

## مدلسازی مطلوبیت زیستگاه حال و گذشته کمرکولی کوچک (Sitta)

### در ایران (neumayer)

و حسین آذر نیوند<sup>۳\*</sup> مسعود یوسفی<sup>۱</sup>؛ افشین علیزاده شعبانی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استاد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۹۷/۰۴/۱۴ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۶/۱۰)

#### چکیده:

امروزه مدل‌های آشیان بوم‌شناختی کاربردهای فراوانی در بوم‌شناسی، حفاظت و جغرافیای زیستی پیدا کرده‌اند. این مدل‌ها با استفاده از نقاط حضور گونه‌ها و متغیرهای محیطی احتمال حضور آنها را در محدوده جغرافیایی معین برآورد می‌کنند. در مطالعه حاضر با استفاده از مدل مکسنت، ۱۰۷ نقطه حضور و نه متغیر محیطی آشیان بوم‌شناختی کمرکولی کوچک در ایران تهیه و مهمترین متغیرهای موثر بر توزیع گونه در سطح کشور شناسایی شد. نتایج حاصل از این مدلسازی نشان داد که رشته کوه زاگرس، رشته کوه البرز، کپه داغ و همچنین برخی کوه‌های ایران مرکزی دارای بیشترین مطلوبیت زیستگاهی برای حضور گونه هستند. شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (۴۲/۲)، ارتفاع (۱۷/۳) و متوسط بارش سالیانه (۱۲/۵) جز مهمترین متغیرهای موثر بر توزیع گونه شناسایی شدند. همچنین، در مطالعه حاضر مدل توزیع گونه در آخرین عصر یخبچالی تهیه شد. مقایسه مدل توزیع گونه در شرایط حاضر و گذشته نشان داد توزیع گونه کم و بیش با توزیع آن در گذشته متفاوت بوده اما بخش عمده زاگرس در گذشته نیز برای حضور گونه مطلوبیت بالایی داشته است. از آنجایی که نتایج مطالعه حاضر نشان داد شاخص نرمال شده پوشش گیاهی مهمترین پیش‌بینی کننده توزیع کمرکولی کوچک در ایران است بنابراین برای مدیریت و حفاظت این گونه باید پوشش گیاهی زیستگاه آن مورد حفاظت قرار گیرد.

کلید واژگان: Sitta neumayer؛ آشیان بوم‌شناختی، زیستگاه، مکسنت، متغیرهای محیطی.

میشود، در حالی که در مناطق غیرهمبوم این تفاوت‌ها یا وجود ندارد و یا بسیار اندک است (Vaurie, 1950).

در سال ۱۹۷۵ مطالعه کاملی برای ارزیابی وجود جابجایی صفات در دو گونه صورت گرفت و نتایج حاصل نشان داد دو گونه کمرکولی بزرگ و کوچک معیارهای لازم برای اثبات وجود جابجایی صفات را ندارند (Grant, 1975). با قبول نتایج این مطالعه و عدم وقوع پدیده جابجایی صفات پرسش‌های مهم و پاسخ داده نشده‌ای در ارتباط با این دو گونه باقی ماند. برای مثال منشا تفاوت‌های ریختی دو گونه چیست؟ Grant, (۱۹۷۵) در مقاله خود نوسانات اقلیمی دوران پلیستوسن را به عنوان یک عامل مهم در شکل‌گیری تفاوت‌های ریختی دو گونه می‌داند. بر اساس این فرضیه (که در این مقاله از آن به عنوان فرضیه گرنت یاد خواهد شد)، در ابتدا اجداد دو گونه در محدوده زاگرس زیست می‌کردند که با توسعه یخچال‌ها و سرد شدن مناطق کوهستانی غرب ایران (Grant, 2006; Ahmadi and Feiznia, 1975) شرایط زیستگاهی مطلوب برای زیست آنها از بین رفت. سپس گونه کمرکولی بزرگ به سمت شرق و کمرکولی کوچک به سمت غرب یعنی مناطق مدیترانه‌ای جابجا شده و هر یک تحت تاثیر فشارهای انتخابی محیط متفاوت قرار گرفته و ویژگی‌های ریختی متفاوتی در آنها تکامل یافت، سپس این تفاوت‌های ریختی امکان هم‌زیستگاهی دو گونه فراهم آورد (Grant, 1975). یعنی بعد از پس روی یخچال‌ها در رشته کوه زاگرس دو گونه به خاطر داشتن ویژگی‌های ریختی متفاوت توانستند بدون همپوشانی آشیان بومشناختی در یک زیستگاه مستقر شوند. بعد از این مطالعه بسیاری از جنبه‌های زیستی دو گونه ناشناخته مانده و فقط طی پنج سال گذشته چند مطالعه

## ۱. مقدمه

مدل‌های توزیع گونه‌ها در زمینه‌های مختلفی در علم بومشناسی کاربرد دارند. با استفاده از این مدل‌ها میتوان به تعیین عوامل موثر بر توزیع گونه‌ها (Yilmaz *et al.*, 2017) شناسایی مناطق بالقوه مساعد برای حضور گونه‌ها (Segura *et al.*, 2003)، یافتن زیستگاه‌های جدید برای گونه‌های کمیاب و در خطر انقراض (Williams *et al.*, 2009) و ارزیابی اثرات تغییرات اقلیم بر نحوه توزیع گونه‌ها پرداخت. همچنین با استفاده از این مدل‌ها میتوان نحوه تغییرات آشیان بومشناختی گونه‌ها (Pearman *et al.*, 2008)، میزان هم‌پوشانی آشیان بومشناختی گونه‌ها (Wellenreuther *et al.*, 2012)، تبارهای مختلف یک گونه (D'Amen *et al.*, 2013; Kafash *et al.*, 2018) و تکامل آشیان بومشناختی (Peterson *et al.*, 1999; Warren *et al.*, 2008; McCormack *et al.*, 2010) را مورد بررسی قرار داد. کمرکولی کوچک (*Sitta neumayer*) یکی از گونه‌های گنجشک‌سان وابسته به مناطق صخره‌ای است که در مناطق کوهستانی ایران رشته کوه زاگرس، البرز، کپه‌داغ و کوه‌های خشک ایران مرکزی حضور دارد (Scott *et al.*, 1975; Mansoori, 2008). این گونه به همراه کمرکولی بزرگ (*Sitta tephronota*) به عنوان مثال اولیه جابجایی صفات معرفی میشوند (Brown and Wilson, 1956). دو گونه یاد شده در مناطقی از غرب ایران به صورت همبوم حضور دارند و در این مناطق تفاوت‌های ریختی قابل توجهی بین دو گونه مشاهده

زمان جمع آوری نقاط از بانک‌های اطلاعاتی برخط، به منظور اجتناب از وارد کردن نقاط حضور قدیمی بازه زمانی جستجو به سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ محدود شد. از آنجایی که دقت لایه‌های مورد استفاده یک کیلومتر بود به منظور اجتناب از خود همبستگی نقاط ابتدا نقاطی که فاصله آنها کمتر از یک کیلومتر بود در فضای نرم افزار R 3.4.3 (R Core Team, 2017) با استفاده از جعبه ابزار Raster حذف شد (Hijmans, 2015). در نهایت تعداد ۱۰۷ نقطه حضور باقی مانده برای انجام مدلسازی مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای اقلیمی برای ساخت مدل آشیان بومشناختی گونه در شرایط اقلیمی حاضر و گذشته (آخرین عصر یخبالی ۲۱۰۰۰ سال قبل) از بانک داده‌های اقلیمی چلسا دانلود شد (Karger *et al.*, 2017). داده‌های این بانک اقلیمی مانند داده‌های بانک اقلیمی Worldclim دارای ۱۹ متغیر زیست اقلیمی است اما در مناطق کوهستانی دقت بالاتری داشته و دربرگیرنده داده‌های اقلیمی جدیدتری (سالهای ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۳) است (Karger *et al.*, 2017). متغیرهای شیب و ارتفاع (Jarvis *et al.*, 2008) به دلیل اهمیت آنها در انتخاب زیستگاه گونه کمرکولی کوچک مورد استفاده قرار گرفت (Grant, 1975; Yousefi *et al.*, 2017). شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (Broxton *et al.*, 2014) به عنوان معیاری از تولید گیاهی و در دسترس بودن غذا (حشرات و دانه) در فرایند مدلسازی استفاده شد (Tucker *et al.*, 2005; Laube *et al.*, 2015). همبستگی بین متغیرها با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون که یکی از شناخته شده‌ترین و پرکاربردترین آزمون‌ها برای سنجش همبستگی بین متغیرهای زیستگاهی برای وارد شدن به فرایند مدلسازی است،

در زمینه ویژگی‌های ریختی (Yousefi *et al.*, 2015; Yousefi *et al.*, 2016)، رژیم غذایی (Yousefi *et al.*, 2016b) و همچنین خرد زیستگاه (Yousefi, 2014; Yousefi *et al.*, 2017) آنها صورت گرفته است. هدف مطالعه حاضر بررسی توزیع کمرکولی کوچک در مقیاس کلان و عوامل موثر بر توزیع آن و همچنین آزمون فرضیه گونت درباره نقش نوسانات اقلیمی پلیستوسن در توسعه تفاوت‌های ریختی دو گونه است. بر اساس این فرضیه در ۲۱۰۰۰ سال قبل رشته کوه زاگرس فاقد مطلوبیت زیستگاهی برای حضور گونه کمرکولی کوچک بوده است. ۲۱۰۰۰ سال قبل زمان تقریبی برای آخرین عصر یخبالی بشمار میرود که یخچالها در مناطق کوهستانی در نیم‌کره شمالی پیشروی کردند (Gibbard & van Kolfshoten, 2005). لازم به ذکر است که این گسترش یخچال‌ها در مناطق کوهستانی ایران نیز وجود داشته اما در ایران یخچال‌ها به صورت ارتفاعی پیشروی کردند (Ahmadi & Feiznia, 2006).

## ۲. مواد و روش‌ها

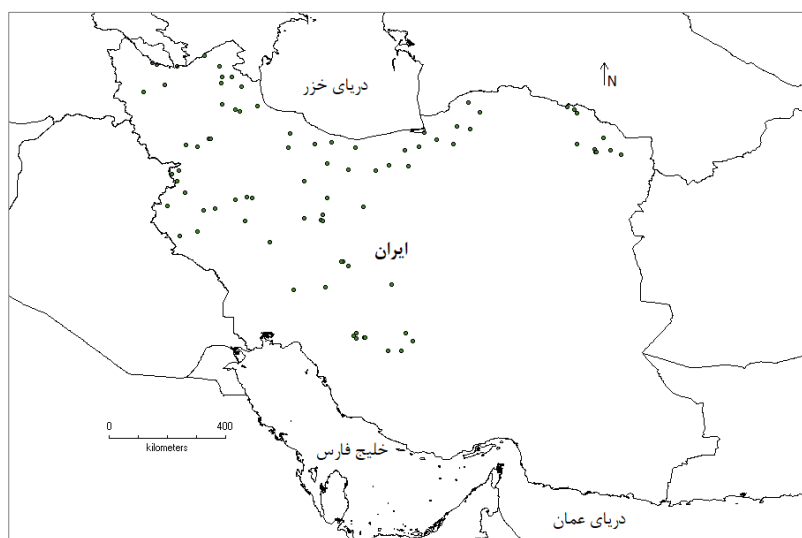
### ۲-۱. نقاط حضور گونه کمرکولی کوچک و

#### متغیرهای محیطی

در مطالعه حاضر نقاط حضور گونه کمرکولی کوچک در ایران از طریق پایش‌های میدانی بین سالهای ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ (۶۲ نقطه) و از بانک اطلاعات تنوع زیستی Global Biodiversity Information Facility (GBIF; <http://www.gbif.org>) (۲۲۳ نقطه) و e-Bird (<https://ebird.org>) (۱ نقطه) جمع آوری شد. در مجموع ۲۸۶ نقطه حضور از گونه جمع آوری شد. در

میانگین دمای روزانه، ایزوترمالیته، تغییرات فصلی دما، بیشینه دمای گرمترین ماه سال، متوسط دمای فصل مرطوب، متوسط بارش سالیانه، بارش در خشک‌ترین ماه سال و تغییرات فصلی بارش. برای داده‌های مربوط به ۲۱۰۰۰ سال قبل از مدل گردش عمومی CCSM4 استفاده شد (Kiehl and Gent, 2004). این مدل در مطالعات مختلف به عنوان یکی از اصلی‌ترین مدل‌ها برای بازسازی توزیع گذشته گونه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ramírez-Barahona and Eguiarte, 2014). این مدل خود از ترکیب چند مدل مربوط به جو زمین، اقیانوس، سطح زمین و یخ دریا تهیه شده است (Kiehl and Gent, 2004).

(Guisan *et al.*, 2017) سنجیده شد. سپس متغیرهای دارای همبستگی بالای ۰/۷ حذف شدند (Asuero *et al.*, 2006). برای سنجش همبستگی لایه‌های محیطی از نرم افزار ENMtools (Warren *et al.*, 2010) استفاده شد. در نهایت نه متغیر شامل شش متغیر اقلیمی (متوسط دمای روزانه، ایزوترمالیته، تغییرات فصلی دما، متوسط بارش سالیانه، تغییرات فصلی بارش، بارش در گرمترین فصل سال)، دو متغیر توپوگرافی و شاخص نرمال شده پوشش گیاهی برای مدلسازی مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه استفاده شد. برای آماده سازی متغیرهای محیطی نیز از نرم افزار ArcGIS 9.3 استفاده شد. متغیرهای اقلیمی زیر برای مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گونه در گذشته استفاده شدند:



شکل ۱- توزیع نقاط حضور گونه در سطح منطقه مورد مطالعه.

همگرایی برابر با ۰/۰۰۰۰۱ استفاده شد و ۱۰۰۰۰ نقطه تصادفی به عنوان نقاط زمینه انتخاب شد (Phillips *et al.*, 2006). با وجود روشهای مختلف برای ساخت مدل‌های مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها مدل مکسنت را میتوان شناخته شده‌ترین و پرکاربردترین مدل‌ها دانست (Elith

## ۲-۲. فرایند مدلسازی

برای ساخت مدل مطلوبیت زیستگاه گونه کمرکولی بزرگ در ایران از مدل Maxent 3.4.1 استفاده شد (Phillips *et al.*, 2017). برای این منظور از حد آستانه

کارایی مدل‌های مطلوبیت زیستگاه است (Fourcade *et al.*, 2013; Guisan *et al.*, 2017). ارزش AUC از صفر تا یک متغیر است، مدل با AUC نزدیک به صفر فاقد اعتبار و مدل با AUC نزدیک یک، مدل با کارایی بالا محسوب میشود (Araújo *et al.*, 2005).

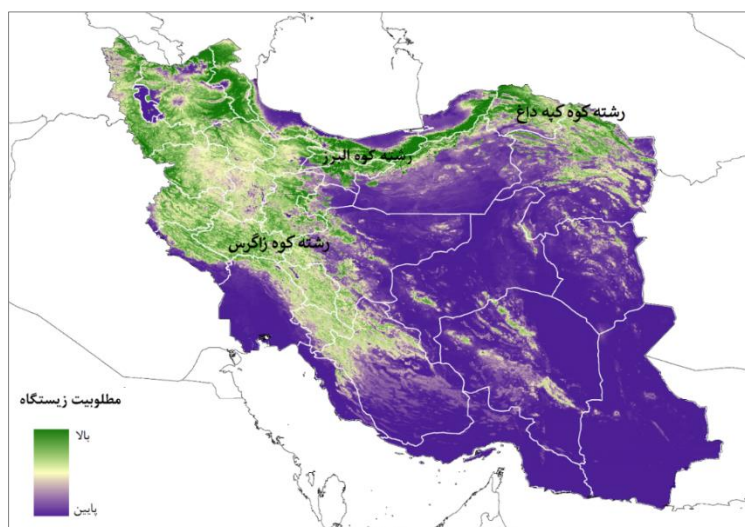
### ۳. نتایج

نتیجه سنجش کارایی مدل کلی (مدل دربرگیرنده تمام متغیرهای محیطی) نشان داد که مدل ساخته شده در مطالعه حاضر دارای کارایی قابل قبولی بوده است (AUC داده‌های تعلیمی ۰/۹۷۸ و AUC داده‌های آزمون ۰/۹۳۵). همچنین نتایج حاصل از مدل سازی توزیع گونه با استفاده از نقاط حضور گونه و متغیرهای محیطی نشان داد که مناطق کوهستانی کشور شامل رشته کوه زاگرس، البرز، کپه‌داغ و همچنین برخی کوه‌های ایران مرکزی دارای بیشترین مطلوبیت زیستگاهی برای حضور گونه هستند (شکل ۱). مساحت مناطق مطلوب گونه کمرکولی کوچک در ایران برابر با ۴۷۸۵۴۲ کیلومتر مربع است.

*et al.*, 2006; Phillips and Dudik, 2008; Mandle *et al.*, 2010; Warren and Seifert, 2011; Merow *et al.*, 2013). در مطالعه حاضر همچنین از آزمون جک نایف برای تعیین مهمترین متغیرهای موثر بر توزیع گونه استفاده شد (Phillips *et al.*, 2006). به منظور مقایسه توزیع کنونی و گذشته گونه میزان همپوشانی توزیع حاضر و گذشته آن با استفاده از معیار Schoener's D (Warren *et al.*, 2008) و با استفاده از نرم افزار ENMtools (Warren *et al.*, 2010) سنجیده شد. برای تعیین مساحت مناطق مطلوب ابتدا مدل مطلوبیت پیوسته گونه در فضای نرم افزار R 3.4.3 (R Core Team, 2017) با استفاده از جعبه ابزار Raster (Hijmans, 2015) به مدل مطلوب/نامطلوب طبقه بندی شد سپس، مساحت آن محاسبه شد. برای طبقه بندی نقشه پیوسته از حد آستانه حضور ۱۰ درصد استفاده شد (Young *et al.*, 2011).

### ۲-۳. سنجش کارایی مدل‌ها

در مطالعه حاضر کارایی مدل‌ها با استفاده از معیار AUC استفاده شده که یک معیار قابل قبول برای سنجش



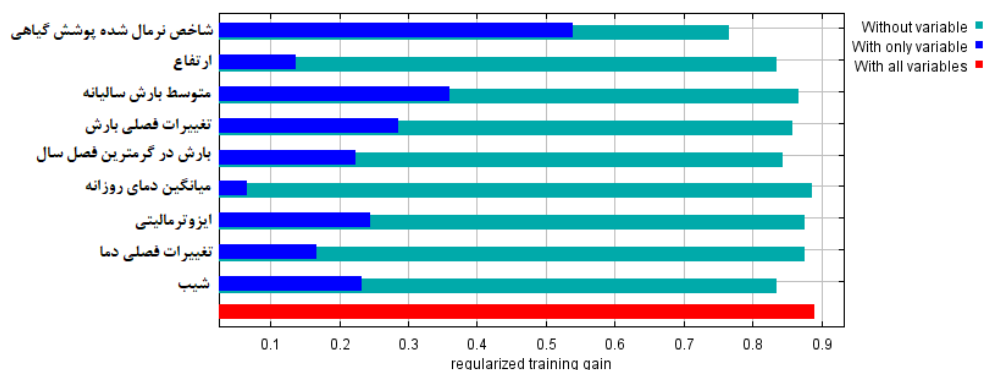
شکل ۲- مدل توزیع پیوسته کمرکولی کوچک در ایران (در شرایط کنونی).

نشان داده شده است، بر اساس نتایج این آزمون نیز شاخص نرمال شده پوشش گیاهی مهمترین متغیر پیش-بینی کننده توزیع گونه در ایران است. نتیجه ارزیابی کارایی مدل اقلیمی گونه نشان داد که مدل کارایی قابل قبولی دارد به شکلی که AUC داده‌های تعلیمی ۰/۹۲۹ و AUC داده‌های آزمون ۰/۸۶۹ بود. مقایسه مدل توزیع گونه در شرایط اقلیمی کنونی و شرایط اقلیمی گذشته نیز نشان داد غرب ایران (در مناطق استانهای کردستان، کرمانشاه و ایلام) دارای مطلوبیت بیشتری نسبت به شرایط کنونی بوده است. همچنین شمال غرب ایران و استانهای اردبیل، زنجان و مناطقی از همدان دارای مطلوبیت کمتری نسبت به شرایط کنونی بوده است (شکل ۴). میزان همپوشانی مدل توزیع گونه در شرایط کنونی و گذشته ۰/۵۵ بود که نشان می‌دهد در حدود نیمی از زیستگاه کنونی و گذشته گونه با یکدیگر متفاوت است.

شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (۴۲/۲)، ارتفاع (۱۷/۳) و متوسط بارش سالیانه (۱۲/۵) بیشترین میزان مشارکت را در ساخت مدل توزیع گونه داشتند. با افزایش شاخص نرمال شده پوشش گیاهی احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد بنابراین حضور گونه با عامل پوشش گیاهی همبستگی مثبت دارد. روند مشابهی هم برای متغیر ارتفاع مشاهده شد یعنی با افزایش شاخص پوشش گیاهی احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. بر اساس منحنی‌های پاسخ شکل ۲ روند افزایش مطلوبیت زیستگاه به سرعت با افزایش میزان بارندگی تا ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر در سال افزایش می‌یابد، بعد از این مقدار، میزان مطلوبیت به تدریج کاهش می‌یابد. سایر متغیرها به ترتیب اهمیت به شرح زیر بودند: تغییرات فصلی بارش (۷/۸)، ایزوترمالیتی (۶/۲)، شیب (۵/۲)، تغییرات فصلی دما (۵)، بارش در گرمترین فصل سال (۳/۸) و متوسط دمای روزانه (۰/۸). نتایج آزمون جک‌نایف در شکل ۳

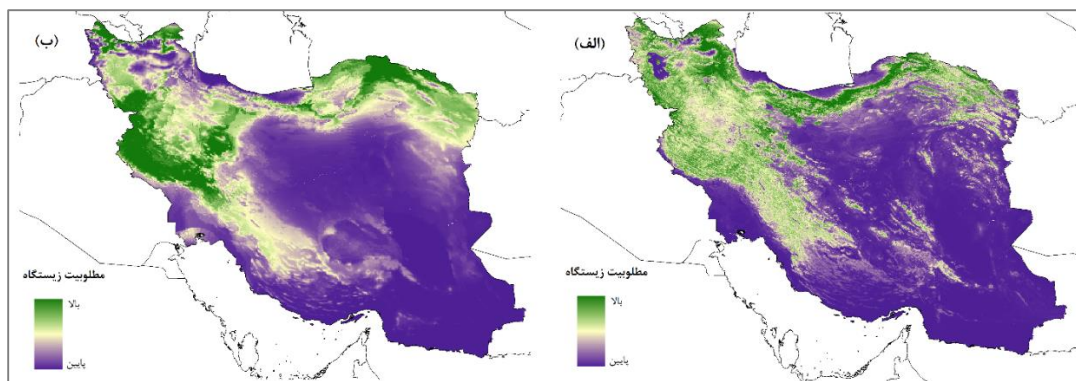


شکل ۲- نحوه پاسخ گونه به مهمترین متغیرهای موثر بر توزیع آن در ایران.



شکل ۳- نتایج روش جک‌نایف برای پیش‌بینی مهمترین متغیرهای موثر بر توزیع کمرکولی کوچک در ایران.





شکل ۴- توزیع کنونی (الف) و توزیع گذشته (آخرین عصر یخبالی ۲۱۰۰۰) کمرکولی کوچک (ب) بر اساس متغیرهای اقلیمی.

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

مهمترین عامل تبیین توزیع گونه کمرکولی بزرگ در ایران عامل ارتفاع تشخیص داده شده و متغیر شاخص نرمال شده پوشش گیاهی به عنوان سومین عامل تاثیر گذار بر توزیع گونه شناخته شده است (یوسفی و همکاران، داده‌های منتشر نشده). با افزایش میزان پوشش گیاهی مطلوبیت زیستگاه برای گونه افزایش می‌یابد اما این روند افزایش در مناطق با پوشش گیاهی خیلی زیاد صادق نیست، چرا که این گونه در مناطق با پوشش گیاهی خیلی متراکم مانند جنگل‌های هیرکانی حضور نداد (Scott et al., 1975).

همچنین، مطلوبیت زیستگاه گونه با افزایش ارتفاع زیاد می‌شود به شکلی تا ارتفاع ۳۰۰۰ متر مطلوبیت افزایش یافته و بعد از آن با افزایش ارتفاع میزان مطلوبیت ثابت باقی می‌ماند. از آنجایی که کمرکولی کوچک ساکن مناطق کوهستانی است (Scott et al., 1975) دور از انتظار نخواهد بود که با افزایش ارتفاع احتمال حضور گونه نیز افزایش یابد. با افزایش میزان بارش نیز مطلوبیت زیستگاه گونه افزایش می‌یابد اما حداکثر مطلوبیت در مناطقی است که میزان بارش بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر در سال باشد. مطلوبیت زیستگاه برای گونه به تدریج با افزایش میزان بارش به بیش از ۴۰۰ میلی‌متر کاهش

در مطالعه حاضر با استفاده از مدل مکسنت مطلوبیت زیستگاه کمرکولی کوچک در ایران تهیه شد. رشته کوه زاگرس، البرز و کپه‌داغ و همچنین برخی کوه‌های ایران مرکزی دارای مطلوبیت بالا برای زیست گونه است. این گونه به دلیل وابستگی به زیستگاه‌های صخره‌ای امکان زیست در مناطق غیر کوهستانی را ندارد (Vaurie, 1950; Scott et al., 1975; Grant, 1975) و مناطق وسیعی در ایران مرکزی فاقد مطلوبیت زیستگاهی برای حضور گونه است.

شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، ارتفاع و میزان بارش سالیانه مهمترین متغیرهای موثر بر توزیع گونه در ایران هستند. شاخص نرمال شده پوشش گیاهی معیاری برای در دسترس بودن غذا برای پرندگان است (Laube et al., 2015). بنابراین معیاری از دسترسی گونه به حشرات و مواد غذایی گیاهی محسوب می‌شود (Grant, 1975; Mohammadi et al., 2016a). این گونه نسبت به کمرکولی بزرگ در مناطق با پوشش درختی بیشتری زیست می‌کند و اغلب در حال تغذیه بر سطوح عمودی تنه درختان و در بین شاخ و برگ آنها مشاهده می‌شود (Yousefi et al., 2017). این در حالی است که

باشد (Grant, 1975). در مطالعه حاضر نشان داده شد که در آخرین عصر یخبندان برخی بخش‌های رشته کوه زاگرس داری مطلوبیت حتی بیشتر از شرایط کنونی برای زیست این گونه بوده است. بنابراین میتوان اذعان نمود فرضیه گرنت حداقل برای آخرین عصر یخچالی با ابهام روبرو خواهد بود. اما به دلیل اینکه پیش‌روی و پس‌روی یخچالها چند بار رخ داده (Gibbard and van Kolfshoten, 2005) ممکن است طی پیش‌روی یخچالها در دوره‌ای قدیمی‌تر (قبل از ۲۱۰۰۰ سال گذشته) زاگرس مطلوبیت خود را از دست داده باشد و گونه از گستره زاگرس برای مدتی حذف شده باشد و بعد از پس‌روی یخچالها دوباره گستره حضور خود را به زاگرس رسانده باشد. زمانی که توزیع گونه‌ها در طی زمان (گذشته و آینده) پیش‌بینی میشود فرض اساسی روش‌های پیش‌بینی توزیع گونه‌ها این است که آشیان بومشناختی گونه‌ها ثابت مانده باشد (Pearman *et al.*, 2008) که این موضع اگر چه میتواند برای دوره‌های زمانی کوتاه مدت صادق باشد اما طی دوره‌های زمانی خیلی طولانی صادق نیست (Peterson, 2011). برای اظهار نظر با اطمینان بیشتر در این زمینه نیاز است اطلاعات بیشتری در ارتباط ریخت‌شناسی، ژنتیک و توزیع این گونه در گذشته در دسترس باشد. توپوگرافی و پوشش گیاهی به عنوان متغیرهای مهم استفاده از خرد زیستگاه کمرکولی کوچک در ایران معرفی شده‌اند (Yousefi *et al.*, 2017). در مطالعه حاضر نشان داده شد متغیر پوشش گیاهی، توپوگرافی و بارش سالیانه مهمترین متغیرهای موثر بر حضور گونه در مقیاس کلان هستند. اما در برخی از گونه‌ها مانند *Phrynocephalus scutellatus* (Safari-kang *et al.*)

می‌یابد. مناطقی که بارش زیاد دریافت می‌کنند دارای پوشش گیاهی متراکم بوده و برای گونه مطلوب نیست و گونه کمرکولی جنگلی جایگزین کمرکولی کوچک می‌شود (Scott *et al.*, 1975; Moradi *et al.*, 2019). یعنی مناطقی که بارش بیشتری دریافت می‌کنند یا دارای پوشش گیاهی خیلی انبوه هستند که برای زیست گونه مطلوب نیست و یا مناطق بسیار مرتفع کوهستانی هستند که شرایط زیستگاهی مناسبی برای زیست گونه ندارند (Grant, 1975).

با استفاده از مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، میتوان توزیع هر گونه را با استفاده از نقاط حضور فعلی آن در آخرین عصر یخبندان یا در آخرین عصر بین یخچالی برآورد نمود (Nogués-Bravo, 2009; Svening *et al.*, 2011; ) (Varela *et al.*, 2011; Franklin *et al.*, 2015). این قابلیت امکان آزمون بسیاری از فرضیات جغرافیای زیستی را فراهم نموده است و میتوان اثرات نوسانات اقلیمی را بر روی توزیع تنوع زیستی حاضر زمین ارزیابی کرد. در حالی که در گذشته به دلیل عدم آگاهی محققین از توزیع گذشته گونه‌ها فرضیات آنها در حد یک گمانه زنی باقی مانده و امکان آزمون آنها فراهم نبوده است. طی آخرین عصر یخبندان مناطقی وسیعی از کوهستان‌های ایران از یخ پوشیده شد و یخ‌ها به سمت مناطق کم ارتفاع گسترش یافتند (Ahmadi and Feiznia, 2006). این پیش‌روی یخچالها و کاهش دما توزیع برخی گونه‌ها را در ایران تحت تاثیر قرار داد (Ahmadzadeh *et al.*, 2013).

همانطور که در بخش مقدمه ذکر شد بر اساس فرضیه گرنت مناطق کوهستانی زاگرس در زمان پیش‌روی یخچالها می‌بایست فاقد مطلوبیت برای زیست گونه بوده



گستره منطقه مورد مطالعه و روش مدلسازی مورد استفاده معتبر خواهد بود و تغییر در هر یک از موارد ذکر شده میتواند نتایج را تحت تاثیر قرار دهد. مدل توزیع گونه در آخرین عصر یخبچالی همچنین تحت تاثیر مدل استفاده شده یعنی CCSM4 نیز است و انتخاب مدل دیگر میتواند نتایج متفاوتی نشان دهد بنابراین تفسیر نتایج باید با در نظر گرفتن موارد فوق انجام شود.

### تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم میدانند از همکاری آقای علی خانی و خانم انوشه کفاش برای تهیه مقاله حاضر تشکر و قدردانی نمایند.

*Saara loricata*, (al., 2014; Kafash et al., 2018) *Neurergus kaiseri* و (Kafash et al., 2016) Tondravvan Zangene et al., 2016; Goudarzi ) (et al., 2019) نشان داده شده عوامل تعیین کننده توزیع در مقیاس کلان می‌توانند با عوامل تعیین کننده در مقیاس خرد متفاوت باشند (Song et al., 2013). در مطالعه حاضر شاخص نرمال شده پوشش گیاهی به عنوان مهمترین عامل موثر بر حضور گونه تشخیص داده شد. بنابراین برای حفاظت از این گونه باید پوشش گیاهی زیستگاه آن تحت حفاظت قرار گیرد. ممانعت از چرای دام و تغییر کاربری در زیستگاه گونه را میتوان از جمله اقدامات موثر حفاظتی دانست. لازم به ذکر است که نتایج مطالعه حاضر با توجه به تعداد نقاط، متغیرهای محیطی،

### References

Ahmadi, H., Feiznia, S., 2006. Quaternary formations (Aeoretical and Applied Principles in Natural Resources). Tehran, Iran: University of Tehran Press.

Ahmadzadeh, F., Carretero, MA., Rödder, D., Harris, DJ., Freitas, SN., Perera, A., Böhme, W., 2013. Inferring the effects of past climate fluctuations on the distribution pattern of *Iranolacerta* (Reptilia, Lacertidae): Evidence from mitochondrial DNA and species distribution models. A Journal of Comparative Zoology 252, 141–148.

Araújo, MB., Pearson, R., Thuiller, W., Erhard, M., 2005. Validation of species–climate impact models under climate change. Global Change Biology 11, 1504–1513.

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

Broxton, P.D., X. Zeng, W. Scheftic, Troch., P.A., 2014. A MODIS-based global 1-km maximum green

vegetation fraction dataset. Journal of Applied Meteorology and Climatology 53, 1996–2004.

Brown W.L., Wilson E.O., 1956. Character displacement. Systematic Zoology 5, 49–64.

D’Amen, M., Zimmerman, N.E., Pearman, P.B., 2013. Conservation of phylogeographic lineages under climate change. Global Ecology and Biogeography 22, 93-104.

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

Fourcade, Y., Engler, J.O., Rodder, D., Second, J., 2014. Mapping Species Distributions with MAXENT

- Using a Geographically Biased Sample of Presence Data: A Performance Assessment of Methods for Correcting Sampling Bias. *PLoS ONE* 9, e97122.
- Franklin, J., Potts, A.J., Fisher, E.C., Cowling, R.M., Marean, C.M., 2015. Paleodistribution modeling in archaeology and paleoanthropology. *Quaternary Science Reviews* 110, 1-14.
- Goudarzi, F., Hemami, M.R., Malekian M., Fakheran, S., 2019. Ecological characterization of the breeding habitat of Luristan newt (*Neurergus kaiseri*) at local scale. *Journal of Natural Environment* 72, 113-127.
- Gibbard, P., van Kolfshoten, T., 2005. The Pleistocene and Holocene Epochs. In: Gradstein FM, Ogg JG, Smith AG, editors. *A geologic time scale 2004*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Grant P.R., 1975. The classical case of character displacement. *Evolutionary Biology* 8, 237-337.
- Guisan, A., Thuiller, W., Zimmermann, N.E., 2017. *Habitat suitability and distribution models: with applications in R*. Cambridge university press.
- Jarvis, A., Reuter, H. I., Nelson, A., Guevara, E., 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. Available from the CGIARCSI SRTM 90m Database (<http://srtm.csi.cgiar.org>).
- 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.
- Kafash, A., Malakoutikhah, Sh., Yousefi, M., Ataei, F., Heidari, H., Rastegar-Pouyani, E., 2018. The Gray Toad-headed Agama, *Phrynocephalus scutellatus*, on the Iranian Plateau: The degree of niche overlap depends on the phylogenetic distance. *Zoology in the Middle East* 64, 47-54.
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P., Kessler, M. 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4, 170122.
- Kiehl, J.T., Gent, P.R., 2004. The community climate system model, version 2. *Journal of Climate*, 17, 3666-3682.
- Laube, I., Graham, C.H., Böhning-Gaese, K., 2015. Niche availability in space and time: migration in *Sylvia warblers*. *Journal of Biogeography* 42, 1896-1906.
- Mandle, L., Warren, D.L., Hoffmann, M.H., Peterson, A.T., Schmitt, J., von Wettberg, E.J., 2010. Conclusions about niche expansion in introduced *walleriana* populations depend on method of analysis. *PLoS ONE* 5, e15297.
- Mansoori, J., 2008. *A Guide to the Birds of Iran*. Farzaneh Publishing, Tehran.
- McCormack, J.E., Zellmer, A.J., Knowles, L.L., 2010. Does niche divergence accompany allopatric divergence in *Aphelocoma* jays as predicted under ecological speciation? Insights from tests with niche models. *Evolution* 64, 1231-1244.
- 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.
- Mohammadi, A., M. Kaboli, S. Ashrafi, M. Mofidi-Neyestanak, Yousefi, M., Rezaei A., Stuart Y., 2016a. Trophic niche partitioning between two Rock Nuthatches (*Sitta tephronota* & *Sitta neumayer*) in a contact zone in Iran. *Journal of Zoology* 299, 116-124.
- Mohammadi, A., M. Kaboli, S. Ashrafi, M. Mofidi-Neyestanak, Yousefi, M., 2016b. Trophic niche segregation between two closely related sympatric rock nuthatches (*Sitta tephronota* & *Sitta neumayer*) in Zagros Mountain range. *Journal of Natural Environment* 68, 641-652.
- Moradi, S., Sheykhi Ilanloo, S., Kafash, A., Yousefi, M., 2019. Identifying high-priority conservation areas

- for avian biodiversity using species distribution modeling. *Ecological Indicators* 97, 159-164.
- Moura, A.E., Sillero, N., Rodrigues, A., 2012. Common dolphin (*Delphinus delphis*) habitat preferences using data from two platforms of opportunity. *Acta Oecologica* 38, 24-32.
- Nogués-Bravo, D., 2009. Predicting the past distribution of species climatic niches. *Global Ecology and Biogeography* 18, 521-531.
- Hijmans, R.J., 2015. Raster: geographic data analysis and modeling. R package.
- Pearman, P. B., Guisan, A., Broennimann O., Randin, C.F., 2008. Niche dynamics in space and time. *Trends in Ecology & Evolution* 23, 149-158.
- Peterson, A.T., Soberón J., Sánchez-Cordero, V., 1999. Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time. *Science* 285, 1265-1267.
- Peterson, A.T., 2011. Ecological niche conservatism: a time-structured review of evidence. *Journal of Biogeography* 38, 817-827.
- 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., Schapire, R.E., 2017. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: [http:// bio diversity.informatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](http://bio-diversity.informatics.amnh.org/open_source/maxent/). Accessed on 2017-10-18.
- Safari-kang, Z., Hemami, M.R., Kouhi, M., Malekian, M., 2014. Micro habitat selection by diurnal sympatric lizard species in Kolah-Ghazi National Park. *Journal of Animal Research* 27, 367-376.
- Scott, D., Moravvej-Hamadani, H., Adhami-Mirhosseyni, A., 1975. The Birds of Iran. Iran Department of Environment, Tehran.
- Segura, S., Coppens d'Eeckenbrugge G., López L., Grum, M., Guarino, L., 2003. Mapping the potential distribution of five species of Passiflora in Andean countries. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50, 555-566.
- Song, W., Kim, E., Lee, D., Lee, M., Jeon, S.W., 2013. The sensitivity of species distribution modeling to scale differences. *Ecological Modelling* 248, 113-118.
- Svenning, J.C., Fløjgaard, C., Marske, K.A., Nógues-Bravo, D., Normand, S., 2011. Applications of species distribution modeling to paleobiology. *Quaternary Science Reviews* 30, 2930-2947.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. Available from: <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez-Barahona, S., Eguiarte, L.E., 2014. Changes in the distribution of cloud forests during the last glacial predict the patterns of genetic diversity and demographic history of the tree fern *Alsophila firma* (Cyatheaceae). *Journal of Biogeography* 41, 2396-2407.
- Tondravan Zangene, M., Fakheran Esfahani, S., Poormanafi, S., Senn J., 2016. Assessment of the conservation status and habitat suitability of critically endangered Lorestan Newt (*Neurergus Kaiserii*) in Lorestan and Khuzestan Provinces. *Iranian Journal of Applied Ecology* 17, 11-24.
- Tucker, C.J., Pinzon, J.E., Brown, M.E., Slayback, D.A., Pak, E.W., Mahoney, R., Vermote, E.F., El Saleous, N., 2005. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. *International Journal of Remote Sensing* 26, 4485-4498.
- Varela, S., Lobo, J.M., Hortal, J., 2011. Using species distribution models in paleobiogeography: A matter of data, predictors and concepts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 310, 451-463.
- Vaurie, C., 1950. Notes on some Asiatic Nuthatches and Creepers. *American Museum Novitates*, 1472, 1-39.
- 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.

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., Glor, R.E., Turelli, M., Funk, D., 2008. Environmental Niche Equivalency versus Conservatism: Quantitative Approaches to Niche Evolution. *Evolution* 62, 2868-2883.

Wellenreuther, M., Larson, K.W., Svensson, E.I., 2012. Climatic niche divergence or conservatism? Environmental niches and range limits in ecologically similar damselflies. *Ecology* 93, 1353-1366.

Williams, J.N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J.K., Erwin, S., O'Brien, J.M., Schwartz, M.W., 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distribution* 15, 565-576.

Yilmaz, H., Yilmaz, O.Y., Akyüz, Y.F., 2017. Determining the factors affecting the distribution of *Muscari latifolium*, an endemic plant of Turkey, and a mapping species distribution model. *Ecology and Evolution* 7, 1112-1124.

Yousefi, M., 2014. Morphological differences between Western Rock Nuthatch *Sitta neumayer* and Eastern Rock Nuthatch *Sitta tephronota* at their contact zone in Iran: The classical case of character displacement. MSc thesis, University of Tehran.

Yousefi M., Kaboli M., Eagderi S., Mohammadi A., Rezaei A., Nourani E., 2017. Micro-spatial separation and associated morphological adaptations in the original case of avian character displacement. *Ibis* 159, 883-891.

Yousefi, M., Kaboli, M., Eagderi, S., Mohammadi, A., Zarintab, M., 2016. Sexual dimorphism in Eastern Rock Nuthatch *Sitta tephronotain* in Iran. *Journal of Natural Environment* 69, 269-281.

Yousefi, M., Mohammadi A., Kaboli M., Eagderi S., Rezaei. A., 2015. Morphometric variation in *Sitta tephronota* (Zarudny and Buturlin 1906) populations along Zagros Mountains. *Taxonomy and Biosystematics* 22, 23-34.

Young, N., Carter, L. and Evangelista, P., 2011. A MaxEnt model v3.3.3 e tutorial (ArcGIS v10). Denver, Colorado: Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University and the National Institute of Invasive Species Science.