

Habitat Suitability Modelling of Persian Gazelle Using Maxent Model in Hormod Protected Area, Fars Province, Iran

B. Yusefi¹, A. Jafari^{2*}, A.A. Naghipour³

1. MSc Graduated, Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
 2. Associate Professor, Department of Environment Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
 3. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- * Corresponding Author: Jafari.ali@sku.ac.ir

Received date: 10/05/2024

Accepted date: 22/08/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)

Abstract

This study employed the Maximum Entropy (MaxEnt) model to assess the habitat suitability of the Persian gazelle (*Gazella bennettii*) within the Hormood Protected Area. Habitat modeling was conducted using 45 occurrence points of the species and a range of environmental variables, including topographic, climatic, vegetation cover, and anthropogenic factors. All environmental datasets and species occurrence points were prepared in a standardized ASCII format and input into the MaxEnt software. The model was executed with 10,000 background points and a maximum of 15 iterations. Model performance was evaluated using the Area Under the Curve (AUC) of the Receiver Operating Characteristic (ROC), while the Jackknife test was applied to identify the relative importance of environmental variables in predicting habitat suitability. Results from the Jackknife test highlighted that the most influential variables were distance from villages (41.1%), vegetation cover (16.6%), slope (13.7%), and mean daily temperature (10.3%). The study estimated that 17.6% of the total area constitutes suitable habitat for the Persian gazelle, while 82.4% was categorized as unsuitable. The model's accuracy, reflected by an AUC value of 0.87, indicates its robust ability to differentiate between suitable and unsuitable habitats. Given the significant role of anthropogenic factors, particularly proximity to villages, in influencing habitat suitability, the study recommends implementing targeted management strategies. These should prioritize environmental education and raising conservation awareness among local communities residing within and around the study area to mitigate human-induced pressures on gazelle habitats.

Keywords: Species distribution modeling; environmental variables; anthropogenic; species response curves

How to cite this article

Yousefi, B., Jafari, A. and Naghi Poor, A. A. (2024). Habitat Suitability Modelling of Persian Gazelle Using Maxent Model in Hormod Protected Area, Fars Province, Iran. *Desert Management*, 12(3), 55-72. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)



Extended Abstract

Introduction

The conservation of species depends on the protection of their natural habitats, and this is possible with a more detailed analysis of habitats (15, 31). In this regard, habitat suitability modeling is a scientific and practical solution to estimate the distribution range of species (12). Modeling allows ecologists and wildlife experts to gain knowledge about the ecological needs of species, barriers and factors limiting their distribution, predicting the effects of climate change, habitat destruction, and species invasion. One of the most widely used and best methods for modeling the habitat suitability of species that only uses presence data is the maximum entropy (MaxEnt) method (24). Studying the habitats of all species on a large scale is challenging due to budget and time limitations. It is imperative to direct the limited budgets and efforts towards conservation of greater ecological significance or at greater risk. The Persian Gazelle, *Gazella bennettii shikarii*, is an important hereditary mammal species that is part of the Bovidae family and the antelope subfamily. It can be found in India, Pakistan, southern Afghanistan, and Iran. In Iran, Persian gazelle prefers dry and very dry plains with an average annual rainfall of 50-250 mm and usually hills (2). Several studies conducted on the habitat suitability of this species in Iran protected areas including Kavir national park (18), Naybandan wildlife refuge (3) and Copper Ore Protected Area (22). To conduct a more comprehensive analysis of meta populations, we need to address the gaps in the distribution and habitat requirements of this species in peripheral areas, including the study area. The present study aims to evaluate the suitability of existing habitats and to identify the potential habitats of Persian gazelle (*Gazella bennettii*) in Hormod protected area using the MaxEnt method, so that its results can be used for better conservation and management of this species meta populations.

Material and Methods

Study area: Hormod protected area with an area of 208,731 hectares located in southeast of Fars province, Iran (Fig.1). Most important threat factors of this area, are the droughts, illegal hunting, illegal grazing, crossing the area by Shiraz-Bandar Abbas Road, agriculture and harvesting edible mushrooms by local peoples.

Recording species presence points: during the extensive field visits in different seasons of 2022-23, along the specific routes of the plain and hilly areas as the actual habitats of the species, using a Global Positioning System (GPS) 45 presence points was recorded (Fig. 1).

Environmental data: based on the literature review, four groups of environmental variables including climatic factors (Tables 1 and 2), vegetation cover, topographical factors (slope, aspect and elevation) and human factors (distance from the village, water sources, road, agricultural lands and environmental checkpoints) which are effective in determining the habitat suitability of this species were used in the modeling.

Modeling: Species presence points were converted into digital layers in ArcGIS 10.3 software, then these presence points were considered as dependent variables and selected environmental data (layers) as independent variables. To run the model, 10,000 background points and a maximum of 15 repetitions were considered. Also, 70% of presence points were used to build the model and the remaining 30% were used to evaluate the modeling results.

Model evaluation: In this study, the area under the curve (AUC) of the receiver operating characteristic (ROC) was used to check the validity of the results obtained from the model, which is one of the most common methods for evaluating predictive models (8). Jackknife test was also used to determine the importance of each environmental variable in predicting the suitability of the habitat of the species.

Results

Habitat desirability: According to the results, about 36746 hectares equivalent to 17.6% of Hormod protected area is considered as a suitable habitat and about 171985 hectares equivalent to 82.4% is an unsuitable habitat for the Persian gazelle (Fig. 2).

Model evaluation: In this study, the value of the area under the curve (AUC) calculated equal to 0.87, that indicates the "very good" predictive performance of the model (20) (Fig. 3).

The participation of variables in model: in Hormod protected area, the variables of distance from the villages, vegetation cover, slope and average daily temperature with 41.1, 16.6, 13.7 and 10.3 percent of influence are the most important variables affecting the suitability of Persian gazelle habitat, respectively (Fig. 4). However, according to the jackknife test, the average daily temperature variable has the highest power to predict the suitability of the Persian gazelle habitat in the Hormod protected areas (Fig. 5), in the other words

by removing this variable, the predictive power of the model decreases more than removing any other variables.

Species response curves: Finally, the response curves of the species to the four main environmental variables that affect its habitat suitability were examined (Fig. 6).

Discussion and Conclusion

In this study, the habitat suitability of Persian gazelle was mapped within the protected area of Hormod using MaxEnt software. The suitable habitats of species are located in the northern and northeastern parts of the study area, which have the greatest distance from human factors, especially villages. The distance from the village has the most importance on the desirability of Persian gazelle habitat in the study area. Based on the results, with increasing the distance from the village, the habitat desirability for Persian gazelle increases. According to the response curves, with an increase in the distance of 10 km from the village, the habitat suitability for the species increases. It seems that moving away from the village in order to find a shelter to prevent hunting is very important as one of the parameters of habitat selection in terms of the species of Persian gazelle in the study area. In a study conducted in the southern regions of Tunisia on *Gazella dorcas* (5), it was found that human variables and especially the distance from agricultural lands were the most important factors shaping the distribution pattern of this species. Also, the study conducted on the condition of the gazelle (*Gazella cuvieri*) habitat in North Africa (14) also showed that the presence and distribution of this species is affected by the increasing distance from human settlements and areas with low human population density. The results of the present study showed that vegetation plays a role as the second most important factor in the desirability of the habitat of this species, and the highest presence of the species is in the type of salt desert rangeland (*Salsola tomentosa*). In similar studies, the importance of vegetation in the desirability of the habitats of Persian Gazelle and other wildlife species has also been confirmed (13, 18, 19, 29). Considering the drastic decrease in the population size and the range of distribution of the Persian gazelle in Iran (3) and that this type of prey is used by important carnivores such as leopards and cheetahs, we suggest to preventing the habitat destruction and proper protection of the suitable habitat of this species in the study area.

Keywords: Species distribution modeling; Environmental variables; Human variables; Species response curves

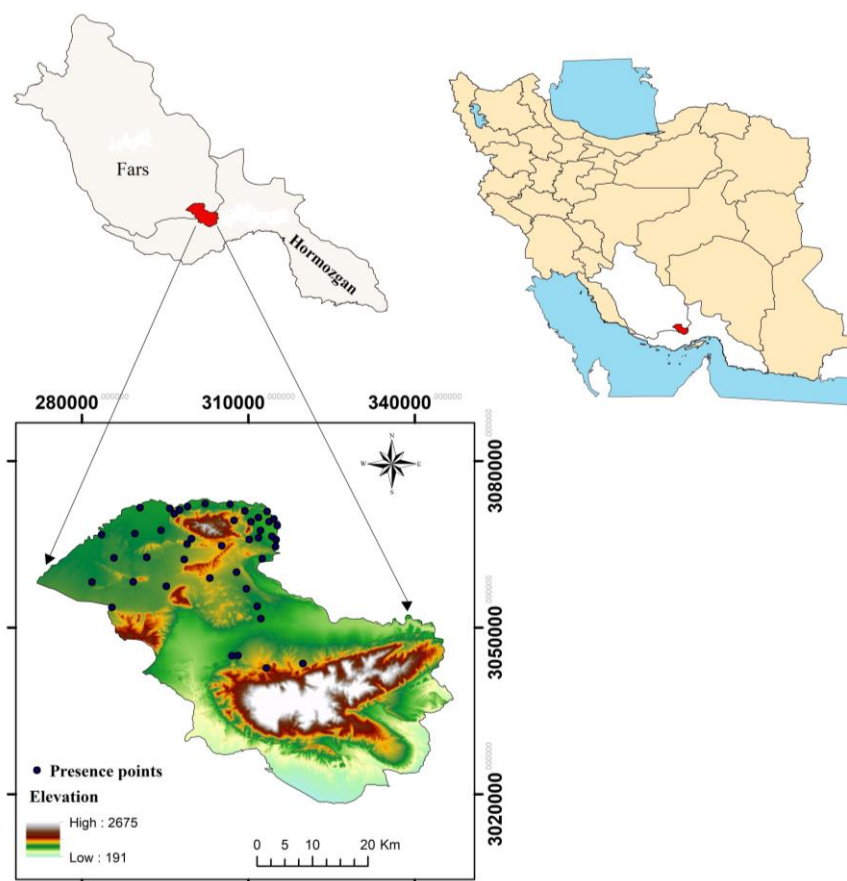


Fig 1. The location of Hormod protected area in Iran, as well as the species' presence

Table 1. Meteorological stations used in the research

Row	Stations name	Station type	UTM
1	Haji-Abad	synoptic	393133.15-3132025.55
2	Bastak	synoptic	238505.99-3012450.97
3	Bandar-Lenge (coastal)	synoptic	290833.19-2940525.29
4	Bandar-Khamir	synoptic	358050.84-2981700.00
5	Bandar-Khamir	synoptic	283783.92-2936209.58
6	Tange zagh	climatology	394762.33-3094340.03
7	Genou	climatology	417943.10-3031013.72
8	Tashkuye (Kaleghah)	climatology	347758.86-3111466.22
9	Zarrin Dasht	synoptic	247913.09-3139771.27
10	Lar	synoptic	231751.87-3061719.87
11	Darz & Sayban	climatology	344438.91-3082696.51
12	Garash	climatology	288657.76-3063457.34

Table 2. Description of the environmental variable

Abbreviation	Climatic description	Dimention	Abbreviations	Climatic description	Dimention
Bio1	Annual Mean Temperature	°C	Bio11	Mean Temp. of Coldest Season	°C
Bio2	Mean Diurnal Range	°C	Bio12	Annual Precipitation	mm
Bio3	Isothermality	°C	Bio13	Precipitation of Wettest Month	mm
Bio4	Temp. Seasonality	°C	Bio14	Precipitation of Driest Month	mm
Bio5	Max Temp. of Warmest Month	°C	Bio15	Precipitation Seasonality	%
Bio6	Min Temp. of Coldest Month	°C	Bio16	Precipitation of Wettest Season	mm
Bio7	Annual Temp. Range (BIO5-BIO6)	°C	Bio17	Precipitation of Driest Season	mm
Bio8	Mean Temp. of Wettest Season	°C	Bio18	Precipitation of Warmest Season	mm
Bio9	Mean Temp. of driest Season	°C	Bio19	Precipitation of Coldest Season	mm
Bio10	Mean Temp. of Warmest Season	°C			

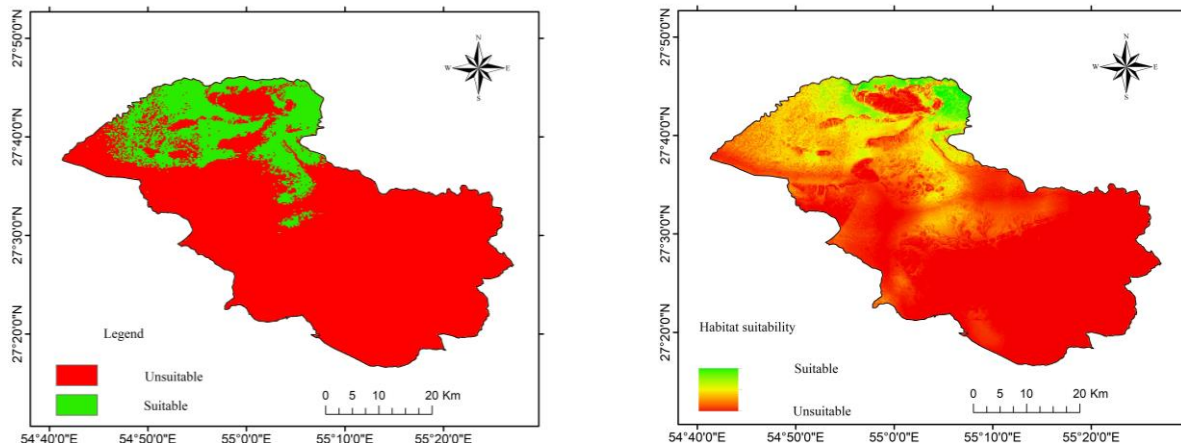


Fig 2. Habitat suitability classification map (Boolean, right) and habitat suitability map (continuous, left)

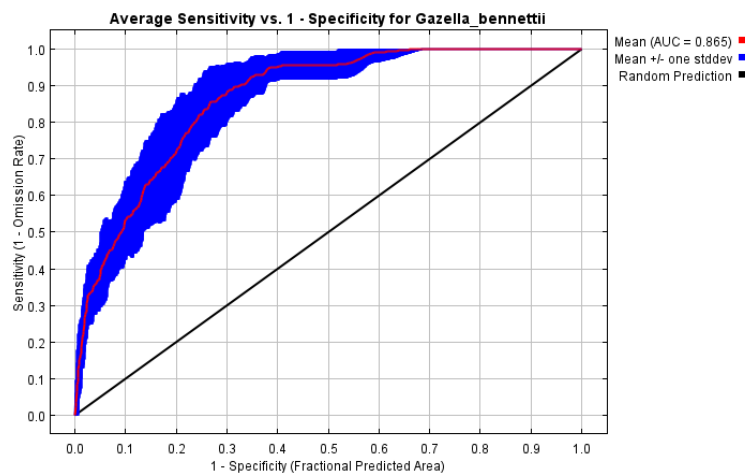


Fig 3. ROC curve calculated by MaxEnt

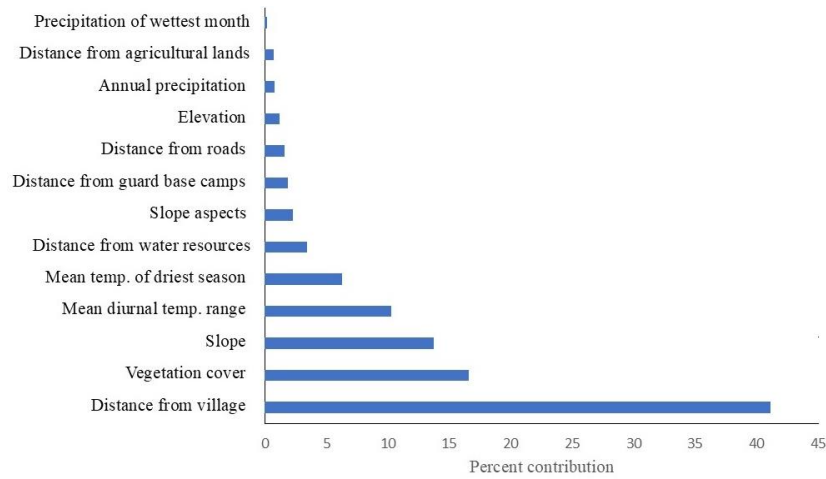


Fig 4. Environmental variables contribute to species habitat suitability modeling

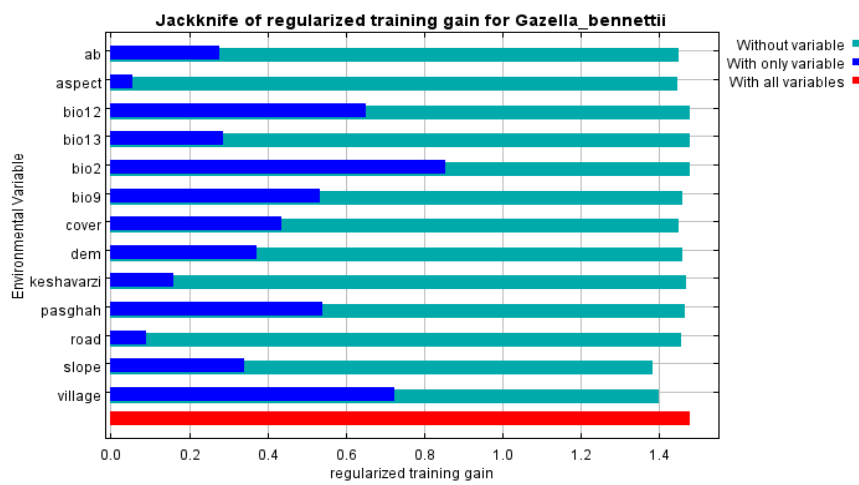


Fig 5. The importance of environmental variables in species habitat suitability modelling based on the Jackknife test

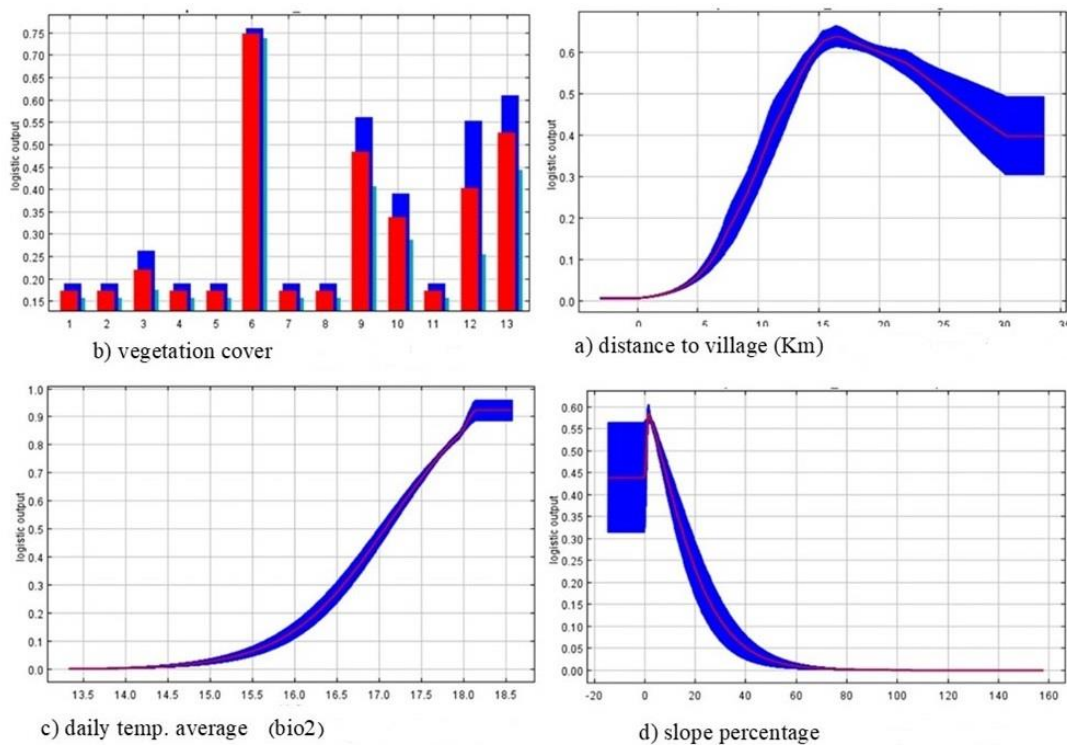


Fig 6. Species response curve of the four most important variables a) distance to village, b) vegetation cover, c) daily temperature average (bio2), and d) slope



مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جبیر با بهره‌گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت‌شده هرمود استان فارس

برهان یوسفی^۱، علی جعفری^{۲*}، علی اصغر نقی پور^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
 ۲. دانشیار گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
 ۳. استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
- * نویسنده مسئول: Jafari.ali@sku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱

doi [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)

چکیده

در پژوهش حاضر مطلوبیت زیستگاه جبیر با نام علمی *Gazella bennettii shikarii* با بهره‌گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت‌شده هرمود تعیین شد. برای اجرای مدل بر اساس ۴۵ نقطه حضور گونه از چهار گروه متغیر محیطی شامل اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و فاصله از عوامل انسان‌ساخت بهره‌گیری شد. همه داده‌ها به همراه نقاط حضور گونه برای مدل‌سازی به نقشه با فرمت یکسان تبدیل و وارد نرم‌افزار آنتروپی بیشینه شدند. مدل با ۱۰۰۰۰ نقطه پس‌زمینه و بیشینه ۱۵ اجرا شد. از شاخص سطح زیر منحنی نمودار ROC برای ارزیابی نتایج مدل و از آزمون جک‌نایف برای تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه استفاده شد. بر اساس نتایج آزمون جک‌نایف و جدول سهم نسبی متغیرها، متغیرهای فاصله از روستا، پوشش گیاهی، شیب و میانگین دمای روزانه به ترتیب با ۴۱/۱٪، ۱۶/۶٪، ۱۳/۷٪ و ۱۰/۳٪ دارای بیشترین اهمیت در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه بودند. مساحت زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب به ترتیب ۱۷/۶٪ و ۸۲/۴٪ از کل منطقه مطالعاتی برآورد شد. سطح زیر منحنی برابر ۰/۸۷ نشان‌دهنده دقت زیاد مدل در تعیین زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب گونه است. با توجه به تأثیر فاصله از روستا در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه جبیر، آموزش و افزایش فرهنگ محیط زیستی روستائیان ساکن در داخل و مجاور منطقه مورد مطالعه به‌عنوان راهکار مدیریتی ضروری پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای؛ متغیرهای محیطی؛ متغیرهای انسانی؛ منحنی‌های پاسخ گونه‌ای

استناد به این مقاله

یوسفی، برهان، جعفری، علی و نقی پور، علی اصغر. (۱۴۰۳). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جبیر با بهره‌گیری از مدل آنتروپی بیشینه در منطقه حفاظت‌شده هرمود استان فارس. *مدیریت بیابان*، ۱۲(۳)، ۵۵-۷۲. DOI: [10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2028666.1465)



■ مقدمه

هستند، مانع از خطاهای ناشی از داده‌های عدم حضور اشتباه می‌شود (۱۶). در حال حاضر، یکی از پرکاربردترین و بهترین روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها که فقط از داده‌های حضور استفاده می‌کند، روش آنتروپی بیشینه یا MaxEnt است (۲۴). به دلیل محدودیت‌های بودجه، نیروی انسانی و زمان، مطالعه زیستگاه‌های همه گونه‌ها در مقیاس وسیع با مشکل مواجه است، لذا لازم است که بودجه‌های محدود حفاظتی و تلاش‌های مدیران و برنامه‌ریزان حفاظت به سمت گونه‌های بااهمیت اکولوژیک بیشتر یا در معرض خطر بیشتر سوق پیدا کند.

جیبر با نام علمی *Gazella bennettii shikarii* گونه پستاندار علفخوار مهم از خانواده گاوسانان و زیر خانواده آنتیلوپ‌ها است که از غرب و مرکز هندوستان به سمت پاکستان، جنوب افغانستان و تا ایران گسترش دارد. دامنه پراکنش جیبر در ایران شامل مرکز، جنوب و جنوب شرقی کشور و از جنوب رشته کوه البرز تا شرق زاگرس و به سمت جنوب تا جزایر خلیج فارس و به سمت جنوب شرقی تا نواحی مرزی سیستان و بلوچستان می‌شود (۱۸). جیبر در ایران دشت‌های خشک و خیلی خشک با میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰-۵۰ mm و به‌طورمعمول تپه‌ماهورها را ترجیح می‌دهد (۲). از جمله بررسی انجام‌شده بر روی این‌گونه می‌توان به بررسی تأثیر عوامل محیطی بر مطلوبیت زیستگاه جیبر در پارک ملی کویر (۱۸)، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جیبر در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان (۳) و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جیبر در منطقه حفاظت‌شده سنگ مس کرمان با استفاده از روش Hep (۲۲) اشاره نمود. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی مطلوبیت زیستگاه‌های موجود و شناخت زیستگاه‌های بالقوه جیبر در منطقه حفاظت‌شده هرمود با استفاده از روش آنتروپی بیشینه است تا بتوان از نتایج آن در حفاظت و مدیریت مطلوب‌تر این‌گونه استفاده نمود.

■ مواد و روش

منطقه حفاظت‌شده هرمود لارستان با وسعت تقریبی ۲۰۸۷۳۱ هکتار بین عرض جغرافیایی ۱۵' ۲۷° تا ۴۵' ۲۷° شمالی و طول جغرافیایی ۳۷' ۵۴° تا ۱۵' ۵۵°

انقراض بسیاری از گونه‌ها و تغییرات عمده در زیستگاه‌های طبیعی به دلیل رشد چشمگیر جمعیت انسان و در نتیجه توسعه کشاورزی و شهرها بوده است (۲۱). چالش اصلی که مدیران و برنامه‌ریزان حفاظت تنوع زیستی در قرن ۲۱ با آن مواجه هستند، تخریب و فروافت کیفیت زیستگاه‌ها به دلیل تغییر اقلیم است (۱۷). حفاظت گونه‌ها، وابسته به حفاظت زیستگاه‌های طبیعی آن‌ها است و این امر با شناخت دقیق‌تر زیستگاه‌ها امکان‌پذیر است (۱۵ و ۳۱). تاکنون بررسی‌های زیادی درباره ارتباط بین گونه‌های حیات‌وحش و محیط زیستگاهی آن‌ها انجام‌شده است که پیدا کردن این ارتباط با مدل‌سازی زیستگاه و تعیین الگوی توزیع گونه نسبت به عوامل محیطی ممکن می‌شود (۳). برای شناسایی، حفاظت و مدیریت زیستگاه، ارزیابی مطلوبیت آن‌ها اطلاعات مفیدی را در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان قرار می‌دهد (۲۷). در این راستا، بررسی و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه یک راه‌حل علمی و عملی جهت برآورد محدوده پراکنش گونه‌ها است (۱۲)؛ زیرا مدل‌سازی این امکان را به بوم‌شناسان و کارشناسان حیات‌وحش می‌دهد تا درباره نیازهای اکولوژیکی گونه‌ها، موانع و عوامل محدودکننده پراکنش آن‌ها، جغرافیای زیستی، پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم، تخریب زیستگاه و هجوم گونه‌ها شناخت کسب کنند. کسب دانش و اطلاعات کافی از زیستگاه‌هایی که گونه‌های وحشی به‌نوعی به آن‌ها وابسته‌اند، کمک شایانی به انتخاب نوع مدیریت در جهت حفظ و پایداری جمعیت آن‌ها می‌کند. مدل‌های توزیع گونه‌ای جزو ابزارهای ضروری و مهم در بوم‌شناسی و جغرافیای زیستی هستند و به‌صورت گسترده‌ای در تحلیل اثرات طبیعی و انسانی بر روی گونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲۶). این مدل‌ها از طریق همبستگی بین اطلاعات توزیع گونه و متغیرهای محیطی مربوطه می‌توانند توزیع بالقوه گونه را از طریق خوارزمیک-های (الگوریتم) متعدد مبتنی بر تئوری آشپان بوم‌شناختی (اکولوژیک) برآورد کنند (۷). مدل‌های مذکور به دو دسته شامل مدل‌های مبتنی بر داده‌های حضور-عدم حضور و مدل‌های مبتنی بر داده‌های حضور تقسیم‌بندی می‌شوند. استفاده از خوارزمیک‌هایی که با داده‌های حضور سازگار

طی بازدیدهای گسترده میدانی در فصل‌های مختلف سال ۱۴۰۲، نقاط حضور گونه در منطقه مورد مطالعه با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۱، در طول مسیرهای مشخصی از مناطق دشتی و تپه‌ماهوری ثبت شد. جهت کاهش همبستگی مکانی، در ثبت نقاط حضور گونه، حداقل فاصله ۱ km بین افراد مشاهده‌شده بر پایه میانگین گستره خانگی و تحرک گونه مدنظر قرار گرفت. همچنین برای یک یا چند فرد از گونه که با هم مشاهده شدند، به‌عنوان یک نقطه حضور ثبت گردید. بر این اساس، تعداد ۴۵ نقطه برای حضور جبیر در منطقه حفاظت‌شده هرمود ثبت شد.

داده‌های محیطی مورد استفاده

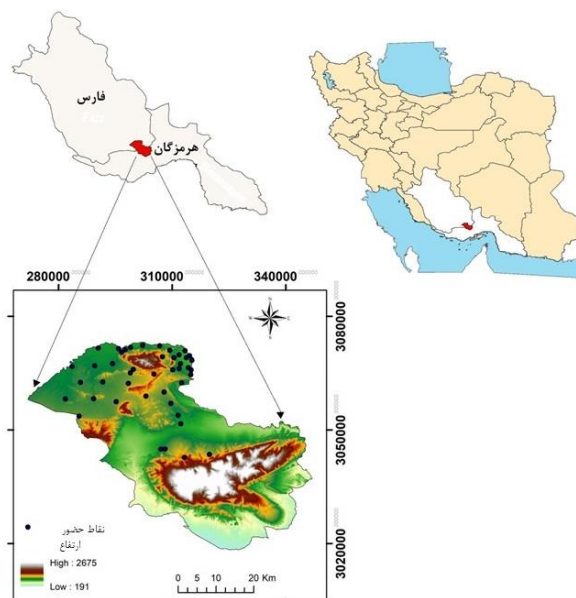
بر اساس منابع علمی و بوم‌شناسی گونه، چهار گروه متغیر محیطی شامل عوامل اقلیمی، پوشش گیاهی، عوامل توپوگرافی و عوامل انسانی که در تعیین مطلوبیت زیستگاه این گونه مؤثر می‌باشند، در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. داده‌های اقلیمی شامل میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه در طی بازه زمانی حداکثر ۳۰ ساله از ۱۲ ایستگاه هواشناسی همدیدی^۲ و اقلیم‌شناسی موجود در داخل و مجاور منطقه مورد بررسی از سازمان هواشناسی دریافت شد (جدول ۱).

در جنوب شرقی استان فارس و به فاصله ۴۰ km تا شهر لار، در جنوب رشته‌کوه‌های زاگرس قرار گرفته است (شکل ۱). مرتفع‌ترین نقطه این منطقه، کوه شب با ارتفاع ۲۶۸۱ m در ضلع جنوبی منطقه است و کمترین ارتفاع در آن ۱۹۱ m می‌باشد. این منطقه بین دو استان هرمزگان و فارس قرار دارد و از سال ۱۳۵۳ در فهرست مناطق حفاظت‌شده به ثبت رسیده است. آب و هوای منطقه گرم و خشک است و بارندگی بسیار کم و به‌صورت سیلابی رخ می‌دهد. تنوع گیاهی و جانوری منطقه حفاظت‌شده هرمود به‌دلیل تنوع اقلیمی و توپوگرافی منطقه، زیاد می‌باشد، به‌طوری‌که بیش از ۱۰ گونه پستاندار، انواع پرندگان خشکی‌زی بومی و مهاجر و انواع خزندگان از خانواده افعی‌ها، مارها و مارمولک‌ها را می‌توان در این منطقه مشاهده کرد (۲۸).

از عوامل تهدید این منطقه می‌توان به خشکسالی‌های متناوب، شکار غیرمجاز، چرای غیرمجاز، وجود جاده شیراز- بندرعباس، وجود کشاورزی در اطراف، تصرف اراضی و ورود انسان به منطقه در فصل رویش انواع قارچ‌های خوراکی و گیاهان داروئی اشاره کرد.

روش پژوهش

تهیه نقاط حضور گونه جبیر



شکل ۱. موقعیت منطقه حفاظت‌شده هرمود در ایران به همراه نقاط حضور گونه

² Synoptic

¹ Global Positioning System (GPS)

داده‌های اقلیمی شامل میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه در طی بازه زمانی حداکثر ۳۰ ساله از ۱۲ ایستگاه هواشناسی همدیدی^۱ و اقلیم‌شناسی موجود در داخل و مجاور منطقه مورد بررسی از سازمان هواشناسی دریافت شد (جدول ۱). برای ایجاد متغیرهای زیست‌اقلیمی در نرم‌افزار R از تابع biovars در محیط Rstudio و پکیج dismo استفاده شد و نقشه متغیرهای اقلیمی با نام Bio که شامل Bio1-Bio19 است، استخراج شد (جدول ۲). سپس با استفاده از روش میان‌یابی فاصله معکوس وزنی (IDW) در نرم‌افزار ArcGIS10.3 نقشه‌های زیست‌اقلیمی تولید شدند.

داده‌های توپوگرافی منطقه شامل درصد شیب، جهت شیب و ارتفاع، با به‌کارگیری مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه سلول ۸۵m در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تولید و به‌عنوان متغیرهای توپوگرافی مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه پوشش گیاهی نیز با تعیین تیپ‌های غالب گیاهی موجود در منطقه تهیه شد (۲۸). بر این اساس، منطقه به ۱۳ طبقه شامل (۱) تیپ آکاسیا-کهور (*Ac.to*)، پوشش (صخره‌ها، مناطق مسکونی، اراضی بایر)؛ (۴) ارس (*Ju.ex*)؛ (۵) باغ؛ (۶) شور بیابانی (*Sa.to*)؛ (۷) شور بیابانی-درمنه دشتی (*Sa.to-Ar.si*)؛ (۸) شور بیابانی-گون (*Sa.to*)

داده‌های اقلیمی شامل میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه در طی بازه زمانی حداکثر ۳۰ ساله از ۱۲ ایستگاه هواشناسی همدیدی^۱ و اقلیم‌شناسی موجود در داخل و مجاور منطقه مورد بررسی از سازمان هواشناسی دریافت شد (جدول ۱). برای ایجاد متغیرهای زیست‌اقلیمی در نرم‌افزار R از تابع biovars در محیط Rstudio و پکیج dismo استفاده شد و نقشه متغیرهای اقلیمی با نام Bio که شامل Bio1-Bio19 است، استخراج شد (جدول ۲). سپس با استفاده از روش میان‌یابی فاصله معکوس وزنی (IDW) در نرم‌افزار ArcGIS10.3 نقشه‌های زیست‌اقلیمی تولید شدند.

داده‌های توپوگرافی منطقه شامل درصد شیب، جهت شیب و ارتفاع، با به‌کارگیری مدل رقومی ارتفاع (DEM) با اندازه سلول ۸۵m در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تولید و به‌عنوان متغیرهای توپوگرافی مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه پوشش گیاهی نیز با تعیین تیپ‌های غالب گیاهی موجود در منطقه تهیه شد (۲۸). بر این اساس، منطقه به ۱۳ طبقه شامل (۱) تیپ آکاسیا-کهور (*Ac.to*)، پوشش (صخره‌ها، مناطق مسکونی، اراضی بایر)؛ (۴) ارس (*Ju.ex*)؛ (۵) باغ؛ (۶) شور بیابانی (*Sa.to*)؛ (۷) شور بیابانی-درمنه دشتی (*Sa.to-Ar.si*)؛ (۸) شور بیابانی-گون (*Sa.to*)

جدول ۱. ایستگاه‌های هواشناسی (اقلیم‌شناسی و همدیدی) مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	مختصات جغرافیایی ایستگاه
۱	حاجی‌آباد هرمزگان	همدیدی	۳۹۳۱۳۳/۱۵-۳۱۳۲۰۲۵/۵۵
۲	بستک	همدیدی	۲۳۸۵۰۵/۳۰-۱۲۴۵۰-۹۹/۹۷
۳	بندرلنگه (ساحل)	همدیدی	۲۹۰۸۳۳/۲۹۴۰۵۲۵-۱۹/۲۹
۴	بندر خمیر	همدیدی	۳۵۸۰۵۰/۲۹۸۱۷۰۰-۸۴
۵	بندرلنگه	همدیدی	۲۸۳۷۸۳/۲۹۳۶۲۰۹-۹۲/۵۸
۶	تنگ زاغ	اقلیم‌شناسی	۳۹۴۷۶۲/۳۰۹۴۴۰-۳۳/۰۳
۷	گنو	اقلیم‌شناسی	۴۱۷۹۴۳/۳۰۳۱۰۱۳-۱۰/۷۲
۸	تاشکویه (کاله گاه)	اقلیم‌شناسی	۳۴۷۷۵۸/۳۱۱۱۴۶۶-۸۶/۲۲
۹	زرین‌دشت	همدیدی	۲۴۷۹۱۳/۳۱۳۹۷۷۱-۰۹/۲۷
۱۰	لار	همدیدی	۲۳۱۷۵۱/۳۰۶۱۷۱۹-۸۷/۸۷
۱۱	درز و سایبان	اقلیم‌شناسی	۳۴۴۴۳۸/۳۰۸۲۶۹۶-۹۱/۵۱
۱۲	گراش	اقلیم‌شناسی	۲۸۸۶۵۷/۳۰۶۳۴۵۷-۷۶/۳۴

^۱ Synoptic

جدول ۲. توصیف متغیرهای زیست‌اقليمی

واحد‌ها	توصیف اقليمي	نماینه متغیر	واحد‌ها	توصیف اقليمي	نماینه متغیر
°C	میانگین دمای سردترین فصل سال	Bio11	°C	میانگین دمای سالانه	Bio1
mm	مجموع بارندگی سالانه	Bio12	°C	میانگین دامنه دمای روزانه	Bio2
mm	مجموع بارندگی پر بارش‌ترین ماه	Bio13	°C	شاخص هم‌دمایی	Bio3
mm	مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین ماه	Bio14	°C	تغییرات فصلی دما	Bio4
%	تغییرات فصلی بارندگی (ضریب تغییرات)	Bio15	°C	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال	Bio5
mm	مجموع بارندگی پر بارش‌ترین فصل سال	Bio16	°C	حداقل دمای سردترین ماه سال	Bio6
mm	مجموع بارندگی کم‌بارش‌ترین فصل سال	Bio17	°C	دامنه سالانه دما (Bio5-Bio6)	Bio7
mm	مجموع بارندگی گرم‌ترین فصل سال	Bio18	°C	میانگین دمای پر بارش‌ترین فصل سال	Bio8
mm	مجموع بارندگی سردترین فصل سال	Bio19	°C	میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال	Bio9
			°C	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	Bio10

مدل‌سازی

نقاط حضور گونه در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 به‌عنوان متغیر وابسته تبدیل به لایه رقومی شد. لایه‌های محیطی نیز به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. در ادامه با استفاده از مدل‌سازی در نرم‌افزار MaxEnt، نمودارهای پاسخ گونه به متغیرهای محیطی به‌دست‌آمده و نقشه توزیع مکانی و مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه تهیه شد. برای اجرای مدل، از ۱۰۰۰۰ نقطه به‌عنوان پس‌زمینه و حداکثر ۱۵ تکرار استفاده شد. همچنین، ۷۰٪ از نقاط حضور برای ساختن مدل و ۳۰ درصد دیگر برای ارزیابی نتایج مدل استفاده شد. برای تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای محیطی در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه گونه نیز از آزمون جک‌نایف استفاده شد. برای مشخص کردن حد آستانه زیستگاه مطلوب و نامطلوب برای گونه جبیر یعنی تهیه نقشه دوتایی، از حد آستانه ۱۰٪ و داده‌های حضور آموزشی^۱ استفاده شد (۲۵).

ارزیابی مدل

در پژوهش حاضر از سطح زیر منحنی^۲ (AUC) نمودار ویژگی عامل پذیرنده^۳ (ROC) برای بررسی اعتبار نتایج مدل استفاده شد که یکی از متداول‌ترین روش‌های ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی است (۸). در این روش، نتایج ارزیابی نسبتاً واقعی هستند زیرا مقدار سطح زیر منحنی تحت تأثیر آستانه قرار نمی‌گیرد و به همین دلیل به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی اعتبار نتایج مدل‌های پراکنش گونه‌ای استفاده

می‌شود (۱۰). در واقع، قدرت تشخیص میان نقاط حضور و عدم حضور برابر با سطح زیر منحنی (AUC) مدل است (۲۳). خودکفایی ارزیابی مدل یکی از نقاط قوت مدل حداکثر آنتروپی است (۱۷). در صورتی که عدد سطح زیر منحنی (AUC) کمتر از ۰/۷ باشد نشان‌دهنده توانایی ضعیف مدل در پیش‌بینی، مقادیر ۰/۸-۰/۷ نشان‌دهنده یک پیش‌بینی قابل قبول، مقادیر ۰/۹-۰/۸ نشان‌دهنده پیش‌بینی خوب و مقدار بیشتر از ۰/۹ نشان‌دهنده توانایی پیش‌بینی عالی مدل است (۹). مقدار سطح زیر منحنی ROC همواره مقداری بین ۰/۵ تا ۱ را شامل می‌شود. مقدار ۰/۵ نشان‌دهنده این است که قدرت پیش‌بینی مدل معادل با زمانی است که پیش‌بینی به‌صورت تصادفی انجام شده باشد و مقدار ۱ نشان‌دهنده بالاترین درجه اطمینان به نتایج مدل است (۲۳).

نتایج

مطلوبیت زیستگاه

نقشه خروجی مطلوبیت زیستگاه دامنه‌ای از مطلوبیت را به شکل پیوسته از مقادیر صفر تا یک برای نمایش مطلوبیت زیستگاه ارائه می‌کند. عدد یک نشان‌دهنده بالاترین مطلوبیت و صفر نشان‌دهنده پایین‌ترین مطلوبیت می‌باشد (۲۰). از این‌رو با استفاده از آستانه مطلوبیت، نقشه خروجی مدل طبقه‌بندی شد و نقشه مطلوب و نامطلوب زیستگاه تهیه گردید (شکل ۲). درصد مساحت عرصه‌های زیستگاه مطلوب

³ Receiver operating characteristics curve

¹ 10 Percentile training presence Logistic threshold

² Area Under the Curve (AUC)

مدل‌سازی و دیگری آزمون جک‌نایف است که هر دو توسط نرم‌افزار تعیین می‌شوند (۷). بر اساس ضرایب اهمیت، در منطقه حفاظت‌شده هرمود، متغیرهای فاصله از روستا، پوشش گیاهی، شیب و میانگین دمای روزانه به ترتیب با ۴۱٪، ۱۶٪، ۱۳٪ و ۱۰٪ مهم‌ترین متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه جیبر هستند (شکل ۴). باین حال، مطابق آزمون جک نایف، متغیر میانگین دمای روزانه به‌تنهایی بیشترین قدرت پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه جیبر را دارد؛ بنابراین، با حذف این متغیر، قدرت پیش‌بینی مدل بیشتر از حذف سایر متغیرها کاهش می‌یابد (شکل ۵). به‌عبارت‌دیگر، طبق آزمون جک‌نایف، اگر قرار باشد تنها با یک متغیر مطلوبیت زیستگاه جیبر را تعیین یا پیش‌بینی کرد، متغیر میانگین دمای روزانه در اولویت اول قرار خواهد گرفت.

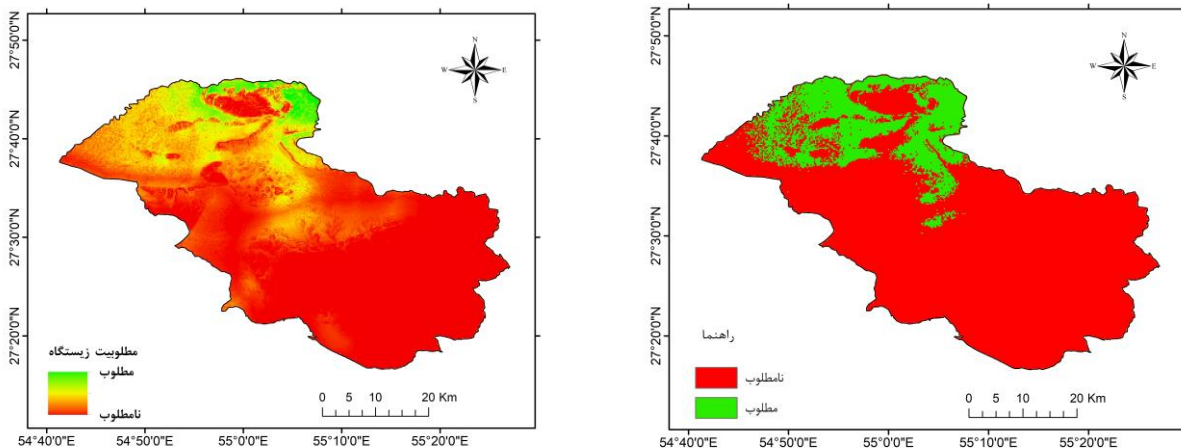
معادل ۱۷/۶٪ و زیستگاه نامطلوب معادل ۸۲/۴٪ از منطقه حفاظت‌شده هرمود برآورد شد.

اعتبارسنجی مدل

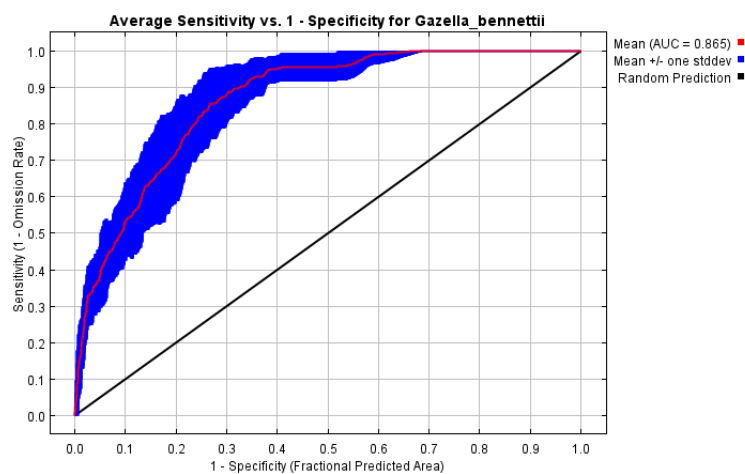
شاخص سطح زیر منحنی پلات ROC برابر با حدود ۰/۸۷ محاسبه شد که با توجه به اینکه بین عدد ۰/۸ و ۰/۹ است، در طبقه خوب قرار می‌گیرد (۲۰) (شکل ۳).

اهمیت متغیرهای محیطی در مطلوبیت زیستگاه گونه

یکی از اهداف مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها، شناسایی متغیرهای زیستگاهی است که اهمیت بیشتری در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه دارند. نرم‌افزار MaxEnt این اهمیت را به دو روش مشخص می‌کند: یکی بررسی ضرایب اهمیت یا سهم نسبی^۱ متغیرهای مشارکت‌کننده در

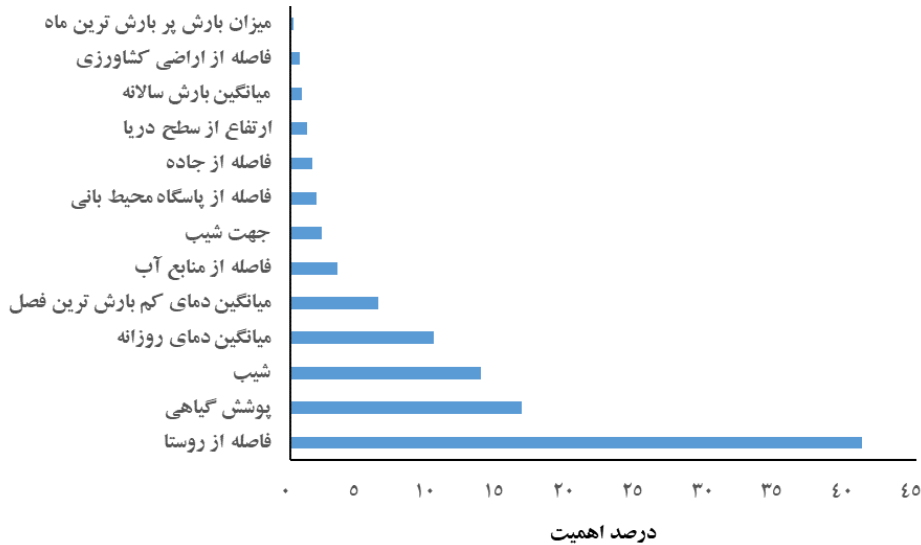


شکل ۲. نقشه طبقه‌بندی مطلوبیت زیستگاه (صفر و یک، سمت راست) و نقشه مطلوبیت زیستگاه (پیوسته، سمت چپ)

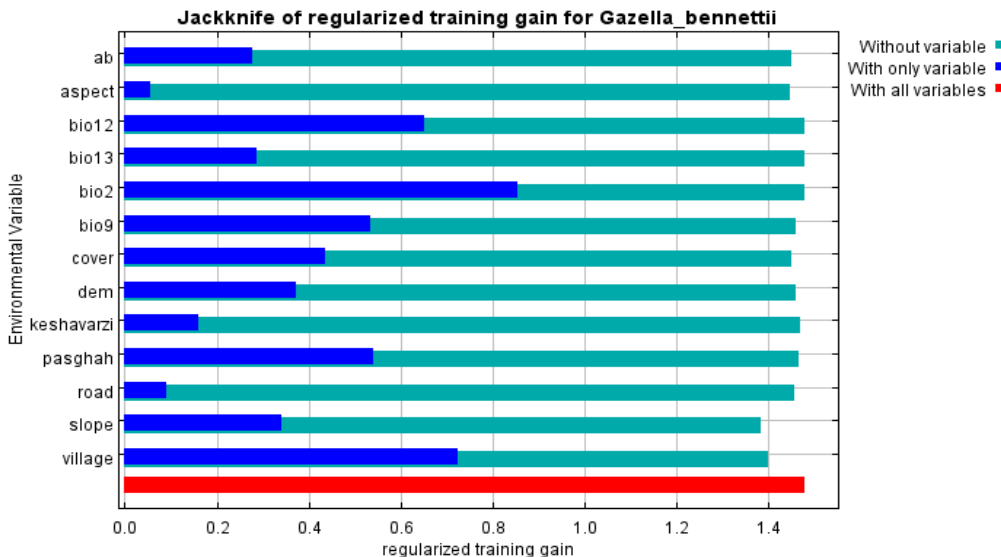


شکل ۳. منحنی ROC محاسبه‌شده توسط مدل MaxEnt

¹ Relative Contribution



شکل ۴. درصد مشارکت متغیرهای محیطی در مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گونه جبیر



شکل ۵. اهمیت متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه جبیر بر اساس نمودار جک‌نایف

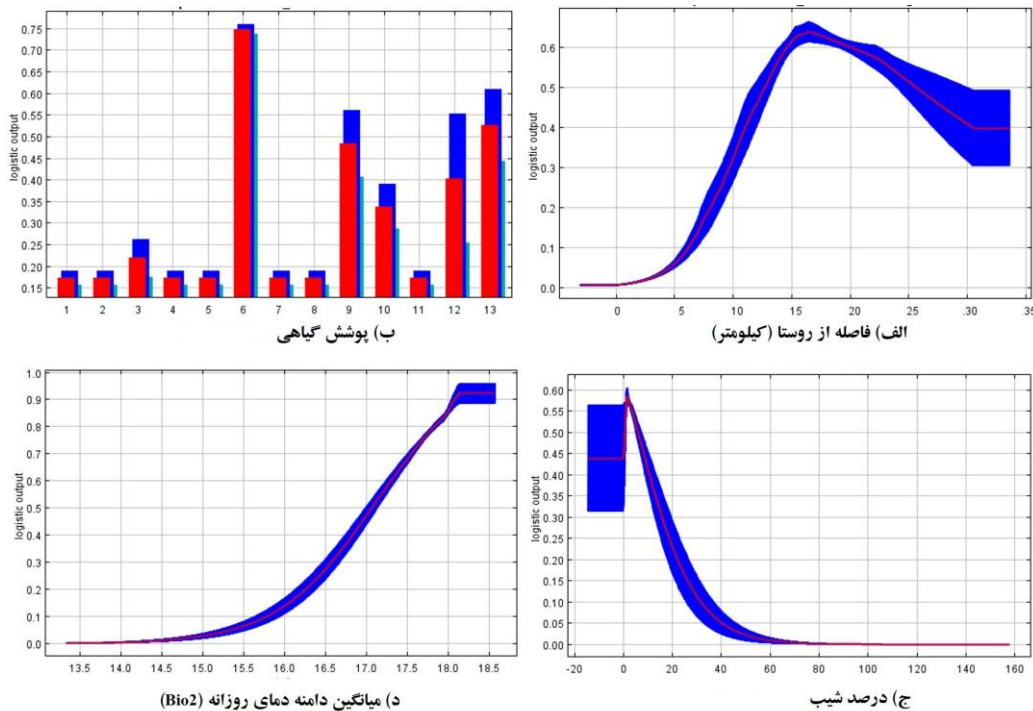
منحنی‌های پاسخ گونه

منحنی‌های پاسخ گونه‌ای مربوط به متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل سازی گونه بررسی شد (شکل ۶). این منحنی‌ها، پاسخ حضور گونه را در مقابل گرادیان یا شیب تغییرات یک عامل محیطی نشان می‌دهند. مطابق منحنی‌های پاسخ، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از روستا و میانگین دمای روزانه، احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. بیشترین حضور گونه در محدوده بین ۱۷/۵ °C تا ۱۸/۵ °C میانگین دمای روزانه است. از طرفی، با افزایش شیب، احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد. از نظر متغیر

پوشش گیاهی، بیشترین حضور گونه در تیپ مرتعی *Sa.to* با غالبیت گونه شور بیابانی (*Salsola tomentosa*) می‌باشد. همچنین مطابق منحنی پاسخ، عدم قطعیت مدل در حد بالای دامنه مطلوبیت افزایش یافته و قدرت پیش‌بینی مدل کاهش می‌یابد (شکل ۶).

■ بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر نقشه مطلوبیت زیستگاه جبیر در محدوده منطقه حفاظت‌شده هرمود با استفاده از روش بیشینه آنترپی (نرم‌افزار MaxEnt) تهیه شد.



شکل ۶. منحنی‌های پاسخ چهار متغیر مهم در پراکنش جیبر شامل فاصله از روستا (الف)، پوشش گیاهی (ب)، میانگین دمای روزانه (ج) و درصد شیب (د)

روستاها دارند. فاصله از روستا بیشترین اهمیت را بر مطلوبیت زیستگاه جیبر در منطقه مورد مطالعه دارد. بر اساس نتایج، با افزایش فاصله از روستا، میزان مطلوبیت زیستگاه برای جیبر افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد فاصله گرفتن از روستا به منظور یافتن پناه‌گاهی برای جلوگیری از شکار، به‌عنوان یکی از متغیرهای انتخاب زیستگاه از نظر گونه جیبر در منطقه مورد بررسی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در بررسی‌ای که در مناطق جنوبی کشور تونس روی آهوی دورکاس (*Gazella dorcas*) انجام شد (۵) مشخص شد که متغیرهای انسانی و به‌ویژه فاصله از اراضی کشاورزی مهم‌ترین عوامل شکل‌دهنده الگوی توزیع این‌گونه بودند. همچنین، مطالعه صورت گرفته روی وضعیت زیستگاه آهوی کوپیری (*Gazella cuvieri*) در شمال آفریقا (۱۴) نیز نشان داد که حضور و پراکنش این‌گونه، تحت تأثیر افزایش فاصله از سکونتگاه‌های انسانی و مناطق با تراکم جمعیت کم انسانی می‌باشد. در پژوهش مذکور، چرای بی‌رویه که ناشی از باز شدن جاده‌های جدید و حضور دامداران محلی در آن منطقه بوده و تحت تأثیر عوامل انسانی قرار دارد، به‌عنوان یکی از عوامل تهدیدکننده زیستگاه ذکر شده است. این نتایج با یافته‌های پژوهش

نتایج نشان داد که مقدار سطح زیر منحنی (AUC) در محدوده خوب قرار دارد. بررسی‌های مختلف نیز نشان داده‌اند که خوارزمیک آنتروپی بیشینه در بین مدل‌های موجود در خصوص مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، یکی از کارآمدترین روش‌های مؤثر می‌باشد (۳۰).

مدل آنتروپی بیشینه به دلیل دقت زیاد آن در مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها و توانایی آن برای کار با داده‌های محدود انتخاب شد (۳۰) اگرچه استفاده از چندین مدل یا مدل‌های اجماعی می‌تواند نتایج متنوعی به دست دهد، هدف پژوهش حاضر ساده‌سازی فرایند و ارائه نتایجی روشن و قابل تفسیر بود.

مدل آنتروپی بیشینه به‌عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند و معتبر در بوم‌شناسی گونه‌ها، توسط بسیاری از محققان برجسته مورد استفاده قرار گرفته و نتایج دقیق و قابل اعتمادی در مطالعات مختلف ارائه شده است (۱۱، ۳۰). بر اساس نتایج، ۳۶۷۴۶ha معادل ۱۷/۶٪ از منطقه حفاظت شده هرمود، زیستگاه مطلوب و ۱۷۱۹۸۵ha معادل ۸۲/۴٪ به‌عنوان زیستگاه نامطلوب برای جیبر شناخته شد. مناطق مطلوب جیبر در بخش‌های شمال و شمال شرقی منطقه قرار دارند که بیشترین فاصله را با عوامل انسانی به‌ویژه

یکی از عوامل اصلی مطلوبیت زیستگاه جبیر در مناطق مذکور تشخیص داده شده‌اند؛ اما در منطقه حفاظت‌شده هرمود، به دلیل وجود منابع آب کافی در سراسر محدوده، پراکنش جبیر، مشکلی از لحاظ کمبود آب وجود ندارد. این منابع شامل چشمه‌های طبیعی و آبشخورهای مصنوعی است که با حمایت مالی خیران منطقه توسط محیط‌زیست احداث شده‌اند. هرچند جبیر می‌تواند بدون نیاز به آب آزاد به حیات خود ادامه دهد و با تغذیه از گیاهان دارای محتوای آب زیاد نیاز آبی خود را تأمین کند (۱۸). توزیع این گونه در بوم‌سازگان‌های دشتی و تپه‌ماهوری موجب دسترسی آسان به زیستگاه و در نتیجه افزایش آسیب‌پذیری نسبت به شکار می‌شود؛ بنابراین، کنترل ورود و خروج افراد متفرقه به‌ویژه در فصل رویش انواع قارچ‌های خوراکی و گیاهان دارویی به منطقه، آموزش و ترویج دانش و فرهنگ محیط زیستی جامعه محلی ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به کاهش شدید جمعیت و محدوده پراکنش جبیر در ایران (۳) و اهمیت آن در تأمین خوراک دیگر گوشت‌خواران مهمی همچون پلنگ، جلوگیری از تخریب و حفاظت مناسب از زیستگاه مطلوب این گونه در منطقه مورد بررسی بسیار اهمیت دارد. این اقدام شامل عدم صدور مجوز توسعه جاده‌ها، بهره‌برداری از معادن موجود در منطقه و انجام بررسی تکمیلی برای تعیین مسیر و کریدورهای جابجایی جمعیت این گونه به مناطق خارج از منطقه حفاظت‌شده می‌باشد. جبیر گونه‌ای ویژه‌خوار است و بقاء آن متکی به وضعیت رستنی‌های طبیعی در زیستگاهش می‌باشد (۶). از طرفی، تعدادی از افراد بومی مجاور منطقه به نگهداری دام اهلی شتر مشغول‌اند؛ بنابراین، حفاظت از وضع طبیعی زیستگاه، به‌ویژه پیشگیری از چرای غیرمجاز و بی‌رویه شتر در منطقه اهمیت زیادی دارد، زیرا گیاهان مصرفی جبیر مورد علاقه شتر نیز هستند (۲، ۳۲) تغذیه این گیاهان توسط شتر منجر به افزایش مهاجرت جبیر به خارج از منطقه حفاظت‌شده و فراهم کردن زمینه شکار آن‌ها توسط شکارچیان غیرمجاز می‌شود. همچنین، ورود و خروج شتر به منطقه می‌تواند انتقال بیماری به حیات‌وحش را محتمل کند که این مورد نیز باید مدنظر مدیران منطقه قرار گیرد.

حاضر در مورد تأثیر عوامل انسانی همخوانی دارد. همچنین مطالعه دیگری (۴) نشان داد که سازمان جمعیتی آهوها تحت تأثیر حضور انسان به اشکال مختلف از جمله اماکن مسکونی قرار دارد.

پوشش گیاهی تأثیر زیادی بر بوم‌سازگان‌ها و جمعیت‌های حیات‌وحش دارد، زیرا تأمین‌کننده منابع غذایی، مکان‌های استراحت و پناه‌گاه‌های حیوانات است. گونه‌های مختلف گیاهی، با توجه به ساختار و ترکیب خود، شرایط زیستی متفاوتی را برای گونه‌های جانوری فراهم می‌کنند (۱۸، ۲۹). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پوشش گیاهی به‌عنوان دومین عامل مهم در مطلوبیت زیستگاه این گونه نقش دارد و بیشترین حضور گونه نیز در تیپ مرتعی شور بیابانی (*Salsola tomentosa*) می‌باشد. در بررسی‌های مشابه، اهمیت پوشش گیاهی در مطلوبیت زیستگاه‌های جبیر و دیگر گونه‌های حیات‌وحش نیز مورد تأیید قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، در پژوهشی در پارک ملی کویر، نتایج نشان داد که تیپ پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین متغیرهای تأثیرگذار (سومین عامل) بر ساخت مدل پراکنش جمعیت جبیر است (۱۸). علاوه بر این، در پژوهشی در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان، پوشش گیاهی به‌عنوان دومین متغیر اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاه جبیر معرفی شد (۲۹). در بررسی دیگر، زیستگاه تابستانه جبیر در پارک ملی خبر کرمان بررسی شد و نتایج نشان داد که پوشش گیاهی به‌ویژه گونه‌های شورپسند اهمیت زیادی در زیستگاه جبیر در آن منطقه دارد (۱۹). همچنین، مطالعه‌ای در پناه‌گاه حیات‌وحش موته نشان داد که جامعه گیاهی شوره‌زار با تنوع بالایی از گونه‌های مقاوم به شوری در تمام فصول، به‌خصوص در فصل زمستان، بیشترین میزان استفاده توسط آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa*) را دارد (۱۳). این بررسی‌ها همگی نشان‌دهنده اهمیت زیاد پوشش گیاهی و به‌خصوص گیاهان شورپسند در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه جبیر هستند و تأکیدی بر نقش کلیدی این عامل در مدل‌سازی زیستگاه‌های مختلف دارند. از طرفی، در پژوهش‌هایی که در پناهگاه حیات‌وحش نایبندان (۲۹) و پارک ملی کویر (۱۸) روی گونه جبیر انجام گرفته است، منابع آب به‌عنوان

مدل‌های متعدد و ترکیب آن‌ها با مدل آنتروپی بیشینه می‌تواند به کاهش عدم قطعیت‌ها کمک کرده و نتایج قابل اطمینان‌تری به دست آورد.

■ سپاسگزاری

نویسندگان پژوهش حاضر مراتب سپاس و قدردانی خود را از مدیریت و محیط‌بانان زحمتکش منطقه حفاظت‌شده هرمود که در مرحله برداشت نقاط حضور گونه صمیمانه همکاری نمودند، اعلام می‌دارند.

تغذیه دستی موقت و پایش مداوم آبشخورها و در صورت نیاز، آبرسانی به آبشخورهای مصنوعی در خشک‌سالی‌ها نیز برای جلوگیری از مهاجرت بیشتر جمعیت جیبر به خارج از منطقه حفاظت‌شده پیشنهاد می‌شود.

در پژوهش حاضر، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جیبر با استفاده از مدل آنتروپی بیشینه انجام شد که نتایج ارزشمندی ارائه داد. با این حال، با توجه به افزایش نگرانی‌های جهانی درباره اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر گونه‌ها و اکوسیستم‌ها، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، اثرات سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بر مطلوبیت زیستگاه جیبر مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، استفاده از

■ References

- Adibi, M.A., Karami, M. & Kaboli, M. (2014). Study of seasonal changes in habitat suitability of Caracal (*Caracal schmitzi*, Maschie, 1812) in the central desert of Iran. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5, 95-106.
- Akbari, H., Habibipoor, A. & Mousavi, 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), 81-90. Doi: 20.1001.1.24763128.1392.2.3.7.0. [In Persian]
- Akbari, H., Moradi, H.V., Sarhangzadeh, J. & Shams Esfandabad, B. (2014). Population status, distribution, and conservation of the Chinkara, *Gazella bennettii*, in Iran (Mammalia: Bovidae). *Zoology in the Middle East*, 60(3), 189-94. DOI: 10.1080/09397140.2014.944425.
- Behrouzi-Rad, B., Hassanzadeh-Keyabi, B. & Akbari, H. (2010). Social organization and reproductive behavior of goitered Gazelle (*Gazella subgutturosa*) in Kalmand-Bahadoran area, Yazd. *Journal of Natural Environmental Science*; 63(1), 15-22. [In Persian]
- Chammem, M., Selmi, S., Nouria, S. & Khorchani, T. (2008). Factors affecting the distribution of dorcas gazelle. *Journal of Zoology*. 275(2), 146-152. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2008. 00421.x
- Dookia, S. & Jakher, G.R. (2007). Food and feeding habit of Indian gazelle (*Gazella bennettii*) in the Thar desert of Rajasthan. *Indian Forester*, 133(10), 1327-1340. DOI:10.36808/if/2007/v133i10/1598
- Elith, J. & Leathwick, J.R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution and systematics*, 40, 677-697. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. & Yates, C.J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*. 17(1), 43-57. DOI:10.1111/j.1472-4642.2010. 00725.x
- Eskildsen, A., le Roux, P.C., Heikkinen, R.K., Høye, T.T., Kissling, W.D., Pöyry, J., Wisz, M.S. and Luoto, M., 2013. Testing species distribution models across space and time: high latitude butterflies and recent warming. *Global Ecology and Biogeography*, 22(12), 1293-1303. DOI: 10.1111/geb.12078
- Franklin, J., 2010. *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.

11. Fu, A., Gao, E., Tang, X., Liu, Z., Hu, F., Zhan, Z., Wang, J. & Luan, X. (2023). MaxEnt modeling for predicting the potential wintering distribution of Eurasian spoonbill (*Platalea leucorodia leucorodia*) under Climate Change in China. *Animals*, 13, 856. DOI: 10.3390/ani13050856
12. Fukuda, S., Tanakura, T., Hiramatsu, K. & Harada, M. (2015). Assessment of spatial habitat heterogeneity by coupling data-driven habitat suitability models with a 2D hydrodynamic model in small-scale streams. *Ecological Informatics*, 29, 147-155. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2014.10.003
13. Hemami, M., Hazeri, F., & Khajedin, S. (2009). Vegetation Community Use by Persian Gazelle (*Gazella subgutturosa*) in Mouteh Wildlife Refuge. *Journal of Crop Production and Processing*, 13 (48): 427-435. DOI:20.1001.1.22518517.1388.13.48.29.4 [In Persian]
14. Herrera-Sánchez, F.J., Gil-Sánchez, J.M., Álvarez, B., Cancio, I., de Lucas, J., Arredondo, Á., Díaz-Portero, M.Á., Rodríguez-Siles, J., Sáez, J.M., Pérez, J. & McCain, E. (2020). Identifying priority conservation areas in a Saharan environment by highlighting the endangered Cuvier's Gazelle as a flagship species. *Scientific Reports*. 10(1), 8241. DOI: 10.1038/s41598-020-65188-6.
15. Herzog, F., Lüscher, G., Arndorfer, M., Bogers, M., Balázs, K., Bunce, R.G., Dennis, P., Falusi, E., Friedel, J.K., Geijzendorffer, I.R. & Gomiero, T. (2017). European farm-scale habitat descriptors for the evaluation of biodiversity. *Ecological Indicators*, 77, 205-217. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.01.010.
16. Hoseini, S.M., Riazi, B., Shams Esfand-Abad, B. & Naderi, M. (2017). Habitat desirability Evaluation of *Capra aegagrus* in Golestan. *Journal of Animal Environment*, 9(2), 9-16. [In Persian]
17. Isaac, J.L., Williams, S. E. & Medina L.S. (2024). *Climate Change and Extinctions. Encyclopedia of Biodiversity* (Third Edition), 4: 324-330.
18. Jamshidi, R., Imani Hersini, R., Ramzani, M., & Riazi, B. (2019). The Impact of Environmental Factors on the distribution of suitable habitats for populations of wild Goitered Gazelle (*Gazella bennetti*) in Kavir national park. *Journal of Animal Environment*, 11(4), 15-22. [In Persian]
19. Kharazmi, F., Agha-Najafzadeh, S., & Naderi, G.R. (2014). *Evaluation of the summer habitat of Gazella bennettii in Khabr National Park, Kerman*. Paper presented in "the third national conference on health, environment and sustainable development. Islamic Azad University of BandarAbbas. [In Persian]
20. Li, S., Wang, Z., Zhu, Z., Tao, Y. and Xiang, J., 2023. Predicting the potential suitable distribution area of *Emeia pseudosauteri* in Zhejiang Province based on the MaxEnt model. *Scientific Reports*, 13(1), p.1806. DOI: 10.1038/s41598-023-29009-w
21. Luck, G.W., 2007. A review of the relationships between human population density and biodiversity. *Biological Reviews*, 82(4), 607-645. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2007. 00028.x
22. Moravvati, M., Behnoud, M., Bahadori, A.F. & Aref Kia I. (2018). Assessing the suitability of gazelle (*Gazella bennettii*) habitat using HEP method (Case study: Copper Ore Protected Area). *Journal of Animal Environment*, 11(3), 21-28. [In Persian]
23. Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
24. Phillips, S.J., Dudík, M. & Schapire, R.E. (2004). *A maximum entropy approach to species distribution modeling*. The twenty-first international conference on Machine learning. Banff, Alberta, Canada. DOI: 10.1145/1015330.1015412

25. Rodríguez-Escolar, I., Hernández-Lambrano, R.E., Sánchez-Agudo, J.Á., Collado-Cuadrado, M., Sioutas, G., Papadopoulos, E. and Morchón, R., 2024. Ecological niche modeling analysis (*Cx. pipiens*), potential risk and projection of *Dirofilaria spp.* infection in Greece. *Veterinary Parasitology*, 328, p.110172. DOI: 10.1016/j.vetpar.2024.110172
26. Rios, E.B., Sadler, J., Graham, L. & Matthews, T. J. (2024). Species distribution models and island biogeography: Challenges and prospects, *Global Ecology and Conservation*, 51, e02943. DOI: 10.1016/j.gecco. 2024.e02943
27. Rüter, S., Matthies, S.A. & Zoch, L. (2017). Applicability of Modified Whittaker plots for habitat assessment in urban forests: Examples from Hannover, Germany. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21, 116-128. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.11.008
28. Sabzpooshan Fars Consultant Engineering, (2014). *Feasibility study of management plan of Hormod protected area*. Tehran, Department of Environment publication. [In Persian]
29. Sarhangzadeh, J. & Akbari, H. (2019). Potential Habitat Suitability Modeling of Shikarii Goitered Gazelle (*Gazella bennettii shikarii*) in Naybandan Wildlife Refuge. *Quarterly Journal of Experimental Biology*, 7(3), 59-70. DOI: 10.30473/eab.2018.5325 [In Persian]
30. Valavi, R., Guillera-Arroita, G., Lahoz-Monfort, J.J. & Elith, J. (2022). Predictive performance of presence-only species distribution models: a benchmark study with reproducible code. *Ecological Monographs*, 92(1), p. e01486. DOI: 10.1002/ecm.1486
31. Yang, H., Viña, A., Tang, Y., Zhang, J., Wang, F., Zhao, Z. & Liu, J. (2017). Range-wide evaluation of wildlife habitat change: A demonstration using Giant Pandas. *Biological Conservation*, 213, 203-209. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.07.010
32. Zargarán, M., Baghestani, M.N. & Javadi, S.A. (2010). An investigation of the rangeland species preference for camel grazing in Tabas. *Renewable Natural Resources Researches*, 1(1), 53-61. [In Persian]