Geography and Sustainability of Environment
journal homepage: http://ges.razi.ac.ir/

Print ISSN: 2322-3197
Online ISSN: 2676-5683

Modeling Habitat Suitability of *Anser Anser* in Iran

Fatemeh Biglari Quchan Atiq[1], Azita Farashi[1*], Mitra Shariati Najafabadi[2]

[1] *Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*
[2] *Faculty of Geo- information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, Netherlands*

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:
Received 24 November 2020
Accepted 21 April 2021
Available online 21 April 2021

Keywords:
Biodiversity, Protection, Protected Areas, BIOMOD, R software.

Citation: Biglari Quchan Atiq, F., Farashi, A., Shariati Najafabadi, M. (2021). Modeling Habitat Suitability of *Anser Anser* in Iran. *Geography and Sustainability of Environment, 10* (4), 109-123.
doi: 10.22126/GES.2021.5918.2320

ABSTRACT

Biodiversity is one of the most important indicators of ecosystem diversity and dynamism. Birds, as a clinker indicator of ecosystem biodiversity, are considered as the habitat suitability and other necessary living conditions for any species. Therefore, the study of birds, especially migratory birds, is of particular importance as a clinker indicator. Due to the need for studies in this field, the present study was conducted to investigate the desirability of the habitat and identify the most important environmental variables affecting the distribution of the *Anser anser* species as a migratory and index species in Iran. Using 23 environmental variables and the nine models in the BIOMOD software package under R software, the *Anser anser* species is distributed in three types of habitats including winter-passing, summer-passing and breeding and stopeover modeling. The findings from species modeling showed that the models, used in species distribution modeling, have high accuracy in studying species distribution. In general, temperature and precipitation variables are the most important, while the variables such as vegetation and distance to roads are less important in the distribution of *Anser anser* species in Iran. According to the results, 15.91% of the surface of Iran was identified as a desirable habitat for *Anser anser* species, which overlaps with 15.95% of the protected areas. Therefore, the used method in this study identifies the desired habitats of the species correctly. Besides, it can be applied as a suitable method to model the habitat suitability of similar species, which is essential from the perspective of conservation providing comprehensive and practical wildlife management programs.

*. Corresponding author E-mail address: farashi@um.ac.ir

جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

مدل‌سازی مطلوبیت زیست‌گاه غاز خاکستری در ایران

فاطمه بیگلری قوچان عتیق[۱]، آزیتا فراشی[۱*]، میترا شریعتی نجف‌آبادی[۲]

[۱] گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۲] گروه سامانه‌های جغرافیایی، دانشکدهٔ علوم زمین‌شناسی، دانشگاه تنت، هلند

مشخّصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت ۴ آذر ۱۳۹۹
پذیرش ۱ اردیبهشت ۱۴۰۰
دسترسی آنلاین ۱ اردیبهشت ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:
تنوّع زیستی، حفاظت، شبکهٔ حفاظتی، بایومد، نرم‌افزار R.

استناد: بیگلری قوچان عتیق، فاطمه؛ فراشی، آزیتا؛ شریعتی نجف‌آبادی، میترا (۱۳۹۹). مدل‌سازی مطلوبیت زیست‌گاه غاز خاکستری در ایران. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۰ (۴)، ۱۰۹-۱۲۳.
doi: 10.22126/GES.2021.5918.2320

چکیده

تنوّع زیستی درزمرهٔ مهم‌ترین شاخص‌های تنوّع و پویایی اکوسیستم است. پرندگان به‌عنوان شاخصی کل‌نگر نشان‌دهندهٔ تنوّع زیستی اکوسیستم، مطلوبیت زیست‌گاه و سایر شرایط زیستی لازم برای هر گونه هستند؛ از این رو مطالعه روی پرندگان به‌ویژه پرندگان مهاجر، به‌مثابهٔ یک شاخص کل‌نگر اهمّیت خاصّی دارد. با توجّه به لزوم انجام مطالعات در این زمینه، نوشتار پیش رو با هدف بررسی مطلوبیت زیست‌گاه و شناسایی مهم‌ترین متغیّرهای محیطی مؤثّر بر پراکنش گونهٔ غاز خاکستری به‌عنوان یک گونهٔ مهاجر و شاخص در ایران صورت گرفت. با بهره‌گیری از ۲۳ متغیّر محیطی و با استفاده از ۹ مدل موجود در بستهٔ نرم‌افزاری بایومد تحت نرم‌افزار R پراکنش گونه در سه تیپ زیست‌گاهی زمستان‌گذران، تابستان‌گذران و جوجه‌آور و همچنین مکان‌های توقّف شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که مدل‌های مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش گونه از صحّت بالایی در بررسی پراکنش گونه برخوردار هستند. به‌طور کلّی، متغیّرهای دما و بارش بیشترین اهمّیت و متغیّرهایی همچون پوشش گیاهی و فاصله تا جاده‌ها کمترین اهمّیت را در پراکنش گونهٔ غاز خاکستری در سطح ایران دارند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، ۱۵/۹۱٪ از سطح ایران به‌عنوان زیست‌گاه‌های مطلوب گونه شناسایی شد که به میزان ۱۵/۹۵٪ با مناطق حفاظت‌شده هم‌پوشی دارد؛ بنابراین، روش استفاده‌شده در پژوهش حاضر به‌درستی زیست‌گاه‌های مطلوب گونه را شناسایی کرده و می‌تواند به‌عنوان روش مناسبی برای مدل‌سازی مطلوبیت زیست‌گاه گونه‌های مشابه استفاده شود که این امر از دیدگاه حفاظت و ارائهٔ برنامه‌های جامع و کاربردی مدیریت حیات‌وحش امری بسیار ضروری است.

*. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: farashi@um.ac.ir

مقدّمه

مدّت‌زمان طولانی مهاجرت پرندگان انسان را مجذوب خود کرده است و از جنبه‌های متنوّع و دیدگاه‌های مختلف مطالعه شده است (برتولد[1]، ۲۰۰۰). شکل‌های متفاوت مهاجرت در میان پرندگان وجود دارد. برخی از گونه‌ها هزاران کیلومتر را بین مناطق زمستان‌گذران و جوجه‌آور خود طی می‌کنند، درحالی که برخی دیگر فقط چندصد کیلومتر از محلّ زاد و ولد خود به مناطقی با شرایط تغذیهٔ مطلوب در زمستان می‌روند. هر گونه پرنده مهاجر ویژگی‌های فیزیولوژیکی مختلفی دارد که تعیین‌کنندهٔ رفتار حرکت و مسیرهای مهاجرت گونه است. در سال‌های اخیر تنوّع پرندگان به‌دلیل تخریب زیست‌گاه به‌وسیلهٔ انسان و تغییرات آب‌وهوایی دست خوش تغییرات تدریجی شده است، به همین سبب مسیرهای مهاجرت پرندگان و زمان‌بندی مهاجرت آن‌ها نیز به‌طور متوالی در طی سالیان دست‌خوش تغییرات زیادی شده است (والتر[2] و همکاران، ۲۰۰۲؛ جنی و کری[3]، ۲۰۰۳). انتخاب زیست‌گاه تا حدّ زیادی تحت تأثیر انواع پارامترهای زیست‌محیطی شامل دسترسی گونه به موادّ غذایی، امنیّت زیست‌گاه‌ها و رقابت درون و بین گونه‌ای هستند (چودزیسکاو[4] همکاران، ۲۰۱۵)؛ از این رو حفاظت و مدیریت مؤثّر زیست‌گاه و مسیرهای پروازی پرندگان مهاجر به اطّلاعاتی از چگونگی توزیع گونه‌ها و مسیرهای مورد استفاده برای مهاجرت نیاز دارد (فابورگ[5] و همکاران، ۲۰۱۰).

کشور ایران به‌سبب قرارگیری در محلّ تلاقی سه منطقهٔ جغرافیای زیستی پالئارکتیک[6]، آفروتروپیکال[7] و اورینتال[8]، تالاب‌های باارزشی برای جذب پرندگان آبزی مهاجر و زمستان‌گذران دارد. ازجملهٔ این پرندگان غازها هستند که به‌عنوان گونه‌های شاخص و پرچم مسیرهای مهاجرتی آفریقا - اوراسیای غربی شناخته می‌شوند و به‌طور مرتّب از زیست‌گاه‌های مطلوب و تالاب‌های ایران در مسیر مهاجرت خود استفاده می‌کنند و جمعیّتی مهم ازلحاظ اقتصادی و زیبایی‌شناختی به‌شمار می‌روند. از اعضای خانوادهٔ غازسانان که در ایران به صورت زمستان‌گذران، تابستان‌گذارن و جوجه‌آور و عبوری حضور دارد، غاز خاکستری است (کابلی[9] و همکاران، ۲۰۱۶).

غاز خاکستری[10] گونه‌ای نیمه‌اهلی از بزرگ‌ترین غازهای وحشی بومی انگلیس و اروپا است و ازنظر بوم‌شناسی گونه‌ای مهاجر است (تالاب‌های بین‌المللی[11]، ۲۰۰۱) مطالعات ردیابی در حوضهٔ بایبرزا ۱۲ بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که این گونه، نسبت به دیگر اعضای خانوادهٔ غازسانان در مسیرهای کوتاه‌تری مهاجرت می‌کنند. این گونه در سطح جهان در اروپای غربی، به‌طور عمده در هلند، آلمان و بلژیک، شمال شرقی لهستان، استونی و بخش‌هایی از اروپای مرکزی و همچنین در روسیه به‌صورت زمستان‌گذران حضور دارند. در سطح ایران این گونه در تالاب‌های اطراف دریاچهٔ ارومیه و دریاچهٔ زریوار در استان کردستان جوجه‌آوری می‌کند؛ همچنین گزارش‌هایی قدیمی از جوجه‌آوری این پرنده در استان‌های فارس و سیستان و بلوچستان در دست است. این گونه به تعداد فراوان در تالاب‌های سواحل خلیج فارس، نواحی جنوبی دریای خزر، برخی تالاب‌های آذربایجان و استان

1- Berthold
2- Walther
3- Jenni & Kery
4- Chudzińska
5- Faaborg
6- Palaearctic
7- Afrotropical
8- Oriental
9 - Kaboli
10- *Anser anser*, Linnaeus 1758
11- IPCC
12- Biebrza

فارس زمستان‌گذرانی می‌کند.

در سال‌های اخیر جمعیّت این گونه، تحت تأثیر شکار بیش از حد و مسمومیت ناشی از بلع گلوله، تخریب زیست‌گاه‌های تالابی به‌دلیل زه‌کشی، تبدیل تالاب به زمین‌های کشاورزی، آلودگی نفتی دریاها، استخراج زغال سنگ نارس، تغییر شیوه‌های مدیریت تالاب‌ها و سوزاندن و چرای دام در نیزارها و همچنین آنفولانزای مرغی قرار دارد (پولاکوفسکی و کاسپرسیکوفسکی[1]، ۲۰۱۶؛ اسکات[2] و همکاران، ۱۹۹۶). غاز خاکستری به‌واسطهٔ پراکنش بسیار وسیع در سطح ایران و جهان در فهرست پرندگان حمایت‌شدهٔ جهانی و ملّی قرار ندارد (کابلی و همکاران، ۲۰۱۶).

در طی سالیان گذشته پژوهش‌های بسیاری در مقیاس منطقه‌ای و ملّی به‌منظور بررسی زیست‌گاه‌های مطلوب پرندگان به‌عنوان گونه‌های شاخص و نشان‌دهندهٔ سلامت اکوسیستم و همچنین شناسایی متغیّرهای مؤثّر بر پراکنش آن‌ها صورت گرفته است. در مقیاس منطقه‌ای می‌توان به پژوهش‌های بی‌شماری ازجمله مطالعه‌ای که برای بررسی زیست‌گاه‌های مطلوب سیاه‌خروس قفقازی در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ ارسباران انجام شد، اشاره کرد که نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد دو پارامتر شیب و ارتفاع تأثیر بسیاری در پراکنش این گونه در سطح زیست گاه‌های مطلوب داشتند (حبیب‌زاده و حسنعلی‌زاده، ۱۳۹۶). در مقیاس ملّی نیز از پرندگان آبزی مهاجر به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی راندمان حفاظت و سلامت اکوسیستم‌ها در ایران استفاده شده است (فراشی و هلاکوهی[3]، ۲۰۱۸)؛ همچنین به‌منظور ارائهٔ برنامه‌های کاربردی مدیریتی مناطق جنگلی شیلی و ارزیابی وضعیّت تنوّع زیستی و زیست‌گاه‌های بالقوّه نیز از پرندگان استفاده شده است (مورنو[4] و همکاران، ۲۰۱۱).

پژوهشگران برای رویارویی با تهدیدهای امروزی تنوّع زیستی و آگاهی از محدودیت‌های حفاظت به مدل‌های توزیع گونه متّکی هستند. مدل‌های توزیع گونه در زمینه‌هایی مانند مدل‌سازی توزیع غنای گونه‌ها (جتز[5] و رهبک، ۱۹۹۸) پیش‌بینی مسیرهای پروازی گونه‌های مهاجر (آزبورن[6] و همکاران، ۲۰۰۱)، پیش‌بینی مراکز جوجه‌آور گونه‌ها (پارادیس[7] و همکاران، ۲۰۰۰)، فراوانی (جارویس و رابرتسون[8]، ۱۹۹۹) و تنوّع ژنتیکی گونه‌ها (اسکریبنر[9] و همکاران، ۲۰۰۱) استفاده می‌شوند. از کاربرد دیگر مدل‌های توزیع می‌توان به نظارت بر گونه‌های درحال کاهش (آزبورن و همکاران، ۲۰۰۱) و پیش‌بینی وسعت دامنهٔ پراکنش گونه‌های احیاءشده (کورسی[10] و همکاران، ۱۹۹۹) اشاره کرد. ازجملهٔ این مدل‌ها، مدل‌های توزیع گونه[11] هستند. براساس مطالعات انجام‌شده، مدل های توزیع گونه برای درک روابط بین متغیّرهای محیطی و نقاط حضور و عدم حضور گونه از برترین مدل‌ها به‌شمار می‌رود (گویسان و زمیرمن[12]، ۲۰۰۰). این خصوصیت به‌دلیل امکان نمایش اثرات تغییرات آب‌وهوایی در زمان حال و آینده روی گونه‌ها است. چارچوب محاسبات جدید به‌صورت بستهٔ نرم‌افزاری بایومد ارائه شده است که هدف آن به حداکثر رساندن دقّت پیش‌بینی توزیع گونه‌های فعلی و قابلیت اطمینان از توزیع بالقوّهٔ آینده با استفاده از انواع

1- Polakowski & Kasprzykowski
2- Scot
3 - Farashi & Halakouhi
4- Moreno
5- Jetz & Rahbeck
6- Osborne
7- Paradis
8- Jarvis & Robertson
9- Scribner
10- Corsi
11 Species distribution model
12- Guisan & Zimmermann

مختلفی از روش‌های مدل‌سازی آماری است. از این رو مطالعهٔ حاضر با هدف مدل‌سازی زیست‌گاه‌های مطلوب زمستان‌گذران، تابستان‌گذران و جوجه‌آور و همچنین مکان‌های توقّف غاز خاکستری و همین‌طور شناسایی مهم‌ترین متغیّرهای محیطی مؤثّر بر انتخاب این زیست‌گاه‌ها به‌وسیلهٔ غاز خاکستری، به‌عنوان گونهٔ مهاجر آبزی در ایران با استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری بایومد تحت نرم‌افزار R صورت پذیرفت.

مواد و روش

منطقهٔ مورد مطالعه

کشور ایران به‌دلیل شرایط خاصّ اقلیمی و قرارگیری در بین سه قلمرو زیست جغرافیایی جهان، از حدود ۵۳۴ گونه پرنده (کابلی و همکاران، ۲۰۱۶)؛ ۲۱۵ گونه خزنده (کرمی[1] و همکاران، ۲۰۰۸)؛ ۱۹۱ گونه پستاندار (اسکات و ادهمی[2]، ۲۰۰۶) و ۲۱ گونه دوزیست (رستگار پویانی[3] و همکاران، ۲۰۰۸) پشتیبانی می‌کند. قلمروهای زیست جغرافیایی عرصه‌ای بالغ بر ۸/۱۶۴ میلیون هکتار از کلّ مساحت ایران را دربر می‌گیرند (نوری جنگی و نوری جنگی، ۱۳۹۳).

جمع‌آوری نقاط حضور گونه

درمجموع تعداد ۱۰ نقطهٔ حضور برای جمعیّت تابستان‌گذران و جوجه‌آور، تعداد ۱۱۶ نقطهٔ حضور برای جمعیّت زمستان‌گذران و تعداد ۲۵ نقطهٔ حضور برای جمعیّت عبوری گونهٔ غاز خاکستری استفاده شد. این نقاط از گزارش های سرشماری پرندگان سازمان حفاظت محیط‌زیست به‌دست آمد. مناطق مورد نظر با استفاده از گوگل‌ارث[4]، مکان‌یابی و طول و عرض جغرافیایی آن‌ها مشخّص شد.

آماده‌سازی متغیّرهای محیطی

در نوشتار پیش رو سه گروه متغیّر محیطی شامل توپوگرافی، اقلیمی و کاربری/ پوشش زمین استفاده شد. نقشه‌های توپوگرافی و پوشش زمین/ کاربری زمین که از داده‌های سازمان نقشه‌برداری ایران که در سال ۱۳۹۰ تهیه شدند و در سال ۱۳۹۵ به‌روزرسانی شدند، استفاده شد. نقشهٔ شیب از نقشهٔ ارتفاع در نرم‌افزار آرک مپ[5] به دست آمد. نقشهٔ شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۱۴ می ۲۰۱۸ از شاخص‌های شانزده‌روزهٔ مودیس ۱۳[6] استخراج شده است. تعداد نوزده متغیّر اقلیمی از بانک داده‌های اقلیم جهانی[7] در اندازهٔ سلول ۱۰۰۰ متر که براساس درون‌یابی داده‌های هواشناسی در بازهٔ زمانی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی تهیه شدند، استخراج شد و سپس با روش ضریب همبستگی پیرسون (۰/۸±) لایه‌هایی با بیش از ۸۰٪ همبستگی اطّلاعات حذف شدند و درانتها هفت متغیّر اقلیمی مشتق‌شده از بارش و دما باقی ماندند (پریتی[8] و همکاران، ۲۰۱۶). به‌منظور آماده‌سازی و پردازش لایه‌های اطّلاعاتی از نرم‌افزار آرک مپ و ادریسی سلوا[9] استفاده شد. درنهایت، تعداد ۲۳ متغیّر محیطی در اندازهٔ پیکسل یک کیلومتر به‌منظور مدل‌سازی استفاده شد (جدول ۱).

1 -Karami
2- Scott & Adhami
3 - Rastegar-Pouyani
4- Google Earth
5- Arc Map
6- https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov
7- www.worldclim.org/current
8- Priti
9- Idrisi Selva

جدول ۱. فهرست متغیّرهای زیست‌محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی مطلوبیت زیست‌گاه غاز خاکستری

متغیّرهای توپوگرافی	
ارتفاع (m)	شیب
متغیّرهای اقلیمی	
دمای متوسّط سالانه ($10 *^{o}c$)	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال ($10 *^{o}c$)
میزان بارش سالانه (mm)	میزان بارش فصلی
میزان بارش کم‌باران‌ترین فصل سال (mm)	میزان بارش پرباران‌ترین فصل سال (mm)
متغیّرهای پوشش زمین/ کاربری زمین	
شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI)	فاصله تا تالاب (m)
جامعهٔ گیاهی	فاصله تا مناطق حفاظت‌شده (m)
فاصله از مراتع (m)	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم (m)
فاصله از مناطق بیابانی (m)	فاصله تا رودخانه (m)
فاصله از جنگل (m)	فاصله تا جاده‌ها (m)
فاصله تا مناطق روستایی (m)	فاصله تا رودخانه (m)
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی (m)	فاصله تا شهر (m)

مدل‌سازی پراکنش گونه

در پژوهش حاضر، برای مدل‌سازی پراکنش گونهٔ غاز خاکستری از نُه الگوریتم موجود در بستهٔ نرم‌افزاری بایومد (تایلور[1] و همکاران، ۲۰۰۹) استفاده شد (جدول ۲). در نوشتار پیش رو به منظور تولید نقاط عدم حضور از بستهٔ نرم‌افزاری بایومد استفاده شد. در روند مدل‌سازی از ۷۰٪ نقاط حضور گونه برای تولید مدل‌ها و از ۳۰٪ نقاط حضور به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها استفاده شد؛ همچنین برای افزایش دقّت مدل‌سازی، تعداد تکرارها ۱۰۰ درنظر گرفته شد.

مدل خطّی تعمیم‌یافته یک مدل پارامتری است که به‌وسیلهٔ آستین[2] (۱۹۸۴) برای مدل‌سازی داده‌های حضور/ عدم حضور گونه‌های درختی معرّفی شد. آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر مدل طبقه‌بندی مبتنی بر ترکیبی از مدل‌های رگرسیون خطّی است (هاستی[3] و همکاران، ۱۹۹۴). جنگل تصادفی از روش‌های کلاسه‌بندی و درخت‌های رگرسیونی است که به‌عنوان یک روش ماشین یادگیری عملکرد بسیار دقیق و کارآمدی را ارائه می‌کند (الیت و فرانکلین[4]، ۲۰۱۳).

جدول ۲. فهرست مدل‌های استفاده‌شده از بستهٔ نرم‌افزاری بایومد

نام فارسی	نام کامل	علامت اختصاری
مدل خطّی تعمیم‌یافته	Generalized Liner Model	GLM
روش تقویت‌شدهٔ تعمیم‌یافته	Generalized Boosting Method	GBM
مدل افزایشی تعمیم‌یافته	Generalized Additive Model	GAM
آنالیز طبقه‌بندی درختی	Classification Tree Analysis	CTA
شبکهٔ عصبی مصنوعی	Artificial Neural Network	ANN
پاکت دامنهٔ سطحی	Surface Range Envelope	SRE
آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر	Flexible Denotative Analysis	FDA
مدل رگرسیون سازشی چندمتغیّره	Multivariate Adaptive Regression Spline	MARS
جنگل تصادفی	Random Forest	RF

1- Thuiller
2- Austin
3- Hastie
4- Elith & Franklin

آنالیز طبقه‌بندی درختی روشی غیر پارامتری است که حدود ۳۶ سال پیش برای تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی توسعه یافت (بریمن[1] و همکاران، ۱۹۸۴). روش تقویت‌شدهٔ تعمیم‌یافته ترکیبی از دو روش الگوریتم‌های تصمیم‌گیری درختی و مدل‌های تقویت‌شدهٔ تعمیم‌یافته است (الیت و فرانکلین، ۲۰۱۳). پاکت دامنهٔ سطحی به‌نام بایوکلایم[2] نیز شناخته می‌شود. این مدل از داده‌های فقط حضور و مجموعه‌ای از عوامل محیطی برای تهیهٔ نقشه‌های پراکنش گونه و عوامل مؤثّر در پراکنش آن استفاده می‌کند (نیکس[3]، ۱۹۸۶).

مدل رگرسیون سازشی چندمتغیّره یک مدل رگرسیون سازشی چندمتغیّره و روش رگرسیون غیر پارامتریک است و برای تجزیه و تحلیل ساختارهای پیچیده مؤثّر است (فریدمن[4]، ۱۹۹۱). شبکهٔ عصبی مصنوعی جزء مدل‌های پارامتریک استاندارد است که از نورون‌های موجود در مغز انسان الگوبرداری کرده و با ساختار نورونی و هوشمند خود می‌کوشد تا از راه توابع تعریف‌شده، رفتار درون‌سلولی نورون‌های مغز را شبیه‌سازی کند (هارل[5] و همکاران، ۱۹۹۶).

مدل افزایشی تعمیم‌یافتهٔ این مدل، مدلی ناپارامتریک بوده و بسط مدل‌های خطّی تعمیم‌یافته است. مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته نسبت به مدل‌های خطّی تعمیم‌یافته از چند نظر برتری دارند و هدف از به کاربردن این مدل‌ها به حداکثر رساندن کیفیت پیش‌بینی متغیّر وابسته است (هاستی و همکاران، ۱۹۹۴).

در نوشتار پیش رو صحّت مدل‌ها با توجّه به انواع مختلف مدل‌ها با استفاده از دو ضریب آماری محاسبه شد. روش اوّل بررسی میزان ROC[6] است. ROC روشی گرافیکی است که توانایی یک مدل برای پیش‌بینی نقاط حضور و عدم حضور گونه‌ها را براساس متغیّرهای محیطی مرتبط ارزیابی می‌کند (فیلدینگ و بیل[7]، ۱۹۹۷). روش دوم، محاسبهٔ میزان TSS[8] است. این روش زمانی کاربرد دارد که از مدل‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌شود. TSS را می‌توان به‌عنوان شاهدی برای تفسیر پدیده‌های اکولوژیکی واقعی عنوان کرد. پژوهش ها نشان می‌دهند که میزان ROC با میزان TSS همبستگی بالایی دارد؛ بنابراین، در مطالعاتی که نتایج آن به‌صورت نقشهٔ حضور و عدم حضور است، TSS می‌تواند جایگزین مناسبی برای ROC باشد (والتر، ۲۰۰۲).

نتایج

مکان‌های توقّف غاز خاکستری

مقادیر شاخص‌های TSS و ROC نشان داد که از بین نُه مدل اجراشده، مدل‌هایی ازجمله آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر، جنگل تصادفی، مدل رگرسیون سازشی چندمتغیّره و شبکهٔ عصبی مصنوعی صحّت بالایی در روند مدل‌سازی دارند؛ از طرفی مدل پاکت دامنهٔ سطحی از عملکرد متوسّطی برخوردار است (جدول ۳).

جدول ۳. میزان ROC و TSS مکان‌های توقّف غاز خاکستری

مدل	GBM	GAM	GLM	CTA	ANN	MARS	SRE	RF	FDA
TSS	۰/۸۸۴	۰/۷۹۱	۰/۸۳۷	۰/۸۳۷	۰/۹۰۷	۰/۹۰۷	۰/۴۹۹	۰/۹۰۷	۰/۹۰۷
ROC	۰/۹۷۳	۰/۸۹۵	۰/۹۱۹	۰/۹۶۳	۰/۹۷۰	۰/۹۸۵	۰/۷۱۴	۰/۹۷۷	۰/۹۵۲

1- Breiman
2- BIOCLIM
3- Nix
4- Friedman
5- Harrell
6- receiver operating characteristic
7- Fielding & Bell
8- True Skill Statistic

اهمّیت نسبی متغیّرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش گونه در مکان‌های توقّف نشان داد که متغیّرهایی همچون میزان بارش فصلی، فاصله تا مناطق روستایی و میزان بارش کم‌باران‌ترین فصل سال نقش به‌سزایی در انتخاب مکان‌های توقّف به‌وسیلهٔ غاز خاکستری ایفا می‌کنند؛ همچنین، متغیّرهایی مانند فاصله تا نهرها و جوامع گیاهی اهمّیت کمتری در پراکنش گونه دارند (جدول ۴).

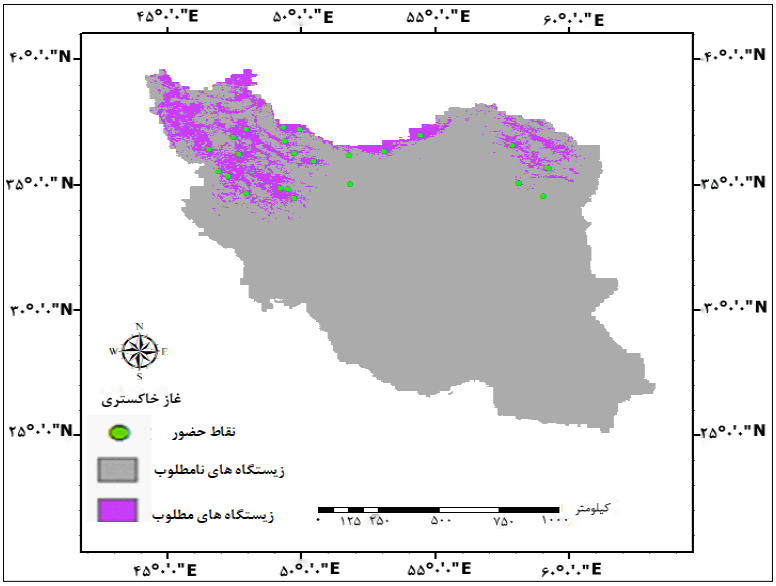
با توجّه به نقشهٔ مطلوبیت مکان‌های توقّف این گونه (شکل ۱)، از کلّ مساحت ایران تنها ۲۰/۹۹٪ به‌عنوان زیست‌گاه‌های مطلوب شناخته می‌شود و با نقاط حضور گونه هم‌پوشی دارد، از طرفی نتایج نوشتار پیش رو نشان می‌دهد که ۱۸/۶۹٪ از کلّ زیست‌گاه‌های مطلوب را مناطق حفاظت‌شده دربر می‌گیرد (شکل ۲).

زیست‌گاه تابستان‌گذران و جوجه‌آور غاز خاکستری

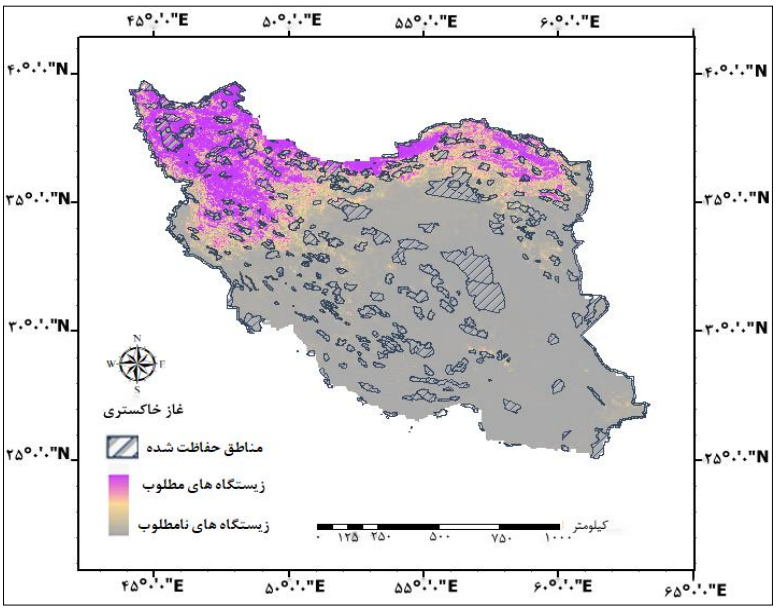
میزان TSS و ROC تمامی مدل‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر صحّت بالایی در مدل‌سازی زیست‌گاه‌های تابستان‌گذران و جوجه‌آور غاز خاکستری دارند (جدول ۵). مدل‌هایی همچون جنگل تصادفی، آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر، مدل رگرسیون سازشی چندمتغیّره، شبکهٔ عصبی مصنوعی و روش تقویت‌شدهٔ تعمیم‌یافته، بالاترین عملکرد و مدل پاکت دامنهٔ سطحی عملکرد متوسّطی دارند.

جدول ۴. اهمّیت نسبی متغیّرهای محیط‌زیستی در مدل‌سازی مکان‌های توقّف گونهٔ غاز خاکستری

نام متغیّر	میزان اهمّیت متغیّر	نام متغیّر	میزان اهمّیت متغیّر
فاصله تا مناطق روستایی	۰/۰۱۷	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم	۰/۰۰۸
شیب	۰/۰۱۶	دمای متوسّط سالانه	۰/۰۰۹
فاصله تا شهر	۰/۰۰۲	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۱۱
فاصله تا نهرها	۰/۰۰۱	میزان بارش سالانه	۰/۰۰۸
فاصله تا جنگل	۰/۰۰۶	میزان بارش فصلی	۰/۰۲۳
فاصله تا تالاب	۰/۰۰۶	بارش پرباران‌ترین فصل سال	۰/۰۰۱
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی	۰/۰۱۳	بارش کم‌باران‌ترین فصل سال	۰/۰۱۵
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۲	بارش گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۰۵
جامعهٔ گیاهی	۰/۰۰۱	فاصله تا رودخانه	۰/۰۰۳
فاصله تا مرتع	۰/۰۰۱	ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۱۵
فاصله تا مناطق حفاظت‌شده	۰/۰۰۷	فاصله تا جاده‌ها	۰/۰۰۴
فاصله تا مناطق کویری و بیابان	۰/۰۰۱		



شکل ۱. نقشهٔ مطلوبیت زیست‌گاه و پراکندگی نقاط حضور گونهٔ غاز خاکستری در مکان‌های توقّف



شکل ۲. میزان هم‌پوشی مناطق حفاظت‌شده با مکان‌های توقّف مطلوب گونهٔ غاز خاکستری

جدول ۵. میزان ROC و TSS زیست‌گاه تابستان‌گذران و جوجه‌آور غاز خاکستری

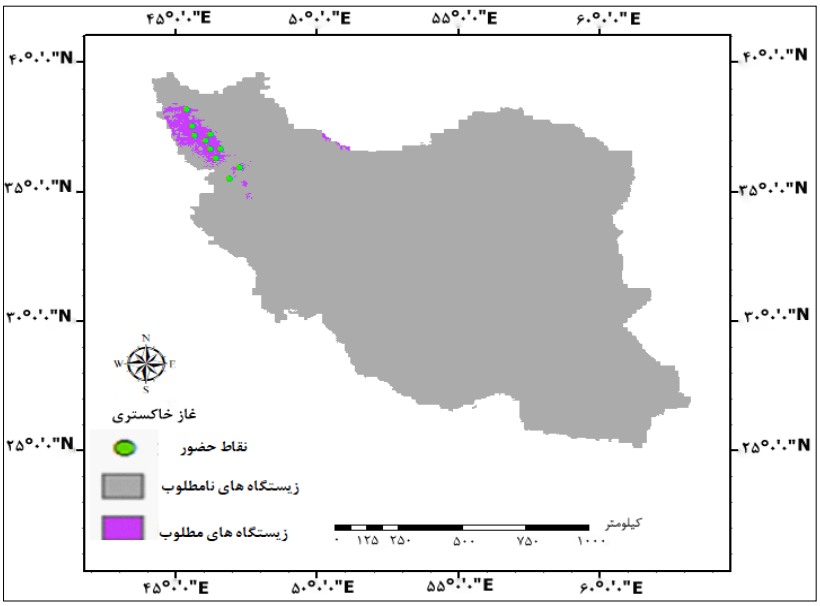
مدل	GBM	GAM	GLM	CTA	ANN	MARS	SRE	RF	FDA
TSS	۱	۰/۹۵۳	۰/۹۷۷	۰/۹۵۳	۱	۱	۰/۳۳۳	۱	۱
ROC	۱	۰/۹۶۹	۰/۹۸۸	۰/۹۸۸	۱	۱	۰/۶۶۹	۱	۱

در مدل‌سازی زیست‌گاه‌های تابستان‌گذران و جوجه‌آور، متغیّر فاصله تا تالاب‌ها، فاصله تا جنگل و فاصله تا نهرها بیشترین اهمّیت را در پراکنش گونه در این نوع زیست‌گاه دارند؛ همچنین، متغیّرهایی همچون فاصله از جاده‌ها و جوامع گیاهی دارای اهمّیت کمتری هستند (جدول ۶).

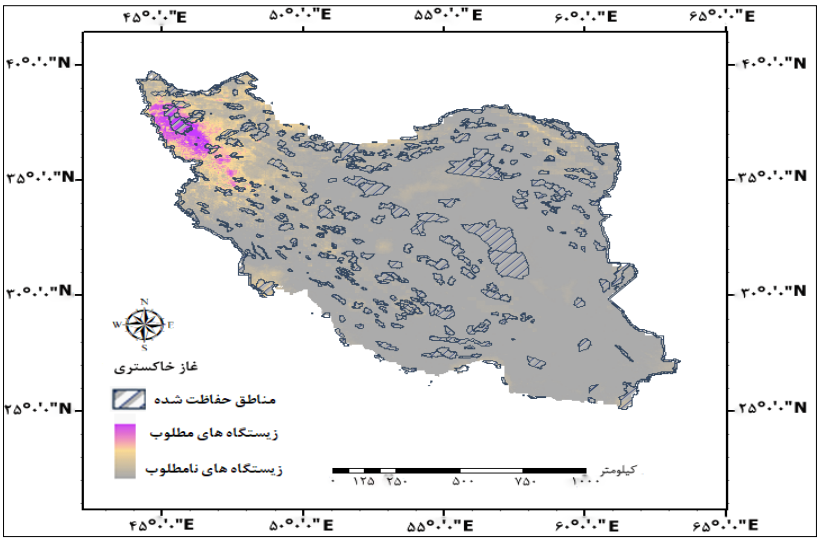
براساس یافته‌ها، ۳/۲۲٪ از کلّ مساحت ایران به‌عنوان زیست‌گاه‌های تابستان‌گذارن و جوجه‌آور مطلوب غاز خاکستری شناخته می‌شود و با نقاط حضور گونه هم‌پوشی دارد (شکل ۳)؛ همچنین نتایج نشان می‌دهد که ۴/۰۹٪ از کلّ زیست‌گاه‌های تابستان‌گذارن و جوجه‌آور مطلوب این گونه، به‌وسیلهٔ مناطق حفاظت‌شده تحت پوشش قرار گرفته است (شکل ۴).

جدول ۶. اهمّیت نسبی متغیّرهای محیط‌زیستی در مدل‌سازی زیست‌گاه تابستان‌گذران و جوجه‌آور غاز خاکستری

نام متغیّر	میزان اهمّیت متغیّر	نام متغیّر	میزان اهمّیت متغیّر
فاصله تا رودخانه	۰/۰۰۴	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم	۰/۰۰۳
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۰۴	دمای متوسّط سالانه	۰/۰۰۸
فاصله تا روستا	۰/۰۰۹	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۰۳
شیب	۰/۰۱۴	میزان بارش سالانه	۰/۰۱۱
فاصله تا شهر	۰/۰۰۵	میزان بارش فصلی	۰/۰۰۱
فاصله تا نهرها	۰/۰۵۲	بارش پرباران‌ترین فصل سال	۰/۰۰۵
فاصله تا جنگل	۰/۰۶۴	بارش کم‌باران‌ترین فصل سال	۰/۰۱
فاصله تا تالاب	**۰/۱۴۲**	بارش گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۰۶
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی	۰/۰۰۲	فاصله تا مناطق حفاظت‌شده	۰/۰۰۱
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۴	فاصله تا مناطق کویری و بیابان	۰/۰۲۸
جامعهٔ گیاهی	۰	فاصله تا جاده‌ها	۰/۰۰۱
فاصله تا مرتع	۰/۰۰۲		



شکل ۳. نقشهٔ مطلوبیت زیست‌گاه و پراکندگی نقاط حضور گونهٔ غاز خاکستری در زیست‌گاه‌های تابستان‌گذران و جوجه‌آور



شکل ۴. میزان هم‌پوشی مناطق حفاظت‌شده با زیست‌گاه های تابستان‌گذران و جوجه‌آور مطلوبیت غاز خاکستری

زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری

میزان TSS و ROC به‌دست‌آمده از مدل‌سازی زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری نشان می‌دهد که تمامی مدل‌ها صحّت بالایی دارند. مدل افزایشی تعمیم‌یافته دارای عملکرد مطلوب و مدل پاکت دامنهٔ سطحی از عملکرد به‌نسبت متوسّطی برخوردار است (جدول ۷). نتایج مدل‌سازی زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری نشان می‌دهد که متغیّرهای محیطی مؤثّر در انتخاب زیست‌گاه زمستان‌گذران به‌ترتیب شامل میزان بارش، فاصله تا شهر و بارش گرم‌ترین فصل سال هستند؛ از طرفی متغیّرهایی مانند شاخص پوشش گیاهی، فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی و فاصله تا رودخانه‌ها در انتخاب زیست‌گاه به‌وسیلهٔ غاز خاکستری اهمّیت کمتری دارند (جدول ۸).

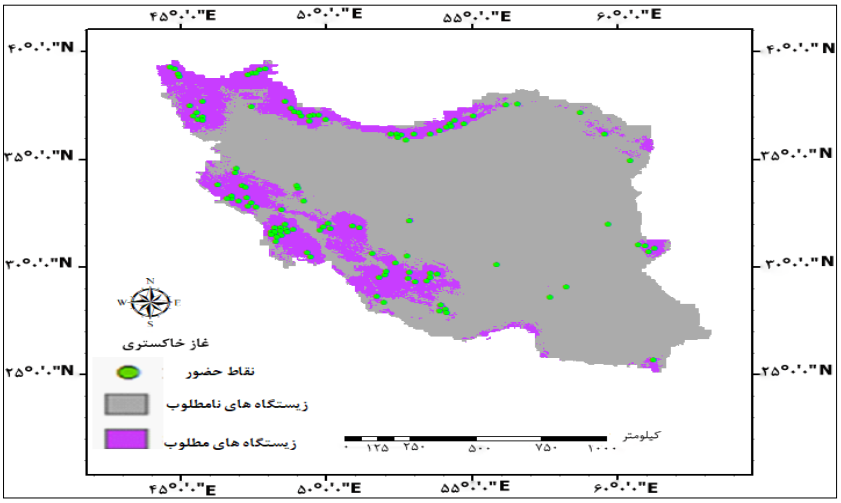
جدول ۷. میزان ROC و TSS زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری

مدل	GBM	GAM	GLM	CTA	ANN	MARS	SRE	RF	FDA
TSS	۰/۶۹۴	۰/۷۳۶	۰/۶۹۸	۰/۶۷۷	۰/۶۴۶	۰/۶۵۹	۰/۴۵۸	۰/۷۳۲	۰/۶۷۶
ROC	۰/۸۸۸	۰/۹۱۸	۰/۸۷۵	۰/۸۵۶	۰/۸۷۱	۰/۸۶۵	۰/۷۲۹	۰/۸۹۹	۰/۸۷۸

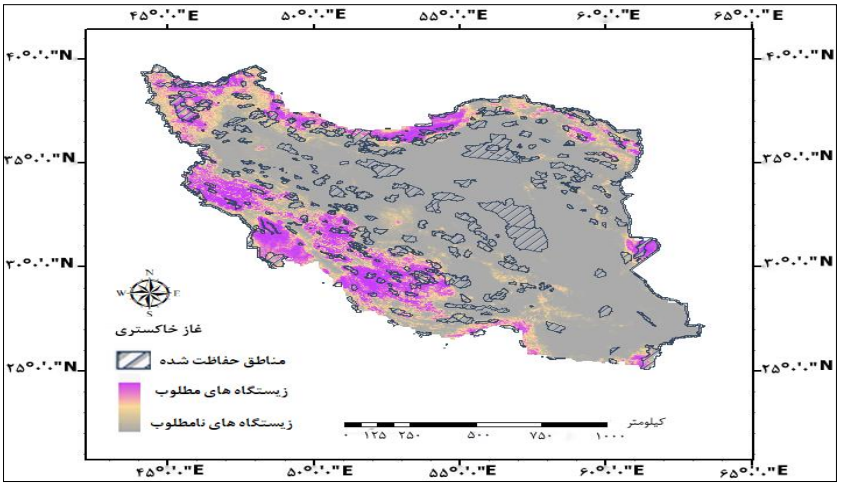
جدول ۸. اهمّیت نسبی متغیّرهای محیط‌زیستی در مدل‌سازی زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری

نام متغیّر	میزان اهمّیت پارامتر	نام متغیّر	میزان اهمّیت متغیّر
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۳	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم	۰/۰۱۱
فاصله تا روستا	۰/۰۸۳	دمای متوسّط سالانه	۰/۰۹۲
شیب	۰/۱۰۷	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	۰/۱۹۴
فاصله تا شهر	۰/۲۶۲	میزان بارش سالانه	۰/۴۸۹
فاصله تا نهرها	۰/۰۱۴	میزان بارش فصلی	۰/۰۷۷
فاصله تا جنگل	۰/۲۵۴	بارش پرباران‌ترین فصل سال	۰/۲۱۵
فاصله تا تالاب	۰/۱۳۷	بارش کم‌باران‌ترین فصل سال	۰/۲۵۴
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی	۰/۰۱۳	بارش گرم‌ترین فصل سال	۰/۲۶۱
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۳	فاصله تا رودخانه	۰/۰۰۶
جامعهٔ گیاهی	۰/۰۶۳	فاصله تا مناطق کویری و بیابان	۰/۱۸۲
فاصله تا مرتع	۰/۰۴۳	فاصله تا جاده‌ها	۰/۱۲۵
فاصله تا مناطق حفاظت‌شده	۰/۰۶۵		

براساس نقشهٔ مطلوبیت زیست‌گاه‌های زمستان‌گذارن غاز خاکستری، ۲۳/۵۲٪ از سطح ایران به‌عنوان زیست‌گاه‌های مطلوب شناخته می‌شود و با نقاط حضور گونه هم‌پوشی دارد (شکل ۵)؛ همچنین نتایج نشان‌دهندهٔ آن است که ۲۵/۰۹٪ از کلّ زیست‌گاه‌های مطلوب گونهٔ مورد مطالعه را مناطق حفاظت‌شده دربر می‌گیرند (شکل ۶).



شکل ۵. نقشهٔ مطلوبیت زیست‌گاه زمستان‌گذران و پراکندگی نقاط حضور غاز خاکستری



شکل ۶. میزان هم‌پوشی مناطق حفاظت‌شده با نقشهٔ مطلوبیت زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری

بحث

بررسی پراکنش گونه‌ها در سطح آشیان بوم‌شناختی و درک رابطهٔ بین متغیّرهای محیطی و توزیع گونه‌ها با استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری بایومد نشان می‌دهد که چگونه گونه‌ها به تغییرات محیطی در زمان فعلی واکنش نشان می‌هند. نتایج ارزیابی الگوریتم‌های استفاده‌شده در مدل‌سازی تیپ‌های زیست‌گاهی گونهٔ غاز خاکستری بیانگر آن است که بستهٔ نرم‌افزاری بایومد توانایی بالایی در پیش‌بینی زیست‌گاه‌های مطلوب این گونه دارد؛ به‌طوری زیست گاه‌های مطلوب گونه در زمان فعلی، زیست‌گاه‌هایی که می‌توانند در آینده استفاده شوند و دارای شرایط مساعدی برای معرّفی گونه هستند و همچنین زیست‌گاه‌هایی که در گذشته شرایط ایده‌آلی داشتند را شناسایی کرده است. مطالعات انجام‌شده دربارهٔ به‌کارگیری بستهٔ نرم‌افزاری بایومد نشان می‌دهد که این روش درزمینهٔ مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها کارایی و صحّت بالایی دارد (لیو[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

پراکنش گونهٔ غاز خاکستری در فصل زمستان تحت تأثیر دو عامل امنیّت زیست‌گاه و میزان دما و بارش قرار دارد. بر همین اساس این گونه مناطقی ازجمله دریاچهٔ ارومیه، استان فارس، سیستان و بلوچستان، آذربایجان، کردستان و همچنین نواحی جنوبی دریای خزر و در برخی مناطق شرق و شمال شرقی کشور را که شرایط ایده‌آل زیستی دارند، برای زمستان‌گذرانی انتخاب می‌کند. تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر باعث ازبین‌رفتن زیست‌گاه‌های زمستان‌گذران مطلوب غاز خاکستری شده است؛ به‌طوری که این گونه طی سالیان گذشته در بخش‌هایی از استان‌های خراسان جنوبی، کرمان و کردستان حضور داشته است.

براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی پراکنش گونهٔ مورد مطالعه در فصل تابستان و تولید مثل و جوجه‌آوری تحت تأثیر امنیّت زیست‌گاه و حضور متغیّرهای آبی در زیست‌گاه است؛ از این رو پراکنش غاز خاکستری طی فصل تابستانه به‌طور عمده در استان آذربایجان به‌ویژه دریاچهٔ ارومیه و تالاب‌های اطراف آن قرار دارد. این مناطق به‌دلیل شرایط آب‌وهوایی مطلوب، امنیّت کافی و فراهم‌بودن منابع غذایی اولویت بیشتری نسبت به دیگر مناطق کشور دارند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی و اختلالات انسانی در آینده سطح زیست گاه‌های تابستان‌گذران مطلوب این گونه را به‌طور محسوسی کاهش می‌دهند. مطالعات انجام‌شده درزمینهٔ پراکنش غاز خاکستری نیز اثرگذاری پارامترهای مرتبط با دما و بارش را روی پراکنش این گونه در سطح زیست‌گاه‌های مطلوب به‌خوبی نشان می‌دهند (پولاکوفسکی و همکاران، ۲۰۱۶؛ لی و همکاران، ۲۰۱۷؛ اسدیان و همکاران، ۱۳۹۳).

امروزه پژوهش‌ها درزمینهٔ مکان‌های توقّف به‌ویژه برای گونه‌های مهاجر که مسافت طولانی را برای رسیدن به زیست‌گاه‌های مطلوب طی می‌کنند، بسیار مورد توجّه قرار گرفته‌اند. توقّف‌گاه‌ها مکان‌هایی در امتداد مسیر مهاجرت هستند که پرندگان به‌منظور بازیابی و ذخایر انرژی خود در ادامهٔ مسیر مهاجرت از این مناطق استفاده می‌کنند (نیوتن[2]، ۲۰۰۸). داشتن چنین وقفه‌هایی هنگام مهاجرت درراستای بازیابی انرژی ازدست‌رفته و برای زنده‌ماندن در شرایط نامساعد اقلیمی و تولیدمثل پس از ورود به زیست‌گاه‌ها بسیار مهم است (گوتیه[3] و همکاران، ۲۰۰۳). در همین راستا انتخاب مکان‌های توقّف به‌وسیلهٔ گونهٔ مورد مطالعه، تحت تأثیر عواملی همچون میزان بارندگی و امنیّت زیست‌گاه قرار دارد. مکان‌های توقّف غاز خاکستری در سطح کشور شامل مناطقی ازجمله سواحل جنوبی دریای خزر، قسمت‌هایی از غرب و شمال غربی و همچنین نواحی شمال شرقی است. شناسایی صحیح توقّف‌گاه‌ها و ارائهٔ برنامه‌های کاربردی به‌منظور حفاظت از این مناطق به‌سبب نقش عملکردی مکان‌های توقّف در

1- Liu
2- Newton
3- Gauthier

تأمین نیازهای گونه‌های مهاجر با توجّه به دردسترس‌بودن منابع غذایی، حفظ چشم‌انداز مناظر، پایداری وضعیّت فیزیولوژیکی گونه‌های مهاجر در این مکان‌ها و کاهش خطرات منجر به مرگ و میر و همچنین کاهش درگیری بین غازهای مهاجر و کشاورزان (گسترش جمعیّت غازها و وابستگی آن‌ها به موادّ غذایی کشاورزی)، بسیار مهم است (مهلمان[1] و همکاران، ۲۰۰۵).

مناطق حفاظت‌شده در جهان همواره یکی از مهم‌ترین و مؤثّرترین ابزارهای حفاظت از تنوّع زیستی دربرابر تغییرات اقلیمی در اکوسیستم‌های طبیعی هستند (برونر[2] و همکاران، ۲۰۰۱). این مناطق اگر به‌درستی مدیریت شوند، راندمان بالایی درراستای توقّف یا کاهش اثرات منفی استفاده از سرزمین‌ها و کاهش نرخ انقراض گونه‌ها دارند (ایکلند[3] و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی، دامنهٔ پراکنش گونه‌ها را به‌آرامی تغییر می‌دهد و باعث کاهش کارایی مناطق حفاظت‌شدهٔ فعلی می‌شود (برومر[4] و همکاران، ۲۰۱۲)؛ از این رو انتخاب مناطق حفاظت‌شدهٔ جدید به‌منظور حفاظت از تنوّع زیستی امری ضروری و گریزناپذیر است. براساس مطالعات انجام‌شده، حداقل ۱۴۰۰ گونه از مهره‌داران جهان در هیچ‌کدام از مناطق حفاظت‌شده قرار ندارند؛ همچنین بسیاری از گونه‌های بومی اروپا هم پوشی اندکی با شبکه‌های حفاظتی دارند (هانتلی[5] و همکاران، ۲۰۰۸). عدم هماهنگی پراکنش گونه‌ها با مناطق حفاظت‌شده باعث تشدید اثرات تغییر اقلیم و افزایش حسّاسیت گونه‌ها و همچنین باعث کاهش اثرات مفید مناطق حفاظت‌شده روی گونه ها می‌شود (ارجو[6] و همکاران، ۲۰۱۱). به‌طور کلّی در نوشتار پیش رو مشخّص شدکه ۱۵/۹۵٪ از سطح کلّ زیست‌گاه‌های مطلوب گونهٔ غاز خاکستری درون مناطق حفاظت‌شده قرار دارند. این امر نشان‌دهندهٔ وجود بخش بزرگی از زیست‌گاه های مطلوب این گونه خارج از مناطق حفاظت‌شده است؛ بنابراین نتایج حاصل از مطالعهٔ حاضر، ضرورت تجدید نظر در مرزبندی مناطق حفاظت‌شده را در آینده بیش از گذشته در سطح ایران نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی پراکنش گونهٔ غاز خاکستری و چگونگی تأثیر متغیّرهای محیطی بر پراکنش این گونه در سطح ایران با استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری بایومد صورت پذیرفت. استفاده از بستهٔ نرم‌افزاری بایومد دیدگاه منحصربه‌فرد پویایی درمورد چگونگی مهاجرت در مسافت‌های طولانی، نحوهٔ انتخاب مکان‌های توقّف و چگونگی انتخاب زیست‌گاه‌های زمستان‌گذران و تابستان‌گذران را روشن می‌سازد. تعیین پارامترهای مؤثّر بر نحوهٔ پراکنش گونه‌ها در سطح آشیان بوم‌شناختی به‌دلیل نقش مؤثّر در ارائهٔ برنامه‌های کاربردی زیست‌محیطی و پیش‌بینی وضعیّت آیندهٔ گونه‌ها، یکی از مسائل مهم در بوم‌شناسی حفاظت به‌شمار می‌رود؛ از این رو بررسی عوامل مؤثّر بر پراکنش گونهٔ غاز خاکستری و همچنین ارزیابی و شناخت مناطق بالقوّهٔ زیست‌گاهی این گونه، مهم‌ترین گام در حفاظت از جمعیّت پویای غاز خاکستری به‌عنوان گونه‌ای مهاجر در سطح ایران است.

نوشتار پیش رو اوّلین بینش درمورد مکان‌های مهمّ توقّف در مسیر مهاجرت گونهٔ غاز خاکستری فراهم می‌کند؛ همچنین این مطالعه برای شناسایی و پیش‌بینی اهمّیت پارامترهای مختلف محیطی برای انتخاب زیست‌گاه‌های مطلوب به‌ویژه مکان‌های توقّف به‌وسیلهٔ گونه‌های مهاجر، روش جدیدی را در بوم‌شناسی رفتار معرّفی می‌کند. این

1- Mehlman
2- Bruner
3- Eklund
4- Brommer
5- Huntley
6- Araújo

امر به‌خصوص ازنظر حفاظت و ازلحاظ اقتصادی، بسیارمهم است. داشتن تخصّص کافی درزمینهٔ انتخاب مکان‌های توقّف از راه فضا و زمان برای درک روابط بین گونه‌های مهاجر و زیست‌گاه آن‌ها و برای برنامه‌ریزی حفاظت مؤثّر است.

منابع

اسدیان، مهدی؛ علی‌آبادیان، منصور؛ ریاضی، برهان (۱۳۹۳). نقش عوامل اقلیمی، پوشش گیاهی و ارتفاع بر توزیع جغرافیایی غنای گونه‌های پرندگان شهرستان سرخس. حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی، ۲ (۱)، ۶۵-۷۶

حبیب‌زاده، نادر؛ حسنعلی‌زاده، رضا (۱۳۹۶). مدل‌سازی چندمقیاسی از مطلوبیت زیست‌گاه تغذیه‌ای کرکس مصری در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ ارسباران. *بوم‌شناسی کاربردی، ۶* (۳)، ۱-۱۳.

نوری جنگی، ملیحه؛ نوری جنگی، علیرضا (۱۳۹۳). ارزیابی وضعیّت و تهدیدات تنوّع زیستی در ایران. *دومین همایش ملّی و تخصّصی پژوهش‌های محیط زیست ایران، همدان.*

References

Araújo, M. B. & Peterson, A. T. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, *93* (7), 1527-1539.

Asadian, M., Aliabadian, M. & Riazi, B. (2014) The role of climatic factors, vegetation and altitude on the geographical distribution of bird species richness in Sarakhs. *Conservation and Exploitation of Natural Resources, 2* (1), 65-76 (In Persian).

Austin, M. P., Cunningham, R. B. & Fleming, P. M. (1984). New approaches to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting procedures. *Vegetatio*, *55* (1), 11-27.

Berthold, P. (2000). *Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. & Stone, C. (1984). Classification and regression trees. Wadsworth Int. *Group*, *37* (15), 237-251.

Brommer, J. E., Lehikoinen, A. & Valkama, J. (2012). The breeding ranges of Central European and Arctic bird species move poleward. *PLoS One, 7* (9), e43648.

Bruner, A. G., Gullison, R. E., Rice, R. E. & Da Fonseca, G. A. (2001). Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science, 291* (5501), 125-128.

Chudzińska, M. E., van Beest, F. M., Madsen, J. & Nabe-Nielsen, J. (2015). Using habitat selection theories to predict the spatiotemporal distribution of migratory birds during stopover–a case study of pink-footed geese Anser brachyrhynchus. *Oikos, 124* (7), 851-860.

Corsi, F., Duprè, E. & Boitani, L. (1999). A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conservation Biology, 13* (1), *150-159.*

Eklund, J., Arponen, A., Visconti, P. & Cabeza, M. (2011). Governance factors in the identification of global conservation priorities for mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *366* (1578), 2661-2669.

Elith, J. & Franklin, J. (2013). Species distribution modeling. Encyclopedia of biodiversity. *Academic Press, Waltham, MA. Elith, J., Graham, CH, Anderson, RP et al.(2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, 29,* 129-151.

Faaborg, J., Holmes, R. T., Anders, A. D., Bildstein, K. L., Dugger, K. M., Gauthreaux, S.A.,Heglund, P., Hobson, K. A., Jahn, A. E., Johnson, D. H., Latta, S. C., Levey, D. J., Marra, P. P., Merkord, C. L., Nol, E., Rothstein, S. I., Sherry, T. W., Sillett, T. S., Thompson, F. R. & Warnock, N. (2010). Conserving migratory land birds in the New World: dowe know enough?. *Ecol Appl., 20* (2), *398-418.*

Farashi, A. & Halakouhi, L. (2018). Migratory waterfowls as indicators to assess the protection efficiency in Iran. *Acta Ecologica Sinica, 38* (6), 429-443.

Fielding, A. H. & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in

conservation presence/absence models. *Environmental Conservation, 24* (2), 38-49.
Friedman, J. H. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *The Annals of Statistics, 19* (1), 1-67.
Gauthier, G., Beˆty, J. & Hobson, K. A. (2003). Are greater snow geese capital breeders?New evidence from a stable-isotope model. *Ecology, 84,* 3250-3264.
Guisan, A. & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling, 135,* 86-147.
Habibzadeh, N. & Hassan Alizadeh, R. (2015). Multi-scale modeling of the feeding habitat of Egyptian vultures in the Arasbaran Protected Area. *Applied ecology, 6* (3), 1-13 (In Persian).
Harrell Jr, F. E., Lee, K. L. & Mark, D. B. (1996). Multivariable prognostic models: issues in developing models, evaluating assumptions and adequacy, and measuring and reducing errors. *Statistics in Medicine, 15* (4), 361-387.
Hastie, T., Tibshirani, R. & Buja, A. (1994). Flexible discriminant analysis by optimal scoring. *Journal of the American statistical association, 89* (428), 1255-1270.
Huntley, B., Collingham, Y. C., Willis, S. G. & Green, R. E. (2008). Potential impacts of climatic change on European breeding birds. *PloS one, 3* (1), e1439.
IPCC (2001), Climate change 2001: IPCC Special Report on Emissions Scenarios. *A Special Report of IPCC Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change,* ISBN: 92-9169, 113-115.
Jarvis, A. M. & Robertson, A. (1999). Predicting population sizes and priority conservation areas for 10 endemic Namibian bird species. *Biological Conservation, 88* (1), 121-131.
Jenni, L. & Kéry, M. (2003). Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long–distance migrants, delays in short-distance migrants. Proceedings of the Royal Society of London. *Series B: Biological Sciences, 270* (1523), 1467-1471.
Jetz, W. & Rahbeck, C. (2002). Geographic range size and deter-minants of avian species richness. *Science, 297,* 1548-1551.
Kaboli, M., Aliabadian, M., Tohidifar, M., Hashemi, A., Musavi, S. B. & Roselaar, C. C. (2016). *Atlas of birds of Iran.* Jahad Daneshgahi, Karazmi Branch.
Karami, M., Hutterer, R., Benda, P., Siahsarvie, R. & Kryštufek, B. (2008). Annotated check-list of the mammals of Iran. *Lynx, Series Nova, 39* (1), 63-102.
Liu, G., Lizhi, Z., Dong, Y., Zhang, F. & Rong, F. (2019). The complete mitochondrial genome of natural hybridization of Anser albifrons and Anser fabalisthe (Anser albifrons× Anser fabalis). *Mitochondrial DNA Part B, 4* (1), 1077-1078.
Mehlman, D. W., Mabey, S. E., Ewert, D. N., Duncan, C., Abel, B., Cimprich, D., Sutter, R. D. & Woodrey, M. (2005). Conserving stopover sites for forest-dwellingmigratory landbirds. *Auk 122,* 1281-1290.
Moreno, R., Zamora, R., Molina, J. R., Vasquez, A. & Herrera, M. Á. (2011). Predicti modelingmicrohabitats for endemic birds in South Chilean temperate forests using Maximum entropy (Maxent). *Ecological Informatics, 6* (6), 364-37.
Newton, L. (2008). The Migration Ecology of Birds. *Academic Press is an imprint of Elsevie*r.
Nix, H. A. (1986). A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. *Atlas of elapid snakes of Australia, 7,* 4-15.
Nouri Jangi, M. & Nouri Jangi, A. (2014), Assessing the Status and Threats of Biodiversity in Iran, *The Second National and Specialized Conference on Environmental Research in Iran,* Hamadan. https://civilica.com/doc/293025 (In Persian).
Osborne, P. E., Alonso, J. C. & Bryant, R. G. (2001). Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with great bustards. *Journal of applied ecology, 38* (2), 458-471.
Paradis, E., Baillie, S. R., Sutherland, W. J., Dudley, C., Crick, H. Q. & Gregory, R. D. (2000). Large-scale spatial variation in the breeding performance of song thrushes Turdus philomelos and blackbirds T. merula in Britain. *Journal of Applied Ecology, 37* (s1), 73-87.
Polakowski, M. & Kasprzykowski, Z. (2016). Differences in the use of foraging grounds by Greylag Goose Anser anser and White-fronted Goose Anser albifrons at a spring stopover site. *Avian*

Biology Research, 9 (4), 265-272.

Priti, H., Aravind, N. A., Shaanker, R. U. & Ravikanth, G. (2016). Modeling impacts of future climate on the distribution of Myristicaceae species in the Western Ghats, India. *Ecological Engineering, 89*, 14-23.

Rastegar-Pouyani, N., Kami, H. G., Rajabzadeh, H. R., Shafiei, S. & Anderson, S. C. (2008). Annotated checklist of amphibians and reptiles of Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics, 4 (1),* 7-30.

Scott, D. A. & Adhami, A. (2006). An updated checklist of the birds of Iran. *Podoces, 1* (1/2), 1-16.

Scott, I., Mitchell, P. I. & Evans, P. R. (1996). How does Variation Body Composition Affect the Basal Metabolic Rates of Birds of Birds?. *Functional Ecology, 10* (3), 307-313.

Scribner, K. T., Arntzen, J. W., Cruddace, N., Oldham, R. S. & Burke, T. (2001). Environmental correlates of toad abundance and population genetic diversity. *Biological conservation, 98* (2), 201-210.

Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. & Araújo, M. B. (2009). Biomod –a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography, 32* (3), 369-373.

Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature, 416* (6879), 389-395.