

مدلسازی مطلوبیت زیستگاه غاز پیشانی سفید (*Anser albifrons Scopoli, 1769*) در ایران

فاطمه بیگلری قوچان عتیق^۱، آرزینا فراشی^{۲*}، میترا شریعتی نجف‌آبادی^۳

چکیده

مقدمه: امروزه پاسخ پویای گونه های مهاجر آبی به محیط پیرامونی و نحوه انتخاب زیستگاه توسط آنها به ندرت مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به ضرورت انجام مطالعات در این زمینه، پژوهش حاضر به منظور بررسی نحوه پراکنش و پارامترهای زیست محیطی موثر در انتخاب زیستگاه غاز پیشانی سفید (*Anser albifrons Scopoli, 1769*) به عنوان یک گونه ی مهاجر در ایران صورت پذیرفت. مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر از چهار گروه متغیر زیستمحیطی شامل: متغیرهای توپوگرافیک، اقلیمی و کاربری اراضی/ پوشش سرزمین استفاده شد. نقاط حضور با استفاده از گزارشات سازمان حفاظت محیط زیست به دست آمد. جهت مدلسازی از ۹ الگوریتم موجود در پکیج BIOMOD تحت نرم افزار R استفاده شد. صحت مدلسازی با استفاده از شاخص های ROC و TSS مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج: نتایج این مطالعه نتایج نشان داد، پارامترهایی نظیر میزان بارش سالیانه، فاصله تا زمینهای کشاورزی دیم، بارش گرمترین فصل سال و فاصله تا تالابها، بیشترین تأثیر را در پراکنش غاز پیشانی سفید دارند.

واژه‌های کلیدی: انتخاب زیستگاه، پارامترهای زیست محیطی، تالاب، BIOMOD

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۲. دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران (*نویسنده مسئول Farashi@um.ac.ir)
۳. دانش آموخته دکتری، گروه محیط زیست، دانشگاه تانت، هلند

مقدمه

مهاجرت پر خطرترین دوره‌ی چرخه زندگی پرندگان است (Sillett *et al.*, 2002). گونه‌های مهاجر در طول مهاجرت خود از مسیرهای مختلفی عبوری می‌کنند، لذا نحوه انتخاب زیستگاه و چگونگی پاسخ گونه‌ها به تغییرات محیطی و همچنین توانایی مهاجرت آنها برای موفقیت در روند تولیدمثل امری حائز اهمیت است (Franklin., 2010). در میان پرندگان مهاجر، پرندگان مهاجر آبی‌ری گیاه‌خوار مانند غازسانان در اروپا، آسیا و در آمریکای شمالی تغییرات قابل ملاحظه‌ای در طی ۵۰ سال گذشته داشته‌اند، به طوری که اکثر اعضای این خانواده در معرض آسیب جدی قرار گرفته‌اند (Fox *et al.*, 2005; Abraham *et al.*, 2005). هفت گونه از غازسانان موجود در سطح جهان به نام‌های غاز خاکستری (*Anser anser*)، غاز پیشانی سفید بزرگ (*Anser albifrons*)، غاز پیشانی سفید کوچک (*Anser erythtopus*)، غاز پا زرد (*Anser fabalis*)، عروس غاز (*Branta Rufficollis*)، غاز گونه سفید (*Branta leucopsis*) و غاز گردن سیاه (*hrota Branta*) به طور مرتب در ایران حضور دارند (Kaboli *et al.*, 2016; Khaleghizadeh *et al.*, 2020).

غازها به طور دائم در طول مسیر مهاجرت به دنبال مکان‌های تغذیه‌ای با بیشترین علوفه با کیفیت هستند (Owen, 1980; Van der Graaf *et al.*, 2006; Shariati najafabadi *et al.*, 2014). طبق مطالعات انجام شده زیستگاه‌های انتخاب شده توسط غازها در مناطق باز و دشتی و دور از لبه‌های جنگلی قرار دارند، این مناطق احتمالاً به دلیل امنیت بیشتر و کاهش خطرات ناشی از شکار، ارجعیت بیشتری نسبت به دیگر مناطق دارند. علاوه بر این، غازها مکان‌های بزرگ دور از مناطق مسکونی را ترجیح می‌دهند. دریاچه‌ها و آب‌های ساحلی معمولاً توسط غازها به عنوان مکان‌های استراحت شبانه (roosting sites) و مکان‌های تغذیه‌ای جهت بازیابی انرژی برای ادامه مسیر مهاجرت (resting sites) استفاده می‌شوند (Rosin *et al.*, 2012; Roder *et al.*, 2008; Jankowiak *et al.*, 2008). به طور کلی انتخاب محل سکونت توسط پرندگان مهاجر آبی‌ری تحت تأثیر انواع مختلف پارامترهای زیست‌محیطی مانند میزان دسترسی به منابع غذایی و امنیت زیستگاه قرار دارد (Franklin, 2010).

غاز پیشانی سفید یک پرنده آبی‌ری مهاجر است که مسافت طولانی را بین عرض‌های جغرافیایی میانه و عرض‌های جغرافیایی بالاتر جهت رسیدن به زیستگاه‌های مطلوب در فصول مهاجرت طی می‌کند (Kear, 2005). این گونه در مناطق توندرايي مانند شبه جزیره کنین تا رودخانه کولیم در روسیه تولید مثل می‌کند. این گونه از اواخر ماه می یا اوایل ماه ژوئن در دو جفت یا گروه‌های گسسته تکثیر می‌شوند و پس از تولید مثل، گونه‌ها در گله‌های کوچک (کمتر از ۳۰ نفر) جمع می‌شوند. جهت دوره پرریزی، ۲۵ روز پس از تولید مثل، نزدیک مکان‌های تولید مثل ساکن می‌شوند. پس از این دوره، گله‌ها جهت مهاجرت به عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر آماده می‌شوند و مناطق تولید مثل را از اواخر آگوست تا سپتامبر ترک می‌کنند و اواخر پاییز به مناطق زمستان‌گذرانی

خود می‌رسند (Madsen *et al.*, 1999). این مناطق عمدتاً در اروپای غربی شامل کشورهایی از جمله هلند، آلمان و بلژیک، شمال شرقی لهستان و قسمت‌هایی از ایران، استونی، قسمت‌های مرکزی اروپا در روسیه قرار دارند (Polakowski, 2016). در ایران نیز به صورت زمستان‌گذران در آذربایجان و نواحی جنوبی دریای خزر و به تعداد کمتر در استان‌های خوزستان و فارس و به ندرت در سواحل شمالی‌تر خلیج فارس دیده می‌شود (Kaboli *et al.*, 2016). از آنجایی که غاز پیشانی سفید گونه‌ای آبی و گیاه‌خوار است و با فرض اینکه تنوع و کیفیت بالای علوفه باعث مهاجرت سالانه آنها می‌شود، لذا این گونه مرغزارها و چمنزارهای نواحی پست، مزارع غلات، اراضی آبی، استپ‌های باز، علفزارها و مصب‌های وسیع در تالاب‌های شور را به عنوان زیستگاه‌های زمستان‌گذرانی برمی‌گزیند و همواره به دنبال دسترسی حداکثر علوفه با کیفیت بالا است (Owen, 1980; Shariati najafabadi *et al.*, 2014; Van der Graaf *et al.*, 2006).

مطالعات نشان می‌دهد که در طی سالیان متوالی میزان زیستگاه‌های مطلوب جمعیت غاز پیشانی سفید دچار تغییرات شدیدی شده است و جمعیت آنها روند کاهشی دارد (Fox *et al.*, 2005). از عواملی که باعث از دست رفتن زیستگاه‌های مطلوب و به دنبال آن کاهش جمعیت این گونه آسیب‌پذیر شده است، می‌توان به کاهش امنیت زیستگاه‌ها (شکار بی‌رویه) (Menu *et al.*, 2002; Ebbinge *et al.*, 1991)، تغییرات کاربری اراضی شامل به زیر کشت رفتن بخش عمده‌ای از زیستگاه‌های زمستان‌گذرانی و به ویژه بیابان‌زایی اشاره نمود. همچنین در برخی از مطالعات کاهش جمعیت را به دلیل کاهش دسترسی به منابع غذایی گزارش کرده‌اند (Van Eerden *et al.*, 2005). به نظر می‌رسد حفاظت و مدیریت مؤثر پرندگان مهاجر آبی، نیازمند داده‌های توزیع گونه‌ای برای تعیین توزیع بین ایستگاه‌ها و مسیرهای مهاجرت آنها است (Faaborg *et al.*, 2010). برای مدیریت و حفاظت از گونه‌ها اولین قدم شناخت شرایط زیستگاه و دامنه پراکنش گونه‌ها است.

در طی سالیان گذشته مدل‌های بسیاری جهت بررسی زیستگاه مطلوب پرندگان و همچنین شناسایی پارامترهای مؤثر بر انتخاب زیستگاه پرندگان ایجاد شده است (Jetz & Rahbeck, 2002). مدل‌سازی توزیع گونه (Distribution Model Species) احتمال حضور گونه را در زیستگاه‌ها با ویژگی‌های محیطی زیستگاه پیوند می‌دهند و نحوه پراکنش گونه را پیش‌بینی می‌کند (Guisan & Thuiller, 2005) و در زمینه‌هایی مانند پیش‌بینی مسیرهای پروازی گونه‌های مهاجر (Osborne *et al.*, 2001)، پیش‌بینی مراکز جوجه‌آور گونه‌ها (Paradis *et al.*, 2000) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌سازی توزیع گونه، الگوهای معنی‌داری را بین پارامترهای زیست‌محیطی و چگونگی توزیع گونه ارائه می‌دهد، لذا ابزاری قدرتمند جهت پیش‌بینی تغییرات اقلیمی برای ارزیابی‌های حفاظتی است (Jiménez-Valverde *et al.*, 2011; Stralberg *et al.*, 2015). چارچوب محاسبات جدید به صورت BIOMOD (Biodiversity Modelling) ارائه شده است که هدف آن به حداکثر رساندن دقت پیش‌بینی توزیع گونه‌ای با استفاده

از انواع مختلفی از روش‌های مدل‌سازی است (Thuiller, 2003). تا کنون مطالعاتی مبنی بر بررسی پراکنش و مدل‌سازی زیستگاه‌های پیشانی سفید در ایران صورت نگرفته است، لذا مطالعه‌ی حاضر با هدف مدل‌سازی زیستگاه‌های مطلوب‌های سفید در ایران و شناسایی عوامل زیست‌محیطی موثر در پراکنش و نحوه انتخاب زیستگاه این گونه با استفاده از پکیج BIOMOD 2 موجود در نرم افزار R صورت پذیرفت.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

در ایران به دلیل شرایط خاص اقلیمی و مجاورت با مناطق جغرافیایی جانوری استراتژیک (Fox *et al.*, 2005)، حدود ۵۳۴ گونه پرنده (Kaboli *et al.*, 2016)، ۲۱۵ گونه خزنده (Karami *et al.*, 2008)، ۱۹۱ گونه پستاندار (Scott & Adhami, 2006) و ۲۱ گونه دوزیست (Rastegar *et al.*, 2008) گزارش شده است. این مناطق عرصه‌ای بالغ بر ۸/۱۶۴ میلیون هکتار از عرض جغرافیایی ۲۵ درجه تا ۴۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه تا ۶۴ درجه شرقی را در بر می‌گیرند (Nouri Jangi, 2014). بخش اعظم ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد، اما وجود چندین تالاب بین‌المللی حیاتی به سبب جذب پرندگان آبی مهاجر بسیار با اهمیت هستند (Scott *et al.*, 1996).

جمع‌آوری نقاط حضور گونه

در مجموع تعداد ۲۵ نقطه حضور جهت مدل‌سازی پراکنش گونه‌ی غاز پیشانی سفید مورد استفاده قرار گرفت. این نقاط حضور از محل گزارشات سرشماری پرندگان سازمان حفاظت محیط‌زیست به دست آمد. این گزارشات در فرمت اکسل در اختیار ما قرار گرفت و مناطق مورد نظر با استفاده از Google Earth، مکان‌یابی و طول و عرض جغرافیایی آنها مشخص و به فرمت csv ذخیره گردید. در ادامه نقاط حضور به دست آمده از گزارش‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست با استفاده از نقشه پراکنش گونه‌ی مورد مطالعه موجود در اطلس پرندگان ایران (کابلی و همکاران، ۱۳۹۵) و سایت GBIF (www.gbif.org) مورد ارزیابی و صحت-سنجی قرار گرفتند.

آماده‌سازی پارامترهای زیست‌محیطی

در این مطالعه چهار گروه متغیر محیطی شامل متغیرهای توپوگرافیکی، اقلیمی و کاربری / پوشش زمین مورد استفاده قرار گرفت. نقشه‌های توپوگرافی و پوشش‌زمین / کاربری زمین، که توسط "سازمان نقشه‌برداری ایران" در ۱۳۸۴ سال تهیه و در سال

۱۳۹۴ با مقیاس 30×30 متر به روز رسانی شدند، استفاده شد. نقشه شیب از نقشه ارتفاع در نرم افزار Arc map به دست آمد. نقشه NDVI از سایت "Ladsweb 1" در تاریخ ۱۴ می سال ۲۰۱۸ از شاخص‌های ۱۶ روزه MODIS13 استخراج شده است. متغیرهای اقلیمی از بانک داده‌های اقلیم جهانی (www.worldclime.org/current) در اندازه سلول ۱۰۰۰ متر بر اساس درونیایی داده‌های هواشناسی در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی تهیه شدند، تعداد ۱۹ متغیر اقلیمی دانلود شدند و سپس با روش ضریب همبستگی پیرسون (± 0.8)، لایه‌هایی با بیش از ۸۰ درصد همبستگی اطلاعات حذف شدند (Priti *et al.*, 2016) و در انتها ۷ متغیر اقلیمی متشکل از بارش و دما باقی ماندند. جهت آماده‌سازی و پردازش لایه‌های اطلاعاتی از نرم افزار Arc map و Idrisi Selva استفاده شد. در نهایت تعداد ۲۳ پارامتر زیست‌محیطی با اندازه سلول ۱۰۰۰ متر جهت بررسی پارامترهای زیست-محیطی موثر در انتخاب زیستگاه توسط غاز پیشانی سفید با استفاده از پکیج Biomod 2 مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۳).

مدلسازی توزیع گونه (SDM)

برای مدل‌سازی توزیع گونه‌ی غاز پیشانی سفید در این مطالعه از پکیج Biomod 2 استفاده شد. پکیج Biomod جهت بررسی روابط بین محیط‌زیست و گونه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Thuiller *et al.*, 2009). به این ترتیب ۹ مدل در روند مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت، که در جدول ۱ آورده شده است. در روند مدل‌سازی از ۷۰ درصد نقاط حضور گونه برای تولید مدل‌ها و ۳۰ درصد نیز برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها استفاده شد. نقاط عدم حضور گونه‌ی مورد مطالعه با استفاده از پکیج Biomod 2 به دست آمد، همچنین در این مطالعه جهت افزایش دقت مدل‌سازی تعداد ۱۰۰ تکرار برای گونه در نظر گرفته شد.

GLM یک مدل پارامتریکی است که برای مدل‌سازی داده‌های حضور/عدم حضور گونه‌ها معرفی شده است (Austin *et al.*, 1984). FDA یک مدل طبقه‌بندی مبتنی بر ترکیبی از مدل‌های رگرسیون خطی است (Hastie *et al.*, 1994). RF از روش‌های کلاسه‌بندی و درخت‌های رگرسیونی است که به عنوان یک روش ماشین یادگیری، عملکرد بسیار دقیق و کارآمدی را ارائه می‌کند (Elith & Franklin, 2013). CTA روشی غیرپارامتری است که حدود ۳۶ سال پیش برای تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی توسعه یافته است (Breiman *et al.*, 1984). GBM ترکیبی از دو روش الگوریتم‌های تصمیم‌گیری درختی و مدل‌های تقویت شده تعمیم یافته است (Elith & Franklin, 2013). SRE به نام BIOCLIM نیز شناخته می‌شود. این مدل داده‌ها و مجموعه‌ای از عوامل محیطی، برای تهیه نقشه‌های پراکنش گونه و عوامل موثر در پراکنش آن استفاده می‌شود (Nix, 1986). MARS یک مدل رگرسیون سازشی چند متغیره و یک روش رگرسیون غیر پارامتریک است که می‌توان برای تجزیه و تحلیل ساختارهای پیچیده از آن بهره جست (Friedman, 1991). ANN جزء مدل‌های پارامتریک استاندارد است که از نورون‌های موجود در مغز انسان الگوبرداری کرده

و با ساختار نرونی و هوشمند خود تلاش می‌کند تا از طریق توابع تعریف‌شده رفتار درون‌سلولی نوروهای مغز را شبیه‌سازی کند (Harrell *et al.*, 1996). GAM یک مدل ناپارامتریک بوده و بسط مدل‌های خطی تعمیم یافته است. هدف از به کار بردن این مدل به حداکثر رساندن کیفیت پیش بینی متغیر وابسته است (Hastie *et al.*, 1994).

جدول ۱- مدل‌های استفاده شده در پکیج Biomod

Table 1. Models used in the biomod package

نام فارسی	نام کامل	علامت اختصاری
مدل خطی تعمیم یافته	Generalized Liner Model	GLM
روش تقویت شده تعمیم یافته	Generalized Boosting Method	GBM
مدل افزایشی تعمیم یافته	Generalized Additive Model	GAM
آنالیز طبقه بندی درختی	Classification Tree Analysis	CTA
شبکه عصبی مصنوعی	Artificial Neural Network	ANN
پاکت دامنه سطحی	Surface Range Envelope	SRE
آنالیز تفکیکی انعطاف پذیر	Flexible Denotative Analysis	FDA
مدل رگرسیون سازشی چند متغیره	Multivariate Adaptive Regression Spline	MARS
جنگل تصادفی	Random Forest	RF

در این مطالعه صحت مدل‌سازی با توجه به انواع مختلف مدل‌ها با استفاده از دو ضریب آماری محاسبه شد. روش اول بررسی میزان ROC (receiver operating characteristic) است. ROC یک روش گرافیکی است که توانایی یک مدل برای پیش‌بینی نقاط حضور و عدم حضور گونه‌ها را بر اساس پارامترهای زیست‌محیطی مرتبط مورد ارزیابی قرار می‌دهد (Fielding *et al.*, 1997). روش دوم محاسبه میزان TSS (True Skill Statistic) است. این روش زمانی کاربرد دارد که از مدل‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌شود. TSS را می‌توان به عنوان شاهدهی برای تفسیر پدیده‌های اکولوژیکی واقعی عنوان کرد. مطالعات نشان می‌دهد که میزان ROC با میزان TSS همبستگی بالایی دارد. بنابراین در مطالعاتی که نتایج آن به صورت نقشه‌ی حضور و عدم حضور است TSS می‌تواند جایگزین مناسبی برای ROC باشد (Thuiller, 2003). در بسیاری از مطالعات TSS را به عنوان شاخصی کارآمد برای بررسی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی شده توصیه کرده‌اند (Allouche *et al.*, 2006). در ادامه برای دستیابی به یک نگرش جغرافیایی

از مناطقی که دارای شرایط اقلیمی مناسب برای گونه‌ی مورد مطالعه هستند، نقشه مطلوبیت زیستگاه در بصورت گسسته برای هر یک از آنها به تصویر کشیده شد. نقشه مطلوبیت به دست آمده به وسیله هر یک از مدل‌ها، مطلوبیت زیستگاه را از صفر تا ۱۰۰۰ بیان می‌کند. صفر کمترین احتمال و ۱۰۰۰ بیشترین احتمال حضور گونه است. برای درک بهتر پراکنش گونه، نقشه دو طبقه‌ای شامل زیستگاه‌های نامطلوب بین ۰ تا ۴۰۰ و زیستگاه‌های مطلوب بین ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ تهیه شد (Gutiérrez *et al.*, 2014).

نتایج

نتایج صحت‌سنجی نشان می‌دهد که تمامی مدل‌های استفاده شده در روند مدل‌سازی از صحت خوب و قابل قبولی برخوردار هستند (جدول ۲). مقادیر TSS و ROC حاکی از آن است که به ترتیب مدل‌های MARS و GBM و در رتبه‌های بعدی ANN، RF، FDA دارای صحت بالاتری در ارزیابی عملکرد مدل‌سازی پراکنش زیستگاه غاز پیشانی سفید در سطح ایران هستند، همچنین مقادیر شاخص‌ها نشان می‌دهد که مدل SRE عملکرد نسبتاً متوسطی در روند ارزیابی صحت مدل‌سازی دارد.

جدول ۲- میزان ROC و TSS گونه‌ی *Anser albifrons*

Table 2: TSS and ROC levels of *Anser albifrons*

مدل	GBM	GAM	GLM	CTA	ANN	MARS	SRE	RF	FDA
TSS	۰/۹۵	۰/۶۹	۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۴۲	۰/۹۰	۰/۹۰
ROC	۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۷۱	۰/۹۷	۰/۹۶

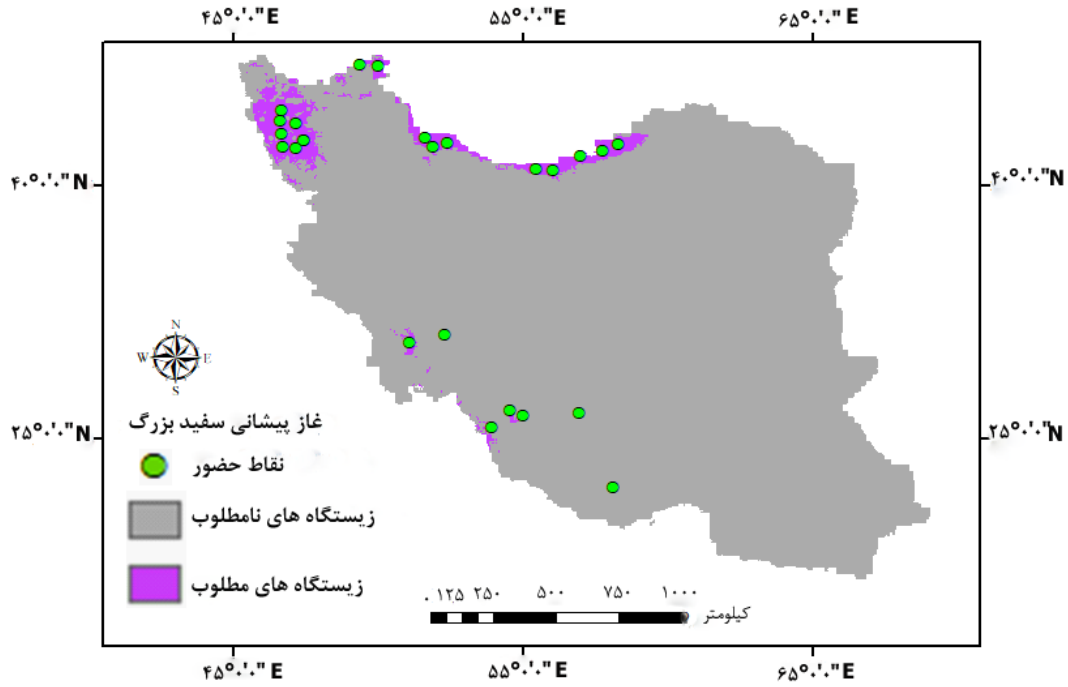
نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تمامی پارامترهای زیست‌محیطی بکار برده شده در مدل‌سازی اهمیت زیادی در پراکنش غاز پیشانی سفید دارند، با این حال پارامترهایی نظیر میزان بارش سالیانه، فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم، بارش گرمترین فصل سال و فاصله تا تالاب‌ها بیشترین اثر را در نحوه‌ی انتخاب زیستگاه توسط گونه‌ی مورد مطالعه دارند. در این میان پارامترهایی مانند فاصله تا مناطق حفاظت شده، فاصله تا نهرها و همچنین فاصله تا جاده‌ها دارای اهمیت نسبتاً کمتری نسبت به مابقی پارامترها در پراکنش گونه‌ی مورد مطالعه هستند (شکل ۳ و جدول ۳).

جدول ۳ - اهمیت نسبی پارامترهای زیست محیطی گونه‌ی *Anser albifrons*

Table 3. Relative importance of environmental parameters of *Anser albifrons* species

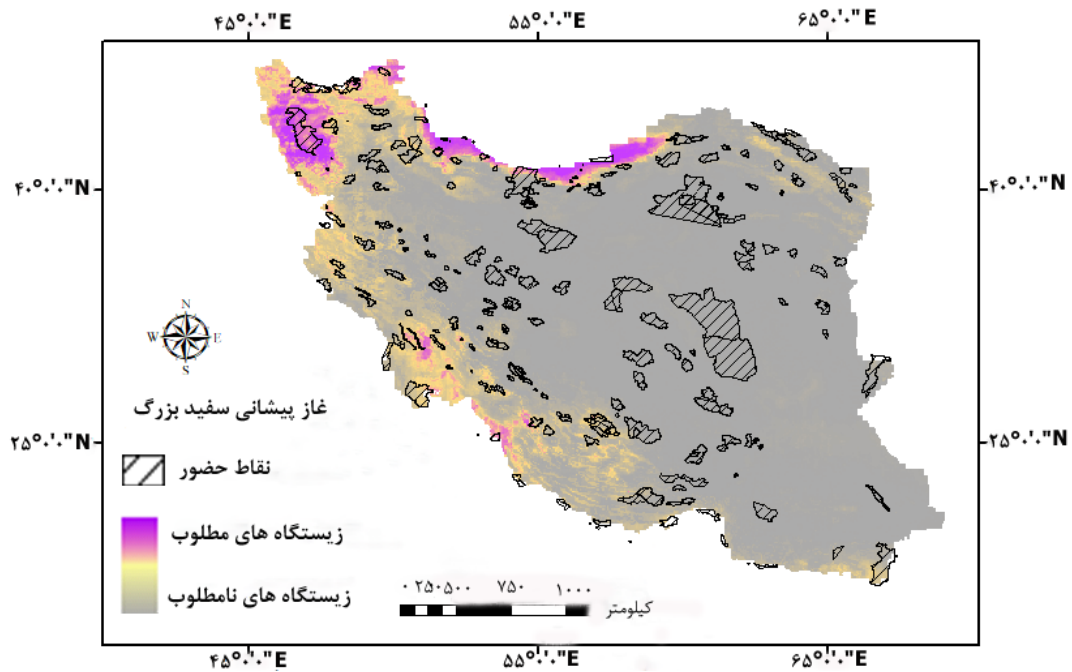
میزان اهمیت پارامتر	نام پارامتر	میزان اهمیت پارامتر	نام پارامتر
۱	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم	۰/۹۹	فاصله تا رودخانه
۰/۹۱	دمای متوسط سالانه	۰/۹۳	ارتفاع از سطح دریا
۰/۸۹	میانگین دمای گرمترین فصل سال	۰/۷۸	فاصله تا روستا
۱	میزان بارش سالانه	۰/۷۳	شیب
۰/۹۳	میزان بارش فصلی	۰/۹۱	فاصله تا شهر
۰/۹۸	بارش پر باران‌ترین فصل سال	۰/۵۵	فاصله تا نهرها
۰/۷۶	بارش کم باران‌ترین فصل سال	۰/۹۰	فاصله تا جنگل
۱	بارش گرمترین فصل سال	۱	فاصله تا تالاب
۰/۷۶	فاصله تا مراتع	۰/۷۴	فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی
۰/۰۹	فاصله تا مناطق حفاظت شده	۰/۷۱	شاخص پوشش گیاهی (NDVI)
۰/۹۵	فاصله تا مناطق کویری و بیابان	۰/۸۵	جامعه گیاهی
		۰/۸۵	فاصله تا جاده ها

در روند مدلسازی، مدل‌هایی با میزان TSS پائین تر از ۰/۷ از روند مدلسازی حذف شدند و مابقی مدل‌ها با یکدیگر تجمیع شدند که به عنوان نقشه مطلوبیت زیستگاه ارائه شد. نقشه مطلوبیت زیستگاه‌های گونه‌ی مورد نظر در شکل ۱ آورده شده است. همانطور که مشهود است از کل مساحت ایران تنها ۷/۰۳ درصد به عنوان زیستگاه‌های مطلوب شناخته می‌شود که با نقاط حضور گونه همپوشانی بسیاری دارد، همچنین نتایج آنالیز همپوشانی نقشه، مطلوبیت زیستگاه غاز پیشانی سفید و مناطق حفاظت شده نشان می‌دهد که ۷/۹۴ درصد از کل زیستگاه‌های مطلوب را مناطق حفاظت شده در بر می‌گیرند (شکل ۲).



شکل ۱- نقشه مطلوبیت زیستگاه و پراکندگی نقاط حضور *Anser albifrons*

Figure 1. Habitat suitability map and dispersal of *Anser albifrons*



شکل ۲- نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه‌ی *Anser albifrons* و میزان همپوشانی با مناطق حفاظت شده

Figure 2. Habitat map of *Anser albifrons* species and extent of overlap with protected areas

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی به یک تهدید جدی در زمینه‌ی تنوع‌زیستی در سطح کلان تبدیل شده است. بر اساس مطالعات انجام شده پیشبینی شده است، اگر میانگین دمای جهانی ۳ - ۲ درجه سانتیگراد بالاتر از میانگین جهانی شود، احتمالاً ۲۰ تا ۳۰ درصد گونه‌های جهان در معرض انقراض قرار خواهند گرفت (Leemans *et al.*, 2006). نرخ بالای انقراض‌ها تحت تاثیر پیامدهای تغییر اقلیم باعث ایجاد برنامه‌های کاربردی جهت ارائه اقدامات حفاظتی پیشگیرانه و شناسایی گونه‌ها و زیستگاه‌های آسیب‌پذیر به تغییرات اقلیم شده است (IPCC, 2007; Hannah *et al.*, 2007). در حال حاضر کشور ایران، با میانگین بارش سالیانه ۲۴۲ میلیمتر در سال، در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار دارد. طبق مطالعات انجام شده کشور ایران تا سال ۲۰۵۰ با کاهش ۲۵ - ۲۰ درصدی میزان بارش‌ها در فصل بهار و تابستان روبه‌رو خواهد شد (Madadi & Madadi, 2011). بر همین اساس به نظر می‌رسد، گونه‌های حیات وحش بخصوص گونه‌های آبی مهاجر تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار گیرند. با توجه به چالش‌های ایجاد شده در زمینه‌ی حفاظت از گونه‌ها، روش‌های مختلف مدلسازی به خصوص پکیج Biomod 2 جهت ارزیابی برنامه‌های کاربردی مدیریت تنوع‌زیستی در سراسر جهان ایجاد شده‌اند. در این پکیج هر مدل بر اساس الگوریتم خاصی اجرا می‌شود. استفاده تنها از یک روش در مدلسازی مطلوبیت زیستگاه نمی‌تواند خروجی قابل اعتمادی داشته باشد. لذا استفاده از مدل‌های متفاوت و مقایسه نتایج آن همواره تأکید شده است. در مطالعه‌ی حاضر نیز جهت مدلسازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مورد مطالعه از نه روش مدلسازی استفاده شد، در حالی که در مطالعات بسیاری همچون (Sangoony *et al.*, 2017; Jafarian & Kargar, 2017; Amiri *et al.*, 2019; Valavi *et al.*, 2016; Haidarian Aghakhani *et al.*, 2017) روش‌های مدلسازی به‌منظور مدلسازی مطلوبیت زیستگاه گونه استفاده شده است. تعداد بیشتر مدل‌های استفاده شده در این مطالعه فرصت انتخاب بهترین مدل را برای ما فراهم کرده است. مطالعات بسیاری در جهان به بررسی پراکنش پرندگان تحت عوامل محیطی پرداخته‌اند (Foden *et al.*, 2013; ShariatiNajafabadi *et al.*, 2016; Gaudreau *et al.*, 2018) در این مطالعه برای اولین بار مطلوبیت زیستگاه گونه غاز پیشانی سفید تحت تاثیر عوامل زیست‌محیطی در سطح ایران مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل پارامترهای مورد استفاده در این مطالعه نشان می‌دهد که میزان بارش سالیانه تاثیر بسزایی در پراکنش غاز پیشانی سفید دارد، بنابراین احتمال حضور گونه در مناطقی با بارندگی زیاد افزایش می‌یابد. فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم نیز از عواملی است که در پراکنش گونه حائز اهمیت هستند، این پارامتر به دلیل شرایط زیستی نامساعد مانند میزان بارش‌ها و دمای مناسب به عنوان یک عامل بازدارنده عمل می‌نماید، بدین صورت که هر چه فاصله از این مناطق بیشتر باشد احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. همچنین بارش گرمترین فصل سال و فاصله تا تالاب‌ها از پارامترهایی است که طبق نتایج این مطالعه اهمیت

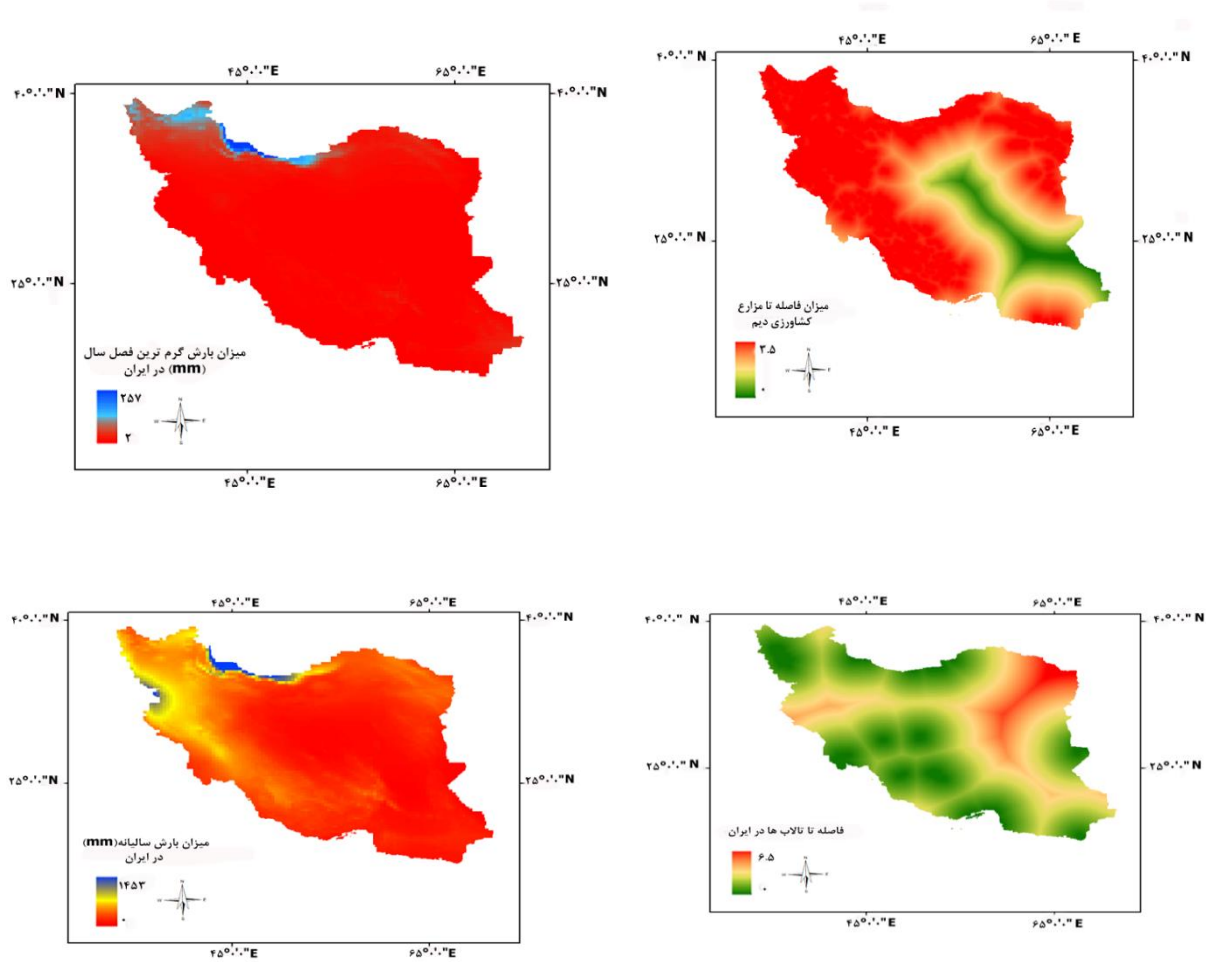
زیادی در تعیین مطلوبیت زیستگاه غاز پیشانی سفید دارد. پارامترهایی نظیر فاصله تا مناطق حفاظت شده، فاصله تا نهرها و همچنین فاصله تا جاده‌ها دارای اهمیت کمتری نسبت به پارامترهای مرتبط با دما و بارش در پراکنش گونه‌ی مورد مطالعه هستند، این نتایج به معنی عدم اهمیت متغیرهای مورد استفاده دیگر نیست. تمامی متغیرهای مورد استفاده به نوبه‌ی خود دارای نقش بسزایی در پراکنش گونه‌ی غاز پیشانی سفید هستند، بنابراین می‌بایست این نکته حائز اهمیت در مطالعات زیست‌محیطی و حفاظتی مورد توجه قرار گیرد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی در سطح ایران نشان داد که زیستگاه مطلوب این گونه عمدتاً در مناطق آبی نظیر تالاب‌ها، رودخانه‌ها و آبگیرهای سواحل جنوبی دریای خزر، سواحل شمالی خلیج فارس و همچنین در استان‌های آذربایجان (تالاب‌های اطراف دریاچه ارومیه) و به صورت اندک در اکوسیستم‌های آبی جنوب کشور شامل استان‌های فارس و خوزستان قرار دارد. در حال حاضر بسیاری از بخش‌های جنوبی دریای خزر شامل تالاب لوندویل و تالاب استیل و تالاب‌های استان آذربایجان غربی به دلیل شرایط مساعد زیستی پتانسیل بالایی جهت جذب این گونه طی فصول مهاجرت دارند. در گذشته برخی تالاب‌های استان فارس و هرمزگان دارای زیستگاه‌های مناسبی جهت جذب این گونه بوده‌اند، اما به دلیل تغییرات اقلیمی این مناطق در حال حاضر مستعد جذب گونه غاز پیشانی سفید نیستند. بنابراین می‌توان با اتخاذ اقدامات حفاظتی مناسب زمینه جذب معرفی مجدد گونه به این مناطق را فراهم نمود. این مناطق ۷/۰۳ درصد از کل مساحت سطح ایران معادل ۱۱۹۹۱/۵۵ کیلومتر را پوشش می‌دهند، همچنین ۷/۹۴ درصد از سطح زیستگاه‌های مطلوب این گونه معادل ۱۴۹۲۷/۲۲ کیلومتر درون مناطق حفاظت شده قرار دارند.

Asadian و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای که به تعیین عوامل مؤثر بر الگوی جغرافیایی غنای گونه‌ای پرندگان حوزه شهرستان سرخس پرداختند، بیان نمودند که پارامتر میزان بارش به‌عنوان مهمترین عامل در توزیع و پراکنش گونه‌ای پرندگان در حوزه شهرستان سرخس نقش مهمی را ایفا می‌کند. همچنین در مطالعه‌ای که توسط Li و همکاران در سال ۲۰۱۳ جهت بررسی ارتباط بین پارامترهای زیست‌محیطی و چگونگی انتخاب زیستگاه توسط غاز پیشانی سفید با استفاده از پکیج BIOMOD انجام شد، مشخص شد که پارامترهای مرتبط با اقلیم و توپوگرافی نظیر میزان دما و بارش، ارتفاع، شیب و فاصله تا نزدیکترین آب‌های داخلی با نحوه پراکنش این گونه در زیستگاه‌های مطلوب زمستان‌گذرانی، زادآوری و دوره‌های مختلف مهاجرت در ارتباط هستند. در مطالعه‌ای دیگر که توسط Kasprzykowski و Polakowski در سال ۲۰۱۶ انجام شد، صحت نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر را نشان می‌دهد. بدین صورت که آنها در این مطالعه به تجزیه و تحلیل تأثیر پارامترهای اقلیمی و تأثیر آن بر پراکنش جمعیت و سایت‌های جستجوی غذا در دو گونه‌ی *Anser albifrons* و *Anser anser* پرداختند که نتایج نشان دادند اولویت تغذیه‌ای و زیستی این دو گونه در مناطقی با بارندگی زیاد و دمای کم هستند.

در مطالعه‌ی حاضر نیچ‌های اقلیمی، نیچ‌های واقعی هستند. به طور کلی در مورد گونه *Anser albifrons* پارامترهای اقلیمی در پراکنش این گونه بیشترین اهمیت را دارند، بنابراین گونه‌ها جهت سازش با تغییرات محیطی دامنه پراکنش و نقاط حضور خود را تغییر می‌دهند. لذا نیاز به ساخت و توسعه مناطق حفاظت شده جدید برای حفاظت از این گونه‌ها وجود دارد. در اینجا می‌بایست به این نکته توجه نمود که تغییرات اقلیمی به تنهایی نمی‌تواند عامل ساخت و توسعه مناطق حفاظت شده باشد، لذا در همین راستا ضروری‌ست سایر عوامل محیطی نیز در نظر گرفته شود. مناطق حفاظت شده همواره یکی از مهمترین و موثرترین ابزارهای حفاظت از تنوع‌زیستی در سطح جهان هستند. ایجاد مناطق حفاظت شده جدید باعث بهبود حفاظت این گونه‌ها در برابر اثرات مخرب ناشی از تغییرات اقلیم می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده حداقل ۱۴۰۰ گونه از مهره‌داران در هیچکدام از مناطق حفاظت شده قرار ندارند. این موضوع نشان دهنده وجود بخش بزرگی از تنوع‌زیستی در خارج از مناطق حفاظت شده است (Wauchope et al., 2017; Hannah et al., 2007; Carvalho et al., 2017). نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر نیز ضرورت تجدید نظر در مرزبندی مناطق حفاظت شده در ایران را نشان می‌دهد.

این مطالعه جهت شناسایی پارامترهای مختلف محیطی موثر بر نحوه انتخاب زیستگاه توسط گونه‌های آبی می‌هاجر، روش جدیدی را در بوم‌شناسی رفتار معرفی می‌کند. این امر به ویژه از نظر حفاظت و از نظر اقتصادی با هدف کاهش تعارضات احتمالی بین غازها و منافع کشاورزی بسیار مهم است. پکیج Biomod 2 یک دیدگاه منحصر به فرد پویا در مورد چگونگی انتخاب زیستگاه و عوامل موثر بر آن را روشن می‌سازد. داشتن تخصص کافی در این زمینه برای برنامه‌ریزی حفاظت امری موثر است. مدل‌های توزیع گونه‌ای، آگاهی مدیران نسبت به اثرات تغییر اقلیم بر گونه‌ها را افزایش می‌دهند و ابزارهای مفید و مقرون به صرفه‌ای برای استفاده آنها فراهم می‌کند. همچنین داشتن تخصص کافی در زمینه‌ی انتخاب زیستگاه‌های مطلوب توسط گونه‌ها نقش مهمی در مدیریت راهبردی و کاهش تعارضات بین انسان و گونه‌های حیات وحش ایفا می‌کند. روش پیشنهادی در این مطالعه می‌تواند در برنامه‌های حفاظتی به جهت پیش‌بینی رابطه گونه‌ها با تغییرات سریع شرایط محیطی ادغام شود.



شکل ۳- نقشه مهم‌ترین پارامترهای زیست محیطی

Figure 3. Map of the most important environmental parameters

پیوست‌ها

منابع

- Abraham, K.F., Jefferies, R.L. and Alisauskas, R.T. (2005). The dynamics of landscape change and snow geese in mid-continent North America. *Glob. Chang. Biol.*, 11, 841–855.
- Alerstam, T., Lindström, Å., (1990). *Optimal Bird Migration: the Relative Importance of Time, Energy, and Safety*, Bird Migration. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 331–351.

- Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of applied ecology*, 43(6), 1223-1232.
- Amiri M., Tarkesh M., Jafari R., (2019). Predicting The Climatic Ecological Niche Of *Artemisia Aucheri* Boiss In Central Iran Using Species Distribution Modeling. *Iranian Journal Of Applied Ecology* , Vol. 8 (2) , 61 - 79.
- Asadian, M., Aliabadian, M., Riyazi, B., (2014). The Role of Environmental Factors on Species Richness Pattern of Birds in Sarakhs. *Conservation and Utilization of Natural Resources*, Vol. 2 (1)., <http://ejang.gau.ac.ir>.
- 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.
- Breiman, L. Friedman JH, Olshen RA, Stone CJ. (1984). *Classification and regression trees*. Belmont, California. Wadsworth International Group.
- de Carvalho, D. L., Sousa-Neves, T., Cerqueira, P. V., Gonsioroski, G., Silva, S. M., Silva, D. P., & Santos, M. P. D. (2017). Delimiting priority areas for the conservation of endemic and threatened Neotropical birds using a niche-based gap analysis. *PloS one*, 12(2).
- de Roder, F. E., Bijlsma, R. G., & Klomp, J. (2008). Tweede broedgeval van de Zeearend *Haliaeetus albicilla* in Nederland. *De takkeling*, 16(2), 100-123.
- Ebbing, B. S., Vanbiezen, J. B., & Vandervoet, H. (1991). Estimation of annual adult survival rates of barnacle geese *Branta-Leucopsis* using multiple resightings of marked individuals. *Ardea*, 79(1), 73-112.
- Elith, J., Franklin, J. (2013). *Species Distribution Modeling*, in *Encyclopedia of Biodiversity* (Second Edition), S.A. Levin, Editor. Academic Press, Waltham. p. 692-705.
- Faaborg, J., Holmes, R. T., Anders, A. D., Bildstein, K. L., Dugger, K. M., Gauthreaux Jr, 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, I., Sherry, T. W., Sillett, S., Thompson III, F. R., Warnock. N., (2010). Conserving migratory land birds in the New World: Do we know enough? *Ecological applications*, 20(2), 398-418.
- 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(1), 38-49.
- Foden, W. B., Butchart, S. H., Stuart, S. N., Vié, J. C., Akçakaya, H. R., Angulo, A., DeVantier, L. M., Gutsche, A., Turak, E., Cao, L., Donner, S. D., Katariya, V., Bernard, R., Holland, R. A., Hughes, A. F., O'Hanlon, S. E., Garnett, S. T., Şekercioğlu, C. H., Mace, G. M., (2013). Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic traitbased assessment of all birds, amphibians and corals. *PloS one*, 8(6).
- Fox, A.D., Madsen, J., Boyd, H., Kuijken, E., Norriss D.W., Tombre, I.M. and Stroud D.A. (2005). Effects of agricultural change on abundance, fitness components and distribution of two arcticnesting goose populations. *Glob. Chang. Biol.*, 11, 881–893.
- Franklin, J. (2010). *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *The Annals of Statistics* 19:1–67.
- Gaudreau, J., Perez, L., & Harati, S. (2018). Towards Modelling Future Trends of Quebec's Boreal Birds' Species Distribution under Climate Change. *ISPRS International Journal of Geo- Information*, 7(9), 335.
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, 8(9), 993-1009.

- Gutiérrez, E. E., Boria, R. A., & Anderson, R. P. (2014). Can biotic interactions cause allopatry? Niche models, competition, and distributions of South American mouse opossums. *Ecography*, 37(8), 741-753.
- Haidarian Aghakhani M., Tamartash R., Jafarian Z., Tarkesh Esfahani M., Tatian M.R. (2017). Forecasts Of Climate Change Effects On *Amygdalus Scoparia* Potential Distribution By Using Ensemble Modeling In Central Zagros. *Journal Of Rs And Gis For Natural Resources* , Vol, 8 (3), 1 - 14.
- Hannah, L., Midgley, G., Andelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, Pearson, R., Williams, P. (2007). Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3), 131-138.
- 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.
- IPCC, A. (2007). Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 1.
- Jafarian, Z., Kargar, M., (2017). Distribution Modeling Of Protective And Valuable Plant Species In The Tourist Area Of Polour Using Generalized Linear Model (Glm) And Generalized Additive Model (Gam). *Geography And Development* , Vol. 15 (46), 117 - 132.
- Jankowiak, L., Antczak, M., Tryjanowski, P. (2008). Habitat use, food and the importance of poultry in the diet of the red fox *Vulpes vulpes* in extensive farmland in Poland. *World Appl. Sci. J.* 4, 886–890.
- Jetz, W. & Rahbeck, C. (2002) Geographic range size and deter-minants of avian species richness. *Science*, 297, 1548 –1551.
- Jiménez-Valverde, A., Barve, N., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Nakazawa, Y., Papeş, M., & Peterson, A. T. (2011). Dominant climate influences on North American bird distributions. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 114-118.
- 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 (Praha)*, n. s., 39(1), 63-102.
- Kear, J. (Ed.). (2005). Ducks, geese and swans: Species accounts (Cairina to Mergus) (Vol. 2). Oxford University Press.
- Khaleghizadeh, A. (2020). Atlas of Birds of Iran. Mohammad Kaboli, Mansour Aliabadian, Mohammad Tohidifar, Alireza Hashemi, Seyed Babak Musavi and Cees C. Roselaar. Iran Department of the Environment, Tehran. 617 pp. *Journal of Animal Diversity*, 2(1), 100-103.
- Leemans, R., Rounsevell, M. D. A., Midgley, G. F., Price, J. T., Fischlin, A., Dube, O. P., Turley, C. (2006). Ecosystems, their properties, goods and services.
- Li, X., Tian, H., Wang, Y., Li, R., Song, Z., Zhang, F. & Li, D. (2013). Vulnerability of 208 endemic or endangered species in China to the effects of climate change. *Regional Environmental Change*, 13(4), 843-852.
- Madadi, A., Madadi, D., (2011). Climate change on vegetation and ecosystem. National Conference on Climate change and its impact on agriculture and environment, Urmia. <https://civilica.com/doc/123385>.

- Madsen, J., Cracknell, G. and Fox, A.D. (eds) (1999). Goose populations of the western Palearctic. Wetlands International Pub. No. 48. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Menu, S., Gauthier, G., & Reed, A. (2002). Changes in survival rates and population dynamics of greater snow geese over a 30-year period: implications for hunting regulations. *Journal of Applied Ecology*, 91-102.
- Nix, H. A. (1986). A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. *Atlas of elapid snakes of Australia*, 7, 4-15.
- Nouri Jangi, M., 2014, Assessing the situation and threats to biodiversity in Iran. The second national and specialized conference on environmental research in Iran. Hamedan. <https://civilica.com/doc/293025>.
- 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.
- Owen, M. (1980). *Wild geese of the world*.-London, BT Bastford Ltd.: 1-230.
- 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, 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, 14-28.
- RASTEGAR, P. N., Kami, H. G., Rajabzadeh, M., Shafiei, S., & Anderson, S. C. (2008). Annotated checklist of amphibians and reptiles of Iran.
- Rosin, Z. M., Skórka, P., Wylegała, P., Krąkowski, B., Tobolka, M., Myczko, Ł., & Tryjanowski, P. (2012). Landscape structure, human disturbance and crop management affect foraging ground selection by migrating geese. *Journal of Ornithology*, 153(3), 747-759.
- Sangoony, H., Vahabi, M., Tarkesh, M., Eshghizadeh, H., Soltani, S (2017). Characterization of ecosystem's climate and geographical distribution of two pasture species using random forest modeling in Central Zagros region. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, 5 (10), 1-17.
- 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*, 307-313.
- Shariati najafabadi, M., Wang, T., Skidmore, A.K., Toxopeus, A.G., Kölzsch, A., Nolet, B.A., Exo, K.M., Griffin, L., Stahl, J., Cabot, D., 2014. Migratory herbivorous waterfowl track satellite-derived green wave index. *PLoS One* 9, e108331.
- Sillett, T. S., & Holmes, R. T. (2002). Variation in survivorship of a migratory songbird throughout its annual cycle. *Journal of Animal Ecology*, 71(2), 296-308.

- Stralberg D, Matsuoka SM, Hamann A, Bayne EM, Solymos P, Schmiegelow FKA, Wang X, Cumming SG, Song SJ (2015). Projecting boreal bird responses to climate change: the signal exceeds the noise. *Ecological Applications* 25:52–69.
- Thuiller, W. (2003). Biomod—optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global change biology*, 9(10), 1353-1362.
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., & Araújo, M. B. (2009). Biomod –a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32(3), 369-373.
- Valavi, R., Motkan, A. A., Shakiba, A., Mirbagheri, B., (2015). Simulation of Climate Change Impact on Zagros Oak Habitat Using Two Artificial Neural Network and Random Forest Algorithms. Fifth Regional Conference on Climate Change, Tehran. <https://civilica.com/doc/557234>.
- Van der Graaf, A. J., Stahl, J., Klimkowska, A., Bakker, J. P., & Drent, R. H. (2006). Surfing on a green wave e How plant growth drives spring migration in the Barnacle Goose *Branta leucopsis*. *Ardea*, 94(3), 565e577.
- Van Eerden, M.R., Drent, R.H., Stahl, J. and Bakke, J.P. (2005). Connecting seas: western Palearctic continental flyway for water birds in the perspective of changing land use and climate. *Glob. Chang. Biol.*, 11, 894–908.
- Wauchope, H. S., Shaw, J. D., Varpe, Ø., Lappo, E. G., Boertmann, D., Lanctot, R. B., & Fuller, R. A. (2017). Rapid climate- driven loss of breeding habitat for Arctic migratory birds. *Global Change Biology*, 23(3), 1085-1094.

Suitability modeling of white-fronted goose (*Anser albifrons* Scopoli 1769) in Iran

F. Bigleri Quchan Atiq¹, A. Farashi^{2*}, M. Shariati Najafabadi³

Received: 2020.10.14

Accepted: 2021.5.15

Abstract

Today, the dynamic response of aquatic migratory species to the environment and how they choose their habitat has rarely been considered. Due to the need for studies in this field, the present study was conducted to investigate the distribution and environmental parameters affecting the habitat selection of the white-fronted goose (*Anser albifrons* Scopoli, 1769), as a migratory species in Iran. In the present study, four groups of environmental variables including: topographic, climatic and land use/land cover variables were used. Attendance points were obtained using reports from the Environmental Protection Agency. For modeling, 9 algorithms in the BIOMOD package under R software were used. The accuracy of the modeling was evaluated using ROC and TSS indexes. The results showed that parameters such as annual rainfall, distance to rainfed agricultural fields, rainfall of the warmest season, and distance to wetlands, have the greatest impact on the distribution of white-fronted goose.

Keywords: BIOMOD, Environmental parameters, Habitat selection, Wetland

¹ M.Sc. Student, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

² Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

³ Ph.D, Department of Environment, University of Twente, Netherlands (*Corresponding author: Farashi@um.ac.ir)