بررسی تغییرات ریخت‌شناختی

(Reptilia: Ophidia: Colubridae) *Hemorrhois ravergieri* در ایران

- **مینو مشتاقی**: گروه علوم محیط زیست، دانشکده انرژی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم تحقیقات تهران
- **محمد کابلی***: گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- **منصور صالحی**: گروه ژنتیک و بیولوژی مولکولی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹٦

چکیده

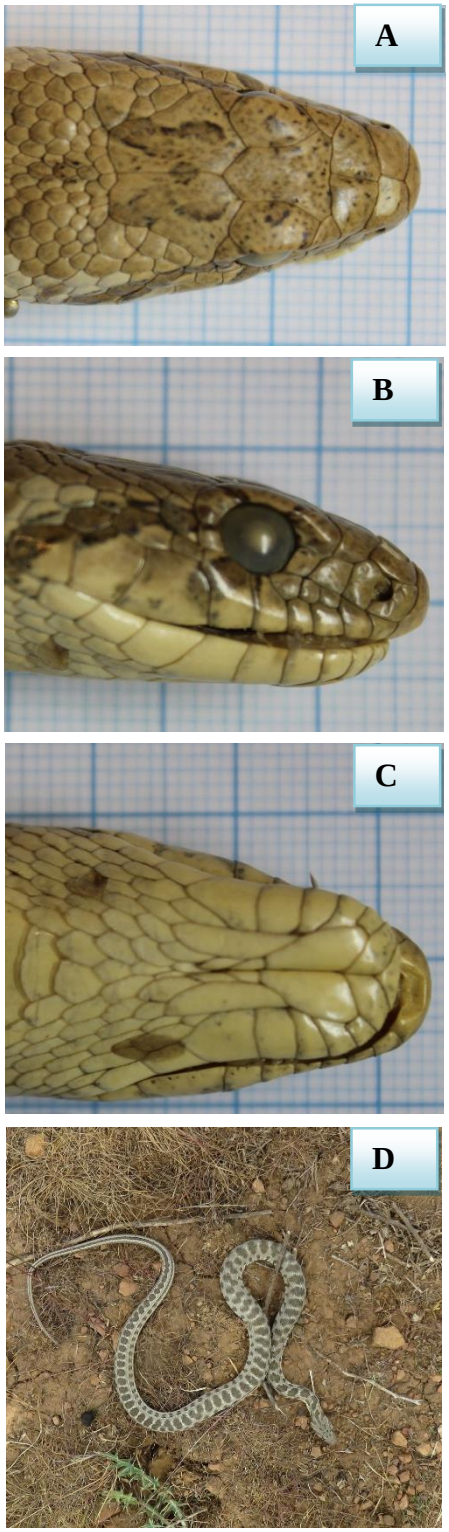
Hemorrhois ravergieri ازجمله مارهای با پراکنش وسیع در ایران است. تحقیقات اخیر تمایزات ظاهری قابل توجهی را بین نمونه‌های موجود در زیستگاه‌های مختلف نشان داده است. دراین پژوهش، تفاوت‌های ریختی این گونه در جمعیت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ۵۲ نمونه مار پلنگی شامل ۳۰ نر، ۱٦ ماده و ٦ نابالغ از۱۲ استان جمع‌آوری گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل به مولفه اصلی نشان داد که نمونه‌ها در پنج گروه مختلف شامل گروه ۱: خراسان و گلستان (شمال و شمال‌شرقی البرز)، گروه ۲: آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی و زنجان (زاگرس شمالی)، گروه ۳: اصفهان، البرز، لرستان و خوزستان (زاگرس شمالی-میانی)، گروه ٤: چهارمحال و بختیاری (زاگرس مرکزی)، گروه ٥:کرمان و فارس (زاگرس جنوبی) قابل بررسی هستند. ۷صفت متریک و٥ صفت مریستیک به تفکیک جنسیت در گروه‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفت. مقایسه بین نمونه‌های بالغ و نابالغ، اختلاف معنی‌داری را در تعداد فلس شکمی (P=۰/۰۲٦) و زیر دمی (P=۰/۰٤۱) نشان داد. در مقایسه بین نرها و ماده‌ها، تنها دو صفت طول کل بدن و طول ته به‌ترتیب با (P=۰/۰۳٤) و (P=۰/۰۱۲) اختلاف معنی‌داری را نشان داد. سایر مقایسات آماری بین گروه‌های پنج گانه نیز در این تحقیق انجام گرفت تا صفت متمایزکننده بین مناطق تعیین گردد. به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست آمده، تغییرپذیری صفات مریستیک نظیرتعدادفلس‌شکمی و فلس دمی بین گروه‌های مختلف قابل مشاهده است.

کلمات کلیدی: ریخت‌سنجی، *Hemorrhois ravergieri*، زیستگاه، صفات متریک، مریستیک

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mkaboli@ut.ac.ir

مقدمه

مطالعه ویژگی‌های ریختی به‌عنوان دانش تکاملی در اکثر گونه‌ها قابل بررسی است (Daniels و همکاران، ۲۰۱۲). خزندگان ازجمله مهره‌دارانی هستند که در شرایط محیطی متنوع سازش‌های جالب توجهی کسب می‌کنند، چراکه انعطاف‌پذیری ریختی می‌تواند به‌عنوان یک سازگاری، با تغییرات زیست محیطی همراه باشد (Nicieza، ۱۹۹۵؛ Wootton، ۲۰۱۲). جدایی زیستگاه‌ها در یک گونه می‌تواند منجر به ایجاد جمعیت‌های متفاوتی شود و به‌واسطه ویژگی‌های زیست‌محیطی، طی فرآیند سازش از سایر جمعیت‌های آن گونه متمایز می‌گردد (Grzimek، ۲۰۰۳؛ Klingenberg، ۲۰۱۱). ویژگی‌های ریختی خزندگان به‌ویژه مارها نسبت به تغییرات عوامل محیطی نظیر نوع بستر، آلودگی محیط، جریان آب، پوشش گیاهی و عوامل دیگری نظیر رقابت، شکار و میزان دسترسی به منابع غذایی حساسیت بالایی را نشان می‌دهد (Rastegar-Pouyani و همکاران، ۲۰۱۱). بخش‌های مرکزی ایران به‌دلیل مساعد بودن شرایط مختلف ماکرواقلیمی، زیستگاه مناسبی برای اکثر مارها محسوب می‌گردد (حجتی، ۱۳۹۰). برخی از مارها به‌دلیل سطح پراکندگی بسیار بالا در بیش‌تر زیستگاه‌های کشور دیده می‌شوند که در این میان مارپلنگی نیز گستره پراکنشی بسیار وسیعی دارد (قاضی‌خانلو، ۱۳۹۲). گونه مار پلنگی با نام علمی *Hemorrhois ravergieri* به خانواده Colubridae تعلق دارد (Schätti و Agasian، ۱۹۸۵). این گونه از پراکنش بسیار وسیعی برخوردار است و از نظر ریخت‌شناسی ویژگی‌های متنوعی در زیستگاه‌های مختلف دارد (شکل ۱). پراکنش این مار در ایران (لطیفی، ۱۳۷۹)، کشورهای آسیای مرکزی مانند ترکیه، ترکمنستان و پاکستان گزارش شده است (قاضی خانلو، ۱۳۹۲). این گونه در ایران به‌طور گسترده در اکثر استان‌های کشور دیده و ثبت شده است (لطیفی، ۱۳۷۹). بررسی ویژگی‌های ظاهری یک گونه در زیستگاه‌های متفاوت، درک بهتری از شرایط تکامل گونه را فراهم می‌نماید (Eagderi و Nasri، ۲۰۱۲). تمایز بین اکوسیستم‌های مختلف به‌عنوان یک عامل کلیدی در تفاوت ظاهری گونه‌ها محسوب می‌شود (Bai و همکاران، ۲۰۱۵). در بسیاری از موارد گونه‌هایی که در مناطق شهری و برون شهری هم‌زیست هستند نیز با گذر زمان تفاوت ریختی با یکدیگر پیدا می‌کنند و این امر به‌نوبه خود به ایجاد فاصله ژنی منجر می‌شود (Schoville و همکاران، ۲۰۱۳). ریخت‌سنجی سنتی بر پایه تجزیه و تحلیل آماری فواصل اندازه‌گیری شده سطح بدن گونه از قبیل طول، عرض، عمق و گاهی اوقات نسبت‌ها و هم‌چنین داده‌های شمارشی مانند شمارش فلس در موجودات استوار است (Eagderi و Nasri، ۲۰۱۲).



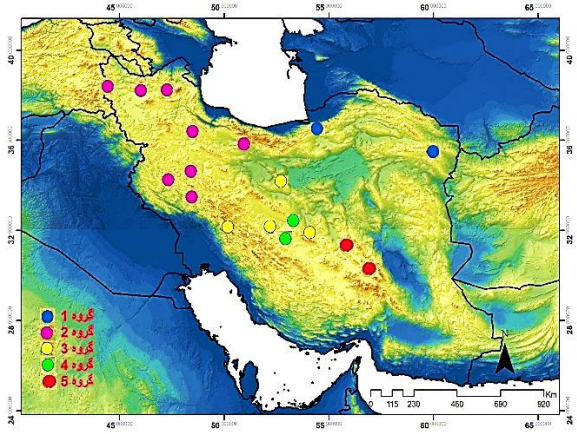
شکل ۱: تصویربرداری از سه نمای مختلف سر

A: نمای پس‌سر یا Dorsal، B: نمای پهلویی یا Lateral، C: نمای شکمی یا Ventral، D: نمای کامل از مارپلنگی (*H. ravergieri*) در زیستگاه کوهرنگ (چهارمحال و بختیاری)

ریخت‌سنجی سنتی مطالعه تغییرات ظاهری بین یا درون گروهی با استفاده از آنالیزهای آماری چندمتغیره است که با تجزیه و تحلیل صفات اندازه‌گیری شده تعریف می‌شود (Fruciano و همکاران، ۲۰۱۲) و بر مبنای اندازه‌گیری همبستگی فاصله‌های خطی انجام می‌شود (Mitteroecker و Bookstein، ۲۰۱۱) ، وجود تفاوت‌های ریختی مار پلنگی در بین جمعیت‌های ساکن در زیستگاه‌های مختلف طی سال‌های اخیر مطرح شده‌است. مطالعات ریخت‌سنجی می‌تواند در جهت تشخیص احتمال وجود این تفاوت‌های ظاهری بسیار مفید باشد. بدین منظور در این تحقیق با استفاده از این روش به بررسی و مقایسه تفاوت‌های احتمالی درخصوص صفات ظاهری (متریک و مریستیک) جمعیت‌های مختلف مارپلنگی در برخی از استان‌های کشور پرداخته خواهد شد. علاوه براین، تغییرات این صفات با توجه به جنسیت و بالغ یا نابالغ بودن این گونه نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: نمونه‌برداری از تعداد ۵۲ حلقه مار از زیست در زیستگاه‌هایی مختلف کشور (استان‌های گلستان، خراسان رضوی، مازنداران، آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، زنجان، البرز، چهارمحال و بختیاری، لرستان، اصفهان، خوزستان، کرمان، شیراز) و به‌صورت تصادفی سیستماتیک انجام شد (شکل ۲).



شکل ۲: مناطق نمونه‌برداری مارپلنگی (*H. ravergieri*) در استان‌های مختلف کشور

گروه ۱: خراسان، گلستان (شمال و شمال‌شرقی البرز) (دایره آبی رنگ)، گروه۲: آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، زنجان (شمالی زاگرس) (دایره آبی صورتی)، گروه۳: اصفهان، البرز، لرستان، خوزستان (شمالی- میانی زاگرس) (دایره زرد رنگ)، گروه۴: چهارمحال بختیاری (مرکزی زاگرس) (دایره سبز رنگ)، گروه۵: کرمان، فارس (جنوبی زاگرس) (دایره قرمز رنگ)

نمونه‌های جمع‌آوری شده براساس کلید شناسایی موجود (شکل لکه‌های روی سر، سه خط موازی در انتهای دم) در کتاب مارهای ایران مورد شناسایی قرار گرفت (لطیفی، ۱۳۷۹).

اندازه‌گیری صفات متریک و مریستیک: در مرحله‌اول، نمونه‌ها (براساس اندازه) در دو طبقه بالغ و نابالغ تقسیم‌بندی شدند (اگر نمونه‌هااز ۵۰سانتی‌متربزرگ‌تر بود، نمونه بالغ به‌حساب آمد) (Schätti و Agasian، ۱۹۸۵) و سپس در بین جمعیت بالغین براساس مشاهده Hemipenis در جنس نر، به دو دسته نرها و ماده‌ها تفکیک شدند. در مرحله بعد، صفات مورد بررسی در این گونه به دو دسته متریک (یا صفات قابل اندازه‌گیری) و مریستیک (صفات شمارشی) تقسیم گردید (جدول ۱). در ادامه، نسبت صفات نیز مورد محاسبه قرار گرفت. به‌دلیل این‌که برخی صفات ظاهری نظیر طول دم، طول کل بدن و غیره می‌تواند به‌عنوان تابعی از سایر متغیرها عمل کند، در نتیجه متغیرهای نسبی ازجمله عرض سر به طول سر (HW/HL)، طول پوزه به عرض پوزه(SL/SW)، طول تنه به طول دم(SVL/TL)، طول‌دم به طول کل بدن (TL/TOL)، طول سر به طول کل بدن (HL/TOL) نیز محاسبه و جهت ارزیابی صحیح و جامع‌تر برآورد گردید (Babocsay، ۲۰۰۳). نحوه اندازه‌گیری و یا شمارش هریک از صفات مورد بررسی در این تحقیق نیز در جدول ۱ به تفکیک ارایه شده است.

جدول ۱: صفات متریک (بر حسب سانتی‌متر) و مریستیک مورد مطالعه در *H. ravergieri* به‌همراه علایم اختصاری مربوط به هریک از صفات

شماره	متغیر	توضیح	علامت اختصاری
۱	طول تنه	حد فاصل پوزه تا مخرج	SLV
۲	طول دم	حد فاصل مخرج تا انتهای دم	TL
۳	طول کل بدن	حد فاصل پوزه تا انتهای دم	TOL
۴	طول سر	حد فاصل پوزه تا محل اتصال فک بالا به فک پایین	HL
۵	عرض سر	بیش‌ترین پهنای سر	HW
۶	طول پوزه	حد فاصل نوک پوزه تا جلوی چشم	SL
۷	عرض پوزه	حد فاصل فلس‌های بین دو چشم	SW
۸	فلس شکمی	تعداد فلس‌های بین آخرین فلس گلو تا مخرج	VS
۹	فلس پشتی	تعداد فلس‌های پشت در قسمت میانی بدن	DS
۱۰	فلس زیر دمی	تعداد فلس‌های حد فاصل مخرج تا انتهای دم	ScdS
۱۱	فلس لب بالا	تعداد فلس‌های لب بالا	SLS
۱۲	فلس لب پایین	تعداد فلس‌های لب پایین	ILS

آنالیزهای آماری: به‌منظور بررسی روابط بین جمعیت‌های مختلف نمونه‌برداری شده از روش تجزیه و تحلیل به مولفه‌های اصلی یا Principle Component Analysis (PCA) براساس ماتریس همبستگی (Correlation matrix) داده‌های مرتبط با صفات گونه در استان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل مولفه‌های اصلی یکی از انواع روش‌های تحلیل داده‌های چندمتغیره با هدف اصلی تقلیل بعد مسئله مورد مطالعه است (Storey و Tibshirani، ۲۰۰۳). این مسئله در رابطه با مطالعات ریخت‌سنجی که با حجم زیادی از داده‌ها روبه‌رو است می‌تواند بسیار موثر باشد (Gaspe و همکاران، ۲۰۱۳). تمام آنالیزهای مربوطه توسط نرم‌افزار Canoco نسخه ۴/۵ و سیگماپلات نسخه ۱۲ انجام شد.

برای آنالیز صفات ظاهری گونه در مناطق مختلف، پارامترهای آماری توصیفی از جمله حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار به‌طور جداگانه محاسبه گردید. داده‌های پارامتریک مانند SLV، TL، TOL، HL، HW، SL و SW با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) مورد مقایسه قرار گرفتند و جهت تعیین اختلاف معنی‌دار هر یک از پارامترها بین استان‌های مختلف از آزمون دانکن (Duncan) یا SNK در سطح معنی‌داری ۵٪ استفاده شد. سایر داده‌های غیرپارامتریک مانند صفات شمارشی VS، DS، ScdS، SLS و ILS با استفاده از آزمون غیرپارامتریک کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis) مورد بررسی قرار گرفت. در صورت وجود اختلافات معنی‌دار بین استان‌های مختلف، صفت مورد نظر با آزمون‌های تکمیلی (Dunn's) در سطح ۵٪ مورد بررسی قرار گرفت تا اختلافات معنی‌دار بین استان‌های مختلف مشخص گردد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های پارامتریک بین گروه بالغین و نابالغین، نرها و ماده‌ها نیز از آزمون t مستقل و برای داده‌های ناپارامتریک از آزمون مان-ویتنی (Mann Whitney) استفاده گردید.

نتایج

مناطق نمونه‌برداری مارپلنگی در سطح کشور در ۵ گروه متمایز قابل تفکیک هستند (شکل ۲). مشاهدات میدانی و بررسی ظاهری نمونه‌ها نشان داد که مارپلنگی از نظر رنگ‌آمیزی، اندازه و شکل لکه‌ها تنوع بسیار بالایی دارد اما وجود سه خط ممتد تیره در قسمت انتهایی دم در تمام نمونه‌ها مشاهده گردید. علاوه براین، وجود خطوط تیره رنگ در قسمت چشمی گونه کاملاً مشهود است. به‌منظور انجام مقایسات دقیق‌تر، تمامی نمونه‌های به‌دست آمده به دو دسته بالغ و نابالغ و سپس بالغین به دو دسته نرها و ماده‌ها تقسیم‌بندی شدند. تعداد نمونه‌های بالغ مورد بررسی در این پژوهش ۴۶ و نمونه‌های نابالغ ۶ فرد بوده که در بین بالغین مورد مطالعه ۳۰ نمونه نر و ۱۶ نمونه ماده بوده است (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه صفات مریستیک (شمارشی) بین نمونه‌های بالغ و نابالغ، و بین نمونه‌های نر و ماده مار پلنگی (*H. ravergieri*)

صفات مریستیک	طبقه‌بندی جمعیت	کمینه	بیشینه	میانه	میانگین±انحراف معیار
VS	بالغ	۱۹۳	۲۱۶	۱۹۷/۵[a]	۱۹۹/۱۹±۰/۹۹
	نابالغ	۱۹۰	۱۹۳	[b]۱۹۲/۵	۱۹۲/۰۰±۰/۷
	نر	۱۹۳	۲۱۱	۱۹۶/۰	۱۹۷/۰۰±۰/۰۹
	ماده	۱۹۴	۲۱۶	۲۰۰/۰	۲۰۱/۶۱±۲/۵
DS	بالغ	۲۱	۲۳	۲۱/۰	۲۲/۱۶±۰/۳۵
	نابالغ	۲۱	۲۱	۲۱/۰	۲۱/۰۰± ۰
	نر	۲۱	۲۳	۲۱/۰	۲۲/۰۰±۰/۲
	ماده	۲۱	۲۳	۲۱/۰	۲۲/۰۰±۰/۲
ScdS	بالغ	۷۲	۱۰۰	۸۵/۰[a]	۸۵/۰۰±۱/۱
	نابالغ	۷۱	۷۲	۷۲/۰[b]	۷۱/۷۵ ±۰/۲۵
	نر	۷۸	۱۰۰	۸۲/۵	۸۷/۱۵±۱/۳
	ماده	۷۲	۹۵	۸۹/۰	۸۳/۷۰±۱/۵
SLS	بالغ	۸	۱۰	۹/۰	۹/۰۵±۰/۰۵
	نابالغ	۸	۹	۹/۰	۸/۷۵±۰/۲۵
	نر	۸	۱۰	۹/۰	۹/۰±۰/۰۸
	ماده	۹	۹	۹/۰	۹/۰±۰/۰۰
ILS	بالغ	۹	۱۱	۱۰/۰	۱۰/۳۰±۰/۰۸۷
	نابالغ	۹	۱۰	۱۰/۰	۹/۷۵±۰/۲۵
	نر	۱۰	۱۱	۱۰/۰	۱۰/۳۰±۰/۰۹۸
	ماده	۹	۱۱	۱۰/۰	۱۰/۳۰±۰/۱۷

حروف الفبای انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه بالغ و نابالغ و نر و ماده است.

مقایسات بالغین و جنسیت:

مقایسات بین گروه‌ها: با توجه به نتایج به‌دست آمده و مقایسه میانگین داده‌های ثبت شده، میانگین صفات شمارشی بررسی شده مارهای بالغ نسبت به نمونه‌های نابالغ بیش‌تر بوده است. تمامی صفات متریک مورد بررسی در دو جنس نر و ماده با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. در رابطه با صفات مریستیک دو صفت VS، ScdS باهم اختلاف معنی‌دار دارند. بیش‌ترین تعداد VS مربوط به نمونه‌های ماده و ۲۱۶ عدد است سایر شاخص‌های آماری مانند کمینه، بیشینه، میانگین، میانه و انحراف معیار صفات مریستیک محاسبه گردید (جدول ۲). در رابطه با صفت ScdS نمونه‌های موجود در گروه یک و سه با نمونه‌های گروه ۲ و ۴ اختلاف معنی‌داری ۰/۰۲۶ دارند. در مورد صفت VS نیز گروه چهارم با سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری ۰/۰۴۱ را نشان می‌دهد (جدول ۳).

جدول۳: مقایسه پارامترهای ScdS و VS مار پلنگی (*H. ravergieri*) در گروه‌های مختلف

پارامتر گروه‌بندی	ScdS		VS	
	میانه	محدوده	میانه	محدوده
گروه ۱	۸۲/۰ b	۷۴-۹۲	۱۹۴/۵b	۱۹۳-۲۱۰
گروه ۲	۸۸/۰ a	۸۴-۱۰۱	۱۹۹/۰ b	۱۹۵-۲۰۷
گروه۳	۷۴/۰ b	۷۳-۸۲	۱۹۵/۰ b	۱۹۲-۱۹۷
گروه ۴	۹۰/۰ a	۸۹-۹۱	۲۰۹/۵ a	۲۰۳-۲۱۶
گروه ۵	۸۶/۰ ab	۸۲-۹۴	۱۹۷/۰ b	۱۹۵-۲۱۴
	P = ۰/۰۲۶		P = ۰/۰۴۱	

حروف الفبای انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف است.

در مارهای بالغ، پارامتر SVL بیش‌تر از نمونه‌های نابالغ است. این اختلاف اندازه به‌طور مشهودی در سایر صفات مورد بررسی مانند HL، HW، SL و SW نیز به چشم می‌خورد(جدول۴).درمقایسه نسبی صفات بین بالغ و نابالغ به‌جز نسبت SL/SW بقیه پارامترها باهم اختلاف معنی‌دار دارند (جدول۵) (شکل۵ تا ۷). در مقایسه انجام شده بین دو جنس نر و ماده در بین صفات مریستیک اختلاف معنی‌داری در بین صفات مشاهده نشده است (جدول۲) ولی در صفات متریک دو صفت TOL و SVL با هم‌دیگر اختلاف معنی‌دار دارند(جدول۴). در بین‌صفات نسبی اندازه‌گیری شده نیز صفت HL/TOL نسبت به سایر صفات اختلاف معنی‌دار دارد (جدول ۶).

مقایسات استان‌ها: نتایج حاصل از آزمون کروسکال-کالوالیس صفات‌مریستیک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین استان‌های مختلف تنها درخصوص دو متغیر VS و ScdS بود و سایر صفات مریستیک اختلاف معنی‌داری را در استان‌های مختلف با یکدیگر نشان نداند. در نمونه‌های مورد بررسی، متغیر Vs به‌طور معنی‌داری در استان‌های چهارمحال و بختیاری و آذربایجان‌شرقی نسبت به سایر استان‌ها بالاتر بود.در مورد متغیر ScdS، نمونه‌های گرفته شده از استان‌های آذربایجان غربی، زنجان، لرستان و خراسان اختلاف معنی‌داری را با نمونه‌های استان‌های البرز، اصفهان و گلستان نشان می‌دهند در حالی‌که مارهای ساکن در استان‌های آذربایجان‌شرقی و چهارمحال و بختیاری اختلاف معنی‌داری با سایر استان‌ها در این خصوص نشان نداند (جدول ۴).

جدول۴: مقایسه پارامترهای ScdS و VS مار پلنگی (*H. ravergieri*) در استان‌های مختلف

پارامتر استان	ScdS		VS	
	میانه	محدوده	میانه	محدوده
آذربایجان‌غربی	۸۴/۰ ab	۷۵-۹۳	۱۹۷/۵b	۱۹۴-۲۰۹
البرز	۷۶/۰ b	۷۱-۸۱	۱۹۳/۰b	۱۹۲-۱۹۴
اصفهان	۷۲/۰ b	۷۲-۸۰	۱۹۳/۰ b	۱۹۳-۱۹۶
چهارمحال و بختیاری	۸۴/۵ ab	۸۰-۹۵	۱۹۸/۰ b	۱۹۴-۲۱۵
آذربایجان‌شرقی	۸۹/۰ a	۸۵-۱۰۰	۱۹۸/۰ b	۱۹۴-۲۰۵
گلستان	۸۰/۰ b	۷۹-۸۱	۱۹۴/۰ b	۱۹۴-۱۹۴
زنجان	۹۰/۰ a	۸۹-۹۱	۲۰۹/۵ a	۲۰۳-۲۱۶
خراسان	۸۸/۵ a	۷۲-۹۳	۱۹۸/۰ b	۱۹۰-۲۰۲
لرستان	۸۷/۰ a	۸۵-۸۹	۲۰۳/۰ a	۱۹۵-۲۱۱
کرمان	۸۸/۰ a	۷۲-۹۳	۱۹۷/۰ b	۱۸۹-۲۰۰
شیراز	۸۷/۵ a	۷۳-۹۵	۱۹۶/۰ b	۱۸۷-۱۹۸
خوزستان	۹۱/۰ a	۸۹-۹۳	۲۰۸/۵ a	۲۰۲-۲۱۵
	P = ۰/۰۳۸		P = ۰/۰۲۶	

حروف الفبای انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین استان‌های مختلف است.

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است اندازه عرض و طول سر و همین‌طور نسبت بین آن‌ها در زیستگاه‌های مورد بررسی (استان‌ها) اختلاف معنی‌داری نداشت. صفات مربوط به طول و عرض پوزه مارپلنگی نیز اختلاف معنی‌داری بین استان‌های مختلف از خود نشان نداد. متغیر SVL در نمونه‌های استان‌های آذربایجان‌غربی و شرقی، چهارمحال و بختیاری، زنجان و لرستان اختلاف معنی‌داری را با استان‌های البرز و اصفهان نشان می‌دهد درحالی‌که نمونه‌های مربوط به گلستان و خراسان با سایر استان‌ها تفاوت معنی‌داری درخصوص پارامتر SVL ندارند (شکل ۸). صفت متریک TL در نمونه‌های ساکن در استان‌های زنجان، خراسان و آذربایجان‌شرقی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از استان‌هایی مانند اصفهان و البرز است. در رابطه با نسبت SVL/TLدربین‌استان‌های‌آذربایجان‌غربی،البرز،چهارمحال‌و بختیاری، آذربایجان‌شرقی،گلستان،زنجان و لرستان اختلاف معنی‌دار را مشاهده نشد درحالی‌که این شاخص نسبی در استان‌های آذربایجان‌غربی، چهارمحال‌وبختیاری،آذربایجان‌شرقی‌و لرستان‌درمقایسه‌با استان‌های اصفهان و خراسان به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (شکل ۸).

جدول ۵: مقایسه صفات متریک بین بالغین و نابالغین، و نرها و ماده‌های مار پلنگی (*H. ravergieri*)

صفات متریک	طبقه‌بندی	میانگین	انحراف معیار
SVL	نابالغ	۵۰/۰۰ b	۲/۶۷
	بالغ	۷۹/۹۶ a	۱۰/۳۲
	نر	۷۷/۰۳ b	۱۱/۶۰
	ماده	۸۴/۹۲ a	۴/۸۸
TL	نابالغ	۱۶/۸۵ b	۱/۲۷
	بالغ	۲۲/۸۱ a	۲/۹۶
	نر	۲۲/۳۲	۳/۳۱
	ماده	۲۳/۶۳	۲/۱۱
HL	نابالغ	۲/۹۲ b	۰/۳۴
	بالغ	۳/۵۲ a	۰/۲۵
	نر	۳/۴۹	۰/۲۶
	ماده	۳/۵۶	۰/۲۵
HW	نابالغ	۱/۴۷ b	۰/۱۲
	بالغ	۲/۰۱ a	۰/۲۵
	نر	۱/۹۷	۰/۲۷
	ماده	۲/۰۷	۰/۲۰
SL	نابالغ	۰/۸۰ b	۰/۱۰
	بالغ	۰/۹۷ a	۰/۱۸
	نر	۰/۹۴	۰/۱۹
	ماده	۱/۰۱	۰/۱۴
SW	نابالغ	۰/۸۸ b	۰/۰۵
	بالغ	۱/۰۱ a	۰/۰۸
	نر	۱/۰۰	۰/۰۸
	ماده	۱/۰۲	۰/۰۷
TOL	نابالغ	۶۳/۷۵ b	۵/۱۲
	بالغ	۹۶/۹۳ a	۱۱/۴۲
	نر	۹۲/۴۷b	۱۲/۵
	ماده	۱۰۲/۰۳a	۵/۵۹

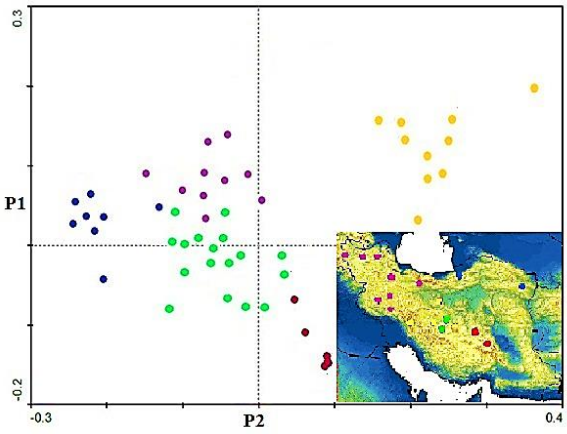
حروف الفبای انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف است.

شاخص TOL در استان‌های آذربایجان‌غربی، شرقی، چهارمحال و بختیاری و زنجان در مقایسه با استان‌های اصفهان و البرز بیش‌تر است و اختلاف معنی‌داری بین سایر استان‌ها قابل مشاهده نیست. نسبت TL/TOL نیز تنها در استان‌های زنجان و اصفهان با استان لرستان اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (شکل ۹). صفت نسبی HL/TOL نیز بین استان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت، در این بین تنها استان‌های آذربایجان‌غربی، چهارمحال و بختیاری، آذربایجان‌شرقی، زنجان و لرستان با استان اصفهان، فارس دارای اختلاف معنی‌داری هستند (شکل ۱۰). نتایج حاصل از تحلیل PCA نشان داد که صفت SVL با واریانسی معادل با ۷۳٪ بیش‌ترین ضریب تاثیر را بین صفات دارند، البته سایر عوامل مانند طول دم (TL) و طول کل بدن (TOL) نیز ازجمله صفاتی هستند که می‌توانند در جدایی ویژگی‌های ریختی نمونه‌ها در استان‌های مختلف موثر باشند (شکل ۴). در مورد صفات شمارشی VS و ScdS با واریانس ۶۲٪ و ۳۱٪ بیش‌ترین سهم را در مقایسه با سایر متغیرها نشان داده و در نتیجه به‌عنوان مولفه‌های اصلی استفاده می‌شوند. شکل پراکنش نمونه‌ها براساس مقادیر تابع اول و دوم صفات شمارشی جمعیت‌های مارپلنگی که همان دو متغیر معنی‌دار VS و ScdS است براساس تحلیل مولفه‌های اصلی با نرم‌افزار Canoco رسم گردید (شکل ۴).

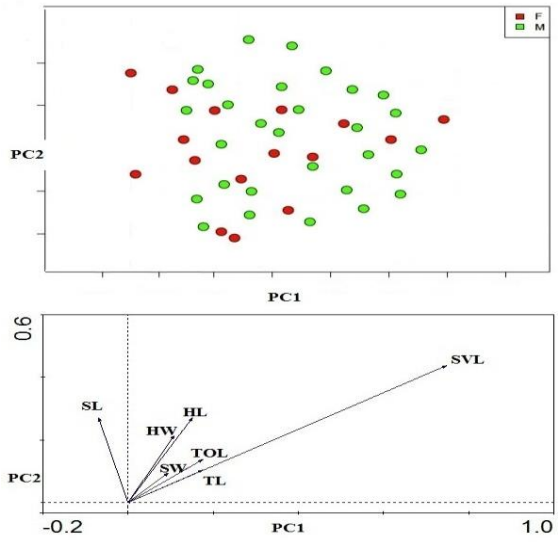
جدول ۶: آماره‌های توصیفی صفات متریک نسبی و تعیین شاخص معنی‌دار *H. ravergieri*

صفات متریک	طبقه‌بندی جمعیت	میانگین	انحراف معیار
HW/HL	نابالغ	۰/۵۰۷ b	۰/۰۴۹
	بالغ	۰/۵۷۰ a	۰/۰۴۷
	نر	۰/۵۶۲	۰/۰۵۰
	ماده	۰/۵۸۲	۰/۰۴۱
SL/SW	نابالغ	۰/۹۰۶	۰/۰۶۳
	بالغ	۰/۹۵۴	۰/۱۳۰
	نر	۰/۹۳۶	۰/۱۳۳
	ماده	۰/۹۸۵	۰/۱۲۵
SVL/TL	نابالغ	۲/۹۷۱b	۰/۰۷۶
	بالغ	۳/۵۱۶ a	۰/۳۰۲
	نر	۳/۴۶	۰/۳۲۶
	ماده	۳/۶۰	۰/۲۳۹
TL/TOL	نابالغ	۰/۲۶۴ a	۰/۰۲۰
	بالغ	۰/۲۳۹ b	۰/۰۱۹
	نر	۰/۲۴۴	۰/۰۲۰
	ماده	۰/۲۳۱	۰/۰۱۴
HL/TOL	نابالغ	۰/۰۴۵ a	۰/۰۰۳
	بالغ	۰/۰۳۷ b	۰/۰۰۳
	نر	۰/۰۳۸ a	۰/۰۰۳
	ماده	۰/۰۳۴ b	۰/۰۰۱

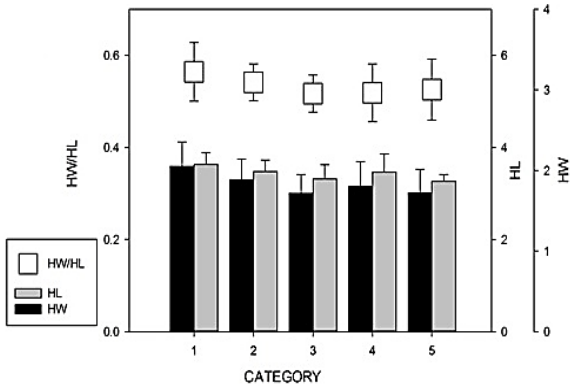
حروف الفبای انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین استان‌های مختلف است.



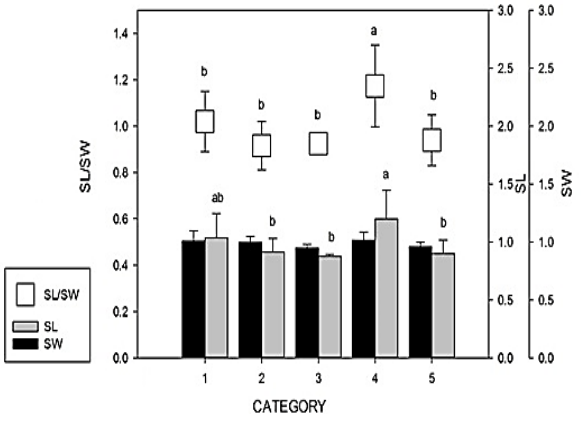
شکل ۳: تحلیل مولفه‌های اصلی صفات متریک در محور اول و دوم در بین جمعیت‌های مختلف مار پلنگی (*H. ravergieri*) وگروه‌بندی جمعیت‌ها



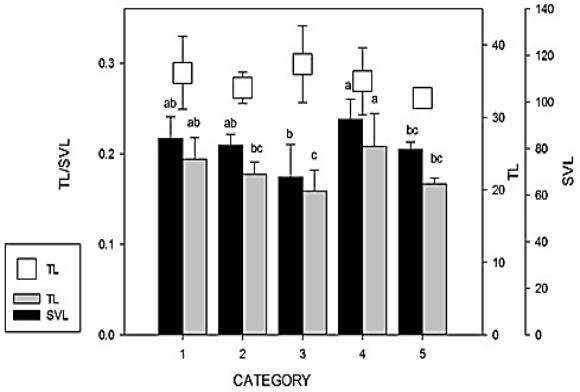
شکل ۴: تحلیل مولفه‌های اصلی صفات متریک در محور اول و دوم در دو جنس نر و ماده مارپلنگی (*H. ravergieri*) در بین تمام گروه‌ها



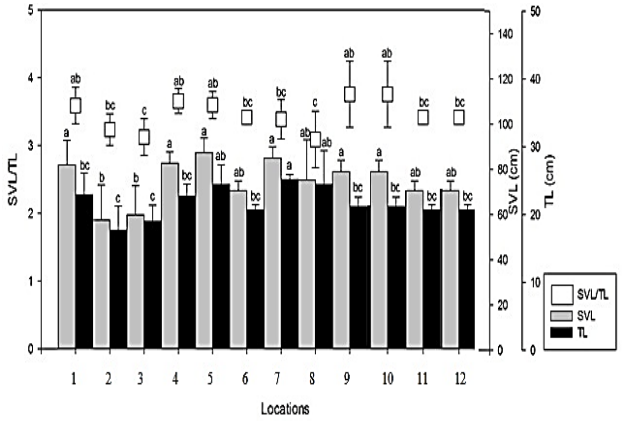
شکل ۵: مقایسه صفات متریک نسبت عرض سر به طول سر (HW/HL)، و همین‌طور عرض (HW) و طول (HL) سر به‌طور جداگانه در گونه *H. ravergieri* در گروه‌های مختلف



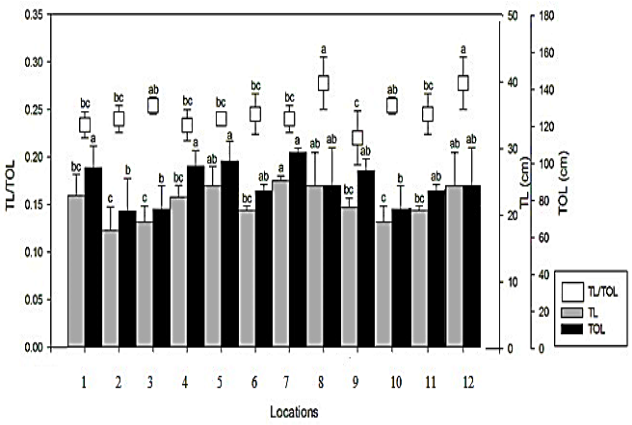
شکل ۶: مقایسه پارامتر های نسبت طول پوزه به عرض پوزه (SL/SW)، عرض پوزه (SW) و طول پوزه (SL)در گونه *H. ravergieri* در گروه‌های مختلف



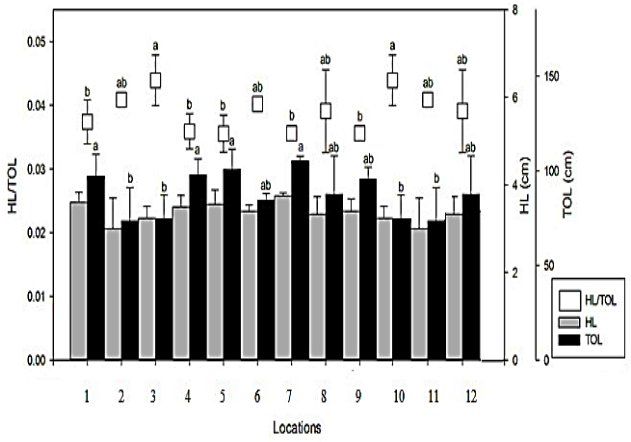
شکل ۷: مقایسه صفات متریک "فاصله پوزه تا دم" به "طول دم"(SVL/TL) و هر کدام از صفات جداگانه در گونه *H. ravergieri* در گروه‌های مختلف



شکل ۸: مقایسه صفات متریک "فاصله پوزه تا دم" به "طول دم"SVL/TL و هر کدام از صفات جداگانه در گونه *H. ravergieri* در استان‌های مختلف (۱: آذربایجان‌غربی،۲: البرز، ۳: اصفهان، ۴: چهار محال بختیاری، ۵: آذربایجان شرقی، ۶: خوزستان، ۷: زنجان، ۸: خراسان، ۹: لرستان، ۱۰: فارس، ۱۱: کرمان، ۱۲: گلستان)



شکل۹: مقایسه صفات متریک طول دم به طول کل بدن (TL/TOL) و هر کدام از صفات به‌صورت جداگانه در گونه *H. ravergieri* در استان‌های مختلف



شکل۱۰: مقایسه صفات متریک طول دم به طول کل بدن (HL/TOL) و هر کدام از صفات به‌صورت جداگانه در گونه *H. ravergieri* در استان‌های مختلف

بحث

مطالعات انجام گرفته در رابطه با گونه *Hemorrhois ravergieri* نشان داده است که تنوع زیستگاهی این گونه احتمالاً منجر به تنوع صفات و مورفولوژی آن شده است، مشاهدات میدانی و بررسی ظاهری نمونه‌ها نشان داد که *H. ravergieri* از نظر رنگ‌آمیزی، اندازه و شکل لکه‌ها تنوع بسیار بالایی دارد. سایر تحقیقات در رابطه با این گونه نیز موید این مسئله بوده‌است (Schätti و Agasian، ۱۹۸۵). با این‌حال، وجود سه خط ممتد تیره در قسمت انتهایی دم در اغلب گونه‌ها نیز مشاهده گردید. علاوه براین، وجودخطوط تیره رنگ در قسمت چشمی گونه نیز کاملاً مشهود است، تمامی مشخصات ذکر شده در تحقیقات گذشته در مورد *H. ravergieri* نیز بیان شده است (لطیفی، ۱۳۷۹، قاضی‌خانلو، ۱۳۹۲). ازاین‌رو به‌نظرمی‌رسد سازش با شرایط زیستگاهی با گذر زمان و تکامل گونه منجر به ایجاد این تنوع در *H. ravergieri* شده باشد (Vandewoestijne و Van Dyck، ۲۰۱۱؛ Schoville و همکاران، ۲۰۱۳). دراین‌راستا، تنوع ظاهری مار *Macroviper lebetia* با توجه به تغییرات زیستگاهی توسط مرادی و همکاران (۲۰۱۴) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه نشان داده شد که تنوع ریختی گونه مذکور ارتباط مستقیمی با شرایط زیستگاهی دارد. بنابراین، تنها تغییر شرایط اقلیمی در مناطق مختلف ممکن است منجر به ایجاد سازش متفاوت در خزندگان و در نتیجه تغییر ظاهر گونه گردد (Moradiوهمکاران، ۲۰۱۴؛ عبدلی و نادری، ۱۳۸۷؛ Guill و همکاران، ۲۰۰۳؛ Holtmeier، ۲۰۰۱). ریخت‌سنجی، با مطالعه شکل ظاهری گونه، تغییرات زیستگاهی را بین جمعیت‌های مختلف نشان می‌دهد (Gibbs و همکاران، ۲۰۱۱). از این‌رو مقایسه ویژگی‌های ظاهری هر گونه‌باتوجه‌به شرایط زیستگاهی متنوع ضروری به‌نظر می‌رسد (Otaki و همکاران، ۲۰۱۰). در ادامه مشاهدات میدانی نشان داد که این گونه تقریباً در اکثر استان‌های کشور به‌جز مناطق جنوبی (سیستان و بلوچستان، هرمزگان، بوشهر به‌طورکل سواحل عمانی‌سودانی) پراکندگی دارد (Glandt، ۲۰۰۹). در مطالعه حاضر با بررسی ۴۲ نمونه مشخص شد که این گونه زیستگاه‌هایی با ارتفاع بالاتر (بیش از ۱۵۰۰ متر) در مناطق کوهستانی را انتخاب می‌کند، این مطلب در تحقیق قاضی‌خانلو نیز به بیان شده است (قاضی‌خانلو، ۱۳۹۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر مشخص شد که در بین نمونه‌های جمع‌آوری شده از استان‌های مختلف، مجموعه جمعیت‌های مربوط به استان البرز و اصفهان از اندازه کوچک‌تری برخوردار هستند. به‌طورکلی نمونه‌های موجود در شمال و شمال‌غرب تا اندازه‌ای بزرگ‌تر از استان‌های مرکزی هستند که این اندازه‌ها در ماده‌ها برابر با ۱۱۲ سانتی‌متر به‌دست آمد. در سایر مطالعات انجام‌شده در ایران حداکثر اندازه به‌دست آمده ۱۱۷/۵۰ سانتی‌متر (قاضی‌خانلو، ۱۳۹۲) و در سایر کشورها حداکثر طول کل ۹۵/۵ سانتی‌متر (Tuniyevو همکاران، ۱۹۹۷) و ۱۵۹ سانتی‌متر (لطیفی، ۱۳۷۹) برای این مار گزارش شده است. از بین صفات مریستیک اندازه‌گیری شده، صفات VS وScdS در بین نمونه‌های بالغ و نابالغ با همدیگر اختلاف معنی‌دار دارند با این‌حال، صفات مذکور بین جنس نروماده‌اختلاف معنی‌داری را نشان نداده‌اند. البته قاضی‌خانلو (۱۳۹۲) تعداد فلس شکمی در جنس ماده را بیش‌تر از نمونه‌های نر گزارش نموده است. در مطالعه دیگری درخصوص گونه‌ای از مارمولک‌ها نیز نشان داده شد که صفات مریستیک در بین جمعیت‌های ساکن در زیستگاه‌های مختلف هر دو جنس نر و ماده تغییر نکرده است، این امر به نوبه خود نشان‌دهنده عدم تغییر صفات مریستیک در تحت تاثیر شرایط زیستگاهی مختلف است (Ibáñez و همکاران، ۲۰۱۵). تعداد فلس‌های دور چشم در اکثر نمونه‌ها ۸ عدد بوده و در نمونه‌های درشت جثه‌تر به ۹ عدد رسیده است. اتصال پولک ۵ و۶ به لب بالا نیز نه تنها در این تحقیق بلکه در سایر تحقیقات به‌اثبات رسیده است (Fathnia و همکاران، ۲۰۱۱؛ قاضی‌خانلو، ۱۳۹۲؛ لطیفی، ۱۳۷۹). منقسم بودن پولک مخرجی نیز در این تحقیق موید نتایج به‌دست آمده در تحقیقات گذشته است (Tuniyev و همکاران، ۱۹۹۷). تعداد فلس‌های لب بالا بین ۸ تا ۱۰ عدد (پنجمین و ششمین آن متصل به چشم) است که در بیش‌تر نمونه‌ها تعداد آن ۹ فلس و در لب پایین بین ۹ تا ۱۱ عدد متغیر بوده است. در تحقیقات پیشین نیز مشابه نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، تعداد فلس‌های پشتی با فرمول ۱۵:۲۱:۲۱ گزارش شده است. البته این تعداد در قسمت میانی بدن ۲۱ فلس و به موارد انگشت شماری به ۲۳ عدد نیز رسیده است (Fathnia و همکاران، ۲۰۱۱؛ لطیفی، ۱۳۷۹). میانگین (ScdS) در مارهای بالغ ۱/۱±۸۵ عدد بوده است که این عدد در مقایسه

با نابالغین به‌طور معنی‌داری بیش‌تر است. علی‌رغم بیش‌تر بودن تعداد این فلس‌ها در مارهای نر (۱۵/۳±۸۷/۱) نسبت به ماده، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. علل احتمالی به‌وجود آمدن این گونه تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌ها بسیار مبهم است اما به‌طورکلی ویژگی‌های ریختی تواماً تحت کنترل دو عامل شرایط محیطی و ژنتیکی هستند (Tuniyev و همکاران، ۱۹۹۷؛ Webster و Sheets، ۲۰۱۰؛ قاضی‌خانلو، ۱۳۹۲).

نکته جالب‌توجه در رابطه با متغیرهایی که به‌صورت نسبتی مورد محاسبه قرار گرفتند حذف مقیاس‌ها و استاندار شدن شرایط مقایسه بین صفات است. در مطالعه‌ای روی گونه مار *Eirenis persicus*، اهمیت استفاده از صفات نسبی به‌منظور مقایسه بهتر صفات اشاره شده است (Rajabizadeh و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از صفات نسبی در بسیاری از تحقیقات ریخت‌سنجی مورد استفاده بوده است (Mitteroecker و Bookstein، ۲۰۱۱). مقایسه نسبت عرض سر به طول سر (HW/HL) در شکل ۵ و طول پوزه به عرض پوزه (SL/SW) در شکل ۶ هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های گروه‌های مختلف مشاهده نشد. بنابراین، بین صفات مذکور نمی‌توان ویژگی بارزی برای یافتن تفاوت کلی بین نمونه‌ها در زیستگاه‌های متنوع پیدا نمود، چراکه این صفات در افراد مختلف این گونه میزان ثابتی دارد و مقیاس مناسبی برای رصد نمودن تغییرات نیست. مقایسه صفات متریک "فاصله پوزه تا دم" به "طول دم" (SVL/TL) نیز نشان‌دهنده تمایز نمونه‌های استان اصفهان و خراسان نسبت به اکثر استان‌ها است (شکل ۷و۸). این امر می‌تواند به‌دلیل اندازه بلندتر دم در نمونه‌های این دو استان در مقایسه با سایر استان‌ها باشد. در گونه‌ای از مارمولک، *Microlophus atacamensis* نشان داده شده است که هیچ‌کدام از صفات متریک و صفات نسبی متریک بین زیستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را ندارد، به‌جز صفت SVL که اختلاف معنی‌داری را نشان داده است. این محققین این گونه نتیجه گرفتند که این صفت به‌عنوان یک شاخص متمایزکننده در مطالعات مشابه قابل استناد است (Ibáñez و همکاران، ۲۰۱۵). از طرفی در نمونه‌های مربوط به استان خراسان به‌راحتی اختلاف معنی‌دار بین اندازه دم به اندازه طول بدن (TL/TOL) نسبت به نمونه‌های سایر استان‌ها مشاهده گردید (شکل ۹). با مقایسه شاخص نسبت طول سر به طول کل بدن (HL/TOL) در استان‌های مختلف می‌توان به این نتیجه رسید که تمام صفات اندازه‌گیری شده در رابطه با اندازه سر و تغییرات جزیی در قسمت‌های مختلف آن مانند طول پوزه به عرض پوزه، نسبت به شرایط مختلف زیستگاهی بیش‌تر قابلیت تغییر دارند (جدول ۶). نتایج به‌دست آمده از آزمون PCA مبین این مسئله است که صفت SVL به‌عنوان یکی از صفات متمایز بین جمعیت‌های متفاوت این گونه در استان‌های مختلف محسوب می‌شود. علاوه براین، صفاتی مانند میزان فاصله پوزه تا بینی و همین‌طور طول دم ازجمله مواردی است که در بین جمعیت استان‌های مختلف متفاوت است. توجه به این مسئله که چه صفاتی منجر به جدایی بین جمعیت‌های یک استان می‌شوند، بسیار مهم است زیرا این صفات می‌توانند در مقیاس جزیی‌تر مورد بررسی قرار گیرند (Langerhans و DeWitt، ۲۰۰۴). در تجزیه و تحلیل مولفه اصلی برای صفات ریخت‌سنجی چهار مولفه اصلی با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ انتخاب شد که ۷۳/۰۰ درصد تنوع را شامل می‌شوند. مهم‌ترین صفات، صفاتی هستند که دارای بیش‌ترین ضریب همبستگی باشند. صفات SVL، TOL، TL و HL با مقادیر ویژه ۰/۷۳، ۰/۲۵۴، ۰/۰۱۱، ۰/۰۰۵ نشان‌دهنده اهمیت شاخص SVL در تمایز جمعیت بین استان‌های مختلف خواهد بود. در مقایسه پراکندگی صفات در شکل ۴ به‌وضوح می‌توان تمایز صفات را در بین نمونه‌های موجود در برخی از استان‌ها نشان داد. به‌عنوان مثال استان آذربایجان غربی که با خط مشکی از سایر استان‌ها متمایز شده است به‌نظر با نمونه‌های اصفهان و خراسان کم‌ترین هم‌پوشانی را نشان می‌دهند. Richtsmeier و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی در رابطه با ریخت‌سنجی گونه‌های مختلف نشان داد که هرچقدر عدم هم‌پوشانی بین افراد یک جمعیت وجود داشته باشد در نتیجه امکان جدایی آن جمعیت و ایجاد فاصله بسیار بیش‌تر خواهد بود. طبق آن‌چه در نتایج نشان داده شد، می‌توان این گونه ادعا نمود که نمونه‌های موجود در آذربایجان‌شرقی که در نزدیک‌ترین بعد مسافت را نسبت به استان آذربایجان‌غربی قرار دارند در اغلب صفات برآورد شده هیچ اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. این مورد با رجوع به اشکال موجود در نتایج قابل درک است. آن‌چه در این قسمت مهم می‌شود، میزان فاصله بین جمعیت‌ها برای جدایی صفات است اهمیت این فاصله و جدایی جمعیت تا جایی است که در رابطه با گونه‌های کوچک‌جثه مانند حشرات نیز مورد توجه قرار می‌گیرد که Abou-Shaara و Al-Ghamdi (۲۰۱۲) به بررسی فاصله بین جمعیت زنبور عسل برای تشکیل زیرگونه جدید پرداخت.. در بین جمعیت‌های مختلف تنها اختلاف معنی‌دار بین اندازه بال‌ها به‌دست آمد که دریافتند هرچقدر اندازه بال نمونه بزرگ‌تر باشد، امکان ایجاد فاصله کم‌تر و در نتیجه فاصله ژنی کم‌تری با گذر زمان وجود دارد. در رابطه با خزندگان نیز چون قدرت حرکتی بسیار سریع و بالایی ندارند بنابراین توجه به تغییرات صفات در زیستگاه‌های مختلف به‌راحتی ممکن است منجر به ایجاد جمعیت جدید گردد (Ibáñez و همکاران، ۲۰۱۵). در رابطه با *H. ravergieri* مورد بررسی در این تحقیق، تحلیل آنالیزهای رج‌بندی در بین صفات متریک می‌توان به این نتیجه رسید که تغییر در اندازه کل بدن و حتی صفات موجود در قسمت ابتدایی بدن گونه (سر) می‌تواند از عوامل اساسی سازش گونه در هر زیستگاه

باشد. اهمیت تغییر ویژگی‌های صفات سر در بسیاری از مطالعات مرتبط با خزندگان بررسی شده است، زیرا تفاوت در اندازه طول و عرض سر منجر به سازش‌های مختلفی در رابطه با رفتار تغذیه‌ای گونه نیز می‌شود (Ibáñez و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به نتایج حاصل شده از آنالیزهای تحلیل به مولفه اصلی می‌توان به این جمع‌بندی رسید که نمونه‌هایی موجود در گروه یک و سه با دو چهار در رابطه با صفت Scd اختلاف معنی‌داری را با سایرین نشان می‌دهند در مقایسه استانی بین نمونه‌ها، نمونه‌های موجود دراستان خراسان در صفت متریک TL اختلاف معنی‌داری را با نمونه‌های سایر استان‌ها نشان دادند. به‌طور کلی می‌توان این‌گونه بیان نمود که نمونه‌های موجود استان‌های شمال غرب کشور مانند آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی و زنجان از لحاظ صفات قابل بررسی در این تحقیق قرابت بیش‌تری با نمونه‌های موجود در استان چهارمحال بختیاری دارند. نمونه‌های موجود در گروه پنجم (استان‌فارس‌وکرمان) از لحاظ بررسی صفات در شرایطی بینابین سایر گونه‌ها هستند و تفاوت معنی‌داری را با سایر گروه‌ها نشان نمی‌دهند.

منابع

۱. **حجتی، و.، ۱۳۹۰.** فیلوژنی مولکولی و مطالعه گامتوژنز در مارمولک *C.caspium* در شمال ایران. رساله دکترای جانوری تکوینی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۴۰ صفحه.

۲. **قاضی‌خانلو، ا. و کمی، ح.ق.، ۱۳۹۲،** بررسی مورفولوژی مارپلنگی در ایران. محیط‌زیست‌جانوری. سال ۵، شماره ۴، صفحات ۵۷ تا ۶۷.

۳. **لطیفی، م.، ۱۳۷۹.** مارهای ایران. انتشارات سازمان محیط زیست. ۴۷۸ صفحه.

۴. **عبدلی، ا. و نادری، م.، ۱۳۸۷.** تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات آبزیان. ۲۴۴ صفحه.

۵. **Abou-Shaara, H. and Al-Ghamdi, A., 2012.** Studies on wings symmetry and honey bee races discrimination by using standard and geometric morphometrics. Biotechnology in animal husbandry. Vol. 28, No. 3, pp: 575-584.

۶. **Babocsay, G., 2003.** Geographic variation in *Echis coloratus* in the Levant with the description of a new subspecies. Zoology in the Middle East. Vol. 29, No. 1, pp: 13-32.

۷. **Bai, Y.; Ma, L.B.; Xu, S.Q. and Wang, G.H., 2015.** A geometric morphometric study of the wing shapes of *Pieris rapae* from the Qinling Mountains and adjacent regions: An environmental and distance-based consideration. Florida Entomologist. Vol. 98, No. 1, pp: 162-169.

۸. **Daniels, E.V.; Mooney, K.A. and Reed, R.D., 2012.** Seasonal wing colour plasticity varies dramatically between buckeye butterfly populations in different climatic zones. Ecological Entomology. Vol. 37, No. 2, pp: 155-159.

۹. **Eagderi, S. and Nasri, M., 2012.** A first record of the Bitterling *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) in the Iranian part of Tigris-Euphrates basin. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. Vol. 3, No. 3, pp: 639-641.

۱۰. **Fathnia, B.; Rastegar Pouyani, N. and Rajabzadeh, M., 2011.** The snake fauna of Ilam Province, southwestern Iran. Iranian J of Animal Biosystematics. Vol. 6, No. 1.

۱۱. **Fruciano, C.; Tigano, C. and Ferrito, V., 2012.** Body shape variation and colour change during growth in a protogynous fish. Environ biology of fishes. Vol. 94, No. 4, pp: 615-622.

۱۲. **Gaspe, M.S.; Gurevitz, J.M.; Gürtler, R.E. and Dujardin, J.P., 2013.** Origins of house reinfestation with Triatoma infestans after insecticide spraying in the Argentine Chaco using wing geometric morphometry. Infection, Genetics and Evolution. Vol. 17, pp: 93-100.

۱۳. **Gholamifard, A.; Rastegar Pouayni, N. and Esmaeili, H., 2012.** Annotated checklist of reptiles of Fars Province, southern Iran. Iranian J of Animal Biosystema. Vol. 8, No. 2.

۱۴. **Gibbs, M.; Wiklund, C. and Van Dyck, H., 2011.** Phenotypic plasticity in butterfly morphology in response to weather conditions during development. Journal of Zoology. Vol. 283, No. 3, pp: 162-168.

۱۵. **Glandt, D., 2009.** Taschenlexikon der Amphibien und Reptilien Europas. Alle Arten von den Kanarischen Inseln bis zum Ural: Quelle & Meyer; 1. edition

۱۶. **Grzimek, B., 2003.** Grzimek's animal life encyclopedia: Reptiles: Nature.

۱۷. **Guill, J.; Hood, C. and Heins, D., 2003.** Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). Ecology of Freshwater Fish. Vol. 12, No. 2, pp: 134-140.

۱۸. **Holtmeier, C.L., 2001.** Heterochrony, maternal effects, and phenotypic variation among sympatric pupfishes. Evolution. Vol. 55, No. 2, pp: 330-338.

۱۹. **Ibáñez, S.; Vidal, M.A.; Ortiz, J.C. and Torres Pérez, F., 2015.** Geometric morphometric analysis of the head of *Microlophus atacamensis* (Tropiduridae) in a latitudinal gradient. Zoological Studies. Vol. 54, No. 1, pp: 1-8.

۲۰. **Karakousis, Y.; Triantaphyllidis, C. and Economidis, P., 1991.** Morphological variability among seven populations of brown trout, *Salmo trutta* L. in Greece. Journal of fish Biology. Vol. 38, No. 6, pp: 807-817.

۲۱. **Klingenberg, C.P., 2011.** MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Molecular ecology resources. Vol. 11, No. 2, pp: 353-357.

۲۲. **Langerhans, R.B. and DeWitt, T.J., 2004.** Shared and unique features of evolutionary diversification. The American Naturalist. Vol. 164, No. 3, pp: 335-349.

۲۳. **Mitteroecker, P. and Bookstein, F., 2011.** Linear discrimination, ordination, and the visualization of selection gradients in modern morphometrics. Evolutionary Biology. Vol. 38, No. 1, pp: 100-114.

۲۴. **Moradi, N.; Rastegar-Pouyani, N. and Rastegar-Pouyani, E., 2014.** Geographic variation in the morphology of *Macrovipera lebetina* (Linnaeus, 1758)(Ophidia: Viperidae) in Iran. Acta Herpetologica. Vol. 9, No. 2, pp: 187-202.

۲۵. **Nicieza, A., 1995.** Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift. Functional Ecology. pp: 448-456.

۲۶. **Otaki, J.M.; Hiyama, A.; Iwata, M. and Kudo, T., 2010.** Phenotypic plasticity in the range-margin population of the lycaenid butterfly Zizeeria maha. BMC evolutionary biology. Vol. 10, No. 1, pp: 252.

۲۷. **Rajabizadeh, M.; Nagy, Z.T.; Adriaens, D.; Avci, A.; Masroor, R.; Schmidtler, J.; Nazarov, R.; Esmaeili, H.R. and Christiaens, J., 2015.** Alpine Himalayan orogeny drove correlated morphological, molecular, and ecological diversification in the Persian dwarf snake (Squamata: Serpentes: Eirenis persicus). Zoological Journal of the Linnean Society. Vol. 176, No. 4, pp: 878-913.

۲۸. **Rastegar-Pouyani, N.; Kami, H.G.; Rajabzadeh, H.; Shafiei, S. and Anderson, S.C., 2008.** Annotated checklist of amphibians and reptiles of Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics. Vol. 4, No. 1, pp: 7-30

۲۹. **Richtsmeier, J.T.; Burke Deleon, V. and Lele, S.R., 2002.** The promise of geometric morphometrics. American Journal of Physical Anthropology. Vol. 119, No. 35, pp: 63-91.

۳۰. **Schätti, B. and Agasian, A., 1985.** Ein neues Konzept für den" Coluber ravergieri C. nummifer" Komplex (Reptilia, Serpentes, Colubridae).

۳۱. **Schoville, S.D.; Widmer, I.; Deschamps-Cottin, M. and Manel, S., 2013.** Morphological clines and weak drift along an urbanization gradient in the butterfly, Pieris rapae. PloS one. Vol. 8, No. 12. e83095.

۳۲. **Storey, J.D. and Tibshirani, R., 2003.** Statistical significance for genomewide studies. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 100, No. 16, pp: 9440-9445.

۳۳. **Tuniyev, B.S.; Atayev, C.A. and Shammakov, S.M., 1997.** On the distribution of *Coluber ravergieri* and *Coluber nummifer* in Turkmenistan and the possible evolutionary reasons for their polymorphism. Asiatic Herpetological Research. Vol. 7, pp: 131-136.

۳۴. **Vandewoestijne, S. and Van Dyck, H., 2011.** Flight morphology along a latitudinal gradient in a butterfly: do geographic clines differ between agricultural and woodland landscapes? Ecography. Vol. 34, No. 5, pp: 876-886.

۳۵. **Webster, M. and Sheets, H.D., 2010.** A practical introduction to landmark-based geometric morphometrics. Quantitative Methods in Paleobiology. Vol. 16, pp: 168-188.

۳۶. **Wootton, R., 2012.** Ecology of teleost fishes: Springer Science & Business Media.