مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ آسیایی در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر استان یزد

۱- جلیل سرهنگ‌زاده، استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه اردکان
jsarhangzadeh@yazd.ac.ir
۲- حسن اکبری، کارشناس ارشد محیط‌زیست، اداره کل محیط‌زیست استان یزد
۳- سیدجلال موسوی، کارشناس محیط‌زیست، اداره کل محیط‌زیست استان یزد
۴- آرزو پورچیت‌ساز،کارشناس محیط‌زیست، اداره کل محیط‌زیست استان یزد

دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۸
پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۰۷

چکیده

یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyx jubatus* venaticus) از گونه‌های به‌شدت در معرض خطر انقراض است که جمعیت و دامنه انتشار آن نسبت به گذشته کاهش زیادی داشته است. پناهگاه حیات وحش دره‌انجیر یکی از زیستگاه‌های شناخته شده فعلی این گونه است. بنابراین، مطالعه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ در این منطقه می‌تواند ابزار مناسبی برای پیش‌بینی توزیع این گونه و زیستگاه‌های آن در اختیار مدیران قرار دهد. به منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه این گونه با استفاده از نقاط حضور گونه، از روش تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی و نرم‌افزار بایومپر بهره‌گیری شد. لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده به عنوان متغیرهای مؤثر بر حضور گونه شامل درصد شیب، طبقات جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، اشکال توپوگرافی، میانگین دمای سالانه، پوشش گیاهی، منابع آبی، متغیرهای توسعه انسانی (روستاها و جاده‌ها) و تراکم طعمه هستند. نتایج این بررسی نشان داد که نزدیک به ۱۵٪ از پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر زیستگاه مطلوبی برای یوزپلنگ است. همچنین براساس نقشه مطلوبیت زیستگاه، یوزپلنگ آسیایی ارتفاع ۱۸۰۰-۱۲۰۰ متر از سطح دریا و شیب ۱۰ تا ۳۰٪ را ترجیح داده و تراکم طعمه نیز از عوامل مؤثر بر حضور این گونه می‌باشد. میزان تخصص‌گرایی بالا در مدل نشان دهندهٔ آن است که این گونه جانوری به دامنه محدودی از شرایط زیست‌محیطی منطقه وابسته بوده و در استفاده از زیستگاه تخصصی عمل می‌کند.

واژگان کلیدی: یوزپلنگ آسیایی؛ مدل مطلوبیت زیستگاه؛ تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی؛ دره‌انجیر.

مقدمه

یوزپلنگ تنها گربه‌سانی است که از دور شباهت به سگ سانان دارد. دست و پای بلند، کشیده و باریک، سینه فراخ و شکم بالای او شبیه سگ تازی است [۳۴]. یوزپلنگ آسیایی از پستانداران شاخص مناطق بیابانی ایران است که جمعیت آن به دلیل تخریب زیستگاه‌ها کاهش یافته است [۳۴]. اتحادیه جهانی حفاظت از حیات‌وحش و منابع طبیعی[1] این گونه را در فهرست حیوانات به شدت در خطر انقراض[2] قرار داده است [۱۹]. تخریب زیستگاه و کاهش طعمه موجب نابودی این گونه در آسیا و بخش‌های شمال آفریقا در اواخر قرن ۲۰ شد [۲۵]. این عوامل همچنان بر تهدید زیر جمعیت‌های باقیمانده این گونه می‌افزاید [۲۷]. در گذشته یوزپلنگ پراکندگی وسیعی از شمال آفریقا، شبه جزیره عربستان تا هندوستان و ترکمنستان داشته است [۳۴]. در دوره پلیستوسن، جمعیت یوزپلنگ از تنگنا عبور نموده و درون آمیزی موجب کاهش تنوع ژنتیکی این گونه شد. ولی این گونه با وجود یکنواختی شدید، تاکنون توانسته به زندگی خود ادامه دهد [۳] .

یوزپلنگ آسیایی به جز ایران در دیگر کشورها منقرض شده است [۳۴]. در اواسط دهه ۱۳۵۰ جمعیت یوزپلنگ در ایران ۲۰۰ تا ۳۰۰ قلاده تخمین زده شد. در آن زمان، قلمرو یوزپلنگ تقریبا تمام مناطق بیابانی نیمه شرقی

1- IUCN
2-Critically Endangered (CR)

کشور را در بر می‌گرفت که از جمعیت انسانی کمی برخوردار بود [۴] . در اواخر دهه ۱۳۸۰، جمعیت یوزپلنگ بین ۷۰ تا ۱۲۰ قلاده تخمین زده شده است.

خوشبختانه از دهه گذشته (۱۳۸۰) مطالعاتی پیرامون یوزپلنگ و زیستگاه‌های انجام شده که منجر به شناخت بهتر حوزه انتشار و ویژگی‌های یوزپلنگ در کشور شده است. از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات بررسی آرایه شناختی یوزپلنگ [۲۲]، ارزیابی مقدماتی زیستگاه یوزپلنگ آسیایی در ذخیره‌گاه زیست‌سپهر توران [۲۰]، انتخاب طعمه یوزپلنگ در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر [۵] و بررسی و مقایسه عادت‌های غذایی یوزپلنگ در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان و دره‌انجیر [۳۲] اشاره نمود.

مدل‌های پیش‌بینی کننده مطلوبیت زیستگاه براساس متغیر وابسته به دو دسته مدل‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم حضور، و مدل‌های وابسته به داده‌های حضور تقسیم‌بندی می‌شوند. یکی از مشکلات اساسی مدل‌هایی که نیاز به داده‌های حضور و عدم حضور به‌عنوان متغیر وابسته دارند، نبود داده‌های عدم حضور مطمئن است[۱۰]. یک گونه ممکن است به علت‌های مختلفی همچون عدم مشاهده در زمان نمونه‌برداری و نامطلوب بودن زیستگاه در بخشی از زیستگاه مشاهده نشود. تنها نامطلوب بودن زیستگاه را می توان به‌عنوان داده عدم حضور در مدل استفاده کرد. دستیابی به داده‌های عدم حضور صحیح، نیازمند پایش مداوم زیستگاه، ثبت نقاط حضور و عدم حضور گونه در سالیان متمادی است [۳۱]. استفاده از مدل‌هایی که تنها نیازمند داده‌های حضور هستند، می تواند از خطاهای حاصل از به‌کارگیری داده‌های عدم حضور اشتباه، جلوگیری کند [۳۳].

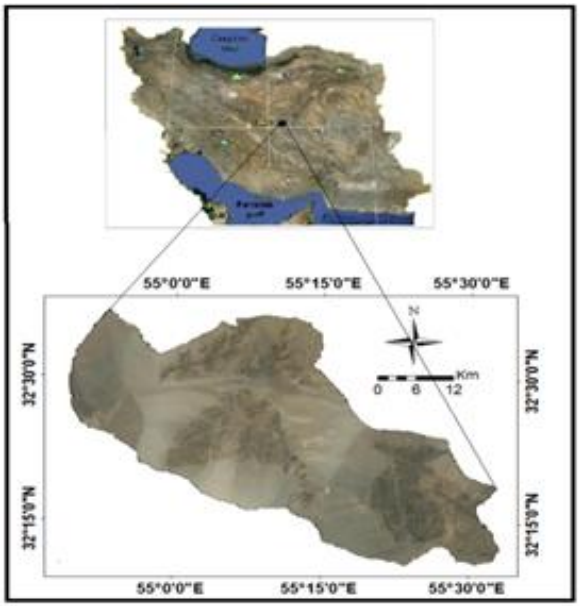
مدل‌های مطلوبیت زیستگاه عوامل زیست‌محیطی مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه را شناسایی و مطلوبیت هر بخش از سرزمین را برای گونه تعیین می‌کند. نتایج این مدل‌ها که در قالب نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه ارائه می‌شوند کمک بسیاری در تعیین اولویت‌های حفاظتی و افزایش کارآمدی برنامه‌ریزی‌های حفاظتی می‌کند [۱۰].

رویکرد تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی[1] یکی از روش‌های معرفی شده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه است [۱۳] که در چند سال گذشته به‌طور گسترده و برای گونه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. به‌عنوان نمونه، در ایران از این رویکرد برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بهاره کل و بز در پارک ملی کلاه‌قاضی [۶]، پارک ملی لار [۲۴]، منطقه حفاظت شده کوه بافق [۲۹] و مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی در پارک ملی لار [۱]، ذخیره‌گاه زیستکره توران [۲۶]، پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار [۹]، منطقه حفاظت شده هفتاد قله [۳۰] و مطلوبیت زیستگاه پلنگ در زاگرس مرکزی [۸] استفاده شده است. هدف از این بررسی تعیین مطلوبیت زیستگاه‌های پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر برای یوزپلنگ آسیایی و عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه آن است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر با مساحت ۱۷۵۳۰۲ هکتار در شهرستان اردکان، استان یزد واقع شده است. این ناحیه در محدوده جغرافیایی "۵۱ '۴۸ °۵۴ تا "۴۹ '۳۲ °۵۵ طول شرقی و "۱۰'۵۰ °۳۲ تا "۵۸ '۳۶ °۳۲ عرض شمالی واقع شده و از سال ۱۳۸۱ به‌عنوان پناهگاه حیات‌وحش اعلام گردیده است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر درکشور.

1- Ecological Niche Factor Analysis (ENFA)

میانگین سالانه بارندگی این منطقه، ۷۴/۹ میلیمتر، حداقل مطلق دما C °۱۴- و حداکثر آن C° ۴۷ ثبت شده است. این منطقه از نظر توپوگرافی شامل سه لکه ارتفاعی مهم به نام‌های دره‌انجیر، بوزوا و نی‌باز با دره‌های متعدد و نیز دشت‌های مابین آن‌ها است. منطقه مورد مطالعه دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و خشک است. از مهم‌ترین مشکلات طبیعی منطقه، خشکسالی را می‌توان نام برد. از مهم‌ترین گونه‌های گیاهی منطقه درمنه[۱]، قیچ[۲]، گون[۳]، رندوک[۴]، بهوه شور[۵]، اشنان[۶]، تاغ[۷]، اسکنبیل[۸] و از مهم‌ترین گونه‌های پستاندار منطقه کل و بز، قوچ و میش، جبیر، کاراکال، را می‌توان نام برد [۳۵].

نمونه‌گیری

اساس تجزیه و تحلیل به کار برده شده در این تحقیق را روش تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی تشکیل می‌دهد. در این بررسی از نرم‌افزار بایومپر [۱۷] برای تعیین مدل مطلوبیت زیستگاه و از نرم‌افزارهای Idrisi Andes15.01 و ArcGIS 9.3 برای ساخت لایه‌های اطلاعاتی و ورود آن‌ها به نرم‌افزار بایومپر استفاده شد. اساس کار مدل، مقایسه ویژگی‌های زیست‌محیطی نقاط حضور گونه با ویژگی‌های زیست‌محیطی منطقه است. لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای اجرای تحلیل در نرم‌افزار بایومپر را می‌توان به دو دسته طبقه‌بندی نمود [۱۴]:

الف- نقشه‌های کاری (Work map) یا نقشه نقاط حضور گونه مورد مطالعه در منطقه.

ب- نقشه‌های اکو جغرافی (Ecogeographical maps) شامل نقشه‌های متغیرهای مستقل زیست‌محیطی است.

ثبت نقاط حضور گونه، با بازدیدهای میدانی مداوم از محدوده پناهگاه حیات‌وحش (سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹) و بهره‌گیری از دوربین‌های تله‌ای (سال ۱۳۸۹) انجام گرفت. در هر بازدید به محض برخورد با گونه و یا نمایه آن، مختصات جغرافیایی نقطه با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی[۹] به‌عنوان نقطه حضور ثبت می‌گردید. با توجه به نبود گوشت‌خوار بزرگ جثه مشابه در مقطع زمانی مورد مطالعه در منطقه و نیز ویژگی‌های خاص ردّپا در یوزپلنگ و نیز مشخصات ظاهری و اندازه سرگین گونه [۳۲]، شناسایی نمایه‌های یوز در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر به آسانی و با دقت قابل قبولی انجام گرفت. در مجموع ۸۲ نقطه حضور در منطقه در طول تحقیق ثبت شد.شناسایی متغیرهای زیست‌محیطی تأثیرگذار بر انتخاب زیستگاه گونه با مرور بر مطالعات انجام شده بر روی رفتار و تعامل گونه با زیستگاه [۳۲؛ ۲۸؛ ۲۵؛ ۲] ، صورت گرفت و مجموعه عوامل تأثیرگذار در تأمین نیازهای زیستگاهی گونه تعیین گردید. متغیرهای مستقل زیست‌محیطی مورد بررسی در این پژوهش شامل درصد شیب، طبقات جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، اشکال توپوگرافی، میانگین دمای سالانه در مناطق مختلف، پوشش گیاهی (تیپ‌ها)، منابع آب و متغیرهای توسعه انسانی مانند روستاها و جاده‌ها (خاکی، آسفالت و راه آهن) هستند.

نقشه‌های درصد شیب و جهت جغرافیایی با استفاده از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شد. شایان ذکر است مناطق با شیب کمتر از ۱۰٪ به عنوان مناطق دشتی در نظر گرفته شده است.

در این پژوهش برای تهیه نقشه ارتفاع از سطح دریا از نقشه توپوگرافی رقومی سازمان جغرافیایی ارتش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد. نقشه اشکال توپوگرافی با استفاده از نقشه‌های ژئومرفولوژی موجود منطقه تهیه و با در نظر گرفتن لندفرم‌ها به عنوان واحدهای ژئومورفولوژی، واحد کوهستان و تپه ماهورها تفکیک شد.

یکی از عناصر اقلیمی اصلی و مؤثر بر رشد و ترکیب پوشش گیاهی و حیات وحش یک منطقه، درجه‌حرارت است. در بسیاری از سال‌ها، نوسان و تغییرات شدید دما، شرایط بحرانی را بر موجودات زنده تحمیل می‌نماید. جهت تهیه نقشه خطوط هم دما در منطقه مورد مطالعه از داده-های ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی استفاده شد. نوسان میانگین سالانه دمای هوا در منطقه از C°۵ /۱۴ (ارتفاع۲۲۲۶ متر) تا C°۲۲/۹ (ارتفاع ۸۳۶ متر از سطح دریا) محاسبه گردید.

1- *Artemisia sieberi*
2- *Zygophyllum eurypterum*
3- *Astragalus myrianthus*
4- *Salsola yazdiana*
5- *Salsola tomentosa*
6- *Seidlitzia rosmarinus*
7- *Haloxylon persicum*
8- *Calligonum comosum*

9- Global Positioning System (GPS)

گونه‌های قوچ و میش، کل و بز طعمه‌های اصلی یوزپلنگ به‌شمار می‌آیند. قوچ و میش با ۴۳/۹٪ در رتبه اول و کل و بز با ۲۷/۵۱٪ در رتبه بعدی طعمه یوز هستند [۳۲]. با در نظر گرفتن مناطق حضور گونه‌های مذکور و نتایج سرشماری این گونه‌ها [۳۵]. نقشه تراکم طعمه یوزپلنگ در منطقه تهیه شد.

برای انجام تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی با استفاده از نرم‌افزار بایومپر، در گام اول باید داده‌های جمع‌آوری شده در جریان نمونه‌برداری میدانی و نقشه متغیرهای زیست‌محیطی به فرمت قابل استفاده در این نرم‌افزار تبدیل شوند.

آماده‌سازی نقشه‌های متغیرهای زیست‌محیطی

لایه‌های اطلاعاتی تمام متغیرها پس از رقومی‌سازی به اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر در نرم‌افزار Arc GIS به نقشه‌های رستری تبدیل شد. متغیرهای کمی (ارتفاع، شیب و متوسط دما) به طور مستقیم در تحلیل‌ها استفاده شد. متغیرهای کیفی نیز به متغیرهای فاصله‌ای و فراوانی تبدیل گردید تا به این صورت کمی شوند.

تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی را تنها برای متغیرهای زیست‌محیطی کمی می‌توان به کار برد. بنابراین، برای نقشه جهت و سایر نقشه‌های طبقه‌ای دیگر، به ازای هر یک از طبقات، نقشه فاصله از آن طبقه و فراوانی محاسبه شد. برای هر یک از تیپ‌های گیاهی نیز نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین تیپ گیاهی و فراوانی تیپ گیاهی محاسبه و در تحلیل‌ها وارد شد. برای هر یک از تیپ‌های تراکم طعمه نیز نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین تیپ طعمه و فراوانی تیپ طعمه محاسبه و در تحلیل‌ها وارد شد. برای مطالعه نقشه منابع آب در مطلوبیت زیستگاه، تنها موقعیت منابع آبی دایمی در محاسبات وارد شد و نقشه فاصله از نزدیک‌ترین منبع آبی تهیه گردید. با استفاده از نقشه موقعیت منابع انسانی (روستاها و جاده‌ها) نقشه‌های فاصله تا نزدیک‌ترین روستا، فاصله تا نزدیک‌ترین جاده آسفالت، فاصله تا نزدیک‌ترین راه آهن و فاصله تا نزدیک‌ترین جاده خاکی تهیه شد [۱۵]. برای اینکه نقشه‌های تهیه شده توسط نرم‌افزار قابل استفاده باشد، باید نکات زیر رعایت شود [۱۷]:

الف) نقشه‌ها باید قابل روی‌هم‌گذاری باشند.

ب) برای انجام تحلیل بایستی متغیرها (نقشه‌ها) نرمال شوند، بنابر این توزیع آماری نقشه‌ها بررسی و در صورت نرمال نبودن با استفاده از دستور باکس- کاکس[1] در نرم‌افزار بایومپر نرمال شد [۱۴] (رابطه ۱).

$$T(X) = \frac{(X^Y - 1)}{Y} \qquad (۱)$$

در این رابطه X متغیر اصلی، T(X) مقادیر تبدیل یافته و Y ضریب همبستگی بین داده‌ها است؛

ج) بررسی یکپارچکی و قابل استفاده بودن نقشه‌ها جهت تایید این که تمامی نقشه‌ها پیکسل‌های زمینه و غیرزمینه یکسانی دارند؛

د) بررسی همبستگی متغیرهای زیست‌محیطی جهت انتخاب تنها متغیرهایی که همبستگی کمتر از ۸۵٪ دارند جهت وارد کردن در تحلیل. زیرا حضور متغیرهای با همبستگی بیش از ۸۵٪ در تحلیل‌ها می‌تواند منجر به تولید مقادیر ویژه[2] بزرگ در نتایج شود. در صورت وجود متغیرهایی با همبستگی بیش از۸۵٪ یکی از متغیرها حذف می‌گردد [۱۷].

اجرای تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی

با انجام تحلیل توسط نرم‌افزار چندین خروجی به‌دست می‌آید:

اولین خروجی در این روش کنارگی[3] (M) نام دارد که مطابق رابطه ۲، عبارت است از قدر مطلق تفاوت بین میانگین یک متغیر در کل منطقه مورد مطالعه (m_G) و میانگین توزیع گونه در آن متغیر (m_S) تقسیم بر حاصل ضرب عدد ۱/۹۶در انحراف معیار هر متغیر در کل منطقه مطالعاتی(S_G) . مقادیر مثبت M نشان می‌دهد که گونه مورد مطالعه مقادیری بیشتر از میانگین زیستگاه را در مورد آن متغیر ترجیح می‌دهد، در حالی که مقادیر منفی ترجیح مقادیر کمتر از میانگین زیستگاه را نشان می‌دهد [۱۳].

$$M = \frac{|m_s - m_G|}{1.96\, s_G} \qquad (۲)$$

1- Box-Cox
2- Eigenvalue
3- Marginality

دومین خروجی تخصص‌گرایی[1] (S) نام دارد که با تقسیم انحراف معیار توزیع کل (σ_G) بر انحراف معیار سلول‌های مشاهده گونه (σ_S) به‌دست می‌آید و نشان دهنده این است که تا چه میزان گونه در استفاده از منابع منطقه، به صورت تخصصی عمل می‌کند [۱۳].

$$S = \frac{\sigma_G}{\sigma_S} \quad (۳)$$

تخصص‌گرایی بین صفر و بی‌نهایت تغییر می‌کند. اما مقدار عکس آن (T) بین صفر و یک تغییر می‌کند که هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان دهنده تحمل کم گونه نسبت به تغییر شرایط میانگین زیستگاه است.

$$T = \frac{1}{S} \quad (۴)$$

در جریان تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی به تعداد متغیرهای به‌کار رفته در تحلیل، عامل تولید می‌گردد. اولین عامل ۱۰۰ درصد کنارگی و بخشی از تخصص‌گرایی و سایر عامل‌ها تخصص‌گرایی گونه را توضیح می‌دهند [۱۳]. با استفاده از مدل چوب شکسته [۲۱] که توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود، می‌توان تعداد عاملی که بیشترین نقش را در توضیح تخصص‌گرایی گونه دارند مشخص کرد. همچنین ماتریس امتیازات در جریان تحلیل عامل تهیه می‌گردد که نشان دهنده نقش هر یک از متغیرهای زیست‌محیطی در مطلوبیت زیستگاه گونه است.

محاسبه مطلوبیت زیستگاه

با استفاده از نتایج به‌دست آمده در تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی، می‌توان نقشه مطلوبیت زیستگاه را به‌دست آورد. برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه بایستی الگوریتم مناسب را انتخاب کرد. در نرم‌افزار بایومپر سه الگوریتم میانه، میانگین هندسی و میانگین هارمونیک برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه ارائه شده است [۱۶؛ ۱۷]. در این پژوهش اعتبار پیش‌بینی‌های مدل با استفاده از هر یک از الگوریتم‌های فوق بررسی و بهترین الگوریتم انتخاب شد.

ارزیابی و تأیید اعتبار مدل مطلوبیت زیستگاه

به منظور ارزیابی صحت پیش‌بینی‌های مدل تولید شده از نمایه پیوسته بویس[2] و نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح[3] استفاده شد[۱۸]. با تفسیر نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح می‌توان آستانه مطلوبیت زیستگاه را تعیین و زیستگاه را به طبقات مطلوب و نامطلوب تقسیم نمود [۱۸]. در این پژوهش الگوریتمی که بالاترین نمایه پیوسته بویس را به خود اختصاص داد، انتخاب شد. با استفاده از این الگوریتم نقشه مطلوبیت زیستگاه ترسیم گردید. سپس با استفاده از نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح، نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب تقسیم‌بندی شد.

نتایج

ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای زیست‌محیطی برای تولید مدل مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی به کار گرفته شد تا بهترین مجموعه از متغیرها انتخاب شود. ملاک انتخاب بهترین متغیرها، سهم مدل ایجاد شده با آن‌ها (مدل نهایی) در توجیه "کنارگی" و "تخصص‌گرایی" گونه و اعتبار مدل بود. مقدار به دست آمده بیش از یک برای کنارگی در تمامی فصول، نشان دهنده آن است که یوزپلنگ ایرانی مجموعه شرایط زیست‌محیطی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. میزان تخصص‌گرایی بالاتر از یک در تمامی فصول نیز نشان دهنده آن است که گونه به دامنه محدودی از شرایط زیست‌محیطی منطقه وابسته است و در استفاده از منابع زیستگاه، تخصصی عمل می‌کند.

میزان تخصص‌گرایی یوزپلنگ ایرانی (بیش از ۴/۹۷۳) نشان دهنده تخصص یافتگی گونه در استفاده از منابع زیستگاهی است (جدول ۱) . ماتریس امتیازات تولید شده در جدول ۲ نشان دهنده سهم هر یک از متغیرهای زیست‌محیطی در مطلوبیت زیستگاه گونه است. در جدول مذکور، عامل اول افزون بر تخصص‌گرایی، ۱۰۰٪ کنارگی را نشان می‌دهد. به عنوان نمونه، عامل اول علاوه بر ۱۰۰٪ کنارگی، ۲۴/۱٪ تخصص‌گرایی، عامل دوم ۴۹/۱۵٪ تخصص‌گرایی و عامل سوم ۸/۲۷٪ ویژگی تخصص‌گرایی یوزپلنگ ایرانی را توضیح می‌دهد. این سه عامل در مجموع ۸۱/۵۲٪ از مقدار تخصص‌گرایی گونه را توضیح می‌دهند. ضرایب محاسبه شده نشان دهنده میزان نقش

1-Specialization
2-Continuous Boyce Index
3-Area Adjusted Frequency

هر متغیر زیست‌محیطی در کنارگی گونه است. به عنوان نمونه ضریب ۰/۲۹۰ محاسبه شده برای متغیر ارتفاع از سطح دریا در جدول ۲ نشان دهنده آن است که یوزپلنگ ایرانی تمایل به مناطقی دارد که ارتفاعی بیش از میانگین منطقه دارد. ضریب ۰/۰۹۷ فاصله تا جاده خاکی نشان دهنده تمایل حضور یوزپلنگ به مناطق دور از جاده‌های خاکی است. ضریب ۰/۲۸۴- فاصله تا منبع آب نشان دهنده تمایل گونه به حضور در این نواحی و یا نزدیک به این مناطق بوده و حضور این متغیر در زیستگاه، مطلوبیت آن را افزایش می‌دهد. برای سایر متغیرها، به عنوان نمونه، ضریب ۰/۰۲۹ درصد شیب نشان دهنده تمایل گونه به مناطق شیب‌دار بالاتر از میانگین منطقه است.

براساس ماتریس امتیازات محاسبه شده و ضرایب به‌دست آمده، یوزپلنگ ایرانی مناطق با ارتفاع بالاتر از میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. همچنین افزایش شیب بر مطلوبیت زیستگاه آن می‌افزاید. یوزپلنگ ایرانی از تمامی دامنه‌های موجود در منطقه استفاده کرده و از مناطق دشتی دوری می‌کند. این مهم در اثر کاهش تعداد طعمه از جمله جبیر در مناطق دشتی پناهگاه بوده و این گونه جهت تامین نیازهای غذائی (قوچ و میش و کل و بز) به مناطق کوهستانی تغییر مکان داده است. مشاهدات میدانی گونه در مناطق تحت مدیریت کوه بافق (نصب ردیاب به یوزپلنگ) و دره انجیرتغییر زیستگاه را تأیید می‌کند. یوزپلنگ از جاده‌های آسفالت، خاکی و راه آهن دوری کرده و مناطق با تراکم متوسط و زیاد طعمه را ترجیح می‌دهد. همان‌گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد، بخش عمده‌ای از متغیرهای تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ، مربوط به شرایط توپوگرافی زیستگاه است.

جدول ۱. نتایج تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر

تعداد متغیرهای مورد استفاده در مدل	میزان کنارگی	میزان تخصص‌گرایی	میزان بردباری	تعداد عامل انتخاب شده	میزان تخصص‌گرایی توضیح داده شده توسط عامل‌ها
۲۳	۱/۸۲۳	۴/۹۷۳	۰/۲۰۱	۳	۸۱/۵۲

جدول ۲ . ماتریس امتیازات مدل‌سازی با رویکرد تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی یوزپلنگ ایرانی

نام متغیر	عامل اول ۱۰۰٪ کنارگی ۲۴/۱٪ تخصص‌گرایی	عامل دوم ۴۹/۱۵٪ تخصص‌گرایی	عامل سوم ۸/۲۷٪ تخصص‌گرایی
فاصله تا دامنه شرقی	-۰/۱۹۶	-۰/۱۳۶	۰/۲۳۵
فاصله تا دامنه شمالی	-۰/۱۸۵	۰/۰۶۴	-۰/۰۹۰
فراوانی مناطق بدون جهت جغرافیایی	-۰/۲۱۹	۰/۱۲۴	-۰/۰۴۲
فاصله تا دامنه جنوبی	-۰/۲۲۵	۰/۰۳۹	-۰/۶۶۵
فاصله تا دامنه غربی	-۰/۲۰۷	۰/۰۹۴	۰/۴۵۱
فراوانی مناطق با ارتفاع ۱۲۰۰ – ۸۰۰ متر از سطح دریا	-۰/۲۵۰	-۰/ ۶۲۰	-۰/۱۸۳
فراوانی مناطق با ارتفاع ۱۵۰۰ – ۱۲۰۰ متر از سطح دریا	۰/ ۳۲۹	۰ /۰۱۱	-۰/ ۰۶۰
فراوانی مناطق با ارتفاع ۱۸۰۰ – ۱۵۰۰ متر از سطح دریا	۰/ ۲۹۰	-۰/ ۱۰۳	-۰/ ۰۷۱
ارتفاع از سطح دریا	۰/۲۹۰	-۰/ ۱۰۳	-۰/ ۰۷۱
فاصله تا مناطق با تراکم زیاد طعمه	-۰/۲۰۸	-۰/۱۰۰	-۰/۰۵۳
فاصله تا مناطق با تراکم متوسط طعمه	-۰/۲۲۲	۰/۳۶۸	-۰/۲۰۲
فراوانی مناطق با تراکم کم طعمه	-۰/۲۱۷	-۰/۰۷۶	۰/۰۳۳
فاصله تا مناطق تپه ماهوری	-۰/۰۳۴	-۰/۰۳۹	-۰/۰۰۷
فراوانی مناطق کوهستانی	۰/۳۲۹	۰/۰۰۸	۰/۰۳۴
فاصله تا مناطق کوهستانی	-۰/۲۱۸	۰/۵۹۴	۰/۳۸۳
فاصله تا جاده آسفالت	۰/۱۰۱	-۰/۰۹۱	۰/۰۹۵
فاصله تا جاده خاکی	۰/۰۹۷	-۰/۰۰۱	-۰/۰۳۷
فاصله تا جاده ریلی	۰/۱۵۶	۰/۱۰۸	-۰/۰۱۰
فراوانی مناطق با شیب ۳۰-۱۰٪	۰/۲۸۴	۰/۱۴۶	-۰/۰۹۵
فراوانی مناطق با شیب ۵۰-۳۰٪	۰/۰۸۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲
درصد شیب	۰/۰۲۹	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۰
فاصله تا تیپ اشنان (Se.ro)	-۰/۱۴۴	-۰/۰۶۸	۰/۱۱۶
فاصله تا منبع آب	-۰/۲۸۴	۰/۰۶۰	-۰/۰۶۲

پس از تعیین نقش هر یک از متغیرهای زیستگاهی در مطلوبیت زیستگاه گونه، با استفاده از نمایه پیوسته بویس، صحت نقشه مطلوبیت زیستگاه محاسبه شده مبتنی بر الگوریتم‌های میانه، میانگین هندسی و میانگین هارمونیک، با یکدیگر مقایسه و بهترین الگوریتم انتخاب شد (جدول ۳).

جدول ۳. نمایه پیوسته بویس محاسبه شده به ازای الگوریتم‌های مختلف تعیین مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ

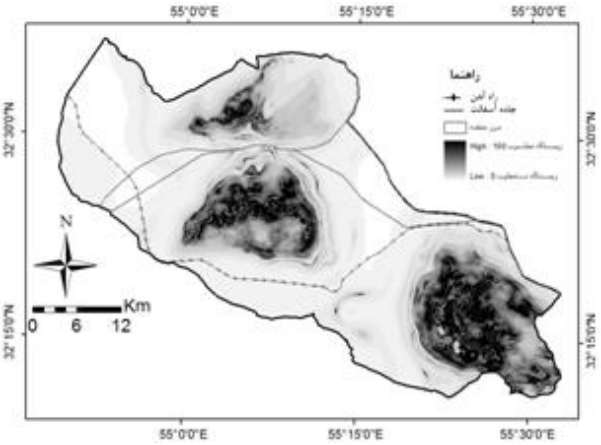
انحراف معیار ± نمایه پیوسته بویس		
الگوریتم میانه	الگوریتم میانگین هندسی	الگوریتم هارمونیک
۰/۲۴۴± ۰/۴۳۴	۰/۲۴۰± ۰/۴۱۴	۰/۸۹۸± ۰/۰۶۳

براساس شاخص پیوسته بویس، میانگین هارمونیک به علت مقدار بسیار نزدیک به یک و حدود اعتماد کم (۰/۰۶۳ ± ۰/۸۹۸) از قدرت پیش‌بینی بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها برخوردار است (جدول ۳). افزون بر این، منحنی نرخ F (نرخ پیش‌بینی شده به نرخ مورد انتظار در محور عمودی به مطلوبیت زیستگاه محور افقی) نشان می‌دهد که این مدل از قدرت پیش‌بینی بسیار بالایی برخوردار است. در نتیجه، نقشه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ با استفاده از الگوریتم میانگین هارمونیک محاسبه شد (شکل ۲).

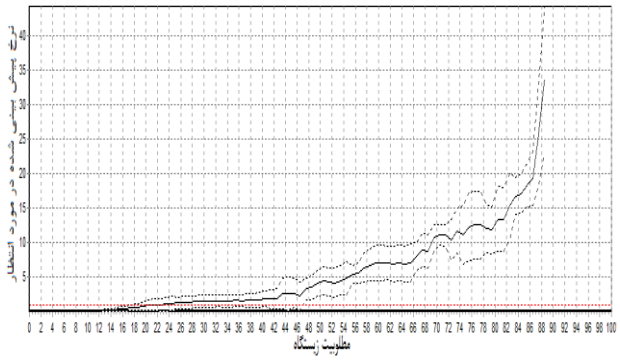
با بررسی نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح مبتنی برالگوریتم میانگین هارمونیک (شکل۳) و تعیین محدوده‌ای از مطلوبیت زیستگاه که در آن نسبت پیش بینی شده به مورد انتظارکمتر و یا برابر با یک است، آستانه مطلوبیت زیستگاه۲۲٪ تعیین شد. با استفاده از آستانه مطلوبیت به‌دست آمده، نقشه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در دو کلاس زیستگاه مطلوب و نامطلوب طبقه‌بندی شد (شکل ۴). باتوجه به نقشه مذکور، ۲۶۳۴۵ هکتار (۱۵/۰۳٪) از وسعت منطقه، زیستگاه مطلوبی برای یوزپلنگ ایرانی براساس مدل طراحی شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

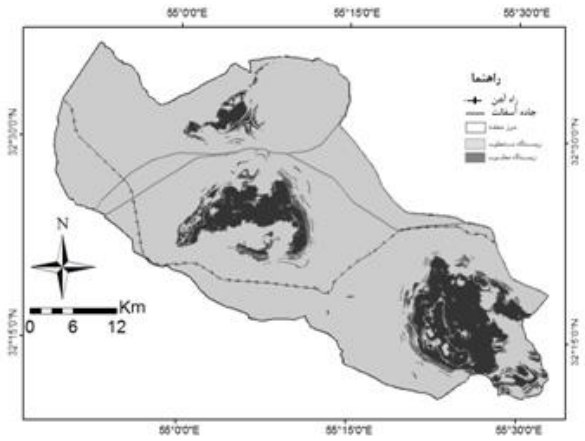
مطالعات انجام شده در آفریقای جنوبی و نیز زیستگاه‌های ساوانی یوزپلنگ نشان می‌دهد رفتار شکار و انتخاب زیستگاه این گونه بسته به ترکیب طعمه، پوشش گیاهی در دسترس و حضور گونه‌های رقیب و مزاحم است [۲۳].



شکل ۲.نقشه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر با رویکرد تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی.



شکل ۳. نمودار فراوانی تنظیم شده براساس سطح مبتنی بر الگوریتم میانگین هارمونیک.



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی مطلوب زیستگاه یوزپلنگ ایرانی در محدوده مطالعاتی با رویکرد تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی.

براساس نتایج این مطالعه زیستگاه‌های مطلوب یوزپلنگ آسیایی در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر مناطق کوهستانی و کوهپایه‌ای است. بنابراین، به نظر می‌رسد پایین بودن تراکم طعمه‌های دشت‌زی یوز (مانند جبیر) در منطقه مورد مطالعه و تراکم بالای طعمه‌های ترجیحی یوزپلنگ مانند قوچ و میش [۳۲] در کوهپایه‌ها و زیستگاه‌های کوهستانی و همچنین عدم وجود گونه‌های رقیب و مزاحم در کوهستان‌های دره‌انجیر (مانند پلنگ، کفتار) موجب گرایش یوزپلنگ به این زیستگاه‌ها شده است. در مطالعه‌ای بر روی یوزپلنگ آسیایی در ایران ثابت گردید که این گونه به‌طور عمده بر روی زیستگاه‌های با قابلیت بالای گیر انداختن طعمه تمرکز کرده که این مورد در دشت‌های صاف در کم‌ترین حالت خود بوده و وجود عوارض توپوگرافی بیشتر، این امکان را بالا می‌برد [۵]. در گذشته عقیده بر این بود. که در کشورهای آسیایی پراکنش یوزپلنگ با آهوی ایرانی (گونه‌ای دشت‌زی) بیش‌ترین همپوشانی را داشته است [۱۲؛ ۱۱؛ ۷] . در حالی‌که براساس نتایج این مطالعه در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر، بیش‌ترین همپوشانی نقاط حضور یوزپلنگ آسیایی با پراکنش قوچ و میش بود. مطالعه انجام شده بر روی یوزپلنگ در پارک ملی سرنگتی در تانزانیا نشان داد به‌دلیل وجود رقبایی همچون شیر و کفتار، پوشش گیاهی نقش مهمی به‌عنوان پناه در بقاء یوزپلنگ وتوله‌هایش دارد [۲۸]. ولی در منطقه مورد مطالعه، رقیب جدی برای یوزپلنگ وجود ندارد و مهم‌ترین عوامل در تعیین مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ ارتفاع از سطح دریا، شیب، تراکم طعمه و منابع آبی است. نتایج حاصل از تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی برای یوزپلنگ در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر نشان داد زیستگاه مطلوب این گونه درمحدوده مورد مطالعه حدفاصل ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا و شیب ۱۰ تا ۳۰٪ واقع شده است. یوزپلنگ در آفریقا در نزدیکی جاده‌ها نیز زندگی می‌کند [۲]، در حالی که نتایج این مطالعه نشان داد یوزپلنگ آسیایی از جاده‌ها دوری می‌کند. انجام تحلیل عامل آشیان بوم‌شناختی یوزپلنگ در آفریقا میزان کنارگی، تخصص گرایی و بردباری این گونه را به ترتیب ۱/۲۲۲ ، ۱/۸۰۳ و ۰/۲۶۳ نشان می‌دهد [۲] که مقایسه آن با نتایج (جدول ۱)، نشان می‌دهد یوزپلنگ آسیایی گونه‌ای تخصصی‌تر با دامنه بردباری کم‌تر نسبت به همتای آفریقایی خود است. با این نقشه‌ها یوزپلنگ آسیایی در بسیاری ویژگی‌های زیستگاهی با یوز آفریقایی تفاوت دارد.

وسعت زیستگاه‌های مطلوب گونه در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر ۲۶۳۴۵ هکتار برآورد شد و با توجه به اینکه در این منطقه جمعیت یوزپلنگ ۹-۴ قلاده برآورد شده [۳۵]، بنابراین تصور می‌شود برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر پیرامون زیستگاه‌های گوشت‌خوارانی همچون یوزپلنگ آسیایی که دارای قلمرو و گستره‌خانگی و جابجایی گسترده‌ای هستند نیاز به مطالعه عرصه‌های وسیع‌تری از زیستگاه‌های آن (به‌عنوان نمونه مطالعه مطلوبیت زیستگاه یوزپلنگ در مناطق دره‌انجیر، آریز، کوه بافق، پناهگاه حیات‌وحش نایبندان طبس و....) می‌باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان یزد و همه افرادی که در انجام این پژوهش همکاری نموده‌اند، به ویژه محیط‌بانان زحمتکش پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر آقایان جعفرپور، رشیدی، رضوانی نژاد و جعفری، قدردانی نمایند.

Refernces

[1].Bagheri, F. (2007). Assessment of habitat suitability of wild sheep in Lar national park. MSc thesis, Tehran, University of Tehran, (in Farsi).

[2].Broekhuis, F. (2007). Habitat selection patterns of Cheetahs *Acinonyx jubatus* in Serengeti, Tanzania. MSc Thesis. Wild Animal Biology of the Institute of Zoology and the Royal Veterinary College. 47pp.

[3].Caro, T. M. (1994). Cheetah of the Serengeti plains, University of Chicagopress. Conservation of Asiatic Cheetah Project. 2008. Unpublished Report.

[4].Farhadinia, M. (2004). The last stronghold cheetah in Iran. *Cat news*, 40; 11-14.

[5].Farhadinia, M., & Hemami, M .R. (2010). Prey selection by the critically endangered Asiatic cheetah in central Iran. *Journal of Nature History*. 44, 1239-1249.

[6].Farrashi, A. (2007). Habitat suitability modeling of wild goat in Kolah-Ghazi national park using ENFA method. MSc thesis, Isfahan University of Technology, (in Farsi).

[7].Firouz, E. (1974). Environmental Iran. National society for the conservation of nature Resources and Human Environment, Tehran.

[8].Goljani, R., Ghodsizadeh, Z., Chalani, M. (2010). Habitat suitability modeling Leopard (*Panthera pardus*) in the central Zagros, Proceedings of the National Congress of the threats and destruction of biodiversity in the central Zagros, Isfahan University of Technology.

[9].Goljani, R., Kaboli, M., karami, M. & Alizadeh, A. (2009). Fall habitat of wild sheep map in the Jajroud protected area, *Journal of Natural Resources*, 63(2), 1-15.

[10].Guisan, A., Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147-186.

[11].Harrison, D. L., & Bates, P. J. J. (1991). Cheetah, pp 170-172. in: Mammals of Africa. 2nd ed. Seven Oaks. UK: Harrison Zoological Museum.

[12].Hepter, V. G., & Sludski, A. A. (1992). Mammals of the Soviet Union, Vol. 2, part 2, Carnivora, English Translaten, sci, ed., R. S. Hoffman, Washington, D. C.: Smithsonian Institution Libranes.

[13].Hirzel, A. H. (2001). When GIS come to life, Linking landscape and population ecology for large population management modeling: the case of ibex (*capra ibex*) in Switzerland.PhD thesis. Institue of Ecology, Laboratory for Conservation Biology. University of Lausanne, 2001.

[14].Hirzel, A. H., Helfer, V., Metral, F. (2001). Assessing habitat-suitability models with a virtual species. *Ecological Modelling*, 145, 111-121.

[15].Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D., & Perrin, N. (2002). Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat suitability maps without absence data? *Ecology*, 83, 2027-2036.

[16].Hirzel, A. H., & Arletaz, R. (2003). Modeling habitat suitability for complex species distribution by environmental distance geometric mean ,pringer verlag, New York, pp 17.

[17].Hirzel, A. H., Hausser, J., & Perrin, N. (2004). Biomapper 3.1. Lab. of Conservation Biology, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne. URL: http: //www.unil.ch/biomapper.

[18].Hirzel, A. H., LeLay, G., Helfer, V., Randin, C., & Guisan, A. (2006). Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. Ecological Modelling 199,142-152.

[19].IUCN. (2009). IUCN Red List of Threatened Species (ver. 2009.1). Available at: www.iucnredlist.org.

[20].Kiya,S. H. (2004). Preliminary breeding evaluation of Asiatic cheetah (*Acinonyx Jubatus venaticus*) in Touran biosphere reserve-Iran, MSc thesis, Tehran, University of Tehran, (in Farsi).

[21].MacArthur, R. (1957). On the Relative Abundance of bird species, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 43(3), 293-295.

[22].Malekian, M. (2001). Investigation on taxonomy of cheetah. MSc thesis. University of Tehran, (in Farsi).

[23].Mills, M. G., Broomhall, L. S., & Dutoit, J. T. (2004). Cheetah *Acinonyx jubatus* feeding ecology in the Kruger national park and a comparison across African Savana habitats: Is the cheetah only a successful hunter on open grassland plains? *Wildlife Biology*. 10;177-186.

[24].Mostafavi, M., Alizadeh, A., Kaboli, M., & karami, M. (2009). Spring and summer habitat of wild goat (*Capra aegagrus*)map in the Lar National Park. *Journal of Natural Resources Science and Technology*, 5(2), 111-121.

[25].Myers, N. (1975). The status of the cheetah in Africa South of the Sahara. IUCN, Morges, Switzerland.

[26].Nazeri, M. (2007). The application of ecological niche factor analysis in wildlife habitate evaluation ,comparing to HSI methods :case study of wild sheep's habitate in Touran biosphere reserve, MSc thesis, Tehran, University of Tehran, (in Farsi).

[27].Nowell, K., & Jackson, P. (1996). Wildcats status survey and conservation plan. I. U. C. N. / S. S. C. Cat Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland.

[28].Pettorelli, N., Hilborn, A., Broekhuis, F., & Durant, M. S. (2009). Exploring habitat use by cheetahs using ecological niche factor analysis. *Journal of Zoology,* 277; 141–148.

[29].Sarhangzadeh, J., Yavari, A. R., Hemami, M. R., Jafari, H. R., & Shams-Esfandabad, B. (2011). Habitat suitability modeling for wild life in the arid Lands, Case study: wild goat (*Capra aegagrus*) in Kouh-e- Bafgh protected area. *Journal of Arid Biome,* 1(3); 38-50.

[30].Shams, B., Karami, M., & Hemami, M. R. (2010). Habitat suitability modeling: A new approach for biodiversity conservation planning, Proceedings of the National Congress of the threats and destruction of biodiversity in the central Zagros, Isfahan University of Technology, (in Farsi).

[31]. Sobern, J., Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics.* 2, 1–10.

[32].Zamani, N. (2010). A comparison study on food habits of Asiatic cheetah in Naibandan and Darreh-Anjer wildlife refuge, Yazd Iran. MSc thesis. University of Tehran, (in Farsi).

[33].Zaniewski, A. E., Lehmann, A., Overton, J. M. (2002). Predicting species spatial distributions using presence-only data: a casestudy of native New Zealand ferns. *Ecol. Model*. 157, 261–280.

[34].Ziaie, H. (2008). A field guide to the mammals of Iran, Tehran, Departemant of the Iran Environment, (in Farsi).

[35].Yazd provincial office of department of the Environment. (2009). Environmental planning of Dareh-Anjir wildlife refuge, part7:wildlife.Yazd university, (in Farsi).

Modeling of Asiatic Cheetah habitat suitability in Dareh-Anjir wildlife refuge in Yazd province

1-J. Sarhangzadeh, Assistant Professor, Departement of Environment, Faculty of Natural Resources, Ardakan Unversity, Ardakan Jsarhangzadeh@yazd.ac.ir
2-H. Akbari, MSc. Environmental Sciences, Yazd Department of Education, Yazd
3-J. Mossavi, Research Expert, Environmental Sciences, Yazd Department of Education, Yazd
4- A. Poorchitsaz, Research Expert, Environmental Sciences, Yazd Department of Education, Yazd

Received: 08 Sep 2012
Accepted: 28 May 2013

Abstract

Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) is a threatened species that it's population and distribution have decreased during last decades. Dareh-Anjir wildlife refuge is one of the known habitats of the species, therefore, studying on cheetah habitat suitability in this area can provide proper to predict distribution and habitats of the species. Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) method and Biomapper software for habitat suitability modeling of this species by using presence point of the species were used.Data layers were provided as variables affect on presence of the species including slope, aspect, elevation, landforms, mean annual temperature, vegetation, water resources, development variables (such as villages and roads) and prey density. Results showed that 15 percent of the habitats of the wildlife refuge were suitable for cheetah. Based on habitat suitability layer cheetah prefer elevation ranged from 1200 to1800 meters above sea level and slope ranged from 10 to 30 percent. Prey density is one of the affected agents on presence of the species. High specialization in the model shows that cheetah depends on restricted range of environmental condition and has specialized act in its habitat.

Keywords: Cheetah; Habitat suitability modeling; Ecological Niche Factor Analysis (ENFA); Dareh-Anjir Wildlife Refuge.