فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

۱۸۷-۲۰۴

اثر بالقوه تغییرات اقلیمی بر توزیع نیوت کوهستانی خالزرد *Neurergus derjugini* (Nesterov, 1916)

مریم ملکوتیان، مظفر شریفی* و سمیه ویسی

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۷/۰۷

ملکوتیان، م.، م. شریفی و س. ویسی. ۱۴۰۰. اثر بالقوه تغییرات اقلیمی بر توزیع نیوت کوهستانی خالزرد *Neurergus derjugini* (Nesterov, 1916) .فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۲): ۱۸۷-۲۰۴.

سابقه و هدف: تغییر اقلیم یکی از بزرگترین تهدیدها برای تنوع زیستی است و می‌تواند منجر به تغییر توزیع گونه‌ها و افزایش خطر انقراض جمعیت‌هایی شود که قادر به سازگاری با محیط‌های جدید و یا جابجایی به زیستگاه‌های مناسب نیستند. در مطالعه حاضر، مطلوبیت زیستگاه برای نیوت کوهستانی خالزرد (*Neurergus derjugini*) با هدف شناسایی زیستگاه‌های مطلوب فعلی، پیش‌بینی گسترش یا انقباض محدوده توزیع گونه تحت تأثیر سناریوهای اقلیمی آینده و تعیین اصلی‌ترین متغیرهای اقلیمی تأثیرگذار مدل‌سازی گردید.

مواد و روش‌ها: گونه مورد مطالعه تاکنون از ۵۷ نهر، چشمه و آبراه‌های تولید مثلی در محدوده کوهستان زاگرس در غرب ایران و شرق عراق براساس مندرجات در مطبوعات علمی گزارش شده است. در پژوهش حاضر توزیع گونه با استفاده از روش بیشینه آنتروپی برای زمان حال و آینده (۲۰۵۰ و۲۰۷۰) تحت دو سناریوی خفیف (RCP2.6) و شدید (RCP8.5) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث: براساس نتایج به‌دست آمده میزان بارش در مرطوب‌ترین دوره (BIO13)، بیشترین درصد مشارکت برای پیش‌بینی توزیع گونه را نشان داد. مقایسه وسعت منطقه‌های مطلوب در شرایط کنونی و تحت شرایط اقلیمی آینده نشان می‌دهد که مساحت زیستگاه‌های مطلوب برای نیوت خالزرد تحت سناریوی خفیف (RCP2.6) در سال ۲۰۷۰ کاهش چشم‌گیری نخواهد داشت و حتی در سال ۲۰۵۰ افزایش مساحت مشاهده گردید. در حالیکه مساحت زیستگاه‌های مطلوب در سال ۲۰۷۰ تحت سناریوی شدید (RCP8.5) کاهش قابل توجهی (بیش از ۵۰ درصد) را نشان داد. نتایج مدل از این فرضیه پشتیبانی می‌کند که با توجه به تغییرات اقلیمی آینده چه‌بسا محدوده توزیع گونه در پناهگاه‌های واقع در مرکز و جنوب محدوده توزیع با حرکت به سمت ارتفاعات بالاتر حفظ خواهد شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های به‌دست آمده از مطالعه جاری، از این فرضیه که پناهگاه‌های اقلیمی زاگرس در حفاظت از جمعیت‌های منزوی و همچنین زیستگاه‌های مناسب مورد نیاز آن‌ها طی دوره تغییرات اقلیمی نقش برجسته‌ای دارد، پشتیبانی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: MaxEnt ، *Neurergus derjugini*، تغییرات اقلیمی، مدل‌سازی، متغیرهای اقلیمی

* Corresponding Author: *Email Address.* Sharifi315@razi.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.35451

مقدمه

ویژگی‌های اقلیمی به شدت بر توزیع گونه‌ها و همچنین ارتباط بین جمعیت‌ها تأثیر می‌گذارد (Velo-Antón *et al.*, 2013). تغییر اقلیم یکی از بزرگترین تهدیدها برای تنوع زیستی است و انتظار می‌رود به تغییر توزیع گونه‌ها و انقراض جمعیت‌هایی که قادر به سازگاری یا جابجایی به زیستگاه‌های مناسب نیستند، منجر شود (Ashrafzadeh *et al.*, 2019a). شواهدی از تغییرات اقلیمی انسان‌محور و تأثیر آن‌ها بر تنوع زیستی در حال افزایش است (Rosenzweig *et al.*, 2008; Stott *et al.*, 2010). با افزایش قابل توجه مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای احتمال داده می‌شود که کره زمین بیش از ۲ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوران قبل از تولید صنعتی گرم شده باشد (Meinshausen *et al.*, 2009; IEA, 2010). شناخت این احتمال سبب توجه فزاینده به سمت حل مشکل‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و پیدا کردن روش‌های مؤثر برای به حداقل رساندن تأثیرات آن روی سیستم‌های طبیعی و انسانی شده است (Keppel *et al.*, 2012).

الگوهای فصلی و سالانه تغییرات درجه حرارت و بارش، به‌عنوان دو عامل مهم اقلیمی، بر فرآیندهای حیاتی دوزیستان تأثیر خواهد گذاشت (Dervo *et al.*, 2016). توزیع جغرافیایی گونه‌های دوزیست به شدت تحت تأثیر اقلیم است و اقلیم آینده ممکن است خطر انقراض برای گونه‌هایی که دارای آشیان بوم‌شناختی اقلیمی محدودی هستند را افزایش دهد (Pilliod *et al.*, 2015). جمعیت‌های دوزیستان در حال تجربه کاهش چشمگیر در بسیاری از مناطق جهان هستند (Grant *et al.*, 2016; Greenberg *et al.*, 2018) و کمابیش یک سوم از آن‌ها در معرض تهدید یا انقراض قرار دارند(Sutton *et al.*, 2015). در میان دوزیستان، سمندرها به‌دلیل توانایی انتشار محدود، در برابر تغییرات اقلیمی آسیب پذیرتر هستند (Parra-Olea *et al.*, 2005; Cemal Varol *et al.*, 2016; Borzée *et al.*, 2019). آسیب‌پذیری سمندرها در برابر تغییرات اقلیمی می‌تواند به‌عنوان نشانه‌ای از اثرهای احتمالی تغییرات اقلیمی آینده بر سایر گونه‌های دوزیست تلقی شود (Welsh Jr and Hodgson, 2013; Sutton *et al.*, 2015).

تأثیر نوسانات اقلیمی گذشته در چندین گونه جانوری ایران مورد بررسی قرار گرفته است. برخی از گونه‌ها، حضور در پناهگاه یخبندانی واقع شده در کوه‌های زاگرس، البرز و کوپه داغ را تجربه کرده‌اند (Rajaei *et al.*, 2013; Ahmadzadeh *et al.*, 2013a; Ahmadzadeh *et al.*, 2013b; Dianat *et al.*, 2017; Shahabi *et al.*, 2017; Yousefi *et al.*, 2020)، برخی از گونه‌ها محدوده توزیع خود را تغییر ندادند (Javanbakht *et al.*, 2017; Vamberger *et al.*, 2017)، در حالیکه گونه‌های سازگار با سرما، از جمله نیوت کوهستانی خالزرد توزیع گسترده‌تری را در طول یخبندان داشته است (Afroosheh *et al.*, 2019; Malekoutian *et al.*, 2020) در حال حاضر بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر گونه‌های گیاهی و جانوری در ایران، باوجود نگرانی‌ها تا حدی ناشناخته مانده، اما دانش اندکی در ارتباط با تأثیر تغییر اقلیم آینده روی خزندگان (Kafash *et al.*, 2013; Kafash *et al.*, 2017; Yousefkhani *et al.*, 2017)، پستانداران (Ebrahimi *et al.*, 2017; Ashrafzadeh *et al.*, 2019b; Ebrahimi *et al.*, 2019; Mohammadi *et al.*,2019; Morovati *et al.*, 2019; Mahdavi *et al.*, 2020)، و دوزیستان (Ahsani *et al.*, 2018; Ashrafzadeh *et al.*, 2019a) وجود دارد. بنابراین، یکی از اولویت‌های مهم پژوهشی بررسی چگونگی پاسخ گونه به تغییرات اقلیمی آینده در سراسر محدوده زیستگاهی فعلی است. آگاهی بر تغییرات اقلیمی منجر به شناخت پناهگاه‌های اقلیمی می‌شود که این شناخت تأمین زیستگاه‌های ایمن برای ادامه فعالیت گونه را

میسر می‌سازد (Dobrowski, 2011).

نیوت کوهستانی خالزرد (*Neurergus derjugini*) گونه‌ای است که براساس معیارهای حفاظتی اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت بشدت در خطر انقراض می‌باشد. دلیل‌های بیان شده برای این ارزیابی محدوده تولیدمثلی کوچک (کمتر از ۱۰ کیلومتر مربع) در نهرهای مرتفع کوهستانی، لکه لکه شدن زیستگاه‌ها، کاهش کیفیت آب، استفاده از آب جهت مصرف‌های باغ‌ها و کشاورزی در محدوده‌های زیست نیوت، تجارت این گونه به‌عنوان یک حیوان زینتی و همچنین تأثیرات نامناسب ناشی از تغییرات اقلیمی می‌باشد (Sharifi *et al.*, 2009). تاکنون حضور این گونه در غرب ایران و شمال شرقی عراق تأیید شده است. سمندرها، بسیار تحت تأثیر محیط فیزیکی هستند، دما و بارندگی بر فرآیندهای مهمی مانند انتخاب زیستگاه و مهاجرت آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Dervo *et al.*, 2016). چرخه حیات آن‌ها شامل مهاجرت فصلی در بین زیستگاه‌های آبی و خشکی است و در بسیاری از سمندرها مهاجرت بین زیستگاه‌های بهاره و پاییزه برای تولیدمثل و خواب زمستانی، یکی از مهمترین فعالیت‌های چرخه حیات گونه محسوب می‌شود (Dervo *et al.*, 2016). تغییر در این دوره مهاجرت ناشی از تغییر شرایط اقلیمی، بویژه گرمایش، می‌تواند پیامدهای منفی برای تداوم جمعیت داشته باشد (Ashrafzadeh *et al.*, 2019a). در مطالعه حاضر، با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی، مطلوبیت زیستگاهی نیوت کوهستانی خالزرد برای دوره‌های زمانی حال و آینده مدل‌سازی گردید. توزیع بالقوه برای گونه در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ تحت دو سناریوی خفیف (RCP2.6) و شدید (RCP8.5) پیش‌بینی شد (Meinshausen *et al.*, 2011). این پیش‌بینی، شناسایی فضاهای اقلیمی مناسب برای نیوت کوهستانی خالزرد در آینده را امکان‌پذیر کرده و در زمینه اولویت‌های حفاظتی این گونه در خطر انقراض اطلاعات سودمندی در اختیار مدیران حفاظتی قرار خواهد داد. بنابراین در راستای رسیدن به این هدف، مناسب بودن زیستگاه‌های حال، آینده و تأثیر تغییرات اقلیمی بر آن، متغیرهای اصلی اقلیمی تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه و تغییر محدوده توزیع گونه تحت دو سناریوی خفیف (RCP2.6) و شدید (RCP8.5) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

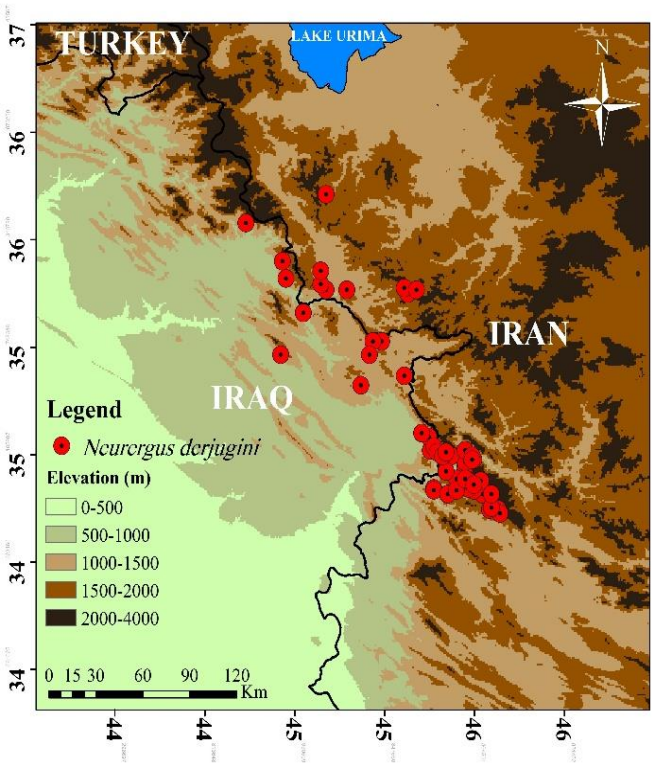
نقاط حضور گونه

نیوت کوهستانی خالزرد تاکنون از ۵۷ نهر، چشمه و آبراه‌های تولید مثلی در محدوده کوهستان زاگرس در غرب ایران و شرق عراق گزارش شده است (جدول ۱، شکل ۱). با توجه به ارزیابی صورت گرفته در مطالعه حاضر، ۸۶ درصد از این زیستگاه‌ها در ایران و ۱۴ درصد در عراق قرار دارد. بیش از ۵۰ درصد از زیستگاه‌ها در فاصله ده کیلومتری در دو سوی مرز مشترک عراق و ایران واقع شده است. حضور رشته کوه زاگرس در این منطقه که مانند مانعی برای توده‌های هوایی ورودی از غرب عمل می‌کند، سبب شده میزان دریافت بارش در منطقه‌های مختلف براساس ارتفاع و طول جغرافیایی متفاوت باشد. به‌طوریکه قسمت‌های شمالی و غربی دامنه نسبت به منطقه‌های جنوبی و شرقی بارش بیشتری دریافت می‌کنند (Afroosheh *et al.*, 2016). وسعت حضور نیوت کوهستانی خالزرد با استفاده از چند وجهی محدب کمینه حدود ۶۳۶۶ کیلومتر مربع نشان داده شده است. این پلی‌گون در امتداد لبه غربی محدوده زاگرس با ارتفاع بین ۶۳۰ تا ۲۰۵۷ متر بالاتر از سطح دریا قرارگرفته است که این منطقه توسط یک جنگل باز بلوط پوشیده شده است (Afroosheh *et al.*, 2016).

جدول۱- نقاط حضور نیوت کوهستانی خالزرد *Neurergus derjugini*

Table 1. Presence points of the Yellow-spotted mountain newt, *Neurergus derjugini*

ایستگاه Location	مختصات جغرافیایی Latitude/ Longitude	منبع Source	ایستگاه Location	مختصات جغرافیایی Latitude/ Longitude	منبع Source	ایستگاه Location	مختصات جغرافیایی Latitude/ Longitude	منبع Source
قوری قلعه	34.9/46.5	1, 8	احمداوا	35.3/46.06	3	نوین	35.18/46.35	8
کاوات	34.88/46.51	1, 8	ماوت ایساوا	35.93/45.38	3	بلخا	35.2/46.15	8
مرخیل	35.01/46.13	1, 8	هلشو	36.2/45.26	3	تاویله	35.18/46.18	8
دوریسان	35.01/46.38	1, 8	هیرو	36.11/45.28	3	سیاگویز	35.78/45.78	8
شمشیر	34.98/46.41	1, 8	گارا و ابوبکرا	36.4/45.05	3	گرمیک	35.71/45.76	8
پاوه	35.05/46.4	1, 8	ژیوار	35.21/46.31	6, 8	ناو	35.16/46.35	8
دره نجار	35.1/46.31	1, 8	کانی برد	36.05/45.63	6	سقز	36.05/46.03	8
داریان	35.13/46.31	1, 8	سونچ	36.03/45.98	6	رزگه	36.05/45.51	8
بنجون	36.55/45.51	2, 8	سرک	34.91/46.46	6	شلماش	36.08/45.48	8
لشکرگاه	35/46.13	4,8	سردنان	34.98/46.21	6	باسکدو	36.15/45.48	8
نوسمه	35/46.36	4,8	بلبزان	35.1/46.2	6	بسک	35.55/45.71	8
دشه	35.06/46.26	4,8	دربیار	35.16/46.36	6	میری سور	35.71/45.25	9
قولانی	34.9/46.45	4,8	بانه	36.06/45.96	7	پنجوین	35.6/45.96	8, 9
هجیج	35.16/46.35	4,8	شاهو	34.91/46.46	8	رشک پی	35/46.26	10
نوسود	35.16/46.2	4,8	باینگان	34.98/46.21	8	زاوار	35.2/46.2	10
نیلان	35.15/46.31	4,8	زالی	34.98/46.46	8	خورناوا	35.06/46.31	10
گولا	35.78/45.83	4,8	خانگاه	35.01/46.33	8	دره نیشه	35.03/46.36	10
نودشه	35.18/46.23	4,8	میرآباد	35.05/46.33	8			
بی یارا	35.21/46.11	3	سلین	35.21/46.31	8			
سرگت	35.28/46.1	3	هانی گرمله	35.23/46.13	8			



شکل ۱- محدوده توزیع نیوت کوهستانی خالزرد (*Neurergus derjugini*) در ایران و عراق

Fig. 1- Geographical distribution of the Yellow-spotted mountain newt, *Neurergus derjugini*, in Iran and Iraq

متغیرهای اقلیمی

در این مطالعه ۱۹ متغیراقلیمی از بانک داده WorldClime استخراج شد (Hijmans *et al.*, 2005). تمامی لایه‌های اقلیمی با وضوح ۱ کیلومتر تهیه شدند و از نظر محدوده مطالعه، تعداد و سایز سلولی و همچنین سیستم مختصات جغرافیایی در محیط ArcGIS 10.3.1 یکسان‌سازی گردیدند. متغیرهای اقلیمی برای بازسازی وضعیت اقلیمی در ۳ دوره زمانی (حال، ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) مورد استفاده قرار گرفتند. برای مدل‌سازی میزان تغییرات وسعت و مطلوبیت زیستگاه‌های بالقوه سمندر خالزرد در آینده از دو سناریوی خفیف (RCP 2.6) و شدید (RCP 8.5) تحت مدل MRI-CGCM3 استفاده شد. MRI - CGCM3 (مؤسسه تحقیقات هواشناسی ژاپن) یکی از بهترین مدل‌های گردش عمومی برای نمایش شبیه‌سازی دما و بارش در سراسر ایران است (Abbasian *et al.*, 2019) و نیز دقت بیشتری نسبت به سایر مدل‌های گردش عمومی برای شبیه سازی داده‌های اقلیمی دارد (Masoompour *et al.*, 2018). به‌دلیل همبستگی بالایی که بین متغیرهای اقلیمی وجود دارد، ضریب پیرسیون برای ۱۹ متغیر اقلیمی با استفاده از نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفته و فقط از متغیرهای داری همبستگی کمتر از ($r < 0.75$) برای انجام آنالیزها استفاده شد. در نهایت، شش متغیر اقلیمی میانگین دمای سالانه، میانگین دامنه روزانه ، دمای فصلی، میزان بارش سالانه، میزان بارش مرطوب‌ترین دوره و میزان بارش خشک‌ترین دوره برای اجرای مدل‌ها استفاده شد (جدول ۲).

مدل‌سازی توزیع گونه

روش بیشینه آنتروپی و نرم‌افزار MaxEnt 3.4.0 (Phillips *et al.*, 2006) برای مدل‌سازی توزیع بالقوه گونه، مورد استفاده قرار گرفت. مدل‌سازی برای زمان کنونی اجرا شد و سپس برای دوره‌های آینده طرح ریزی شد. الگوریتم MaxEnt توزیع بالقوه گونه‌ها را با استفاده از نقاط حضور به‌وسیله یافتن احتمال توزیع بیشینه آنتروپی تخمین می‌زند. برنامه با تنظیمات پیش فرض و ۱۰تکرار تنظیم شد (Phillips *et al.*, 2006). ۳۰ درصد از داده‌ها به‌عنوان داده‌های تست مورد استفاده قرار گرفت و بقیه به‌عنوان داده‌های آزمایشی در نظر گرفته شدند. برای ارزیابی نتایج مدل از مساحت زیر منحنی در تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده استفاده شد (Fielding and Bell, 1997)، که به‌عنوان بهترین معیار برای ارزیابی عملکرد مدل در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است (Elith *et al.*, 2006). نمودارROC صحت حضور پیش‌بینی شده را در مقابل صحت عدم حضور پیش بینی شده نشان می‌دهد. مقدار AUC به‌طور معمول بین ۰/۵ (مدلی که بدون قدرت تشخیص و پیش‌بینی باشد) و ۱ (مدل پیش‌بینی شده بسیار خوب است، با قدرت پیش‌بینی بسیار زیاد) گزارش شده است (Swets, 1988). اعداد AUC بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیانگر یک مدل خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ عالی و بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (Giovanelli *et al.*, 2010).مساحت طبقات زیستگاه‌های مطلوب بر حسب کیلومتر مربع شامل ۰ تا ۲۵ درصد (ضعیف)، ۲۵ - ۵۰ درصد (متوسط)، ۵۰ - ۷۵ درصد (خوب) و ۷۵ - ۱۰۰ درصد (بسیارخوب) در ArcGIS ver. 10.3.1 با استفاده از ابزار Spatial Analyst به‌دست آمد. لازم به بیان است، پس از اجرای مدل، مرز خارجی مناطق مطلوب شناسایی شده در هر دوره زمانی برش داده شد و سپس مساحت‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

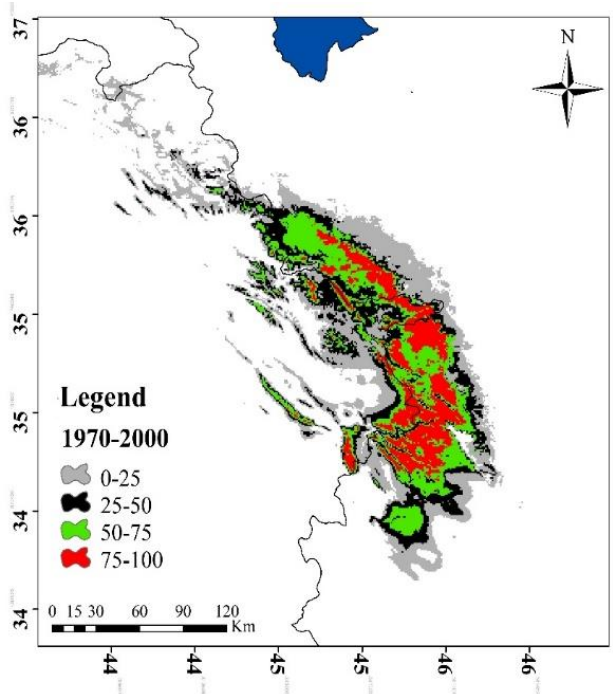
مدل‌های توزیع گونه‌ای الگوهای کلی جابجایی گونه‌ها را پیش بینی می‌کنند. توسعه روش‌های مدل‌سازی در سال‌های اخیر این امکان را به‌وجود آورده که بتوان میزان قابل قبولی از اثرهای تغییرات اقلیمی را بر گونه‌ها پیش‌بینی کرد (Garcia *et al.*, 2012). درمطالعه حاضر مدل مطلوبیت زیستگاه نیوت کوهستانی خالزرد با استفاده از

۵۷ نقطه شناخته شده از حضور گونه (شکل ۱، جدول ۱) و شش پارامتر اقلیمی (جدول ۲) برای حال حاضر و برای سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ تحت دو سناریوی خفیف (RCP 2.6) و شدید (RCP 8.5) تهیه شد (شکل ۲، ۳ و ۴). نتایج حاصل از مدل بیشینه آنتروپی نشان داد که در شرایط اقلیمی حاضر و در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ میزان بارش مرطوب‌ترین دوره (BIO13) مهمترین متغیر اقلیمی برای پیش‌بینی حضور گونه است (جدول ۲). درصد مشارکت و اهمیت جایگشت سایر متغیرهای اقلیمی در جدول ۲ نشان داده شده است. ارزیابی مستقل مدل، AUC معادل ۰/۹۷ برای هر دو زمان حال و آینده بیانگر عملکرد بالای مدل در برآورد توزیع گونه می‌باشد.

جدول ۲- متغیرهای زیست اقلیمی مورد استفاده در این مطالعه به‌همراه درصد شرکت و اهمیت جایگشت

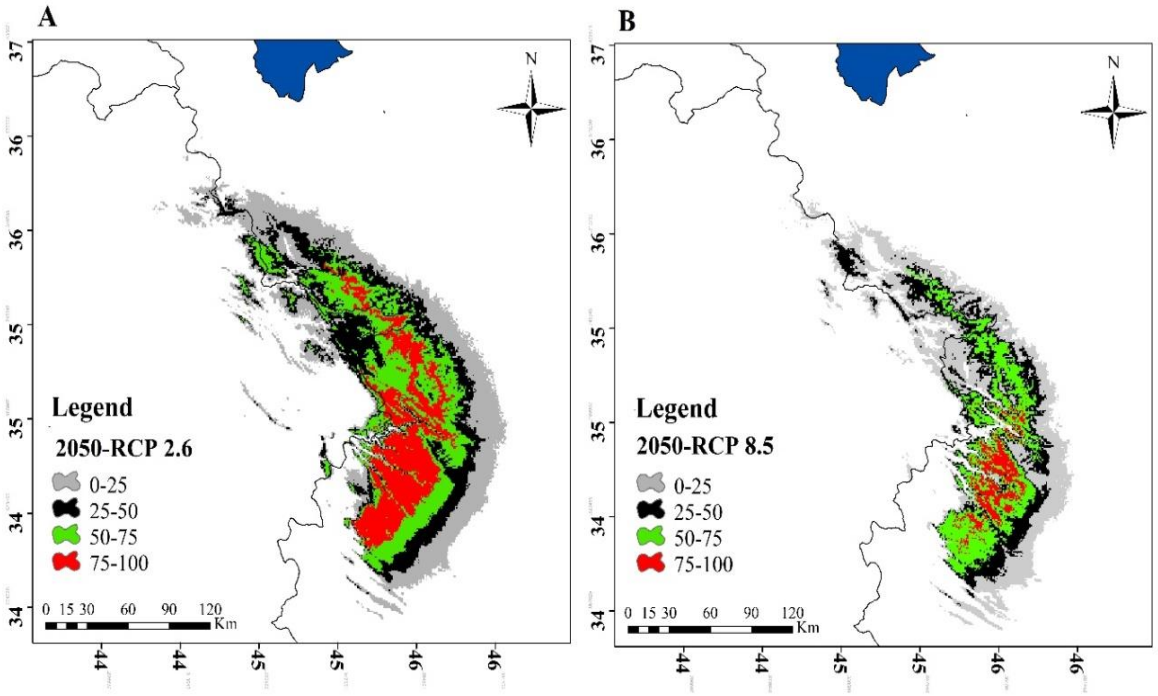
Table 2. Bioclimatic variables used in this study with the percentage of contribution and the importance of permutation

اهمیت جایگشت (٪) Permutation importance (%)		مشارکت (٪) Percent contribution (%)		نام اختصاری Abbreviation	متغیر Variable
آینده (2050 and 2070)	حال حاضر (1970-2000)	آینده (2050 and 2070)	حال حاضر (1970-2000)		
42.10	10.70	35.30	59.80	BIO13	میزان بارش مرطوب‌ترین دوره Precipitation of the wettest month
23.30	7.60	19.40	12.30	BIO4	دمای فصلی Temperature seasonality
20	16.40	16.80	12	BIO1	میانگین دمای سالانه Annual mean temperature
4.90	40	13.90	11.90	BIO14	میزان بارش خشک‌ترین دوره Precipitation of the driest month
2.70	4.10	12.70	3.50	BIO2	میانگین دامنه روزانه Mean diurnal range
7	21.30	1.90	0.50	BIO12	میزان بارش سالانه Annual precipitation



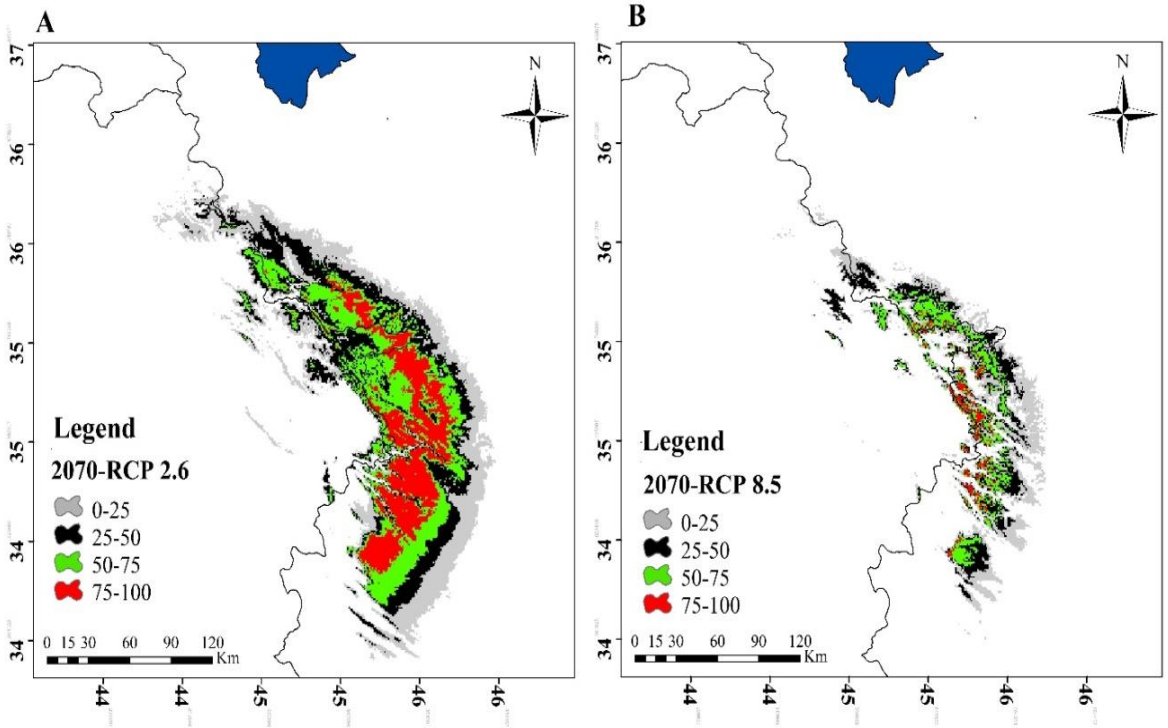
شکل ۲- منطقه‌های دارای پتانسیل بالقوه برای حضور نیوت کوهستانی خالزرد در ایران و عراق با توجه به داده‌های اقلیمی حال (۱۹۷۰ - ۲۰۰۰)

Fig. 2- Potential areas for the presence of the Yellow-spotted mountain newt in Iran and Iraq according to current climatic data (1970-2000)



شکل ۳- منطقه‌های دارای پتانسیل بالقوه برای حضور نیوت کوهستانی خالزرد (*Neurergus derjugini*) در ایران و عراق با توجه به داده‌های اقلیمی آینده (۲۰۵۰) تحت دو سناریو خفیف (A: RCP 2.6) و شدید (B: RCP 8.5)

Fig. 3- Potential areas for the presence of the Yellow-spotted mountain newt, *Neurergus derjugini*, in Iran and Iraq according to future projections of climate data (2050) under two scenarios: optimistic (A: RCP 2.6) and pessimistic (B: RCP 8.5)



شکل ۴- منطقه‌های دارای پتانسیل بالقوه برای حضور نیوت کوهستانی خالزرد (*Neurergus derjugini*) در ایران و عراق با توجه به داده‌های اقلیمی آینده (۲۰۷۰) تحت دو سناریو خفیف (A: RCP 2.6) و شدید (B: RCP 8.5)

Fig. 4- Potential areas for the presence of the Yellow-spotted mountain newt, *Neurergus derjugini*, in Iran and Iraq according to future projections of climate data (2070) under two scenarios: optimistic (A: RCP 2.6) and pessimistic (B: RCP 8.5)

مساحت زیستگاه‌های مطلوب برای زمان حال حاضر و آینده در جدول ۳ نشان داده شده است. بر این اساس مساحت زیستگاه‌های این نیوت در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ باتوجه به سناریوی خفیف (RCP 2.6) که بیانگر خوشبینانه‌ترین حالت است به ترتیب افزایش و کاهش جزئی (از ۱۹۸۰۱/۹۲ کیلومتر مربع در حال حاضر به ۲۰۳۴۱/۰۸کیلومتر مربع برای سال ۲۰۵۰ و به ۱۸۹۴۹/۸۷کیلومتر مربع برای سال ۲۰۷۰) را نشان می‌دهد (شکل 3A و شکل 4A). با توجه به سناریوی خفیف (RCP 2.6) در هر دو سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ مساحت زیستگاه‌های بسیار خوب (طبقه ۷۵ - ۱۰۰ درصد) افزایش خواهد یافت (جدول ۳). اما تحت سناریوی شدید (RCP 8.5) که بیانگر بدبینانه ترین حالت است، شرایط به شکل دیگری است به‌طوریکه مساحت زیستگاه‌های پیش‌بینی شده برای گونه به ترتیب از ۱۹۸۰۱/۹۲ کیلومتر مربع در حال حاضر به ۱۳۸۱۰/۹۳ کیلومتر مربع برای سال ۲۰۵۰ و به ۷۴۵۵/۳۳ کیلومتر مربع برای سال ۲۰۷۰ کاهش می‌یابد (جدول ۳). با توجه به سناریوی شدید (RCP 8.5) در هر دو سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ مساحت زیستگاه‌های بسیار خوب (طبقه ۷۵ - ۱۰۰ درصد) به‌طور قابل توجهی کاهش خواهند یافت (جدول ۳).

جدول ۳- مساحت زیستگاه (کیلومتر مربع، Km^2) نیوت کوهستانی خالزرد (*Neurergus derjugini*) با توجه به طبقه بندی‌ها و دوره‌های زمانی مختلف (۱۹۷۰-۲۰۰۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰) تحت دو سناریو خفیف (RCP 2.6) و شدید (RCP 8.5)

Table 3. Potential distribution of the Yellow-spotted mountain newt, *Neurergus derjugini*, according to different classifications and time periods (1970-2000, 2050 and 2070) under two scenarios: optimistic (RCP 2.6) and pessimistic (RCP 8.5)

اثرات بالقوه Potential impacts	آینده (2070)		اثرات بالقوه Potential impacts	آینده (2050)		حال حاضر (1970-2000)	طبقه (%) Class (%)
	(RCP 8.5)	(RCP 2.6)		(RCP 8.5)	(RCP 2.6)		
-/-	3496.70	6164.43	-/-	6426.53	7115.12	8267.29	0-25
-/+	2175.28	4727.88	-/+	3384.33	4845.36	4629.88	25-50
-/+	1379.69	4508.89	-/+	3090.92	4763.86	/4042.62	50-75
-/+	403.66	3548.67	-/+	909.15	3616.74	2862.13	75-100
-/-	7455.33	18949.87	-/+	13810.93	20341.08	19801.92	Total

در مدل‌سازی توزیع جغرافیایی نیوت خالزرد که توسط Sharifi *et al*. (2017) براساس ۴۲ نقطه حضور برای زمان حاضر مورد بررسی قرار گرفت، بیشترین متغیرهای مؤثر در عملکرد مدل به ترتیب، بارش سردترین دوره (۵۱٪/۱)، میانگین دمای خشک‌ترین دوره (۱۱٪) و دمای فصلی (۱۰/۵٪) گزارش شده است (Sharifi *et al*., 2017). در مدل‌سازی حاضر که براساس ۵۷ نقطه حضور صورت گرفت، بارش مرطوب‌ترین دوره (۵۹/۸٪)، دمای فصلی (۱۲/۳٪) و میانگین دمای سالانه (۱۲٪) به ترتیب مؤثرترین متغیرها در پیش‌بینی حضور گونه شناسایی شدند که می‌توان استدلال کرد که بارش عامل مؤثرتری نسبت به دما در توزیع گونه به‌شمار می‌آید. در مطالعه انجام شده توسط Afroosheh *et al*. (2019) با استفاده از مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، وجود پناهگاه‌های یخبندانی در قسمت‌های مرکزی و جنوبی محدوده توزیع پیش‌بینی شده است. همچنین، در مطالعه انجام شده توسط Malekoutian *et al*. (2020)، سه پناهگاه یخبندانی در قسمت‌های جنوبی، مرکزی و شمالی محدوده توزیع سمندر خالزرد با استفاده از داده‌های ژنتیکی نشان داده شد. نتایج مدل ما از این فرضیه پشتیبانی کرد که تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده احتمالاً بر مطلوبیت زیستگاه‌های آینده گونه تأثیر می‌گذارد و سبب حفظ محدوده توزیع گونه در قسمت‌های مرکزی و جنوبی محدوده توزیع و به سمت ارتفاعات بالا می‌شود. این یافته تا حدودی با سایر

مطالعات در مورد دوزیستان بویژه در رابطه با افزایش دما منطبق است (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2012; Barrett *et al.*, 2014; Cemal Varol *et al.*, 2016). این نتایج همچنین با یافته‌های قبلی که نشان دهنده تأثیر تغییرات اقلیمی چرخه‌های یخبندانی و بین یخبندانی بر الگوی توزیع گونه می‌باشد، همخوانی دارد (Afroosheh *et al.*, 2019).

ایران به‌دلیل قرار گرفتن در عرض‌های جغرافیایی میانه، در فصل‌های مختلف تحت تأثیر الگوهای اقلیمی زیادی قرار دارد، که چه‌بسا سبب افزایش فرکانس تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی می‌شود. بنابر پیش‌بینی‌های هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم برای سال ۲۱۰۰، براساس فرض ادامه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول قرن بیست و یکم، ایران می‌تواند تحت بدبینانه‌ترین حالت در معرض افزایش دمای ۱/۵ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد باشد (Jowkar *et al.*, 2016). این عدد در مطالعه انجام شده توسط Daneshvar *et al.* (2019)، بین ۱/۱۲ تا ۷/۸۷ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی شده است (Daneshvar *et al.*, 2019). مطالعات انجام گرفته روی وضعیت اقلیمی آینده در ایران تصویری ناخوشایند شامل دوره‌های پی در پی رطوبت و خشکی شدید در سراسر کشور را نشان می‌دهد. وقوع دوره‌های رطوبتی شدید در بیشتر منطقه‌های از جمله منطقه‌های غربی کشور در امتداد کوه زاگرس پیش‌بینی شده است (Vaghefi *et al.*, 2019). وقوع دوره‌های طولانی خشکی نامنظم که به‌طور متناوب با بارش‌های شدید و کوتاه مدت قطع می‌شود، احتمال بروز خشکسالی و سیل را در بیشتر منطقه‌های کشور افزایش خواهد داد. در بررسی اقلیم آینده ایران تحت ۴ سناریوی اقلیمی (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) به‌وسیله Vaghefi *et al.* (2017) افزایش درجه حرارت از ۱/۱ تا ۲/۷۵ درجه سانتی‌گراد در سراسر کشور گزارش شده است، که این مقدار برای زاگرس تحت بدبینانه‌ترین حالت (RCP8.5) افزایش درجه حرارت به مقدار ۲/۵ تا ۲/۲۵ درجه سانتی‌گراد را نشان داد. بررسی میزان بارش نشان می‌دهد که منطقه‌های مرطوب کشور مرطوب‌تر می‌شوند، در حالیکه منطقه‌های خشک، خشک‌تر می‌شوند، به‌طوریکه در بعضی منطقه‌های زاگرس بویژه قسمت‌های جنوب غربی، افزایش بارش به میزان ۲۵ تا ۵۰ میلی‌متر پیش‌بینی گردید (Vaghefi *et al.*, 2019).

مطالعات گوناگونی اثرهای منفی تغییرات اقلیم بر دوزیستان را تأیید می‌کند. توانایی گونه‌ها در سازگاری با تغییرات اقلیمی به سرعت تغییرات اقلیمی و توانایی‌های انتشار گونه‌ها بستگی دارد (Schloss *et al.*, 2012). اگر بالا رفتن دما ادامه یابد گونه دامنه جغرافیایی خود را تغییر می‌دهد، کاهش اندازه دامنه و زیستگاه موجود چه‌بسا خطر انقراض را افزایش داده و اتصال را در بین جمعیت‌ها کاهش می‌دهد (Segelbacher *et al.*, 2010)، پایین بودن توانایی انتشار گونه سبب افزایش احتمال انزوا و کاهش احتمال مهاجرت سازشی می‌گردد (Schloss *et al.*, 2012; Sahlean *et al.*, 2014). Ashrafzadeh *et al.* (2019a) دریافتند که زیستگاه‌های مناسب برای نیوت کوهستانی لرستان (*Neurergus kaiseri*) تحت تأثیر تغییرات اقلیمی تا سال ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ از ۵۶ درصد تا ۹۶ درصد کاهش خواهد یافت و همچنین پیش‌بینی گردید گونه به سمت ارتفاعات بالاتر توزیع یابد. در مطالعه حاضر نیز تحت بدبینانه‌ترین حالت (RCP8.5) در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۷۰ کاهش مساحت زیستگاه‌های مطلوب، بویژه طبقه بسیار خوب (۷۵ - ۱۰۰ درصد) و حرکت به سمت ارتفاعات بالاتر مشاهده شد.

قابلیت بقاء در اقلیم بسیار متغیر بستگی به این دارد که گونه‌های مستعد بتوانند پناهگاه‌هایی را پیدا کنند که در برابر تغییر شرایط شدید مقاوم باشد (Scheffers *et al.*, 2014). ریززیستگاه‌ها با ارائه اقلیم‌های خرد مناسب، ممکن است به‌عنوان پناهگاه خرد برای تعدیل پیامدهای اکوفیزیولوژیکی تغییر اقلیم روی جوامع خونسرد عمل کنند (Huey and Tewksbury, 2009; Scheffers *et al.*, 2014).

مدل‌های پراکنش گونه‌ای، ابزارهای مفید و مقرون به صرفه‌ای به‌منظور استفاده مدیران منابع طبیعی می‌باشند و آگاهی آن‌ها را نسبت به اثرهای تغییر اقلیم بر گونه‌ها افزایش می‌دهند. نقشه‌های حاصل از مدل‌ها، منطقه‌های حساس به تغییر اقلیم و پناهگاه‌های ممکن در آینده را جهت استفاده در طرح‌های حفاظتی منطقه‌ها مشخص می نمایند. یافته‌های اخیر بر خطرهای نهفته‌ای تأکید می‌کند که بسیاری از گونه‌های کوهستانی از جمله سمندرها تحت شرایط اقلیمی آینده با آن روبرو هستند (Milanovich *et al.*, 2010; Velo-Antón *et al.*, 2013; Sutton *et al.*, 2015; Ashrafzadeh *et al.*, 2019a). از آنجا که بنابر پیش‌بینی‌های صورت گرفته با ادامه روند گرم شدن هوا طی سی سال آینده، بخش اعظمی از ایران در معرض خشکی قرار خواهد گرفت (Jowkar *et al.*, 2016) و این تغییر اقلیم دوزیستان کوچک بومی منطقه را تحت تأثیر قرار خواهد داد، بنابراین تلاش برای یافتن نقاط حضور جدید، شناسایی زیستگاه‌های بالقوه مناسب در حال حاضر و تحت سناریوهای مختلف اقلیمی آینده در حفظ گونه کمک می‌کند. بنابراین تدوین برنامه عمل حفاظتی و رصد گونه اولین گام مهم برای رفع خطر انقراض گونه است و تحقیق‌های بیشتر در مورد اهمیت ریز زیستگاه و ریزپناهگاه برای تداوم جمعیت بسیار ضروری است.

واکنش دورنماها به تغییرات اقلیمی یکسان نمی‌باشد. عامل‌های مختلفی از جمله تنوع در پستی و بلندی و شیب منطقه می‌تواند چگونگی تأثیر الگوهای اقلیمی بر یک منطقه خاص را تحت الشعاع قرار دهد (Dobrowski, 2011). دورنمایی که دما و رطوبت محلی به‌نسبت ثابتی را در مواجهه با تغییرات اقلیمی فراهم‌آورد و بیشترین پتانسیل را به‌عنوان پناهگاه اقلیمی برای گونه‌های آسیب پذیر ارائه می‌دهد. پناهگاه اقلیمی با وجود شرایط اقلیمی به‌نسبت پایدار محلی که با وجود تغییر در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی در طول زمان ثابت می‌ماند، مشخص می‌شود (Morelli *et al.*, 2020). توانایی نداشتن بسیاری از گونه‌های سمندر برای مهاجرت به زیستگاه‌های مناسب در مواجهه با تغییرات اقلیمی سریع بر اهمیت شناسایی پناهگاه‌های اقلیمی تأکید می‌کند. به‌طور کلی، شناسایی زیستگاه‌هایی با چنین ویژگی‌هایی به‌عنوان یک ابزار حفاظتی بسیار مهم برای سمندرها و سایر گونه‌های حساس می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه رشته کوه‌های زاگرس در طول نوسانات اقلیمی گذشته به‌عنوان پناهگاه یخبندانی برای گونه‌های مختلفی مانند پرندگان، خزندگان و حشرات عمل کرده است (Rajaei *et al.*, 2013; Ahmadzadeh *et al.*, 2013a, Ahmadzadeh *et al.*, 2013b; Yousefi *et al.*, 2020)، این احتمال وجود دارد که طی تغییرات اقلیمی آینده نیز زیستگاه‌های انعطاف‌پذیری با شرایط اقلیمی به‌نسبت پایدار برای نیوت کوهستانی خالزرد فراهم آورد. بنابراین شناسایی و محافظت از این پناهگاه‌ها ممکن است به حفظ تنوع و فراوانی نیوت در نهرهای زاگرس کمک شایان توجهی نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش وسعت زیستگاه مناسب برای نیوت کوهستانی خالزرد در ایران و عراق از زمان حاضر تا سال ۲۰۷۰ صورت می‌پذیرد. این پیش‌بینی نشان می‌دهد که وسیع‌ترین گستره مناسب در سال ۲۰۵۰ تحت سناریوی خفیف (RCP 2.6) و کمترین زیستگاه مناسب در سال ۲۰۷۰ تحت سناریوی شدید (RCP 8.5) ایجاد خواهد شد. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر میزان بارش مرطوب‌ترین دوره (BIO13) بیشترین تأثیر را در توزیع گونه در آینده خواهد داشت، هرچند باید این نکته را هم مد نظر داشت که عامل‌های دیگری از قبیل تکه تکه شدن و پراکندگی زیستگاه نیز ممکن است نقش مهمی در اثرهای احتمالی تغییرات اقلیمی داشته باشند. توزیع گونه

توسط تغییرات بارش که مربوط به تغییرات اقلیمی است تحت تأثیر قرار می‌گیرد، زیرا بنابر سناریوهای IPCC، غلظت CO2 تا سال ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد و به تبع آن دمای جهانی افزایش می‌یابد و یکی از پیامدهای احتمالی گرمایش جهانی کاهش میزان بارش است. گرم شدن کره زمین چالش زیست شناسی حفاظت در آینده است، واز آنجا که دوزیستان از جمله سمندرها به‌دلیل خونسرد بودن نسبت به تغییرات دمای محیط حساس‌تر هستند، گرمایش جهانی، آن‌ها را تحت تأثیر قرار خواهد داد (Sutton *et al.*, 2015). بنابراین حضور یافتن در پناهگاه-های اقلیمی نظیر زاگرس گونه را از آسیب‌های اقلیمی مصون نگه می‌دارد، زیرا پناهگاه قادر است تنوع محیطی و ثبات اقلیمی لازم را طی تغییرات اقلیمی فراهم کند. بنابراین با توجه به نقش برجسته پناهگاه در حفظ جمعیت‌های نیوت کوهستانی خالزرد نیازمند یک برنامه عمل حفاظتی و نظارت طولانی مدت برای گونه خواهیم بود. تکنیک‌های مدل‌سازی به‌همراه متغیرهای اقلیمی می‌توانند در توسعه مدل‌ها برای ارزیابی مناسب بودن زیستگاه گونه کمک کنند.

سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه رازی کرمانشاه به‌عنوان بخشی از پرژه تحقیقاتی پایان نامه دکتری به انجام رسیده است.

پی‌نوشت‌ها

[1] MaxEnt
[2] IUCN
[3] Critically endangered
[4] Minimum convex polygon
[5] GCM
[6] BIO1
[7] BIO2
[8] BIO4
[9] BIO12
[10] BIO13
[11] BIO14
[12] Area Under Curve
[13] Receiver Operating Characteristic Curve
[14] Sensitivity
[15] Specificity
[16] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
[17] Connectivity
[18] Microrefuges
[19] Landscape

منابع

Abbasian, M., Moghim, S. and Abrishamchi, A., 2019. Performance of the general circulation models in simulating temperature and precipitation over Iran. Theoretical and Applied Climatology. 135**,** 1465-1483.

Afroosheh, M., Akmali, V., Esmaili, S. and Sharifi, M ., 2016 . Distribution and abundance of the endangered yellow spotted mountain newt *Neurergus microspilotus* (Caudata: Salamandridae) in western Iran. Herpetological Conservation and Biology. 11**,** 52-60.

Afroosheh, M., Rödder, D., Mikulicek, P., Akmali, V., Vaissi, S., Fleck, J., Schneider, W. and Sharifi, M., 2019. Mitochondrial DNA variation and Quaternary range dynamics in the endangered Yellow Spotted Mountain Newt, *Neurergus derjugini* (Caudata, Salamandridae). Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. 57**,** 580-590.

Ahmadzadeh, F., Carretero, M.A., Rödder, D., Harris, D.J., Freitas, S.N., Perera, A. and Böhme, W., 2013a. Inferring the effects of past climate fluctuations on the distribution pattern of *Iranolacerta* (Reptilia, Lacertidae): Evidence from mitochondrial DNA and species distribution models. Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology. 252**,** 141-148.

Ahmadzadeh, F., Flecks, M., Rödder, D., Böhme, W., Ilgaz, Ç., Harris, D.J., Engler, J.O., Üzüm, N. and Carretero, M. A., 2013b. Multiple dispersal out of Anatolia: biogeography and evolution of oriental green lizards. Biological Journal of the

Linnean Society. 110**,** 398-408.

Ahsani, N., Kaboli, M., Rastegar-Pouyani, E., Karami, M. and Kamangar, B.B., 2018. Habitat suitability prediction for *Salamandra infraimmaculata* (Caudata: Amphibia) in western Iran based on species distribution modeling. Journal of Asia-Pacific Biodiversity. 11**,** 203-205.

Al-Sheikhly, O., Iyad, A., Rastegar-Pouyani, N. and Browne, R., 2013. New localities of the Kurdistan newt *Neurergus microspilotus* and Lake Urmia newt Neurergus crocatus (Caudata: Salamandridae) in Iraq. Amphibian and Reptile Conservation. 6**,** 42-49.

Ashrafzadeh, M.R., Naghipour, A.A., Haidarian, M., Kusza, S. and Pilliod, D.S., 2019a. Effects of climate change on habitat and connectivity for populations of a vulnerable, endemic salamander in Iran. Global Ecology and Conservation. 19**,** e00637.

Ashrafzadeh, M.R., Naghipour, A.A., Haidarian, M. and Khorozyan, I., 2019b. Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran. Mammal Research. 64(1), 39-51.

Barabanov, A. and Litvinchuk, S., 2015. A new record of the Kurdistan Newt (*Neurergus Derjugini*) in Iran and potential distribution modeling for the species. Russian Journal of Herpetology. 22.

Barrett, K., Nibbelink, N.P. and Maerz, J.C., 2014. Identifying priority species and conservation opportunities under future climate scenarios: amphibians in a biodiversity hotspot. Journal of Fish and Wildlife Management. 5**,** 282-297.

Borzée, A., Andersen, D., Groffen, J., Kim, H.-T., Bae, Y. and Jang, Y., 2019. Climate change-based models predict range shifts in the distribution of the only Asian plethodontid salamander: *Karsenia koreana*. Scientific Reports. 9**,** 1-9.

Cemal Varol, T., Koyun, M. and Çiçek, K., 2016. Predicting the current and future potential distributions of Anatolia Newt, *Neurergus strauchii* (Steindachner, 1887), with a new record from Elazığ (Eastern Anatolia, Turkey). Biharean Biologist. 10**,** 104-108.

Daneshvar, M.R.M., Ebrahimi, M. and Nejadsoleymani, H., 2019. An overview of climate change in Iran: facts and statistics. Environmental Systems Research. 8**,** 7.

Dervo, B.K., Bærum, K.M., Skurdal, J. and Museth ,J., 2016. Effects of temperature and precipitation on breeding migrations of amphibian species in southeastern Norway. Scientifica. 4, 1-8.

Dianat, M., Darvish, J., Cornette, R., Aliabadian, M. and Nicolas, V., 2017. Evolutionary history of the Persian Jird, *Meriones persicus*, based on genetics, species distribution modelling and morphometric data. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. 55**,** 29-45.

Dobrowski, S.Z. 2011., A climatic basis for microrefugia: the influence of terrain on climate . Global Change Biology. 17**,** 1022-1035.

Ebrahimi, A., Farashi, A. and Rashki, A., 2017. Habitat suitability of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in Iran in future. Environmental Earth Sciences. 76**,** 697.

Ebrahimi, A., Sardari, P., Safavian, S., Jafarzade, Z., Bashghareh, S. and Khavari, Z., 2019. Climate change effects on species of Bovidae family in Iran. Environmental Earth Sciences, 78**,** 186.

Elith, J.H., Graham, C.P., Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A.J., Hijmans, R.,

Huettmann, F.R., Leathwick, J. and Lehmann, A., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography. 29**,** 129-151.

Fielding, A.H. and Bell, J.F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation**.** 38-49.

Garcia, R.A., Burgess, N.D., Cabeza, M., Rahbek, C. and Araújo, M.B., 2012. Exploring consensus in 21st century projections of climatically suitable areas for African vertebrates. Global Change Biology.18**,** 1253-1269.

Giovanelli, J.G., De Siqueira, M.F., Haddad, C.F. and Alexandrino, J., 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: How the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. Ecological Modelling. 221**,** 215-224.

Grant, E. H.C., Miller, D.A., Schmidt, B.R., Adams, M.J., Amburgey, S.M., Chambert, T., Cruickshank, S.S., Fisher, R.N., Green, D.M. and Hossack, B.R., 2016. Quantitative evidence for the effects of multiple drivers on continental-scale amphibian declines. Scientific Reports.6**,** 1-9.

Greenberg, C., Zarnoch, S. and Austin, J., 2018. Long term amphibian monitoring at wetlands lacks power to detect population trends. Biological Conservation. 228**,** 120-131.

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: A Journal of the Royal Meteorological Society. 25**,** 1965-1978.

Huey, R.B. and Tewksbury, J.J., 2009. Can behavior douse the fire of climate warming? Proceedings of the National Academy of Sciences. 106**,** 3647-3648.

IEA 2010. World energy outlook, International Energy Agency, Paris.

Javanbakht, H., Ihlow, F., Jablonski, D., Široký, P., Fritz, U., Rödder, D., Sharifi, M. and Mikulíček, P., 2017. Genetic diversity and Quaternary range dynamics in Iranian and Transcaucasian tortoises. Biological Journal of the Linnean Society. 121**,** 627-640.

Jowkar, H., Ostrowski, S., Tahbaz, M. And Zahler, P., 2016. The conservation of biodiversity in Iran: threats, challenges and hopes. Iranian Studies. 49**,** 1065-1077.

Kafash, A., Yousefi, M. and Ahmadi, M., 2013. Predicting the impacts of climate change on the desert dwelling reptiles of Iran (Case study *Saara loricata*). 3th International conference on Environmental Planning and Management, 29th-30th October, Tehran, Iran.

Kafash, A. and Yousefi, M., 2017. Negative effects of the future climate change on Mountain lacerta in Iran. Journal Of Natural Environment (Iranian Journal Of Natural Resources). 70, 149-160.

Keppel, G., Van Niel, K.P., Wardell-Johnson, G.W., Yates, C.J., Byrne, M., Mucina, L., Schut, A.G., Hopper, S.D. and Franklin, S.E., 2012. Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. Global Ecology and Biogeography. 21**,** 393-404.

Khalyani, A.H., Mayer, A.L., Falkowski, M.J. and Muralidharan, D., 2013. Deforestation and landscape structure changes related to socioeconomic dynamics and climate change in Zagros forests. Journal of Land Use Science. 8**,** 321-340.

Mahdavi, T., Shams-Esfandabad, B., Toranjzar,

H., Abdi, N. and Ahmadi, A., 2020. Potential impact of climate change on the distribution of the Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in Iran (Mammalia: Felidae). Zoology in the Middle East. 66**,** 107-117.

Malekoutian, M., Sharifi, M. and Vaissi, S., 2020. Mitochondrial DNA sequence analysis reveals multiple Pleistocene glacial refugia for the Yellow-spotted mountain newt, *Neurergus derjugini* (Caudata: Salamandridae) in the mid-Zagros range in Iran and Iraq. Ecology and Evolution. 10**,** 2661-2676.

Masoompour, S.J., Miri, M. and Porkamar, F., 2018. Assessment of CMIP5 climate models with observed precipitation in Iran. Geophysics. 11, 40-53.

Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S.C., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D.J. and Allen, M.R., 2009. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 C. Nature. 458**,** 1158-1162.

Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K., Daniel, J.S., Kainuma, M.L.T., Lamarque, J.F., Matsumoto, K., Montzka, S.A., Raper, S.C.B., Riahi, K. and Thomson, A.G.J.M.V., 2011. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. Climatic Change. 109(1-2), 213.

Milanovich, J.R., Peterman, W.E., Nibbelink, N.P. and Maerz, J.C., 2010. Projected loss of a salamander diversity hotspot as a consequence of projected global climate change. PloS One. 5, e12189.

Mohammadi, S., Ebrahimi, E., Moghadam, M.S. and Bosso, L., 2019. Modelling current and future potential distributions of two desert jerboas under climate change in Iran. Ecological Informatics. 52, 7-13.

Morelli, T.L., Barrows, C.W., Ramirez, A.R., Cartwright, J.M., Ackerly, D.D., Eaves, T.D., Ebersole, J.L., Krawchuk, M.A., Letcher, B.H. and Mahalovich, M.F., 2020. Climate-change refugia: biodiversity in the slow lane. Frontiers in Ecology and the Environment. 18**,** 228-234.

Morovati, M., kaboli, M., Panahandeh, M., Sarbaz, M. and Ahmdian, S., 2019. Habitat modeling of Asian leopard (*Acinonyx jubatus venaticus*) under the Impact of Climate Change in Iran Using MAXENT Software. Animal Environment . 9(1), 13-20.

Najafimajd, E. and Kaya, U., 2010. A newly found locality for the critically endangered Yellow Spotted Newt, *Neurergus microspilotus* (Nesterov, 1917) nourishes hope for its conservation: (Salamandridae: Caudata). Zoology in the Middle East. 51**,** 51-56.

Ochoa-Ochoa, L.M., Rodríguez, P., Mora, F., Flores-Villela, O. and Whittaker, R.J., 2012. Climate change and amphibian diversity patterns in Mexico. Biological Conservation. 150**,** 94-102.

Parra-Olea, G., Martínez-Meyer, E. and De León, G.P.P., 2005. Forecasting climate change effects on Salamander distribution in the highlands of central Mexico 1. Biotropica: The Journal of Biology and Conservation. 37**,** 202-208.

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

Pilliod, D.S., Arkle, R.S., Robertson, J.M., Murphy, M.A. and Funk, W.C., 2015. Effects of changing climate on aquatic habitat and connectivity for remnant populations of a wide-ranging frog species in an arid landscape. Ecology and Evolution. 5**,** 3979-3994.

Rajaei Sh.H., Rödder, D., Weigand, A.M., Dambach, J., Raupach, M.J. and Wägele, J.W., (2013). Quaternary refugia in southwestern Iran: Insights from two sympatric moth species (Insecta, Lepidoptera).Organisms Diversity and Evolution. 13, 409-423.

Rastegar-Pouyani, N., Mirani, R., Bahmani, Z., Karamiani, R., Takesh, M. and Browne, R. 2015. Conservation status of the Kurdistan newt *Neurergus microspilotus* in Kermanshah and Kurdistan provinces, Iran. Amphibian and Reptile Conservation. 9**,** 36-41.

Rastegar-Pouyani, N., Takesh, M., Fattahi, A., Sadeghi, M., Khorshidi, F. and Browne, R., 2013. Ecology of Kurdistan newt (*Neurergus microspilotus*: Salamandridae): Population and conservation with an appraisal of the potential impact of urbanization. Amphibian and Reptile Conservation. 6(4), 30-35.

Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T.L., Estrella, N. and Seguin, B., 2008.Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. Nature. 453**,** 353-357.

Sahlean, T.C., Gherghel, I., Papeș, M., Strugariu, A. and Zamfirescu, Ș.R., 2014. Refining climate change projections for organisms with low dispersal abilities: a case study of the Caspian whip snake. PloS One. 9**,** e91994.

Scheffers, B.R., Edwards, D.P., Diesmos, A., Williams, S.E. and Evans, T.A., 2014. Microhabitats reduce animal's exposure to climate extremes. Global Change Biology. 20**,** 495-503.

Schloss, C.A., Nuñez, T.A. and Lawler, J.J., 2012. Dispersal will limit ability of mammals to track climate change in the Western Hemisphere. Proceedings of the National Academy of Sciences. 109**,** 8606-8611.

Segelbacher, G., Cushman, S.A., Epperson, B.K., Fortin, M.-J., Francois, O., Hardy, O. J., Holderegger, R., Taberlet, P., Waits, L. P. and Manel, S., 2010. Applications of landscape genetics in conservation biology: concepts and challenges. Conservation genetics. 11**,** 375-385.

Shahabi, S., Akmali, V. and Sharifi, M., 2017 . Taxonomic evaluation of the Greater Horseshoe Bat *Rhinolophus ferrumequinum* (Chiroptera: Rhinolophidae) in Iran inferred from the mitochondrial D-Loop gene. Zoological Science. 34**,** 361-367.

Sharifi, M. and Assadian, S., 2004. Distribution and conservation status of *Neurergus microspilotus* (Caudata: Salamandridae) in western Iran. Asiatic Herpetological Research. 10**,** 224-229.

Sharifi, M., Shafiei Bafti, S., Papenfuss, T., Anderson, S., Kuzmin, S. and Rastegar-Pouyani, N., 2009. *Neurergus microspilotus* (errata version published in 2016). The Iucn Red List of threatened species 2009: E. T59451a86642381.

Sharifi, M., Karami, P., Akmali, V., Afroosheh, M. and Vaissi, S., 2017. Modeling geographic distribution for the endangered yellow spotted mountain newt, *Neurergus microspilotus* (Amphibia: Salamandridae) in Iran and Iraq. Herpetological Conservation and Biology. 12(2), 488-497.

Stott, P.A., Gillett, N.P., Hegerl, G.C., Karoly, D.J., Stone, D.A., Zhang, X. and Zwiers, F., 2010. Detection and attribution of climate change: a regional perspective. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. 1**,** 192-211.

Sutton, W.B., Barrett, K., Moody, A.T., Loftin, C.S., Demaynadier, P.G. and Nanjappa, P., 2015.

Predicted changes in climatic niche and climate refugia of conservation priority salamander species in the northeastern United States. Forests. 6**,** 1-26.

Swets, J.A., 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science. 240**,** 1285-1293.

Vaghefi, S.A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H. and Abbaspour ,K.C., 2019. The future of extreme climate in Iran. Scientific Reports. 9**,** 1-11.

Vamberger, M., Stuckas, H., Vargas-Ramírez, M., Kehlmaier, C., Ayaz, D., Aloufi, A.A., Lymberakis, P., Široký, P. and Fritz, U., 2017. Unexpected hybridization patterns in Near Eastern terrapins (*Mauremys caspica*, *M. rivulata*) indicate ancient gene flow across the Fertile Crescent. Zoologica Scripta. 46**,** 401-413.

Velo-Antón, G., Parra, J., Parra-Olea, G. and Zamudio, K., 2013. Tracking climate change in a dispersal-limited species :Reduced spatial and genetic connectivity in a montane salamander. Molecular Ecology. 22**,** 3261-3278.

Welsh Jr, H.H. and Hodgson, G.R., 2013. Woodland salamanders as metrics of forest ecosystem recovery: a case study from California's redwoods. Ecosphere. 4(5), 1-25

Worldclim, 2021. Available at https://www. worldclim.org.

Yousefi, M., Shabani, A.A. and Azarnivand, H., 2020. Reconstructing distribution of the Eastern Rock Nuthatch during the last glacial maximum and last interglacial. Avian Biology Research. 13**,** 3-9.

Yousefkhani, S.S.H., Aliabadian, M., Rastegar-Pouyani, E. and Darvish, J., 2017. Predicting the impact of climate change on the distribution pattern of *Agamura persica* (Dumeril, 1856) (Squamata: Gekkonidae) in Iran. Belgian Journal of Zoology. 147.

Yukimoto, S., Adachi, Y., Hosaka, M., Sakami, T., Yoshimura, H., Hirabara, M., Tanaka, T.Y., Shindo, E., Tsujino, H. and Deushi, M., 2012. A new global climate model of the Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3—Model description and basic performance—. Journal of the Meteorological Society of Japan. 90, 23-64.

Zarei, F., Hosseini, S.N., Amini, S.S., Pezeshk, J., Soofi, M. and Esmaeili, H.R., 2017. A new locality of Kurdistan newt, *Neurergus derjugini derjugini* (Nesterov, 1916) represents a large population in Iran: Implication for conservation. Herpetology Notes.10**,** 611-614.

Environmental Sciences Vol.19 / No.2 / Summer 2021

187-204

Potential impacts of climate change on the distribution of the Yellow-spotted Mountain newt *Neurergus derjugini* (Nesterov, 1916)

Maryam Malekoutian, Mozafar Sharifi[*] and Somaye Vaissi

Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 2020.08.12 Accepted: 2020.09.28

Malekoutian, M., Sharifi, M. and Vaissi, S., 2021. Potential impacts of climate change on the distribution of the Yellow-spotted mountain newt *Neurergus derjugini* (Nesterov, 1916). Environmental Sciences. 19(2):187-204.

Introduction: Climate change is recognized as one of the largest threats to biodiversity and is expected to result in shifting species distributions and increasing extinction risk of populations that are unable to adapt or relocate to suitable habitats. In the present study, habitat suitability of the yellow-spotted mountain newt was modeled to identify the current suitable habitats, to predict the expansion or contraction of the distribution of the species under future climate change scenarios, and to determine the main environmental variables.

Material and methods: The studied species inhabit 57 highland streams of the Zagros Mountain range in western Iran and eastern Iraq. In the present study, species distributions were examined using the maximum entropy model (MaxEnt) for the current and the future (2050 and 2070) climate projection under two optimistic (RCP2.6) and pessimistic (RCP8.5) scenarios.

Results and discussion: Based on the results, precipitation of the coldest quarter (BIO13) had the most contribution to predicting species distribution. Comparison of suitable habitat areas in the current and future climate conditions showed that suitable habitats area for the species will not significantly decrease under the optimistic (RCP2.6) scenario in 2070 and an increase was also observed in 2050. Although, a reduction in suitable habitats area (more than 50%) was observed in 2070 under pessimistic (RCP8.5) scenarios. The results of the model supported the hypothesis that due to future climate change; the species distribution range is likely to be conserved in the refugia located in the center and south of the distribution range and by shifting to higher altitudes.

[*] Corresponding Author: *Email Address* Sharifi315@razi.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.35451

Conclusion: Results obtained from the current study supported the hypothesis that the Zagros climatic refugia play an important role in conserving populations as well as habitats suitable for the Yellow-spotted mountain newt during climate change.

Keywords: MaxEnt, *Neurergus derjugini*, Climate change, Modeling, Climatic variables