13 (1) 1-10, Spring 2021

Journal of Animal Environment

(AEJ)

Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Evaluation of the habitat of striped hyaena (*Hyaena hyaena*) using aggregation method in the Shaho mountain Domain of Kermanshah province

Mohammad Hossein Falahati [1]***, Saman Falahati**** [2]***, Peyman Karami*** [2]

[1] *General Department of Environmental Protection of Kermanshah, Kermanshah, Iran*

[2] *Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran*

Key Words:

Striped hyena (*Hyaena hyaena*)
Distribution
Ensemble method
Shaho
Kermanshah

Abstract

Introduction: The striped hyena (*Hyaena hyaena*) is a global scale endangered species and has a high risk of local extinction in its population, therefore, investigation and evaluation of its habitat for covered areas seems necessary. This study was done to investigate the distribution status of this species in the Shaho Mountain domain in Kermanshah province.

Materials & Methods: In this study, after collecting species presence points, habitat variables including slope direction, elevation, distance from rangelands, distance from agricultural land, distance from main road, residential density, ecotone, slope percentage and view shed was identified and used in the analysis. In this regard, firstly, using single-class support vector machine models the habitat of the species was modeled.

Result: By confirming the validity of the model output through AUC criteria was used from the binary output of the model in order to provide quasi-absence sites 10 times the presences points within almost 5 km distance. Then maximum entropy models (MaxEnt), Back-Propagation (BP) Neural Network model (BP-ANN), and two-class support vector machine (SVM) were then used for modeling. The validity of which were calculated as 0.97, 0.97, 0.89 respectively. Then, all models were used in an aggregation scenario according to the weight obtained from model validation (AUC). Model sensitization was performed using random forest method.

Conclusion: The results showed that the variables; view shed, road distance and distance from the fields were the most important habitat variables affecting the striped hyena habitat in the region.

* Corresponding Author's email: samanfalahati1992@gmail.com

Received: 11 January 2020; Reviewed: 17 April 2020; Revised: 7 May 2020; Accepted: 19 May 2021

(DOI): 10.22034/aej.2020.131945

مقاله پژوهشی

ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه (*Hyaena hyaena*) با استفاده از روش تجمیع در دامنه کوه شاهو استان کرمانشاه

محمدحسین فلاحتی[۱]، سامان فلاحتی[۲]، پیمان کرمی[۲]*

[۱] اداره کل حفاظت محیط‌زیست شهرستان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

[۲] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

کلمات کلیدی:
کفتار راه راه
پراکنش
روش تجمیع
شاهو
کرمانشاه

چکیده

مقدمه: کفتار راه راه (*Hyaena hyaena*) درمقیاس جهانی گونه‌ای درمعرض خطر است و در محدوده جمعیت خود با خطر انقراض‌های محلی رو به رو است از این‌رو بررسی و ارزیابی زیستگاه آن برای مناطق تحت پوشش امری ضروری به‌نظر می‌رسد. این مطالعه به‌منظور بررسی وضعیت توزیع این گونه در دامنه کوه شاهو واقع در استان کرمانشاه انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه پس از جمع‌آوری نقاط حضور گونه، متغیرهای زیستگاهی شامل جهت شیب، ارتفاع، فاصله از مراتع، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از جاده اصلی، تراکم مناطق مسکونی، اکوتون، درصد شیب و میدان دید شناسایی و در تحلیل وارد شدند. در این راستا ابتدا با استفاده از مدل‌های تنها حضور ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه زیستگاه گونه مدل‌سازی گردید.

نتایج: با تایید اعتبار خروجی مدل به‌وسیله معیار AUC از خروجی باینری مدل برای تهیه نقاط شبه عدم حضور به تعداد ۱۰ برابر نقاط حضور با فاصله تقریبی ۵ کیلومتر استفاده شد. سپس از مدل‌های آنتروپی بیشینه (MaxEnt)، مدل شبکه عصبی با پسخور (BP-ANN) و ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه (SVM) برای مدل‌سازی استفاده شد که اعتبار هرکدام به‌ترتیب ۹۷/.، ۹۷/. و ۸۹/. محاسبه گردید. سپس تمام مدل‌ها با توجه به وزن دریافتی از اعتبارسنجی مدل (AUC) در یک سناریو تجمیع استفاده شدند. حساسیت‌سنجی مدل با استفاده از روش جنگل تصادفی انجام گرفت.

نتیجه‌گیری و بحث: نتایج نشان داد که متغیرهای میدان دید، فاصله از جاده و فاصله از مراتع مهم‌ترین متغیرهای زیستگاهی موثر روی زیستگاه کفتار راه راه در منطقه هستند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: samanfalahati1992@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۱ دی ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۲۹ فروردین ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.131945

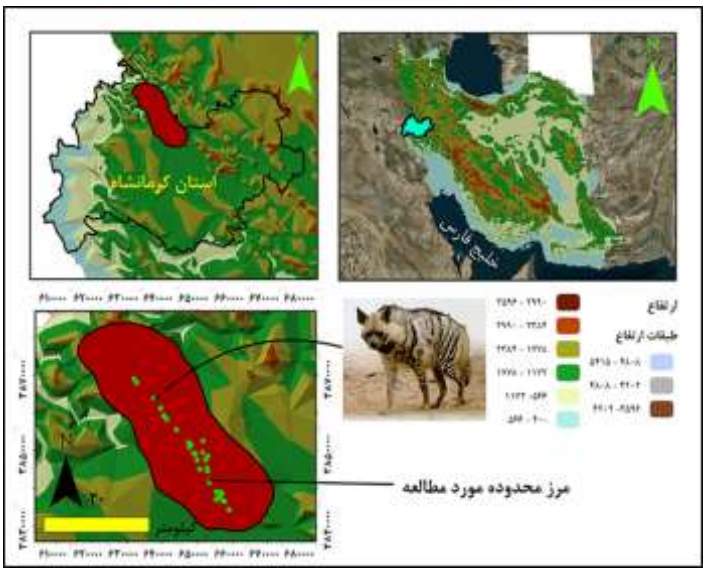
مقدمه

در چند دهه اخیر روند نابودی حیات‌وحش کشور باسرعت بالایی در حال پیشرفت است که این وضع تا حد زیادی ناشی از شکار بی‌رویه بوده اما تخریب و تغییر در طبیعت و زیستگاه‌ها (Falcucci و همکاران، ۲۰۰۷) پر رنگ‌تر و جبران ناپذیرتر بوده است به‌طوری‌که در ابتدا حیات وحش این اکوسیستم‌ها تحت تاثیر این تغییرات قرار می‌گیرد (Morrison و همکاران، ۲۰۱۲). در بین راسته‌های مختلف پستانداران ایران، گوشت‌خواران به‌دلیل قرار گرفتن در راس هرم غذایی با خطرات مختلفی رو به‌رو هستند که در این بین کفتارها به‌دلیل برخی داستان‌های خرافاتی و هم‌چنین تصادفات جاده‌ای، استفاده از طعمه‌های مسموم و تخریب غارها و پناهگاه‌های آن جمعیت آن‌ها رو به کاهش نهاده است (ضیایی، ۱۳۹۰). خانواده کفتارها شامل ۳ جنس و ۴ گونه: کفتار راه راه (*Hyaena hyaena*)، کفتار خال‌دار (*Crocuta crocuta*)، کفتار قهوه‌ای (*Hyaena brunnea*) و گرگ خاکی (*Proteles tacrista*) می‌باشند (Bruce و همکاران، ۱۹۹۴) که در این بین فقط کفتار راه راه در ایران زندگی می‌کند (ضیایی، ۱۳۹۰) و دامنه پراکنش وسیع‌تری نسبت به سایر گونه‌های کفتار دارد با این‌حال اطلاعات اندکی در مورد وضعیت و بوم‌شناسی این گونه وجود دارد (Alam و همکاران، ۲۰۱۵). کفتار راه راه (*Hyaena hyaena*) پستانداری بزرگ و گوشت‌خوار است که در مناطق آفریقا، خاورمیانه و هند یافت می‌شود (Maurya و همکاران، ۲۰۱۸). این جانور محدوده‌های بزرگی را برای تامین نیازهای خود انتخاب می‌کند به‌طوری‌که اندازه گستره خانگی آن بین ۴۰ تا ۱۰۰ کیلومترمربع می‌باشد (Shamoon و Shapira، ۲۰۱۹). هم‌چنین می‌توان آن‌را در اکوسیستم‌های متنوعی از جمله بیابان‌های خشک تا درختچه‌زارهای متراکم مدیترانه‌ای یافت به‌طوری‌که بیش‌تر بیابان‌های نیمه‌خشک را برای زیستن ترجیح می‌دهد (Rosenberg و همکاران، ۲۰۱۶؛ Akay و همکاران، ۲۰۱۱). در ایران نیز در زیستگاه‌های مختلف از جمله بیابان، استپ و کوهستان یافت می‌شود اما در شمال و شمال‌غرب کشور فراوانی کم‌تری دارد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). کفتار راه راه از نظر وضعیت حفاظتی در فهرست سرخ IUCN در طبقه در معرض تهدید (NT) قرار دارد (Adhikari و همکاران، ۲۰۱۸). این گونه از نظر اکولوژیکی بسیار با ارزش است و در ایجاد تعادل زیستی و پاکسازی محیط نقش اساسی دارد به‌طوری‌که با خوردن لاشه حیوانات تلف‌شده در محیط از انتشار آلودگی‌ها و بیماری‌ها جلوگیری می‌کند (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵). در مورد عادات افراد این خانواده می‌توان گفت که کفتارها موجوداتی بیش‌تر شب فعال هستند که به‌طور معمول پناهگاه خود را در شب‌ها ترک کرده و پیش از طلوع آفتاب به پناهگاه مراجعت می‌کنند. این پناهگاه متناسب با جنسیت نیز تغییر می‌کند معمولاً نرها و ماده‌های بدون فرزند در طول روز در میان غارها، چاله‌ها و بیشه‌های انبوه حضور دارند (Wagner، ۲۰۰۶). وجود این ویژگی‌های رفتاری منجر شده است که مشاهده مستقیم گونه مقداری مشکل باشد شاید به‌همین دلیل مطالعات زیادی درخصوص این گونه و توزیع آن انجام نگرفته است. ازجمله مطالعاتی که در مورد کفتار راه راه در ایران صورت گرفته است پژوهش ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۶) است که به پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌ای کفتار راه‌راه (*Hyaena hyaena*) در پاسخ به تغییرات اقلیمی در ایران با استفاده از لایه‌های ۱۹ متغیر اقلیمی پرداخته است که درنهایت پس از تعیین پتانسیل‌های زیستگاهی کفتار راه راه توسط هشت مدل توزیع گونه‌ای در نرم‌افزار R، بهترین مناطق برای پراکنش این گونه در ایران با بهره‌گیری از مدل ترکیبی (Ensemble) مناطق نیمه‌خشک و استپی مرکزی ایران مشخص شده است. هم‌چنین متغیرهای دمای متوسط سالانه، بارش فصلی، بارش گرم‌ترین فصل از اهمیت بالایی در توزیع این گونه برخوردارند. در مطالعه دیگری که توسط رضایی و همکاران (۱۳۹۷) انجام گرفت مطلوبیت زیستگاه کفتار راه راه، با استفاده از مدل‌های مکسنت و شبکه‌عصبی در منطقه حفاظت‌شده هفتاد قله اراک بررسی شد که به این منظور از ۴۵ نقطه حضور، ۳۰ نقطه عدم‌حضور گونه و ۲۴ نقطه حضور لانه و ۱۶ نقطه عدم‌حضور لانه که به‌عنوان یک نمایه اصلی حضور گونه هست و یازده متغیر محیطی استفاده کردند که بررسی‌ها نشان داد، متغیرهای تیپ پوشش گیاهی، فاصله از چشمه و تیپ خاک براساس نتایج حاصل از حساسیت سنجی جک نایف در مدل مکسنت و متغیرهای جهت، مدل رقومی ارتفاعی و فاصله از قنات به‌ترتیب رتبه نفوذ در شبکه عصبی، به‌عنوان تأثیرگذارترین متغیرها بر مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه شناخته شدند. در خارج از کشور نیز مطالعه Akay و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از GIS و سنجش از دور انجام گرفته است که به بررسی توزیع محلی کفتار راه راه در هاتای ترکیه (شرق مدیترانه) پرداختند. برای این منظور، پایگاه داده GIS تهیه و نقشه‌های دیجیتال با توجه به برخی از عوامل اصلی ازجمله نمایه‌های کفتار راه راه، ارتفاع، شیب، نوع استفاده از زمین، منابع تغذیه‌ای و شبکه‌جاده‌ای در برنامه ArcGIS 9.2 تولید و نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف با استفاده از برنامه ERDAS Imagine نشان داد که نمایه‌های حضور کفتار راه راه اغلب در مناطق مختلف کشاورزی قرار دارد و هم‌چنین مشخص شد که بین نقاط حضور کفتار راه راه و منابع تغذیه‌ای مانند مراکز زباله و مرغداری‌ها در منطقه رابطه فضایی وجود دارد. در مطالعه دیگری Alam و همکاران (۲۰۱۴) مطلوبیت زیستگاه کفتار راه‌راه (*Hyaena hyaena* Linnaeus 1758) در پارک ملی و پناهگاه جیر در استان گجرات هند را موردارزیابی قرار دادند. نقشه‌های ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی برای تولید داده‌های فضایی مربوط

به متغیرهای مختلف مانند نوع جنگل، تراکم جنگل، مجاورت به منابع آبی و اختلالات بالقوه به‌کار گرفته شدند. از مدل Terrain Model برای ایجاد لایه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع استفاده شد و در نهایت نتایج نشان دادند که بیش از ۷۸ درصد منطقه جیر برای این گونه از نظر زیستگاهی بسیار مناسب است. هدف از انجام این مطالعه یافتن الگوی پراکنش کفتار راه راه به‌عنوان گونه‌ای با دامنه پراکندگی وسیع در ایران و تعیین فاکتورهای زیستگاهی موثر بر حضور آن در ارتفاعات شاهو واقع در استان کرمانشاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه: این منطقه از مختصات ۳۴ درجه و ۶۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۸۱ دقیقه طول شرقی آغاز شده و در امتداد شمالی غربی تا ۳۵ درجه و ۰۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی ادامه دارد. وسعت محوده مورد مطالعه برابر ۱۴۷۹۱۶/۸۲ هکتار برآورد شد. این محدوده تمام زیستگاه‌های احتمالی گونه را در بر می‌گیرند و از نظر سیمای سرزمین بیش‌ترین شباهت را به یکدیگر دارند. حداقل ارتفاع منطقه برابر ۱۱۱۲ و حداکثر آن برابر ۳۳۳۲ متر محاسبه گردید. محدوده مورد مطالعه در این بررسی شهرستان‌های کرمانشاه، روانسر، جوانرود و پاوه را در بر گرفته است. این مرز در امتداد کوه‌های خورین شروع شده و ارتفاعات مربوط به شاهو را تحت پوشش خود دارد.



شکل۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه و نقاط حضور در استان کرمانشاه

جمع‌آوری نقاط حضور: نقاط حضور کفتار در این مطالعه با استفاده از بازدیدهای میدانی و مشاهده مستقیم ثبت شدند. به این منظور در بازدیدهای میدانی، لکه‌های اصلی حضور گونه شناسایی شد، سپس تعداد ۴۰ بازدید میدانی از سال ۹۷ تا ۹۸ در محدوده مورد مطالعه به‌عمل آمد که مشاهده مستقیم با استفاده از دوربین چشمی بوشنل ۵۰×۱۰ انجام گرفت. پیمایش‌های میدانی در ارتفاعات مختلف شاهو به انجام رسید و مناطق پیمایش شده برای ثبت نقاط حضور تمام پستی و بلندی‌ها و هم‌چنین مناطق صخره‌ای را شامل می‌شود. تمام نقاط با استفاده از سامانه موقعیت یاب جهانی ثبت شدند. بیش‌ترین تحرکات مشاهده از گونه مورد مطالعه اوایل طلوع آفتاب و پیش از غروب آن در مناطق کم ارتفاع بود در مجموع تعداد ۱۰۰ نقطه حضور برای گونه به ثبت رسید. سپس به‌منظور کاهش خود همبستگی نقاط، تمام نقاطی که در فاصله ۱۰۰ متری قرار داشتند حذف شده و به این ترتیب تعداد ۷۰ نقطه حضور وارد فرآیند مدل‌سازی زیستگاه شد.

انتخاب متغیرهای زیستگاهی: انتخاب متغیرهای زیستگاهی مناسب یکی از بخش‌های مهم مدل‌سازی زیستگاه است. از این رو در این مطالعه سعی شد با توجه به رفتار گونه (ضیایی، ۱۳۸۸)، مطالعات انجام‌گرفته روی گونه (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ رضائی و همکاران، ۱۳۹۶؛ خاکی‌صحنه و همکاران، ۱۳۹۵؛ ایلدرمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ کرمی و همکاران، ۱۳۸۷؛ کرمی و همکاران، ۱۳۸۵؛ Maurya و همکاران، ۲۰۲۰؛ Adhikari و همکاران، ۲۰۱۸؛ Alam و همکاران، ۲۰۱۴؛ Tourani و همکاران، ۲۰۱۲؛ Akay و همکاران، ۲۰۱۱) و نیز بوم‌شناسی گونه در محدوده مورد مطالعه، این پژوهش انجام گرفت. به‌منظور تحلیل رفتار گونه در مناطقی که مستعد حضور هستند از تحلیل میدان دید (Viewshed) استفاده شد. این تحلیل با استفاده از نقاط حضور کفتار و مدل رقومی ارتفاعی محدوده مورد بررسی انجام گرفت. براساس خروجی‌های این تحلیل زیستگاه کفتار به ۲ قسمت اصلی قابل‌روئیت و غیرقابل روئیت تقسیم خواهد شد که پوشش‌دهنده فعالیت‌های مرتبط با امنیت و پناه گونه است. به‌منظور بررسی نحوه استفاده از اکوسیستم‌های مختلف نیز معیار اکوتون تعریف گردید. این متغیر با استفاده از نقشه کاربری-پوشش در نرم‌افزار ادریسی تهیه شد. تراکم سکونتگاه‌های انسانی نیز با استفاده از تحلیل Kernel Density و براساس واحد کیلومترمربع به‌دست آمد. نقشه‌های مربوط به کاربری پوشش استان با استفاده از مطالعات از پیش انجام گرفته روی کاربری پوشش اراضی از معاونت استانداری تهیه شد (معاونت استانداری کرمانشاه، ۱۳۹۸). مدل رقومی ارتفاعی نیز با دقت ۳۰ متر مورد استفاده قرار گرفت و تمام نقشه‌های مورد استفاده در این مطالعه نیز با استفاده از تنظیمات مربوط به محیط پردازش مانند متغیر ارتفاع تهیه و تنظیم شدند تا عمل روی‌هم گذاری نقشه‌ها انجام گیرد. جدول ۱ متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده در این مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول۱: جزییات متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده برای پیش‌بینی توزیع کفتار راه راه

نام متغیر	حداقل ارزش	حداکثر ارزش	منبع تهیه
جهت شیب	۱	۹	مدل رقومی ارتفاعی
ارتفاع	۱۱۲	۳۳۳۲	USGS
تراکم (کرنل) سکونتگاه‌های انسانی	۰	۱/۵۲	نقشه سکونتگاه‌های استان
فاصله از تیپ پوشش مرتعی	۰	۱۴۶۷۶	نقشه کاربری/پوشش اراضی استان
فاصله از جاده	۰	۱۴۹۷۳	نقشه راه‌های استان
فاصله از کاربری زمین‌های دیم	۰	۲۵۹۷۵	نقشه کاربری اراضی استان
پهن زیست مرز (اکوتون)	۰	۱/۲۶	نقشه کاربری/پوشش اراضی استان
درصد شیب	۰	۴۱۷	مدل رقومی ارتفاعی
میدان دید	۰	۱	مدل رقومی ارتفاعی و نقاط حضور

روش ماشین بردار پشتیبان (Support vector machines): این مدل یکی از روش‌های یادگیری ماشینی نسل جدید است که برای طبقه بندی تفکیک بهینه بین کلاس‌های مختلف به‌کار می‌رود. به‌عبارت‌دیگر، پس از مشخص شدن داده‌های ورودی مدل (متغیرهای مستقل) و داده‌های هدف که متغیرهای وابسته هستند، مدل ماشین بردار پشتیبان پس از تجزیه و تحلیل بین متغیرهای مستقل و وابسته، داده‌ها را به گروه‌های متمایزی تقسیم می‌کند (Vapnik، ۱۹۹۵؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). این مدل دارای چندین ویژگی جذاب برای مدل سازها است به‌طوری که این مدل‌ها مبتنی بر آمار هستند و به‌صورت بی‌قاعده با سیستم‌های یادگیری طبیعی مقایسه نمی‌شوند و هم‌چنین آن‌ها از لحاظ تئوری، عملکرد را تضمین می‌کنند (Cristianini و همکاران، ۲۰۰۲). SVM در واقع زمانی کاربرد بهتری دارد که در مدل‌سازی با داده‌های محدودتری روبرو باشیم (Kalantary و همکاران، ۲۰۱۹). روش ماشین‌بردار پشتیبان جهت کاهش عدم اطمینان به‌دنبال تعیین بزرگ‌ترین حاشیه در مرزهای کلاسه‌ها است، هم‌چنین این روش پیش‌بینی احتمال برازش بیش از حد در تصمیم‌گیری‌ها را به حداقل می‌رساند (Jahani و همکاران، ۲۰۲۰).

روش آنتروپی بیشینه: روش ماکزیمم‌آنتروپی یک‌مدل آماری است که فرآیند ارزیابی و مدل‌سازی زیستگاه یک گونه را با استفاده از داده‌های حضور و تعدادی لایه محیطی محاسبه می‌کند و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به‌صورت تابعی از متغیرهای محیط‌زیستی بیان می‌کند. MaxEnt برای به‌دست آوردن توزیع گونه، باید با دو جزء دیگر مدل‌سازی یعنی مدل بوم‌شناختی و مدل داده‌ای ارتباط برقرار کند. (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶). ارزیابی عملکرد این مدل توسط سطح‌زیرمنحنی (AUC=Area Under the ROC Curve) ناشی‌از منحنی عامل‌مشخصه دریافتی (Receiver Operating Characteristic Curve =ROC) اندازه‌گیری شد. مقدار AUC از ۰/۵ تا ۱ متغیر است که مقدار AUC>۰/۹ نشان‌دهنده عملکرد عالی است (Janitza و همکاران، ۲۰۱۳). مدل آنتروپی بیشینه، ازجمله روش‌هایی است که با در اختیار داشتن تعداد کمی از نقاط حضور می‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد و از هر دو دسته متغیرهای گسسته و پیوسته استفاده کند (Garcia و همکاران، ۲۰۱۳؛ Hoffman و همکاران، ۲۰۰۸). از دیگر مزایای این مدل این است که در بین تمام مدل‌های توزیع گونه‌ای با توجه به ظرفیت تحلیلی عالی و دقت بالا در پیش‌بینی توزیع گونه‌های مختلف بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Elith و همکاران، ۲۰۰۶) هم‌چنین این مدل در برابر خطاهای مکانی رخ داده در داده‌ها تا حدودی مقاوم است و از جهت‌گیری نمونه‌برداری‌ها جلوگیری به‌عمل می‌آورد (Kogo و همکاران، ۲۰۱۹؛ Graham و همکاران، ۲۰۰۸).

روش شبکه عصبی با پسخور(Back-Propagation (BP) Neural Network): شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، یک مدل تحلیلی غیرخطی است و شامل بسیاری از واحدهای محاسباتی ساده است که شبکه با پسخور یکی از پرکاربردترین مدل‌های آن است (Ghritlahre و همکاران، ۲۰۱۸). معمولاً شبکه عصبی با پسخور شامل لایه‌های ورودی، خروجی و پنهان است. نورون‌ها بین لایه‌های مجاور توسط یک عامل وزنی به‌هم پیوسته اند. لایه‌های شبکه با پسخور با تغییر وزن نورون‌ها، خطای نهایی را می‌توانند به حداقل برسانند (Li و همکاران، ۲۰۱۱). ANN یک فناوری پردازش اطلاعات است که سیستم عصبی انسان را شبیه‌سازی می‌کند و امکان اجرای انواع نقشه‌های غیرخطی را در زمینه‌های مختلف فراهم می‌آورد (Chen و همکاران، ۲۰۲۰؛ Zhao و همکاران، ۲۰۱۹). این روش برای رابطه غیرخطی بین ورودی و خروجی نیازی به معادله ریاضی ندارد (Ghritlahre و همکاران، ۲۰۱۸) ساختار و توپولوژی یک شبکه عصبی مصنوعی با تعیین تعداد لایه‌ها و تعداد نرون‌های هر لایه، تابع محرک، روش آموزش، الگوریتم تصحیح وزن‌ها و نوع مدل تعیین می‌شود. هم‌چنین این روش به‌دلیل پردازش موازی داده‌های ورودی، حساسیت کم‌تری

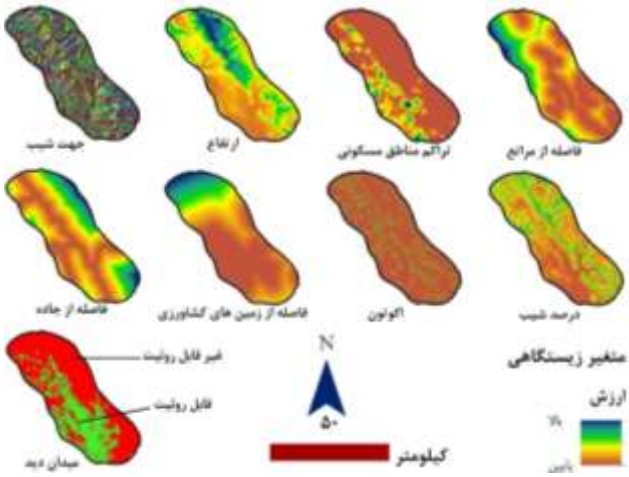
نسبت به وجود خطا در اطلاعات ورودی در مقایسه با سایر مدل‌ها دارد (جهانی، ۱۳۹۵).

ساخت نقاط شبه عدم حضور (عدم حضور شبیه‌سازی شده) و تجزیه و تحلیل داده‌ها: در بازدیدهای میدانی به‌عمل آمده تعداد ۱۰۰ نقطه حضور گونه در محدوده مورد مطالعه جمع‌آوری شدند. بیش‌تر نقاط حضور گونه ناشی از مشاهده مستقیم گونه طی گشت‌های مداوم در منطقه بود پس از جمع‌آوری نقاط حضور مدل‌سازی پراکنش گونه با استفاده از داده‌های حضور انجام گرفت. به این معنا که از داده‌های حضور و متغیرهای محیط‌زیستی استفاده و نقشه مطلوبیت زیستگاه تهیه شد. از آن‌جایی‌که تعداد نقاط حضور مورد استفاده برای مدل‌سازی ۷۰ نقطه بود از روش اعتبارسنجی متقاطع برای ارزیابی مدل استفاده شد. پس از تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه، خروجی این تحلیل به‌منظور به‌دست آوردن داده‌های عدم حضور مورد استفاده قرار گرفت. از آن‌جایی‌که برای اجرای هر یک از مدل‌های مورد استفاده در این مطالعه علاوه بر نقاط حضور به نقاط شبه عدم حضور (pseudo absence) نیاز است، بنابراین این نقاط برای مدل‌سازی ضروری هستند که باید به‌درستی انتخاب و ایجاد شوند (شبانی و همکاران، ۱۳۹۶). به‌طورکلی ۳ روش اصلی برای ساخت نقاط شبه عدم حضور معرفی گردیده است. که شامل ایجاد تصادفی نقاط شبه عدم حضور (Simple random pseudo-absence selection)، ایجاد نقاط شبه عدم حضور در یک ابعاد محدود (Pseudo absence points with limited geographical extent) و ایجاد این نقاط بر اساس اطلاعات محیطی (Pseudo-absence points based on environmental variables) می‌شود (Senait و همکاران، ۲۰۱۳). در این مطالعه به‌منظور دستیابی به نقاط شبه عدم حضور، ابتدا مدل‌سازی زیستگاه با استفاده از روش فقط حضور ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه (Schölkopf و همکاران، ۲۰۰۱) انجام گرفت. پس از تائید خروجی مدل از نظر اعتبارسنجی از خروجی این مدل که یک نقشه دودویی است استفاده شد و نقاط شبه عدم حضور به تعداد ۱۰ برابر نقاط حضور ایجاد شدند (Chefaoui و Lobo، ۲۰۰۸). در این مطالعه پس از تهیه داده‌های عدم حضور از ۳ الگوریتم مدل‌سازی شامل آنتروپی بیشینه، شبکه عصبی با پسخور و ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه برای ساخت مدل‌های حضور-شبه عدم حضور استفاده شد. سپس این ۳ مدل در نرم‌افزار ModEco با یکدیگر تجمیع شده و نقشه پراکنش تولید شده به‌عنوان خروجی نهایی معرفی گردید.

اهمیت متغیرهای زیستگاهی: در این مطالعه به‌منظور ارزیابی تاثیر متغیرهای زیستگاهی روی پراکندگی گونه مورد مطالعه از نقاط حضور و شبه عدم حضور استفاده گردید. در این راستا به اندازه ۱۰ برابر نقاط حضور مورد استفاده در مدل‌سازی نقاط شبه عدم حضور با فاصله تقریبی یک کیلومتر از هم آماده شدند. آماده‌سازی این نقاط با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.4.1 انجام گرفت. سپس از روش جنگل تصادفی به‌منظور طبقه‌بندی متغیرهای زیستگاهی به‌ازای نقاط حضور و عدم حضور استفاده گردید. جنگل تصادفی یک مدل بسیار قوی ناپارامتری است که ترکیبی از درختان مختلف است و تفسیر آن مشکل است زیرا هیچ معادله‌ای در آن ارائه نمی‌شود که برای حل این مسئله خروجی‌های این مدل براساس نمودار جزئی (Partial plot) و نیز اهمیت متغیرهای تاثیرگذار تفسیر می‌شوند (Birks، ۲۰۱۲؛ علوی و همکاران، ۱۳۹۵). در این مطالعه برای اجرای مدل جنگل تصادفی از پکیج random Forest در محیط نرم‌افزار R 3.5.2 استفاده شد.

نتایج

شکل ۲ نقشه متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده در فرآیند مدل‌سازی را نمایش می‌دهد که به‌غیر از دو متغیر جهت شیب و میدان دید که متغیرهای طبقه‌ای می‌باشند سایر متغیرهای مورد استفاده دارای دامنه تغییر می‌باشند و مقادیر آبی رنگ حد بالای نقشه و مقادیر قرمز رنگ حد پایین را نمایش می‌دهد. در نقشه میدان دید بخش‌های قرمز رنگ مناطق بدون قابلیت روئیت و مناطق سبز رنگ نیز بخش‌هایی را نشان می‌دهد که گونه مورد مطالعه در فرآیندهای جابجایی قابلیت مشاهده آن‌ها را دارد.



شکل ۲: نقشه متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده در مدل‌سازی

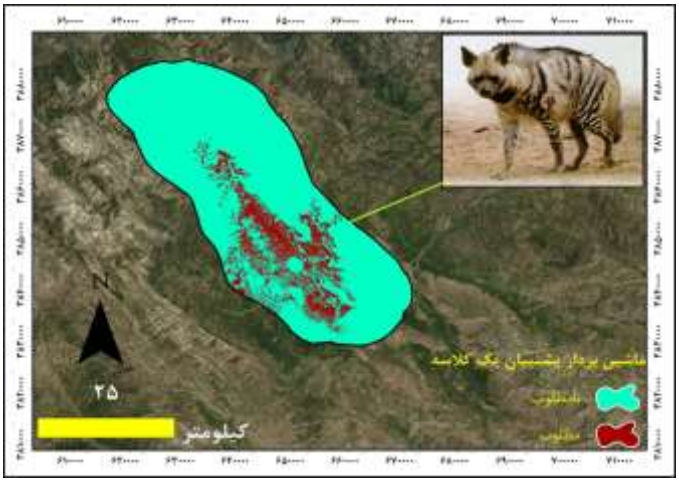
جدول ۲ نتایج حاصل از تحلیل مدل‌های مورد استفاده را نمایش می‌دهد که بر این اساس اعتبار مدل برای داده‌های فقط حضور و ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه برابر ۰/۸۶ و برای سایر روش‌های مورد استفاده آنتروپی بیشینه و شبکه عصبی برابر ۰/۹۷ محاسبه گردید که بیش‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داده‌اند، هم‌چنین مقدار

اعتبار مدل برای ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه برابر ۰/۸۹ بود که به نسبت سایر روش‌های شبه عدم حضوری مورد استفاده در این پژوهش دارای اعتبار کم‌تری است.

جدول۲: ارزیابی مدل‌های مورد استفاده

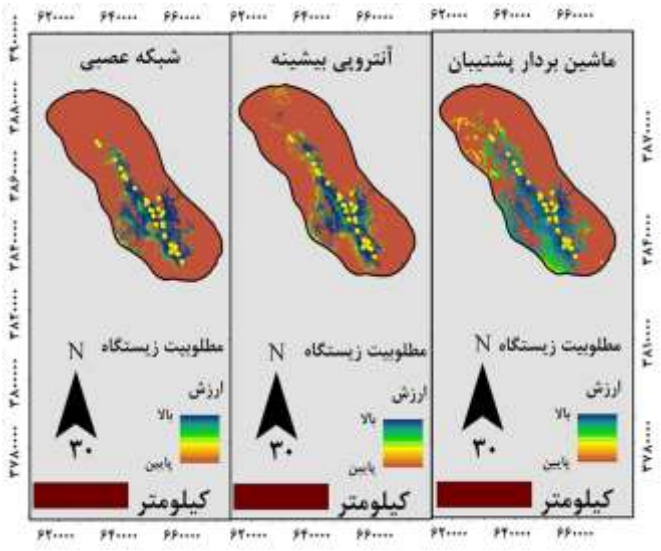
داده‌های مورد نیاز	مدل مورد استفاده	اعتبارسنجی (AUC)
فقط حضور	ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه	۰/۸۶
حضور- شبه عدم حضور	آنتروپی بیشینه	۰/۹۷
	شبکه عصبی	۰/۹۷
	ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه	۰/۸۹

شکل ۳ موقعیت نقشه مطلوبیت زیستگاه را در روش ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه نشان می‌دهد که در این نقشه بخش‌های آبی‌رنگ زیستگاه نامطلوب و بخش‌های قرمز رنگ زیستگاه مطلوب را برای گونه مورد مطالعه نمایش می‌دهند.

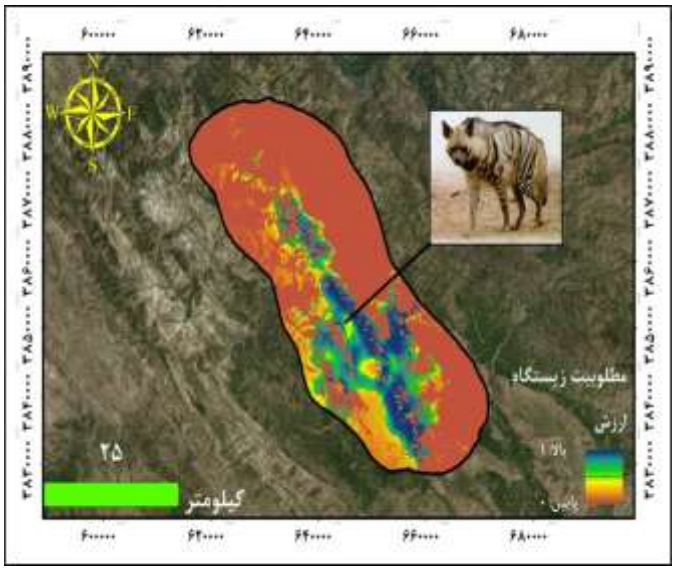


شکل۳: نقشه مطلوبیت زیستگاه براساس مدل ماشین‌بردار پشتیبان یک کلاسه

شکل ۴ نقشه مطلوبیت زیستگاه را با استفاده از داده‌های حضور و عدم حضور نمایش می‌دهد که در این شکل بخش‌های آبی رنگ نشان از مناطقی است که دارای بالاترین میزان مطلوبیت زیستگاه برای گونه می‌باشد. برخلاف آن مناطق قرمز رنگ قسمت‌هایی را نمایش می‌دهد که میزان مطلوبیت آن‌ها در مقایسه با سایر نواحی پایین‌تر است. شکل ۵ نقشه حاصل از میانگین وزنی است که پس از محاسبه مطلوبیت زیستگاه به‌ازای هر یک از روش‌های مورد استفاده، تمام مدل‌های مذکور بر اساس روش میانگین وزنی صحت به یکدیگر اضافه شدند و وزن AUC هریک از نقشه‌ها نیز با هم ترکیب شده که حاصل آن نقشه شماره ۵ شد که براساس این نقشه بخش‌های آبی رنگ حاکی از مناطقی است که گونه مورد مطالعه بیش‌ترین احتمال حضور را در آن‌جا دارد و بخش‌های قرمز رنگ نیز مناطقی را نمایش می‌دهند که دارای پایین‌ترین میزان مطلوبیت برای کفتار هستند.

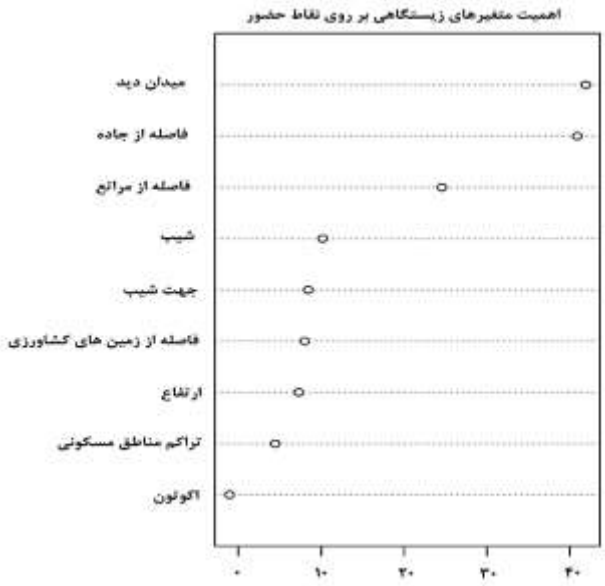


شکل۴: نقشه مطلوبیت زیستگاه با استفاده از داده‌های حضور/عدم حضور



شکل۵: نقشه مطلوبیت زیستگاه کفتار حاصل از روش تجمیع هر سه الگوریتم

شکل شماره ۶ اهمیت متغیرهای تاثیرگذار در فرآیند مدل‌سازی را براساس روش جنگل تصادفی نمایش می‌دهد. بر این اساس میدان دید یکی از مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار بر حضور گونه بوده است به‌نحوی‌که براساس نتایج، این متغیر بیش از ۴۰ درصد روی حضور گونه موثر بوده است بعد از این متغیر معیار فاصله از جاده بیش‌ترین تاثیر را بر حضور گونه داشته است. هم‌چنین متغیر اکوتون یا مرز بین اکوسیستم‌های مختلف منطقه کم‌ترین اثر را در مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه داشته است.



شکل۶: نمودار اهمیت نسبی متغیرها در تکنیک جنگل تصادفی

بحث

این مطالعه با هدف دستیابی به محدوده مطلوب توزیع کفتار راه راه در ارتفاعات شاهو واقع در استان کرمانشاه انجام گرفت که بر این اساس به‌منظور تحلیل کامل رفتار گونه از ۹ متغیر زیستگاهی شامل جهت‌شیب،ارتفاع،فاصله از مراتع، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از جاده اصلی، تراکم مناطق مسکونی، اکوتون، درصد شیب و میدان دید استفاده شد که به‌نحوی وضعیت زیستی گونه را نمایان کنند، سپس با استفاده از سه الگوریتم حضور- شبه عدم حضور شامل آنتروپی بیشینه، مدل شبکه عصبی با پسخور و ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه زیستگاه کفتار راه راه مدل‌سازی شد که نتایج حاصل از تحلیل مدل‌های مورد استفاده حاکی از اعتبار یکسان دو مدل آنتروپی بیشینه و شبکه عصبی با پسخور به‌میزان ۰/۹۷ بود که خود نشان از ارزش برابر دو مدل مذکور در این مطالعه در تشخیص نقاط حضور و عدم حضور است درحالی‌که در مطالعه رضائی و همکاران (۱۳۹۷) مشخص شد که مدل مکسنت در مقایسه با روش شبکه عصبی مصنوعی از قدرت پیش‌بینی و ارزیابی بالاتری برخوردار است. در این پژوهش از مدل ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه و دو کلاسه برای پیش‌بینی توزیع کفتار در ارتفاعات شاهو استفاده شد که روش ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه با داده‌های فقط حضور و روش ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه با داده‌های عدم حضور شبیه‌سازی شده مورد ارزیابی قرار گرفتند که مدل ماشین‌بردار پشتیبان دو کلاسه با مقدار ۰/۸۹ از مدل ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه با مقدار ۰/۸۶ از اعتبار بیش‌تری برخوردار بود (جدول ۲). طبق این جدول روش ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه به‌صورت بهتری مناطق حضور کفتار را از مناطق عدم حضور آن شناسایی کرده است که با نتایج Guo و همکاران (۲۰۰۵) جهت پیش‌بینی توزیع مرگ ناگهانی بلوط در کالیفرنیا هم‌خوانی ندارد زیرا نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها از اعتبار بیش‌تر روش ماشین‌بردار پشتیبان تک کلاسه با ۰/۹۲ نسبت به‌مدل دو کلاسه با مقدار ۰/۹۱ در تشخیص نواحی آلوده بلوط خبر می‌دهد. به‌طورکلی در این مطالعه مشخص شد که روش ماشین بردار پشتیبان در مقایسه با دو روش دیگر (مکسنت و شبکه عصبی) دقت و اعتبار کم‌تری داشته است که با نتایج ایمانی بوژانی و همکاران (۱۳۹۷) هم‌سو است. در مطالعه دیگری کفاش و همکاران (۱۳۹۴) نیز به این نتیجه رسیدندکه مدل حداکثر آنتروپی در مقایسه با مدل ماشین‌بردار پشتیبان صحت بیش‌تری در پیش‌بینی و هم‌خوانی بیش‌تری با مدل ترکیبی دارد.

در این مطالعه با استفاده از رتبه‌بندی متغیرهای زیستگاهی لحاظ شده در تکنیک جنگل تصادفی و تحلیل آن‌ها با معیار اهمیت نسبی، متغیرهای تاثیرگذار بر حضور کفتار راه راه مشخص شدند که بر این اساس مهم‌ترین متغیری که بر مطلوبیت زیستگاه موثر واقع شده است متغیر میدان دید است. این متغیر برای گونه مذکور تحلیل از میزان اجتناب از خطر است طوری‌که گونه مذکور به‌دلیل رفتارهای منفعلانه و استفاده از حس بویایی قوی کم‌تر خود را نمایان می‌کند و بیش‌تر در مناطقی که دارای میدان دید است حضور دارد این می‌تواند نشان از تمایل برای فعالیت در محیط‌هایی باشد که گونه به‌طور مداوم قادر به پایش امنیت آن‌ها می‌باشد.متغیر تاثیرگذار دیگردر این مطالعه فاصله از جاده بود که نتایج منحنی‌های پاسخ نشان داد با افزایش فاصله از جاده از مطلوبیت زیستگاه برای گونه مذکور کاسته می‌شود که می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که نزدیکی به جاده یک معیار مهم و موثر روی مطلوبیت زیستگاه است. حضور روستاهای پیرامونی جاده و نیز تامین نیازهای غذایی از پسماندهای روستایی دفع شده در خارج از روستا می‌تواند دلیل نزدیکی به جاده‌ها باشد هر چند که جاده‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ و میر حیات‌وحش و به‌ویژه کفتار می‌باشد (کرمی، ۱۳۸۵). جاده‌ها علاوه بر تأثیر منفی بر جمعیت حیات‌وحش، به‌دلیل احتمال وجود لاشه سایر حیوانات در اطراف جاده در اثر تصادفات جاده‌ای می‌تواند لاشخورهایی مانند کفتار را به خود جلب کند و باعث تلفات بیش‌تر خود کفتار شود (Mills و Hofer، ۱۹۹۸) به‌طوری‌که Atay و همکاران(۲۰۱۷) نیز اعلام کردند که تلفات کفتار راه راه به‌علت حوادث ترافیکی و عبور از جاده‌ها و بزرگراه‌ها اجتناب ناپذیر است. متغیر سومی که بر حضور کفتار در منطقه تاثیر زیادی داشت فاصله از مراتع بود به‌صورتی‌که با افزایش فاصله از مراتع موجود در منطقه از مطلوبیت زیستگاه کاسته می‌شود. کفتار هم مانند

سایر گوشت‌خواران تحت تاثیر تهدیدهای مستقیم و غیرمستقیم انسان قرار می‌گیرد از این‌رو با توجه به این‌که مناطق مرتعی به‌دلیل وجود ساختارهای فیزیکی سنگی، پناهگاهی مناسب برای حیوان فراهم می‌کنند مطلوبیت بالایی دارند (Qarqaz و همکاران، ۲۰۰۴). هم‌چنین حضور گونه در مراتع می‌تواند به‌دلایل مختلفی ازجمله امنیت این مناطق و حتی نزدیکی آن به بخش‌های سنگلاخی منطقه باشد. از طرفی امنیت این مناطق به‌واسطه تحرکات کم‌تر و حضور کم‌تر انسان نیز می‌تواند روی موضوع موثر بوده باشد. از دلایل دیگر حضور پر رنگ‌تر گونه در مراتع و زیستگاه‌های طبیعی می‌توان به تراکم زیاد شکارچیان طبیعی و رقبایی مانند شغال، گرگ، سیاه گوش و خرس قهوه‌ای در این مناطق اشاره کرد زیرا کفتار می‌تواند در این هم‌زیستی علی‌رغم رقابت شدیدبارقباازطعمه‌های کشته‌شده‌توسط آن‌ها سودببرد (Lukarevsky و همکاران، ۲۰۰۱). متغیر دیگر تاثیرگذار بر حضور کفتار راه راه در منطقه شیب است که طبق نتایج به‌دست آمده با افزایش درصد شیب تا مقدار ۵۰ درصد بر مطلوبیت زیستگاه گونه افزوده و سپس از این مقدار به بعد از مطلوبیت زیستگاه کاسته می‌شود. حضور کفتار در منطقه کوهستانی شاهو در ارتفاعات بالا و پر شیب نشان از وجود مکانی آرام برای پناه‌گیری و استراحت این گونه به‌ویژه در فصل تولید مثل برای حفاظت از نوزادان خود دارد. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد به‌علت ورود دام‌های اهلی به ارتفاعات بالا و نیز استفاده چوپانان منطقه از غارها در هوای سرد و بارانی جهت استراحت، منطقه را برای حضور کفتار ناامن کرده‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط رضائی و همکاران (۱۳۹۷) پیرامون بررسی وضعیت نواحی لانه گزینی کفتار در منطقه حفاظت شده هفتاد قله نیز انجام گرفته بود نتایج حاکی از تمایل این گونه به مناطق مرتفع بود که دلیل آن نیز امنیت ذکر شد. از جمله مطالعات دیگری که این نتیجه‌گیری را تایید می‌کند پژوهش Atay و همکاران (۲۰۱۷) است که نشان داد اکثر لانه‌های کفتار راه راه در مراتع نیمه بیابانی و غارهای نواحی صخره‌ای و با شیب زیاد قرار دارد و یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده کفتارهای راه راه ورود شکارچیان و چوپانان به غارها و تخریب زیستگاه حیوان توسط انسان بیان شد. نتایج تراکم مناطق مسکونی نیز نشان می‌دهد که با افزایش تراکم مناطق مسکونی احتمال حضور گونه افزایش پیدا می‌کند. سپس در تراکم‌های متوسط مطلوبیت کاهش و مجدد در تراکم‌های بالا مطلوبیت افزایش پیدا می‌کند. کفتار در مناطق تحت تسلط انسان نیز دارای تراکم قابل ملاحظه‌ای است به این دلیل که دسترسی به دام‌ها و لاشه آن‌ها در این مناطق بیش‌تر است (Singh و همکاران، ۲۰۱۰). کفتارهای راه راه، انواع زیادی از مهره‌داران، بی‌مهرگان، سبزیجات، میوه و زباله‌های ارگانیک با منشأ انسانی را مصرف می‌کنند (Leakey و همکاران، ۱۹۹۹) و این مطلب به این تفسیر منجر شده است که کفتار راه راه در اصل همه‌چیزخوارِ لاشه‌خوار هستند (Wagner، ۲۰۰۶). یکی از اصلی‌ترین مناطق مسکونی در جوار محدوده مورد مطالعه شهرستان روانسر در دامنه جنوبی شاهو است که به‌دلیل وجود مرکز دفع زباله در حاشیه شهر و هم‌چنین وجود چندین کشتارگاه مرغ و مرغداری در محدوده‌منطقه مورد مطالعه از مطلوبیت زیستگاهی بالایی برای کفتار برخوردار بوده است به این دلیل که مرغداری‌های منطقه با عدم رعایت بهداشت مناسب و دفع غیرقانونی و غیراصولی پسماند و تلفات مرغ به‌نحوی که آن‌را مستقیم در محدوده دفع زباله رها می‌کنند، باعث جلب کفتار راه راه به‌داخل محدوده‌های توسعه انسانی شده است که این عمل می‌تواند سبب تلفات بیش‌تر کفتار توسط ساکنین و روستاییان منطقه به‌خاطر ترس از احتمال حمله گونه مذکور به دام‌های اهلی شود. در مطالعه Tourani و همکاران (۲۰۱۲) در منطقه مرور استان یزد نیز به این نتایج اشاره شده است که با یافته‌های این مطالعه مطابقت دارد. در همین راستا Akay و همکاران (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که منابع اصلی تغذیه‌ای کفتار در منطقه هاتای ترکیه، مراکز زباله آلی و یک مزرعه مرغ است که رابطه مستقیم بین حضور کفتار و این منابع تغذیه‌ای وجود دارد. هم‌چنین براساس مطالعه Atay و همکاران (۲۰۱۷) مزارع پرورش مرغ و مراکز دفع زباله از بهترین مناطق برای مشاهده و تغذیه کفتار هستند. در مطالعه‌ای که توسط رضائی و همکاران (۱۳۹۷) انجام گرفت نتایج نشان داد که در منطقه هفتاد قله لانه‌های کفتار در فواصل دوری نسبت به مناطق مسکونی استقرار یافته‌اند. بنابراین به‌نظر می‌رسد شرایط لانه‌گزینی کفتار متفاوت از دامنه فعالیت‌ها و تحرکات روزانه و شبانه باشد. از این‌رو ممکن است برای تامین نیازهای غذایی به سکونتگاه‌های انسانی تمایل پیدا کند. عامل موثر دیگری که روی حضور کفتار در منطقه نقش زیادی داشت فاکتور ارتفاع بود که نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود و از ارتفاع ۱۵۰۰ متر به بعد از مطلوبیت زیستگاه گونه کاسته خواهد شد. ارتفاعات می‌توانند به‌دلیل دسترسی به پناهگاه‌هایی امن مانند غارها برای کفتار راه راه مهم باشند (Singh و همکاران، ۲۰۱۰). در نهایت می‌توان چنین عنوان کرد که عوامل تاثیرگذار روی یافتن مناطق مطلوب برای حضور کفتار راه راه در شرایط جغرافیایی و اکولوژیکی مختلف، می‌تواند با دخالت انسان متفاوت باشد بنابراین با توجه به آسیب‌پذیری زیاد این گونه به‌دلایل مختلفی که ذکر گردید نیاز است مطالعات جامع‌تری صورت گیرد چراکه در صورت ادامه روند در پیش گرفته شده در مورد تخریب زیستگاه‌ها طولی نخواهد کشید که طبیعت از داشتن این گونه با ارزش محروم خواهد شد.

منابع

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

۲. **ایلدرمی, ع.؛ میرسنجری، م.؛ براتی، ا. و علیزاده شعبانی، ا.، ۱۳۹۰.** بررسی مقدماتی پراکندگی کفتار راه راه در منطقه حفاظت شده لشگردر استان همدان. همایش ملی علوم محیط‌زیست و توسعه پایدار. دانشگاه ملایر.

۳. **ایمانی‌بوژانی، ف.؛ نادری، م.؛ ایمانی‌هرسینی، ج. و شمس اسفندآباد، ب.، ۱۳۹۷.** مدل‌سازی توزیع کل و بز وحشی (*Capra aegagrus* Erxleben۱۷۷۷)در منطقه‌حفاظت‌شده و پناهگاه حیات‌وحش بیستون کرمانشاه با مدل‌های مبتنی بر داده‌های حضور. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۳، صفحات ۱۷ تا ۲۸.

۴. **جهانی، ع.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی آشفتگی انبوهی جنگل در ارزیابی محیطی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. جلد ۲۴، شماره ۲، صفحات ۳۱۰ تا ۳۲۲.

۵. **خاکی‌صحنه، س.؛ علیزاده‌شعبانی، ا.؛ کابلی، م.، نوری، ز. و یاری، ع.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی نیازمندی‌های زیستگاهی کفتار راه راه (*Hyaena hyaena*) در منطقه حفاظت شده لشگردر استان همدان. فصلنامه پژوهش‌های محیط‌زیست. دوره ۷، شماره ۱۳، صفحات ۱۱ تا ۲۰.

۶. **رضائی، س.؛ نادری، س. و کرمی، پ.، ۱۳۹۷.** بررسی وضعیت بوم شناختی نواحی لانه‌گزینی کفتار راه راه ایرانی (*Hyaena hyaena*) در منطقه حفاظت شده هفتاد قله اراک با استفاده از روش آنتروپی بیشینه. فصلنامه محیط زیست طبیعی. دوره ۷۰، شماره ۲، صفحات ۳۵۲ تا ۳۶۲.

۷. **سعیدی، س. و ماهینی، ع.، ۱۳۹۳.** مدل‌سازی ارزشهای زیبایی شناختی سرزمین با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی حوضه آبخیز زیارت، گرگان، گلستان.). ویژه نامه پژوهش‌های محیط زیست. شماره۱، دوره ۱، صفحات ۳ تا ۱۰.

۸. **شبانی، ا.؛ حبیب‌زاده، ن. و حسینی‌قمی، م.، ۱۳۹۶.** تعیین اولویت کریدورهای حیات وحش بین مناطق حفاظت شده استان آذربایجان‌شرقی. فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط. سال۷، شماره ۲۲، صفحات ۶۷ تا ۸۲.

۹. **ضیایی، ه.،۱۳۹۰.** راهنمای صحرایی پستانداران ایران. چاپ دوم. کانون آشنایی با حیات وحش تهران. ۴۰۵ صفحه.

۱۰. **علوی، ج.؛ نوری، ز. و زاهدی‌امیری، ق.، ۱۳۹۵.** تعیین موثرترین عوامل محیطی بر توان رویشگاه راش شرقی با استفاده از تکنیک جنگل تصادفی در جنگل خیرود نوشهر. فصلنامه جنگل ایران. سال ۸، شماره ۴، صفحات ۴۷۷ تا ۴۹۲.

۱۱. **کرمی، م.؛ ریاضی، ب. و کلانی، ن.، ۱۳۸۵.** ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه ایرانی (*Hyaena hyaena hyaena*) در پارک ملی خجیر و ارایه مدل مطلوبیت به کمک روش HEP. علوم محیطی. دوره ۳، شماره ۱۱، صفحات ۷۷ تا ۸۶.

۱۲. **کرمی، م.؛ کلانی، ن. و ریاضی، ب.، ۱۳۸۷.** بررسی پراکنش فصلی کفتار راه راه ایرانی (*Hyaena hyaena hyaena*) پارک ملی خجیر. علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۹۹ تا ۱۰۴.

۱۳. **کرمی، پ.؛ شایسته، ک.؛ کرمی، ا. و حسینی، س.م.، ۱۳۹۷.** شناسایی‌دالان‌های‌زیستگاهی گوسفندوحشی‌ارمنی‌در بستر سیمای سرزمین مبتنی بر تئوری مدار الکتریکی (مطالعه موردی: مناطق لشگردر و گلپرآباد). فصلنامه پژوهش‌های جانوری. جلد ۳۱، شماره ۳، صفحات ۲۹۵ تا ۳۰۶.

۱۴. **کفاش، ا.؛ کابلی، م. و کهلر، گ.، ۱۳۹۴.** بررسی مقایسه‌ای اثر تغییر اقلیم بر خزندگان مناطق بیابانی و کوهستانی ایران؛ مطالعه موردی (سوسمار دم‌تیغی بین‌النهرین *Saara loricata* و آگامای قفقازی *Paralaudakia caucasia*). فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۷، شماره ۳، صفحات ۱۰۳ تا ۱۰۸.

۱۵. **معاونت استانداری کرمانشاه. ۱۳۹۵.** واحد GIS، نقشه کاربری/ پوشش اراضی استان کرمانشاه.

16. **Adhikari, D.; Gurung, A.; Sigdel, P.; Poudel, S.; Regmi, P.R. and Basnet, S., 2018.** Striped Hyaena: The recent record of road kill of *Hyaena hyaena* in Central Terai of Nepal. Zoo's Print. Vol. 33, No. 10, pp: 23-26.

17. **Akay, A.E.; Inac, S. and Yildirim, I.C., 2011.** Monitoring the local distribution of striped hyenas (*Hyaena hyaena*) in the Eastern Mediterranean Region of Turkey (Hatay) by using GIS and remote sensing technologies. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 181, pp: 445-455.

18. **Alam, M.S.; Khan, J.A.; Kushwaha, S.P.; Agrawal, R.; Pathak, B.J. and Kumar, S., 2014.** Assessment of suitable habitat of near threatened striped hyena (*Hyaena hyaena* Linnaeus, 1758) using Remote Sensing and Geographic Information System. Asian Journal of Geoinformatics. Vol. 14, No. 2.

19. **Alam, M.S.; Khan, J.A. and Pathak, B.J., 2015.** Striped hyena (*Hyaena hyaena*) status and factors affecting its distribution in the Gir National Park and Sanctuary, India. Folia Zoologica. Vol. 64, No. 1, pp: 445-455.

20. **Atay, E.; Kasapoğlu, A. and Çetin, İ.T., 2017**. Status of Striped Hyaena (*Hyaena hyaena*) in Hatay and Şanlıurfa Turkey.

21. **Birks, H.J.B., 2012.** Overview of numerical methods in palaeolimnology. In: Tracking environmental change using lake sediments, Springer Netherlands. pp: 19-92.

22. **Chefaoui, R.M. and Lobo, J.M., 2008**. Assessing the Effects of Pseudo-Absences on Predictive Distribution Model Performance. Ecol Modell. Vol. 210, No. 4, pp: 478-486.

23. **Chen, Y.; Shen, L.; Li, R.; Xu, X.; Hong, H.; Lin, H. and Chen, J., 2020.** Quantification of interfacial energies

associated with membrane fouling in a membrane bioreactor by using BP and GRNN artificial neural networks. Journal of Colloid and Interface Science.

24. **Cristianini, N. and Scholkopf, B., 2002.** Support vector machines and kernel methods the new generation of learning machines. Ai Mag. Vol. 23, pp: 31-41.

25. **Elith, J.H.; Graham, C.P.; Anderson, R.; Dudík, M.; Ferrier, S.; Guisan, A. and Li, J., 2006**. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography. Vol. 29, No. 2, pp: 129-151.

26. **Falcucci, A.; Maiorano, L. and Boitani, L., 2007.** Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. Landscape ecology. Vol. 22, No. 4, pp: 617-631.

27. **Garcia, K.; Lasco, R.; Ines, A.; Lyon, B. and Pulhin, F., 2013.** Predicting geographic distribution and habitat suitability due to climate change of selected threatened forest tree species in the Philippines. Applied Geography. Vol. 44, pp: 12-22.

28. **Ghritlahre, H.K. and Prasad, R.K., 2018.** Application of ANN technique to predict the performance of solar collector systems-A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 84, pp: 75-88.

29. **Guo, Q.; Kelly, M. and Graham, C.H., 2005**. Support vector machines for predicting distribution of Sudden Oak Death in California. Ecological modelling. Vol. 182, No. 1, pp: 75-90.

30. **Hoffman, J.D.; Narumalani, S.; Mishra, D.R; Merani, P. and Wilson, R.G., 2008.** Predicting potential occurrence and spread of invasive plant species along the North Platte River, Nebraska. Invasive Plant Science and Management. Vol. 1, No. 4, pp: 359-367.

31. **Graham, C.H.; Elith, J.; Hijmans, R.J.; Guisan, A.; Townsend Peterson, A.; Loiselle, B.A. and NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008**. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. Journal of Applied Ecology. Vol. 45, No. 1, pp: 239-247.

32. **Jahani, A.; Goshtasb, H. and Saffariha, M., 2020.** Tourism impact assessment modeling in vegetation density of protected areas using data mining techniques. Land Degradation & Development.

33. **Janitza, S.; Strobl, C. and Boulesteix, A.L., 2013.** An AUC-based permutation variable importance measure for random forests. BMC bioinformatics. Vol. 14, No. 1, pp: 119.

34. **Kalantary, S.; Jahani, A.; Pourbabaki, R. and Beigzadeh, Z., 2019.** Application of ANN modeling techniques in the prediction of the diameter of PCL/gelatin nanofibers in environmental and medical studies. RSC advances. Vol. 9, No. 43, pp: 24858-24874.

35. **Kogo, B.K.; Kumar, L.; Koech, R. and Kariyawasam, C.S., 2019**. Modelling climate suitability for rainfed Maize cultivation in Kenya using a Maximum Entropy (MaxENT) approach. Agronomy. Vol. 9, No. 11, pp: 727.

36. **Leakey, L.N.; Milledge, S.A.H.; Leakey, S.M.; Edung, J.; Haynes, P.; Kiptoo, D.K. and McGeorge, A., 1999.** Diet of striped hyaena in northern Kenya. African Journal of Ecology. Vol. 37, pp: 314-326.

37. **Lukarevsky, V.S., 2001.** The leopard, striped hyaena and wolf in Turkmenistan. Signar, Moscow.

38. **Maurya, V.; Singh, J.P.; Naseem, K.; Mehra, S.; Dhakate, P.M.; Verma, N. and Ansari, A.G., 2018.** Photographic evidence of Striped Hyena *Hyaena hyaena* (Mammalia: Carnivora: Hyaenidae) in Ramnagar forest division, Uttarakhand, India. Journal of Threatened Taxa. Vol. 10, No. 15, pp: 13017-13019.

39. **Mills, M.G.L. and Hofer, H., 1998.** Hyaenas: Status Survey and Action Plan. IUCN/SSC Hyaena Specialist Group. IUCN, Gland and Cambridge. pp: 39-79.

40. **Morrison, M.; Marcot, L. and Mannan, R., .2012.** Wildlife-habitat relationships Concepts and applications. University of Wisconsin Press Ltd. Madison. Wisconsin, USA. 130 p.

41. **Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006.** Maximum entropy modeling of specie geographic distributions. Ecological Modelling. Vol. 190, pp: 231-259.

42. **Qarqaz, M.A.; Abu Baker, M.A. and Amr, Z.S., 2004.** Status and ecology of the Stripe Hyaena, Hyaena hyaena, in Jordan. Zoology in the Middle East. Vol. 33, No. 1, pp: 87-92.

43. **Rosenberg, B.; Reichman, A. and Shamoon, H., 2016.** Striped hyena (*Hayena hyaena*) movement patterns near Haifa city, Mt. Carmel, Israel [In Hebrew]. Jerusalem: Israel's Nature and Parks Authority.

44. **Schölkopf, B.; Platt, J.C.; Shawe-Taylor, J.; Smola, A.J. and Williamson, R.C., 2001**. Estimating the support of a high-dimensional distribution. Neural computation. Vol. 13, No. 7, pp: 1443-1471.

45. **Senay, S.D.; Worner, S.P. and Ikeda, T., 2013.** Novel three-step pseudo-absence selection technique for improved species distribution modelling. PLoS One. Vol. 8, No. 8.

46. **Shamoon, H. and Shapira, I., 2019.** Limiting factors of Striped Hyaena, *Hyaena hyaena*, distribution and densities across climatic and geographical gradients (Mammalia: Carnivora). Zoology in the Middle East. pp: 1-12.

47. **Singh, P.; Gopalaswamy, A.M. and Karanth, K.U., 2010.** Factors influencing densities of striped hyenas (*Hyaena hyaena*) in arid regions of India. Journal of Mammalogy. Vol. 91, No. 5, pp: 1152-1159.

48. **Tourani, M.; Moqanaki, E.M. and Kiabi, B.H., 2012.** Vulnerability of Striped Hyaenas, *Hyaena hyaena*, in a human-dominated landscape of Central Iran. Zoology in the Middle East. Vol. 56, No. 1, pp: 133-136.

49. **Vapnik, V., 1995.** The Nature of Statistical Learning Theory. Springer-Verlag, New York.

50. **Wagner, A.P., 2006**. Behavioral ecology of the striped hyena (*Hyaena hyaena*) (Doctoral dissertation, Montana State University-Bozeman, College of Letters & Science).

51. **Zhao, Z.; Lou, Y.; Chen, Y.; Lin, H.; Li, R. and Yu, G., 2019.** Prediction of interfacial interactions related with membrane fouling in a membrane bioreactor based on radial basis function artificial neural network (ANN). Bioresource technology. Vol. 282, pp: 262-268.