

مقایسه روش‌های مستقیم رسته‌بندی در تجزیه و تحلیل رستنی‌ها

جواد اسحاقی‌راد^{۱*}، نغمه پاک‌گهر^۲، عباس بانج شفیعی^۱ و سید جلیل علوی^۳

^۱ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
^۲ دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
^۳ استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۲۶)

چکیده

این تحقیق در دو پارسل سری جمند گل‌بند واقع در نوشهر مازندران انجام گرفت. هدف این مطالعه، مقایسه روش‌های آنالیز گرادیان مستقیم در تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی به منظور کاربرد در مطالعات بعدی اکولوژیک و تغییرات پوشش گیاهی بوده است. بدین منظور، از روش نمونه‌برداری منظم تصادفی با ابعاد شبکه ۱۰۰×۲۰۰ متری برای انتخاب محل قطعات نمونه استفاده شد. برای بررسی پوشش درختی، درختچه‌ای و پوشش علفی قطعات نمونه ۴۰۰ متر مربعی و ۱۰۰ متر مربعی پیاده شد. نوع و درصد پوشش گونه‌های گیاهی نیز براساس مقیاس براون بلانکه ثبت شد. سپس دو روش رسته‌بندی آنالیز تطبیقی متعارفی (CCA) و آنالیز کاهشی (RDA) براساس معیارهای طول گرادیان، Kaiser-Guttman، مقدار ویژه بیش از چهاردهم، درصد مقدار ویژه و آنالیز Procrustean برای ارائه مناسب‌ترین روش تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی ارزیابی شد. نتایج نشان داد همبستگی بین روش‌های رسته‌بندی معنی‌دار است. همچنین اندازه مقدار ویژه در محور اول و دوم هر دو آنالیز بیش از متوسط مقادیر ویژه تمامی محورهاست، درصد مقدار ویژه آنالیز کاهشی در مجموع دو محور بیشتر از آنالیز تطبیقی متعارفی است. مقدار ویژه در دو محور اول دو آنالیز مذکور بیش از چهاردهم نیست، معیار طول گرادیان روش رسته‌بندی خطی را پیشنهاد کرد. اگرچه همبستگی بین دو روش معنی‌دار است، به دلیل تناسب زیاد بین دو روش استفاده از آنالیز تطبیقی تفاوت چشمگیری در ارائه طول گرادیان محیطی ایجاد نمی‌کند؛ اما با توجه به خطی بودن طول گرادیان محیطی و زیاد بودن درصد مقدار ویژه دو محور اول، اگر تغییرپذیری طول گرادیان در مجموعه داده‌ها کم باشد، استفاده از آنالیز کاهشی به دلیل ماهیت خطی این روش توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنالیز تطبیقی متعارفی، آنالیز کاهشی، آنالیز، Procrustean، پوشش گیاهی، رسته‌بندی.

مقدمه

روش‌های آماری چندمتغیره به‌طور گسترده در تجزیه و تحلیل جوامع گیاهی استفاده شده‌اند (Xianping et al., 2006). روش‌های آماری چندمتغیره مورد استفاده در دانش بوم‌شناسی در سه دهه اخیر، فنون رسته‌بندی هستند که ارتباط اصلی داده‌های چندمتغیره بین محیط و گونه‌های موجود را به صورت گرافیکی در دو بعد به نمایش درمی‌آورد

علم اکولوژی در بیشتر موارد با استقرار واحدهای نمونه‌برداری به بررسی خصوصیات گونه‌ها و جوامع زنده می‌پردازد، در نتیجه استفاده از تحلیل‌های آماری واحدهای نمونه‌برداری برای درک بهتر الگوهای موجود در جمعیت گونه‌ها و جوامع زنده اهمیت زیادی دارد (Tahmasbi, 2010). از دهه‌های گذشته،

کاهشی، برای نرمال کردن داده‌ها و ایجاد واریانس پایدار از تبدیل داده لگاریتمی و توانی استفاده کردند (Gartner & Reif, 2005). همچنین برای تجزیه و تحلیل جوامع گیاهی رویشگاه‌های مناطق ساحلی دریای آدریاتیک شمال شرقی ایتالیا از آنالیز تطبیقی قوس‌گیری^۳ شده استفاده است (Vecchio et al., 2016). در داخل کشور نیز می‌توان به مواردی چون بررسی تأثیر آشفستگی بر تنوع پوشش گیاهی اجتماعات بلوط (*Quercus brantii*) با استفاده از آنالیز تطبیقی متعارفی (Mirdavoodi et al., 2012) و تأثیر عوامل محیطی مؤثر بر استقرار درختچه پیرو (*Juniperus communis*) در جنگل‌های ارسباران توسط آنالیز تطبیقی متعارفی اشاره کرد (Zolfaghari et al., 2012). ارزیابی روش‌های رسته‌بندی با داده‌های شبیه‌سازی شده پیش از این انجام گرفته است، در همه این مطالعات فرض می‌شود که منحنی پاسخ گونه‌ها یکسان‌اند که موجب می‌شود داده‌های شبیه‌سازی شده برای ارزیابی و بررسی ویژگی‌های روش‌های مختلف رسته‌بندی مطلوب باشند، گرچه این فرض نمی‌تواند داده‌های واقعی را تحت پوشش قرار دهد و زمانی که هیچ پیش‌فرضی در مورد گرادیان محیطی وجود ندارد، استفاده از مناسب‌ترین رسته‌بندی برای ارائه الگوی پنهان محیطی، مسئله چالش‌برانگیز است، عملکرد رسته‌بندی‌ها با توجه به ویژگی‌هایشان با ارزیابی گسترده و مقایسه داده‌های واقعی امکان‌پذیر است (Ruokolainen & Salo, 2006)، اما نکته اصلی این است که تعداد کمی از محققان، معیاری برای انتخاب روش‌های رسته‌بندی ذکر کرده‌اند که معیارهای معرفی شده نیز واحد نیست. به‌طور مثال Eshaghi Rad et al. (2009) ارتباط بین پوشش‌های رستنی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جوامع راش را با استفاده از روش آنالیز

(Ruokolainen & Salo, 2006). رسته‌بندی بخشی از اکولوژی آماری است که در سال‌های اخیر توسعه و تکامل بسیاری یافته و در علوم مختلف نیز کاربرد دارد (Moghaddam, 2000; McCune & Grace, 2002). رسته‌بندی سبب آشکار شدن بهتر و تقلیل داده‌ها می‌شود و همچنین الگوهای موجود در جامعه گیاهی را در معرض نمایش قرار می‌دهد (McCune & Grace, 2002). فنون رسته‌بندی همچنین تغییرات جوامع گیاهی را به‌طور پیوسته بررسی می‌کنند (Moghaddam, 2000)، که به دو صورت رسته‌بندی مستقیم و غیرمستقیم صورت می‌گیرد. رسته‌بندی مستقیم برای نمایش تغییرات پوشش گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی به‌کار می‌رود، در مقابل روش‌های رسته‌بندی غیرمستقیم فنونی هستند که روی مجموعه پوشش گیاهی از طریق بررسی تغییرات داخل آن، عمل می‌کند و این عمل مستقل از داده‌های محیطی انجام می‌گیرد، بنابراین تفسیر محیطی در اینجا غیرمستقیم است (Legendre & Legendre, 1998; Moghaddam, 2000; Tahmasbi, 2010).

هم‌اکنون بسیاری از پژوهشگران داخلی و خارجی از روش‌های رسته‌بندی در مطالعات خود بهره می‌برند. در این زمینه می‌توان به مواردی چون واکنش میکروارگانیسم‌ها به تغییرات توده‌های سوزنی‌برگ در جنگل کوهستانی در بخش جنوبی جنگل‌های سیاه‌آلمان اشاره کرد که ساختار جوامع میکروارگانیسم‌ها به‌طور جداگانه برای مصرف‌کنندگان و پوده‌خواران با آنالیز تطبیقی متعارفی^۱ ارزیابی شده است (Salamon et al., 2008). همچنین در تحقیق دیگری، تأثیر ساختار جنگل بر پوشش کف جنگل توسط آنالیز کاهشی^۲ در جنگل‌های سیاه‌جنوب آلمان بررسی شد. در این تحقیق، قبل از آنالیز

1 Canonical correspondence analysis (CCA)

2 Redundancy analysis (RDA)

3 Detrended correspondence analysis (DCA)

(Eshaghi Rad & Khanalizadeh, 2014a).

در این ناحیه طرح ایستگاه هواشناسی وجود ندارد، از این رو برای تعیین مقدار بارندگی، روزهای مساعد کار، بررسی و تعیین اقلیم منطقه از آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (ایستگاه نوشهر) به منطقه طرح استفاده شد. ایستگاه کليما تولوژی نوشهر در پایین‌بند حوضه گلبند در ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط مقدار بارندگی سالیانه در منطقه ۷۵۳/۶ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۰/۴ درجه سانتی‌گراد است. متوسط دمای حداکثر سالانه در گرم‌ترین ماه سال ۱۶ درجه سانتی‌گراد، متوسط دمای حداقل سالانه در سردترین ماه سال ۴/۵ درجه سانتی‌گراد و همچنین اقلیم منطقه مرطوب است. از این سری، دو پارسل ۳۱۷ به مساحت ۶۴ هکتار به‌عنوان پارسل مدیریت‌شده (از سال ۱۳۷۰ در این پارسل شیوه تک‌گزینی اجرا شده و قبل از آن فقط برداشت‌های بهداشتی انجام گرفته است) و پارسل ۳۱۸ به‌عنوان جنگل شاهد (از زمان ملی شدن جنگل‌ها بهره‌برداری نشده است) به مساحت ۴۷ هکتار انتخاب شدند. در دو پارسل مورد بررسی برای غالب شمال شرقی، دامنه ارتفاعی ۱۱۳۰ تا ۱۳۰۰ متر از سطح دریاست. سنگ مادری شیل با تیپ خاک‌های قهوه‌ای شسته‌شده با افق کلسیک است (Eshaghi Rad & Khanalizadeh, 2014a).

روش جمع‌آوری داده‌ها

برای این تحقیق، روش منظم تصادفی با ابعاد شبکه ۲۰۰×۱۰۰ متر به‌عنوان روش نمونه‌برداری انتخاب شد. قطعات نمونه مربعی به مساحت ۴۰۰ متر مربع (۲۰×۲۰) برای پوشش درختی و درختچه‌ای و در مرکز هر قطعه نمونه یک قطعه نمونه کوچک ۱۰۰ متر مربعی (۱۰×۱۰ متر) برای پوشش علفی پیاده شدند. در هر قطعه نمونه ۴۰۰ متر مربعی قطر برابر سینه درختان دارای قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. در کل برای مطالعه پوشش گیاهی

تطبیقی^۱ و آنالیز تطبیقی قوس‌گیری‌شده بررسی کردند. آنان برای انتخاب رسته‌بندی از معیار طول‌گردایان استفاده کردند، اما در مقابل Roodi et al. (2012) اثر عوامل خاکی بر پراکنش گروه‌های بوم‌شناختی گیاهی را بررسی کردند. در این مطالعه از آنالیز تطبیقی قوس‌گیری‌شده بدون ارائه هیچ معیاری استفاده شد. همچنین در بررسی تأثیر تغییر کاربری مناطق جنگلی به پارک‌های جنگلی بر پوشش گیاهی و خاک در پارک چقاسبز استان ایلام و ارزیابی کمی جنگلکاری کاج سیاه (*Pinus nigra*) در فرودگاه ارومیه، معیاری برای استفاده از روش‌های رسته‌بندی ذکر نشده است (Eshaghi Rad et al., 2014b; Eshaghi Rad et al., 2011). پس به‌طور کلی می‌توان گفت مشکل استفاده از این تکنیک‌ها انتخاب بهترین و مناسب‌ترین روش با توجه به ساختار داده‌هاست (Podani, 1989). در این پژوهش، عملکرد دو روش رسته‌بندی مستقیم (آنالیز تطبیقی متعارفی و آنالیز کاهشی) که به‌طور گسترده کاربرد دارند در داده‌های پوشش گیاهی سری جمند نوشهر مقایسه می‌شود، گرچه هر دو روش رسته‌بندی توانایی نشان دادن ماهیت واقعی تغییرات در داخل پوشش گیاهی منطقه تحقیق را دارند، اما تفاوت‌هایی در نحوه نمایش پراکنش قطعات نمونه دارند (McCune & Grace, 2002).

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق

این مطالعه در سری جمند طرح جنگلداری گلبند واقع در حوضه آبخیز ۴۵ اداره کل منابع طبیعی نوشهر انجام گرفته است. این حوضه در جنوب شهرستان نوشهر بین طول جغرافیایی ۳۰" و ۵۱° و ۲۸" و ۳۳' و ۵۱° و عرض جغرافیایی ۳۶° و ۳۰' و ۲۷" و ۳۵' واقع شده است

¹ Correspondence analysis (CA)

تحلیل تطبیقی و رگرسیون چندگانه است (McCune & Grace, 2002; Tahmasbi, 2010).

آنالیز کاهشی وابسته به آنالیز مؤلفه اصلی است و یک مدل خطی است. هر دو روش از ضریب فاصله اقلیدسی استفاده می‌کنند، بنابراین فرضیه‌های یکسانی را ایجاد می‌کنند و برای یافتن مقادیری برای متغیرهای جدید هستند که نشان‌دهنده مقادیر کل گونه‌ها باشد. اما تفاوت آنها این است که آنالیز کاهشی، همزمان از متغیرهای محیطی و متغیرهای پوشش گیاهی استفاده می‌کند و جزو روش‌های مستقیم رسته‌بندی محسوب می‌شود (Braak & Verdonschot, 1995; Legndre & Andreson 1999; Legndre & Gallagher 2001).

برای تجزیه و تحلیل مناسب داده‌ها ابتدا نرمال‌سازی آنها با استفاده از تبدیل لگاریتمی صورت گرفت (Obsorne, 2002; Tabachnick & Linda, 2006) تبدیل داده لگاریتمی برای داده‌های پوشش گیاهی مناسب است و بیشترین تأثیر را بر داده‌های با ارزش عددی زیاد دارد و سبب کوچک‌تر شدن مقدار آنها نسبت به داده‌های با ارزش کمتر می‌شود. همچنین قبل از آنالیز داده‌ها، به منظور کاهش خطا، گونه‌های با فراوانی کمتر از ۵ درصد به‌عنوان گونه نادر در نظر گرفته شدند و در تجزیه و تحلیل مدنظر قرار نگرفتند (McCune & Grace, 2002).

معیارهای مقایسه روش‌های رسته‌بندی

معیارهای به‌کاررفته برای مقایسه روش‌های رسته‌بندی یادشده عبارت بود از:
- معیار طول گرادیان: برای استفاده از معیار طول گرادیان دو نظریه Leps و Smilauer (Leps & Smilauer, 2003) و Braak و Prentic (Braak & Prentic, 1988) وجود دارد. در نظریه اول، اگر طول گرادیان محیطی کمتر از ۳ باشد باید به سراغ روش‌های خطی رسته‌بندی رفت؛ اگر طول گرادیان بین ۳ تا ۴ باشد، می‌توان از هر دو روش خطی و

۳۱ قطعه نمونه پیاده شد، به‌طوری که ۱۶ قطعه نمونه در پارسل مدیریت‌شده و ۱۵ قطعه نمونه در پارسل شاهد برداشت شد. به‌منظور برداشت پوشش علفی، هر پلات ۱۰۰ متر مربعی به چهار پلات ۲۵ متر مربعی تقسیم و نوع و درصد پوشش آن براساس روش برون‌بلانکه تخمین زده شد (Gholamhosein et al., 2013). همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برای هر دو عمق مورد بررسی اندازه‌گیری شد که عبارت‌اند از: وزن مخصوص ظاهری، درصد شن، لای و سیلت به روش هیدرومتری، pH خاک با دستگاه pH متر الکتریکی، درصد کربن به روش والکی-بلاک، درصد ازت کل به روش کج‌دال، فسفر قابل جذب به روش السون، پتاسیم تبادل‌پذیر به روش فلیم‌فتومتری و نیز C/N به‌عنوان شاخص معدنی شدن مواد آلی محاسبه شد (Eshaghi Rad & Khanalizadeh, 2014a).

روش پژوهش

در این تحقیق توانایی دو مورد از پرستفاده‌ترین روش‌های رسته‌بندی مستقیم با استفاده از نرم‌افزارهای CANCOO4.52 ارزیابی شد.

تحلیل تطبیقی متعارفی در حال حاضر، از پرستفاده‌ترین روش‌های رسته‌بندی در تحلیل الگوهای جوامع گیاهی است. در این روش همزمان گونه‌ها، واحدهای نمونه‌برداری و متغیرهای محیطی رسته‌بندی می‌شود و ارتباط بین گونه‌ها، ارتباط بین واحدهای نمونه‌برداری، ارتباط بین متغیرهای محیطی و همچنین ارتباط گونه‌ها با متغیرهای محیطی و ارتباط واحدهای نمونه‌برداری با متغیرهای محیطی به‌دست می‌آید. در تحلیل متعارفی واحدهای نمونه‌برداری و گونه‌ها بر مبنای میانگین‌گیری معکوس رسته‌بندی می‌شوند و سپس در یک رگرسیون چندگانه، ارتباط مکان واحدهای نمونه‌برداری روی محورها با متغیرهای محیطی بررسی می‌شود. در حقیقت تحلیل تطبیقی متعارفی، تلفیقی از روش

دارند. بهترین شیوه مقایسه روش‌های رسته‌بندی، استفاده از چرخش محورها توسط آنالیز Procrustean است. تجزیه و تحلیل Procrustean از مقیاس یکسان (انبساط یا انقباض) استفاده می‌کند و برای به حداقل رساندن مجموع مربعات بین دو رسته‌بندی محورها را به گردش در می‌آورد. در حقیقت نتایج رسته‌بندی‌ها برای تعیین درجه تناسب یا مقدار همبستگی بین رسته‌بندی‌ها با تجزیه و تحلیل Procrustean مقایسه می‌شوند (Gower, 1971) و مقدار باقی‌مانده مجموع مربعات را در قالب آماره m_{12} برای مقایسه نتایج رسته‌بندی‌ها در اختیار کاربر قرار می‌دهد، محدوده تغییرات m_{12} صفر تا یک است. m_{12} کمتر از ۰/۶ (Levi et al., 2014) نشان‌دهنده درجه تناسب زیاد یا همبستگی زیاد بین دو روش است (Jackson, 1995). این آنالیز در نرم‌افزار R در بسته Vegan انجام گرفت (Oksanen et al., 2014).

نتایج

نتایج به دست آمده از دو روش رسته‌بندی مورد استفاده برای داده‌های پوشش گیاهی با ۳۱ قطعه نمونه با ۴۶ گونه گیاهی به منظور تعیین مناسب‌ترین روش رسته‌بندی با توجه به ساختار داده‌ها در شکل ۱ ارائه شده است. محورهای اول و دوم این آنالیزها برای نمایش نتایج انتخاب شدند، چراکه این دو محور همبستگی معنی‌داری ندارند و بیشترین تغییرات در ساختار پوشش گیاهی نیز توسط این دو محور بیان می‌شود (Leps & Smilauer, 2003). در این پژوهش از همه متغیرهای محیطی نیز استفاده شده است تا تأثیر تمام متغیرها ارزیابی شود. اندازه مقادیر ویژه و طول گرادیان با توجه به متغیرهای محیطی و پوشش گیاهی به دست آمده است، اما برای وضوح گرافیکی بهتر از ارائه بردارهای محیطی در دیاگرام چشم‌پوشی شده است تا درک موضوع مقایسه بین دو رسته‌بندی برای خواننده ساده‌تر شود.

جدول ۱ نتایج آنالیز تطبیقی متعارفی و آنالیز

غیرخطی برای نمایش تغییرات طول گرادیان استفاده کرد؛ و در صورتی که طول گرادیان بیش از ۴ باشد، روش‌های غیرخطی رسته‌بندی انتخاب مناسب‌تری خواهد بود. براساس نظریه دوم، روش‌های رسته‌بندی با توجه به مقادیر به دست آمده بدین صورت تغییرپذیرند: اگر طول گرادیان کمتر از یک‌ونیم برابر انحراف معیار باشد، روش‌های خطی رسته‌بندی؛ اگر طول گرادیان بین یک‌ونیم تا سه برابر انحراف معیار باشد، هر دو روش خطی و غیرخطی رسته‌بندی؛ و اگر طول گرادیان بیش از سه باشد، روش‌های غیرخطی رسته‌بندی برای نشان دادن ماهیت داده‌ها مناسب خواهد بود.

- معیار Kaiser-Guttman: معیار Kaiser-Guttman برای رسته‌بندی‌هایی همچون آنالیز مؤلفه اصلی، آنالیز تطبیقی متعارفی، آنالیز کاهشی و آنالیز تطبیقی قوس‌گیری شده که دارای مقادیر ویژه‌اند، استفاده می‌شود. برای بهره بردن از این معیار میانگین مقادیر ویژه تمام محورها محاسبه شده و محورهایی برای تفسیر نتایج نگه داشته می‌شود که مقادیر ویژه آنها بیش از میانگین به دست آمده باشند، زیرا این محورها اطلاعات فراوانی دارند (Guttman, 1954; Cliff, 1988).

- مقادیر ویژه بیش از ۱۴: به صورت یک قانون کلی مقادیر ویژه دو محور اول باید دست کم ۱۴ باشد تا نمایش بهتری از تغییرات طول گرادیان را نشان دهد؛ این روش برای آنالیزهای تطبیقی مناسب است (Braak & Verdonscho, 1955).

- مقایسه درصد مقادیر ویژه: برای استفاده از این معیار درصد مقدار ویژه دو محور اول رسته‌بندی‌ها محاسبه می‌شوند، مجموع درصد دو محور اول مقدار اطلاعات را که این دو محور از تغییرات طول گرادیان پوشش می‌دهند نمایش می‌دهد.

تجزیه و تحلیل Procrustean

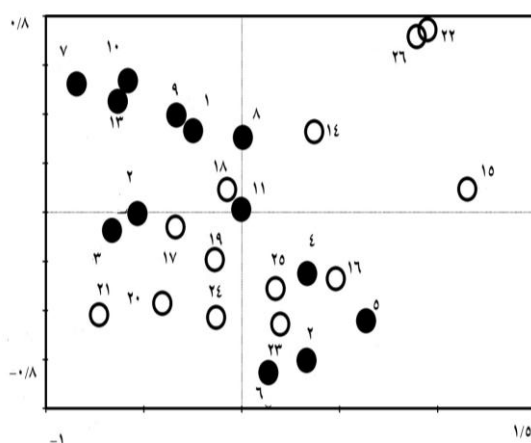
دو روش رسته‌بندی ممکن است بسیار شبیه هم باشند، اما مشاهده این امر بسیار مشکل است، زیرا محورها، جهت‌گیری و مقیاس‌بندی تقریباً متفاوتی

اندازه مقدار ویژه در محور اول و دوم در آنالیز کاهشی نسبت به آنالیز تطبیقی به ترتیب ۰/۰۸۳ و ۰/۰۲۱ و واحد افزایش پیدا کرده است.

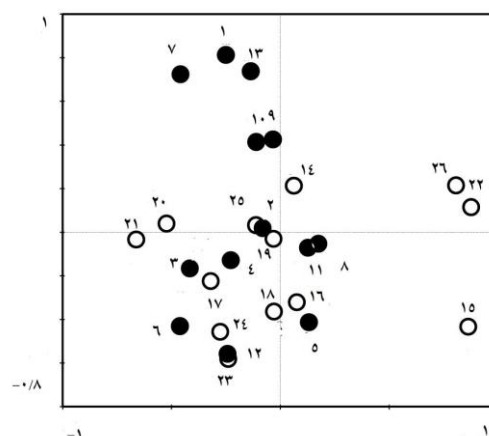
کاهشی را ارائه می‌دهد. طول گرادیان مجموعه داده‌های سری جمند-نوشهر برابر با ۱/۳۴۷ است. واریانس کل در آنالیز تطبیقی قوس‌گیری شده برابر با ۱/۰۸۷ واحد و در آنالیز کاهشی ۱/۰۰ واحد است.

جدول ۱- نتایج رسته‌بندی در سری جمند-نوشهر

نوع داده	آنالیز	مقدار ویژه		طول گرادیان	واریانس کل
		محور اول	محور دوم		
داده لگاریتمی	CCA	۰/۱۹۸	۰/۱۴۴	۱/۳۴۷	۱/۰۸۷
	RDA	۰/۲۸۱	۰/۱۶۵		۱/۰۰



(ب)



(الف)

شکل ۱- نتایج حاصل از رسته‌بندی دو روش رسته‌بندی (الف) CCA و (ب) RDA دایره‌های پر نشان‌دهنده قطعات نمونه در پارسل مدیریت‌شده و دایره‌های خالی قطعات نمونه در پارسل شاهد را نشان می‌دهند (از نشان دادن متغیرهای محیطی چشم‌پوشی شده است)

محور اول و دوم در هر دو آنالیز بیش از میانگین مقدار ویژه تمامی محورهاست، مقدار ویژه در دو محور اول دو آنالیز مذکور بیش از ۱۴ نیست، در جدول ۳، درصد مقادیر ویژه برای دو روش مستقیم آنالیز تطبیقی متعارفی و آنالیز کاهشی ارائه شده است که درصد مقدار ویژه آنالیز کاهشی در دو محور بیشتر از آنالیز تطبیقی است.

آنالیز Procrustean درجه تناسب بین رسته‌بندی‌ها را در سری جمند نوشهر ارزیابی کرده

در جدول ۲ نتایج مقایسه روش‌های مختلف رسته‌بندی با معیارهای مختلف برای مجموعه داده‌های سری جمند نوشهر بیان شده است. بر اساس معیار هر دو نظریه طول گرادیان روش‌های رسته‌بندی خطی یعنی آنالیز کاهشی مناسب‌اند. همان‌گونه که پیشتر بیان شد، به‌طور کلی برای نمایش تجزیه و تحلیل رسته‌بندی انتخاب دو محور الزامی است، بنابراین هرچه تعداد محورها کمتر باشد، آن روش مناسب‌تر است. با توجه به معیار Kaiser-Guttman، مقدار ویژه

است (جدول ۴). نتایج آنالیز Procrustean مشخص کرد که همبستگی بین جفت رسته‌بندی‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، با توجه به نتایج جدول ۴ در داده‌های سری جمند نوشهر آنالیز تطبیقی متعارفی و آنالیز کاهشی در قطعات نمونه ۵، ۱۶، ۲۱، ۲۶ کمترین اختلاف را دارند.

جدول ۲- مقایسه روش‌های مختلف رسته‌بندی در داده لگاریتمی در داده‌های سری جمند نوشهر

نوع داده	معیار طول گرادیان		مقدار ویژه < ۰/۴
	لیپس و اسمیلایر	براک و پرنیتیس	
داده لگاریتمی	روش خطی	روش خطی	CCA = دو محور
			RDA = دو محور

جدول ۳- بررسی درصد مقدار ویژه دو محور اول رسته‌بندی CCA و RDA در داده‌های سری جمند نوشهر

روش رسته‌بندی	محور اول	محور دوم	مجموع
CCA	۳۹/۴۴	۲۸/۶۸	۶۸/۱۲
RDA	۴۶/۶۰	۲۷/۳۶	۷۳/۹۶

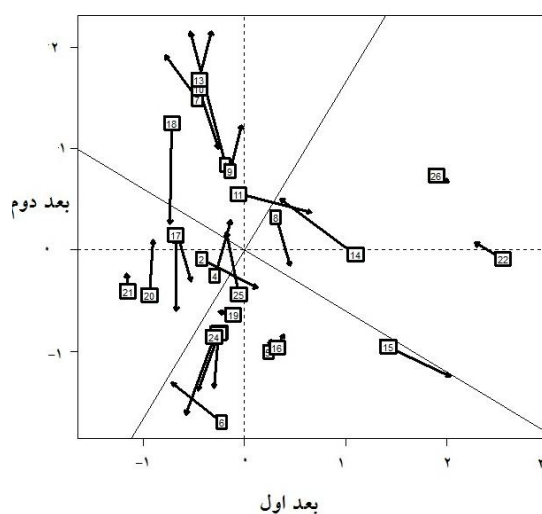
جدول ۴- ضریب همبستگی و آماره m_{12} بین جفت رسته‌بندی در چرخش Procrust در داده‌های سری جمند نوشهر

نوع داده	M_{12}	r	نوع آنالیز	سطح معنی‌داری
داده لگاریتمی	۰/۲۱	۰/۸۹	CCA*RDA	*۰/۰۰۱

*معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد

شکل ۲- نمودار Procrustean برای مقایسه آنالیز CCA و RDA با داده‌های لگاریتمی برای سری جمند نوشهر، انتهای پیکان نشان‌دهنده ماتریکس چرخیده و نوک پیکان نشان‌دهنده ماتریکس هدف است.

طول پیکان اندازه residual procrust را بیان می‌کند (پیکان طویل-residual بیشتر- مطابقت کمتر)



بحث

تفسیر نتایج رسته‌بندی برای محققان در زمانی که هیچ پیش‌فرضی در مورد گرادیان محیطی وجود ندارد بسیار مشکل است (Rukolainen & Salo, 2006). در این پژوهش، عملکرد دو روش رسته‌بندی مستقیم برای ارائه مناسب‌ترین روش رسته‌بندی در سری جمند نوشهر، مقایسه و ارزیابی شد. هر دو رسته‌بندی توانایی نشان دادن ماهیت واقعی تغییرات در داخل پوشش گیاهی منطقه تحقیق را دارند، اما تفاوت این دو روش در نشان دادن وزن دقیق قطعات نمونه است (Braak & Verdonscho, 1955). نتایج آنالیز Procrustean نشان داد که در عین شباهت‌های فراوان، فاصله زیادی بین تعدادی از قطعات نمونه متناظر در دو رسته‌بندی وجود دارد. آنالیز تطبیقی متعارفی در متغیرهای کیفی عملکردی مشابه با آنالیز کاهشی دارد، اما اساس کار این دو آنالیز متفاوت است. برای مجموعه داده‌های همگن روش‌های خطی (همچون آنالیز کاهشی) رسته‌بندی و برای داده‌های ناهمگن روش‌های غیرخطی (همچون آنالیز تطبیقی متعارفی) مناسب است (Jongman et al., 1995; Black, 2008). موفقیت روش‌های رسته‌بندی، به نشان دادن گرادیان حقیقی ساختار داده‌ها بستگی دارد. در داده‌های با تنوع بتای کم، منحنی پاسخ گونه‌ها یا گرادیان اصلی خطی است و زمانی که تنوع بتای داده‌ها زیاد باشد، منحنی پاسخ گونه‌ها یا گرادیان اصلی حالت غیرخطی پیدا می‌کند (Liu & Halvorson, 2012). اما بوم‌شناسان بر این باورند که ضریب فاصله اقلیدسی (آنالیز کاهشی) برای داده‌های خام گونه‌ها دارای تعداد زیادی عدد صفر، نامناسب است؛ به همین دلیل محققان، اغلب روش آنالیز تطبیقی متعارفی را ترجیح می‌دهند (Wolda, 1981). تکنیک‌های خطی رسته‌بندی برای آنالیز جوامعی که دارای گونه‌های با فراوانی زیاد و حاوی تعداد کمی عدد صفر باشند، همچنین در

مواقعی که محدوده تغییرات متغیرها در قطعات نمونه کم باشد، مناسب‌اند (McCune & Grace, 2002). با استفاده از تبدیل داده لگاریتمی این مشکل حل شده است. مطابق با نظریه‌های طول گرادیان (Braak & Prentice, 1988; Leps & Smilauer, 2003) روش خطی برای این مجموعه از داده‌ها مناسب است و اندازه درصد مقدار ویژه دو محور اول آنالیز کاهشی بیشتر است. محورهای اول و دوم رسته‌بندی برای نشان دادن نتایج استفاده می‌شوند، چراکه این دو محور علاوه بر اینکه کاملاً غیرهمبسته‌اند، دارای بیشترین ارزش ویژه‌اند و همچنین بیشترین تغییرات موجود در ساختار پوشش گیاهی توسط این دو محور بیان می‌شود (Miradavoodi et al., 2012). روش‌های خطی همچون آنالیز کاهشی در نشان دادن تغییرات طول گرادیان دچار انحراف می‌شوند، که این انحراف در نتیجه استفاده از یک مدل خطی برای خلاصه کردن روابط غیرخطی است (Gauch & Wittaker, 1972). فرض خطی بودن داده‌ها در طبیعت به ندرت اتفاق می‌افتد (McCune & Grace, 2002)، اما محال نیست. در بررسی پوشش زیراشکوب جنگل نوئل نروژ با استفاده از آنالیز کاهشی و آنالیز متعارفی به این نتیجه دست یافتند که اگر منحنی پاسخ گونه‌ها خطی باشد، آنالیز کاهشی مناسب‌تر از مدل‌های غیرخطی همچون آنالیز تطبیقی متعارفی است (Oklandn et al., 1999). در مطالعه‌ای دیگر درباره تأثیرات ساختار جنگل بر پوشش علفی از آنالیز کاهشی بهره جستند و علت این انتخاب را کم بودن مقدار گرادیان محیطی عنوان کردند و برای بهبود نتایج و نرمال شدن داده‌ها قبل از آنالیز از تبدیل داده لگاریتمی استفاده کردند (Reif & Gartner, 2005). همچنین در بررسی تأثیر روش‌های نمونه‌برداری و روش‌های مختلف رسته‌بندی در نمایش ساختار زیراشکوب در مراتع Marchairuz سوئیس و در

طول گرادیان محیطی و زیاد بودن درصد مقدار ویژه دو محور اول و سایر مطالعات انجام گرفته در این زمینه، اگر تغییرپذیری طول گرادیان در مجموعه داده‌ها کم باشد، استفاده از آنالیز کاهشی به دلیل ماهیت خطی این تکنیک توصیه می‌شود. شایان ذکر است که این پژوهش برای اولین بار در جنگل‌های راش شمال انجام گرفته است و باید پژوهش‌های مشابه در دیگر مناطق رویشی و با داده‌هایی با گرادیان محیطی بزرگ‌تر صورت گیرد تا بتوان دستورالعمل جامعی در زمینه انتخاب روش مناسب رسته‌بندی ارائه کرد.

جنگل‌های آمیخته کاج Oosting در ایالت متحده به این نتیجه رسیدند که آنالیز مؤلفه اصلی^۱ و آنالیز کاهشی نسبت به آنالیز متعارفی و آنالیز تطبیقی متعارفی در شیب تغییرات کم همبستگی بیشتری در ساختار مکانی پوشش گیاهی نشان می‌دهند، اما نمودار همه رسته‌بندی‌های مورد بررسی تقریباً مشابه بودند (Schlup & Wagner, 2008). براساس نتایج آنالیز Procrustean در سری داده جمند نوشهر استفاده از آنالیز تطبیقی به دلیل تناسب زیاد با آنالیز کاهشی، تفاوت چشمگیری در ارائه طول گرادیان محیطی ایجاد نمی‌کند، اما با توجه به خطی بودن

References

- Braak, C., & Verdonschot, P. (1995). Canonical Correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Science-research Across Boundaries*, 57(3), 255-289.
- Braak, C., & Prentic, L. (1988). A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 18, 271-317.
- Black, J. (2008). Holocene climate change in south-central Iceland: A multi-proxy lacustrine record from glacial lake Hvitarvatn. Colorado: Academic Press Inc.
- Cliff, N. (1988). The eigenvalues-greater than one rule and the reliability of components. *Psychological Bulletin*, 137(2), 704-712.
- Del Vecchio, S., Slaviero, A., Fantinato, E., & Buffa, G. (2016). The use of plant community attributes to detect habitat quality in coastal environments. *AoB Plants*, 8, 494-507.
- Eshaghi Rad, J., Zahedi Amiri, Gh., Marvi Mohajer, M.R., & Mataji, A. (2009). Relationship between vegetation and physical and chemical properties of soil in Fagetum communities (Case study: Kheiroudkenar forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17 (2), 174-187.
- Eshaghi Rad, J., Heidari, M., Mahdavi, A., & Zeinivandzadeh, M. (2011). Impact of recreational activities on vegetation and soil in forest park (Case study: Choghasabz forest park-Ilam). *Iranian Journal of Forest*, 3(1), 71-80.
- Eshaghi Rad, J., & Khanalizadeh, A. (2014a). Quantitative comparison of microhabitats in deciduous forests with different management histories (Case study: Golband forest- Noshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21 (4), 594-605.
- Eshaghi Rad, J., Ghaffarnejad, P., & Banedg Shafiee, A. (2014b). Quantitative evaluation of Pinus nigra plantation and its effect on plant diversity and soil chemical properties of rangeland ecosystems (Case study: Urmia airport plantation). *Iranian Journal of Forest*, 6(4), 471-482.
- Gauch, H.G., & Wittaker, R.H. (1972). Comparison of ordination techniques. *Ecology*, 53, 868-875.
- Gartner, S., & Reif, A. (2005). The response of ground vegetation to structural change during forest conversion in the Southern Black forest. *European Journal of Forest Research*, 124(3), 221-231.

¹ Principal component analysis (PCA)

- Gholamhosein, M., Mataji, A., Eshaghi rad, J., & Salimpour, F. (2013). Investigation on possibility of using Ferns as bioindicator of site condition in northern forests of Iran (Case study: Kheiroudkenar forest). *Journal of Environmental Science and Technology* 16(93), 367-378.
- Guttman, L. (1954). Some necessary conditions for common factor analysis. *Psychometrika*, 19, 149-161.
- Gower J.C. (1971). Statistical methods of comparing different multivariate analyses of the same data. Edinburgh: University Press.
- Jackson D.A. (1995). Procrustes: A procrustean randomization test of community environment concordance. *Ecoscience*, 2, 297-303.
- Jongman, R.H.G., Braak, C.J.F., & Van Tongeren, O.F.R. (1995). Data analysis in community and landscape ecology. New York: Cambridge University Press.
- Leps, J., & Smilauer, P. (2003). Multivariate analysis ecological data using Canoco. New York: Cambridge University Press.
- Levis, E., Cakiroglu, A., Bucak, T., Odgaard, B., & Davidson, T. (2014). Similarity between contemporary vegetation and plant remains in the surface sediment in Mediterranean lakes. *Freshwater Biology*, 59(4), 724-736.
- Legendre, P., & Legendre, L. (1998). Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier press.
- Legendre, P., & Anderson, M.J. (1999). Distance-based redundancy analysis testing multi-species response in multi-factorial ecological experiments. *Ecological Monographs*, 69(1), 1-24.
- Legendre, P., & Gallagher, E. (2001). Ecology meaningful transformation for ordination of species data. *Oecologia*, 129, 271-280.
- Liu, Y., & Harverson, R. (2012). Single tree influence on understory vegetation in five Chinese subtropical forests. *IForest*, 5, 179-187.
- McCune, B., & Grace, G. (2002). Analysis of ecological communities. Oregon: Academic Press Inc.
- Mirdavoodi, H.R., Marvi Mohajer, M.R., Zahedi Amiri, G.H., & Etemad, V. (2012). Disturbance effects on plant diversity and invasive species in western oak communities of Iran (Case study: Dalab Forest, Ilam). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(1), 1-16.
- Moghaddam, M.R. (2000). Quantitative plant ecology. Tehran: University of Tehran Press.
- Okland, R.H., Rydgren, K., & Okland, T. (1999). Single tree influence on understory vegetation in Norwegian boreal spruce forest. *Oikos*, 87, 488-489.
- Oksanen J., Blanchet Kindt, F.G., Legendre, P., & Minchin, P.R. (2014). Vegan: Community Ecology Package, R package version 2.0-2.
- Osborne, J., (2002). Notes on the use of data transformations, Practical Assessment. *Research and evaluation*, 8(6), 1-7.
- Podani, J., (1989). Comparison of ordination and classification of vegetation data. *Vegetatio*, 83, 11-128.
- Roodi, Z., Jalilvand, H., & Esmailzadeh, O. (2012). Edaphic effects on distribution of plant ecological groups (Case study: Sisangan Buxus (Buxus hyrcana Pojark.) forest reserve). *Journal of Plant Biology*, 4(13), 39-56.
- Ruokolainen, L., & Salo, K. (2006). Differences in performance of four ordinations on a complex vegetation dataset. *Annales Botanici Fennici*, 43(4), 269-275.
- Salamon, J.A., Zaitsev, A., Gartner, S., & Wolter, V. (2008). Soil macrofaunal response to forest conversion from pure coniferous stand in to semi-natural montane forest. *Applied Soil Ecology*, 40(3), 491-498.

- Schlup, B.M., & Wagner, H. (2008). Effect of study design analysis on the spatial community structure detected by multiscale ordination. *Journal of vegetation science*, 19, 621-632.
- Tabachnick, B., & Linda, S. (2006). Using multivariate statistics, 5nd edition. Boston: Allyn and Bacon Press.
- Tahmasbi, P. (2010). Ordination (Multivariate analysis in environmental sciences and natural resources). Shehrekord: Shehrekord University Press.
- Wolda, H. (1981). Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*, 50(3):296-302.
- Zolfaghari, E., Zahedi Amiri, GH., Mozaffarian, V., & Naghdi, F. (2012). Investigation on most effective environmental factors influencing *Juniperus communis* establishment (Case Study: Arasbaran Forest, Mardanaghomchay Water catchment area). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(3), 495-505.



Comparison of direct Ordination methods in vegetation analysis in Jamand district of Noshahr Forests

J. Eshaghi Rad^{1*}, N. Pakgohar², A. Banj Shafiei¹ and J. Alavi³

¹ Associate Prof. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, I.R. Iran

² PhD. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, I.R. Iran

³ Assistant Prof. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiyat modares University, I.R. Iran

(Received: 2 November 2016; Accepted: 15 April 2017)

Abstract

This study was performed in order to investigate the changes in vegetation in compartment No.317 (managed forest) and No.318 (control forest) of Jamand district of Golband forest in Nowshahr, Mazandaran. The aim of this study is to compare the direct gradient analysis to express the basic structure of environmental data. For this purpose, random-systematic sampling method with regular grid of 100×200 m was used to locate the sampling plots. The plot size was 400 m² considering to tree and shrub species and in the center of each main plot, one 100 m² subplot was laid out for herb species. The cover percentage of each plant species was estimated by using Braun-Blanquet scale. The performance of two direct ordination techniques (CCA, RDA) were evaluated with different criteria like length of gradient, Kaiser-Guttman, eigenvalues greater than 0.4 and Procrustean analysis. CANCOO 4.52 and R software were used. Result of Procrustean analysis showed that the correlation between ordination methods were different. According to the length of gradient criteria, linear modal is proper and CCA and RDA analysis cover Guttman-Kaiser criterion with two axis. None of the analysis has more than 0.4 eigenvalue. Percentage of eigenvalue in Redundancy Analysis is more than Canonical Correspondence Analysis. Regarding to Jamand district dataset, due to the linear structure of Redundancy Analysis, this analysis is a proper choice.

Key word: Canonical Correspondence Analysis, Ordination, Vegetation, Procrustean Analysis, Redundancy Analysis