Archive of SID

محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶
صفحات: ۱۶۰-۱۴۹

اثرات منفی تغییرات اقلیمی آینده بر لاسرتاهای کوه‌زی ایران

انوشه کفاش[۱]، مسعود یوسفی[۲*]

۱. دانشجوی دکترای محیط زیست، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی کرج، دانشگاه تهران
۲. گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی کرج، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت:۱۳۹۵/۵/۳۱ ؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۶/۳۰)

چکیده

سوسمار سه خط (*Lacerta media*) یکی از انواع سوسماران روز فعال و یکی از اعضای خانوادهٔ لاسرتیده است. در مطالعهٔ حاضر با استفاده از روش‌های مدل‌سازی توزیع گونه‌ها و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر روی توزیع این گونه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد بخش قابل توجهی از زیستگاه‌های مطلوب گونه در شرایط حاضر، تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده کاهش خواهد یافت. همچنین طی مطالعه حاضر اثر تغییرات اقلیمی آینده بر پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه مورد سنجش قرار گرفت برای این منظور از نرم افزار ENMTools استفاده شد، نتایج نشان داد پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه تحت شرایط اقلیمی آینده کوچکتر خواهد شد. همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده به دلیل کاهش شرایط مطلوب اقلیمی برای زیست گونه احتمال انقراض جمعیت‌های محلی سوسمار سه خط افزایش خواهد یافت.

کلید واژگان: خزندگان، انقراض، حفاظت، آشیان بوم شناختی، مکسنت

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۸۹۱۷۹۵۲۲۳۱۳+
Email: yousefi52@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

افزایش دمای کرهٔ زمین نگرانی‌های زیادی را برای زیست‌شناسان حفاظت به وجود آورده است (Brooks *et al*., 2006). گرم شدن زمین در حال حاضر بسیاری از جنبه‌های زیستی گونه‌ها را تحت تأثیر قرار داده است برای مثال سبب تغییر در فنولوژی (Parmesan and Yohe, 2003)، فیزیولوژی (Dillon *et al*., 2010)، ریخت‌شناسی (Sheridan and Bickford, 2011)، چرخهٔ جمعیتی (Daufresne *et al*., 2009)، و توزیع گونه‌ها شده است (Parmesan and Yohe, 2003). تغییراقلیم به عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدها برای تنوع زیستی محسوب می‌شود (Root *et al*., 2003) و پیش‌بینی می‌شود تأثیرات آن بر گونه‌های کوهستانی، گونه‌های اندمیک و گونه های با توزیع جغرافیایی کوچک بسیار بیشتر باشد (Brooks *et al*., 2006; La Sorte and Jetz, 2010; McCain and Colwell, 2011; Yousefi *et al*., 2015).

طی دهه‌های گذشته مدل‌های توزیع گونه‌ها (SDMs) به پر استفاده‌ترین ابزار برای پیش‌بینی اثرات تغییراقلیم بر تنوع زیستی تبدیل شده‌اند. تا به امروز روش‌های مدل‌سازی توزیع مکانی برای پیش‌بینی اثرات تغییراقلیم بر گروه‌های مختلف تاکسونومیک مانند گونه‌های گیاهی (Carrillo-Angeles *et al*., 2016)، پروانه‌ها (Hill *et al*., 2002)، دوزیستان (Araújo *et al*., 2006)، خزندگان (Araújo *et al*. 2006; Kafash *et al*., 2016)، پرندگان (Peh, 2007; Yousefi et al., 2017) و پستانداران (Lawler *et al*. 2006; Thuiller *et al*., 2006) استفاده شده است. با وجود مطالعات گسترده در سطح جهان برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی بر روی گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر روی تنوع زیستی ایران کمتر شناخته شده است و مطالعات انجام شده در زمینهٔ خزندگان بسیار اندک است (Kafash *et al*., 2014; Kafash *et al*., 2015; Yousefi *et al*., 2015;). بنابراین در مطالعهٔ حاضر با استفاده از روش‌های مدل سازی توزیع گونه‌ها و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر روی توزیع و پهنای آشیان بوم‌شناختی گونهٔ سوسمار سه‌خط در ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. نقاط حضور گونه

نقاط حضور مورد استفاده در این مطالعه حاصل پایش‌های صحرایی نگارندگان طی سال‌های (۱۳۹۱-۱۳۹۵) و برگفته از بانک اطلاعاتی Global Biodiversity Information Facility (http://www.gbif.org) می‌باشد (شکل۱). تمامی داده‌های استفاده شده در مطالعهٔ حاضر نقطهٔ حضور گونه بوده و مربوط به نقطهٔ ثبت شده از زیستگاه نیست، بنابراین خطای قابل ذکر برای نقاط استفاده شده کمتر از ۱۰ متر خواهد بود. این نقاط کل گسترهٔ حضور گونه شامل استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، اصفهان، زنجان، قزوین، کردستان، کرمانشاه، لرستان، مرکزی و همدان را در برمی‌گیرد. استفاده از نقاط حضور گونه از کل گسترهٔ توزیع آن می‌تواند نتایج قابل قبول‌تر و واقع‌بینانه‌تری را در ارتباط با گونه ارائه کند.

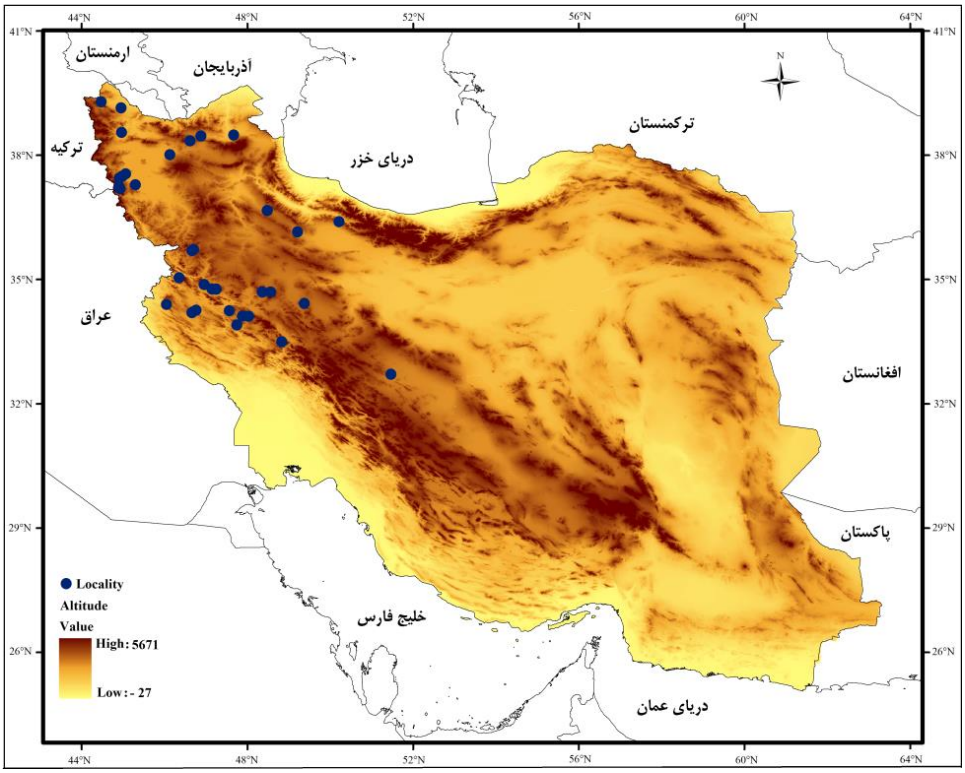
۲.۲. متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه

متغیرهای اقلیمی برای شرایط حاضر از بانک داده WorldClim (Hijmans *et al*., 2005) تهیه شد. این بانک داده شامل ۱۹ متغیر آب و هوایی برای کرهٔ زمین است که بر اساس درون‌یابی داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ حاصل شده است. از آنجایی که همبستگی بالایی بین این متغیرهای اقلیمی وجود دارد ابتدا همبستگی متغییرها در منطقهٔ مورد مطالعه بررسی و سپس متغیرهایی که همبستگی بالایی نداشتند (Pearson ≤0.70) (Asuero *et al*., 2006) انتخاب شده و مدل‌سازی انجام شد (جدول ۱). برای سنجش میزان

www.SID.ir

Archive of SID

همبستگی بین متغیرهای اقلیمی از نرم افزار ENMTools استفاده شد (Warren *et al*., 2010).



شکل۱. نقاط حضور گونهٔ سوسمار سه خط در ایران

جدول ۱. متغییرهای اقلیمی مورد استفاده برای تهیهٔ مدل تغییراقلیم گونهٔ سوسمار سه‌خط

ردیف	نام متغییر فارسی	نام متغییر انگلیسی
۱	میانگین دمای سالیانه	Annual mean temperature
۲	میانگین تغییرات روزانهٔ دما	Mean diurnal range
۳	هم‌دمایی	Isothermality
۴	تغییرات فصلی دما	Temperature seasonality
۵	بارش سالیانه	Annual precipitation
۶	تغییرات فصلی بارش	Precipitation seasonality
۷	میانگین بارش در گرم‌ترین فصل سال	Precipitation of warmest Quarter

۳. ۲. مدل‌سازی توزیع گونه

پیش‌بینی تغییر محدودهٔ توزیع گونه‌ها در آینده از طریق انواع روش‌های مدل‌سازی امکان پذیر است، با این وجود مطالعات کمی به مدل‌سازی اثرات تغییراقلیم آینده بر دوزیستان و خزندگان پرداخته‌اند (Lawler et al., 2009). در مطالعاتی که با هدف پیش‌بینی نحوهٔ اثرگذاری تغییرات اقلیمی آینده بر توزیع

www.SID.ir

Archive of SID

بالقوهٔ گونه‌ها انجام شده‌اند، از روش‌های زیست اقلیمی به فراوانی استفاده می‌شود (Thomas *et al*., 2004; Araújo *et al*., 2006; Jeschke and Strayer, 2008). مدل‌های زیست‌اقلیمی توزیع فعلی گونه را به عنوان تابعی از اقلیم حاضر تعریف می‌کنند و سپس بر اساس داده‌های اقلیم آینده به پیش‌بینی نحوهٔ توزیع گونه‌ها در آینده می‌پردازند (Lawler *et al*., 2006; Lawler *et al*., 2010).

در مطالعهٔ حاضر از نرم افزار MAXENT v.3.3.3k (Phillips *et al*., 2006; Phillips and Dudik, 2008) به منظور ساخت مدل توزیع بالقوهٔ گونهٔ سوسمار سه‌خط در شرایط اقلیمی حاضر و آینده استفاده شد. روش حداکثر بی‌نظمی پر استفاده‌ترین روش مدل‌سازی توزیع گونه‌ها است (Warren and Seifert, 2011; Merow *et al*., 2013) و عملکرد بهتری نسبت به دیگر روش‌های مدل‌سازی دارد (Elith *et al*., 2006).

به منظور تعیین نحوهٔ توزیع گونه تحت شرایط اقلیمی آینده از مدل CCSM 4 استفاده شد. در این مطالعه دو سناریوی RCP 2.6 و RCP 8.5 به این دلیل که یکی حد کمینهٔ انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگری حد بیشینهٔ آن را ارائه می‌کند، انتخاب شدند (IPCC, 2014). بر اساس سناریوی RCP 2.6 دمای جهانی در اواخر قرن میلادی حاضر (2081-2100) به طور متوسط ۱ درجه افزایش خواهد یافت اما بر اساس سناریوی RCP 8.5 دمای جهانی در اواخر قرن تا ۳/۷ درجه افزایش خواهد یافت (IPCC, 2014). داشتن سناریوهایی که مقدار کمینه و بیشینه انتشار گازهای گلخانه‌ای را ارائه می‌کنند مزیت بالایی دارد و می‌تواند درک بهتری از نحوه تغییرات احتمالی آینده ارائه نماید.

۴.۲. تعیین مساحت و تأثیر تغییر اقلیم بر وسعت زیستگاه‌های گونه

جهت تعیین تأثیر تغییراقلیم بر وسعت زیستگاه گونهٔ سوسمار سه‌خط، نقشهٔ توزیع بالقوه (مطلوبیت زیستگاه) حاضر و آیندهٔ گونه در فضای نرم افزار ArcGIS 9.3 به سه گروه (طبقهٔ مطلوب بالا، طبقهٔ مطلوبیت متوسط و طبقهٔ نامطلوب) طبقه‌بندی شد. سپس وسعت هر طبقه در نقشه‌های حال و آینده (دو سناریو RCP 2.6 ;RCP 8.5) بر حسب درصد محاسبه شد (جدول ۲).

۵.۲. تأثیر تغییر اقلیم بر پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه

به منظور بررسی نحوهٔ اثرگذاری تغییرات اقلیمی آینده بر روی آشیان بوم‌شناختی گونه ابتدا پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه در شرایط اقلیمی حاضر و سپس تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده با استفاده از نرم افزار ENMTools (Warren *et al*., 2010) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری پهنای آشیان از معیار Levins استفاده شد (Levins, 1968) که دارای ارزش عددی صفر (هیچ سلولی در منطقهٔ مورد بررسی برای گونه مطلوب نیست) تا ۱ (تمام سلول‌ها در منطقهٔ مورد بررسی برای گونه مطلوب است) می‌باشد (Mandle *et al*., 2010). این معیار نیازی به طبقه‌بندی مدل مطلوبیت ندارد و از مدل پیوستهٔ خروجی نرم افزار مکسنت به طور مستقیم برای تخمین پهنای آشیان بوم‌شناختی استفاده می‌کند (Mandle *et al*., 2010).

۳. نتایج

نتایج حاصل از بررسی تغییراقلیم در گونهٔ سوسمار سه خط با استفاده از نرم افزار مکسنت طی دو سناریو (RCP 8.5; RCP 2.6) نشان داد که مناطق مطلوب برای گونه کاهش خواهد یافت. شکل ۲ نقشهٔ توزیع گونهٔ سوسمار سه خط را با توجه به شرایط اقلیمی حاضر در سه طبقهٔ مطلوبیت بالا (قرمز)، مطلوبیت متوسط (زرد) و نامطلوب (سبز) نشان می‌دهد. این طبقات میزان مطلوبیت هر مکان جغرافیایی در محدودهٔ حضور گونه را نشان می‌دهند، مناطقی که با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند زیستگاه‌هایی هستند که بیشترین میزان

www.SID.ir

Archive of SID

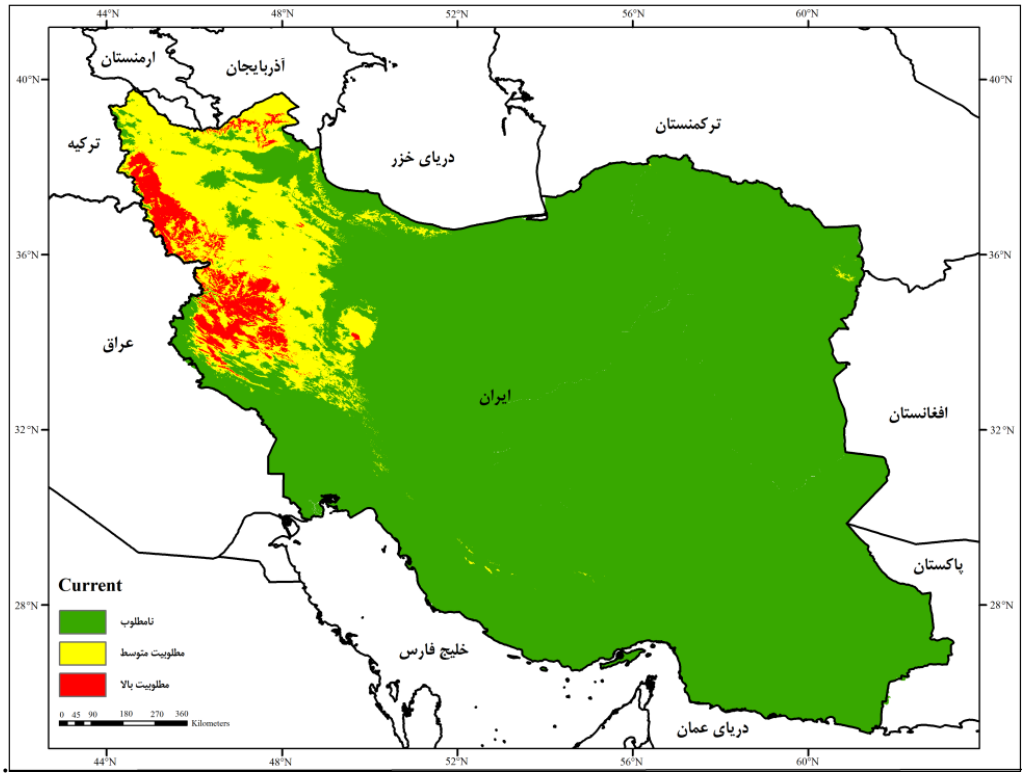
مطلوبیت را برای زیست گونهٔ سوسمار سه خط با توجه به شرایط اقلیمی دارا هستند. با مقایسهٔ شکل ۲ با شکل ۳ و ۴ (نقشهٔ توزیع گونهٔ سوسمار سه خط با توجه به عوامل اقلیمی آینده) به خوبی می‌توان کاهش مناطق مطلوب برای زیست گونهٔ تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده را مشاهده کرد.

۱.۳.تغییر در وسعت زیستگاه‌های مطلوب تحت تأثیر تغییرات اقلیمی

نتایج حاصل از تعیین وسعت زیستگاه‌های مطلوب گونه در شرایط اقلیم حاضر و تحت دو سناریوی تغییر اقلیم نشان داد مساحت زیستگاه‌های با مطلوبیت بالا از ۳/۶۴ درصد از مساحت کشور به ۰/۲۱ درصد و ۰/۵۵ درصد به ترتیب تحت سناریوهای RPC 8.5 و RPC 2.6 کاهش خواهد یافت. همچنین مساحت زیستگاه های با مطلوبیت متوسط از ۹/۸۷ درصد از مساحت کشور به ۳/۱۲ درصد و ۷/۶۵ درصد به ترتیب تحت سناریوهای RPC 8.5 و RPC 2.6 کاهش خواهد یافت.

۲.۳. پهنای آشیان بوم‌شناختی

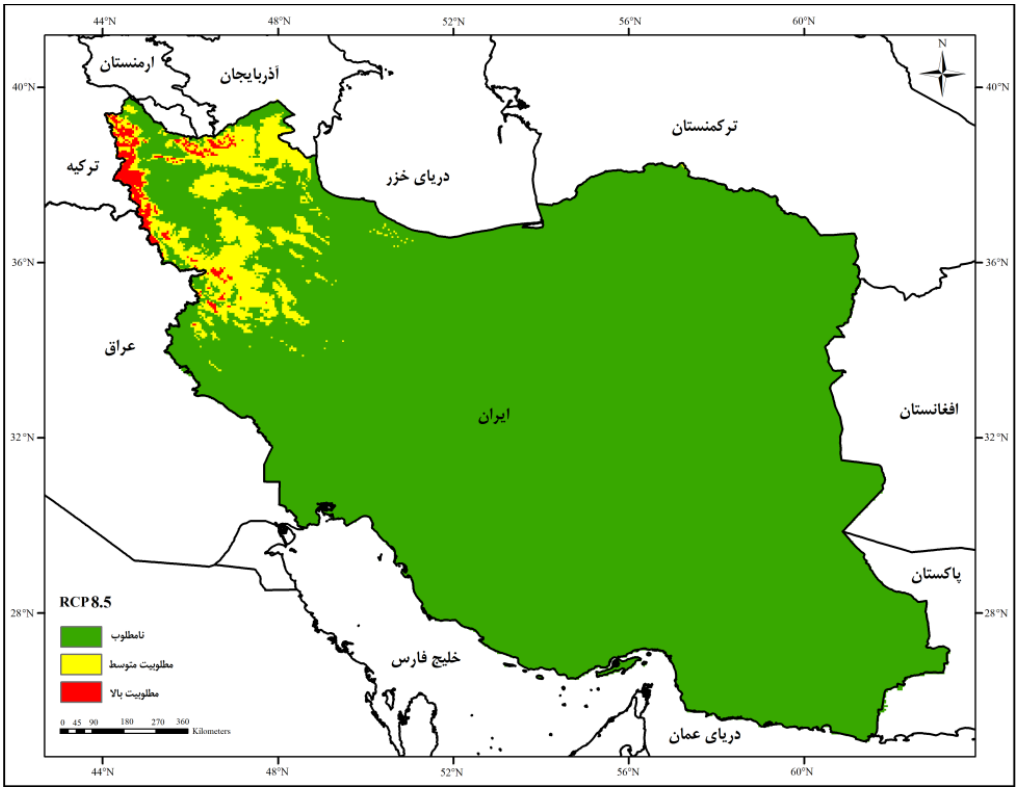
نتایج بررسی پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه در شرایط اقلیمی حاضر و تحت تأثیر شرایط اقلیمی آینده نشان داد پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی کاهش خواهد یافت. در شرایط حاضر پهنای آشیان بوم شناختی برابر با ۰/۲۴ و در آینده برابر با ۰/۱۴ تحت سناریوی RCP 8.5 و ۰/۲۱ تحت سناریوی RCP 2.6 خواهد بود.



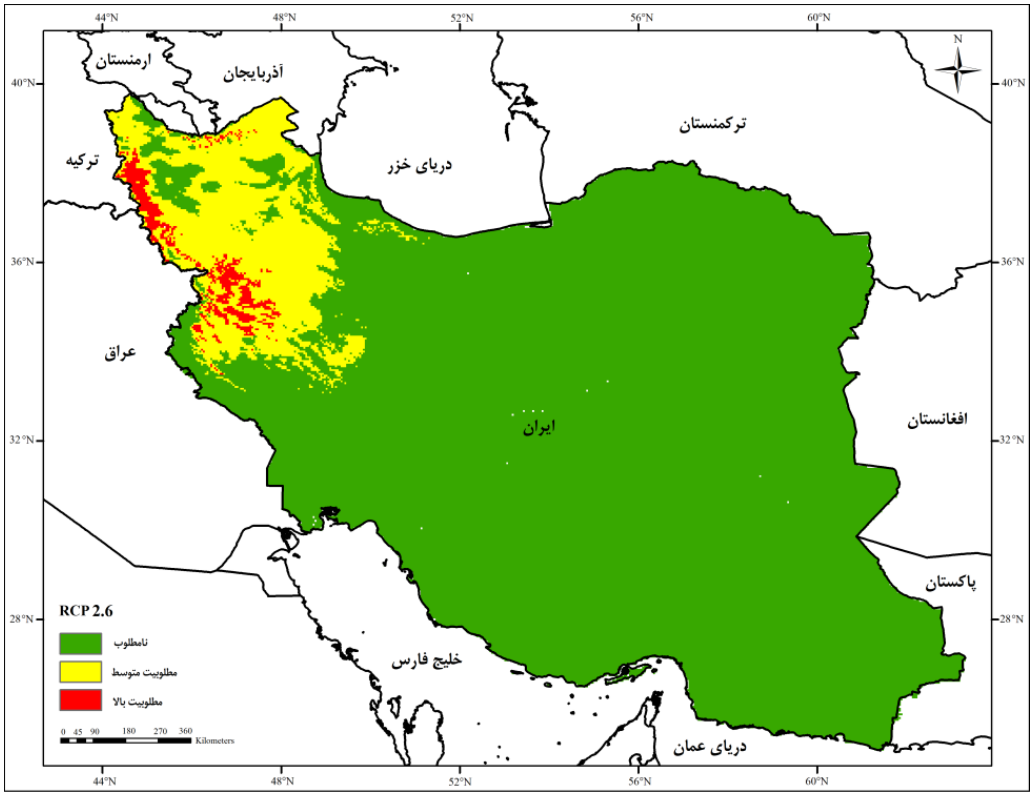
شکل ۱. مدل مطلوبیت زیستگاه گونهٔ سوسمار سه خط تحت اقلیم حاضر

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. مدل مطلوبیت زیستگاه گونهٔ سوسمار سه خط تحت تأثیر اقلیم آینده (RCP 8.5)



شکل ۳. مدل مطلوبیت زیستگاه گونهٔ سوسمار سه خط تحت تأثیر اقلیم آینده (RCP 2.6)

www.SID.ir

Archive of SID

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد از هر ۵ گونه سوسمار ۱ گونه به خاطر تغییرات اقلیمی با ریسک انقراض مواجه خواهد شد (Sinervo et al., 2010). نتایج حاصل از این مطالعه نیز نشان داد ریسک انقراض جمعیت‌های محلی سوسمار سه‌خط تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده افزایش خواهد یافت چرا که بخش قابل توجهی از زیستگاه‌های مطلوب گونه در شرایط اقلیمی آینده از بین خواهد رفت و پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه نیز در شرایط اقلیمی آینده کوچکتر خواهد شد.

۱.۴. تطابق نتایج با سایر مطالعات

مطالعات انجام شده بر روی سایر گونه‌های خزندگان ایران نتایج مشابه‌ای نشان داده است برای مثال Kafash و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند زیستگاه‌های مطلوب برای گونهٔ آگامای قفقازی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده کاهش خواهد یافت. همچنین بررسی نحوه تأثیر پذیری افعی‌های جنس *Montivipera* از تغییرات اقلیمی آینده نشان داد زیستگاه مطلوب این گونه از مارها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده به مناطق مرتفع‌تر جابجا خواهد شد و در صورت ناتوانی این گونه‌ها در دنبال کردن زیستگاه‌های مطلوب خود با جابجایی به مناطق مرتفع‌تر و یا عدم سازگاری به شرایط اقلیمی جدید منقرض خواهند شد (Yousefi *et al.*, 2015). مطالعات انجام شده در سایر نقاط جهان بر روی خزندگان نیز نتایج مشابه‌ای را نشان می‌دهد، برای مثال Moreno-Rueda و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که بر سوسماران اسپانیا انجام دادند، نشان دادند تغییر توزیع جغرافیایی خزندگان در اسپانیا با تغییر درجهٔ حرارت در ارتباط است و توزیع آن‌ها در پاسخ به تغییرات اقلیمی آینده در امتداد عرض‌های جغرافیایی تغییر خواهد کرد. همچنین Martínez-Freiría و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر ۲۱ گونهٔ اندمیک از خزندگان مراکش نشان دادند که نیمی از گونه‌های بررسی شده بخش قابل توجهی از زیستگاه‌های مطلوب خود را تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در آینده از دست خواهند داد.

اقلیم عاملی اساسی در تعیین مکان زیست، رشد و تولیدمثل گونه‌ها است (Parmesan and Yohe, 2003; Dawson *et al.*, 2011). پیش‌بینی می‌شود رژیم دما و بارش یعنی دو فاکتور کلیدی شکل دهندهٔ اقلیم هر منطقه به دلیل بروز پدید گرمایش جهانی تغییر کند. بنابراین با تغییر شرایط اقلیمی بسیاری از جنبه‌های تولید مثل گونه‌ها تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. Bestion و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای بر سوسماران و شبیه‌سازی شرایط اقلیمی آینده نشان دادند، گرمتر شدن کرهٔ زمین سبب رشد سریع‌تر بدن سوسماران، شروع زودتر دورهٔ تولید مثلی و کوتاه شدن چرخهٔ زندگی می‌شود که این خود سبب کاهش بقای سوسماران بالغ خواهد شد. همچنین در این مطالعه نشان داده شد که زمان تولیدمثلی سوسماران ماده از فصل تابستان به فصل زمستان تغییر می‌یابد (Bestion *et al.*, 2015). بنابراین انتظار می‌رود جنبه‌های مختلف تولید مثلی سوسمار سه خط نیز تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده تغییر کند و بقای طولانی مدت آن در اقلیم درحال تغییر با ابهامات زیادی روبرو خواهد بود.

۲.۴. تغییرات اقلیمی و خطر انقراض گونه‌ها

Gibbons و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی عوامل کاهش جهانی گونه‌های خزنده و دوزیست پرداختند. در این مطالعه تغییر اقلیم به عنوان یکی از عمده‌ترین عوامل کاهش دهندهٔ خزندگان شناسایی شد. تغییر اقلیم به طور مستقیم زیستگاه‌های مطلوب برای زیست گونه‌ها را کاهش خواهد داد و به این ترتیب سبب انقراض جمعیت‌های محلی و در مواردی کاهش اندازهٔ جمعیت‌ها خواهد شد. نابودی این جمعیت‌ها سبب از دست رفتن تنوع ژنتیکی گونه‌ها خواهد شد. در جمعیت‌های کوچک نیز احتمال آمیزش افراد خویشاوند بیشتر خواهد بود و به

www.SID.ir

Archive of SID

مرور زمان به دلیل آمیزش افراد خویشاوند جمعیت دچار کاهش تنوع ژنتیکی خواهد شد. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که جمعیت‌های کوچک که دچار یکسانی ژنتیکی شده باشند، بسیار مستعد انقراض خواهند بود (Frankham, 2005; Hughes *et al*., 2008). بنابراین تغییرات اقلیمی با کاهش وسعت زیستگاه و اندازهٔ جمعیت گونه‌ها (Habel *et al*., 2011) تنوع ژنتیکی آن‌ها را کاهش و ریسک انقراض آن‌ها را افزایش خواهد داد (Balint *et al*., 2011; Rubidge *et al*., 2012; Franks and Hoffmann, 2012). گونه‌های با تنوع ژنتیکی اندک در برابر بیماری‌ها آسیب‌پذیرتر خواهند بود (Coltman *et al*., 1999). همچنین توانایی زادآوری آن‌ها از جنبه‌های مختلف کاهش پیدا خواهد کرد (Hedrick and Fredrickson, 2010).

تغییر اقلیم تهدید به مراتب جدی‌تری برای گونه‌های ساکن بوم‌سازگان‌های کوهستانی خواهد بود، چرا که تغییرات اقلیمی زیستگاه‌های در دسترس این گونه‌ها را به شدت کاهش خواهد داد و ریسک انقراض این گونه‌ها در حرکت به مناطق مرتفع کوه‌ها افزایش می‌یابد (Colwell *et al*., 2008؛ La Sorte, 2010). شرایط زمانی بسیار حاد خواهد بود که گونهٔ اندمیک و داری گسترهٔ توزیع بسیار کوچک باشد که در این صورت تغییر اقلیم به تنهایی می‌تواند سبب انقراض آن شود مانند آنچه برای گونهٔ *Melomys rubicola* در استرالیا رخ داده است (Gynther *et al*., 2016).

گونه‌های مختلف از طریق تغییر توزیع جغرافیایی خود به تغییر اقلیم واکنش نشان می‌دهند (Root *et al*., 2003; Parmesan, 2006). این واکنش‌ها از طرق مختلف از جمله تغییر محدودهٔ عرض جغرافیایی و ارتفاع محل زیست است (Moritz *et al*., 2008). در برخی مناطق، گرم شدن اقلیم سبب تغییر محدودهٔ پراکنش گونه به ارتفاعات بالاتر خواهد شد (Peh 2007; Seimon *et al*., 2007; Chen *et al*., 2009; Chen *et al*., 2011). این تغییرات در توزیع گونه‌ها ممکن است سبب کاهش محدودهٔ زیست گونه و یا تکه‌تکه شدن زیستگاه گونه شود که این امر خود تهدیدی برای کاهش اندازهٔ جمعیت گونه خواهد بود (Gaston 1994). کاهش محدودهٔ زیست برای گونه‌های اندمیکی که محدودهٔ توزیع کوچکی دارند بسیار تهدید کننده است (Manne andPimm 2001). همچنین مناطق جدیدی که گونه در صورت تغییر زیستگاه خود مجبور به زیست در آن‌ها خواهد شد، ممکن است مناطق حفاظت شده نباشند و حتی می‌تواند زیستگاه‌های نامطلوبی نسبت به زیستگاه‌های فعلی باشد (Araujo *et al*., 2004; Thuiller *et al*., 2006; Araujo *et al*., 2011). بر اساس موارد مطرح شده برای گونهٔ سوسمار سه خط نیز انتظار می‌رود با افزایش دما تحت تأثیر تغییرات اقلیمی این گونه به ارتفاعات بالاتر جابجا شود. یک راهبرد احتمالی دیگر این است که گونه به شرایط اقلیمی جدید سازگار شود، یعنی گونه بتواند در شرایط دمایی بالاتر از آنچه در حال حاضر در آن زیست می‌کند بقا داشته باشد، اما این مسأله احتمال کمی دارد، چرا که سرعت تغییرات بالاتر از آن است که گونه بتواند نسبت به آن سازگار شود مخصوصاً اگر تغییرات اقلیمی بر اساس آنچه در سناریوی RCP 8.5 پیش بینی شده است، اتفاق افتد.

ذکر این نکته ضروری است که نتیجه‌گیری‌های انجام شده در مطالعهٔ حاضر در ارتباط با اثرات تغییرات اقلیمی بر گونهٔ سوسمار سه‌خط تنها بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم استفاده شده در مطالعهٔ حاضر صحت خواهد داشت و اگر فرآیند تغییرات اقلیمی آینده در ایران متفاوت از آنچه در این سناریوهای ارائه شده باشد، نمی‌توان موارد پیش‌بینی شده را در آینده شاهد بود. همچنین به جز تغییر اقلیم عوامل دیگری نیز در آینده می‌تواند در افزایش خطر انقراض جمعیت‌های محلی گونه‌های مختلف مؤثر باشد (Winter *et al*., 2016)، مانند تخریب زیستگاه، آلوده شدن زیستگاه و تغییرات

www.SID.ir

Archive of SID

کاربری اراضی به منظور توسعهٔ فعالیت‌های مختلف انسانی. بنابراین پیش‌بینی می‌شود در آینده عوامل مختلف به طور همزمان احتمال انقراض جمعیت‌های محلی گونهٔ سوسمار سه‌خط را افزایش دهند.

تقدیر و تشکر

نگارندگان مقاله برخود لازم می‌دانند از آقای دکتر مهدی رجبی‌زاده جهت ارائهٔ نظرات ارزشمند خود برای بهبود مقالهٔ حاضر تشکر و قدردانی نمایند.

References

Araujo, M. B., Alagador D., Cabeza M., Nogue´s-Bravo D., Thuiller W., 2011. Climate change threatens European conservation areas. Ecology Letters 14, 484-492.

Araujo, M. B., Cabeza M, Thuiller, W., Hannah, L., Williams, P. H., 2004. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. Global Chang Biology 10, 1618-1626.

Araújo, M. B., Thuiller,W., Pearson, R. G., 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. Journal of Biogeography 33, 1712-1728.

Asuero, A.G., Sayago, A., Gonzalez, A.G., 2006. The correlation coefficient: an overview. Critical Reviews in Analytical Chemistry 36, 41-59.

Balint, M., Domisch, S., Engelhardt, C. H. M., Haase, P., Lehrian, S., Sauer, J., Theissinger, K., Pauls S. U., Nowak, C., 2011. Cryptic biodiversity loss linked to global climate change. Nature Climate Change 1, 313-318.

Bestion, E., Teyssier, A., Richard, M., Clobert, J., Cote, J., 2015. Live Fast, Die young: experimental evidence of population extinction risk due to climate change. PLoS Biology 13(10), e1002281. doi:10.1371/journal.pbio.1002281.

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, Pilgrim, J. D., Rodrigues, A. S. L., 2006. Global biodiversity conservation priorities. Science 313, 58-61.

Carrillo-Angeles, I. G., Suzán-Azpiri, H., Mandujano, M. C., Golubov, J., Martínez-Ávalos, J. G., 2016. Niche breadth and the implications of climate change in the conservation of the genus Astrophytum (Cactaceae). Journal of Arid Environments 124, 310-317.

Chen, I. C., Hill, J. K., Ohlemu, ¨ller, R., Roy, D. B, Thomas, C. D., 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. Science 333, 1024-1026.

Chen, I. C., Shiu, H. J., Benedick, S., Holloway, J. D., Chey, V. K., Barlow, H. S., Hill, J. K., Thomas, C.D., 2009. Elevation increases in moth assemblages over 42 years on a tropical mountain. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 106, 1479-1483.

Coltman, D. W., Pilkington, J. G., Smith, J. A., Pemberton, J. M., 1999. Parasite-mediated selection against inbred soay sheep in a freeliving island population. Evolution 53, 1259-1267.

Colwell, R. K., Brehm, G., Cardelús, C. L., Gilman, A. C., Longino, J. T., 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet Tropics. Science 322, 258-261.

Daufresne, M., Lengfellner, K., Sommer, U., 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences 106, 12788-12793.

Dawson, T. P., Jackson, S. T., House, J. I., Prentice, I. C., Mace, G. M., 2011. Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. Science 332, 53-58.

Dillon, M. E., Wang, G., Huey, R. B., 2010. Global metabolic impacts of recent climate warming. Nature 467, 704-706

www.SID.ir

Archive of SID

Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudı´k, 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. C. C., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Sobero´n, J., Williams, S., Wisz, M. S., Zimmermann, N. E., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography 29, 129-151.

Frankham, R., 2005. Genetics and extinction. Biological Conservation 126, 131-140.

Franks, S. J., Hoffmann, A. A., 2012. Genetics of Climate Change Adaptation. Annual Review of Genetics 46, 185-208.

Gaston K. J., 1994. Rarity. Chapman and Hall, London.

Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S., Winner, C. T., 2000. The global decline of reptiles, de´ja`vu amphibians. BioScience 50, 653-661.

Gynther, I., Waller, N., Leung, L. K. P., 2016. Confirmation of the extinction of the Bramble Cay melomys Melomys rubicola on Bramble Cay, Torres Strait: results and conclusions from a comprehensive survey in August–September 2014. Unpublished report to the Department of Environment and Heritage Protection, Queensland Government, Brisbane.

Habel, J. C., Rodder, D., Schmitt T., NÈVe G., 2011. Global warming will affect the genetic diversity and uniqueness of Lycaena helle populations. Global Change Biology 17, 194-205.

Hedrick, P. W., Fredrickson, R., 2010. Genetic rescue guidelines with examples from Mexican wolves and Florida panthers. Conservation Genetics 11, 615-626.

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones P. G., Jarvis A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25, 1965-1978.

Hill, J. K., Thomas, C. D., Fox, R., Telfer, M. G., Willis, S. G., Asher, J., Huntley, B., 2002. Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 269, 2163-2171.

Hughes, A. R., Inouye, B. D., Johnson, M. T. J., Underwood, N., Vellend, M., 2008. Ecological consequences of genetic diversity. Ecology Letters 11, 609-623.

IPCC, 2014. Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New.

Jeschke, J. M., Strayer, D. L., 2008. Usefulness of bioclimatic models for studying climate change and invasive species. Annals of the New York Academy of Sciences 1134, 1-24.

Kafash, A., Kaboli, M., Köhler, G., 2014. Predicting the impacts of climate change on the Mesopotamian Spiny-tailed Lizard (Saara loricata): Using maximum entropy algorithm and Bioclim. Journal of Animal Biology 1, 75-82.

Kafash, A., Kaboli, M., Köhler, G., 2015. Comparison effect of future climatic change on the desert and mountain dwelling reptiles in Iran (*Paralaudakia caucasia* and *Saara loricata*). Journal of Animal Environment 3, 103-108.

Kafash, A., Kaboli, M., Köhler, G., Yousefi, M., Asadi A., 2016. Ensemble distribution modeling of the Mesopotamian spiny-tailed lizard (*Saara loricata*) in Iran, An insight into the impact of climate change. Turkish Journal of Zoology 40, 262-271.

La Sorte, F. A., Jetz, W., 2010. Projected range contractions of montane biodiversity under global warming. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 277, 3401-3410.

Lawler, J. J., Shafer, S. L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E. P., Blaustein, A. R., Bartlein, P. J., 2009. Projected climate-induced faunal change in the western hemisphere. Ecology 90, 588-597.

Lawler, J. J., White, D., Neilson, R. P., Blaustein, A.R., 2006. Predicting climate-induced range shifts: model differences and model reliability. Global Change Biology 12, 1568-1584.

www.SID.ir

Archive of SID

Lawler, J. J.; Shafer, S. L.; Bancroft, B. A.; Blaustein, A. R., 2010. Projected climate impacts for the amphibians of the western hemisphere. Conservation Biology 24, 38-50.

Levins, R., 1968. Evolution in changing environments: some theoretical explorations. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Mandle, L., Warren, D. L., Hoffmann, M. H., Peterson, A. T., Schmitt, J., von Wettberg, E. J., 2010. Conclusions about Niche Expansion in Introduced Impatiens walleriana Populations Depend on Method of Analysis. PLoS ONE 5(12),e15297.doi:10.1371/journal.pone.0015297

Manne, L. L, Pimm, S. L., 2001. Beyond eight forms of rarity: which species are threatened and which will be next? Animal Conservation 4, 221-229.

Martínez-Freiría, F., Argaz, H., Fahd S., Brito J. C., 2013. Climate change is predicted to negatively influence Moroccan endemic reptile richness. Implications for conservation in protected areas. Naturwissenschaften 100, 877-889.

McCain, C. M., Colwell, R. K., 2011. Assessing the threat to montane biodiversity from discordant shifts in temperature and precipitation in a changing climate. Ecology Letters 14, 1236–1245

Merow, C., Smith, M. J., Silander, J. A., 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. Ecography 36, 1058-1069.

Moreno-Rueda, G., Pleguezuelos, J. M., Pizarro, M., Montori, A., 2011. Northward shifts of the distribution of Spanish reptiles in association with climate change. Conservation Biology 26, 278-283.

Moritz, C., Patton, J. L., Conroy, C. J., Parra, J. L., White, G. C., Beissinger, S. R., 2008. Impact of a Century of Climate Change on Small-Mammal Communities in Yosemite National Park, USA. Science 322, 261-264.

Parmesan, C., 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Annual Review of Ecology and Systematics 37, 637e669.

Parmesan, C., Yohe, G., 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421, 37-42

Peh, K. S. H., 2007. Potential effects of climate change of elevational distributions of tropical birds in Southeast Asia. Condor 109, 437-441.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling 190, 231-259.

Phillips, S. J., Dudík, M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31, 161-175.

Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., Pounds J. A., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421, 57-60.

Rubidge, E. M., Patton, J. L., Lim, M., Burton, A. C., Brashares, J. S., Moritz, C. 2012. Climate-induced range contraction drives genetic erosion in an alpine mammal. Nature Climate Change 2, 285-288.

Seimon, T. A, Seimon, A., Daszak, P., Halloy, S. R. P., Schloegel, L. M., Aguilar, C. A., Sowell, P., Hyatt, A. D., Konecky, B., Simmons, E. J., 2007. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. Global Change Biology 13, 288-299.

Sheridan, J. A., Bickford, D., 2011. Shrinking body size as an ecological response to climate change. Nature Climate Change 1, 401-406.

Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B. E. Bastiaans, M. Villagrán-Santa Cruz, R. Lara-Resendiz, N. Martínez-Méndez, M. L. Calderón-Espinosa, R. N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L. J. Avila, M. Morando, I. J. De la Riva, P. V. Sepulveda, C. F. D. Rocha, N. Ibargüengoytía, C. A. Puntriano, M. Massot, V. Lepetz, T. A. Oksanen, D. G. Chapple, A. M. Bauer, W. R. Branch, Clobert, J., Sites, J. W. 2010. "Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches." Science 328, 894-899.

www.SID.ir

Archive of SID

Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., B. F. N. Erasmus, M. F. de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M. A. Ortega-Huerta, Peterson, A., Phillips, O. L., Williams, S. E,. 2004. Extinction risk from climate change. Nature 427, 145-148.

Thuiller, W., Broennimann, O., Hughes, G., Alkemade, J. R. M., Midgley, G. F, Corsi, F., 2006. Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. Global Change Biology 12, 424-440.

Warren, D. L., Glor R. E., Turelli, M., 2010. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. Ecography 33, 607-611.

Warren, D. L., Seifert, S. N., 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. Ecological Applications 21, 335-342.

Winter, M., Fiedler, W., Hochachka, W. M., Koehncke, A., Meiri S., De la Riva I., 2016. Patterns and biases in climate change research on amphibians and reptiles: a systematic review. Royal Society Open Science 3, 9.

Yousefi, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Behrooz, R., Rajabizadeh, M., Geniez, P., Kaboli, M., 2015. Upward Altitudinal Shifts in Habitat Suitability of Mountain Vipers since the Last Glacial Maximum. PLoSONE 10(9), e0138087.doi:10.1371/journal.pone.0138087.

Yousefi, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Rezaei, A., Kafash, A., Khani, A., Sehhatisabet, M.E., Adibi, M.A., Goudarzi, F., Kaboli, M., 2017. Habitat suitability and impacts of climate change on the distribution of wintering population of Asian Houbara Bustard (*Chlamydotis macqueenii*) in Iran. Bird Conserv Int 27:294-304. doi:10.1017/S0959270916000381.

www.SID.ir