

## مدل سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*) به

### روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی،

#### استان اصفهان

مریم امیدی<sup>\*۱</sup>

محمد کابلی<sup>۲</sup>

محمود کرمی<sup>۳</sup>

عبدالرسول سلمان ماهینی<sup>۴</sup>

بهرام حسن زاده کیایی<sup>۵</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۶

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۵

کاهش شدید جمعیت پلنگ در سال های اخیر سبب شده است که این گونه با ارزش توسط کمیته بقای گونه های اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN / SSC)، در رده حفاظتی در معرض خطر انقراض (EN) گنجانده شود. یکی از مهم ترین عوامل در کاهش جمعیت این گونه، تخریب و نابودی زیستگاه های آن معرفی شده است. لذا شناخت عوامل موثر بر مطلوبیت زیستگاه پلنگ به عنوان یک ابزار موثر در مدیریت و حفاظت از زیستگاه های باقی مانده می تواند مدیران حفاظت را در انتخاب لکه های مناسب حفاظتی و مدیریت موثر عوامل تاثیر گذار یاری رساند. پارک ملی کلاه قاضی نیز یکی از بهترین و امن ترین زیستگاه های این گونه در مرکز ایران محسوب می شود. این مطالعه با هدف تعیین مطلوبیت زیستگاه پلنگ در این پارک ملی و تعیین عوامل موثر بر حضور گونه در زیستگاه در طی سال های ۱۳۸۶ لغایت ۱۳۸۷ با روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) و رگرسیون منطقی دوتایی (تحلیل حساسیت) به انجام رسید. لایه های اطلاعاتی مورد استفاده شامل نقشه حضور طعمه ها (پازن، گوسپند وحشی و تشی)، تنوع

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران (مسئول مکاتبات).

۲- استادیار گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳- استادیار گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۴- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گرگان.

۵- دانشیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید بهشتی.

پستی و بلندی منطقه، شیب، جاده‌ها و معادن بوده است. نتایج نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل موثر بر حضور یا عدم حضور پلنگ در این منطقه تحت تاثیر طعمه‌هایش (به ویژه پازن) قرار دارد. به علاوه مطلوب‌ترین زیستگاه پلنگ در این منطقه در ارتفاعات ۱۸۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا، در شیب‌های ۷۰-۲۰٪، مناطق صخره‌ای و صعب‌العبور کوهستانی واقع شده است. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت حفاظت از طعمه‌های پلنگ در تلاش برای افزایش جمعیت آن‌ها به عنوان مهم‌ترین و موثرترین رهیافت مدیریتی و حفاظتی برای این گونه ارزشمند است.

**واژه‌های کلیدی:** پلنگ ایرانی، مطلوبیت زیستگاه، کلاه قاضی، تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی، تحلیل حساسیت.

## مقدمه

استفاده، زمان مشاهده، رفتار گونه در استتار و اختفا و نظیر آن سبب می‌شود تا آن نقطه به عنوان نقطه عدم حضور گونه ثبت شود. این مسئله خطای بالایی را در نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها به وجود می‌آورد.

اخیرا یک روش مناسب برای غلبه بر این مشکل بنام تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی ( Ecological Niche Factor Analysis, ENFA) ارایه شده است، این روش از دسته روشهای نوین مدل‌سازی با به کارگیری داده‌های فقط حضور گونه است و به دلیل صرفه‌جویی در زمان و کاهش هزینه مطالعه، به گستردگی مورد استفاده محققان قرار می‌گیرد (۵، ۶ و ۷). در روش اخیر، علاوه بر محاسبه مطلوبیت زیستگاه، عوامل بوم‌شناختی مهمی نظیر تخصص‌گرایی<sup>۱</sup>، حاشیه‌گرایی<sup>۲</sup> و تحمل‌پذیری<sup>۳</sup> گونه نیز محاسبه می‌شود که به ترتیب نشان‌دهنده وسعت میدان بوم‌شناختی گونه مورد نظر نسبت به متغیرهای مستقل زیست‌محیطی، میزان تمایل گونه به زندگی در زیستگاه‌های حاشیه‌ای و محدوده قابل تحمل گونه نسبت به متغیرهای مستقل زیست‌محیطی می‌باشد. این روش تا حدود زیادی به تحلیل به مولفه‌های اصلی (PCA)<sup>۴</sup> شبیه است و با تبدیل متغیرهای زیستگاهی به عوامل (Factors)، به بررسی رابطه حضور گونه با متغیرهای مستقل زیست‌محیطی می‌پردازد.

تعیین وضعیت پراکنش گونه‌های حیات وحش و وضعیت زیستگاه‌های تحت‌اشغال آن‌ها از اهمیت به‌سزایی در مدیریت حیات وحش و زیستگاه‌ها برخوردار می‌باشد. اما مشکل زمان و بودجه قابل دسترس برای مطالعه گونه‌ای از حیات وحش در مقیاس وسیع - به عنوان مثال در مقیاس کشور ایران - دشوار و در بسیاری از موارد غیر ممکن است. لذا روش‌های مدل‌سازی زیستگاه که از سال ۱۹۷۰ تاکنون به سرعت در مدیریت حیات وحش مورد استفاده قرار گرفته، ابزاری مناسب برای غلبه بر این مشکل معرفی شده است (۱ و ۲). به عبارت دیگر با روش‌های مدل‌سازی زیستگاه می‌توان به یک تخمین در مقیاس وسیع از مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات وحش، بدون نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از جزییات ویژگی‌های فیزیولوژی و رفتارگونه دست یافت (۳). همچنین مدل‌سازی زیستگاه می‌تواند در راستای شناسایی و معرفی زیستگاه‌های بالقوه به منظور معرفی گونه‌ها کاربرد با اهمیتی را ارایه نماید. از سوی دیگر زیستگاه مطلوب تاثیر به‌سزایی بر بقا و تولید مثل گونه دارد و لذا در امر مدیریت و حفاظت حیات وحش می‌بایست مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

در یک طبقه‌بندی کلی، تعیین عوامل موثر بر حضور گونه در زیستگاه و مطلوبیت زیستگاه را می‌توان به دو دسته داده‌های حاصل از نمونه برداری به روش حضور و عدم (Presence/Absence) گونه و داده‌های حاصل از روش فقط حضور گونه (Presence only) در زیستگاه طبقه‌بندی نمود. در استفاده از روش نخست، مشاهده گونه توسط پژوهشگر به دلایل متعددی نظیر دقت در مشاهده، تجهیزات مورد

1-Specialization

2-Marginality

3-Global tolerance

4-Principal Component Analysis

منحنی های آمبروترمیک محاسبه شد به روش گوسن، این منطقه دارای اقلیم منطقه نیمه بیابانی خفیف است (۱۰). ساختار زمین شناسی این منطقه مانند زون ایران مرکزی به صورت سازندهای غیر دگرگونی می باشد. قدیمی ترین سنگ ها مربوط به دوره ژوراسیک بوده که شامل شیل و ماسه سنگ است (۱۱). منبع اصلی خاک های این منطقه را سنگ های آهکی کرتاسه تشکیل می دهند و جزئی از سلسله جبال زاگرس می باشد. خاک های منطقه در قسمت کوه ها و تپه ها شامل خاک های جوان و فاقد تکامل پروفیلی هستند و در قسمت فلات ها به دلیل وجود ثبات بیشتر، در خاک افق های مشخصی از تجمع آهک و گچ مشاهده می شود (۱۲).



#### تصویر ۱- موقعیت پستی و بلندی ها و عوارض اطراف

##### پارک ملی کلاه قاضی.

منطقه مورد مطالعه در ناحیه اقلیمی زنده یا بیوکلیماتیک ایران و توران قرار دارد که عمدتاً شامل دشت های استپی پوشیده از بوته های کوتاه درمنه (*Artemisia aucheri*) است (۱۳). در این منطقه ۲۵۲ گونه گیاهی از ۴۶ خانواده و ۱۹۲ جنس وجود دارد که شامل ۱۲۱ گونه گیاهی دارویی و صنعتی و ۳۷ گونه گیاهی آسیب پذیر، در معرض انقراض و با تهدید کمتر می باشد. اکثر گونه های گیاهی که در پارک حضور دارند از گونه های مهاجم و غیر خوش خوراک هستند (۱۳).

هدف از این مطالعه تعیین مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*P.p.saxicolor*) در پارک ملی کلاه قاضی با استفاده از روش ENFA است. پلنگ ایرانی در حال حاضر یکی از نادرترین گوشت خواران کشور به شمار می رود که در زمانی نه چندان دور در اکثر زیستگاه های جنگلی و کوهستانی کشور پراکنش داشته است. زیستگاه این گونه در ایران به طور عمده با دو رشته کوه اصلی ایران یعنی البرز و زاگرس همپوشانی داشته و در هر جا که طعمه مناسب از قبیل گراز (*Sus scrofa*)، پازن (*Capra aegagrus*) و گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) یافت شود، وجود خواهد داشت. جمعیت باقی مانده پلنگ در ایران در حدود ۵۵۰ تا ۸۵۰ قلاده برآورد می شود (۸) که جمعیت اصلی این گونه را در خاورمیانه تشکیل می دهد (۹). هدف اصلی در این مطالعه مشخص نمودن عوامل موثر بر مطلوبیت زیستگاه های پلنگ در پارک ملی کلاه قاضی به عنوان الگویی از زیستگاه های کوهستانی مرکزی ایران، تعیین جایگاه گونه در گستره آشیان بوم شناختی مربوطه، تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه در این منطقه و در نهایت بررسی امکان به کارگیری روش ENFA در امر مدیریت و حفاظت گونه های مختلف حیات وحش می باشد.

#### مواد و روش ها

##### - منطقه مطالعاتی

پارک ملی کلاه قاضی در ۲۶ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان، بین  $32^{\circ}15'$  تا  $32^{\circ}28'$  عرض شمالی و  $51^{\circ}41'$  تا  $52^{\circ}8'$  طول شرقی واقع شده و دارای مساحتی در حدود ۵۰۰۰۰ هکتار است. این منطقه از طرف غرب به گردنه گریژنه و گردنه لاشتر تا اتوبان اصفهان- شهرضا، از شمال به جاده آسفالتی کیبوتر آباد به رودان، قارنه و محمدآباد محدود می شود (تصویر ۱). متوسط بارندگی در این منطقه ۱۴۵ میلی متر و بر اساس طبقه بندی دومارتن منطقه کلاه قاضی دارای اقلیم خشک و بر اساس طبقه بندی آمبرژه این منطقه را می توان دارای اقلیم خشک و سرد دانست. همچنین با استفاده از

۱- Work map: این نقشه به عنوان متغیر وابسته و شامل نقاط حضور گونه مورد مطالعه در سطح منطقه است. نقاط حضور پلنگ بر اساس مشاهدات مستقیم، عکسبرداری توسط دوربین های تله‌ای، آثار و نمایه های به جامانده نظیر سرگین، ردپا، محل استراحت و نظایر آن تعیین و مختصات آن ها ثبت شد. این نقاط ابتدا به فرم وکتوری در یک لایه گنجانده و سپس به فرم رستری تبدیل و در نهایت به نقشه بولی تبدیل شد تا به عنوان لایه اطلاعاتی وابسته قابل ورود به آنالیز ENFA باشد. از آن جا که پلنگ حیوانی با جابه جایی های گسترده در زیستگاه خود است، لذا از یک بافر ۲۰۰ متری به مرکز هر نقطه ثبت شده برای دقیق تر نمودن نقاط حضور در زیستگاه استفاده شد.

۲- Ecogeographical maps: این نقشه ها شامل اطلاعات متغیرهای مستقل زیستگاهی هستند که حضور و یا عدم حضور گونه به آن ها بستگی دارد. متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

۱-۲- طبقات ارتفاعی (تصویر ۲).

۲-۲- طبقات شیب (تصویر ۳). لایه های اطلاعاتی ارتفاع و شیب از نقشه خطوط تراز منطقه با تهیه مدل رقومی ارتفاع<sup>۲</sup> (DEM) به دست آمدند.

۳-۲- نقشه تنوع پستی و بلندی زیستگاه (Diversity): تنوع پستی و بلندی زیستگاه عامل مهمی برای گزینش و در ارتباط مستقیم با مطلوبیت زیستگاه پلنگ به واسطه فراهم آوری کمین گاه برای شکار غافل گیرانه باشد. لذا در نظر گرفتن یک شاخص که معرف شرایط زیستگاهی گونه باشد می تواند نقش موثری در تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه آن داشته باشد. این لایه درجه پیچیدگی و تنوع زیستگاه ها را مشخص می سازد.

۴-۲- نقشه های پراکنش طعمه ها: طبق مطالعات صورت گرفته و بر اساس گزارش های موجود، از بین گونه های جانوری

پارک ملی کلاه قاضی حمایت کننده گونه های متنوعی از حیات وحش مهره دار ایران است. این پارک ملی همچون جزیره ای در میان انواع توسعه های انسانی قرار گرفته و تنها مامن باقی مانده برای گونه های متنوعی از حیات وحش محسوب می شود که زمانی در گستره فلات مرکزی ایران بدون برخورد با موانع انسان ساز کنونی به تکامل خود با محیط می پرداختند. تا کنون در این منطقه ۱۷ گونه پستاندار، ۴۴ گونه پرنده، ۱۴ گونه خزنده و یک گونه دوزیست ثبت شده است (۱۴).

### - روش تحقیق

در این مطالعه از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) و نرم افزار Biomapper (۵) برای تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه و همچنین نرم افزار IDRISI 3.2 برای تحلیل حساسیت و نیز ساخت لایه های اطلاعاتی و ورود آن ها به نرم افزار Biomapper استفاده شد.

متغیر های غیرمستقیم<sup>۱</sup> مانند شیب، جهت، ارتفاع، شکل پستی و بلندی، نوع زیستگاه و زمین شناسی، به خوبی در صحرا جمع آوری می شوند و به واسطه ارتباط خوبی که با الگوهای پراکنش گونه ها دارند به گستردگی مورد استفاده قرار می گیرند. از سوی دیگر Guisan و همکارانش (۱۵) معتقدند که این متغیرها می توانند جایگزین مناسبی برای ترکیبی از منابع مورد نیاز گونه<sup>۲</sup>، متغیرهای مستقیم و غیر مستقیم باشند. بر این اساس و از آن جا که این مطالعه در مقیاس نسبتاً متوسط (۵۰۰۰ هکتار) اجرا شد، لذا برای مدل سازی، از متغیر های غیر مستقیم که می تواند تخمین بهتری از احتمال حضور گونه ارایه نماید استفاده شد (۱۵).

لایه های اطلاعاتی مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل در نرم افزار Biomapper را می توان به دو دسته لایه های اطلاعاتی شامل Work map و Ecogeographical maps طبقه بندی کرد. این لایه ها در ابتدا در نرم افزار IDRISI تهیه و تنظیم و سپس به نرم افزار Biomapper وارد شدند:

1-Indirect variable

2-Resources variable

1-Digital elevation model

ضریب همبستگی بین داده ها و اگر مقدار آن صفر باشد از لگاریتم داده ها به جای فرمول بالا استفاده می شود). اگرچه نرمال نمودن داده ها یک تیمار ضروری پیش از آغاز تحلیل ها محسوب نمی شود، لیکن جهت پرهیز از توان آنالیزهای آماری در محاسبات مربوطه، نرمال سازی داده ها به انجام رسید.

۲- بررسی میزان همبستگی داده ها: آنالیز ENFA در Biomapper نیاز به متغیرهایی دارد که با هم همبستگی ندارند. در واقع در آنالیز ENFA اگر دو متغیر وابستگی بالایی داشته باشند، هر دو با یک ضریب در مدل نهایی ظاهر خواهند شد. معمولاً توصیه می شود چنانچه دو یا چند متغیر دارای همبستگی بیش از ۰/۸۵ باشند، حذف یکی از آن ها از فهرست متغیرهای وارد شونده به آنالیز ENFA الزامی است. در این زمان یک یا چند متغیر بسته به نظر کاربر از محاسبات خارج خواهد شد.

۳- با توجه به این که طعمه ها از جمله موارد جذب گوشت خواران هستند، برای ورود این نقشه به آنالیز از فرمان Circular در نرم افزار Biomapper استفاده شد. همچنین معادن و جاده ها نیز از عوارض دفع کننده حیات وحش محسوب می شوند. برای ورود این نقشه ها به آنالیز از فرمان Distance در نرم افزار Biomapper استفاده شد.

موجود در منطقه، سه گونه پازن، گوسفند وحشی و تشی به عنوان طعمه های اصلی و ترجیحی پلنگ مشخص شد. برای تهیه لایه اطلاعاتی طعمه ها، در ابتدا نقشه های حضور این سه گونه در منطقه به شکل وکتوری نقطه ای تهیه و سپس به فرم رستری تبدیل و در نهایت به نقشه بولی تبدیل شد تا قابل ورود به آنالیز ENFA باشد.

۵. جاده ها: نقشه وکتوری جاده های خاکی درون منطقه (۱۶) به فرم رستری تبدیل و مورد استفاده قرار گرفت.

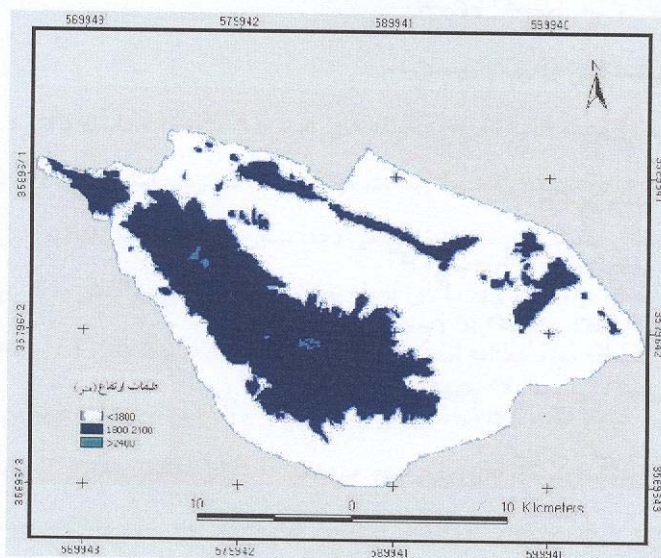
۶. معادن استخراج سنگ: این معادن در محدوده پناهگاه حیات وحش کلاه قاضی و در مجاورت پارک ملی قرار داشته و مجموعه ای از معادن استخراج سنگ های گرانیت، مرمر و نظیر آن می باشند. از آن جا که احتمال داده می شد فعالیت این معادن آثار منفی بر حیات وحش و زیستگاه های منطقه داشته باشد، به عنوان یک لایه اطلاعاتی در آنالیزها وارد شد (تصویر ۴).

در این مطالعه اندازه سلول در تمامی نقشه های رستری ۱۰۰×۱۰۰ متر بوده و برای این که نقشه ها قابلیت روی هم گذاری داشته باشند از قالب نقشه رقومی ارتفاع به عنوان مرجع برای هم اندازه نمودن لایه ها استفاده شد.

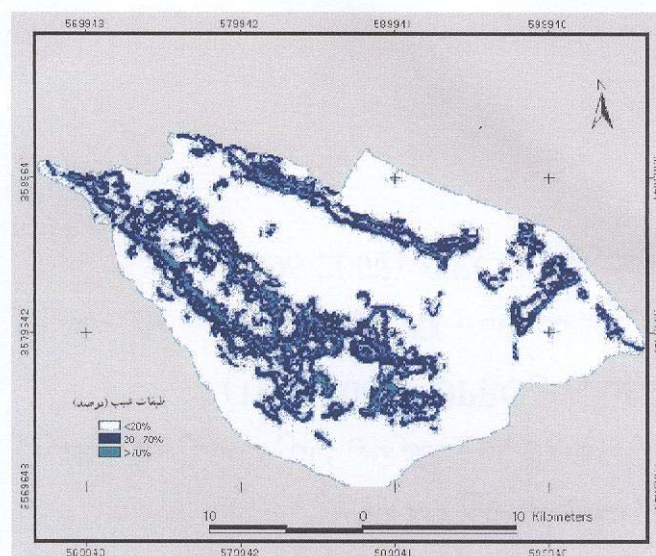
### پردازش داده ها

قبل از انجام تجزیه و تحلیل در نرم افزار Biomapper لازم است تا نقشه های رستری تهیه شده مورد پردازش اولیه قرار گیرند تا قابلیت روی هم گذاری و تحلیل های بعدی را داشته باشند. این پردازش ها عبارتند از:

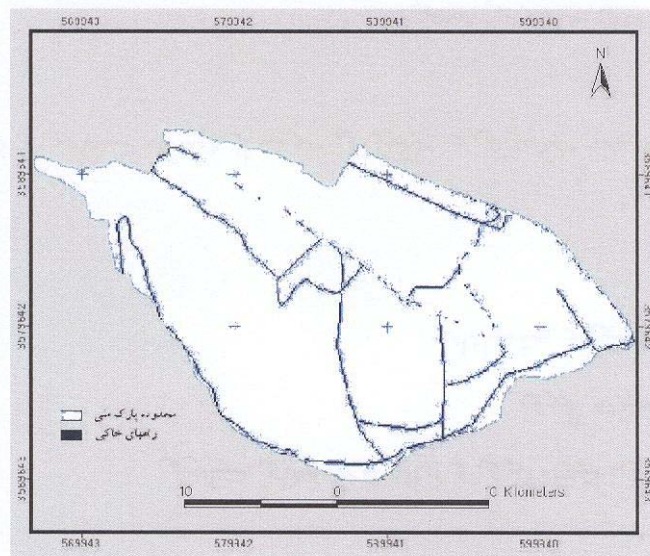
۱- بررسی وضعیت نرمال بودن داده ها: روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی تا حدود زیادی به نرمال بودن داده های اولیه حساسیت دارد و عدم رعایت این اصل سبب انحراف از محاسبات صحیح و تولید خروجی های بی اعتبار خواهد شد. یکی از بهترین روش های پیشنهاد شده برای نرمال نمودن داده ها در Biomapper روش Box-Cox است. تغییر شکل داده ها در این روش با معادله  $T(X) = (XY-1)/Y$  صورت می پذیرد (X: متغیر اصلی، T(X): مقدار تغییر شکل یافته و Y:



تصویر ۲- نقشه طبقات ارتفاعی پارک ملی کلاه قاضی.



تصویر ۳- نقشه طبقات شیب پارک ملی کلاه قاضی.



تصویر ۴- نقشه راه های خاکی درون پارک ملی کلاه قاضی.

## نتایج

### تحلیل پارامترهای آشیان بوم شناختی (ENFA)

آنالیزهای انجام شده توسط ENFA مشابه آنالیز تجزیه به مولفه های اصلی (PCA)، به محاسبه عواملی می پردازد که توضیح دهنده بخش عمده ای از تاثیر متغیرهای مستقل محیط زیست گونه است. ماتریس امتیازات<sup>۱</sup> (جدول ۱) میزان حاشیه گرایی و تخصص گرایی پلنگ را در زیستگاه های مختلف این منطقه نشان می دهد. ستون اول این جدول (عامل اول از تجزیه و تحلیل ENFA) نشان دهنده میزان حاشیه گرایی پلنگ در منطقه و به معنای فاصله بوم شناختی میانگین پراکنش پلنگ در هر متغیر بوم شناختی تا میانگین همان متغیر در سطح کل منطقه مورد مطالعه است (۱۷). این نمایه از رابطه  $M = |m_G - m_S| / 1.96 S_G$  محاسبه می گردد. در این رابطه،  $m_S$  میانگین توزیع گونه،  $m_G$  میانگین توزیع عمومی و  $S_G$  انحراف استاندارد توزیع عمومی است. مقادیر مثبت این نمایه نشان دهنده آن است که پلنگ زیستگاه هایی را ترجیح می دهد که دارای مقادیر بیشتری از متغیر مربوطه نسبت به میانگین کل این متغیر در سطح منطقه است. به عبارت دیگر این عامل بیان می کند که آیا گونه مورد مطالعه زیستگاه های کرانه ای را برگزیده و یا این که در محدوده

میانی از گستره منابع مورد استفاده خود زیست می کند. میزان این عامل برای پلنگ در این منطقه ۱/۲۰۹ محاسبه شد. از آن جا که مقدار کم (نزدیک به صفر) این عامل نشان دهنده مرکز گرایی و مقادیر نزدیک به ۱ بیانگر حاشیه گزینی گونه مربوط در محدوده منابع مورد استفاده است، لذا میزان محاسبه شده برای پلنگ نشان دهنده این است که این جانور تمایل زیادی به زندگی در زیستگاه های بسیار کرانه ای و خاص دارد.

همچنین عامل تحمل پذیری کل (Global tolerance) جهت تعیین تحمل پذیری (یا به عبارت دیگر تخصیصی بودن گونه) در محدوده منابع مورد استفاده خود در زیستگاه محاسبه شد. این عامل در جهت عکس میزان تخصیصی بودن گونه است، به طوری که مقدار کم آن نشان دهنده یک گونه با توان تحمل پایین در محدوده شرایط محیطی خود است. به عبارت دیگر این دسته از گونه ها دارای آشیان بوم شناختی کم عرض بوده و به زندگی در محدوده باریکی از شرایط محیطی خود تمایل بیشتری دارند. مقدار این عامل برای پلنگ در پارک ملی کلاه قاضی ۰/۵۰۷ و تقریباً در میانه محدوده معرفی شده (۰-۱) می باشد و بیانگر این است که گونه مورد مطالعه از نظر تخصیصی بودن در محدوده منابع مورد استفاده خود در زیستگاه تقریباً حد میانه را حفظ

۱ به ترتیب نزولی آورده شده اند. به منظور ارزیابی صحت و دقت مدل برآورد شده در پیش بینی مطلوبیت زیستگاه، مقدار  $R^2$  یا  $RS$  (ضریب همبستگی اسپیرمن) محاسبه شد. ضریب همبستگی اسپیرمن بین تراکم نقاط حضور گونه در هر کلاس مطلوبیت زیستگاه و طبقات مطلوبیت زیستگاه است. اگر مقدار این ضریب برای یک مدل بیش از  $0/80$  باشد نشان دهنده آن است که مدل برآورد شده از صحت و دقت قابل قبولی برخوردار است (۵). مقدار این ضریب در این مطالعه  $0/8$  محاسبه شد.

می کند. به عبارتی دیگر، گونه مورد مطالعه دارای آشیان بوم شناختی چندان کم عرض نیست و به زندگی در محدوده میانه ای از شرایط محیطی تمایل بیشتری دارد. تخصص گرایی پلنگ در پارک ملی کلاه قاضی به معنی میزان تخصصی بودن آشیان بوم شناختی این گونه در این زیستگاه است.

متغیرهای زیست محیطی مورد استفاده در این مطالعه به ترتیب اهمیت در ساخت مدل (صرف نظر از علامت امتیاز آن ها) در عامل اول تجزیه و تحلیل ENFA در جدول

جدول ۱- ماتریس امتیازات متغیرهای مستقل زیست محیطی.

متغیرهای مستقل	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
زیست محیطی	۱۰۰٪ حاشیه گرایی ۴۴٪ تخصص گرایی	۲۶٪ تخصص گرایی	۱۴٪ تخصص گرایی	۹٪ تخصص گرایی
طعمه (پازن)	۰/۵۵۶	-۰/۲۶۷	۰/۰۴۸	۰/۱
طعمه (تشی)	۰/۴۸۴	۰/۳۸۱	۰/۲۲۱	۰/۴۹۲
طعمه (گوسفند وحشی)	۰/۴۲۷	-۰/۰۵	۰/۳۲۷	۰/۰۸
شیب انحراف معیار	۰/۳۸۲	۰/۵۱۹	-۰/۱۱	-۰/۷۲۳
جاده	۰/۲۱۳	-۰/۲۹۹	-۰/۰۸	-۰/۲۶۱
تنوع زیستگاهی	۰/۰۶۴	۰/۲۶۶	-۰/۶۷۳	۰/۳۸۲
معدن	-۰/۲۸	۰/۵۹۲	۰/۶۰۹	۰/۰۷۴

الگوریتم انتخاب شده مناسب تر است (۲۱). در این مطالعه، با مقایسه اعداد حاصل (جدول ۲)، الگوریتم Harmonic انتخاب شد.

نقشه خروجی مطلوبیت زیستگاه شامل یک نقشه پیوسته از ارزش ها بین بازه ۰ تا ۱۰۰ است که هر چه به مقدار ۱۰۰ نزدیک تر باشد مطلوبیت افزایش می یابد. در نتیجه طبقاتی با شماره بالاتر دارای مطلوبیت بیشتری هستند.

به منظور درک بهتر و استفاده راحت تر از نقشه حاصل، بر اساس به کارگیری شاخص Boyce تعداد ۳ طبقه برای نقشه مطلوبیت زیستگاه تعیین شد (شکل ۵). شکل ۶ نقشه طبقه بندی شده مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی را در پارک ملی کلاه قاضی نشان می دهد.

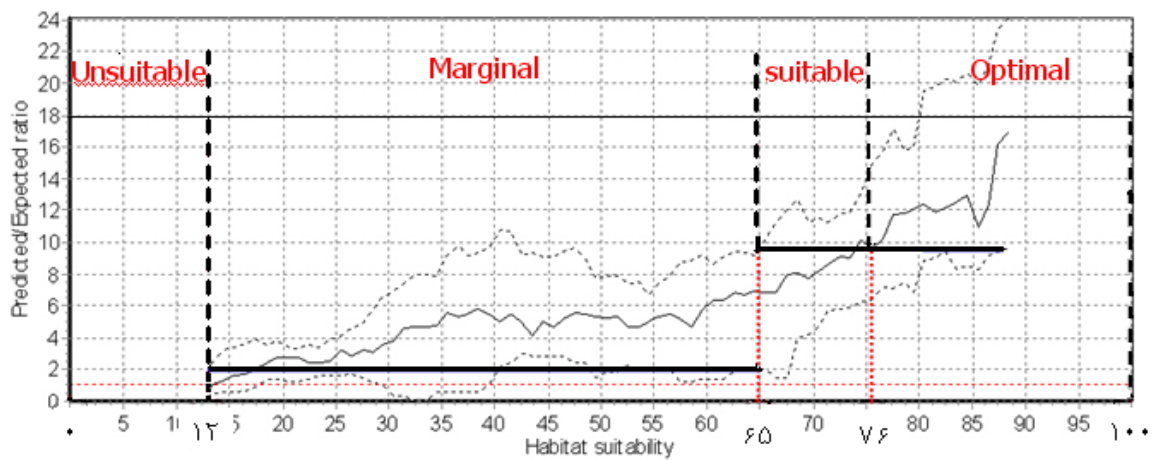
#### تعیین الگوریتم مناسب با استفاده از شاخص Boyce

برای تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه در نرم افزار Biomapper امکان به کارگیری الگوریتم های متفاوتی شامل Distance geometric mean, Median, Distance harmonic mean و Minimum distance فراهم شده است. با توجه به این که نتایج حاصل بر مبنای انتخاب و به کارگیری هر الگوریتم متفاوت خواهد بود، لذا انتخاب یک الگوریتم مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. در نسخه چهارم نرم افزار Biomapper این امکان فراهم شده است تا با استفاده از شاخص Boyce بتوان یک الگوریتم مناسب برای تهیه نقشه مطلوبیت انتخاب نمود (۱۸ و ۱۹ و ۲۰). در مقایسه بین ۴ الگوریتم یاد شده، هر چه میزان این شاخص بیشتر و انحراف معیار (SD) کمتر باشد، نشان دهنده آن است که

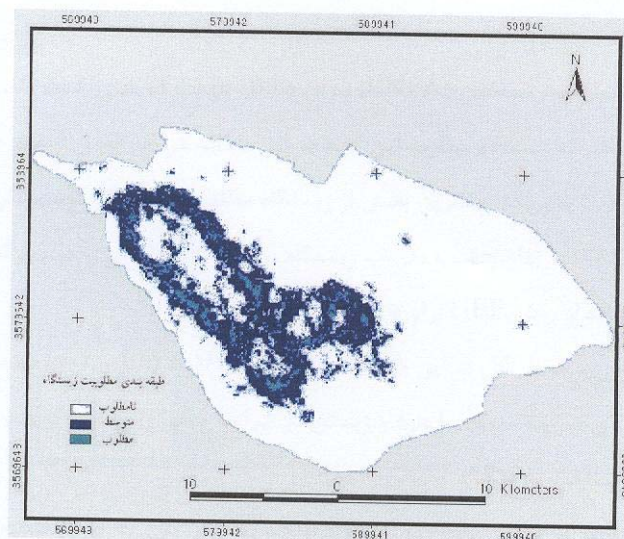


جدول ۲- مقایسه شاخص بویس در الگوریتم های مختلف.

الگوریتم	Boyce Index $\pm$ SD
Median	$0.4768 \pm 0.516$
Harmonic	$0.2207 \pm 0.781$
Geometric	$0.2911 \pm 0.684$
Minimal Distance	$0.188 \pm 0.774$



تصویر ۵- طبقه بندی مطلوبیت زیستگاه بر اساس نمودار حاصل از شاخص Boyce.



تصویر ۶- نقشه طبقه بندی شده مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در پارک ملی کلاه قاضی.

استفاده نمود. در این روش برای تعیین حساسیت مدل نسبت به هر یک از متغیرهای وارد شده به آنالیز و مشخص نمودن متغیرهایی که بیش از بقیه در ساخت مدل و نتایج حاصل نقش

رگرسیون منطقی دوتایی (تحلیل حساسیت) به منظور مقایسه نتایج حاصل از ENFA، می توان از حساسیت سنجی مدل نسبت به عوامل مختلف محیطی

(۲۲ و ۲۳). جدول ۳ نشان می دهد که لایه اطلاعاتی طعمه‌ها (پازن، گوسفند وحشی و تشی) و شیب، نقش موثر و مهمی در ساخت مدل و در نهایت تولید نقشه مطلوبیت زیستگاه پلنگ دارند.

دارند، آنالیز به تعداد ۷ مرتبه (به تعداد متغیرها) تکرار و در هر تکرار یک متغیر از مدل خارج و آنالیز با بقیه متغیرها ادامه می‌یابد. در هر تکرار مقدار Pseudo R-Square و Roc حاصل از آنالیز مورد توجه قرار می‌گیرد. هر چه مقدار R-Pseudo Square کل، به سمت عدد ۰/۲ و مقدار Roc به سمت عدد ۱ گرایش یابد، نشان دهنده صحت بیشتر مدل است

جدول ۳- مقایسه مقادیر حاصل از Logistic Regression

Roc	Pseudo R-Square	عامل مستقل محیطی
۰/۹۲۸۹	۰/۲۱۸۱	طعمه (پازن)
۰/۹۲۹۹	۰/۲۲۳۱	طعمه (گوسفند وحشی)
۰/۹۳۰۶	۰/۲۲۵۴	طعمه (تشی)
۰/۹۲۵۸	۰/۲۰۶۲	شیب
۰/۹۳۰۸	۰/۲۲۴۹	تنوع پستی و بلندی منطقه
۰/۹۳۰۴	۰/۲۲۵۷	جاده
۰/۹۲۸۸	۰/۲۲۱۵	معدن
۰/۹۳۱۱	۰/۲۲۶۴	کل

### نتیجه گیری و بحث

و این نتیجه با رفتارشناسی و انتخاب زیستگاه پلنگ همخوانی و مطابقت دارد (۲۴).

بر اساس نتایج حاصل مهم ترین عامل در تعیین مطلوبیت زیستگاه پلنگ، پراکنش پازن به عنوان طعمه ترجیحی در این منطقه می باشد به طوری که هر جا تراکم بالایی از این حیوان وجود داشته باشد، مطلوب ترین زیستگاه پلنگ محسوب می شود. علاوه بر پازن، سایر طعمه ها و در مرحله بعد عامل شیب نیز به عنوان عوامل موثر بر میزان مطلوبیت زیستگاه در مدل وارد شده اند، این در حالی است که Zimmermann و همکارانش در مطالعه ای که در مورد پلنگ ناحیه قفقاز انجام داده اند، شیب را به عنوان مهم ترین عامل محیطی موثر بر انتخاب زیستگاه پلنگ معرفی نموده اند، در این مطالعه عامل محیطی طعمه به دلیل فقدان اطلاعات مربوط وارد مدل نشده است.

نتایج حاصل از تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA) برای پلنگ در پارک ملی کلاه قاضی براساس متغیرهای مستقل زیستگاهی مورد استفاده نشان می‌دهد که زیستگاه مطلوب این گونه در این منطقه در حد فاصل ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا، در شیب های ۲۰ تا ۷۰٪ قرار دارد به طوری که بیشترین بخش از زیستگاه مطلوب در مناطق کوهستانی و صخره ای واقع می‌گردد. مبرقع نیز طی مطالعه ای در سال ۱۳۸۶، ارتفاع و شیب مناسب زیستگاه مطلوب پلنگ ایرانی را در پارک ملی توران به ترتیب ۱۲۰۰-۱۱۰۰ متر و ۶۵-۳۰٪ با استفاده از روش HEP برآورد نموده است. میزان حاشیه گرایی، تخصص گرایی و تحمل کل در این مطالعه به ترتیب ۱/۲۰۹، ۱/۹۷۳ و ۰/۵۰۷ محاسبه شد و نشان دهنده آن است که گونه تمایل به زندگی در حد بالایی شرایط منطقه را دارد و زیستن در شرایط خاص را بر می‌گزیند

- 3- Morrison, M. L., B. G. Marcot, and R. W. Mannan. (1992). Wildlife-habitat relationships: Concepts and applications. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin, USA.
- 4- Levins, R, 1966. The strategy of model building in population ecology, American scientist, 421: 421- 431.
- 5- Hirzel, A. & A. Guisan, 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling, Ecological modelling, 157: 331-341.
- 6- Oliver, F. & J. Wotherspoon, 2005. Modeling habitat selection using presence-only data: case study of a colonial hollow nesting bird, the snow petrel, Ecological modelling, 1-18.
- 7- Master, F.M., J.P. Ferreira & A. Mira, 2007. Modeling the distribution of the European Polecat *Mustela putorius* in a Mediterranean agricultural landscape, Revue d'Ecologie (Terre Vie), 62: 35-47.
- 8- Khorozyan, I., A. Malkhasyan & Sh. Asmaryan, 2005. The Persian Leopard Prowls Its Way to Survival, Endangered Species UPDATE, Vol. 22, 2: 51-60
- 9- Kiabi, H.B., F.B. Dareshouri., A. Ghaemi & M. Jahanshahi, 2002. Population status of the Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor* Pocock, 1927) in Iran. Zoology in the Middle East, 26:41-47.

۱۰- سلطانی، سعید و بازرگانی، محمد جواد، ۱۳۸۳. طرح

جامع مدیریت پارک ملی کلاه قاضی، دانشگاه

صنعتی اصفهان - اداره کل حفاظت محیط زیست

استان اصفهان، جلد ۲.

۱۱- سلطانی، سعید و شیرانی، کوروش، ۱۳۸۳. طرح

جامع مدیریت پارک ملی کلاه قاضی، دانشگاه

همچنین عامل شیب نیز دیگر عامل دیگر معنی دار وارد شده در مدل می باشد. از آن جا که زیستگاه پازن (بالاخص گریزگاهها) در شیب های تند و صعب العبور کوهستانی قرار دارد و پلنگ نیز به این طعمه خود، وابستگی نشان می دهد لذا به نظر می رسد که شیب به عنوان یک عامل همراه با پازن وارد مدل شده باشد. بنابراین می توان گفت نتایج حاصل با نتیجه مطالعه Zimmermann و همکارانش مطابقت دارد (۲۵).

در بررسی صحت مدل، با دقت در نتایج به دست آمده و در نظر گرفتن موارد مطرح شده در تحلیل حساسیت و نیز عدد  $R^2$  (ضریب همبستگی اسپیرمن) می توان صحت مدل و دقت آن را تایید نمود. در پایان لازم به توضیح است استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی (ENFA)، نیاز به وارد نمودن حجم زیادی از اطلاعات نسبتاً دقیق از متغیرهای زیستگاهی به صورت لایه های رستری در نرم افزار دارد. لذا به کارگیری این روش برای دست یابی به مطلوبیت زیستگاه بسیاری از گونه های جانوری در ایران به سختی امکان پذیر است، زیرا بانک اطلاعاتی جامعی از گونه های مختلف حیات وحش در مناطق متنوع ایران همراه با لایه های اطلاعاتی صحیح از متغیرهای زیستگاهی آن ها هنوز ایجاد نشده است و این امر مستلزم صرف وقت و هزینه جهت انجام مطالعات اولیه و جمع آوری داده های معتبر می باشد.

#### منابع

- 1- Mack, E.L., L.G. Firbank., P.E. Bellary., S.A. Hinsley & N. Veitch, 1997. The comparison of remotely sensed and ground-based habitat area data using species-area models, Applied ecology, 34: 1222-1228.
- 2- Anderson, M.C., J.M. Watts., J.E. Freilich., S.R. Yool., G.I. Wakefield., J.F. Mccauley & A. Fahnestock, 2000. Regression-tree modeling of desert tortoise habitat in the central Mojave

- Evaluating resource selection functions. *Ecol Model* 157: 281–300.
- 20- Strubbe, D and E. Matthysen, 2008. Predicting the potential distribution of invasive ring-necked parakeets *Psittacula krameri* in northern Belgium using an ecological niche modelling approach. *Biol Invasions*, DOI 10.1007/s10530-008-9266-6.
- 21- Hirzel et al, 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecological Modelling*. 199:142-152.
- 22- Pontius, R. G. Jr. and L. Schneider. 2001. Land-use change model validation by a ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 85(1-3) p. 239-248.
- 23- Clark, W.A., and P.L. Hosking, 1986. *Statistical Methods for Geographers*, Chapter 13. New York: John Wiley & Sons.
- 24- Hunter, L., Balme, G., Walker, C., Pretorius, K., Rosenberg, K. 2003. The landscape ecology of leopards (*Panthera pardus*) in northern KwaZulu-Natal, South Africa: A preliminary project report. *Ecological Journal*, No. 5, 24-30.
- 25- Zimmermann, F., Lukarevsky, V.S., Beruchashvili, G., Breitenmoser, W., Breitenmoser, U. 2007. Mapping the vision-potential living space for the leopard in the Caucasus, *Cat News*, special Issue, No. 2, 28-33.
- صنعتی اصفهان - اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، جلد ۳.
- ۱۲- جلالیان، احمد، نوربخش، فریدون، کریمی کارویه، علیرضا و ارحامی، محمد صدر، ۱۳۸۳. طرح جامع مدیریت پارک ملی کلاه قاضی، دانشگاه صنعتی اصفهان - اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، جلد ۶.
- ۱۳- ایروانی، مجید و خواجه الدین، سید جمال الدین، ۱۳۸۳. طرح جامع مدیریت پارک ملی کلاه قاضی، دانشگاه صنعتی اصفهان - اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، جلد ۷.
- ۱۴- کابلی، محمد و همکاران، ۱۳۸۳. طرح جامع مدیریت پارک ملی کلاه قاضی، دانشگاه صنعتی اصفهان - اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، جلد های ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱.
- 15- Guisan, A. & N. Zimmermann, 2000. Predictive habitat distribution models in ecology, *Ecological modeling*, 135: 147-186.
- ۱۶- سلطانی، سعید و ماهشانیان، مهرداد، ۱۳۸۳. طرح جامع مدیریت پارک ملی کلاه قاضی، دانشگاه صنعتی اصفهان - اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان، جلد ۱.
- 17- Hirzel, A., J. Hausser., D. Chessel & N. Perrin, 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data, *Ecology*, 83: 2027-2036
- 18- Boyce, M (2006). Scale for resource selection functions. *Diversity Distrib* 12:269–276
- 19- Boyce, M., Vernier, P., Nielsen, S & F. Schmiegelow, 2002.