

در پارک ملی گلستان (*Gazella subgutturosa*) مدل سازی مطلوبیت زیستگاه آهو

- **میثم مددی***: گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۹۱۳۸-۱۵۷۳۹
- **فرزاد اکبرنژاد**: اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان
- **سلیمان قربانزاده**: اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۶

چکیده

برنامه ریزی به منظور حفاظت از گونه های حیات وحش بدون آگاهی از نیازهای بوم شناختی این گونه ها و نحوه ارتباط آن ها با زیستگاه امکان پذیر نیست. مدل های مطلوبیت زیستگاه که امروزه کاربرد بسیاری در پژوهش های بوم شناسی یافته اند، با استفاده از نرم افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی و آماری انتشار یک گونه را با متغیرهای محیط زیستی مرتبط می سازند. تهدیدات و تعارضات انسانی موجود در پارک ملی گلستان گونه آهو را به عنوان گونه ای آسیب پذیر در فهرست سرخ IUCN، از برخی زیستگاه های مناسب جدا کرده و محل های حضور جمعیت های این گونه را در برخی مناطق محدود نموده است. به منظور مدل سازی مطلوبیت زیستگاه آهو، از روش مبتنی بر داده های فقط حضور و تجزیه و تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی استفاده شده است. در این مطالعه از نقاط حضور گونه به عنوان متغیر وابسته و از هشت متغیر محیطی از جمله نقشه طبقات ارتفاعی، نقشه شیب، نقشه جهت، نقشه موقعیت روستاها، نقشه جاده های آسفالت و خاکی، نقشه موقعیت پاسگاه های محیط بانی، نقشه منابع آبی و آبراه ها به عنوان متغیر مستقل استفاده شد. بر اساس مقادیر تخصص گرایی، مهم ترین عوامل مؤثر در آشیان بوم شناختی گونه مورد مطالعه در صد شیب، فاصله از جاده و فاصله از پاسگاه های محیط بانی است. نقشه مطلوبیت زیستگاه تهیه شده در این مطالعه برای گونه آهو نشان می دهد که زیستگاه مطلوب آهو در پارک ملی گلستان بسیار محدود و متمرکز بر حاشیه جاده میان گذر پارک گردیده است.

کلمات کلیدی: آهو، مدل سازی مطلوبیت زیستگاه، تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی، پارک ملی گلستان



مقدمه

حفاظت از تنوع زیستی در قرن ۲۱ با دو چالش اصلی کاهش زیستگاه و انقراض گونه‌ها مواجه بوده است. مدیریت زیستگاه نقش مهمی در حفاظت از تنوع زیستی دارد. با این حال، داده‌های مورد نیاز شامل نحوه پراکنش گونه‌ها، شرایط زیستی و بوم‌شناسی گونه‌های حیات وحش در بسیاری از زیستگاه‌ها در دسترس نیست. از این رو، زیست‌شناسان حفاظت اغلب با مشکل مدیریت با داده‌های کم مواجه هستند. کمبود اطلاعات در مورد تاریخ طبیعی و مطالعات بوم‌شناسی بنیادی در مورد گونه‌ها نیز این مسئله را تشدید می‌کند. این مسائل سبب می‌شود که با بهره‌گیری از ابزارها و تمرکز بر منابع محدود، اولویت‌بندی تحقیق‌ها و ارزیابی مطلوبیت زیستگاه‌های یک‌گونه انجام شود (Metaxas و Bayan، ۲۰۰۷). بسیاری از گونه‌هایی که در معرض خطر انقراض و کاهش جمعیت قرار گرفته‌اند، گسترش جغرافیایی محدودی دارند، بنابراین، با از دست دادن زیستگاه مناسب خود روند انقراض را سریع‌تر طی می‌کنند (Dibb و Tremblay، ۲۰۰۲).

در انتخاب و استفاده از زیستگاه توسط علفخواران، تغییرات مکانی و زمانی غالباً مشاهده می‌گردد و افراد یک‌گونه در زمان‌های مختلف ممکن است در مکان‌های متفاوتی حضور یابند. هرچند مقیاس مکانی و زمانی استفاده از زیستگاه طبعاً باهم در ارتباط هستند ولی محققان به‌ندرت به تغییرات زمانی استفاده از زیستگاه در یک مکان پرداخته‌اند (Wiens، ۱۹۹۹). روش‌های زیادی برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه به‌کار برده می‌شوند. این روش‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. دسته اول روش‌هایی هستند که نیاز به داده‌های حضور و عدم حضور دارند و دسته دوم روش‌هایی هستند که تنها به داده‌های حضور نیاز دارند. اغلب روش‌هایی مدل‌سازی که مورد استفاده قرار می‌گیرند بر مبنای روش‌های رگرسیون چندگانه هستند و به داده‌هایی دوتایی (حضور و عدم حضور) نیاز دارند. روش‌هایی مثل مدل‌های خطی عمومی، آنالیز تابع گسسته (Discrimination foundation analysis)، مدل افزایش عمومی، شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network (ANN)) و درخت رگرسیون و طبقه‌بندی (Classification and regression tree (CART)) جز این دسته می‌باشند (Unger، ۲۰۰۸).

مدل‌های زیستگاهی بر پایه نقاط حضور و عدم حضور اطلاعاتی را در مورد ترجیحات زیستگاهی گونه نشان می‌دهد. هم‌چنین اجازه کشف و پیش‌بینی مکان‌های مناسب زیستگاهی در مناطق دیگر را می‌دهند (Jepsen و همکاران، ۲۰۰۵). به‌طور کلی مدل‌هایی که از داده‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌کنند، فقط هنگامی می‌توانند اطلاعات دقیقی در مورد مطلوبیت زیستگاه ارائه دهند که داده‌های

مکانی عدم حضور به‌درستی نماینده‌ای از مکان‌های باکیفیت پایین زیستگاهی که منجر به عدم استفاده از آن شده است باشند. این روش‌ها غالباً با پدیده عدم حضور کاذب روبرو هستند، به‌عبارت‌دیگر مشاهده‌گونه توسط مشاهده‌گر به‌دلایل متعددی نظیر دقت مشاهده‌گر، تجهیزات مورد استفاده، رفتار گونه در استتار و اختفا سبب می‌گردد تا آن نقطه به‌عنوان نقطه عدم حضور گونه ثبت شود. عوامل مذکور سبب می‌شود که نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها با خطاهای زیادی همراه باشد. در هر صورت در اغلب موارد داده‌های عدم حضور قابل اطمینان وجود ندارد (Pearson، ۲۰۰۷). روش‌های مدل‌سازی زیستگاه که تنها از داده‌های حضور استفاده می‌کنند با مشکل فوق روبرو نیستند. این مدل‌ها شامل تحلیل عاملی آشپان بوم‌شناختی، حداکثری نظمی (Maximum Entropy (Maxent)) و الگوریتم ژنتیکی (گارپ) می‌باشند. این روش‌ها بر مبنای داده‌های حضور برای پیش‌بینی توزیع جانوران ایجاد شده‌اند و به‌ویژه به عدم حضورهای نادرست ناشی از توانایی حیوان برای پراکنده شدن و یا پنهان شدن در طول بررسی‌های میدانی حساس هستند و از طرف دیگر استفاده از این روش‌ها موجب صرفه‌جویی در وقت و زمان مطالعه می‌شود. از این رو از این روش‌ها به‌طور گسترده برای مطالعه توزیع ارگانسیم‌های مختلف استفاده می‌شود (Olivier و Wotherspoon، ۲۰۰۶).

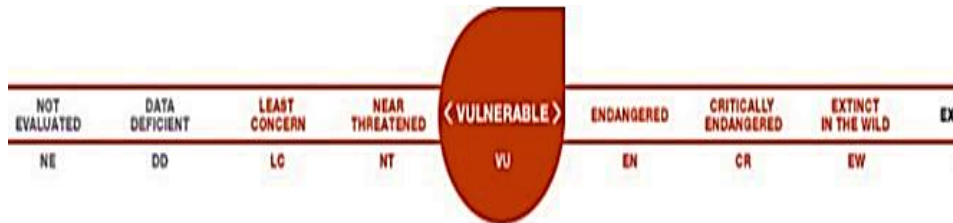
تحلیل عاملی آشپان بوم‌شناختی (ENFA) یا Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) یکی از روش‌های مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه است که توسط Hirzel (۲۰۰۰) طراحی شد که بر مبنای روش‌های آماری و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی است. این روش در سال‌های اخیر برای یافتن مناطق مطلوب در مقیاس‌های وسیع و محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه توسعه یافته است. مهم‌ترین مزیت ENFA عدم نیاز به داده‌های مربوط به عدم حضور گونه است که معمولاً یا در دسترس نیستند و یا به‌دست آوردن آن‌ها با مشکل همراه است و برای تجزیه و تحلیل لازم و ضروری نیستند (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۴).

گونه آهو از جانوران شاخص علف‌خوار دشت‌زی می‌باشند که با تغذیه از گیاهان خوش‌خوراک موجود در دشت‌ها بیش‌ترین میزان مصرف را از تولیدات اولیه زیستگاه‌های دشتی را دارا می‌باشند. آهو بزرگ‌ترین علف‌خوار دشت‌های استپی ایران است که در گذشته به فراوانی در غالب مناطق دشتی ایران پراکنده شده است. به‌دلیل کاهش سریع جمعیت‌های آهوی ایرانی در سال‌های اخیر این گونه از رده نزدیک به تهدید (Near threatened) در سال ۲۰۰۳ به‌رده آسیب‌پذیر در طبقه‌بندی سال ۲۰۰۶ IUCN انتقال یافته است (همامی و همکاران، ۱۳۸۸). این وضعیت با توجه به تخصیص بخش اعظمی از زیستگاه‌های آهو در پارک ملی گلستان در مجاورت با جاده آسیایی تهران - مشهد و با توجه به تهدیدات ناشی از حضور جاده،



جانوری زمانی آسیب پذیر تلقی می‌گردد که وضعیت آن بحرانی و یا درخطر انقراض قرار نداشته باشد ولی نشانه‌هایی از درخطر انقراض قرار گرفتن در آن دیده شود (شکل ۱).

از مخاطرات قابل توجه حضور آهوها در زیستگاه‌های فوق محسوب می‌گردد. آهوها بیش‌تر زیستگاه‌های بومی خود را به دلیل توسعه شهرها از دست می‌دهند (Weinberg و همکاران، ۲۰۰۸). یک گونه



شکل ۱: وضعیت طبقه‌بندی حفاظتی آهو براساس فهرست IUCN

در بخش‌های مختلف برخوردار هستند که از آن‌ها در برنامه‌های طبیعت‌گردی (تماشای حیات وحش در زیستگاه‌های طبیعی و تهیه عکس و فیلم) و مطالعات علمی می‌توان بهره برد. در پارک ملی گلستان آهوها از جانوران شاخص محسوب می‌شوند و در برنامه‌های مدیریتی بایستی زیستگاه‌های آن‌ها، تحت پوشش و تأمین امنیت آن‌ها مورد توجه قرار گیرد.

نقاطی در پارک ملی گلستان وجود دارد که آهو در آنجا زیست می‌نماید. نسل این حیوان در مناطقی خارج از مناطق حفاظت‌شده به شدت کاهش یافته و حتی در پارک‌های ملی و سایر مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست نیز نسل آن رو به کاهش است. جمعیت این حیوان در سرشماری‌های به عمل آمده طی سال‌های ۹۱ الی ۹۵ در پارک ملی گلستان کم‌تر از ۴۵۰ رأس تخمین زده می‌شود. جدول ۱ سرشماری آهو در پارک ملی گلستان را نشان می‌دهد.

جدول ۱: سرشماری آهو طی سال‌های ۹۱ الی ۹۵ در پارک ملی

گلستان

سال سرشماری	بهار	پاییز
۱۳۹۱	۳۲۰	۳۵۶
۱۳۹۲	۴۰۱	۳۸۲
۱۳۹۳	۴۳۹	۳۲۱
۱۳۹۴	۴۱۰	۴۶۳
۱۳۹۵	۴۱۴	۴۱۸



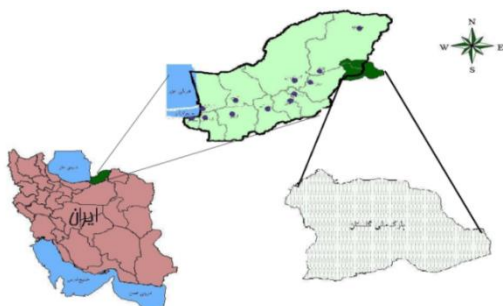
شکل ۲: آهوی تلف‌شده در اثر برخورد با وسایل نقلیه عبوری (رو به روی روستای آرمادلو)

هارونی (۱۳۸۲) طی مطالعه‌ای به بررسی رضایتمندی زیستگاه آهو در منطقه حفاظت‌شده کالمنده بهادران استان یزد پرداخت که نقاط پراکنش گله‌های آهو توسط سیستم مکان‌یابی GPS ثبت شد. سپس این داده‌ها به جداول در نرم‌افزار Arc view وارد شده و لایه‌های مربوط ایجاد شدند و نقشه‌ها به همراه لایه‌های مشاهده آهو در نرم‌افزارهای اطلاعات جغرافیایی Idrisi تجزیه و تحلیل شده و نقشه‌های رضایتمندی زیستگاه در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید و مشخص گردید آهوان در تمام فصول گرایش زیادی به مزارع کشاورزی اطراف

عبور جاده آسیایی تهران- مشهد از مجاورت زیستگاه اصلی آهو در پارک ملی گلستان و عدم رعایت سرعت مجاز توسط رانندگان که همواره تهدیدی بسیار مهم برای جمعیت‌های آهو به‌شمار می‌آید و همه‌ساله شاهد تلف شدن تعداد زیادی آهو بر اثر برخورد با وسایل نقلیه عبوری هستیم (شکل ۲).

مهم‌ترین زیستگاه‌های آهو در پارک ملی گلستان، در سه منطقه دشت میرزابابیلو، سولگرد و لهندر واقع شده‌اند که در این بین منطقه دشت میرزابابیلو بیش‌ترین جمعیت آهو را در خود جای داده است. این زیستگاه‌ها که در اصل بخش اعظم مناسب‌ترین زیستگاه‌های آهو را در پارک ملی گلستان به خود اختصاص داده‌اند، با دربرداشتن گریزگاه‌های مطمئن در تأمین امنیت و منابع تغذیه این‌گونه بسیار مؤثر هستند. آهوان در پارک ملی گلستان از ارزش‌های قابل توجهی





شکل ۳: موقعیت جغرافیایی پارک ملی گلستان

روش کار: جهت تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه آهو در محدوده پارک ملی گلستان از روش متکی بر داده‌های نقاط حضور گونه استفاده گردید. نرم‌افزار بایومپر (Biomapper) این قابلیت را دارد که وضعیت تمام متغیرها را در تمامی نقاط حضور با یکدیگر مقایسه کرده و در نهایت مطلوب‌ترین وضعیت را برای هر یک از متغیرها در نظر گرفته و بخش‌هایی از منطقه را به‌عنوان بهترین زیستگاه برای گونه موردنظر به‌صورت نقشه ارائه دهد. هیرزل معتقد است با حدود ۲۰ الی ۳۰ نقطه حضور گونه نتایج بسیار مشابه با نتیجه استفاده از صدها نقطه حاصل خواهد شد (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۴).

- جمع‌آوری اطلاعات

بررسی‌های کتابخانه‌ای: در این مطالعه از مرور منابع، از جمله اطلاعات موجود در اینترنت، مطالعه پایان‌نامه‌ها، به‌دست آوردن لایه‌های اطلاعاتی جغرافیایی، مرور منابع راجع به متغیرهای زیستگاهی، مرور گزارش‌های موجود از مشاهده گونه در منطقه و نظیر آن‌ها استفاده شد. همچنین، در این راستا از تجارب و اطلاعات محیط‌بانان و کارشناسان مطلع منطقه نیز استفاده گردید.

بررسی‌های میدانی: برای بررسی و ثبت نقاط حضور گله‌های آهو، در ابتدا طی بازدیدهای میدانی و انجام مصاحبه با محیط‌بانان و کارشناسان پارک ملی گلستان، مناطق حضور گونه مشخص و طی حدود یک‌سال رفتار و اندازه جمعیت آهو در زیستگاه‌های سولگرد، دشت میرزابابیلو و لهندر مورد بررسی قرار گرفت. جهت ثبت نقاط حضور گونه از مشاهده مستقیم گله‌ها توسط دوربین دوچشمی در طول هر مسیر و همچنین مشاهده سرگین و ردپا استفاده شد. جمع‌آوری اطلاعات به‌صورت روزانه انجام گرفت. بدین‌صورت که هر روز یکی از مناطق انتخاب‌شده و ترانسکت‌ها مورد پیمایش قرار گرفته و نقاط حضور گونه با استفاده از GPS برداشت گردید. در نهایت ۶۰ نقطه از محل‌های حضور آهو در منطقه ثبت شده‌اند (شکل ۴).

دارند. شمس اسفندآبادی (۱۳۸۲) به بررسی مطالعات بوم‌شناختی و آهوی دشت سهرین در منطقه حفاظت‌شده سرخ‌آباد در شمال استان زنجان پرداخته است. جمعیت آهو در این دشت با استفاده از روش شمارش ترانسکت برآورد شد. الگوی توزیع آن با استفاده از نمایه‌های انتشار تعیین شد. اندازه زیستی آهوان شکار شده در فصل شکار طی سال ۸۱ و ۸۲ ثبت و با داده‌های سال‌های ۷۴ تا ۷۹ مقایسه شد و مشخص شد که الگوی پراکنش در سطح زیستگاه کپه‌ای است. همایی (۱۳۷۳) به بررسی وضعیت ارائه شناختی و انتشار آهوان ایران پرداخت. در بررسی به‌عمل‌آمده تعدادی از صفات زیست‌شناختی مجموعه‌های آهوی ایرانی و جبر اندازه‌گیری گردید. اندازه مجموعه‌های آهوی ایرانی با استفاده از فراکافت مؤلفه‌های اصلی مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه فراکافت مؤلفه اصلی، معرفی یک زیرگونه جدید آهوی ایرانی در غرب کوه‌های زاگرس بود.

هم‌چنین شناسایی عوامل انتخاب زیستگاه توسط گونه آهو می‌تواند در مدیریت مطلوب زیستگاه‌های این گونه که به معنی مدیریت مطلوب بخش‌های مهمی از پارک ملی گلستان نیز می‌باشد، بسیار راهگشا باشد. در این پژوهش با توجه به محدود شدن و کاهش شدید جمعیت گونه، مطلوبیت و طبقه‌بندی زیستگاه این گونه توسط تحلیل عاملی بوم‌شناختی تهیه و سپس مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: پارک ملی گلستان منطقه‌ای کوهستانی است که در منتهی‌الیه شرق جنگل‌های شمال کشور واقع شده است. این پارک از نظر موقعیت جغرافیایی در حداثی $37^{\circ} / 31' / 00''$ و $53^{\circ} / 04' / 30''$ عرض شمالی و $55^{\circ} / 43' / 20''$ و $66^{\circ} / 17' / 00''$ طول شرقی بین شهرستان‌های گنبد قابوس و بجنورد قرار گرفته است (شکل ۳). پارک ملی گلستان در ۵۵ کیلومتری شرق گنبد قابوس و ۱۱۵ کیلومتری غرب بجنورد و در مسیر بزرگراه آسیایی تهران- مشهد واقع شده است که این بزرگراه به طول ۳۵ کیلومتر آن را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. این پارک در حوزه قضایی سه استان خراسان شمالی، سمنان و گلستان قرار دارد، اما از نظر تشکیلات و مسئولیت حفاظتی تحت نظر اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گلستان قرار دارد (مجنونیان و همکاران، ۱۳۷۸) و منطقه‌ای کوهستانی با دامنه ارتفاع ۴۵۰ تا ۲۴۱۱ متر از سطح دریا و با مساحتی برابر با ۹۱۸۹۵ هکتار است (درویش‌صفت و همکاران، ۱۳۸۵).



جدول ۲: قالب نقشه رقومی ارتفاع جهت همسان سازی دیگر لایه ها

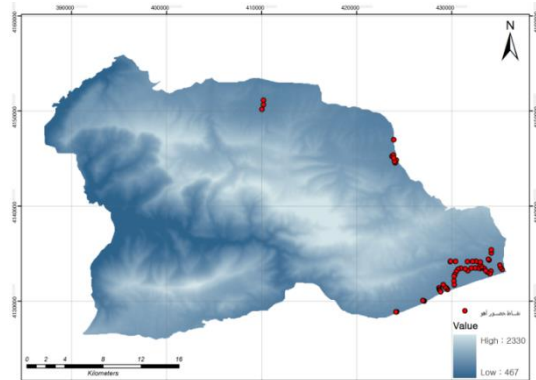
رستری	فرمت فایل ها
Real	نوع داده
Binary	نوع فایل
۱۶۱۹	تعداد ستون ها
۹۹۸	تعداد سطر ها
Utm-۴۰n	سیستم مرجع
متر	واحد مرجع
۳۸۷۱۱۶/۹۰۶۲۵	حداقل X
۴۳۵۷۰۶/۹۰۶۲۵	حداکثر X
۴۱۲۵۹۵۷/۵	حداقل Y
۴۱۵۵۹۰۷/۵	حداکثر Y
۳۰	بزرگنمایی سلول
.	حداقل ارزش
۲۳۳۱/۳۷۲	حداکثر ارزش

۲- 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 بایومپر روش Cox-Box است.

۳- تعیین همبستگی داده ها در نقشه های مستقل زیست محیطی: تجزیه و تحلیل ENFA در نرم افزار بایومپر نیاز به متغیرهایی دارد که منطقاً غیر وابسته هستند (همبستگی ندارند). در واقع در تجزیه و تحلیل ENFA اگر دو متغیر همبستگی بالایی داشته باشند، هر دو با یک ضریب در مدل نهایی ظاهر خواهند شد، بنابراین مشکل این است که این متغیرهای وابسته باید به طور قضاوتی توسط کاربر حذف گردند. معمولاً توصیه می شود که اگر دو یا چند متغیر دارای همبستگی بیش از ۸۵٪ بودند، حذف یکی از آن ها از فهرست متغیرهای وارد شونده به تجزیه و تحلیل ENFA الزامی است. تصمیم در مورد نگه داشتن هردوی متغیرهای وابسته و یا حذف یکی از آن ها، به بوم شناس مربوطه و دانش بوم شناسی او در ارتباط با گونه تحت مطالعه مربوط خواهد بود (فراشی و همکاران، ۱۳۸۹).

نقشه مطلوبیت زیستگاه (Habitat suitability map): گام

اول در محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه، محاسبه نقشه های فاکتور (Factor map) است. نتایج این تجزیه و تحلیل برای محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه الزامی است. در تجزیه و تحلیل Factor map، کاربر تعیین می کند چند نقشه ENFA طی این تجزیه و تحلیل تولید گردد. البته بایومپر خود نیز بر اساس معیار چوب شکسته مک آرتور (Mac Arthur's broken stick) تعداد نقشه های ENFA را پیشنهاد می کند.



شکل ۴: نقاط حضور گونه آهو در پارک ملی گلستان

مراحل انجام روش تحلیلی عاملی آشیان بوم شناختی

لایه های اطلاعاتی ورودی به تجزیه و تحلیل ENFA: تهیه و آماده سازی داده ها قبل از اجرای تجزیه و تحلیل ها مرحله ای حساس و زمان بر است و تقریباً ۷۵ درصد تا ۹۰ درصد یک پروژه را شامل می گردد. نکته حائز اهمیت این است که بایومپر تنها نقشه های رستری را می پذیرد و این نقشه ها باید حاوی اطلاعات کمی باشند تا قابل تجزیه و تحلیل باشند. انتخاب متغیرهای متناسب برای ورود به تجزیه و تحلیل و برآورد مدل انتخاب زیستگاه از جمله مهم ترین مراحل محسوب می گردد. پایه گزینش مدل مناسب برای مدل سازی توزیع جغرافیایی گونه ها را به سه عامل عمومیت پذیری (Generality)، دقت (Precision) و صحت (Accuracy) مرتبط دانسته است که هم زمان می توان تنها دو عامل از سه عامل یاد شده را بهبود بخشید؛ لذا بر این پایه می توان سه نوع مدل تجربی (Empirical) (بر پایه صحت و دقت)، مکانیکی (Mechanistic) (بر پایه عمومیت پذیری و صحت) و تحلیلی (Analytica) (بر پایه دقت و عمومیت پذیری) را مورد توجه و تشخیص قرار داد (Levins, ۱۹۶۶). از آن جاکه هدف از این بررسی فراهم آوردن یک مدل با دقت و صحت بالا در یکی از زیستگاه های آهو در ایران است، لذا روش مدل سازی در این بررسی از نوع تجربی خواهد بود. لایه های اطلاعاتی به کار رفته در تجزیه و تحلیل عبارتند از: نقشه نقاط حضور گونه، نقشه طبقات ارتفاعی، نقشه شیب، نقشه جهت، نقشه موقعیت روستاها، نقشه جاده های آسفالت و خاکی، نقشه موقعیت پاسگاه های محیط بان، نقشه منابع آبی و آبراهه ها.

آماده سازی نقشه ها برای ورود به بایومپر:

۱- برای ورود نقشه ها به بایومپر از قالب نقشه ارتفاعی برای یکسان سازی همه نقشه ها استفاده گردید. جدول ۲ قالب تشکیل شده برای همگن سازی و قابل انطباق نمودن نقشه ها را در تجزیه و تحلیل ENFA نشان می دهد.

گرفت. براساس شاخص پیوسته بویس، میانگین هارمونیک از قدرت پیش‌بینی بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها برخوردار است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج

نتایج تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی

همبستگی نقشه‌ها (Correlation Matrix): براساس جدول همبستگی متغیرها، هیچ‌یک از متغیرها دارای همبستگی بالای ۰/۸۵ نبوده و همه لایه‌ها در تجزیه و تحلیل به کار گرفته شدند. در جدول ۳ نتایج همبستگی متغیرها ذکر شده است.

جدول ۳: نتایج همبستگی بین متغیرهای مورد استفاده جهت مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه

متغیرهای مستقل	جهت	ارتفاع	فاصله از آبراهه	فاصله از جاده	فاصله از چشمه	فاصله از پاسگاه	فاصله از روستا	شیب
جهت	۱	-۰/۰۸۵	۰/۰۹۲	۰	-۰/۰۹	-۰/۰۴۸	-۰/۰۷۴	۰/۰۷۶
ارتفاع	-۰/۰۸۵	۱	-۰/۱۱	۰/۴۷۸	۰/۰۱۳	۰/۱۵۸	۰/۴۴۷	-۰/۰۳۴
فاصله از آبراهه	۰/۰۹۲	-۰/۱۱	۱	۰/۱۵۳	۰/۰۰۹	-۰/۰۱۸	-۰/۰۱۷	۰/۰۸۲
فاصله از جاده	۰	۰/۴۷۸	۰/۱۵۳	۱	۰/۱۳۲	۰/۲۴۸	۰/۲۹۶	۰/۰۶۶
فاصله از چشمه	-۰/۰۹	۰/۰۱۳	۰/۰۰۹	-۰/۱۳۲	۱	۰/۳۲۹	۰/۲۵۵	-۰/۲۲۸
فاصله از پاسگاه	-۰/۰۴۸	۰/۱۵۸	-۰/۰۱۸	۰/۲۴۸	۰/۳۲۹	۱	۰/۴۶۱	-۰/۰۴۸
فاصله از روستا	-۰/۰۷۴	۰/۴۴۷	-۰/۰۱۷	۰/۲۹۶	۰/۲۵۵	۰/۴۶۱	۱	-۰/۰۲۹
شیب	۰/۰۷۶	-۰/۰۳۴	۰/۰۸۲	۰/۰۶۶	-۰/۲۲۸	-۰/۰۴۸	-۰/۰۲۹	۱

پس از بررسی میزان همبستگی میان متغیرهای مستقل محیط زیستی، تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی اجرا گردید. اولین عامل تولید شده معرف «ویژگی حاشیه‌ای» گونه مورد مطالعه است و نشان می‌دهد که حد بهینه گونه مورد مطالعه تا چه حد در فاصله از حد میانگین زیستگاه مورد مطالعه قرار دارد. عامل بعدی شامل عوامل تحمل‌پذیری هستند که میزان تخصصی بودن گونه مورد مطالعه در ارتباط با منابع موجود در گستره زیستگاه قابل دسترس گونه را نشان می‌دهند.

ماتریس امتیازات (Score matrix) یکی دیگر از خروجی‌های تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی است. اطلاعات موجود در این ماتریس نشان‌دهنده آن است که هر فاکتور حاصل از متغیرهای مستقل محیطی مورد استفاده در تجزیه و تحلیل چه میزان همبستگی دارند. اولین ستون از جدول ماتریس امتیازها یا بردار ویژه همواره ۱۰۰ درصد از عامل حاشیه‌گرایی و ۱۰ تا ۷۰ درصد از تخصص‌گرایی را بیان می‌کند در حالی که سایر ستون‌ها یا به عبارتی دیگر تعداد متغیرهای مستقل محیطی منهای یک فقط نشان‌دهنده عامل تخصص‌گرایی هستند. سطرها سهم متغیرهای مستقل در هر عامل را نشان می‌دهند. در واقع، در این ماتریس عواملی که اطلاعات کافی را توضیح می‌دهند و متغیرهایی که

بالاترین ضریب (قدر مطلق) را نشان می‌دهند اهمیت زیادی در بیان توزیع گونه خواهند داشت (بخشی و همکاران، ۱۳۹۴). جدول ۴ ماتریس امتیازات برای زیستگاه آهو در پارک ملی گلستان را نشان می‌دهد.

جدول ۴: ماتریس امتیازهای متغیرهای مستقل محیطی

متغیرهای مستقل	M	S1	S2
جهت	۰/۰۱	۰/۰۲۱	۰/۳۸۳
ارتفاع	-۰/۱۹۷	-۰/۰۹۶	-۰/۰۲۵
فاصله از آبراهه	-۰/۱۳	۰/۱۳۸	۰/۳۲۳
فاصله از جاده	-۰/۴۷۷	۰/۰۸	۰/۶۴۶
فاصله از چشمه	۰/۲۰۹	-۰/۱۸	۰/۱۶۴
فاصله از پاسگاه	-۰/۴۱۸	-۰/۰۱	-۰/۱۱
فاصله از روستا	-۰/۱۳	۰/۰۴۱	-۰/۴۵۶
شیب	-۰/۶۹۴	۰/۱۳۷	-۰/۲۹

جدول ۵: مقادیر حاشیه‌گرایی، تخصص‌گرایی و تحمل‌پذیری

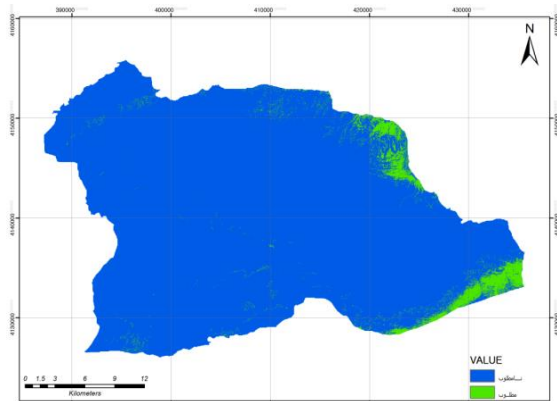
حاصل از تجزیه و تحلیل ENFA

عامل	امتیاز
حاشیه‌گرایی	۱/۳۵۴
تخصص‌گرایی	۷/۷۸۴
تحمل‌گرایی	۰/۱۲۸

تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه: در این مطالعه تعداد نقشه حاصل از تجزیه و تحلیل Factor map برای محاسبه نقشه مطلوبیت زیستگاه سه فاکتور در نظر گرفته شد یا به عبارت دیگر کلیه اطلاعات مربوط به تمامی فاکتورهای محیط‌زیستی مورد استفاده در تجزیه و تحلیل در سه نقشه خلاصه شد. براساس روش چوب شکسته، سه فاکتور از ۸ فاکتور محاسبه شده نمایانگر ۹۸٪ از تغییرات واریانس کل تغییرات است. هم‌چنین با مقایسه اعداد حاصله (جدول ۶)، الگوریتم میانگین هارمونیک (Harmonic) و نقشه مطلوبیت زیستگاه حاصل از آن انتخاب شد (شکل ۵).

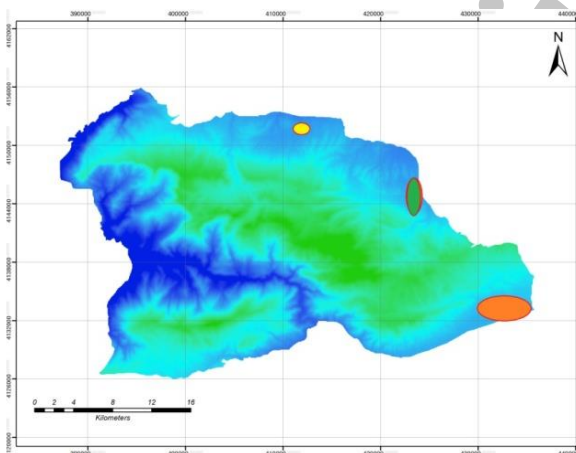
جدول ۶: مقادیر شاخص بویس الگوریتم‌های مختلف برای تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه آهو

الگوریتم	انحراف معیار \pm شاخص بویس
میانگین هارمونیک	0.62 ± 0.404
میانگین هندسی	0.55 ± 0.376
حداقل فاصله	0.53 ± 0.371
میان	0.49 ± 0.42



شکل ۶: نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت زیستگاه آهو

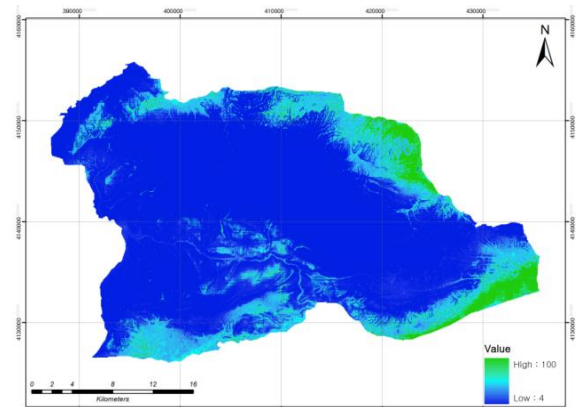
شاخص بویس در الگوریتم به کار گرفته شده ۰/۶۲ به دست آمد که این مقدار صحت قابل قبول مدل را نشان می‌دهد. لکه‌های زیستگاهی بالقوه آهو در پارک ملی گلستان: در مجموع، سه لکه زیستگاهی مهم آهو در پارک ملی گلستان مشخص شد. این لکه‌ها از بررسی طبقات مطلوبیت زیستگاه و مشاهدات نقاط حضور به دست آمده است. شکل ۷ نمای کلی از موقعیت هر یک از لکه‌ها را ارائه می‌دهد.



شکل ۷: لکه‌های زیستگاهی آهو در پارک ملی گلستان

بحث

عوامل مؤثر در مطلوبیت زیستگاه آهو در پارک ملی گلستان: نتایج حاصل از نقشه مطلوبیت زیستگاه نشان می‌دهد که زیستگاه مطلوب آهو در پارک ملی گلستان، در ارتفاع ۱۱۰۰-۱۲۰۰ متر از سطح دریا، شیب‌های کم‌تر از ۲۰٪، بدون جهت جغرافیایی و



شکل ۵: نقشه مطلوبیت زیستگاه آهو در پارک ملی گلستان

تهیه نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت زیستگاه آهو: پس از انجام تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی، نقشه مطلوبیت به دو طبقه مطلوب و نامطلوب تقسیم گردید (شکل ۶).

منابع زیستگاه خود در پارک ملی گلستان است. هم‌چنین مهم‌ترین عوامل مؤثر در آشیان بوم‌شناختی گونه مورد مطالعه به ترتیب درصد شیب، فاصله از جاده و فاصله از پاسگاه محیط‌زیست می‌باشد. با افزایش درصد شیب و فاصله از جاده و پاسگاه محیط‌زیست میزان مطلوبیت زیستگاه آهو کاهش می‌یابد. هم‌چنین به‌طور کلی عامل اصلی تجزیه و محدود شدن لکه‌های زیستگاهی آهو از یکدیگر کاهش شدید جمعیت است.

لکه‌های زیستگاهی آهو شامل: ۱- منطقه میرزابایلو که در جنوب شرق پارک ملی گلستان، دقیقاً در مجاورت جاده آسیایی قرار دارد. روستاهای رباط قره‌بیل، چشمه خان و آرامدلو در حاشیه آن قرار دارد و پاسگاه محیط‌بانی میرزابایلو نیز در این منطقه وجود دارد. منطقه حفاظت‌شده قرخود کاملاً در مجاورت شرقی این منطقه قرار دارد. این لکه مهم‌ترین زیستگاه آهو و بزرگ‌ترین منطقه زیستگاهی آهو در پارک ملی گلستان است. مهم‌ترین چالش پیش روی جمعیت آهو ساکن در این منطقه وجود جاده آسیایی تهران- مشهد و روستاهای حاشیه آن است. مساحت این منطقه در حدود دو هزار هکتار می‌باشد.

۲- منطقه سولگرد: این منطقه با فاصله ۲۰ کیلومتری از منطقه میرزابایلو در شرق پارک ملی گلستان قرار داشته و از مناطقی است که در گذشته جمعیت بزرگی از آهو در آن زیست داشته است. با این حال، امروزه تعداد اندکی آهو (کم‌تر از ۵۰ رأس) در آن مشاهده می‌شود.

۳- منطقه لهندر: این منطقه در شمال شرق پارک قرار دارد و کم‌ترین تعداد آهو را داراست. روستاهای حاشیه و دامداران مهم‌ترین تهدید برای آن است.

نتایج این تحقیق با نتایج کسب‌شده با پژوهش هارونی (۱۳۸۷) که در طی مطالعه‌ای به بررسی رضایت‌مندی زیستگاه آهو در منطقه حفاظت‌شده کالمند بهادران استان یزد طی چهار فصل پرداخته و بیان نموده است که آهوان در تمام فصول گرایش زیادی به مزارع کشاورزی اطراف دارند هم‌خوانی دارد. هم‌چنین با نتایج حاصل از بررسی مطالعات بوم‌شناختی و آهوی دشت سهرین در منطقه حفاظت‌شده سرخ‌آباد در شمال استان زنجان توسط اسفندآبادی (۱۳۸۲) یکسان بوده و مشخص شد که الگوی پراکنش در سطح زیستگاه کپه‌ای است. در خصوص نتایج حاصله از میزان حاشیه‌گرایی و تخصص‌گرایی نتایج حاصله با نتایج به‌دست آمده از مطالعه زیستگاه آهوی ایرانی در منطقه شکار و تیراندازی ممنوع قراویز که توسط کرمی و همکاران صورت گرفته است مطابقت داشته که حاکی از تخصصی بودن گونه و زیستن در زیستگاه خاص می‌باشد. ولی با نتایج حاصله از تحقیق فوق مبنی بر حفظ فاصله از جاده توسط گونه مغایرت دارد به‌نحوی که در پارک ملی گلستان مطلوبیت زیستگاه آهو با افزایش فاصله از جاده کاهش می‌یابد. براساس پژوهش صورت گرفته و عملکرد نرم‌افزار

در فاصله سه کیلومتری از پاسگاه‌های محیط‌بانی، شش کیلومتری از روستا، سه کیلومتری از چشمه، ۱۵۰۰ متری از رودخانه‌ها و آبراهه‌ها و ۸۰۰ متری از جاده قرار دارد. هم‌چنین کاهش میزان دمای هوا به‌خصوص در فصل زمستان فعالیت آهوان را در دشت‌هایی با ارتفاع کم‌تر محدود می‌کند.

جدول ماتریس امتیازات و نتایج حاصله نشان می‌دهند که به ترتیب متغیرهای درصد شیب، فاصله از جاده و فاصله از پاسگاه‌های محیط زیست به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب زیستگاه آهو در پارک ملی گلستان می‌باشند. عدد منفی برای متغیرهای فوق نشان‌دهنده آن است که با افزایش درصد شیب، فاصله از جاده و فاصله از پاسگاه‌های محیط زیست از مطلوبیت زیستگاه آهو کاسته می‌شود به‌طوری که آهو در پارک ملی گلستان شیب‌های کم‌تر از ۲۰ درصد را به‌علت در اختیار داشتن پناه و گریزگاه مناسب برای فرار از طعمه‌خواران ترجیح داده و زیستگاه‌های بالاتر از ۲۰ درصد جزء زیستگاه‌های نامطلوب به‌شمار می‌روند. مطلوبیت زیستگاه و تراکم جمعیت آهو با نزدیکی به پاسگاه‌های محیط‌بانی افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده تأثیر عامل امنیت ناشی از حضور یگان اجرایی محیط زیست بر پراکنش آهو می‌باشد. اعداد مثبت در ماتریس امتیازات حاکی از آن است با افزایش متغیر میزان مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد که متغیر فاصله از چشمه مهم‌ترین عامل مثبت در جدول می‌باشد که نشان می‌دهد با افزایش فاصله از چشمه‌ها مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد که دلیل اصلی این موضوع تجمع بیش‌تر طعمه‌خواران، شکارچیان بومی و تراکم بیش‌تر پوشش گیاهی بوده که موجب عدم تمایل آهو برای استفاده از این مناطق می‌گردد. هم‌چنین با توجه به مقدار متغیر جهت در ماتریس امتیازات به‌نظر می‌رسد این متغیر تأثیر چندانی در مطلوبیت زیستگاه آهو نداشته باشد. مشاهدات عینی در طی انجام این تحقیق نشان داد که آهوان، استراحت در مناطقی که پوشش گیاهی بهتری در زیستگاه دارد را ترجیح می‌دهد. این مناطق به‌علت ماهیت استتار خود مکان مناسبی جهت در امان بودن از حمله طعمه‌خواران به‌ویژه پلنگ و سگ‌های دامداران حاشیه پارک و هم‌چنین گرگ است. در تمام طول مدت این پژوهش بارها حضور سگ‌های گله و نمایه‌هایی از گرگ در زیستگاه‌های آهو مشاهده گردید.

براساس نتایج حاصل از میزان حاشیه‌گرایی میزان محاسبه‌شده برای آهو در پارک ملی گلستان ۱/۳۵۴ می‌باشد که میزان محاسبه شده برای آهو نشان‌دهنده این است که این جانور تمایل به زندگی در زیستگاه‌های حاشیه‌ای دارد. هم‌چنین فاکتور تحمل‌گرایی برای آهو در پارک ملی گلستان ۰/۱۲۸ به‌دست آمد. مقدار کم‌تر از یک این فاکتور نشان‌دهنده این است که این گونه‌ها توان تحمل پایین در محدوده شرایط محیطی خود است یا به‌عبارتی آهو یک‌گونه متخصص در محدوده



با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم شناختی در پارک ملی گلستان. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۷، شماره ۴، صفحات ۳۱ تا ۴۲.

۴. **درویش‌صفت، ع.**، ۱۳۸۵. اطلس مناطق حفاظت‌شده. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۵۹ صفحه.

۵. **فراشی، آ.؛ کابلی، م. و مومنی، ا.**، ۱۳۸۹. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه بز و پازن (*Capra aegagrus*) به کمک روش تحلیل فاکتوری آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی استان اصفهان. نشریه محیط زیست طبیعی. دوره ۶۳، شماره ۱، صفحات ۶۳ تا ۷۳.

۶. **مجنونیان، ه.؛ زاهد، ب.؛ حسن‌زاده‌کیایی، ب.؛ فرهنگ‌دره شوری، ب. و گشتاسب‌میگونی، ح.**، ۱۳۷۸. پارک ملی گلستان (ذخیره‌گاه زیست‌کره). سازمان حفاظت محیط‌زیست. تهران.

۷. **همامی، م.؛ حاضری، ف. و خواجه‌الدین، ج.**، ۱۳۸۸. استفاده از جوامع گیاهی توسط آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa*) در پناهگاه حیات‌وحش موته. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۳، شماره ۴۸، صفحات ۴۲۷ تا ۴۳۵.

۸. **Bayan, T.L. and Metaxas, A.**, 2007. Predicting suitable habitat for deep – water gorgonian corals on the Atlantic and Pacific Continentale Margins of North America. *Mariane Ecology Progress Series*. Vol. 330, pp: 113-126.

۹. **Hirzel, A.**, 2004. *Biomapper 3 user, s manual*.

۱۰. **Hirzel, A.; Hausser, J.; Chessel, D. and Perrin, N.**, ۲۰۰۲. Ecological Niche Factor Analysis: how to compute habitat suitability maps without absence data. *Ecology*. Vol. 83, pp: 2027-2036.

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

۱۲. **Jepsen, J.U.; madsen, A.B. and karlsson, M.D.**, 2005. Predicting distribution and density of European badger (*Meles meles*) setts in Denmark. *Biodiversity and Conservation*. Vol. 14, pp: 3235-3253.

۱۳. **Levins, R.**, 1966. The strategy of model building in population ecology. *American scientist*. Vol. 421, pp: 421-431.

۱۴. **Olivier, F. and Wotherspoon, S.J.**, 2006. Modeling habitat selection using presence-only data: Case study of a colonial hollow nesting bird, the snow petrel. *Ecological Modeling*. Vol. 195, pp: 187-204.

۱۵. **Pearson, R.G.**, 2007. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners, *American Museum of Natural History*, Available at <http://ncep.amnh.org>.

۱۶. **Shams Esfandabad, B.; Karami, M.; Hemami, M.R. and Sadough, M.B.**, 2010. Habitat associations of wild goat in

برخلاف Hirzel و همکاران (۲۰۰۴) که معتقد است با حدود ۲۰ الی ۳۰ نقطه حضور گونه‌نتایجی بسیار مشابه با نتیجه استفاده از صدها نقطه حاصل خواهد شد. در مورد گونه آهو در پارک ملی گلستان با افزایش تعداد نقاط حضور (۶۰ نقطه) نتایج بسیار دقیق‌تر و مطلوب‌تر از تعداد ۳۰ نقطه حضور به‌دست‌آمده است.

با توجه به مطالعه صورت گرفته بر روی آهو و بررسی نتایج به دست آمده انجام اقدامات کوتاه مدت و میان مدت در جهت حفظ این گونه بسیار ضروری می‌باشد که بخشی از اقداماتی که در این جهت باید انجام گیرد به شرح ذیل می‌باشد:

۱- ارزیابی زیستگاه و رفتار طعمه‌خواران اصلی آهو از جمله پلنگ و گرگ و بررسی ارتباط بین این گونه‌ها با نحوه تأثیرگذاری و تأثیرپذیری با گونه آهو در جهت دستیابی به اهداف حفاظتی و مدیریت بهینه آن‌ها.

۲- انجام مطالعات تکمیلی در ارتباط با نحوه تأثیر عبور جاده از میان پارک ملی گلستان بر روی گونه آهو.

۳- فرهنگ‌سازی در رابطه با جوامع محلی و مسافران، ترویج ارزش‌های اکولوژیکی و زیبایی‌شناختی و به‌خصوص مذهبی گونه آهو در پارک ملی گلستان، افزایش اقدامات در جهت حفاظت از آهو، حفظ زیستگاه و شناساندن این گونه با چاپ و پخش بروشور و هم‌چنین یاری‌گرفتن و به‌کارگیری روستانشینان اطراف پارک در اقدامات و برنامه‌های حفاظتی.

۴- احداث و طراحی کریدورهای مناسب و امن و محدودسازی حضور دام‌های اهلی جهت ارتباط گونه‌های آهو در مرز شرقی پارک در مجاورت منطقه حفاظت‌شده قرخود.

۵- انتقال جاده آسیایی به خارج از پارک ملی گلستان (بخش شمالی پارک در شهرستان کلالة).

منابع

۱. اسماعیل‌پور، ی.؛ شریفی، م.؛ قاسمی، ص. و کرمی، پ.، ۱۳۹۵. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه آهوی ایرانی در منطقه شکار و تیراندازی ممنوع قراویز به‌روش ENFA. مجله محیط زیست طبیعی. دوره ۶۹، شماره ۹، صفحات ۳۲۹ تا ۳۴۶.
۲. اکبری‌هارونی، ح.؛ بهروزی‌راد، ب. و حسن‌زاده‌کیایی، ب.، ۱۳۸۷. بررسی رضایت‌مندی زیستگاه آهو در منطقه حفاظت‌شده کالمند بهادران استان یزد. مجله محیط‌شناسی. دوره ۳۴، شماره ۴۶، صفحات ۱۱۳ تا ۱۱۸.
۳. بخشی، ح.؛ حسنی، م.؛ سلمان‌ماهینی، ع. و وارسته‌مرادی، ح.، ۱۳۹۴. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه شوکاء (*Capreolus capreolus*)



- central Iran: implications for conservation. *Eur J Wildl Res.* Vol. 56, pp: 883-894.
۱۷. **Tremblay, A.M. and Dobb, A.D., 2002.** Modelling and Restoration of Bighorn sheep habitat within and adajement to Koo twnay national park, British Columbia. *Ecological Modelling.* Vol. 163, pp: 251-264.
۱۸. **Unger, D.E., 2008.** Ecological Niche Factor Analysis to Determine Habitat Suitability of a Recolonizing Carnivore. 7th southern Forestry and Natural resources GIS Conference.
۱۹. **Weinberg, P.; Jdeidi, T.; Masseti, M.; Nader, I.; de Smet, K. and Cuzin, F., 2008.** *Capra aegagrus*. In: 2008 IUCN Red List of Threatened Species.
۲۰. **Wiens, A., 1999.** Spatial scaling in ecology. *Journal of Functional Ecology.* Vol. 3, pp: 385-397.

Archive of SID

