Research Article

Nova Biologica Reperta 11(3): 32-43 (2024)

Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115

https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI:

مقاله پژوهشی

یافته‌های نوین در علوم زیستی

جلد ۱۱، شماره ۳، صفحات ۳۲ الی ۴۳ (۱۴۰۳)

انتشارات دانشگاه خوارزمی

مدل‌سازی پراکنش عقرب‌های دم پهن در استان سیستان و بلوچستان

سعید محمدی[۱*] و حسین براهویی[۲]

[۱]گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، [۲]گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

مسئول مکاتبات: سعید محمدی، smohammadi@uoz.ac.ir

چکیده. شناخت چگونگی پراکنش گونه‌ها در زیستگاه، مشخص کردن محدوده پراکنش، شناخت متغیرهای محیطی موثر در پراکنش و شناخت زیستگاه‌های مناسب از بخش‌های مهم در تبیین بوم‌شناسی گونه‌هاست. عقرب‌ها دارای دامنه پراکنش جغرافیایی بسیار گسترده‌ای هستند. هدف از این مطالعه پیش‌بینی پتانسیل توزیع دو گونه از عقرب‌های جنس *Androctonus* در سیستان و بلوچستان معروف به عقرب‌های دم‌پهن شامل *Androctonus crassicauda* و *A. sistanus* برای حال حاضر و ۲۰۷۰ با استفاده از مکسنت است. نتایج این پژوهش نشان داد پراکنش هر دو گونه در شمال استان بیشتر است و این روند در آینده استمرار می‌یابد. میانگین دما در مرطوب‌ترین فصل سال(Bio8)، مقدار بارش در سردترین ماه سال (Bio19) و پوشش گیاهی برای مدل‌سازی پراکنش کنونی گونه *A. crassicauda* و میانگین دما در مرطوب‌ترین فصل سال (Bio8)، پوشش گیاهی و دامنه دمای سالانه (Bio7) برای زمان آینده این گونه نقش داشته‌اند. توزیع گونه *A. sistanus* در زمان کنونی متاثر از متغیرهای دامنه دمای سالانه (Bio7)، مقدار بارش در سردترین ماه سال (Bio19)، مقدار بارش در خشک‌ترین ماه سال (Bio18) و پوشش گیاهی است. مهمترین متغیرهایی که در گستره جغرافیایی آینده (۲۰۷۰) آن مهمترند عبارتند از مقدار بارش در سردترین ماه سال (Bio19)، دامنه دمای سالانه (Bio7)، مقدار بارش در خشک‌ترین ماه سال (Bio18) و کاربری اراضی. نتایج این مطالعه می‌تواند در برنامه‌های بهداشت و درمان در جهت ارتقای آگاهی و آموزش محافظت فردی ساکنین این نواحی به‌منظور پیشگیری و کاهش موارد عقرب گزیدگی و همچنین برنامه‌های حفاظتی این موجودات که از ذخایر ارزشمند تنوع زیستی ایران به شمار می‌روند، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: عقرب، پراکنش جغرافیایی، سیستان، بوم زاد، Androctonus.

Distribution modeling of the fat-tailed scorpions of Sistan and Baluchestan Province

Saeed Mohammadi[1*] & Hossein Barahoei[2]

[1] Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran
[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Research Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran
Corresponding author: Saeed Mohammadi, smohammadi@uoz.ac.ir

Abstract. Understanding species distribution patterns in habitat, explaining distribution ranges, identifying environmental variables affecting distribution, and recognizing suitable habitats are key aspects of species ecology. This study aims to predict the distribution potential of the genus *Androctonus* in Sistan and Baluchestan, Iran, specifically *Androctonus crassicauda* and *A. sistanus*, using the Maxent. The results indicated that both species are more prevalent in the northern of the province, and this pattern is expected to persist in the future. Current distribution model for *A. crassicauda* highlighted the importance of variables such as mean temperature in Bio8, precipitation in the coldest month of the year (Bio19), and vegetation cover. For future distribution projections (2070), the variables Bio8, vegetation cover, and Bio7 were influential. The current distribution of *A. sistanus* is influenced by variables such as Bio7, Bio19, Bio18, and vegetation cover. The most significant variables for the future distribution range (2070) of *A. sistanus* include Bio19, Bio7, Bio18, and land use. These findings can be utilized in public health and education programs to increase awareness and improve personal protection for residents of these areas to prevent and reduce scorpion stings, as well as in conservation programs for these valuable components of Iran's biodiversity.

Key words. Scorpion, distributional range, Sistan, Endemic, *Androctonus*.

Received 15.06.2024/ Revised 24.09.2024/ Accepted 01.12.2024/ Published 21.12.2024

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۶/ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۷/۰۳/ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱/ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]

[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

مقدمه

عقرب‌ها (Arachnida: Scorpiones) از بسیاری از حشرات، عنکبوت‌ها، کنه‌ها و برخی از مهره‌داران تغذیه می‌کنند و نقش مهمی در کنترل آفات دارند. این موجودات شب فعال دارای الگوی پراکنش بسیار گسترده‌ای هستند و در تمام نواحی خشکی زمین بجز قطب جنوب زندگی می‌کنند. بیشترین زی‌گونگی این گروه در مناطق نیمه‌گرمسیری بوده و به طرف استوا و قطب از تنوع و فراوانی آنها کاسته می‌شود (Akbari et al., 1997; Ahmadimarzale et al., 2017; Rein, 2024). به طور کلی گونه‌های مختلف عقرب در محیط‌های متنوع و معمولا در دشت‌ها و مناطق بیابانی زندگی می‌کنند. کشور ایران یکی از مناطق برجسته دنیا به دلیل دارابودن عقرب‌هایی است که دارای نیش زهرآگین و کشنده هستند و از لحاظ پزشکی دارای اهمیت می‌باشند (Polis, 1990; Bavani et al., 2022; Baradaran et al., 2024). در میان ۲۸۴۴ گونه عقرب شناخته شده در سراسر جهان (Rein, 2024) حدود ۲۵ تا ۵۰ گونه دارای زهر کشنده برای انسان هستند (Ahmadimarzale et al., 2017).

فون عقرب‌های ایران یکی از متنوع‌ترین فون‌های منطقه غرب آسیا است که این میزان زی‌گونگی همراه با بومزادی بالا، این ناحیه را به عنوان یکی از غنی‌ترین و جذاب‌ترین فون‌ها برای مطالعه این گروه از بندپایان مطرح می‌نماید (Dehghani et al., 2017). تنوع گونه‌ای و پراکندگی عقرب‌ها در کشور ایران با توجه به تنوع جغرافیایی و شرایط متفاوت آب و هوایی در هر منطقه قابل توجه می‌باشد. اطلاعات موجود درباره ویژگی‌های زیستی و انتشار دقیق جغرافیایی عقرب‌ها در کشور بسیار محدود است (Mirshamsi et al., 2013; Nazari & Rastegar, 2016). بر اساس آخرین مطالعات انجام شده تا کنون چهار خانواده شامل ۲۰ جنس و ۸۸ گونه عقرب برای فون ایران گزارش شده است که از این تعداد ۶۱ گونه بومزاد[1] هستند که این نشان‌دهنده تنوع بالای عقرب‌های کشور است (Barahoei, 2020; Barahoei et al., 2020; Barahoei et al., 2022 a, b; Yağmur et al., 2022; Kovařík & Navidpour, 2020; Moradi et al., 2022; Amiri et al., 2024). تعداد زیادی از عقرب‌های ایران متعلق به دو خانواده Buthidae و Hemiscorpiidae هستند که از لحاظ پزشکی حائز اهمیت می‌باشند (Barahoei et al., 2022a). عقرب‌گزیدگی و عوارض ناشی از آن یکی از مشکلات مهم بهداشتی و پزشکی در ایران محسوب می‌شود. عقرب‌زدگی و موارد مرگ‌ومیر ناشی از گزش سالانه آمار بالایی در ایران دارد بطوریکه سالانه میان ۴۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ مورد عقرب گزدیگی گزارش می‌شود (Kasiri et al., 2014). حدود ۷۵ درصد از موارد گزش منجر به مرگ افراد در استان‌های خوزستان، سیستان و بلوچستان و کرمان اتفاق می‌افتد (Dehghani et al., 2017). شناسایی گونه‌های عقرب در یک منطقه می‌تواند در کاهش میزان خطر این جانوران و روند پیشگیری از آسیب‌های عقرب‌زدگی موثر باشد. جنس *Androctonus* (Ehrenberg, 1828) دارای زهر خطرناک برای انسان بوده و تا کنون ۴۰ گونه از این جنس در جهان شناسایی شده است که در بسیاری از مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی پراکندگی دارند (Rein, 2024). این جنس به عقرب‌های دم‌پهن معروف هستند (Ismail et al., 1994) و بر اساس جدیدترین مطالعات منتشر شده دو گونه از این جنس شامل *Androctonus crassicauda* (Olivier, 1807) و *A. sistanus* (Barahoei & Mirshamsi, 2022) در ایران گزارش شده است (Barahoei et al., 2020; Barahoei et al., 2022b). در این میان، گونه *A. crassicauda* به عنوان یکی از گونه‌های دارای زهر خطرناک، گستره جغرافیایی وسیعی در ایران دارد بطوریکه دومین عقرب کشنده ایران محسوب می‌شود (Firoozfar et al., 2019). همچنین

[1]-Endemic

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

بیشترین تلفات ناشی از عقرب‌زدگی در ایران و به ویژه در استان‌های جنوبی برای این گونه گزارش شده است (Pipelzadeh et al., 2007). گونه دوم که تا قبل از این به اشتباه به عنوان *A. baluchicus* (Pocock, 1900) معرفی شده بود، در بازنگری و مقایسه با سایر گونه‌های این جنس به عنوان یک گونه جدید و بومزاد شمال سیستان بنام *A. sistanus* معرفی شد (Barahoei et al., 2022a). این گونه قبلا تحت عنوان گونه *A. robustus* (Kovarik & Ahmed, 2013) هم گزارش شده بود (Yağmur et al., 2016).

انتشار عقرب‌ها در یک زیستگاه به طور تصادفی نبوده بلکه هر گونه معمولا زیستگاه محدود و مناسب را انتخاب می‌کند (Lashkari, 2016). پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها در ارزیابی سطح تهدیدات، تعیین وضعیت حفاظتی و برنامه‌ریزی برای حفاظت گونه‌ها اهمیت دارد (Hamidi et al., 2018). به منظور تحلیل زیستگاه گونه‌ها، مدل‌های پیش‌بینی کننده مطلوبیت زیستگاه طراحی گشته‌اند. با بهره‌گیری این الگوریتم‌ها، درک توزیع و انتشار جغرافیایی گونه‌ها با تعیین عامل‌های موثر بر حضور و مطلوبیت زیستگاه گونه تسهیل شده که ابزار مهمی در تصمیم‌گیری‌های حفاظت تنوع زیستی به شمار می‌روند. همچنین اطلاعات ارزشمندی در مورد مقاومت یا سازگاری گونه‌ها نسبت به تغییرات اقلیمی و امکان ارزیابی و مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها را در زمان‌های مختلف فراهم می‌آورند (Mohammadi et al., 2019). ارتباط بین اقلیم و توزیع گونه‌ها در یک سیمای سرزمین به سازگاری‌های محلی گونه‌ها، موانع انتشار و میزان دسترسی گونه به زیستگاه بستگی دارد. انتخاب الگوریتم مناسب در مدل‌سازی بسیار مهم است زیرا مدل‌های مختلف تفاوت‌های قابل توجهی در پیش‌بینی‌های خود دارند (Elith et al., 2006). مدل بیشینه بی‌نظمی (MaxEnt) در سال ۲۰۰۴ طراحی شد و یکی از الگوریتم‌های رایج یادگیری ماشین و وابسته به داده‌های حضور است و هنگامی که تعداد کمی از داده‌های حضور در اختیار است، یکی از بهترین مدل‌ها برای توصیف توزیع احتمالی از اطلاعات ناقص است. این مدل برای یک گونه توسط تعدادی لایه محیط زیستی همراه با تعدادی نقاط حضور گونه به دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به صورت تابعی از متغیرهای محیط زیستی بیان می‌نماید (Phillips et al., 2006). در سال‌های اخیر پژوهشگران متعددی در قالب مطالعات مختلف، تحقیقات گسترده‌ای در خصوص فون عقرب‌های مناطق مختلف کشور را انجام داده‌اند (Rafinejad et al., 2020). با توجه به اینکه عمده گزارشات مربوط به گزش‌های کشنده از جنس *Androctonus* در مناطق گرمسیری است (Firoozfar et al., 2019)، شناسایی گستره جغرافیایی گونه‌های این جنس جهت پیشگیری از بروز صدمات و مرگ‌ومیر ناشی از عقرب‌گزیدگی حائز اهمیت است. تا به حال برای فون سیستان و بلوچستان تعداد ده گونه عقرب متعلق به هشت جنس و دو خانواده گزارش شده است (Barahoei et al., 2020). اما اطلاعات دقیقی از وضعیت پراکنش عقرب‌های دم پهن که زهر کشنده دارند موجود نیست و مدیریت مشکلات بهداشتی و پزشکی گزش‌ها را مشکل‌ساز نموده است. هدف از این مقاله مشخص کردن زیستگاه‌های مطلوب و پتانسیل پراکنش عقرب‌های دم‌پهن جنس *Androctonus* با اهمیت از نظر پزشکی، بررسی عوامل زیست‌اقلیمی و محیطی موثر بر پراکنش و پیش‌بینی تغییرات زیستگاهی آینده آن‌ها در استان سیستان و بلوچستان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری

استان سیستان و بلوچستان با مساحت ۱۸۱۷۸۵۱۶ هکتار، ۱۱ درصد از مساحت ایران را به خود اختصاص داده است. ارتفاع متوسط آن ۱۰۲۷متر بالاتر از سطح دریا و در محدوده ۲۵ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی در ایران مرکزی قرار گرفته است. در تمام

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

شهرهای استان، بیشترین دمای سالانه، بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. میانگین حداقل دمای سردترین ماه سال بین ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد متغیر است. میانگین وزنی بارش سالانه در سیستان و بلوچستان ۹۵/۵ میلی‌متر است (Narouei et al., 2024). برای مشاهده و ثبت اطلاعات حضور عقرب‌ها عملیات میدانی تابستان ۱۴۰۲ و بهار ۱۴۰۳ با استفاده از روش بررسی پناه احتمالی روزانه آن‌ها (حفرات زیرزمینی حفرشده، درز و شکاف‌های سطح زمین) و صید در شب به وسیله چراغ ماوراء بنفش (Barahoei, 2020) انجام شد. زمان، اطلاعات مکانی و موقعیت جغرافیایی محل مشاهده هر گونه شامل طول و عرض جغرافیای و ارتفاع توسط GPS ثبت و نمونه‌های مشاهده شده به کمک پنس صید و در ظروف شیشه‌ای زنده‌گیری شد. شناسایی گونه با کاربرد صفات کلیدی توسط کلیدهای شناسایی معتبر (Barahoei, 2020; Kovařík and Navidpour, 2020) انجام شد. همچنین تعدادی از نقاط حضور از مطالعات پیشین مورد استفاده قرار گرفت (Barahoei et al., 2022a). در مجموع برای گونه *A. crassicauda* تعداد ۱۵ نقطه حضور و گونه *A. sistanus* تعداد ۹ نقطه حضور جمع‌آوری و در مدل‌سازی استفاده شد (شکل ۱). نمونه‌های جمع‌آوری شده در موزه شخصی نویسنده دوم در پژوهشگاه زابل نگهداری می‌شود.

متغیرهای محیط‌زیستی

به منظور پیش‌بینی توزیع گونه‌های مورد مطالعه در شرایط اقلیمی کنونی و سال ۲۰۷۰ و بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر آن، از مدل گردش عمومی CIMP5 بر اساس سناریوی ۲/۶ RCP استفاده شد. داده‌های اقلیمی مورد استفاده زمان حال و آینده از بانک داده اقلیمی Worldclim با تفکیک‌پذیری ۳۰ ثانیه تهیه شد. با توجه به بوم‌شناسی عقرب‌ها و پژوهش‌های پیشین (Kafash et al., 2023)، ۱۹ متغیر زیست‌اقلیمی و متغیرهای محیط‌زیستی موثر بر پراکنش شامل لایه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، خاک و نقشه مدل رقومی ارتفاع (Dem) مورد استفاده قرار گرفت. لایه-های محیطی و متغیرهای اقلیمی در محیط ArcMap 10.2 پردازش شدند و بر اساس مرز استان، تمامی لایه‌ها برش و به فرمت ASCII تبدیل شدند. همبستگی بین متغیرها ضریب همبستگی پیرسون توسط نرم‌افزار ENMtools مورد اندازه‌گیری و متغیرهای دارای همبستگی بالای ۰/۷ حذف شدند. در نهایت، لایه‌های آب و هوایی دمای میانگین سالانه (Bio1)، دامنه دمای سالانه (Bio7)، میانگین دما در مرطوب‌ترین فصل سال (Bio8)، میانگین درجه حرارت در گرم‌ترین ماه سال (Bio10)، مقدار بارش در خشک‌ترین ماه سال (Bio18)، مقدار بارش در سردترین ماه سال (Bio19) که کمترین همبستگی را با هم داشتند، برای مدل‌سازی استفاده شد.

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای

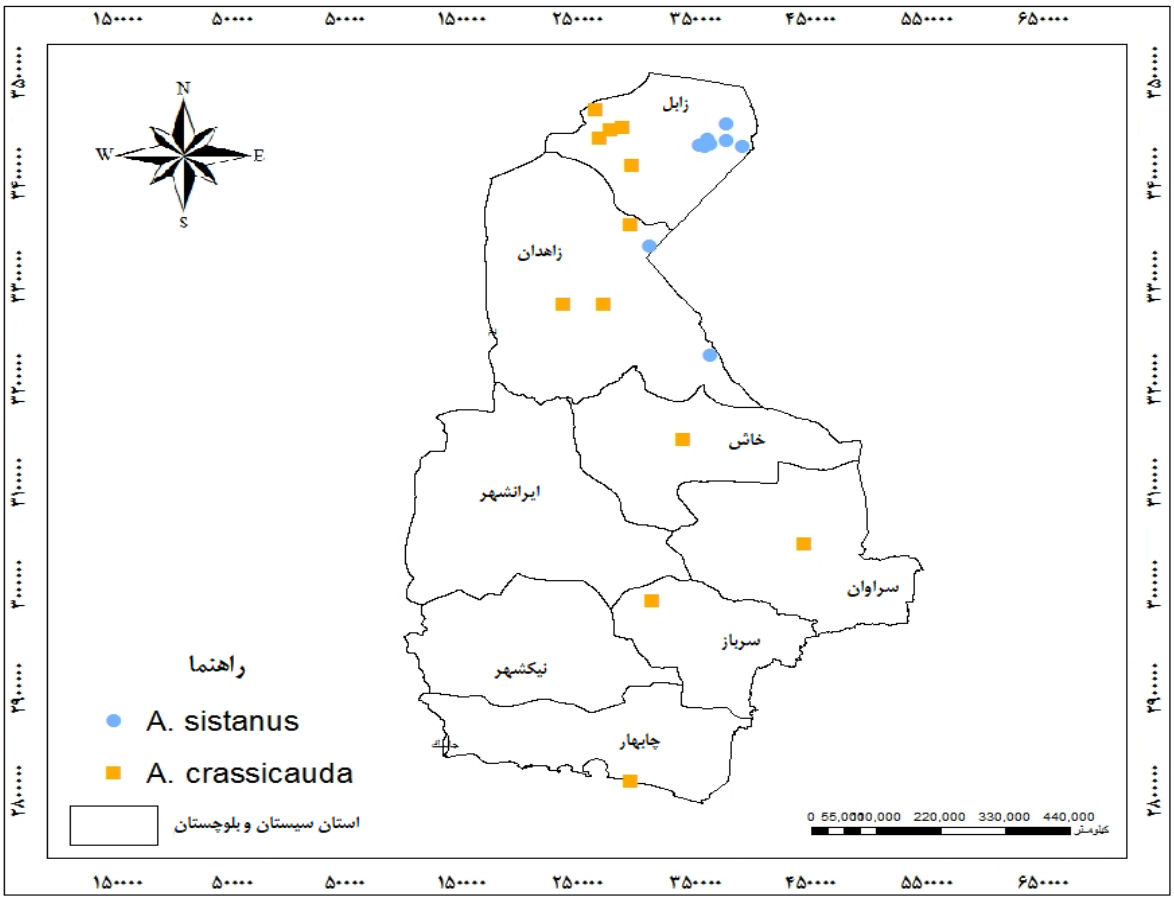
در این مطالعه به دلیل عملکرد بهتر روش مکسنت نسبت به سایر مدل‌های متکی بر داده‌های عدم حضور از این روش استفاده شد (Phillips et al., 2006). این مدل زمانی که تعداد نقاط حضور اندک باشد کارایی بیشتری نسبت به انواع مدل‌های دیگر خواهد داشت. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که مدل مکسنت را می‌توان با تعداد کمی نقطه حضور مانند پنج نقطه نیز به کار برد و مدل به دست آمده در این شرایط از اعتبار خوبی برخوردار است (Phillips et al., 2006). مدل بیشینه بی‌نظمی ویژگی‌های بوم‌شناختی نقطه‌های حضور گونه را با کل منطقه مقایسه و دامنه مطلوبیت زیستگاه را بین صفر (بدترین) تا یک (مطلوب‌ترین) گزارش می‌دهد. آماده‌سازی لایه‌های متغیرهای محیط زیستی جهت اجرای مدل خودهمبستگی مکانی بین نقطه‌های حضور بررسی و از نبود وجود همبستگی مکانی میان داده‌های حضور اطمینان بدست خواهد آمد. اعتبارسنجی و ارزیابی عملکرد مدل با بررسی شاخص AUC (Area Under Curve) که نشان-

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

دهنده سطح زیر منحنی ویژگی عامل دریافت‌کننده ROC (Receiver Operating Characteristic) است، بررسی می‌شود. سطح زیر نمودار این منحنی به عنوان معیاری از قدرت تشخیص نقاط حضور از نقاط عدم حضور توسط مدل عمل نموده و مستقل از تعریف آستانه‌های مطلوبیت می‌باشد. مدلی که فاقد قدرت تشخیص و پیش‌بینی باشد مقدار AUC برابر با ۰/۵ داشته و مدل کامل با قدرت پیش‌بینی زیاد دارای AUC برابر با یک خواهد بود. در نهایت متغیرهای تاثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه هر کدام از گونه‌های موجود در مکسنت با آزمون جک‌نایف و درصد سهم هر متغیر توسط منحنی‌های پاسخ گونه به ویژگی‌های محیطی تعیین می‌شوند.

نتایج

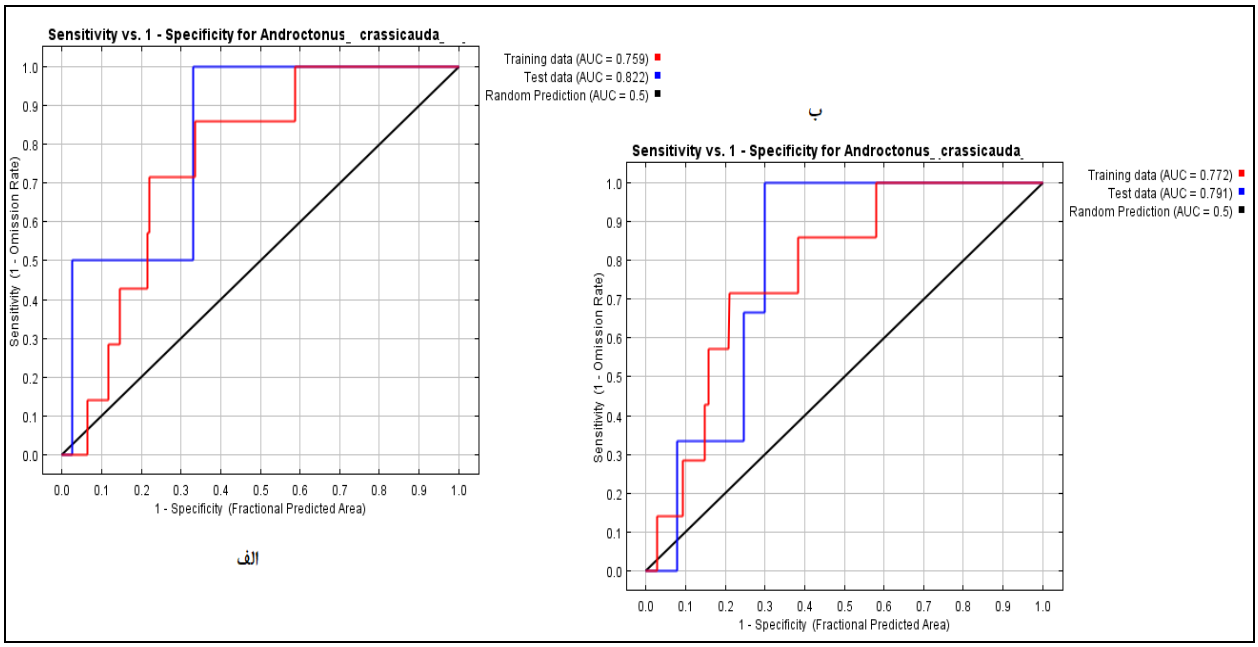
مقدار شاخص سطح زیر منحنی برای گونه *A. crassicauda* در زمان حاضر ۰/۷۵۹ و در زمان آینده ۰/۷۷۲ بود (شکل ۲). نتایج حاصل از بررسی سهم هر متغیر در مدل‌سازی نشان داد میانگین دما در مرطوب‌ترین فصل سال (Bio8)، مقدار بارش در سردترین ماه سال (Bio19) و پوشش گیاهی برای مدل‌سازی پراکنش کنونی گونه *A. crassicauda* و میانگین دما در مرطوب‌ترین فصل سال (Bio8)، پوشش گیاهی و دامنه دمای سالانه (Bio7) برای زمان آینده (۲۰۷۰) نقش داشته‌اند. بیشترین پتانسیل پراکنش این گونه در نواحی شمالی و مرکزی استان است که این محدوده در آینده نیز زیستگاه مطلوب خواهد بود (شکل ۳).



شکل ۱- نقشه پراکنش نقاط حضور دو گونه جنس *Androctonus* در استان سیستان و بلوچستان.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

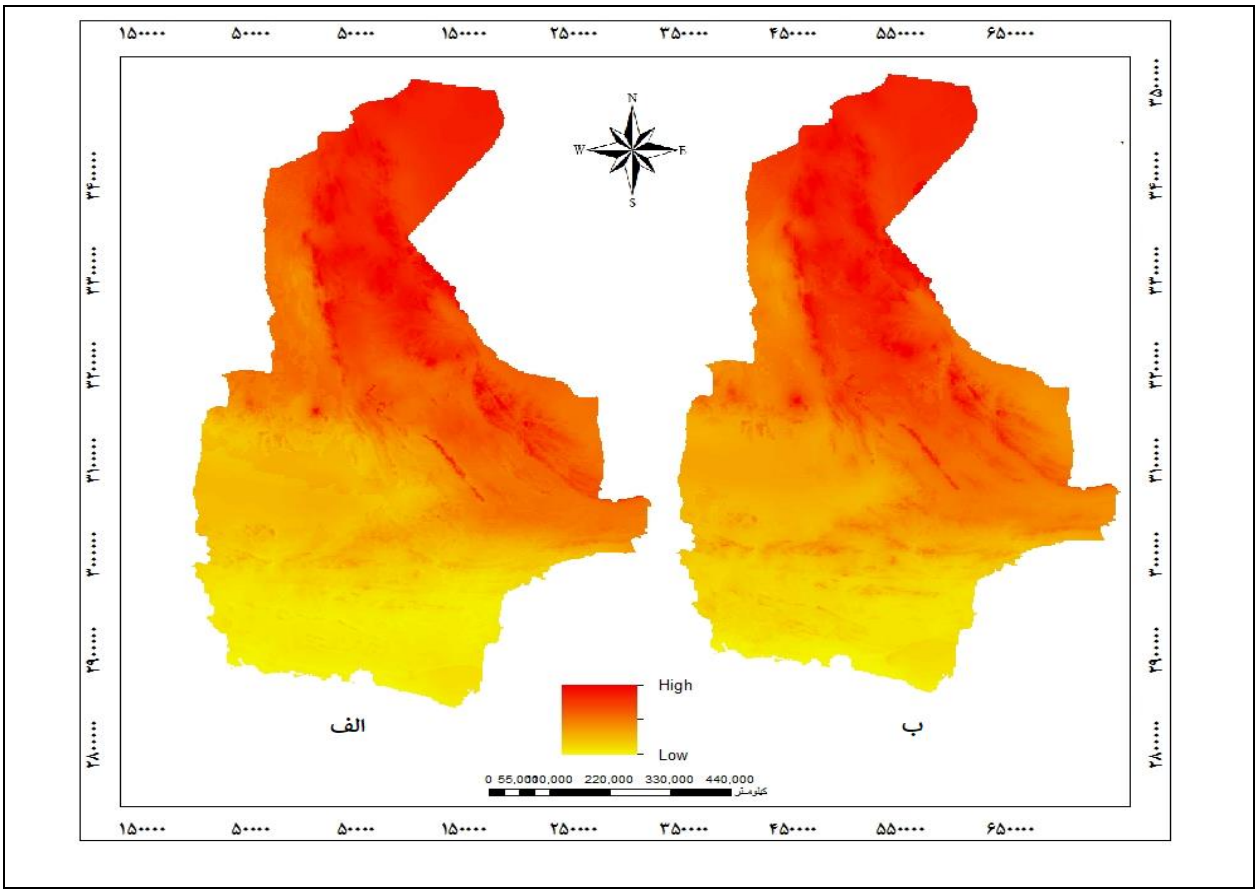
Figure 1. Distribution map of presence points of two species of the genus *Androctonus* in Sistan and Baluchestan Province.



شکل ۲- منحنی ROC و مقدار AUC خروجی مدل مکسنت برای *Androctonus crassicauda*

Figure 2. ROC curve and AUC value of the output of the Maxent for *Androctonus crassicauda*.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

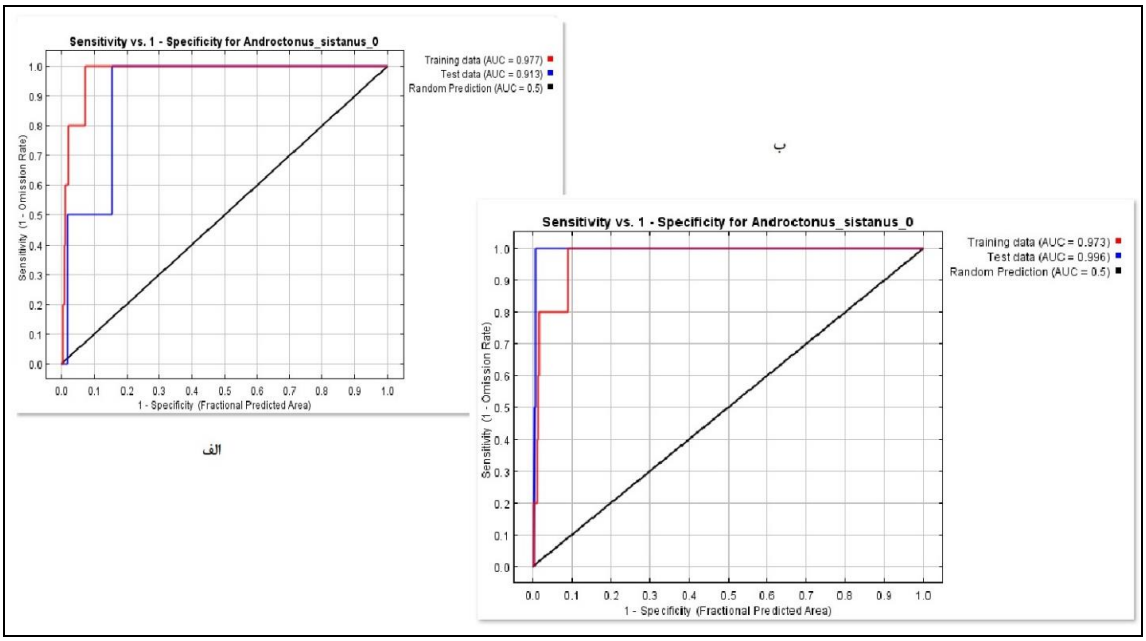


شکل ۳- نقشه مدل‌سازی پراکنش *Androctonus crassicauda* در الف) زمان حاضر و ب) در سال ۲۰۷۰.

Figure 3. Modeled distribution map of *Androctonus crassicauda* at present time (a) and in 2070 (b).

همچنین نتایج حاصل از مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای نشان داد متغیرهای دامنه دمای سالانه (Bio7)، مقدار بارش در سردترین ماه سال (Bio19)، مقدار بارش در خشک‌ترین ماه سال (Bio18) و پوشش گیاهی بیشترین تاثیر را بر توزیع *A. sistanus* در زمان کنونی دارد. مهم‌ترین متغیرهایی که در توزیع این گونه در آینده (۲۰۷۰) نقش دارند عبارتند از مقدار بارش در سردترین ماه سال (Bio19)، دامنه دمای سالانه (Bio7)، مقدار بارش در خشک‌ترین ماه سال (Bio18) و کاربری اراضی است. مقدار شاخص سطح زیر منحنی برای گونه *A. sistanus* در زمان حاضر ۰/۹۷۷ و در زمان آینده ۰/۹۷۳ بود (شکل ۴). پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه در سال ۲۰۷۰ با توجه به تغییرات اقلیمی RCP۲/۶ برای این گونه بومزاد در شکل ۵ (ب) نمایش داده شده است. بخش‌های شمالی استان واقع در شهرستان‌های هیرمند و زابل و زهک و همچنین نوار غربی استان تا محدوده مرکز استان به عنوان بهترین مناطق برای توزیع این گونه نشان داده شده است (شکل ۵-الف). پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب برای این گونه در آینده حاکی از کاهش وسعت در محدوده فعلی در سطح استان است (شکل ۵-ب).

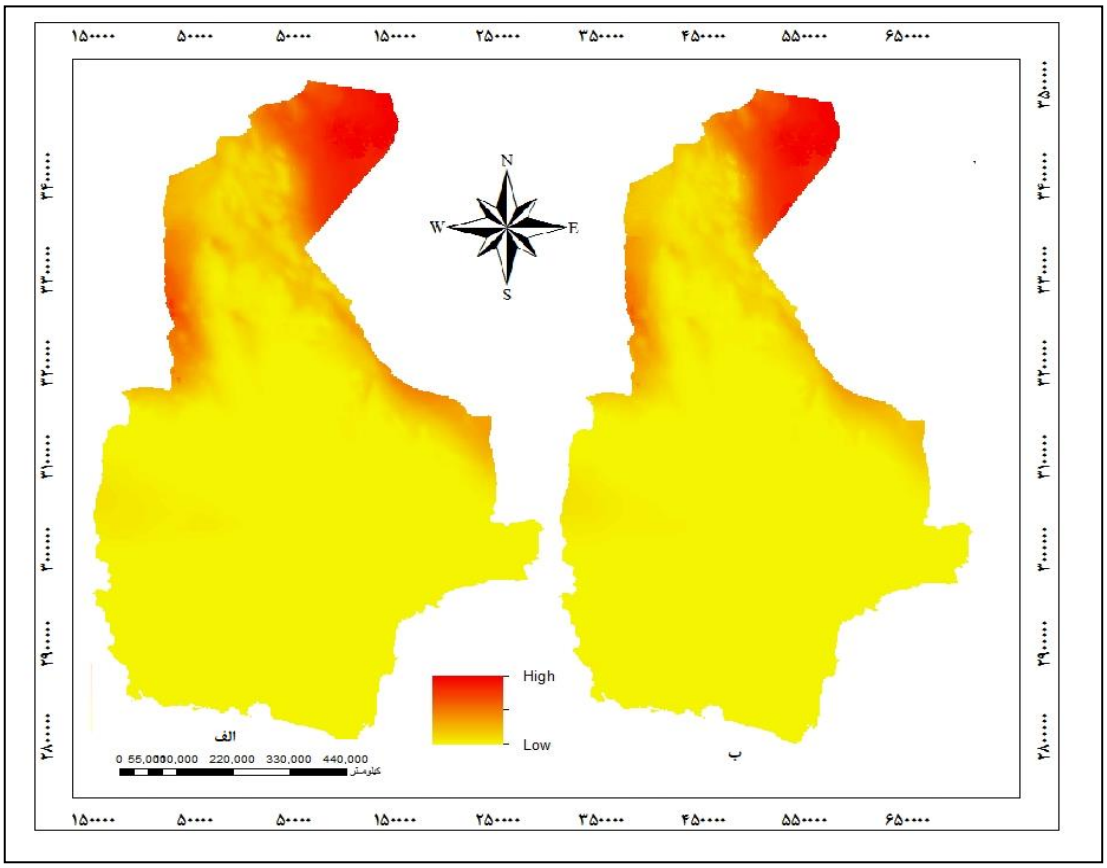
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]



شکل ۴- منحنی ROC و مقدار AUC خروجی مدل مکسنت برای *Androctonus sistanus*

Figure 4. ROC curve and AUC value of the output of the Maxent for *Androctonus sistanus*.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]



شکل ۵- نقشه مدل‌سازی پراکنش گونه *A. sistanus* در الف) زمان حاضر و ب) سال ۲۰۷۰.

Figure 5. Modeled distribution map of *Androctonus sistanus* at present time (a) and 2070 (b).

بحث

اطلاعات موجود در مورد بوم‌شناسی و زیست‌شناسی فون عقرب-های ایران بسیار محدود بوده و هرگونه اقدامی جهت توسعه موارد بهداشتی و پزشکی برای تهیه پادزهر در درجه اول مستلزم شناسایی زیستگاه‌ها و تعیین محدوده پراکنش عقرب‌ها می‌باشد. با وجود تنوع گونه‌ای عقرب‌های ایران، مطالعات محدودی در مورد زیستگاه‌های بالقوه و نحوه پراکندگی فون عقرب در استان سیستان و بلوچستان انجام شده است (Barahoei et al., 2020). عقرب‌گزیدگی یکی از مشکلات مهم پزشکی است. گزارشات متعددی از گزش عقرب در نقاط مختلف کشور ارائه شده است که شناسایی دامنه انتشار عقرب‌ها به خصوص برای گونه‌های خطرناک از نظر پزشکی در مدیریت بهداشت و درمان ضروری و موثر است (Dehghani & Kasiri, 2017; Kafash et al., 2023). اعضای جنس *Androctonus* (Ehrenberg, 1828) از عقرب‌های دارای زهر کشنده به شمار می‌روند. این جنس دارای ۴۰ گونه در سطح جهان است (Rein, 2024) که تاکنون دو گونه در ایران گزارش شده‌اند (Barahoei et al., 2022a).

Mohammadi Bavani و همکاران (۲۰۲۱) بر اساس منابع علمی منتشر شده در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه پراکنش ۱۰ گونه از عقرب‌های دارای اهمیت پزشکی را در ایران مدل‌سازی شده است. فاکتورهای بارندگی گرم‌ترین فصل سال، بارندگی سردترین فصل سال و میانگین درجه حرارت سالیانه بیشترین تاثیر را در آشیان بوم-شناختی و پراکنش گونه *Razianus zarudnyi* (Birula, 1903) داشتند. اما لایه محیطی محدوده درجه حرارت سالیانه کمترین اثر را در توزیع جغرافیایی این گونه در ایران داشت.

عقرب‌ها سازش خوبی با شرایط محیطی حاد پیدا کرده‌اند، بطوریکه برخی گونه‌ها می‌توانند دمای زیر صفر را تا چند هفته تحمل کرده و تنها پس از چند ساعت خروج از این دما فعالیت طبیعی خود را از سر گیرند. گونه‌های صحرایی نیز می‌توانند دمای چندین درجه بالاتر از حد تحمل سایر بندپایان صحرایی را تحمل کنند (Ghasemi-Khademi et al., 2022). در بررسی Rafinejad و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از مدل مکسنت، اثر تغییر اقلیم بر توزیع و پراکنش آینده شش گونه عقرب مهم از نظر پزشکی در ایران مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس این

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

مطالعه، گونه‌های *Androctonus* ،*Odontobuthus doriae* *crassicauda* و *Mesobuthus eupeus* به صورت گسترده در ایران پراکنش خواهند داشت. درحالیکه زیستگاه‌های مطلوب سایر گونه‌های مورد مطالعه به مناطق غرب و جنوب غربی ایران محدود می‌شود.

مطالعات قبلی نشان داد دما و بارندگی از عوامل مهم موثر بر پراکنش عقرب‌ها هستند. مهمترین شاخص موثر در پراکنش گونه *A. sistanus* در حال حاضر و آینده متغیر اقلیمی دامنه درجه حرارت سالانه و متغیر بعدی بارندگی سالانه است. در مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر روی گونه *A. crassicauda* عامل مقدار بارش در سردترین ماه سال مهمترین عامل محیط‌زیستی است که در پراکنش این گونه شناخته شده است (Rafinejad et al., 2020)، که بر اساس نتایج مطالعه حاضر نیز این فاکتور در پراکنش فعلی این گونه نیز نقش دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، مناطق شمالی استان دارای پتانسیل بیشتری برای توزیع گونه‌های این جنس هستند که به احتمال زیاد فاکتور خاک عامل موثری در این توزیع به شمار می‌رود. در مطالعه Kafash و همکاران (۲۰۲۳) میانگین حرارت خشک‌ترین فصل سال (Bio9) و بارندگی سردترین فصل سال (Bio19) را مهمترین متغیرها در پیش‌بینی توزیع *Mesobuthus phillipsii* در ایران معرفی نموده‌اند. Ghasemi-Khademi و همکاران (2022) مدل‌سازی بوم‌شناختی عقرب بومی ایرانی کرال (*Iranobuthus krali*) را با استفاده از مکسنت مدل‌سازی کرده‌اند. سه متغیر اقلیمی بارش در سه ماهه سردتر سال، بارش در سه ماهه خشک‌تر سال و حداقل دمای سردترین ماه سال بیشترین میزان مشارکت را در ساخت مدل تحلیل بیشینه بی‌نظمی داشتند. همچنین محدوده پراکنش بالقوه این گونه شامل مناطقی از استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی، سمنان، کرمان و یزد نیز پیش‌بینی شده است. بارندگی سالانه به عنوان یکی از مهمترین فاکتورهای موثر در پراکنش گونه *Mesobuthus eupeus mongolicus* در کشور مغولستان گزارش شده است (Shi et al., 2015). این مهم نشان می‌دهد که متغیرهای اقلیمی محدودیت‌های تعیین کننده‌ای بر توزیع این عقرب اعمال کرده‌اند (Pearson & Dawson, 2003).

نتیجه‌گیری

گونه‌های عقرب با اهمیت بالای پزشکی و گزارش‌های عقرب‌گزیدگی مربوط به عقرب‌ها در استان سیستان و بلوچستان دارای پراکنش بالایی هستند. یافته‌های مطالعه نشان داد گونه *A. crassicauda* در آینده پراکنش خود را به صورت پراکنده به سمت جنوب گسترش می‌دهد، در حالی که زیستگاه‌های گونه *A. sistanus* به احتمال زیاد با کمی کاهش در نواحی مطلوب مواجه خواهند شد. با وجود پراکنش فعلی هر دو گونه در نیمه شمالی استان انتظار می‌رود گزارشات گزش عقرب در این مناطق طی فصل‌های گرم سال افزایش یابد. همچنین این نتایج می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریت زیستگاه‌های این گونه‌ها در شرایط تغییرات اقلیمی آینده با توجه اهمیت بالای پزشکی جنس *Androctonus* مؤثر باشد.

پیشنهادات

استقرار امکانات و تجهیزات پزشکی و بیمارستانی به منظور فراهم نمودن اقدامات اورژانسی در صورت گزش در گستره جغرافیای پراکنش این گونه‌ها امری مهم و ضروری است. از آنجا که گونه بومزاد *A. sistanus* به تازگی معرفی شده و احتمال گسترش وسعت انتشار آن نیز محتمل است، پیشنهاد می‌گردد با نمونه‌برداری گسترده در محدوده‌های شرق و جنوب‌شرق کشور اطلاعات دقیق‌تری از پراکنش این گونه کسب شود. با توجه به مطالعات قبلی اثرات تغییر اقلیم بر عقرب‌ها در آینده، پیشنهاد می‌شود اثرات تغییر اقلیم در سناریوهای متفاوت بر گونه‌های این جنس نیز بررسی شود.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از داوران محترم که در ارتقای ساختار علمی مقاله کمک نمودند قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

Ahmadimarzale, M., Sabuhi, H., Bidgoli, M. S., Dehghani, R., Hoseindoost, G., & Mesgari, L. (2017). Study of scorpion species abundance in cities Aran & Bidgol and Kashan, Isfahan, Iran. *Journal of Entomological Resarch, 41*(3), 337–342.

Akbari, A., Tabatabai, M., Hedayat, A., Modiroosta, H., Alizadeh, M. & Zare, M. K. (1997). Study of the geographical distribution of scorpions in the south of *Pajouhesh and Sazandegi, 34*, 112-115.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

Amiri, M., Prendini, L., Hussen, F.S., Aliabadian, M., Siahsarvie, R. & Mirshamsi, O. (2024). Integrative systematics of the widespread Middle Eastern buthid scorpion, Hottentotta saulcyi (Simon, 1880), reveals a new species in Iran. *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 82, 323–341.

Baradaran, M., Mohajer, S., & Kazemi, S. M. (2024). Distribution mapping of deadly scorpions in Iran. *Toxicon*, 250, 6. 108109

Barahoei, H. (2020). Fauna of Sistan Scorpions (Arachnida: Scorpiones), Southeast Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, *14*(52)**,** 23-62.

Barahoei, H., Navidpour, S., Aliabadian, M., Siahsarvie, R., & Mirshamsi, O. (2020). Scorpions of Iran (Arachnida: Scorpiones): Annotated checklist, DELTA database and identification key. *Insect biodiversity and systematics, 6*(4), 375-474.

Barahoei, H., Mirshamsi, O., Sanchouli, M., Ghafouri Moghaddam, M., Lehmann-Graber, C., & Monod, L. (2022a). Review of *Androctonus baluchicus* (Pocock, 1900) with description of new species from Iran (Scorpiones: Buthidae). *Arthropoda Selecta, 31*(2),197- 212.

Barahoei, H., Prendini, L., Navidpour, S., Tahir, HM., Aliabadian, M., Siahsarvie, R., & Mirshamsi, O. (2022b). Integrative systematics of the tooth-tailed scorpions, Odontobuthus (Buthidae), with descriptions of three new species from the Iranian Plateau. *Zoological Journal of the Linnean Society, 195*(2), 355-398.

Bavani, M. M., Jesri, N., Sarvi, M., Saeedi, S., Saghafipour, A., & Shirani-Bidabadi, L. (2022). New data on medically important scorpion species of Iran based on seven physiographic areas. *Heliyon. 8*(7), e09877.

Dehghani, R. & Kassiri, H. (2017). Geographical Distribution of Scorpion *Odontobuthus doriae* in Esfahan province, Central Iran. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, *11*(3), 433–440.

Dehghani, R., Kamiabi, F., & Mohammadzadeh, N. (2017). Burrowing habits of two Arthropods; *Odenthobutus doriae* and *Hemilepistus schirasi* in desert of Isfahan, Iran. *Journal of Entomological Research, 41*(2), 113–118.

Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. M., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M. S., & Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography, 29*, 129–151.

Firoozfar, F., Saghafipour, A., Vatandoost, H., Bavani, M. M., Taherpour, M., Jesri, N., Yazdani, M., & Arzamani, K. (2019). Faunistic Composition and Spatial Distribution of Scorpions in North Khorasan Province Northeast of Iran. *Arthropod-Borne Diseases, 13*(4), 369-377.

Ghasemi-Khademi, T., Khosravi, R., & Sajjad, A. (2022). Climate niche modeling of Scorpio kruglovi (Scorpiones: Scorpionidae) in Iran. *Wildlife and Biodiversity, 6*(1), 87-101.

Hamidi, K., Mohammadi, S., & Eskandarzadeh, N. (2018). How will climate change affect the temporal and spatial distributions of a reservoir host, the Indian gerbil (*Tatera indica*), and the spread of zoonotic diseases that it carries? *Evolutionary Ecology Research, 19*(2), 215-226.

Ismail. M., Abd-Elsalam, M. A., & Al-Ahaidib, M. S. (1994). *Androctonus crassicauda* (Olivier), a dangerous and unduly neglected scorpion-I. Pharmacological and clinical studies. *Toxicon, 32*, 1599-1618.

Kafash, A., Hanafi-Bojd, A. A., Bavani, AM., Shahi, M., Akbari, M., Rafinejad, J., Bozorg Omid, F., & Hassanpour, G. (2023). Mapping current and future risk of scorpion sting from a species with low medical concern, *Mesobuthus phillipsii* (Scorpiones: Buthidae) in Iran. *Medical Entomology, 60*(6), 1314-1320.

Kasiri, H., Kasiri, E., Behbahani, R., & Kasiri, A. (2014). Epidemiological survey on scorpionism in Gotvand County, Southwestern Iran: an analysis of 1 067 patients. *Journal of Acute Disease, 3*(4),314-319.

Kovařík, F. & Navidpour, S. (2020). Six new species of *Orthochirus* Karsch, 1892 from Iran (Scorpiones: Buthidae). *Euscorpius, 312*, 1-41.

Lashkari, S. (2016). Study of morphology of scorpions in the north and northeast of Sistan and Baluchistan province., [Unpublished Msc Thesis]. Zanjan University. [In Persian].

Nazari, M., & Rastegar, H. (2016). Study on distribution of scorpions to provide prevention and interventions in combating scorpionism in Poldokhtar county, Lorestan province, Iran. *Journal of Clinical and Diagnostic Research, 10*(12), 5–9.

Mirshamsi, O., Azghadi, S., Navidpour, Sh., Aliabadian, M. & Kovařík, F. (2013). *Odontobuthus tirgari* sp. nov. (Scorpiones, Buthidae) from the eastern region of the Iranian Plateau. *Zootaxa, 3731*(1), 153–170.

Mohammadi, S., Ebrahimi, E., Shahriari Moghadam, M., & Bosso, M. (2019). Modelling current and future potential

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]

distributions of two desert jerboas under climate change in Iran. *Ecological Informatics*, *52*, 7-13.

Mohammadi Bavani, M., Saeedi, S., & Saghafipour, A. (2021). Spatial Distribution of Medically Important Scorpions in Iran: A Review Article. Shiraz *E-Med J. 22*(5), e102201.

Moradi, M., Yağmur, E., Akbari, A. & Jafari, N. (2022). *Hottentotta pooyani* sp. nov. from the Khuzestan Province, Iran. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum, 17*(2), 251-266.

Narouei, M., Khodagholi, M., & Saboohi, R. (2024). The effect of climate change on the habitat distribution of Platychaete aucheri. Boiss species in Sistan and Baluchestan province based on climate prediction model. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *31*, 284-301.

Pearson, R. G., & Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology & Biogeography*, *12*, 361–371.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*, *190*, 231–259.

Pipelzadeh, M. H., Jalali, A., Taraz, M., Pourabbas, R., & Zaremirakabadi, A. (2007). An epidemiological and a clinical study on scorpionism by the Iranian scorpion *Hemiscorpius lepturus*, *50(*7), 984-992.

Polis, G. A. (1990). The biology of scorpion. Stanford: Stanford University Press, p. 585.

Rafinejad, J., Shahi, M., Navidpour, S., Jahanifard, E., & Hanafi-Bojd, A. (2020). Effect of climate change on spatial distribution of scorpions of significant public health importance in Iran. Asian Pacific *Journal of Tropical Medicine*, *13*(11), 503-514.

Rein, J. O. (2024). The scorpion files. Retrieved from: https://www.ntnu.no/ub/scorpion-files. 2024 [Accessed January 2024].

Shi, C., Liang, H., Altanchimeg, D., Nonnaizab, Chuluunjav, C., & Zhang, D. (2015). Climatic niche defines eographical distribution of *Mesobuthus eupeus mongolicus* (Scorpiones: Buthidae) in Gobi desert. *Zoological Systematics*, *40*(3), 339-348.

Yağmur, E. A., Moradi, M., Larti, M., & Lashkari, S. (2016). First record of *Androctonus robustus* Kovařík & Ahmed, 2013 (Scorpiones: Buthidae) for Iran. *Zoology in the Middle East*, *62*(4), 370-372.

Yağmur, E. A., Moradi, M., Tabatabaei, M., & Jafari, N. (2022). Contributions to the scorpion fauna of Iran. Part II. *Hottentotta akbarii* sp. nov. from the Fars province (Scorpiones: Buthidae). *Serket*, *18*(3), 252-262.

*****

How to cite this article:

Mohammadi, S. Barahoei, H. 2024. Distribution modeling of the fat-tailed scorpions of Sistan and Baluchestan Province. Nova Biologica Reperta 11: 32-43. (In Persian).

محمدی، س. براهوئی، ح. ۱۴۰۳. مدل‌سازی پراکنش عقرب‌های دم پهن در استان سیستان و بلوچستان. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۱۱: ۳۲-۴۳.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1403.11.3.3.7]
[DOI: 10.22034/NBR.11.3.32]