JAER

2025, 1(2): 1-12

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

Conservation-oriented habitat modeling of *Otis tarda* in Western Iran: A MaxEnt approach in the Bukan region

Asad Sarshar [1], Kamran Shayesteh [*1], Seyed Mahmoud Ghasempouri [2]

[1] Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Malayer, Malayer, Iran

[2] Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Key Words

Persian Great Bustard
Habitat suitability assessment
West Azerbaijan
Endangered species

Abstract

Introduction: The Persian Great Bustard (*Otis tarda*), the only extant member of the genus *Otis*, has experienced severe population declines and habitat destruction in recent decades and is currently listed as endangered by the International Union for Conservation of Nature (IUCN). Given the restricted distribution of this species in the plains of western Iran, the present study aimed to evaluate its habitat suitability in the Sotav-Bukan Plain using maximum entropy modeling (MaxEnt).

Materials & methods: The input data for the model included environmental layers related to climate (annual rainfall) and topography (elevation, slope, aspect, and distances from both anthropogenic and natural features such as cities, roads, rivers, agricultural lands, pastures, springs, and lakes). The model's performance was validated at an excellent level, with an AUC value of 0.99.

Results: Results indicated that habitat suitability was highest in areas with road densities of around 2%, within 0-500 m of farms, approximately 450 m from rivers, and about 2,500 m from human-made areas. Additionally, slopes below 10% and elevations around 1,400 m had the most positive influence on species distribution. In contrast, high road densities, greater distances from water sources, and steeper slopes reduced habitat suitability.

Conclusion: The findings highlight altitude, distance from wildlife refuges, transportation density, and proximity to water sources as the most critical factors influencing the distribution of the Great Bustard. These results provide a valuable basis for conservation planning and the identification of new potential habitats to support the management of this endangered species' remaining populations.

Article info

* Corresponding Author's email:
ka_shayesteh@yahoo.com

Received: 1 November 2024
Reviewed: 5 December 2024
Revised: 5 February 2025
Accepted: 9 March 2025

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

مقاله علمی - پژوهشی

مدل‌سازی زیستگاه با رویکرد حفاظتی میش‌مرغ (*Otis tarda*) در غرب ایران: مدل‌سازی حداکثر بی‌نظمی (MaxEnt) در منطقه بوکان

اسعد سرشار[۱]، کامران شایسته[۱]، سیدمحمود قاسم‌پوری[۲]*

[۱] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

[۲] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

کلمات کلیدی

میش‌مرغ ایران
ارزیابی مطلوبیت زیستگاه
آذربایجان‌غربی
گونه در معرض انقراض

چکیده

مقدمه: میش‌مرغ (*Otis tarda*) به‌عنوان تنها عضو زنده جنس *Otis*، طی دهه‌های اخیر با کاهش شدید جمعیت و تخریب زیستگاه مواجه شده و در فهرست گونه‌های در معرض انقراض اتحادیه جهانی حفاظت (IUCN) قرار دارد. با توجه به پراکنش محدود این گونه در دشت‌های غرب ایران، هدف پژوهش حاضر ارزیابی مطلوبیت زیستگاه میش‌مرغ در دشت سوتاو بوکان با استفاده از مدل‌سازی حداکثری نظمی (MaxEnt) بود.

مواد و روش‌ها: داده‌های ورودی مدل شامل لایه‌های محیطی اقلیمی (بارش سالانه) و توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از کاربری‌های انسانی و طبیعی نظیر شهر، جاده، رودخانه، اراضی کشاورزی، مرتع، چشمه و دریاچه) بودند. اعتبار مدل با استفاده از شاخص AUC (۰/۹۹) در سطح عالی تأیید شد.

نتایج: نتایج نشان داد که مطلوبیت زیستگاه گونه در محدوده‌هایی با تراکم جاده‌ای حدود ۲ درصد، فاصله ۵۰۰-۰ متری از مزارع، فاصله حدود ۴۵۰ متری از رودخانه‌ها و فاصله ۲۵۰۰ متری از مناطق انسان‌ساخت بیشینه است. هم‌چنین، شیب کم‌تر از ۱۰ درصد و حضور در ارتفاعات حدود ۱۴۰۰ متری بیش‌ترین نقش مثبت را در پراکنش گونه داشتند. در مقابل، افزایش بیش از حد تراکم جاده، فاصله زیاد از منابع آبی و افزایش شیب منجر به کاهش مطلوبیت زیستگاه شد.

بحث و نتیجه‌گیری: یافته‌ها بیانگر آن است که متغیرهای ارتفاع، فاصله از پناهگاه حیات وحش، تراکم حمل‌ونقل و فاصله از منابع آبی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش میش‌مرغ هستند. نتایج این مطالعه می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و شناسایی زیستگاه‌های بالقوه جدید برای مدیریت جمعیت بحرانی این گونه ارزشمند قرار گیرد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
ka_shayesteh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۱ آبان ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۱۵ آذر ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۱۷ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۹ اسفند ۱۴۰۳

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

مقدمه

میش‌مرغ با نام انگلیسی Great Bustard و نام علمی *Otis tarda*، یکی از پرندگان نادر در جهان است. دو زیر گونه از میش‌مرغ در جهان وجود دارد: شامل میش‌مرغ اروپایی (*Otis tarda tarda*) و میش‌مرغ آسیایی (*Otis tarda dybowskii*) است (۱، ۲، ۳). میش‌مرغ *O. tarda*، به‌لحاظ حفاظتی در فهرست واحد بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) قرار داشت و طبق فهرست قرمز، در رده گونه‌های در معرض خطر در مرحله "آسیب‌پذیر (Vulnerable)" طبقه‌بندی شده‌بود (۴). اخیراً وضعیت حفاظتی گونه از حالت آسیب‌پذیر به حالت "در معرض خطر انقراض (Endangered)" تغییر یافته است(۵). میش مرغ از خانواده Bustard است و تنها عضو زنده جنس *Otis* است. طول بدن این گونه ۷۵ تا ۱۰۵ سانتی‌متر و گستردگی بال‌های آن ۱۹۰ تا ۲۶۰ سانتی‌متر است. نر و ماده متفاوت(نر حدود ۵۰ درصد بزرگ‌تر) و فاقد تغییرات فصلی هستند. پرنده نر بالغ در دوره جوجه‌آوری سر و گردن خاکستری روشن، سینه و قسمت پایینی گردن دارچینی با لکه‌های سیاه و زیر تنه سفید دارد. یک دسته موی پر به شکل سبیل‌هایی از قاعده منقار به روی گردن آویخته است. در پرواز سفیدی برخی پوشپرهای روی بال‌ها به‌همراه سفیدی قاعده شاه‌پرهای ثانویه تشکیل لکه بزرگ و مشخصی به این رنگ روی بال‌ها می‌دهند که در تضاد آشکاری با تیرگی شاه‌پرهای پرواز و پوشپرهای کوچک روی بال‌ها به خوبی نمایان است. پرهای دم در سطح فوقانی دارچینی و دارای چندین نوار سیاه عرضی با یک نوار نازک سفید در انتها است. در خارج از این دوره، لکه دارچینی سینه به رنگ خاکستری مایل به آبی تبدیل شده و موی پرهای صورت را از دست می‌دهد. رنگ پر و بال ماده بالغ شبیه به نر در خارج از دوره جوجه‌آوری است. پرنده نابالغ شبیه به ماده با سر و گردن قهوه‌ای و تارک تیره رنگ است (۶). این گونه به‌صورت تابستان‌گذران و جوجه‌آور کمیاب در کشتزارها و دشت‌های مرتفع واقع در نواحی غرب کشور مشاهده می‌شود. هم‌چنین به تعداد کم در دشت‌های جنوب دریاچه ارومیه و در شمال استان خراسان زمستان‌گذرانی می‌کند. جمعیت مهاجری از آن به‌ندرت در استان‌های مختلف گزارش شده است. حتی در پناهگاه حیات وحش میانکاله در مازندران و هم‌چنین پارک ملی بوجاق در گیلان گزارش مشاهده و ثبت دارد (۷)(شکل ۱). وضعیت حفاظتی میش‌مرغ ممکن است در مناطق مختلف متفاوت باشد. انقراض محلی (Local Extinction) برخی از جمعیت‌های آن‌را از بین برده و برخی دیگر را به‌شدت تهدید می‌کند و این بدان معناست که این گونه در طبیعت با خطر انقراض مواجه است. برای مثال جمعیت مراکشی میش مرغ که یکی از جمعیت‌های این گونه محسوب می‌گردد به‌طور خاص به‌عنوان یک جمعیت کوچک و رو به کاهش عنوان شده است. سرشماری که در بهار سال ۲۰۱۵ در مراکش انجام شده است، کاهش این جمعیت را مورد تأیید قرار داده است. میش‌مرغ‌ها فقط با دو لک از هفت لکی که ۱۰ سال پیش اشغال شده بود، مشاهده می‌شد. تعداد کل پرندگان شمارش شده ۴۴-۴۰ بود که نشان‌دهنده کاهش ۴۰ درصدی طی دهه گذشته است. علت کاهش این جمعیت‌ها توسعه شبکه خطوط برق در برخی مناطق طی سالیان اخیر ذکر شده است (۸). در کشور ترکیه جمعیت میش‌مرغ به دو زیرجمعیت تقسیم می‌شود. یکی در آناتولی مرکزی و دیگری در آناتولی شرقی و جنوب‌شرقی متمرکز بود که دومی از نظر تعداد افزایش پیدا کرده است. هر دو زیرجمعیت از زمان ارزیابی سال ۱۹۸۹ به‌طور قابل توجهی کاهش یافته‌اند. از آن‌جا که چندین مکان پرورش متروکه شده‌اند، اندازه منطقه پراکنش در دهه‌های اخیر کوچک شده است. به‌ویژه، این گونه دیگر در چندین سایت واقع در حاشیه‌های مناطق پراکنش وجود ندارد. این گونه در جنوب‌شرقی آناتولی و به تعداد کم نیز در دلتاهای رودخانه‌های بزرگ در دریای سیاه و سواحل مدیترانه زمستان‌گذرانی می‌کند. با این حال، جمعیت زمستانی نیز به‌شدت در حال کاهش است (۹). در ایران تراکم نسبی و نوسانات جمعیت میش‌مرغ، طی فصول تولیدمثل و غیر تولیدمثلی در استان کردستان، غرب ایران، طی سال‌های ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۴ مورد ارزیابی قرار گرفت. این پیمایش براساس مطالعات میدانی (۲۰۰۵-۱۹۹۲) و داده‌های جمع‌آوری شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، اداره کل کردستان (۱۹۷۵-۱۹۹۱) در پنج حوزه انجام شده بود. در دو مورد از این سایت‌ها (چهار دولی و دشت گز)، میش‌مرغ‌ها به کلی منقرض شدند، در حالی که تعداد آن‌ها در سایر مناطق به‌دلیل کاهش اندازه زیستگاه‌های مناسب به سرعت در حال کاهش است. در سال ۲۰۰۵ تنها تعداد ۱۰ عدد بزرگ در کل استان ثبت شد(۱۰). این گونه در حال حاضر در بیش‌تر محدوده‌های تاریخی خود در ایران مشاهده نمی‌شود و محل زیست این پرنده در آذربایجان غربی مناطق "آزاد"، "باجوند" و "کانی سیب" در مهاباد و "دشت سوتاو"، "حمامیان" و "ینگجه" در بوکان تنها منطقه‌ای است که شرایط مناسب برای گونه باقی‌مانده است(۱۰، ۱۱). بهترین جمعیت میش مرغ بومی ایران در آذربایجان غربی مشاهده می‌شود که همه ساله مورد پایش و سرشماری قرار گرفته است. از جمله تهدیدات عمومی برای میش‌مرغ در ایران تغییرات سریع محیط‌زیستی و انسانی است که تعادل زیستگاه آن را برهم زده و بقای گونه‌ها را تهدید می‌کند. در پاره‌ای از زیستگاه‌های استپی، زمانی که نیازهای عمده پرنده از جمله تغذیه، تولیدمثل و پناهگاه تأمین نباشد کاهش و انقراض محلی رخ داده است. قدرت پرواز، این امکان را به پرندگان می‌دهد که به صورت فصلی و یا دایم از زیستگاه‌های خود استفاده نمایند و در صورت

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]
[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

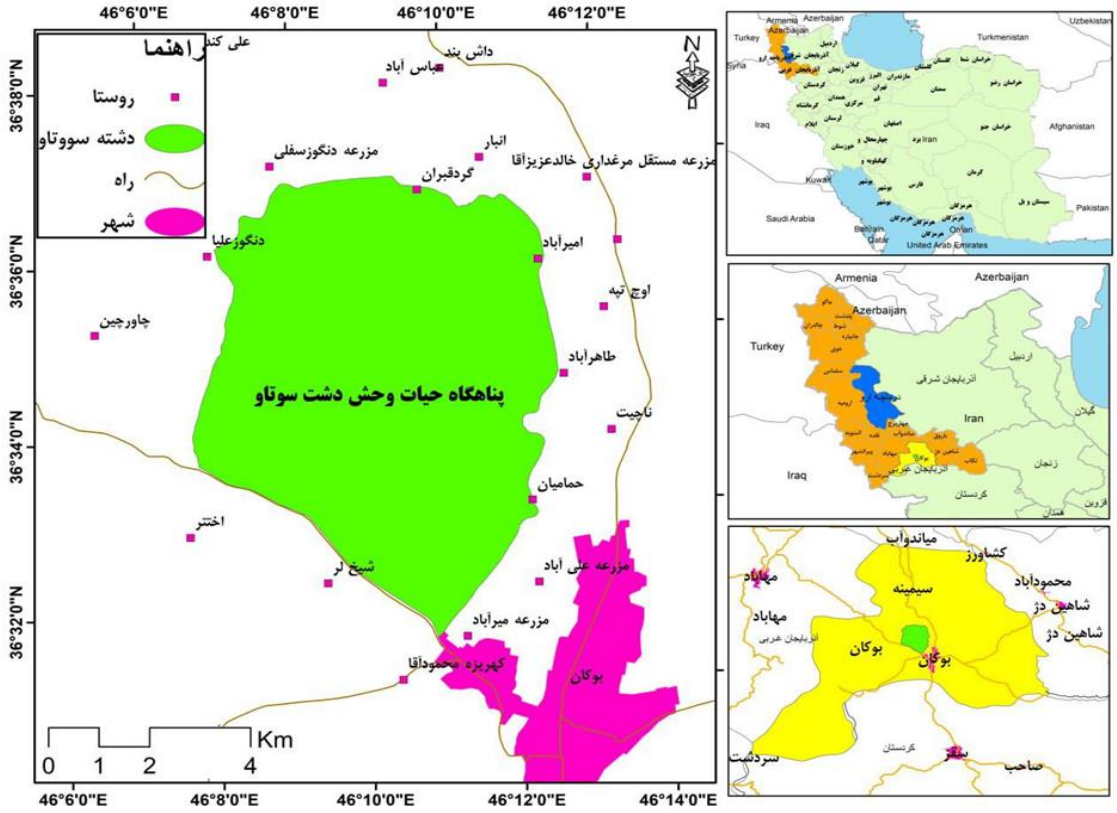
نامناسب‌شدن شرایط آب‌وهوایی یا منابع غذا، به زیستگاه‌های جدید و مناسب‌تر مهاجرت کنند (۱۲، ۱۳). با این حال، با توجه به محدودیت مناطق مناسب و فشار روزافزون انسانی، شناسایی دقیق پتانسیل‌های اکولوژیکی و پیش‌بینی واکنش گونه به تغییرات محیطی از طریق مدل‌سازی توزیع گونه، ابزاری کلیدی و ضروری برای اولویت‌بندی مناطق حفاظتی و مدیریت پایدار جمعیت‌های باقی‌مانده محسوب می‌شود. مدل‌سازی به کمک تحلیل روابط پیچیده بین حضور گونه و متغیرهای محیطی، امکان درک الگوهای پراکنش و شناسایی زیستگاه‌های بالقوه مناسب را فراهم می‌کند که برای اتخاذ راهبردهای مؤثر حفاظتی در برابر تهدیدات مذکور حیاتی است. روش‌های مدل‌سازی توزیع SDM (Spices Distribiution Modlling) به دو گروه مدل‌های پروفیل (Profile) و مدل‌های متمایزکننده (Group Discrimination Modlling) تقسیم می‌شوند. مدل‌های متمایزکننده، مدل‌هایی هستند که براساس نقاط حضور و عدم حضور، و مدل‌های پروفیل مبتنی بر داده‌های حضور هستند. مدل‌های SDM در واقع ابزارهای کمی یا تجربی هستند، که با استفاده از متغیرهای محیط زیستی (که بر توزیع گونه‌ها تأثیر می‌گذارد) و موقعیت گونه‌ها (نقاط حضور)، روابط گونه- محیط را مدل‌سازی می‌کنند (۱۴). مدل‌سازی توزیع گونه‌ها (ازجمله مدل‌سازی زیستگاه و مدل‌سازی زیست‌محیطی) به روش‌های آماری و یا غیر آماری به ارزیابی و پیش‌بینی وقوع گونه‌ها در فضا و یا زمان اشاره دارد (۱۵). تجسم کردن پراکنش گونه‌ها در فضای جغرافیایی و محیط‌زیستی، به درک مفاهیم اساسی مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها کمک می‌کند (۱۶). داده‌های مورد استفاده در مدل‌های توزیع گونه به دودسته؛ داده‌های زیستی یا نقاط حضور (متغیرهای وابسته) و داده‌های محیطی (متغیرهای مستقل) تقسیم می‌شوند. با توجه به کاهش شدید جمعیت میش‌مرغ و نبود مطالعات دقیق درباره مطلوبیت زیستگاه آن در زیستگاه‌های بومی، این پژوهش با اهداف زیر انجام شد: ۱- شناسایی و تحلیل عوامل محیطی مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه میش‌مرغ در منطقه دشت سوتاو بوکان. ۲- مدل‌سازی پراکنش مکانی این گونه با استفاده از روش حداکثر بی‌نظمی (MaxEnt) بر پایه داده‌های حضور و متغیرهای زیست‌محیطی. ۳- تعیین نواحی دارای بالاترین میزان مطلوبیت زیستگاه و بررسی امکان شناسایی مناطق بالقوه جدید برای حفاظت خارج از مناطق فعلی. ۴- ارائه اطلاعات کاربردی برای مدیریت حفاظتی و برنامه‌ریزی جهت حفظ جمعیت‌های باقی‌مانده از این گونه در معرض انقراض

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ محدوده مطالعاتی به‌عنوان پایه و از تصاویر ماهواره‌ای لندست جهت شناسایی عوارض استفاده شد. منطقه مورد مطالعه شامل آذربایجان غربی (منطقه دشت سوتاو) (شکل ۱) می‌باشد که مشخصات آن‌ها در ذیل شرح داده شده است. دشت سوتاو با وسعت ۴۸۸۰ هکتار یکی از پناهگاه‌های حیات‌وحش استان آذربایجان‌غربی است که در محدوده شهرستان بوکان و مهاباد قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه، دشت سوتاو، در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این دشت با میانگین ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا، دارای اقلیمی نیمه‌خشک با میانگین دمای سالانه حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد و بارش سالانه متوسط ۳۰۰ میلی‌متر است. سیمای سرزمین این منطقه عمدتاً شامل دشت‌های وسیع تپه‌ماهوری با پوشش گیاهی استپی خشک و درختچه‌های اسفناج است، اما کاربری اصلی اراضی در آن به کشاورزی دیم اختصاص دارد که در آن مزارع گندم و جو سهم عمده‌ای از سطح منطقه را به خود اختصاص داده‌اند و زیستگاه تغذیه‌ای اصلی میش‌مرغ را تشکیل می‌دهند. این دشت تپه ماهوری مانند در مجاورت روستای حمامیان قرار گرفته است و به‌دلیل داشتن شرایط مطلوب و منحصربه‌فرد خود مهم‌ترین زیستگاه میش‌مرغ محسوب می‌گردد تا جایی که آخرین بازماندگان میش‌مرغ ایرانی نیز اغلب در این دشت به چشم می‌خورند. میش‌مرغ در گویش بومی مردمان این دیار که چیرگ نامیده می‌شود؛ بومی این منطقه است. این پرندگان با فرارسیدن فصل‌های مختلف در بین بخش‌های مختلف شهرستان بوکان جابجا می‌شوند. علاوه بر دشت سوتاو و حمامیان در نقاطی همانند ینگجه بوکان و هم‌چنین بخش‌هایی از مهاباد همانند آزاد، کانی سیب و باجوند نیز تعدادی از این پرندگان مشاهده شده‌اند. دشت سوتاو در سال ۱۳۹۰ به‌عنوان پناهگاه حیات وحش معرفی شده و تحت نظر سازمان حفاظت محیط زیست در آمده است. در حال حاضر احتمالاً بین ۲۰ تا ۲۵ میش‌مرغ را در خود جای داده باشد. به‌دلیل فعالیت‌های انجام شده در طول سال‌های اخیر به‌نظر می‌رسد روند کاهشی میش‌مرغ بومی ایران متوقف شده باشد. همان‌طور که اشاره شد گستره جغرافیایی این گونه محدود به زیستگاه استپی است و تمایل به زندگی در زیستگاه‌های حاشیه‌ای دارد که آن را به گونه‌ای بسیار حساس در منطقه مورد مطالعه تبدیل کرده است. میش‌مرغ در حال حاضر در بسیاری از زیستگاه‌های خود در ایران غایب است و جمعیت باقی‌مانده از این گونه ارزشمند در سطح بحرانی قرار دارد. جمعیت بومی و جوجه‌آور این گونه به‌دلیل تخریب زیستگاه، تخریب، تکه‌تکه شدن و شکار غیرقانونی در معرض خطر انقراض است. بنابراین اقدامات حفاظتی برای حفاظت از جمعیت باقی‌مانده میش‌مرغ در ایران ضروری است.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان بوکان و استان آذربایجان‌غربی

Figure 1: Location map of the study area in Bukan City, West Azerbaijan Province

نمونه‌برداری: نمونه‌برداری در طول سال ۱۴۰۲ از منطقه مورد مطالعه با همکاری اداره حفاظت محیط‌زیست شهرستان بوکان و کارشناسان پروژه حفاظت مشارکتی از میش‌مرغ صورت گرفت.

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه: مدل‌سازی مطلوبیت در این مطالعه براساس دو دسته داده اصلی انجام شد یعنی داده‌های زیستی (وابسته) و داده‌های محیطی (مستقل)- داده‌های زیستی بیانگر حضور واقعی گونه در نقاط مختلف منطقه هستند و مبنای اصلی مدل‌سازی پراکنش به‌شمار می‌روند؛ درحالی‌که داده‌های محیطی شامل متغیرهای زیست‌محیطی و اقلیمی‌اند که شرایط زیستگاه را توصیف می‌کنند. ترکیب این دو دسته داده امکان پیش‌بینی و تحلیل مناسب‌بودن زیستگاه را فراهم می‌سازد. الف) داده‌های زیستی (متغیرهای وابسته): داده‌هایی مکانی هستند که عدم حضور و یا حضور گونه‌ها را با توجه به سیستم مختصات جغرافیایی نشان می‌دهد. مدل‌هایی که مبتنی بر نقاط حضور و عدم حضور هستند گاهی به‌دلیل محدودیت‌ها موجود در تهیه و استفاده از آن‌ها، از نقاط شبه عدم حضور (داده‌ها یا نقاطی که به‌صورت قطع مورد تأیید نباشند) استفاده می‌شود (۱۷). در این تحقیق، چون از روش حداکثر بی‌نظمی (از روش‌های مبتنی نقاط بر حضور) استفاده شد، داده‌های زیستی در این پژوهش نقاط حضور هستند. ب) داده‌های محیطی (متغیرهای مستقل): این داده‌ها شامل متغیرهای محیط‌زیستی و اقلیمی هستند، که تعیین‌کننده ارتباط گونه با محیط پیرامون هستند (۱۸). در سال‌های اخیر جهت مدل‌سازی توزیع گونه (مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه) از مدل‌های متعددی استفاده شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های BIOCLIM، DOMIN، ENFA، GARP و MAXENT اشاره نمود (۱۹). در میان روش‌های ذکرشده، روش حداکثر بی‌نظمی (Maximum Antropy) برای شرایط با اندازه کم ترین مشاهده (بین ۱۰ تا ۳۰ ثبت نقاط حضور گونه‌ها)، مناسب بوده است (۱۹، ۲۰، ۲۱). این مدل به‌طور تصادفی نقاطی را به‌عنوان عدم حضور تعیین می‌کند، که این نقاط پس‌زمینه نام دارند (۱۹). الگوریتم حداکثر بی نظمی روشی مبتنی بر ماشین یادگیری است، که با ارزیابی احتمال توزیع حداکثر بی‌نظمی متأثر از محدودیت‌های معیارهای تأثیرگذار بر پراکنش زیستگاه، به مدل‌سازی توزیع گونه می‌پردازد (۲۲). اطلاعات مورد نیاز جهت اجرای روش حداکثر بی‌نظمی برای مدل‌سازی زیستگاه گونه‌ها، شامل نقاط حضور گونه‌ها یا داده‌های زیستی (متغیر وابسته) بر مبنای سیستم مختصات جغرافیایی و هم‌چنین داده‌های محیطی یا لایه متغیرهای محیط‌زیستی (متغیر مستقل یا غیرمستقیم)(Indirect Variable)

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]
[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

می‌باشد. لایه متغیرها می‌تواند به‌صورت پیوسته و طبقه‌بندی‌شده باشند.

داده‌های محیطی مورد استفاده در بررسی ارزیابی زیستگاه: متغیرهای استفاده‌شده در این تحقیق، شامل اقلیم (بارش سالانه (bio19) و توپوگرافی (مدل رقومی ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از شهر، تراکم جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از اراضی کشاورزی، مرتع و چشمه ها و دریاچه‌ها) هستند. قبل از اجرای روش مدل‌سازی حداکثر بی‌نظمی، نیاز به یک‌سری پردازش‌ها بر روی لایه‌های محیط زیستی هستند. وجود همبستگی بالا بین متغیرها، منجر به برازش بیش ازحد و مشکلاتی در تفسیر می‌شود (۲۳). نیاز هست قبل از اجرای روش حداکثر بی‌نظمی، همبستگی بین متغیرها اندازه‌گیری انجام‌شده، تا در صورت وجود همبستگی بالاتر از ۸۰٪ حذف شوند (۱۹). اگر دو متغیر همبستگی بالاتر از ۸۰٪ داشته باشند، باید یکی از آن ها حذف شود. البته مدل حداکثر بی‌نظمی برخلاف مدل‌ها نظیر GARP و ENFA، نسبت به همبستگی بین متغیرهای زیستگاهی حساسیت بیش تری دارد (۱۹). نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که تمامی متغیرهای دمایی مانند Bio1 ، Bio5 و غیره همبستگی بسیار بالایی (بالاتر از ۸۲٪) با متغیر توپوگرافی داشت. از آن جاکه ارتفاع به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل توپوگرافی در مدل نهایی باقی مانده بود، حضور هم‌زمان متغیرهای دمایی باعث ایجاد خطای هم‌خطی (Multicollinearity) می‌شد. بنابراین متغیرهای دمایی حذف و ارتفاع نماینده گرادیان دمایی در مدل در نظر گرفته شد. لذا متغیرهای میانگین دمای سردترین فصل سال (bio1)، میانگین اختلاف حداکثر دما و حداقل دما (bio2)، هم‌دما (bio3)، دما فصلی (bio4)، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه (bio5)، حداقل دمای سردترین ماه (bio6)، دمای سالانه (bio7)، میانگین دمای مرطوب‌ترین (bio8)، میانگین دمای خشک‌ترین (bio9)، میانگین دمای گرم‌ترین (bio10)، میانگین دمای سردترین (bio11)، بارش سالانه (bio12)، بارش مرطوب‌ترین ماه (bio13)، بارش خشک‌ترین ماه (bio14) ضریب همبستگی بالاتر ۸۰٪ داشتند. بنابراین این متغیرها را در مدل استفاده نشد.

مدل‌سازی پراکنش گونه ها با استفاده از روش حداکثر بی‌نظمی: نرم‌افزار maxent دارای ورودی‌های مختلفی به‌صورت فایل‌های csv و لایه‌ها می‌باشد که قسمتی از ورودی‌ها جهت یادگیری (training) و قسمتی جهت کالیبراسیون مدل استفاده می‌گردد. اصل این روش به حداکثر بی‌نظمی برمی‌گردد. این روش یک مدل آماری است و برای این که بتوان توزیع گونه را با این روش به‌دست آورد، باید ارتباطی را میان مدل داده‌ای و مدل اکولوژیک ایجاد کرد. در مدل مکسنت نقاط حضور گونه از X1 تا Xm برای به‌دست آوردن توزیع نامعلوم π استفاده می‌شود. در این مدل برای یک گونه توسط تعدادی لایه زیستگاهی و پارامترهای محیطی، شاخص‌های توپوگرافی (شیب، ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب)، شاخص‌های اقلیمی (بارندگی، دما)، شاخص پوشش زمین/کاربری زمین (پوشش گیاهی، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از جاده‌ها، فاصله از سکونتگاه‌های روستایی، فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از سکونتگاه‌های شهری، فاصله از مناطق جنگلی، فاصله از مناطق بایر، فاصله از مناطق مرتعی، فاصله از مرتع مشجر، فاصله از معدن)، شاخص‌های زیستی (فاصله از مطلوبیت زیستگاه گرگ، شغال، روباه، گونه‌های پرندگان شکاری)، نقاط جغرافیایی با طول و عرض مشخص در یک سیستم مختصات متداول با استفاده از نرم‌افزار ArcMap ایجاد می‌شوند. اطلاعات مورد نیاز در مورد داده‌های حضور از اطلس‌ها، گزارشات محیط‌بانان منطقه، مطالعاتی که تاکنون در این زمینه صورت گرفته و گزارش‌ها و بازدیدهای شخصی جمع‌آوری می‌شود و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به‌صورت تابعی از متغیرهای زیستگاهی بیان می‌کند. توزیع منتخب آن قسمتی است که به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد (بیشینه آنتروپی) و برای هر متغیر باید چنین وضعیتی وجود داشته باشد. این مدل در نرم‌افزار MaxEnt اجرا می‌شود. با این نرم‌افزار می‌توان هم‌زمان مدل‌سازی زیستگاه را برای چند گونه انجام داد (۱۹). کاربرد قاعده حداکثر آنتروپی برای توزیع گونه توسط قوانین ترمودینامیک فرآیندهای بوم‌شناختی توصیف می‌شود. نمودار ROC (Receiver Operating Characteristic) اعتبارسنجی یکی از متداول‌ترین روش‌های آماری است که به‌طور گسترده در مدل‌سازی توزیع گونه‌ها برای ارزیابی صحت مدل‌های پیش‌بینی استفاده می‌شود. سطح زیرمنحنی (Area Under Curve) برابر با احتمال قدرت تشخیص میان نقاط حضور و عدم حضور توسط یک مدل است (۱۹). به‌منظور انجام مدل‌سازی، ابتدا اقدام به گردآوری شاخص‌های مختلف با فرمت شیپ فایل (Shp.*) می‌شود.

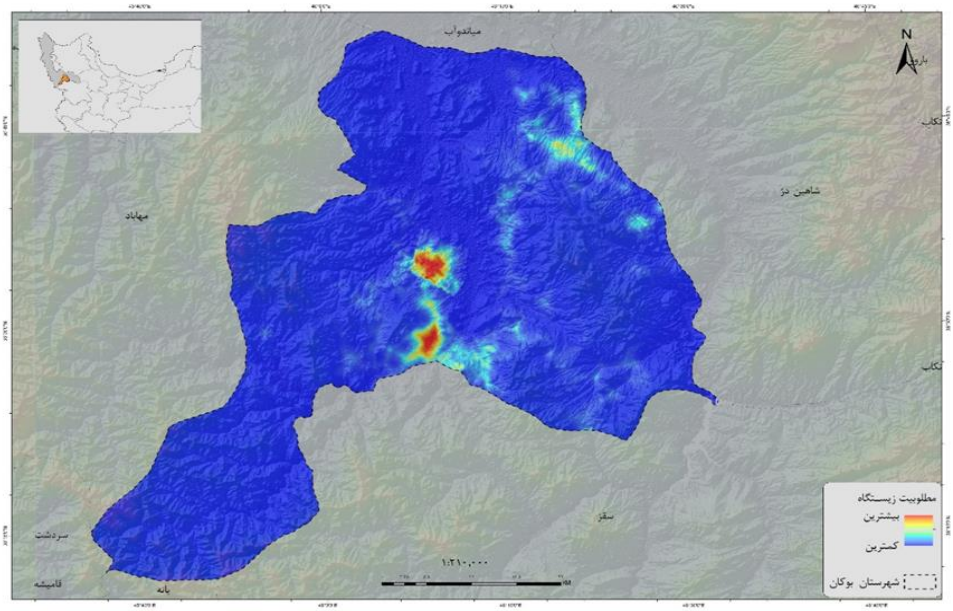
نتایج

نتایج مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها و بررسی نقش متغیرها

با آزمون جک‌نایف: مطلوبیت زیستگاه در نقشه پیش‌بینی به‌دست آمده برای گونه میش‌مرغ در مدل Maxent، در بازه صفر تا یک متغیر است. هم چنین برای ارزیابی اهمیت متغیرها در مدل از روش جک‌نایف (Jaknaife) استفاده شد. خروجی مدل‌سازی یک نقشه‌ای پیوسته در محدوده صفر تا یک می‌باشد، که هر چه به یک نزدیک‌تر باشد احتمال حضور گونه بیش‌تر است. شکل‌های ۲ تا ۶ نقشه زیر نواحی مطلوبیت زیستگاه گونه میش‌مرغ را با استفاده از مدل حداکثر بی‌نظمی نشان می‌دهد.

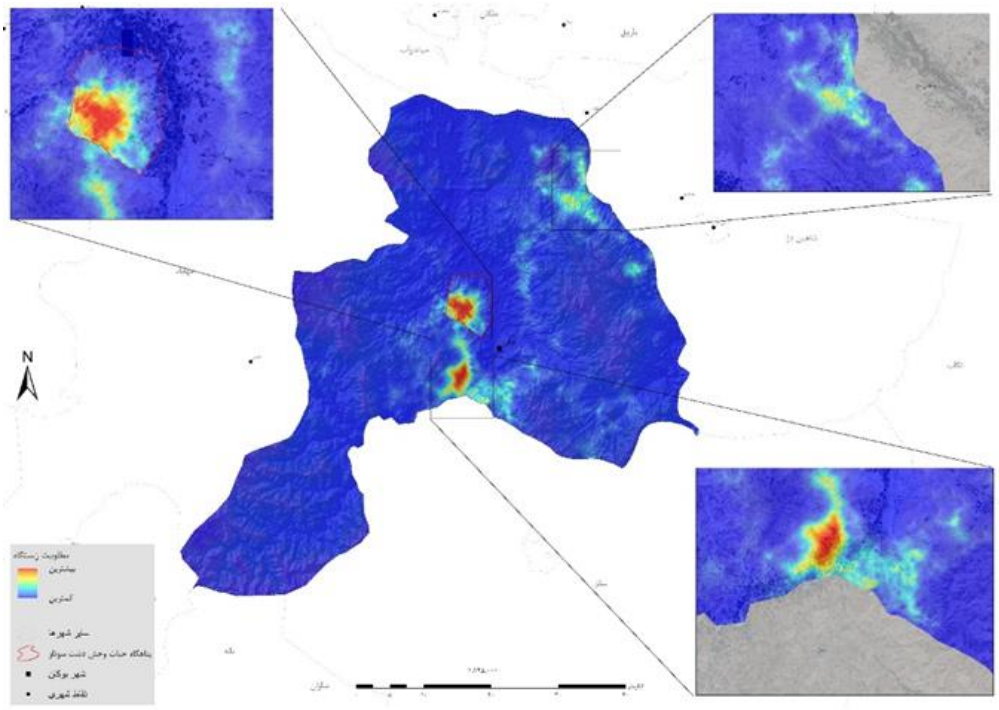
[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]



شکل ۲: نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه مرغ‌میش

Figure 2: Habitat suitability map of *O. tarda*

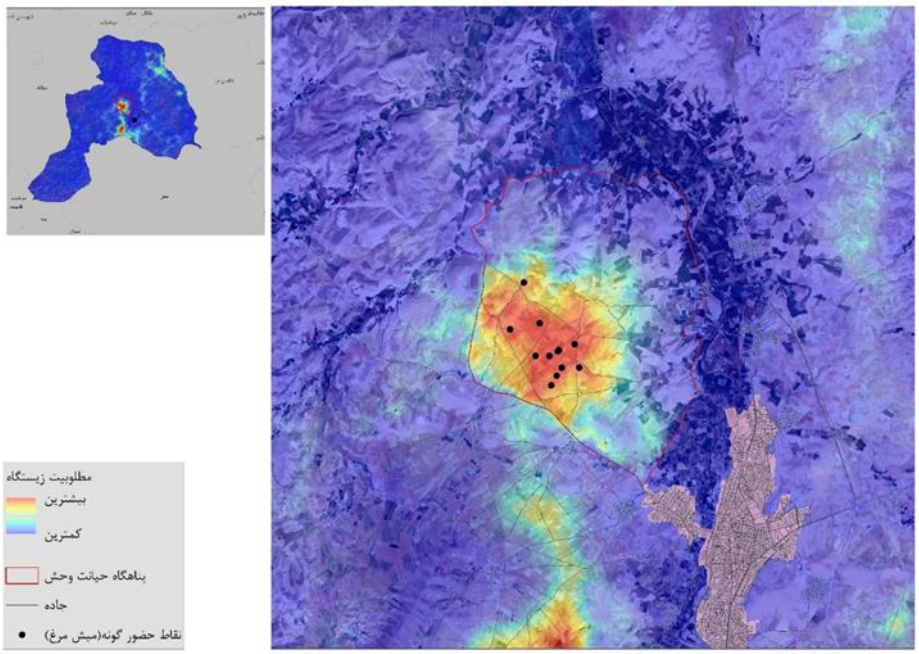


شکل ۳: موقعیت نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه مرغ‌میش دشت سوتاو و سایر محدوده‌های پیش‌بینی شده توس مدل حداکثر بی‌نظمی

Figure 3: Spatial distribution of predicted habitat suitability for *O. tarda* in the Sotav Plain and surrounding areas based on the Maximum Entropy (MaxEnt) model

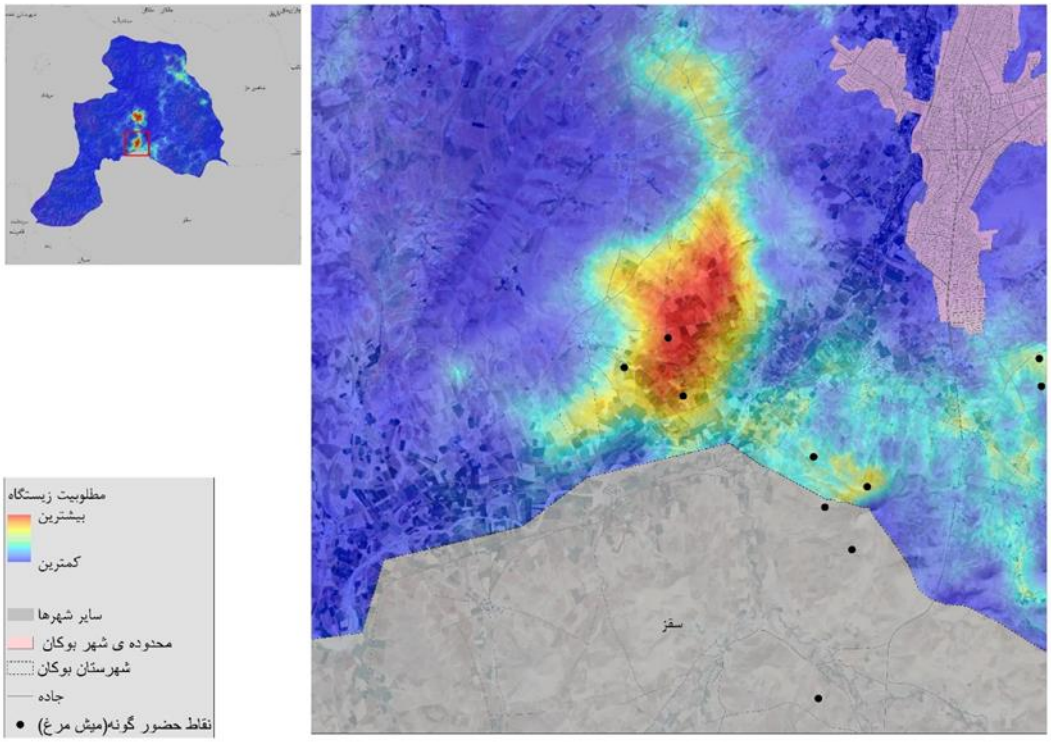
[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]



شکل ۴: نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه مرغ‌میش در محدوده دشت سوتاو

Figure 4: Habitat suitability map of *O. tarda* in the Sotav Plain

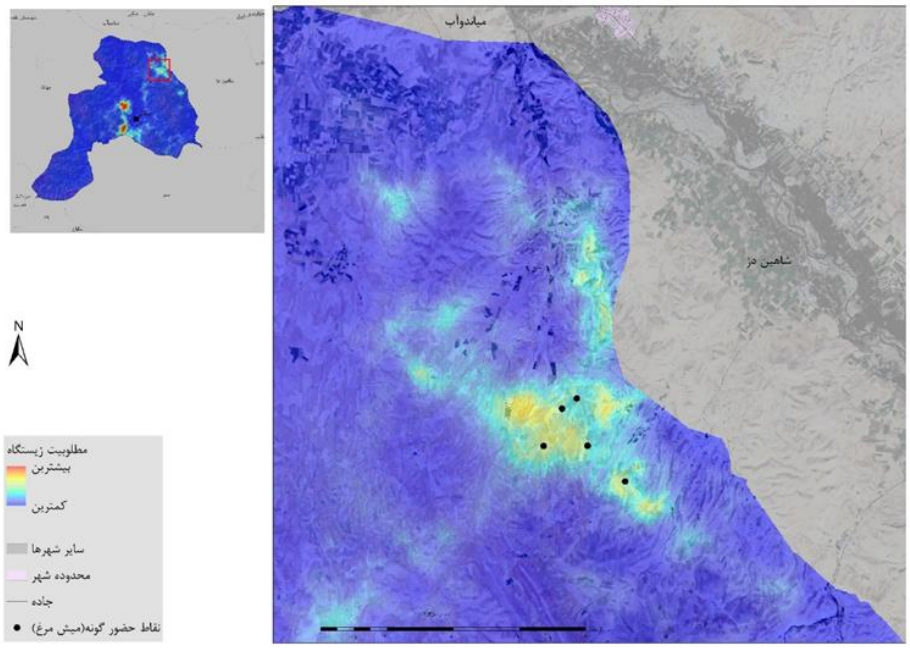


شکل ۵: نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه مرغ‌میش محدوده جنوب شهر بوکان

Figure 5: Habitat suitability map of *O. tarda* in the southern region of Bukan City

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]



شکل ۶: نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه مرغ میش محدوده شمال غربی شهر بوکان

Figure 6: Habitat suitability map of *O. tarda* in the northwestern region of Bukan City

نتایج اعتبارسنجی مدل‌سازی Maxent: میانگین AUC برای ۱۰ اجرا در شکل برای گونه مورد مطالعه ۰/۹۹ محاسبه شده که تأییدکننده نتایج مدل است (شکل ۷). سطح زیر منحنی ROC، که (Area under the curve) AUC نام دارد، شاخصی برای ارزیابی عملکرد مدل است. AUC بیانگر مقدار پیش‌بینی سیستم از طریق توانایی آن در تخمین درست وقایع رخداده (نقاط حضور) و عدم وقوع رخداد (نقاط عدم حضور) است (۱۹). رابطه ۱، فرمول AUC را نشان می‌دهد که مقادیر آن در جدول ۱ طبقه‌بندی می‌شوند.

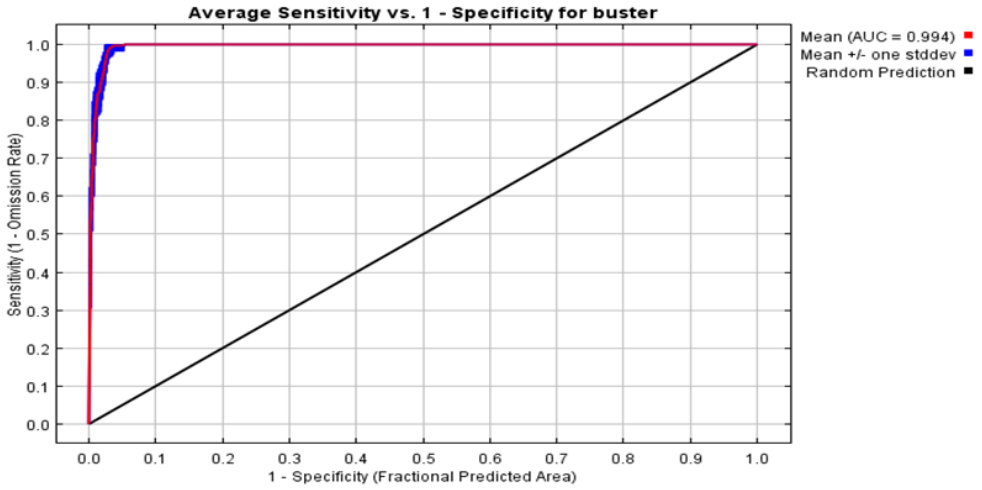
رابطه ۱:

$$AUC = \int_{0}^{1} ROC(t)dt$$

جدول ۱: طبقه‌بندی مقدار AUC (۲۴)

Table 1: Classification of AUC values (24)

Forecast quality	Domain
weak	0.5-0.7
acceptable	0.7-0.9
excellent	0.9-1



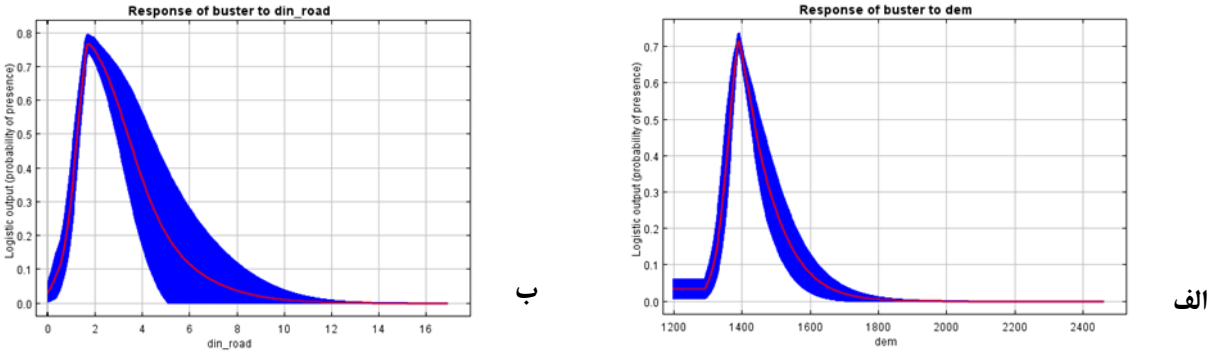
شکل ۷: نمودار منحنی ROC محاسبه‌شده توسط مدل Maxent

Figure 7: Receiver Operating Characteristic (ROC) curve generated by the MaxEnt model

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

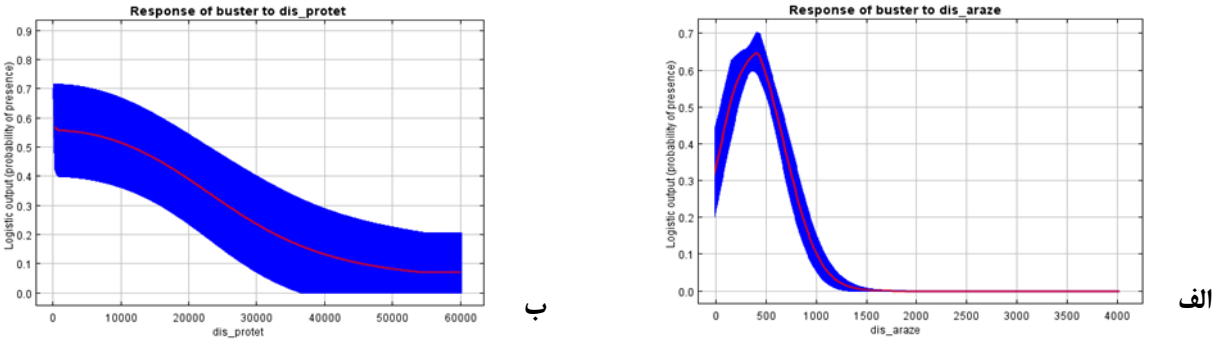
بررسی نقش متغیرها در مدل‌سازی توزیع گونه‌ها: برای ارزیابی اهمیت متغیرها در مدل از روش جک‌نایف (Jakknife) استفاده شد. طبق نمودار شکل ۸ الف، این گونه در ارتفاع حدود ۱۴۰۰ متری مطلوبیت زیستگاه بالاتری دارد. با ارتفاع بیش تر از ۱۴۰۰ متر و کم‌تر از آن مطلوبیت زیستگاه کم‌تر می‌شود. این گونه در جاهایی که تراکم حمل‌ونقل راه‌ها زیاد است، مشاهده نمی‌شود. نمودار شکل ۸ ب نشان داد که این گونه در جاهایی که تراکم حمل و نقل حدود ۲ درصد است، مطلوبیت‌زیستگاه بیش‌تر است. در تراکم کم‌تر از ۲ درصد مطلوبیت زیستگاه کم‌تر است چرا که احتمالاً این گونه در مناطقی‌دارای اراضی کشاورزی یا زراعی هستند وجود دارند و در این مناطق حمل‌ونقل عمومی متوسط است هم‌چنین در تراکم بیش‌تر از دو درصد، مجدد مطلوبیت زیستگاه کم‌تر می‌شود، به‌دلیل این‌که در این مناطق حمل و نقل عمومی خیلی زیاد است.



شکل ۸: بررسی نقش متغیرها در مدل‌سازی توزیع گونه‌ها الف) متغیر ارتفاع و ب) متغیر تراکم حمل و نقل

Figure 8: Assessment of variable contributions to species distribution modeling: (a) elevation and (b) transportation network density

طبق نمودار شکل ۹ الف در فاصله ۰ تا ۵۰۰ متری از مزارع مطلوبیت‌زیستگاه گونه مورد‌مطالعه بیش‌تر است. اما با فاصله‌بیش‌تر از ۵۰۰ متر مزارع‌مطلوبیت زیستگاه کاهش پیدا می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که این گونه در مزارع مکان‌های که زراعت وجود دارد به دلیل تغذیه از محصولات زراعی در اطراف ۵۰۰ متری مزارع وجود دارند. هم‌چنین طبق نمودار شکل ۹ ب این گونه در محدوده پناهگاه حیات‌وحش دشت سوتاو مطلوبیت زیستگاه بیش‌تری دارد. با فاصله بیش‌تر از این پناهگاه حیات‌وحش مطلوبیت زیستگاه گونه کاهش یافته است.



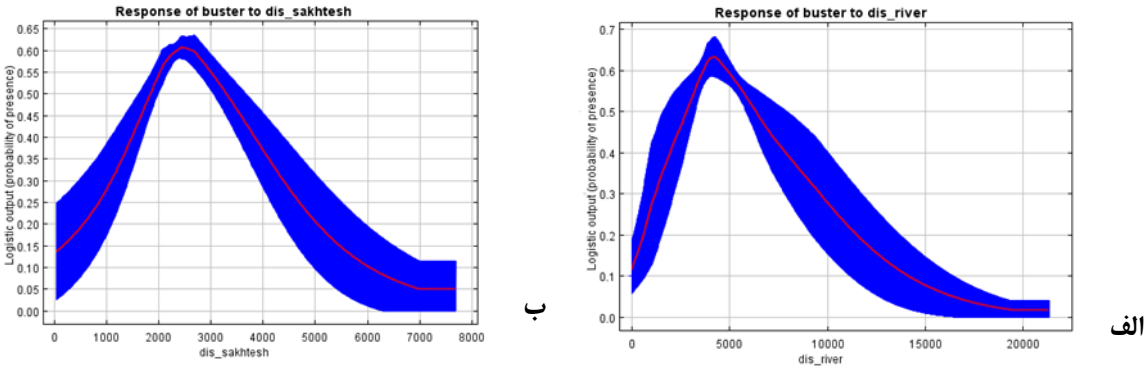
شکل ۹: بررسی نقش متغیرها در مدل‌سازی توزیع گونه الف) متغیر فاصله از مزارع **و ب) متغیر فاصله از پناهگاه حیات وحش**

Figure 9: Assessment of variable contributions to species distribution modeling: (a) distance from agricultural lands and (b) distance from wildlife refuges

نتایج نشان‌داد که گونه مورد‌مطالعه در فاصله حدود ۴۵۰ متری اطرف‌رودخانه‌ها، مطلوبیت‌زیستگاه بالاتری‌دارد. ولی‌با فاصله بیش‌تر از ۴۵۰ متری مطلوبیت زیستگاه گونه کاهش یافته است. هم‌چنین در فاصله‌های کم‌تر از ۴۵۰ متری هم مطلوبیت مجدد کاهش یافته است (شکل ۱۰). طبق نمودار ب شکل ۱۰ که این گونه در فاصله حدود ۲۵۰۰ متری مناطق ساخته‌شده توسط انسان مطلوبیت زیستگاه بالاتری دارد. هم‌چنین در فاصله‌های کم‌تر از ۲۵۰۰ متری از این مناطق مطلوبیت‌زیستگاه این گونه به‌دلیل گریز از انسان، کم‌تر شده

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]
[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

است. هم‌چنین در فاصله‌های بیش‌تر از ۲۵۰۰ متر مجدد مطلوبیت زیستگاه کم‌تر شده است، زیرا این گونه در مکان‌های مربوط به کشت و زراعت مشاهده می‌شود.

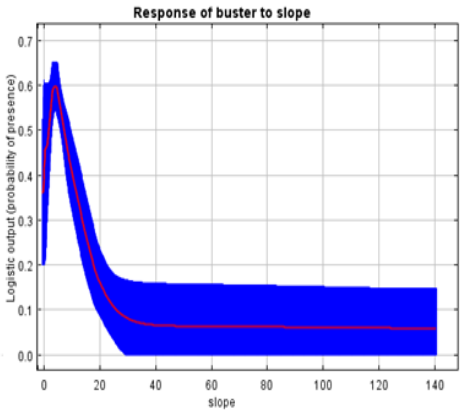


الف ب

شکل ۱۰: بررسی نقش متغیرها در مدل‌سازی توزیع گونه الف) متغیر فاصله از رودخانه و ب) متغیر فاصله از مناطق انسان‌ساخت

Figure 10: Assessment of variable contributions to species distribution modeling: (a) distance from rivers and (b) distance from anthropogenic areas

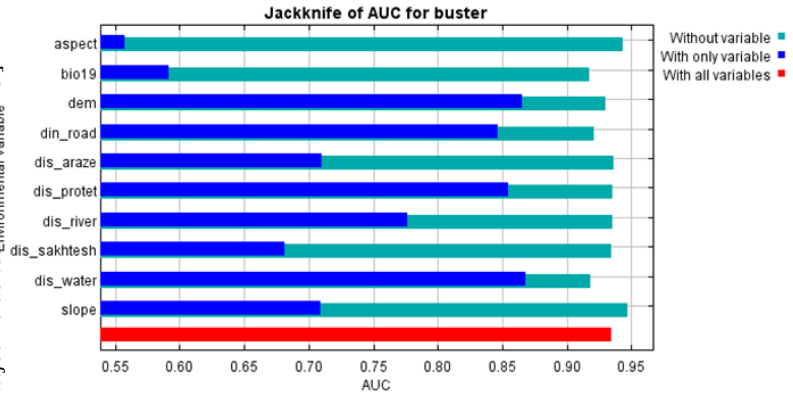
نمودار شکل ۱۱ نشان می‌دهد که گونه مورد مطالعه در شیب‌های کم‌تر از ۱۰ درصد مطلوبیت زیستگاه بالاتری دارد و با افزایش شیب مطلوبیت زیستگاه کم‌تر می‌شود زیرا همان‌طورکه قبلاً توضیح داده شد این گونه در دشت‌های زراعی به‌دلیل وجود طعمه زندگی می‌کنند.



شکل ۱۱: بررسی نقش متغیرها در مدل‌سازی توزیع گونه براساس درصد شیب

Figure 11: Evaluation of the influence of slope percentage on species distribution modeling

نمودار شکل ۱۲ اهمیت نسبی متغیرها در توزیع گونه مرغ‌میش را نشان می‌دهد. براساس نتایج متغیرهای ارتفاع، فاصله از پناهگاه حیات‌وحش، تراکم حمل و نقل و فاصله از آب، متغیرهایی هستند که در توزیع و پراکنش گونه نقش مهمی دارند.



شکل ۱۲: نمودار جک‌نایف اهمیت نسبی متغیرها در توزیع گونه مرغ‌میش

Figure 12: Jackknife test illustrating the relative importance of environmental variables in predicting the distribution of *O. tarda*

بحث

این پژوهش با هدف ارزیابی مطلوبیت زیستگاه میش‌مرغ در دشت سوتاو بوکان و شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش آن انجام شد. نتایج مدل‌سازی MaxEnt نشان داد که این گونه در زیستگاه‌هایی با تراکم جاده‌ای متوسط (حدود ۲ درصد)، فاصله نزدیک از مزارع (۰ تا ۵۰۰ متر)، فاصله حدود ۴۵۰ متری از رودخانه‌ها، و حدود ۲۵۰۰ متری از مناطق انسان‌ساخت بیش ترین مطلوبیت زیستگاهی را دارد. هم‌چنین، حضور این پرنده در شیب‌های کم‌تر از ۱۰ درصد و ارتفاعات حدود ۱۴۰۰ متر محتمل‌تر است. در مقابل، تراکم بالای جاده، فاصله زیاد از منابع آبی و شیب تند موجب کاهش مطلوبیت زیستگاه می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که عوامل کلیدی در پراکنش میش‌مرغ شامل ارتفاع، فاصله از پناهگاه حیات‌وحش، تراکم حمل‌ونقل و فاصله از منابع آبی هستند. مطالعات پیشین بر سایر پرندگان نیز نقش مشابهی برای متغیرهای توپوگرافیک و کاربری اراضی گزارش کرده‌اند. به‌عنوان نمونه، Arazi و Sarhangzadeh

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]
[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

برای دراج در سیستان مطلوبیت بالاتر در زیستگاه‌های کم‌شیب را نشان دادند (۱۲) که با نتایج ما درباره میش‌مرغ هم‌راستا است. هم‌چنین، Biglari Quchan Atiq و همکاران، در مدل‌سازی زیستگاه غاز خاکستری نقش مهم متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) را گزارش کردند (۲۵)، درحالی‌که در مطالعه حاضر متغیرهای انسانی و کاربری زمین سهم بیش‌تری داشتند. پژوهش Pooyani و همکاران، در مورد پلیکان پاخاکستری نیز اهمیت دما و تغییرات فصلی را تأیید کرد (۲۶)، اما برای میش‌مرغ وابستگی به مزارع کشاورزی و نزدیکی به منابع آبی برجسته‌تر بود. یافته‌های Sheykhi Ilanloo و همکاران، درباره کوکر شکم‌سیاه نیز نشان داد که فاصله از جاده و منابع آبی اثر تعیین‌کننده‌ای دارد (۲۷)؛ الگویی که با نتایج ما درباره میش‌مرغ هم‌خوانی دارد. در مورد کبک، شیب و ارتفاع را عوامل اصلی معرفی کردند (۲۸) که با نقش مشابه این متغیرها در مطالعه حاضر تطابق دارد. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش بیانگر آن است که میش‌مرغ در ایران ارتباط تنگاتنگی با زیستگاه‌های کشاورزی، منابع آبی نزدیک، و مناطق باز با شیب کم دارد که این موضوع توسط Naderi نیز اشاره شده بود (۲۹ و ۳۰). مطالعه حاضر تاکید دارد این وابستگی، از یک‌سو فرصت‌هایی برای استفاده از زمین‌های کشاورزی در مدیریت حفاظتی فراهم می‌کند، و از سوی دیگر نشان‌دهنده آسیب‌پذیری این گونه در برابر تغییرات کاربری اراضی و توسعه انسانی است. لذا خروجی مطالعاتی مانند Ahmadi Sani و Ahmadi که نقشه‌ای است که مناطق منطقه را براساس پتانسیل زیستگاهی برای میش‌مرغ (مناطق مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب) طبقه‌بندی کرده و درنهایت به ارائه راهکارهایی برای مدیریت و حفاظت از این مناطق حیاتی در برابر تهدیدات انسانی و تخریب زیستگاه پرداخته است(۳۱) مشابه با برخی مطالعات Asadi (۳۲) نیازمند بازنگری با شرایط جدید خواهد بود. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند مبنای شناسایی و حفاظت از زیستگاه‌های بحرانی باقی‌مانده میش‌مرغ در غرب ایران قرار گیرد. به‌ویژه در مورد زیستگاه‌های جوجه‌آوری گونه که اهمیت اکولوژیکی دشت سوتلو را به عنوان یکی از زیستگاه‌های اصلی و زادآوری میش‌مرغ در ایران یادآوری کرده و لزوم حفاظت ویژه از این منطقه را در برابر تهدیداتی مانند تخریب زیستگاه و حضور انسان را یادآور می‌شود(۳۳). هم‌چنین، این یافته‌ها برای مدیریت کاربری اراضی، برنامه‌ریزی کشاورزی پایدار، و توسعه مناطق حفاظت‌شده جدید در محدوده‌های دارای مطلوبیت بالا کاربردی خواهند بود. استمرار پایش جمعیت و ترکیب آن با مدل‌سازی زیستگاه در سال‌های آینده می‌تواند راهکارهای دقیق‌تری برای حفاظت این گونه در معرض انقراض ارائه دهد.

منابع

1. **Kessler, A.E., Santos, M.A., Flatz, R., Batbayar, N., Natsagdorj, T., Batsuuri, D. and Smith, C.I., 2018.** Mitochondrial divergence between western and eastern Great Bustards: implications for conservation and species status. *Journal of Heredity*. 109(6): 641-652. doi: 10.1093/jhered/esy025
2. **Liu, G., Hu, X., Shafer, A.B., Gong, M., Han, M., Yu, C. and Dang, D., 2017.** Genetic structure and population history of wintering Asian Great Bustard (*Otis tarda dybowskii*) in China: implications for conservation. *Journal of Ornithology*. 158: 761-772. doi: 10.1007/s10336-017-1448-5
3. **Wang, M., González, M.A., Yang, W., Neuhaus, P., Blanco-Fontao, B. and Ruckstuhl, K.E., 2018.** The probable strong decline of the Great Bustard (*Otis tarda tarda*) population in North-Western China. *Ardeola*. 65(2): 291-297. doi: 10.13157/arla.65.2.2018.sc2
4. **IUCN. 2011.** Red list of threatened species, Version 2011.2. Available at: http://www.iucnredlist.org (accessed 27 December 2010).
5. **IUCN. 2025.** Red list of threatened species, Version 2025.8. Available at: http://www.iucnredlist.org (accessed 27 September 2025).
6. **Alonso, J.C., Magaña, M., Martín, C.A., Palacín, C. and Alonso, J.A., 2006.** Field determination of age in male great bustards (*Otis tarda*) in spring. *European Journal of Wildlife Research*. 52: 43-47. https://doi.org/10.1007/S10344-005-0004-4
7. **Rabiee, K. and Moghaddas, D., 2008.** A report of great bustard *Otis tarda* from northern Iran. *Podoces.* 3: 112-113.
8. **Alonso, J.C., Palacín, C., Onrubia, A., Aboulouafae, R., Amezian, M., El Idrissi Essougrati, A. and Noaman, M., 2016.** Alarming decline and range reduction of the highly threatened Great Bustard *Otis tarda* in Morocco. *Ostrich*. 87(3): 277-280. https://doi.org/10.2989/00306525.2016.1209591
9. **Karakaş, R. and Akarsu, F., 2009.** Recent status and distribution of the Great Bustard, *Otis tarda*, in Turkey: (Aves: Otidae). *Zoology in the Middle East*. 48(1): 25-34.
10. **Barati, A. and Amerifar, A.A., 2008.** On the status of the great bustard, *Otis tarda* Linnaeus, 1758 (Aves: otididae) in Kurdistan Province, Iran. *Zoology in the Middle East*. 43(1): 41-48. ISSN: 0939-7140
11. **Barati, A., Abdulkarimi, R. and Alonso, J.C., 2015.** Recent status and population decline of the Great Bustard *Otis tarda* in Iran. *Bird Conservation International*. 25(3): 377-384. https://doi.org/10.1017/S0959270914000409
12. **Arazi, S. and Sarhangzadeh, J., 2020.** Habitat suitability of *Francolinus francolinus* in Sistan region. *Journal of Environmental Science Studies*. 5(4): 3115-3123. (In Persian)
13. **Kaboli, M., Aliabadian, M., Tohidifar, M., Hashemi, A., Musavi, S.B. and Roselaar Cees, C., 2018.** Iran Department of the Environment, Tehran. 617 p. (In Persian)
14. **Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000.** Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135(2-3): 147-186.
15. **Svenning, J.C., Fløjgaard, C., Marske, K.A., Nógues Bravo, D. and Normand, S., 2011.** Applications of species distribution modeling to paleobiology. *Science Reviews*. 30(21-22): 2930-2947.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]

16. **Ebrahimi, E., 2017.** Importance of species distribution modeling (SDM) in conservation of biodiversity. *Zist Sepehr Journal*. 12(1): 1-7. (In Persian)

17. **Mostafavi, H., Borgwardt, F., Coad, B., Salman Mahiny, A., Schinegger, R., Unfer, G., Trautwein, C. and Schmutz, S., 2013.** Predicting Presence and Absence of Trout (*Salmo trutta*) in Iran. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*. 46 p.

18. **Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. and Jarvis, A., 2005.** Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology: *A Journal of the Royal Meteorological Society*. 25(15): 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276

19. **Phillips, S.J., Anderson, R.P. and 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

20. **Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L. and Albert, D.L., 2006.** The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*. 29(5): 773-785. doi: 10.1111/j.0906-7590.2006.04700.x

21. **Wisz, M.S., Hijmans, R.J., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C.H., Guisan, A., 2008.** Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*. 14(5): 763-773. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00482.x

22. **Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. and Yates, C.J., 2011.** A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*. 17(1): 43-57. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x

23. **Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M. and Townsend Peterson, A., 2007.** Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*. 34(1): 102-117. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x

24. **Swets, J.A., 1988.** Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*. 240(4857): 1285-1293. doi: 10.1126/science.3287615

25. **Biglari Quchan Atiq, F., Farashi, A. and Shariati Najafabadi, M., 2021.** Modeling Habitat Suitability of *Anser anser* in Iran. *Geography and Environmental Sustainability*. 10(4): 109-123. doi: 10.22126/ges.2021.5918.2320 (In Persian)

26. **Pooyani, M.A., Shamsasfandabad, B., Ahmadi, A. and Tranjzar, H., 2020.** Modeling the suitability of the habitat of the great grey pelican (*Pelecanus crispus*) using the maximum entropy method (MAXENT) in Iran. *Journal of Animal Environment*. 12(2): 83-90. (In Persian)

27. **Sheykhi Ilanloo, S., Moeinaddini, M., Gholipour, M., Sheykhi, A. and Kerachi, H., 2016.** Habitat suitability assessment for black billed sandgrous (*Pterocles orientalis*) using maximum entropy in Shirahmad wildlife refuge. *Journal of Natural Environment*. 69(1): 231-245. doi: 10.22059/jne.2016.58639 (In Persian)

28. **Hoseinnejad, A., Kalhori, S.Y. and Yousefi, M., 2013.** Habitat suitability of the Chukar Partridge (*Alectoris chukar*) in the central Alborz Mountains of Iran. *Journal of Wildlife and Biodiversity*. 1(2): 111-118.

29. **Naderi, M., 2019.** Some biological and ecological characteristics of the Great Bustard in the country with an emphasis on the critically endangered status of the species. *Journal of Applied Biology*. 32(1): 159-173. https://doi.org/ 10.22051/JAB.2019.4310 (In Persian)

30. **Naderi, M., 2016.** National action plan for the protection of the Great Bustard [Research project]. Department of Environment, West Azerbaijan Province. (In Persian)

31. **Ahmadi Sani, N. and Ahmadi, M., 2013.** Habitat assessment of the rare Great Bustard bird in Boukan city using geographic information systems. The 3rd International Conference on Environmental Planning and Management, University of Tehran, Tehran, Iran (Paper Code 10082, 1-9). (In Persian)

32. **Asadi, M., 2021.** Determination of suitable habitats for the Great Bustard species (*Otis tarda*, Linnaeus, 1758) in the Sootav plain of Boukan using the maximum entropy model. Master's thesis, University of Kurdistan. (In Persian)

33. **Abdulkarimi, R., Abbasnejad, H., Ahmad, M. and Barati, A., 2011.** A Note on Breeding of the Great Bustard Otis tarda in Sootav Plain, Boukan, Northwest Iran. *Podoces*. 5(2): 104-106.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-16]

[DOI: 10.22034/aer.1.2.1]