مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

مقایسه ریخت‌سنجی هندسی سه جمعیت از سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) در حوضه رودخانه جراحی

زهرا قربانی رنجبری، یزدان کیوانی*

گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰۱/۲۲
اصلاح: ۹۶/۰۳/۱۶
پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۳

کلمات کلیدی:
آنالیز پروکراست
آنالیز خوشه‌ای
حوضه جراحی
کپورماهیان

چکیده

در مطالعه حاضر به مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین، *Barilius mesopotamicus*، یکی از کپور ماهیان بومی حوضه رودخانه جراحی، پرداخته شد. به این منظور سه جمعیت از حوضه جراحی شامل ۱۶۶ قطعه سبیل‌ماهی از رودخانه‌های زردماشین، اعلا و شاخه اصلی رود جراحی نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول گل میخک ۱٪ و تثبیت در فرمالین ۱۰٪ به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس از سمت چپ و سطح جانبی نمونه‌ها عکس‌برداری شد و ۱۵ لندمارک با استفاده از نرم‌افزار Tpsdig2 بر روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند. داده‌های حاصل پس از آنالیز پروکراست، با روش‌های آماری چندمتغیره PCA، CVA و آنالیز خوشه‌ای تحلیل شدند. مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌ها اختلاف معناداری در بین رودخانه‌های مورد مطالعه نشان داد که ناشی از تفاوت در اندازه و شکل سر، ارتفاع بدن و طول ساقه دمی بود. آنالیز چندمتغیره کانونی جمعیت رود جراحی را کاملاً از دو جمعیت دیگر جدا کرد. همچنین جمعیت‌های زردماشین و اعلا همپوشانی کمی نشان دادند. آنالیز خوشه‌ای نیز دو جمعیت زردماشین و اعلا را در یک خوشه گروه‌بندی کرد که نشان دهنده شباهت بیشتر این دو جمعیت به هم می‌باشد.

مقدمــه

ماهیان بومی از نظر زیبایی‌شناسی، آموزشی و ارتباط شبکه‌های حیات و تنوع‌زیستی دارای ارزش و اهمیت هستند. ماهیان هر ناحیه، نماینده شرایط بوم‌شناختی محیط آبی آن منطقه می‌باشند. برخی از این ماهیان از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت هستند. با شناخت این ماهیان می‌توان به تکثیر و پرورش مصنوعی و جلوگیری از کاهش نسل آن‌ها اقدام نمود. هدف از مطالعات ماهی‌شناسی، شناخت جنبه‌های مختلف حفاظت از نسل ماهیان در برابر تهدیدهای محیطی به منظور بهره‌برداری‌های علمی و اقتصادی از این ذخایر ژنتیکی در آینده و شرح تأثیرات و عوامل طبیعی و مصنوعی است که بر پراکنش و فراوانی ماهیان آب شیرین چشمه‌ها و رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارد (Keivany *et al*., 2016; Esmaeili *et al*., 2017). مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناسی با هدف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی دارای پیشینه طولانی در دانش زیست‌شناسی ماهیان است (Tudela, 1999; Berg, 1932). مطالعه انعطاف‌پذیری ریختی یک گونه در محیط‌های متفاوت، امکان درک بهتر روند تغییرات ریختی تحت تأثیر تغییرات محیطی را فراهم می‌کند (Adams and Collyer, 2009; Kuliev, 1984; Banimasani *et al*., 2018). به عبارت دقیق‌تر، تنوع ریختی ممکن است در نتیجه انعطاف‌پذیری ریختی، سازگاری‌های

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: keivany@iut.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

منطقه‌ای، تغییرات خصوصیات بوم‌شناختی، عوامل زیستی یا رابطه متقابل هر یک از این فرآیندها باشد. بنابراین، تکامل جمعیت‌ها باعث ایجاد سازگاری آن‌ها به شرایط زیستی در مناطق مختلف شده که این امر، می‌تواند دلیل به‌وجود آمدن اختلافات ریخت‌شناختی و ژنتیکی بین جمعیت‌ها و همچنین بین گونه‌ای در ماهیان باشد (Nicieza, 1995; Tjarks, 2009). ویژگی‌های ریختی ماهیان نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بالایی دارند، از جمله عوامل تأثیرگذار بر ریخت می‌توان به نوع بستر، جریان آب، پوشش گیاهی، رقابت، شکار و میزان دسترسی به منابع غذایی اشاره کرد (Nicieza, 1995). ریخت‌سنجی هندسی برای توصیف شکل موجودات استفاده می‌شود و مقایسه آن‌ها را امکان‌پذیر می‌کند (Mouludi-Saleh *et al.*, 2017; Tudela, 1999; Bookstein, 1989). به‌علاوه، این روش یک ابزار تحلیلی بسیار مفید در پژوهش‌های بیوسیستماتیک، رشد و تکامل است (Pavlinov, 2001). انواع فرآیندهای زیست‌شناختی مانند بیماری، فرآیند فردزایی، سازگاری با عوامل زیستگاهی و یا تنوع تکاملی درازمدت باعث ایجاد تفاوت در شکل بین افراد یا قسمت‌هایی از آن‌ها می‌شود. از این‌رو، آنالیز شکل، روشی برای درک الگوهای مختلف تغییر شکل‌های ریختی است (Zelditch, 2004). در ریخت‌سنجی سنتی، اندازه‌گیری فاصله‌های خطی همبستگی بالایی با اندازه موجود دارد و این امر تحلیل شکل را مشکل می‌کند. همچنین اندازه‌های مورد سنجش دو شکل متفاوت می‌تواند نتایج مساوی به وجود آورند. زیرا داده‌های فاصله‌ای جایگاه نسبی آن‌ها به یکدیگر را نمی‌تواند نشان دهد. در نهایت، نمایش گرافیکی نتایج نیز ناممکن است. پیدایش ابزار جدید ریخت‌سنجی هندسی به همراه کاربرد آمارهای چندمتغیره منجر به چیره شدن بر محدودیت‌های ریخت‌سنجی سنتی و تحول در آن شده است (Keivany and Arab, 2017; Bookstein, 1991, 1996, 1997).

زیر خانواده Danioninae از زیر خانواده‌های کپور ماهیان (Cyprinidae) است که حدود ۲۰۰ گونه را در برمی‌گیرد. ماهیان این گروه ساکن آب‌های شیرین بوده و دارای پراکنش وسیعی از قاره آفریقا تا نواحی شرقی آسیا (شامل جزایر فیلیپین و اندونزی) می‌باشد. جنس *Barilius* نیز از این زیرخانواده (Coad, 2020)، ۳۲ گونه را شامل می‌شود. پراکنش عمده این جنس از پاکستان تا تایلند است. در حوضه آبریز تیگره و فرات و کشور ایران نیز یک گونه از این جنس با نام سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*B. mesopotamicus*) وجود دارد. این ماهی گونه‌ای با جثه کوچک و اغلب دارای طولی کمتر از ۵۱ میلی‌متر است (Liao *et al.*, 2011; Keivany and Ghorbani-Ranjbari, 2017). یک جفت سبیلک بر روی فک بالایی این ماهی قرار دارد که طول آن در حدود ۱۰ درصد طول سر است؛ با این‌حال، سبیلک‌ها به سختی قابل رؤیت هستند. جمعیت این گونه نسبتاً محدود و در کشور ایران فقط در رودخانه‌های حوضه آبریز تیگره و بوشهر یافت می‌شود (Keivany *et al.*, 2016; Esmaeili *et al.*, 2017). درجه حرارت آب در زیستگاه این ماهی بین ۲۴-۱۲ درجه سانتی‌گراد، هدایت الکتریکی آن تا ۱۰/۵ میلی‌زیمنس و جریان آب از آرام تا تند متغیر است. این آب‌ها در ارتفاعات پایین در جلگه بین‌النهرین وجود دارد و هیچ نمونه‌ای در نهرها و رودخانه‌های کوه‌های زاگرس دیده نشده است. این ماهی بیشتر حاشیه رودخانه‌ها یا نهرهای کم‌عمق با بستر گلی و سنگریزه‌ای را ترجیح می‌دهد. بسیاری از جنبه‌های زیست‌شناسی آن‌ها، از جمله نحوه تولیدمثل آن‌ها مشخص نیست.

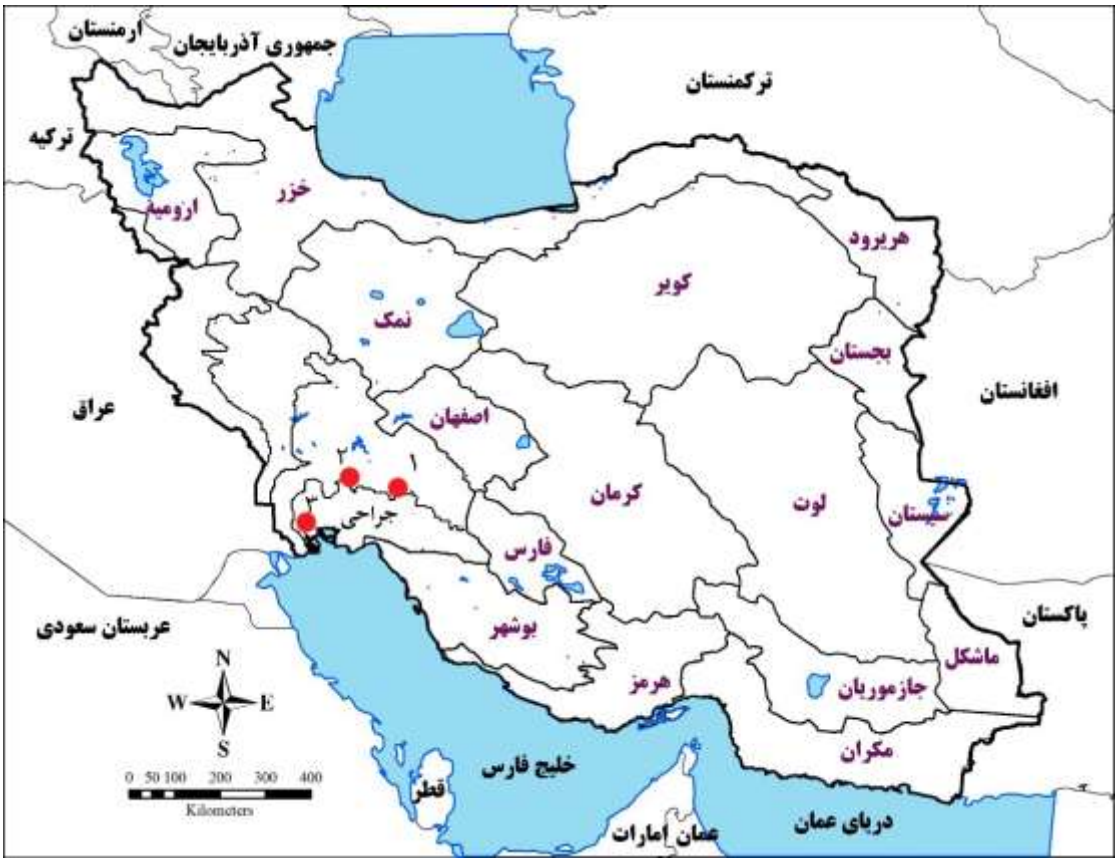
مطالعه حاضر از این جهت حائز اهمیت است که در حفاظت از گونه‌ها در سراسر دنیا، گونه‌های بومی که از نظر ذخیره ژنتیکی دارای ارزش خاصی هستند، به دلیل محدود شدن آن‌ها در زیستگاه‌های ویژه هر کشور اولویت بیشتری را در مدیریت حفاظت به خود اختصاص می‌دهند (Almaca, 1984). با توجه به این‌که گونه سبیل‌ماهی بین‌النهرین بومی حوضه آبریز دجله و فرات و کشور ایران است و مطالعات بر روی این گونه بسیار اندک و محدود است (Jouladeh-Roudbar and Vatandoust, 2015؛ Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2017؛ Keivany and Ghorbani-Ranjbari, 2017؛ Ghorbani-Ranjbari and Keivany, 2018)، بنابراین، بررسی همه جانبه این گونه از جهات مختلف از جمله مورفولوژیکی ضروری است. هدف اصلی این مطالعه بررسی تغییرات شکل ریختی و تغییرپذیری ریختی این ماهی در رودخانه‌های حوضه جراحی است. در این رودخانه‌ها با حرکت از سمت رود اعلا به زردماشین و شاخه اصلی رود جراحی، ضمن کاهش ارتفاع از سطح دریا، افزایش عمق آب و کاهش شدت جریان، هدایت الکتریکی آب که معرف املاح محلول در آب است افزایش می‌یابد (جدول ۱).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

مواد و روش‌ها

سه جمعیت از حوضهٔ جراحی در این مطالعه مورد نمونه‌برداری و بررسی قرار گرفت (شکل ۱). در این مطالعه ۱۶۶ قطعه سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) از حوضه رودخانه جراحی شامل رودخانه‌های اعلا، زرد ماشین و مسیر اصلی رود جراحی نمونه‌برداری شد. برای صید نمونه‌ها از تور پره استفاده شد. سپس ماهی‌ها توسط محلول گل میخک ۱٪ بی‌هوش و در فرمالین ۱۰٪ تثبیت و پس از انتقال به آزمایشگاه در الکل ۷۰٪ جهت شماره‌زنی و انجام زیست‌سنجی نگهداری شدند. به منظور تهیه لندمارک‌ها، تصاویر دیجیتال با استفاده از دوربین ۸ مگاپیکسلی از فاصله ۱۰ سانتی‌متری، عکس‌برداری شد. برای عکس‌برداری تمامی شرایط شامل تنظیمات دوربین، میزان فوکوس، میزان بزرگ‌نمایی، اندازه لنز، فاصله دوربین از سطح نمونه‌ها و همچنین نور زمینه یکسان بود. سپس لندمارک‌ها با استفاده از نرم‌افزار Tpsdig2 نسخه ۱.۱ بر روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند (جدول ۲ و شکل ۲). روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست و حذف تغییرات غیر شکل (شامل: مقیاس، جهت و موقعیت) با نرم‌افزار tpsRelw نسخه ۱.۵ انجام شد. مصورسازی تغییرات شکل بدن نسبت به شکل میانگین کل با نرم‌افزار tpsspline نسخه ۱.۲۰در شبکه تغییر شکل انجام شد. برای هر آنالیز، انحراف نسبی (Relative warp) شبکه تغییر شکل برای ابتدا و انتهای هر انحراف نسبی تعیین شده و بر روی نمودار تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) منطبق گردید تا با استفاده از آن، تفسیر جهت تغییر شکل بین جمعیت‌ها و گونه‌ها امکان‌پذیر شود. داده‌های به دست آمده شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و به منظور مطالعه حداکثر جدایی بین جمعیت‌ها، آنالیز تجزیه همبستگی کانونی (CVA) مورد استفاده قرار گرفت. محاسبه شکل میانگین با استفاده از نرم‌افزار tpsRelw انجام شد. از نرم‌افزار Morphoj نسخه ۲ نیز برای به تصویر کشیدن تفاوت‌های شکلی به صورت برون‌خطی استفاده شد.



شکل ۱. نقشه موقعیت تقریبی مناطق نمونه‌برداری. ۱. اعلا ۲. زردماشین ۳. رود جراحی (برگرفته از Keivany *et al*., 2016).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

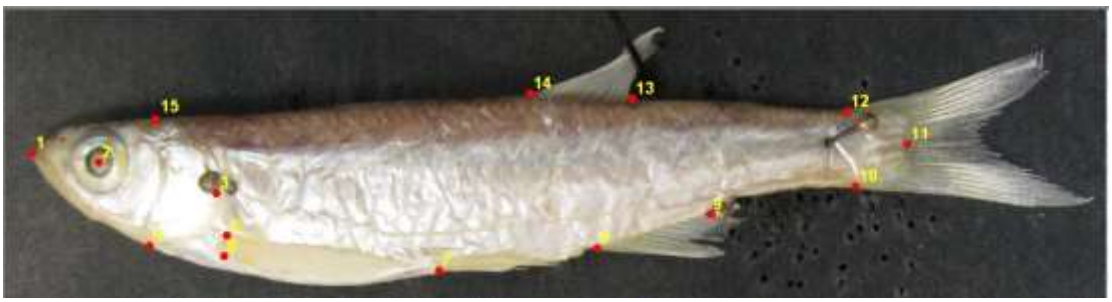
[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

جدول ۱. مشخصات مناطق نمونه‌برداری.

نام منطقه	تعداد نمونه‌ها	مختصات جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	EC (µs)	T(°C)	pH
اعلا	۷۰	۳۱°۲۲'۵/۷"N, ۴۹°۴۷'۱۲/۵"E	۴۲۳	۲۴۹۶	۲۵/۹	۷/۹۹
زردماشین	۹۱	۳۱°۲۲'۱۸/۷"N, ۴۹°۴۳'۳۹/۹"E	۳۸۸	۲۶۳۲	۲۶	۷/۴۸
جراحی	۵	۳۰°۳۹'۲۹"N, ۴۸°۴۳'۵۲/۴"E	۷	-	۲۳	۸/۶

جدول ۲. لیست لندمارک‌های تعریف شده برای نمونه‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) مورد مطالعه.

شماره لندمارک	موقعیت نقاط روی بدن ماهی	شماره لندمارک	موقعیت نقاط روی بدن ماهی
۱	نوک پوزه	۹	ابتدای قاعده باله مخرجی
۲	نقطه وسط چشم	۱۰	انتهای قاعده باله مخرجی
۳	بخش بالایی سرپوش آبششی	۱۱	پایین ساقه دمی
۴	بخش زیرین سرپوش آبششی	۱۲	بالای ساقه دمی
۵	انتهایی‌ترین بخش سرپوش	۱۳	انتهای ساقه دمی
۶	بالای قاعده باله سینه‌ای	۱۴	انتهای قاعده باله پشتی
۷	پایین قاعده باله سینه‌ای	۱۵	ابتدای قاعده باله پشتی
۸	ابتدای قاعده باله شکمی		



شکل ۲. موقعیت ۱۵ لندمارک روی نمونه‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) مورد مطالعه.

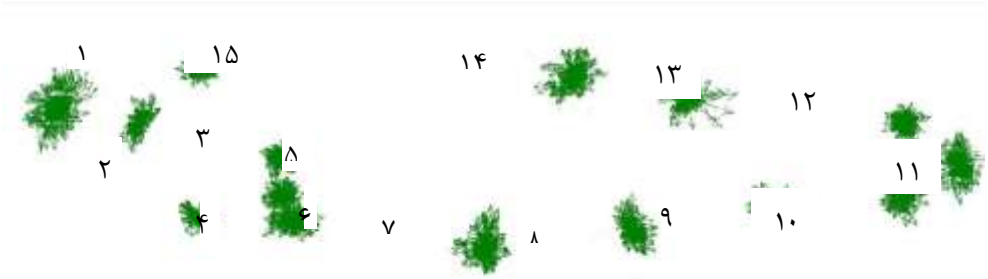
تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) که بر پایه کوواریانس ماتریس داده‌های اندازه‌گیری شده است با رسم نمودار و به منظور بررسی اختلافات میان جمعیت‌ها به کار رفت. تحلیل به مؤلفه‌های اصلی، تعداد متغیرهای اندازه‌گیری شده را به تعداد کمتری از مؤلفه‌های اصلی خلاصه کرد که این مؤلفه‌ها ترکیب خطی متغیرهایی می‌باشند که تغییرات شکل بدن را در کل نمونه‌ها نشان می‌دهند. نتایج تحلیل تابع متمایزکننده به کمک جدول گروه‌بندی به منظور قرار دادن افراد در هر گروه مورد استفاده قرار گرفت و میزان موفقیت این گروه‌بندی بر پایه درصد افرادی که به طور صحیح در گروه‌های اصلی خود قرار می‌گیرند، تخمین زده شد (Pinheiro *et al.*, 2005). در استخراج داده‌های ریخت‌سنجی از طریق روش ریخت‌سنجی هندسی، لندمارک‌های تعیین شده توسط نرم‌افزار TpsDig2 بر روی این عکس‌ها قرار داده شد. داده‌های ریخت‌سنجی گونه‌های مورد مطالعه برای مقایسه ویژگی‌های ریختی با استفاده از نرم‌افزار Tps series نسخه ۱.۲ استخراج شد. آنالیزهای کانونی (CVA)، با استفاده از نرم‌افزار PAST نسخه ۲.۱۷ صورت گرفت.

نتایـج

میزان جابجایی و به نوعی دقت لندمارک‌گذاری بر روی تصاویر حاصل از جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) نشان می‌دهد که کلیه لندمارک‌ها در موقعیت هدف قرار داشته و جابه‌جایی در موقعیت تعداد ناچیزی از

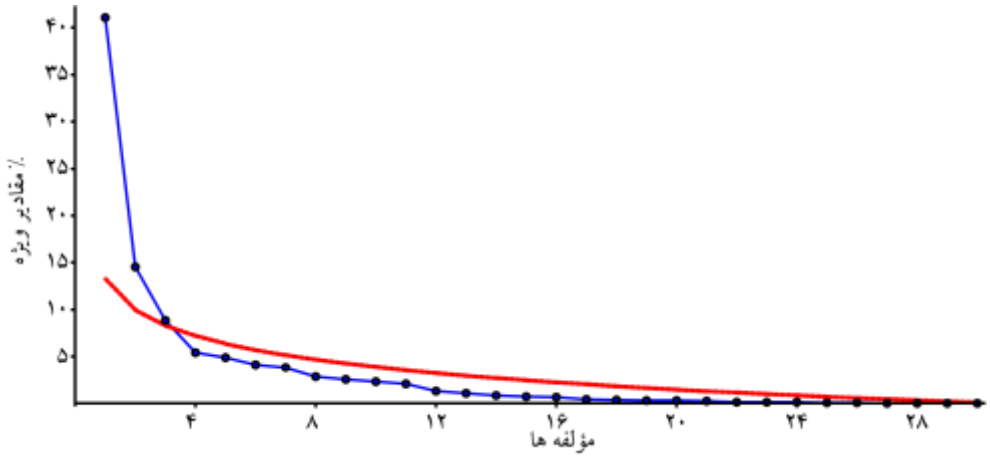
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]



شکل ۳. میزان جابجایی و تغییرات در موقعیت لندمارک‌ها نسبت به شکل میانگین گونه‌های مورد مطالعه.

لندمارک‌ها دیده می‌شود (شکل ۳). مطابق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، سه مؤلفه اول که بالاتر از خط برش جولیف (Joliffe) قرار دارند، به عنوان عوامل اصلی تفکیک‌کننده جمعیت‌ها انتخاب گردید (شکل ۴) و این چهار مؤلفه در مجموع ۶۴/۵۰۲ درصد واریانس را به خود اختصاص دادند (**جدول ۳**). نحوه توزیع جمعیت‌های مورد مطالعه و نیز تغییرات شکل بدنی جمعیت‌ها در راستای دو محور PC1 و PC2 در نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس دو مؤلفه اول و دوم در شکل ۵ و ۶ مشخص شده است.



شکل ۴. نمودار نقطه‌ای تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نمایش نقطه برش جولیف (خط قرمز) که نشان‌دهنده مرز مؤلفه‌های اصلی معنادار، در جمعیت‌های حوضه جراحی برای آزمون‌های ریخت‌سنجی هندسی است.

جمعیت‌ها دارای هم‌پوشانی بالایی هستند (شکل و در بررسی تغییرات الگوی شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه، با حرکت در جهت مثبت محور PC1 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به تغییر موقعیت دهان (موقعیت لندمارک ۱)، افزایش اندازه سر (موقعیت لندمارک‌های ۱، ۳ و ۴)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت لندمارک‌های ۵ و ۶) و کاهش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۷ و ۸) دارند. همچنین، با حرکت در جهت مثبت محور PC2 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به تغییر موقعیت

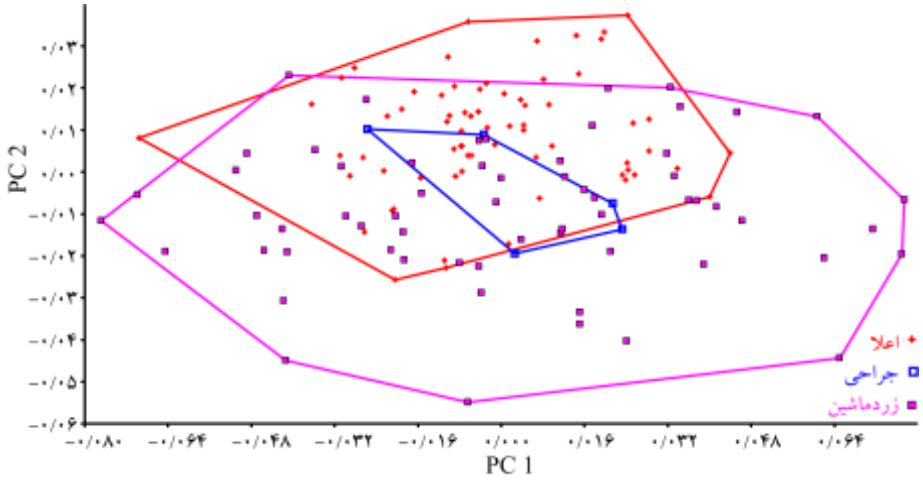
جدول ۳. مقادیر واریانس و مقادیر ویژه چهار مؤلفه اصلی اول شکل بدن جمعیت‌های سبیل‌ماهی در حوضه جراحی.

مؤلفه‌ها (PCs)	مقادیر ویژه (٪)	واریانس
۱	۰/۰۰۰۸۶۵	۴۱/۰۶۳
۲	۰/۰۰۰۳۰۷	۱۴/۵۵۸
۳	۰/۰۰۰۱۸۷	۸/۸۸۱
جمع		۶۴/۵۰۲

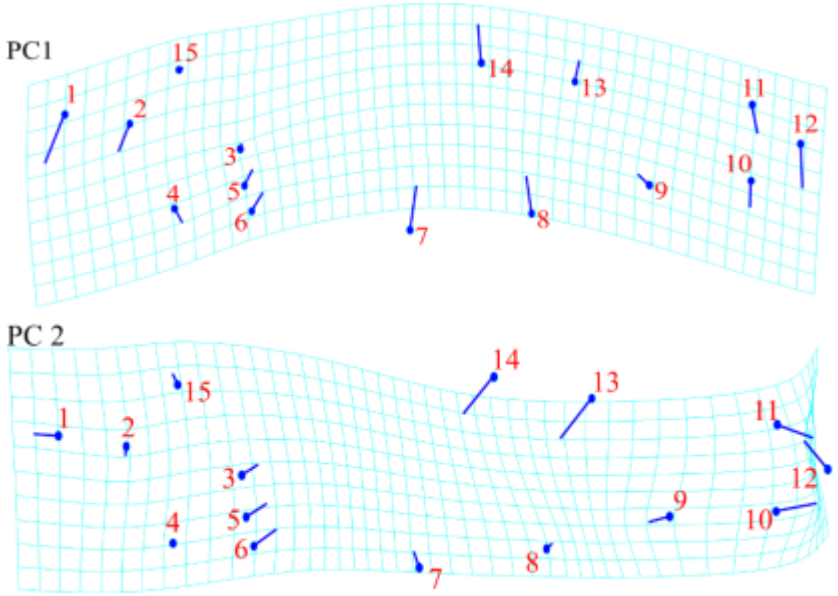
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

دهان (موقعیت لندمارک ۱)، افزایش اندازه سر (موقعیت لندمارک‌های ۱، ۱۵، ۳ و ۴)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت لندمارک‌های ۵ و ۶)، کاهش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۴) و نیز تا حدودی افزایش طول ساقه دمی (لندمارک‌های ۱۱ و ۱۰) دارند (شکل ۶).



شکل ۵. نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) در حوضه رودخانه جراحی.



شکل ۶. تغییرات شکل بدن جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) در حوضه رودخانه جراحی در جهت هر یک از محورهای PC1 و PC2.

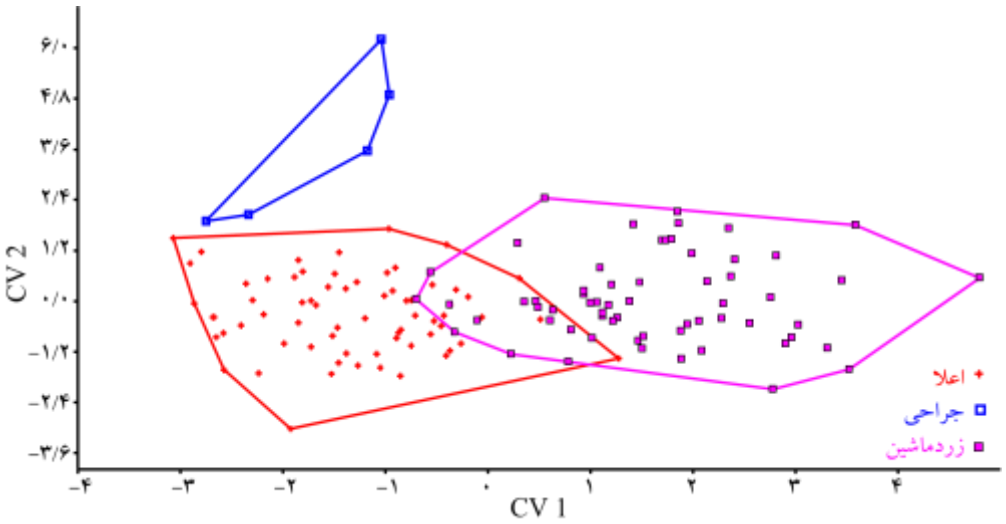
تحلیل همبستگی کانونی (CVA) بر اساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت نشان داد که تفاوت معناداری (P<۰/۰۰۰۰۱ و f=۵/۰۷) (Wilks lambda= ۰/۱۹۰۴) بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد (شکل ۷). در این شکل همه جمعیت‌ها تا حد زیادی از یکدیگر جدا شدند. همچنین در شکل ۸ تغییرات شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه ارائه شده است. با حرکت در جهت مثبت محور CV1 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به افزایش اندازه سر (لندمارک‌های ۱، ۱۵، ۳ و ۴)، کاهش ارتفاع بدن (لندمارک های ۷ و ۸) و افزایش طول ساقه دمی (لندمارک های ۱۰ و ۱۱) دارند و نیز با

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

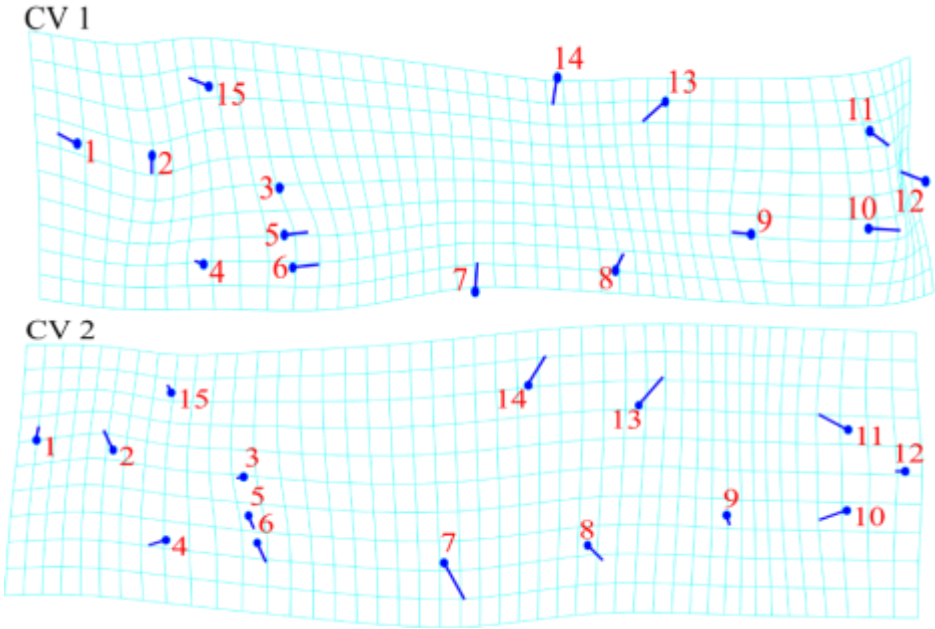
[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

حرکت در جهت مثبت محور CV2 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به افزایش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۷، ۸، ۱۳ و ۱۴)، افزایش ارتفاع ساقه دمی (لندمارک‌های ۱۰ و ۱۱) و کاهش طول ساقه دمی (لندمارک‌های ۱۰ و ۱۱) دارند. فاصله ماهالانوبیس به‌عنوان درجه تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه بر اساس ویژگی‌های شکل بدن در جدول ۴ آورده شده است. مطابق مقادیر فاصله ماهالانوبیس بیشترین فاصله بین جمعیت‌های رودخانه جراحی با زرد ماشین وجود دارد.

در شکل ۹، تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه ارائه شده است. ضریب کوپرنیک تحلیل خوشه‌ای برابر با ۰/۹۰۲۲ محاسبه شد. مطابق با تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های سبیل ماهی بین‌النهرین در حوضه جراحی، دو جمعیت رودخانه جراحی از سایرین جدا شده است و اعلا و زردماشین در یک گروه قرار دارند.



شکل ۷. نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) در حوضه رودخانه جراحی.



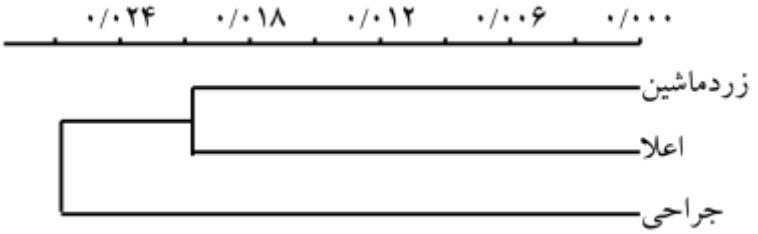
شکل ۸. تغییرات شکل بدنی نمونه‌ها در جهت هر یک از محورهای CV1 و CV2 در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) در حوضه جراحی.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

جدول ۴. فواصل ماهالانوبیس شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) در حوضه جراحی.

جمعیت‌ها	اعلا	جراحی
جراحی	۳/۹۶۷	
زردماشین	۲/۶۸۱	۴/۸۹۵



شکل ۹. تحلیل خوشه‌ای شکل بدن در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) در حوضه رودخانه جراحی بر اساس فواصل پروکراست.

بحث

خصوصیات ریختی به طور گسترده‌ای در شناسایی و تشخیص گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان به کار برده می‌شود (Poulet *et al.*, 2005; Cardin, 2000; Ihssen *et al.*, 1981). در بررسی ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های حوضه جراحی مشاهده شد که سه جمعیت مورد مطالعه به کمک آزمون‌های CVA و خوشه‌ای از یکدیگر جدا شدند. بر اساس نتایج تفاوت‌های ریختی، سه جمعیت مورد مطالعه از یکدیگر متفاوت بودند که می‌تواند به ویژگی‌های رژیم غذایی و قابلیت شناگری آن‌ها مرتبط باشد؛ شکل بدن می‌تواند در موفقیت در تغذیه و اجتناب از شکارچی مؤثر باشد (Langerhans and Reznick, 2010; Mouludi-Saleh and Keivany, 2018). از این رو، تفاوت در شکل بدن احتمالاً مربوط به رفتار و نوع تغذیه است. به طور کلی، ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان در مقایسه با سایر مهره‌داران بیشتر دچار تغییرات درون و بین‌گونه‌ای شده است و نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بیشتری دارند. بنابراین، اثرات بعضی از عوامل محیطی نظیر درجه حرارت، شوری، دسترسی به غذا و یا فاصله مهاجرت می‌تواند به طور بالقوه تفکیک ریختی ماهیان را تعیین کند (Samaee and Patzner, 2011; Yamamoto *et al.*, 2004; Turan and Ergudan, 2004; Turan, 2000; Smith, 1966) البته، به نظر می‌رسد جدایی کامل نمونه‌های جراحی به علت تعداد کم آن‌ها نیز باشد، هرچند هم‌پوشانی دو جمعیت دیگر نیز نسبتاً ناچیز است.

در مطالعات دیگر نیز گاهی دیده شده که یکی از روش‌های ریخت‌سنجی به خوبی جمعیت‌های مورد مطالعه را از یکدیگر تفکیک کرده است و دیگری خیر، یا هر دو روش جمعیت‌های مورد مطالعه را متفاوت ارزیابی کرده‌اند (Jamali-Ashtiani *et al.*, 2016; Zamani-Faradonbeh and Eagderi, 2015; Zamani-Faradonbe *et al.*, 2014). در تنها مطالعه موجود در مورد این گونه نیز عنوان شده است که جمعیت‌های این ماهی در سه رودخانه سیمره، چنگوله و سیاه‌گاو استان ایلام در ده صفت اندازشی و چهار صفت شمارشی با یکدیگر اختلاف دارند (Jouladeh-Roudbar and Vatandoust, 2015). توضیح دلایل ایجاد تفاوت‌های ریختی در میان ماهیان و جمعیت‌های آن‌ها بسیار دشوار است، ولی به طور کلی صفات ریختی تحت کنترل و در واکنش با دو عامل یعنی شرایط محیطی و اطلاعات ژنتیکی افراد جمعیت‌ها است (Swain and Holtby, 1989; Tajik and Keivany, 2018). شرایط محیطی در خلال دوران اولیه تکامل ماهی عامل غالب محسوب می‌شود و افراد نسبت به شرایط محیطی حساسیت بیشتری دارند. معمولاً ماهیانی که در دوران اولیه زندگی دارای شرایط محیطی مشابهی هستند، از لحاظ ریختی وضعیت مشابهی دارند (Pinheiro *et al.*, 2005). هنگامی‌که ماهیان در وضعیت محیطی جدیدی قرار می‌گیرند، این امکان وجود دارد که تغییرات ریختی در مدت زمان اندکی در آن‌ها رخ دهد (Poulet *et al.*, Tudela, 1999; Turan, 2000)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

;2004). ایجاد ارتباط بین ویژگی‌های زیستگاهی و ریخت‌شناسی بدن، نیازمند مطالعه گسترده ویژگی‌های محیطی است که هدف این مطالعه نبوده است و می‌تواند به عنوان قدم بعدی باشد. در این مطالعه هدف صرفاً کشف تفاوت‌های بین جمعیت‌ها بود که به خوبی نشان داده شده است. جهت نتیجه‌گیری قطعی در مورد تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی، انجام مطالعات مولکولی پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از آقایان دکتر سالار درافشان، دکتر منوچهر نصری، دکتر سعید اسدالله، مهندس علی نظام‌الاسلامی، مهندس ابوالفضل روزدار و مهندس علی میرزایی جهت همکاری در نمونه‌برداری تشکر و قدردانی می‌نماییم. هزینه‌های مالی اجرای این پژوهش توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است.

منابـع

Adams, D.C., Collyer, M.L. 2009. A general framework for the analysis of phenotypic trajectories in evolutionary studies. Evolution. 63: 1143-1154.

Almaca, C. 1984. Form relationships among western palearctic species of *Barbus* (Cyprinidae, Pisces). Arquiros do Museu Bocage. 2(12): 207-248.

Banimasani, M., Keivany, Y., 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

Berg, L.S. 1932. Eine neue *Barilius*-Art (Pisces, Cyprinidae) aus Mesopotamien. Zoologischer Anzeiger. 100(11/12): 332-334.

Bookstein, F.L. 1989. Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 11: 567-585.

Bookstein, F.L. 1991. Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology. Cambridge: Cambridge University Press. 435 p.

Bookstein, F.L. 1996. Combining the tools of geometric morphometrics. In: Marcus, L.f., Corti, M., loy, A., Naylor, G., Slice, D.E. (eds.). Advances in morphometrics. Nato Asi series A: Life Sciences. 284: 131-151.

Bookstein, F.L. 1997. Landmark methods for forms without landmarks localizing group differences in outline shape. In: Rohlf, F.J, Bookstein, F.L. (eds.). Workshop on Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis. Institute of Gerontology, University of Michigan, USA. 225-243.

Cardin, S.X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 10: 91-112.

Coad, B.W. 2020. Freshwater Fishes of Iran. http://www.briancoad.com. Accessed 20th March 2020.

Esmaeili, H.R., Mehraban, H., Abbasi, K., Keivany, Y., Coad, B. 2017. Review and updated checklist of freshwater fishes of Iran: Taxonomy, distribution and conservation status. Iranian Journal of Ichthyology. 4(Suppl. 1): 1-114.

Ghorbani-Ranjbari, Z., Keivany, Y. 2018. Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg, 1932) populations in Bushehr basin. Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology). 31(2): 242-254.

Ghorbani-Ranjbari, Z., Keivany, Y., Zamani, F.M. 2017. Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg, 1932) populations in Diala and Tigris River Basins. Journal of Fisheries. 70(3): 231-242.

Ihssen, P.E., Brooke, H.E., Casselman, J.M., McGlade, J.M., Payne, N.R., Utter, F.M. 1981. Stock identification: materials and methods. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 38: 1838-1855.

Jamali-Ashtiani, A., Eagderi, S., Khorasani, N., Zamani-Faradonbe, M. 2016. Comparison of body shape features of Kura barbel (*Barbus lacerta*, Heckel, 1834) in Caspian, Tigris and Uremia Lake basins using geometric morphometrics technique. Journal of Animal Environment. 7(4): 143-150.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

Jouladeh-Roudbar, A., Vatandoust, S. 2015. The evaluation of morphometric and meristic characters of *Barilus mesopotamicus* (Cypriniformes: Cyprinidae) in Seimareh, Changoleh and Siahgave Rivers in Ilam province. Journal of Exploitation and Aquaculture. 1(4): 6-47.

Jouladeh-Roudbar, A., Eagderi, S., Vatandoust, S. 2017. Comparison of morphological and molecular characters of riverine and lake populations of *Barilus mesopotamicus* in Tigris basin. Journal of Wetland Ecobiology. 8(4): 31-44.

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., Ghorbani-Ranjbari, Z. 2017. Geometric morphometric comparison of Mesopotamian minnow (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) populations in Iran. Journal of Exploitation and Aquaculture. 6(1): 1-13.

Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., Abdoli, A. 2016. Atlas of Inland Water of Iran. Iran Department of Environment Press, Tehran, Iran. 218 p.

Kuliev, Z.M. 1984. On the variability of morphometric characters in the Caspian roach, *Rutilus rutilus caspicus* (Yakovlev) (Cyprinidne). Voprosy Ikhtiologii. 24(6): 935-945.

Langerhans, R.B., Reznick, D.N. 2010. Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. In: Domenici, P., Kapoor, B.G. (eds.). Fish locomotion: an ecoethological perspective. Science Publishers Inc, Enfield. pp. 200-248.

Liao, T.Y., Kullander, S.O., Fang, F. 2011. Phylogenetic position of rasborin cyprinids and monophyly of major lineages among the Danioninae, based on morphological characters (Cypriniformes: Cyprinidae). Zoological Systematics, Evolutionary Research. 49(3): 224-232.

Mouludi-Saleh, A., Keivany, Y. 2018. Morphometric comparison of *Squalius namak* Khaefi et al., 2016 in Khaznagh and Ghare-Chai rivers. Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences. 23(2): 173-178.

Mouludi-Saleh, A., Keivany, Y., Jalali, S.A.H. 2017. Geometric morphometric comparison of Namak Chub (*Squalius namak*, Khaefi et al., 2016) in rivers of Lake Namak Basin of Iran. Research in Zoology. 7(1): 1-6.

Nicieza, A.G. 1995. Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift. Functional Ecology. 9: 448-456.

Pavlinov, I.Y. 2001. Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images. Information Technologies in Biodiversity Research. 2001*:* 40-64.

Pinheiro, A., Teixeira, C.M., Rego, A.L., Marques, J.F., Cabral, H.N. 2005. Genetic and morphological variation of *Solea lascaris* (Risso, 1810) along the Portuguese coast. Fisheries Research. 73: 67-78.

Poulet, N., Berrebi, P., Crivelli, A.J., Lek, S., Argillier, C. 2004. Genetic and morphometric variation in the pikeperch *Sander lucioperca* of a fragmented delta. Archive fur Hydrobiologie. 159(4): 531-554.

Poulet, N., Reyjol, Y., Collier, H., Lek, S. 2005. Does fish scale morphology allow the identification of populations at a local scale? A case study for rostrum dace *Leuciscus leuciscus burdigalensis* in River Viaur (SW France). Aquatic Sciences. 67: 122-127.

Samaee, S.M., Patzner, R.A. 2011. Morphometric differences among populations of Tu'inti, *Capoeta damascina* (Teleostei: Cyprinidae), in the interior basins of Iran. Journal of Applied Ichthyology. 27(3): 928-933.

Swain, D.P., Holtby, L.B. 1989. Differences in morphology and behavior between juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, rearing in a lake and in its tributary stream. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 46(8): 1406-1414.

Tajik, Z., Keivany, Y. 2018. Body shape comparison of Urmia bleak populations, *Alburnus atropatenae*. Journal of Animal Environment. 10(2): 149-160.

Tjarks, H. 2009. Geometric Morphometric Analysis of Head Shape in *Thamnophis elegans*. PhD Thesis. Faculty of California State University, Chico. USA. pp.1-30.

Tudela, S. 1999. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis ancrasicolur*. Fisheries Research. 42: 229-243.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]

Turan, C., Ergudan, D. 2004. Genetic and morphologic structure of *Liza abu* (Heckel, 1843) population from the rivers Orontes, Euphrates and Tigris. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 28: 729-734.

Turan, C. 2000. Otolith shape and meristic analysis of herring (*Clupea harengus*) in the North-East Atlantic. Archive of Fishery and Marine Research. 48(3): 213-225.

Yamamoto, S.K., Morita, I., Koizumi, K., Maekawa, S. 2004. Genetic differentiation of white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* populations after habitat fragmentation: spatial–temporal changes in gene frequencies. Conservation Genetics. 5: 529-538.

Zamani-Faradonbeh, M., Eagderi, S. 2015. Morphological comparison of Kura barb *Barbus cyri*, (Heckel 1834) in upstream and downstream of Sangban Dam. Journal of Wetland Ecobiology. 7(26): 87-96.

Zamani-Faradonbeh, M., Eagderi, S., Nasri, M. 2014. Geometrics morphometric comparison of populations of Waspi, *Cabdio morar* (Hamilton, 1822) in Mashkil and Mokran Basins. Iranian Scientific Fisheries Journal. 23(2): 57-68.

Zelditch, M. 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: a Primer. Elsevier Academic Press, New York, USA. 437 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-10-31]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.2.12.3]