دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

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

سیده فاطمه حسینی[۱]، حامد اسدی[۲]، حمید جلیلوند[۳]، امید اسماعیل‌زاده[۴]

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 مسوول: 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 درزمینه تنوع بتا 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 بتا بر اساس مقادیر داده‌های حضوروغیاب ترکیب پوشش گیاهی جوامع شمشاد هیرکانی در دو استان گلستان و مازندران بود. نتایج طبقه‌بندی به روش خوشه‌ای نشان داد که شاخص‌های ۱۸ گانه مزبور را می‌توان در چهار گروه طبقه‌بندی کرد. ارزیابی گروه‌های حاصل از روش خوشه‌بندی توسط تجزیه تطبیقی قوس‌گیری شده (DCA) نشان داد که شاخص‌های چهار گروه تجزیه خوشه‌ای در سه گروه مجزا قابل‌تفکیک می‌باشند. بررسی انطباق گروه‌های به‌دست‌آمده از تحلیل تشخیص بر مبنای مقادیر شاخص‌های تنوع بتا با تعداد چهار اتحادیه گیاهی که با روش سنتز جدولی براون- بلانکه شناسایی شدند، انطباق ٦٤/١ درصد را نشان داد. همچنین نتایج تحلیل تشخیص مشخص کرد که از میان ۱۸ شاخص تنوع بتا که در تحلیل تشخیص وارد شدند، تنها هفت شاخص B_m، B_c، B_{-2}، B_{rlb}، B_{co}، B_I و B_e در توابع تشخیص قرارگرفته که از این تعداد چهار شاخص B_m، B_c، B_I و B_e همبستگی تطبیقی بالایی با سه تابع تحلیل تشخیص داشتند. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که بسیاری از شاخص‌های تنوع بتا 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 عمل‌کرد حضور و غیاب گونه‌ها در این جوامع گیاهی بالا باشد.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی گیاهی، تحلیل خوشه‌ای، طبقه‌بندی پوشش گیاهی، عمل‌کرد گونه‌ها

مقدمه

تنوع زیستی در سطحی گسترده در مطالعات پوشش گیاهی به‌عنوان 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 برآورد پیامدهای تخریب جنگل با توجه به فعالیت‌های انسانی و نیز ارزیابی تأثیر راه‌کارهای حفاظتی در هر رویشگاه به‌ویژه در جنگل‌های حفاظت‌شده موضوعی مهم برای مطالعه بوم‌سازگان‌ها و حفاظت آنها است (۱۳، ۱۱). همچنین شناخت الگوهای مکانی تنوع در بوم‌سازگان‌ها، از بخش‌های مهم حفاظت زیستی آنها به‌ویژه در جنگل‌های پهن‌برگ 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 بتا یا تمایزی بین زیستگاهی یا گرادیان‌های محیطی و تنوع گاما یا تنوع منطقه‌ای تفسیر می‌شوند (۱). تنوع بتا یا میزان تغییرات گونه‌ها، معیارِ اندازه‌گیری تفاوت‌های ترکیب گونه‌ای در بین دو یا چند اجتماع محلی و یا بین اجتماعات محلی و منطقه‌ای و همین‌طور تغییرات تدریجی در گرادیان های محیطی است (۱). برای یک سطح مشخص از غنای گونه‌ای منطقه‌ای، هنگامی‌که تنوع بتا افزایش پیدا می‌کند، پراکنش محلی گونه‌ها نیز افزایش می‌یابد و هر قطعه نمونه فرضی در منطقه سهم کمتری از غنای گونه‌ای آن منطقه را به خود اختصاص می‌دهد. در واقع تنوع بتا جنبه مهمی از الگوهای مکانی تنوع زیستی را در بر می‌گیرد (۷،۴۰،۳۹). بااین‌وجود، در مقایسه با تنوع آلفا که مطالعات زیادی روی آن انجام گرفته، توجه کمتری به تنوع بتا 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 متمرکزشده است. درصورتی‌که تنوع بتا به فهم بوم‌شناسان در مورد پراکنش مکانی گونه‌ها و فرآیندهای تعیین‌کننده این الگوهای پراکنش در مقیاس‌های مختلف کمک بیشتری می‌کند (۱۰، ۲۸).

از زمانی که ویتاکر پیشنهاد داد که تنوع بتا باید به‌صورت 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 بتا یک معیار اندازه‌گیری جدید ارائه شده است. عمده مطالعاتی که از شاخص‌های مختلف تنوع بتا استفاده‌شده 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 جغرافیای زیستی یا الگوی تغییرات اکوتون‌ها (مرزها) و کاربردهای آنها برای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی است (۳۶،۴۱،۳۱). برای گردآوری و مقایسه‌ی روش‌های مختلف اندازه‌گیری تنوع بتا تلاش‌هایی انجام شده است (۳۷). بعضی از این روش‌ها دارای

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

همبستگی بالا هستند، درصورتی‌که بقیه روش‌ها با یکدیگر متفاوت هستند (۴۲،۴۱،۴۳). Wilson و Shmida (۴۳) 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 عمل‌کردی مشابه شاخص تنوع بتای ویتاکر داشتند و شاخص B_I که توسط نویسندگان ارائه شده بود عمل‌کردی متفاوت داشت.

مرور 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 TWINSPAN اصلاح شده، نتایج بهتری را ارائه می‌دهد.

با توجه به این‌که شاخص‌های تنوع بتا اختلافات ترکیب پوشش گیاهی دو ناحیه را به‌صورت کمی نشان می‌دهند و از طرفی عمده تغییرات در ترکیب پوشش گیاهی جوامع 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 ناحیه 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 انجام‌شده است (۱۷،۲۰، ۲۴،۲۳).

هرچند تاکنون مطالعات پراکنده‌ای در خصوص تغییرات تنوع بتا در پوشش‌های گیاهی مختلف دنیا و ارتباط این شاخص‌ها با عوامل محیطی انجام شده است (۲۹،۱۹)، امّا لزوم انجام این قبیل مطالعات در پوشش‌های گیاهی متنوع 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 این‌که 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 منحصربه‌فرد می‌باشند (۲۶).

شمشاد هیرکانی یکی از گونه‌های منحصربه‌فرد و از معدود درختان پهن‌برگ همیشه‌سبز جنگل‌های هیرکانی با دیرزیستی بالا (بالغبر ۵۰۰ سال) است و علی‌رغم تولیدات زیستی باارزش، متأسفانه همواره مورد بی‌توجهی قرارگرفته و سطوح وسیعی از جنگل‌های آن نابودشده است. امروزه به‌دلیل کاهش چشمگیر جنگل‌های شمشاد و بروز بیماری سوختگی شمشاد (Box blight) در لیست گونه‌های در معرض خطر جنگل‌های خزری قرار دارد (۲). دراین‌ارتباط، مطالعه جامع بوم‌شناختی ویژگی‌های اجتماعی گونه‌های بومی و در معرض خطر جنگل‌های شمال نظیر شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark.) در اولویت است.

هدف از این مطالعه معرفی، تعیین روابط و ارزیابی هجده شاخص مختلف بتا بر مبنای داده‌های حضوروغیاب است. با توجه به تعداد زیاد شاخص‌های تنوع بتا و تشابه عمل‌کرد 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 بپردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش رویشگاه‌های مهم شمشاد هیرکانی از منطقه حفاظت‌شده چشمه بلبل بندرگز استان گلستان به‌عنوان شرقی‌ترین ناحیه پراکنش این‌گونه در جنگل‌های هیرکانی تا جنگل‌های لیره سر تنکابن در استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۱). این رویشگاه‌ها در بازه ارتفاعی بین ۵۰ متر از سطح دریا (پارک جنگلی سی‌سنگان) تا ۱۷۵۰ متر از سطح دریا (جنگل‌های فریم سوادکوه) و به‌عنوان 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–بلانکه معروف به روش رولوه (۴) تهیه شد. برای این منظور ترانسکت‌هایی با فواصل ۴۰۰ متر به‌عنوان خطوط مبنا 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، ۲: ۲/۵–۱، ۳: ۵–۲/۵، ۴: ۱۲/۵–۵، ۵: ۲۵–۱۲/۵، ۶: ۵۰–۲۵، ۷: ۵۰–۷۵ و ۸: ۱۰۰–۷۵ درصد) ثبت شد (۱۲).

شاخص‌های تنوع بتا

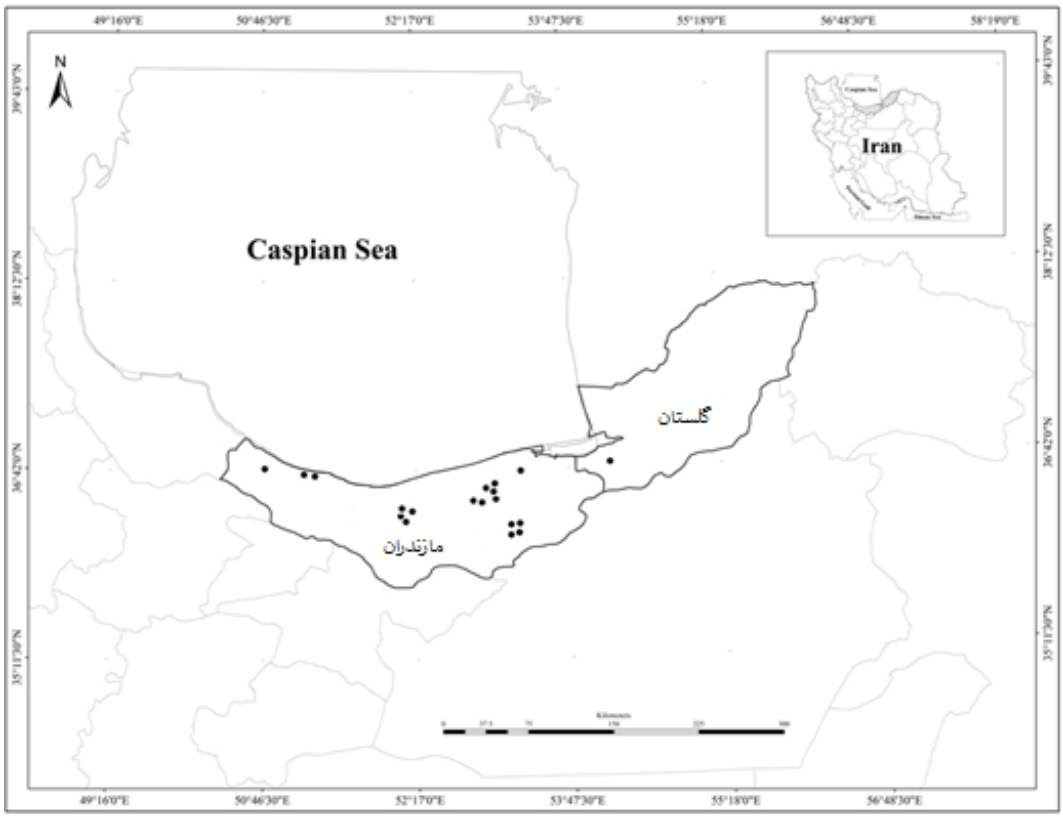
در این پژوهش، از ۱۸ شاخص تنوع بتا که بر اساس داده‌های حضور و غیاب عمل می‌کنند استفاده شد (جدول ۱). در بیشتر مطالعات در مورد تنوع بتا از داده‌های حضور و غیاب استفاده‌شده است (۲۲). همه این شاخص‌ها بر اساس سه مؤلفه a، b و c عمل می‌کنند. مؤلفه‌ی a گونه‌های مشترک در دو قطعه‌نمونه هدف و غیر هدف است، درحالی‌که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

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

تحلیل داده‌ها

در این پژوهش به‌منظور طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده ترکیب گونه‌های معرف (Cocktail) استفاده شد (۴). برای محاسبه شاخص‌های مختلف تنوع بتا از بسته ‘*vegan*’ نرم‌افزار R استفاده شد (۳۰). به‌منظور بررسی روابط بین شاخص‌های مختلف تنوع بتا نخست مقدار عددی هر یک از شاخص‌ها برای هر قطعه‌نمونه 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 بتا، برای هر شاخص به دست آمد. در ادامه میانگین این ۴۰۰ عدد به‌عنوان مقدار عددی آن شاخص برای هر قطعه‌نمونه در نظر گرفته شد و توسط این مقادیر ماتریس قطعه‌نمونه– شاخص تنوع بتا (۱۸×۴۰۱) تشکیل شد. در خاتمه با بهره‌گیری از روش‌های عددی خوشه‌ای (Cluster analysis) و بر اساس ضریب فاصله Bray–Curtis و خوشه‌بندی به روش اتصال میانگین (Average linkage) روابط بین شاخص‌ها تعیین شد.

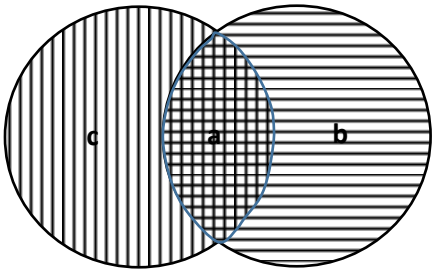
به‌منظور تعیین روابط شاخص‌های مختلف تنوع بتا از تحلیل تطبیقی نااریب (Detrended correspondence analysis) یا DCA استفاده شد (۲۱). با توجه به این‌که مقادیر شاخص‌های تنوع بتا بیانگر اختلاف ترکیب پوشش گیاهی یک قطعه‌نمونه با دیگر قطعات نمونه بانک اطلاعاتی پوشش گیاهی مورداستفاده در این پژوهش است، بنابراین از تحلیل چندمتغیره تشخیص برای تعیین معنی‌داری مقادیر شاخص‌های تنوع بتا در بین جوامع گیاهی حاصل از طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد و نیز تعیین درصد قطعات نمونه‌ای که بر مبنای شاخص‌های تنوع بتا درست طبقه‌بندی شدند، استفاده شد. درواقع، در این روش بر اساس ترکیب خطی مقادیر شاخص‌های تنوع بتا، یک سری توابع تشخیص ایجاد می‌شود که برای تعیین صحت طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد بر مبنای شاخص‌های تنوع بتا به‌کار گرفته شد.



شکل ۱– مناطق مورد مطالعه در استان‌های گلستان و مازندران. رویشگاه‌های نمونه‌برداری شده به صورت نقطه‌های پررنگ 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

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]



شکل ۲- احتمال پراکنش یک‌گونه 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)

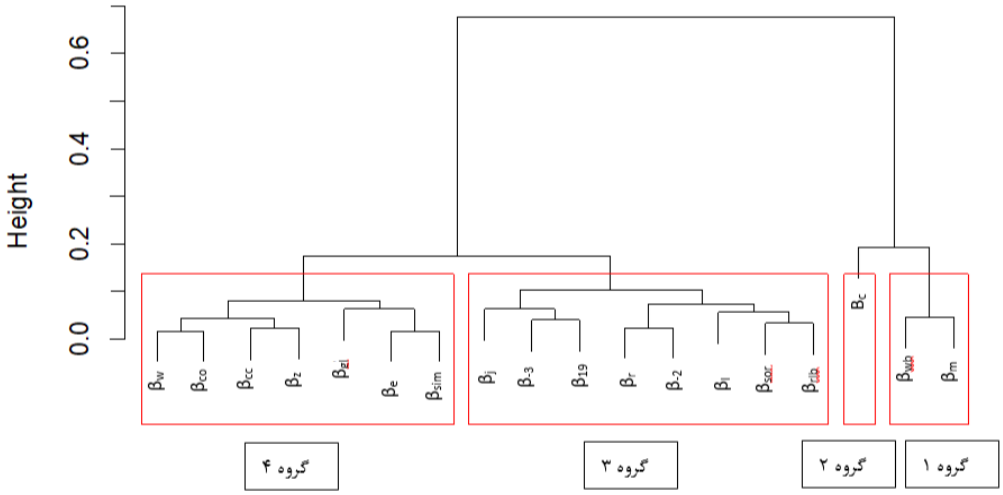
شماره	معادله	منبع
۱	$B_w = \frac{a+b+c}{(2a+b+c)/2} - 1$	(۳۹)
۲	$B_c = \frac{b+c}{2}$	(۱۸)
۳	$B_{wb} = b + c$	(۳۸)
۴	$B_r = \frac{(a+b+c)^2}{(a+b+c)^2 - 2bc} - 1$	(۳۷)
۵	$B_l = \log(2a+b+c) - \left[\frac{1}{2a+b+c} 2alog2\right] - \left[\frac{1}{2a+b+c}((a+b)\log(a+b) + (a+c)\log(a+c))\right]$	(۴۳)
۶	$B_e = \exp\left(\log(2a+b+c) - \left[\frac{1}{2a+b+c} 2alog2\right] - \left[\frac{1}{2a+b+c}\left((a+b)\log(a+b) + (a+c)\log(a+c)\right)\right]\right) - 1$	(۳۴)
۷	$B_j = \frac{a}{a+b+c}$	(۳۷)
۸	$B_{sor} = \frac{2a}{2a+b+c}$	(۳۷)
۹	$B_m = (2a+b+c)\left[1 - \frac{a}{a+b+c}\right]$	(۲۵)
۱۰	$B_{-2} = \frac{\min(b.c)}{\max(b.c) + a}$	(۱۸)
۱۱	$B_{co} = 1 - \frac{a(2a+b+c)}{2(a+b)(a+c)}$	(۸)
۱۲	$B_{cc} = \frac{b+c}{a+b+c}$	(۱۶)
۱۳	$B_{-3} = \frac{\min(b.c)}{a+b+c}$	(۴۱)
۱۴	$B_{19}19 = \frac{bc+1}{((a+b+c)^2 - (a+b+c))/2}$	(۴۱)
۱۵	$B_{rlb} = \frac{a}{a+c}$	(۳۶)
۱۶	$B_{sim} = \frac{\min(b.c)}{\min(b.c) + a}$	(۲۲)
۱۷	$B_{gl} = \frac{2\lvert b-c \rvert}{2a+b+c}$	(۲۲)
۱۸	$B_z = 1 - \left[log\left(\frac{2a+b+c}{a+b+c}\right)/log2\right]$	(۲۲)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

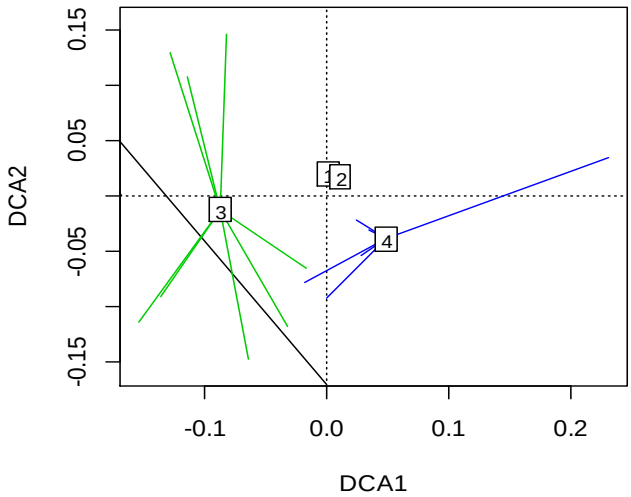
نتایج و بحث

نتایج خوشه‌بندی ۱۸ شاخص تنوع بتا منجر به شناسایی چهار گروه متمایز (گروه اول شامل شاخص‌های B_m و B_{wb}، گروه دوم شامل شاخص Bc، گروه سوم شامل شاخص‌های B_{rlb}، B_{sor}، B_I، B_{-2}، B_r، B_{19}، B_{-3} و B_j و گروه چهارم شامل شاخص‌های B_{sim}، B_e، B_{gl}، B_z، B_{cc}، B_{co} و B_w) 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_m، B_{wb} و Bc، می‌باشند که هر سه این شاخص‌ها فقط به تعداد گونه‌های غیرمشترک در گروه هدف و غیر هدف (مؤلفه b و c) می‌پردازد. به‌عبارت‌دیگر به نسبت گونه‌های غیرمشترک به گونه‌های مشترک توجهی ندارد (۲۲). گروه‌های سوم و چهارم را می‌توان به ترتیب گروه شاخص سورنسون B_{sor} و شاخص ویتاکر B_w نامید. در این دو گروه از شاخص‌ها، همواره مقادیر شاخص تنوع بتا به‌عنوان 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 نظارت‌شده ترکیب گونه‌های معرف منجر به شناسایی چهار اتحادیه گیاهی سرخدار- شمشاد (*Taxo baccatae- Buxoion hyrcanea*) با ۸۶ قطعه‌نمونه، راش- شمشاد (*Fago orientalae- Buxoion hyrcanea*) با ۷۱ قطعه‌نمونه، انجیلی- شمشاد (*Parrotio persicae- Buxoion hyrcanea*) با ۱۳۹ قطعه‌نمونه و آزاد- شمشاد (*Zelko carpinifoliae- Buxoion hyrcanea*) با ۱۰۵ قطعه‌نمونه شد.



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



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

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

نتایج تجزیه تحلیل تشخیص نشان داد که از میان شاخص‌های مختلف تنوع بتا فقط شاخص‌های B_m، B_c، B_{-2}، B_{rlb}، B_{co}، B_I و B_e در توابع تشخیص قرارگرفته که هرکدام 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 توابع سه‌گانه بر مبنای سهم تبیین واریانس آنها از تابع اول (٪ ۸۵/۲) تا به تابع دوم (٪ ۱۳/۳) و سوم (٪ ۱/۵) به‌شدت کاهش می‌یابد (جدول ۳). تابع اول بر اساس شاخص‌های B_c و B_m با ضرایب همبستگی تطبیقی (Canonical Correlation) ۵/۶۷- و ۵/۷۲ درصد، تابع دوم بر اساس شاخص‌های B_I و B_e با ضرایب همبستگی تطبیقی ۱۱/۳۵ و ۱۰/۴۹- درصد و تابع سوم مشابه تابع اول بر اساس شاخص‌های B_c و B_m با ضرایب همبستگی تطبیقی ۹/۴۹- و ۷/۹۰ درصد شکل گرفتند (جدول ۴).

در نهایت جدول توافقی تحلیل تشخیص، صحت طبقه‌بندی اتحادیه‌های گیاهی شمشاد بر مبنای ۱۸ شاخص تنوع بتا را ۶۴/۱ درصد نشان می‌دهد (جدول ۵). درواقع عضویت پذیری مشابه رولوه‌ها 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 ۶۴/۱ درصد است. دراین‌ارتباط می‌توان بیان کرد که طبقه‌بندی تحلیل تشخیص بر مبنای مقادیر شاخص‌های تنوع بتا عمده قطعات نمونه راش- شمشاد را به اتحادیه انجیلی شمشاد تخصیص داده است و درواقع می‌توان گفت این دو اتحادیه را یکی دانسته است (شکل ۵).

جدول ۲- پارامترهای آماری متغیرهای واردشده در توابع تشخیص

Table 2. The variables entered in the discriminant functions

شاخص‌های تنوع بتا	آماره Wilks Lambda	مقدار P
B_m	۹۴/۰۳	۰/۰۰۰
B_c	۱۰۰/۷۱	۰/۰۰۰
B_{-2}	۷۰/۲۷	۰/۰۰۰
B_{rlb}	۵۸/۲۷	۰/۰۰۰
B_{co}	۵۱/۴۲	۰/۰۰۰
B_I	۴۸/۶۶	۰/۰۰۰
B_e	۴۳/۰۶	۰/۰۰۰

جدول ۳- خلاصه آماره‌های توابع تشخیص کانونی

Table 3. Summary of canonical discriminant functions

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

جدول ۴- ضرایب کانونی استانداردشده شاخص‌های تنوع بتا و توابع تشخیص

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

شاخص‌های تنوع بتا	توابع تشخیص		
	تابع ۱	تابع ۲	تابع ۳
B_c	۵/۶۷-	۰/۵۴-	۹/۴۹-
B_I	۱/۰۱-	۱۱/۳۵	۴/۵۲-
B_e	۲/۳۹-	۱۰/۴۹-	۲/۸۳
B_m	۵/۷۲	۰/۷۱	۷/۹۰
B_{-2}	۲/۱۷	۱/۰۴-	۰/۵۸
B_{co}	۳/۳۴	۰/۳۶	۴/۲۶
B_{rlb}	۱/۲۷	۰/۰۱-	۱/۰۸

بررسی انطباق گروه‌های به‌دست‌آمده 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 چهارمِ تجزیه تشخیص به ترتیب متناظر اتحادیه‌های سرخدار- شمشاد، راش- شمشاد، انجیلی- شمشاد و آزاد- شمشاد می‌باشند. دراین‌ارتباط این تجزیه نتوانست تفکیک روشنی بین اتحادیه‌های راش-شمشاد و انجیلی-شمشاد را نمایش دهد (شکل ۳). بررسی عضویت پذیری مشابه رولوه‌ها در دو سیستم طبقه‌بندی براون- بلانکه و تابع تشخیص بر اساس مقادیر شاخص‌های تنوع بتا میزان انطباق دو روش طبقه‌بندی را ۶۴/۱ درصد برآورد می‌کند. این کاهش میزان انطباق مربوط به تخصیص ۵۰ قطعه‌نمونه از ۷۱ قطعه‌نمونه اتحادیه راش-شمشاد به اتحادیه انجیلی شمشاد در تجزیه تابع تشخیص است. با توجه به این‌که 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، انجیلی و سرخدار) پراکنش داشتند، وجود چهار اتحادیه گیاهی بر پایه ترکیب پوشش گیاهی آنها دور از انتظار نیست. بااین‌حال عدم تفکیک اتحادیه‌های سوم و چهارم با توجه به ماهیت عددی

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

شاخص‌های تنوع قابل درک است. آنچه منجر به تغییر مقدار عددی شاخص‌های تنوع بتا (به خصوص شاخص‌هایی که بر مبنای داده‌های حضور و غیاب عمل می‌کنند) می‌شود، عمل‌کرد گونه‌ها (Species turnover) است. عمل‌کرد 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 دماپسند 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) ازنظر ارتفاعی کاملاً از هم مجزا می‌باشند، ازاین‌رو اتحادیه‌های آن‌ها ترکیب گیاهی کاملاً متفاوتی با دیگر اتحادیه‌های شمشاد داشته (یعنی گونه‌های منحصربه‌فرد بیشتری دارند) و به‌وضوح نیز توسط مقادیر عددی شاخص‌های تنوع بتا در تابع تشخیص از آنها تفکیک شدند. اگرچه تفاوت در ترکیب پوشش گیاهی منجر به تفکیک دو اتحادیه راش–شمشاد و انجیلی– شمشاد در روش طبقه‌بندی براون بلانکه از هم جدا شدند، ولی با توجه به قرابت رویشگاهی این دو اتحادیه و درنتیجه اشتراکات گونه‌ای بیشتر، نسبت گونه‌های اضافه‌شده به گونه‌های حذف‌شده این دو رویشگاه کم بوده و درنتیجه مقادیر عددی شاخص‌های تنوع بتای آنها مشابه یکدیگر است. ازاین‌رو در تابع تشخیص تفکیک روشنی بین این دو اتحادیه مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که طبقه‌بندی رویشگاه‌های شمشاد بر مبنای مقادیر عددی شاخص‌های تنوع بتا (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 بتا ابزاری مناسب جهت شناسایی جوامع گیاهی شمشاد است؛ به شرطی که عمل‌کرد گونه‌ها (Species turnover) در این جوامع گیاهی بالا باشد.

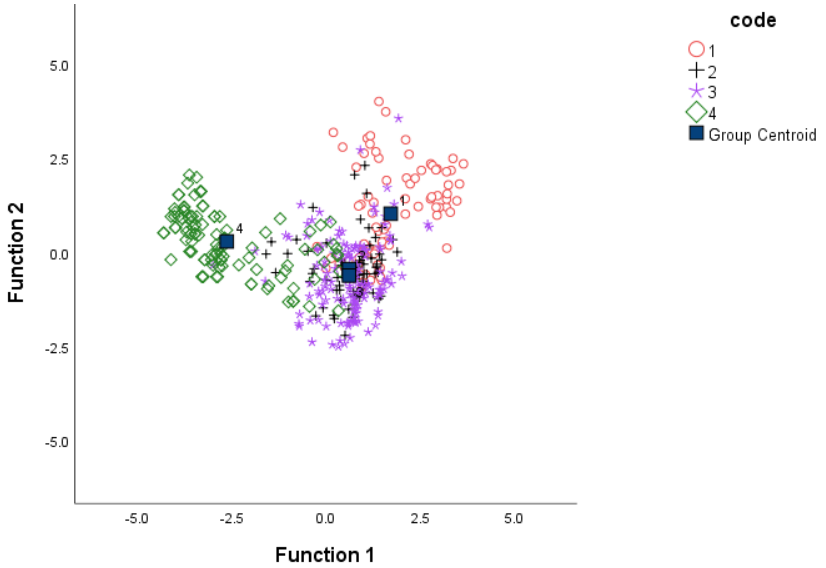
همچنین نتایج تحلیل تشخیص نشان داد که از میان ۱۸ شاخص تنوع بتا که در تحلیل تشخیص وارد شدند، تنها هفت شاخص Bm، Bc، B-2، Brlb، Bco، BI و Be در توابع تشخیص قرارگرفته که از این تعداد چهار شاخص Bm، Bc، BI و Be همبستگی تطبیقی بالایی با سه تابع تشخیص داشتند. ازاین‌رو، می‌توان از میان ۱۸ شاخصی تنوع بتا که بر اساس داده‌های حضور و غیاب عمل می‌کنند، چهار شاخص مزبور را برای استفاده پژوهشگران پیشنهاد کرد.

جدول ۵– عضویت‌پذیری رولوه‌ها و صحت طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد

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

اتحادیه‌های طبقه‌بندی‌شده به روش براون– بلانکه	اتحادیه‌های پیش‌بینی‌شده تحلیل تشخیص بر مبنای شاخص‌های تنوع بتا				تعداد رولوه‌ها	درصد انطباق
	سرخدار– شمشاد	راش– شمشاد	انجیلی– شمشاد	آزاد– شمشاد		
سرخدار– شمشاد	۵۴	۴	۲۸	۰	۸۶	۶۲/۸۰
راش– شمشاد	۸	۱۰	۵۰	۳	۷۱	۱۴/۰۸
انجیلی– شمشاد	۱۳	۱۳	۱۰۹	۴	۱۳۹	۷۸/۴۲
آزاد– شمشاد	۰	۶	۱۵	۸۴	۱۰۵	۸۰

میانگین درصد انطباق= ٪۶۴/۱



شکل ۵– دوگانه تحلیل تشخیص اتحادیه‌های گیاهی شمشاد بر اساس شاخص‌های تنوع بتا B_c، B_m، B_I و B_e
(کد ۱: اتحادیه سرخدار– شمشاد. کد۲: اتحادیه راش– شمشاد. کد ۳: اتحادیه انجیلی– شمشاد. کد ۴: اتحادیه آزاد–شمشاد)

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

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

منابع

1. 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 β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. Ecology letters, 14(1): 19-28.
2. 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.
3. Asri, Y. 1995. Phytosociology. Payame Noor University, Tehran (In Persian).
4. Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie*. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien.
5. Brown, J.H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press.
6. Blackburn, T.M. and Gaston, K.J. 1996. The distribution of bird species in the New World: patterns in species turnover. *Oikos*, 146-152.
7. Cody, M.L. 1975. Towards a theory of continental species diversities. Ecology and evolution of communities, 214-257.
8. 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. Schluter), pp: 147–158. University of Chicago Press, Chicago
9. 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.
10. 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.
11. Ejtehadi, H., A. Sepehry and H. Akkafi. 2008. Methods of measuring biodiversity, Ferdowsi University of Mashhad Press. Mashhad.
12. 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.
13. Ferrier, S. 2002. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here?. *Systematic biology*, 51(2): 331-363.
14. Gaston, K.J. and T.M. Blackburn. 2000. *Pattern and Process in Macroecology*. Blackwell Science, Oxford.
15. Gaston, K.J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, *405*(6783), 220.
16. 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.
17. Ghelishli, F., A. Sepehry, M. Akbarlo and S.Z. Mirdelimi. 2015. Defining main environmental gradient in rangeland habitats using β diversity (Case study: Chaharbagh rangelands of Golestan Province). Journal of Rangeland, 3(1): 51-62.b
18. Harrison, S., S.J. Ross and J.H. Lawton. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 151-158.
19. 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.
20. Jouri, M.H. 2016. Evaluation of the Effects of Range Management Using SHE and Diversity Indices. Journal of Environmental Studies, 42(1): 229-244.
21. Kent, M. 2011. Vegetation description and data analysis: a practical approach. John Wiley and Sons.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and its Measurem*ent*. Croom-Helm, London.
26. Marvie Mohadjer M.R. 2005. Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, IR.
27. 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.
28. 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:ele.12021.
29. 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.
30. 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.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]

[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

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 α and β 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.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]

[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]

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

Seyedeh Fatemeh Hosseini[1], Hamed Asadi[2], Hamid Jalilvand[3] and Omid Esmailzadeh[4]

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 phytosoicilogical 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 Be were added in three functions. Among these 7 indices, them, Bm, Bc, BI and Be 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

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1399.8.15.15.8]
[DOI: 10.52547/ifej.8.15.146]