



# 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,<sup>1</sup> Javad Ramezani,<sup>1\*</sup> Seyedeh Masoumeh Mousavi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Group of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran

<sup>2</sup> PhD in Environmental Sciences, 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, 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/>.

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



تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۲۷

باقر نظامی بلوچی<sup>۱</sup>، جواد رضانی<sup>۱\*</sup>، سیده معصومه موسوی<sup>۲</sup>

### 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 احتمالاً 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 دسترسی 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 یکج 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 قابل توجهی 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 قابل توجهی از مناطق چهارگانه محدوده مورد مطالعه در قسمت جنوبی هیچ مطلوبیتی برای هیچ کدام از این گونه‌ها ندارد. این در حالی است که بخش‌های قابل توجهی 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.

<sup>۱</sup> گروه پژوهشی تنوع‌زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران

<sup>۲</sup> پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران

استناد به این مقاله: نظامی

بلوچی، ب.، رضانی، ج. و س. م. موسوی. ۱۴۰۴. کاربرد مدل‌های پراکنش گونه‌ای (SDMs) برای حفاظت از سمدر کوه‌زی، کل و بز، در گستره فلات مرکزی در ایران. فصلنامه علوم محیطی نوین. ۲۳(۴): ۹۷۳-۹۹۰.

\* Corresponding Author Email Address: ramezani@rcesd.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2025.237581.1457



## مقدمه

(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 یوز آسیایی 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، پراکنده‌گی 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,

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 (بازن/بز وحشی) بزرگترین عضو خانواده گاوسانان (Bovidae) در ایران هستند (Ziaei, 2008; Karami et al.,

(2019).

مطلوبیت بالقوه تهیه و در نهایت متغیرهای محیطی موثر و چگونگی اثر آنها معرفی شد تا درک دقیقی از پراکنندگی و عوامل موثر بر این توزیع ارائه شود.

### منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعه به منظور مدل‌سازی زیستگاه، شامل سراسر فلات مرکزی ایران شامل استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، 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-بهداران، 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، به طوری که در برخی از مناطق این زیستگاه‌ها ممکن است چندین سال باران نیارد بسیار گرم و شب‌ها سرد است و بخش قابل توجهی 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).

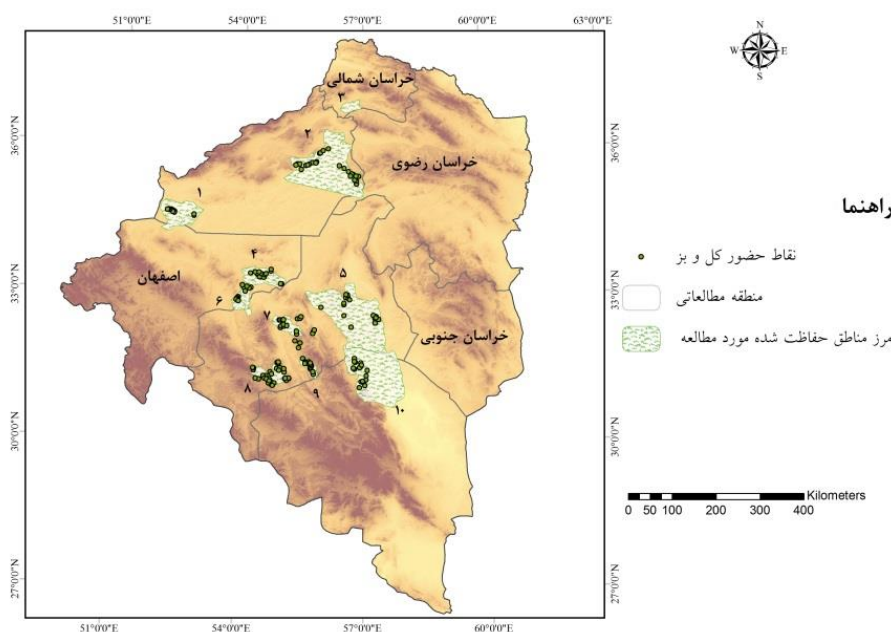
رویکرد مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه با به‌کارگیری تحلیل‌های آماری چند متغیره و سامانه اطلاعات جغرافیایی، احتمال حضور و یا عدم حضور گونه در مجموعه‌ای از شرایط زیستگاهی را برآورد می‌کند (Guisan and Zimmermann, 2000). نتایج این مدل‌ها در بسیاری از اقدامات حفاظتی از جمله تعیین اولویت‌های مکانی حفاظتی، تعیین 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

## 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 حیات وحش میانداشت، ۴: پناهگاه حیات وحش عباس‌آباد، ۵: پناهگاه حیات وحش نایبندان، ۶: پارک ملی و منطقه حفاظت شده سیاهکوه، ۷: پناهگاه حیات وحش دره انجیر، ۸: منطقه حفاظت شده کالمند- بهادران، ۹: منطقه حفاظت شده کوه بافق، ۱۰: پناهگاه حیات وحش دربند راور

Fig. 1- Study Area. 1. Kavir NP; 2. Touran complex; 3. Miyandash 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.

(Ranjbar *et al.*, 2016; 2024) (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 رقمی ارتفاع تهیه شده از صفحه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) برای تهیه نقشه ارتفاع

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.*,

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.

و شیب منطقه با دقت ۳۰ متر به کار 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 کیلومتر مربع، 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

جدول ۱- متغیرهای محیط زیستی

Table 1- Environmental variables

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

(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 تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی درختی (CTA)، مدل تجزیه و تحلیل داده‌های عملکردی (FDA)، مدل رگرسیون تطبیقی چند متغیره (MARS)، مدل تقویت گرادیان (GBM)، مدل جنگل

روش مدل‌سازی: تکنیک مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM)<sup>۱</sup> 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

### نتایج

اعتبارسنجی مدل‌ها: نتایج اعتبارسنجی مدل‌سازی بر اساس شاخص‌های ROC، TSS و KAPPA در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس این جدول، بالاترین مقدار ROC به ترتیب مربوط به مدل‌های GLM، RF، GBM، ANN می‌باشد. در مدل‌های نامبرده عملکرد مدل‌ها عالی به دست آمد. در مدل‌های MaxEnt، MARS عملکرد مدل‌ها خیلی خوب و در مدل‌های FDA، CTA، 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 به دست 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 به عنوان مدل‌های با عملکرد عالی شناخته شدند. بدین ترتیب مدل‌های GLM، RF، GBM، ANN، MARS و MaxEnt برای تحلیل نتایج مورد استفاده قرار گرفتند.

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 به صورت توابع ریاضی ارائه می‌شود (حیدریان آقاخانی و همکاران، ۱۳۹۶).

برای اجرای تمامی مدل‌ها از بسته 2 (Biomod) Thuiller (2009, *et al.*) 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 به دست آمد. سپس متغیرهای تاثیرگذار و چگونگی پاسخ آنها بر روی مدل‌سازی زیستگاه ارزیابی شد.

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

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. بدین ترتیب 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.

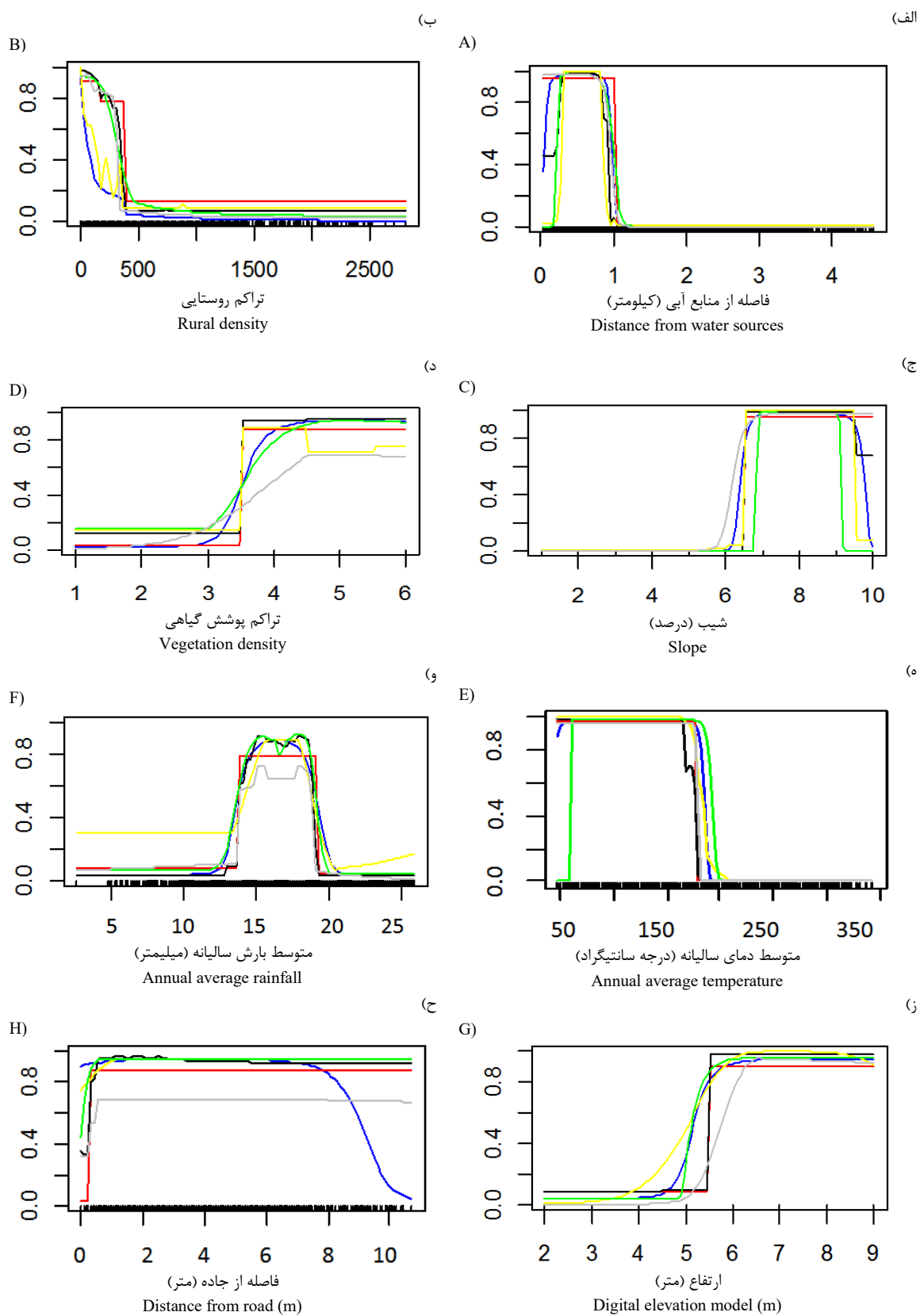
**نتایج پاسخ متغیرها به مطلوبیت زیستگاه:** بر اساس جدول (۳) در چهار مدل GLM، GBM، RF و MARS، شیب، فاصله از منابع آب، تراکم روستا، متوسط بارش سالیانه، متوسط دمای سالیانه، ارتفاع، فاصله از جاده و تراکم پوشش گیاهی ترتیب اهمیت متغیرها است. دو مدل ANN و MaxEnt به ترتیب، عملکردی متفاوت از سایر مدل‌ها داشته‌اند.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

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

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 (ج) مطلوبیت زیستگاه کل و بز بیشتر شده است.

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

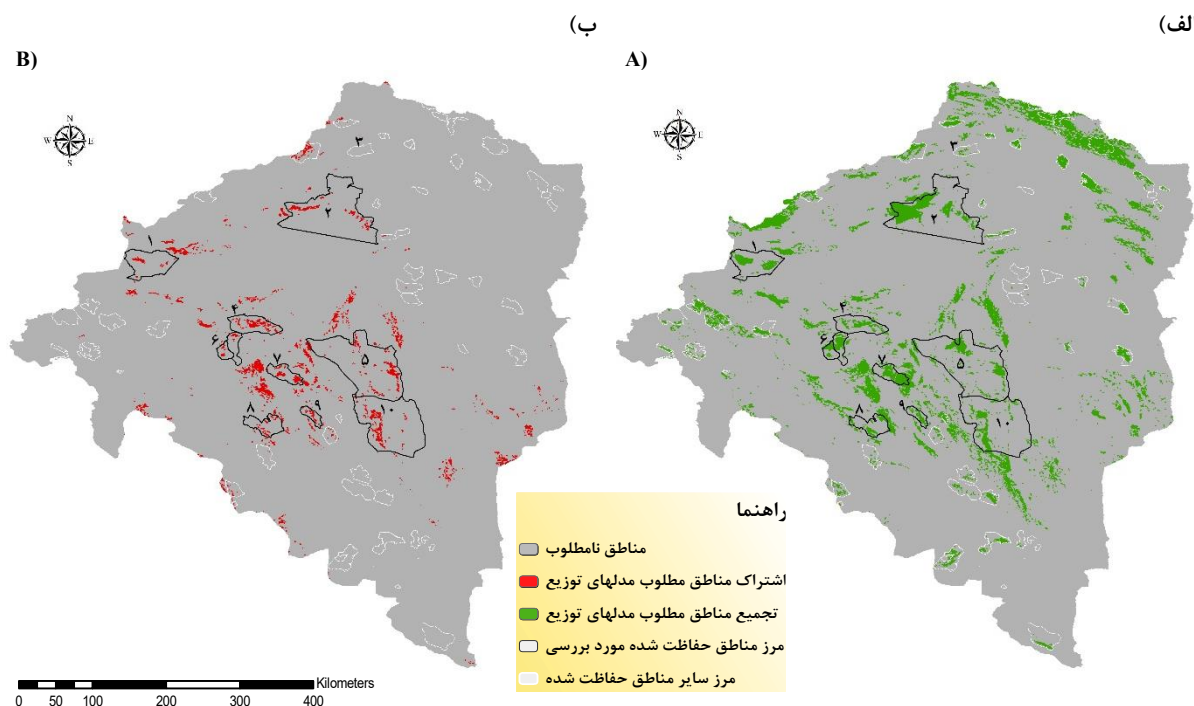


شکل ۲- نمودار پاسخ به متغیرها در گونه کل و بز

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

است. نتایج حاصل از خروجی مدل‌ها (جدول ۴) نشان داد که پناهگاه حیات وحش نایبندان طبس، مجموعه حفاظتی توران در شاهرود، پارک ملی کویر گرمسار، پناهگاه حیات وحش دربند راور، منطقه حفاظت شده عباس‌آباد نائین و پناهگاه حیات وحش 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 حیات وحش میانداشت در خراسان شمالی هیچ‌گونه مطلوبیتی برای گونه نداشته و کل و بز نیز در این زیستگاه زیست ندارند.

**نتایج پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه:** در شکل (۴) نتایج تجمیع (الف) و اشتراک (ب) مدل‌های MaxEnt, GBM, RF, GLM و MARS 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



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 حیات وحش میانداشت؛ ۴. منطقه حفاظت شده عباس‌آباد نائین؛ ۵. پناهگاه حیات وحش نایبندان طبس؛ ۶. پارک ملی و منطقه حفاظت شده سیاهکوه اردکان؛ ۷. پناهگاه حیات وحش دره‌انجیر اردکان؛ ۸. منطقه حفاظت شده کالمند-بهداران؛ ۹. منطقه حفاظت شده کوه بافق؛ ۱۰. پناهگاه حیات وحش 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.

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.

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

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 پراکنندگی احتمالی آن در گستره محیطی بسیار خشک و فراخشک ایران ارائه شده است. در این بررسی از شش مدل به صورت 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 تجمیعی 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 به عنوان یک گونه شاخص در مناطق کوهستانی، سبب افزایش و بهبود جمعیت طعمه‌خواران آن به‌ویژه یوز آسیایی 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 سمدران 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 پراکنندگی 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 کم ارتفاع‌ترین 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 (Ahmadi *et al.*, 2017; Shams-Esfandabad *et al.*, 2021). قابل قبول نیست.

با استفاده از میانگین‌گیری سطح مطلوب روش تجمیع و اشتراک، مجموعه حفاظتی توران به عنوان مهمترین و اصلی‌ترین زیستگاه یوز در کشور تنها ۲۷ درصد از سطح زیستگاه‌های مطلوب کل و بز را در خود پوشش می‌دهد. بخش‌های قابل توجهی از این منطقه در قسمت جنوبی هیچ مطلوبیتی برای هیچ‌کدام از این گونه‌ها ندارد (Ahmadi *et al.*, 2017). این در حالی است که بخش‌های قابل توجهی 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

بینابینی دارای اهمیت را تاکید دارد تا بتوان به این روش از یوز و زیستگاه‌های آن حفاظت موثر به عمل آورد. بررسی‌های میدانی به منظور 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 به ترتیب 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

جای داده است. در بین همه زیستگاه‌های یوز، کوه بافقی 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 قابل توجه، 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-بهداران. 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

کیفیت زیستگاهی بسیار پائین بوده، یا فاقد پوشش گیاهی هستند و یا پوشش گیاهی عموماً مهاجم را شامل می‌شوند (Eldridge *et al.*, 2017).

احتمال حضور این گونه در ارتفاعات بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریا بیشتر است. عموماً 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 کاملاً مثبتی بین تراکم جمعیت پازن و ارتفاع زیستگاه مورد انتخاب وجود دارد. عموماً در هر زیستگاهی این گونه به بالاترین ارتفاع پناه می‌برد، چرا که بیشترین پناه را برای آن فراهم می‌نماید.

### سیاسگزاری

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

### پی‌نوشت

<sup>۱</sup> Species Distribution Modeling

## References

Ahmadi, M., Nezami Balouchi, B., Jowkar, H., Hemami, M.-R., Fadar, 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

کاهش 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 نسبتاً 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. عموماً 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،

## 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-

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-Zavareh, 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.ajejournal.ir/article\\_101205.html](http://www.ajejournal.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-Zavareh, 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/10.1111/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., & Arefkia, 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., Moshtaghi, 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
- Safiyani-Boldaji, P., Poirazidis, K., Hemami, M.R., Moser, D., Plutzer, 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. & Araujo, 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.*