

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کمرکلی جنگلی (*Sitta europaea*) در نیمرخ شمالی البرز

فاطمه بهادری خسروشاهی^{۱*}، افشین علیزاده شعبانی^۲، محمد کابلی^۲، محمود کرمی^۳، پدرام عطارده^۲ و میترا شریعتی^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، شرکت مهندسان مشاور آب و عمران فرازاندیش، ایران

^۲ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

^۳ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

^۴ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۱۷، تاریخ تصویب: ۸۹/۱۰/۱۸)

چکیده

پراکنش کمرکلی جنگلی (*Sitta europaea*) از خانواده کمرکلیان (Sittidae) و راسته گنجشک‌سانان (Passeriformes) در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود طی فصول بهار و تابستان در سال ۱۳۸۷ در سری‌های پاتم، نمخانه، گرازین، چلیز و بهارین به مساحت تقریبی ۵۸۰۰ هکتار مورد مطالعه قرار گرفت. متغیرهای زیستگاهی مورد اندازه‌گیری عبارت از: ویژگی‌های ساختار پوشش گیاهی منطقه، تیپ پوشش جنگلی و عوامل توپوگرافی شامل شیب، جهت و ارتفاع عرصه مورد مطالعه بود. قطعات نمونه‌برداری در یک ترانسکت خطی تصادفی برداشت و حضور و عدم حضور گونه ثبت شد. هر قطعه نمونه‌ای که گونه در آن مشاهده شد به عنوان نقطه حضور و در صورت عدم مشاهده به عنوان نقطه عدم حضور ثبت شد. بر این اساس در مجموع ۹۸ قطعه نمونه برداشت شد. مطلوبیت زیستگاه کمرکلی به روش رگرسیون منطقی دوتایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که متغیرهای ارتفاع، قطر، تعداد اشکوب درختان، نوع گونه درختی و ارتفاع از سطح دریا مؤثرترین متغیرهای اثرگذار بر حضور گونه در منطقه مورد مطالعه است. همچنین نتایج نشان داد این پرنده زیستگاه‌های جنگلی با جوامع کهنسال راش و ممرز را به عنوان زیستگاه مطلوب خود برمی‌گزیند.

واژه‌های کلیدی: مطلوبیت زیستگاه، کمرکلی جنگلی، جوامع کهنسال راش و ممرز، نیمه شمالی البرز

مقدمه

در استان مازندران قرار دارد. جنگل خیرود به ۷ سری به نام‌های پاتم، نمخانه، گرازبن، چلیبر، بهاربن، دارنو و منیاسنگ تقسیم شده است. این حوزه از سمت شمال به روستای نجارده، از سمت شرق به جنگل‌های بندپی و از سمت جنوب و غرب به جنگل‌های ویسر متصل می‌باشد. محدوده ارتفاعی منطقه صفر تا ۲۰۵۰ متر از سطح دریا است (Sarmadian, 1989). در این پژوهش سری‌های پاتم، نمخانه، گرازبن، چلیبر و بهاربن به وسعت ۵۸۰۰ هکتار مورد بررسی و نمونه‌برداری قرار گرفت.

معرفی گونه

کمرکلی جنگلی (*Sitta europaea*) گونه‌ای قلمرو طلب است و جزو گنجشکسانان پر جنب و جوش می‌باشد. نر و ماده در طول سال به صورت جفت زندگی می‌کنند. زاد و ولد گونه اغلب در جنگل‌های پهن برگ و مخلوط صورت می‌گیرد. کمرکلی درختان بالغ و پیر با ارتفاع متوسط به بالا با شاخه‌ها و ترکه‌های فراوان را برای زیست ترجیح می‌دهد و جزو گونه‌های ساکن دائم منطقه می‌باشد (Gonzalez-Varo *et al.*, 2007). کمرکلی غذای خود را اکثراً از تنه و شاخه‌های درختان فراهم می‌کند که شامل حشرات، بی مهرگان و بذرها می‌باشد. تغذیه عموماً در داخل قلمرو صورت می‌گیرد بذرها و حشرات بزرگ و سخت را به‌درون شکاف‌ها و ترک‌ها فشار داده و خرد می‌کند. معمولاً طعمه‌ها را در درز و شکاف درخت پنهان می‌کند و خزه و پوست درخت را روی آن می‌کشد. همچنین مشاهده شده است که طعمه‌هایش را روی زمین و شکاف دیوار نیز پنهان می‌کند (Lohrl, 1988). به این ترتیب برای گونه حفظ قلمرو جهت بقا در فصل زمستان حیاتی است. میزان وسعت قلمرو را تراکم گونه در منطقه و حضور همسایگان مشخص می‌نماید. وسعت قلمرو در زیستگاه‌های مطلوب اغلب ۱ تا ۲ هکتار است (Enksson, 1987).

نابودی زیستگاه‌ها به عنوان بزرگترین عامل تهدید تنوع زیستی معرفی شده است به نحوی که تا سال ۱۹۸۰ میلادی در حدود ۳۰ درصد انقراض گونه‌ها به تخریب و انهدام زیستگاه‌های حیات وحش نسبت داده شده است (IUCN, 1992). زیستگاه به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورها در حفاظت از گونه‌ها مطرح است (Karami *et al.*, 2008). از این رو نیاز به روش‌هایی است که به کمک آن‌ها بتوان زیستگاه‌ها را ارزیابی کرد و در طول زمان، کاهش کیفیت آن‌ها را برآورد نمود.

برای شناخت آثار فعالیت‌های انسان و بررسی تغییرات یک زیستگاه لازم است که بتوان ارزیابی زیستگاه را به صورت کمی انجام داد. به این منظور روش‌های مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه از سال ۱۹۷۰ تاکنون با گستردگی روز افزونی در ارزیابی و مدیریت زیستگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (Bartoszewicz *et al.*, 2008). بدون شک عوامل محیطی در پراکنش گونه‌ها مؤثر است. هدف اصلی در این گونه مطالعات پیدا کردن مهم‌ترین متغیرها در پراکنش گونه می‌باشد. استفاده از نتایج این مطالعات می‌تواند راهگشای مشکلات پیش روی مدیریت زیستگاه باشد. در واقع هر گاه گونه‌ای در اثر تخریب زیستگاه دچار تهدید شود با شناخت از عواملی که گونه به آنها وابستگی شدیدی دارد می‌توان طرح‌های حفاظتی با توجه به عوامل اصلی زیستگاه ارائه کرد. در این پژوهش مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه برای رسیدن به عوامل مؤثر در تعیین مطلوبیت زیستگاه کمرکلی جنگلی در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود به کار گرفته شد. همچنین با تعیین عوامل مؤثر در حضور گونه در زیستگاه، پراکنش در سطح کل منطقه مدل‌سازی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود با مساحت تقریبی ۸ هزار هکتار در حدود ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان نوشهر

روش نمونه‌برداری

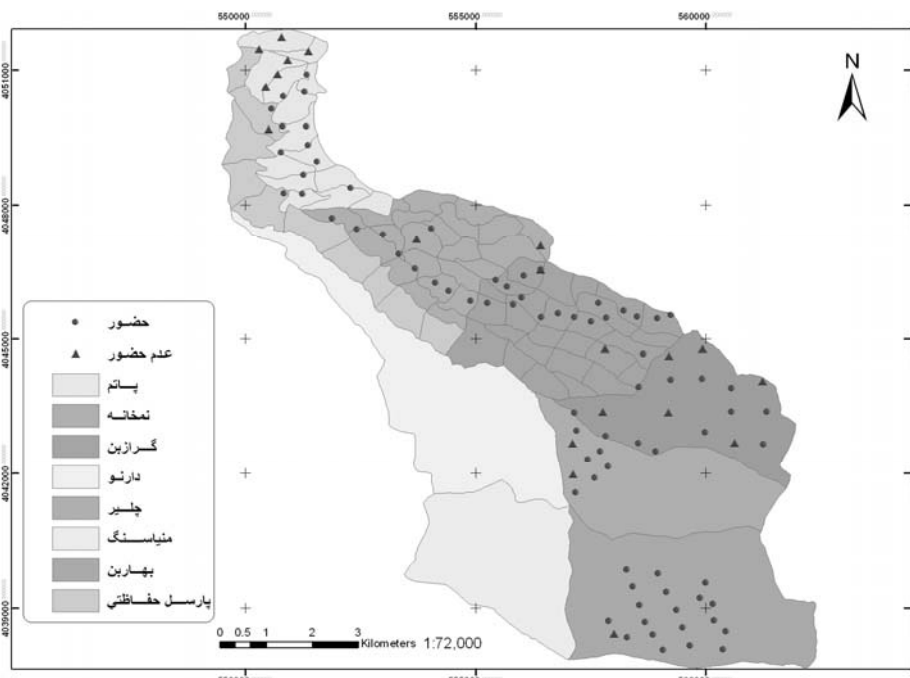
تا ۲۸ مرداد به طول انجامید و در مجموع ۳۰ نمونه برداشت شد که شامل ۱۸ نمونه حضور و ۱۲ نمونه عدم حضور بود. ساعت برداشت اطلاعات نیز در تمام فصول از طلوع خورشید تا ساعت ۱۰ صبح در شرایط انتظار برای ثبت پرنده در هر قطعه نمونه در نظر گرفته شد (Mitten *et al.*, 2004).

متغیرهای محیطی

بر اساس اطلاعات مربوط به تاریخ طبیعی گونه و عوامل اکولوژیک، برخی از متغیرهایی که مهمترین نقش را در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه دارند برای مدل‌سازی پراکنش گونه در عرصه مطالعاتی انتخاب شد. متغیرهای برداشت شده در هر قطعه نمونه شامل: تعداد درختان با ارتفاع ۲۵ متر و بیشتر (Matthysen, 1987)، تعداد درختان با ارتفاع کمتر از ۲۵ متر، تعداد درختان با قطر بیشتر از ۲۰ سانتی متر، تعداد درختان با قطر کمتر از ۲۰ سانتی متر، درصد اشکوب بالا (درصد درختان با ارتفاع ۲۰ تا ۴۰ متر)، درصد اشکوب میانی (۱۰ تا ۲۰ متر)، درصد اشکوب پایین (کمتر از ۱۰ متر)، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا در مرکز قطعه نمونه، تیپ پوشش گیاهی قطعه نمونه، درصد تاج پوشش درختان و نوع گونه درخت (Gonzalez-Varo *et al.*, 2007) بود. همچنین برای تخمین درصد تاج پوشش و درصد اشکوب از روش کوچلر استفاده شد (Kuchler, 1967).

نمونه‌برداری طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۸۷ به روش ترانسکت خطی تصادفی و به مدت ۱۸ روز در هر فصل در عرصه مطالعاتی انجام پذیرفت. نقطه شروع نمونه‌برداری در هر سری به شکل تصادفی انتخاب و بر اساس وسعت هر سری با چند ترانسکت به صورت طولی در جهت افزایش ارتفاع پیموده شد (Dobkin and Rich, 2000). قطعه نمونه‌های نمونه‌برداری در دو طرف مسیر حرکت ترانسکت، در محیطی دایره‌ای شکل به شعاع ۱۱/۲۸ متر برداشت شد. با توجه به اینکه زیستگاه مورد مطالعه جنگلی و روش نمونه‌برداری به شکلی است که باید تمام داده‌های هر درخت داخل قطعه نمونه ثبت شود در نتیجه از اندازه قطعه نمونه استاندارد استفاده شد که برای این‌گونه شرایط مناسب است (قطر ۰/۰۴ هکتار (۴۰۰ مترمربع)، شعاع ۱۱/۲۸ متر) (Nur *et al.*, 1999). نقطه مرکزی قطعه نمونه اول به شکل تصادفی در پایین دست سری پاتم انتخاب و با حرکت در مسیر ترانسکت با فاصله حداقل ۲۰۰ متر (قلمرو گونه در شرایط مطلوب ۱۰۰ متر مربع می‌باشد) قطعه نمونه بعدی برداشت شد (Gonzalez-Varo *et al.*, 2007). مدت زمان توقف در هر قطعه نمونه ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد (Pagenkopf and Wesoliwski, 2002).

به این ترتیب هر قطعه نمونه‌ای که گونه در آن مشاهده و یا صدای آن شنیده شد (کمرکلی جنگلی دارای آواز شاخصی است) به عنوان نقطه حضور و در صورت عدم مشاهده به عنوان نقطه عدم حضور ثبت شد (Gonzalez-Varo *et al.*, 2007) بر این اساس ۷۸ قطعه نمونه حضور و ۲۰ قطعه نمونه عدم حضور در فصل بهار جمع‌آوری شد (شکل ۱). نمونه‌برداری بهاره از ۱ تا ۲۱ اردیبهشت به طول انجامید و به منظور مدل‌سازی نیز از اطلاعات فصل بهار استفاده شد با این وجود قبل از نمونه‌برداری بهاره در فصل پاییز نمونه‌برداری جهت مطالعات راهنما صورت پذیرفت. این نمونه‌برداری از ۱۵ تا ۲۹ آبان به طول انجامید. جهت ارزیابی مدل، در فصل تابستان نیز نمونه‌برداری انجام شد. دوره نمونه‌برداری از ۱۴



شکل ۱- محدوده مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری در ۵ سری از جنگل خیرود

تجزیه و تحلیل‌های آماری

مدل پیش‌بینی‌کننده رگرسیون منطقی

رگرسیون منطقی به منظور مدل‌سازی رابطه بین متغیر وابسته دوتایی و یک یا چند متغیر محیطی پیش‌بینی‌کننده (مستقل) به کار می‌رود. به عبارت دیگر، رگرسیون منطقی می‌تواند به منظور پیش‌بینی متغیر وابسته بر اساس متغیرهای پیش‌بینی‌کننده به کار رود. مدل‌های حضور و عدم حضور گونه، حاصل پایش بیولوژیک است. در این روش بررسی می‌شود که در کدام یک از جایگاه‌های نمونه‌برداری گونه حضور دارد و یا ندارد. در مدل‌هایی که هر دو داده حضور و عدم حضور در تجزیه و تحلیل به کار برده می‌شود می‌توان احتمال حضور گونه در جایگاه‌های برداشت نشده را نیز پیش‌بینی نمود (Alizadeh, 2006). بر اساس نوع داده‌های جمع‌آوری شده و بر طبق مدل‌های آماری مختلفی که در این نوع پژوهش‌ها به کار می‌رود، بهترین نوع مدل پیش‌بینی‌کننده برای انجام محاسبات بر اساس داده‌های دوتایی، مدل همبستگی منطقی دوتایی^۱ می‌باشد که در پژوهش حاضر نیز به کار گرفته شده است.

این مدل جزو مدل‌های خطی کلی شده GLM^۲ است و بهترین نتایج را به همراه دارد. همچنین در این روش پتانسیل پراکنش گونه‌ها در اراضی مدل شده می‌تواند پیش‌بینی شود (Schuster, 1994; Whittaker *et al.*, 1973).

معادله ۱ رابطه مدلی است که برای پیش‌بینی حضور گونه به کار رفته است (مدل رگرسیون منطقی دوتایی) این معادله در نرم افزار Minitab 13 محاسبه شد:

$$Y_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}X_{1i} + \beta_{2i}X_{2i} + \dots + \beta_{(p-1)i}X_{(p-1)i} + \epsilon_i \quad (1)$$

در این معادله Y_i برابر با ارزش پیش‌بینی‌کننده خطی گونه i ، β_{0i} ضریب ثابت معادله، β_{1i} تا β_{3i} ضرایب متغیرها و X_{1i} تا X_{3i} ارزش هر یک از متغیرها است. معادله ۲ در خصوص محاسبه احتمال حضور گونه در

۲- General linear models

۱- Binary Logistic Regression

زیستگاه بر اساس ارزش‌های بدست آمده از متغیرهای پیش‌بینی کننده کاربرد دارد.

آزمون‌های سنجش مدل - آزمون آماره G

جهت سنجش دقت مدل رگرسیون منطقی روش‌های آماری متعددی به کار می‌رود که آزمون G یکی از این روش‌ها است. در این آزمون انحراف بین مدل اصلی از مدلی که تمام ضرایب آن صفر فرض شده است محاسبه می‌شود. مناسب‌ترین مدل دارای بیشترین انحراف می‌باشد. آزمون G دارای توزیع مربع کای با درجه آزادی P-1 می‌باشد (P) برابر با تعداد متغیرها در مدل است. فرضیه صفر این آزمون شیب رگرسیون منطقی را برابر صفر در نظر می‌گیرد (Alizadeh, 2006).

$$P_{\text{Presence}} = \frac{1}{1 + \exp(-Y_i)} \quad (2)$$

P_{presence} احتمال حضور و پیش‌بینی کننده خطی (متغیر وابسته) است. عدد حاصل از معادله بین صفر و ۱ خواهد بود و با نزدیکتر شدن عدد به ۱، احتمال حضور گونه نیز در منطقه افزایش می‌یابد.

در مطالعه حاضر به منظور انتخاب متغیرهای اثرگذار در حضور و عدم حضور گونه، تک تک متغیرها به شکل مجزا وارد رابطه رگرسیون منطقی دوتایی شد و ارزش P آنها محاسبه گردید. در نهایت متغیرهایی که رابطه منطقی برقرار نکردند ($P > 0.05$) مشخص و از روند محاسبات حذف شد. به منظور بررسی اثر نوع گونه درختی در حضور و یا عدم حضور کمرکلی جنگلی، از روش تجزیه و تحلیل تطبیقی (CA)^۱ استفاده شد. این روش یکی از فنون رسته‌بندی است. در تمام ۹۸ واحد نمونه‌برداری، ۱۲ گونه درختی تشخیص داده شد. سه محور اول در مجموع ۵۲ درصد تغییرات را توجیه نمود (جدول ۱)، لذا از این سه محور در رابطه رگرسیون میان حضور-عدم حضور و متغیرهای محیطی استفاده شد. در نهایت به منظور بررسی هم‌کنشی بین متغیرهای معنی دار، ماتریس همبستگی در نرم افزار statistica تشکیل و از هر دو متغیری که هم بستگی بالای ۰/۸ داشتند یک متغیر به انتخاب گزینش شد. در مطالعه حاضر به منظور انتخاب مناسب ترین مدل از روش نمایه آکایکه AIC^۲ استفاده شد. این روش مدل‌های مختلف را مورد مقایسه قرار می‌دهد و به این ترتیب سری متغیرهایی که دارای اختلاف آکایکه (ACI) کمتر از ۲ می‌باشند، به عنوان پیش‌بینی کننده‌های مدل وارد رابطه رگرسیون منطقی دوتایی می‌شود (Gonzalez-Varo et al., 2007)

- آزمون نیکویی برازش

همچنین آزمون‌های پیرسون^۳، انحراف^۴ و هاسمر-لمنشو^۵ به منظور ارزیابی نحوه توصیف داده‌ها توسط مدل به کار رفت. آزمون هاسمر-لمنشو میزان تناسب داده‌ها با مدل را به وسیله مقایسه توالی داده‌های مشاهده شده و داده‌های پیش‌بینی شده توسط مدل، بدست می‌آورد. ارزش P کمتر از ۵ درصد آزمون هاسمر-لمنشو به این مفهوم است که داده‌های مشاهده شده و داده‌هایی که توسط مدل پیش‌بینی شده‌اند با یکدیگر همخوانی ندارد و توصیف داده‌ها توسط مدل صحیح نیست و بالعکس. به طور کلی زمانی که ارزش P آزمون‌های هاسمر-لمنشو، انحراف و پیرسون معنی‌دار باشد ($P < 0.05$)، نتیجه گیری می‌شود که داده‌های حاصل از نمونه‌برداری در عرصه با پیش‌بینی‌های مدل همخوانی ندارد و مدل بدست آمده مدل مناسبی نیست (Alizadeh, 2006).

نتایج

رسته‌بندی گونه‌های درختی در منطقه مورد مطالعه

در مجموع ۹۸ واحد نمونه‌برداری و ۱۴ گونه درختی شناسایی شد (جدول ۱)، که از این تعداد دو گونه کاج جنگلی (*Pinus syrestris*) و ملج (*Alnus glabra*) به دلیل فراوانی اندک در واحدهای نمونه‌برداری و در نتیجه تأثیر

۳-Pearson

۴-Deviance

۵-Hosmer - Lemenshow

۱-Correspondence Analysis Criteria

۲-Akaike Information Criterion

به منظور انتخاب متغیرهای اثرگذار در حضور و عدم حضور گونه، تک تک متغیرها به شکل مجزا وارد رابطه رگرسیون منطقی دوتایی شد و ارزش P آنها محاسبه گردید. در نهایت متغیرهایی که رابطه منطقی برقرار نکردند ($>0/05$) مشخص و از روند محاسبات حذف شد. متغیرهای معنی دار ($P < 0/05$) شامل تعداد درختان با ارتفاع ۲۵ متر و بیشتر، تعداد درختان با ارتفاع کمتر از ۲۵ متر، تعداد درختان با قطر کمتر از ۲۰ سانتی متر، درصد اشکوب پایین (۰ تا ۱۰ متر)، درصد اشکوب میانی (۱۰ تا ۲۰ متر)، درصد اشکوب بالا (درصد درختان با ارتفاع ۲۰ تا ۴۰ متر)، ارتفاع از سطح دریا در مرکز قطعه نمونه، محور اول نمودار تحلیل تطبیقی ماتریس گونه‌های درختی است.

به منظور بررسی هم‌کنشی بین متغیرهای معنی‌دار، ماتریس همبستگی در نرم افزار Statistica تشکیل شد و از هر دو متغیری که هم بستگی بالای ۰/۸ داشت یک متغیر به انتخاب گزینش شد. متغیرهای تعداد درخت با قطر کمتر از ۲۰ سانتی‌متر و تعداد درخت با ارتفاع کمتر از ۲۵ متر هم‌بستگی بالایی نشان داد (۰/۸۶) و از بین این دو، متغیر تعداد درخت با قطر کمتر از ۲۰ سانتی متر انتخاب شد. میزان همبستگی بین متغیرهای درصد اشکوب بالا و درصد اشکوب میانی، ۰/۸۷- بود و از بین این دو، متغیر درصد اشکوب بالا انتخاب شد.

سپس به منظور انتخاب مناسب‌ترین مدل از روش نمایه آکایکه استفاده شد. نتایج در جدول شماره ۳ نشان دهنده این موضوع است که ۴ سری از متغیرهای پیش بینی کننده اختلاف آکایکه کمتر از ۲ دارند و به این ترتیب به عنوان مناسبترین مدل‌ها جهت کاربرد در عرصه انتخاب شدند. جدول ۳ نوع متغیرها و نتایج مربوط به ضرایب هر یک از متغیرها را در ۴ مدل نهایی نشان می‌دهد. معادله ۳ تا ۶ رابطه رگرسیونی هر یک از مدل‌ها را ارائه می‌کند.

(۳) رابطه بین اولین دسته از متغیرها (از ۴ دسته متغیرهای مذکور)

$$Y_i = -3.38 + 0.658x_{1i} - 0.602x_{2i} + 0.079x_{3i} + 2.568$$

(۴) رابطه بین دومین دسته از متغیرها

$$Y_i = -2.40 + 0.728x_{1i} - 0.69x_{2i} + 0.07x_{3i} - 0.05x_{4i} + 3.011$$

ناچیز بر پراکنش مکانی گونه از ماتریس گونه‌های درختی خارج شد و تحلیل تطبیقی با ۱۲ گونه ادامه یافت. سه محور اول در مجموع ۵۲ درصد تغییرات را توجیه نمود (جدول ۲)، لذا از این سه محور در رابطه رگرسیون بین حضور- عدم حضور و متغیرهای محیطی استفاده شد. مقدار ویژه^۱ و درصد واریانس توجیه شده برای سه محور اول تجزیه و تحلیل تطبیقی ماتریس گونه‌های درختی به همراه وزن عاملی^۲ متغیرها در هر یک از سه محور محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- گونه‌های درختی شناسایی شده در منطقه

نام فارسی	نام علمی
راش	<i>Fagus orientalis</i>
توسکا بیلاقی	<i>Alnus subcordata</i>
بلوط بلندمازو	<i>Quercus costaneifolia</i>
افرا پلت	<i>Acer velotinum</i>
ممرز	<i>Carpinus betulus</i>
افرا شیردار	<i>Acer cappadocicum</i>
ملج	<i>Alnus glabra</i>
کاج جنگلی	<i>Pinus sylvestris</i>
ون	<i>Fraxinus excelsior</i>
نمدار	<i>Tilia cordata</i>
لرگ	<i>Pterocarya fraxinifolia</i>
خرمندی	<i>Diospyros lotus</i>
انجیلی	<i>Parrotia persica</i>
شمشاد	<i>Buxus hyrcana</i>

محور اول و سوم رابطه‌ای معنی دار را نشان داد و رابطه محور دوم غیر منطقی با ارزش P بالا بدست آمد بنابراین از محور اول و سوم برای مدل سازی استفاده شد. به این ترتیب محور اول به گونه‌هایی چون انجیلی (۰/۲۷)، شمشاد (۰/۲۲)، نمدار (۰/۱۷)، خرمندی (۰/۱۱) و ون (۰/۱۰) و محور سوم به گونه‌های راش (۰/۵۱)، ممرز (۰/۱۶) و افرا (۰/۱۵) اختصاص یافت. گونه‌های راش و ممرز در یک قطب قرار گرفته و از گونه‌های افرا و شیردار جدا شده‌است (شکل ۲)

۱- Eigenvalue

۲- Factor loading