی آنها دور از انتظار نیست. با این حال عدم تکیک اتحادیه‌های سوم و چهارم با توجه به ماهیت عددی

بررسی انطباق گروه‌های به دست آمده از این تحلیل با تعداد چهار اتحادیه گیاهی که بر اساس روش تجزیه جدولی براون-بلانکه شناسایی شدند، حاکی از آن است که واحدهای اول تا چهارم تجزیه تشخیص به ترتیب متناظر اتحادیه‌های سرخدار-شمشاد، راش-شمشاد، انگلی-شمشاد و آزاد-شمشاد می‌باشند. در این ارتباط این تجزیه نتوانست تکیک روشنی بین اتحادیه‌های راش-شمشاد و انگلی-شمشاد را نمایش دهد (شکل ۳). بررسی عضویت پذیری مشابه رولوهای در دو سیستم طبقه‌بندی براون-بلانکه و تابع تشخیص بر اساس مقادیر شاخص‌های تنوع بتا میزان انطباق

به گونه‌های حذف شده این دو رویشگاه کم بوده و درنتیجه مقادیر عددی شاخص‌های تنوع بنا آنها مشابه یکدیگر است. ازین‌رو در تابع تشخیص نتیجکی روشی بین این دو اتحادیه مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که طبقه‌بندی رویشگاه‌های شمشاد بر مبنای مقادیر عددی شاخص‌های تنوع بنا (با استفاده از تابع تشخیص) منجر به ارائه یک طبقه‌بندی منطقی از جوامع گیاهی شمشاد شده و بر این نکته تأکید دارد که مقادیر شاخص‌های تنوع بنا ابزاری مناسب جهت شناسایی جوامع گیاهی شمشاد است؛ به شرطی که عمل کرد گونه‌ها (Species turnover) در این جوامع گیاهی بالا باشد.

همچنین نتایج تحلیل تشخیص نشان داد که از میان ۱۸ شاخص تنوع بنا که در تحلیل تشخیص وارد شدند، تنها هفت شاخص  $B_{m}$ ,  $B_{c}$ ,  $B_{lrb}$ ,  $B_{-2}$ ,  $B_{c}$ ,  $B_{-1}$  و  $B_{e}$  در توابع تشخیص قرار گرفته که از این تعداد چهار شاخص  $B_{m}$ ,  $B_{c}$ ,  $B_{lrb}$  و  $B_{-1}$  همبستگی تطبیقی بالایی با سه تابع تشخیص داشتند. ازین‌رو، می‌توان از میان ۱۸ شاخصی تنوع بنا که بر اساس داده‌های حضور و غیاب عمل می‌کنند، چهار شاخص مزبور را برای استفاده پژوهشگران پیشنهاد کرد.

شاخص‌های تنوع قابل درک است. آنچه منجر به تغییر مقدار عددی شاخص‌های تنوع بنا (به خصوص شاخص‌هایی که بر مبنای داده‌های حضور و غیاب عمل می‌کنند) می‌شود، عمل کرد گونه‌ها (Species turnover) است. عمل کرد گونه‌ها یعنی وقتی از یک قطعه‌نمونه به قطعه‌نمونه بعدی می‌رویم، چه تعدادی از گونه‌ها حذف و به‌وسیله چه تعداد از گونه‌های جدید جایگزین می‌شوند (۱).

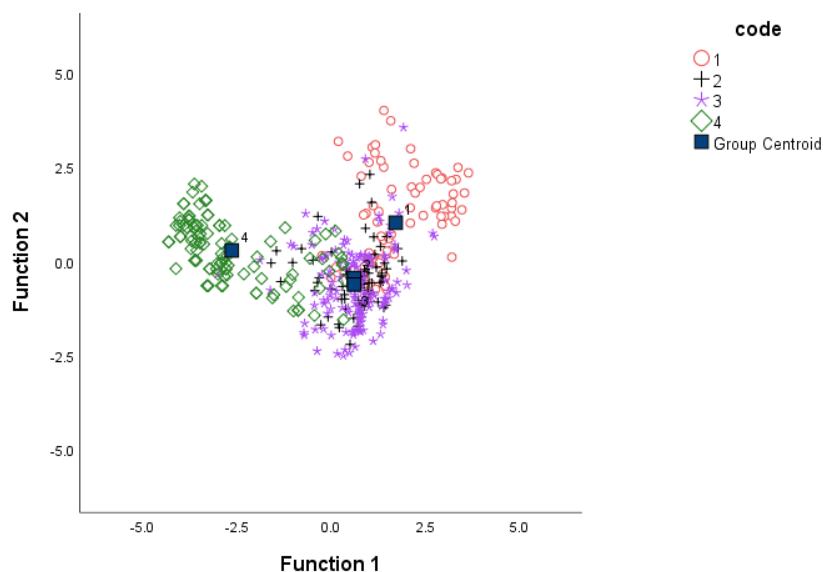
می‌دانیم که گونه آزاد گونه‌ای دمپسند و گونه سرخدار رطوبت پسند بوده و رویشگاه‌های این دو (اتحادیه سرخدار-شمشاد با میانگین ارتفاع از سطح دریا ۷۵۰ متر و اتحادیه آزاد-شمشاد با میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰ متر) از نظر ارتفاعی کاملاً از هم مجزا می‌باشند، ازین‌رو اتحادیه‌های آن‌ها ترکیب گیاهی کاملاً متفاوتی با دیگر اتحادیه‌های شمشاد داشته (یعنی گونه‌های منحصر به فرد بیشتری دارند) و به‌وضوح نیز توسط مقادیر عددی شاخص‌های تنوع بنا در تابع تشخیص از آنها تفکیک شدن. اگرچه تفاوت در ترکیب پوشش گیاهی منجر به تفکیک دو اتحادیه راش-شمشاد و انجلی-شمشاد در روش طبقه‌بندی براون بلانکه از هم جدا شدن، ولی با توجه به قرابت رویشگاهی این دو اتحادیه و درنتیجه اشتراکات گونه‌ای بیشتر، نسبت گونه‌های اضافه شده

جدول ۵- عضویت پذیری رولوه‌ها و صحت طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد

Table 5. Predicted group plots membership of discriminant analysis of *Buxus hyrcana* associations

درصد انطباق	تعداد رولوه‌ها	اتحادیه‌های پیش‌بینی شده تحلیل تشخیص بر مبنای شاخص‌های تنوع بنا				اتحادیه‌های طبقه‌بندی شده به روش براون-بلانکه
		آزاد- شمشاد	-انجلی- شمشاد	راش- شمشاد	سرخدار- شمشاد	
۶۲/۸۰	۸۶	.	۲۸	۴	۵۴	سرخدار-شمشاد
۱۴/۰۸	۷۱	۳	۵۰	۱۰	۸	راش-شمشاد
۷۸/۴۲	۱۳۹	۴	۱۰۹	۱۳	۱۳	انجلی-شمشاد
۸۰	۱۰۵	۸۴	۱۵	۶	.	آزاد-شمشاد

میانگین درصد انطباق = ۶۴/۱٪



شکل ۵- دوگانه تحلیل تشخیص اتحادیه‌های گیاهی شمشاد بر اساس شاخص‌های تنوع بنا  $B_{m}$ ,  $B_{c}$ ,  $B_{lrb}$ ,  $B_{-2}$ ,  $B_{-1}$  و  $B_{e}$  (کد ۱: اتحادیه سرخدار-شمشاد کد ۲: اتحادیه راش-شمشاد کد ۳: اتحادیه انجلی-شمشاد کد ۴: اتحادیه آزاد-شمشاد)

Figure 5. Canonical discriminant function of Box alliances based on beta diversity indices

## منابع

- Anderson, M.J., T.O. Crist, J.M. Chase, M. Vellend, B.D. Inouye, A.L. Freestone and S.P. Harrison. 2011. Navigating the multiple meanings of  $\beta$  diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology letters*, 14(1): 19-28.
- Asadi, H., O. Esmailzadeh, S.M. Hosseini, Y. Asri and H. Zare. 2016. Application of Cocktail method in vegetation classification. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 8(26): 21-38.
- Asri, Y. 1995. Phytosociology. Payame Noor University, Tehran (In Persian).
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie*. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien.
- Brown, J.H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press.
- Blackburn, T.M. and Gaston, K.J. 1996. The distribution of bird species in the New World: patterns in species turnover. *Oikos*, 146-152.
- Cody, M.L. 1975. Towards a theory of continental species diversities. *Ecology and evolution of communities*, 214-257.
- Cody, M.L. 1993. Bird diversity components within and between habitats in Australia. *Species Diversity in Ecological Communities: historical and geographical perspectives* (eds R.E. Ricklefs and D. Schlüter), pp: 147-158. University of Chicago Press, Chicago
- Dengler, J., M. Chytry, and J. Ewald, 2008. Phytosociology. In: *Encyclopedia of ecology*. (Eds. Jorgensen, S.E. and Fath, B.D.) 2767-2779. Elsevier, Amsterdam.
- Dexter, K.G., J.W. Terborgh and C.W. Cunningham. 2012. Historical effects on beta diversity and community assembly in Amazonian trees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109: 7787-7792.
- Ejtehadi, H., A. Sepehry and H. Akkafi. 2008. Methods of measuring biodiversity, Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad.
- Esmailzadeh, O., S. Soleymanipor, S. Hosseini and H. Asadi. 2015. New stopping rules for dendrogram classification in TWINSPAN. *Taxonomy and Biosystematics*, 7(25): 53-68.
- Ferrier, S. 2002. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here?. *Systematic biology*, 51(2): 331-363.
- Gaston, K.J. and T.M. Blackburn. 2000. *Pattern and Process in Macroecology*. Blackwell Science, Oxford.
- Gaston, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405(6783), 220.
- Gaston, K.J., A.S.L. Rodrigues, B.J. Van Rensburg, P. Koleff and S.L. Chown. 2001. Complementary representation and zones of ecological transition. *Ecology Letters*, 4(1): 4-9.
- Ghelishli, F., A. Sepehry, M. Akbarlo and S.Z. Mirdelimi. 2015. Defining main environmental gradient in rangeland habitats using  $\beta$  diversity (Case study: Chaharbagh rangelands of Golestan Province). *Journal of Rangeland*, 3(1): 51-62.b
- Harrison, S., S.J. Ross and J.H. Lawton. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 151-158.
- Heidari, M., F. Marzban, F. Marzban, O. Reza, B. Masoud, P. David and P. Bernard. 2019. Interaction between climate and management on beta diversity components of vegetation in relation to soil properties in arid and semi-arid oak forests, Iran. *Journal of Arid Land*, 1-15.
- Jouri, M.H. 2016. Evaluation of the Effects of Range Management Using SHE and Diversity Indices. *Journal of Environmental Studies*, 42(1): 229-244.
- Kent, M. 2011. Vegetation description and data analysis: a practical approach. John Wiley and Sons.
- Koleff, P., K.J. Gaston and J.J. Lennon. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*, 72(3): 367-382.
- Legendre, P., X. Mi, H. Ren, K. Ma, M.Yu, I.F. Sun and F. He. 2009. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China. *Ecology*, 90(3): 663-674.
- Legendre, P. and M. De Cáceres. 2013. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. *Ecology letters*, 16(8), 951-963.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Croom-Helm, London.
- Marvie Mohadjer M.R. 2005. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, IR.
- Mourelle, C. and E. Ezcurra. 1997. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. *Journal of Vegetation Science*, 8(4): 547-558.
- Myers, J.A., J.M. Chase, I. Jiménez, P.M. Jørgensen, A. Araujo-Murakami, N. Paniagua-Zambrana and R. Seidel. 2012. Beta-diversity in temperate and tropical forests reflects dissimilar mechanisms of community assembly. *Ecology Letters* 16:e12021.
- Nascimbene, J. and D. Spitale. 2017. Patterns of beta-diversity along elevational gradients inform epiphyte conservation in alpine forests under a climate change scenario. *Biological Conservation*, 216: 26-32.
- Oksanen, J., R. Kindt, P. Legendre, B. O'Hara, M.H.H. Stevens, M.J. Oksanen and M.A.S.S. Suggests. 2007. The vegan package. *Community ecology package*, 10.

31. Poynton, J.C. and R.C. Boycott. 1996. Species turnover between Afromontane and eastern African lowland faunas: patterns shown by amphibians. *Journal of Biogeography*, 23(5): 669-680.
32. Price, A.R.G., M.J., Keeling and C.J. O'callaghan. 1999. Ocean-scale patterns of 'biodiversity' of Atlantic asteroids determined from taxonomic distinctness and other measures. *Biological Journal of the Linnean Society*, 66(2): 187-203.
33. Ramezani, E., M.R., Marvie Mohadjer, H.D. Knapp, H. Ahmadi and H. Joosten. 2008. The late-Holocene vegetation history of the Central Caspian (Hyrcanian) forests of northern Iran. *The Holocene*, 18(2): 307-321.
34. Routledge, R.D. 1977. On Whittaker's components of diversity. *Ecology*, 58(5): 1120-1127.
35. Routledge, R.D. 1984. Estimating ecological components of biodiversity. *Oikos*, 42: 23-29.
36. Ruggiero, A., J.H. Lawton and T.M. Blackburn. 1998. The geographic ranges of mammalian species in South America: spatial patterns in environmental resistance and anisotropy. *Journal of Biogeography*, 25(6), 1093-1103.
37. Southwood, T.R.E. and P.A. Henderson. 2000. *Ecological Methods*. Blackwell Science, Oxford.
38. Weiher, E. and C.W. Boylen. 1994. Patterns and prediction of  $\alpha$  and  $\beta$  diversity of aquatic plants in Adirondack (New York) lakes. *Canadian Journal of Botany*, 72(12): 1797-1804.
39. Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological monographs*, 30(3): 279-338.
40. Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 213-251.
41. Williams, P.H. 1996. Mapping variations in the strength and breadth of biogeographic transition zones using species turnover. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 263(1370): 579-588.
42. Williams, P.H., H.M. de Klerk and T.M. Crowe. 1999. Interpreting biogeographical boundaries among Afrotropical birds: spatial patterns in richness gradients and species replacement. *Journal of Biogeography*, 26(3): 459-474.
43. Wilson, M.V. and A. Shmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *The Journal of Ecology*, 1055-1064.

## Evaluation of Beta diversity Indices in Identifying Vegetation Differences of *Buxus hyrcana* Plant Communities in the Hyrcanian Forests

**Seyedeh Fatemeh Hosseini<sup>1</sup>, Hamed Asadi<sup>2</sup>, Hamid Jalilvand<sup>3</sup> and Omid Esmailzadeh<sup>4</sup>**

1 and 3- M.Sc. Student and Professor, Department of Forest Sciences and Engineering, Natural Resources Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2- Assistant Professor, Department of Forest Sciences and Engineering, Natural Resources and Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University (Corresponding author: h.asadi@sanru.ac.ir)

4- Assistant Professor, Forest Science and Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University

Received: November 26, 2019

Accepted: January 27, 2020

### Abstract

The Increase in studies of beta diversity has led to several measures and methods. The variety of theses indicators cause their use in confusion. The aim of this study was to evaluate and determine the relationships between 18 different beta diversity indices based on presence and absense data. For this purpose, *Buxus hyrcana* database in Golestan and Mazandaran provinces was used. Clustering results showed that these 18 indices classified into 4 distinct groups with similar performance. Evaluation of clustering results by Detrended correspondence analysis (DCA) analysis showed that the indices of the four groups of cluster analysis can be separated into three distinct groups. From basis of combined results of discriminant analysis and Braun-Blanquet method, three vegetation units were recognized, which had 64.1 percent coincide with phytosociological plant communities in Braun- Blanquet method. Also, among of 18 beta diversity indices included in the discriminant analysis, only  $B_m$ ,  $B_c$ ,  $B_{-2}$ ,  $B_{rlb}$ ,  $B_{co}$ ,  $B_I$  and  $B_e$  were added in three functions. Among these 7 indices, them,  $B_m$ ,  $B_c$ ,  $B_I$  and  $B_e$  had a high canonical correlation with the three discriminant analysis functions. totally, the results of this study showed that many beta diversity indices based on presence and absense data have similar performance, and the numerical values of beta biodiversity indices are a good criterion for identifying *Buxus hyrcana* plant communities, provided that species turnover in these plant communities being high.

**Keywords:** Plant biodiversity, Cluster analysis, Vegetation classification, Species turnover