محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷
صفحات ۴۹۵ تا ۵۰۸

عوامل محیطی تبیین کننده توزیع ارتفاعی سوسماران در ایران (مطالعه موردی خانواده لاسرتیده)

انوشه کفاش[۱]؛ سهراب اشرفی*[۲] و آنه ماری اوهلر[۳]

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

۲- دانشیارگروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- موسسه سیستماتیک، تکامل و تنوع زیستی، دانشگاه سوربن فرانسه

(تاریخ دریافت ۹۷/۰۲/۲۷ - تاریخ پذیرش ۹۷/۰۴/۲۴)

چکیده:

اطلاعات اندکی در ارتباط با توزیع ارتفاعی سوسماران در ایران در دسترس است. در این مطالعه الگوی توزیع ارتفاعی ۴۸ گونه از سوسماران ایران متعلق به خانواده لاسرتیده در امتداد شیب‌های ارتفاعی مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور تعیین الگوی توزیع ارتفاعی اعضای خانواده لاسرتیده مدل رقومی ارتفاع کشور به طبقات ارتفاعی صد متری تقسیم که ۵۶ طبقه ارتفاعی حاصل شد و تعداد گونه در هر طبقه ارتفاعی ثبت شد. ارزش عددی متغییرهای شیب، مساحت، ارتفاع، شاخص تشعشع حرارتی، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، بارش سالیانه، بارش در مرطوبترین ماه سال، بارش در خشکترین ماه سال، بارش در مرطوبترین فصل سال، بارش در سردترین فصل سال، بارش در خشکترین فصل سال و بارش در گرمترین فصل سال در هر طبقه ارتفاعی استخراج شده و بعد از بررسی میزان همبستگی بین این متغییرها با استفاده از معیار VIF متغییرهای با همبستگی بالا حذف شدند. سپس با اجرای آنالیز رگرسیون چندگانه مهمترین متغییرهای موثر بر توزیع ارتفاعی گونه‌های خانواده لاسرتیده دو متغییر مساحت و بارش در گرمترین فصل سال شناسایی شد. الگوی کلی توزیع سوسماران خانواده لاسرتیده در امتداد شیب های ارتفاعی به صورت تک‌اوجی بوده و بیشترین تعداد گونه ها در ارتفاع ۱۴۷۵ تا ۱۶۷۵حضور دارند.

کلید واژگان: خزندگان، توزیع، مساحت، بارش در گرم ترین فصل سال

*نویسنده مسئول: تلفن:۰۲۶۳۲۲۲۹۶۸۳ ایمیل: sohrab.ashrafi@ut.ac.ir

۱.مقدمه

کشور ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای جنوب غرب آسیا از نقطه نظر تنوع زیستی است (Anderson, 1999; Sindaco and Jeremcenko, 2008). در بین گروه‌های تاکسونومیک مختلف سوسماران تنوع قابل توجهی دارند و نسبت به سایرگروه‌های تاکسونومیک دارای گونه‌های اندمیک قابل توجهی هستند (Anderson, 1999; Rastegar-Pouyani *et al*., 2007; Rastegar-Pouyani *et al*., 2008; Safaei-Mahroo *et al*., 2015.).تا کنون بیش از ۱۵۹ گونه سوسمار از مناطق مختلف کشور شناسایی و معرفی شده است، از این تعداد بیش از ۵۰ گونه اندمیک کشور هستند (Safaei-Mahroo *et al*., 2015). به علاوه هر ساله گونه‌های جدیدی در مناطق مختلف کشور شناسایی و به فهرست خزندگان ایران اضافه میشود (Nazarov *et al*., 2017; Faizi *et al*., 2017; Rajabizadeh *et al*., 2018) و پیش‌بینی میشود تعداد گونه‌های اندمیک کشور در سالهای آینده با بررسی زیستگاه‌های پایش نشده افزایش یابد. در حال حاضر خانواده لاسرتیده متنوع‌ترین خانواده سوسماران ایران و دارای ۱۵ گونه اندمیک است (Anderson, 1999; Safaei-Mahroo *et al*., 2015).

طی چند سال گذشته مقالات متعددی در ارتباط با سوسماران ایران منتشر شده است که به طور عمده درباره تاکسونومی (Rajabizadeh *et al*., 2018)، تبارشناسی (Khosravani *et al*., 2017; Bahmani *et al*., 2017) و ریخت‌شناسی (Hosseinian Yousefkhani *et al*., 2014; Khosravani *et al*., 2015) آنها بوده اما جنبه‌های بوم شناختی و حفاظتی این گونه‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Kafash *et al*., 2016 ;Kafash *et al*., 2018a). برای مثال اندازه توزیع ارتفاعی خزندگان و عوامل محیطی تاثیر گذار بر الگوی توزیع آنها در ایران کمتر مورد بررسی قرار گرفته است (Anderson, 1968; Anderson, 1999; Kafash *et al*.,2018b). تنها ارزیابی توزیع ارتفاعی سوسماران ایران به ۵۰ سال قبل برمی‌گردد (Anderson, 1968) که توزیع ارتفاعی ۹۶ گونه سوسمار ایران ارائه شده است، در این مطالعه اما عوامل تعیین کننده توزیع ارتفاعی سوسماران ایران مورد بررسی قرار نگرفته است.گزارش‌های دیگری نیز از توزیع ارتفاعی سوسماران به طور پراکنده در مقالات مختلف ارائه شده است برای مثال Gholamifard و Pouyani-Rastegar (۲۰۱۵) گونه *E. fasciata* را از ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا گزارش کرده‌اند در حالی که تا قبل از سال ۲۰۱۵ کمترین ارتفاع ثبت شده برای این گونه ۴۵۰ متر گزارش شده بود (Gholamifard & Rastegar-Pouyani, 2015). اما در هیچ مطالعه دیگری توزیع ارتفاعی سوسماران ایران و عوامل موثر بر توزیع آنها در امتداد ارتفاع مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

مطالعه اندازه گستره حضور گونه‌ها در امتداد شیب‌های محیطی (یعنی ارتفاع و عرض‌های جغرافیایی) و عوامل تعیین کننده نحوه توزیع گونه‌ها یکی از موضوعات مهم در علم بومشناسی و جغرافیای زیستی است (Brown *et al*., 1996;Gaston, 2003; Lomolino *et al*., 2010). مطالعه توزیع ارتفاعی گونه‌ها میتواند در مواردی چون شناسایی محدوده‌های ارتفاعی با بیشترین

غنای گونه‌ای، شناسایی گونه‌های با توزیع ارتفاعی کوچک و عوامل تعیین کننده این الگوها موثر باشد. از آنجایی که شرایط محیطی در امتداد شیب‌های ارتفاعی خیلی سریع تغییر میکند گونه‌های که دارای توزیع ارتفاعی وسیعی هستند شرایط محیطی متفاوتی را نیز تجربه میکنند و برعکس گونه‌های با توزیع ارتفاعی کوچک با شرایط محیطی کم و بیش ثابت‌تری روبرو هستند. انتظار میرود گونه‌های که تحت شرایط محیطی متغییری زیست میکنند در مقابل تغیرات محیطی مانند تغییرات اقلیمی نیز مقاوم‌تر باشند. به دلیل اینکه خانواده لاسرتیده متنوع‌ترین خانواده سوسماران ایران و دارای گونه‌های اندمیک متعدد در مناطق کوهستانی ایران است یک گزینه مناسب برای بررسی نحوه تغییر الگوی تنوع سوسماران در امتداد شیب‌های ارتفاعی است. بنابراین هدف مطالعه حاضر تعیین محدوده توزیع ارتفاعی هر یک از گونه‌های خانواده لاسرتیده به عنوان متنوع‌ترین خانواده سوسماران ایران، شناسایی الگوی کلی توزیع اعضای این خانواده در امتداد ارتفاع و بررسی عوامل موثر بر توزیع آنها است.

۲. مواد و روش ها

امروزه منابع مختلفی برای تهیه نقاط حضور گونه‌ها مورد استفاده قرار میگیرد. برداشت داده به طور مستقیم در طبیعت، مقالات منتشر شده، بانک‌های اطلاعات تنوع زیستی برخط و هرباریوم‌ها و موزه‌های جانورشناسی که اطلاعات نمونه‌های جمع آوری شده را ثبت نموده‌اند. استفاده از این منابع امکان مطالعه تعداد زیاد گونه در مقیاس وسیع را میسر میکند و سبب رشد بی‌سابقه در مطالعات حیطه بومشناسی مقیاس‌کلان و جغرافیای‌زیستی شده است. در مطالعه حاضر نیز نقاط حضور بعلاوه ارتفاع (از سطح دریا) گونه‌های خانواده لاسرتیده از چند منبع مختلف به دست آمد. ۱) پایش-های صحرایی نامنظم طی فصل‌های بهار و تابستان از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶، ۲) منابع منتشر شده مانند (Anderson, 1999; Heidari *et al*., 2013;Rastegar-Pouyani *et al*., 2013; Ahmadzadeh *et al*., 2013; Hosseinian Yousefkhani *et al*., 2014;Yousefi *et al*., 2015; Gholamifad & Rastegar-Pouyani, 2015; Rastegar-Pouyani *et al*., 2016;Yousefi *et al*., 2018) و منابع اطلاعاتی برخط مانند بانک جهانی اطلاعات تنوع زیستی (www.gbif.org) و اتحادیه جهانی حفاظت (IUCN, 2017). سپس توزیع ارتفاعی هر گونه با توجه به اطلاعات به دست آمده ثبت شد. خانواده لاسرتیده داری ۴۸ گونه در ایران است (Safaei-Mahroo *et al*., 2015) با احتساب گونه جدید *Eremiasisfahanica* که به‌تازگی از ۴۵ کیلومتری شمال غرب اصفهان معرفی شده (Rastegar-Pouyani *et al*., 2016)، تعداد گونه‌های خانواده لاسرتیده ۴۹ گونه خواهد بود.گونه *Lacertamostoufii* در آخرین فهرست خزندگان ایران (Safaei-Mahroo *et al*., 2015) در میان سایر اعضای خانواده لاسرتیده معرفی شده است، اما از آنجایی که احتمال وجود آن بسیار پایین است (In den Bosch, 1999; Ahmadzadeh *et al*., 2013) این گونه در مطالعه حاضر مورد ارزیابی قرار نگرفت و از فهرست گونه‌های خانواده لاسرتیده حذف شد. از آنجایی که اطلاعات اندکی در ارتباط با توزیع ارتفاعی

گونه *Darevskiavalentine* در ایران در دسترس است و پیش‌بینی میشود توزیع ارتفاعی آن در ایران مشابه توزیع ارتفاعی آن در کشورهای مجاور باشد بنابراین توزیع ارتفاعی احتمالی آن از منابع استخراج شد. ارتفاع نقاط حضور هر گونه از روی مدل رقومی ارتفاع ایران در فضای نرم افزار R 3.4.3 (R Core Team, 2017) با استفاده از جعبه ابزار Raster استخراج شد (Hijmans, 2015). سپس کمترین و بیشترین ارتفاع برای هر گونه ثبت شد. به منظور شناسایی عوامل محیطی موثر بر نحوه توزیع ارتفاعی گونه‌های خانواده لاسرتیده، مدل رقومی ارتفاع کشور (Jarvis *et al*., 2008) به طبقات ارتفاعی ۱۰۰ متری تبدیل شد. انتخاب گستره طبقات بر اساس مرور منابع (Hofer *et al*., 1999; Hofer *et al*., 2000; Naniwadekar & Vasudevan, 2007;Fu *et al*., 2007) انجام شد. سپس ارزش عددی متغییرهای محیطی شامل شیب، مساحت، ارتفاع، شاخص تشعشع حرارتی، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، بارش سالیانه، بارش در مرطوبترین ماه سال، بارش در خشکترین ماه سال، بارش در مرطوبترین فصل سال، بارش در سردترین فصل سال، بارش در خشکترین فصل سال و بارش در گرمترین فصل سال در هر یک از طبقات ارتفاعی با استفاده از جعبه ابزار Raster محاسبه شد. این متغییرها جز مهمترین متغییرهای محیطی تبیین کننده توزیع سوسماران به‌شمار میروند (Anderson, 1999; Zug, 2008) و در سایر مطالعات مشابه نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Fu *et al*., 2007; McCain, 2010). داده‌های اقلیمی از بانک اطلاعات اقلیمی Chelsa دانلود شد (Karger *et al*., 2017). چلسا یک بانک اطلاعات اقلیمی بوده که دربرگیرنده ۱۹ متغیر زیست اقلیمی است و داده های این بانک اطلاعاتی نسبت به انواع شناخته شده تر مانند WorldClim (Hijmans *et al*., 2005) دقت بالاتری دارند (Karger *et al*., 2017). متغییرهای توپوگرافی از مدل رقومی ارتفاع با استفاده از جعبه ابزار رستر تهیه شد. به‌منظور ساخته لایه شیب از جعبه ابزار Raster در فضای نرم افزار R استفاده شد. به منظور شناسایی عوامل موثر بر توزیع گونه‌های خانواده لاسرتیده در امتداد ارتفاع از رگرسیون چندگانه[1] استفاده شد. انتخاب بهترین مدل تبیین کننده الگوی توزیع سوسماران خانواده لاسرتیدهاز بین مدل‌های کاندید با استفاده از معیار آکائیکه (AICc) انجام شد (Akaike, 1973; Anderson *et al*., 1998). معیار آکائیکه سنجه‌ای شناخته شده برای مقایسه مدل‌های مختلف تولید شده بر اساس داده‌های یکسان است (Burnham& Anderson, 2002) و بر اساس این معیار بهترین مدل کمترین مقدار آکائیکه را خواهد داشت. سپس معیار دلتا آکائیکه (ΔAICc) برای هر مدل تعیین شده و مدلهای با $\Delta AICc < 5$ در قسمت نتایج ارائه شدند (Burnham& Anderson,2002). بهترین مدلها بر اساس این معیار مدلهای هستند که دارای $\Delta AICc < 2$ باشند (Burnham & Anderson, 2002). در نهایت معیارآکائیکه وزن‌دهی شده نیز برای همه مدلهای با $\Delta AICc < 5$ محاسبه شد (Burnham& Anderson,2002)، در این معیار هر مدل دارای ارزش عددی ۰ تا ۱ خواهد بود و مدل-های برتر ارزش بالاتر خواهند داشت (Burnham &

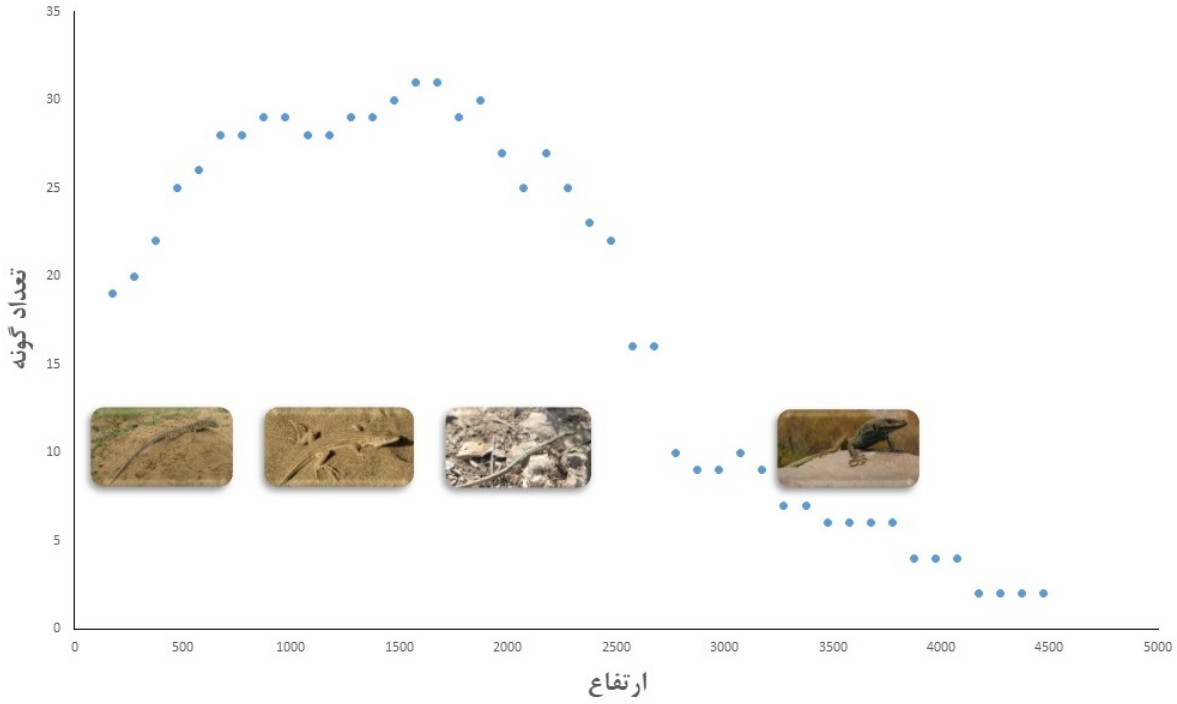
1-Multiple regression

Anderson, 2002). آنالیز رگرسیون چند گانه در فضای نرم افزار R و با استفاده از جعبه ابزار MuMIn انجام شد (Bartón, 2016). از آنجایی که وجود همبستگی بین متغییرهای پیش بینی کننده سبب ایجاد خطا در آنالیز رگرسیون چندگانه میشود همبستگی بین متغییرهای محیطی با استفاده از معیار تورم واریانسVIFدر جعبه ابزار usdm (Naimi *et al*., 2014) در محیط نرم‌افزار R (R Core Team, 2017) سنجیده شده و متغییرهایی که دارای همخطی بالا بودند حذف شدند. در این معیار متغییرهای که ارزش عددی معیار VIF آنها کمتر از ۱۰ باشد قابل استفاده و متغییرهای که معیار آنها بالای ۱۰ باشد از فهرست متغییرها حذف میشود (Hatterjee & Hadi, 2006; Naimi *et al*., 2014; Guisan *et al*., 2017).

۳. نتایج

نتایج حاصل از بررسی توزیع ارتفاعی سوسماران خانواده لاسرتیده در ایران نشان داد الگوی کلی تک مدی بوده و در گستره ارتفاعی ۱۰۰ تا ۱۸۰۰ متر بیشترین تعداد گونه حضور دارد. در ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ متر تعداد گونه‌ها به سرعت کاهش پیدا میکند و در آخرین گونه‌ها تا ارتفاع نزدیک ۴۵۰۰ حضور دارند. بیشترین غنای این گونه‌ها در طبقات ارتفاعی ۱۴۷۵ تا ۱۶۷۵ متری با ۳۱ گونه بود (شکل ۱). گونه *D.raddei* بیشترین گستره حضور ارتفاعی را در میان ۴۸ گونه بررسی شده دارد این گونه از ارتفاع ۱۷۰ از سطح دریا تا ارتفاع بیش از ۴۴۰۰ متر در کشور یافت میشود. بعد از آن نیز دو گونه مارمولک چشم‌ماری (*elegansOphisops*) و ارمیاس ایرانی(*E.persica*) بیشترین توزیع ارتفاعی را در کشور دارا هستند. گونه‌های سوسمار انگشت‌شانه‌ای بندرخمیر (*Acanthodactylus khamirensis*)، ارمیاس اصفهان (*E.isfahanica*)، ارمیاس بیابانی مشبک (*E.acutirostris*) و ارمیاس مرنجاب (*E.kavirensis*) با قرار گرفتن در تنها یک طبقه ارتفاعی کمترین توزیع ارتفاعی را در کشور دارند (جدول ۲).

بر اساس نتایج آنالیز رگرسیون چندگانه هشت مدل رقیب برای تبیین الگوی کلی توزیع ارتفاعی سوسماران خانواده لاسرتیده در امتداد ارتفاع شناسایی شد (جدول ۲). بر اساس معیار آکائیکه مدل شماره یک که دربرگیرنده متغییرهای مساحت، بارش در گرمترین فصل سال، بارش در سردترین فصل سال و شیب و شاخص تشعشع حرارتی بود کامل‌ترین مدل برای تبیین توزیع ارتفاعی خانواده لاستریده در امتداد شیب های ارتفاعی در ایران است. دو عامل مساحت و میزان بارش در گرم‌ترین فصل سال به عنوان مهمترین متغییرهای تبیین کننده توزیع ارتفاعی سوسماران خانواده لاسرتیده شناسایی شدند (جدول ۲).نتایج همچنین نشان داد شاخص نرمال شده پوشش گیاهی که به عنوان معیار دسترسی پذیری به غذا برای سوسماران وارد آنالیز شده بود کمترین اهمیت را در تبیین الگوی کلی تنوع سوسماران خانواده لاسرتیده در امتداد شیب‌های ارتفاعی دارد.



شکل ۱- الگوی توزیع سوسماران خانواده لاسرتیده در امتداد ارتفاع. گونه‌های سوسمار در شکل به ترتیب از چپ به راست *Acanthodactylusgrandis*، *Eremias Andersoni*، *Darevskia defilippii* و *Iranolacerta zagrosica* که بر اساس افزایش ارتفاع متوسط حضور بر روی محور ارتفاع قرار داده شده‌اند

جدول ۱- فهرست گونه‌های خانواده لاسرتیده، تعداد طبقاتی که هر گونه در آن حضور دارد واندمیک و غیر اندمیک بودن هر گونه در کشور

ردیف	نام علمی گونه	تعداد طبقات ارتفاعی که گونه حضور دارد	اندمیک / غیراندمیک
۱	*Acanthodactylus blanfordii*	۱۸	-
۲	*Acanthodactylus boskianus*	۱۳	-
۳	*Acanthodactylus cantoris*	۱۵	-
۴	*Acanthodactylus grandis*	۲	-
۵	*Acanthodactylus micropholis*	۱۶	-
۶	*Acanthodactylus nilsoni*	۲	-
۷	*Acanthodactylus schmidti*	۲	-
۸	*Acanthodactylus khamirensis*	۱	+
۹	*Apathya yassujica*	۴	+
۱۰	*Apathya cappadocica*	۱۹	-
۱۱	*Darevskia chlorogaster*	۲۵	-
۱۲	*Darevskia praticola*	۱۹	-
۱۳	*Darevskia raddei*	۴۳	-

ادامه جدول ۱- فهرست گونه‌های خانواده لاسرتیده، تعداد طبقاتی که هر گونه در آن حضور دارد واندمیک و غیر اندمیک بودن هر گونه در کشور

۱۴	*Darevskia steineri*	۵	+
۱۵	*Darevskia caspica*	۱۶	+
۱۶	*Darevskia kami*	۷	+
۱۷	*Darevskia kopetdaghica*	۲	-
۱۸	*Darevskia schaekeli*	۹	+
۱۹	*Darevskia defilippii*	۱۴	+
۲۰	*Darevskia valentini*	۱۸	-
۲۱	*Eremias acutirostris*	۱	-
۲۲	*Eremias andersoni*	۵	+
۲۳	*Eremias argute*	۱۵	+
۲٤	*Eremias fasciata*	۳۰	-
۲۵	*Eremias grammica*	۱۰	-
۲٦	*Eremias intermedia*	۱۸	-
۲۷	*Eremias kavirensis*	۱	+
۲۸	*Eremias lalezharica*	۳	+
۲۹	*Eremias lineolate*	۱۹	-
۳۰	*Eremias montanus*	۱۱	+
۳۱	*Eremias nigrocellata*	۲۴	-
۳۲	*Eremias persica*	۴۰	-
۳۳	*Eremias pleskei*	۱۳	-
۳٤	*Eremias strauchi*	۲۴	-
۳۵	*Eremias suphani*	۳	-
۳٦	*Eremias velox*	۲۵	-
۳۷	*Eremias kopetdaghica*	۲۶	-
۳۸	*Eremias papenfussi*	۵	+
۳۹	*Eremias isfahanica*	۱	+
٤۰	*Iranolacerta brandtii*	۲۸	-
٤۱	*Iranolacerta zagrosica*	۱۳	+
٤۲	*Lacerta media*	۱۳	-
٤۳	*Lacerta strigata*	۲۸	-
٤٤	*Mesalina brevirostris*	۱۰	-
٤۵	*Mesalina watsonana*	۳۱	-
٤٦	*Ophisops elegans*	۴۰	-
٤۷	*Timon princeps*	۳۲	-
٤۸	*Timon kurdistanicus*	۶	-

جدول ۲- نتایج آنالیز رگرسوین چندگانه، مدل های رقیب، معیار آکائیکه، دلتا آکائیکه و آکائیکه وزن‌دهی شده، اهمیت هر متغیر و تعداد مدل هایی که هر متغییر در آن حضور دارد

متغییر ها									
شماره مدل	مساحت	بارش در گرمترین فصل سال	بارش در سردترین فصل سال	شیب	شاخص تشعشع حرارتی	شاخص پوشش گیاهی	AICc	ΔAICc	w_i
۱	*	*	*	*	*		۲۶۰/۴۴	۰	۰/۳۷
۲	*	*	*	*			۲۶۱/۸۸	۱/۴۴	۰/۱۸
۳	*	*	*	*	*	*	۲۶۲/۸۷	۲/۴۳	۰/۱۱
۴	*	*	*				۲۶۲/۹۴	۲/۵	۰/۱۱
۵	*	*	*	*		*	۲۶۳/۶	۳/۱۶	۰/۰۸
۶	*	*	*		*		۲۶۳/۸	۳/۳۶	۰/۰۷
۷	*	*	*			*	۲۶۴/۱۷	۳/۷۳	۰/۰۶
۸	*	*		*	*		۲۶۵/۲۸	۴/۸۴	۰/۰۳
اهمیت هر متغییر	۱	۱	۰/۹۷	۰/۷۷	۰/۵۸	۰/۲۷			
حضور در مدل	۸	۸	۷	۵	۴	۳			

۴. بحث و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر توزیع ارتفاعی ۴۸ گونه از سوسماران ایران ارائه شد و مهمترین عوامل تبیین کننده توزیع ارتفاعی آنها شناسایی شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد الگوی کلی توزیع سوسماران این خانواده در امتداد ارتفاع الگوی تک اوجی بوده و بیشترین تعداد گونه در محدوده‌های ارتفاعی ۱۴۷۵ تا ۱۶۷۵ حضور دارند. این گستره ارتفاعی به دلیل داشتن بیشترین تنوع سوسماران خانواده لاسرتیده که تعداد قابل توجهی گونه اندمیک نیز دارد میتواند هدف توسعه آتی شبکه مناطق حفاظت شده در ایران باشد. انتخاب مناطق حفاظت شده در گذشته بیشتر بر مبنای گونه‌های پستاندار بزرگ‌جثه بوده بنابراین انتخاب مناطق حفاظت شده جدید که با هدف حفاظت تنوع خزندگان باشد میتواند در حفاظت گروه‌های مختلف تاکسونومیک کشور موثر باشد.

درمطالعاتی که در ارتباط با نحوه توزیع خزندگان در امتداد ارتفاع صورت گرفته، نشان داده شده با افزایش ارتفاع تنوع خزندگان کاهش خواهد یافت (Heatwole, 1982; Hofer *et al*., 1999; Hofer *et al*., 2000). نتایج این مطالعه نیز نشان داد با افزایش ارتفاع از سطح دریا در ایران از میزان تنوع سوسماران خانواده لاسرتیده کاسته میشود به شکلی که در ارتفاعات پایین ۲۰ تا ۳۰ گونه در هر طبقه ارتفاعی حضور دارند در حالی که در ارتفاعات بالا بین ۲ تا ۴ گونه در هر طبقه حضور دارد. این تعداد اندک در مناطق خیلی مرتفع اغلب مربوط به گونه‌های اندمیک است که به زیستگاه-های کوهسری در مناطق کوهستانی البرز و زاگرس محدود شده اند (Rastegra-Pouyani *et al*., 2007).

عوامل مختلفی برای تبیین الگوی تغییرات تنوع گونه‌ای در شیب‌های ارتفاعی ارائه شده است که از جمله مهمترین آنها می‌توان به اقلیم و تولید (زیتوده گیاهی برای گیاه‌خواران و زیتوده گیاهخواران برای سطوح بعدی شبکه غذایی) اشاره کرد (Rahbek, 1995; Grytnes &McCain, 2007; Grytnes, 2003; Fu *et al*., 2007). فاکتورهای دیگری نیز به عنوان عوامل تبیین کننده توزیع تنوع زیستی در امتداد شیب‌های محیطی در تحقیقات انجام شده معرفی شده‌اند برای مثال توپوگرافی (Zhou *et al*., 2015)، تنوع زیستگاهی و تغییرات آن در امتداد ارتفاع، وسعت، پوشش‌گیاهی برای گونه‌های جانوری (Acharya *et al*., 2011). احتمالاً الگوی توزیع گونه‌ها در امتداد شیب‌های ارتفاعی متاثر از چندین عامل همزمان هستند و تنها یک محرک منفرد نخواهند داشت (Chatzaki*et al*., 2005; Sanders & Rahbek, 2012; Graham *et al*., 2014). در این مطالعه نیز دو عامل وسعت و اقلیم (بارش) به عنوان مهترین عوامل شناخته شدند. هر دو متغییر داری اهمیت (۱) و در هشت مدل مختلف حضور داشتند. عامل مساحت به این دلیل یکی از مهمترین متغییرها است که در ارتفاعات بالا کاهش می‌یابد و مناطق کوچکتر تعداد گونه‌های کمتری را در خود خواهند داشت و مناطق کم ارتفاع که وسعت بیشتری دارند گونه‌ها بیشتری را شامل می‌شوند (Drakare *et al*., 2006). نتایج این مطالعه با رابطه گونه-مساحت که یک فرضیه شناخته شده در زمینه جغرافیای‌زیستی و مطالعات توزیع تنوع-زیستی است همخوانی دارد (MacArthur, 1972;Rosenzweig, 1995; MacArthur & Wilson, 2001) که نشان دهنده کاربردی بودن این فرضیه برای مناطق مختلف جغرافیایی و گروه‌های تاکسونومیک مختلف است. هر چند نتایج برخی مطالعات با این فرضیه همخوانی ندارد برای مثال Henriques و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که غنای گیاهان یک جزیره با پیش‌بینی این رابطه منطبق نبوده و همبستگی منفی بین غنای گونه‌ای و وسعت طبقات ارتفاعی وجود دارد. مناطقی نیز که بارش بیشتری دریافت میکنند مناطقی هستند که احتمالاً میزان تولید بالاتری داشته و می‌توانند منابع غذایی بیشتری را برای سوسماران فراهم نمایند.با توجه به مدل اول که بهترین مدل بر اساس معیارهای استفاده شده است و نتایج بررسی اهمیت متغییرها، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی نقش بسیار اندکی در تبیین الگوی کلی توزیع سوسماران خانواده لاسرتیده در امتداد شیب‌های

ارتفاعی دارد. این شاخص به عنوان معیاری از غذای در دسترس سوسماران وارد آنالیز شد، مهم نبودن آن احتمالا به این خاطر است که متغییرهای زیستی مانند غذا در مقیاس کلان پیش بینی کنندهقوی برای توزیع خزندگان نیستند و همانطور که نتایج این مطالعه نشان داد متغییرهای غیرزیستی مهمتر هستند.البته شاخص نرمال شده پوشش گیاهی به عنوان مهمترین متغییر تاثیرگذار بر توزیع سوسمار سبز خزری (*L.strigata*) شناخته میشود (Kafash *et al*., 2018b).

گونه‌های خانواده لاسرتیده دارای توزیع ارتفاعی بسیار متفاوتی هستند. برای مثال گونه‌های*D. raddei*، *E. persica* و *O.elegans* در ۴۰ طبقه ارتفاعی حضور دارند این گونه‌ها در این گستره وسیع ارتفاعی تحت تاثیر شرایط اقلیمی متنوعی هستند. در حالی که گونه-های مانند *E. lalezharica*، *A. yassujica* و *E. andersoni* فقط در چند طبقه ارتفاعی (سه تا پنج) حضور داشتند (در اینجا گونه‌های که جدیدا کشف شده‌اند به دلیل احتمال یافت‌شدن آنها در مناطق دیگر مد نظر قرار نگرفته‌اند) که در این گستره ارتفاعی شرایط محیطی کم و بیش ثابتی وجود دارد. گونه‌هایکه در گستره ارتفاعی وسیع‌تری حضور دارد سازگاری‌های تکاملی دارند که به آنها اجازه میدهد در طیف متنوع-تری از شرایط محیطی بقا داشته باشند (Stevens, 1992). در واقع این گونه‌ها طی تاریخ تکاملی خود تحت فشارهای انتخابی محیط توانسته‌اند سازگاریهای را به شرایط اقلیمی متنوع توسعه دهند و در یک گستره وسیع ارتفاعی بقا داشته باشند. بنابراین انتظار می‌رود این گونه‌ها به تغییرات محیط مانند تغییرات اقلیمی نیز مقاوم تر از گونه‌های با توزیع ارتفاعی اندک باشند.گونه-های با توزیع ارتفاعی وسیع احتمالا وقتی شرایط اقلیمی در آینده تغییر کند توانایی بالاتری برای اشغال محیط‌های با شرایط اقلیمی متفاوت خواهند داشت (Mumladze *et al*., 2017). از آنجایی که اندازه توزیع یک گونه با خطر انقراض آن همبسته است و گونه‌های با توزیع کوچکتر ریسک انقراض بالاتری دارند (Purvis *et al*., 2000)، گونه‌های که در یک یا دو طبقه ارتفاعی حضور دارند نسبت به گونه‌های که در چندین طبقه ارتفاعی زیست میکنند ریسک انقراض بالاتری نیز خواهند داشت.

لازم به ذکر است که برخی از گونه‌های بررسی شده در این مطالعه اندمیک بوده و یا به تازگی کشف و معرفی شده‌اند (Rastegar-Pouyani *et al*., 2016). توزیع این گونه‌ها اغلب ناشناخته مانده و در برخی موارد تنها مربوط به محل تیپ آنهاست (Rastegar-Pouyani *et al*., 2007) که فقط یک طبقه ارتفاعی را شامل میشود. ممکن است پایش‌های صحرایی آینده گستره توزیع ارتفاعی این گونه‌ها را افزایش دهد، برای مثال گزارش جدیدی از گونه *L.strigata* در رشته کوه البرز به دست آمده که توزیع ارتفاعی آن را تا ۹۰۰ متر افزایش داده است (Yousefi *et al*., 2018). این موارد سبب خواهد شد نتایج مطالعه حاضر تحت تاثیر قرار گیرد و الگوی به دست آمده حتی به مقدار هرچند اندک تحت تاثیر قرار گیرد. اما به توجه به تفاوت عمده بین طبقات ارتفاعی پایین و طبقات ارتفاعی بالا الگوی کلی کاهش تنوع با افزایش ارتفاع،که یک الگوی کلی پذیرفته شده برای خزندگان است (Heatwole, 1982; Hofer *et al*., 2000)،کم و بیش ثابت خواهد ماند.مطالعات آینده در زمینه توزیع ارتفاعی سوسماران

ایران میتوان شامل بررسی الگوی توزیع آنها در طبقات ارتفاعی با اندازه بزرگتر و کوچکتر از ۱۰۰ متر و مقایسه نتایج آن با نتایج مطالعه حاضر باشد. همچنین پیشنهاد میشود که مساحت شبکه مناطق حفاظت شده در هر طبقه ارتفاعی به عنوان یک متغییر پیش‌بینی کننده تنوع سوسماران (در امتداد شیب‌های ارتفاعی) به همراه سایر متغییرها وارد آنالیز شود.

تقدیر و تشکر

این مطالعه با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران جوان معاونت علمی ریاست جمهوری با شماره PHD95100438 به انجام رسیده است.

References:

Ahmadzadeh, F., Flecks, M., Carretero, M.A., Mozaffari, O., Böhme, W., Harris, D.J., Freitas, S., Rödder, D., 2013. Cryptic Speciation patterns in Iranian rock lizards uncovered by integrative taxonomy. PLoS ONE 8(12): e80563.

Akaike, H., 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle.In Second International Symposium on Information Theory.Edited by B.N. Petrov and F. Csaki.Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.

Anderson, S.C., 1968. Zoogeographical analysis of the lizard fauna of Iran. In: Fisher, W.B. (Ed.), The Cambridge History of Iran. Vol. I.The Land of Iran.Cambridge University Press.

Anderson, SC., 1999. The Lizards of Iran. Oxford (Ohio): Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

Bahmani, Z., Rastegar-Pouyani, E., Rastegar-Pouyani, N., 2017. The phylogenetic relationships and molecular systematics of scincid lizards of the genus *Heremites* (Sauria, Scincidae) in the Middle East based on mtDNA sequences. Mitochondrial DNA Part A, 1-10.

Bartón, K., 2016. MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.15.6. http:// CRAN.R-project .org/ package=MuMIn.

Brown, J.H., Stevens, G.C., Kaufman, D.M., 1996. The geographic range: size, shape, boundaries, and internal structure. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 27, 597–623.

Burnham, K.P., Anderson, D.R., 2002. Model selection and inference: a practical information-theoretic approach. 2nd ed. Springer-Verlag, New York.

Chatzaki, M., Lymberakis, P., Markakis, G.& Mylonas, M., 2005. The distribution of ground spiders (Araneae, Gnaphosidae) along the altitudinal gradient of Crete, Greece: species richness, activity, and altitudinal range. Journal of Biogeography 32, 813–831.

Drakare, S., Lennon, J.J., Hillebrand, H., 2006.The imprint of the geographical, evolutionary and ecological context on species-area relationships. Ecology Letters 9, 215–227.

Faizi, H., Rastegar-Pouyani, N., Rastegar-Pouyani, E., Nazarov, R., Heidari, N., Zangi, B., Orlova, V., Poyarkov, N., 2017. A new species of *Eumeces* Wiegmann 1834 (Sauria: Scincidae) from Iran. Zootaxa 4320, 289-304.

Fu, C., Wang, J., Pu, Z., Zhang, S., Chen, H., Zhao, B., Chen, J., Wu, J., 2007. Elevational gradients of diversity for lizards and snakes in the Hengduan Mountains, China. Biodiversity and Conservation 16, 707–726.

Gaston, K.J., 2003. The structure and dynamics of geographic ranges. Oxford: Oxford University Press.

Gholamifard, A., Rastegar-Pouyani, N., 2015. First record and range extension of Sistan racerunner, *Eremias fasciata* (Blanford 1874) (Sauria: Lacertidae) from Hormozgan Province, southern Iran. Amphibian and Reptile Conservation 9, 54-57.

Gholamifard, A., Rastegar-Pouyani, N., 2015. First record and range extension of Sistan racerunner, *Eremias fasciata* (Blanford 1874) (Sauria: Lacertidae) from Hormozgan Province, southern Iran. Amphibian and Reptile Conservation 9, 54-57.

Grytnes, J.A., 2003. Species-richness patterns of vascular plants along seven altitudinal transects in Norway. Ecography 26, 291–300.

Grytnes, J.A., McCain, C.M., 2007. Elevational patterns in species richness. In: Levin S, editor. Encyclopedia of biodiversity. The Hague: Elsevier, 1–8.

Guisan, A., Thuiller, W., Zimmermann, N.E., 2017. Habitat suitability and distribution models: with applications in R. Cambridge university press.
Hatterjee S., Hadi A.S., 2006. Regression analysis by example.Wiley.

Heatwole, H., 1982. A review of structuring in herpetofaunal assemblages.Herpetological Communities. In: Scott, N.J. (Ed.), United States Fish and Wildlife Research Report, Washington. 1–19.

Heidari, N., Rastegar-Pouyani, N., Rastegar-Pouyani, E., Rajabizadeh, M., 2013. A new species of *Acanthodactylus* Fitzinger 1834 (Sauria: Lacertidae) from southern Iran. Zootaxa 3722, 333–346.

Henriques, D., Borges, P.A.V., Ah-Peng, C., Gabriel, R., 2016. Mosses and liverworts show contrasting elevational distribution patterns in an oceanic island (Terceira, Azores): the influence of climate and space. Journal of Bryology 38, 183–194.

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.

Hijmans, R.J., 2015. Raster: geographic data analysis and modeling. R package.

Hofer, U., Bersier, L.F., Borcard, D., 1999. Spatial organization of a herpetofauna on an elevational gradient revealed by null model tests. Ecology 80, 976–988.

Hofer, U., Bersier, L.F., Borcard, D., 2000. Ecotones and gradient as determinants of herpetofaunal community structure in the primary forest of Mount Kupe, Cameroon. Journal of Tropical Ecology 16, 517–533.

Hosseinian Yousefkhani, S.S., Yousefi, M., Mohammadpour, A., Mansooor, R., Rastegar Pouyani, N., 2014. Phenotypic variation in males of the AgamidLizard *Paralaudakia caucasia* (EICHWALD, 1831) across a wide geographic range. Herpetologica 70(4), 464–471.

Hosseinian Yousefkhani, S.S., Yousefi, M., Rastegar Pouyani, E., Khani, A., 2013. Some remarks on the distribution and habitat preferences of the *Eremias strauchikopetdaghic*a Szczerbak, 1972 (Sauria: Lacertidae) from the north-eastern Iranian Plateau. Herpetology Notes 6, 97–99.

in den Bosch, H., 1999. The status of *Lacerta mostoufi* Baloutch, 1977 (Reptilia: Lacertidae). Zoology in Middle East 19, 13–15.

IUCN, 2017. The IUCN Red List of Threatened Species.Version 2017-3.<http://www.Iucnredlist.org>.Downloaded on 05 December 2017.

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., 2018a. The Gray Toad-headed Agama, *Phrynocephalus scutellatus*, on the Iranian Plateau: The degree of niche overlap depends on the phylogenetic distance. Zoology in Middle East 64, 47-54.
Kafash, A., Ashrafi, S., Ohler, A., Schmidt, B.R., 2018b.Environmental predictors of the distribution of

the Western Ghats, South India. Journal of Biogeography 34, 842-853.

Nazarov, R.A., Radjabizadeh, M., Poyarkov, Jr., NA., Ananjeva, N.B., Melnikov, D.A., Rastegar Pouyani, E., 2017. A New Species of Frog-Eyed Gecko, Genus *Teratoscincus* Strauch, 1863 (Squamata: Sauria: Sphaerodactylidae), from Central Iran. Russian Journal of Herpetology 24, 291-310.

Purvis, A., Gittleman, J.L., Cowlishaw, G., Mace, G.M., 2000. Predicting extinction risk in declining species. Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 267, 1947-1952.

R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. Available from: https://www.R-project.org/.

Rahbek, C., 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? Ecography 18, 200–205.

Rajabizadeh, M., Faizi, H., Anderson, S.C., Zarrintab, M., Nazarov, R., 2018. Taxonomic status of *Tropiocolotes* cf. *steudneri* with a description of a new species of *Tropiocolotes* (Reptilia: Squamata: Gekkonidae) in southern Iran. Zootaxa 4388, 283-291.

Rastegar-Pouyani, E., Avci, A., Kumlutaş, Y., Ilgaz, C., Hosseinian Yousefkhani, S.S., 2013.New country record and range extension of *Eremias suphani* Başoğlu & Hellmich, 1968 from Iran. Amphibian & Reptile Conservation 6, 35-39.

Rastegar-Pouyani, E., Hosseinian Yousefkhani, S.S., Rafiee, S., Kami, H.G., Rajabizadeh, M., Wink, M., 2016. A new species of the genus *Eremias* Fitzinger, 1834 (Squamata: Lacertidae) from Central Iran, supported by mtDNA sequences and morphology. Zootaxa 4132, 207-220.

Rastegar-Pouyani, N., Johari, M., Rastegar-Pouyani, E., 2007.Field Guide to the Reptiles of Iran. (Volume 1: Lizards). Second edition.Razi University Publishing.

Rastegar-Pouyani, N., Kami, H.G., Rajabzadeh, M., Shafiei, S., Anderson, S.C., 2008.Annotated Caspian Green Lizard, *Lacerta strigata* Eichwald, 1831, along elevational gradients of Elburz Mountains in northern Iran.Turkish Journal of Zoology https://doi.org/10.3906/zoo-1808-15.

Khosravani, A., Rastegar-Pouyani, E., Rastegar-Pouyani, N., Oraie, H., Theodore, J.P., 2017. Resolving species delimitation within the genus *Bunopus* Blanford, 1874 (Squamata: Gekkonidae) in Iran using DNA barcoding approach. Zootaxa 4365 (4), 467–479.

Khosravani, A., Rastegar-Pouyani, N., Rastegar-Pouyani, E., Oraie, H., 2015. Geographic variation of morphological characters in *Bunopus tuberculatus* Blanford 1874 (Squamata: Gekkonidae) in Iran. Herpetologica 71, 152–159.

Lomolino, M.V., Riddle, B.R., Whittaker R.J., Brown, J.H., 2010.Biogeography.Fourth edition. Sinauer Associates, Inc.

MacArthur, R., Wilson, E., 2001. The Theory of Island Biogeography. Princeton: Princeton University Press.

MacArthur, R.H., 1972. Geographical ecology: patterns in the distributions of species. Harper & Row, New York.

McCain, C.M., 2010. Global analysis of reptile elevational diversity.Global Ecology and Biogeography. 19, 541-553.

Mumladze, L., Asanidze, Z., Walther, F., Hausdorf, B., 2017. Beyond elevation: testing the climatic variability hypothesis versus Rappaport's rule in vascular plant and snail species in the Caucasus. Biological Journal of the Linnean Society 121, 753–763.

Naimi, B., Hamm, Na., Groen, T.A., Skidmore, A.K., Toxopeus, A.G. 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling. Ecography 37, 191-203.

Naniwadekar, R., Vasudevan, K., 2007. Patterns in diversity of anurans along an elevational gradient in

Checklist of Amphibians and Reptiles of Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics 4, 43-66.

Rosenzweig, M.L., 1995. Species diversity in space and time, 2nd edn. Cambridge University Press, Cambridge.

Safaei-Mahroo, B., Ghaffari, H., Fahimi, H., Broomand, S., Yazdanian, M., Najafi-Majd, E., Hosseinian Yousefkani, SS., Rezazadeh, E., Hosseinzadeh, MS., Nasrabadi, R., Rajabizadeh, M., Mashayekhi, M., Motesharei, A., Naderi, A., Kazemi, SM., 2015. The herpetofauna of Iran: Checklist of taxonomy, distribution and conservation status. Asian Herpetological Research 6, 257-290.

Sanders, N.J., Rahbek, C., 2012.The patterns and causes of elevational diversity gradients. Ecography 35, 1-3.

Sindaco, R., Jeremcenko, V.K., 2008. The reptiles of the Western Palearctic.vol. 1.Annotated checklist and distributional atlas of the turtles, crocodiles, amphisbaenians and lizards of Europe, North Africa, Middle East and Central Asia.Edizioni Belvedere, Latina, Italy.

Šmíd, J., Moravec, J., Kodym, P., Kratochvíl, L., HosseinianYousefkhani, S.S., Rastegar-Pouyani, E., Frynta, D., 2014.Annotated checklist and distribution of the lizards of Iran.Zootaxa 3855, 1–97.

Yousefi, M., Ataei, F., Kafash, A., Rezaei, H., 2018. The lizards fauna of Alborz Province: distribution and conservation. Experimental Animal Biology 6 (3), 117-126.

Yousefi, M., Khani, A., Shaykhi Ilanloo, S., Kafash, A., Rastegar Pouyani, E., 2016. Reptile fauna of the Khajeh protected area, with assessing its similarities with physiogeographical area of the Iranian Lizards. Taxonomy and Biosystematics 22, 13-22.

Zug, G.R., 2008. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. New York: Academia press.