

## تنوع ریختی گونه سیاهماهی باله بلند (*Paracpoeta trutta*) در زیر حوضه‌های بخش ایرانی حوضه آبریز خلیج فارس

زهره مهربانی<sup>۱</sup>، سهیل ایگدری<sup>۲\*</sup>، هادی پورباقر<sup>۳</sup>

### چکیده

**مقدمه:** این مطالعه به منظور بررسی تنوع ریختی سیاهماهی باله بلند (*Paracpoeta trutta*) در هفت جمعیت از زیرحوضه‌های بخش ایرانی حوضه خلیج فارس شامل حوضه‌های رودخانه سیروان، زاب کوچک، کارون، گاماسیاب، زمکان، گذارخوش و زهره (تنگ شیو) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. **روش‌ها:** برای این منظور تعداد ۱۶۱ قطعه ماهی با استفاده از تورگوشگیر و الکتروشوکر نمونه‌برداری شدند. به منظور استخراج داده‌های ریختی در روش هندسی، از سمت چپ جانبی ماهی‌ها عکس گرفته شد و لندمارک برای آن‌ها تعریف شد. براساس نتایج تحلیل همبستگی کانونی دو جمعیت گذارخوش و زاب کوچک از سایر جمعیت‌ها جدا تفکیک شده‌اند. **نتایج و بحث:** براساس نتایج فواصل ماهالانوبیس بین جمعیت‌های مورد مطالعه، بیشترین و کمترین مقدار فاصله ماهالانوبیس به ترتیب بین جمعیت‌های تنگ‌شیو و گذارخوش و جمعیت سیروان و زمکان بود. آنالیز خوشه‌ای نیز جمعیت‌های گاماسیاب، کارون، سیروان، زمکان و تنگ‌شیو را در یک شاخه و جمعیت‌های گذارخوش و زاب کوچک را نیز در یک شاخه دیگر قرار داد. نتایج این مطالعه قابلیت انعطاف‌پذیری ریختی این گونه در سازگاری با زیستگاه‌های مختلف در صفات مشابه شامل عمق سر، تنه و دم و همچنین طول سر، خود را با شرایط زیستگاهی را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** انعطاف‌پذیری ریختی، تحلیل خوشه‌ای، ریخت‌سنجی، سیاهماهی بین‌النهرین.

۱. دانشجوی دکتری بوم‌شناسی آبریز سیلاتی، گروه سیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. دانشیار گروه سیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران (\*ایمیل نویسنده مسئول: [soheil.eagderi@ut.ac.ir](mailto:soheil.eagderi@ut.ac.ir))
۳. دانشیار گروه سیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

## مقدمه

از مجموع ۳۴ گونه جنس *Paracapoeta*، تعداد ۲۱ گونه در آب‌های داخلی ایران پراکنش دارد (Eagderi *et al.*, 2021). براساس مطالعات قبلی، این جنس به سه گروه شامل آناتولی - ایرانی (گروه سیاه‌ماهی‌های فلس ریز یا *P. damascina*)، آرال - خزری (گروه سیاه‌ماهی‌های فلس درشت یا *P. capoeta*) و بین‌النهرین (گروه سیاه‌ماهی‌های خالدار *P. trutta*) تقسیم می‌شوند (Çiçek *et al.*, 2021). اعضای سیاه‌ماهی‌های بین‌النهرینی در ایران سه گونه سیاه‌ماهی باله بلند (*P. trutta*)، سیاه‌ماهی مُند (*P. mandica*) و سیاه‌ماهی میناب (*P. anamisensis*) را شامل می‌شوند که در حوضه‌های تیگریس، زهره، پرسیس و مکران پراکنش دارند (Esmaeili *et al.*, 2018).

گونه سیاه‌ماهی باله بلند به واسطه داشتن فلس‌های کوچک، دهان مورب زیرین با لبه‌های شاخی، شعاع‌های باله پشتی با ۵-۳ غیرمنشعب و ۹-۷ منشعب، شعاع‌های باله مخرجی با ۳-۲ غیرمنشعب و ۵ منشعب و ۹۰-۶۸ فلس در خط جانبی، ۱۸-۱۵ فلس در بالا و ۱۷-۱۰ فلس در پایین خط جانبی و همچنین داشتن ۳۳-۲۳ خار آبششی و دندان حلقی با فرمول ۲، ۳، ۴ - ۴، ۳، ۲ با سر قاشقی شکل قابل شناسایی اند (Keivany *et al.*, 2016). سر، بدن و باله پشتی این گونه با نقاط سیاه کوچکی پوشیده شده است که در زمینه نقره‌ای به وضوح قابل مشاهده هستند، هرچند که برخی جمعیت‌ها فاقد این لکه‌ها بوده و یا لکه‌های ضعیفی دارند. پایه باله‌های زیرین نارنجی تا زرد با حاشیه تیره است (Keivany *et al.*, 2016). این گونه دامنه پراکنش بالایی در حوضه خلیج فارس دارد و در حوضه Quwayotu سوریه، Orontes ترکیه، سیستم رودخانه فرات-تیگریس و رودخانه زهره در کشورهای ایران، ترکیه، سوریه و عراق یافت می‌شود (Taghavi Niya *et al.*, 2015). این گونه در دامنه وسیعی از زیستگاه‌ها شامل نه‌رها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها زندگی می‌کند و اندازه آن تا ۴۸ سانتی‌متر نیز می‌رسد (Keivany *et al.*, 2016).

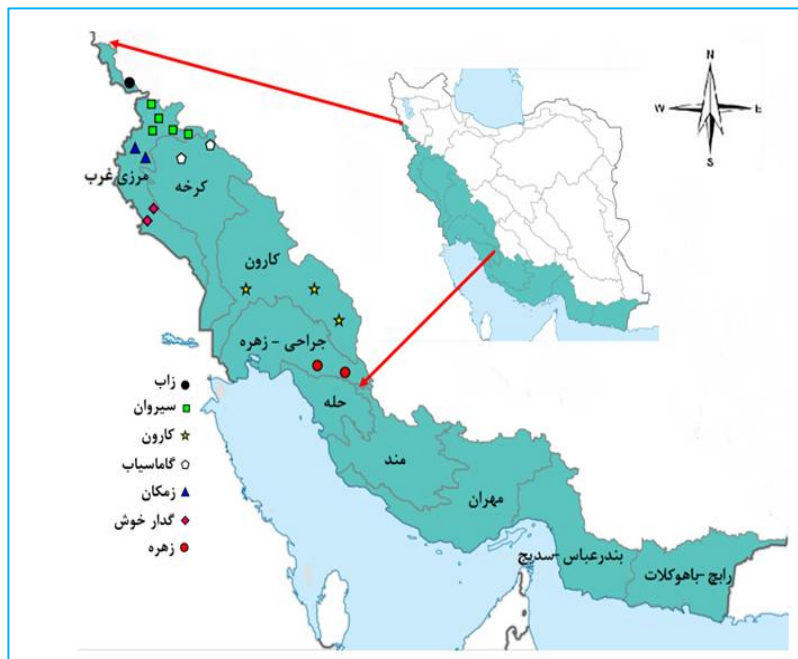
شکل بدن جزء مهم ریخت یک موجود زنده است که مستقیماً به ویژگی تغذیه‌ای، شنا و تولیدمثلی آن‌ها مرتبط است (Mouludi-Saleh *et al.*, 2020a; Mouludi-Saleh & Keivany, 2018). از این رو مطالعه تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های یک گونه، یک ابزار مهم برای درک چگونگی ایجاد تنوع ریختی، زیست‌شناسی تکاملی و تنوع یک موجود زنده است (Seçer *et al.*, 2020; Mouludi-Saleh *et al.*, 2020b). چرا که ریخت یک موجود (خصوصاً ماهی‌های آب شیرین) تحت تاثیر فاکتورهای محیطی و زیستگاهی تغییر می‌کند (Mouludi-Saleh *et al.*, 2020a) و به عنوان انعطاف‌پذیری ریختی شناخته می‌شود. درک تفاوت‌های ریختی می‌تواند به عنوان ابزاری برای درجه‌تمایز جمعیت‌ها، سازگاری‌های اکولوژیک، انتخاب زیستگاه، تنوع ژنتیکی و ارزیابی رابطه بین ریخت و فاکتورهای زیستگاهی مورد استفاده قرار گیرد (Radkhan *et al.*, 2015; Abbasi *et al.*, 2021).

با توجه به مطالب فوق، مقایسه شکل بدن جمعیت‌های سیاه‌ماهی باله بلند که در نواحی بالادست رودخانه‌ها زیست می‌کنند، می‌تواند به درک الگوهای انعطاف‌پذیری ریختی این گونه برای زیست در طیف وسیعی از زیستگاه‌ها و دلیل پراکنش بالای این گونه در زیر حوضه‌های آبریز خلیج فارس کمک نماید. همچنین جدایی ریختی جمعیت‌های مورد مطالعه می‌تواند به درک روند سازگاری ریختی که منجر به گونه‌زایی برخی جمعیت‌های ناهمجا این گونه در برخی زیرحوضه‌های خلیج فارس از جمله حوضه‌های مُند و مکران شده کمک نموده و تابلویی از روند تکاملی این گونه را در بین سیاه‌ماهی‌های بین‌النهرینی ارائه دهد. از این رو تحقیق حاضر با هدف بررسی تنوع ریختی گونه سیاه‌ماهی باله بلند (*Paracpoeta trutta*) در زیرحوضه‌های بخش ایرانی حوضه آبریز خلیج فارس با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. در روش ریخت‌سنجی هندسی شکل بدن به وسیله نقاط لندمارک استخراج و مورد آنالیز قرار می‌گیرد (Rohlf & Marcus, 1993; Razavipour *et al.*, 2015) و دقت بالایی در آشکارسازی تفاوت‌های ریختی حتی جزئی درون گونه‌ای دارد (Mouludi-Saleh *et al.*, 2019; Mouludi-Saleh & Eagderi, 2021).

## مواد و روش‌ها

تعداد ۱۶۱ قطعه ماهی شامل هفت جمعیت از رودخانه‌های سیروان، زاب کوچک، کارون، گاماسیاب، زمکان، گدارخوش و تنگ‌شیو (زه‌ره) با استفاده از تور گوشگیر و الکتروشوکر صید شد (شکل و جدول ۱). نمونه‌ها پس از صید در محلول گل میخک بیهوش و تصاویر دو بعدی از سمت چپ آن‌ها تهیه گردید. نمونه‌ها پس از تثبیت در محلول فرمالین بافوری ده درصد، به آزمایشگاه تکوین و بیوسیستماتیک دانشگاه تهران منتقل شدند. به‌منظور استخراج داده‌های ریختی در روش هندسی تعداد ۱۸ نقطه لندمارک بر روی تصاویر گرفته شده از سمت جانبی نمونه‌ها در نرم‌افزار tpsDig2 تعریف و رقومی‌سازی گردید (شکل ۲). برای حذف اثرات غیر شکل شامل اندازه، جهت و موقعیت، آنالیز پروکراست انجام شد.

داده‌های حاصل به‌منظور بررسی تفاوت‌های ریختی با استفاده از آنالیزهای چند متغییره تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA = Principal Component Analysis)، تحلیل همبستگی کانونی (CVA = Canonical Variate Analysis) براساس ارزش P در تحلیل واریانس چند متغیره (MANOVA) و تحلیل خوشه‌ای (CA = Cluster Analysis) تحلیل شدند. مقادیر فاصله ماهالانوبیس به‌عنوان درجه تمایز بین گروه‌های مورد مطالعه به دست آمد. رسم الگوهای ریختی میانگین شکل هر جمعیت نیز با استفاده از نرم‌افزار Morpho J در نمودار قاب سیمی (Wireframe) استخراج شد. تمام آنالیزهای آماری در نرم‌افزارهای PAST v2.17b (Hammer *et al.*, 2001) و MorphoJ (Klingenberg, 1998) انجام شد.



شکل ۱- نقشه ایستگاه‌های نقاط نمونه‌برداری در بخش ایرانی حوضه خلیج فارس.

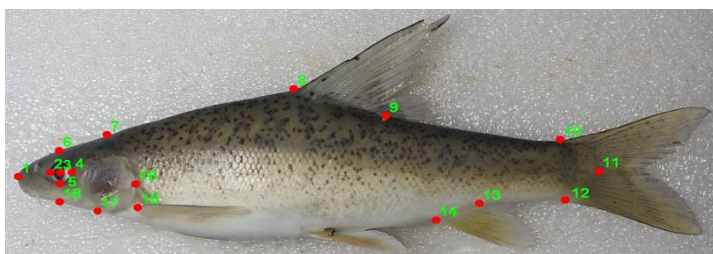
Figure 1. Map of sampling stations in Iranian sub-basins of the Persian Gulf.

جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های نقاط نمونه‌برداری در بخش ایرانی حوضه خلیج فارس.

Table 1. Description of the sites sampled in Iranian sub-basins of the Persian Gulf.

شماره	زیر حوضه	استان - رودخانه	تعداد	کل
جمعیت ۱	سیروان	مریوان - سیروان (پایین تر از سد گاوشان)	۱۵	۴۸
		مریوان - سیروان (قلعه‌چی)	۵	
		مریوان - سیروان (ابراهیم آباد)	۵	
		کردستان - سیروان (هورامان)	۹	
جمعیت ۲	زاب کوچک	کرمانشاه - گاوهرود	۱۴	۱۶
		کردستان - زاب کوچک	۱۶	
جمعیت ۳	کارون	یاسوج - بشار	۷	۱۴
		چهارمحال و بختیاری - کارون	۳	
		خوزستان - کارون	۴	
جمعیت ۴	گاماسیاب	همدان - گاماسیاب (کنگاور)	۳	۱۷
		کرمانشاه - گاماسیاب	۱۴	
جمعیت ۵	زمکان	کرمانشاه - ثلاث باباجانی	۱۴	۲۹

شماره	زیر حوضه	استان - رودخانه	تعداد	کل
		کرمانشاه - زمکان	۱۵	
۶	گدارخوش	ایلام - گدارخوش	۱۱	۱۵
		لرستان - گدارخوش (سرچم)	۴	
۷	زهره	فارس - تنگ‌شویو	۱۴	۲۲
		کهگیلویه و بویر احمد - دوگنبدان	۸	
		جمع کل	۱۶۱	



شکل ۲- جایگاه لندمارک‌های تعیین شده بر روی گونه سیاه‌ماهی باله بلند.

۱- ابتدایی‌ترین نقطه پوزه در فک بالا، ۲- ابتدای چشم، ۳- مرکز چشم، ۴- انتهای چشم، ۵- لبه پایین چشم، ۶- قسمت فوقانی سر عمود بر مرکز چشم، ۷- انتهای‌ترین نقطه بالای سر (قفا)، ۸- منشأ قاعده‌ی باله پشتی، ۹- انتهای قاعده‌ی باله پشتی، ۱۰- انتهای بالایی ساقه دم‌ی در محل اتصال به باله دم‌ی، ۱۱- انتهای ساقه دم‌ی (انتهای ستون مهره)، ۱۲- انتهای پایینی ساقه دم‌ی در محل اتصال به باله دم‌ی، ۱۳- انتهای قاعده‌ی باله مخرجی، ۱۴- منشأ قاعده باله مخرجی، ۱۵- ابتدایی‌ترین نقطه‌ی قاعده‌ی باله‌ی سینه‌ای، ۱۶- انتهای‌ترین قسمت سرپوش آبششی، ۱۷- تقاطع شکاف آبششی و ناحیه شکمی و ۱۸- قسمت تحتانی سر عمود بر مرکز چشم.

**Figure 2.** The defined landmark points for extracting the body shape data of longspine scraper: (1) the anterior-most point of the snout tip on the upper jaw, (2) the anterior-most point of the eye, (3) the center of the eye, (4) the posterior-most point of the eye, (5) ventral edge of the eye, (6) dorsal edge of the head perpendicular to the center of eye, (7) the posterodorsal end of the head (nape), (8) origin and (9) insertion point of the dorsal fin base, (6) posterior dorsal end of the caudal peduncle at its connection to the caudal fin, (11) posterior end of the caudal peduncle (the posterior end of vertebral column), (12) posteroventral end of caudal peduncle at its connection to caudal fin, (13) insertion and (14) origin point of the anal fin base, (15) most anterior point of the pectoral fin, (16) posterior edge of the opercle, (17) ventral end of the gill slit and (14) ventral edge of the head perpendicular to the center of the eye.

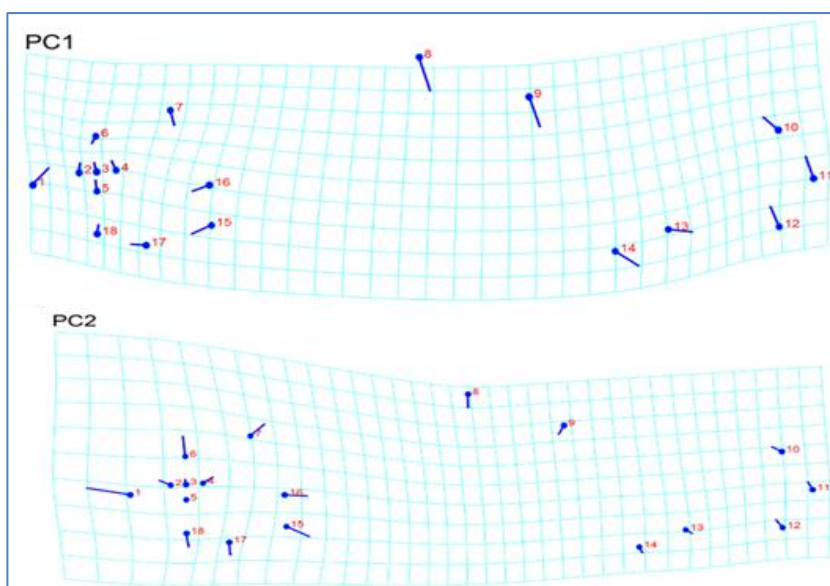
## نتایج

بر اساس نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی، پنج مؤلفه به عنوان مولفه‌های اصلی و تاثیرگذار در تفکیک ریختی جمعیت‌های مورد بالاتر از خط برش جولیف (Jolliffe, 2002) قرار گرفتند که مجموع آن‌ها ۷۷/۹۷ درصد واریانس را به خود اختصاص داد (جدول ۲). نمودار تحلیل مولفه‌های اصلی بیانگر همپوشانی جمعیت‌های مورد مطالعه بود و الگوی تغییر شکل بدن جمعیت‌ها در دو انتهای مولفه اصلی اول و دوم (PC1 و PC2) در شکل ۳ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی

Table 2. The results of principal component analysis.

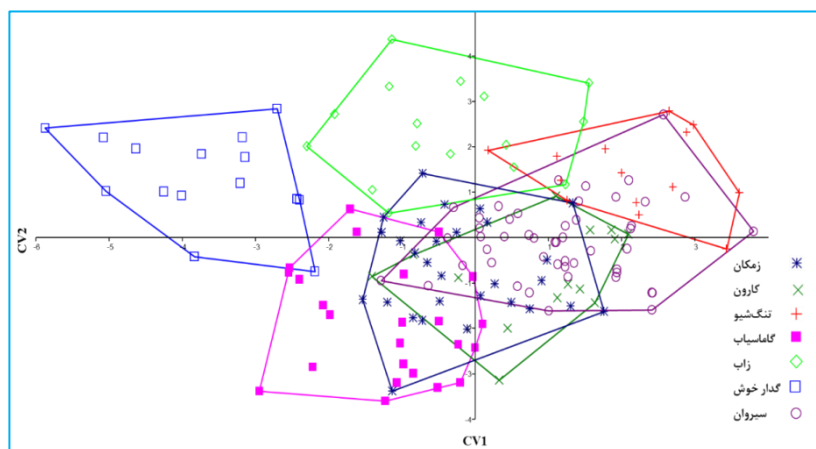
% variance	Eigenvalue	PC
۳۶/۱۳	۰/۰۰۰۳۹	۱
۱۸/۶۰	۰/۰۰۰۲	۲
۹/۷۶	۰/۰۰۰۱	۳
۷/۵۷	۰/۰۰۰۰۸۱۷	۴
۵/۹۱	۰/۰۰۰۰۶۳۹	۵



شکل ۳- تغییرات شکل بدن در جمعیت‌های مورد مطالعه سیاه‌ماهی باله بلند در جهت مولفه‌های اول و دوم.

Figure 3. Body shape variations of the studied longspine scraper populations along the first and second PCA axes.

براساس نتایج تحلیل همبستگی کانونی جمعیت گذارخوش و زاب کوچک از سایر جمعیت‌ها جدا افتاده و جمعیت‌های دیگر نیز تا حدودی از یکدیگر تفکیک شده‌اند (شکل ۴). همچنین نتایج MANOVA، بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان داد ( $Wilks\ lambda = 0.01242, f = 4.184; P < 1.668E-44$ ). فواصل ماهالانوبیس و پروکراسست بین جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. براساس نتایج، بیشترین و کمترین مقدار فاصله ماهالانوبیس به ترتیب بین جمعیت‌های تنگ‌شیو و گذارخوش (۶/۱۰۱۶) و جمعیت سیروان و زمکان (۲/۳۹۶۳) به دست آمد.



شکل ۴- نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌ها مورد مطالعه سیاه‌ماهی باله بلند.  
Figure 4. Graph of canonical variate analysis of body shape of the studied longspine scraper populations.

جدول ۳- فواصل ماهالانوبیس بین جمعیت‌ها مورد مطالعه سیاه‌ماهی باله بلند.

Table 3. Mahalanobis distances of the studied populations of longspine scraper.

	تنگ‌شیو	گذارخوش	زاب کوچک	گاماسیاب	کارون	سیروان
گذارخوش	۶/۱۰					
زاب کوچک	۵/۱۶	۵/۰۱				
گاماسیاب	۵/۳۳	۴/۶۶	۴/۷۳			
کارون	۴/۳۲	۴/۴۷	۴/۵۲	۳/۵۸		
سیروان	۴/۱۳	۵/۲۱	۳/۴۳	۳/۳۸	۲/۷۳	
زمکان	۴/۲۵	۴/۳۳	۴/۱۳	۲/۷۲	۲/۸۸	۲/۴۰



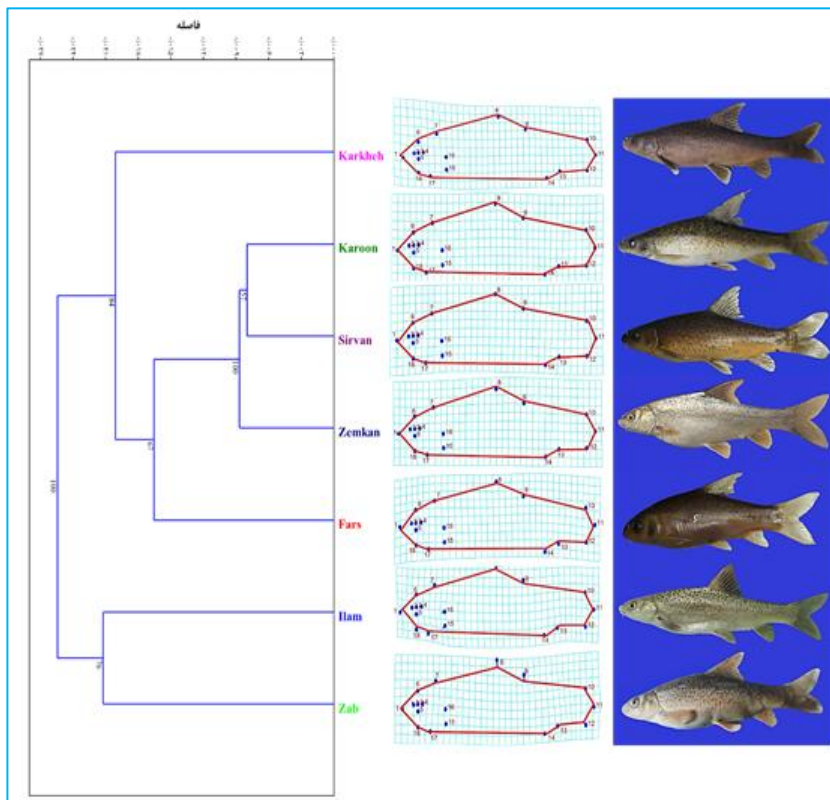
جدول ۴- مقدار ارزش P حاصل از تست permutation برای فواصل ماهالانوبیس بین جمعیت‌های سیاه‌ماهی باله بلند.

**Table 4. P-value obtained from the permutation test from Mahalanobis distances between the populations of longspine scraper.**

	سیروان	کارون	گاماسیاب	زاب کوچک	گذارخوش	تنگ‌شویو
گذارخوش						<۰/۰۰۱
زاب کوچک					<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
گاماسیاب				<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
کارون			<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
سیروان		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
زمکان	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

آنالیز خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه براساس شکل بدن ضریب کوپرنیک ۰/۹۳ داشت که بیانگر همبستگی بالای نمودار است. بر این اساس جمعیت‌های گاماسیاب، کارون، سیروان، زمکان و تنگ‌شویو با ۱۰۰ درخت احتمالی در یک شاخه و جدا از شاخه جمعیت‌های گذارخوش و زاب کوچک قرار گرفته‌اند. میانگین شکل بدن هر جمعیت نسبت به میانگین شکل کل در شبکه تغییر شکل براساس الگوی جابجایی لندهمارک‌ها در مقابل هر جمعیت ارائه شده است (شکل ۵).

براساس نتایج، ماهی‌های رودخانه زاب کوچک دارای ساقه دمی و بدن کم عمق نسبت به جمعیت گذارخوش بودند. همچنین، جمعیت گذارخوش دارای سر کوچکتر و کم عمق‌تر و موقعیت قدامی‌تر باله سینه‌ای بود. جمعیت رودخانه تنگ‌شویو دارای قاعده باله مخرجی کوتاه‌تر و موقعیت دهانی شکمی‌تر بودند. به علاوه جمعیت ماهی‌های رودخانه گاماسیاب دارای سری درازتر در مقایسه با دیگر جمعیت‌ها بودند.



شکل ۵- تحلیل خوشه‌ای شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه سیاه‌ماهی باله بلند.

Figure 5. Cluster analysis results of the studied longspine scraper populations' body shape.

### بحث

نتایج این مطالعه تمایز شکل بدن جمعیت‌های مختلف سیاه‌ماهی باله بلند در بخش ایرانی حوضه خلیج فارس با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی را نشان داد که بیانگر انعطاف‌پذیری بالای این گونه به شرایط محیطی زیستگاه‌های آن‌ها است. عمده تفاوت‌های مشاهده شده مربوط به تغییرات عمق بدن و ساقه دم و موقعیت باله‌ها بود، به طوری که جمعیت‌های تنگ‌شیو، زمکان، سیروان، کارون و گاماسیاب به واسطه عمق بدن بیشتر در یک گروه و دو جمعیت گدارخوش و زاب کوچک به واسطه سر کوتاه‌تر و عمق دم و بدن کمتر از جمعیت‌های دیگر تفکیک و در شاخه دیگر قرار گرفتند.

Asgardoon و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تنوع ریختی میان جمعیت سیاه‌ماهی (*Paracapoeta trutta*) در رودخانه‌های کنگیر سیاهگل ایلام، گاماسیاب و چم نهشت کردستان بیان کردند که عرض و ارتفاع سر در ناحیه چشمی، فاصله چشم تا انتهای سرپوش آبششی، قطر چشم، طول قاعده باله پشتی، ارتفاع باله پشتی، طول قاعده باله شکمی، ارتفاع باله شکمی، ابتدای باله مخرجی تا نوک پوزه و تعداد فلس‌های ابتدای باله شکمی تا خط جانبی در طول مولفه اول و صفات طول سر، ارتفاع سر در ناحیه چشمی، ارتفاع کمینه بدن، ارتفاع باله پشتی، ارتفاع باله مخرجی و ارتفاع باله سینه‌ای در طول مولفه دوم از صفات اصلی متمایز کننده جمعیت‌ها بود.

در مطالعه‌ای دیگر عرب و کیوانی (۱۳۹۹) در بررسی ریخت‌سنجی هندسی سیاه‌ماهی خالدار (*Paracapoeta trutta*) در رودخانه‌های اهرم، خیرآباد، فهلیان و مند حوضه بوشهر گزارش کردند که بیشترین تفاوت بین جمعیت‌های خیرآباد و فهلیان وجود دارد و عمده تفاوت‌های موجود بین جمعیت‌ها نیز ارتفاع سر، ساقه دمی و بدن بیان شد. هرچند که در این مطالعه ماهی‌های رودخانه‌های اهرم و مند به اشتباه شناسایی شده و متعلق به گونه سیاه‌ماهی مُند (*P. mandica*) است.

در مطالعه دیگر که در هشت رودخانه از حوضه تیگریس که بر روی سیاه‌ماهی خالدار انجام شد و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب و فواصل جغرافیایی را عامل اصلی تغییرات ریختی مشاهده شده بیان کرده‌اند (Keivany & Arab, 2017). با توجه به شباهت صفات تفکیک کننده مطالعه‌های پیشین با مطالعه حاضر، می‌توان چنین بیان نمود که این گونه عام‌گرا با پراکنش بالا با استفاده از تغییرات ریختی مرتبط با عمق سر، تنه و دم و همچنین طول سر، خود را با شرایط محیطی و زیستگاه مورد پراکنش سازگار می‌کند. تغییرات ریختی در ماهی‌ها به رفتارهای مختلفی از جمله شنا (تغییر در موقعیت باله‌ها)، جلوگیری از شکار و سازگاری با شدت جریان آب (عمق بدن) و رژیم غذایی مختلف (اندازه سر و موقعیت دهان) ارتباط داده شده است (Guill et al., 2003; Nasri et al., 2015). ماهی‌ها با عمق بدن بیشتر خود مانع از

شکار می‌شوند (Ahmadi *et al.*, 2016) و نسبت به محیط‌های ساکن و با جریان کم سازگار می‌گردند (Eagderi *et al.*, 2020).

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که این گونه در زیستگاه‌های مختلف با استفاده از انعطاف‌پذیری ریختی در صفات مشابه شامل عمق سر، تنه و دم و همچنین طول سر، خود را با شرایط زیستگاهی سازگار می‌کند. به علاوه با توجه به الگوی تنوع ریختی جمعیت‌های مورد مطالعه سیاه‌ماهی خالدار، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تفاوت‌های ریختی ارتفاع سر، تنه و دم، طول سر و جایگاه‌های باله‌های مخرجی و سینه‌ای مربوط به قابلیت انعطاف‌پذیری ریختی این گونه جهت سازگاری با ویژگی‌های زیستگاهی است. کاربرد این ویژگی‌های ریختی به عنوان صفات تمایز دهنده آرایه‌شناختی می‌تواند سبب اشکال در شناسایی آرایه‌های سیاه‌ماهی‌های بین‌النهرینی گردد، بنابراین از کاربرد چنین صفاتی در مطالعات آرایه‌شناختی اجتناب گردد. همچنین با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود که جمعیت‌های این گونه در هر زیرحوضه به همراه فاکتورهای موثر محیطی مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان بهتر در مورد عوامل موثر بر تمایز ریختی وابسته به زیستگاه اظهار نظر نمود.

## سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم دانسته که مراتب تشکر خود را از کلیه افرادی که در انجام این تحقیق آن‌ها را یاری کرده‌اند، اعلام دارند.

## تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی در این مقاله وجود ندارد.

## منابع

- Abbasi, K., Mouludi-Saleh, A. & Eagderi, S. (2021). Morphological diversity of the Caspian Asp, *Leuciscus aspius*, in the South Caspian Sea basin (*Osteichthyes: Cyprinidae*). *Zoology in the Middle East*, 67(1), 25-31.
- Ahmadi, S., Eagdari, E. & Javadzadeh, N. (2016). Study of body shape phenotypic plasticity of Carassin (*Carrassius auratus*): case study of Sefidrood River and Alagol Lake. – *J. Wet. Ecobio*. 8, 107-115.
- Arab, M. & Keivany, Y. (2020). Geometric morphometric comparison of Mond trout barb *Capoeta mandica* Bianco & Bianco & Bă nă rescu, 1982 in the Bushehr basin. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 8(2), 1-8. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=808869>. (In Persian)
- Asgarsoon, Sh., Noofresti, H., Gozarianpoor, K. & Vatandoust, S. (2013). Morphological diversity of *Capoeta trutta* populations in three rivers of western Iran. *Proceeding of the Second National Iranian Ichthyology conference*. <https://civilica.com/doc/1024201>. (In Persian)
- Çiçek, E., Eagderi, S., Seçer, B. & Sungur, S. (2021). *Capoeta kosswigi* Karaman, 1969 a junior synonym of *Capoeta damascina* (Valenciennes, 1842) (Teleostei: Cyprinidae). *Turkish Journal of Zoology*, 45(3), 235-240.
- Eagderi, S. & Mousavi-Sabet, H. (2021). *Capoeta raghazensis*, a new species of algae-scraping cyprinid from the Raghaz Canyon in Hormuz basin, southern Iran (Teleostei: Cyprinidae). *FishTaxa*, 22, 37-44.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Ahmadi, S. & Javadzadeh, N. (2020). Phenotypic plasticity of the body shape in Prussian carp (*Carassius gibelio*), in response to lentic and lotic habitats using geometric morphometric technique. *isfj*. 29 (1):49-58
- Esmaeili, H. R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S. & Abbasi, K. (2018). Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3(3), 1-95.
- Guill, J.M., Hood, C.S. & Heins, D.C. (2003). Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). *Journal of Freshwater Ecology*, 12: 134-140.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(4), 1-9.
- Keivany, Y. & Arab, M. (2017). Geometric morphometric comparison of trout barb, *Capoeta trutta* (Teleostei: Cyprinidae) in the Tigris River basin. *Iranian Journal of Ichthyology* 4(3): 220-230.
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K. & Abdoli, A. (2016). Atlas of inland water fishes of Iran. Iran Department Environment Press. 218 p.

- Klingenberg, C.P. (1998). Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews*, 73(1), 79-123.
- Jolliffe, I.T. (2002). Graphical representation of data using principal components. *Principal component analysis*, 78-110.
- Mouludi-Saleh, A. & Keivany, Y. (2018). Morphological diversity in three species of Chubs (*Squalius* spp.) populations in Iranian Basins. – *Nova Biologica Rep.* 2018: 192-204.
- Mouludi-Saleh, A. & Eagderi, S. (2021). Habitat-Associated Morphological Divergence of *Gasterosteus aculeatus* in the Southern Caspian Sea Basin. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45(1), 121-125.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Cicek, E. & Sungur, S. (2020a). Morphological variation of Transcaucasian chub, *Squalius turcicus* in southern Caspian Sea basin using geometric morphometric technique. *Biologia*, 75(10), 1585-1590.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Latif-Nejad, Sh. & Nasri, M. (2020b). Morphological study of transcaucasian marinka (*Schizothorax pelzami*) in Harirud and Dasht-e Kavri basins using geometric morphometric technique. *Nova Biologica Reperta* 7: 185-191. (In Persian).
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H. & Kazemzadeh, S. (2019). The effect of body shape type on differentiability of traditional and geometric morphometric methods: A case study of *Channa gachua* (Hamilton, 1822). *European Journal of Biology*, 78(2), 165-168.
- Nasri, M., Eagderi, S. & Farahmand, H. (2015). Interspecies morphological variation of *Cyprinion watsoni* (Day, 1872) from southern and southeastern inland water basins of Iran based on Geometric morphometrics method. *Journal of Applied Ichthyology*, 2: 1-14.
- Radkhah, A., Poorbagher, H. & Eagderi, S. (2016). Investigation of morphological differences of *Capoeta capoeta* populations in the upstream and downstream of Zarinerood River in Urmia Lake Basin. *Journal of Animal Environment*, 8, 167-174.
- Razavipour, P., Eagderi, S., Poorbagher, H. & Keivany, Y. (2015). Phenotypic plasticity of the Tuini fish, *Capoeta damascina* (Actinopterygii: Cyprinidae) populations in the Iranian part of Tigris basin using geometric morphometric approach. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* 28, 170-179.
- Rohlf, F.J. & Marcus, L.F. (1993). A revolution morphometrics. *Trends in ecology & evolution*, 8(4), 129-132.
- Taghavi Niya, M., Javaheri Baboli, M., Roomiani, L., Pazira, A. & Lakzaie, F. (2015). Study on the growth parameters of *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) in Shour River, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14(1), 262-274.

## Morphological variation of longspine scraper (*Paracapoeta trutta*) in Iranian sub-basins of Persian Gulf

Z. Mehrabani<sup>1</sup>, S. Eagderi<sup>2\*</sup>, H. Poorbagher<sup>3</sup>

Received: 2022.06.19

Accepted: 2023.01.21

### Abstract

**Introductionn:**This work was conducted to study the morphological variation of longspine scraper (*Paracapoeta trutta*) in seven populations in the Iranina sub-basins of the Persian Gulf basin, including Sirvan, Little Zab, Karun, Gamasiab, Zemkan, Godarkhosh, and Zohreh (Tang-Shive). **Methods:** For this purpose, 161 specimens were sampled using cast-net and electrofishing device. To extract morphological data in the geometric morphometric method, photographs were taken from the left side of the fish, and then 18 landmark-points were digitized on their 2D images. **Results and Discussion:** The results of Canonical Variate Analysis showed that Godarkhosh and Little Zab populations are separated from others. Based on the results of Mahalanobis distances between the studied populations, the maximum and minimum distances were between the Tang-Shive and Godarkhosh populations and the Sirvan and Zemkan populations, respectively. Based on the Cluster analysis, the populations of Gamasiab, Karun, Sirvan, Zemkan, and Tang-Shive were clustered together, and Godarkhosh and Little Zab in another one. The results also showed the phenotypic plasticity of this species in adapting to different habitats in traits including depth of head, trunk, and tail as well as head length, based on habitat conditions.

**Keywords:** *Cluster analysis* *Phenotypic plasticity*, *Cluster analysis*, *Mesopotamian scraper*, *Morphometrics*, *Phenotypic plasticity*. *Mesopotamian scraper*.

---

1.h.D student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran(\*Corresponding author: soheil.eagderi@ut.ac.ir).

3.Associate Professor, Deparctment of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.