

ارزیابی پراکنش جغرافیایی کنونی و آینده گونه معرفی شده جکوی شکم زرد خانگی *Hemidactylus flaviviridis* Ruppell, 1840 در ایران با استفاده از مدل‌سازی پراکنش

گونه‌ای

محبوبه سادات حسین زاده^۱، منصور علی‌آبادیان^{۲*} و اسکندر رستگار پویانی^۳

^۱ مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

^۲ مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، مرکز پژوهشی جانورشناسی کاربردی

^۳ سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی

تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۳

چکیده

در حال حاضر، فعالیت‌های انسانی مانند اکتشاف، مهاجرت، تجارت و گردشگری بشدت دامنه و الگوی پراکنش برخی گونه‌ها را تغییر داده است. در این مطالعه الگوهای پراکنش کنونی و آینده (سال ۲۰۴۰) جکوی خانگی شکم زرد و ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی تأثیرگذار بر پراکنش این گونه بعنوان گونه‌ای که محدوده پراکنش آن متأثر از فعالیت‌های انسانی است مورد بررسی قرار گرفته است. مدل‌سازی پراکنش گونه براساس ۴۰ نقطه حضور و هفت متغیر زیست‌اقلیمی تأثیرگذار غیر همبسته از بین ۱۹ متغیر دریافت شده از تارنمای worldclim با استفاده از نرم افزار مدل‌سازی آنتروپی بیشینه (MaxEnt) انجام گرفت. نتایج مدل‌سازی حاکی از آن است که مطلوبترین زیستگاه این گونه نوار ساحلی خلیج فارس در جنوب ایران می‌باشد. نتایج مدل‌سازی مربوط به آینده، برخی نواحی استان سیستان و بلوچستان، نواحی مرکزی فلات ایران هم بعنوان زیستگاه‌های با درجه مطلوبیت پایین‌تر معرفی کرده است. مهم‌ترین عوامل موثر بر پراکنش جکوی شکم زرد خانگی در ایران متشکل از بارش فصلی و بارش گرمترین فصل سال است که بیشترین سهم را در مدل‌سازی این گونه داشته‌اند. بمنظور اولویت‌گذاری حفاظتی، شناسایی گونه‌های بیگانه در جهت کنترل این گونه‌ها و حفظ تنوع زیستی حائز اهمیت است.

واژه‌های کلیدی: زیستگاه، مطلوبیت، بارش، زیست‌اقلیمی، مدل‌سازی آنتروپی بیشینه

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۵۱-۸۷۶۲۲۲۷، پست الکترونیکی: aliabadi@ferdowsi.um.ac.ir

مقدمه

سازگان، تهدید تنوع زیستی بومی اثرگذار است (۹ و ۳۱). گونه در صورتی بیگانه نامیده می‌شود که دخالت‌های انسانی اهمیت عمده‌ای در تعیین دامنه پراکنش آن داشته باشد در حالیکه روندهای زیستی (مانند قابلیت رقابت، فقدان دشمنان طبیعی) ممکن است از درجه اهمیت بالاتری در تراکم جمعیتی این گونه‌ها برخوردار باشد (۱۱، ۱۲). مفهوم مهاجم به افراد جمعیت نه به کل گونه

در دهه‌های اخیر اثرات منفی تغییرات جهانی اقلیم و تهاجم‌های گونه‌ای بر روی تنوع زیستی بومی مورد بحث و چالش فراوان قرار گرفته است. در حال حاضر، فعالیت‌های انسانی مانند اکتشاف، مهاجرت، تجارت و گردشگری بشدت تنوع و تهاجم گونه‌های بیگانه را افزایش داده است. تهاجم‌های زیستی بر روی دارایی اقتصادی انسان از طریق تأثیر بر کشاورزی، جنگل‌داری، سلامت، تغییر کاربری بوم

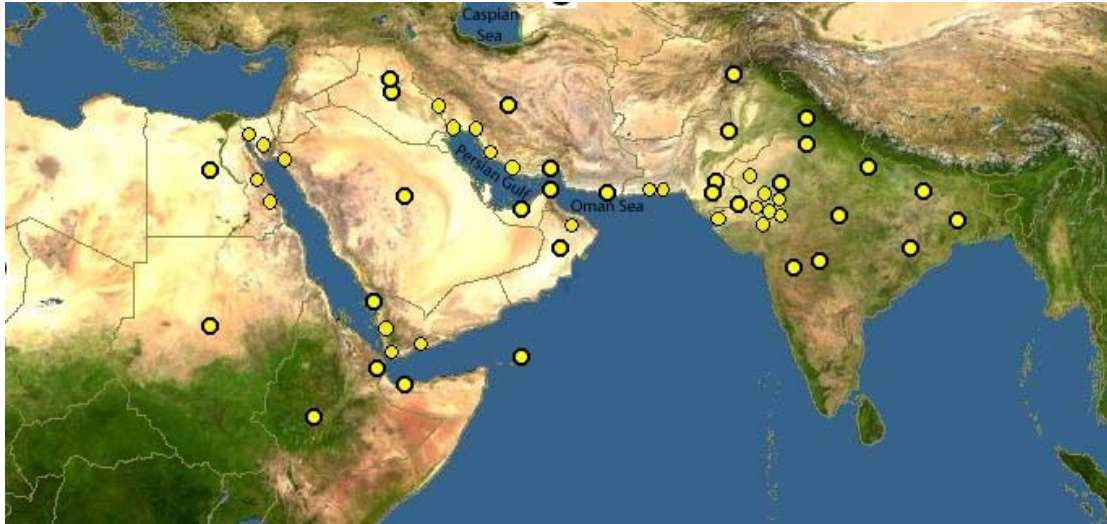
گسترش یافته است (۴۱،۳۵). بدلیل حضور بیش از ۴۰ گونه از این جنس در شرق آفریقا احتمال حضور خاستگاه در این ناحیه تقویت شده است (۳۶،۲۴،۲۲). بخاطر پراکنش گسترده این جنس و غنای گونه‌ای بالا، این جنس مدلی بسیار مناسب برای ارزیابی فرضیه‌های جغرافیای زیستی، بوم‌شناختی و تکاملی محسوب می‌شود (۳۶). محدوده جغرافیایی پراکنش بیشتر گونه‌های *Hemidactylus* محدود به جنوب آسیا و آفریقا می‌باشد و تنها هشت گونه پراکنش جغرافیایی وسیعی دارند، این گونه‌ها عبارتند از: *H. turcicus*، *H. mabouia*، *H. persicus*، *H. garnotii*، *H. frenatus*، *H. brookii* و *H. flaviviridis* این گونه‌ها معمولاً با انسان زیست می‌کنند و در مناطق مسکونی حضور دارند و بنابراین امکان نقل و انتقال آنها به مناطق مختلف توسط انسان وجود دارد (۹).

چهار گونه از این جنس در ایران گزارش شده است که عبارتند از: جکوی خانگی پارسی (*H. persicus* J. Anderson, 1872)، جکوی خانگی شکم زرد (*H. flaviviridis* Rüppell, 1840)، جکوی خانگی هی دن (*H. robustus* Heyden, 1827) و جکوی خانگی رومشکان (*H. romeshkanicus* Toriki 2011) (۴۰، ۸، ۵). براساس مطالعات اخیر، ابهامات نامگذاری آرایه شناختی بخاطر شباهت ظاهری بین دو گونه جکوی خانگی مدیترانه ای (*H. turcicus*) و جکوی خانگی هی دن باعث سردرگمی بیان الگوی پراکنش این گونه‌ها بوده است و هم‌اکنون گونه موجود در ایران به جکوی خانگی هی دن تعلق دارد (۳۷، ۳۵، ۲۱). جکوی خانگی شکم زرد اولین بار از جزیره ماساوا در نزدیکی مرز اریتره گزارش شده است. پراکنش جهانی این گونه هم‌اکنون در نواحی ساحلی و غیرساحلی دریای سرخ، خلیج فارس، دریای عمان، همچنین بخش‌هایی از پاکستان، نپال، هند و بنگلادش است (شکل ۱) (۹ و ۳۵).

اطلاق می‌شود بدین صورت که گونه در دامنه پراکنش بومی خود مفهوم مهاجم ندارد. در حقیقت اصطلاح مهاجم دارای مفهوم جغرافیای زیستی بیشتری نسبت به مفاهیم بوم‌شناختی و آرایه‌شناختی است (۱۱). یکی از دلایل کاهش تنوع زیستی و انقراض گونه‌های بومی مسئله ورود گونه‌های بیگانه است (۱۵). از این رو شناسایی اثرات زیستی منفی بیگانه‌ها و برنامه‌ریزی در جهت ریشه‌کن کردن این گونه‌های بیگانه از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. از سویی دیگر، نابودی کل جمعیت‌های گونه‌های بیگانه مخصوصاً برای گونه‌هایی که در نواحی بزرگ تثبیت شده‌اند کاری غیرممکن است (۲۷). کارآمدترین راه کاهش مشکلات آینده، جلوگیری از ورود گونه‌ها با واسطه انسان و جلوگیری از تثبیت گونه‌هایی با خطر تبدیل به گونه مهاجم شدن است. مدل سازی پراکنش گونه‌ای (Species Distribution Models) یکی از ابزارهای کاربردی برای پیش‌بینی پراکنش بالقوه گونه‌های غیربومی و بیگانه است (۱۵، ۱۸ و ۲۹).

مدل‌های پراکنش گونه ارتباط موجود بین نقاط حضور گونه و متغیرهای زیست محیطی را مورد محاسبه قرار می‌دهد (۱۶). یکی از الگوریتم‌های مورد استفاده برای مطالعات ارزیابی پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، الگوریتم آنتروپی بیشینه یا MaxEnt است. MaxEnt رویکردی است که احتمال حضور گونه را در یک فضا براساس متغیرهای محیطی امکان پذیر می‌کند و بعنوان کارآمدترین رویکرد مدل سازی پراکنش گونه‌ای محسوب می‌شود که نیازی به دانستن نقطه‌های عدم حضور گونه ندارد و فقط براساس نقاط حضور گونه، مدل را پیش‌بینی می‌کند (۱۳، ۱۴ و ۱۵).

(*Hemidactylus* Oken, 1817) متعلق به خانواده جکونیده با بیش از ۱۳۲ گونه است (۳۵ و ۴۱). این جنس در مناطق استوایی و نیمه استوایی دنیای قدیم پراکنش دارد که امروزه با دخالت‌های انسانی به دنیای جدید و قاره آمریکا نیز



شکل ۱- نقشه پراکنش جهانی جکوی خانگی شکم زرد (*H. flaviviridis*)

پراکنش این گونه از طریق فعالیت‌های انسانی در سواحل جنوبی ایران گسترش یافته است در این مطالعه جکوی خانگی شکم زرد به عنوان گونه معرفی شده در نظر گرفته شده است. (۲۳، ۱۲). هدف از انجام این مطالعه، بررسی پراکنش جکوی خانگی شکم زرد بعنوان گونه ای معرفی شده در جنوب ایران بررسی متغیرهای زیست اقلیمی تأثیرگذار بر پراکنش این گونه و پیش‌بینی الگوی پراکنش این گونه در ۲۶ سال آینده جهت اتخاذ راهکارهای حفاظتی مناسب می‌باشد.

مواد و روشها

ابتدا ۱۹ متغیر زیست اقلیمی (دما و بارندگی) از تارنمای زیست اقلیم جهانی با دقت ۳۰ ثانیه در محدوده زمانی ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۸ برای ارزیابی پراکنش جغرافیایی زمان حال و ۲۰۴۰ برای زمان آینده استخراج گردید (۲۱). سپس ضریب پیرسون برای متغیرهای زیست اقلیمی با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه گردید و تمام متغیرهای که دارای ضریب پیرسون بیش از ۰/۷۵ و دارای همبستگی بالایی بودند حذف و جهت مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای استفاده نشدند (۳۲). از میان ۱۹ متغیر زیست اقلیمی هفت متغیر برای مدل‌سازی برداشت گردید. جهت مدل‌سازی پراکنش

در حقیقت این گونه بومی مناطق مرکزی هند بوده و از طریق جابجایی با انسان در مسیر راه‌های تجاری از طریق بنادر یا مسیر کاروانها به مناطق غربی‌تر گسترش یافته است (۵). این فرضیه با پراکنش ساحلی و تغییرات اندک ژنتیکی جمعیت‌های گونه جکوی خانگی شکم زرد نواحی اتیوپی، یمن، عمان، پاکستان و هند همخوانی کامل دارد (۳۴ و ۳۶). نمونه تیپ گونه جکوی خانگی شکم زرد از جزیره ماساوا در شرق اریتره توسط راپل در سال ۱۸۳۵ گزارش شده است یکسال بعد دومرل و بیرون گونه *Hemidactylus coctaei* از بنگال هند گزارش کردند (۲۳، ۱۲). آندرسون در سال ۱۸۹۶ این گونه را مترادف با جکوی خانگی شکم زرد در نظر گرفت. در ایران این گونه از استان‌های خوزستان، سیستان و بلوچستان، بوشهر، هرمزگان، فارس و یزد گزارش شده است (۲، ۳، ۴، ۱۷). اولین گزارش حضور جکوی خانگی شکم زرد در ایران مربوط به ناحیه چهارباغ نزدیک بوشهر است که در سال ۱۸۷۶ توسط جیمز ای موری گزارش شده است و در سال ۱۸۷۸ نیز توسط کولونزینگر بندر جاسک گزارش شده است (۶ و ۲۶). براساس مطالعه صورت گرفته این گونه در نواحی شرقی هند که بوسیله انسان معرفی شده است گونه بیگانه نامگذاری شده است و باتوجه به مطالعات گذشته

براساس میزان AUC معادل 0.053 ± 0.941 برای پیش‌بینی پراکنش کنونی گونه و برای پیش‌بینی پراکنش گونه در آینده (سال ۲۰۴۰) 0.03 ± 0.997 است که براساس آنچه در بالا تعریف شد مدل پیش‌بینی شده در حد عالی است.

به طور کلی مناطق مطلوب برای زیست‌جکوی خانگی شکم زرد در نوار ساحلی خلیج فارس قرار دارد (شکل ۲). مطلوب‌ترین زیستگاه در نوار ساحلی خلیج فارس از چابهار در استان سیستان و بلوچستان تا آبادان منتهی الیه نوار غربی ساحلی را شامل می‌شود. در حالیکه ناحیه جنوب غربی ایران یعنی استان خوزستان و نواحی لکه‌ای محدودی در مرکز در درجه بعدی مطلوبیت زیستگاه قرار دارند (قسمت ۱ شکل ۲). پیش‌بینی مطلوب‌ترین زیستگاه در آینده (سال ۲۰۴۰) علاوه بر نوار ساحلی خلیج فارس از چابهار تا آبادان، نواحی مرکزی فلات ایران، بخش‌های شرقی سیستان و بلوچستان و استان خوزستان را بعنوان نواحی مستعد برای پراکنش این گونه معرفی کرده است (قسمت ۲ شکل ۲).

نتایج حاصل از MaxEnt بارش فصلی، بارش گرمترین فصل سال، هم‌دمایی با میزان بترتیب ۷/۴۵ درصد، ۹/۳۷ درصد، ۱۳ درصد برای مدل‌سازی پراکنش جکوی خانگی شکم زرد برای داده‌های زیست‌اقليمی کنونی و بترتیب ۴/۲۵ درصد، ۹/۶۸ درصد و ۳/۰ درصد برای داده‌های زیست‌اقليمی آینده شرکت داشته است (جدول ۱).

گونه ۴۰ نقطه حضور از داده‌های موزه‌ای متعلق به موزه جانورشناسی دانشگاه فردوسی مشهد، موزه جانورشناسی دانشگاه حکیم سبزواری و تارنمای Herp Net (<http://www.herpnet.org/>) استخراج گردید.

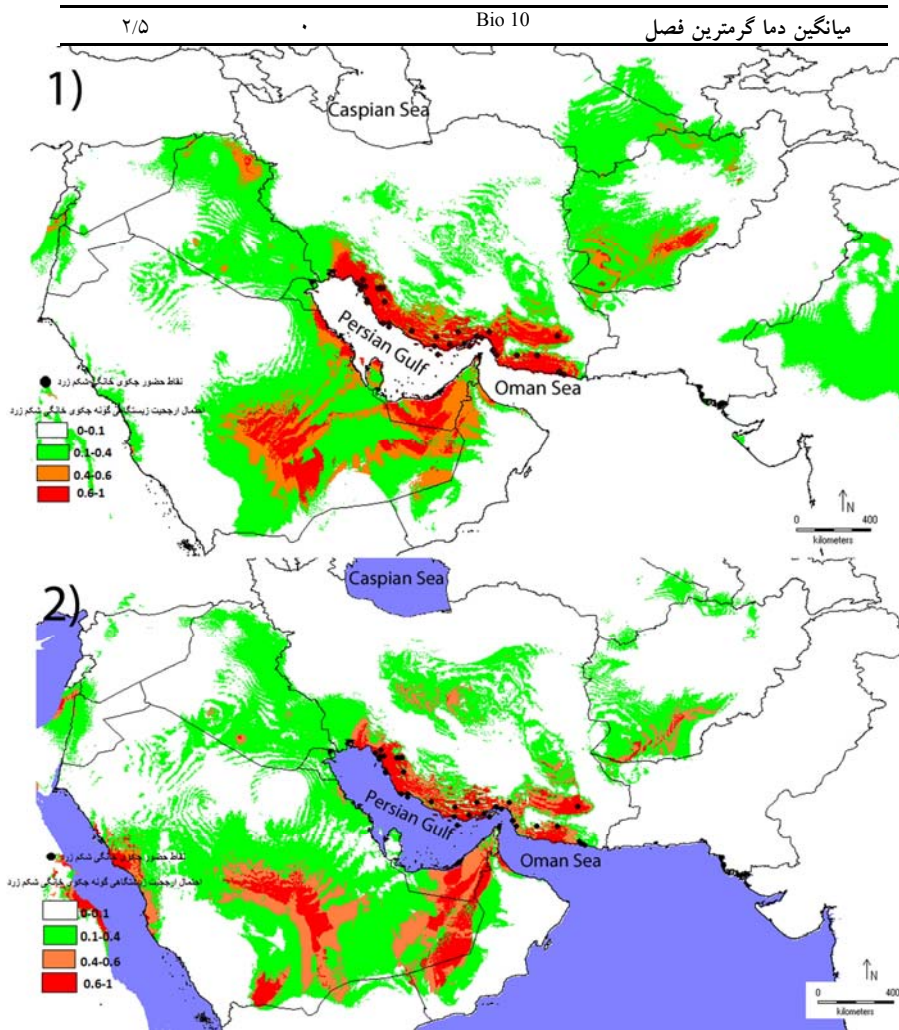
مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه و با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt 3.3.3k; MaxEnt (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxEnt>) انجام شد.

داده‌های حضور جکوی خانگی شکم زرد (۴۰ نقطه) با هفت متغیر اقلیمی و با تعداد تکرار ۱۰ بار با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt مورد تحلیل قرار گرفت. برای حساسیت‌سنجی مدل و مشخص کردن متغیرهای مهم در پراکنش، از تحلیل جک‌نایف استفاده شد. نرم‌افزار امکان ارزیابی نتایج مدل‌سازی را با استفاده از متغیر آماری تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت‌کننده (Receiver Operating Characteristic Curve) فراهم کرده است (۳۰). این منحنی میزان نقاط حضور صحیح را در مقابل نقاط عدم حضور صحیح به تصویر می‌کشد. مساحت زیر منحنی آن (AUC) با امتیاز یک (۱) به معنی پیش‌بینی کامل بدون حذف هیچ کدام از نقاط حضور است. معیار مساحت زیر منحنی با امتیاز ۰/۵ برای یک پیش‌بینی تصادفی مورد انتظار است. مساحت زیر منحنی بیش از ۰/۷ قابل استفاده هستند، مساحت زیر منحنی بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (۲۵). نقشه میانگین پیش‌بینی با استفاده از نرم‌افزار DIVA-GIS 7.3.0.1 ایجاد گردید (۲۰).

نتایج

جدول ۱- متغیرهای زیست‌اقليمی مورد استفاده در این مطالعه و درصد شرکت هر کدام در مدل‌سازی با نرم‌افزار MaxEnt

متغیر	نام اختصاری	سهم شرکت در مدل
بارش فصلی	Bio 15	حال حاضر ۴۵/۷
بارش گرمترین فصل	Bio 18	آینده ۲۵/۴
هم‌دمایی	Bio 3	۶۸/۹
میانگین دمای سالانه	Bio 1	۱۳
بارش خشک‌ترین ماه	Bio 17	۱/۹
دمای فصلی	Bio 4	۰
		۱/۳
		۰/۱



شکل ۲- نقشه حاصل از مدل سازی پراکنش گونه ای جکوی خانگی شکم زرد: (۱) مدل سازی پراکنش کنونی گونه (۲) مدل سازی پراکنش گونه در سال ۲۰۴۰

اقلیمی کنونی، بارش گرمترین فصل و میانگین دما گرمترین فصل بر روی پراکنش آینده جکوی خانگی شکم زرد در ایران است. آنچه مسلم است پارامترهای انرژی که شامل میانگین دمای سالیانه، بیشینه دمای گرمترین ماه سال، کمینه دمای سردترین ماه سال، بارش سالیانه، بارش مرطوبترین ماه سال، بارش خشکترین ماه سال معرف پارامترهایی هستند که توصیف کننده آب و انرژی قابل دسترس و قابلیت تحمل گونه است (۳۳). براساس آنچه قبلاً اشاره شد این گونه بومی قسمت‌های مرکزی هند است، براساس دخالت‌های انسانی الگوی پراکنش این گونه به مناطق غربی یعنی بنادر خلیج فارس، دریای سرخ، جزیره

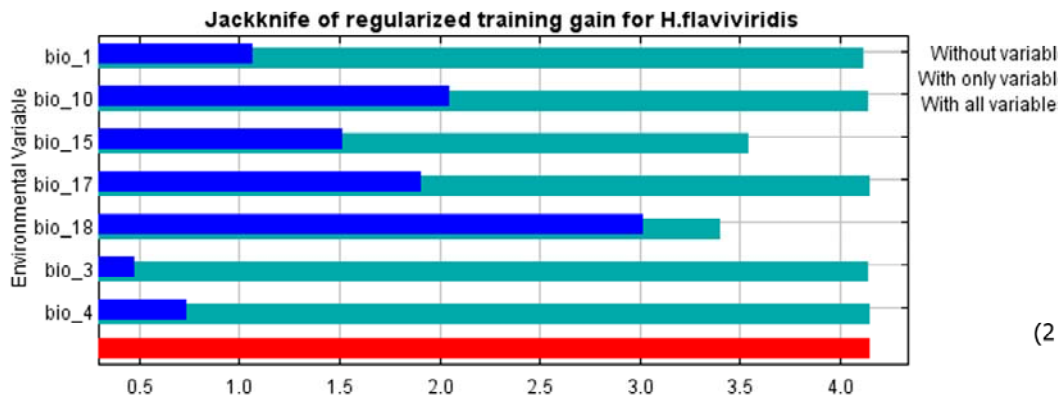
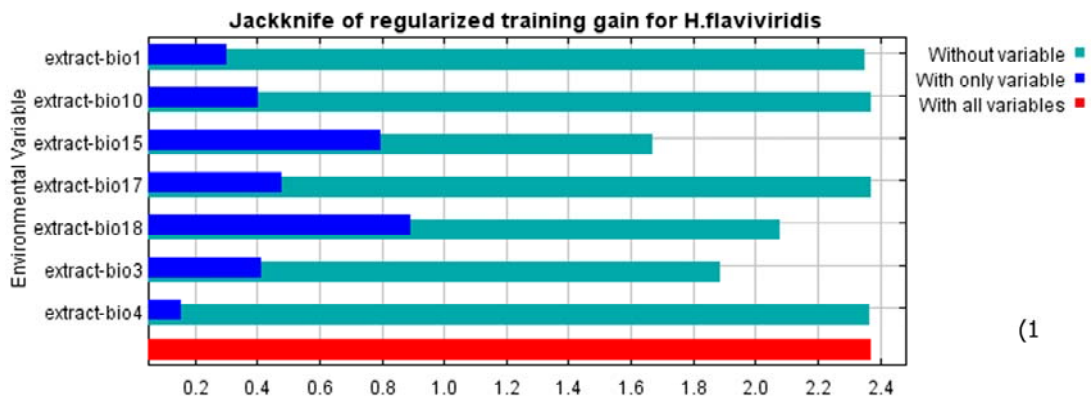
تحلیل جک نایف نشان می‌دهد مهم‌ترین متغیرهایی که بیشترین سهم را در مدل‌سازی داشته‌اند عبارت از بارش فصلی، بارش گرمترین فصل براساس داده‌های زیست اقلیمی کنونی و بارش گرمترین فصل، میانگین دمای گرمترین فصل بر اساس داده‌های اقلیمی آینده (سال ۲۰۴۰) می‌باشند. این متغیرها اطلاعات بیشتری را نسبت به بقیه متغیرها در بر می‌گیرند (شکل ۳).

بحث

تحلیل جک نایف و نتایج حاصل از MaxEnt نشان می‌دهد بارش فصلی، بارش گرمترین فصل مؤثرترین عوامل زیست

تأثیرگذارترین عامل بر روی پراکنش این گونه در ایران محسوب می‌شود و با توجه به شرایط نواحی ساحلی ایران و زیستگاه بومی این گونه، رطوبت فراوان نواحی ساحلی بخاطر نزدیکی به دریا احتمالاً در گسترش این گونه در سواحل جنوبی خلیج فارس تأثیر زیادی داشته است.

سوکوئرا و یمن گسترش یافته است (۵، ۷ و ۳۵). ناحیه مرکزی هند دارای اقلیمی استوایی و پرباران هستند و عامل زیست اقلیمی دما و بارش از مؤثرترین عوامل تأثیرگذار بر روی زیستگاه بومی این گونه است در حالیکه در بررسی عوامل زیست اقلیمی، بارش و رطوبت محیط



شکل ۳- نتایج آزمون جک‌نایف برای بررسی اهمیت هر کدام از متغیرهای زیست اقلیمی در ایجاد مدل: (۱) بر اساس داده‌های زیست اقلیمی کنونی (۲) بر اساس داده‌های زیست اقلیمی آینده (سال ۲۰۴۰)

اما در برخی موارد فعالیت‌های انسانی فشار تصاعدی به تعادل موجود در محیط زیست وارد کرده و سطح بالای دخالت بشر باعث ایجاد خطا و انحراف در ارتباط بین مهاجم و اقلیم شده است (۳۹). پراکنش این گونه در شهرهای کازرون و وراوی از استان فارس از جمله این دخالت‌های انسانی محسوب می‌شود (۲۳، ۱۷). مطالعات مولکولی یکنواختی ژنی بین جمعیت‌های جکوی خانگی شکم زرد که حاکی از جابجایی بوسیله انسان می‌باشد (۱۰). از سویی دیگر تحلیل ارجحیت زیستگاه گونه به

یکی از رویکردهای مهم برای جلوگیری از ورود گونه‌های بیگانه پیش بینی بالقوه پیامدهای حاصل از ورود براساس نیازمندی‌های بوم شناختی بالقوه گونه بیگانه است و فاکتورهایی که بر احتمال تثبیت گونه تأثیر می‌گذارند. برای مثال، تشابه اقلیمی بین نواحی حضور گونه بومی با نواحی هدف از نیازمندی‌های اصولی مهاجم موفق است. تشابه اقلیمی پاسخ نهایی نیست بلکه فاکتورهای و جنبه‌های دیگر زیستی نیز نقش مهمی دارند ولی در بیشتر موارد تشابه اقلیمی مهمترین فاکتور محسوب می‌شود (۱۵ و ۳۸).

ایران، بخش‌های شرقی سیستان و بلوچستان و استان خوزستان علاوه بر نوار ساحلی خلیج فارس از چابهار تا آبادان (بعنوان مطلوبترین زیستگاه‌ها) می‌باشد. بنظر می‌رسد امکان پیش‌نگری حضور این گونه در نواحی خشکی مانند فلات مرکزی ایران با توجه به اینکه رطوبت مهمترین عامل در تعیین پراکنش بالقوه این گونه است منطقی نیست. اما آنچه واضح است این جکوی خانگی در نواحی مسکونی انسانی حضور پررنگی دارد و این امکان که با حضور در نواحی مسکونی نیازمندی به رطوبت را تأمین نماید منطقی بنظر می‌رسد، همچنان که این گونه از شهر یزد و کازرون با آب و هوای گرم و خشک معرفی شده است. آنچه مسلم است در آینده زیستگاه‌های مطلوب برای این گونه به عرض‌های جغرافیایی بالاتر کشیده خواهد شد، البته حضور وسیع جکوه‌های دیگر از جمله *Cryptopodion* و *Tenuidactylus* شرایط رقابت برای این گونه را سخت می‌کند. لزوم اتخاذ تدابیر جهت پیشگیری از گسترش این گونه بیگانه ضروری بنظر می‌رسد. در حال حاضر تعداد زیادی از این گونه‌های بیگانه بوم سازگان جهانی را تهدید می‌کنند، بنابراین بمنظور اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی در جهت پیشگیری و کنترل گونه‌های مهاجم و حفظ تنوع زیستی نیاز است دامنه پراکنش این گونه‌ها و زیستگاه‌های احتمالی حضور آنها شناسایی شود.

فاکتورهای دیگری نیز مانند رقابت، برهمکنش‌های زیستی در تعیین حضور گونه وابسته است (۳۹،۳). ساختارهای زیستگاه ساختارهایی با اثر بر روی رقابت موفق هستند اما قابلیت رقابت موفق احتمالاً به مطلوبیت اقلیمی ناحیه هم وابسته است (۳۳،۴). حضور گونه‌های بیگانه که ناحیه مشخصی را اشغال می‌کنند ممکن است باعث استرس‌های محیطی شود که شایستگی بقا گونه و رقابت موفق را کاهش می‌دهد. طرد رقابتی و عدم تعادل محدوده حضور گونه، باعث فقدان جمعیت‌های هم‌جا می‌شود هر چند اثر اقلیم بر روی موفقیت‌های رقابتی نامعلوم است (۳۳). جکوه‌های خانگی از جمله جکوی خانگی شکم زرد به چندین علت اغلب تمایل به اثر منفی بر روی جمعیت‌های جکوه همان محل دارند که احتمالاً به استفاده از منابع غذایی مربوط می‌شود و موجب کاهش دسترسی به منابع برای جمعیت‌های جکوی محلی می‌شود. به همین علت گونه‌های هم‌جا در مناطق حضور گونه‌های بیگانه کم است (۳۳،۱۲).

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای چارچوب مناسبی را برای پیش‌نگری نتایج فضایی پدیده تغییر تنوع زیستی و گسترش فضایی گونه‌های بیگانه در آینده فراهم کرده است (۲۸). نتایج مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای در سال ۲۰۴۰ حاکی از وجود زیستگاه‌های مطلوبی در نقاط مرکزی فلات

منابع

۱. رستگار پویانی، ن.، جوهری، م.، و رستگار پویانی، ا.، ۱۳۸۶. راهنمای صحرایی خزندگان ایران (جلد اول: سوسمارها)، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه، چاپ دوم، ۳۲۰ ص.
۲. رجیبی زاده، م.، ۱۳۸۸. مطالعه مقدماتی تنوع و حفاظت خزندگان استان یزد و تهیه نمونه بافت سی گونه خزنده غالب استان جهت تکمیل بانک ژن سازمان، انتشارات سازمان محیط زیست یزد، ۵۰ ص.
۳. صفری کنگ، ز.، همای، م.، کوهی، م.، ملکیان، م.، ۱۳۹۳. انتخاب خرد زیستگاه توسط گونه‌های مارمولک همبوم روزفعال در پارک
۴. ملی کلاه قاضی، مجله پژوهش‌های جانوری ۲۷، شماره ۳، صفحات ۳۶۷-۳۷۶.
۵. نجیب زاده، م.، درویش، ج.، کمی، ح.، قاسم زاده، ف.، ۱۳۹۳. مقایسه زیستگاه رفتار جفتگیری و تخم‌ریزی سه گونه از دوزیستان بی‌دم (قورباغه مردابی *Rana (Pelophylax) ridibunda* قورباغه درختی *Hyla savignyi* و وزغ سبز *Bufo variabilis (Pseudepidalea)* در استان لرستان، ۲۷، مجله پژوهش‌های جانوری، ۲، صفحات ۲۹۱-۲۹۹.

5. Anderson, S.C., 1999. The Lizards of Iran, Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Oxford, Ohio, 450P.
6. Anderson, J., 1896. A Contribution to the Herpetology of Arabia: With A Preliminary List of the Reptiles and Batrachians of Egypt, RH Porter, 132 P.
7. Baha el Din, S.M., 2005. An overview of Egyptian species of *Hemidactylus* (Gekkonidae) with the description of a new species from the high mountains of South Sinai. *Zoology in the Middle East*, 34, PP: 11-26.
8. Bauer, A.M., Jackman, T., Greenbaum, E., and Papenfuss, T.J., 2006. Confirmation of the occurrence of *Hemidactylus robustus* Heyden, 1827 (Reptilia: Gekkonidae) in Iran and Pakistan. *Zoology in the Middle East*, 39, PP: 59-62.
9. Carranza, S., and Arnold, E.N., 2006. Systematics, biogeography, and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38, PP: 531-545.
10. Carranza, S., and Arnold, E.N., 2012. A review of the geckos of the genus *Hemidactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Oman based on morphology, mitochondrial and nuclear data, with descriptions of eight new species. *Zootaxa*, 3378, PP: 1-95.
11. Colautti, R.I., and MacIsaac, H.J., 2004. A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions*, 10, PP: 135-141.
12. Das, M., Purkayastha, J., Bauer, A., and Sengupta, S., 2011. *Hemidactylus flaviviridis* Rüppell, 1835 (Sauria: Gekkonidae) an invasive gecko in Assam. *North-western Journal of zoology*, 7 (1), PP: 98-104.
13. Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., and Yates, C.J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17, PP: 43-57.
14. Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Shapire, R.E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M.S., and Zimmermann, N.E., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, PP: 129-151.
15. Ficitola, G.F., Thuiller, W., and Miao, C., 2007. Prediction and validation of the potential global distribution of a problematic alien invasive species. The American bullfrog. *Diversity and Distribution*, 13, PP: 476-485.
16. Franklin, J., 2009. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge university press, New York, 340P.
17. Gholamifard, A., and Rastegar-Pouyani, N., 2011. Distribution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) in Fars Province, Southern Iran. *Amphibian and Reptile Conservation*, 5(1), PP: 1-6.
18. Guisan, A., and Zimmerman, N., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, PP: 147-186
19. Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., and Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of climatology*, 25, PP: 1965-1978.
20. Hijmans, R. J., Cruz, J. M., Rojas, E., and Guarino, L., 2001. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 127, PP: 15-19.
21. Hosseinzadeh, M.S., Aliabadian, M., Rastegar-Pouyani, E., and Rastegar-Pouyani, N., 2014. Morphological Study of *Hemidactylus* Geckos (Squamata: Gekkonidae) from Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 10(2), PP: 175-184.
22. Kluge, A.G., 1969. The evolution and geographical origin of the New World *Hemidactylus mabouia-brookii* complex (Gekkonidae, Sauria). *Miscellaneous publications, Museum of Zoology, University of Michigan*, 138P.
23. Leviton, A.E., and Anderson, S.C., 1970. The Amphibians and Reptiles of Afghanistan: A Checklist and Key to the Herpetofauna. *California Academy of Sciences*, 208P.
24. Largen, M.J., and Spawls, S., 2006. Lizards of Ethiopia (Reptilia Sauria): an annotated checklist, bibliography, gazetteer and identification key. *Tropical Zoology* 19, PP: 21-109.
25. Manel, S., Williams, H.C., and Ormerod, S.J., 2001. Evaluating presence-absence models in

- ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology*, 38, PP: 921-931.
26. Murray, J.A., 1884. Additions to the present knowledge of the vertebrate Zoology of Persia. *Annals and Magazine of Natural History*, 5, 14, PP: 97-106.
 27. Myers, J.H., Simberloff, D., Kuris, A.M., and Carey, J.R., 2000. Eradication revisited: dealing with exotic species. *Trends in Ecology & Evolution*, 15, PP: 316-320.
 28. Pearson, R.G., and Dawson, T.P., 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12, PP: 361-371.
 29. Peterson, A.T., and Vieglais, D.A., 2001. Predicting species invasions using ecological niche modelling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience*, 51, PP: 363-371.
 30. Phillips, S.J., Anderson, R.P., and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
 31. Pimentel, D., McNair, S., Janecka, Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T., and Tsomondo, T., 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84, PP: 1-20.
 32. Rissler, L.J., Hijmans, R.J., Graham, C.H., Moritz, C., and Wake, D.B., 2006. Phylogeographic lineages and species comparisons in conservation analysis: a case study of California herpetofauna. *The American naturalist*, 167, PP: 655-666.
 33. Rödder, D., Sole, M., and Bohme, W., 2008. Predicting the potential distributions of two alien invasive House geckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia*). *North-Western Journal of Zoology*, 4(2), PP: 236-246.
 34. Sindaco, R., Ziliani, U., Razzetti, E., Carugati, C., Grieco, C., Pupin, F., Al-Aseily, B.A., Pella, F., and Fasola, M., 2009. A misunderstood new gecko of the genus *Hemidactylus* from Socotra Island, Yemen (Reptilia: Squamata: Gekkonidae). *Acta Herpetologica*, 4(1), PP: 83-98.
 35. Sindaco, R., and Jeremčenko, V.K., 2008. The reptiles of the western Palearctic. 1. Annotated checklist and distributional atlas of the turtles, crocodiles, amphisbaenians and lizards of Europe, North Africa, Middle-East and Central Asia. Latina, Italy, Edizioni Belvedere, 580P.
 36. Šmíd, J., Carranza, S., Kratochvíl, L., Gvoždík, V., Nasher, A.K., and Moravec, J., 2013. Out of Arabia: A Complex Biogeographic History of Multiple Vicariance and Dispersal Events in the Gecko Genus *Hemidactylus* (Reptilia: Gekkonidae). *Plos One*, 8(5), e64018 p.
 37. Šmíd, J., Moravec, J., Kodym, P., Kratochvíl, L., Hosseinian Yousefkhani, S.S., Rastegar-Pouyani, E., Frynta, D., 2014. Annotated checklist and distribution of the lizards of Iran. *Zootaxa*, 3855, PP: 001-097.
 38. Stohlgren, T.J., Barnett, D.T., Flather, C., Fuller, P., Peterjohn, B., Kartesz, J.T., and Master, L.L., 2006. Species richness and pattern of invasion in plants, birds, and fishes in the United States. *Biological Invasions*, 8, PP: 427-447.
 39. Thuiller, W., Richardson, D.M., Pyseks, P., Midgley, G.F., Hughes, G.O., and Rouget, M., 2005. Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology*, 11, PP: 2234-2250.
 40. Torki, F., Manthey, U., and Barts, M., 2011. Ein neuer *Hemidactylus* Gray, 1825 aus der Provinz Lorestan, West-Iran, mit Anmerkungen zu *Hemidactylus robustus* Heyden, 1827 (Reptilia: Squamata: Gekkonidae). *Sauria*, 33 (4), PP: 47-56.
 41. Uetz, P., and Hallermann, J., 2014. The Reptile Database. Zoological Museum, Hamburg. Available from: <http://www.reptiledatabase>.

Predicting geographical distribution of introduced species, *Hemidactylus flaviviridis* Ruppell, 1840 in current and future time in Iran using species distribution modeling

Hosseinzadeh M.S.¹, Aliabadian M.^{1,2} and Rastegar-Pouyani E.³

¹ Biology Dept., Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I.R. of Iran

² Research Dept. of Zoological Innovations (RDZI), Institute of Applied Zoology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, I.R. of Iran

³ Biology Dept., Faculty of science, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, I.R. of Iran

Abstract

Nowadays, human activities such as discovery, migration, trade and tourism mostly are influenced distributional pattern and range of some species in this research, patterns of current and future (2040) distribution of *H. flaviviridis* which is a species with distribution by anthropogenic introduction, have been studied. In total, 19 bioclimatic variables have been extracted from Worldclim website and then seven non correlated bioclimatic variables and 40 point localities were performed using maximum entropy method (MaxEnt) software. Results of species distribution modeling showed coastal southern of Iran having highly habitat suitability. Results of forecasting showed eastern Iran in Sistan and Blouchistan province, central the Iranian plateau, Khuzestan province having habitat suitability in the lower suitability levels. However, the most important bioclimatic variables which contributing in modeling on distribution pattern of *H. flaviviridis* including precipitation seasonality and precipitation of the warmest quarter. Recognition alien species is necessary in order to manage priorities, maintain biodiversity, prevent and control invasive alien species.

Key words: habitat, suitability, precipitation, bioclimatic, MaxEnt