Advanced Environmental Sciences ***(Adv. Environ. Sci.)*** **2025, 23(4):973-990** **ISSN: 2588-6177**

Original Article

Application of Species Distribution Models (SDMs) for the Conservation of Mountain Ungulates, Wild Goat, in the Central Plateau of Iran

Received: 2024.11.17
Accepted: 2025.04.16

Bagher Nezami Balouchi, Javad Ramezani,* Seyedeh Masoumeh Mousavi

Research Group of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development, Department of Environment, Tehran, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The Wild Goat (*Capra aegagrus*), the largest member of the Bovidae family, is the largest Artiodactyla of the central plateau of Iran and one of the symbols of mountainous rocky regions. This species is one of the main prey items for the Asiatic Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*), a critically endangered cat species in Iran. Therefore, identifying suitable habitat patches holds significant importance for the conservation of wild goat, initially and subsequently the cheetah in Iran. However, to date, no comprehensive study has been conducted on the distribution of this species. Due to the fragile habitat nature of the central plateau of Iran, droughts, during the last few decades, the central plateau of Iran has been subjected to severe changes due to mining exploration and development activities, as well as the increasing hunting of this species, the range of distribution and Its population density will probably be in the form of spots.

Material and methods: In this research, considering the necessity of identifying suitable habitats for wild goat, coupled with extremely low density and limited access to updated presence point data, a species distribution modeling package was employed to identify suitable habitats for one of the cheetah's main prey species, the wild goat. For determining wild goat habitat suitability, systematic field surveys using point count methodology with at least two observers were conducted, resulting in 120 direct species observations. Species observation points, along with four categories of variables- climatic, topographic, vegetation cover, and distance to anthropogenic features - were used as inputs for modeling software.

Results and discussion: One of the advantages of this study was the utilization of nine models within the Biomod2 package for wild goat habitat modeling. Given conservation and management sensitivities, relying on a single model, even with high validity, would be highly risky. The model performance using the ensemble approach was evaluated as very good to excellent. The most influential predictors affecting species distribution were slope, average annual precipitation, village density, and distance to water resources. The probability of species presence and habitat suitability decreased with increasing distance from water resources. Habitat suitability declined with increasing human density and anthropogenic factors such as villages and roads. Wild goats prefer slopes between 20 to 65 percent. Wild goat habitat in Iran's central plateau is severely fragmented and scattered. Despite the importance of mountainous areas in desert landscapes for moderating climatic conditions and their role in increasing species richness, only about 20 percent of these areas fall within the four-category protected areas, while nearly 80 percent lie outside protected areas.

Conclusion: The findings indicate that this species' habitats are severely insular, small, non-continuous, and scattered. A significant portion of Iran's central plateau, which contains the country's largest protected areas, has been traditionally demarcated based on natural features rather than species habitat suitability. Substantial parts of these regions have no suitability for either of these species, yet they are protected. Meanwhile, significant suitable areas lie outside protected areas. If managed through governmental or private, these areas could facilitate habitat connectivity for species while ensuring conservation.

Keywords: Habitat suitability, Fragmented habitats, Species distribution modeling, Central plateau of Iran, Asiatic Cheetah.

How to cite this article:
Nezami Balouchi, B., Ramezani, J., and Mousavi, S. M. 2026. Application of Species Distribution Models (SDMs) for the Conservation of Mountain Ungulates, Wild Goat, in the Central Plateau of Iran. Adv. Environ. Sci. 23(4): 973-990.

* **Corresponding Author Email Address:** ramezani@rcesd.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2025.237581.1457

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم محیطی نوین، ۹۹۰-۹۷۳ : (۴) ۲۳، ۱۴۰۴ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

کاربرد مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDMs) برای حفاظت از سمدار کوه‌زی، کل و بز، در گستره فلات مرکزی در ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۷

باقر نظامی بلوچی، جواد رمضانی * ، سیده معصومه موسوی

گروه پژوهشی تنوع‌زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: کل و بز یا پازن (*Capra aegagrus*)، بزرگترین عضو خانواده گاوسانان، بزرگترین زوج‌سم فلات مرکزی ایران و یکی از نمادهای صخره‌ها و کوهستان‌هاست. این گونه یکی از طعمه‌های اصلی یوز آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) گربه‌سان به‌شدت در خطر انقراض ایران است. از این‌رو شناسایی لکه‌های زیستگاهی مطلوب آن اهمیت زیادی برای حفاظت از این گونه در ابتدا و پس از آن حفاظت از یوز آسیایی در ایران دارد. با این حال تاکنون مطالعه جامعی در خصوص پراکندگی این گونه صورت نگرفته است. ماهیت زیستگاه‌های یوز آسیایی در فلات مرکزی ایران شکننده هستند و تحت تاثیر خشکسالی‌های پی‌درپی، تغییرات شدید فعالیت‌های اکتشاف و توسعه معادن و شکار فزاینده سمداران قرار دارند. از این‌رو پراکندگی جمعیت‌های کل و بز احتمالا جزیره‌ای هستند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، با توجه به ضرورت شناسایی زیستگاه‌های مناسب برای کل و بز، همچنین تراکم بسیار اندک و عدم در دسترس بودن اطلاعات به روز نقاط حضور آن، از بسته مدل‌سازی توزیع گونه‌ای به منظور شناسایی زیستگاه‌های مطلوب کل و بز به‌عنوان یکی از طعمه‌های اصلی یوز، استفاده شده است. برای تعیین مطلوبیت زیستگاه کل و بز، بررسی‌های میدانی سیستماتیک شمارش نقطه‌ای حداقل دو مشاهده‌گر (point count double observer) در دوره ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ در ۱۰ منطقه منتخب حفاظت از یوز در فلات مرکزی ایران انجام گرفت که منجر به شناسایی ۱۳۰ مشاهده مستقیم از حضور گونه شد. نقاط مشاهدات گونه به همراه چهار دسته متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و فاصله تا عوارض انسانی، برای ورود به بسته Biomod2 در نرم افزار Rstudio استفاده شد.

نتایج و بحث: یکی از مزایای این مطالعه استفاده از پکیج ۹ مدل برای مدل‌سازی زیستگاه کل و بز است. با توجه به حساسیت‌های حفاظتی و مدیریتی، استفاده از تنها یک مدل مجزا، حتی اگر اعتبار بالایی داشته باشد، بسیار پرخطر است. عملکرد مدل با استفاده از مجموعه مدل‌ها در مجموع بسیار خوب تا عالی ارزیابی شد. تأثیرگذارترین پیش‌بینی‌کننده‌های مؤثر بر توزیع گونه عبارت بودند از: شیب، متوسط بارش سالیانه، تراکم روستا و فاصله از منابع آبی. با افزایش فاصله از منابع آبی احتمال حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد. با افزایش تراکم انسان و عوامل انسانی مانند روستاها و جاده‌ها، مطلوبیت زیستگاه کاهش یافت. علاوه بر این، کل و بز شیب ۲۰ تا ۶۵ درصد را ترجیح می‌دهد. زیستگاه کل و بز در فلات مرکزی ایران به‌شدت دارای پراکندگی و تکه‌تکه‌شدگی است. با وجود اهمیتی که مناطق کوهستانی در عرصه‌های بیابانی به منظور تعدیل شرایط آب‌وهوایی و همچنین نقش آنها در افزایش غنای گونه‌ای دارند، تنها حدود ۲۰ درصد از این مناطق در محدوده مناطق چهارگانه قرار داشته و نزدیک به ۸۰ درصد این گستره خارج از حوزه حفاظتی قرار دارند.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد که زیستگاه‌های این گونه به‌شدت جزیره‌ای، کوچک و پراکنده هستند. بخش قابل‌توجهی از گستره فلات مرکزی ایران که وسیع‌ترین مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز در آن قرار دارد به‌صورت سنتی و براساس عوارض طبیعی مرزبندی شده‌اند و نه بر اساس سطح و گستره مطلوبیت برای گونه‌ها. بخش‌های قابل‌توجهی از مناطق چهارگانه محدوده مورد مطالعه در قسمت جنوبی هیچ مطلوبیتی برای هیچ کدام از این گونه‌ها ندارد. این در حالی است که بخش‌های قابل‌توجهی از محدوده‌های مطلوب شمالی، در خارج از مرز مناطق چهارگانه تحت مدیریت قرار دارند. این مناطق می‌توانند در صورت مدیریت به هر شکل دولتی و خصوصی، علاوه بر حفاظت، ارتباط بین زیستگاه را برای گونه‌ها تسهیل نمایند.

واژه‌های کلیدی: مطلوبیت زیستگاه، زیستگاه‌های جزیره‌ای، مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، فلات مرکزی ایران، یوز آسیایی.

استناد به این مقاله: *نظامی بلوچی، ب.، رمضانی، ج.، و س. م. موسوی. ۱۴۰۴. کاربرد مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDMs) برای حفاظت از سمدار کوه‌زی، کل و بز، در گستره فلات مرکزی در ایران. فصلنامه علوم محیطی نوین. ۲۳(۴): ۹۹۰-۹۷۳.*

* **Corresponding Author Email Address:** ramezani@rcesd.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2025.237581.1457

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

اکوسیستم کویری فلات مرکزی ایران، نمونه‌ای بارز از کویرهای زمستان سرد در برنامه انسان و کره مسکون معرفی شده است (Thuiller *et al.*, 2010). بیابان‌های خشک و فراخشک مرکز ایران علاوه بر تنوع‌زیستی منحصربه‌فرد، همچنین غنی از ذخایر معدنی است که تعداد زیادی از پروژه‌های توسعه و زیربنایی مرتبط با معادن کشور در آنها در دست اجرا و برنامه‌ریزی است (Nezami, 2017). توسعه معادن به‌دنبال خود توسعه مراکز انسانی و توسعه شبکه جاده‌ها و در نتیجه تخریب زیستگاه‌ها را به همراه دارد. در نتیجه آن، جابه‌جایی و مهاجرت‌های گونه‌ها با اختلال مواجه شده، زیستگاه را تکه‌تکه و باعث از بین رفتن مستقیم یا غیرمستقیم گونه‌ها می‌شود (Mohammadi and Kaboli, 2016). طبق بررسی‌های انجام شده تاکنون مطالعه‌ای در خصوص اثرات توسعه و عملیات‌های معدنی بر روی حیات‌وحش منطقه و زیستگاه‌های آنها وجود ندارد.

فلات مرکزی ایران در زمره مناطق خشک و فراخشک کویری جهان است که به‌دلیل حضور آخرین لکه‌های جمعیتی باقیمانده از یوز آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) اهمیت جهانی ویژه‌ای دارد (Nezami, 2018). علاوه بر یوز، این محدوده میزبان حضور چهار سمدار خانواده گاوسانان، قوچ و میش (*Ovis orientalis*)، کل و بز (*Capra aegagrus*)، آهو (*Gazella subgutturosa*) و جبیر (*Gazella bennettii*) است. با توجه به شرایط محیطی بسیار سخت این محدوده جغرافیایی، خشکسالی‌های متعدد، پوشش گیاهی فقیر، آب در دسترس اندک (به‌عنوان اصلی‌ترین عامل محدودکننده اکولوژیکی)، چرای مفرط دام، سگ‌های بدون صاحب و تغییر کاربری شدید، تمام گونه‌های پستانداران از تراکم و فراوانی بسیار اندکی برخوردار هستند (Gehlot and Jakher, 2015; Kermani *et al.*, 2020; Radnezhad *et al.*, 2016; Nezami *et al.*, 2023).

کل و بز (پازن/ بز وحشی) بزرگترین عضو خانواده گاوسانان (Bovidae) در ایران هستند (Ziaei, 2008; Karami *et al.*, 2016). این گونه نماد مناطق صخره‌ای است و وابستگی شدیدی به مناطق کوهستانی دارد (Ziaei, 2008; Nezami *et al.*, 2020) که در فلات مرکزی ایران همپوشانی زیستگاهی بالایی با دیگر پستانداران شاخص مناطق فراخشک کشور یعنی یوزآسیایی و پلنگ ایرانی (*Panthera pardus*) دارد (Karami *et al.*, 2016). جمعیت‌های کل و بز به‌عنوان یکی از سمداران فلات مرکزی ایران بیشترین فشار شکار غیرمجاز را دارد (Hosseini-Zavarei *et al.*, 2010) و در گروه گونه‌های تحت حمایت ملی و تهدید شده (VU) فهرست سرخ اتحادیه جهانی حفاظت است (Weinberg *et al.*, 2008). با توجه به کاهش شدید جمعیت یوز، جبیر و آهو در ایران، به نظر می‌رسد که سمداران کوه‌زی، کل و بز و قوچ و میش، اولویت بالاتری در رژیم غذایی یوز یافته‌اند (Farhadinia *et al.*, 2023).

یکی از راه‌های مدیریت گونه‌هایی که جمعیت آن‌ها تحت تاثیر تعرض، تخریب و آسیب به زیستگاه، به شدت کوچک و تکه‌تکه شده، شناسایی زیستگاه‌های مطلوب براساس بوم‌شناسی گونه و مدیریت زیستگاه‌های باقیمانده است (Bailey, 1984). مدل‌سازی زیستگاه یک ارتباط صحیح و منطقی بین گونه و عوامل زیست زمین اقلیمی زیستگاهی برقرار می‌نماید (Ranjbar *et al.*, 2016). شناخت عوامل موثر بر انتخاب زیستگاه نقش مهمی در توصیف پراکنش گونه‌ها داشته و این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان بین زیستگاه‌های مختلف از نظر کیفیت تفاوت قائل شد (Franklin, 2010). علاوه بر آن آگاهی از نیازمندی‌های زیستگاهی یکی از مهمترین ارکان مدیریت و حفاظت از حیات وحش است (Ranjbar *et al.*, 2016). عدم شناخت کافی از یک گونه، پراکندگی و نیازهای زیستگاهی آن و عدم آگاهی از اهمیت آن در حفظ زنجیره تنوع‌زیستی، موجب شده تا در برخی از مناطق به‌صورت محلی، گونه‌های جانوری و زیستگاه آنها از بین بروند و یا در بسیاری از مناطق در معرض خطر قرار گیرند (Sarhangzadeh and Akbari,

2019).

رویکرد مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه با به‌کارگیری تحلیل‌های آماری چند متغیره و سامانه اطلاعات جغرافیایی، احتمال حضور و یا عدم حضور گونه در مجموعه‌ای از شرایط زیستگاهی را برآورد می‌کند (Guisan and Zimmermann, 2000). نتایج این مدل‌ها در بسیاری از اقدامات حفاظتی از جمله تعیین اولویت‌های مکانی حفاظتی، تعیین مرز مناطق تحت حفاظت، بررسی و پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها و غیره، کاربرد دارد. با استفاده از نتایج این مدل‌ها علاوه بر آگاهی از عوامل زیست‌محیطی تاثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه یک گونه و ترتیب اهمیت آنها، می‌توان زیستگاه‌های مطلوب برای گونه را در سطح مناطق تحت حفاظت مشخص کرد و نسبت به اتخاذ اقدام‌های مدیریتی مناسب اقدام نمود (Phillips and Dudík, 2008).

با توجه به آن که محدوده مورد مطالعه خشک‌ترین و گرم‌ترین مناطق ایران را شامل می‌شود، جستجو برای لکه‌های جمعیتی پراکنده باقیمانده و حفاظت میدانی توسط نیروهای حفاظتی و کارشناسان محیط‌زیست در تمام عرصه‌ها فلات مرکزی غیرممکن است (Nezami, 2017; Nezami and Zahedian, 2019). لذا شناسایی زیستگاه‌های بالقوه و با اولویت گونه، به‌عنوان مهمترین هدف این مطالعه، اهمیت زیادی در حفاظت از کل و بز، حفاظت از گوشتخواران مناطق خشک و فراخشک کویری که به آنها وابسته هستند، با تاکید بر یوزآسیایی، و در نهایت حفاظت از مناطق کویری ایران به عنوان یک زیست بوم منحصر به فرد دارد (Nezami and Zahedian, 2019). علاوه بر این ابزار مدل‌سازی اهمیت زیادی در کاهش هزینه‌ها و زمان در دسترس در حفاظت و مطالعات زیستگاهی در مقیاس وسیع و مناطق غیرقابل دسترس دارد. بنابراین در این پژوهش داده‌های میدانی حضور گونه در زیستگاه‌های با اولویت یوز که در بیش از دو دهه با عنوان ده زیستگاه منتخب، تحت مدیریت ویژه قرار داشتند، جمع‌آوری شد. از نقاط حضور با استفاده از رویکرد مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، نقشه مطلوبیت بالقوه تهیه و در نهایت متغیرهای محیطی موثر و چگونگی اثر آنها معرفی شد تا درک دقیقی از پراکندگی و عوامل موثر بر این توزیع ارائه شود.

منطقه مورد مطالعه

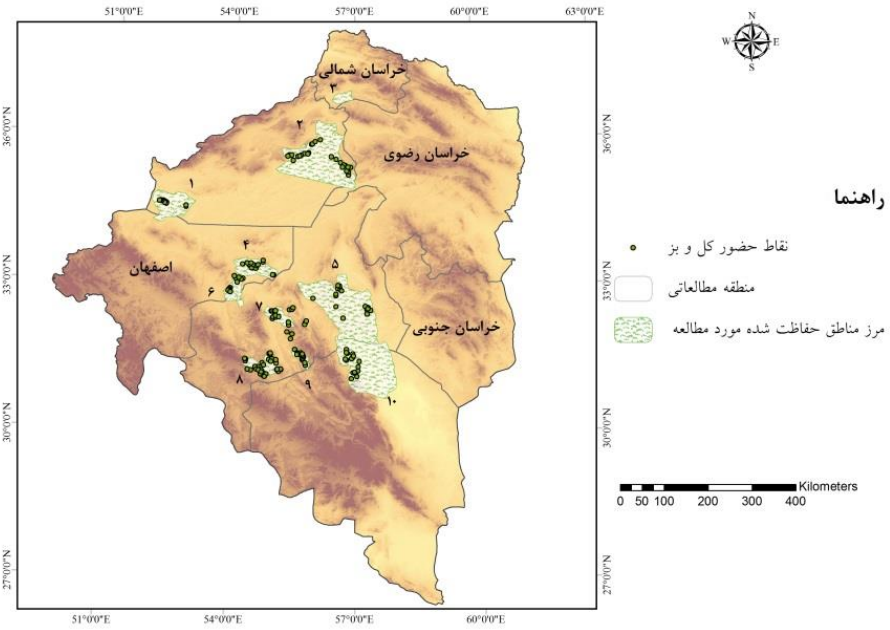
محدوده مطالعه به منظور مدل‌سازی زیستگاه، شامل سراسر فلات مرکزی ایران شامل استان‌های خراسان‌شمالی، خراسان‌رضوی، خراسان‌جنوبی، سمنان، اصفهان، یزد و کرمان بوده است. جمع‌آوری نقاط حضور کل و بز تنها در مناطق چهارگانه تحت مدیریت این استان‌ها که تحت عنوان زیستگاه منتخب و با اولویت یوزآسیایی با گستره‌ای در حدود شش میلیون هکتار در طول دو دهه گذشته، از سال ۱۳۸۰، حفاظت می‌شوند، صورت گرفته است (Shams-Esfandabad *et al.*, 2021). دو منطقه حفاظت شده کوه بافق، آریز، کالمند- بهادران، دو پارک ملی کویر و سیاهکوه، پنج پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، دره انجیر، میاندشت، عباس‌آباد نائین، دربند راور و ذخیره‌گاه زیستکره توران مهمترین زیستگاه‌های یوزآسیایی بوده و نقاط حضور کل و بز از آنها جمع‌آوری شده است (شکل ۱).

میزان بارندگی سالانه در محدوده مطالعه بین ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر با رطوبت نسبی کمتر از ۲۰ درصد، اقلیمی خشک تا فراخشک را شامل می‌شود، به‌طوری که در برخی از مناطق این زیستگاه‌ها ممکن است چندین سال باران نبارد (Akbari *et al.*, 2014; Kermani *et al.*, 2020). روزها هوا بسیار گرم و شب‌ها سرد است و بخش قابل‌توجهی از این مناطق به‌عنوان نمونه‌ای بارز از کویرهای زمستان سرد در برنامه انسان و کره مسکون معرفی شده‌اند (Nezami *et al.*, 2023). بیشتر آن دشتی و بخش‌هایی از آن کوهستانی و تپه ماهوری می‌باشد.

از گیاهان بارز زیستگاه بیابانی می‌توان از تاغ (*Haloxylon aphyllum*)، درمنه (*Artemisia sieberi*)، کاروان‌کُش (*Atraphaxis spinosa*) و قیچ (*Zygophyllum eurypterum*) نام برد که غذای کل و بز را تشکیل می‌دهند (Akbari *et al.*, 2015; Morovati *et al.*, 2019).

روش کار

جمع‌آوری داده‌های حضور (Data collection): مشاهدات مستقیم کل و بز در زیستگاه‌های یوز توسط تیم پژوهش، متخصصین محیطزیست، محیطبانان و کارشناسان سازمان حفاظت محیطزیست و بانک داده ادارات کل حفاظت محیطزیست از سرشماری‌های سالانه، در طول دوره ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ جمع‌آوری شد. داده‌های حضور شامل ۲۲۰ نقطه است که در این مطالعه از گردآوری نقاط در گستره زیستگاه‌های قطعی یوز به روش شمارش نقطه‌ای حداقل دو مشاهده‌گر (point count double observer) به‌دست آمد. پس از حذف نقاط تکراری، خروجی آن به‌صورت یک نقشه با ۱۳۰ نقطه حضور می‌باشد که با استفاده از نرم‌افزار Arc map 10.2 تهیه شده است (شکل ۱).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه. ۱: پارک ملی کویر، ۲: مجموعه حفاظتی توران، ۳: پناهگاه حیات‌وحش میاندشت، ۴: پناهگاه حیات‌وحش عباس‌آباد، ۵: پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، ۶: پارک ملی و منطقه حفاظت شده سیاهکوه، ۷: پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر، ۸: منطقه حفاظت شده کالمند- بهادران، ۹: منطقه حفاظت شده کوه بافق، ۱۰: پناهگاه حیات‌وحش دربند راور

Fig. 1- Study Area. 1. Kavir NP; 2. Touran complex; 3. Miyandasht WR; 4. Abbasabad WR; 5. Naybandan WR; 6. Siyahkoh NP and PA; 7. Dareh- anjir WR; 8. Kalmand-Bahadoran PA; 9. Bafgh PA; 10. Dareh- anjir WR.

متغیرهای محیطزیستی: انتخاب زیستگاه، حاصل پاسخ افراد یک گونه به عواملی نظیر نیازهای تغذیه‌ای، متغیرهای اقلیمی، طعمه‌خواری و فعالیت‌های انسان است (Borowik *et al.*, 2024). در این مطالعه از چهار مجموعه متغیرهای انسانی، اقلیمی، توپوگرافی و پوشش زمین برای مدل‌سازی زیستگاه کل و بز استفاده شد. متغیرهایی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند عبارتند از: شیب، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، فاصله از منابع آبی، تراکم روستاها، فاصله از جاده‌ها و متغیرهای اقلیمی (Ebrahimi *et al.*, 2019; Sarhangzadeh *et al.*, 2013; Safiyan-Boldaji *et al.*, 2024; Ranjbar *et al.*, 2016) (جدول ۱).

لایه فاصله از منابع آبی از قبیل چشمه‌ها و آبشخورها بر اساس محدوده نقاط این مناطق ایجاد شد. در ادامه نقشه طبقه‌بندی درصد تراکم پوشش گیاهی برای این منطقه به‌دست آمد. این لایه به ۶ طبقه تقسیم شد که طبقه ۱ کمتر از ۷۵ درصد، طبقه ۲ محدوده ۵۰- ۷۵ درصد، طبقه ۳ محدوده ۲۵- ۵۰ درصد، طبقه ۴ محدوده ۱۰- ۲۵ درصد، طبقه ۵ کمتر از ۱۰ درصد و طبقه ۶ بدون پوشش گیاهی می‌باشد. لایه رقومی ارتفاع تهیه شده از صفحه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) برای تهیه نقشه ارتفاع

و شیب منطقه با دقت ۳۰ متر به‌کار گرفته شد و هر دو لایه طبقه‌بندی شد. لایه شیب منطقه به ۱۰ طبقه و لایه ارتفاع منطقه نیز در نه طبقه تقسیم‌بندی گردید. از مجموع ۱۹ متغیر اقلیمی بانک داده اقلیم جهانی (WorldClim) با توان تفکیک حدود یک کیلومترمربع، دو متغیر که با سایر متغیرها همبستگی نداشتند جهت مدل‌سازی توزیع و تعیین اثر پارامترهای اقلیمی بر توزیع کل و بز استفاده شدند.

از آنجایی که همبستگی بین متغیرها ممکن است منجر به اریب‌های آماری و پیش‌بینی‌های نادرست شود (Franklin, 2010)، پیش از استفاده از لایه‌های اطلاعاتی در روند مدل‌سازی، میزان همبستگی با استفاده از نرم‌افزار ENMTools 1.4.4 (Warren *et al.*, 2010) مورد آزمون قرار گرفت و متغیرهایی که همبستگی بیش از ۰/۷ داشتند از تحلیل‌های بعدی حذف شدند. در این میان با توجه به همبستگی بسیار بالای پارامترهای اقلیمی، تنها از متغیر میانگین درجه حرارت سالیانه و میانگین بارش سالیانه استفاده شد.

جدول ۱- متغیرهای محیط زیستی
Table 1- Environmental variables

گروه متغیرها Group of Variables	متغیرها Variables	توضیح Explanation
انسانی Anthropogenic	فاصله از جاده Distance from road	سازمان نقشه‌برداری کشور Iran National Cartographic Center
	تراکم روستاها Density of villages	سازمان نقشه‌برداری کشور Iran National Cartographic Center
اقلیم Climate	متوسط دمای سالانه Annual Average Temperature	بانک داده WorldClim WorldClim Database
	متوسط بارش سالانه Annual Average Precipitation	بانک داده WorldClim WorldClim Database
توپوگرافی Topography	ارتفاع Height	USGS
	شیب Slope	USGS
پوشش زمینی Land cover	منابع آبی (چشمه ها و آبشخورها) Water sources (springs and fountains)	سازمان حفاظت محیط‌زیست و اطلاعات میدانی Department of Environment, Field information
	درصد تراکم پوشش گیاهی Vegetation density (%)	سازمان منابع‌طبیعی و آبخیزداری کشور Natural Resources and Watershed Management Organization

روش مدل‌سازی: تکنیک مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM)[1] تلاشی است برای ارائه دقیق جزئیات پراکنش با استفاده از روش‌های آماری، که به پیش‌بینی مسائل محیط‌زیستی کمک می‌کند و امروزه به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Zhang *et al.*, 2015). از آنجایی که روش‌های مختلف توزیع می‌توانند نتایج متفاوتی ایجاد کنند، استفاده از این روش‌ها به ما اجازه می‌دهد به‌طور هم‌زمان نتایج حاصل از مدل‌های مختلف را در نظر بگیریم (Ahmadi *et al.*, 2017).

برای مدل‌سازی زیستگاه کل و بز، مجموعه‌ای از ۹ مدل مورد استفاده قرار گرفت که عبارتند از: مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، مدل خطی تعمیم یافته (GLM)، مدل بیشترین بی‌نظمی (MaxEnt)، مدل تجزیه‌وتحلیل طبقه‌بندی درختی (CTA)، مدل تجزیه‌وتحلیل داده‌های عملکردی (FDA)، مدل رگرسیون تطبیقی چند متغیره (MARS)، مدل تقویت گرادیان (GBM)، مدل جنگل

تصادفی (RF) و مدل پوشش سطحی سطح (SRE). در این مدل‌ها، متغیر وابسته به‌طور عمده حضور و عدم حضور گونه و متغیر مستقل پارامترهای محیطی هستند و روابط بین متغیرها به‌صورت توابع ریاضی ارائه می‌شود (حیدریان آقاخانی و همکاران، ۱۳۹۶).

برای اجرای تمامی مدل‌ها از بسته Biomod 2 (Thuiller *et al.*, 2009) در نرم‌افزار Rstudio استفاده شد. سپس ارزیابی عملکرد مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مدل‌هایی که بالاترین دقت و عملکرد را در گونه کل و بز داشتند انتخاب گردید. اعتبارسنجی و عملکرد مدل‌ها با استفاده از سه پارامتر آماره Kappa (Cohen, 1960)، AUC (Fielding and Bell, 1997) و TSS (Allouche *et al.*, 2006) مورد بررسی قرار گرفت. تجمیع و اشتراک مدل‌های با عملکرد بالا به‌دست آمد. سپس متغیرهای تاثیرگذار و چگونگی پاسخ آنها بر روی مدل‌سازی زیستگاه ارزیابی شد.

نتایج

اعتبارسنجی مدل‌ها: نتایج اعتبارسنجی مدل‌سازی بر اساس شاخص‌های TSS، ROC و KAPPA در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس این جدول، بالاترین مقدار ROC به‌ترتیب مربوط به مدل‌های GLM، RF، GBM، ANN می‌باشد. در مدل‌های نامبرده عملکرد مدل‌ها عالی به‌دست آمد. در مدل‌های MaxEnt، MARS عملکرد مدل‌ها خیلی‌خوب و در مدل‌های FDA، CTA و SRE عملکرد مدل خوب ارزیابی شد. TSS در مدل‌های GLM، GBM، RF و ANN بالای ۰/۹ بوده و در سایر مدل‌ها کمتر از ۰/۸ به‌دست آمد. بیشترین میزان کاپا نیز با مقدار ۰/۹۲۱ مربوط به مدل GLM می‌باشد. مدل‌های با آماره AUC و TSS بالای ۰/۸ و kappa بالای ۰/۷ در این مطالعه به‌عنوان مدل‌های با عملکرد عالی شناخته شدند. بدین‌ترتیب مدل‌های GLM، RF، GBM، ANN، MARS و MaxEnt برای تحلیل نتایج مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۲- نتایج ارزیابی عملکرد مدل‌ها حاصل از نمودارهای اعتبارسنجی
Table 2- Evaluation results of the models by validation cures results

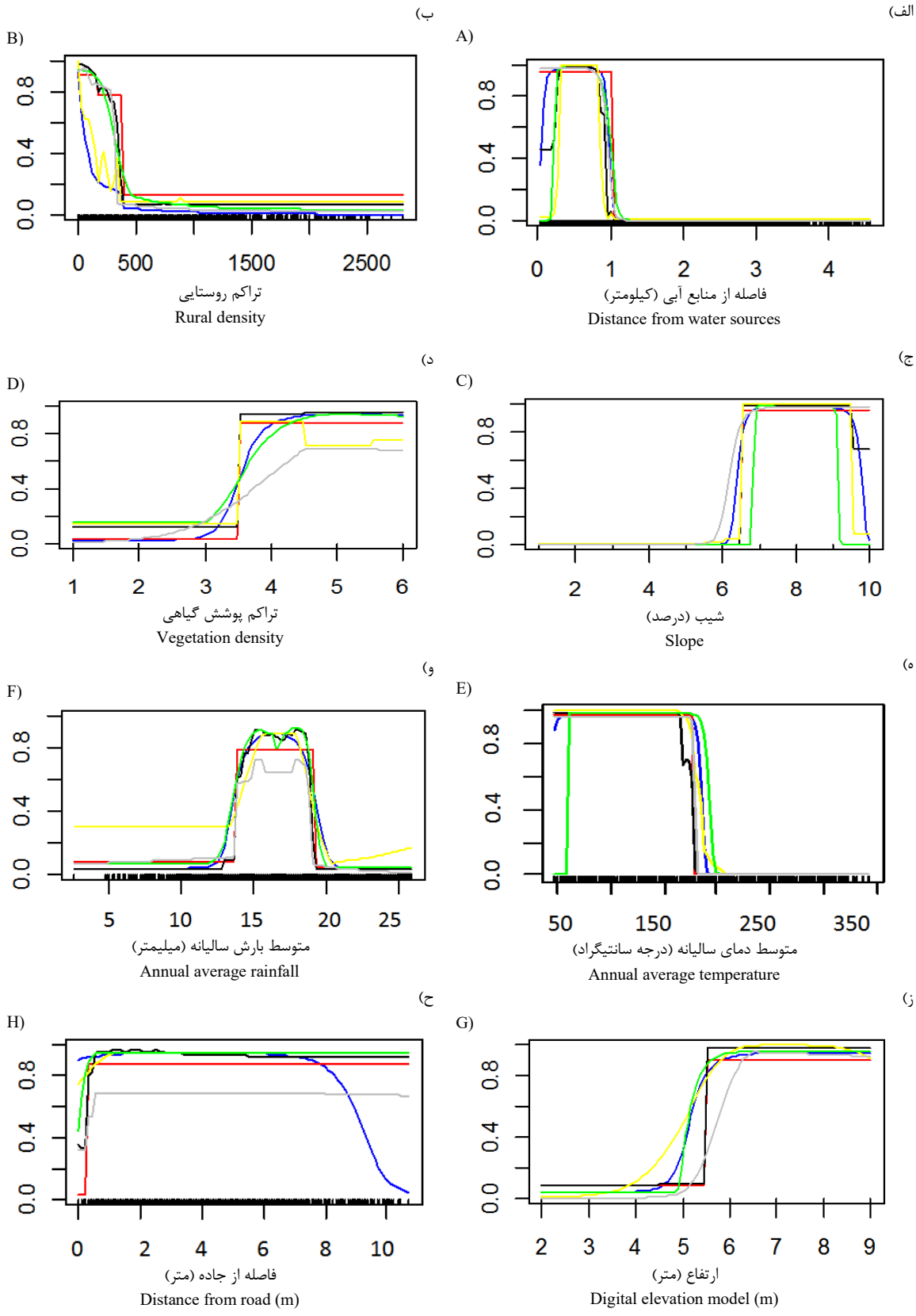
مدل Model	پارامتر ارزیابی مدل Model evaluation parameter		
	KAPPA	TSS	ROC
GBM	۰/۸۹۵	۰/۹۶۲	۰/۹۲۳
MARS	۰/۷۹۱	۰/۸۳۷	۰/۸۲۲
RF	۰/۹۱۳	۰/۹۵۷	۰/۹۶۲
GLM	۰/۹۲۱	۰/۹۸۸	۰/۹۷۸
CTA	۰/۴۹۸	۰/۷۹۶	۰/۷۵۱
SRE	۰/۵۰۳	۰/۶۰۱	۰/۷۰۶
FDA	۰/۵۸۲	۰/۷۹۴	۰/۷۸۵
ANN	۰/۸۶۳	۰/۹۴۸	۰/۹۱۴
MaxEnt	۰/۸۸۲	۰/۸۷۰	۰/۸۷۷

نتایج پاسخ متغیرها به مطلوبیت زیستگاه: بر اساس جدول (۳) در چهار مدل GLM، GBM، RF و MARS، شیب، فاصله از منابع آب، تراکم روستا، متوسط بارش سالیانه، متوسط دمای سالیانه، ارتفاع، فاصله از جاده و تراکم پوشش گیاهی ترتیب اهمیت متغیرها است. دو مدل ANN و MaxEnt به‌ترتیب، عملکردی متفاوت از سایر مدل‌ها داشته‌اند. در مدل ANN، شیب، متوسط بارش سالیانه، تراکم روستا، فاصله از منابع آبی، تراکم پوشش گیاهی، متوسط دمای سالیانه، ارتفاع و فاصله از جاده و در مدل MaxEnt، شیب، تراکم روستا، فاصله از منابع آبی، متوسط دمای سالیانه، متوسط بارش سالیانه، فاصله از جاده، ارتفاع و تراکم پوشش گیاهی، ترتیب اهمیت متغیرها می‌باشد. بدین‌ترتیب بر اساس نتایج تمامی مدل‌ها، موثرترین و مهمترین متغیر در کل و بز، شیب، و کم‌اهمیت‌ترین متغیر در مدل‌های GLM، GBM، RF، MARS و MaxEnt تراکم پوشش گیاهی و در مدل ANN متغیر فاصله از جاده است.

جدول ۳- پاسخ متغیرهای مدل‌سازی زیستگاه گونه کل و بز
Table 3- Response of wild goat habitat modeling variables

متغیر Variable	مدل Model					
	MaxEnt	GLM	GBM	RF	MARS	ANN
فاصله از منابع آبی Distance from water sources	۰/۳۶۷	۰/۵۴۴	۰/۴۰۳	۰/۲۳۵	۰/۳۹۴	۰/۰۵۴
تراکم پوشش گیاهی Vegetation density	۰/۰۰۵	۰/۰۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵
تراکم روستایی Village density	۰/۴۴۷	۰/۲۱۲	۰/۲۳۴	۰/۱۵۱	۰/۱۸۳	۰/۲۳۰
فاصله از جاده Distance from road	۰/۰۳۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲
شیب Slope	۰/۷۳۸	۰/۸۰۳	۰/۷۰۹	۰/۷۴۷	۰/۸۳۲	۰/۹۱۴
ارتفاع Digital elevation model	۰/۰۱۰	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۲۷	۰/۰۱۰
متوسط دمای سالانه Annual average temperature	۰/۲۰۴	۰/۰۱۷	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	۰/۰۷۲	۰/۰۱۳
متوسط بارش سالانه Annual average rainfall	۰/۰۶۶	۰/۱۳۷	۰/۱۳۴	۰/۰۲۹	۰/۱۶۲	۰/۴۳۰

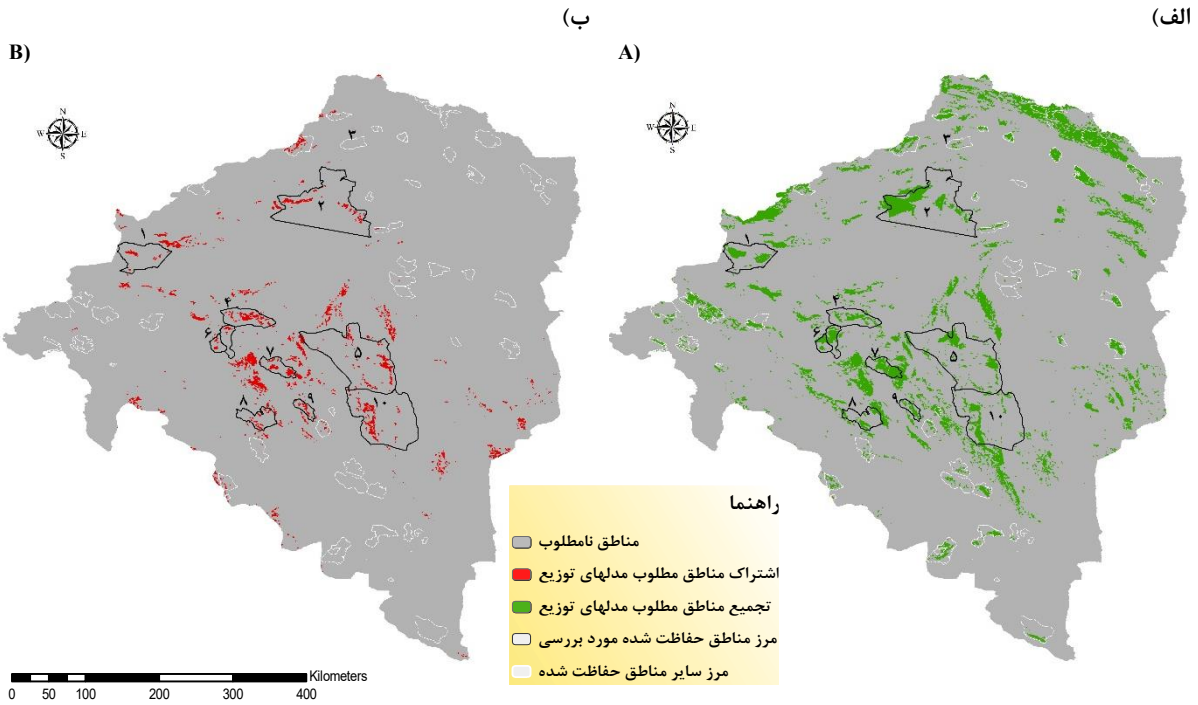
شکل (۲) نمودار پاسخ کل و بز نسبت به متغیرهای محیط‌زیستی در مدل‌های GLM (آبی)، RF (قرمز)، GBM (سیاه)، MaxEnt (زرد)، MARS (سبز) و ANN (خاکستری) می‌باشد. بر اساس این شکل با افزایش فاصله از منابع آبی (الف) که شامل چشمه‌ها و آبشخورها می‌باشد، احتمال حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد و تا یک کیلومتر از منابع آبی بالاترین احتمال حضور گونه را دارند. حضور انسان اثر منفی بر مطلوبیت زیستگاه داشته و با افزایش تراکم روستاها مطلوبیت زیستگاه کاهش یافته است (ب). مطلوب‌ترین شیب (ج) برای کل و بز در طبقات ۷ تا ۹ می‌باشد که شیب ۲۰ تا ۶۵ درصد را شامل می‌شود و در شیب‌های بیش از ۶۵ درصد روند کاهشی در حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه وجود دارد. پاسخ گونه نسبت به متغیر تراکم پوشش گیاهی (د) نشان می‌دهد که در تراکم‌های ۰ تا ۲۵ درصد پوشش گیاهی، مطلوبیت زیستگاه گونه و احتمال حضور آن افزایش یافته است که این مطلوبیت در تراکم‌های ۱۰ درصد پوشش گیاهی بیشتر می‌باشد. نمودار پاسخ به طبقات ارتفاعی (ح) نشان می‌دهد احتمال حضور این گونه در ارتفاعات بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریا بیشتر است. در نهایت، با افزایش فاصله از جاده‌ها (ح) مطلوبیت زیستگاه کل و بز بیشتر شده است.



شکل ۲- نمودار پاسخ به متغیرها در گونه کل و بز

Fig. 2- The average of response curves for the anthropogenic and environmental variables

نتایج پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه: در شکل (۴) نتایج تجمیع (الف) و اشتراک (ب) مدل‌های GBM، MaxEnt، GLM، RF، MARS و ANN نشان داده شده است. به‌منظور تهیه مدل اشتراک و تجمیع از روش انسمبل (ensemble) بهره برده شد. در حالت تجمیع، از اجتماع زیستگاه‌های مطلوب شناسایی شده در تمامی مدل‌ها یک نقشه خروجی تهیه شد که سطح وسیع‌تر را به نمایش می‌گذارد. در حالت اشتراک نیز، از نقشه اشتراک مناطق مطلوب تمامی مدل‌ها خروجی دیگری به‌دست آمد که از گستره کوچک‌تر اما دقیق‌تری برخوردار است. بر این اساس زیستگاه کل و بز در فلات مرکزی ایران به‌شدت دارای پراکندگی و تکه‌تکه‌شدگی است. نتایج حاصل از خروجی مدل‌ها (جدول ۴) نشان داد که پناهگاه حیات‌وحش نایبندان طبس، مجموعه حفاظتی توران در شاهرود، پارک ملی کویر گرمسار، پناهگاه حیات‌وحش دربند راور، منطقه حفاظت شده عباس‌آباد نائین و پناهگاه حیات‌وحش دره‌انجیر اردکان از سطح مطلوبیت بالاتری برخوردار بوده و مهمترین زیستگاه‌های این گونه در فلات مرکزی ایران هستند. صحت‌سنجی میدانی نیز نشان داد که این مناطق از بیشترین حضور گونه در کشور برخوردار هستند. از سوی دیگر پناهگاه حیات‌وحش میاندشت در خراسان‌شمالی هیچ‌گونه مطلوبیتی برای گونه نداشته و کل و بز نیز در این زیستگاه زیست ندارند.



شکل ۴- تجمیع و اشتراک مناطق مطلوب مدل‌های توزیع برای کل و بز در فلات مرکزی ایران و میزان همپوشانی آن با مناطق چهارگانه تحت مدیریت. نقشه قرمز رنگ یا نقشه اشتراک (چپ)، نقشه خروجی اشتراک زیستگاه‌های مطلوب شناسایی شده در مدل‌ها؛ نقشه سبزرنگ یا تجمیع (راست) مجموع تمام زیستگاه‌های مطلوب شناسایی در تمام مدل‌ها را نشان می‌دهد. ۱. پارک ملی کویر؛ ۲. مجموعه حفاظتی توران؛ ۳. پناهگاه حیات‌وحش میاندشت؛ ۴. منطقه حفاظت شده عباس‌آباد نائین؛ ۵. پناهگاه حیات‌وحش نایبندان طبس؛ ۶. پارک ملی و منطقه حفاظت شده سیاهکوه اردکان؛ ۷. پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر اردکان؛ ۸. منطقه حفاظت شده کالمند- بهادران؛ ۹. منطقه حفاظت شده کوه بافق؛ ۱۰. پناهگاه حیات‌وحش دربند راور.

Fig. 4- The habitat suitability map for the Wild Goat after the combined Ensemble method in the distribution of the protected area's background of the Iranian Central Plateau. The red map (left) indicates the average suitability of algorithms and the green map (right) indicates the highest level of suitability of algorithms for the habitat of the Wild Goat. 1. Kavir NP; 2. Touran complex; 3. Miyandasht WR; 4. Abbasabad WR; 5. Naybandan WR; 6. Siyahkoh NP and PA; 7. Dareh-anjir WR; 8. Kalmand-Bahadoran PA; 9. Bafgh PA; 10. Dareh-anjir WR.

با وجود اهمیتی که مناطق کوهستانی در عرصه‌های بیابانی به منظور تعدیل شرایط آب‌وهوایی و همچنین نقش آنها در افزایش غنای گونه‌ای دارند، در حالت اشتراک تنها حدود ۲۰ درصد از این مناطق در محدوده مناطق چهارگانه قرار داشته و نزدیک به ۸۰ درصد این گستره خارج از حوزه حفاظتی قرار دارند. در حالت تجمیع نیز ۳۸ درصد آنها تحت مدیریت بوده و بیش از ۶۰ درصد آنها حفاظت شده نیستند. این در حالی است که وسیع‌ترین مناطق تحت مدیریت کشور نیز در محدوده مورد مطالعه قرار دارد.

جدول ۴- مساحت نواحی مطلوب در منطقه مورد مطالعه

Table 4- Suitable areas in the study area

نام منطقه تحت مدیریت Protected area name	مساحت منطقه تحت مدیریت (هکتار) Total areas under protection (ha)	مساحت تجمیع مناطق (هکتار) Highest level of suitability (ha)	مساحت اشتراک مناطق (هکتار) Average suitability (ha)
مجموعه حفاظتی توران Touran Complex	۱۴۴۱۵۲۳	۳۵۰۹۲۰	۴۴۳۶۵
پارک ملی و منطقه حفاظت‌شده سیاهکوه Siyahkoh National Park and Protected Area	۱۹۹۶۵۱	۹۶۵۰۸	۱۴۵۰۸
پناهگاه حیات‌وحش نایبندان Naybandan Wildlife Refuge	۱۵۱۶۹۹۴	۲۳۹۰۶۳	۷۷۱۶۴
پارک ملی کویر Kavir National Park	۴۴۲۲۱۲	۱۰۱۹۷۵	۱۷۶۶۲
منطقه حفاظت‌شده کالمند- بهادران Kalmand-Bahadoran Protected Area	۲۲۹۱۰۷	۵۴۸۷۷	۱۵۹۷۹
پناهگاه حیات‌وحش دره انجیر Dareh-anjir Wildlife Refuge	۱۷۵۳۰۲	۱۰۸۲۸۲	۳۱۵۳۸
پناهگاه حیات‌وحش دربند راور Darband-e Ravar Wildlife Refuge	۱۳۵۷۶۷۲	۱۹۱۳۳۴	۷۸۴۲۶
منطقه حفاظت‌شده کوه بافق Bafgh Protected Area	۸۸۵۲۷	۴۹۲۰۰	۱۴۰۸۷
پناهگاه حیات‌وحش عباس‌آباد Abbasabad Wildlife Refuge	۳۰۵۰۰۰	۸۲۸۴۱	۵۱۰۹۲
مناطق حفاظت‌شده Protected Areas		۲۲۵۰۵۷۲	۳۸۶۰۳۳
خارج از مناطق حفاظت‌شده Unprotected Areas		۳۵۷۷۴۸۲	۱۴۸۵۶۷۶
کل مناطق مطلوب Area of Suitable Habitats		۵۸۲۸۰۵۴	۱۸۷۱۷۰۹

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از ابزار مدل‌سازی در مقیاس وسیع فلات مرکزی، یک شمای گرافیکی از نقشه زیستگاه‌های مطلوب گونه و وضعیت پراکندگی احتمالی آن در گستره محیطی بسیار خشک و فراخشک ایران ارائه شده است. در این بررسی از شش مدل به‌صورت هم‌زمان برای مدل‌سازی زیستگاه گونه استفاده شد، چرا که براساس مطالعه Jones-Farrand و همکاران (۲۰۱۱) با توجه به حساسیت‌های حفاظتی و مدیریتی، استفاده از تنها یک مدل مجزا، حتی اگر اعتبار بالایی داشته باشد، با عدم قطعیت زیادی همراه است، زیرا نتایج مدل‌ها در بسیاری از موارد متفاوت هستند. پیشنهاد بر آن است تا در پیش‌بینی زیستگاه گونه از مدل‌های تجمیعی چندین مدل استفاده شود. استفاده از الگوی مدل‌های تجمیع می‌تواند دقت پیش‌بینی را افزایش دهند (Møller *et al.*, 2010; Le Lay *et al.* 2010).

تعیین زیستگاه‌های مطلوب کل و بز از طریق شناسایی عوامل موثر بر انتخاب زیستگاه گونه، علاوه بر حفاظت از کل و بز به‌عنوان یک گونهٔ شاخص در مناطق کوهستانی، سبب افزایش و بهبود جمعیت طعمه‌خواران آن به‌ویژه یوزآسیایی در زیستگاه‌های خشک و کویری خواهد شد (Nezami, 2017). زیرا یکی از مهمترین عوامل تهدید یوز و سایر گوشتخواران در سراسر فلات مرکزی ایران کمبود فراوانی طعمه‌های آنهاست (Farhadinia *et al.*, 2023; Nezami, 2017). با توجه به آن که این گونه به نسبت سایر سمداران دیگر فلات مرکزی، قوچ و میش، آهو و جبیر، از رشد جمعیت به نسبت بهتری برخوردار بوده (Farhadinia *et al.*, 2023)، گمان بر آن بود که یکی از طعمه‌های یوز با شرایط زیستگاهی و حفاظتی به نسبت بهتر از سه سم‌دار دیگر است (Nezami, 2017).

نتایج ارائه شده درک بسیار خوبی از وضعیت تا حدودی نامناسب از تکه‌تکه بودن زیستگاه و جزیره‌ای بودن جمعیت‌های کل و بز، ارائه می‌دهد. توجه به این نکته نیز ضرورت دارد که با توجه به پراکندگی مناطق کوهستانی در گستره کویری کم ارتفاع فلات مرکزی، زیستگاه‌های مطلوب گونه نیز از عدم پیوستگی برخوردار باشند (Nezami and Zahedian, 2019). به شکلی که تلاقی کویر و کوهستان در برخی زیستگاه‌ها مانند دره انجیر، نایبندان، راور و سیاهکوه موجب شده تا کل و بز با گونه‌ای مانند جبیر که در کم‌ارتفاع‌ترین و مسطح‌تری مناطق بیابانی زیست دارند، همپوشانی زیستگاهی داشته باشند (Nezami and Zahedian, 2019).

رویهم‌گذاری مناطق مطلوب و مناطق تحت مدیریت نشان داد که در روش تجمیع ۳۸ درصد و در روش اشتراک تنها ۲۰ درصد مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست در محدوده مورد مطالعه که برای یوز حفاظت می‌شوند، از مطلوبیت برای کل و بز برخوردار هستند. با توجه به آن که زیستگاه‌هایی که هم اکنون حتی برای یوز حفاظت می‌شوند، کمتر از ۵۰ درصد مطلوبیت لازم را برای حفاظت از یوز دارند (Shams- Esfandabad *et al.*, 2021; Ahmadi *et al.*, 2017) سطح مطلوبیت آنها برای کل و بز قابل قبول نیست.

با استفاده از میانگین‌گیری سطح مطلوب روش تجمیع و اشتراک، مجموعه حفاظتی توران به‌عنوان مهمترین و اصلی‌ترین زیستگاه یوز در کشور تنها ۲۷ درصد از سطح زیستگاه‌های مطلوب کل و بز را در خود پوشش می‌دهد. بخش‌های قابل‌توجهی از این منطقه در قسمت جنوبی هیچ مطلوبیتی برای هیچ‌کدام از این گونه‌ها ندارد (Ahmadi *et al.*, 2017). این در حالی است که بخش‌های قابل‌توجهی از محدوده‌های مطلوب شمالی، در خارج از مرز منطقه تحت مدیریت قرار دارند (Ahmadi *et al.*, 2017; Ahmadi *et al.*, 2020).

به همین شکل، نایبندان به عنوان بزرگترین منطقه تحت مدیریت کشور و یکی دیگر از مهمترین زیستگاه‌های یوز در ایران که از جمعیت کل و بز نیز برخوردار است، تنها ۱۰ درصد از زیستگاه‌های مطلوب کل و بز را در مرز خود

جای داده است. در بین همه زیستگاه‌های یوز، کوه بافق کوهستانی‌ترین زیستگاه یوز در ایران است (Nezami, 2017) و با این وجود تنها حدود ۳۶ درصد منطقه برای کل و بز از مطلوبیت برخوردار است. دره‌انجیر یزد به‌عنوان مهمترین کریدور یوز در مرکز ایران که به نسبت سایر زیستگاه‌های کل و بز از گستره مطلوب به نسبت وسیع‌تری برخوردار است، حدود ۴۰ درصد سطح مطلوب کل و بز در مرز منطقه قرار دارد (Farhadinia *et al.*, 2016).

از این‌رو باید تاکید کرد که مرزبندی مناطق براساس روش‌های سنتی و استفاده از عوارض طبیعی و انسانی الگوی مناسبی برای حفاظت از گونه‌ها نمی‌تواند باشد. این الگوی مطلوبیت برای کل و بز در کل کشور نیز چندان وضعیت بهتری ندارد به شکلی که کل گستره مناطق حفاظت شده کشور، که برحسب اتفاق و به‌صورت سنتی مناطق کوهستانی را بیشتر شامل می‌شود (Nezami, 2017)، حدود ۴۰ درصد آنها از مطلوبیت برای این گونه برخوردار هستند (Ebrahimi *et al.*, 2020).

یکی از نکات قابل‌توجه، وجود لکه‌های زیستگاهی مطلوب در مناطق آزاد ما بین مناطق تحت مدیریت است. محدوده ما بین نایبندان و توران، مناطق بینابینی زیستگاه‌های استان یزد شامل دره‌انجیر به نایبندان، سیاهکوه به عباس‌آباد، زیستگاه‌ها و قرق‌های اختصاصی اطراف کالمند-بهادران. این مناطق می‌توانند در صورت مدیریت، چه به شکل دولتی و چه به روش قرق اختصاصی، علاوه بر حفاظت، ارتباط بین زیستگاه را برای جمعیت کل و بز تسهیل نمایند (Bagheri *et al.*, 2017; Lacher and Wilkerson, 2014). در مطالعاتی که بر روی مطلوبیت زیستگاه یوز اجرا شده است، لکه‌های مطلوب بین زیستگاهی برای یوز نیز منطبق بر مناطق حاصل از این مطالعه است (Ahmadi *et al.*, 2017; Shams-Esfandabad *et al.*, 2021; Ahmadi *et al.*, 2020). از این‌رو لزوم حفاظت از ابتدا طعمه‌ها و سپس زیستگاه‌های بینابینی دارای اهمیت را تاکید دارد تا بتوان به این روش از یوز و زیستگاه‌های آن حفاظت موثر به‌عمل آورد. بررسی‌های میدانی به‌منظور صحت‌سنجی نتایج و گزارش‌های استانی، نشان داد در تمام این مناطق جمعیت‌های کل و بز پراکندگی دارند.

نتایج نشان داد که پازن به تغییرات زیستگاه حساس بوده و پارامترهای شیب، فاصله از منابع آب، تراکم روستا، متوسط بارش سالیانه، متوسط دمای سالیانه، ارتفاع، فاصله از جاده و تراکم پوشش گیاهی به‌ترتیب اهمیت زیادی در پراکندگی گونه دارند. تغییرات هر کدام از متغیرها می‌تواند بقای گونه را با چالش مواجه نماید (Sarhangzadeh *et al.*, 2013). براساس مطالعات Shams-Esfandabad و همکاران (۲۰۱۰) در بین متغیرهای مختلف محیطی، شیب، منابع آبی و بسترهای کوهستانی سنگی، در حضور کل و بز در همه فصول تعیین‌کننده هستند اما اهمیت فاصله از منابع آبی در تابستان و اهمیت پوشش گیاهی در زمستان بیش از سایر فصول است (Morovati *et al.*, 2014).

با افزایش فاصله از منابع آبی، احتمال حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد و تا یک کیلومتر از منابع آبی، گونه بالاترین احتمال حضور را دارد. با توجه به موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه، که خشک‌ترین، کم‌آب‌ترین و گرم‌ترین مناطق بیابانی ایران را شامل می‌شوند، بدون شک گونه، مناطق زیستی را انتخاب می‌کند که در نزدیکی منابع آبی بوده است. این وابستگی به آب به‌ویژه در فصل تابستان تعیین‌کننده است و در زیستگاه‌هایی که منابع آبی اندک هستند، حضور گونه بسیار محدود خواهد بود. منابع آبی در زیستگاه‌های مناطق بیابانی از عوامل محدودکننده و بحرانی قلمداد می‌شود.

شیب یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده مطلوبیت زیستگاه است. زیستگاه با شیب ۲۰ تا ۶۵ درصد از مطلوبیت بالا برخوردار بوده و در شیب‌های بیش از ۶۵ درصد روند

کاهشی در حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه وجود دارد (Morovati *et al.*, 2014). خاستگاه کل و بز، زیستگاه‌های کوهستانی با شیب تند است (Genov *et al.*, 2009; Weinberg *et al.*, 2008). این الگوی انتخاب زیستگاه نشان‌دهنده استراتژی ضدطعمه‌خواری گونه می‌باشد که توسط ویژگی‌های مورفولوژیکی آن تحمیل شده است. پاهای نسبتا کوتاه و عضلانی پازن در بسترهای صخره‌ای شیب‌دار و ناهموار به آن چابکی می‌دهد، حال آن که اغلب طعمه‌خواران از جابه‌جایی در این زیستگاه‌ها اجتناب می‌کنند (Harrington, 1977; Ziaie, 2008). علاوه بر شیب، وجود بسترهای سنگی و سنگلاخی اثر مثبتی در انتخاب زیستگاه گونه دارند.

حضور انسان اثر منفی بر مطلوبیت زیستگاه داشته و با افزایش تراکم روستاها مطلوبیت زیستگاه کاهش یافته است. با افزایش فاصله از جاده‌ها نیز مطلوبیت زیستگاه بیشتر می‌شود. عموما اغلب گونه‌های حیات‌وحش به دلیل تهدیدات شکار از مناطق انسانی دوری می‌کنند. گزارش ادارات محیط‌زیست استانی نشان از شکار غیرقانونی بالای این گونه در مناطق دارد. علاوه بر این اطراف جاده‌ها و روستاها به دلیل چرای مفرط دام اهلی و تردد بالای انسانی، کیفیت زیستگاهی بسیار پائین بوده، یا فاقد پوشش گیاهی هستند و یا پوشش گیاهی عموما مهاجم را شامل می‌شوند (Eldridge *et al.*, 2017).

احتمال حضور این گونه در ارتفاعات بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریا بیشتر است. عموما افزایش ارتفاع با افزایش ناهمواری زمین نیز همراه بوده و تغییرات شیب را نیز در پی دارد (Jamshidi *et al.*, 2019). مطالعات صورت گرفته در دره‌انجیر نیز نشان داد که کل و بزها محدوده ارتفاعی ۱۰۰۰ تا ۲۶۰۰ متر را بیشتر ترجیح می‌دهند (Morovati *et al.*, 2014). ارتباط کاملا مثبتی بین تراکم جمعیت پازن و ارتفاع زیستگاه مورد انتخاب وجود دارد. عموما در هر زیستگاهی این گونه به بالاترین ارتفاع پناه می‌برد، چرا که بیشترین پناه را برای آن فراهم می‌نماید.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از انجمن یوزپلنگ ایرانی و دفتر مدیریت و حفاظت از حیات‌وحش سازمان حفاظت محیط‌زیست به پاس همکاری‌های صورت گرفته صمیمانه قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت

[1] Species Distribution Modeling

منابع

with English abstract). Doi: 20.1001.1.24763128. 1392.2.3.7.0

Akbari, H., Moradi, H., Baghestani, N., & Rezaei, H. (2015). Food Preferences and Composition of Chinkara (Gazella bennettii shikarii) in Spring Season in Darreh Anjir Wildlife Refuge, Yazd, Iran. Arid Biome. 4, 1-10. (In Persian with English abstract).

Akbari, H., Moradi, H. V., Sarhangzadeh, J., & Esfandabad, B. S. (2014). Population status, distribution, and conservation of the Chinkara, Gazella bennettii, in Iran (Mammalia: Bovidae). Zoology in the Middle East. 60(3), 189-194. https://doi.org/10.1080/09397140.2014.944425

Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). Journal of Applied Ecology. 43(6), 1223-

References

Ahmadi, M., Nezami Balouchi, B., Jowkar, H., Hemami, M.-R., Fadakar, D., Malakouti-Khah, S., & Ostrowski, S. (2017). Combining landscape suitability and habitat connectivity to conserve the last surviving population of cheetah in Asia. Diversity and Distributions. 23(6), 592-603. https://doi.org/10.1111/ddi.12560

Ahmadi, M., Farhadinia, M.S., Cushman, S.A., Hemami, M.R., Nezami Balouchi, B., Jowkar, H., & Macdonald, D.W. (2020). Species and space: a combined gap analysis to guide management planning of conservation areas. Landscape Ecology. 35, 1505–1517. https://doi.org/10.1007/s10980-020-01033-5

Akbari, H., Habibipoor, A., & Moosavi, S.J. (2013). Investigation on Habitat Preferences and Group Sizes of Chinkara (Gazella bennettii) in Dareh-Anjeer Wildlife Refuge, Yazd province. Iranian Journal of Applied Ecology. 2(3): 81-89. (In Persian

1232. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x

Bagheri, F., Irannejad Parizi, M.H., & Akbari, H. (2017). Prioritizing the criteria for locating private community conserved areas using the analytic hierarchy process (case study: Yazd Province). The 4th International Conference Environmental Planning and Management. 23-24 May 2017. College of Environmental, University of Tehran. (In Persian with English abstract).

Bailey, J. A. (1984). Principles of wildlife management. First ed. Wiley. https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000796761807744

Borowik, T., Kowalczyk, R., Ratkiewicz, M., Maślanko, W., Duda, N. & Żmihorski, M. (2024). A highly variable habitat selection in moose across diel and seasonal scales. Movement Ecology. 12:69. https://doi.org/10.1186/s40462-024-00508-3

Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Psychological Measurement. 20(1), 37-46. https://doi.org/10.1177/001316446002000104

Ebrahimi, A., Farashi, A. & Rashki, A. (2020). Habitat Overlap of Persian leopard, Wild Sheep and Wild Goat in Iran. Experimental Animal Biology. 8(3-31):121-134. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30473/ eab.2019.40075.1629

Ebrahimi, A., Sardari, P., Safavian, S., Jafarzade, Z., Bashghareh, S. & Khavari, Z. (2019). Climate change effects on species of Bovidae family in Iran. Environ Earth Sciences. 78(6): 186. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8192-5

Eldridge, D.J., Delgado-Baquerizo, M., Travers, S.K., Val, Oliver, I., Dorrough, J.W. & Soliveres, S. (2017). Livestock activity increases exotic plant richness, but wildlife increases native richness, with stronger effects under low productivity. Journal of Applied Ecology. 00:1-11. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.1111/ 1365-2664.12995

Farhadinia, M.S., Gholikhani, N., Behnoud, P., Hobeali, K., Taktehrani, A., Hosseini-Zavarei, F., Eslami, M. & Hunter, L.T.B. (2016). Wandering the barren deserts of Iran: Illuminating high mobility of the Asiatic cheetah with sparse data. Journal of Arid Environments. 134:145-149. (In Persian with English abstract). http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.06.011

Farhadinia, M.S., Nezami Balouchi, B., Ranjbaran A. & Valdez, R. (2023). Animal behavior informed by history: Was the Asiatic cheetah an obligate gazelle hunter? PLoS ONE. 18(4): e0284593. https://doi. org/10.1371/journal. pone.0284593

Franklin, J. (2010). Moving beyond static species distribution models in support of conservation biogeography. Diversity and Distributions. 16(3): 321-330. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00641.x

Fielding, A.H. & Bell, J.F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation. 24(1): 49- 380. https://doi.org/10.1017/ S0376892997000088

Gehlot, H., & Jakher, G. (2015). Threats to Existence of Blackbuck (Antelope cervicapra) and Chinkara (Gazella bennetti) in the Thar region of Rajasthan, India. International Journal of Recent Biotechnology. 3(1):54-59. http://www.aejournal.ir/article_101205.html

Genov, P., Gerogiev, G. & Georgiev, V. (2009). Persian wild goat (Capra aegagrus erxleben) biology, ecology and possibilities for its re-introduction in Bulgaria. Biotechnology and Biotechnological Equipment. 23 (2), 341–342.

Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling. 135(2-3), 147-186.

Harrington, F. A. (1977). A guide to mammals of Iran. Department of the Environment, Iran. Journal of Mammalogy. 59(2):454–455.

Hosseini-Zavarei, F., Farhadinia, M.S., Beheshti-Zavareh, M. & Abdoli, A. (2013). Predation by grey wolf on wild ungulates and livestock in central Iran. Journal of Zoology. 290(2); 127-134. https://doi.org/10.1111/jzo.12022

Jamshidi, R., Imani Harsini, J., Ramezani, M., & Riazi, B. (2019). The effect of environmental factors on distribution of suitable habitats for chinkara (Gazella Bennettii) in Kavir National Park. Journal of Animal Environment. 11(4), 15-22.

Jones-Farrand, D.T., Fearer, T.M., Thogmartin, W.E., Nelson, M.D. & Tirpak, J.M. (2011). Comparison of statistical and theoretical habitat models for conservation planning, the benefit of ensemble prediction. Ecological Applications. 21: 2269-2282. https://doi.org/10.1890/10-1047.1

Karami, M., Ghadirian, T. & Faizolahi, K. (2016). The Atlas of Mammals of Iran. Department of Environment of Iran, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Kermani, F., Ahmadi Dastjerdi, M. R., Nezami, B., & Mohammadi Mayab, M. (2020). Prediction of Wild Sheep habitat desirability, the main prey of Asiatic Cheetah on the Central Iranian plateau, to improve species management. Experimental Animal Biology. 9(1), 65-80. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30473/ eab.2019.44115.1679

Lacher, I., & Wilkerson, M.L. (2014). Wildlife connectivity approaches and best practices in U.S. State Wildlife Action Plans. Conservation Biology. 28(1): 13-21. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.1111/ cobi.12204

Le Lay, G., Engler, R., Franc, E. & Guisan, A. (2010). Prospective sampling based on model ensembles improves the detection of rare species. Ecography. 33(6): 1015-1027. https://doi.org/ 10.111/j.1600-0587.2010.06338.x

Mohammadi A., & Kaboli M. (2016). Evaluating wildlife-vehicle collision hotspots using kernel-based estimation: a focus on the endangered Asiatic cheetah in central Iran. Hum Wildl Interact. 10(1):103. https://doi.org/ 10.26077/0xjd-az08

Morovati, M., Karami, M., & Kaboli, M. (2014). Desirable Areas and Effective Environmental Factors of Wild Goat Habitat (Capra aegagrus). International Journal of Environmental Research. 8(4):1031-1040. https://doi.org/10.22059/ijer.2014.797

Morovati, M., Behnood, M., Bahadori, F., & Aref kia, E. (2019). Assessment of the Desirability of Gazella Bennettii Habitat Using the HEP Method (case study: protected area of Sangemes). Journal of Animal Environment. 11(3), 21-28. https://www.magiran.com/p2055131

Nezami, B., Yousefi, M., Najafi Siavashan, N., Yousefi, R., & Shirkhani, A. (2023). Species Richness, Threats and Conservation Status of Mammals of Touran National Park, Semnan province. Journal of Animal Environment. 15(2) 1-8. (In Persian with English abstract). https://doi.org/ 10.22034/AEJ.2021.299433.2608

Nezami, B. (2018). Asiatic cheetah, Ecology and status of Asiatic cheetah in Iran. Tehran: Jahade Daneshgahi Publication. (In Persian with English abstract).

Nezami, B., & Zahedian, B. (2019). Cheetah (Acinonyx jubatus venaticus) (Felidae: Carnivora) feeding ecology in Central Plateau of Iran and effects of prey poor management. Journal of Wildlife and Biodiversity. 3(1), 22-30. https://doi.org/10.22120/jwb.2018.94491.1033

Nezami, B. (2017). Final report of the Asiatic Cheetah Project and related biota, phase II. Department of the Environment, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Nezami Baloochi, B., Jokar, H., Kargar, R., & Zahedian, B. (2020). Study the Prey Preference of Cheetah Acinonyx jubatus venaticus in Nayebandan Wildlife Refuge. Journal of Arid Biome. 9(2), 43-52. (In Persian with English abstract). https://doi.org/ 10.29252/aridbiom.2020.1815

Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography. 31(2), 161-175. https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x

Radnezhad, H., Moshtaghie, M., Amoeian, I., & Jamali, A. (2016). Modeling the distribution of (Gazella subgutturosa) in Bamoo National Park with maximum entropy methods: (MaxEnt). Journal of Animal Environment. 8(2):17-24. (In Persian with English abstract).

Ranjbar, N., Hemami, M.R., Tarkesh, M., & Shahgholian, J. (2016). Winter and summer distribution of wild goat in Kolah-Qazi National Park. Journal of Natural Environment. 71(1): 65-78. (In Persian with English abstract). 10.22059/ jne.2018.124240.917

Safiyan-Boldaji, P., Poirazidis, K., Hemami, M.R., Moser, D., Plutzar, Ch., Dullinger, S., & Schindler, S. (2024). Safeguarding the last stronghold: Ecology and conservation of Asiatic Cheetah's prey species in Turan Biosphere Reserve (Iran). Global Ecology and Conservation. 51, e02937. https://doi.org/10.1016/ j.gecco.2024.e02937

Sarhangzadeh, J., & Akbari, H. (2019). Habitat suitability modeling for chinkara (Gazella bennettii shikarii) in Naybandan Wildlife Refuge. Experimental Animal Biology. 7 (3):59–70. (In Persian with English abstract). https://doi.org/ 10.30473/eab.2018.5325

Sarhangzadeh, J., Yavari, A.R., Hemami, M.R., Jafari, H.R., & Shams-Esfandabad, B. (2013). Habitat suitability modeling for wild goat (Capra aegagrus) in a mountainous arid area, central Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences. 11(1): 41-51.

Shams-Esfandabad, B., Nezami, B., Siavashan, N. N., Asadi, Z., & Ramezani, J. (2021). Asiatic Cheetah's (Acinonyx jubatus venaticus Griffith, 1821) (Felidae: Carnivora) habitat suitability modeling in Iran. Journal of Wildlife and Biodiversity. 5(1), 15-31. https://doi.org/10.22120/ jwb.2020.128638.1151

Shams Esfandabad, B., Karami, M., Hemami, M. R. & Riazi, B. (2010). Habitat associations of wild goat in central Iran: implications for conservation. European journal of wildlife research. 56, 883-894. https://doi.org/10.1007/ s10344-010-0386-9

Møller, A.P., Fiedler, W. & Berthold, P. (2010). Effects of climate change on birds. In: Thuiller, W. (Eds), Habitat suitability modeling. Oxford University Press, New York, pp. 77-85.

Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. & Araújo, M.B. (2009). BIOMOD–a platform for ensemble forecasting of species distributions. Ecography. 32(3): 369-373. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05742.x

UNESCO. (2023). Cold Winter Deserts of Iran. https://whc.unesco.org/en/list

Weinberg, P., Jdeidi, T., Masseti, M., Nader, I., Desmet, K. & Cuzin, F. (2008). Capra aegagrus. In: IUCN Red List of Threatened Species. URL:http://www.iucnredlist.org

Ziaie, H. (2008). A field guide to the mammals of Iran. 1st Ed. Iran Wildlife Center, Tehran.

Zhang, L., Liu, S., Sun, P., Wang, T., Wang, G., Zhang, X., & Wang, L. (2015). Consensus Forecasting of Species Distributions: The Effects of Niche Model Performance and Niche Properties. PLOS ONE. 10(3): e0120056. https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.0120056

Warren, D. L., Glor, R. E., & Turelli, M. (2010). ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. Ecography. 33(3), 607-611. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06142.x

This page is intentionally left blank.