فصلنامه علمی- پژوهشی خشک بوم
جلد ۱، شماره ۳، بهار ۱۳۹۰

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش در مناطق خشک (مطالعه موردی: کل و بز (*Capra aegagrus*) در منطقه‌ی حفاظت شده‌ی کوه بافق)

۱- جلیل سرهنگ‌زاده، دانشجوی دوره دکتری برنامه ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران
jsarhangzadeh@gmail.com
۲- احمد رضا یاوری، دانشیار گروه برنامه ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران
۳- محمود رضا همامی، استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- حمید رضا جعفری، دانشیار گروه برنامه ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران
۵- بهمن شمس اسفند آباد، استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۲
پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۲۵

چکیده

کل و بز (*Capra aegagrus*) به عنوان شاخص‌ترین پستاندار مناطق کوهستانی ایران در بسیاری از زیستگاه‌های ایران پراکنش دارد.با این وجود، مطالعه‌ی چندانی درزمینه روابط متقابل این گونه و زیستگاه آن صورت نگرفته است. از طرفی در منطقه حفاظت شده کوه بافق این گونه یکی از منابع غذائی اصلی برای گونه به شدت در خطر انقراض یوزپلنگ ایرانی و پلنگ (در خطر انقراض) به شمار می‌آید. مدل‌های مناسب بودن زیستگاه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل‌های آماری چند متغیره، ارتباط بین حضور گونه و متغیرهای محیط زیستی را بررسی می‌کنند. این مدل‌ها امروزه به عنوان ابزاری در اختیار زیست‌شناسی حفاظت قرار گرفته و نتایج آن کاربرد زیادی در برنامه‌ریزی‌های گوناگون مدیریتی به منظور حفاظت و احیای جمعیت‌های گونه‌های حیات‌وحش دارد. به همین خاطر در این پژوهش با استفاده از رویکرد تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی و جمع‌آوری داده‌های میدانی ومقایسه ویژگی‌های اکولوژیکی نقاط حضورگونه(ثبت ۲۵۸ نقطه حضور به روش نمونه برداری تصادفی با طبقه بندی متناسب درهفت مسیر نمونه‌برداری در قسمت های مختلف منطقه) با ویژگی‌های اکولوژیکی منطقه، مدل مناسب بودن زیستگاه کل و بز در منطقه حفاظت شده کوه بافق با مساحت ۸۸۵۲۸ هکتار تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که در فصل زمستان مؤلفه‌های منابع آب، شیب، مناطق صخره‌ای، پوشش گیاهی، جهت جغرافیایی و عوامل انسانی (جاده‌ها) نقش بسیار مهمی در تعیین مناسب بودن زیستگاه کل و بز دارند. همچنین ۲۷۳۷۹ هکتار (۳۰/۹۳ درصد) از وسعت منطقه زیستگاه مطلوبی برای کل و بز با در نظر گرفتن مدل طراحی‌شده است. در تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی، مقدار محاسبه شده کنارگی (۱/۰۵۳) نشان دهنده آن است که کل و بز مجموعه شرایط محیط‌زیستی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد و میزان تخصص‌گرایی (۵/۰۰۷) نشان دهنده آن است که این گونه به دامنه محدودی از شرایط محیط زیستی منطقه وابسته است و در استفاده از منابع زیستگاه تخصصی عمل می‌کند.

واژگان کلیدی: کل و بز، مدل مطلوبیت زیستگاه، تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی، بافق

مقدمه

انسان از زمان‌های دور مجبور بوده است که از منابع طبیعی بهره‌برداری نماید. درطول این مدت به علت افزایش جمعیت وتخریب منابع طبیعی وتوسعه‌ی بدون برنامه‌ریزی، زیستگاه‌ها منهدم شده و گونه ها و عناصرموجود در این محیط‌ها حذف یا کاهش یافته است. این گونه‌ها مانند کلیدی در راه پیشرفت‌های آینده بشر به شمار می‌روند و با از دست رفتن هر یک از آن‌ها، گزینه‌ای از امکانات بشر کم می‌شود.

کل و بز شاخص‌ترین پستاندار مناطق کوهستانی کشور است که جمعیت آن به دلیل تخریب زیستگاه حتی در مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست در

کشورو در سطح بین‌المللی کاهش یافته است (Ziaie, 2008) به نحوی که ازسوی اتحادیه جهانی حفاظت از حیات وحش و منابع طبیعی در فهرست حیوانات آسیب-پذیر[1] قرار گرفته است. این واقعیت نشان‌دهنده‌ی نیاز فوری به تصمیم‌گیری مدیریتی برای حفظ و بهبود جمعیت گونه مذکور و گوشت‌خواران وابسته به آن (یوزپلنگ[2]، پلنگ[3]) به خصوص در مناطق تحت مدیریت دارد.

مدیریت گونه‌های در خطر انقراض، تحلیل زیست‌مندی جمعیت، تحلیل تضاد بین انسان و حیات وحش (Weinberg et al., 2008) و شناسایی زیستگاه‌های مناسب برای حفاظت ، به طور عمده وابسته به مدل‌سازی رابطه بین زیستگاه و توزیع گونه‌ها هستند (Gibson et al., 2004). مدل‌هایی که بتوانند مناسب بودن زیستگاه حیات وحش را بدون نیاز به داده‌های دقیق فیزیولوژیک و رفتاری آن‌ها در مقیاس وسیع پیش‌بینی کنند، می‌توانند برای مدیران حیات وحش بسیار کارآمد و عملی باشند. بنابراین برای نجات یک گونه مهم لازم است نیازهای آن گونه شناسایی شده و نوع زیستگاهی که ترجیح می‌دهد را تعیین و در آخر با استفاده از مدل‌های ارزیابی مطلوبیت زیستگاه آن را مدیریت کرد. با توجه به این که در کشور بررسی مناسب بودن زیستگاه گونه‌ها در جهت هدف‌های مدیریتی و تعیین زیستگاه‌های مطلوب با روش‌های علمی کمتر صورت گرفته است، چنین بررسی‌ها می‌تواند مدلی برای مدیریت مناطق مختلف زیستگاه‌های حیات وحش باشد. چنین پژوهش‌هایی با شناسایی محدودیت‌ها، عوامل تخریبی و عوامل جاذب گونه‌ها در مدیریت زیستگاه‌ها به مدیران با صرفه‌جویی در وقت و هزینه کمک خواهد نمود (Guisan, 2000).

در این تحقیق با جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات میدانی مربوط به کل و بز (منابع فیزیکی، منابع زیستی و منابع انسان ساخت) در منطقه‌ی حفاظت شده‌ی کوه بافق به عنوان یک منطقه‌ی بیابانی کوهستانی در استان یزد و تحلیل آماری روابط عوامل محیط زیستی و پراکنش گونه، مدل مناسب بودن زیستگاه گونه مذکور در فصل زمستان با استفاده از روش تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیک[4] تعیین و نقشه مطلوبیت زیستگاه تهیه شد.

این مهم برای رسیدن به اهداف تعیین عوامل تأثیرگذار بر انتخاب و مطلوبیت زیستگاه و همچنین تهیه‌ی نقشه مطلوبیت زیستگاه کل و بز صورت گرفت. با وجود اهمیت زیاد اقتصادی و اکولوژیکی و آسیب پذیر بودن کل و بز (پازن) مطالعات اندکی در مورد آن صورت گرفته است. این گونه از طعمه های اصلی یوزپلنگ و پلنگ در منطقه‌ی حفاظت شده بافق است و با توجه به وضعیت بحرانی یوزپلنگ آسیایی (به شدت درمعرض خطر انقراض[5]) و درخطرانقراض[6]پلنگ، اهمیت ارزیابی مناسب بودن زیستگاه کل و بزدر منطقه دوچندان می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده کوه بافق با مساحت ۸۸۵۲۸ هکتار در جنوب شرقی استان یزد و در فاصله ۱۰ کیلومتری شرق شهر بافق واقع شده است. این ناحیه در محدوده جغرافیایی ″۲۸′۲۵ °۵۵ تا ″۵۵′۲۸ °۵۵ طول شرقی و ″۱۸′۲۲ °۳۱ تا ″۴۵′۲۶ °۳۱ عرض شمالی واقع شده و از سال ۱۳۷۵ به عنوان منطقه حفاظت شده انتخاب گردیده است (شکل ۱).

حداقل ارتفاع در شمال غرب منطقه ۱۰۵۴ متر و بیشترین ارتفاع ۲۸۴۱ متر از سطح دریا درجنوب شرق منطقه قرار دارد. ارتفاعات منطقه در مرکز محدوده حفاظت شده از شمال به جنوب امتداد یافته و دو جبهه شرقی و غربی آن بیشتر منطقه را پوشانده است.

ارتفاعات اصلی منطقه شامل کوه‌های نه‌سر، باجگان، کوه بافق، چشمه پلنگ، کورنیو، موگرد، کمرکال، غسالخانه، چهارکلاغ،کاظم، شیدی، اشگفت، نقره‌ای، درب سیرو، ریگو ارسستان و انارون هستند.

منطقه‌ی حفاظت شده‌ی کوه بافق دارای آب‌های سطحی و رودخانه‌ای محدود است و تمامی آبراهه های موجود در منطقه فصلی هستند. چشمه های طبیعی (۳۳ چشمه) به همراه سنگاب های طبیعی و آب انبار های

1- Vulnerable (VU)
2- *Acinonyx jubatus venaticus*
3- *Panthera pardus*
4- Ecological Niche Factor Analysis (ENFA)
5- Critically Endangered (CR)
6- Endangered (EN)

احداث شده توسط اداره کل محیط زیست استان یزد در تأمین نیاز آبی حیات وحش از اهمیت خاصی برخوردارهستند. در داخل منطقه حفاظت شده پنج آبادی با سکنه دائمی و ۱۹ آبادی خالی از سکنه (مزرعه یا باغ) قرار دارند. همچنین دو معدن فعال گلاب وسرکوهی وجود دارد (Sarhangzadeh et al., 2007).

در منطقه‌ی حفاظت شده‌ی کوه بافق گوناگونی عوامل اکولوژیکی، فیزیکی و زیستی سبب شده تا تنوع و تراکم پوشش گیاهی قابل توجه باشد.در نگاه اول به نظر می‌رسد دوگونه گیاهی *Artemisia aucheri* و *Zygophyllum eurypterum* ، سیمای پوشش گیاهی منطقه را شکل داده اند. اگر چه این دو گونه غالب و باعث یکنواختی نسبی پوشش منطقه شده اند، اما حداقل ۱۹۱ گونه در ۱۵ تیپ گیاهی شناسایی شده و حدود ۱۰٪ منطقه نیز بدون پوشش گیاهی است. گونه‌های گیاهی با ویژگی‌ها و شکل-های مختلف درختچه‌ای مانند *Amygdalus eburnea* ، *Amygdalus scoparia* , *Amygdalus lycioides*، *Pistacia khinjuk*، *Pistacia vera* ، بوته ای مانند *Scariola orientalis* ، *Scabiosa olivieri*،*Artemisia sieberi* و علفی مانند *Dorema ammoniacum* که توسط بزوحشی مورد تغذیه قرار می-گیرند، در این تیپ ها حضور دارند. گونه‌ی درختی چنار به خاطر وجود پایه کهنسال و دارا بودن ارزش‌های حفاظتی ویژه درختان دیرزیست وگونه ارس به عنوان گونه باارزش از رویشگاه های بازمانده از اهمیت زیادی برخوردار هستند (Sarhangzadeh et al., 2007).

در منطقه‌ی حفاظت شده‌ی کوه بافق، ۲۱ گونه‌ی پستاندار شناسایی شده است که شاخص ترین آن ها از گونه های طعمه خوار یوز پلنگ ، پلنگ ، گرگ[1] و از علف خواران گوسفند وحشی[2] ، بزوحشی[3] و جبیر[4] بوده و گور ایرانی[5] که در این ناحیه پراکنش داشته منقرض شده است. (Sarhangzadeh et al., 2007).

روش تحقیق

نمونه‌گیری

پایه و اساس این تحقیق را روش تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیک تشکیل می‌دهد. دراین بررسی از نرم‌افزار بایومپر (Hirzel et al., 2004) برای تهیه مدل مناسب بودن زیستگاه و همچنین از نرم افزار ادریسی و Arc GIS 9.3 برای ساخت لایه‌های اطلاعاتی و ورود آن‌ها به نرم افزار بایومپر استفاده شد.

اساس کار مدل، مقایسه ویژگی‌های اکولوژیکی نقاط حضور گونه با ویژگی‌های اکولوژیکی منطقه است. لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای تحلیل در نرم‌افزار بایومپر را می-توان به دو دسته‌ی زیر طبقه‌بندی نمود:

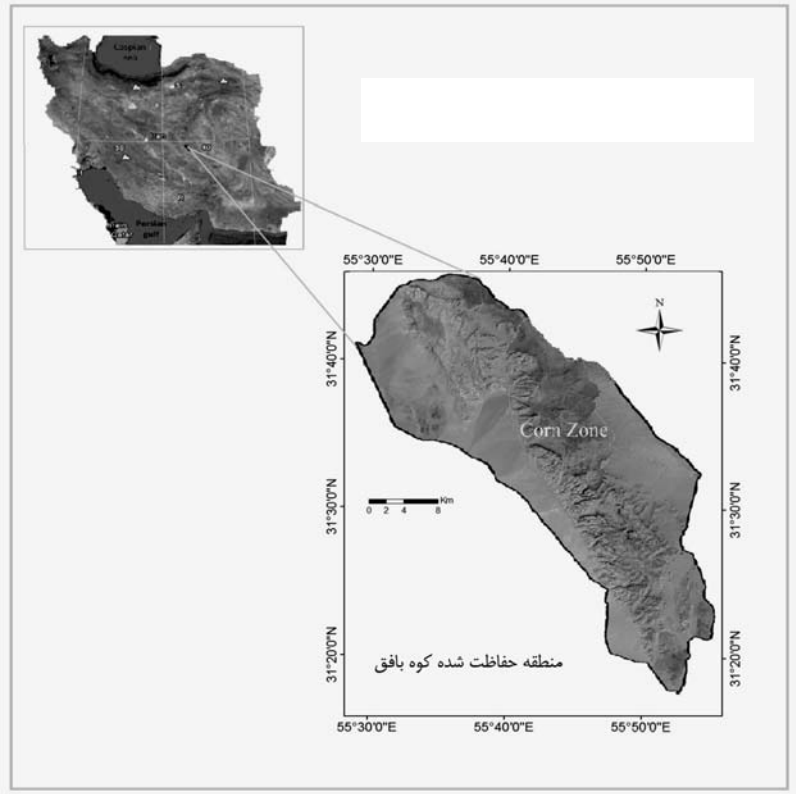
الف) Work map یا نقشه نقاط حضور گونه مورد مطالعه در منطقه؛

ب) Ecogeographical maps که شامل متغیرهای مستقل محیط زیستی است.

برای تهیه‌ی نقشه‌ی مطلوبیت زیستگاه بز وحشی، با انجام بازدید های فراوان در فصل زمستان سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰، نقاط حضور گونه به روش نمونه برداری تصادفی بندی مناسب تعیین شد. ابتدا با استفاده از داده‌های جمع-آوری شده، هفت مسیر نمونه‌برداری به عنوان مسیر های بازدید میدانی در بخش‌های مختلف محدوده‌ی مورد تحقیق با در نظر گرفتن امکان دسترسی تعیین شدند. بازدید های میدانی در مسیرهای انتخاب شده در طول فصل صورت گرفت. در هر بازدید به محض برخورد با بز وحشی و یا گروه سرگین آن ، مختصات جغرافیایی نقطه با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی[6] به عنوان نقطه حضور ثبت می گردید. لازم به ذکر است که در مجموع ۲۵۸ نقطه‌ی حضور ثبت شد.

1- *Canis lupus*
2- *Ovis Orientalis*
3- *Capra aegagrus*
4- *Gazella bennetti*
5- *Equus hemionus onager*

6- Global Positioning System (GPS)



شکل ۱. موقعیت منطقه حفاظت شده کوه بافق در کشور

برای شناسایی متغیرهای محیط زیستی تأثیرگذار بر انتخاب زیستگاه گونه، با مروری بر مطالعات انجام شده بر روی رفتار و تعامل گونه با زیستگاه، مجموعه عواملی که در تامین نیازهای زیستگاهی گونه تاثیرگذار هستند، تعیین شدند. متغیرهای مستقل محیط زیستی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند عبارتند از:

- درصد شیب
- طبقات جهت جغرافیایی
- ارتفاع از سطح دریا
- مناطق صخره‌ای
- میانگین دمای فصل زمستان در مناطق مختلف
- پوشش گیاهی (تیپ‌ها)
- منابع آب (چشمه‌ها، سنگاب‌ها و آب انبارها)
- متغیرهای توسعه انسانی (روستاهای با سکنه، آبادی‌های خالی از سکنه (باغات و مزارع)، جاده‌ها (خاکی، آسفالت و شوسه) و معادن فعال.

نقشه‌های شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا با استفاده از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به صورت کمی تهیه شد. نقشه‌ی مناطق صخره‌ای از نقشه‌های ژئومرفولوژی موجود منطقه استخراج شد.

جهت تهیه‌ی نقشه‌ی خطوط هم‌دما در منطقه‌ی مورد مطالعه، از آمار ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی رفسنجان، بافق، یزد، انار، رباط پشت بادام، ساغند و اشکذر در یک دوره آماری ۲۱ ساله (۱۹۸۵-۲۰۰۵) استفاده شد. نوسان میانگین دمای هوا در منطقه از ۴/۲ درجه‌ی سانتی‌گراد در ارتفاع ۲۸۴۱ متر تا ۱۱/۳درجه‌ی سانتی‌گراد در ارتفاع ۱۰۵۴ متر از سطح دریا متغیر است.

همان‌طوری که گفته شد برای انجام تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی از نرم‌افزار بایومپر استفاده شد که تلفیقی از نرم‌افزارهای آماری و سامانه اطلاعات جغرافیایی بوده و با نرم افزار ادریسی سازگاری دارد. برای استفاده از این نرم‌افزار در گام اول باید داده‌های جمع‌آوری شده در جریان نمونه‌برداری میدانی و نقشه متغیرهای محیط زیستی به فرمت قابل استفاده در این نرم افزار تبدیل شوند.

آماده‌سازی نقشه‌های متغیرهای محیط زیستی برای استفاده در نرم افزاربایومپر

لایه‌های اطلاعاتی تمام متغیرها پس از رقومی‌سازی با اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9.3 به نقشه‌های رستری تبدیل شدند. متغیرهای کمی (ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی و متوسط خطوط همدما) به طور مستقیم در تحلیل‌ها استفاده شدند. از آنجایی که تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی را تنها برای متغیرهای محیط زیستی کمی می‌توان به کار برد، از این روی، برای نقشه جهت و سایر نقشه‌های طبقه‌ای دیگر، به ازای هر یک از طبقات، نقشه فاصله از آن طبقه محاسبه شد. برای هر یک از تیپ‌های گیاهی نیز نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین تیپ گیاهی محاسبه و در تحلیل‌ها وارد شد. برای مطالعه نقشه منابع آب در مطلوبیت زیستگاه، تنها موقعیت منابع آبی (چشمه‌ها، سنگاب‌ها و آب انبارها) در محاسبات وارد شد و نقشه فاصله از نزدیک‌ترین منبع آبی محاسبه گردید.

با استفاده از نقشه موقعیت منابع انسانی (روستاها، معادن، جاده‌ها) نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین روستای با سکنه، فاصله تا نزدیک‌ترین روستای خالی از سکنه، فاصله تا نزدیک‌ترین معدن، فاصله تا نزدیک‌ترین جاده آسفالت، فاصله تا نزدیک‌ترین جاده شوسه و فاصله تا نزدیک‌ترین جاده خاکی تهیه شد.

متغیرهای درصد شیب، طبقات جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، مناطق صخره‌ای، میانگین دمای فصلی، تیپ‌های پوشش گیاهی، منابع آب (چشمه‌های دائمی، سنگاب‌های دائمی و آب انبارها)، متغیرهای توسعه انسانی (روستاهای با سکنه، آبادی‌های خالی از سکنه (باغات و مزارع) ، جاده‌ها (خاکی، آسفالت و شوسه) و معادن فعال جهت مدل‌سازی پراکنش گونه در عرصهٔ مطالعاتی انتخاب شدند.

برای اینکه نقشه‌های تهیه شده توسط نرم افزار قابل استفاده باشد، باید نکات زیر رعایت شود (هیرزل و همکاران، ۲۰۰۴):

- نقشه ها باید قابل روی‌هم‌گذاری باشد؛
- برای انجام تحلیل بایستی متغیرها (نقشه‌ها) نرمال شوند، بنابراین توزیع آماری نقشه‌ها بررسی شد و در صورت نرمال نبودن با استفاده از دستور باکس-کاکس[1] در نرم افزار بایو مپرنرمال شد (معادله ۱).

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

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

- یکپارچکی و قابل استفاده بودن نقشه‌ها بررسی شد تا تائید شود که تمامی نقشه‌ها پیکسل‌های زمینه و غیر زمینه یکسانی دارند.
- همبستگی متغیرهای محیط زیستی دو به دو بررسی شد تا تنها متغیرهایی که همبستگی کمتر از ۸۵ ٪ دارند در تحلیل وارد شوند.زیرا حضور متغیرهای با همبستگی بیش از ۸۵ ٪ در تحلیل ها می تواند منجر به تولید مقادیر ویژه[2] بزرگ در نتایج شود .در صورت وجود متغیر هایی‌با همبستگی بیش از ۸۵ ٪ یکی از متغیرها حذف شد (Hirzel et al. 2002).

پس از آماده‌سازی نقشه‌های متغیرهای محیط زیستی تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی انجام گردید.

تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی

با انجام تحلیل توسط نرم‌افزار چندین خروجی به دست می‌آید:

اولین خروجی در این روش فاکتور کنارگی[3] (M) نام دارد که مطابق معادله 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) بر انحراف معیار هر متغیر در کل منطقه مطالعاتی (S_G). مقدار 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.

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

1- Box-Cox
2- Eigenvalue
3- Marginality

دومین فاکتور خروجی تخصص گرایی[1] (S) نام دارد که با تقسیم انحراف معیار توزیع کل (σ_G) بر انحراف معیار سلول‌های مشاهده گونه (σ_S) بدست می‌آید و نشان دهنده این است که تا چه میزان گونه در استفاده از منابع منطقه، به صورت تخصصی عمل می کند (هیرزل، ۲۰۰۱).

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

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

$$T = \frac{1}{S} \quad (۴)$$

سومین فاکتور خروجی ماتریس امتیازها است و نشان دهنده نقش هر یک از متغیرهای محیط زیستی در مطلوبیت زیستگاه گونه است.

محاسبه مطلوبیت زیستگاه

با استفاده از نتایج به دست آمده در تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی، می‌توان نقشه مطلوبیت زیستگاه را محاسبه کرد. برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه بایستی الگوریتم مناسب را انتخاب کرد. در نرم‌افزار بایومپر سه الگوریتم میانه، میانگین هندسی فاصله و میانگین هارمونیک فاصله برای محاسبه مطلوبیت زیستگاه ارایه شده است (Hirzel et al. 2004). 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 بر اساس سطح[3] استفاده شد. مقادیر نمایه پیوسته بویس بین ۱ و ۱- متغیر است. مقادیر مثبت نمایه نشان دهنده آن است که پیش‌بینی‌های مدل همسو با توزیع داده‌های حضور است. با تفسیر نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح می‌توان آستانه مطلوبیت زیستگاه را تعیین و زیستگاه را به طبقات مطلوب و نامطلوب تقسیم نمود (Hirzel et al. 2006). در این پژوهش الگوریتمی که بالاترین نمایه پیوسته بویس را به خود اختصاص می‌داد، انتخاب شد. با استفاده از این الگوریتم نقشه مطلوبیت زیستگاه ترسیم شد. سپس با استفاده از نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح، نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب تقسیم‌بندی شد.

نتایج

ترکیب‌های مختلفی از متغیرهای محیط زیستی برای تولید مدل مطلوبیت زیستگاه کل و بز به کارگرفته 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. برای مدل نهایی، با استفاده از مدل چوب شکسته[4] که توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود، می‌توان تعداد عاملی را که بیشترین نقش در توضیح تخصص‌گرایی گونه دارند را مشخص کرد. در جدول۱ ویژگی‌های مدل انتخاب شده را ارایه داده است. مقدار به دست آمده برای کنارگی بیش از ۱ نشان دهنده آن است که کل و بز مجموعه شرایط محیط زیستی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می دهد. میزان تخصص گرایی بالاتر از ۱ نیز نشان دهنده آن است که گونه به دامنه محدودی از شرایط محیط زیستی منطقه وابسته است و در استفاده از منابع زیستگاه تخصصی عمل می‌کند.

ماتریس امتیازهای تولید شده در جدول ۲ نشان دهنده سهم هر یک از متغیرها در مطلوبیت زیستگاه گونه است. بر طبق ماتریس امتیازهای محاسبه شده، کل و بز مناطق با ارتفاع بالاتر از میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد.

همچنین افزایش شیب بر مطلوبیت زیستگاه آن می‌افزاید. بیشترین تمایل کل و بز به دامنه جنوبی و کمترین تمایل آن به دامنه شمالی است. همچنین، این گونه از

1- Specialization
2- Continuous Boyce Index
3- Area Adjusted Frequency
4- Mac Arthur (1957)

مناطق دشتی دوری می‌کند، مناطق نزدیک به منابع آب و مناطق صخره‌ای را ترجیح می‌دهد و به تیپ‌های گیاهی درمنه کوهی، درمنه- قیچ و ارس- بادام کوهی تمایل دارد. کل و بز از جاده های آسفالت، شوسه و خاکی دوری کرده و بخش‌هایی از روستاهای خالی از سکنه را به علت وجود پوشش گیاهی سر سبز و نیز امنیت نسبی ترجیح می‌دهد. همان‌گونه که در جدول ۲ آشکار است، بخش بزرگی از متغیرهای تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز، مربوط به شرایط توپوگرافی زیستگاه بوده و بعد از آن پوشش گیاهی، منابع آب و عوامل انسانی در مطلوبیت زیستگاه نقش دارند.

جدول ۱. نتایج تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی بز وحشی در منطقه حفاظت شده کوه بافق در فصل زمستان

تعداد متغیر های مورد استفاده در مدل	میزان کنارگی	میزان تخصص گرایی	میزان بردباری	تعداد عامل انتخاب شده	میزان تخصص گرایی توضیح داده شده توسط عامل ها
۱۵	۱/۰۵۳	۵/۰۰۷	۰/۲۰۰	۳	۹۳/۳۸

جدول ۲. ماتریس امتیازهای مدل سازی به روش تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی گونه کل و بز در فصل زمستان

نام متغیر	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
	۱۰۰٪ کنارگی ۷۵/۸۴٪ تخصص گرایی	۱۳/۸۲٪ تخصص گرایی	۳/۷۲٪ تخصص گرایی
فاصله تا تیپ درمنه کوهی (Ar.au)	-۰/۱۷۶	-۰/۰۴۸	۰/۱۸۵
فاصله تا تیپ درمنه- قیچ (Ar-Zy)	-۰/۱۷۸	۰/۰۷۶	-۰/۲۶۰
فاصله تا تیپ ارس-بادام کوهی (Ju-Am)	-۰/۰۶۱	۰/۰۵۴	-۰/۰۸۴
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۸۰	۰/۰۲۴	-۰/۰۴۵
فاصله تا جاده خاکی	۰/۱۱۱	۰/۰۰۷	-۰/۰۴۸
فاصله تا جاده شوسه	۰/۰۱۴	-۰/۰۲۴	۰/۱۳۹
فاصله تا جاده آسفالت	۰/۱۱۶	۰/۰۰۳	۰/۱۰۳
فاصله تا دامنه شرقی	-۰/۲۸۶	-۰/۱۱۶	۰/۲۵۹
فاصله تا دامنه جنوبی	-۰/۳۲۷	-۰/۳۰۸	۰/۱۴۴
فاصله تا دامنه غربی	-۰/۲۹۴	-۰/۴۲۱	-۰/۰۶۷
فاصله تا مناطق دشتی	۰/۱۲۵	-۰/۰۱۱	۰/۱۷۰
فاصله تا مناطق صخره ای	-۰/۳۲۳	۰/۸۳۷	۰/۶۱۸
درصد شیب	۰/۴۹۵	۰/۰۲۶	۰/۰۷۳
فاصله تا روستای خالی از سکنه	-۰/۲۸۳	۰/۰۰۸	۰/۰۹۸
فاصله تا منبع آب (چشمه – آب انبار)	-۰/۴۲۵	-۰/۰۲۳	-۰/۵۸۲

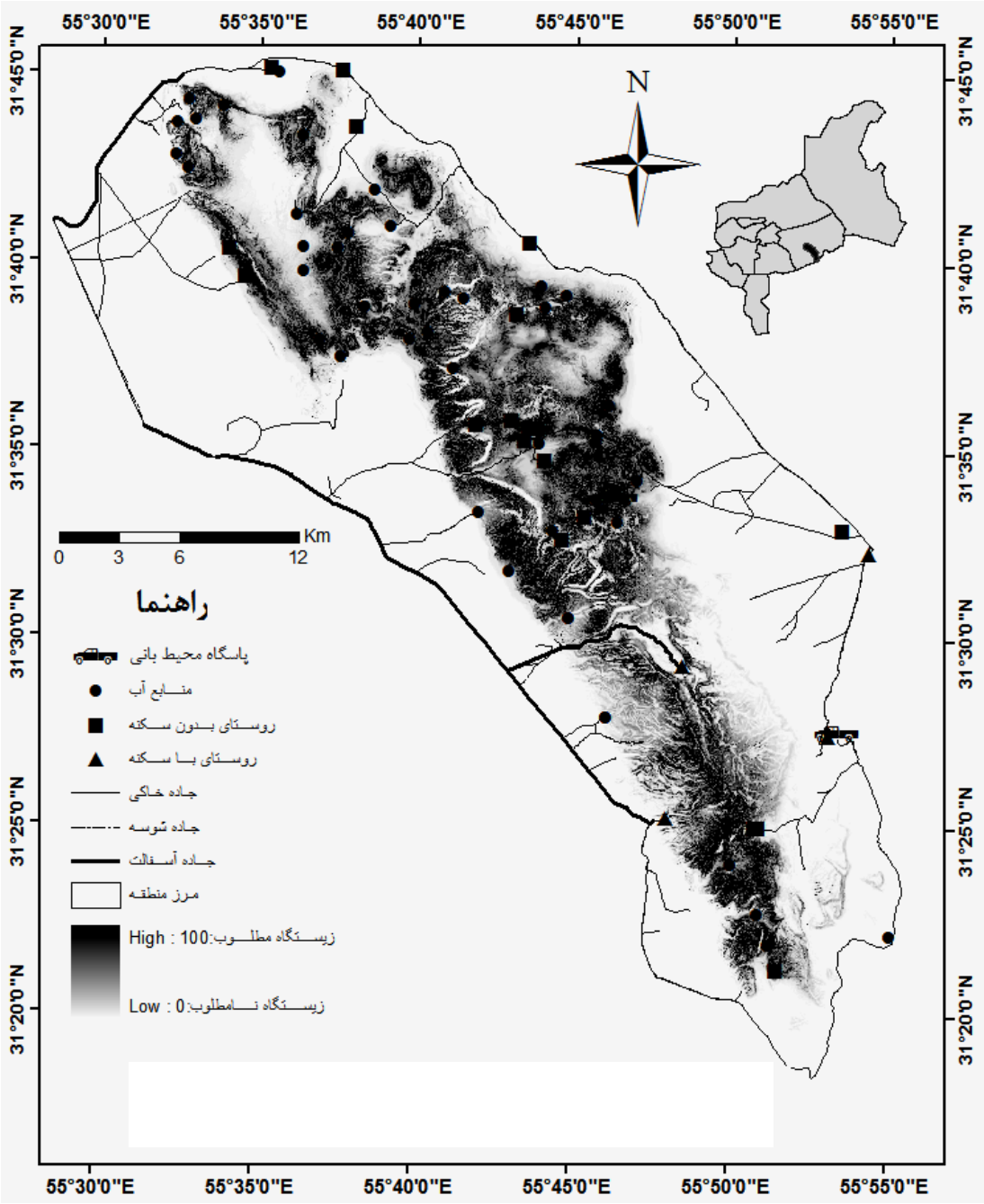
پس از تعیین نقش هر یک از متغیرهای زیستگاهی در مطلوبیت زیستگاه گونه، بااستفاده از نمایه پیوسته بویس، صحت نقشه مطلوبیت زیستگاه محاسبه شده مبتنی بر الگوریتم های میانه، میانگین هندسی و میانگین هارمونیک با یکدیگر مقایسه و بهترین الگوریتم انتخاب شد (جدول ۳).

جدول ۳ .نمایه پیوسته بویس محاسبه شده به ازای الگوریتم‌های مختلف تعیین مطلوبیت زیستگاه کل و بز در فصل زمستان

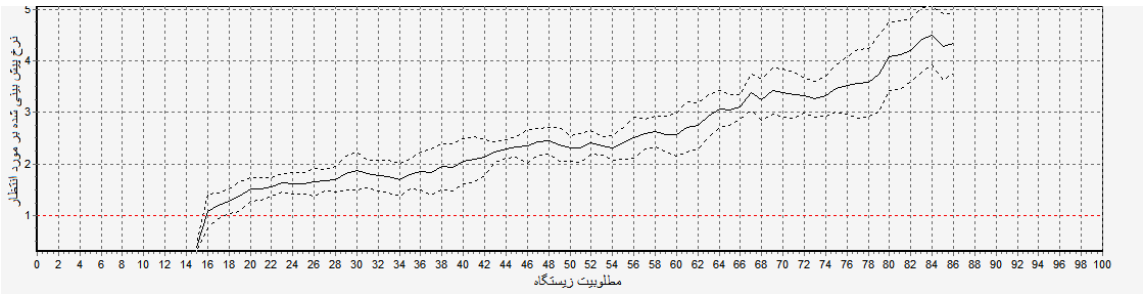
انحراف معیار ± نمایه پیوسته بویس		
الگوریتم میانه	الگوریتم میانگین هندسی	الگوریتم هارمونیک
۰/۶۷۸± ۰/۳۲۷۵	۰/۵۵۸± ۰/۴۹۳	۰/۹۳۷± ۰/۰۲۸۲

نتایج حاصل از نمایه پیوسته بویس (جدول ۳) نشان می‌دهد که نقشه محاسبه شده مبتنی بر الگوریتم میانگین هارمونیک از بالاترین میزان نمایه برخوردار است.در نتیجه، نقشه مطلوبیت زیستگاه کل و بز با استفاده از الگوریتم

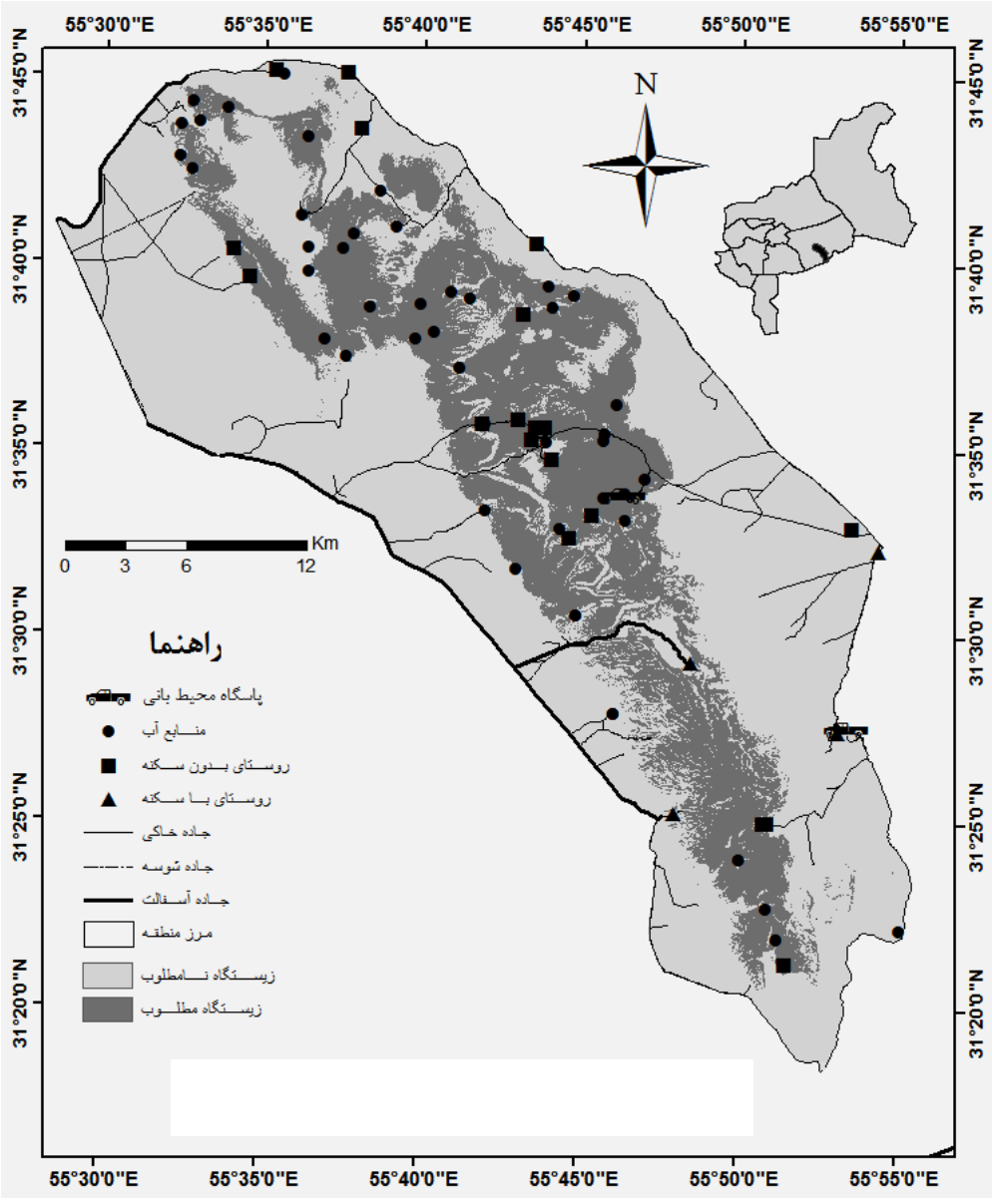
میانگین هارمونیک محاسبه شد (شکل۲). با بررسی نمودار فراوانی تنظیم شده بر اساس سطح مبتنی برالگوریتم میانگین هارمونیک(شکل۳) و تعیین محدوده ای از مطلوبیت زیستگاه که در آن نسبت پیش بینی شده به مورد انتظارکمترو یا برابر با ۱ است، آستانه مطلوبیت زیستگاه ۱۸٪ تعیین شد. با استفاده از آستانه مطلوبیت به دست آمده، نقشه مطلوبیت زیستگاه کل وبز در دو دسته زیستگاه مطلوب و نامطلوب طبقه بندی شد (شکل ۴). بر اساس نقشه مذکور، حدود ۲۷۳۷۹ هکتار (۳۰/۹۳ ٪) از وسعت منطقه، زیستگاه مطلوبی برای کل و بز براساس مدل طراحی شده است.



شکل ۲. نقشه مطلوبیت زیستگاه بز وحشی در فصل زمستان در منطقه حفاظت شده کوه بافق با رویکرد تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیکی



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



شکل ۴. نقشه طبقه‌بندی مطلوبیت زیستگاه بز وحشی در فصل زمستان در منطقه حفاظت شده کوه بافق با رویکرد تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیک

بحث و نتیجه گیری

با نگاهی گذرا بر وضعیت محیط زیست در ایران در چند دهه اخیر، شاهد آثار مخرب فعالیت های انسان در طبیعت به شکل‌های مختلف شامل تخریب زیستگاه‌ها و کاهش تنوع زیستی هستیم. حتی با وجود افزایش مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست هم از نظر سطح و هم از نظر تعداد، امکان دست‌یابی به حفاظت در عمل امکان‌پذیر نیست و ما روز به روز شاهدکاهش

جمعیت‌های حیات وحش دراین مناطق هستیم. این کاهش حتی گونه‌های مورد تهدید اتحادیه‌ی جهانی حفاظت را در بر گرفته است.

بر اساس اعلام اتحادیه‌ی جهانی حفاظت از حیات وحش و منابع طبیعی از میان گونه‌های مهره‌دار در ایران، یوزپلنگ آسیایی به شدت در معرض خطر انقراض، پلنگ در معرض خطر انقراض و کل و بز آسیب‌پذیر هستند که در این منطقه پراکنش دارند (IUCN, 2009). کل و بز از طعمه‌های اصلی یوزپلنگ و پلنگ در منطقه‌ی حفاظت شده‌ی بافق به شمار می‌رود و با توجه به وضعیت بحرانی یوزپلنگ آسیایی (به شدت در معرض خطر انقراض) اهمیت مدیریت زیستگاه این گونه ها دوچندان می‌شود. برای مدیریت و حفاظت گونه‌های مذکور نیازمند آگاهی از وابستگی‌های زیستگاهی و عوامل مؤثر بر کیفیت زیستگاه آن‌ها است.

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش مقدار محاسبه شده‌ی کنارگی (۱/۰۵۳) نشان می‌دهدکه کل و بز مجموعه‌ی شرایط محیط زیستی بالاتر از شرایط میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد. میزان تخصص‌گرایی (۵/۰۰۷) نشان می‌دهدکه گونه به دامنه‌ی محدودی از شرایط محیط زیستی منطقه وابسته است و در استفاده از منابع زیستگاهی تخصصی عمل می کند. بنابر این کل و بز نسبت به تغییر شرایط منابع زیستگاهی خود حساس بوده وآشیان اکولوژیکی نسبتا باریکی دارد در نتیجه تغییرات بیشتر در زیستگاه آن، در بقای گونه تأثیرگذار است. همچنین با توجه به جدول ۲، گونه زیستگاه خود را در مناطقی انتخاب می‌کندکه از جاده‌ها (آسفالت، شوسه وخاکی) دور باشد و در بین آن‌ها جاده‌ی آسفالت بیشترین تأثیر منفی را دارد. از طرفی پوشش گیاهی به ویژه تیپ-های درمنه کوهی، درمنه- قیچ و تیپ ارس- بادام کوهی در گزینش زیستگاه و مطلوبیت آن توسط گونه‌ی مورد مطالعه تأثیر مثبت دارد.

کل و بزدر منطقه‌ی حفاظت شده‌ی کوه بافق تمایل به زندگی در زیستگاه‌های حاشیه‌ای داشته و گونه‌ای با توان تحمل کم در محدوده‌ی شرایط محیطی خود است و به زیست در محدوده‌ی باریکی از شرایط محیطی خود تمایل بیشتری دارد. مقایسه‌ی نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات انجام شده در داخل کشورازجمله پارک ملی لار، منطقه حفاظت هفتاد قله اراک نشان می‌دهد با وجود این که شرایط محیط زیستی (متغیرهای محیط زیستی و متغیرهای انسانی) در مناطق مورد مطالعه متفاوت هستند، ولی در مجموع گونه، مناطق شیب‌دار و صخره‌ای را نسبت به سایر زیستگاه‌ها به شرط موجود بودن سایر متغیرها از جمله منابع آب در کنار آن، ترجیح می‌دهد. لازم به یادآوری است که در منطقه‌ی حفاظت شده‌ی کوه بافق کل و بز از ارتفاعات پایین تا ارتفاعات بالا حضور داشته و از طرفی روستاهای خالی از سکنه بعنوان عامل محدود کننده به شمار نمی‌آید و این گونه از شرایط زیستگاهی این مناطق استفاده می‌کند. در صورتی که در مناطق مطالعه شده مورد اشاره روستاها عامل محدودکننده محسوب شده است.

بر اساس نقشه‌ی مطلوبیت زیستگاه (۳۰/۹۳ ٪ از وسعت منطقه، زیستگاه مطلوبی برای کل و بز است)، زیستگاه‌های درب گزو، چشمه ماکو، درب سیرو، ارتفاعات سرخدان، دهنه ده رو، چهارکلاغ، گدار شیطور، توغوم سیاه،گردنه جر، ارسستان، بند قوری، غسالخانه، نه سر وکمرکال، مهمترین و مطلوبترین زیستگاه کل و بز و طعمه‌خواران وابسته به آن (یوز پلنگ و پلنگ) به شمار می‌آید. بنابراین توصیه می‌شود از هرگونه تخریب و تغییر کاربری به ویژه جاده‌سازی و یا تغییر کیفیت جاده‌ها خودداری شود. عوامل تخریبی با توجه به جدول ۲ باعث می‌شوند از یک طرف گونه‌ها از منطقه دور شده و از طرف دیگر به خاطر حضور آسان افراد متخلف، علاوه بر کل و بز،گونه‌های با ارزش جهانی یوزپلنگ و پلنگ نیز به طور کامل از منطقه حذف شوند.

پیشنهاد می‌شود در صورت نیاز روستاهای منطقه به جاده دسترسی مناسب، جاده تلخاب به سیروس آبادپس از ارزیابی اثر توسعه، بازسازی شده و مورد استفاده‌ی ساکنان محل قرار گیرد و این مسیر علاوه بر تأمین جاده‌ی دسترسی روستاهای بیشتر، از حذف زیستگاه‌های با ارزش جهانی جلوگیری می‌نماید.

تقدیر و تشکر

به این وسیله از راهنمایی و همکاری اعضای هیأت علمی دانشگاه یزد دکتر تازه، دکتر فتحزاده ، دکتر زارع ارنانی و دکتر ایران‌نژاد پاریزی؛ معاونت محترم اداره کل حفاظت محیط زیست استان یزد، مهندس اکبری؛ ریاست سابق محیط زیست شهرستان بافق، مهندس یوسف نژاد؛ سرمحیط‌بانی کوه بافق، علی خواجه و کارشناسان و کارکنان محیط زیست شهرستان بافق، اصغر خواجه، شریعتی و رحیمی تقدیر وتشکر می‌شود.

References

Gibson, L. A. ,Wilson, B. A., Cahill, D.M. & Hill, J., 2004. Modelling habitat suitability of the swamp antechinus, (*Antechinus minimus maritimus*) in the coastal heathlands of southern Victoria, Australia, International Journal of Biological Conservation, 117: 143-150.

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.

Guisan, A., Zimmermann, N. E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology, Ecological Modelling 135, 147-186.

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.

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.

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".

Hirzel, A.H., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C. & Guisan, A., 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences, *Ecological Modeling*, 199:142-152.

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

Hirzel, A. H. & Arletaz, R., 2003. Modeling habitat suitability for complex species distribution by environmental distance geometric mean, Pringer verlag, New York, pp 17.

IUCN., 2009. IUCN red list of threatened species (Ver.2009.1). Retrived on June, 22, 2009, from: www.iucnredlist.org.

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.

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.

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, Tehran University.

Nicolas T., 2006. Modelling species distribution when habitat occupancy departs from suitability, Application to birds in a landscape context. PhD. thesis.

Reutter, B. A., Helfer, V., Hirzel, A. H. & P. Vogel., 2003. Modelling habitat suitability on the base of museum collections: an example with three sympatric Apodemus species from the Alps. Journal of Biogeography 30: 581-590.

Santos, X., Brito, J. C., Sillero, N., Pleguezuelos, J. M., Llorente, G. A., Fahd, S. & Parellada, X., 2006. Inferring habitat-suitability areas with ecological modelling techniques and GIS: A contribution to asses the conservation status of Vipera Latastei. *Biological Conservation* 130: 416-425.

Sarhangzadeh, J., 2003. Study of big wild life (mammals & birds) in theprotected area of Kalmand - Bahadran, Yazd, Yazd University.

Sarhangzadeh, J., & Irannezhad Parizi, M. H. 2005. Reintegraton of managed area of Department of the Environment .Case study: Boroieh Wildlife Refuge, Yazd, Yazd University.

Sarhangzadeh, J., Irannezhad Parizi, M. H & Azimzadeh, H. R. 2007. Study of Oppositionsand Exemptions of kuh-e–Bafq protected area, Yazd, Yazd University.

Sarhangzadeh, J. & Goshtasb, H., 2010. Boroieh wildlife refuge management,Yazd, Department of the Yazd Environment.

Sarhangzadeh, J., Syahati, G. R. & Mokhtari, M. H., 2009. Study of oppositions and exemptions of Boroieh Wildlife Refuge, Yazd, Yazd University.

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.

Suorsa, P., Huhta, E., Jantti, A., Nikula, A., Helle, H., Kuituneh, M., Koivuneh, V. & Hakkarain, H., 2004. Threshols in selection of breeding habitat by the Eurasian tree creeper (*Certhia familiaris*), Biological Conservation, 121: 443-452.

Smet, K. & Cuzin, F., 2008. *Capra aegagrus*. In: IUCN 2010. IUCN red list of threatened species. Ver 2010.4, www.iucnredlist.org. Downloaded on 23 March 2011

Tobalske, C. & Tobalske, B. W., 1999.Using atlas data to model the distribution of woodpecker species in the Jura, France, Condor 101: 472-483.

Weinberg, P., Jdeidi, T., Masseti, M., Nader, I., de Smet, K. & Cuzin, F., 2008. Capra aegagrus, in: IUCN 2010, IUCN red list of threatened species, version 2010. 4.

Ziaie, H., 2008.A field guide to the mammals of Iran,Tehran, Departemant of the Iran Environment.

Zaniewski, A. E., Lehmann, A., Overton, McC J., 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: A case study of native New. Zealand ferns. Ecological Modelling, 157: 261–280.

Arid Biom Scientific and Research Journal
Vol. 1 No. 3 2011

Habitat suitability modeling for wildlife in the arid lands, Case study: Wild goat (*Capra aegagrus*) in Kouh-e-Bafgh protected area

1- J. Sarhangzadeh, PhD student, Departement of Environment Planning, Faculty of Environment, Tehran Unversity, I. R. Iran
jsarhangzadeh@gmail.com
2- A. R. Yavari, Associate Professor, Departement of Environment, Faculty of Environment, Tehran Unversity, I. R. Iran
3- M. R. Hemami, Assistant Professor, Departement of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I. R. Iran
4- H. R. Jafari, Associate Professor, Departement of Environment Planning, Faculty of Environment, Tehran Unversity, I. R. Iran
5- B. Shams Esfandabad, Assistant Professor, Departement of Environment, Faculty of Natural Resources, Arak Islamic Azad Unversity, I. R. Iran

Received: 12 Jan 2011
Accepted: 15 Jun 2011

Abstract
Wild goat (*Capra aegagrus*), the most typical species in the mountain area, is distributed in Iran. However, in arid regions, there are not any researches on the interrelationship of its species and habitat. In the Kuh-e-Bafgh protected area, wild goat is one of the main food sources for Iranian *Cheetah (Acinonyxjubatus venaticus)* (highly endangered species) and Leopard (*Pantherapardus)* (Endangered). The habitat suitability modeles investigate using Geographical Information System (GIS) and multivariable statistical analysis to study relationship between species presence and environmental variables. These models are used in Conservation Biology and results to the habitat suitability models have a major role in management of conservation programs and restoring of populations of wildlife species. Therefore, in this study,using Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) and field observations and comparison of ecological characteristics of presence area of species (recorded 258 points presence wild goat in a random sampling method with commensurate classification, through the seven transects in different parts of the study area) with the ecological characteristics of the study area, habitat suitability model was prepared and mapped for the wild goat in the Kuh-e-Bafgh protected area with an area of 88,528 hectares. Results indicate that in the winter water resources, slope, aspect rocky areas, vegetation, and human variables (roads) have a major role in wild goat habitat suitability. The model was classified 27,379 hectares (%30.93) of the protected area as suitable areas for wild goat. In ecological Niche Factor Analysis (ENFA), the amount of marginality (1.053) indicate that the wild goat preferes the environmental conditions above the regional average. The amount of specialization (5.007) indicates that these species are dependent on the limited range of environmental conditions.

Keywords: Wild goat, Habitat suitability modeling, Ecological Niche Factor Analysis, Bafgh