



Original Research Paper

Evaluation of habitat suitability and overlap of Larestan ram (*Ovis orientalis laristanica*) ecological nest in Hermoud protected area using Maxent model

Mojgan Ahmadi Nadoshan, Atefeh Chamani, Kamran Eslamloo*

Department of Environment, Faculty of Agriculture, Isfahan Branch (Khorasgan), Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Key Words

Habitat
Model
Hermoud
Larestan Ram

Abstract

Introduction: Larestan ram is the smallest species of ram (*Ovis*) in the world, with small and isolated populations scattered in the south of the country, especially in Fars province. Planning any conservation measures for Larestan rams in the first place requires identifying the desired areas for the species and awareness of the habitat relationship between populations and conservation areas in the region.

Materials & Methods: In the present study, species habitat suitability was investigated using species distribution modeling (SDM) based on MaxEnt method. For this purpose, 8 independent environmental variables including factors related to human presence, land cover type and topography in ArcGIS software environment were prepared and along with the file of presence points in Maxent software were used to prepare the species habitat utility model. Then, the obtained layer was used as a tool to study habitat connections and identify corridors between protected areas of the region by two theory-based methods and the least cost method.

Results: The results of Maxent model showed that a combination of covered rangeland types of herbaceous plants and shrubs with medium to good density in uneven areas with adequate provision of shelters and away from human development are the most important factors affecting the habitat suitability of the species.

Conclusion: Also, the level below the chart (AUC) equal to 0.963 for training points and 0.953 for test points shows very good predictability of the model.

* Corresponding Author's email: m.ahmadi@khuisf.ac.ir

Received: 2 May 2021; Reviewed: 4 June 2021; Revised: 6 August 2021; Accepted: 8 September 2021

(DOI): [10.22034/AEJ.2021.300298.2616](https://doi.org/10.22034/AEJ.2021.300298.2616)

مقاله پژوهشی

بررسی مطلوبیت زیستگاه و همپوشی آشیان بوم‌شناختی قوچ و میش لارستان (*Ovis orientalis laristanica*) در منطقه حفاظت شده هرمود با استفاده از مدل مکسنت

مژگان احمدی‌ندوشن^{*}، عاطفه چمنی، کامران اسلاملو

گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

کلمات کلیدی

چکیده

مقدمه: قوچ لارستان کوچک‌ترین گونه از جنس قوچ و میش (*Ovis*) در دنیاست که جمعیت‌های کوچک و ایزوله‌ای از آن در جنوب کشور و خصوصاً استان فارس پراکنده شده است. طرح‌ریزی هر گونه اقدام حفاظتی برای قوچ لارستان در وهله اول نیازمند شناسایی عرصه‌های مطلوب برای گونه و آگاهی از ارتباط زیستگاهی میان جمعیت‌های و مناطق حفاظتی موجود در منطقه است.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر با استفاده از مدل‌سازی توزیع گونه (SDM) براساس روش بیشینه بی‌نظمی (MaxEnt) مطلوبیت زیستگاه گونه مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور ۸ متغیر مستقل محیطی شامل فاکتورهای مرتبط با حضور انسان، تیپ پوشش سیمای سرزمین و توپوگرافی در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شده و به انضمام فایل نقاط حضور در نرم‌افزار مکسنت برای تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه گونه مورد استفاده قرار گرفتند. سپس لایه به‌دست آمده به‌عنوان ابزاری برای بررسی ارتباطات زیستگاهی و شناسایی کریدورهای بین مناطق حفاظتی منطقه به دو روش ثنوری مدار و روش حداقل هزینه مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج: نتایج مدل مکسنت نشان داد که تلفیقی از تیپ‌های مرتعی پوشیده گیاهان علفی و بوته‌ای با تراکم متوسط تا خوب در مناطق ناهموار با فراهمش مناسب گریزگاه‌ها و به دور از مناطق توسعه انسانی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه هستند.

بحث و نتیجه‌گیری: هم‌چنین سطح زیر نمودار (AUC) برابر با ۰/۹۶۳ برای نقاط تعلیمی و ۰/۹۰۳ برای نقاط آزمون نشان‌دهنده قابلیت پیش‌بینی بسیار خوب مدل است.

مقدمه

میان واحدهای حفاظتی را شناسایی نمودند. آن‌ها در نهایت به این نتیجه رسیدند که با تلفیق مدل‌های توزیع گونه‌ای با نظرات متخصصان حیات‌وحش می‌توان چهار چوب‌های معتبری برای انجام اقدامات مدیریتی و حفاظتی پایه‌ریزی نمود (۵). Eaton و همکاران، طی تحقیقی، مدل‌سازی توزیع گونه‌ها در یک‌دوره حفاظت در مناطق متناسب را در غرب اسکاتلند، مورد بررسی قرار دادند. ایشان با بررسی جمعیت‌ها و بررسی متغیرها در غرب اسکاتلند پیش‌بینی دقیق از حضور و عدم حضور گونه‌ها در ۵ منطقه را با مدل‌های توزیع گونه مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مدل‌های توزیع گونه‌ای با استفاده از متغیرهای ترکیبی به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده‌ها، راه‌حلی برای کمبود داده‌های توزیع گونه‌ای ارائه می‌دهند و منابع ارزشمندی در برنامه‌ریزی حفاظت از این گونه‌ها می‌باشد (۶). این مطالعه با هدف بررسی نفوذ پذیری سیمای سرزمین و مطلوبیت زیستگاه قوچ و میش لارستان (*Ovis orientalis laristanica*) در لکه‌های جمعیتی استان فارس با استفاده از مدل مکسنت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

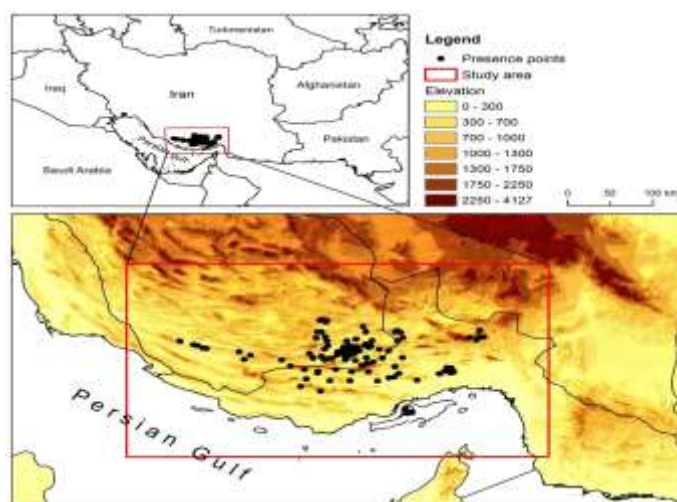
معرفی منطقه مورد مطالعه: منطقه حفاظت‌شده هرمود لارستان با وسعت تقریبی ۲۰۸۷۳۱ هکتار بین عرض شمالی ۲۷°۱۵' تا ۲۷°۴۵' و طول شرقی ۵۴°۳۷' تا ۵۵°۱۵' در جنوب شرقی استان فارس و ۴۰ کیلومتری شرق لار و در جنوب رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. مرتفع‌ترین نقطه منطقه کوه شب با ارتفاع ۲۶۸۱ متر می‌باشد که در ضلع جنوبی منطقه قرار دارد. این منطقه بین دو استان فارس و هرمزگان واقع شده است. وضعیت آب و هوای منطقه گرم و خشک است. بارندگی در آن بسیار کم و به‌صورت سیلابی است. در منطقه حفاظت‌شده هرمود، جز کوه شب، کوه بلندی وجود ندارد. کوه شب کوه بسیار صعب‌العبور می‌باشد و منابع آب آن در ارتفاعات محدود است (۷).

ژئومورفولوژی منطقه حفاظت‌شده هرمود لار: محدوده مورد بررسی در داخل محدوده زاگرس و زون زاگرس ساحلی واقع گردیده است. واحد چینه‌ای واقع در محدوده مطالعاتی دربرگیرنده انواع سنگ‌های رسوبی و مقدار اندکی سنگ‌های آذرین دگرسان شده که توسط گنبد‌های نمکی حمل‌شده‌اند می‌باشد به‌همراه واحدهای آبرفتی دوران چهارم و عهد حاضر است.

حیات‌وحش منطقه هرمود: در محدوده مطالعاتی زیستگاه‌های حیات‌وحش براساس قوانین اکولوژیک و اصول کلی حاکم در زیستگاه‌ها و سکونتگاه‌های جانوری و گیاهی در اثر تاثیرپذیری از اقلیم، تغییر ارتفاع، رفتار و کارکرد منابع اراضی، نوع و تراکم پوشش گیاهی عمدتاً

زیستگاه به‌عنوان یکی از پارامترهای کلیدی در جهت حفاظت از گونه‌ها مطرح است و بررسی ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌ها و تعیین مطلوبیت زیستگاه آن‌ها، یکی از ارکان اصلی مدیریت و حفاظت گونه‌های حیات‌وحش محسوب می‌شود گونه قوچ و میش *Ovis orientalis laristanica* متعلق به زوج‌سمان از خانواده Bovidae گاوسانان است (۱). زیستگاه آن‌ها بیش‌تر در تپه‌ماهورها و دامنه کوهستان‌های مرتفع و مناطق استپی است. به‌صورت اجتماعی و گله‌ای زندگی می‌کنند. پراکنش قوچ و میش ارتباط مستقیمی با پوشش گیاهی دارد (۲). با تعیین مطلوبیت زیستگاه می‌توان ارجحیت زیستگاهی این گونه‌ها را به‌دست آورد. با توجه به این‌که در حال حاضر بزرگ‌ترین عامل تهدید حیات‌وحش، نابودی زیستگاه‌ها می‌باشد و براساس برآورد IUCN تا سال ۱۹۸۰، ۳۰ درصد انقراض‌ها به‌تنهایی به‌دلیل تخریب زیستگاه‌های حیات‌وحش صورت می‌گیرد، زیستگاه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورها در جهت حفاظت از گونه‌ها به‌خصوص گونه‌های با ارزش و تاثیر اکولوژیکی گسترده مطرح است. از این‌رو، نیاز به روش‌هایی است که به کمک آن‌ها بتوان زیستگاه‌ها را ارزیابی کرده و در گذر زمان کاهش کیفیت در این زیستگاه‌ها را به‌دست آورد (۱). Farashi، به موضوع مدل‌سازی زیستگاه قوچ و میش اوریال با استفاده از روش حداکثر بی‌نظمی در خراسان رضوی پرداخت. این مطالعه باهدف تعیین عوامل مؤثر بر حضور قوچ و میش اوریال با استفاده از روش Maxent در سطح استان خراسان رضوی انجام شده است. طی این مطالعه ۱۸ متغیر محیطی مورد استفاده قرار گرفتند و نتایج حاصل از آن حاکی از این بود که متغیرهایی نظیر فاصله از مناطق حفاظت‌شده، جنگل‌های با تراکم کم و شیب، اهمیت قابل توجهی بر مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه دارند (۳). Kramer و همکاران، در راستای شناسایی زیستگاه‌های مطلوب گوسپند و تعیین کریدورهای بین آن‌ها در شمال شرقی ایالات متحده از روش مدل‌سازی مکسنت و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده نموده است. لایه‌های ورودی در این بررسی عمدتاً شامل ارتفاع، شیب، فاصله از جاده، تپ پوشش زمین، تراکم جمعیت انسانی تعیین شده است (۴). Morato و همکاران، به شناسایی مناطق دارای اولویت حفاظتی و کریدورهای ارتباطی جگوار در جنگل‌های استوایی کاتینگا برزیل پرداختند. آنان بدین‌منظور ابتدا با استفاده از روش MaxEnt و مهم‌ترین پارامترهای محیطی مؤثر بر حضور جگوار در جنگل‌های بارانی آمازون، نواحی دارای بالاترین مطلوبیت برای این گونه را شناسایی و سپس واحدهای دارای بیش‌ترین الویت حفاظتی این گونه را با استفاده از نقشه مطلوبیت شناسایی کردند. آنان سپس با استفاده از روش Least-Cost Pathway مهم‌ترین کریدورهای ارتباطی

(۴) برای کاهش اثرات نامطلوب خود همبستگی مکانی استفاده شد. در این روش نقاط حضور تکراری در یک بافر ۵ کیلومتری حول نقاط حذف شده انتخاب این بافر براساس مطالعه Malakoutikhah و همکاران انجام گرفت (۹). بدین ترتیب از کل ۱۳۵ نقطه حضور قوچ و میش تعداد ۱۲۵ نقطه حضور برای انجام مدل سازی باقی ماند (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در جنوب استان فارس و مناطق همجوار و نقاط حضور قوچ لارستان جمع آوری شده برای مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گونه

مدل سازی مطلوبیت زیستگاه: در این پژوهش، مدل سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان به روش بیشینه بی نظمی (Maximum entropy) به انجام رسید. شناخت توزیع جغرافیایی گونه ها ابزاری کاربردی برای حفاظت و مدیریت تنوع زیستی محسوب می شود (۱). بدین منظور روش های بسیار متنوعی جهت مدل سازی الگوی توزیع گونه ها ابداع شده است که هر یک از آن ها از الگوریتم خاصی تبعیت کرده و علی رغم شباهت های روش شناسی برخی از آن ها، نتایج متفاوتی از نظر نحوه عملکرد و پیش بینی الگوی توزیع به دست می دهند (۱۰). در این میان الگوریتم های ماشین یادگیری هم چون مکسنت در مدل سازی وابستگی های غیرخطی پیچیده میان نواحی حضور گونه ها و متغیرهای محیطی، در یک فضای چند بعدی، دارای انعطاف پذیری بالایی می باشند، و از این رو با ابر حجم n بعدی هاچینسون در تعریف آشیان اکولوژیک گونه ها انطباق بسیار زیادی دارند. الگوریتم حداکثر آنتروپی نوعی رویه مدل سازی وابسته به نقاط صرفاً حضور می باشد که در مقایسه با سایر روش های مدل سازی دارای عملکرد بهتری در پیش بینی حضور گونه ها است (۱۰). در روش مکسنت به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر حداکثر آنتروپی متأثر از محدودیت های ناشی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوه توزیع مکانی گونه

در دشت های نسبتاً وسیع، حاشیه شوره زارها، آبراهه ها، دره های عمیق و کوهستانی نسبتاً مرتفع و اراضی کشاورزی و باغات شکل گرفته است. بخشی از زیستگاه های منطقه به دلیل برخورداری از ویژگی های خاص برای برخی از گونه های اندمیک نظیر قوچ لارستان و جبیر مناسب خود را حفظ به طوری که بخش وسیعی از منطقه هرمود لار به یکی از شاخص ترین زیستگاه های قوچ لارستان در سطح کشور تبدیل گردیده است. با این که غالب زیستگاه های دشتی منطقه به دلیل برخورداری از ویژگی خاص از مناسب ترین عرصه های بیابانی برای ادامه زیست جبیر در این ناحیه جغرافیایی می باشد.

جمع آوری اطلاعات حضور قوچ لارستان: در این پژوهش

نقاط حضور قوچ لارستان در منطقه مورد مطالعه با استفاده از ترکیبی از روش های مختلف به شرح ذیل جمع آوری گردید. بخش عمده نقاط حضور قوچ لارستان در طی بررسی های مستقیم میدانی توسط نگارنده در خلال سال های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ جمع آوری شد. گشت زنی با تأکید بیش تر بر منطقه حفاظت شده هرمود و در فصول مختلف سال انجام شده و پس از مشاهده افراد مختصات دقیق آن ها توسط دستگاه GPS ثبت شد. بخشی از اطلاعات جمع آوری شده از گونه در منطقه مورد مطالعه براساس گزارش های ثبت شده توسط محیط بانان منطقه حاصل شد. آن دسته از اطلاعات از پراکنش گونه در منطقه که فاقد مختصات دقیق جغرافیایی بوده و تنها شامل نام منطقه بودند ثبت شده و در بررسی های مستقیم میدانی با دقت بیشتری مورد پایش قرار گرفتند. این اطلاعات بیش تر مناطق پیرامونی خارج از محدوده مرز منطقه حفاظت شده هرمود را شامل شد. در منطقه هرمود تعداد هشت دستگاه دوربین تله ای برای ثبت اطلاعات حضور از زیستمدان منطقه در سال ۱۳۹۸ نصب گردید. در این مطالعه تصاویر دوربین های مربوطه بازنگری شده و از اطلاعات آن ها جهت تکمیل پایگاه داده اطلاعات حضور گونه استفاده شد. در نهایت تعداد ۱۳۵ نقطه حضور قوچ و میش لارستان از منطقه مورد مطالعه جمع آوری شد که بخش زیادی از کل گستره پراکنش گونه را در بر می گیرد. لازم به ذکر است که بسیاری از اطلاعات در دسترس از پراکنش گونه ها به دلیل شدت های متفاوت نمونه برداری و نیز تمایل به نمونه برداری در مناطقی که به لحاظ دسترسی سهل الوصول تر هستند، دارای درجاتی از خطاهای مکانی (Spatial bias) هستند. مهم ترین مسئله ای که در چنین حالتی بروز می کند آن است که نقاط به دست آمده از نظر مکانی در برخی مناطق به صورت کپه ای تر بوده که منجر به بروز درجاتی از خود همبستگی مکانی (Spatial autocorrelation) بین نقاط حضور می گردد. خود همبستگی مکانی در نهایت منجر به تخمین نادرست متغیرهای تأثیرگذار و وزن دهی بیش تر به نفع مناطقی که تراکم بالاتری از نقاط حضور دارند، می گردد (۸). در پژوهش حاضر از روش فیلتر مکانی

پرداخته می‌شود (۱۱). بدین منظور مدل‌سازی با ۱۰۰۰ تکرار و انتخاب ۱۰۰۰ نقطه تصادفی به عنوان نقاط زمینه انجام می‌گیرد. همچنین مدل‌سازی براساس این رویکرد و با بهره‌گیری از نرم‌افزار MAXENT دارای مزایای قابل اعتنایی است. این روش تنها نیازمند نقاط حضور گونه‌ها می‌باشد، می‌توان هم متغیرهای وابسته پیوسته و هم کلاسه‌بندی شده را در مدل‌سازی مورد توجه قرار داد. تعیین این که کدامیک از متغیرهای محیطی مهم‌ترین عوامل تشریح کننده نحوه توزیع گونه می‌باشند، از مهم‌ترین نقاط قوت این روش می‌باشد. به منظور بررسی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان در منطقه مورد مطالعه از نرم‌افزار MAXENT (ویرایش ۳،۳) استفاده گردید (۱۱). داده‌های خروجی حاصل از تحلیل مکسنت به سه فرمت خام (Raw)، تجمعی (Cumulative) و منطقی (Logistic) است (۱۱). داده‌های خام خروجی اولیه مکسنت می‌باشد. این مقادیر خام مستقیماً قابل درک نمی‌باشند، چرا که مجموع این اعداد برابر با ۱ می‌باشد و در نتیجه مقدار آن‌ها برای هر نقطه بسیار کوچک بوده و تفسیر آن‌ها را دشوار می‌سازد. در فرمت تجمعی مقدار ارائه شده برای هر نقطه برابر با احتمال یافتن گونه مورد مطالعه در آن نقطه به علاوه تمامی نقاط دیگری است که احتمال یافتن گونه برابر یا کم‌تر از آن مقدار است. مقادیر این قالب از ۰ تا ۱ متغیر است (۱۲). بنابراین زمانی که این خروجی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نمایش داده شود راحت تر قابل تفسیر است. اما اعداد به دست آمده متناسب با احتمال حضور گونه نیست. در نتیجه از قالب منطقی استفاده می‌شود که در این حالت اعداد ارائه شده برای هر نقطه برابر با احتمال حضور گونه بر طبق متغیرهای زیست‌محیطی وارد شده است (۱۱). در این حالت تفاوت در خروجی محاسبه شده به نحو مطلوب‌تری معرف تفاوت در مطلوبیت زیستگاه است. قالب منطقی نیز مانند قالب تجمعی بین ۰ تا ۱ متغیر است. این قالب امکان تفسیر بهتر و صحیح‌تر را نسبت به دو قالب دیگر فراهم می‌کند.

آزمون جک‌نایف (Jackknife): روش دیگر برای ارزیابی اهمیت متغیرها در مدل رویکرد جک‌نایف است. در این رویکرد هر بار یک متغیر از مدل کنار گذاشته شده و مدل اجرا می‌شود. در نتیجه میزان نزدیکی پیش‌بینی مدل به نقاط حضور به کار رفته در ایجاد آن اندازه‌گیری می‌شود. در نتیجه این آزمون سه دسته از اطلاعات به دست می‌آید. ابتدا سهم هر متغیر در قدرت پیش‌بینی مدل زمانی که تنها مدل با استفاده از آن متغیر ساخته شده باشد، محاسبه می‌شود. این امر نشان دهنده آن است که متغیر به تنهایی به چه میزان اطلاعات از نحوه پراکنش گونه در اختیار محقق قرار می‌دهد. همچنین زمانی که تمامی متغیرها در ایجاد مدل به کار رفته‌اند، قدرت پیش‌بینی مدل به عنوان حداکثر توان مدل اندازه‌گیری می‌شود. این میزان به عنوان

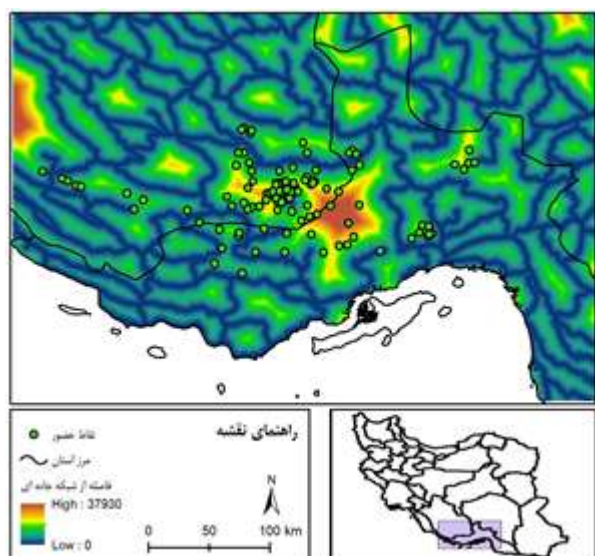
معیاری برای سنجش نسبی تاثیر هر یک از متغیرها لحاظ می‌گردد. دسته سوم اطلاعات به دست آمده از این آزمون عبارت است از قدرت پیش‌بینی مدل در زمانی که هر بار تنها یکی از متغیرها از مدل کنار گذاشته شود. کاهش قدرت پیش‌بینی مدل نسبت به مدل با تمامی متغیرها نشان دهنده اطلاعات سودمندی است که توسط متغیر حذف شده ارائه شده و سایر متغیرها نمی‌توانند آن را ارائه کنند. با این روش متغیرهایی که همبستگی بالایی دارند مشخص شده و در نتیجه محقق متوجه می‌شود که آیا مقادیر درصد کمک هر متغیر به خاطر این همبستگی‌ها دچار انحراف شده است. همچنین دانستن این نکته که هر متغیر به چه طریقی توزیع گونه‌ها را تحت تاثیر می‌دهد نیز اهمیت دارد. برای مثال یک گونه به مناطق مجاور آب نزدیک‌تر است یا مناطقی که بارندگی سالانه بیش‌تری دارد احتمال حضور گونه بیش‌تر است و یا گونه به مناطق با ارتفاع کم‌تر تمایل دارد؟ از آنجا که مدل مکسنت یک مدل نمایی است، احتمال اختصاص داده شده به یک نقطه از زیستگاه متناسب با توان ترکیب انتخاب شده از متغیرها است. بنابراین می‌توان با ایجاد منحنی پاسخ اثر متغیرهای انتخاب شده را بر احتمال انتخاب زیستگاه نشان داد (۱۱). مدل تهیه شده با روش مکسنت را می‌توان با محاسبه مساحت سطح زیر منحنی (AUC) (Receiver operating characteristic) ارزیابی کرد. منحنی ROC از ترسیم مقادیر صحت طبقه‌بندی نقاط حضور به ازای ۱ منهای میزان صحت طبقه‌بندی نقاط زمینه محاسبه می‌شود (۱۱). معنی‌داری میزان AUC به صورت کمی محاسبه می‌گردد. میزان این عدد به طور معمول بین ۰/۵ تا ۱ می‌باشد. مقادیر نزدیک به ۰/۵ نشان دهنده این است که برازش مدل با داده‌ها بهتر از مدل تصادفی نیست و عدد ۱ نشان دهنده برازش کامل است (۱۲).

نتایج

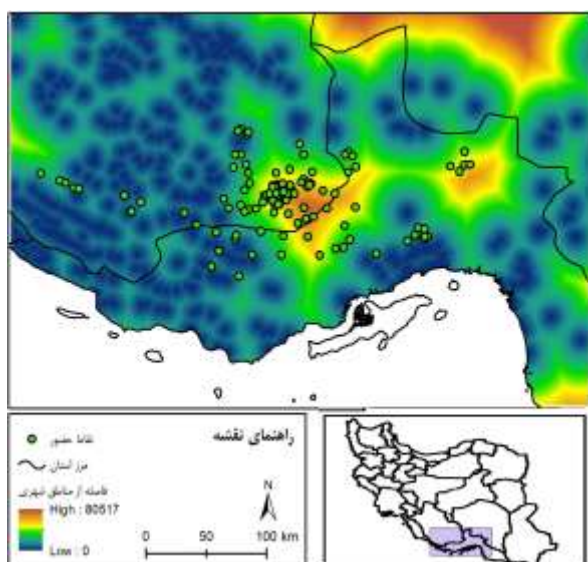
بررسی همبستگی متغیرهای محیطی: نتایج بررسی همبستگی میان متغیرهای مستقل محیطی در جدول ۱ مشخص شده است. بر این اساس به دلیل همبستگی ذاتی میان برخی پارامترهای محیطی، میان تغییرات آن‌ها نوعی ارتباط متقابل مشاهده شد. با این وجود از آنجا که میزان همبستگی میان هیچ دو متغیری بالاتر از حد آستانه ۰/۷ نبود، از همگی آن‌ها در فرآیند مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان استفاده شد.

نقشه مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان: براساس نتایج به دست آمده انطباق بسیار خوبی بین الگوی توزیع نقاط حضور و مطلوبیت زیستگاه مدل‌سازی شده به دست آمد. همان‌طور که انتظار می‌رفت در

کمترین مقدار را دارد کمترین میزان مطلوبیت زیستگاه دیده می شود و در مناطق با میزان VRM متوسط، که نشان دهنده فراهم بودن مناسب گریزگاهها برای گونه است، بر احتمال حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه افزوده خواهد شد. در مناطق پرشیب و با ناهمواری های خیلی زیاد که دارای بیشترین میزان زبری ناهمواری ها است احتمال حضور گونه مجدداً کاهش می یابد.



شکل ۲: فاصله از شبکه جادهای مورد استفاده برای مدل سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان

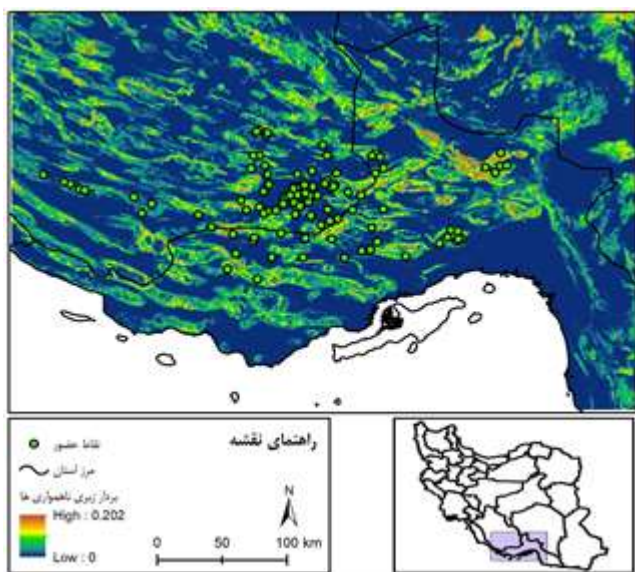


شکل ۳: نقشه فاصله از مناطق شهری مورد استفاده برای مدل سازی مطلوبیت زیستگاه

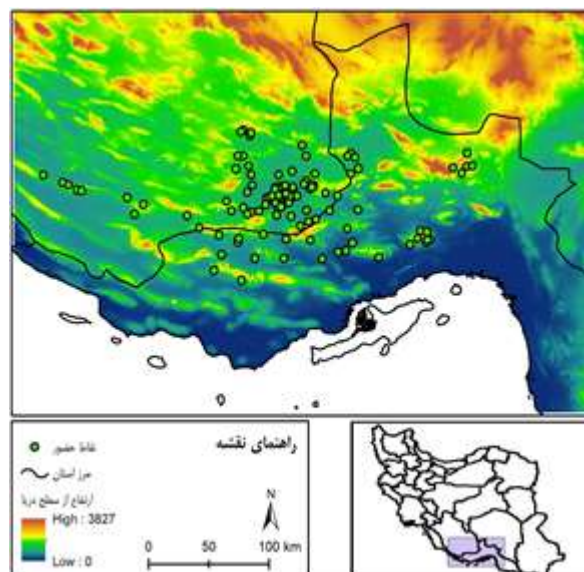
جدول ۱: ضرایب همبستگی پیرسون جهت بررسی همبستگی دوتایی میان متغیرهای مستقل (A: اراضی کشاورزی، B: ارتفاع از سطح دریا، C: اراضی مرتعی متوسط و بوته زار، D: اراضی مرتعی ضعیف، E: فاصله از جاده، F: فاصله از مناطق شهری، G: تراکم روستا، H: بردار زبری ناهمواری ها

	H	G	F	E	D	C	B	A
A								۱
B							۱	-۰/۰۷
C						۱	۰/۲۲	-۰/۰۴
D					۱	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۳۷
E				۱	۰/۳۱	۰/۰۶	۰/۳۵	۰/۲۸
F			۱	-۰/۰۸	-۰/۲۱	۰/۰۷	-۰/۰۱	-۰/۲۵
G		۱	-۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۱۲
H	۱	-۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۱۶	-۰/۱۲	-۰/۰۲

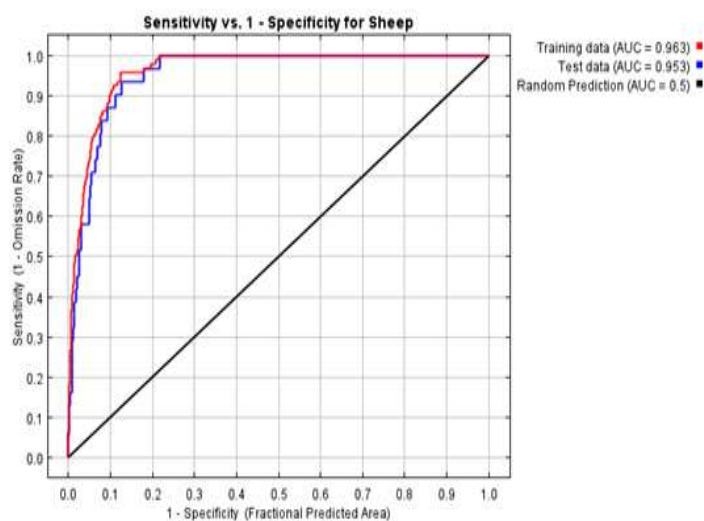
در درون منطقه حفاظت شده هرمود بیشترین سطح زیستگاههای مطلوب برای گونه مشاهده شد. در خارج از محدوده این منطقه سایر مناطق مطلوب اغلب به صورت لکه ای و در امتداد مناطق کوهستانی و ناهموار منطقه مشاهده شد. در شکل ۶ منحنی ROC حاصل از مدل مکسنت جهت بررسی عملکرد پیش بینی مدل مشاهده می شود. همان طور که مشخص شده است مدل با AUC برابر با ۰/۹۶۳ برای نقاط تعلیمی و AUC برابر با ۰/۹۵۳ برای نقاط آزمون مدل، به خوبی توانسته است نقاط حضور را از نقاط زمینه زیستگاهی تشخیص دهد. شاخص AUC به طور کلی معیاری از قدرت تشخیص مدل در پیش بینی مناطق مطلوب است که مقادیر بالاتر از ۰/۹ نشانگر عملکرد پیش بینی عالی مدل است. جدول ۳ و شکل ۷ به ترتیب میزان مشارکت متغیرها در مدل مکسنت و منحنی پاسخ قوچ لارستان به متغیرهای مستقل محیطی براساس منحنی جک نایف را نشان می دهد. بر این اساس نتایج نشان داد که متغیرهای فاصله از اراضی مرتعی متوسط و بوته زار، فاصله از جاده، بردار زبری ناهمواری ها و فاصله از مناطق شهری چهار متغیری هستند که بالاترین تأثیر را در الگوی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان در منطقه مورد مطالعه دارند. منحنی پاسخ گونه به متغیرهای مستقل محیطی نیز در شکل ۹ مشخص شده است. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از اراضی مرتعی متوسط و بوته زار احتمال حضور گونه کاهش می یابد. برای متغیرهای انسانی فاصله از جاده و فاصله از نواحی مسکونی شهری نتایج نشان می دهد که بیشترین میزان مطلوبیت در مناطقی به دور از این عارضه ها به وقوع پیوسته و با افزایش حضور انسان در منطقه مطلوبیت زیستگاه برای گونه کاهش می یابد. بررسی پاسخ گونه به متغیر بردار زبری ناهمواری ها نیز نشان می دهد که در مناطقی مسطح که میزان VRM



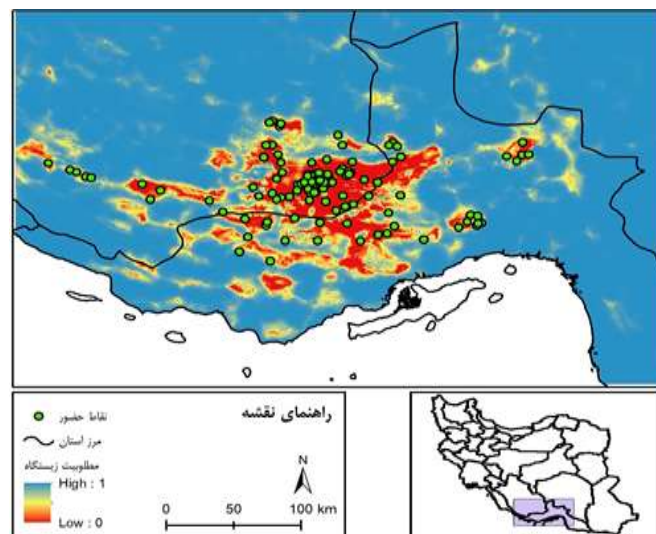
شکل ۵: ناهمواری‌ها مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان



شکل ۴: ارتفاع از سطح دریا مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان



شکل ۸: منحنی ROC حاصل از مدل مکسنت جهت بررسی عملکرد پیش‌بینی مدل

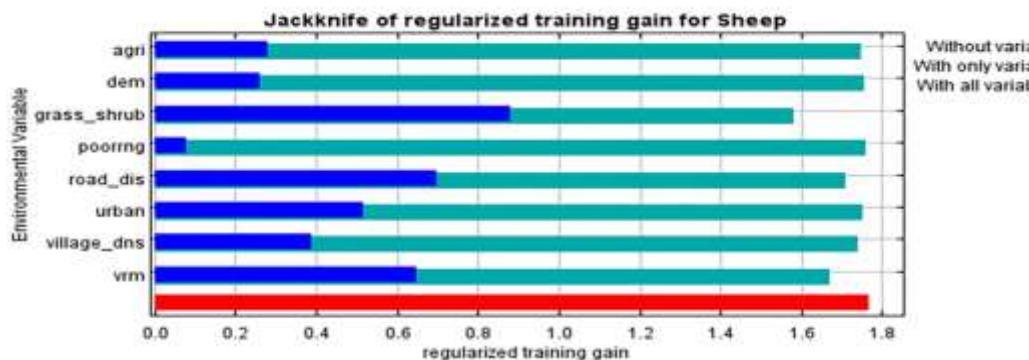


شکل ۷: الگوی تغییرات مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان براساس مدل مکسنت

پس از اعمال آستانه مطلوبیت زیستگاه لکه‌های زیستگاهی مطلوب و مناطق نامطلوب طبقه‌بندی شد که در شکل ۱۱ مشخص شده است. بر این اساس نتایج نشان داد که ۱۰۷۵۹ کیلومتر مربع از معادل ۹ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه در طبقه زیستگاه‌های مطلوب برای گونه قرار می‌گیرند. پس از شناسایی لکه‌های مطلوب و حذف لکه‌های کوچک‌تر از ۵ سلول (۵ هکتار)، متریک‌های سیمای سرزمین جهت ارزیابی وضعیت پراکنش و پیکربندی لکه‌های زیستگاهی مورد محاسبه قرار گرفت. جدول ۴ نتایج حاصل از محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین برای لکه‌های زیستگاهی را نشان می‌دهد.

جدول ۳: درصد مشارکت متغیرهای مستقل محیطی در مدل مکسنت

درصد مشارکت	نام متغیر
۴۳/۸	فاصله از اراضی مرتعی متوسط و بوته‌زار
۱۵/۱	فاصله از جاده
۱۴/۶	بردار زبری ناهمواری‌ها
۱۰/۸	فاصله از مناطق شهری
۸/۱	فاصله از اراضی کشاورزی
۴/۵	ارتفاع از سطح دریا
۱/۹	فاصله از اراضی مرتعی فقیر
۱/۲	تراکم روستا



شکل ۱۰: منحنی جک نایف جهت بررسی میزان اهمیت متغیرهای مستقل بر مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان

جدول ۴: سنجه‌های سیمای سرزمین محاسبه شده برای لکه‌های کلاس مطلوب

ردیف	سنجه	مقدار	ردیف	سنجه	مقدار
۱	n.patches	۳۴	۸	mean.nearest.neighbor	۸۷۲۹
۲	total.area	۱۱۵۰۰/۶	۹	max.nearest.neighbor	۵۴۴۹۰
۳	prop.landscape	۰/۰۹۵۹	۱۰	mean.perim.area.ratio	۰/۰۰۴۸
۴	mean.patch.area	۳۳۷/۰۵	۱۱	mean.shape.index	۲/۵۴۲
۵	sd.patch.area	۱۳۰۷/۵۸	۱۲	aggregation.index	۹۸/۶۷۵
۶	min.patch.area	۰/۰۵	۱۳	lanscape.division.index	۰/۹۹۵
۷	max.patch.area	۷۶۴۹/۳۷			

هم‌پوشی آشیان بوم‌شناختی با مناطق حفاظتی: پس از شناسایی

لکه‌های زیستگاهی مطلوب میزان هم‌پوشی میان زیستگاه‌های مطلوب با سیستم حفاظتی منطقه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در شکل ۱۱ و جدول ۵ نشان داده شده است. بر این اساس نتایج نشان داد که از مجموع ۱۱۵۰۰ کیلومترمربع از سطح لکه‌های زیستگاهی مطلوب تنها ۳۵۸۵ کیلومترمربع (معادل ۳۱ درصد) توسط مناطق حفاظت شده منطقه و ۵۰۴/۴ کیومترمربع (معادل ۴ درصد) توسط مناطق

شکارممنوع منطقه پوشش داده شده‌اند. هم‌چنین مقایسه پوشش حفاظتی بین مناطق نشان داد که منطقه حفاظت شده هرمود با مجموع مساحت ۱۸۹۴/۹، معادل ۱۶/۵ درصد از کل مناطق مطلوب بیش‌ترین پوشش حفاظتی برای گونه را پوشش می‌دهد. از بین سه منطقه شکار ممنوع نیز منطقه شکار ممنوع کوه حوا و تنگ خور لامرد با مساحت ۲۸۲/۲ کیلومتر مربع بیش‌ترین پوشش حفاظتی برای گونه را فراهم می‌آورد.

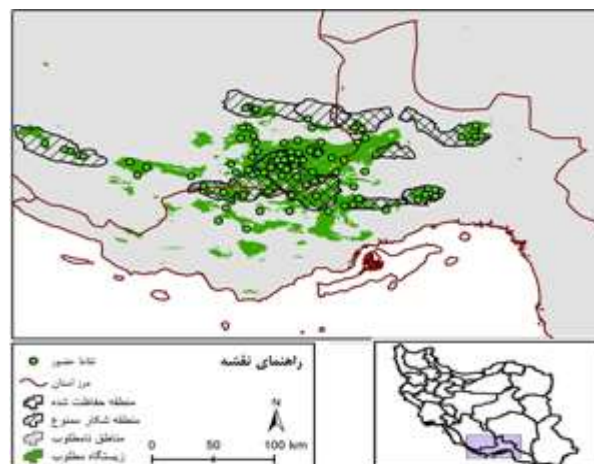
جدول ۵: مساحت زیستگاه‌های مطلوب قوچ لارستان حفاظت شده توسط شبکه مناطق حفاظتی منطقه

مناطق حفاظت شده	مساحت (کیلومترمربع)	مناطق شکار ممنوع	مساحت (کیلومترمربع)
منطقه حفاظت شده هرمود	۱۸۹۴/۹	منطقه شکار ممنوع کوه حوا و تنگ خور	۲۸۱/۲
منطقه حفاظت شده برزویه	۷۷۴/۷	منطقه شکار ممنوع مزایجان	۲۰۱/۱
منطقه حفاظت شده کوه هماغ	۲۴۵/۸	منطقه شکار ممنوع چاه نفت	۲۲/۱
منطقه حفاظت شده گنو	۲۴۱/۶		
منطقه حفاظت شده کوه کشار	۲۱۴/۵		
منطقه حفاظت شده کوه باز	۱۱۵/۱		
منطقه حفاظت شده طارم	۹۸/۸		

چنین حالتی مناطق ناهموار و کوهستانی منطقه که هم‌چون جزایر زیستگاهی در زمینه‌ای از مناطق نامطلوب قرار گرفته‌اند در برآوردن احتیاجات زیستگاهی و فراهم کردن آب و میکروکلیمای مناسب جهت توسعه پوشش گیاهی مناسب نقش به‌سزایی در حمایت از زیستمدان اکوسیستم‌های جنوب کشور دارند. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که حفاظت و اطمینان از بقای بلند مدت جمعیت‌های قوچ لارستان نیازمند ارتقای شبکه حفاظت موجود و کاهش آثار زیانبار مداخلات انسانی در منطقه است. به‌طور کلی و براساس نتایج به‌دست آمده اگر چه مناطق حفاظتی موجود سطوح قابل قبولی از لکه‌های زیستگاهی گونه را پوشش داده‌اند، با این وجود به‌دلیل کوچک بودن گستره پراکنش جغرافیایی گونه و محدودیت‌های جریان زیستگاهی ارتقای بیش‌تر سیستم حفاظتی منطقه امری ضروری است. از آن‌جاکه قوچ لارستان یک گونه کاربزماتیک و حفاظتی در جنوب کشور بوده و منطقه حفاظت‌شده هرمود دربردارنده بزرگ‌ترین و اصلی‌ترین جمعیت گونه است، ارتقای سطح حفاظت آن به پارک ملی یا تعریف زون‌های حفاظتی با مرکزیت مناطق مطلوب برای گونه می‌تواند راهکار مؤثری در حفاظت بلندمدت گونه باشد. هم‌چنین علی‌رغم وجود جریان زیستگاهی قوی، بهره‌گیری از سیستم‌های بازدارنده یا تسهیل‌کننده جریان زیستگاهی در مناطقی که شدت جریان ضعیف شده است، در ارتقای ارتباطات زیستگاهی منطقه امری اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. به‌عنوان مثال نصب تابلوهای هشدار در مسیر جاده در مناطق پرخطر و یا احداث زیرگذر یا روگذر در این مناطق از جمله اقدامات لازم الاجرا خواهد بود. از سوی دیگر باتوجه به شرایط زیستگاهی خشن منطقه و محدودیت منابع زیستگاهی برای زیستمدان منطقه، کنترل ورود دام با نظارت بیش‌تر در مناطقی که در مدل مطلوبیت زیستگاه به‌دست آمده از حساسیت بالاتری برخوردارند می‌تواند در بهبود کیفیت زیستگاهی منطقه برای قوچ لارستان مؤثر واقع گردد. به‌خصوص آن‌که این امر می‌تواند از انتقال بیماری‌ها بین دام‌های اهلی و جمعیت‌های قوچ لارستان در منطقه ممانعت به‌عمل آورد.

منابع

1. Guisan, A., Thuiller, W. and Zimmermann, N.E., 2017. Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R. Cambridge University Press.
2. Ziaei, H., 2013. Field guide of Iranian mammals. second edition. Wildlife Acquaintance Center Publications, Tehran, Iran. 432 p. (In Persian)



شکل ۱۰: پوشش حفاظتی لکه‌های زیستگاهی قوچ لارستان توسط شبکه مناطق حفاظتی منطقه

بحث

حفاظت از علف‌خواران (خصوصاً گونه‌های بزرگ‌جثه) امکان جذب منابع مالی از سوی نهادهای اقتصادی و سیاسی را فراهم آورده و در حفاظت از کل تنوع زیستی نقش کارآمدی دارد (۱۳). با این وجود لازم است هر گونه تلاش حفاظتی براساس اطلاعات درست از شرایط پراکنش جغرافیایی و نیز گزینه‌های حفاظتی موجود انجام پذیرد. در حقیقت برنامه‌ریزی برای حفاظت از تنوع‌زیستی در وهله اول نیازمند حصول اطلاعات کافی از گستره جغرافیایی پراکنش گونه‌ها و پارامترهای طبیعی و انسانی مؤثر بر الگوی مکانی پراکنش آن‌هاست (۱۴، ۱). بر این اساس مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه انجام گرفته در این پژوهش ابزاری کاربردی در شناسایی و پیش‌بینی مناطق مناسب برای پراکنش قوچ لارستان به‌عنوان یک گونه کاربزماتیک حفاظتی در جنوب کشور فراهم آورده است. به‌طور کلی نحوه توزیع زیستگاه‌های مطلوب برای گونه با آن‌چه که از اکولوژی و رفتار انتخاب زیستگاه گونه انتظار می‌رود مطابقت می‌کند. به‌طوری‌که پراکنش مناطق مطلوب اغلب با مناطق ناهموار منطقه خصوصاً در امتداد سیستم پیچیده و منقطع کوهستانی آن منطبق است. براساس نتایج حاصل از مدل مکسنت ترکیبی از پوشش‌های علفی و بوته‌زار مرتعی در مناطق ناهموار و به دور از مناطق توسعه انسانی مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب قوچ لارستان در جنوب کشور است. چنین نتایجی با مطالعات مشابه صورت گرفته بر روی قوچ ارمنی (۱۵)، قوچ اورپال (۱۶، ۳)، قوچ اصفهان (۱۷، ۹) و قوچ البرز مرکزی (۱۸) مطابقت دارد. این در حالی است که پوشش سرزمین در جنوب کشور اغلب شامل زیستگاه‌های گرم و خشک با پوشش گیاهی اندک است. در

- analysis of species distributional data: a review. *Ecography*. 30: 609-628.
9. **Malakoutikhah, S., Fakheran, S. and Soffianian, A., 2014.** Applying Circuitscape Theory to Identify Migration Corridors Between Mooteh and Ghamishloo Wildlife Refuges in Isfahan Province-Iran. *Iranian Journal of Applied Ecology*. 2(5): 77-89. (In Persian)
 10. **Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M.C., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E., 2006.** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29: 129-151.
 11. **Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190: 231-259.
 12. **Phillips, S.J. and Dudík, M., 2008.** Modeling of Species Distributions with MaxEnt: New Extensions and a Comprehensive Evaluation. *Ecography*. 31: 161-175. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
 13. **Sérgio, C., Figueira, R., Draper, D., Menezes, R. and Sousa, A.J., 2007.** Modelling bryophyte distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment. *Biological Conservation*. 135(3): 341-351.
 14. **Roberts, T.J., 1977.** The mammals of Pakistan. London: E. Benn. 18-27.
 3. **Farashi, M., 2016.** The desirability of Urial Wild Sheep habitat. Environmental training school. (In Persian)
 4. **Kramer, S.S., Niedballa, J., Pilgrim, J.D., Schroöder, B., Lindenborn, J., Reinfelder, V., Stillfried, M., Heckmann, I., Scharf, A.K., Augeri, D.M., Cheyne, S.M., Hearn, A.J., Ross, J., Macdonald, D.W., Mathai, J., Eaton, J., Marshall, A.J., Semiadi, G., Rustam, R., Bernard, H., Alfred, R., Samejima, H., Duckworth, J.W., Breitenmoser-Wuersten, C., Belant, J.L., Hofer, H. and Wilting, A., 2013.** The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distribution*. 19: 1366-1379.
 5. **Morato, R.G., Ferraz, KMPMB, de Paula RC, Campos CBd., 2014.** Identification of Priority Conservation Areas and Potential Corridors for Jaguars in the Caatinga Biome, Brazil. *PLoS, ONE* 9(4): e92950.
 6. **Eaton, S., Genney, D., Thompson, R., Yahr, R. and Haydon, D.T., 2018.** Adding small species to the big picture: Species distribution modelling in an age of landscape scale conservation. *Biological Conservation*. 217: 251-258.
 7. **Jafaroghli, M., Behrosh, M. and Porsif Elahi, Z., 2014.** Investigation of Arjan Parshan, Mianjangan and Hermud Larestan protected areas in Iran. The first international conference on environmental engineering. Tehran.
 8. **Dormann, C.F., McPherson, J.M., Araújo, M.B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R.G., Hirzel, A., Jetz, W. and Kissling, W.D., 2007.** Methods to account for spatial autocorrelation in the

15. **Ansari A., 2018.** Study of morphological characteristics of Wild Sheep sub-species in Haftad Gholleh Protected Area in Central Iranian Plateau. Journal of Animal Research. 31(3): 234-244. (In Persian)
16. **Pahlavani, A., 2004.** Evaluation of the habitat of Orial ram and ewes in Golestan National Park. Journal of Environmental Studies. 30(35): 1-8. (In Persian)
17. **Maleki Najafabadi, S., Hemami, M. and Salman Mahini, A., 2010.** Ditermining Habitat Suitabilityof *Ovis orientalis isfahanica* in Mothe wildlife refuge using ENFA. Journal of Natural environment. 63(3):279-290. (In Persian)
18. **Ghandali, M., Alizade, A., Karami, M., Kaboli, M. and Zohrabi, H., 2015.** Application of Criteria of Landscape Ecology in Habitat Evaluation for Wild Sheep (*Ovis orientalis*) in Kavir National Park. Journal of Environmental Science and Technology. 16(1): 633-645. (In Persian)