13 (1) 139-146, Spring 2021

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

Original Research Paper

Modeling the habitat distribution of Black Francolin (*Francolinus francolinus*) using MaxEnt algorithm in Sistan region

Maliheh Erfani* [*1], Fatemeh Jahanishakib [2], Akram Enayat [1]

[1] *Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran*

[2] *Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Birjand, Birjand, Iran*

Key Words

Black francolin (*Francolinus francolinus*)
Distribution
Habitat preference
Gamebirds

Abstract

Introduction: There is not hidden from anyone, that the effects of climate change and droughts in the Sistan region on the degradation of wildlife habitat. Meanwhile, species that live close to residential areas are under increasing pressure due to human threats.
Materials & Methods: *Francolinus francolinus* is one of these types that in this research applied MaxEnt (Maximum Entropy) algorithm to model its possible habitat distribution. Modeling considered nine environmental variables. Before implementing the algorithm, it was ensured that there was no correlation between the variables.
Result: The results of the model evaluation based on the following level of the ROC curve showed that the model has an excellent prediction than the random state. Among the studied environmental variables, the highest percentage of share, distance from agricultural fields, and the most important is the grass cover type variable.
Conclusion: Eastern Sistan regions were the most preferred areas for this species, where most agricultural lands are located there. There are no protected areas in these areas, and due to the widespread distribution of urban and rural uses in these areas, it is not possible to allocate land for conservation use, so only with management measures and public participation is it possible to survive.

* Corresponding Author's email: maliheerfani@uoz.ac.ir
Received: 2 March 2020; Reviewed: 26 May 2020; Revised: 17 June 2020; Accepted: 28 June 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.133033

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی توزیع زیستگاه دراج (*Francolinus francolinus*) با الگوریتم بیشینه بی‌نظمی در منطقه سیستان

ملیحه عرفانی[1]، فاطمه جهانی شکیب[2]، اکرم عنایت[1]*

[1] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[2] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

کلمات کلیدی

دراج
توزیع
ارجحیت زیستگاه
پرندگان قابل شکار

چکیده

مقدمه: اثر تغییر اقلیم و خشک‌سالی‌های متوالی در منطقه سیستان بر تخریب زیستگاه گونه‌های وحشی بر کسی پوشیده نیست. در این بین گونه‌هایی که زیستگاه نزدیک به مناطق مسکونی دارند، در فشار مضاعفی به علت تهدیدات انسانی قرار دارند.

مواد و روش‌ها: دراج یکی از این گونه‌ها است که در این تحقیق به‌منظور مدل‌سازی توزیع زیستگاه احتمالی آن، روش بیشینه بی‌نظمی MaxEnt به‌کار گرفته شد. مدل‌سازی با توجه به ۹ متغیر محیط‌زیستی مورد توجه قرار گرفته است. قبل از اجرای الگوریتم مذکور از عدم وجود همبستگی بین متغیرها اطمینان حاصل شد.

نتایج: نتایج ارزیابی مدل براساس سطح زیر منحنی ROC نشان داد که مدل نسبت به حالت تصادفی پیش‌بینی عالی دارد. از بین متغیرهای محیطی بررسی شده بیش‌ترین درصد سهم را، فاصله از زمین‌های کشاورزی و بیش‌ترین اهمیت را، متغیر تیپ پوشش علفزار دارد. بر اساس آستانه‌های ETSS و MTSS، وسعت زیستگاه مطلوب دراج به‌ترتیب ۱۵۴۵/۲۵ و ۱۶۷۶ کیلومتر مربع برآورد شد.

نتیجه‌گیری و بحث: مطلوب‌ترین مناطق برای این گونه در شرق سیستان جایی‌که بیش‌ترین اراضی کشاورزی وجود دارد. در این محدوده‌ها هیچ منطقه حفاظت‌شده‌ای وجود ندارد و به‌دلیل توزیع گسترده کاربری‌های شهری و روستایی در این‌مناطق، امکان تخصیص اراضی به کاربری حفاظتی نیز وجود ندارد بنابراین تنها با تدابیر مدیریتی و مشارکت مردمی بقاء این گونه میسر است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: maliheerfani@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۲ اسفند ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۶ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۸ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۸ تیر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.133033

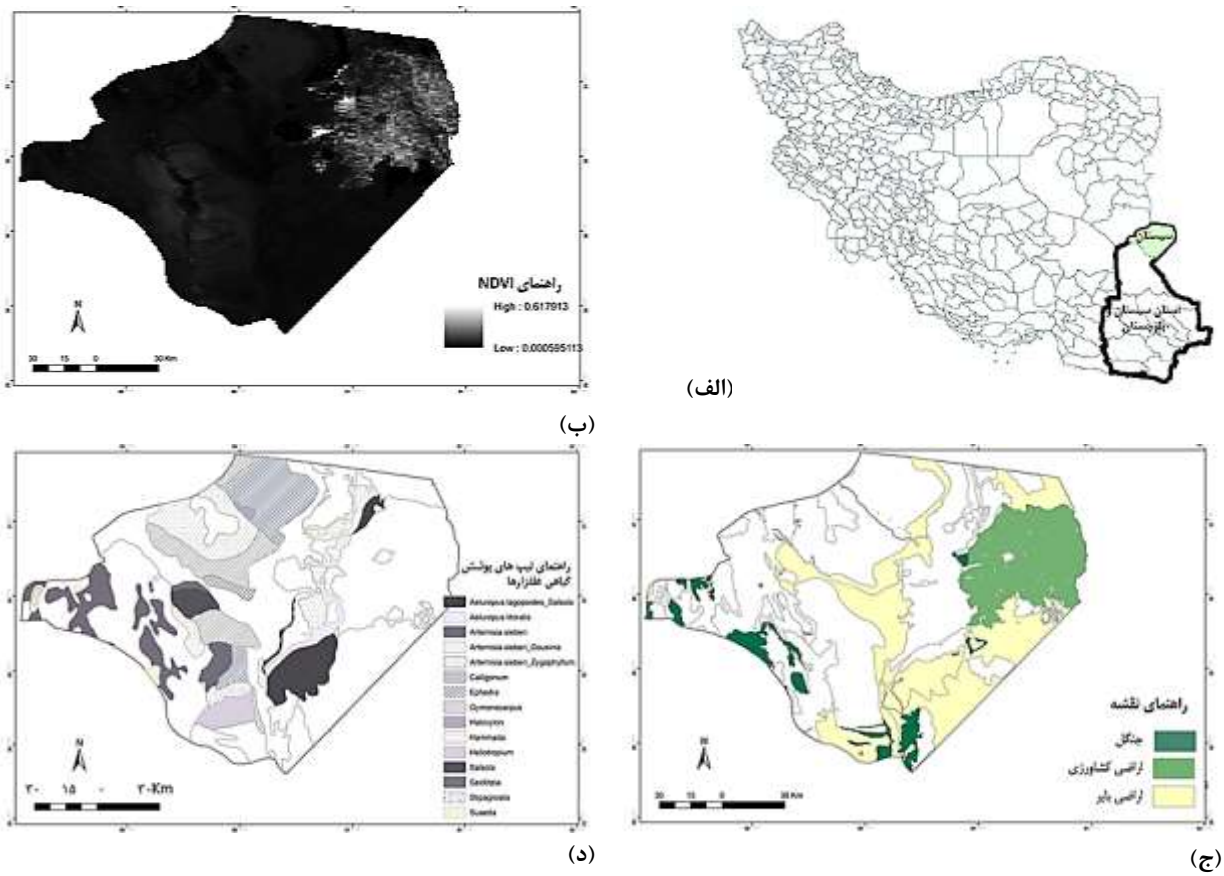
مقدمه

جهت به‌دست آوردن دید جامع نسبت به وضعیت یک گونه خاص نیاز به اطلاعاتی در مورد گستره توزیع، زیستگاه، برآورد جمعیت و شناسایی خطرات احتمالی که گونه را تهدید می‌کند، است(Kumar و همکاران، ۲۰۲۰). امروزه حفاظت از زیستگاه به‌عنوان مهم‌ترین عامل حفاظت از تنوع زیستی مطرح است. از بین رفتن زیستگاه و تکه‌تکه شدن آن منجر به کاهش جمعیت گونه‌ها شده و کاهش جمعیت موجب از بین رفتن تمایز زیست‌شناختی (Biological distinctiveness) در مناطق توزیع یک گونه منجر به کاهش تنوع ژنتیکی و در نتیجه پتانسیل تکاملی زیست توده‌های محلی برای مقابله با تغییرات جهانی امروزی و آشفتگی انسان می‌شود (Forcina و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال شرایط برای بسیاری از گونه‌ها که بیش‌تر مورد شکار توسط انسان قرار می‌گیرند، مانند پرندگان قابل شکار (Gamebirds) پیچیده‌تر است، خصوصاً گونه‌هایی که با نابودی زیستگاه‌های اصلی، امروزه بسیار وابسته به اکوسیستم‌های انسان‌ساخت مانند مناطق کشاورزی هستند (زمانی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Negi و Lakhera، ۲۰۱۵). به‌علت سهولت مطالعه پرندگان، آن‌ها نمایه‌های زیستی مناسبی جهت بررسی وضعیت تغییرات محیط‌زیست هستند (گلزار و همکاران، ۱۳۹۸). دراج با نام علمی *Francolinus francolinus*، یکی از این گونه‌ها است که نسبت به گذشته گستره انتشار کوچک‌تر و جمعیت کم‌تری دارد (Mahmood و همکاران، ۲۰۱۰). این گونه در ایران سه زیر گونه دارد (Behbash و همکاران، ۲۰۱۰) و در استپ‌های پست و خشک جنوب‌شرق دریای خزر، قصر شیرین کرمانشاه، استان ایلام و مناطق پست استان خوزستان تا استان سیستان و بلوچستان و همین‌طور امتداد رودخانه ارس در شمال آذربایجان‌شرقی دیده می‌شود. این گونه در ایران دارای ارزش حفاظتی است و در زمره پرندگان حمایت شده قرار دارد (کابلی و همکاران، ۱۳۹۵). *Francolinus francolinus bogdanovi* (Zarudny, 1906) زیر گونه‌ای است که در سیستان و بلوچستان زیست می‌کند. زیرگونه *Francolinus francolinus francolinus* (Linnaeus, 1766) در شمال غرب، شمال و شمال‌شرق ایران و زیرگونه *Francolinus francolinus arabistanicus* (Zarudny & Härms, 1913) در جنوب و جنوب‌غرب ایران زیست می‌کند (Khaleghizadeh و همکاران، ۲۰۱۷). تاکنون مطالعات فراوانی در مورد ارجحیت و مطلوبیت زیستگاهی این گونه در جهان انجام شده است که به برخی از آن‌ها در ادامه اشاره شده است. Mahmood و همکاران (۲۰۱۰) زیستگاه و جمعیت دو گونه از جنس *Francolinus* ازجمله دراج را در پارک ملی Lehri در پاکستان مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها زیستگاه بوته‌زار و علف‌زار را ارجح‌ترین زیستگاه دراج معرفی کردند. Negi و Lakhera(۲۰۱۵) ارجحیت زیستگاه زادآوری دراج را در منطقه chamoli غرب هیمالیا بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که جمعیت گونه در مناطق حاشیه‌ای زراعی و پس از آن در مناطق زراعی بیش‌تر است و در اراضی جنگلی به تعداد اندک زادآوری می‌کنند. Hanane و Magri(۲۰۱۶) بر پایش و انتخاب زیستگاه بعد از رهاسازی یک گونه درخطر انقراض از جنس *Francolinus* در مراکش مطالعه کردند. تعداد صدای نرهای این پرنده در مناطق با پوشش گیاهی بیش‌تر (wooden matorral) از مناطق بدون پوشش گیاهی بود. Khalil و Anwar(۲۰۱۶) در دو منطقه حفاظت‌شده مرتعی در پاکستان ارجحیت زیستگاهی یکی از گونه‌های جنس *Francolinus* را مطالعه کردند و تراکم جمعیت بالای این گونه را مرتبط با وجود علف‌زارها، مناطق وحشی مدیریت نشده و مزارع اطراف زیستگاه‌های طبیعی دانستند. Kukreti (۲۰۱۷) پویایی جمعیت دراج را در دشت‌های Shivalik هندوستان بررسی کردند و نشان دادند که این گونه جنگل‌های کوتاه قد مجاور اراضی زراعی در مناطق بسیار خشک را ترجیح می‌دهد. Kumar و همکاران (۲۰۲۰) در شمال‌غرب هیمالیا به مطالعه برخی از جنبه‌های بوم‌شناختی دراج پرداختند و دریافتند این گونه، زیستگاه زادآوری خود را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که به‌راحتی در دسترس برای شکار شدن قرار دارد. اگرچه وضعیت جهانی این گونه در لیست IUCN در حال حاضر در سطح کم‌ترین نگرانی (LC یا Least concern) و جمعیت آن پایدار است(BirdLife International، ۲۰۱۸)، اما در ایران و برخی دیگر از کشورهای دور از توسعه از دیر باز شرایط به گونه‌ای دیگر است، به‌طوری‌که Roberts (۱۹۹۱) نیز جمعیت گونه‌های *Francolin* را در آسیا رو به کاهش گزارش کرده بود. هم‌چنین مطالعه انجام شده در پاکستان نشان داد که به‌علت کاهش جمعیت، یک‌پارچگی ژنتیکی این گونه به‌طور جدی در معرض خطر باشد (Forcina و همکاران، ۲۰۱۸). در هندوستان نیز چنین شرایطی در برخی از مناطق غرب هیمالیا در اثر تخریب زیستگاه و شکار بی‌رویه در منطقه دیده شده است (Negi و Lakhera، ۲۰۱۵). در ایران نیز مطالعاتی در خوزستان در سال ۲۰۱۰ میلادی و سیستان در سال ۲۰۰۹ میلادی انجام شده است.Behbash و همکاران (۲۰۱۰) در خوزستان اثر فاکتورهای پوشش گیاهی را بر حضور گونه دراج بررسی کردند و نشان دادند که فراوانی برخی از گونه‌های گیاهی در نقاط حضور گونه بیش‌تر از مناطق شاهد است. مطالعه‌ای توسط Heidari و همکاران(۲۰۰۹) بر روی تاثیر خشک‌سالی‌های اخیر سیستان بر جمعیت دراج انجام شد. بررسی آن‌ها نشان داد که جمعیت گونه قبل از خشک‌سالی (۱۹۹۹ میلادی) و پس از آن (بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷) به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. آن‌ها خشک‌سالی و شکار غیرقانونی را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تهدید جمعیت این گونه معرفی کردند. Noori Jangi و همکاران (۲۰۱۹) نیز فاکتورهای تهدید کننده زیستگاه دراج را در منطقه جزینک سیستان بررسی کردند و

خشک‌سالی را عامل اصلی تهدید جمعیت این گونه معرفی کردند، چرا که باعث نابودی مزارع و بوته‌زارها می‌شود که به‌عنوان زیستگاه این گونه است. بنابراین، جمعیت باقی‌مانده این گونه به‌شدت نیاز به حفاظت دارد.یکی از زیستگاه‌های اصلی گونه دراج در ایران، سیستان است که با کاهش چشم‌گیر گستره پراکنش و تعداد جمعیت از دهه‌های گذشته تاکنون مواجه بوده است. بنابراین در این مطالعه ضمن ارزیابی زیستگاه این گونه و شناسایی مهم‌ترین متغیرهای زیستگاهی در پراکنش این گونه، پایش وضعیت پراکنش آن نیز با مقایسه با نتایج Heidari و همکاران (۲۰۰۹) نیز انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: سیستان با مساحت ۱۵،۱۹۷ کیلومتر مربع در ارتفاع ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا و در محدوده ۳۰ درجه و پنج دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و پنجاه دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱).



(الف) (ب) (ج) (د)

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه (الف)، شاخص NDVI (ب)، اراضی بایر، جنگل و کشاورزی (ج) نقشه تیپ پوشش گیاهی علفزارها (د)

آب و هوای منطقه ازنوع بیابانی‌و گرم‌و خشک با میانگین حداقل دمای ۷ درجه در دی ماه و حداکثر دمای ۴۵ درجه در تیر ماه است. میانگین دما و بارندگی سالانه در این منطقه به‌ترتیب ۲۲/۷ درجه سانتی‌گراد و ۵۹/۶ میلی‌متر بوده و بارندگی منطقه دارای توزیع غیریکنواخت در سال است به‌طوری‌که بیش‌ترین بارندگی از آذر ماه تا اوایل بهار رخ می‌دهد (Heidari و همکاران، ۲۰۰۹). رود هیرمند به‌عنوان تنها منبع تغذیه‌ای آبی دشت سیستان است که در ابتدای ورود به خاک ایران به دو شاخه مشترک سیستان و پریان تقسیم می‌شود. اگر چه این رودخانه دائمی است اما به‌دلیل خشک‌سالی و سدسازی‌های انجام‌شده‌در افغانستان،تنها درصورت‌عدم امکان کنترل آب در افغانستان به‌صورت سیلاب در این رودخانه جریان می‌یابد. با خشک شدن تالاب‌های بین‌المللی هامون، درحال حاضر تنها پهنه‌های آبی سیستان چاه نیمه‌ها هستند (نوری و همکاران، ۱۳۸۶). بخش زیادی از اراضی منطقه سیستان را کاربری کشاورزی به‌خود اختصاص داده است که به‌دلیل خشک‌سالی‌های چند دهه اخیر و عدم کارایی طرح‌های‌آبرسانی به مزارع، قسمت‌عمده این اراضی‌زیر کشت نمی‌رود.

گونه‌های درختی و درختچه‌ای تاغ و گز به‌صورت تیپ مشخص، پوشش گیاهی غالب منطقه هستند. بخش عمده گونه‌های گیاهی منطقه به خانواده اسفناجیان متعلق است و خانواده گندمیان پس از خانواده اسفناجیان از تعداد گونه زیادی برخوردار است. هوبره، جبیر، کل و بز و قوچ و میش از گونه‌های شاخص جانوری سیستان نیز به‌شمار می‌روند (نوری و همکاران، ۱۳۸۹). داده‌های مربوط به مختصات نقطه‌های حضور دراج به‌کمک GPS در دوره زمانی دو ساله بین سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ با مشاهده مستقیم گونه در منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. تعداد کل نقطه‌های حضور ۵۵ عدد بود. خودهمبستگی مکانی بین نقطه‌های حضور گونه با استفاده از شاخص Moran بررسی شد و با توجه به این‌که میزان Z کوچک‌تر از ۱/۳۵- به‌دست آمد، از نبود وجود همبستگی مکانی میان داده‌های حضور اطمینان به‌دست آمد.

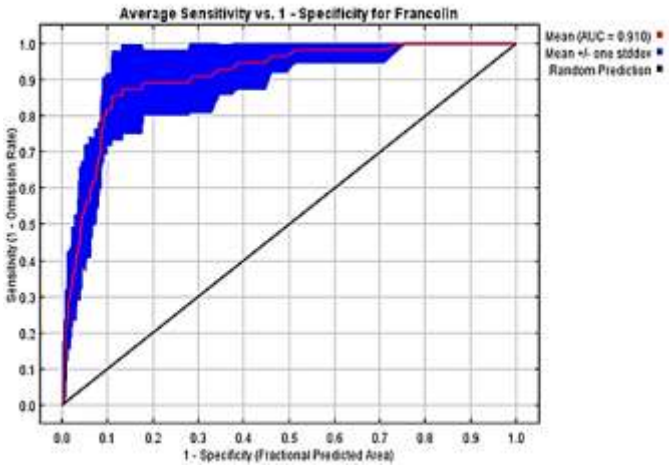
روش مدل‌سازی توزیع دراج: در این پژوهش از الگوریتم بیشینه بی‌نظمی با کمک نرم‌افزار Maxent version 3.3.3k (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶) جهت ارزیابی مطلوبیت زیستگاه دراج استفاده شد. مدل بیشینه بی‌نظمی، تکنیکی کاربردی و پیش‌بینی پایه برای مدل‌سازی‌های توزیع جغرافیایی گونه‌ها براساس مهم‌ترین و موثرترین متغیرهای محیط‌زیستی است. این مدل بر پایه پاسخ‌های ناشی از یادگیری ماشینی بنا شده است که پیش‌بینی‌ها را از طریق اطلاعات ناقصی که به مدل داده می‌شود انجام می‌دهد (Moreno و همکاران، ۲۰۱۱). این الگوریتم، ویژگی‌های بوم‌شناختی نقطه‌های حضور گونه را با کل منطقه مقایسه و دامنه مطلوبیت زیستگاه را بین صفر تا یک گزارش می‌دهد. به‌صورتی‌که که صفر بدترین و یک مطلوب‌ترین زیستگاه است (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶). متغیرهای محیط‌زیستی به‌شدت به حضور گونه وابسته است که می‌توان از برون‌یابی یا مقایسه با زیستگاه‌های مشابه تعیین کرد و توزیع جغرافیایی گونه را پیش‌بینی نمود (Moreno و همکاران، ۲۰۱۱). این متغیرها از طریق مطالعه کتابخانه‌ای و مرور مطالعات پیشین شناسایی شدند سپس درجه تفکیک مکانی تمامی لایه‌های متغیرهای محیطی به ۱۰۰ متر تبدیل شد. برای آزمون همبستگی بین متغیرها از همبستگی پیرسون استفاده شد تا در صورتی‌که بین دو متغیر همبستگی بالاتر از ۰/۷۰ وجود داشته باشد، یکی از آن‌ها حذف شود تا تاثیرهای نامطلوب ناشی از همبستگی متغیرها به کم‌ترین میزان برسد (Trisurat و همکاران، ۲۰۱۲). بررسی همبستگی بین متغیرها در نرم‌افزار IDRISI Selva انجام شد. مدل‌سازی با ۱۰۰۰ تکرار انجام شد. تعداد ۱۰،۰۰۰ نقطه تصادفی پس‌زمینه به‌عنوان نقاط عدم حضور جهت محاسبه خطای ارتکاب انتخاب شد و روش ارزیابی متقابل برای نمونه‌گیری مجدد با پنج تکرار به‌کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌های چندمتغیره بخش مهمی از روش کار است. مدل‌سازی زیستگاه هر گونه با یک توزیع یکنواخت شروع می‌گردد و با تعدادی تکرار براساس مهم‌ترین متغیرهای محیط‌زیستی بهترین پیش‌بینی را ارائه می‌دهد. اعتبارسنجی یا قابلیت پیش‌بینی مدل و یا به عبارتی ارزیابی عملکرد آن با بررسی شاخص AUC (Area under curve) که نشان‌دهنده سطح زیر منحنی ویژگی عامل دریافت‌کننده (ROC) است (Fielding و Bell، ۱۹۹۷)، بررسی شد. حساسیت‌سنجی و بررسی اهمیت نسبی هر یک از متغیرها با کمک درصد سهم مشارکت و اهمیت هر متغیر، منحنی‌های پاسخ متغیرها برای مدل‌های تک متغیره و روش جک نایف به‌منظور ارزیابی تغییرپذیری‌های AUC پس از حذف هر متغیر محاسبه شد. تعیین حد آستانه برای طبقه‌بندی منطقه‌های مطلوب براساس میزان آموزش برابر حساسیت (MTSS= Maximum Training Sensitivity plus Specificity) و ویژگی و آموزش حداکثر حساسیت به‌علاوه ویژگی (ETSS =Equal Test Sensitivity and Specificity) انجام شد.

نتایج

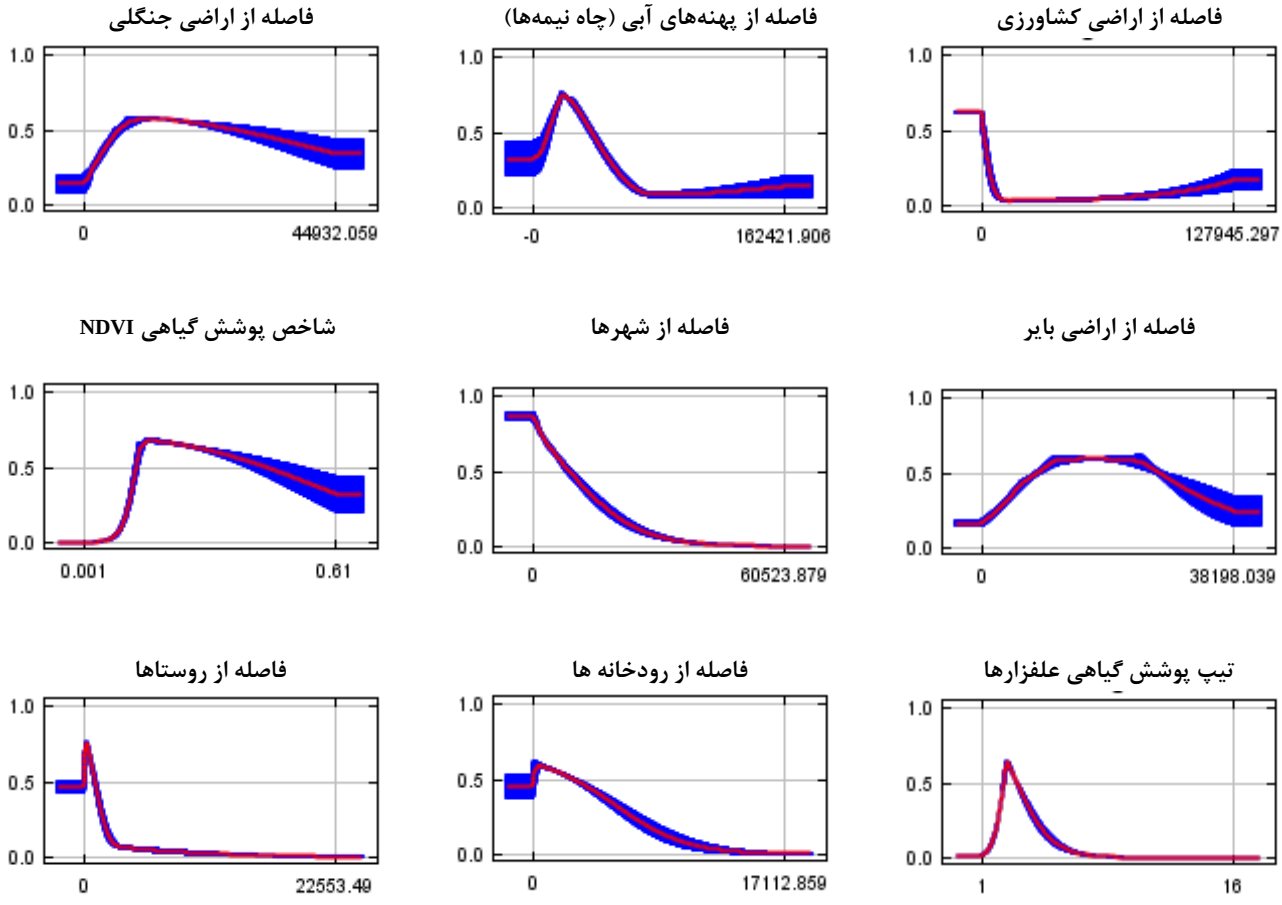
برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه دراج، مهم‌ترین و موثرترین متغیرهای محیط‌زیستی شناسایی گردید. این متغیرهای تاثیرگذار در ارجحیت زیستگاه دراج عبارتند از شاخص پوشش گیاهی NDVI، تیپ پوشش گیاهی علف‌زارها، فاصله از جنگل، اراضی بایر، اراضی کشاورزی، سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی، جاده، منابع آب پهنه‌ای و رودخانه‌ها است (شکل‌های ۱ و ۵). سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی، جاده و رودخانه‌ها از شیپ فایل توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استخراج شد و به‌منظور تهیه نقشه فاصله از آن‌ها از فاصله اقلیدسی استفاده شد. شکل ۲ بعد از اجرای الگوریتم بیشینه بی‌نظمی به‌دست آمد که بیانگر قابلیت پیش‌بینی مدل است. مدل به‌طور کاملاً تصادفی را با خط سیاه‌رنگ برای AUC به‌میزان ۰/۵ و قدرت پیش‌بینی مدل با داده‌های تعلیمی (Train) و آزمون (Test) را به‌ترتیب با خط‌های قرمز و آبی‌نشان داده شده است. همان‌طوری‌که در شکل دیده می‌شود منحنی‌های به‌دست آمده برای آزمون و تعلیم مدل از خط نشان‌دهنده مدل کاملاً تصادفی فاصله دارند و بالاتر از ۰/۹۱ هستند که نشان می‌دهد مدل از قابلیت پیش‌بینی عالی برخوردار است. شکل ۳ پاسخ مطلوبیت زیستگاه گونه را به متغیرها نشان می‌دهد. محور عمودی این منحنی‌ها به صورت لگاریتمی است و هر منحنی نشان‌دهنده اثر هر یک از متغیرها به تنهایی بر پیش‌بینی Maxent است. جدول ۱ نشان می‌دهد که بیش‌ترین درصد سهم را فاصله اراضی کشاورزی و بیش‌ترین اهمیت را متغیر تیپ پوشش علفزار در احتمال مطلوبیت زیستگاه دراج دارد. نتایج آزمون جک‌نایف به‌منظور حساسیت‌سنجی و مشخص‌کردن وزن نسبی متغیرهای موثر بر مطلوبیت زیستگاه دراج در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول۱: درصد سهم و اهمیت متغیرهای زیستگاهی در مطلوبیت زیستگاه دراج

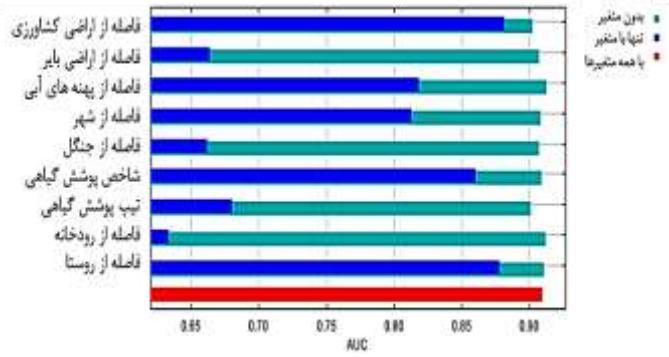
متغیر	سهم (٪)	اهمیت (٪)
فاصله از اراضی کشاورزی	۶۱/۲	۱۱/۷
فاصله از روستا	۱۸/۵	۱۵
فاصله از جنگل	۶/۸	۱۰/۹
شاخص پوشش گیاهی	۴/۷	۹/۷
فاصله از شهر	۳/۵	۵/۱
فاصله از اراضی بایر	۲/۳	۱/۸
تیپ پوشش گیاهی	۱/۴	۴۰/۳
فاصله از پهنه های آبی	۰/۹	۳/۱
فاصله از رودخانه	۰/۹	۲/۳



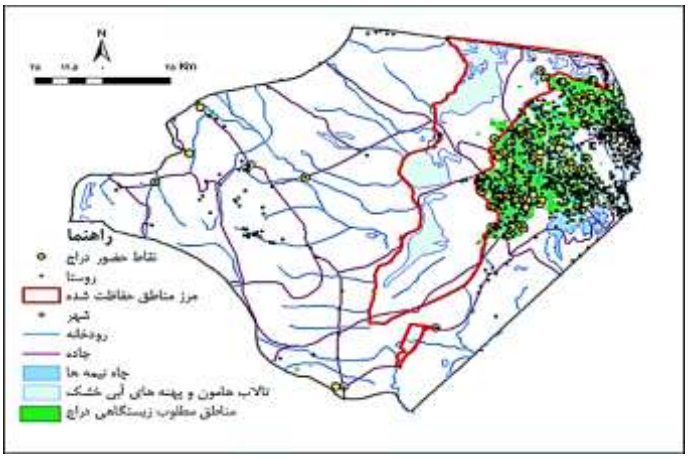
شکل ۲: نمودار ROC مدل مطلوبیت زیستگاه دراج



شکل ۳: منحنی پاسخ مطلوبیت زیستگاه گونه به متغیرهای زیستگاهی

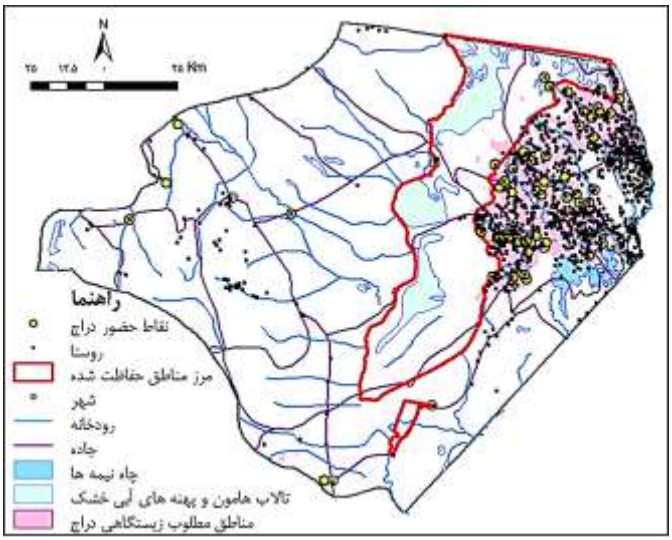


شکل ۴: نتایج آزمون جک نایف جهت تعیین اهمیت هر یک از متغیرها



شکل ۵: نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت زیستگاه براساس آستانه ETSS

میانگین میزان آستانه‌ای ETSS و MTSS به‌ترتیب ۰/۳۴۴ و ۰/۳۱۴ به‌دست‌آمد. براساس این آستانه‌ها نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه مطلوب و نامطلوب طبقه‌بندی شد (شکل ۵ و ۶) و به‌ترتیب مساحت منطقه مطلوب ۱۵۴۵/۲۵ و ۱۶۷۶ کیلومتر مربع برآورد شد.



شکل ۶: نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت زیستگاه بر اساس آستانه MTSS

بحث

ارزیابی مدل براساس سطح زیرمنحنی ROC نشان داد که مدل نسبت به حالت تصادفی پیش‌بینی عالی دارد و بنابراین می‌توان به نتایج آن اتکا کرد. از بین متغیرهای محیطی بررسی شده بیش‌ترین درصد سهم را فاصله از زمین‌های کشاورزی و بیش‌ترین اهمیت را متغیر تیپ پوشش علف‌زار دارد (جدول ۱). براساس آزمون جک نایف (شکل ۴) بالاترین میزان اثر را متغیر فاصله از زمین‌های کشاورزی و فاصله از روستا دارد و متغیر محیطی که هنگام حذف میزان اثر آموزش بیش‌ترین کاهش را در مطلوبیت زیستگاه ایجاد می‌کند، متغیر تیپ پوشش علف‌زار است. این نتایج با مطالعه Behbash و همکاران (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد. Negi و Lakhera (۲۰۱۵) نیز متغیرهای حاشیه اراضی زراعی و اراضی زراعی را به‌عنوان معیارهای ارجح انتخاب زیستگاه زادآوری یکی از زیرگونه‌های دراج در غرب هیمالیا گزارش کردند که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد. Kukreti (۲۰۱۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده است.

مناطق مطلوب زیستگاهی مدل‌سازی شده (شکل‌های ۵ و ۶) هم‌پوشانی مناطق مطلوب زیستگاه دراج را با سکونت‌گاه‌های انسانی و اراضی کشاورزی به‌خوبی نشان می‌دهد. مقایسه نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر با مطالعه انجام شده توسط Heidari و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که روند محدود شدن گستره پراکنش گونه از سال ۱۹۹۹ میلادی به مناطق شرقی‌تر و اراضی کشاورزی تاکنون ادامه داشته، به‌طوری‌که بیش‌ترین احتمال حضور گونه مربوط به اراضی کشاورزی اطراف رودخانه شیردل، کانال بنجار و ژاله‌ای، محمد شاهکرم و همین‌طور جنگل نیاتک و جنگل جزینک است.

بر اساس مطالعه Heidari و همکاران (۲۰۰۹) خشک‌سالی و شکار غیرقانونی مهم‌ترین عوامل تهدید جمعیت این گونه در سیستان بوده است که با توجه به هم‌خوانی گستره مطلوب احتمالی این گونه با اراضی مسکونی و کشاورزی احتمال شکار غیرقانونی نیز هم‌چنان ادامه خواهد داشت. تخریب زیستگاه و شکار غیرقانونی از گذشته در مطالعه Robert (۱۹۹۱) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل محدودکننده این گونه بوده و تا به‌حال در مطالعه Behbash و همکاران (۲۰۱۰) و Forcina و همکاران (۲۰۱۸) نیز مهم‌ترین عامل محدودکننده این گونه گزارش شده است که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد چرا که نزدیکی به سکونت‌گاه‌های انسانی و اراضی زراعی احتمال شکار پرنده را افزایش داده است. همین‌طور خشک شدن تقریباً کامل مجموعه تالاب‌های هامون و درنتیجه کاهش و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های طبیعی و مصنوعی (اراضی زراعی) پرنده در اثر کمبود آب فشار مضاعفی را بر این پرنده وارد کرده است که نمود آن را می‌توان در گستره پراکنش احتمالی مدل‌سازی شده آن در این مطالعه دید.

امروزه حفاظت از زیستگاه به‌عنوان مهم‌ترین عامل حفاظت از تنوع‌زیستی مطرح است، اما مطلوب‌ترین مناطق برای این گونه در شرق سیستان جایی که بیش‌ترین اراضی کشاورزی وجوددارد (شکل‌های ۵ و ۶) است. در این محدوده‌ها هیچ منطقه حفاظت شده‌ای وجود ندارد و به‌دلیل توزیع گسترده کاربری‌های شهری و روستایی در این مناطق، تخصیص اراضی به کاربری حفاظتی نیز با مشکل روبه‌رو است. البته لازم به ذکر است که وسعت مناطق زیر کشت نیز به‌دلیل کمبود آب و عدم کارایی تمام پروژه‌های آبرسانی از گذشته تاکنون رو به کاهش بوده است و این موضوع تهدیدی برای گونه‌ی مذکور است، بنابراین تنها با تدابیر مدیریتی و مشارکت مردمی بقاء این گونه میسر است. جلوگیری از شکار این پرنده، پرورش در اسارت و رهاسازی در منطقه، آموزش و آگاه کردن مردم نسبت به اهمیت بوم‌شناختی گونه مانند نقش آن در تعادل جمعیت حشرات و کنترل آفات، ایجاد منطقه شکار ممنوع جدید در ناحیه شرق سیستان که پراکنش پرنده بیش‌تر است، پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه زابل و کد پژوهانه *IR-UOZ-GR-4956* به انجام رسیده است که به این وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

۱. **زمانی، ن.؛ حاتمی، ج.؛ شبیری، س.م. و کبودوندپور، ش.، ۱۳۹۹.** بررسی نقش آموزش محیط زیست در جوامع محلی بر کاهش تعارض انسان و حیات وحش. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۲، شماره ۱، صفحات ۳۱ تا ۱۴۱.

۲. **کابلی، م.؛ علی‌آبادیان، م.؛ توحیدی‌فر، م.؛ هاشمی، ع.؛ موسوی، ب. و روزلار، ک.، ۱۳۹۵.** اطلس پرندگان ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی. ۶۲۸ صفحه.

۳. **گلزار، ا.؛ شمس‌اسفندآباد، ب.؛ مرشدی، ج.؛ نادری، م. و جوزی، س.ع.، ۱۳۹۸.** بررسی تنوع گونه‌ای پرندگان آبزی و کنار آبزی زمستان‌گذران در دریاچه چغاخور در استان چهارمحال و بختیاری. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۹۳ تا ۱۰۰.

۴. **نوری، غ.ر.؛ اربابی، ط. و نوری، س.، ۱۳۸۶.** تالاب هامون حیات سیستان. انتشارات سپهر. ۱۳۱صفحه.

۵. **نوری، غ.؛ شهریاری، ع.؛ عرفانی، م. و کریمی، ص.، ۱۳۸۹.** اطلس گونه‌های شاخص گیاهی و جانوری استان سیستان و بلوچستان. انتشارات سپهر. ۲۴۴ صفحه.

6. **Heidari, N.; Arbabi, T.; Noori, G. and Shahriari, A., 2009.** Distribution, Population, and Ecology of Black Francolin Francolinus francolinus bogdanovi on the Sistan Plain, in Relation to Plant Coverage and Drought. Podoces. Vol. 4, No. 1, pp: 28-36.

7. **BirdLife International. 2018.** Francolinus francolinus. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e. T22678719A131903818. https://dx.doi.org/10.2305/ IUCN. UK.2018-2. RLTS.T22678719A131903818.en.

8. **Behbash, R.; Karami, M.; SalmanMahiny, A.R.; Nabavi, M. and Khorasani, N., 2010.** Effect of plant cover on presence of Black Francolin (*Francolinus francolinus*) in Khouzestan Province, Southwestern Iran. African Journal of Biotechnology. Vol. 9, No. 25, pp: 3847-3851.

9. **Forcina, G.; Guerrini, M.; Khaliq, I.; Ahmed Khan, A. and Barbanera, F., 2018.** Human-modified biogeographic patterns and conservation in game birds: The dilemma of the black francolin (*Francolinus francolinus*, Phasianidae) in Pakistan, PLoS ONE. Vol. 13, No. 10, e0205059.

10. **Hanane, S. and Magri, N., 2016.** Post-release habitat utilisation by Francolinus bicalcaratus ayesha, a critically endangered subspecies endemic to Morocco: Implications for optimising future release programmes. Bird Conservation International. Vol. 26, No. 3, pp: 323-336.

11. **Khaleghizadeh A.; Roselaar K.; Scott D.A.; Tohidifar M.; Mlíkovský J.; Blair M. and Kvartalnov P., 2017.** Birds of Iran: Annotated Checklist of the Species and Subspecies. Iranian Research Institute of Plant Protection. 350 p.

12. **Negi, P. and Lakhera, P.C., 2015.** Breeding habitat preference of black francolin *Francolinus francolinus asiae* in chamoli district of Uttarakhand, Western Himalaya. International Journal of Advanced Research. Vol. 3, No. 4, pp: 540-544.

13. **Roberts T.J., 1991.** The Birds of Pakistan. Vol. I, Oxford University Press Oxford. U.K, pp. 230–233.

14. **Khalil, S. and Anwar, M., 2016.** Habitat preference of grey francolin (*Francolinus pondicerianus*) in salt range, Punjab. The Journal of Animal & Plant Sciences. Vol. 26, No. 3, pp: 842-849.

15. **Kukreti, M., 2017.** Population dynamics of black francolin (Francolinus francolinus) from Nijmula valley, Garhwal Himalaya, India. Journal of Global Biosciences. Vol. 6, No. 8, pp: 5189-5192.

16. **Noori Jangi, M.; Noori, G. and Karami, M., 2019.** Threatening and destructing factors associated with the habitat of francolin in Sistan region (Case study: Jazinak corridor). Int. J. Environ. Sci. Technol. Vol. 16, pp: 1967-1972.

17. **Moreno, R.; Zamora, R.; Molina Martínez, J.R.; Vasquez, A. and Herrera Machuca, M.A., 2011.** Predictive modeling of microhabitats for endemic birds in south Chilean temperate forests using maximum entropy (MaxEnt), Ecol. Inform. Vol. 6, pp: 364-370.

18. **Kumar, A.; Sharma, D.K.; Lochan, R.; Dewan, S. and Negi, S., 2020.** Relative abundance, habitat preference, and breeding ecology of Asian Black francolin, *Francolinus francolinus asiae* (Bonaparte, 1856) from North-Western Himalaya. Journal of Asia-Pacific Biodiversity. In press. https://doi.org/10.1016/j.japb.2020.02.001.