CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

مطالعه الگوهای سازگاری ریختی در جویبار ماهی کرمانشاه (*Sasanidus kermanshahensis,* Bănărescu & Nalbant, 1966) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

دلدار شجاعی[۱]، سهیل ایگدری*[۱]، هادی پورباقر[۲]

* soheileagderi@ut.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱٤۰٤ تاریخ پذیرش: شهریور ۱٤۰٤

چکیده

در این مطالعه الگوهای سازگاری ریختی جویبار ماهی کرمانشاه (*Sasanidus kermanshahensis*) با بررسی هفت جمعیت در حوضه آبریز کرخه با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. بدین منظور، تعداد ۸۹ قطعه از رودخانه‌های خرم‌رود، ماران، گردکانه، بوجین، سرتنگ، دینور و دوآب حوضه رودخانه کرخه نمونه‌برداری شد. به منظور استخراج داده‌های ریختی در روش ریخت‌سنجی هندسی از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها عکسبرداری و سپس ۱۶ نقطه لندمارک با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 بر تصاویر دوبعدی رقومی شدند. داده‌های حاصل پس از تجزیه‌وتحلیل پروکراست، با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره از جمله تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل همبستگی کانونی (CVA) و تحلیل خوشه‌ای (CA)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که جمعیت‌های موردمطالعه از لحاظ شکل بدنی دارای تفاوت معنی‌داری با یکدیگر بودند ($P<۰/۰۵$). عمده تفاوت‌های مشاهده شده مربوط به عمق بدن، موقعیت دهان، باله مخرجی و عمق ساقه دمی بود.

کلمات کلیدی: جویبارماهی کرمانشاهی، ریخت‌سنجی هندسی، حوزه آبریز رودخانه کرخه، تمایز جمعیتی، تحلیل چندمتغیره

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]

[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]

مقدمه

شناخت ساختارهای جمعیتی یک گونه، امکان درک پاسخ گونه‌ای به تغییرات محیطی را فراهم می‌کند (Begg and Waldman, 1999; Cochrane and Garcia, 2009; Kerr *et al*., 2017). تجزیه‌وتحلیل تنوع ریختی معمولاً برای شناسایی جمعیت‌های ماهی‌ها استفاده می‌شود (Cadrin and Silva, 2005; Mouludi-Saleh *et al*., 2020) و روش ریخت‌سنجی به عنوان یک ابزار قدرتمند (Walker and Bell, 2000; Salehinia *et al*., 2016) به دو صورت سنتی و هندسی می‌تواند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد (Bookstein, 1996). در روش ریخت‌سنجی هندسی، استخراج اطلاعات فضایی متغیرهای ریختی و تجزیه‌وتحلیل آنها با استفاده از آزمون‌های آماری چند متغیره امکان‌پذیر است (Zelditch *et al*., 2004) و مقایسه بین فرم‌های زیستی بر اساس مختصات نقاط (لندمارک‌ها)، صورت می‌گیرد که این نقاط با توجه به معیارهایی از جمله هومولوگ بودن، انتخاب می‌شوند (Bookstein, 1996). روش ریخت‌سنجی هندسی می‌تواند الگوهای مختلف تغییر شکل ایجاد شده در نتیجه فرایندهایی از قبیل رشد و سازگاری‌های محیطی را به‌خوبی آشکار سازد (Eagderi *et al*., 2013). برخلاف روش‌های سنتی که بر اساس فواصل اندازه‌گیری شده است، در روش ریخت‌سنجی هندسی از مختصات نقاط مرز نشانه (لندمارک) برای استخراج داده‌های شکل برای تحلیل‌های چندمتغیره استفاده می‌شود. تنوع ریخت‌شناختی ممکن است نتیجه انعطاف‌پذیری ریختی، سازگاری‌های ناحیه‌ای، تغییرات خصوصیات اکولوژیک، عوامل زیستی یا رابطه متقابل هریک از این فرایندها باشد (Banimasani *et al*., 2018).

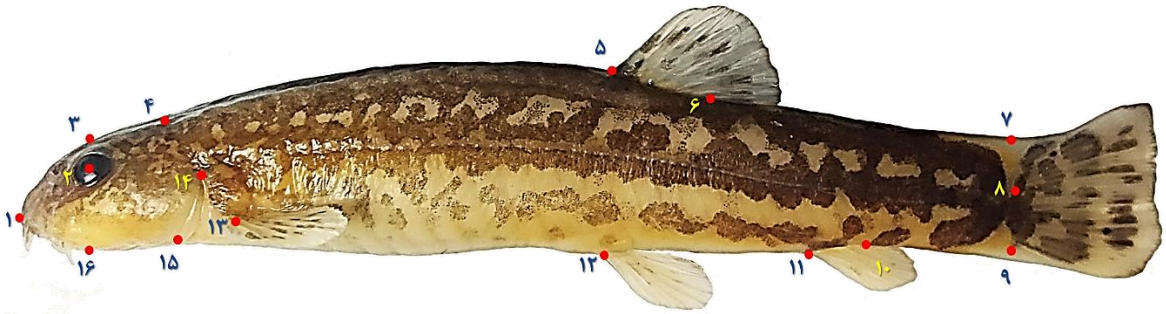
جویبار ماهی کرمانشاه (*Sasanidus kermanshahensis*) از خانواده Nemacheilidae بوده و پراکنش آن مربوط به حوضه‌های رودخانه کارون، کرخه و دز است (Eagdere *et al*., 2022) و تغذیه آنها از بی مهرگان آبزی (ناجورپایان و عنکبوتیان) ، صورت می‌گیرد (Keivany *et al*., 2016) و به‌واسطه صفاتی از جمله بدنی کشیده با ارتفاعی یکسان در بخش قدامی و خلفی، ساقه دمی نسبتاً ضخیم و فاقد تیغه چربی، خط جانبی ناقص که به محلی کمی مقابل پایه باله پشتی یا زیر پایه باله پشتی می‌رسد و دارای سه جفت سبیلک کوتاه و باله دمی صاف قابل تشخیص هستند. با توجه به این‌که جویبار ماهی کرمانشاهی تنها گونه جنس *Sasanidus* است و تاکنون مطالعاتی اندک آن هم بر اساس روش ریخت‌سنجی سنتی انجام شده است (Shojaei *et al*., 2021)، این مطالعه به منظور بررسی ریختی با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی لندمارک پایه در رودخانه‌های گردکانه، سرتنگ، بوجین، دینور، دوآب، خرم‌رود و سراب ماران به اجرا درآمد، زیرا اعضای این گونه شباهت‌های ریختی بالایی دارند و روش ریخت‌سنجی سنتی به‌سختی قادر به تفکیک جمعیت‌های مختلف این گونه است.

مواد و روش‌ها

طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۷، به منظور بررسی ریختی گونه جویبار ماهی کرمانشاه در مجموع تعداد ۸۹ نمونه، شامل ۳۰ قطعه از رودخانه گردکانه (الشتر) (E "۲۵ '۱۲°۴۸, N "۰۹'۴۷°۳۳) ۲۰ قطعه از نهر بوجین (E "۳۹.۴۷ , N "۴۲.۳'۴۸°۳۴)، ۱۴ قطعه از رودخانه دینور (E "۴۹ '۲۵°۴۷, N "۴۱.۲۲'۲۸°۳۴)، ۸ قطعه از رودخانه دوآب (E "۰۷'۴۸°۴۷, N "۵۶'۵۷°۳۳)، ۸ قطعه از خرم‌رود (E "۵۰ '۱۷°۴۸, N "۲۷'۳۶°۳۳)، ۱۱ قطعه از سراب ماران (E "۲۷ '۵۳°۴۷, N "۱۷.۵۸'۲۵°۳۴) و ۱۲ قطعه از رودخانه سرتنگ (E "۵۵.۵۵ '۴۲°۴۶, N "۱۸.۶۹'۴۱°۳۳) که به‌ترتیب در زیر حوضه‌های کشکان‌رود، قره‌چای-خرم‌رود-گاماسیاب، گاماسیاب، سیمره، رودخانه کشکان، گاماسیاب، شیروان-چرداول با استفاده از دستگاه الکتروشوکر نمونه‌برداری شدند. نمونه‌ها پس از صید، برای بررسی و مطالعات ریختی در محلول فرمالین بافری ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه تکوین و بیوسیستماتیک آبزیان دانشگاه تهران منتقل شدند. به منظور استخراج داده‌ها در روش ریخت‌سنجی هندسی، با استفاده از دوربین دیجیتال هشت مگاپیکسل Canon از سمت چپ نمونه‌ها عکسبرداری شد و سپس با استفاده از نرم افزار tpsDig2 روی تصاویر دو بعدی تهیه شده تعداد ۱۶ نقطه لندمارک تعریف و رقومی‌سازی گردید (شکل ۱). به منظور حذف تغییرات غیرشکل (جهت، موقعیت و اندازه)، داده‌های حاصل با استفاده از آنالیز پروکراست (GPA) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند (Zelditch *et al*., 2004). به منظور درک الگوی تنوع و پراکنش شکل بدن جمعیت‌های موردمطالعه، داده‌های حاصل از شکل بدن با استفاده از تجزیه‌وتحلیل چند متغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)،

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]
[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]

تجزیه همبستگی کانونی (CVA)، تحلیل واریانس چند متغیره (MANOVA) مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین جهت درک تشابه شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای در نرم‌افزار PAST مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی تغییرات شکل بدن میانگین جمعیت‌ها از شکل میانگین کل با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ در قالب نمودار شبکه تغییر شکل (Transformation Grid) انجام شد. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای PASTv 2.17b (Hammer *et al*., 2001) و MorphoJ (Klingenberg, 1998) استفاده شد.



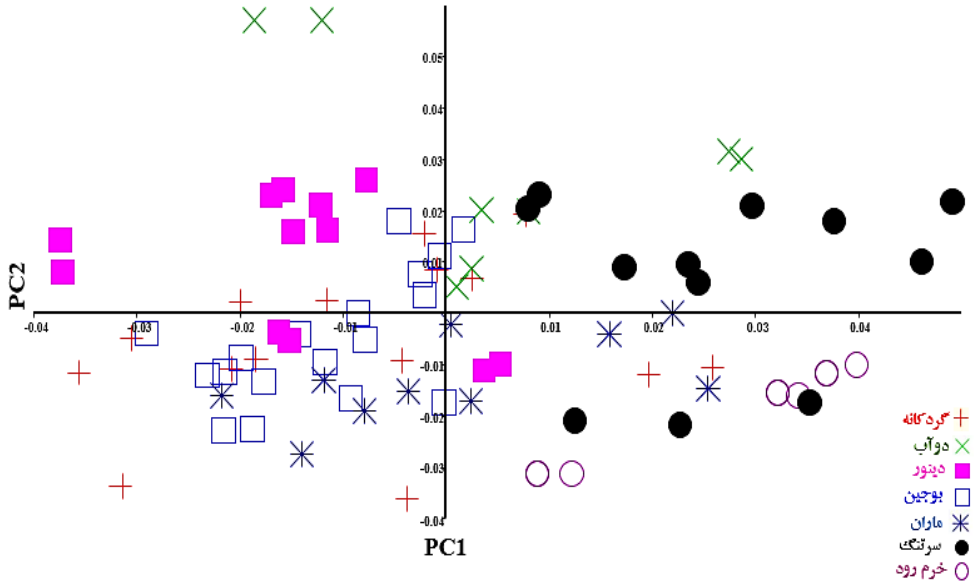
شکل ۱: لندمارک‌های تعریف شده بر بدن گونه جویبار ماهی کرمانشاه (*Sasanidu kermanshahensis*). ۱- ابتدایی‌ترین نقطه پوزه (سر)، ۲- نقطه وسط چشم، ۳- نقطه بالای سر عمود بر مرکز چشم، ۴- ناحیه انتهایی سر (قفا)، ۵- منشا قاعدهٔ بالهٔ پشتی، ۶- انتهای قاعدهٔ بالهٔ پشتی، ۷- انتهای فوقانی ساقهٔ دمی،۸- انتهای ساقهٔ دمی، ۹- انتهای تحتانی ساقهٔ دمی (ابتدای شکمی‌ترین شعاع دمی)، ۱۰- انتهای پایهٔ باله مخرجی، ۱۱- ابتدای پایهٔ باله مخرجی، ۱۲-ابتدای باله شکمی، ۱۳- ابتدای فوقانی باله سینه‌ای، ۱۴- انتهای سر، ۱۵- انتهای شکمی شکاف آبششی در زیر سر، ۱۶- نقطهٔ زیر سر عمود بر مرکز چشم

نتایج

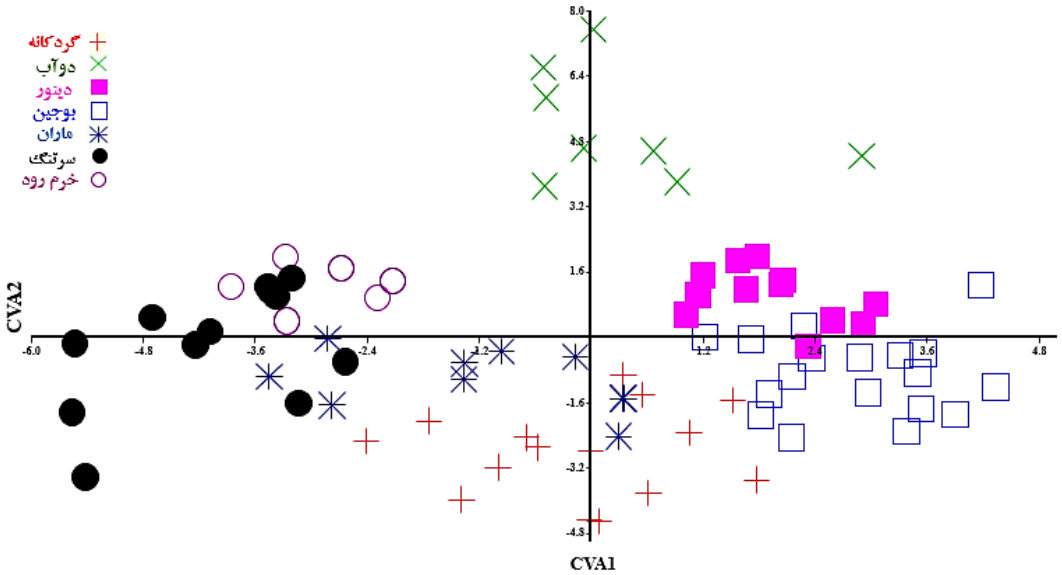
در این مطالعه الگوهای ریختی هفت جمعیت جویبارماهی کرمانشاه با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، سه مؤلفه با درصد واریانس کل ۶۲/۴۳ (PC1=۲۷/۲۷؛ PC1=۲۱/۶۸؛ PC1=۱۳/۴۸) را به عنوان مؤلفه‌های اصلی و تاثیرگذار در تفکیک ریختی جمعیت‌های مورد مطالعه انتخاب کردند. در شکل ۲ پراکنش جمعیت‌های مورد مطالعه بر اساس تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی در راستای دو مؤلفه اصلی (PC1 و PC2) نشان می‌دهد. بر این اساس بین جمعیت‌های مورد مطالعه همپوشانی دیده می‌شود، هرچند که جمعیت رودخانه کشکان به طور قابل‌توجهی متمایز شده است. تحلیل همبستگی کانونی (CVA) نیز جدایی ریختی جمعیت‌های مورد مطالعه و تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌ها را به‌خوبی نشان داد (p<۰/۰۰۱ و F=۵/۹۸، Wilks lambda=۰/۰۰۳۱). با توجه به تحلیل همبستگی کانونی توزیع جمعیت‌های به خوبی قابل‌مشاهده و جمعیت دوآب از سایر جمعیت‌ها تفکیک شد (شکل ۳). فواصل ماهالانوبیس و پروکراست به عنوان درجه تمایز حاصل از تحلیل همبستگی کانونی ریخت جمعیت‌های گونه *S. kermanshahensis* در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج بیشترین مقدار فاصله ماهالانوبیس و پروکراست به‌ترتیب بین جمعیت‌های دوآب و بوجین (۶/۸۶) و گردکانه و خرم‌رود (۰/۰۵۶) به‌دست آمد.

تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای، جمعیت‌های موردمطالعه بر اساس تنوع شکل بدن در سه خوشه اصلی قرار داد (شکل ۴). میانگین شکل بدن هر جمعیت نسبت به شکل میانگین کل در شبکه تغییر شکل بر اساس الگوی جابجایی لندمارک‌ها در مقابل هر جمعیت ارائه شده است (شکل ۴). بر اساس نتایج، چهار جمعیت خرم‌رود، ماران، گردکانه و بوجین به‌واسطه داشتن صفات عمق بدن کمتر، موقعیت دهان و باله مخرجی تا حدودی خلفی‌تر و عمق ساقه دمی کوتاه‌تر در یک خوشه قرار گرفتند. دو جمعیت دینور و دوآب به‌واسطه صفات پوزه شکمی‌تر و عمق بدن نسبتاً زیاد نسبت از گروه قبلی تفکیک شدند و جمعیت سرتنگ نیز نسبت به سایر جمعیت‌ها دارای عمق بدن بیشتر، موقعیت دهان شکمی‌تر و ساقه دمی خلفی‌تر است.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]
[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]



شکل ۲: نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های گونه ***Sasanidus kermanshahensis*** مورد مطالعه



شکل ۳: تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های گونه ***Sasanidus kermanshahensis*** مورد مطالعه

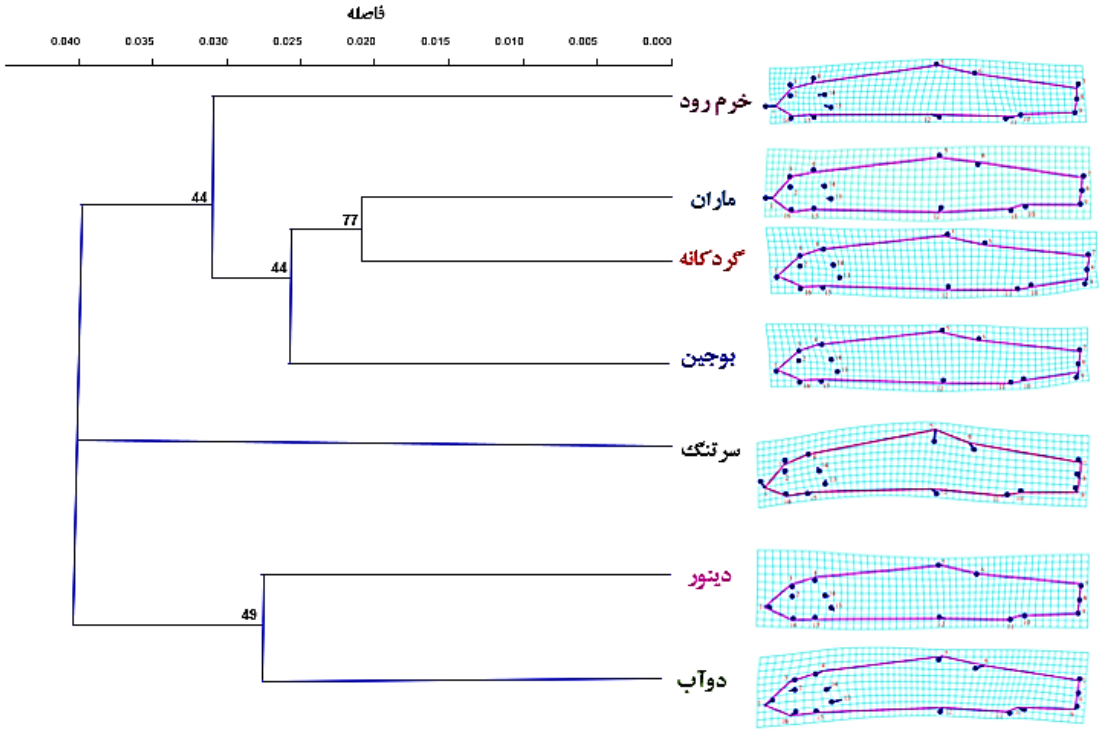
جدول ۱: فواصل ماهالانوبیس شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت های گونه ***Sasanidus kermanshahensis*** مورد مطالعه

	دوآب	ماران	سرتنگ	گردکانه	بوجین	دینور
ماران	۵/۷۲					
سرتنگ	۶/۳۴	۴/۶۵				
گردکانه	۶/۴۸	۵/۷۱	۵/۷۵			
بوجین	۶/۸۶	۵/۰۰۴	۶/۹	۵/۶۵		
دینور	۴/۶۵	۴/۷۶	۵/۷۸	۴/۶۹	۴/۳۳	
خرم رود	۶/۵۸	۴/۳۱	۵/۶۶	۶/۱۵	۶/۲۲	۶/۶۳۸

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]
[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]

جدول۲: فواصل پروکراست شکل بدن حاصل از آزمون CVAدر جمعیت‌های گونه ***Sasanidus kermanshahensis*** مورد مطالعه

	دوآب	ماران	سرتنگ	گردکانه	بوجین	دینور
ماران	۰/۰۴۳					
سرتنگ	۰/۰۴۱	۰/۰۳۳				
گردکانه	۰/۰۴۵	۰/۰۲	۰/۰۳۷			
بوجین	۰/۰۴۷	۰/۰۲۶	۰/۰۴۷	۰/۰۲۵		
دینور	۰/۰۲۷	۰/۰۲۸	۰/۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۹	
خرم رود	۰/۰۵۶	۰/۰۲۳	۰/۰۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۶	۰/۰۴۷



شکل ۴: تحلیل خوشه‌ای شکل بدن جمعیت‌های جویبار ماهی کرمانشاه ***Sasanidus kermanshahensis*** مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شکل بدن جمعیت‌های گونه جویبارماهی کرمانشاه موردمطالعه نشان داد که آنها به لحاظ ریختی از یکدیگر قابل‌تفکیک هستند. جمعیت حوضه شیروان-چرداول (رودخانه سرتنگ) به‌خوبی از سایر جمعیت‌ها جدا و جمعیت‌های دینور و دوآب بیشترین فاصله ریختی از یکدیگر داشتند. جمعیت‌های رودخانه‌های کشکان، قره‌چای، خرم‌رود و گاماسیاب تا حدی با یکدیگر همپوشانی دارند. استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی امروزه در شناسایی و تفکیک جمعیت‌های ماهیان کاربرد دارد (Vasconcelos *et al*., 2018). استفاده از این روش در مورد بسیاری از ماهیان ایران مورداستفاده قرارگرفته است که می‌توان به مطالعه مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سبیل ماهی بین‌النهرین (Ghorbani-Ranjbari and Keivany, 2018)، مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های ماهی سفید رودخانه‌ای در بخش جنوب غربی حوضه خزر (Mouludi-Saleh and Keivan, 2019) و مقایسه ریخت‌سنجی هندسی گونه‌های جنس *Cobitis* (Eagderi and Mouludi-Saleh, 2021) اشاره کرد. در مطالعه‌ی مقایسه‌ای ماهی بیاح (*Planiliza abu*) در رودخانه‌های حوضه خلیج فارس با استفاده از روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی، بیان شد که روش هندسی بر پایه نقطه لندمارک به‌خوبی قادر به تفکیک جمعیت‌ها بوده که نشان‌دهنده قابلیت زیست در این گونه در دامنه وسیعی از زیستگاه‌هاست (Mouludi-Saleh *et al*., 2021). Eagderi و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه ای به‌منظور ارزیابی تنوع ریختی ۱۱ گونه جنس *Alburnoides* در ایران با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی نشان دادند که

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]
[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]

این روش نسبت به روش‌های سنتی در بیان تفاوت‌های ریختی گونه‌های ماهی قدرت تفکیک و کارایی بالایی دارد.
روش ریخت‌سنجی هندسی می‌تواند برای بسیاری از گونه‌ها با اندازه کوچک نظیر اعضاء خانواده Nemachelidae ابزار مناسبی برای تنوع شکل بدن در مطالعات ریخت‌شناختی و آرایه‌شناسی باشد (Jafari *et al*., 2015; Sharifiniam and Mosavi-Sabet, 2016). برای مثال، در بررسی Eagderi و Mouludi-Saleh (۲۰۲۱) در مقایسه ریخت‌شناسی گونه‌های جنس *Cobitis* در آبهای داخلی ایران با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی، نشان دادند که اعضاء این جنس با تغییر در ارتفاع بدن، اندازه سر و موقعیت پوزه، طول ساقه دمی و جایگاه‌های باله‌های پشتی، مخرجی و سینه‌ای خود را با شرایط زیستی در زیستگاه‌های مختلف سازگار نموده‌اند. در مطالعه تغییرات ریختی جمعیت‌های جویبارماهی سفیدرود در دو حوضه دریاچه نمک و دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی عنوان شد که عمده تفاوت‌های مشاهده شده در این جمعیت‌ها مربوط به طول و عمق ساقه دمی، ارتفاع بدن، طول سر و جایگاه باله‌های پشتی، مخرجی و سینه‌ای است (Mouludi-Saleh and Eagderi, 2021). بنابراین، می‌توان اظهار داشت که اعضاء این‌گونه برای اطمینان از بقاء خود با تغییر در این صفات با شرایط زیستی در زیستگاه‌های مختلف سازگار شده‌اند. Shojaei و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی ۳۰ صفت ریخت‌سنجی سنتی گونه جویبار ماهی کرمانشاهی بیان داشتند که ۲۷ صفت دارای تفاوت معنی‌داری بودند و صفات پیش باله مخرجی، فاصله بین باله سینه‌ای و مخرجی، پیش باله شکمی، فاصله بین باله سینه‌ای و شکمی و طول ساقه دمی و طول باله سینه‌ای به عنوان صفات مؤثر در تفکیک جمعیت‌های موردمطالعه انتخاب شدند. همچنین این‌گونه با تغییر موقعیت باله‌های خود در طول بدن به شرایط محیطی زیستگاه‌های مختلف سازگار می‌گردد.
در جویبارماهیان به دلیل ویژگی‌های ریختی مشابه و پراکنش بالا، شناسایی و طبقه‌بندی آنها بر اساس صفات ریختی دشوار است و روش‌های ریخت‌سنجی سنتی توانایی اندکی در تفکیک ریختی ندارند. بنابراین، نتایج این مطالعه نیز در زمینه مطالعات قبلی، توانایی روش ریخت سنجی هندسی را به عنوان ابزار مناسب‌تر در مطالعات ریختی جویبارماهیان نشان داد. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که روش ریخت‌سنجی هندسی با دقت بالاتری ازلحاظ ریختی جمعیت‌های گونه جویبارماهی کرمانشاه (*S. kermanshahensis*) که از قابلیت زیست در دامنه وسیعی از زیستگاه‌ها برخوردار است، از یکدیگر تفکیک نمود. بنابراین، این روش می‌تواند برای بررسی روند انعطاف‌پذیری ریختی در زیستگاه‌های مختلف و آرایه‌شناسی آنها توصیه گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاران محترم در دانشگاه تهران که با حمایت مالی موجبات انجام این تحقیق را فراهم نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Banimasani, M., Keivany, Y. and Ebrahimi E., 2018. Comparative study of *Capoeta barroisi* populations in Qomrud, Kor and Sheldon rivers using meristic and geometric morphometric data. *Journal of Animal Environment,* 10(1):145-152. [In Persian]

Begg, G.A. and Waldman, J.R., 1999. A holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*, 43:35-44. DOI:10.1016/S0165-7836(99)00036-9

Bookstein, F.L.,1996. Combining the tools of geometric morphometrics. In: Advances in morphometrics. NATO ASI Series A: Life Sciences (Eds. Marcus LF, Corti M, Loy A, Naylor G, Slice DE.) 284(131-151). Plenum Publishing, New York. DOI:10.1007/978-1-4899-0002-3_7

Cadrin, S.X. and Silva, V.M., 2005. Morphometric variation of yellowtail flounder. *ICES Journal of Marine Science*, 62:683-694. DOI: 10.1016/j.icesjms.2005.03.016

Cochrane, K. and Garcia, S., 2009. Fisheries management, in Cochrane, K., Garcia, S. (eds.), A fishery manager's guidebook. Second Edition. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Wiley-Blackwell, Rome, pp. 1-16.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]
[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]

Eagderi, S., Esmaeilzadegan, E. and Madah, A., 2013. Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics*, 5(4), 1-8. [In Persian]

Eagderi, S. and Mouludi-Saleh, A., 2021. Morphological comparison of the *Cobitis* species from Iranian inland waters using geometric morphometric method. *Journal of Applied Biology*, 34(1):9-20. [In Persian]

Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Rostami, M. and Imani Harsini, J., 2021. Morphological pattern of the genus *Alburnoides* (Pisces: Cyprinidae) in Iranian inland waters using Landmark-based geometric morphometric technique. *Journal of Fish*eries, 74(2):259-270. (In Persian)

Eagderi, S., Mouludi-saleh, A., Esmaeli, H. R., Sayyadzadeh, G. and Nasri, M., 2022. Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology*, 46(6):500-522. DOI:10.3906/zoo-2204-3

Ghorbani-Ranjbari, Z., Keivany, Y., 2018. Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Bushehr basin. *Journal of Animal Research*, 31(2):189-199. [In Persian]

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D., 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(4):1-9.

Hassan, M., Rahman, M.A., Islam, M.S., Ferdous, Z. and Karim, M.M., 2024. Landmark-based geometric morphometrics reveals stock differentiation of Indian mackerel *Rastrelliger kanagurta* across the Indo-Pacific. *Regional Studies in Marine Science.* DOI:10.1016/j.rsma.2024.103669

Jafari, O., Eagderi, S., Nasrolah-Pourmoghadam, M., Noferesti, H. and Mosavi-Sabet, H., 2015. Comparison of morphological variations among three species of the genus *Paracobitis* in Iran using geometric morphometrics method with a taxonomical review on the genus in Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 7(22), 1-12. [In Persian]

Keivany, Y., Nasri, M. and Abbasi, K., 2016. Abdoli A. Atlas of inland water fishes of Iran. Iran Department of Environment Press. 218 P. [In Persian]

Kerr, L., Hintzen, N., Cadrin, S., Clausen, L., Worsoe Dickey-Collas, M., Goethel, D., Hatfield, E., Kritzer, J. and Nash, R., 2017. Lessons learned from practical approaches to reconcile mismatches between biological population structure and stock units of marine fish. *ICES Journal of Marine Science*, 74:1708-1722. DOI:10.1093/icesjms/fsw271

Klingenberg, C.P., 1998. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews*, 73(1):79-123. DOI:10.1017/S0006323197005269

Mouludi-Saleh, A. and Keivan, Y., 2019. Comparison of Transcaucasian Chub (*Squalius turcicus* De Filippi, 1865) popualtions in South-western Caspian Sea basin using geometric morphometric method. *Journal of Animal Research*, 32(3):197-205. [In Persian]

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Cicek, E. and Sungur, S., 2020. Morphological variation of Transcaucasian chub, *Squalius turcicus* in southern Caspian Sea basin using geometric morphometric technique. *Biologia*, 75:1585-1590. DOI:10.2478/s11756-020-00517-4

Mouludi-Saleh, A. and Eagderi, S., 2021. Morphological variations of *Oxynemacheilus bergianus* (Derzhavin, 1934) in two inland water basins of Iran using geometric morphometric method. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 8(4), 71-76. [In Persian]

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]

[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]

Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Shojaei, D. and Nasri, M., 2021. Phenotypic adaptation patterns in Abu Mullet, *Planiliza abu* using traditional and geometric morphometric methods in rivers of the Persian Gulf basin. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 10 (2):141-150. [In Persian]

Mwale, M., Phiri, C., Banda, R., Zimba, S. and Nyirenda, F., 2024. Morphological variation in African catfish (*Clarias gariepinus*) under different ecohydrological zones using 2D geometric morphometrics. *Aquatic Ecology.* DOI:10.1007/s10452-024-10012-8

Rodriguez-Flores, P.C., García-Rodríguez, D., Hernández-Martínez, S., López-Peña, C. and Maldonado, E., 2024. Environmental drivers of shape variation in *Oreochromis niloticus* populations revealed by geometric morphometrics. *Journal of Fish Biology.* DOI:10.1111/jfb.15890

Salehinia, D., Eagderi, S., Khorasani, N. and Zamani Faradonbe, M., 2016. Impact of Sangban Dam on the morphologicl chaactrestics of Siah mahi (*Capoeta gracilis*, keyserling, 1864) populations using traditional and geometric morphometrics techniques. Journal of Animal Environment, 8(2):97-104. [In Persian]

Santos, A.M., Oliveira, R.F., Monteiro, L.R., Lopes, M.H. and Vieira, A.R., 2023. Population structure and phenotypic plasticity of *Sardinella longiceps* using geometric morphometrics and otolith shape analysis. *Fisheries Research*. DOI:10.1016/j.fishres.2023.106743

Sharifiniam, M. and Mosavi-Sabet, H., 2016. Comparison of morphological variations among populations of the crested loach, genus *paracobitis*, in the southeast Caspian Sea basin using geometric morphometric method. *Journal of Oceanology*, 7(27):49-57. [In Persian]

Shojaei, D., Eagderi, S. and Poorbagher, H., 2021. Morphological variations of the endemic *Sasanidus kermanshahensis* (Bănărescu & Nalbant, 1966) in Karkheh River drainage. *Aquatic Science*, 8(2), 171-177. [In Persian]

Silva, R., Pereira, A.M., Dias, M.A., Soares, P. and Martins, R., 2023. Otolith and body shape differentiation of *Merluccius merluccius* stocks across the Atlantic. *Fisheries Oceanography.* DOI:10.1111/fog.12618

Vasconcelos, J., Vieira, A.R., Sequeira, V., González, J.A., Kaufmann, M. and Gordo, L.S., 2018. Identifying populations of the blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) in the Northeast Atlantic by using geometric morphometrics and otolith shape analysis. *Fishery Bulletin*, 116:81-92. DOI:10.7755/FB.116.1.8

Walker, J.A. and Bell, M.A., 2000. Net evolutionary trajectories of body shape evolution within a microgeographic radiation of three spine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Journal of Zoology*, 252:293-302. DOI:10.1017/S0952836900001003

Yeom, J., Kim, J., Lee, H., Park, S. and Han, K., 2024. Morphological divergence in freshwater goby populations assessed using geometric morphometrics and genome-wide data. *Ecology and Evolution*. DOI:10.1002/ece3.11284

Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, D.H. and Fink, W., 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Elsevier Academic Press, Amsterdam. 437 P.

Zhong, Y., Wang, T., Chen, Q., Li, P. and Xu, Z., 2025. Stock discrimination of *Larimichthys crocea* based on integrated geometric morphometrics and machine-learning classifiers. *Marine Biology.* DOI:10.1007/s00227-024-04431-5

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]

[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]

Morphological differentiation among populations of *Sasanidus kermanshahensis* (Bănărescu & Nalbant, 1966) using a geometric morphometric approach

Shojaei D.[1]; Eagderi S.[1]*; Poorbagher H.[1]

*soheileagderi@ut.ac.ir

1-Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

This study examined morphological differentiation among seven populations of *Sasanidus kermanshahensis* within the Karkheh River drainage using a geometric morphometric approach. A total of 89 specimens were collected from the Khorram, Maran, Gerdkaneh, Boujin, Sartang, Dinorab, and Doab Rivers. The left lateral view of each specimen was photographed, and 16 homologous landmarks were digitized using tpsDig2. Landmark configurations were subjected to Generalized Procrustes Analysis, followed by multivariate analyses including Principal Component Analysis (PCA), Canonical Variate Analysis (CVA), and Cluster Analysis (CA). Significant shape differences were detected among populations ($P < 0.05$), primarily associated with body depth, mouth position, anal-fin region, and caudal-peduncle depth.

Keywords: *Sasanidus kermanshahensis;* geometric morphometrics; Karkheh River drainage; population differentiation; multivariate analysis

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2025-12-12]

[DOI: 10.22034/JOA.12.4.11]