

اثرات منفی تغییرات اقلیمی آینده بر لاسرتاهای کوه‌زی ایران

انوشه کفاش^۱، مسعود یوسفی^{۲*}

۱. دانشجوی دکترای محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
۲. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی 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 خانواده لاسرتیده است. در مطالعه حاضر با استفاده از روش‌های مدل‌سازی توزیع گونه‌ها و سامانه 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 بوم‌شناختی، مکسنت

۱. مقدمه

افزایش دمای کره 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)، چرخه جمعیتی (Daufresne *et al.*, 2009)، و توزیع گونه‌ها شده است (Parmesan and Yohe, 2003). تغییر اقلیم 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 گونه‌های 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 تغییر اقلیم بر تنوع زیستی تبدیل شده‌اند. تا به امروز روش‌های مدل‌سازی توزیع مکانی برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر گروه‌های مختلف تاکسونومیک مانند گونه‌های گیاهی (Carrillo-Angeles *et al.*, 2016)، پروانه‌ها (Hill *et al.*, 2002)، دوزیستان (Araújo *et al.*, 2006; Kafash *et al.*, 2006)، خزندگان (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 زمینه خزندگان بسیار اندک است (Kafash *et al.*, 2014; Kafash *et al.*, 2015; Yousefi *et al.*, 2015). بنابراین در مطالعه حاضر با

استفاده از روش‌های مدل‌سازی توزیع گونه‌ها و سامانه اطلاعات جغرافیایی اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر روی توزیع و پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه سوسمار سه‌خط در ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. نقاط حضور گونه

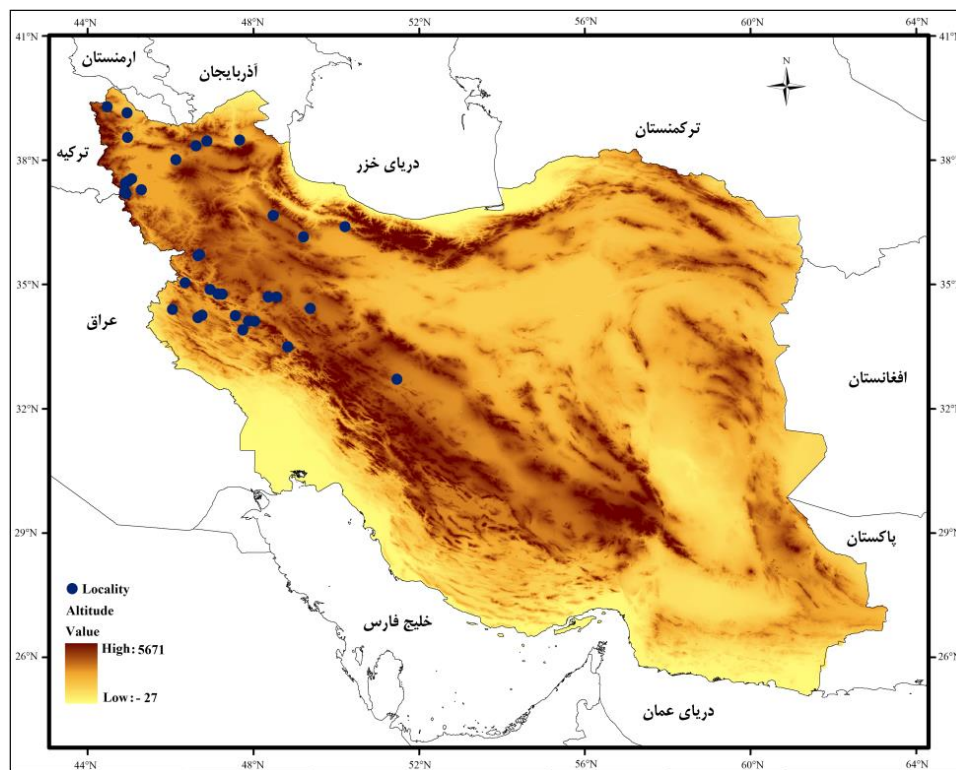
نقاط حضور مورد استفاده در این مطالعه حاصل پایش‌های صحرایی نگارندگان طی سال‌های (۱۳۹۱-۱۳۹۵) و برگرفته از بانک اطلاعاتی Global Biodiversity Information Facility (<http://www.gbif.org>) می‌باشد (شکل ۱). تمامی داده‌های استفاده شده در مطالعه حاضر نقطه حضور گونه بوده و مربوط به نقطه ثبت شده از زیستگاه نیست، بنابراین خطای قابل ذکر برای نقاط استفاده شده کمتر از ۱۰ متر خواهد بود. این نقاط کل گستره 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 گستره 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 کره 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 متغیرها در منطقه مورد مطالعه بررسی و سپس متغیرهایی که همبستگی بالایی نداشتند ($Pearson \leq 0.70$) (Asuero *et al.*, 2006) انتخاب شده و مدل‌سازی انجام شد (جدول ۱). برای سنجش میزان

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

همبستگی بین متغیرهای اقلیمی از نرم افزار



شکل ۱. نقاط حضور گونه سوسمار سه خط در ایران

جدول ۱. متغیرهای اقلیمی مورد استفاده برای تهیه مدل تغییر اقلیم گونه سوسمار سه خط

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

۲.۳. مدل‌سازی توزیع گونه

بر دوزیستان و خزندگان پرداخته‌اند (Lawler *et al.*, 2009). در مطالعاتی که با هدف پیش‌بینی نحوه اثرگذاری تغییرات اقلیمی آینده بر توزیع

پیش‌بینی تغییر محدوده توزیع گونه‌ها در آینده از طریق انواع روش‌های مدل‌سازی امکان پذیر است، با این وجود مطالعات کمی به مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم آینده

سه گروه (طبقه مطلوب بالا، طبقه مطلوبیت متوسط و طبقه 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 نحوه 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 منطقه مورد بررسی برای گونه مطلوب نیست) تا ۱ (تمام سلول‌ها در منطقه مورد بررسی برای گونه مطلوب است) می‌باشد (Mandle *et al.*, 2010). این معیار نیازی به طبقه‌بندی مدل مطلوبیت ندارد و از مدل پیوسته خروجی نرم افزار مکسنت به طور مستقیم برای تخمین پهنای آشیان بوم‌شناختی استفاده می‌کند (Mandle *et al.*, 2010).

۳. نتایج

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

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

در مطالعه حاضر از نرم افزار (Phillips *et al.*, 2006; Phillips and Dudik, 2008) MAXENT v.3.3.3k به منظور ساخت مدل توزیع بالمقوه گونه سوسمار سه خط 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 نحوه توزیع گونه تحت شرایط اقلیمی آینده از مدل 4 CCSM استفاده شد. در این مطالعه دو سناریوی RCP 2.6 و RCP 8.5 به این دلیل که یکی حد کمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگری حد بیشینه 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 تغییر اقلیم بر وسعت زیستگاه گونه سوسمار سه خط، نقشه توزیع بالمقوه (مطلوبیت زیستگاه) حاضر و آینده گونه در فضای نرم افزار ArcGIS 9.3 به

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 2.6 و RPC 8.5 کاهش خواهد یافت.

۲.۳. پهنای آشیان بوم‌شناختی

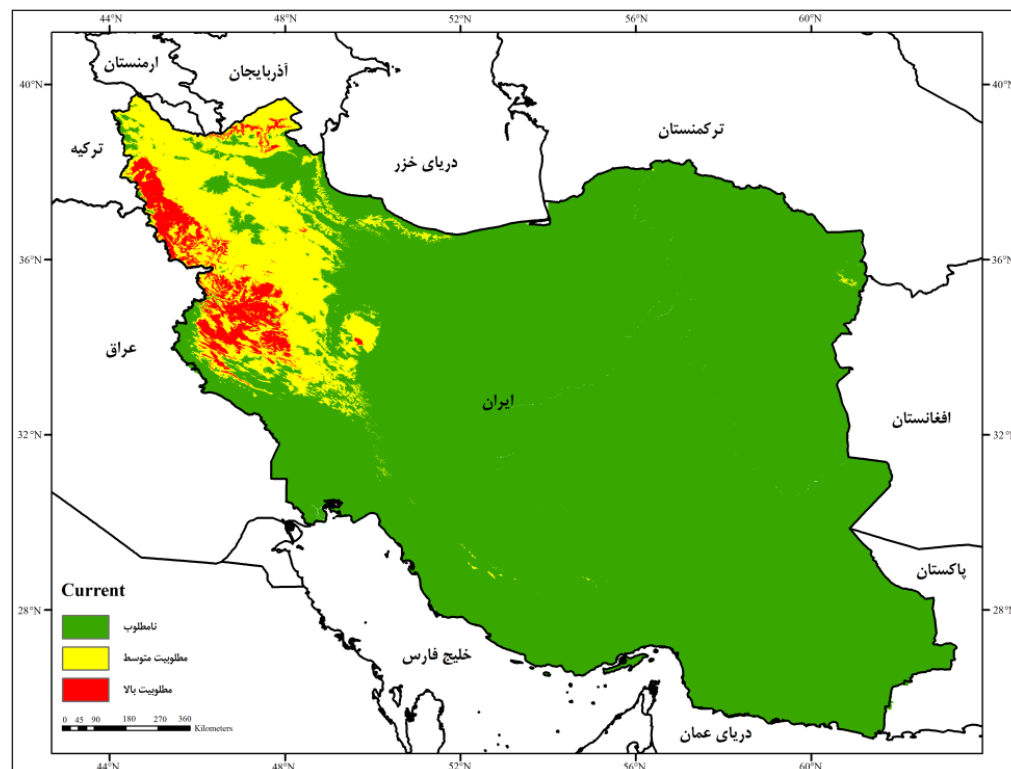
نتایج بررسی پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه در شرایط اقلیمی حاضر و تحت تأثیر شرایط اقلیمی آینده نشان داد پهنای آشیان بوم‌شناختی گونه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی کاهش خواهد یافت. در شرایط حاضر پهنای آشیان بوم‌شناختی برابر با ۰/۲۴ و در آینده برابر با ۰/۱۴ تحت سناریوی RCP 8.5 و ۰/۲۱ تحت سناریوی RCP 2.6 خواهد بود.

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

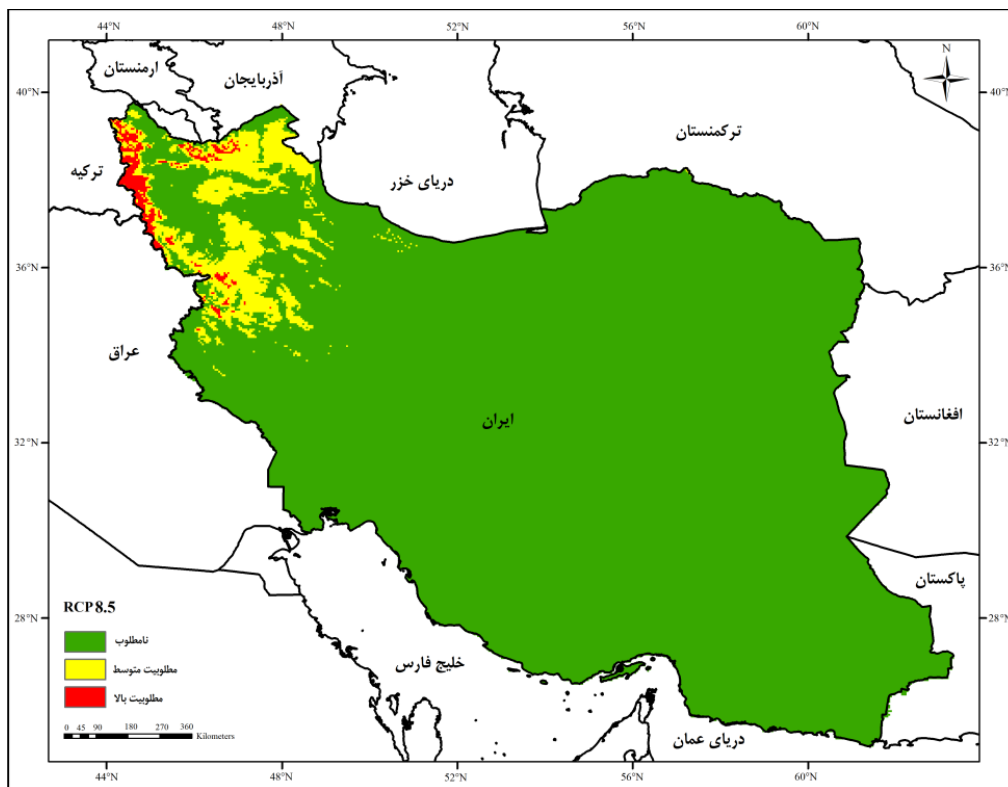
۱.۳. تغییر در وسعت زیستگاه‌های مطلوب تحت

تأثیر تغییرات اقلیمی

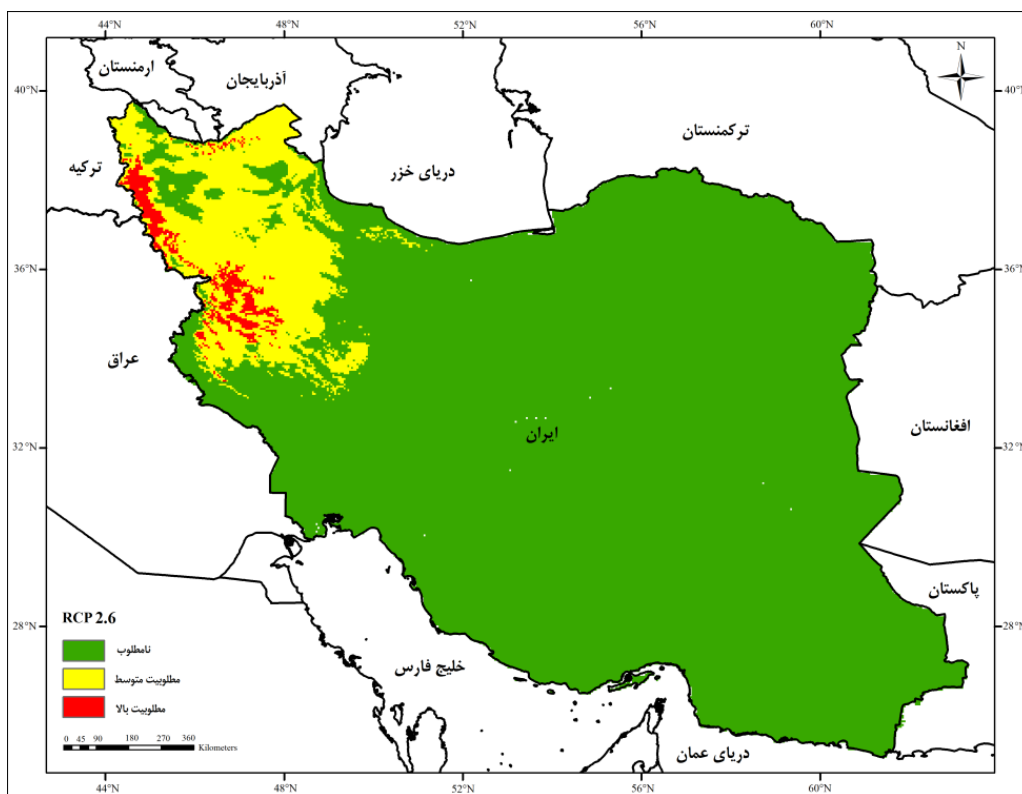
نتایج حاصل از تعیین وسعت زیستگاه‌های مطلوب گونه در شرایط اقلیم حاضر و تحت دو سناریوی تغییر اقلیم نشان داد مساحت زیستگاه‌های با مطلوبیت بالا از ۳/۶۴ درصد از مساحت کشور به ۰/۲۱ درصد و ۰/۵۵ درصد به ترتیب تحت سناریوهای RPC 8.5 و RPC 2.6



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



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



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

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 مشابهی نشان داده است برای مثال Kafash و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند زیستگاه‌های مطلوب برای گونه 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 مشابهی 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 درجه 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 گونه 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 دهنده 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 کره زمین سبب رشد سریع‌تر بدن سوسماران، شروع زودتر دوره تولید مثلی و کوتاه شدن چرخه 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 در حال 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 دهنده 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 اندازه 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

ممکن است سبب کاهش محدوده زیست گونه و یا تکه تکه شدن زیستگاه گونه شود که این امر خود تهدیدی برای کاهش اندازه جمعیت گونه خواهد بود (Gaston 1994). کاهش محدوده زیست برای گونه‌های اندمیکی که محدوده توزیع کوچکی دارند بسیار تهدید کننده است (Manne and Pimm 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 گونه 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 مطالعه حاضر در ارتباط با اثرات تغییرات اقلیمی بر گونه سوسمار سه خط تنها بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم استفاده شده در مطالعه 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

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 اندازه 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 گونه اندمیک و داری گستره توزیع بسیار کوچک باشد که در این صورت تغییر اقلیم به تنهایی می‌تواند سبب انقراض آن شود مانند آنچه برای گونه *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 محدوده عرض جغرافیایی و ارتفاع محل زیست است (Moritz *et al.*, 2008). در برخی مناطق، گرم شدن اقلیم سبب تغییر محدوده 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

تقدیر و تشکر

نگارندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از آقای دکتر مهدی رجیبی‌زاده جهت ارائه نظرات ارزشمند خود برای بهبود مقاله حاضر تشکر و قدردانی نمایند.

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

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., Theissing, 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 freelifing 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

- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudi'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.

- 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. Ibarguengoytía, 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.

- 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. *PLoS ONE* 10(9), e0138087. doi:10.1371/journal.pone.0138087.
- Yousefi, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Rezaei, A., Kafash, A., Khani, A., Sehhatiasabet, 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.