**مقاله پژوهشی**

# ارزیابی مطلوبیت زیستگاه کفتار (*Hyaena hyaena*) با استفاده از روش حداکثر آنتروپی (منطقه مورد مطالعه: منطقه حفاظت‌شده باغ شادی در استان یزد)


- **مریم مروتی***: گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
  پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
- **مهدیه ابراهیمی**: گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
- **فاطمه بهادری‌امجز**: گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران


تاریخ دریافت: آبان ١٣٩٨ تاریخ پذیرش: بهمن ١٣٩٨

## چکیده

**از آن‌جایی که تعیین میزان مطلوبیت زیستگاه‌های حیات‌وحش دارای اهمیت به‌سزایی در برنامه‌های حفاظت و مدیریت حیات‌وحش می‌باشد و با توجه به اهمیت نقش گونه کفتار در پاکسازی طبیعت (خوردن حیوانات مرده) و جلوگیری از انتشار آلودگی و بیماری‌ها، این مطالعه با هدف ارزیابی مطلوبیت زیستگاه کفتار در منطقه حفاظت شده باغ شادی در استان یزد با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه انجام شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از منابع آبی، جوامع گیاهی، فاصله از روستا، ژئوگرافی، خاک، هیپستومتری به‌عنوان عوامل محیطی موثر در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه تعیین گردید و جهت ارزیابی مطلوبیت زیستگاه گونه کفتار، همراه با نقاط حضور گونه، وارد نرم‌افزار مکسنت شدند. با توجه به مدلسازی انجام شده و براساس نتایج به‌دست آمده، طبق آزمون جک‌نایف سطح زیرمنحنی برای متغیر پوشش گیاهی نسبت به متغیرهای دیگر مقدار بیش‌تری به‌دست آمد و به‌عنوان مهم‌ترین متغیر موثر بر مطلوبیت زیستگاه کفتار شناخته شد. با توجه به جدول سهم نسبی متغیرها به‌دست آمده از مدل، متغیر منابع آب دارای بیش‌ترین سهم نسبی (٨٤/٤ درصد) و اهمیت جایگشت (٦١/٦درصد) در مدل تعیین گردید و به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر غیرزنده تاثیرگذار در توزیع گونه و ساخت نقشه پیش‌بینی شناخته شد. هم‌چنین نتایج سطح زیر منحنی (AUC) برای داده‌های آموزشی (٠/٨٧٠) نشان داد کارایی و قدرت پیش‌بینی مدل برای توزیع گونه کفتار در سطح عالی است. لذا نتایج این پژوهش، علاوه بر پیش‌بینی توزیع مکانی کفتار و یافتن نواحی جدید مساعد حضورگونه، به نوبه خود می‌تواند به اقدامات مدیریتی حفاظت این گونه نیز کمک کند.**

**کلمات کلیدی:** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه، حداکثر آنتروپی، کفتار، منطقه حفاظت شده باغ شادی



* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mymorovati@ardakan.ac.ir

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544



## مقدمه

کفتار به‌عنوان گونه‌ای متعلق به راسته گوشت‌خواران، جز اساسی و منحصر به فرد اکوسیستم می‌باشد (Burton و Burton، ۱۹۷۰). با توجه به این‌که کفتار نقش مهمی درکنترل آلودگی‌ها، جلوگیری از انتشار بیماری‌ها و پاک سازی محیط‌زیست دارد و نیز در زمینه ایجاد تعادل بوم‌شناسی اهمیت زیادی دارد (Hofer و Mills، ۱۹۹۸)، لذا انقراض آن می‌تواند آثار سوء و مخربی بر اکوسیستم داشته باشد. هم‌چنین، این حیوان به‌عنوان عضوی از راسته گوشت‌خواران، در رأس هرم غذایی قرار داشته و به‌عنوان جزء اساسی و منحصر به فرد اکوسیستم‌ها مورد توجه می‌باشد. با وجود این، اطلاعات کافی درباره نحوه زندگی و به ویژه پراکنش آن در دست نیست (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵).متاسفانه در کشور به‌علت در دسترس نبودن اطلاعات پیرامون کفتار و عدم شناخت مردم از آن گونه همواره شایعاتی واهی و ترس بی‌دلیل از این جانور وجود دارد که سبب شده اکثر مردم کشور نسبت به این حیوان رفتار نامناسب و کینه‌ای داشته باشند. همین امر خود می‌تواند دلیلی برای مطالعه بیش‌تر این جانور باشد (ضیایی، ۱۳۸۷). کفتار در اکثر مناطق کشور و در زیستگاه‌های مختلف از جمله بیابان، استپ و کوهستان یافت می‌شود، اما در شمال و شمال‌غربی ایران فراوانی اندکی دارد. تاکنون پژوهش پیوسته‌ای در مورد وضعیت زیستگاه کفتار در سطح ایران صورت نگرفته است بنابراین حفاظت از این گونه مستلزم پژوهش‌های بوم‌شناسی وشناسایی دقیق زیستگاه‌های آن است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). شناسایی نیازهای زیستی و غیرزیستی حیات‌وحش نیاز مبرم برای حفظ و مدیریت حیات‌وحش است. یکی از بهترین روش‌ها برای حفاظت از گونه‌ها، حفاظت از زیستگاه آن‌ها است و برای حفاظت از این زیستگاه‌های مورد استفاده ابتدا باید به شناسایی آن‌ها پرداخت. برای شناسایی زیستگاه نیز باید نیازهای زیستی و غیرزیستی حیات‌وحش را شناخت (شعاعی و همکاران، ۱۳۹۵). منابع آبی و غذایی دو فاکتور مهم در توزیع کفتار می‌باشند. این گونه، زیستگاه‌هایی با غذای کافی و آب در دسترس در فاصله ۱۰ کیلومتری را بیش‌تر ترجیح می‌دهد (Kruuk، ۱۹۷۶). با توجه به این که موجودات زنده تحت تأثیر تغییرات زیستگاه قرار دارند، لذا انهدام و نابودی زیستگاه، نابودی موجودات زنده را به‌دنبال خواهد داشت (شیخی‌ئیلانلو و همکاران، ۱۳۹۵). ارزیابی و پیش‌بینی تهدیدات زیستگاه‌ها، یکی از چالش‌انگیزترین ابعاد برنامه‌ریزی حفاظت به‌دلیل پیش‌بینی ناپذیری، تغییر گسترده و کمبود اطلاعات موجود راجع به ارتباطات کارکردی فرآیندهای بوم‌شناختی و آثار آن‌ها در اکوسیستم‌های مختلف می‌باشد. به‌همین منظور، برای برنامه‌ریزی حفاظت مؤثر، نیاز است تا کارشناسان حفاظت، درک و فهم درستی از تهدیدات تنوع زیستی داشته باشند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۴). ارزیابی زیستگاه مناسب برای پراکنش جانوران یکی از راه‌های دستیابی به اهداف حفاظت از تنوع زیستی می‌باشد (سنچولی، ۱۳۹۷). از روش‌های مدل‌سازی می‌توان برای اهداف متفاوتی از جمله تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها (Vantoor و همکاران، ۲۰۱۱)، پیش‌بینی روند گسترش گونه‌ها در سطح یک منطقه (Giovanelli و همکاران، ۲۰۱۰) و هم‌چنین پیش‌بینی مناطق پر خطر از بروز تعارض بین گونه‌های حیات‌وحش و آنان (Leung و همکاران، ۲۰۰۲) سود برد. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه، مدل‌های آماری هستند که توزیع جغرافیایی گونه‌ها یا جوامع را به محیط‌زیست آن‌ها مرتبط می‌کند (کرمی و شایسته، ۱۳۹۶). اساس کار این مدل‌سازی‌های زیستگاهی کمی کردن روابط بین توزیع گونه و محیط زنده و غیرزنده است. تعیین این روابط وابسته به مشاهدات صحرایی از حضور و یا عدم حضور گونه و متغیرهای زیستگاهی است که تداعی کننده عناصر تشکیل دهنده آشیان بوم‌شناختی گونه مورد نظر است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). مدل‌سازی زیستگاه، به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری در مدیریت گونه‌ها سبب می‌شود تا بتوان علاوه بر آگاهی از عوامل زیست‌محیطی تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه یک گونه و ترتیب اهمیت آن‌ها، زیستگاه‌های مطلوب برای گونه را در سطح مناطق تحت حفاظت مشخص نموده و نسبت به اتخاذ اقدامات مدیریتی مناسب اقدام نمود (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۷). برای شناخت آثار فعالیت‌های انسان و بررسی تغییرات یک زیستگاه لازم است که بتوان ارزیابی زیستگاه را به‌صورت کمی انجام داد. از این‌رو نیاز به‌روش‌هایی است که به کمک آن‌ها بتوان زیستگاه را ارزیابی کرده و در طول زمان کاهش کیفیت آن را برآورد نمود. بدین‌منظور روش‌های ارزیابی و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه از سال ۱۹۷۰ تاکنون با گستردگی روزافزونی در ارزیابی و مدیریت زیستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند (دانشی و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه برای مدل‌سازی زیستگاه حیات‌وحش از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود، اساس انتخاب مدل را به سه عامل عمومیت‌پذیری، دقت و صحت مرتبط دانسته است. سه گروه از مدل‌ها در دسترس می‌باشد که عبارتند از: مدل‌های مکانیکی، مدل‌های تجربی و مدل‌های تحلیلی. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه معمولاً جزو گروه مدل‌های تجربی قرار می‌گیرند (یالپانیان و همکاران، ۱۳۹۳). ازجمله این روش‌ها می‌توان به‌روش حداکثر آنتروپی بیشینه (Maxent) اشاره کرد (مروتی و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعات نشان دادند که مدل‌سازی به شیوه حداکثر آنتروپی (Maxent)، همانند دیگر شیوه‌ها یا حتی بهتر از آن عمل می‌کند. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های بسیار رایج یادگیری ماشین است و کاربرد این قاعده توسط قوانین ترمودینامیک فرایندهای بوم‌شناختی حمایت می‌شود (Philips و همکاران، ۲۰۰۶) و برای ترسیم

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544

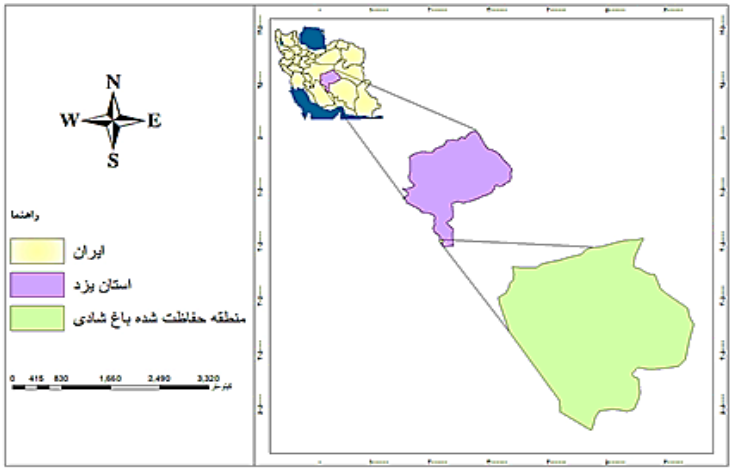


پراکندگی‌های گونه و تراکم زیستگاه مفید است (Baldwin، ۲۰۰۹). این روش فقط نیازمند نقاط حضور گونه‌ها است و می‌توان هم متغیرهای وابسته پیوسته و هم کلاسه‌بندی شده را در مدل‌سازی مورد توجه قرار داد (مروتی و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های حضور گونه بیانگر آشیان بالفعل گونه است و مدل‌های زیستگاه بر مبنای داده‌های حضور، آشیان بوم‌شناختی بالفعل گونه‌ها را پیش‌بینی می‌کند. از طرف‌دیگر، آشیان بنیادی که گسترده‌تر است، بیش‌تر مورد توجه است و هنگامی نشان داده می‌شود که فقط پاسخ گونه نسبت به تغییرات زیستگاه پیش‌بینی شود. آشیان بنیادی، تابعی از فیزیولوژی و محدودیت‌های محیطی است (قندالی و همکاران، ۱۳۹۲). هدف از این مطالعه تعیین زیستگاه مطلوب گونه کفتار، تعیین عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه و تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه در منطقه حفاظت‌شده باغ شادی با استفاده از روش حداکثر آنتروپی است.

## مواد و روش‌ها

**منطقه مطالعاتی:** منطقه حفاظت‌شده باغ شادی در جنوب استان یزد واقع شده و مساحت آن ۱۱۶۶۵ هکتار می‌باشد. این محدوده در بین عرض‌های جغرافیایی "۵۰ ′۴۲ °۲۹ و"۴۱ ′۵۰ °۲۹ و طول جغرافیایی "۵۰ ′۴۲ °۵۴ و "۰۰ ′۱۴ °۵۴ واقع و فاصله آن تا مرکز استان ۲۷۰ کیلومتر است. بخش عمده منطقه را اراضی پر شیب کوهستانی و تپه‌ماهوری تشکیل داده است. حداقل ارتفاع منطقه حفاظت شده باغ شادی ۱۸۴۰ متر از سطح دریا و مرتفع‌ترین بخش آن ۲۶۶۴ متر در نیمه غربی می‌باشد (مصلح‌آرانی و همکاران، ۱۳۹۵). دسترسی به منطقه حفاظت‌شده باغ شادی از طریق جاده منشعب از جاده آسفالته‌هرات به نیریز است. به‌لحاظ پوشش گیاهی ایران- تورانی و دارای اقلیم خشک می‌باشد. پوشش گیاهی آن از تراکم و تنوع قابل توجه (بنه، بادام کوهی، کیکم، کلاه میرحسن، چوبک، ارژن، زیره سیاه، گز) برخوردار است. دارای ۱۵۷گونه گیاهی‌شامل ۴۴ خانواده و ۱۱۲ جنس است و از این میان ۱۴ گونه دارای ارزش حفاظتی هستند. حیات‌وحش آن شامل ۱۷ گونه از پستانداران‌و ۵۳ گونه از پرندگان و مرکز تکثیر گوزن زردایرانی است(اداره‌محیط‌زیست استان یزد، ۱۳۹۷).

**گونه مورد مطالعه:** گونه کفتار با نام علمی *Hyaena hyaena* دارای جثه شبیه سگ، سر بزرگ، قوی‌ترین آرواره را در میان جانوران دارند، گوش‌ها نسبتاً بزرگ و نوک‌دار، دم متوسط و پرمو است.دست‌ها قوی و از پاها بلندتر است. یال بلند و سیاه رنگی در ناحیه پشت گردن و روی ستون مهره‌ها تا ناحیه دم دارد. زیستگاه آن مناطق کوهستانی، استپی، بیابانی و بلوچی است و در اکثر مناطق ایران به‌جز مناطق خزری و آذربایجان پراکندگی دارد. شبگرد است، به‌صورت انفرادی و گاهی جفت و خانوادگی زندگی می‌کند.از لاشه حیوانات اهلی و وحشی، تخم پرندگان، پستانداران کوچک، خزندگان، تخم لاک پشت دریایی و حشرات و هم‌چنین میوه‌هایی مانند هندوانه و خرما تغذیه می‌کند. احتمالاً در زمستان جفت‌گیری می‌کند و آبستنی حدود ۹۰ روز است. کفتارها دشمن طبیعی خاصی ندارند، گاهی توسط پلنگ شکار می‌شوند (ضیائی، ۱۳۹۰).




**شکل۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه حفاظت‌شده باغ شادی در ایران و استان یزد**

**روش کار:** این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار Maxent نسخه ۳,۳,۳e انجام شد. اطلاعات مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل در این نرم‌افزار را می‌توان به دو دسته اطلاعات شامل نقاط ثبت حضور گونه و لایه‌های اطلاعاتی یا متغیرهای محیط‌زیستی پیش‌بینی کننده طبقه‌بندی کرد. Maxent لایه‌های اطلاعاتی متغیرهای محیطی و نقاط حضور گونه را ترکیب کرده و نقاط تصادفی پیش زمینه خود را تولید می‌کند سپس یک مدل توزیع گونه با آمار و نمودارهای همراه به‌صورت خروجی ارائه می‌دهد.

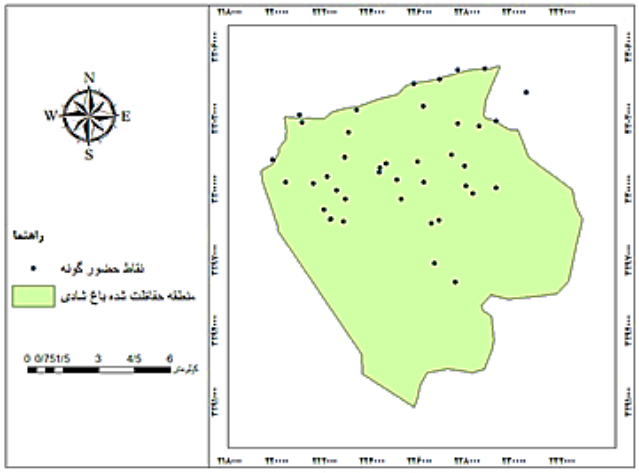
**ثبت نقاط حضور گونه:** برای ثبت داده‌های حضور از مشاهده مستقیم گونه، نمایه (سرگین) و ردپا کفتار در جریان بازدیدهای میدانی استفاده شد. این بازدیدها از پاییز ۱۳۹۷ تا تابستان ۱۳۹۸ صورت گرفت. مختصات حضور گونه با استفاده از GPS ثبت گردید که در مجموع ۴۰ نقطه حضور در منطقه مورد مطالعه در طول تحقیق ثبت شد. سپس این نقاط در برنامه Excel به فرمت csv ذخیره و آماده ورود به نرم‌افزار Maxent گردید.

**متغیرهای محیط‌زیستی:** در این مطالعه، با توجه به ویژگی‌های رفتاری و بوم‌شناختی گونه کفتار متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از منابع آبی، جوامع گیاهی، فاصله از روستا، ژئوگرافی، خاک، هیپستومتری که حضور و عدم حضور گونه به آن‌ها بستگی دارد، برای

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544



مدل‌سازی استفاده شد. آنالیز مکسنت نیاز به متغیرهایی دارد که با هم همبستگی ندارند اگر دو متغیر وابستگی بالایی داشته باشند هر دو با یک ضریب در مدل نهایی ظاهر خواهند شد (اگر همبستگی بیش از ۰،۸ باشد حذف یکی از متغیرها الزامی است). این کار، در نرم‌افزار Arc GIS با استفاده از فرمان Spatial Analyst Multivariate انجام شد. در این پژوهش بین متغیرهای محیطی همبستگی وجود نداشت. هم‌چنین روش حداکثر آنتروپی تا حدودی زیادی به نرمال بودن و یکسان بودن داده‌های اولیه (مختصات، تعداد سطر و ستون و ...) حساسیت دارد و عدم رعایت این اصل سبب انحراف از محاسبات صحیح و تولید خروجی بی اعتبار خواهد شد. بنابراین تمام نقشه‌ها بایدبراساس یک قالب یکسان‌سازی شودو این کار درنرم‌افزار Arc GIS با استفاده از دستور Spatial Analyst Tools انجام شد.تمامی لایه‌های محیطی پیش‌بینی کننده به شکل رستری و با فرمت ASCII تهیه و سپس وارد آنالیز MAXENT شدند.




**شکل۲: نقشه پراکنش نقاط حضور گونه کفتار در منطقه مورد مطالعه**

### مدل‌سازی الگوریتم حداکثر آنتروپی با استفاده ازنرم‌افزار MAXENT:

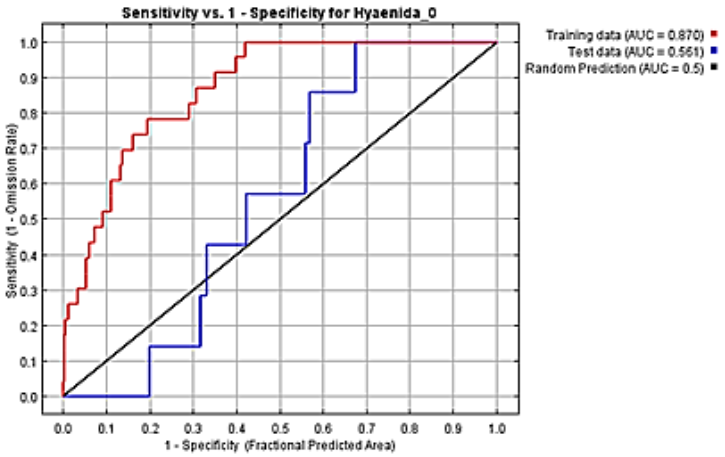
مدل‌سازی پراکنش کفتار به‌منظور پیش‌بینی مناطق با احتمال حضور گونه با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه و استفاده از نرم‌افزار مکسنت انجام شد. ابتدا در نرم‌افزار داده‌های حضور به داده‌های ارزیابی کننده (۲۵٪) و داده‌های آموزشی (۷۵٪) تقسیم شد. سپس لایه‌های متغیرهای ذکر شده همراه با نقاط حضور گونه وارد آنالیز maxent شدند. برای حساسیت‌سنجی مدل و مشخص کردن متغیرهای مهم در پراکنش، از متغیر آماری تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده (ROC) و از تحلیل جک‌نایف و برای ارزیابی نتایج مدل‌سازی استفاده شد. برای نمونه‌برداری تصادفی از روش Cross Validation (نمونه‌برداری بدون جایگزین نمونه‌های برداشت شده) استفاده شد. با انتخاب عدد ۱۰، در قسمت مربوط به تکرار، نرم‌افزار اجرا و نقشه پراکنش کفتار تهیه و هم‌چنین نقشه میانگین پیش‌بینی شده به‌عنوان نقشه نهایی ارائه شد. سپس نقشه مطلوبیت به‌دست آمده به دو طبقه مطلوب و نامطلوب کلاس‌بندی شد.

## نتایج

**AUC (سطح زیر منحنی):** مساحت زیر منحنی (AUC) عدد ۱ را نشان دهد، به معنای پیش‌بینی کامل و بدون حذف هیچ‌کدام از نقاط حضور گونه است. هم‌چنین AUC بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیانگر مدل خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است. اگر این مقدار برابر با ۰/۵ باشد، ROC نشان‌دهنده یک پیش‌بینی تصادفی است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). سطح زیر منحنی مربوط به مدل‌سازی پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌ای گونه کفتار برابر با ۰/۸۷۰ به‌دست آمد (جدول ۱) لذا مدل دارای قابلیت اعتماد در سطح عالی هست.

**جدول۱: مقادیر AUC برای داده های Test و Training**

| بازه | AUC داده‌های آزمون | AUC داده‌های آموزشی |
|---|---|---|
| سال ۹۸-۱۳۹۷ | ۰/۵۶۱ | ۰/۸۷۰ |




**شکل۳: منحنی ROC محاسبه شده برای حضور گونه کفتار در منطقه مورد مطالعه**

**سهم نسبی متغیرها:** یکی دیگر از خروجی‌های مدل مکسنت، جدول درصد اهمیت پارامترهای خروجی است. در این مطالعه طبق نتایج حاصل، سهم هریک از متغیرها در جدول ۲ آمده است. که متغیر منابع آبی با سهم نسبی ۸۴/۴ و با اهمیت جایگشت ۶۱/۶، با داشتن بیش‌ترین سهم نسبی عنوان مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار در توزیع گونه را به خود اختصاص داد.

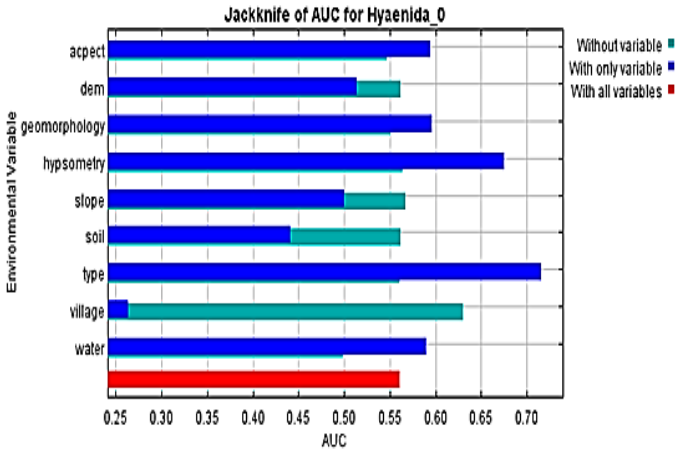
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544



**جدول۲: سهم نسبی پیش‌بینی کننده هر متغیر محیطی در تخمین حضور گونه کفتار در منطقه مورد مطالعه**

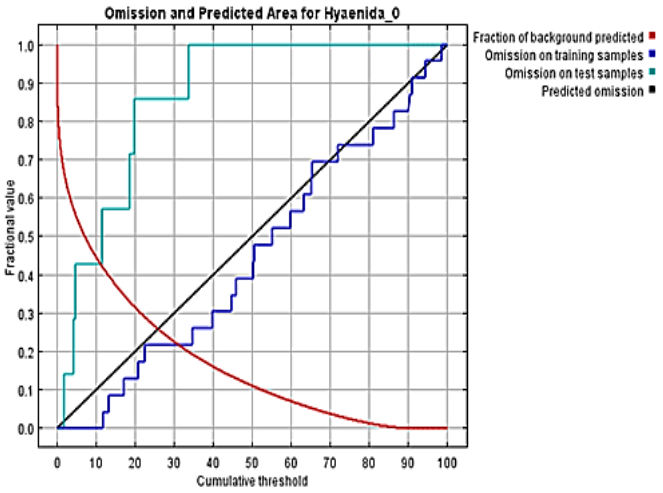
| متغیرهای | سهم درصدی | سهم مشارکت متغیرها (اهمیت جایگشت) |
|---|---|---|
| منابع آبی | ۸۴/۴ | ۶۱/۶ |
| فاصله از روستا | ۵/۱ | ۱۸/۷ |
| جهت | ۳/۴ | ۰/۸ |
| ژئوگرافی | ۳ | ۱۱/۶ |
| شیب | ۲/۷ | ۳/۱ |
| پوشش گیاهی | ۱ | ۰ |
| هیپستومتری | ۰/۵ | ۴/۳ |
| ارتفاع | ۰ | ۰ |
| خاک | ۰ | ۰ |

**آزمون جک‌نایف:** آزمون جک‌نایف نتیجه‌دیگری است که نشان می‌دهد یک متغیر محیطی در مکسنت چقدر اهمیت دارد. این متغیرهای تأثیرگذار و مهم در پراکنش گونه کفتار می‌تواند دربرگیرنده اطلاعات مفیدی درباره زیستگاه گونه باشد. طبق آزمون جک‌نایف از بین ۹ متغیر درنظر گرفته‌شده متغیر پوشش گیاهی اثر بیش‌تری برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه کفتار داشته است.




**شکل ۴: نمودار آزمون جک‌نایف، برای متغیرهای زیست‌محیطی در منطقه مورد مطالعه**

**نمودار تجمعی:** یک گراف است که میزان Omission Erorr را برای داده‌های Test و Trining نشان می‌دهد. Omission Erorr (نرخ حذف) زمانی اتفاق می‌افتد که گونه در مکان وجود دارد و مشاهده می‌شود و اطمینان هست که گونه در آن مکان وجود دارد ولی مدل می‌گوید که گونه در آن‌جا نیست. در این گراف، خط سیاه را مکسنت درنظر گرفته و Erorr در آن صفر است خط سبز میزان Erorr برای داده‌های Test و خط آبی میزان Erorr برای داده‌های Trining را نشان می‌دهد. هرچه خط سبز و قرمز به خط سیاه نزدیک و زیر آن باشد میزان Erorr کم‌تر و نتیجه بهتر است. در این مطالعه میزان Omission Erorr برای داده‌های Trining کم‌تر از داده‌های تست است و تحلیل نرخ حذف و ناحیه پیش‌بینی شده به‌عنوان تابعی از آستانه تجمعی، نشان داد که نرخ حذف به نرخ پیش‌بینی شده نزدیک می‌باشد و این وضعیت نشان می‌دهد که مدل استفاده شده دارای قابلیت زیادی برای مطالعات بیش‌تر است.

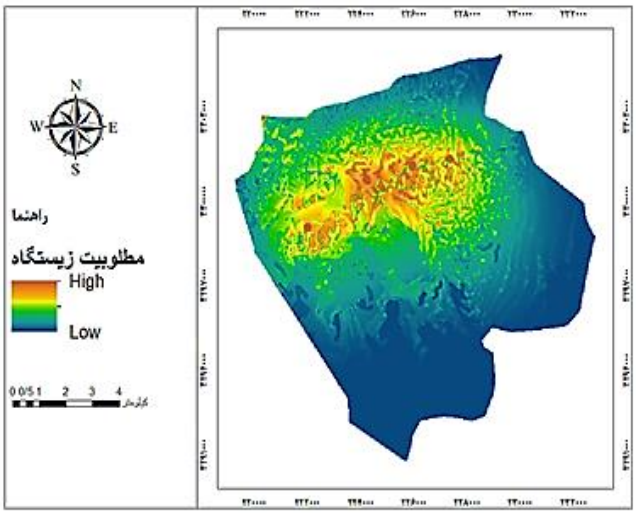



**شکل۵: منحنی میزان Omission Erorr برای حضور گونه کفتار در منطقه مورد مطالعه**

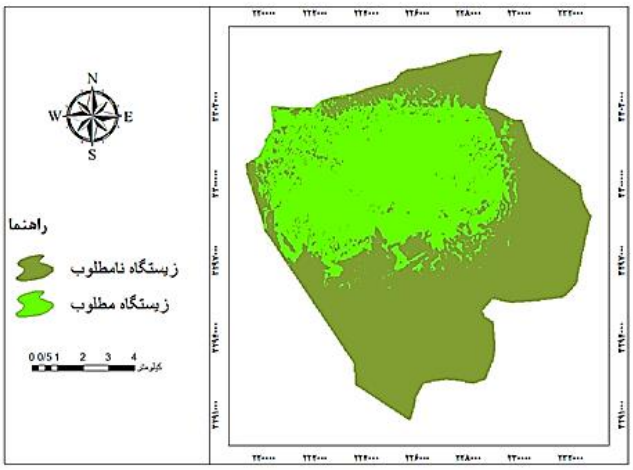
**نقشه پیش‌بینی توزیع کفتار (نقشه تناسب زیستگاه):** نقشه تناسب‌زیستگاه به‌دست آمده مطلوبیت آن از صفر تا یک تغییر می‌کند. نواحی مطلوب که احتمال حضور کفتار در آن زیاد است با رنگ قرمز مشخص‌شده است و نواحی که احتمال حضور کفتار صفر است با رنگ آبی نشان داده شده است و نواحی که به رنگ سبز است احتمال حضور گونه از ۲۳٪ تا ۷۷٪ تغییر می‌کند. با استفاده از مدل مکسنت نقشه‌ای از تناسب و مطلوبیت زیستگاه ارائه شد (شکل ۶). نقشه تهیه شده براساس آستانه‌ای‌احتمالی‌مشاهده‌گونه کفتار، مجدداً به دو طبقه مطلوب و نامطلوب طبقه‌بندی گردید. طبقه مطلوب شامل نواحی است که مورد استفاده کفتار بوده یا به‌طور بالقوه قابلیت زندگی گونه در آن وجود داردو طبقه‌نامطلوب شامل نواحی است که احتمال حضور کفتار به کم‌ترین مقدار بوده است. با توجه به نتایج مکسنت نواحی دارای احتمال ۴۲/۴۹٪ مشاهده کفتار،به‌عنوان‌نواحی مطلوب و نواحی دارای احتمال ۵۷/۵۱٪ مشاهده شدن کفتار، به‌عنوان نواحی نامطلوب درنظر گرفته شد (شکل ۷). طبق جدول ۳ مساحت زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب کفتار براساس هکتار برای منطقه حفاظت‌شده باغ‌شادی به‌دست‌آمده است.طبق‌این‌جدول بیش‌ترین مساحت زیستگاه مطلوب کفتار، در قسمت شمال منطقه مورد مطالعه واقع شده است.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544






**شکل۶: نقشه مطلوبیت زیستگاه و پیش‌بینی حضور گونه کفتار در منطقه حفاظت شده باغ شادی**




**شکل۷: نقشه طبقه‌بندی شده تناسب زیستگاه (مطلوب و نامطلوب) گونه کفتار در منطقه مورد مطالعه**

**جدول ۳: مساحت زیستگاه مطلوب و نامطلوب گونه کفتار در منطقه مورد مطالعه**

| بازه زمانی | مساحت زیستگاه نامطلوب (هکتار) | مساحت زیستگاه مطلوب (هکتار) |
|---|---|---|
| سال ۹۸-۱۳۹۷ | ۶۷۰۸/۹۰۲ | ۴۹۵۶/۶۶۶ |

## بحث

ارزیابی زیستگاه به‌منظور تعیین نقاط ضعف و قوت یک زیستگاه برای گونه‌های حیات‌وحش امری ضروری به‌نظر می‌رسد (یالپانیان و همکاران، ۱۳۹۳). ارزیابی مناطق بالقوه برای کفتار می‌تواند یکی از گام‌های مؤثر در جهت حفاظت از این گونه باشد. در این مطالعه با توجه به رفتار گونه و پس از بررسی همبستگی بین متغیرها، از ۹ متغیر (ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از منابع آبی، جوامع گیاهی، فاصله از روستا، ژئوگرافی، خاک و هیپسومتری) برای انجام مدل‌سازی استفاده شد، در نهایت بر اساس نتایج حاصل از خروجی مدل مکسنت، با توجه به آزمون جک نایف متغیر پوشش گیاهی به‌عنوان مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر پراکنش کفتار شناسایی شد. بنابراین براساس نتایج مدل می‌توان گفت که افزایش در این متغیر شرایط را برای استقرار توزیع این گونه فراهم می‌کند. مطلوبیت زیستگاه کفتار با سطح زیر منحنی (AUC) برای AUC داده‌های آموزشی ۰/۵۶۱ و AUCداده‌های ارزیابی‌کننده ۰/۸۷۰می‌باشد.طبق جدول‌سهم نسبی،متغیر منابع آبی بیش‌ترین تأثیر را در پراکنش گونه داشته است لذا به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر غیرزنده تأثیرگذار در توزیع گونه و همچنین ساخت نقشه پیش‌بینی شناخته شد. بررسی روش‌های مطلوبیت زیستگاه با توجه به چگونگی پراکندگی گونه در آن منطقه می‌تواندکمک‌مؤثری در امر مدیریت آن گونه داشته باشد (Williams، ۲۰۰۳). به‌طورکلی نتایج این مطالعه حاکی از موفقیت‌آمیز بودن الگوریتم آنتروپی بیشینه در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کفتار در منطقه حفاظت شده باغ شادی است. لذا پیشنهاد می‌گردد با تقویت و مدیریت پوشش گیاهی و منابع آبی در این منطقه به ازدیاد این گونه با ارزش کمک شود. ازجمله مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است، خاکی صحنه و همکاران (۱۳۹۵) به مدل‌سازی نیازمندی‌های زیستگاهی کفتار راه‌راه (*Hyaena hyaena*) در منطقه حفاظت‌شده لشگر در استان همدان با استفاده از رگرسیون منطقی دوتایی پرداختند. نتیجه این پژوهش حاکی از آن بود که ارتفاع و تیپ زیستگاهی، فاصله از مناطق مسکونی و شدت تغییر کاربری زمین در تعیین زیستگاه مطلوب گونه نقش به‌سزایی دارد. رضائی و همکاران (۱۳۹۵) به‌منظور مشخص شدن وضعیت بوم‌شناختی نواحی لانه گزینی کفتار راه راه (*Hyaena hyaena*) در منطقه‌حفاظت‌شده هفتاد قله اراک،از روش‌آنتروپی بیشینه (Maxent) استفاده کردند. بدین‌منظور، از ۳۰ نقطه لانه و تعداد ۱۱ متغیر تأثیرگذار استفاده شد. اعتبارسنجی مدل با استفاده از رویکرد آماری ROC انجام گرفت. نتایج نشان داد که مدل پیش‌بینی مناطق لانه گزینی گونه موفق بوده است (AUC=۰/۷۶). براساس نتایج حاصل از حساسیت‌سنجی، متغیرهای کاربری اراضی (مرتع‌داری)، ارتفاع، شیب و تیپ‌های ژئومورفولوژی منطقه بیش‌ترین تأثیر را درلانه‌گزینی کفتار داشته‌اند. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۶) به پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌ای کفتار راه راه (*Hyaena hyaena*) در پاسخ به تغییرات اقلیمی در ایران پرداختند.لایه‌های‌متغیر اقلیمی در هشت مدل توزیع گونه‌ای در بسته آماری ( sdm GLM, GAM, BRT, SVM, RF

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544



MARS, CART,FDA) در نرم‌افزار R مورد استفاده قرار گرفتند. پس از تعیین پتانسیل‌های زیستگاهی کفتار راه‌راه توسط هشت‌مدل مذکور، بهترین مناطق برای پراکنش این گونه در ایران با بهره‌گیری از مدل ترکیبی (Ensemble) مشخص شد. یافته‌های این بررسی نشان داد متغیرهای دمای متوسط سالانه، بارش فصلی، بارش گرم‌ترین فصل از اهمیت بالایی برخوردارند. مدل‌های RF, CART, MARS, BRT GAM, GLM عموماً مناطق مرکزی ایران و مدل‌های SVM و FDA مناطق حاشیه‌ای دریای خزر را به‌عنوان بهترین مناطق برای توزیع گونه‌ای کفتار راه راه پیش‌بینی کردند. نتایج مدل ترکیبی نشان داد مناسب‌ترین مناطق برای پراکنش کفتار راه‌راه مناطق نیمه خشک و استپی مرکزی ایران است.

## منابع


۱. **ابراهیمی، ا.؛ احمدزاده، ف. و نعیمی، ب.، ۱۳۹۶.** پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌ای کفتار راه‌راه (*Hyaena hyaena*) در پاسخ به تغییرات اقلیمی در ایران. فصلنامه علوم محیطی. دوره ۱۵، شماره ۴، صفحات ۲۱۵ تا ۲۳۲.

۲. **خاکی، ص.؛ علیزاده‌شعبانی، ا.؛ کابلی، م.؛ نوری، ز. و یاری، ع.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی نیازمندی‌های زیستگاهی کفتار راه‌راه (*Hyaena hyaena*) در منطقه حفاظت‌شده لشگر در، استان همدان. پژوهش‌های محیط‌زیست. سال ۷، شماره ۱۳، صفحات ۱۱ تا ۲۰.

۳. **دانشی، س.؛ سخنگو، ف. و بهروزی‌راد، ب.، ۱۳۹۷.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در منطقه حفاظت شده خائیز در فصل زادآوری با استفاده از روش HEP. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۲۳ تا ۳۲.

۴. **رضائی، س.؛ نادری، س. و کرمی، پ.، ۱۳۹۵.** بررسی وضعیت بوم‌شناختی نواحی لانه‌گزینی کفتار راه‌راه (*Hyaena hyaena*) در منطقه حفاظت‌شده هفتاد قله اراک با استفاده از روش آنتروپی بیشینه. محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۷۰، شماره ۲، صفحات ۳۵۱ تا ۳۶۲.

۵. **جمشیدی، ر.؛ ایمانی‌هرسینی، ج.؛ رمضانی، م. و ریاضی، ب.، ۱۳۹۷.** تأثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب جمعیت‌های جبیر (*Gazella bennettii*) در پارک ملی کویر. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱۵ تا ۲۲.

۶. **سنچولی، ن.، ۱۳۹۷.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه (Reptilia: Sauria) *Lacerta media* در ایران. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۳، صفحات ۱۰۱ تا ۱۰۴.

۷. **شعاعی، ا.، قلی‌پور، م.، رضایی، ح. و یارمحمدی‌بربرستانی، ث.، ۱۳۹۵.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus saxicolor*, Pocock 1927) با روش آنتروپی بیشینه (Maxent) در پارک ملی تندوره طی فصول تابستان و پاییز. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۹، شماره ۱، صفحات ۲۱ تا ۳۰.

۸. **شیخی‌ئیلانلو، ص.؛ معین‌الدینی، م.؛ قلی‌پور، م.؛ شیخی، ع. و کراچی، ه.، ۱۳۹۵.** ارزیابی زیستگاه کوکر شکم سیاه (*Pterocles orientalis*) باروش آنتروپی بیشینه در پناهگاه حیات‌وحش شیراحمد سبزوار. محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران. دوره ۶۹، شماره ۱، صفحات ۲۳۱ تا ۲۴۵.

۹. **ضیائی، ه.، ۱۳۹۰.** راهنمای صحرائی پستانداران ایران. کانون آشنایی با حیات‌وحش. تهران. ۴۱۶ صفحه.

۱۰. **قندالی، م.؛ علیزاده، ا.؛ کرمی، م. و کابلی، م.، ۱۳۹۲.** ارزیابی زیستگاه گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) در پارک ملی کویر با استفاده از روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی. نشریه محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران. دوره ۶۷، شماره ۲، صفحات ۱۸۵ تا ۱۹۴.

۱۱. **کرمی، م.؛ ریاضی، ب. و کلانی، ن.، ۱۳۸۵.** بررسی پراکنش فصلی کفتار راه‌راه ایرانی (*Hyaena hyaena*) در پارک ملی خجیر. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۹۹ تا ۱۰۴.

۱۲. **کرمی، پ. و شایسته، ک.، ۱۳۹۶.** بررسی آشیان بوم‌شناختی قوچ و میش (*Ovis oriantalis*) در مناطق حفاظت‌شده لشگردر- گلپرآباد، الوند- چال خاتون- راسوند و پلنگاب. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۱۰، شماره ۴، صفحات ۶۵ تا ۷۴.

۱۳. **کرمی، پ.؛ کمانگر، م. و حسینی، م.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) در منطقه شکار ممنوع قراویز و استان کرمانشاه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران). جلد ۲۹، شماره ۳، صفحات ۳۴۰ تا ۳۵۲.

۱۴. **مروتی، م.؛ کابلی، م.؛ پناهنده، م.؛ سرباز، م. و احمدیان، ش.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی زیستگاه یوزپلنگ آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در ایران با استفاده از نرم‌افزار MAXENT. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۹، شماره ۱، صفحات ۱۳ تا ۲۰.

۱۵. **مصلح‌آرانی، ا.؛ ملاخلیلی، م.ح. و کیانی، ب.، ۱۳۹۵.** بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در افت‌زدگی درختچه‌های بادام کوهی، در زاگرس مرکزی (مطالعه موردی جنگل باغ شادی هرات، یزد). مجله تحقیقات جنگل‌های زاگرس. سال ۳، شماره ۱، صفحات ۷۵ تا ۸۶.

۱۶. **میرزایی، ر.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ همامی، م.ر. و رضایی، ح.، ۱۳۹۴.** تعیین الگوی مکانی تهدیدات تنوع‌زیستی در سطح سیمای سرزمین (مطالعه موردی: استان گلستان). بوم‌شناسی کاربردی. سال ۴، شماره ۱۱، صفحات ۷۹ تا ۹۰.

۱۷. **یالپانیان، ع.؛ کرمی، م.؛ شمس‌اسفندآباد، ب. و مخفی، گ.، ۱۳۹۳.** ارزیابی زیستگاه گرگ خاکستری (*Canis lupus*) در منطقه

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544



حفاظت شده خانگرمز استان همدان با استفاده از روش MaxEnt.
فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال ۷، شماره ۲، صفحات ۱۹ تا ۳۰.

۱۸. **Baldwin, R.A. and Bender, L.C., 2008.** Den-Site Characteristics of Black Bears in Rocky Mountain National Park, Colorado. The Journal of Wildlife Management. Vol. 72, No. 8, pp: 1717-1724.

۱۹. **Burton, M. and Burton, R., 1970.** The International Wildlife Encyclopedia, B.P.C. Vol. 18, pp: 4.

۲۰. **Giovanelli, J.G.; de Siqueira, M.F.; Haddad, C.F. and Alexandrino, J., 2010.** Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: How the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. Ecological Modelling. Vol. 221, No. 2, pp: 215-224.

۲۱. **Kruuk, H., 1976.** Feeding and social behaviour of the striped hyaena (*Hyaena vulgaris* Desmarest). African Journal of Ecology. Vol. 14, No. 2, pp: 91-111.

۲۲. **Leung, B.; Lodge, D.M.; Finnoff, D.; Shogren, J.F.; Lewis, M.A. and Lamberti, G., 2002.** An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. Vol. 269, No. 1508, pp: 2407-2413.

۲۳. **Mills, M.G.L. and Hofer, H., 1998.** Hyaenas. status and Conservation Action plan. Iucn/SSC Hyaena. Specialist Group. Iucn. Gland, switzer land and cambridge, UK. Vol. 155, pp: 10.

۲۴. **Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling. Vol. 190, No. 3-4, pp: 231-259.

۲۵. **van Toor, M.L.; Jaberg, C. and Safi, K., 2011.** Integrating sex-specific habitat use for conservation using habitat suitability models. Animal Conservation. Vol. 14, No. 5, pp: 512-520.

۲۶. **Williams, A.K., 2003.** The influence of probability of detection when modeling species occurrence using GIS and survey data: Virginia Polytechnic Institute and State University. 281 p.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.121544

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

# Evaluation of *Hyaena hyaena* habitat suitability using Maximum Entropy Method (Study Area: Bagh Shadi Protected Area in Yazd province)


- **Maryam Morovati*:** Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran. Medicinal and Industrial Plants Research Institute, Ardakan University, Ardakan, Iran
- **Mahdeia Ebrahimi:** Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
- **Fatemeh Bahadori Amjas:** Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran


Received: October 2019 Accepted: January 2019

**Key words:** Habitat Suitability Assessment, Maximum Entropy, hyena, Bagh-e Shadi Protected Area


# Abstract

Since determining the suitability of wildlife habitats have a great importance in wildlife conservation and management programs and considering the importance of the role of *hyena* specie in nature Cleaning (eating dead animals) and to prevent the spread of pollution and disease, the aim of this study was to evaluate the suitability of *hyena* habitat in Yazd province, Bagh-e Shadi natural protected area, using maximum entropy algorithm. According to studies, variables such as altitude, slope, direction, distance from water sources, vegetation communities, distance from village, geography, soil, and hypsometry were identified as effective environmental factors in determining habitat suitability of species. Then Maxnet software was used to evaluate the habitat suitability of the *hyena* species with the species presence points. According to done the modeling and based on the obtained, results, according to the Jackknife test, Area under the curve for vegetation variable was higher than the other variables and It was identified as the most important variable affecting the suitability of *hyena* habitat. According to the table the relative contribution The obtained variables from the model, the water resource variable had the highest relative share (84.4%) and permutation importance (61.6%) and it was identified as the most important non-living parameter affecting species distribution and prediction mapping. Also the area under curve (AUC) results for the training data (0.870) showed the efficiency and predictive power of the model for the distribution of *hyena* species is in the highest level. Therefore, the results of this study, in addition to predicting the spatial distribution of *hyena* and finding new favorable areas of presence, can contribute to the management measures of conservation of this species.


* Corresponding Author's email: mymorovati@ardakan.ac.ir