مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال یازدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸
ص ۳۸۷-۴۰۰

مقاله پژوهشی

طبقه‌بندی نظارت‌شدهٔ جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی

فرهاد خبازی[۱]، امید اسماعیل‌زاده[۲]*، اکبر نجفی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران.
۲. استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران.
۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۳)

چکیده

در این پژوهش، کاربرد روش شبکهٔ عصبی مصنوعی با روش پرسپترون چندلایه در فرایند تخصیص رلوه- گروه‌ها/جوامع گیاهی با استفاده از پایگاه اطلاعاتی ترکیب گیاهی جنگل‌های شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark.) ارزیابی شد. برای این منظور، نخست گروه‌های بوم‌شناختی و جامعه‌شناختی شمشاد هیرکانی به‌ترتیب با استفاده از نتایج دو روش عددی TWINSPAN و تجربی براون- بلانکه تعیین شدند. نتایج هر دو دارنگارهٔ عددی و تجربی طبقه‌بندی مشتمل بر هفت سطح طبقه‌بندی به‌عنوان گروه‌ها/ جوامع گیاهی اولیه به روش پرسپترون چندلایه معرفی شد. سپس با اختصاص داده‌ها در سه مجموعهٔ آموزش (۷۰ درصد)، آزمون (۱۵ درصد) و اعتبارسنجی (۱۵ درصد)، طبقه‌بندی در هر سطح از دو دارنگاره انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح طبقه‌بندی از انطباق جوامع گیاهی حاصل از روش پرسپترون چندلایه بر گروه‌های بوم‌شناختی (از ۹۹ درصد تا ۶۰ درصد) و جامعه‌شناختی اولیه (از ۹۸ درصد تا ۶۸ درصد) به‌ترتیب از سطح قطع ۱ تا ۷ کاسته می‌شود. همچنین بررسی روند تغییرات مقادیر درجهٔ حساسیت کل و ضریب کاپا بر این نکته دلالت دارد که به‌جز سطح قطع ۷ طبقه‌بندی، کیفیت نتایج طبقه‌بندی پرسپترون چندلایه براساس نتایج اولیهٔ طبقه‌بندی روش TWINSPAN در سطح بالاتری نسبت به جوامع گیاهی حاصل از روش براون- بلانکه قرار دارد. انطباق مناسب نتایج طبقه‌بندی روش پرسپترون‌چندلایه بر نتایج سطح پنجم دارنگارهٔ طبقه‌بندی حاصل از دو روش عددی (۹۰ درصد) و تجربی (۸۹ درصد) می‌تواند بیانگر کیفیت مطلوب روش پرسپترون چندلایه در طبقه‌بندی جوامع گیاهی باشد. بنابراین نتایج تحقیق تصریح می‌کند که پرسپترون چندلایه را می‌توان روش مناسبی در فرایند تخصیص قطعه نمونه-گروه/ اجتماع گیاهی در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: تخصیص، داده‌های جامعه‌شناختی، روش براون- بلانکه، MLP، TWINSPAN.

مقدمه و هدف

امروزه نیاز بشر به طبقه‌بندی محیط اطراف خود به‌منظور ملموس‌تر کردن آن اجتناب‌ناپذیر است (De Caceres et al., 2015). اهمیت این موضوع در علوم پوشش گیاهی به‌حدی است که بدون طبقه‌بندی پوشش گیاهی، شناخت مناسبی از ویژگی‌های آن حاصل نمی‌شود (Asadi et al., 2016). از این‌رو همواره بر طبقه‌بندی پوشش گیاهی و مطالعهٔ جوامع

* نویسندهٔ مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۳۲۰۵۰۱۳ ایمیل: oesmailzadeh@modares.ac.ir

گیاهی به‌مثابهٔ ابزار ارتباطی مناسبی در پژوهش‌های محیط زیستی و استفاده از اطلاعات بوم‌شناختی در برنامه‌ریزی، نظارت، حفاظت و مدیریت رویشگاه‌های طبیعی تأکید می‌شود (Kusbach et al., 2012). روش طبقه‌بندی براون- بلانکه (Braun-Blanquet, 1932) معروف‌ترین و پرکاربردترین روش طبقه‌بندی پوشش گیاهی است که با معرفی چارچوبی مشخص و با کمک تجربهٔ متخصص، در پی بهترین ترکیب گروه‌های گیاهی به‌منظور طبقه‌بندی پوشش گیاهی است. اما این روش به‌دلیل مشکلاتی نظیر اشتباه در نمونه‌برداری (رعایت نکردن اصل تودهٔ معرف) و شفاف نبودن فرایند طبقه‌بندی همواره با انتقاد مواجه بوده است (Rolecek, 2007).

جامعه‌شناسان و پژوهشگران پوشش گیاهی به‌طور مرتب از گسترهٔ وسیع روش‌های عددی برای طبقه‌بندی ماتریس‌های گونه‌های مختلف به‌منظور ایجاد انواع جامعه استفاده می‌کنند (Černá and Chytrý, 2005). روش‌های طبقه‌بندی چندمتغیره به دو گروه نظارت‌نشده و نظارت‌شده تقسیم می‌شوند. الگوریتم‌های نظارت‌نشده از یک معیار فاصله بهره می‌جویند و در هر مرحله داده‌ها را به دو دسته تقسیم و در نهایت ساختاری درختی از این دسته‌بندی با عنوان دارنگاره[1] ایجاد می‌کنند. در این روش‌ها، تعداد گروه‌ها از قبل مشخص نیست و به این دلیل روش‌های نظارت‌نشده نامیده می‌شوند. طبقه‌بندی‌های نظارت‌نشده شامل روش‌های تجزیهٔ خوشه‌ای و روش‌های مقسمی مثل TWINSPAN[2] می‌شود. از طرفی در روش‌های نظارت‌شده که با بهره‌گیری از الگوریتم‌های مرکزگرا[3] هر یک از مشاهدات یا رلوه‌ها به‌طور مستقیم به گروه‌ها اختصاص می‌یابد، تعداد خوشه/گروه از پیش معلوم است (طبقه‌بندی نظارت‌شده) و گروه‌بندی برمبنای کاهش مقادیر توابع خطا در هر یک از الگوریتم‌های مزبور انجام می‌گیرد (Momeni, 2011).

نتایج حاصل از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده تفسیر روشنی از خصوصیات بوم‌شناختی رویشگاه‌های تحت بررسی ارائه می‌دهند، اما این نتایج فقط در سطح محلی و یک رویشگاه خاص پذیرفتنی است و با نتایج حاصل از مجموعهٔ داده‌هایی که محتوا نسبت معینی از همان رلوه‌ها باشد، سازگاری کمی دارد (Tichy et al, 2011). این ویژگی از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌نشده سبب می‌شود که کاربرد آنها در سیستم‌های جامع طبقه‌بندی که در نتیجهٔ اضافه شدن حجم پایگاه اطلاعاتی پوشش گیاهی شکل می‌گیرند یا طبقه‌بندی در سطوح بزرگ که خود مشتمل بر چند ناحیهٔ ازقبل طبقه‌بندی‌شده است با محدودیت همراه شود (Tichy et al, 2014).

سیستم‌های جامع طبقه‌بندی در طی مراحل متوالی با اضافه شدن اطلاعات جدید و افزایش اندازهٔ پایگاه اطلاعاتی شکل می‌گیرند. این سیستم‌ها ضمن ارائهٔ گروه‌ها/جوامع گیاهی از قبل طبقه‌بندی‌شده، همواره گروه‌ها/جوامع گیاهی جدید را ارائه می‌دهند که براساس اطلاعات روزآمد در نتیجهٔ گسترش حجم پایگاه اطلاعاتی ایجاد می‌شوند (De Caceres and Wiser, 2013). از این‌رو به‌تازگی برای رفع اشکال روش‌های نظارت‌نشده در سیستم‌های جامع طبقه‌بندی، از روش‌های نظارت‌شده استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های خوشه‌بندی K-میانگین، و شبکه‌های عصبی مصنوعی از الگوریتم‌های پایهٔ روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده محسوب می‌شوند.

شبکهٔ عصبی مصنوعی یکی از روش‌های یادگیری ماشینی است که با الهام از فرایند یادگیری و پردازش اطلاعات در مغز انسان، توانایی تحلیل‌های پیچیده مانند مدل‌های غیرخطی و پیش‌بینی آینده را دارند (Haeri et al, 2003). این روش‌ها به‌دلیل مبهم بودن

1. Dendrogram
2. Two-Way Indicator Species Analysis
3. Center-based

عملکرد داخلی به مدل‌های جعبهٔ سیاه[1] معروف‌اند، اما در مقایسه با روش‌های دیگر از نظر عملکردِ پیش‌بینی و سرعت پردازش پیشرفته‌ترند (Araujo and New, 2007). یکی از معماری‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی که از آن به عنوان تخمین‌گر جهانی یاد می‌شود و کاربرد گسترده‌ای دارد، روش پرسپترون چندلایه (MLP)[2] است (Piri Sahragard et al, 2015). پرسپترون‌چندلایه به‌دلیل توانایی پیاده‌سازی توابع غیرخطی نسبت به شبکه‌های تک‌لایه، خطای کمتری داشته و از این‌رو کاربرد بیشتری در فرایند طبقه‌بندی دارد (Menhaj, 2016).

کاربرد روش شبکهٔ عصبی مصنوعی در بخش‌های مختلف علوم جنگل روزبه‌روز در حال توسعه است که از آن میان می‌توان به مواردی مانند استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی در فرایند تجدید حجم تنهٔ درختان (Bayati et al, 2012)، پیش‌بینی نقشهٔ پوشش گیاهی برمبنای عوامل ژئومورفولوژی (Rahmani et al, 2015)، بررسی تخریب جنگل و پیش‌بینی مراحل تخریب آن (Jahani et al, 2016) و پهنه‌بندی مکانی پتانسیل رویشگاهی گونه‌های گیاهی (Jafarian et al, 2017) اشاره کرد. البته روش MLP به‌دلیل داشتن ماهیتی موسوم به جعبهٔ سیاه، اطلاعات کافی در خصوص فرایند اختصاص برای توسعهٔ کلیدهای ساده در زمینهٔ تعریف واحدهای پوشش گیاهی را ارائه نمی‌دهد و محققان طبقه‌بندی پوشش گیاهی از این نظر ممکن است کمتر به آن توجه کنند.

در زمینهٔ کاربرد این روش در طبقه‌بندی جوامع گیاهی می‌توان به طبقه‌بندی نظارت‌شدهٔ ۱۱ اتحادیهٔ گیاهی مراتع جمهوری چک اشاره کرد. نتایج ارزیابی گروه‌های گیاهی حاصل از روش شبکهٔ عصبی مصنوعی با استفاده از معیار عددی درصد حساسیت کل، انطباق به‌نسبت مطلوبی را بر جوامع گیاهی ازقبل طبقه‌بندی‌شده در دو روش سنتز جدولی براون- بلانکه (۸۳-۷۷ درصد) و تحلیل عددی خوشه‌ای (۷۸-۷۰ درصد) نشان داد (Černá and Chytrý., 2005).

همچنین نتایج طبقه‌بندی جوامع گیاهی ذخیره‌گاه حیات‌وحش پانگوآنگو چین با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی ضمن انطباق زیاد بر نتایج طبقه‌بندی فازی c-میانگین و الگوی توزیع تیپ‌های گیاهی در عرصه، طبقه‌بندی و تمایز مناسبی از خصوصیات محیطی رویشگاهی را ارائه می‌دهد (Zhang and Yang, 2008). در پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۱۰) در طبقه‌بندی برای گیاهان بیشه‌زارهای گوانین چین با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی نشان دادند که کاربرد این روش نتایج مطلوبی در طبقه‌بندی جوامع گیاهی منطقه داشت. از این نظر نتایج حاصل از آن انطباق ۹۴ درصدی را بر نتایج روش TWINSPAN به‌عنوان پرکاربردترین تحلیل در حوزهٔ طبقه‌بندی جوامع گیاهی نشان می‌دهد.

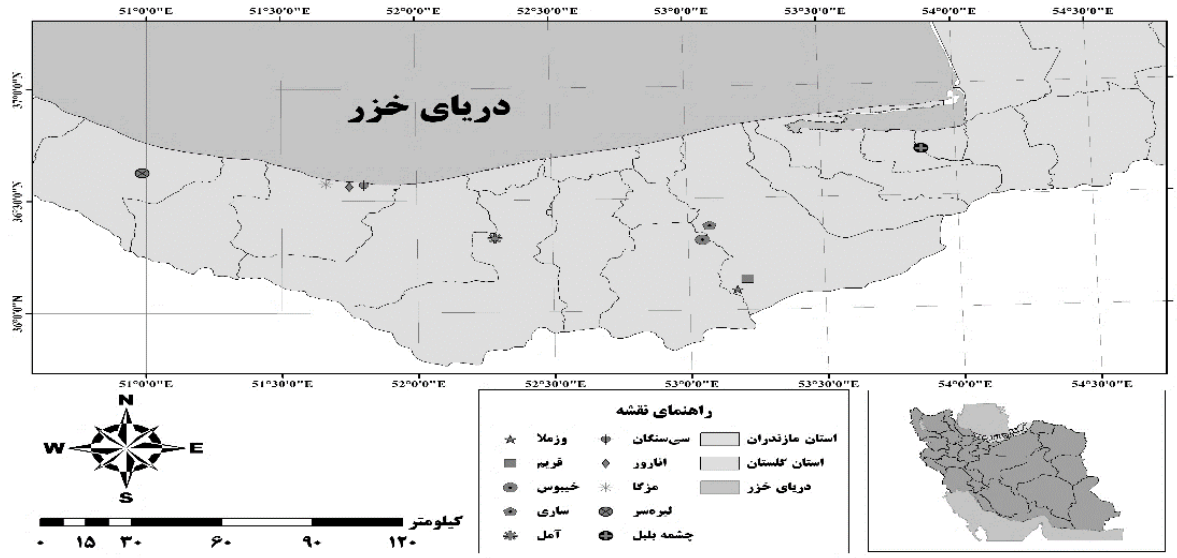
استفاده از شاخص‌های تخصیص رلوه- گروه سبب می‌شود که با اضافه شدن رلوه‌های جدید به پایگاه اطلاعات ترکیب پوشش گیاهی یک منطقه، ضمن بازیابی گروه‌ها/جوامع گیاهی از قبل طبقه‌بندی‌شده، اختصاص هر یک از رلوه‌های جدید به گروه‌ها/جوامع گیاهی مزبور نیز تعیین شود. این در حالی است که اجرای مجدد فرایند طبقه‌بندی پس از اضافه شدن یک سری از رلوه‌های جدید، اغلب سبب می‌شود که نتایج طبقه‌بندی قبلی جوامع گیاهی آن منطقه که به تأیید محققان مختلف رسیده و وقوع آنها در منطقه اثبات شده دستخوش تغییرات اساسی شود (Černá and Chytrý, 2005; Tichy et al,2011). از این‌رو فرایند تخصیص رلوه‌ها به گروه‌ها یا جوامع گیاهی ازقبل تعیین‌شدهٔ پایگاه‌های اطلاعاتی در حال تکمیل اجتناب‌ناپذیر است (Tichy et al, 2014).

1. Black Box
2. Multi layer Perceptron

تا کنون شاخص‌های متعدد تخصیص رلوه-گروه برای اختصاص رلوه‌ها به گروه‌های ازقبل طبقه‌بندی‌شده توسعه یافته‌اند که همگی با استفاده از ایدهٔ گونهٔ معرف و بهره‌گیری از مقادیر وفاداری گونه‌ها، اختصاص رلوه‌ها به گروه‌های گیاهی ازقبل طبقه‌بندی‌شده را انجام می‌دهند. اما تحقیق حاضر در نظر دارد حد توانمندی روش شبکهٔ عصبی مصنوعی در فرایند تخصیص رلوه- جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی (*Buxus hyrcana* Pojark.) را با استفاده از پایگاه اطلاعاتی ترکیب گیاهی جنگل‌های شمشاد در استان‌های مازندران و گلستان ارزیابی کند.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از اطلاعات ۵۰۸ رلوه و ۱۸۷ گونهٔ گیاهی مربوط به رویشگاه‌های بزرگ شمشاد هیرکانی استان‌های مازندران و گلستان استفاده شد (شکل ۱). در هر رلوه ۴۰۰ متر مربعی (۲۰×۲۰ متری)، فهرست همهٔ گونه‌های گیاهی آوندی به‌همراه حد وفور یا درصد تاج‌پوشش آنها براساس مقیاس فراوانی- غلبهٔ وان‌درمارل ثبت شد. از ماتریس دادهٔ گونه- رلوه برای دو سری طبقه‌بندی بوم‌شناختی و جامعه‌شناختی به‌ترتیب به‌عنوان روش‌های عددی و تجربی طبقه‌بندی پوشش گیاهی استفاده شد.



شکل ۱- نقشهٔ منطقهٔ تحقیق

طبقه‌بندی عددی با استفاده از روش TWINSPAN انجام گرفت. بر این اساس در سطح قطع هفتم، ۳۰ گروه بوم‌شناختی معرفی شد. گروه‌های مزبور به‌عنوان گروه‌های اولیه وارد روش سلسله‌مراتبی سنتز جدولی براون- بلانکه شده و در آن براساس جابه‌جایی رلوه‌ها با تأکید بر حضور گونه‌های معرف، گروه‌های جامعه‌شناختی یا جوامع گیاهی منطقه تعیین شد. در روش سنتز جدولی نیز ۳۰ گروه جامعه‌شناختی مدنظر قرار گرفت تا تعداد گروه‌های گیاهی منطقه در نتیجهٔ دو روش طبقه‌بندی عددی و تجربی مشابه باشد. نتایج هر دو سری طبقه‌بندی بوم‌شناختی و جامعه‌شناختی در قالب ماتریس رلوه-گونه به‌عنوان ورودی داده وارد شبکهٔ عصبی مصنوعی می‌شود تا در این روش با استفاده از الگوریتم MLP، تخصیص رلوه- گروه/اجتماع گیاهی انجام گیرد.

شبکهٔ عصبی مصنوعی با بهره‌گیری از سیستم وزن‌دهی به مقادیر درصد تاج‌پوشش یا وفور ترکیب

فلورستیکی هریک از رلوه‌ها به‌عنوان متغیرهای کمّی مستقل و کیفی‌سازی شمارهٔ گروه‌ها/جوامع گیاهی که رلوه‌های مزبور به آنها اختصاص می‌یابند، به‌عنوان متغیر کیفی وابسته با دو سطح صفر و یک، ارتباطی منطقی بین داده‌ها ایجاد می‌کند و بر این اساس، ساختار شبکهٔ هوشمند آن توسعه می‌یابد. سپس با استفاده از این ساختار هوشمند، درجهٔ اختصاص هر یک از قطعات نمونه به گروه‌ها/جوامع گیاهی ازقبل طبقه‌بندی‌شده تعیین می‌شود. از این‌رو از شبکهٔ عصبی مصنوعی می‌توان در فرایند تخصیص رلوه- گروه در صورت اضافه شدن رلوه‌های جدید به پایگاه اطلاعاتی ترکیب پوشش گیاهی بهره جست.

در الگوریتم MLP از مقادیر درصد تاج‌پوشش گونه‌های گیاهی و شمارهٔ گروه‌ها/جوامع گیاهی حاصل از دو روش طبقه‌بندی بوم‌شناختی و جامعه‌شناختی به‌عنوان ورودی داده استفاده شد. لایهٔ دوم به‌عنوان لایهٔ پنهان و شامل تعدادی گره محاسبه‌گر است. این لایهٔ پنهان یک انطباق غیرخطی بین فضای ورودی و یک فضا (به‌طور معمول) با بعد بزرگ‌تر برقرار می‌کند که در آن الگوها به‌صورت تفکیک‌پذیر خطی درمی‌آیند. در این لایه با استفاده از الگوریتم پس‌انتشار خطا، آموزش شبکه انجام گرفت. البته برای این منظور داده‌های اولیه در قالب سه مجموعه از داده‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی تفکیک شدند که به‌ترتیب ۷۰، ۱۵ و ۱۵ درصد از اطلاعات کل رلوه‌ها را شامل می‌شوند (Cerna and Chytry, 2005). در این الگوریتم، خروجی شبکه با مقدار مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه شده و با تغییر در نورون‌های ارتباط‌دهنده و وزن مقادیر درصد تاج‌پوشش گونه‌ها تلاش شد از خطای شبکه کاسته شود. این فرایند تا زمان به حداقل رسیدن خطای موجود به‌ازای همهٔ نمونه‌های آموزشی و ایجاد شبکه‌ای با بهترین عملکرد ادامه داشت. برای دستیابی به شبکه‌ای با بهترین عملکرد، شبکه‌های مختلف با ساختارهای متفاوت براساس مجموعهٔ دادهٔ آموزش (۷۰ درصد)، آموزش داده شد و ارزیابی عملکرد این شبکه‌ها براساس داده‌های اعتبارسنجی (۱۵ درصد) انجام گرفت. لایهٔ خروجی (تعداد گروه‌ها/ اجتماع‌های‌گیاهی) جمع وزنی را به‌همراه یک خروجی خطی تولید کرد و بر این اساس، درجهٔ اختصاص هر یک از رلوه‌ها به گروه‌ها/جوامع گیاهی حاصل از دو روش عددی TWINSPAN یا تجربی براون- بلانکه به‌صورت فازی تعیین شد. تعداد نورون در این لایه، متناظر با تعداد طبقه‌بندی‌هایی (۳۰ طبقه) است که توسط شبکهٔ عصبی باید از هم تفکیک شوند (شکل ۲). سرانجام براساس مقادیر بیشینهٔ درجه تخصیص رلوه- گروه (۳۰ گروه)، طبقه‌بندی گروه‌ها/جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی ارائه شد.

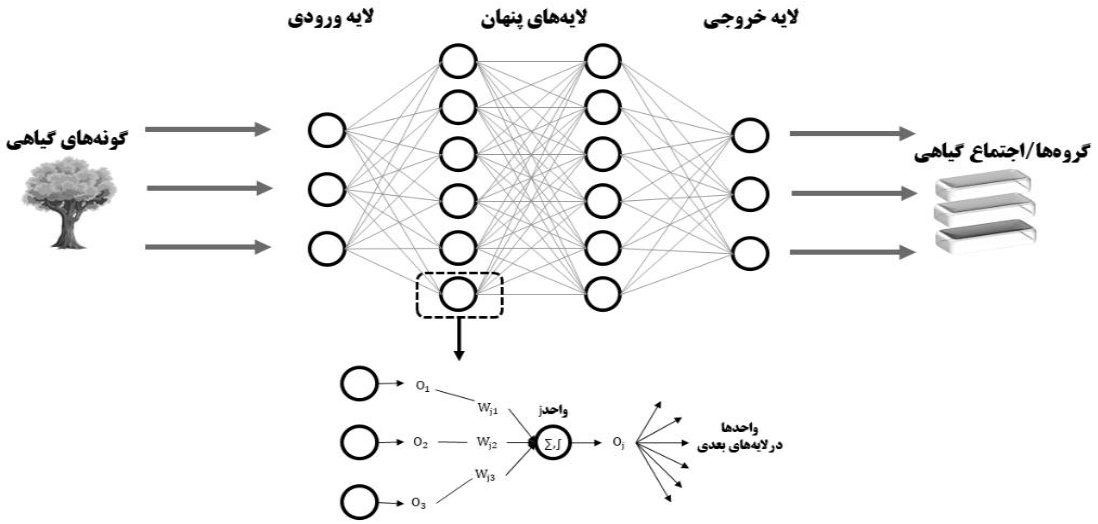
در نهایت با استفاده از مجموعهٔ دادهٔ آزمایشی (۱۵ درصد) دقت نتایج روش شبکهٔ عصبی مصنوعی در طبقه‌بندی گروه‌ها/ جوامع گیاهی برآورد شد. همچنین میزان انطباق گروه‌های گیاهی حاصل از روش MLP بر نتایج دو روش عددی و تجربی طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد در سطوح مختلف با استفاده از نتایج جدول توافقی و بهره‌گیری از ضریب تطابق حساسیت[1] برآورد و ارزیابی شد. درجهٔ حساسیت (رابطهٔ ۱) برای هر گروه/ اجتماع گیاهی از تقسیم تعداد رلوه‌هایی که در روش MLP درست طبقه‌بندی شدند (TP) به تعداد رلوه‌های گروه‌بندی اولیه (P) به‌دست می‌آید (Cerna and Chytry, 2005). درصد حساسیت کل[2]، از تقسیم مجموع تعداد رلوه‌هایی که در هریک از گروه‌های MLP درست طبقه‌بندی شدند به تعداد کل رلوه‌ها به‌دست می‌آید.

$$\text{درجه حساسیت} = \frac{TP}{P}$$

رابطهٔ ۱

1. Sensitivity
2. Overall sensitivity percent

فرایند تخصیص رلوه- گروه/اجتماع گیاهی با استفاده از روش MLP براساس نتایج گروه‌های اولیهٔ هر دو روش عددی و تجربی طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد در سطوح قطع اول (تعداد ۲ گروه/اجتماع گیاهی) تا ششم (تعداد ۲۱ گروه/اجتماع گیاهی) نیز انجام گرفت. از این‌رو براساس معیار عددی درصد حساسیت کل، کیفیت روش MLP در طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی در سطوح قطع مختلف دارنگارهٔ سلسله‌مراتبی هر یک از دو روش عددی TWINSPAN و تجربی سنتز جدولی براون- بلانکه ارزیابی شد. در این پژوهش TWINSPAN با استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری Juice,7.0.3 (Tichy, 2002) و طبقه‌بندی MLP با استفاده از نرم‌افزار Matlab نسخهٔ ۲۰۱۸b انجام گرفت.



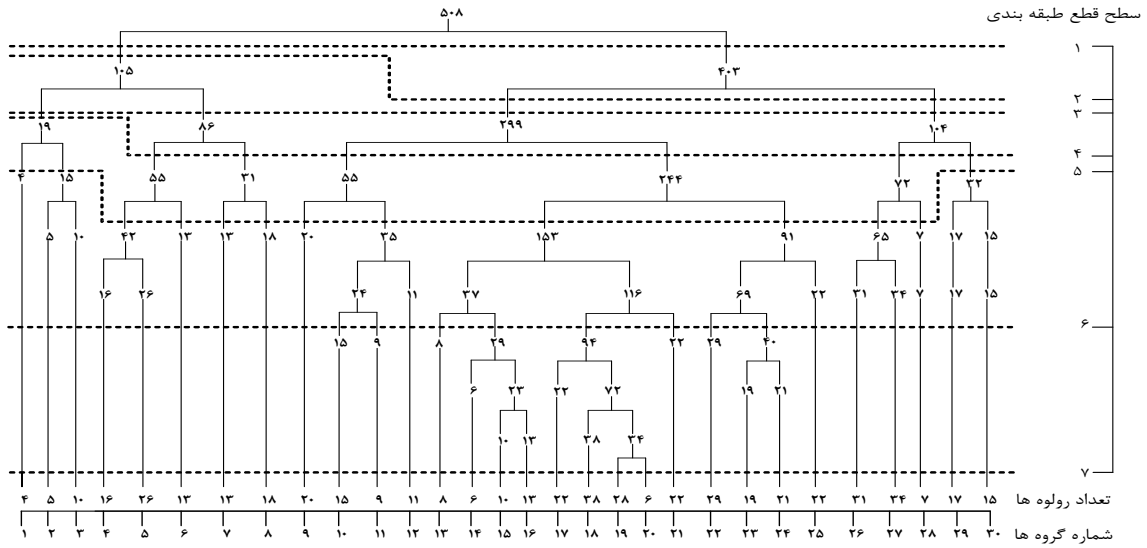
شکل ۲- نحوهٔ وزن‌دهی و عملکرد منطقی در شبکهٔ عصبی مصنوعی (Fody, 1996)

نتایج

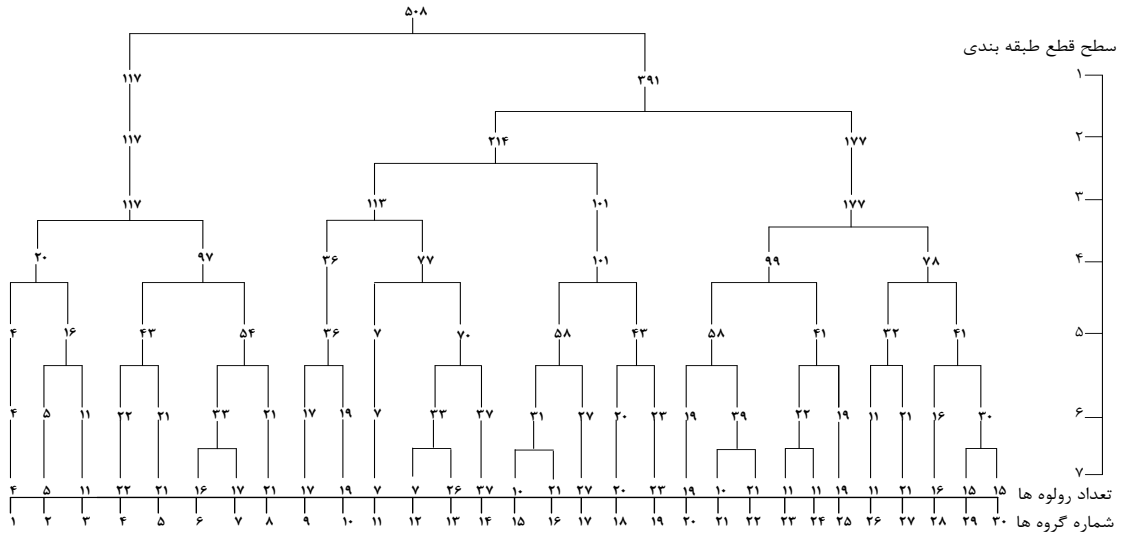
نتایج طبقه‌بندی عددی ترکیب پوشش گیاهی (براساس مقادیر وفور) پایگاه اطلاعاتی شمشاد هیرکانی با استفاده از روش TWINSPAN در سطح قطع ۷ منجر به تفکیک و تمایز ۳۰ گروه بوم‌شناختی شد (شکل ۳). گروه‌های مزبور پس از اجرای تحلیل گونهٔ معرف (نتایج آن در این مقاله ارائه نشده است) به‌عنوان طبقه‌بندی اولیه وارد جدول سنتز براون- بلانکه شدند. در روش سنتز جدولی براون- بلانکه شده با جابه‌جایی قطعات نمونه که شامل گونه‌های معرف مشابه‌اند، گروه‌های جامعه‌شناختی یا سین‌تاکسون‌ها شکل گرفتند. بدین ترتیب ۳۰ اجتماع گیاهی براساس حضور و مرتب‌سازی گونه‌های معرف در تابلوی جامعه‌شناسی براون- بلانکه شناسایی و تفکیک شدند (شکل ۴). تابلوی جامعه‌شناختی براون- بلانکه در این پژوهش ارائه نشده و فقط از ماتریس رلوه- اجتماع گیاهی حاصل از آن به‌منظور مقایسه با نتایج روش شبکهٔ عصبی مصنوعی در طبقه‌بندی جوامع گیاهی استفاده شد.

تجزیه‌وتحلیل سلسله مراتبی گروه‌های جامعه‌شناختی براون- بلانکه نشان داد که در سطح قطع اول طبقه‌بندی، دو سین تاکسون مشتمل بر زیرردهٔ عشقه (۳۹۱ رلوه) و اتحادیهٔ آزاد (۱۱۷ رلوه) از جنگل‌های شمشاد هیرکانی تفکیک‌پذیر و شایان

تمایز است. در سطح قطع دوم، اتحادیهٔ راش و راستهٔ انجیلی از زیرردهٔ عشقه تفکیک شد تا به‌همراه اتحادیهٔ آزاد، سه سین‌تاکسون از جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی از دارنگارهٔ طبقه‌بندی براون- بلانکه را بتوان ارائه کرد. سطوح قطع ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ دارنگارهٔ طبقه‌بندی براون- بلانکه مربوط به سطوح اتحادیه (۴ گروه)، زیراتحادیه (۷ گروه)، جامعه (۱۳ گروه)، زیرجامعه (۲۴ گروه) و واریانت (۳۰ گروه) شمشاد در سطح جنگل‌های هیرکانی محسوب می‌شود (شکل ۴). طبقه‌بندی TWINSPAN نیز براساس الگوی دارنگارهٔ طبقه‌بندی براون- بلانکه پیروی شد و بر این اساس سطوح قطع هفتگانه در طبقه‌بندی TWINSPAN شکل گرفت (شکل ۳).

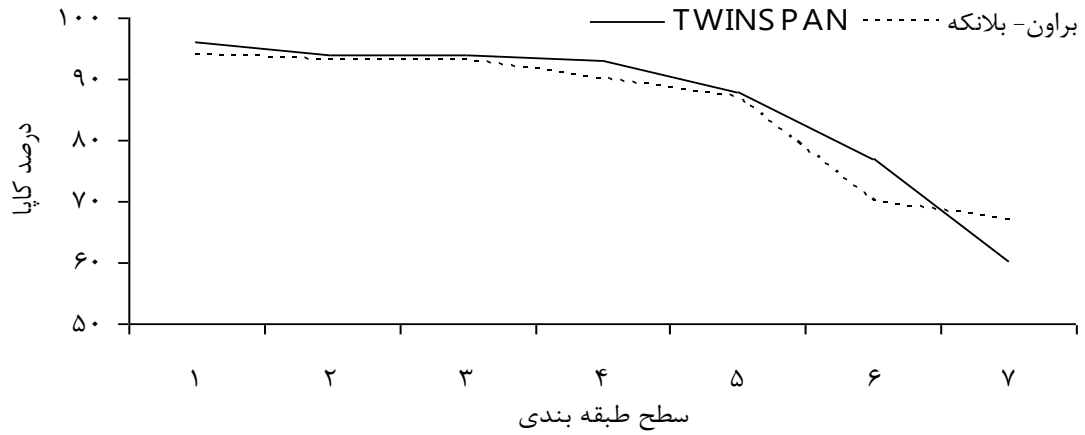


شکل ۳- دارنگارهٔ طبقه‌بندی TWINSPAN جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی

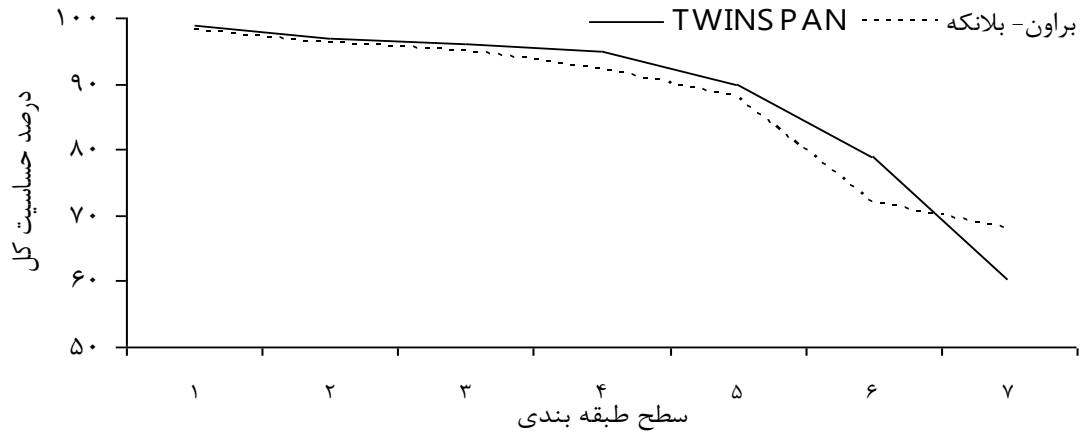


شکل ۴- دارنگارهٔ طبقه‌بندی براون- بلانکه جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی

جدول‌های ضمیمهٔ ۱ و ۲ به‌ترتیب جدول‌های توافقی گروه‌های حاصل از روش MLP با گروه‌های حاصل از دو روش براون- بلانکه و TWINSPAN در هریک از سطوح طبقه‌بندی هفتگانه را نشان می‌دهد. درصد انطباق نتایج طبقه‌بندی جوامع گیاهی حاصل از روش MLP با نتایج طبقه‌بندی براون- بلانکه از ۹۸ درصد در سطح قطع ۱ تا ۶۸ درصد در سطح قطع ۷ (تعداد ۳۰ گروه/اجتماع گیاهی) کاهش می‌یابد. این روند در جوامع گیاهی حاصل از روش MLP براساس گروه‌های اولیهٔ حاصل از روش TWINSPAN از ۹۹ درصد در سطح قطع ۱ تا ۶۰ درصد در سطح قطع ۷ مشاهده می‌شود (شکل ۵). بررسی روند تغییرات مقادیر درجهٔ حساسیت کل (شکل ۶) بر این نکته دلالت دارد که به غیر از سطح قطع ۷ طبقه‌بندی، کیفیت نتایج طبقه‌بندی MLP براساس نتایج اولیهٔ طبقه‌بندی روش TWINSPAN نسبت به جوامع گیاهی حاصل از روش براون- بلانکه بهتر است.



شکل ۵- روند تغییرات مقادیر درصد ضریب کاپا در بررسی حد انطباق نتایج روش MLP بر نتایج طبقه‌بندی اولیهٔ حاصل از دو روش براون- بلانکه و TWINSPAN در سطوح مختلف طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی



شکل ۶- روند تغییرات مقادیر درصد حساسیت کل در بررسی حد انطباق نتایج روش MLP بر نتایج طبقه‌بندی اولیهٔ حاصل از دو روش براون- بلانکه و TWINSPAN در سطوح مختلف طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی

جدول ۱- میزان انطباق نتایج دو روش شبکهٔ عصبی مصنوعی و روش تجربی براون- بلانکه در طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی

جوامع گیاهی اولیه		سطح قطع ۷				سطح قطع ۶				سطح قطع ۵				سطح قطع ۴				سطح قطع ۳				سطح قطع ۲				سطح قطع ۱			
		MLP				MLP				MLP				MLP				MLP				MLP				MLP			
شماره گروه	تعداد رأس	تعداد رأس	رأس‌های صحیح	حساسیت		تعداد رأس جوامع اولیه	تعداد رأس	رأس‌های صحیح	حساسیت	تعداد رأس جوامع اولیه	تعداد رأس	رأس‌های صحیح	حساسیت	تعداد رأس جوامع اولیه	تعداد رأس	رأس‌های صحیح	حساسیت	تعداد رأس جوامع اولیه	تعداد رأس	رأس‌های صحیح	حساسیت	تعداد رأس جوامع اولیه	تعداد رأس	رأس‌های صحیح	حساسیت	تعداد رأس جوامع اولیه	تعداد رأس	رأس‌های صحیح	حساسیت
۱	۴	۵	۳	۷۵		۴	۵	۳	۷۵	۴	۰	۰	۰	۲۰	۱۹	۱۹	۹۵	۱۱۷	۱۱۶	۱۱۰	۹۴	۱۱۷	۱۱۷	۱۱۳	۹۷	۱۱۷	۱۱۱	۱۰۸	۹۲
۲	۵	۱۱	۵	۱۰۰		۵	۵	۴	۸۰	۱۶	۱۵	۱۵	۹۴	۹۷	۹۷	۹۳	۹۶	۱۱۳	۱۱۲	۱۰۹	۹۶	۲۱۴	۲۱۳	۲۰۴	۹۵	۳۹۱	۳۹۷	۳۸۸	۹۹
۳	۱۱	۶	۶	۵۵		۱۱	۳	۳	۲۷	۴۳	۴۶	۴۱	۹۵	۳۶	۳۶	۳۵	۹۷	۱۰۱	۱۰۲	۹۱	۹۰	۱۷۷	۱۷۸	۱۷۲	۹۷				
۴	۲۲	۱۸	۱۶	۷۳		۲۲	۱۱	۰	۰	۵۴	۵۷	۵۳	۹۸	۷۷	۷۶	۷۲	۹۴	۱۷۷	۱۷۸	۱۷۲	۹۷								
۵	۲۱	۱۷	۱۲	۵۷		۲۱	۴۲	۱۶	۷۶	۳۶	۳۶	۳۳	۹۲	۱۰۱	۱۰۲	۸۸	۸۷												
۶	۱۶	۱	۱	۶		۳۳	۳۹	۲۷	۸۲	۷	۸	۷	۱۰۰	۹۹	۱۰۳	۹۳	۹۴												
۷	۱۷	۳۸	۱۶	۹۴		۲۱	۱۶	۱۱	۵۲	۷۰	۷۳	۶۷	۹۶	۷۸	۷۵	۶۷	۸۶												
۸	۲۱	۱۹	۹	۴۳		۱۷	۱۶	۱۲	۷۱	۵۸	۵۰	۴۲	۷۲																
۹	۱۷	۱۷	۱۴	۸۲		۱۹	۲۰	۱۵	۷۹	۴۳	۴۳	۳۴	۷۹																
۱۰	۱۹	۲۲	۱۸	۹۵		۷	۶	۶	۸۶	۵۸	۵۸	۵۵	۹۵																
۱۱	۷	۶	۶	۸۶		۳۳	۳۳	۲۷	۸۲	۴۱	۴۸	۳۸	۹۳																
۱۲	۷	۷	۵	۷۱		۳۷	۳۵	۳۲	۸۶	۳۲	۲۸	۲۵	۷۸																
۱۳	۲۶	۲۸	۲۲	۸۵		۳۱	۳۰	۲۱	۶۸	۴۶	۴۶	۳۷	۸۰																
۱۴	۳۷	۳۲	۳۰	۸۱		۲۷	۳۴	۲۵	۹۳																				
۱۵	۱۰	۱	۰	۰		۲۰	۱۲	۱۱	۵۵																				
۱۶	۲۱	۱۹	۱۰	۴۸		۲۳	۲۸	۲۲	۹۶																				
۱۷	۲۷	۴۲	۲۴	۸۹		۱۹	۱۴	۱۴	۷۴																				
۱۸	۲۰	۱۲	۷	۳۵		۳۹	۴۴	۳۷	۹۵																				
۱۹	۲۳	۲۷	۲۱	۹۱		۲۲	۲۴	۱۷	۷۷																				
۲۰	۱۹	۲۰	۱۹	۱۰۰		۱۹	۱۳	۱۰	۵۳																				
۲۱	۱۰	۱۳	۹	۹۰		۱۱	۰	۰	۰																				
۲۲	۲۹	۳۷	۲۹	۱۰۰		۲۱	۳۶	۱۷	۸۱																				
۲۳	۱۱	۱۳	۶	۵۵		۱۶	۱۱	۹	۵۶																				
۲۴	۱۱	۰	۰	۰		۳۰	۳۱	۲۵	۸۳																				
۲۵	۱۹	۱۷	۱۲	۶۳																									
۲۶	۱۱	۱۸	۹	۸۲																									
۲۷	۲۱	۱۹	۱۲	۵۷																									
۲۸	۱۶	۹	۸	۵۰																									
۲۹	۱۵	۲۴	۱۲	۸۰																									
۳۰	۱۵	۱۰	۷	۴۷																									
درجه حساسیت کل				۶۸					۷۲				۸۸				۹۲				۹۵				۹۶				۹۸

جدول ۲- میزان انطباق نتایج دو روش شبکهٔ عصبی مصنوعی و تحلیل عددی TWINSPAN در طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی

جوامع گیاهی اولیه		سطح قطع ۷				سطح قطع ۶				سطح قطع ۵				سطح قطع ۴				سطح قطع ۳				سطح قطع ۲				سطح قطع ۱			
		MLP				MLP				MLP				MLP				MLP				MLP				MLP			
شماره گروه	تعداد رلوه	تعداد رلوه	رلوه‌های صحیح	حساسیت	تعداد رلوه جوامع اولیه	تعداد رلوه	رلوه‌های صحیح	حساسیت	تعداد رلوه جوامع اولیه	تعداد رلوه	رلوه‌های صحیح	حساسیت	تعداد رلوه جوامع اولیه	تعداد رلوه	رلوه‌های صحیح	حساسیت	تعداد رلوه جوامع اولیه	تعداد رلوه	رلوه‌های صحیح	حساسیت	تعداد رلوه جوامع اولیه	تعداد رلوه	رلوه‌های صحیح	حساسیت	تعداد رلوه جوامع اولیه	تعداد رلوه	رلوه‌های صحیح	حساسیت
۱	۴	۴	۴	۱۰۰	۴	۰	۰	۰	۴	۴	۴	۱۰۰	۱۹	۱۷	۱۷	۸۹	۱۹	۱۷	۱۷	۸۹	۱۰۵	۱۰۴	۱۰۲	۹۷	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۲	۹۷
۲	۱۰	۱۲	۱۰	۱۰۰	۵	۵	۴	۸۰	۱۵	۱۵	۱۵	۱۰۰	۵۵	۵۹	۵۴	۹۸	۸۶	۹۰	۸۳	۹۷	۲۹۹	۳۰۱	۲۹۳	۹۸	۴۰۳	۴۰۲	۳۹۹	۹۹
۳	۶	۴	۴	۶۷	۱۰	۱۰	۸	۸۰	۴۲	۵۱	۴۰	۹۵	۳۱	۳۱	۲۷	۸۷	۲۹۹	۲۹۸	۲۹۰	۹۷	۱۰۴	۱۰۳	۹۷	۹۳				
۴	۱۸	۱۹	۱۲	۶۷	۱۶	۱	۰	۰	۱۳	۵	۴	۳۱	۵۵	۵۸	۵۴	۹۸	۱۰۴	۱۰۳	۹۹	۹۵								
۵	۱۳	۳	۱	۸	۲۶	۴۳	۲۵	۹۶	۱۳	۸	۶	۴۶	۲۴۴	۲۴۴	۲۳۷	۹۷												
۶	۱۳	۱۹	۹	۶۹	۱۳	۱۴	۹	۶۹	۱۸	۱۸	۱۶	۸۹	۷۲	۶۹	۶۶	۹۲												
۷	۱۶	۳	۳	۱۹	۱۳	۱۲	۷	۵۴	۲۰	۱۸	۱۸	۹۰	۳۲	۳۰	۲۹	۹۱												
۸	۲۵	۴۰	۲۲	۸۸	۱۸	۲۳	۱۵	۸۳	۳۵	۳۳	۳۲	۹۱																
۹	۱۴	۸	۳	۲۱	۲۰	۱۸	۱۷	۸۵	۱۵۳	۱۵۲	۱۴۳	۹۳																
۱۰	۱۸	۱۹	۱۴	۷۸	۱۵	۲۲	۱۵	۱۰۰	۹۱	۹۹	۸۴	۹۲																
۱۱	۷	۶	۶	۸۶	۹	۳	۳	۳۳	۶۵	۶۹	۶۲	۹۵																
۱۲	۱۱	۱۱	۸	۷۳	۱۱	۱۱	۸	۷۳	۷	۶	۶	۸۶																
۱۳	۳۴	۳۸	۲۶	۷۶	۸	۵	۵	۶۳	۳۲	۳۰	۲۹	۹۱																
۱۴	۳۱	۳۷	۲۶	۸۴	۲۹	۲۳	۲۰	۶۹																				
۱۵	۱۹	۱۹	۱۰	۵۳	۹۴	۹۵	۸۶	۹۱																				
۱۶	۲۱	۱۸	۷	۳۳	۲۲	۲۲	۱۹	۸۶																				
۱۷	۲۹	۳۵	۲۴	۸۳	۲۹	۴۳	۲۸	۹۷																				
۱۸	۲۲	۱۸	۹	۴۱	۴۰	۴۶	۳۷	۹۳																				
۱۹	۲۲	۳۱	۲۱	۹۵	۲۲	۱۲	۸	۳۶																				
۲۰	۲۰	۱۸	۱۵	۷۵	۳۱	۲۸	۲۵	۸۱																				
۲۱	۹	۱۰	۷	۷۸	۳۴	۳۶	۲۹	۸۵																				
۲۲	۱۵	۱۵	۱۰	۶۷	۷	۵	۵	۷۱																				
۲۳	۸	۱۱	۵	۶۳	۱۷	۱۹	۱۵	۸۸																				
۲۴	۱۰	۵	۴	۴۰	۱۵	۱۲	۱۲	۸۰																				
۲۵	۲۲	۲۷	۱۴	۶۴																								
۲۶	۲۸	۳۶	۱۹	۶۸																								
۲۷	۳۸	۲۸	۱۲	۳۲																								
۲۸	۶	۲	۲	۳۳																								
۲۹	۱۳	۱۱	۷	۵۴																								
۳۰	۶	۱	۶	۰																								
درجه حساسیت کل		۶۰			۷۹				۹۰				۹۵				۹۶				۹۷				۹۹			

بحث

بررسی نتایج هر دو روش طبقه‌بندی عددی و تجربی گروه‌ها/جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی بیانگر آن است که پایگاه اطلاعاتی استفاده‌شده، گسترهٔ وسیعی از شرایط رویشگاهی دامنهٔ انتشار این گونه در جنگل‌های هیرکانی را پوشش می‌دهد. اجتماع‌پذیری گونهٔ شمشاد با انواع مختلف ترکیب گیاهی جنگل‌های هیرکانی که هر یک معرف خصوصیات بوم‌شناختی ویژه‌ای است، بیانگر آن است که شمشاد قابلیت تشکیل جوامع گیاهی در گسترهٔ وسیعی از خصوصیات رویشگاهی به شرط فراهم بودن رطوبت هوا (مه‌خیز بودن دامنه‌های مورد انتشار) را دارد. آنچه اهمیت نتایج تحقیق حاضر را مضاعف می‌سازد، قابلیت مناسب الگوریتم MLP در آموزش و تحلیل جوامع گیاهی مزبور براساس هر دو رویکرد طبقه‌بندی عددی و تجربی است.

حد انطباق نتایج الگوریتم MLP براساس گروه‌ها/جوامع گیاهی حاصل از دو روش عددی و تجربی طبقه‌بندی پوشش گیاهی به‌ترتیب ۶۰ درصد و ۶۸ درصد در سطح قطع هفتم دارنگارهٔ طبقه‌بندی گزارش شده است، اما این مقدار در سطح قطع پنجم طبقه‌بندی به مقدار چشمگیر ۹۰ درصد و ۸۸ درصد براساس جوامع گیاهی اولیهٔ شمشاد حاصل از دو روش عددی و تجربی می‌رسد. سطح قطع پنجم دارنگارهٔ طبقه‌بندی معادل سطح جامعهٔ گیاهی[1] در روش سنتز جدولی براون- بلانکه است. جامعهٔ گیاهی واحد پایه در روش تجربی طبقه‌بندی براون- بلانکه است که معادل گونه در مطالعات سیستماتیک است و از این نظر یک واحد گیاهی متمایز با تعادل مناسبی از کمینهٔ اختلاف درون‌گروهی بیشینهٔ اختلاف بین‌گروهی از نظر ترکیب فلوریستکی با تأکید بر اصل گونه‌های معرف یا تشخیصی محسوب می‌شود. از این‌رو انطباق مناسب نتایج طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی با استفاده از روش MLP بر نتایج طبقه‌بندی حاصل از دو روش عددی و تجربی براون- بلانکه در سطح پنجم دارنگارهٔ طبقه‌بندی در دو روش می‌تواند بیانگر کیفیت مطلوب روش MLP در طبقه‌بندی جوامع گیاهی باشد. بنابراین نتایج تحقیق تصریح می‌کند که از روش MLP می‌توان در فرایند تخصیص قطعه نمونه- گروه/ اجتماع گیاهی استفاده کرد.

مقایسهٔ مقادیر درجهٔ حساسیت کل در ارزیابی کیفیت روش MLP در طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی در سطوح قطع مختلف دارنگارهٔ سلسله‌مراتبی هر یک از دو روش TWINSPAN و براون- بلانکه نشان می‌دهد که با افزایش سطح طبقه‌بندی (ایجاد تعداد گروه‌های بیشتر با اندازهٔ کوچک‌تر) از انطباق جوامع گیاهی حاصل از روش MLP بر جوامع گیاهی اولیهٔ متناظر کاسته می‌شود. این کاهش می‌تواند ناشی از کاهش اختلاف بین‌گروهی، گروه‌ها/جوامع گیاهی اولیه در سطوح پایین‌تر دارنگارهٔ طبقه‌بندی (گروه‌هایی که مربوط به یک واحد سین‌تاکسون در سطح بالای طبقه‌بندی هستند، ولی در سطوح پایین از یکدیگر تفکیک می‌شوند) باشد. در واقع اختلاف کم ترکیب گیاهی گروه‌ها در سطوح پایین طبقه‌بندی سبب می‌شود که با نوسان‌های اندک فراوانی یا وفور ترکیب گیاهی در هر یک از رلوه‌ها، تخصیص آنها با گروه‌ها/جوامع گیاهی هدف دستخوش تغییر شود. به دیگر سخن، رلوه‌ها به‌جای اختصاص یافتن به هر یک از گروه‌ها/جوامع گیاهی هدف مزبور، ممکن است در نزدیک‌ترین یا مشابه‌ترین گروه غیرهدف قرار گیرند. این در حالی است که در سطوح بالای طبقه‌بندی به‌دلیل تمایز محسوس‌تر گروه‌ها/جوامع گیاهی از نظر ترکیب گیاهی، نوسان‌های فراوانی یا وفور گونه‌های گیاهی در رلوه‌های مربوط به هر یک از گروه‌ها/جوامع گیاهی اولیه، تأثیر کمتری بر درجهٔ اختصاص رلوه- گروه/اجتماع گیاهی هدف خواهد داشت. این مسئله سبب می‌شود که نتایج فرایند تخصیص با نتایج گروه‌بندی اولیه در سطوح بالاتر دارنگارهٔ طبقه‌بندی از انطباق بیشتری برخوردار باشد.

مقایسهٔ مقادیر درجهٔ انطباق نتایج روش MLP بر

1. Association

نتایج دو روش عددی و تجربی طبقه‌بندی جوامع گیاهی شمشاد هیرکانی نشان داد که به‌جز سطح قطع هفتم طبقه‌بندی، در بقیهٔ سطوح دارنگارهٔ طبقه‌بندی، همواره کیفیت نتایج روش MLP براساس گروه‌های اولیهٔ حاصل از روش عددی TWINSPAN بهتر از نتایج روش تجربی براون- بلانکه است. دلیل این موضوع ممکن است تشابه ماهیت عددی روش MLP با TWINSPAN نسبت به روش براون- بلانکه باشد، زیرا در روش تجربی براون- بلانکه، اهمیت همهٔ گونه‌ها در فرایند طبقه‌بندی یکسان نیست، بلکه در این زمینه گونه‌های تشخیصی[1] به‌ویژه گونه‌های شاخص[2] از اهمیت زیادی برخوردارند. در واقع در روش سنتز جدولی براون- بلانکه، تخصیص رلوه‌ها براساس گونه‌های تشخیصی انجام می‌گیرد، درحالی که در روش‌های عددی MLP و TWINSPAN طبقه‌بندی جوامع گیاهی براساس فراوانی یا وفور همهٔ گونه‌های گیاهی انجام می‌گیرد. این مسئله سبب می‌شود که نتایج جوامع گیاهی حاصل از روش MLP انطباق بیشتری بر نتایج طبقه‌بندی عددی جوامع گیاهی نسبت به روش تجربی آن داشته باشد.

برخلاف نتایج تحقیق حاضر، Cerna و Chytry (۲۰۰۵) اعتقاد داشتند که عملکرد روش MLP در صورت آموزش براساس جوامع گیاهی اولیهٔ ناشی از روش عددی طبقه‌بندی، کمتر از روش تجربی طبقه‌بندی است. البته نتایج تحقیق آنها نشان داد که بهره‌گیری از ایدهٔ گونهٔ معرف و در نتیجه اختصاص رلوه با تعداد گونهٔ معرف بیشتر به‌عنوان مجموعه دادهٔ آموزش با هدف بهبود عملکرد روش MLP نتایج نامطلوبی داشته است. اظهار نظر درخصوص کاربرد روش MLP در بازبینی جوامع گیاهی، نیازمند مقایسهٔ کیفیت طبقه‌بندی گروه‌های حاصل از روش MLP با گروه‌های حاصل از طبقه‌بندی اولیهٔ جوامع گیاهی متناظر با استفاده از نتایج شاخص‌های عددی ارزیابی کیفیت طبقه‌بندی است. اگر کیفیت گروه‌ها/جوامع گیاهی حاصل از روش MLP نسبت به گروه‌ها/جوامع گیاهی اولیه در سطح بالاتری ارزیابی شود، می‌توان اظهار داشت که کاربرد روش MLP (در صورت آزمایش صحیح) و در نتیجه بازبینی طبقه‌بندی جوامع گیاهی اولیه به بهبود نتایج طبقه‌بندی جوامع گیاهی (به‌ویژه در طبقه‌بندی عددی) منجر می‌شود.

به‌طور کلی یافته‌های این تحقیق بر این نکته دلالت دارد که نتایج روش MLP انطباق زیادی بر نتایج هر دو روش عددی و تجربی طبقه‌بندی جوامع گیاهی دارد و از این‌رو می‌توان آن را یک روش عددی در فرایند تخصیص در نظر گرفت؛ ضمن اینکه با افزایش سطح طبقه‌بندی (ایجاد گروه‌های بیشتر) از کیفیت روش MLP در فرایند تخصیص قطعه نمونه/رلوه-گروه/اجتماع گیاهی احتمالاً به‌دلیل کاهش اختلاف ترکیب گونه‌ای بین‌گروهی کاسته می‌شود.

References

Araujo, M.B., and New M., (2007). Ensemble forecasting of species distributions. Trends in Ecology and Evolution, 22, 42-47.

Asadi, H., Esmailzadeh, O., Hosseini, S. M., Asri., Y., and Zare , Habib. (2016). Application of Cocktail method in vegetation classification. Taxonomy and Biosystematics, 8 (28): 21-38.

Bayati, H., Najafi, A., and Abdolmaleki, P. (2012). Comparison between artificial neural network (ANN) and regression analysis in tree felling time estimation. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4), 607-595. doi: 10.22092/ijfpr.2012.107464

1. Diagnostic species
2. Characteristic species

Braun-Blanquet, J. (1932). Plant sociology, the study of plant communities (translation of Pflanzensoziologie by Fuller, G.D. and H.S. Conad, 1983), Mc Graw Hill Book vompany, Inc. New York, 439p.

Černá L., and Chytrý M., (2005). Supervised classification of plant communities with artificial neural networks. Journal of Vegetation Science, 16(4): 407-414.

De Caceres M., Chytry M., Agrillo E., Attorre F., Botta-Dukat Z., Capelo J., Czucz B., Dengler J., Ewald J., Faber-Langendoen D., Feoli E., B.Franklin S., Gavilan R., Gillet F., Jansen F., Jimenez-Alfaro B., Krestov P., Landucci F., Lengyel A., Loidi J., Mucina L., Peet R., W. Roberts D., Rolecek J., Schaminee J.H.J., Schmidtlein S., Theurillat j., Tichy L., Walker D.A., WolfgangWillner O.T., and Wiser S.K., (2015). A comparative framework for broad-scale plot-based vegetation classification, Applied Vegetation Science, 18(4): 543-560.

Fody, M.G., (1996), "Relating the Land-Cover Composition of Mixed Pixels to Artificial Neural Network Classification Output", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 62(5):491-499.

Haeri, M., Asemani., D., and Gharibzadeh., Sh. (2003). Modeling of pain using artificial neural networks. Journal of Theoretical Biology, 220(3): 277-84.

Jafarian, Z., bahreini, Z., and shokri, M. (2017). Evaluation artificial neural network method for spatial mapping of species potential habitat (Case study: Rangeland Siahbisheh, Mazandaran). Journal of Natural Environment, 70(3), 525-539. doi: 10.22059/jne.2017.134303.1021.

Jahani, A., Feghhi, J., Makhdoum, M. F., and Omid, M. (2016). Optimized forest degradation model (OFDM): an environmental decision support system for environmental impact assessment using an artificial neural network. Journal of Environmental Planning and Management, 59(2), 222-244.

Kusbach A., Long J.N., Van Miegroet H., and Shultz L.M., (2012). Fidelity and diagnostic species concepts in vegetation classification in the Rocky Mountains, northern Utah, USA. Botany, 90(8): 678-693.

Menhaj, M.B. (2016). Computational Intelligence (Vol. I) Basics of Neural Networks. Amirkabir University of Technology press. 716p.

Momeni M., (2011). Data clustering (Cluster analysis). Momeni Mansor press, Tehran, 304p.

Piri Sahragard, H., Zare Chahouki, M., and Azarnivand, H. (2015). Modelling of Plant Species Distribution In Arid Regions Using Artificial Neural Networks (ANN) (Case Study: Hozeh Soltan Rangelands of Qom Province). Desert Management, 3(5), 26-39.

Rahmani, S., Ebrahimi, A., and Davoudian dehkordi, A. (2015). Predicting of vegetation map based on geomorphological factors using artificial neural networks (case study: Sabzkouh, Chaharmahal-Va-Bakhtiari Province). Journal Management System, 2(2):21-44.

Rolecek, J. (2007) Formalized classification of thermophilous oak forests in the Czech Republic: what brings the Cocktail method. Preslia 79(1): 1-21.

Tichý L., Chytrý M., and Botta-Dukát Z., (2014). Semi-supervised classification of vegetation: preserving the good old units and searching for new ones. Journal of Vegetation Science, 25(6): 1504-1512.

Tichý L., Chytrý M., and Smarda P., (2011). Evaluating the stability of the classification of community data. Ecography, 34(5): 807-813.

Tichy, L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. Journal of vegetation science 13(3):451-453.

Wiser S.K., and De Cáceres M., (2013). Updating vegetation classifications: an example with New Zealand's woody vegetation. Journal of Vegetation Science, 24(1): 80-93.

Zhang, J., and Yang, H. (2008). Application of self-organizing neural networks to classification of plant communities in Pangquangou Nature Reserve, North China. Frontiers of Biology in China, 3(4), 512-517.

Zhang, J., Li, S., and Li, M. (2010). A comparison of self-organizing feature map clustering with TWINSPAN and fuzzy C-means clustering in the analysis of woodland communities in the Guancen Mts, China. Community Ecology, 11(1), 120-126.

Iranian Journal of Forest
Vol. 11, No. 3, Autumn 2019
pp. 387-400

Research Article

Supervised classification of *Buxus hyrcana* plant communities using artificial neural network

F.Khabazi[1], O.Esmailzadeh[2]*, A.Najafi [3]

[1]MSc. Student of Forestry, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, Mazandaran, I. R. Iran
[2]Assistant Prof., Department Forest Science, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, Mazandaran, I. R. Iran
[3] Associate prof., Department Forest Science, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor, Mazandaran, I. R. Iran

(Received: 11 May 2019; Accepted: 14 August 2019)

Abstract

In this research, the application of Artificial Neural Network or MLP method in the process Assignment of relevé-groups/ plant communities allocation was evaluated using *Buxus hyrcana* forests database. For this purpose, firstly, the ecological and sociological groups of *B. hyrcana* were determined using TWINSPAN and Braun-Blanquet method, respectively. The results of both numerical and expert based classification dendrogram of the *B. hyrcana* communities, which included seven levels of classification as primary groups/plant communities, were introduced to MLP. Then, with assignments in three sets of training (70%), test (15%) and validation (15%), the MLP classification was performed on each level of the two dendrograms. The results showed that by increasing the level of classification, the degree of adaptation of the MLP result with primary ecological and sociological groups of TWINSPAN (99% to 60%) and Braun-Blanquet (98% to 68%) decreased from the cutoff level of 1 to 7. Results of sensitivity and kappa cross tab coefficients, except in 7 cut level, imply that the quality of MLP groups based on TWINSPAN primary ecological group is better than the primary Braun-Blanquet groups. The MLP results in *Buxus hyrcana* plant communities classification were consistent with the results of TWINSPAN (90%) and Braun-Blanquet (89%) ecological/syntaxa groups at the fifth cut level of both dendrograms concluding the reliability of MLP application for classification of plant communities. So, our result confirms that MLP can be introduced as a suitable method for the assignment of releves to plant communities.

Keywords: Assignment**,** Phytosociological data, Braun-Blanquet method, MLP, TWINSPAN.

∗Corresponding author Tel: +989113205013 Email: oesmailzadeh@modares.ac.ir