14(2) 17-26, Summer 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

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

Kamran Eslamloo [1], Mojgan Ahmadi Nadoshan[*2], Atefeh Chamani [2]

[1]Department of Environment, Faculty of Agriculture, Isfahan Branch (Khorasgan), Islamic Azad University, Isfahan, Iran
[2]Waste and Wastewater Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, 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

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

کامران اسلاملو[۱]، مژگان احمدی‌ندوشن[۲*]، عاطفه چمنی[۲]

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

[۲] مرکز تحقیقات پسماند و پساب، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

کلمات کلیدی

زیستگاه
مدل
هرمود
قوچ لارستان

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 تئوری 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 ۰/۹٦۳ برای نقاط تعلیمی و ۰/۹۵۳ برای نقاط آزمون نشان‌دهنده قابلیت پیش‌بینی بسیار خوب مدل است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.ahmadi@khuisf.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۲ اردیبهشت ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۱٤ خرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱۵ مرداد ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۷ شهریور ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.300298.2616

مقدمه

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 تپه ماهورها 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 به تنهایی به‌دلیل تخریب زیستگاه‌های حیات‌وحش صورت می‌گیرد، زیستگاه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورها در جهت حفاظت از گونه‌ها به‌خصوص گونه‌های باارزش 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 با هدف تعیین عوامل موثر 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 حفاظت شده، 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 شمال‌شرقی 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، تیپ 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 استفاده‌از روش Least-Cost Pathway مهم‌ترین کریدورهای ارتباطی میان واحدهای حفاظتی را شناسایی نمودند. آن‌ها در نهایت به این نتیجه رسیدند که با تلفیق مدل‌های توزیع گونه‌ای با نظرات متخصصان حیات‌وحش می‌توان چهارچوب‌های 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، موردبررسی 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 پیش‌بینی کننده‌ها، 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

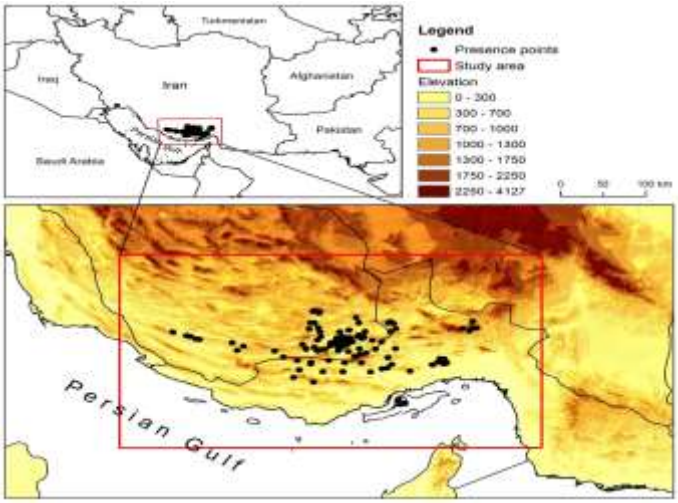
معرفی منطقه مورد مطالعه: منطقه حفاظت شده هرمود لارستان باوسعت تقریبی ۲۰۸۷۳۱ هکتار بین عرض شمالی ´۱۵ °۲۷ تا ´۴۵ °۲۷ و طول شرقی ´۳۷ °۵۴ تا ´۱۵ °۵۵ در جنوب‌شرقی استان فارس و ۴۰ کیلومتری شرق لار و در جنوب رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. مرتفع‌ترین نقطه منطقه کوه شب با ارتفاع ۲۶۸۱ متر می‌باشد که در ضلع 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 حفاظت شده هرمود، جز کوه شب، کوه بلندی وجود ندارد. کوه شب کوه بسیارصعب‌العبور می‌باشد و منابع آب آن در ارتفاعات محدود است (۷).

ژئومورفولوژی منطقه حفاظت شده 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 حمل شده‌اند 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 کلیما، تغییر ارتفاع، رفتار و کارکرد منابع اراضی، نوع و تراکم پوشش گیاهی عمدتاً

در دشت‌های نسبتاً وسیع، حاشیه شوره‌زارها، آبراهه‌ها، دره‌های عمیق و کوهستانی نسبتاً مرتفع و اراضی کشاورزی و باغات شکل گرفته است. بخشی از زیستگاه‌های منطقه به‌دلیل برخورداری از ویژگی‌های خاص برای برخی از گونه‌های اندمیک نظیر قوچ لارستان و جبیر مناسبت خود را حفظ به‌طوری‌که بخش وسیعی از منطقه هرمود لار به یکی از شاخص‌ترین زیستگاه‌های قوچ لارستان در سطح کشور تبدیل گردیده است. با این‌که غالب زیستگاه‌های دشتی منطقه به دلیل برخورداری از ویژگی خاص از مناسب‌ترین عرصه‌های بیابانی برای ادامه زیست جبیر در این ناحیه جغرافیایی می‌باشد.

جمع‌آوری اطلاعات حضور قوچ لارستان: در این پژوهش نقاط حضور قوچ لارستان در منطقه مورد مطالعه با استفاده از ترکیبی از روش‌های مختلف به‌شرح ذیل جمع‌آوری گردید. بخش عمده نقاط حضور قوچ لارستان در طی بررسی‌های مستقیم میدانی توسط نگارنده در خلال سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ جمع‌آوری شد. گشت‌زنی با تأکید بیش‌تر بر منطقه حفاظت‌شده هرمود و در فصول مختلف سال انجام شده و پس از مشاهده افراد مختصات دقیق آن‌ها توسط دستگاه GPS ثبت شد. بخشی از اطلاعات جمع‌آوری شده از گونه در منطقه مورد مطالعه براساس گزارش‌های ثبت‌شده توسط محیط‌بانان 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 بررسی‌های مستقیم میدانی با دقت بیش‌تری مورد پایش قرار گرفتند. این اطلاعات بیش‌تر مناطق پیرامونی خارج از محدوده مرز منطقه حفاظت شده هرمود را شامل شد. در منطقه هرمود تعداد هشت دستگاه دوربین تله‌ای برای ثبت اطلاعات حضور از زیستمندان منطقه در سال ۱۳۹۸ نصب گردید. در این مطالعه تصاویر دوربین‌های مربوطه بازنگری شده و از اطلاعات آن‌ها جهت تکمیل پایگاه داده اطلاعات حضور گونه استفاده شد. در نهایت تعداد ۱۳۵ نقطه حضور قوچ و میش لارستان از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد که بخش زیادی از کل گستره پراکنش گونه را در بر می‌گیرد. لازم به‌ذکر است که بسیاری از اطلاعات در دسترس از پراکنش گونه‌ها به‌دلیل شدت‌های متفاوت نمونه‌برداری و نیز تمایل به نمونه‌برداری در مناطقی که به لحاظ دسترسی سهل الوصول‌تر هستند، دارای درجاتی از خطاهای مکانی (Spatial bias) هستند. مهم‌ترین مسئله‌ای که در چنین حالتی بروز می‌کند آن است که نقاط به‌دست آمده از نظر مکانی در برخی مناطق به‌صورت کپه‌ای‌تر بوده که منجر به بروز درجاتی از خود همبستگی مکانی (Spatial autocorrelation) بین نقاط حضور می‌گردد. خودهمبستگی مکانی در نهایت منجر به تخمین نادرست متغیرهای تأثیرگذار و وزن‌دهی بیش‌تر به نفع مناطقی که تراکم بالاتری از نقاط حضور دارند، می‌گردد (۸). در پژوهش حاضر از روش فیلتر مکانی (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). بدین‌ترتیب از کل ۱۳۵ نقطه حضور قوچ و میش تعداد ۱۲۵ نقطه حضور برای انجام مدل‌سازی باقی ماند (شکل ۱).



شکل۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در جنوب استان فارس و مناطق همجوار و نقاط حضور قوچ لارستان جمع‌آوری شده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه: در این پژوهش، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان به‌روش بیشینه بی‌نظمی (Maximum entropy) به‌انجام رسید. شناخت توزیع جغرافیایی گونه‌ها ابزاری کاربردی برای حفاظت و مدیریت تنوع زیستی محسوب می‌شود (۱). بدین‌منظور روش‌های بسیار متنوعی جهت مدل‌سازی الگوی توزیع گونه‌ها ابداع شده‌است که هریک از آن‌ها از الگوریتم خاصی تبعیت کرده و علی‌رغم مشابهت‌های روش‌شناسی برخی از آن‌ها، نتایج متفاوتی از نظر نحوه عملکرد و پیش‌بینی الگوی توزیع به‌دست می‌دهند (۱۰). در این میان الگوریتم‌های ماشین یادگیری هم‌چون مکسنت در مدل‌سازی وابستگی‌های غیرخطی پیچیده میان نواحی حضور گونه‌ها و متغیرهای محیطی، در یک فضای چند بعدی، دارای انعطاف‌پذیری بالایی می‌باشند، و از این رو با ابرحجم n بعدی هاچینسون در تعریف آشیان اکولوژیک گونه‌ها انطباق بسیار زیادی دارند. الگوریتم حداکثر آنتروپی نوعی رویه مدل‌سازی وابسته به نقاط صرفاً حضور می‌باشد که در مقایسه با سایر روش‌های مدل‌سازی دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی حضور گونه‌ها است (۱۰). در روش مکسنت به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر حداکثر آنتروپی متأثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوه توزیع مکانی گونه

پرداخته می‌شود (۱۱). بدین‌منظور مدل‌سازی با ۱۰۰۰ تکرار و انتخاب ۱۰۰۰۰ نقطه تصادفی به‌عنوان 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 این‌که کدامیک از متغیرهای محیطی مهم‌ترین عوامل تشریح کننده نحوه توزیع گونه می‌باشند، از مهم‌ترین نقاط قوت این روش می‌باشد. به‌منظور 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 نمی باشند، چرا که مجموع این اعداد برابر با ۱ می‌باشد و درنتیجه 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 زمانی‌که این خروجی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نمایش داده شود راحت تر قابل تفسیر است. اما اعداد به‌دست آمده متناسب با احتمال حضور گونه نیست. درنتیجه 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 به‌نحو 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 به‌کار رفته در ایجاد آن اندازه‌گیری می‌شود. در نتیجه این آزمون سه دسته از اطلاعات به‌دست می‌آید. ابتدا سهم هر متغیر در قدرت پیش‌بینی مدل زمانی‌که تنها مدل با استفاده از آن متغیر ساخته شده باشد، محاسبه می‌شود. این امر نشان‌دهنده 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 به‌کار رفته‌اند، قدرت پیش‌بینی مدل به‌عنوان حداکثر توان مدل اندازه‌گیری می‌شود. این میزان به‌عنوان معیاری برای سنجش نسبی تاثیر هر یک از متغیرها لحاظ می‌گردد. دسته سوم اطلاعات به‌دست آمده از این آزمون عبارت‌است از قدرت پیش‌بینی مدل در زمانی‌که هر بار تنها یکی از متغیرها از مدل کنار گذاشته شود. کاهش قدرت پیش‌بینی مدل نسبت به مدل با تمامی متغیرها نشان‌دهنده 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 درنتیجه محقق متوجه می‌شود که آیا مقادیر درصد کمک هر متغییر به‌خاطر 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 (Reciever operating characteristic) ROC (AUC) ارزیابی کرد. منحنی ROC از ترسیم مقادیر صحت طبقه‌بندی نقاط حضور به‌ازای ۱ منهای میزان صحت طبقه‌بندی نقاط زمینه محاسبه می‌شود (۱۱). معنی‌داری میزان AUC به‌صورت کمی محاسبه می‌گردد. میزان این عدد به‌طور معمول بین ۰/۵ تا ۱ می‌باشد. مقادیر نزدیک به ۰/۵ نشان‌دهنده این است که برازش مدل با داده‌ها بهتر از مدل تصادفی نیست و عدد ۱ نشان‌دهنده برازش کامل است (۱۲).

نتایج

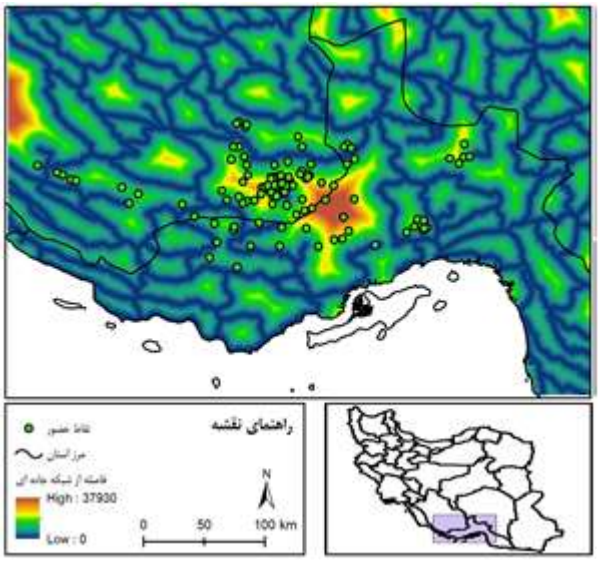
بررسی همبستگی متغیرهای محیطی: نتایج بررسی همبستگی میان متغیرهای مستقل محیطی در جدول ۱ مشخص شده است. بر این اساس به‌دلیل همبستگی ذاتی میان برخی پارامترهای محیطی، میان تغییرات آن‌ها نوعی ارتباط متقابل مشاهده شد. با این وجود از آن‌جاکه میزان همبستگی میان هیچ دو متغیری بالاتر از حد آستانه ۰/۷ نبود، از همگی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

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

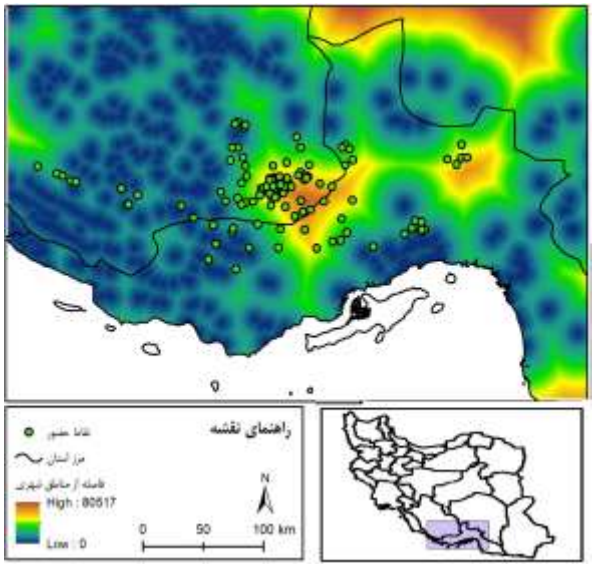
جدول ۱: ضرایب همبستگی پیرسون جهت بررسی همبستگی دوتایی میان متغیرهای مستقل (A: اراضی کشاورزی، B: ارتفاع از سطح دریا، C: اراضی مرتعی متوسط و بوته‌زار، D: اراضی مرتعی ضعیف، E: فاصله از جاده، F: فاصله از مناطق شهری، G: تراکم روستا، H: بردار زبری ناهمواری‌ها

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

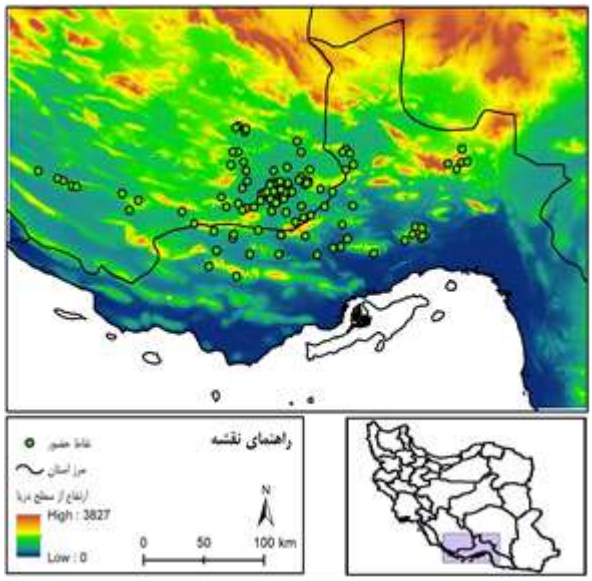
در درون منطقه حفاظت شده هرمود بیش‌ترین سطح زیستگاه‌های مطلوب برای گونه مشاهده شد. در خارج از محدوده این منطقه سایر مناطق مطلوب اغلب به‌صورت لکه‌ای و در امتداد مناطق کوهستانی و ناهموار منطقه مشاهده شد. در شکل ۶ منحنی ROC حاصل از مدل مکسنت جهت بررسی عملکرد پیش‌بینی مدل مشاهده می‌شود. همان‌طورکه مشخص شده است مدل با AUC برابر با ۰/۹۶۳ برای نقاط تعلیمی و AUC برابر با ۰/۹۵۳ برای نقاط آزمون مدل، به‌خوبی توانسته است نقاط حضور را از نقاط زمینه زیستگاهی تشخیص دهد. شاخص AUC به‌طورکلی معیاری از قدرت تشخیص مدل در پیش‌بینی مناطق مطلوب است که مقادیر بالاتر از ۰/۹ نشانگر عملکرد پیش‌بینی عالی مدل است. جدول ۳ و شکل ۷ به‌ترتیب میزان مشارکت متغیرها در مدل مکسنت و منحنی پاسخ قوچ لارستان به متغیرهای مستقل محیطی براساس منحنی جک‌نایف را نشان می‌دهد. بر این اساس نتایج نشان داد که متغیرهای فاصله از اراضی مرتعی متوسط و بوته‌زار، فاصله از جاده، بردار زبری ناهمواری‌ها 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 بوته‌زار احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد. برای متغیرهای انسانی فاصله از جاده و فاصله از نواحی مسکونی شهری نتایج نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان مطلوبیت در مناطقی به دور از این عارضه‌ها به وقوع پیوسته و با افزایش حضور انسان در منطقه مطلوبیت زیستگاه برای گونه کاهش می‌یابد. بررسی پاسخ گونه به متغیر بردار زبری ناهمواری‌هانیز نشان می‌دهد که در مناطقی مسطح که میزان VRM کم‌ترین مقدار را دارد کم‌ترین میزان مطلوبیت زیستگاه دیده می‌شود و در مناطق با میزان VRM متوسط، که نشان‌دهنده فراهم بودن مناسب گریزگاه‌ها برای گونه است، بر احتمال حضور گونه و مطلوبیت زیستگاه افزوده خواهد شد. در مناطق پرشیب و با ناهمواری‌های خیلی‌زیاد که دارای بیش‌ترین میزان زبری ناهمواری‌ها است احتمال حضور گونه مجدداً کاهش می‌یابد.



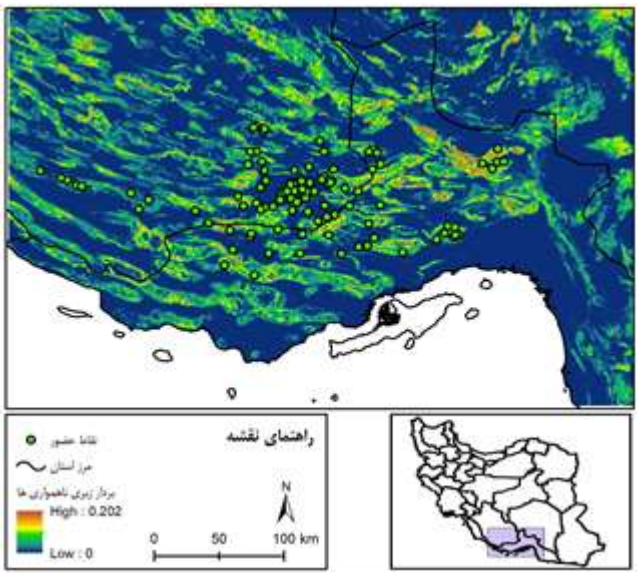
شکل۲: فاصله از شبکه جاده‌ای مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان



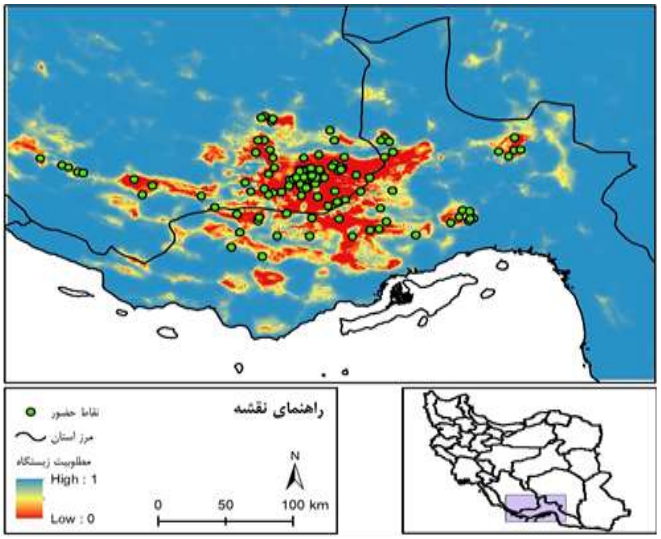
شکل۳: نقشه فاصله از مناطق شهری مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه



شکل۴: ارتفاع از سطح دریا مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان



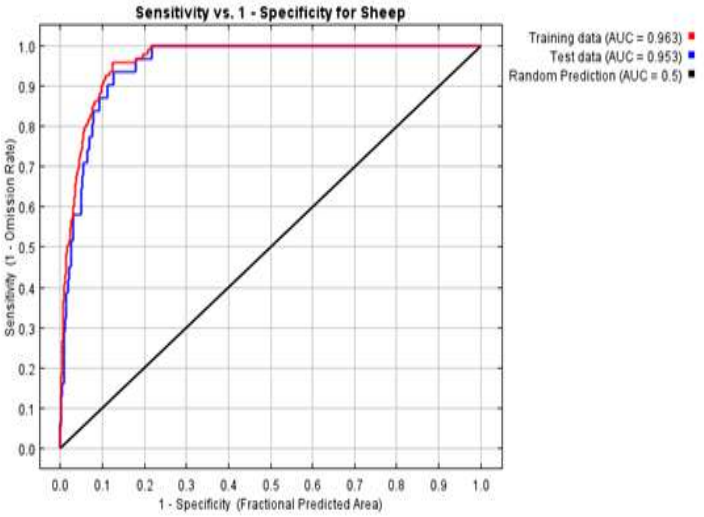
شکل۵: ناهمواری‌ها مورد استفاده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان



شکل۷: الگوی تغییرات مطلوبیت زیستگاه قوچ لارستان براساس مدل مکسنت

جدول ۳: درصد مشارکت متغیرهای مستقل محیطی در مدل مکسنت

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



شکل۸: منحنی ROC حاصل از مدل مکسنت جهت بررسی عملکرد پیش‌بینی مدل

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 موردمطالعه 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 موردمحاسبه قرار گرفت. جدول ۴ نتایج حاصل از محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین برای لکه‌های زیستگاهی را نشان می‌دهد.

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

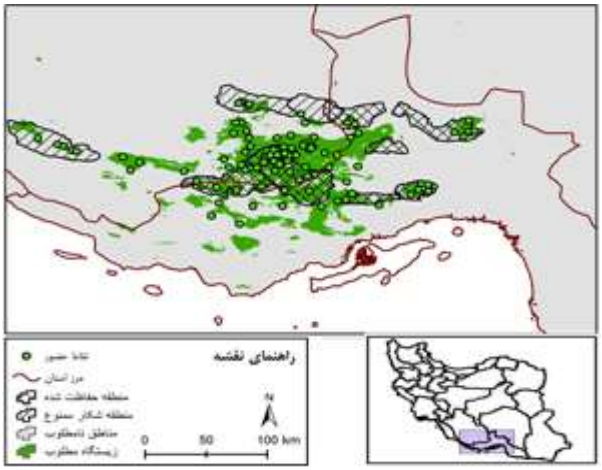
جدول ۴: سنجه‌های سیمای سرزمین محاسبه شده برای لکه‌های کلاس مطلوب

ردیف	سنجه	مقدار	ردیف	سنجه	مقدار
۱	n.patches	۳۴	۸	mean.nearest.neigbor	۸۷۲۹
۲	total.area	۱۱۵۰۰/۶	۹	max.nearest.neigbor	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 نشان‌داده شده است. بر این اساس نتایج نشان‌داد 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 تنگ‌خور	۲۸۱/۲
منطقه حفاظت شده برزویه	۷۷۴/۷	منطقه شکار ممنوع مزایجان	۲۰۱/۱
منطقه حفاظت شده کوه هماگ	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		



شکل۱۰: 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 کاریزماتیک حفاظتی در جنوب کشور فراهم آورده است. به‌طورکلی 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 اوریال (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 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 زیستمندان 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. به‌طورکلی 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 کاریزماتیک و حفاظتی در جنوب کشور بوده و منطقه حفاظت شده 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 تسهیل کننده جریان زیستگاهی در مناطقی که شدت جریان ضعیف شده است، در ارتقای ارتباطات زیستگاهی منطقه امری اجتناب ناپذیر 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 زیستمندان 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)

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., Dudı´k, 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., Sobero´n, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmerma, N.E., 2006.** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography. 29: 129-151.

11. **Phillipsa, S.J., Andersonb, R.P., Schapired, R.E., 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling. 190: 231-259.

12. **Phillips, S.J. and Dudik, 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., Schro¨der, 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, KMPMdB, 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, Mianjangal and Hermud Larestan protected areas in Iran. The first international conference on environmental engineering. Tehran.

8. **Dormann, C.F., McPherson, J.M., Arau´jo, 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)