

Original Article

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

Authors: Bagher Nezami¹, Javad Ramezani^{2*}

^{1,2} Research Group of Biodiversity and Biosafety, Research Center for Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran.

Corresponding author: ramezani@rcesd.ac

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.

مقاله پژوهشی

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

در ایران

باقر نظامی بلوچی^۱، جواد رمضانی^{۲*}، سیده معصومه موسوی^۳

ramezani@rcesd.ac.ir

^۱گروه پژوهشی تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط

زیست، تهران، ایران

^۲دکترای علوم محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

چکیده

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 بشدت در خطر انقراض ایران است. از این رو 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 تأثیر خشکسالی‌های پی‌درپی، تغییرات شدید فعالیت‌های اکتشاف و توسعه معادن و شکار فزاینده سمداران قرار دارند. از این رو 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 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 بشدت دارای پراکندگی و تکه تکه شدگی است. با وجود اهمیتی که مناطق کوهستانی در عرصه‌های بیابانی به منظور تعدیل شرایط آب و هوایی 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 به شدت جزیره‌ای، کوچک و پراکنده هستند. بخش قابل توجهی از گستره فلات مرکزی ایران که وسیع‌ترین مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست نیز در آن قرار دارد بصورت 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 هیچ‌کدام از این گونه‌ها ندارد. این درحالی 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.

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 تنوع زیستی منحصر به فرد، 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 به دنبال خود توسعه مراکز انسانی و توسعه شبکه جاده‌ها و در نتیجه تخریب زیستگاه‌ها را به همراه دارد. در نتیجه آن، جابجایی و مهاجرت‌های گونه‌ها با اختلال مواجه شده، زیستگاه را تکه تکه 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 حیات وحش منطقه و زیستگاه‌های آنها وجود ندارد.

فلات مرکزی ایران در زمره مناطق خشک و فراخشک کویری جهان است که بدلیل 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 (به عنوان اصلی‌ترین عامل محدود کننده 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 است (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 یوز آسیایی و پلنگ ایرانی (*Panthera pardus*) دارد (Karami *et al.*, 2016). جمعیت‌های کل و بز به عنوان 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، بنظر 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 تنوع زیستی، موجب شده تا در برخی از مناطق بصورت 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 اقدامات مدیریتی مناسب اقدام نمود (Phillips and Dudík, 2008).

با توجه به آنکه محدوده مورد مطالعه از خشک‌ترین و گرم‌ترین مناطق ایران را شامل می‌شود، جستجو برای لکه‌های جمعیتی پراکنده باقیمانده و حفاظت میدانی توسط نیروهای حفاظتی و کارشناسان محیط زیست در تمام عرصه‌ها فلات مرکزی غیرممکن است (Nezami, 2017; Nezami and Zahedian, 2019). لذا شناسایی زیستگاه‌های بالقوه و با اولویت گونه، بعنوان 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 یوز آسیایی، و نهایتاً 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. لذا 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 خراسان شمالی، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، سمنان، اصفهان، یزد و کرمان بوده است. جمع آوری نقاط حضور کل و بز تنها در مناطق چهارگانه تحت مدیریت این استان‌های که تحت عنوان زیستگاه منتخب و با اولویت یوز آسیایی 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 و آریز و کالمند-بهادران، دو پارک ملی کویر و سیاهکوه، پنج پناهگاه حیات وحش نایبندان، دره انجیر، میاندشت، عباس‌آباد نائین و دربند راور و ذخیره‌گاه زیستکره توران که مهمترین زیستگاه‌های یوز آسیایی بوده و نقاط حضور کل و بز از آنها جمع آوری شده است (شکل ۱).

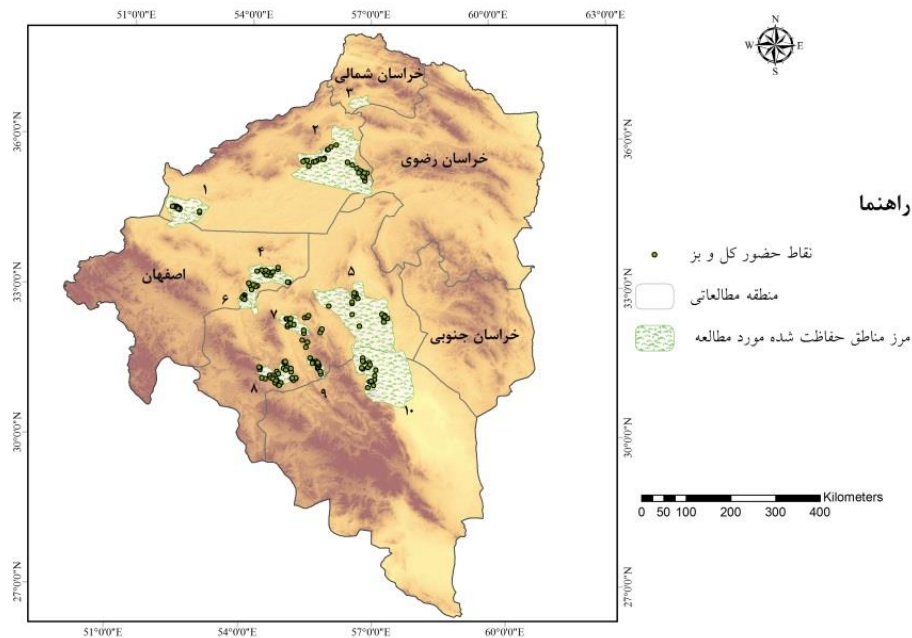
میزان بارندگی سالانه در محدوده مطالعه بین ۵۰ تا ۲۵۰ میلیمتر با رطوبت نسبی کمتر از ۲۰ درصد، اقلیمی خشک تا فراخشک را شامل می‌شود، به طوری که در برخی از مناطق این زیستگاه‌ها ممکن است چندین سال باران نبارد (Akbari et al., 2014; Kermani et al., 2020). روزها هوا بسیار گرم و شب‌ها سرد است و بخش قابل توجهی از این مناطق به عنوان 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*)، کاروان‌کش (*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

جمع آوری داده‌های حضور (Data collection): مشاهدات مستقیم کل و بز در زیستگاه‌های یوز توسط تیم پژوهش، متخصصین محیط زیست، محیط‌بانان و کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست و بانک داده ادارات کل حفاظت محیط زیست از سرشماری‌های سالانه، در طول دوره ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ جمع آوری 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 مشاهده گر (point

بدست آمد. پس از حذف نقاط تکراری، خروجی آن به صورت یک نقشه با ۱۳۰ نقطه حضور (count double observer) است که با استفاده از نرم افزار 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 میاندشت، ۴: پناهگاه حیات وحش عباس آباد، 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 دریند راور

Figure 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 محیط زیستی: 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 بدست آمد. این لایه به ۶ طبقه تقسیم شد که طبقه ۱ کمتر از ۷۵٪، طبقه ۲ محدوده ۷۵٪ - ۵۰٪، طبقه ۳ محدوده ۵۰٪ - ۲۵٪، طبقه ۴ محدوده ۲۵٪ - ۱۰٪، طبقه ۵ کمتر از ۱۰٪ 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 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 شد. 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 ارب‌های آماری و پیش‌بینی‌های نادرست شود (Franklin, 2010)، پیش از استفاده از لایه‌های اطلاعاتی در روند مدل‌سازی، میزان همبستگی با استفاده از نرم افزار ENMTools (Warren *et al.*, 2010) 1.4.4 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

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	
بانک داده WorldClim WorldClim Database	متوسط دمای سالانه Annual Average Temperature	اقلیم Climate
بانک داده WorldClim	متوسط بارش سالانه	

WorldClim Database	Annual Average Precipitation	
USGS	ارتفاع	توپوگرافی Topography
	Height	
USGS	شیب	
	Slope	
سازمان حفاظت محیط زیست و اطلاعات میدانی	منابع آبی (چشمه ها و آبشخورها)	پوشش زمینی Land cover
Department of Environment, Field information	Water sources (springs and fountains)	
سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور	درصد تراکم پوشش گیاهی	
Natural Resources and Watershed Management Organization	Vegetation density (%)	

روش مدلسازی: تکنیک مدل سازی توزیع گونه ای^۱ (SDM) تلاشی است برای ارائه دقیق جزئیات پراکنش با استفاده از روش های آماری، که به پیش بینی مسائل محیط زیستی کمک می کند و امروزه به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد (Zhang et al., 2015). از آنجایی که روش های مختلف توزیع می توانند نتایج متفاوتی ایجاد کنند، استفاده از این روش ها به ما اجازه می دهد به طور همزمان نتایج حاصل از مدل های مختلف را در نظر بگیریم (Ahmadi et al., 2017).

برای مدلسازی زیستگاه کل و بز، مجموعه ای از ۹ مدل مورد استفاده قرار گرفت که عبارتند از: مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، مدل خطی تعمیم یافته (GLM)، مدل بیشترین بی نظمی (MaxEnt)، مدل تجزیه و تحلیل طبقه بندی درختی (CTA)، مدل تجزیه و تحلیل داده های عملکردی (FDA)، مدل رگرسیون تطبیقی چند متغیره (MARS)، مدل تقویت گرادیان (GBM)، مدل جنگل تصادفی (RF) و مدل پوشش سطحی سطح (SRE). در این مدل ها، متغیر وابسته به طور عمده حضور و عدم حضور گونه و متغیر مستقل پارامترهای محیطی هستند و روابط بین متغیرها به صورت توابع ریاضی ارائه می شود (حیدریان آقاخانی و همکاران، ۱۳۹۶).

برای اجرای تمامی مدل ها از بسته Biomod2 (Thuiller et al., 2009) در نرم افزار Rstudio استفاده شد. سپس ارزیابی عملکرد مدل ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مدل هایی که بالاترین دقت و عملکرد را در گونه کل و بز داشتند انتخاب گردید. اعتبار سنجی و عملکرد مدل ها با استفاده از سه پارامتر آماره Kappa (Cohen, 1960)، AUC (Fielding and

¹. Species Distribution Modeling

(Bell, 1997) و TSS (Allouche *et al.*, 2006) مورد بررسی قرار گرفت. تجمیع و اشتراک مدل‌های با عملکرد بالا بدست 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 به ترتیب مربوط به مدل‌های GLM، RF، GBM، ANN می‌باشد. در مدل‌های نامبرده عملکرد مدل‌ها عالی بدست آمد. در مدل‌های MaxEnt، MARS عملکرد مدل‌ها خیلی خوب 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 بدست 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.

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 به ترتیب، 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. بدین ترتیب بر اساس نتایج تمامی مدل‌ها، موثرترین و مهمترین متغیر در کل و بز، شیب، و کم اهمیت‌ترین متغیر در مدل‌های GLM، GBM، RF و 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	۰/۲۰۴	۰/۰۱۷	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	۰/۰۷۲	۰/۰۱۳

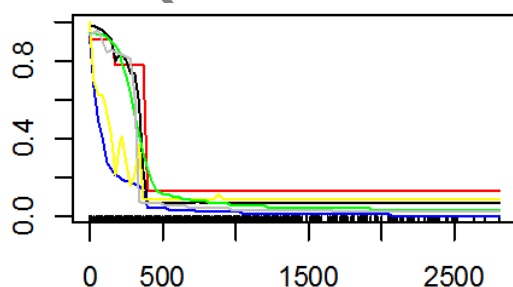
متغیر Variable	مدل Model					
	MaxEnt	GLM	GBM	RF	MARS	ANN
Annual average temperature						
متوسط بارش سالانه						
Annual average rainfall	۰/۰۶۶	۰/۱۳۷	۰/۱۳۴	۰/۰۲۹	۰/۱۶۲	۰/۴۳۰

شکل (۲) نمودار پاسخ کل و بز نسبت به متغیرهای محیط زیستی 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، 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٪ روند کاهشی در حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه وجود دارد. پاسخ گونه نسبت به متغیر تراکم پوشش گیاهی (د) نشان می‌دهد که در تراکم‌های ۲۰ تا ۲۵٪ پوشش گیاهی، مطلوبیت زیستگاه گونه و احتمال حضور آن افزایش یافته است که این مطلوبیت در تراکم‌های ۱۰٪ 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.

(ب)

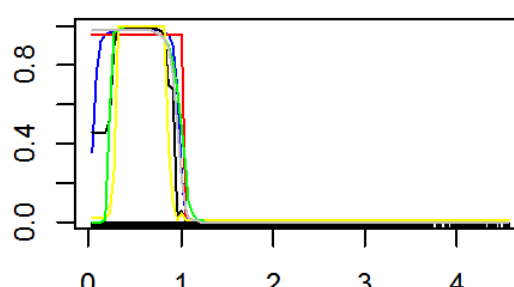
(الف)

B)

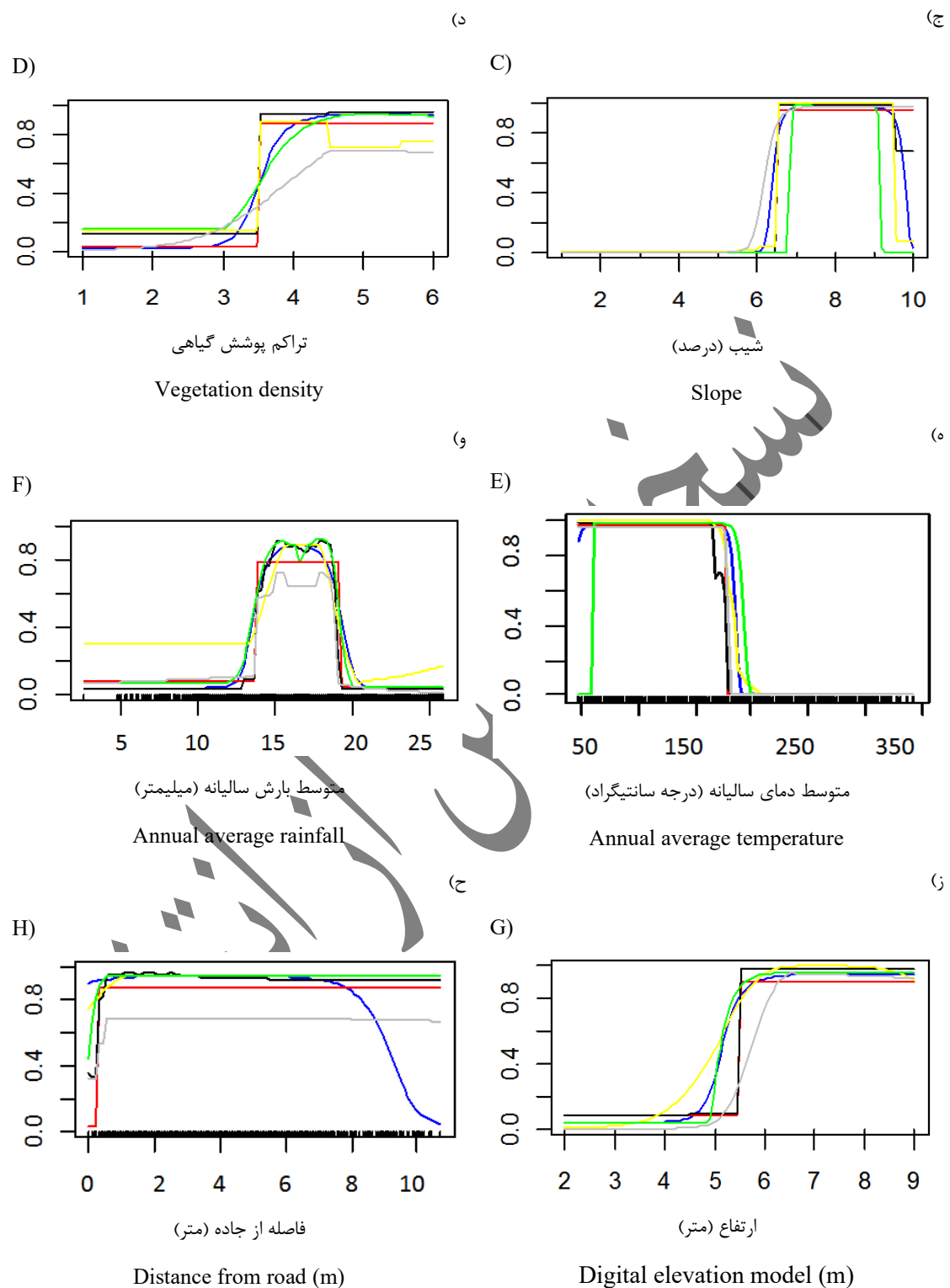


تراکم روستایی
Rural density

A)



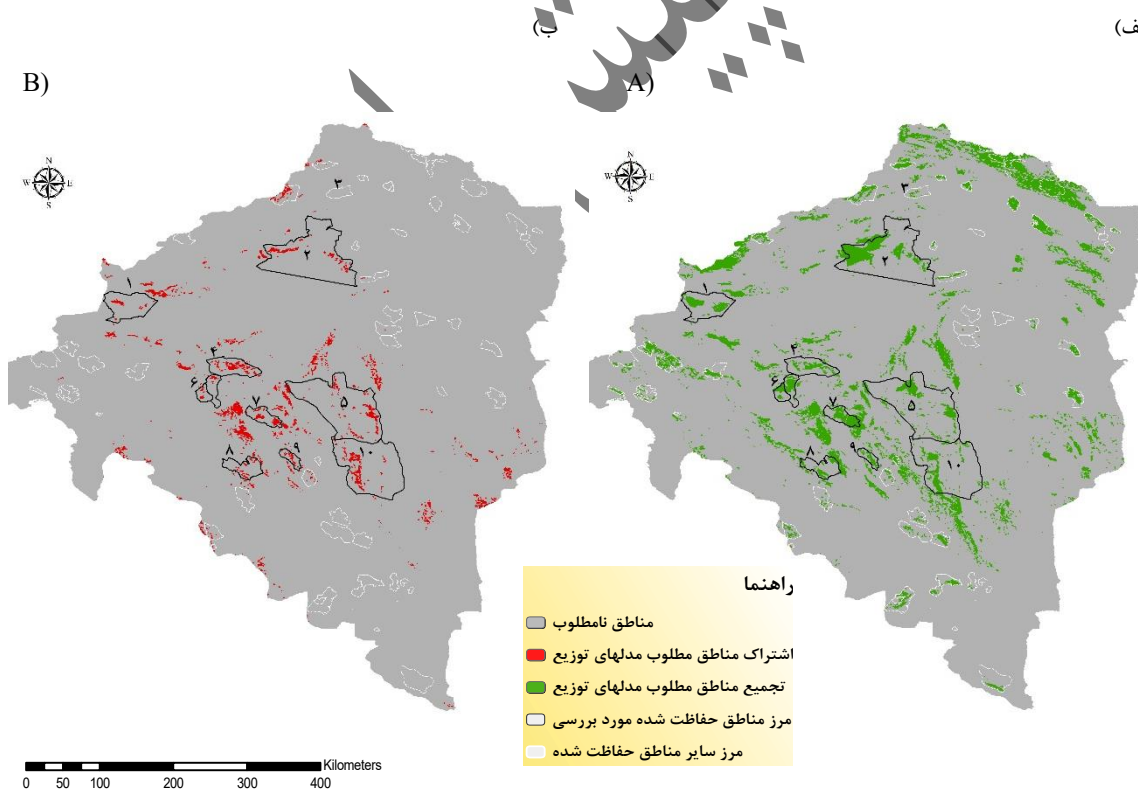
فاصله از منابع آبی (کیلومتر)
Distance from water sources



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

Figure 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, RF, GLM و MARS نشان داده شده است. به منظور 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 بدست آمد که از گستره کوچک‌تر اما دقیق‌تری برخوردار است. براین اساس زیستگاه کل و بز در فلات مرکزی ایران بشدت دارای پراکندگی و تکه تکه شدگی است. نتایج حاصل از خروجی مدل‌ها (جدول ۴) نشان داد که پناهگاه حیات وحش نایندگان طیس، مجموعه حفاظتی توران در شاهرود، پارک ملی کویر گرمسار، پناهگاه حیات وحش دربند راور، منطقه حفاظت شده عباس آباد 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 ندارد.



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 میاندشت؛ ۴. منطقه حفاظت شده عباس آباد نائین؛ ۵. پناهگاه حیات وحش نایبندان طبس؛ ۶. پارک ملی و منطقه حفاظت شده سیاهکوه اردکان؛ ۷. پناهگاه حیات وحش دره انجیر اردکان؛ ۸. منطقه حفاظت شده کالمند-بهادران؛ ۹. منطقه حفاظت شده کوه بافق؛ ۱۰. پناهگاه حیات وحش دربند راور.

Figure 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 آب و هوایی 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 درحالی 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 حفاظت شده سیاهکوه Siyahkoh National Park and Protected Area	۱۹۹۶۵۱	۹۶۵۰۸	۱۴۵۰۸
پناهگاه حیات وحش نایبندان Naybandan Wildlife Refuge	۱۵۱۶۹۹۴	۲۳۹۰۶۳	۷۷۱۶۴
پارک ملی کویر	۴۴۲۲۱۲	۱۰۱۹۷۵	۱۷۶۶۲

Kavir National Park

منطقه حفاظت شده کالمند-بهادران	۲۲۹۱۰۷	۵۴۸۷۷	۱۵۹۷۹
Kalmand-Bahadoran Protected Area			
پناهگاه حیات وحش دره انجیر	۱۷۵۳۰۲	۱۰۸۲۸۲	۳۱۵۳۸
Dareh-anjir Wildlife Refuge			
پناهگاه حیات وحش دربند راور	۱۳۵۷۶۷۲	۱۹۱۳۳۴	۷۸۴۲۶
Darband-e Ravar Wildlife Refuge			
منطقه حفاظت شده کوه بافق	۸۸۵۲۷	۴۹۲۰۰	۱۴۰۸۷
Bafgh Protected Area			
پناهگاه حیات وحش عباس آباد	۳۰۵۰۰۰	۸۲۸۴۱	۵۱۰۹۲
Abbasabad Wildlife Refuge			
مناطق حفاظت شده		۲۲۵۰۵۷۲	۳۸۶۰۳۳
Protected Areas			
خارج از مناطق حفاظت شده		۳۵۷۷۴۸۲	۱۴۸۵۶۷۶
Unprotected Areas			
کل مناطق مطلوب		۵۸۲۸۰۵۴	۱۸۷۱۷۰۹
Area of Suitable Habitats			

بحث و نتیجه گیری

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 بصورت 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 پیش بینی زیستگاه گونه از مدل‌های تجمیعی چندین مدل استفاده شود. استفاده از الگوی مدل‌های تجمیع می‌تواند دقت پیش بینی 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 گونه‌ی شاخص در مناطق کوهستانی، سبب افزایش و بهبود جمعیت طعمه‌خواران آن به ویژه 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 آنکه 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 تکه تکه 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 کم ارتفاع‌ترین و مسطح‌تری مناطق بیابانی زیست دارد، همپوشانی زیستگاهی داشته باشند (Nezami and Zahedian, 2019).

روی هم‌گذاری مناطق مطلوب و مناطق تحت مدیریت نشان داد که در روشن تجمیع ۳۸ درصد و در روش اشتراک تنها ۲۰ درصد مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست در محدوده مورد مطالعه که برای یوز حفاظت می‌شوند، از مطلوبیت برای کل و بز برخوردار هستند. با توجه به آنکه 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 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 درحالی 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 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 به عنوان 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 این رو 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 به صورت سنتی مناطق بر عوارض و 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 مابین مناطق تحت مدیریت است. محدوده مابین نایبندان و توران، مناطق بینابینی زیستگاه‌های استان یزد شامل دره انجیر به نایبندان، سیاهکوه به عباس آباد، 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.*, 2020; Ahmadi *et al.*, 2021). از این رو لزوم حفاظت از ابتدا طعمه‌ها و دوم زیستگاه‌های 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 هرکدام از متغیرها می‌تواند بقا 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 تعیین کننده هستند. اهمیت فاصله از منابع آبی در تابستان و اهمیت پوشش گیاهی در زمستان بیش از سایر فصول هستند (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 به ویژه در فصل تابستان تعیین کننده است و در زیستگاه‌هایی که منابع آبی اندک هستند، حضور گونه بسیار محدود خواهد بود. منابع آبی در زیستگاه‌های مناطق بیابانی از عوامل محدود کننده و بحرانی قلمداد می‌شود.

شیب یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده مطلوبیت زیستگاه است. زیستگاه با شیب ۲۰ تا ۶۵ درصد از مطلوبیت بالا برخوردار بوده، در شیب‌های بیش از ۶۵٪ روند کاهشی در حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه وجود دارد (Morovati *et al.*, 2014). خاستگاه کل و بر زیستگاه‌های کوهستانی با شیب تند است (Genov *et al.*, 2009; Weinberg *et al.*, 2008). این الگوی انتخاب زیستگاه نشان دهنده استراتژی ضدطعمه‌خواری گونه است 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 آنکه اغلب طعمه‌خواران از جابجایی 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، با افزایش تراکم روستاها مطلوبیت زیستگاه کاهش یافته است. با افزایش فاصله از جاده‌ها نیز مطلوبیت زیستگاه بیشتر می‌شود. عموماً اغلب گونه‌های حیات وحش به دلیل تهدیدات شکار از مناطق انسانی دوری می‌کنند. گزارشات ادارات محیط زیست 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 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 دره انجیر 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.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از انجمن یوزپلنگ ایرانی و دفتر مدیریت و حفاظت از حیات وحش سازمان حفاظت محیط زیست به پاس همکاری‌های صورت گرفته صمیمانه قدردانی می‌گردد.

نسخه پیش از انتشار

- Ahmadi, M., Nezami Balouchi, B., Jowkar, H., Hemami, M.-R., Fadakar, D., Malakouti-Khah, S., and 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., and 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 with English abstract). Doi: [20.1001.1.24763128.1392.2.3.7.0](https://doi.org/10.1001.1.24763128.1392.2.3.7.0)
- Akbari, H., Moradi, H., Baghestani, N., and 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., and 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., and 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. and 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. and 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. and 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. and 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. and 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. and 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. and Bell, J.F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*. 24(1): 380-49. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000088>

Gehlot, H., and 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. and 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., and 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. and 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., and 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. and 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. and 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., and 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., and 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., Frane, E. and 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., and 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., and 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., and 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., and 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., and 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., and 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., and 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](https://doi.org/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., and 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. and 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. and 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. and 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. and 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., and 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., and 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>