



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

ارزیابی مطلوبیت زیستگاه جبیر با استفاده از مدل Maxent (مطالعه موردی: پناهگاه حیات- وحش دره‌انجیر)

مریم مروتی^۱، فاطمه بهادری امجز^{۲*}

^۱دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
^۲کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
fateme.bahadori۹۵@gmail.com

چکیده

نابودی زیستگاه‌ها، به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل تهدید حیات‌وحش بوده و بخش مهمی از انقراض گونه‌ها به دلیل تخریب زیستگاه صورت گرفته است. حفظ زیستگاه یکی از مهمترین فاکتورها در جهت حفاظت از گونه‌ها می‌باشد. این مطالعه با هدف تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه جبیر و عوامل مؤثر بر حضور آن در پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر طی سال‌های ۱۴۰۰ لغایت ۱۴۰۱ با روش مدل‌سازی حداکثر آنتروپی و به کمک نرم‌افزار Maxent انجام شد. در نرم‌افزار مکسنت، لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده برای مدل‌سازی منطقه دره‌انجیر، شامل ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از منابع آبی، پوشش گیاهی، فاصله از روستا، فاصله از جاده‌های آسفالت و فاصله از جاده‌های خاکی می‌باشد. ذخیره نقاط حضور گونه برای مدل‌سازی در برنامه ۲۰۱۶ Microsoft Office Excel با فرمت csv (comma delimited) انجام شد. نتایج مدل‌سازی مکسنت برای منطقه دره‌انجیر نشان داد مهم‌ترین عامل مؤثر در مطلوبیت زیستگاه برای گونه جبیر در فصل بهار و زمستان متغیر ارتفاع، در فصل تابستان متغیر فاصله از روستا می‌باشد که برای گونه به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر غیرزنده تأثیرگذار در توزیع گونه و همچنین ساخت نقشه پیش‌بینی شناخته شد. مقدار داده‌های Training data برای گونه در سه فصل بهار، تابستان و زمستان به ترتیب برابر است با ۰/۷۹۰، ۰/۸۳۱ و ۰/۸۴۶ و مقدار داده‌های Test data در سه فصل بهار، تابستان و زمستان برای جبیر برابر با ۰/۶۶۴، ۰/۶۸۲ و ۰/۷۴۰ می‌باشد. در این مطالعه بیش‌ترین مساحت زیستگاه مطلوب برای گونه جبیر به ترتیب متعلق به فصل بهار، زمستان و تابستان می‌باشد.

کلمات کلیدی: زیستگاه، جبیر، مدل‌سازی، پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر

مقدمه

پایه و اساس حیات زمین تنوع زیستی است. رابطه بین موجودات و انسان چنان به‌هم پیوند خورده که نابودی یک گونه می‌تواند باعث کاهش یکی از امکانات زندگی انسان شود. حفاظت از محیط‌زیست و اطمینان از سلامت و پایداری آن جدیدترین چالش جامعه است (انصاری و طهماسبی، ۱۴۰۱). مدیریت مناطق حفاظت‌شده برای حفاظت از تنوع زیستی اساسی است. آنها برای دستیابی



دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، تهران، ایران

اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

به راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت برای انطباق با تغییرات جهانی، حفظ جمعیت حیات وحش، و تضمین نگهداری طولانی مدت از کمک‌های طبیعت به مردم ضروری هستند (Vieira-Alencar et al., ۲۰۲۳). در واقع می‌توان گفت تنوع زیستی از موضوعات مهم فعلی دنیای امروز بوده و حفظ تنوع ژنتیکی گونه‌ها و استمرار و تداوم اکوسیستم‌ها ضامن بقای محیط زیست می‌باشد (کیانیان و همکاران، ۱۳۹۷). زیستگاه یکی از نیازهای اساسی گونه‌ها و دارای تأثیر به‌سزایی بر زیست‌مندی و بقای آن‌ها است. زیستگاه از اجزای گوناگونی تشکیل شده که شناخت و حفاظت از این اجزا کلید پایداری آن است (ملکیان و همکاران، ۱۴۰۰). از دست دادن زیستگاه و تکه‌تکه شدن آن‌ها از دلایل اصلی انقراض و کاهش گونه‌ها است که مانع از بقای جمعیت بیشتر گونه‌های در معرض تهدید می‌شود (Grande et al., ۲۰۲۰). در واقع تبدیل، تکه تکه شدن و تخریب زیستگاه هر کدام به نوعی، زندگی پایدار گونه‌ها را به خطر انداخته است. بنابراین مطالعه زیستگاه‌ها به منظور آگاهی از وضعیت موجود آن‌ها و چاره‌اندیشی در جهت برطرف کردن چالش‌های پدید آمده، بسیار مهم و حیاتی تلقی می‌شود از این رو نیاز به روش‌هایی است که به کمک آن بتوان زیستگاه‌ها را ارزیابی کرده و در گذر زمان تغییرات منفی در این زیستگاه‌ها را به‌دست آورد (مروتی، ۱۳۹۳). بنابراین ارزیابی زیستگاه می‌تواند گزینه مناسب جهت شناسایی زیستگاه‌های مطلوب برای گونه‌های حیات وحش، از جمله جبیر باشد که بر اثر مواردی نظیر تغییر کاربری زیستگاه، برداشت بی‌رویه، رقابت با دام‌های اهلی و جمعیت آن‌ها در سطح کشور و در سطح جهانی رو به کاهش نهاده است (ضیایی، ۱۳۹۰). در این پژوهش به مطالعه پیرامون ارزیابی زیستگاه گونه سمدر جبیر طی فصول بحرانی بهار، تابستان و زمستان (که به ترتیب عبارتند از فصل بره‌آوری، فصل گرما و فصل سرما) و ارائه نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه برای این گونه، با هدف روشن نمودن بخش کوچکی از نادانسته‌های زیست‌شناختی و بوم‌شناختی و عوامل تأثیرگذار بر پراکنش جمعیت این گونه‌ها پرداخته می‌شود تا مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در جذب و دفع گونه در پناهگاه حیات وحش دره انجیر به‌دست می‌آید، پرداخته می‌شود. جمشیدی و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب جمعیت‌های جبیر (*Gazella bennettii*) در پارک ملی کویر را با استفاده از روش حداکثر آنتروپی بررسی کردند. بر اساس نتایج مساحت زیستگاه‌های با مطلوبیت بالا و متوسط برای جمعیت‌های جبیر در پارک ملی کویر به ترتیب در حدود ۴۵۶/۶۵ و ۶۷۹/۰۵ کیلومتر مربع برآورد شد. تأثیر گذارترین متغیر نیز مربوط به متغیر فاصله از منابع آبی (چشمه‌ها و آبشخورها) شناسایی شد. سرهنگ‌زاده و اکبری در سال ۱۳۹۷ به مدل‌سازی مطلوبیت بالقوه زیستگاه جبیر (*Gazella bennettii shikarii*) در پناهگاه حیات وحش نایندگان با استفاده از روش تحلیل فاکتور آشپان اکولوژیک (ENFA) پرداختند. نتایج نشان داد جبیر تمایل به زندگی در زیستگاه‌هایی در محدوده ارتفاعی ۵۷۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا، شیب ۵ تا ۳۰ درصد، جهت جغرافیایی شمال، نزدیک چشمه‌ها، آبراهه‌ها و کوهپایه‌ها و تیپ‌های گیاهی تاغ، اشنان و درمنه دارد و ۳۳/۵۸ درصد از وسعت نایندگان، زیستگاه مطلوبی برای جبیر است. مروتی و همکاران در سال ۱۳۹۷ به ارزیابی مطلوبیت زیستگاه جبیر با استفاده از روش HEP در منطقه حفاظت شده سنگ مس پرداختند. نتایج این ارزیابی نشان داد، زیستگاه تپه‌ماهور در فصل بهار - تابستان با شاخص HSI، ۰/۸۹ نسبت به سایر قسمت‌ها از مطلوبیت بالاتری برخوردار است و از بین متغیرهای مورد استفاده متغیر زیتوده گیاهی از رتبه بالاتری برخوردار بود.

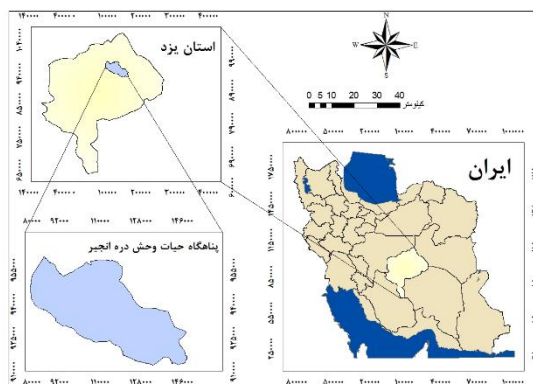


اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه (پناهگاه حیات وحش دره انجیر)

پناهگاه حیات وحش دره انجیر با مساحت ۱۷۵۳۰۲ هکتار در ۵۴ درجه و ۴۸ دقیقه و ۵۱ ثانیه تا ۵۵ درجه ۳۲ دقیقه و ۴۹ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۱۰ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه و ۵۸ ثانیه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). پناهگاه حیات وحش دره انجیر از نظر ژئومورفولوژیکی دربرگیرنده واحدهای کوهستان، تپه ماهور و نهشته‌های آبرفتی است و دامنه‌های واحد کوهستان و تپه ماهورها تماماً از نوع دامنه‌های نامنظم هستند. ارتفاعات عمده منطقه شامل کوه دره انجیر، کوه چاه جوله، کوه آدرو (آدیرو)، کوه ساغند و کوه سبوسی می‌باشد. دامنه تغییرات ارتفاعی ۱۴۶۰ متر است (شرکت مهندسی مشاور جامع ایران، ۱۳۸۸).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی پناهگاه حیات وحش دره انجیر در استان یزد

روش کار

در این پژوهش جهت مدلسازی حداکثر آنتروپی پراکندگی جغرافیایی گونه‌ها به منظور پیش‌بینی مناطق با احتمال حضور گونه‌ها از نرم افزار MaxEnt نسخه ۳,۳,۳ استفاده شد. برای این مطالعه، نشانه‌های جبر با پیاده‌روی در راستای گذارها، مسیرها و جاده‌های منطقه، موقعیت ردپا و سرگین مشاهده شده و تصویرهای گرفته شده توسط دوربین، با استفاده از GPS به عنوان نقاط حضور گونه‌ها، ثبت شد. تعداد نقاط ثبت شده در حدود ۱۲۰ نقطه برای جبر بود، سپس نقاط به دست آمده در برنامه Microsoft Office Excel ۲۰۱۶ وارد شد بدین صورت که در یک ستون نام گونه همراه با طول و عرض جغرافیایی محل حضور در کنار هم ثبت شد (بین هرکدام علامت ویرگول گذاشته می‌شود). در نهایت با فرمت csv (comma delimited) ذخیره و آماده ورود به نرم افزار MaxEnt گردید. از آنجا که گام مهم در فرموله کردن مدل بوم‌شناختی روش MaxEnt، استفاده از یک مجموعه ویژگی‌های مطلوب است، این ویژگی‌ها در واقع فاکتورهای زیست‌بومی محدود کننده توزیع جغرافیایی گونه هستند. لایه‌های زیست‌بومی برای تولید مشخصه‌هایی که توزیع احتمالی گونه را محدود می‌کند بکار می‌روند بدین منظور با مطالعه و مرور منابع، و با توجه به ویژگی‌های رفتاری



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

و بوم شناختی گونه‌ها و همچنین براساس مصاحبه‌های انجام شده با کارشناسان و محیط‌بانان منطقه مورد مطالعه تعداد ۸ متغیر مستقل زیستگاهی (ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از منابع آبی، پوشش گیاهی، فاصله از جاده‌های خاکی، فاصله از جاده‌های آسفالتی و فاصله از روستا) که حضور و یا عدم حضور گونه به آن‌ها بستگی دارد و بر پراکنش گونه تأثیر دارد شناسایی و اقدام به تهیه لایه‌های متغیرهای زیستگاهی و فاکتورهای موثر بر پراکنش جبیر، برای مدلسازی گردید هر یک از این لایه‌ها بر اساس لایه مرز پناهگاه حیات وحش دره انجیر در محیط Arc GIS ۹٫۳ برش خورده و به صورت رستری تهیه شد.

قبل از انجام تجزیه و تحلیل در نرم افزار MaxEnt لازم است، نقشه‌های رستری تهیه شده مورد پردازش اولیه قرار گیرند تا قابلیت روی هم‌گذاری و تحلیل‌های بعدی را داشته باشند این پردازش‌ها عبارتند از: ۱- بررسی وضعیت نرمال بودن داده‌ها: بنابراین تمامی نقشه‌ها بر اساس یک قالب، یکسان‌سازی می‌شوند و این کار، در نرم افزار Arc GIS با استفاده از دستور Spatial Analyst Tools انجام شد. ۲- بررسی میزان همبستگی داده‌ها: آنالیز MaxEnt نیاز به متغیرهایی دارد که با هم همبستگی ندارند. چنانچه دو یا چند متغیر دارای همبستگی بیش از ۰/۸ باشند حذف یکی از آن‌ها از فهرست متغیرهای وارد شونده به آنالیز MaxEnt الزامی است. این کار، در نرم افزار Arc GIS با استفاده از فرمان Spatial Analyst Tools Multivariate-Band Collection statistics انجام شد در این پژوهش از آنجایی که میزان همبستگی بین متغیرها محیط زیستی کمتر از ۰/۸ بود، غیر از نقشه جهت، پس متغیر جهت از آنالیز حذف شد. در این پژوهش برای اجرای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از ۷۵ درصد نقاط حضور به صورت تصادفی برای ساخت مدل و از ۲۵ درصد باقی مانده برای ارزیابی نتایج مدل (Shi et al., ۲۰۲۳) استفاده شد در قسمت Settings برای اینکه ما بتوانیم داده‌های تست داشته باشیم باید حتما گزینه Random Seed تیک دار باشد و در قسمت Random test percentage میزان داده‌های تست را مشخص می‌کنیم (۲۵ یا ۳۰) در این پژوهش برای نمونه برداری تصادفی از روش CrossValidation و ده بار تکرار (مکسنت محدودیتی برای میزان تکرار ندارد) استفاده شد سپس مدل Run شد.

نتایج

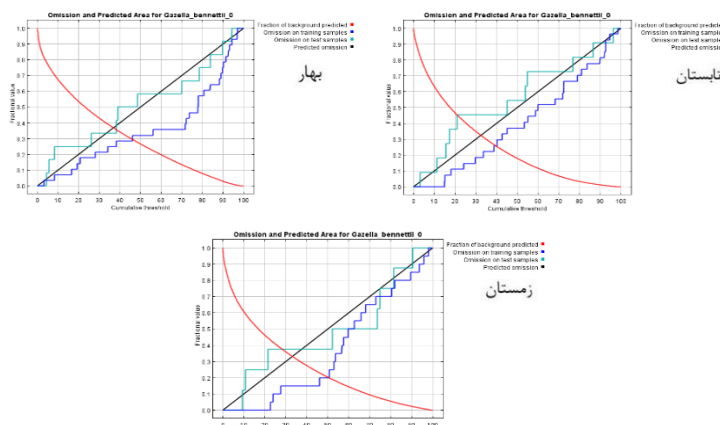
اولین نموداری که در خروجی مکسنت ملاحظه می‌شود، یک گراف است که میزان حذف (از قلم افتادگی)^۱ و منطقه پیش‌بینی شده بعنوان تابعی از آستانه تجمعی نمایش داده شده است میزان حذف بر پایه ۷۵ درصد از نقاط حضور گونه‌ها که برای اجرای مدل استفاده شده بود و ۲۵ درصد از داده‌های حضور که عنوان داده‌های آزمون مدل به کار رفته بود، محاسبه گردید. می‌توان گفت این نمودار میزان Omission Error را برای هر دو داده، Test و Trining نشان می‌دهد Omission Error یا FalseNegative (کمتر از اندازه واقعی یا نرخ حذف) زمانی اتفاق می‌افتد که گونه در مکانی وجود دارد و ما مشاهده کردیم و مطمئن هستیم گونه در آنجا وجود دارد ولی مدل به ما می‌گوید که گونه در آنجا نیست. در این گراف، خط سیاه خطی است که MaxEnt در نظر گرفته و نشانه پیش‌بینی از قلم افتادگی است، که برای انجام آزمون مدل از آن استفاده می‌شود و Error در آن صفر است خط سبز میزان Error

^۱ omission rate



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

برای داده‌های Test و خط آبی میزان Error برای داده‌های Training نشان می‌دهد. هر چه خط سبز و آبی به خط سیاه نزدیک و زیر آن باشند میزان Error کمتر است و نتیجه بهتر است و در این مطالعه میزان Omission Error برای داده‌های Training کمتر از داده‌های Test است و تحلیل نرخ حذف و ناحیه پیش‌بینی شده به عنوان تابعی از آستانه تجمعی (Phillips et al., ۲۰۰۶)، نشان داد که نرخ حذف به نرخ پیش‌بینی شده نزدیک می‌باشد که این وضعیت مبین این است که مدل استفاده شده دارای قابلیت زیادی برای استفاده در مطالعات بیشتر می‌باشد (شکل ۲).



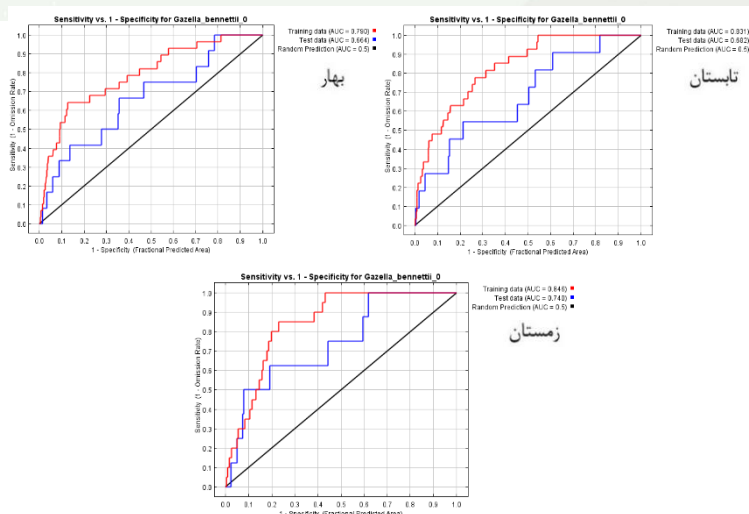
شکل (۲): منحنی میزان حذف و منطقه پیش‌بینی شده برای گونه جبیر

نمودار ROC (بررسی اعتبار مدل)

در نمودار ROC، خط قرمز پیش‌بینی مدل بر اساس ۷۵ درصد از داده‌های آموزشی (Training data) که برای اجرای مدل استفاده گردیده می‌باشد و مقدار AUC برای گونه در سه فصل بهار، تابستان و زمستان به ترتیب برابر است با ۰/۷۹۰، ۰/۸۳۱ و ۰/۸۴۶ که عملکرد و دقت مناسب مدل را نمایش می‌دهد. همچنین خط سیاه رنگ نشان دهنده پیش‌بینی حضور گونه به صورت تصادفی ($AUC = 0.5$) بوده و خط آبی پیش‌بینی مدل بر اساس ۲۵ درصد از داده‌ها (Test data) که برای سنجش اعتبار مدل استفاده شده می‌باشد (AUC در سه فصل بهار، تابستان و زمستان برای جبیر به ترتیب برابر است با ۰/۶۶۴، ۰/۶۸۲ و ۰/۷۴۰). بر این اساس، الگوریتم حداکثر آنتروپی به طور معنی داری ($P < 0.001$) قدرت پیش‌بینی بسیار خوبی را برای پیش‌بینی حضور گونه‌ها ارائه نموده است. شکل ۳ عملکرد مدل‌سازی الگوریتم حداکثر آنتروپی را با استفاده از منحنی ROC نشان می‌دهد.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت



شکل (۳): منحنی گیرنده عامل مشخصه (ROC) برای گونه جبر

سهم نسبی متغیرها (اهمیت متغیرهای به کار رفته در مدل)

MaxEnt درصد سهم نسبی هر متغیر را در پیش‌بینی، برای ما مشخص می‌کند سهم بالاتر، تاثیر بیشتر آن متغیر خاص را بر پیش‌بینی حضور آن گونه نشان می‌دهد. در این مطالعه نتایج حاصل از الگوریتم حداکثر آنتروپی برای جبر در فصل بهار، تابستان و زمستان به ترتیب: ارتفاع دارای بیشترین سهم نسبی (۴۳/۹ درصد) با اهمیت جایگشت (۲۲ درصد)، روستا دارای بیشترین سهم نسبی (۲۷/۵ درصد) با اهمیت جایگشت (۲۳/۱ درصد)، ارتفاع دارای بیشترین سهم نسبی (۳۳/۹ درصد) با اهمیت جایگشت (۳۷/۲ درصد) در مدل می‌باشد و به عنوان مهمترین پارامتر غیرزنده تأثیرگذار در توزیع گونه و همچنین ساخت نقشه پیش‌بینی شناخته شد.

آزمون جک نایف

نتایج حاصل از جک نایف دقت اجرای مدل را با هر متغیر خاص به تنهایی نشان می‌دهد و آن را با سایر متغیرهای دیگر مقایسه می‌کند. این مسئله از این جهت مهم است که تعیین می‌کند کدام یک از متغیرها سهم بیشتری را در اجرای مدل به تنهایی ایفا می‌کند. برای جبر متغیر پوشش گیاهی، فاصله از روستا و شیب به ترتیب برای فصل بهار، تابستان و زمستان مهمترین نقش را در اجرای مدل به تنهایی ایفا می‌کنند.

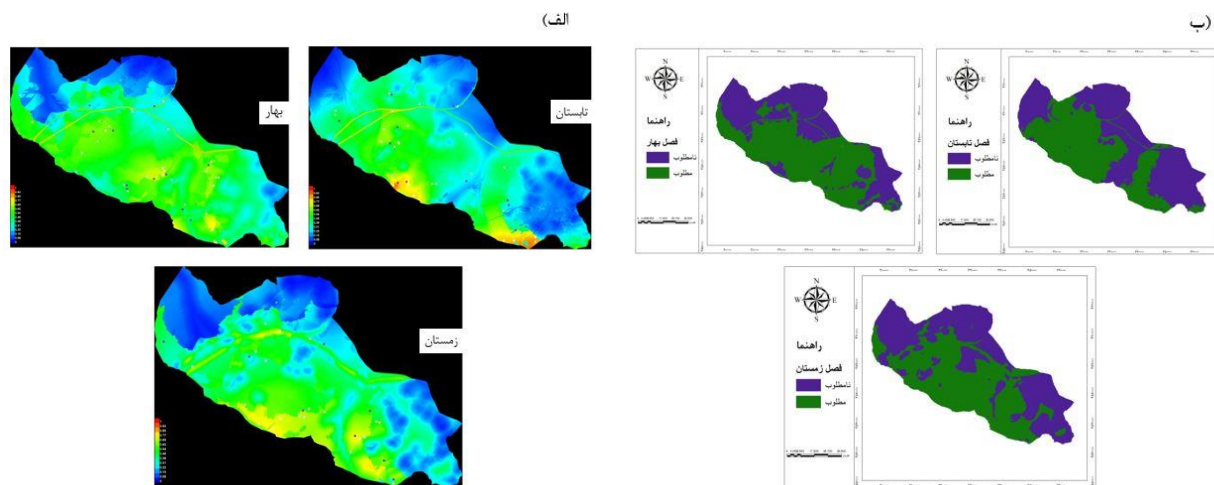


اولین همایش ملی
پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

منحنی‌های پاسخ

منحنی‌های پاسخ، علاوه بر اینکه احتمال حضور گونه‌ها را با هر متغیر می‌سنجد، روابط همبستگی پنهان بین آن متغیر خاص با سایر متغیرها را نیز مد نظر قرار می‌دهد که در قسمت زیر به نتایج متغیرهای تاثیرگذار با توجه به بیشترین سهم روی گونه اشاره می‌شود. به‌عنوان مثال در فصل بهار با فاصله گرفتن از مناطق دارای پوشش گیاهی مطلوبیت زیستگاه گونه کاهش می‌یابد، پوشش گیاهی مهم‌ترین متغیر در پراکنش جبیر در این منطقه است.

خروجی نرم افزار مکسنت برای نمایش مطلوبیت زیستگاه یک گونه، یک نقشه رستری پیوسته با مقادیر بین ۰-۱ می‌باشد (شکل ۴-الف). در این نقشه جاهایی که خیلی مطلوب است و احتمال حضور گونه زیاد است با رنگ قرمز نشان داده شده است، جاهایی که با رنگ آبی است احتمال حضور گونه صفر و نشان دهنده احتمال پایین تر از شرایط مطلوب است و جاهایی که به رنگ سبز است مشخص کننده شرایطی است که گونه در آن یافت شده است.



شکل (۴): الف- نقشه حضور گونه جبیر به صورت مقادیر پیوسته ب- نقشه طبقه‌بندی شده تناسب زیستگاه گونه جبیر (مطلوب و نامطلوب)

اما معمولاً نمایش اطلاعات به صورت طبقه‌بندی‌های گسسته مطلوب‌تر است. برای مثال ممکن است هدف فقط نمایش دو مقدار مشخص باشد: مطلوبیت زیستگاه یا عدم مطلوبیت زیستگاه. در این موارد باید راجع به اینکه چه آستانه‌ای به منزله مرز زیستگاه مطلوب و نامطلوب در نظر گرفته شود، تصمیم‌گیری گردد. هیچ قانون مشخصی برای این آستانه‌ها وجود ندارد و اینکه چطور راجع به یک آستانه تصمیم‌گیری شود به منظور استفاده از داده‌ها یا هدف از تهیه نقشه بستگی دارد و از گونه‌ای به گونه دیگر بسیار متغیر



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

است. تصمیم‌گیری نهایی در این خصوص نیاز به در نظر گرفتن تمامی اوضاع و داشتن درک عمیقی از گونه‌های مورد مطالعه دارد (Young et al., ۱۹۹۳). مکسنت مقادیر آستانه را بر پایه اندازه‌گیری‌های مختلف آماری انجام می‌دهد. در پژوهش حاضر از آستانه حداکثر طبقه‌بندی صحیح نقاط حضور با درصد طبقه‌بندی نقاط شبه‌عدم‌حضور که یک آستانه توصیه شده برای این پژوهش‌ها می‌باشد، استفاده گردید که برابر ۰.۱۴۰ بوده است. سپس نقشه به‌دست آمده در مکسنت بر اساس این آستانه در نرم افزار Arc GIS مجدداً طبقه‌بندی گردید. نهایتاً خروجی مکسنت که یک فایل ASCII بود به یک فایل رستر در نرم افزار Arc Map تبدیل شد و مجدداً طبقه‌بندی گردید نقشه تناسب زیستگاهی با توجه به بررسی و مطالعات انجام شده و نظرات کارشناسان به دو طبقه مطلوب و نامطلوب تقسیم شد. طبقه نامطلوب ذکر شده شامل نواحی می‌شود که احتمال حضور گونه‌ها کمترین مقدار بوده در حالی که نواحی مطلوب شامل نواحی می‌شود که مورد استفاده گونه‌ها بوده یا بطور بالقوه قابلیت زندگی گونه‌ها در آن‌ها وجود داشته است. میزان درصد زیستگاه مطلوب برای فصل بهار، تابستان و زمستان برای گونه جبیر در منطقه به ترتیب برابر است با ۵۵/۱۳، ۴۶/۷۴ و ۵۰/۵۱ و همچنین درصد زیستگاه نامطلوب برای فصل بهار، تابستان و زمستان به ترتیب برابر با ۴۴/۸۷، ۵۳/۲۶ و ۴۹/۴۹ است.

بحث و نتیجه‌گیری

مدل‌های مطلوبیت زیستگاه می‌توانند نقش مهمی در فرایند حفاظت از حیات وحش به‌ویژه حفاظت گونه‌های در معرض تهدید داشته باشند. با استفاده از این مدل‌ها می‌توان مناطق با زیستگاه مطلوبیت بالاتر را در هر فصل در سطح هر یک از مناطق تحت مدیریت شناسایی و نسبت به اتخاذ تصمیمات مناسب مدیریتی نظیر افزایش گشت‌ها در یک منطقه خاص، انتخاب مناطق مناسب برای انتقال گونه و ... مبادرت نمود (Williams, ۲۰۰۳). در نمودار ROC، پیش‌بینی مدل بر اساس ۷۵ درصد از داده‌های آموزشی Training data، مقدار AUC برای گونه جبیر ۰/۷۹۰، ۰/۸۳۱ و ۰/۸۴۶ که عملکرد و دقت مناسب مدل را نمایش می‌دهد. پیش‌بینی مدل بر اساس ۲۵ درصد از داده‌های Test data، AUC در سه فصل بهار، تابستان و زمستان برای جبیر برابر با ۰/۶۶۴، ۰/۶۸۲ و ۰/۷۴۰ می‌باشد. طبق نتایج حاصل از الگوریتم حداکثر آنتروپی برای جبیر در فصل بهار، تابستان و زمستان به ترتیب: ارتفاع دارای بیشترین سهم نسبی (۴۳/۹ درصد) با اهمیت جایگشت (۲۲ درصد)، روستا دارای بیشترین سهم نسبی (۲۷/۵ درصد) با اهمیت جایگشت (۲۳/۱ درصد)، ارتفاع دارای بیشترین سهم نسبی (۳۳/۹ درصد) با اهمیت جایگشت (۳۷/۲ درصد) در مدل می‌باشد و به عنوان مهم‌ترین پارامتر غیرزنده تأثیرگذار در توزیع گونه و همچنین ساخت نقشه پیش‌بینی شناخته شد. در این مطالعه بیش‌ترین مساحت زیستگاه مطلوب جبیر به ترتیب در فصل بهار، زمستان و تابستان می‌باشد. سرهنگ‌زاده و اکبری در سال ۱۳۹۷ به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جبیر با استفاده از نقاط حضور، از روش تحلیل فاکتور آشیان اکولوژیک (ENFA) بهره‌گیری شد. جبیر تمایل به زندگی در زیستگاه‌هایی در محدوده ارتفاعی ۵۷۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا، شیب ۵ تا ۳۰ درصد، جهت جغرافیایی شمال، نزدیک چشمه‌ها، آبراهه‌ها و کوهپایه‌ها و تیپ‌های گیاهی تاغ، اشنان و درمنه دارد. بر اساس مدل‌سازی انجام شده ۳۳/۵۸ درصد از وسعت نابیندان، زیستگاه مطلوبی برای جبیر است. رادنژاد و همکاران سال ۱۳۹۴ مدل‌سازی توزیع پراکنش آهوی گواتردار در پارک ملی بمو با روش MAXENT ارزیابی کردند.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

از ۱۵ متغیر زیست جغرافیایی ناهمبسته استفاده شد. نقشه لجستیک پیش‌بینی پراکنش بالقوه زیستگاه گونه نشان داد که بیش‌تر زیستگاه‌های مطلوب این گونه در محدوده تنگ چاه محکی، چشمه حاجی محراب و نیز اطراف چاه سرخ و تلمبه بادی می‌باشد. نتایج ارزیابی جک نایف و محاسبه سهم نسبی متغیرها نشان داد که فاصله از آبشخور، تیپ پوشش گیاهی، فاصله از نقاط حضور پلنگ و زمین‌شناسی مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر توزیع آهو می‌باشد.

منابع

- انصاری، ا. و طهماسبی، م. ۱۴۰۱. بررسی تنوع گونه‌ای جانوران پارک ملی منطقه هفتادقله اراک. مجله علمی پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی، سال ۱۱، شماره ۳، صفحات ۴۳-۵۴.
- **Vieira-Alencar, J. P., Bolochioc, B. E., Carmignotto, A., Sawaya, R.J., Silveira, L., Valdujog, P., Nogueira, C., & Nori, J. (۲۰۲۳).** How habitat loss and fragmentation are reducing conservation opportunities for vertebrates in the most threatened savanna of the World. *Perspectives in Ecology and Conservation*, ۷ (۲۰۲۳): ۱-۷.
- کیانیان، ع.، شیخی نیلانلو، ص. و ابراهیمی، ا. ۱۳۹۷. تغییرات تنوع و تراکم جمعیت پرندگان آبی و کنار آبی در تالاب سد شیرین سو. مجله علمی- پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی، سال ۷، شماره ۳، صفحات ۴۵-۵۷.
- ملکیان، م.، عظیمی، ا. و پورمنافی، س. ۱۴۰۰. مدل‌سازی مطلوبیت و اولویت‌بندی عوامل تخریب زیستگاه درنای معمولی (*Grus grus*) در اکوسیستم‌های آبی استان مرکزی. فصلنامه علمی محیط‌زیست جانوری، سال ۱۳، شماره ۱، صفحات ۱۲۹-۱۳۸.
- **Grande, T. O., Aguiar, L. M., & Machado, R. B. (۲۰۲۰).** Heating a biodiversity hotspot: connectivity is more important than remaining habitat. *Landsc. Ecol.*, ۳۵ (۲۰۲۰): ۶۳۹-۶۵۷.
- مروتی، م.، کرمی، م.، کابلی، م.، روستا، ز. و شرکائی، م. ۱۳۹۳. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش (*Ovis orientalis*) مهم‌ترین طعمه یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) با استفاده از روش حداکثر آنتروپی در پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر در استان یزد. فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری، سال ۶، شماره ۴، صفحات ۱۳۵-۱۴۹.
- ضیایی، ه. ۱۳۹۰. راهنمای صحرایی پستانداران ایران. کانون آشنایی با حیات وحش، تهران.
- جمشیدی، ر.، ایمانی، ج.، رمضانی، م. و ریاضی، ب. ۱۳۹۸. تأثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب جمعیت‌های جبیر (*Gazella bennettii*) در پارک ملی کویر. فصلنامه محیط‌زیست جانوری، سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱۵-۲۲.
- سرهنگ‌زاده، ج. و اکبری، ح. ۱۳۹۷. مدل‌سازی مطلوبیت بالقوه زیستگاه جبیر (*Gazella bennettii shikarii*) در پناهگاه حیات‌وحش ناپندان. مجله علمی- پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی، سال ۷، شماره ۳، صفحات ۵۹-۷۰.
- مروتی، م.، بهنود، م.، بهادری، ف. و عارف‌کیا، ع. ۱۳۹۸. ارزیابی مطلوبیت زیستگاه جبیر (*Gazella bennettii*) با استفاده از روش HEP (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده سنگ‌مس). فصلنامه محیط‌زیست جانوری، سال ۱۱، شماره ۳، صفحات ۲۱-۲۸.



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

- شرکت مهندسين مشاور جامع ايران. ۱۳۸۸. مطالعات طرح مدیریت پناهگاه حیات وحش دره انجیر. گزارش شماره دو (زمین شناسی و

ژئومورفولوژی)، صفحه ۵.

- Shi, X., Wang, J., Zhang, L., Chen, Sh., Zhao, A., Ning, X., Fan, G., Wu, N., Zhang, L., & Wang, Z. (۲۰۲۳). Prediction of the potentially suitable areas of *Litsea cubeba* in China based on future climate change using the optimized MaxEnt model. *Ecological Indicators*, ۱۴۸ (۲۰۲۳): ۱- ۱۳.

- Phillips, S., Robert, J., Andersonb, P., Robert, C., & Schapired, E. (۲۰۰۶). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model*, ۱۹۰: ۲۳۱- ۲۵۹.

- Young, T. P., & Evans, M. R. (۱۹۹۳). Alpine vertebrates of Mount Kenya, with particular notes on the rock hyrax. *Journal of the East Africa Natural History Society and National Museum*, ۸۲ (۲۰۲): ۵۵- ۷۹.

- Williams, A. K. (۲۰۰۳). The influence of probability of detection when modeling species occurrence using GIS and survey data: Virginia Polytechnic Institute and State University, ۲۸۱ p.

- رادنژاد، ه.، مشتاقی، م.، عمویان، ا. و جمالی، ا. ۱۳۹۴. مدلسازی توزیع پراکنش آهو ی گواتردار (*Gazella subgutturosa*) در پارک ملی بمو با روش حداکثر آنتروپی MAXENT. فصلنامه محیط زیست جانوری، سال ۸، شماره ۲، صفحات ۱۷- ۲۴.

Evaluation of *Gazella bennettii* habitat suitability using Maxent model (case study: DareAnjir Wildlife Refuge)

Maryam Morovati^۱, Fatemeh Bahadori Amjaz^{۲*}

^۱ Associate Professor, Department of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Iran

^۲ MSc.assessment and land use planning, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Iran (fateme.bahadori^{۱۵}@gmail.com)

Abstract

Destruction of habitats is one of the most important threats to wildlife and an important part of species extinction is due to habitat destruction. Conservation of habitat is one of the most important factors in protecting species. This study was carried out with the aim of determining the habitat desirability of the *Gazella bennettii* species and the factors affecting its presence in the Dare Anjir Wildlife Refuge during the years ۲۰۲۱ to ۲۰۲۲ with the maximum entropy modeling method and with the help of Maxent software. The layers of information used to model the Anjir Valley area include height, slope, direction, distance from water sources, vegetation, distance from the village, distance from asphalt roads, and distance from dirt roads. Saving species presence points for modeling was done in Microsoft Office Excel ۲۰۱۶ program in csv (comma delimited) format. The results of Maxent modeling for Dare Anjir Wildlife Refuge showed that the most important effective factor in habitat desirability for *Gazella bennettii* species in the spring and winter season is the variable height, in the summer season is the variable distance from the village, which is the most important non-living parameter for the species. It was recognized in the distribution of the



دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، تهران، ایران
وزارت محیط زیست، شهرسازی و معماری، تهران، ایران
وزارت محیط زیست، تهران، ایران

اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

species as well as the construction of the prediction map. The AUC value of the training data for the species in the three seasons of spring, summer and winter is equal to ۰,۷۹۰, ۰,۸۳۱ and ۰,۸۴۶ respectively, and the AUC value of the test data in the three seasons of spring, summer and winter for jebeer is equal to ۰,۶۶۴, ۰,۶۸۲ and ۰,۷۴۰. In this study, the most suitable habitat area for jebeer species belongs to spring, winter and summer respectively.

Key words: Habitat, *Gazella bennettii*, Modeling, Dare Anjir Wildlife Refuge.