



مجله علمی کاربردی ماهی‌پروری

بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد ششم، شماره اول، بهار ۱۳۹۶

<http://japu.gau.ac.ir>

مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) در ایران

* یزدان کیوانی^۱ و زهرا قربانی رنجبری^۲

^۱دانشیار گروه شیلات، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۲۳

چکیده

سیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) از کپورماهیان بومی ایران است که در حوضه‌های تیگره و بوشهر پراکنش داشته و از لحاظ ذخایر ژنتیکی حایز اهمیت بوده ولی اطلاعات اندکی در مورد آن وجود دارد. در مطالعه حاضر به مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های مختلف سیل ماهی بین‌النهرین در ایران پرداخته شد. به این منظور از مناطق پراکنش این گونه، شامل حوضه پنج رودخانه دیاله، کرخه، کارون، جراحی و بوشهر، ۶۶۰ قطعه سیل ماهی نمونه‌برداری شد. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها عکس‌برداری شد و سپس 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 حوضه‌های مورد مطالعه نشان نداد، هرچند در آزمون‌های PCA و CVA گروه‌بندی جمعیت‌ها و الگوهای شکل بدنی در راستای محورها تفاوت‌هایی نشان داد که ناشی از تفاوت در اندازه و شکل سر، ارتفاع بدن و طول ساقه دم بود. بنابراین، به نظر می‌رسد زمان جدایی این جمعیت‌ها از یکدیگر در حدی نبوده که موجب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در آن‌ها باشد و یا این که در مجموع شرایط زیستگاهی یکسانی را تجربه می‌کنند که منجر به شکل بدنی مشابه شده است.

واژه‌های کلیدی: حوضه بوشهر، حوضه تیگره، زیست‌سنجی، کپورماهیان، مورفولوژی

*مسئول مکاتبه: keivany@cc.iut.ac.ir

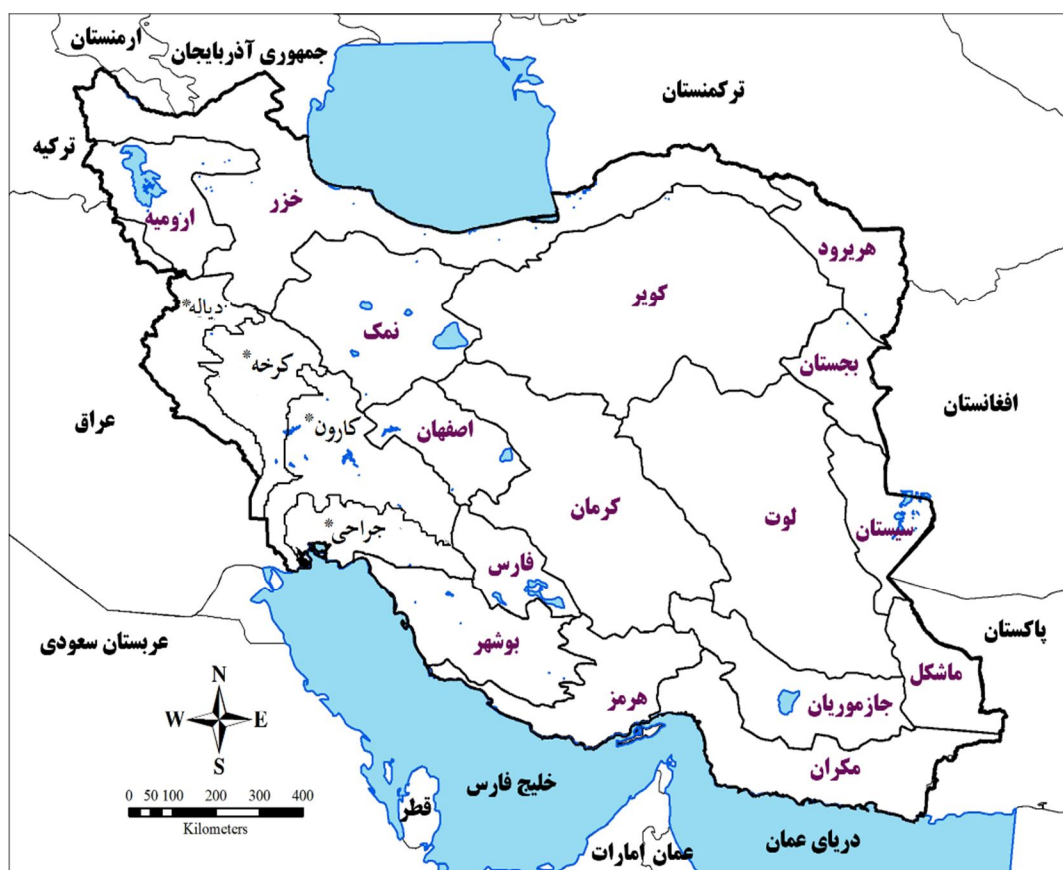
مقدمه

ماهیان با بیش از ۳۴۰۰۰ گونه، پرگونه‌ترین مهره‌داران هستند که حدود ۴۰ درصد از آن‌ها در آب‌های شیرین زیست می‌نمایند. بررسی ماهیان در اکوسیستم‌های آبی به جهت بررسی تکامل، بوم‌شناسی، رفتارشناسی، حفاظت، مدیریت منابع آبی، بهره‌برداری ذخایر و پرورش ماهی حایز اهمیت است (نلسون و همکاران، ۲۰۱۶) و ماهیان هر ناحیه نماینده شرایط بوم‌شناختی محیط آبی آن ناحیه می‌باشند. مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناسی با هدف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی دارای پیشینه طولانی در دانش زیست‌شناسی ماهی است (تودلا، ۱۹۹۹). مطالعه انعطاف‌پذیری ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های یک گونه که در محیط‌های متفاوت از نظر خصوصیات زیستگاهی زندگی می‌کنند، امکان درک بهتر روند تغییرات ریختی تحت تأثیر تغییرات محیطی را در جمعیت‌ها فراهم می‌کند (کولیوو، ۱۹۸۴). پیدایش ابزار جدید ریخت‌سنجی هندسی به‌همراه کاربرد آمارهای چندمتغیره منجر به چیره شدن بر محدودیت‌های ریخت‌سنجی سنتی و تحول در آن شد (بوکستین، ۱۹۹۱؛ روهالف و مارکوس، ۱۹۹۳).

زیر خانواده *Danioninae* یکی از زیرخانواده‌های *Cyprinidae* است که حدود ۲۰۰ گونه را در سرتاسر جهان 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) است. جنس *Barilius* (Howes, 1991) نیز از زیر خانواده *Danioninae* است (کد، ۲۰۱۷) که ۳۲ گونه را شامل می‌شود. پراکنش عمده این جنس از کشور پاکستان تا تایلند است، در حوضه آبریز تیگره و فرات و کشور ایران نیز تنها یک گونه از این جنس با نام سبیل‌ماهی بین‌النهرین وجود دارد (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932).

دارد. این ماهی گونه‌ای با جثه کوچک است که معمولاً دارای طولی کمتر از ۵۱ میلی‌متر است و دارای یک جفت سیلک بر روی فک بالایی هستند که طول آن در حدود ۱۰ درصد طول سر است، با این‌حال سیلک‌ها به سختی قابل رویت هستند. جمعیت این گونه نسبتاً محدود و در ایران در رودخانه‌های حوضه آبریز تیگره و بوشهر یافت می‌شود (کیوانی و همکاران، ۲۰۱۶؛ اسماعیلی و همکاران، ۲۰۱۷). درجه حرارت آب در زیستگاه این ماهی بین ۱۲-۲۴ درجه سانتی‌گراد، هدایت الکتریکی آن تا ۱۰/۵ میلی‌زیمنس و جریان آب متغیر از آرام تا تند است. این آب‌ها در ارتفاعات پایین در جلگه بین‌النهرین وجود دارد. این ماهی بیشتر حاشیه رودخانه‌ها یا نهرهای کم‌عمق با بستر گلی و سنگریزه‌ای را ترجیح می‌دهد. این ماهی در فصل بهار تولیدمثل می‌کند (برگ، ۱۹۳۲) و جهت تغذیه از بی‌مهرگان آبرزی استفاده می‌کند.

مطالعه حاضر از این جهت حایز 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 (المسا، ۱۹۸۴). با توجه به این‌که گونه سبیل‌ماهی بین‌النهرین بومی حوضه آبریز تیگره و فرات و کشور ایران است و مطالعات بر روی این گونه اندک است (جولاده رودبار و وطن‌دوست، ۲۰۱۵؛ جولاده رودبار و همکاران، ۲۰۱۶؛ قربانی رنجبری و کیوانی، ۲۰۱۷^{abc}؛ کیوانی و قربانی رنجبری، ۲۰۱۷^{ab}). بنابراین، بررسی همه جانبه این گونه از جهات مختلف از جمله مورفولوژیکی ضروری است. هدف اصلی این مطالعه بررسی تغییرات شکل و تغییرپذیری ریختی این ماهی در بین حوضه‌های آبریز ایران است.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری (شامل: بوشهر، جراحی، کارون، کرخه و دیاله).

مواد و روش‌ها

جمعیت‌های سیبیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) از رودخانه‌های حوضه دیاله (سرشاخه‌های مرزی)، کرخه، کارون، جراحی و بوشهر، یعنی کل منطقه پراکنش آن‌ها در ایران، مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). در این مطالعه ۴۶۰ قطعه سیبیل ماهی بین‌النهرین از حوضه‌های پراکنش آن‌ها در ایران، یعنی دو حوضه آبی بوشهر (رودخانه‌های اهرم، زهره، خیرآباد، کارزین، شاهپور و دارالمیزان) و دجله (رودخانه‌های زرد ماشین، اعلا،

جراحی، دز، شور، میمه، چنگوله، کنگیر، بالارود، دویرج) نمونه‌برداری شد. برای صید نمونه‌ها از تور پره استفاده شد. سپس ماهی‌ها توسط محلول گل میخک ۱ درصد بی‌هوش شدند. ماهی‌های بی‌هوش شده در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و پس از انتقال به آزمایشگاه و اطمینان از کامل شدن مراحل تثبیت در الکل ۷۰ درصد جهت شمارزنی و زیست‌سنجی نگهداری شدند.

جدول ۱- تعداد نمونه‌های صید شده سبیل‌ماهی بین‌النهرین از مناطق پراکنش آن در حوضه‌های آبریز ایران و مشخصات رودخانه‌های مورد بررسی.

حوضه	رودخانه	تعداد نمونه‌ها	مختصات جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	EC (μs)	T(°C)	pH
	میمه	۲۸	۳۲°۴۴'۴۰"N, ۴۷°۹'۲۳"E	۲۱۳	۱۴۴	۳۰	-
دیاله (۹۹)	چنگوله	۳۹	۳۳°۰۲'۴۳"N, ۴۶°۳۴'۳۲"E	۲۳۱	۲۶۱	۳۲/۸	-
	کنگیر	۲۱	۳۳°۵۳'۵۳"N, ۴۵°۴۲'۱۳"E	۳۶۶	۲۱۵	۳۰/۸	-
	دوبرج	۱۱	۳۲°۳۹'۱۱"N, ۴۷°۳۲'۳۶"E	۲۴۴	۵۳۵	۳۰/۴	-
کرخه (۱۴)	بالارود	۱۴	۳۲°۳۵'۲۷/۱"N, ۴۸°۱۷'۱۴/۱"E	۲۲۸	۱۰۹۳	۲۱/۷	۷/۸۹
کارون (۴۱)	دز	۲۷	۳۲°۲۰'۱۷/۴"N, ۴۸°۱۷'۱۱/۷"E	۸۸	۷۶۰	۲۲/۸	۷/۵۹
	شور	۱۴	۳۲°۰۰'۳/۸"N, ۴۹°۰۶'۴۰/۷"E	۱۰۳	-	۲۴/۵	۷/۷۶
جراحی (۱۶۶)	زردماشین ماشین	۹۱	۳۱°۲۲'۱۸/۷"N, ۴۹°۴۳'۳۹/۹"E	۳۸۸	۲۶۳۲	۲۶	۷/۴۸
	اعلا	۷۰	۳۱°۲۲'۵/۷"N, ۴۹°۴۷'۱۲/۵"E	۴۲۳	۲۴۹۶	۲۵/۹	۷/۹۹
	جراحی	۵	۳۰°۳۹'۲۹"N, ۴۸°۴۳'۵۲/۴"E	۷	-	۲۳	۸/۶
	اهرم	۳۸	۲۸°۵۲'۲۲"N, ۵۱°۱۹'۳۷"E	۸۲	-	۳۵	-
	زهرة	۱۲	۳۰°۱۸'۴۶/۱"N, ۵۰°۱۳'۳۶/۵"E	۱۶۶	-	۳۰	۷/۶
بوشهر (۱۴۰)	خیرآباد	۲۶	۳۰°۲۴'۵۱/۶"N, ۵۰°۱۹'۵۷/۴"E	۲۸۴	۱۶۱۶	۲۵	۸/۰۸
	کارزین	۹	۲۸°۲۸'۳۳"N, ۵۳°۰۷'۵۳"E	۷۷۱	۹۴۱	۲۹/۳	-
	شاهپور	۱۹	۲۹°۳۵'۱۰"N, ۵۱°۲۶'۱۵"E	۵۴۴	-	۲۷	-
	دارالمیزان	۳۶	۲۸°۰۶'۰۱"N, ۵۲°۱۹'۱۵"E	۲۱۴	-	۲۸	-

میانگین کل با نرم‌افزار *tpspline* نسخه ۱.۲۰ در شبکه تغییر شکل انجام شد. این مقایسه، بر اساس فاصله پروکراست انجام می‌شود که سنجش استاندارد در بررسی تفاوت شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی است (زلدیتچ، ۲۰۰۴). برای هر آنالیز *RW* شبکه تغییر شکل برای ابتدا و انتهای هر *Relative warp* 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 به‌دست آمده شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (*PCA*)، و به‌منظور 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

به‌منظور تهیه لندمارک‌ها، تصاویر دیجیتال با استفاده از دوربین ۸ مگاپیکسلی کانن از فاصله ۱۰ سانتی‌متری، از ۴۶۰ نمونه 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). 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. آنالیز واریانس برای بررسی درجه معناداری تفاوت‌های بین گروه‌ها پس از بررسی پیش‌فرض‌ها انجام شد. مصورسازی تغییرات شکل بدن نسبت به شکل

نرم‌افزار Morphoj نسخه ۲ نیز برای به تصویر کشیدن تفاوت‌های شکلی به صورت برون‌خطی استفاده شد (بوکستین، ۱۹۹۱، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷؛ روهالف و مارکوس، ۱۹۹۳).

جدول ۲- لیست لندمارک‌های تعریف شده برای نمونه‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه.

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

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.

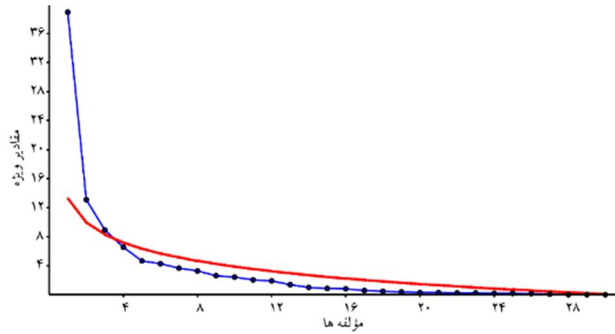
نتایج

مطابق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، سه مؤلفه اول که بالاتر از خط برش جولیف قرار دارند، به‌عنوان عوامل اصلی تفکیک‌کننده جمعیت‌ها انتخاب گردید (شکل ۲) و این چهار مؤلفه در مجموع ۶۰/۹۶۶ درصد واریانس را به خود اختصاص

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) که بر پایه کوواریانس ماتریس داده‌های اندازه‌گیری شده‌است با رسم نمودار و به‌منظور اختلاف در میان جمعیت‌ها به‌کار رفت. تحلیل مؤلفه‌های اصلی واریانس‌های مرتبط با هر تعداد متغیرهای اندازه‌گیری شده را به صورت کمتری از مؤلفه‌های اصلی ترکیب و خلاصه کرده که این مؤلفه‌ها ترکیب خطی متغیرهایی می‌باشند که تغییرات شکل بدن را در کل نمونه‌ها نشان می‌دهد. نتایج تحلیل تابع متمایز کننده به کمک جدول گروه‌بندی به‌منظور قرار دادن افراد در هر گروه مورد استفاده قرار گرفت و میزان موفقیت این گروه‌بندی بر پایه درصد افرادی که به‌طور صحیح در گروه‌های اصلی خود قرار می‌گیرند، تخمین زده می‌شود (پینه‌رو و همکاران، ۲۰۰۵). در استخراج داده‌های

مؤلفه‌های اصلی براساس دو مؤلفه اول و دوم به ترتیب در شکل ۳ و ۴ مشخص شده است.

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



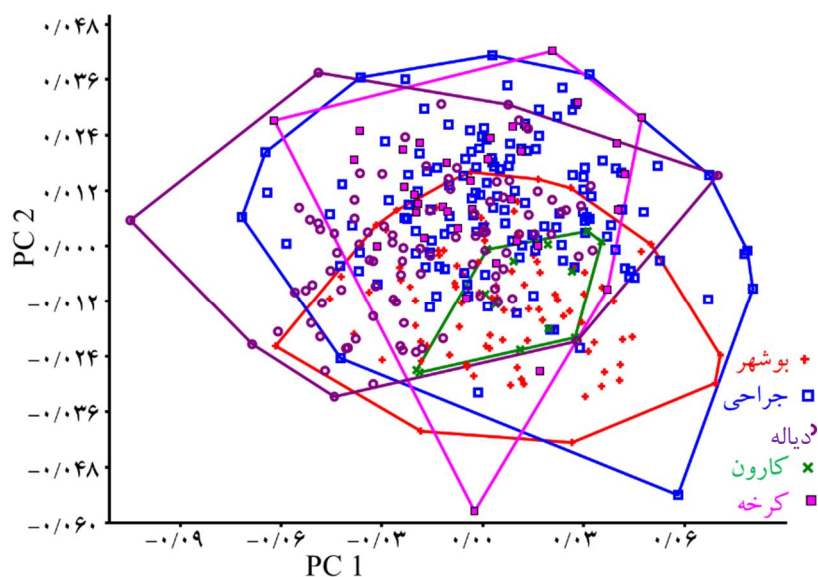
شکل ۲- نمودار اسکری پلات تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نمایش خط برش جولیف (خط قرمز) که نشان‌دهنده مرز مؤلفه‌های اصلی معنادار، در جمعیت‌های حوضه‌های کشور برای آزمون‌های ریخت‌سنجی هندسی است.

جدول ۳- مقادیر واریانس و مقادیر ویژه سه مؤلفه اصلی اول شکل بدن جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه‌های کشور.

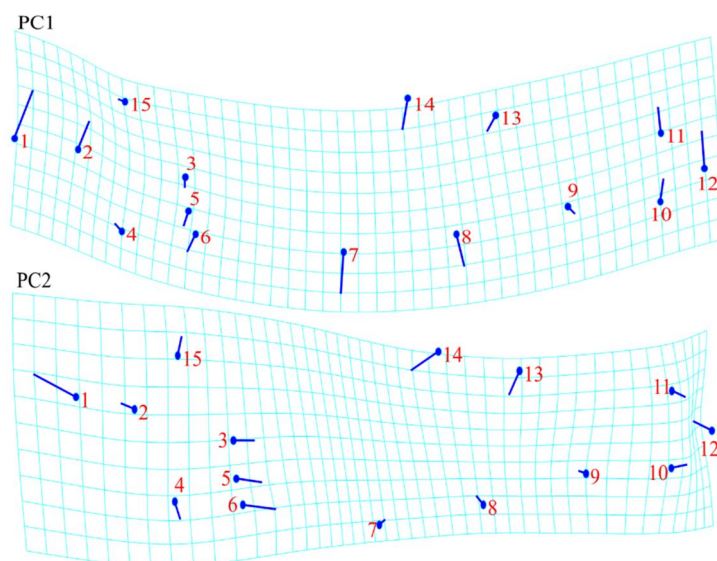
مؤلفه‌ها (PCs)	مقادیر ویژه (درصد)	واریانس
۱	۰/۰۰۰۸۲۷	۳۸/۹۴۳
۲	۰/۰۰۰۲۷۸	۱۳/۰۹۷
۳	۰/۰۰۰۱۸۹	۸/۹۲۶
جمع		۶۰/۹۶۶

شکمی (لندمارک ۷)، تغییر موقعیت باله منخرجی (لندمارک‌های ۸ و ۹) دارند. همچنین با حرکت در جهت مثبت محور PC2 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به افزایش اندازه سر (موقعیت لندمارک ۱، ۱۵، ۳ و ۴)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت لندمارک‌های ۵ و ۶)، کاهش ارتفاع بدن (موقعیت لندمارک‌های ۷، ۱۳ و ۱۴) و نیز تا حدودی افزایش طول ساقه دمی (موقعیت لندمارک‌های ۱۰ و ۱۱) دارند (شکل ۴).

مطابق گروه‌بندی جمعیت‌ها در شکل ۳، جمعیت‌ها دارای همپوشانی بالایی هستند. در بررسی تغییرات الگوی شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه، با حرکت در جهت مثبت محور PC1 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به تغییر موقعیت دهان و چشم (موقعیت لندمارک ۱ و ۲)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت لندمارک‌های ۵ و ۶) و تغییر موقعیت باله پشتی (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۴)، تغییر موقعیت باله



شکل ۳- نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه‌های کشور.



شکل ۴- تغییرات شکل بدن جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه‌های کشور در جهت هریک محورهای PC1 و PC2.

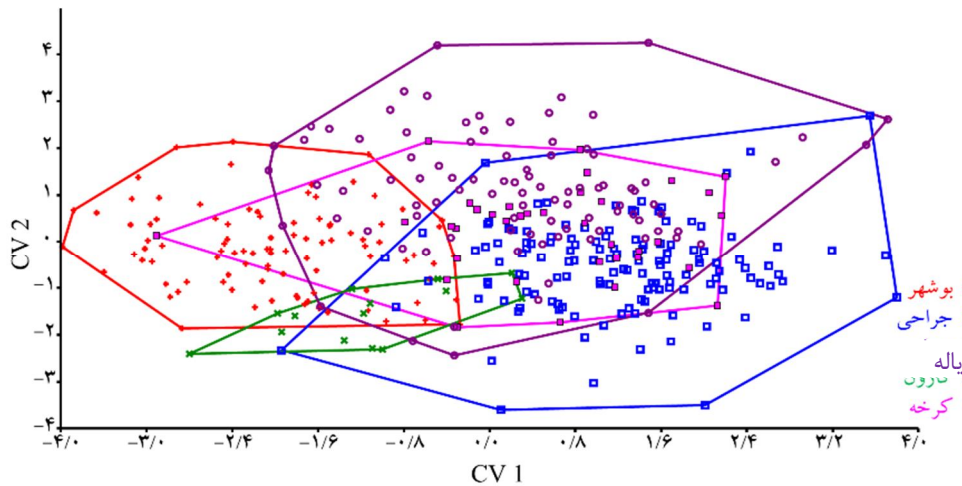
بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به کاهش اندازه سر (لندمارک‌های ۱، ۱۵، ۳ و ۴)، افزایش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۷، ۱۳ و ۱۴) دارند و نیز با حرکت در جهت مثبت محور CV2 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به تغییر موقعیت دهان و چشم (لندمارک‌های ۱ و ۲) افزایش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۷، ۱۳ و ۱۴) دارند. فاصله ماهالانویس

تحلیل همبستگی کانونی (CVA) بر اساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت نشان داد که تفاوت معناداری ($P < 0.00001$ و $f = 7/551$) ($Wilks\ lambda = 0.1659$) بین شکل بدن جمعیت‌های حوضه‌های مورد مطالعه وجود ندارد (شکل ۵). در این شکل همه جمعیت‌ها تا حد زیادی با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. با توجه به شکل ۶، با حرکت در جهت مثبت محور CV1 شکل

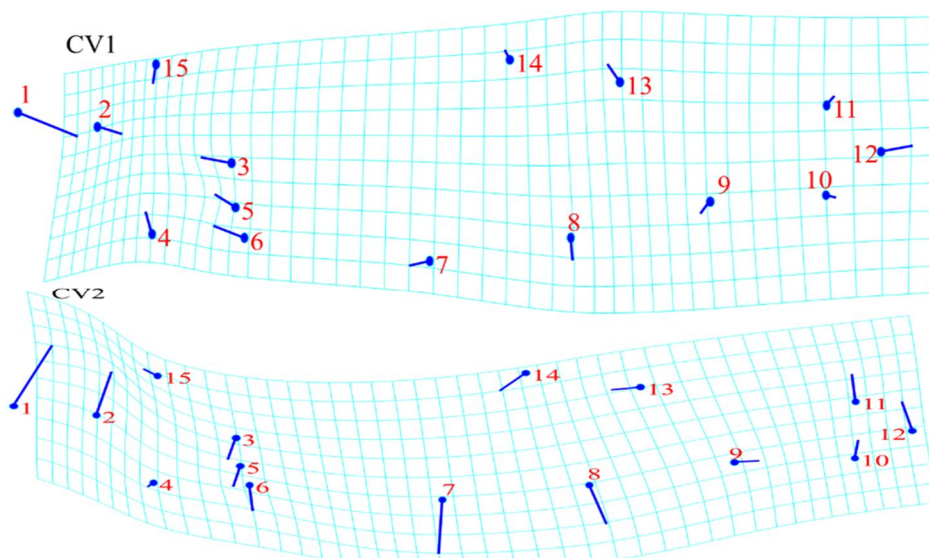
ماهالانویس بین جمعیت‌های حوضه بوشهر با جراحی، جراحی با کرخه، کرخه با کارون و دیاله وجود دارد.

و فاصله پروکراست به‌عنوان درجه تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه براساس ویژگی‌های شکل بدن در

جدول ۴ و ۵ مشخص شده است. مطابق مقادیر فاصله ماهالانویس و پروکراست، بیشترین فاصله



شکل ۵- نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین در حوضه رودخانه‌های کشور.



شکل ۶- تغییرات شکل بدنی جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین در حوضه رودخانه‌های کشور در جهت هر یک از محورهای CV1 و CV2.

جدول ۴- فواصل ماهالانویس شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین در حوضه رودخانه‌های کشور.

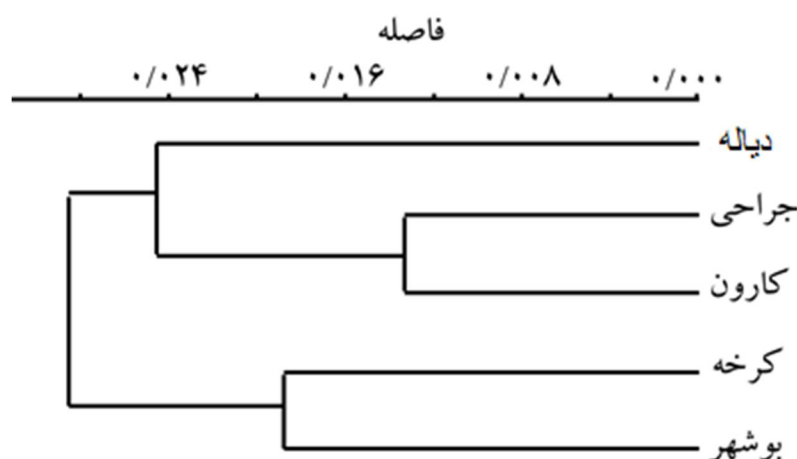
حوضه	بوشهر	جراحی	کرخه	کارون
جراحی	۳/۰۸۳			
کرخه	۲/۸۶۵	۳/۳۴۲		
کارون	۲/۷۷۶	۱/۵۲۲	۳/۴۴۱	
دیاله	۲/۵۴۶	۱/۹۲۹	۳/۴۷۶	۱/۶۰۲

جدول ۵- فواصل پروکراست شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سیب‌ماهی بین‌النهرین در حوضه رودخانه‌های کشور.

حوضه	بوشهر	جراحی	کرخه	کارون
جراحی	۰/۰۲۷			
کرخه	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳		
کارون	۰/۰۲۷	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹	
دیاله	۰/۰۳۰	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵	۰/۰۲۲

حوضه دیاله در شاخه جداگانه‌ای قرار گرفته است و جمعیت‌های دو حوضه کرخه و بوشهر در یک گروه و جمعیت‌های جراحی و کارون در دسته دیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۷).

در تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه، ضریب کوپرنیک تحلیل خوشه‌ای برابر با ۰/۸۶۴ محاسبه شد. مطابق با تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های سیب‌ماهی بین‌النهرین در حوضه‌های ایران، جمعیت



شکل ۷- تحلیل خوشه‌ای شکل بدن در جمعیت‌های سیب‌ماهی بین‌النهرین در حوضه رودخانه‌های کشور.

به وسیله آزمون‌های CVA و خوشه‌ای از یکدیگر تفکیک شدند و تنها دو جمعیت اهرم و کارزین با یکدیگر هم‌پوشانی داشتند. تفاوت‌های این جمعیت‌ها در شکل و اندازه سر و ارتفاع بدن بود. این درحالی است که در بررسی جمعیت‌ها به روش ریخت‌سنجی سستی با وجود این که آزمون تحلیل واریانس یک طرفه توانست جمعیت‌های مورد مطالعه در حوضه بوشهر را در کلیه صفات شمارشی و اندازشی از یکدیگر تفکیک کند، ولی آزمون‌های PCA و CVA نتوانستند این نتایج را تأیید کنند و به عبارتی

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش‌های اخیر مشخص کرده است که اختلافات ریخت‌شناسی بین گروه‌های مختلف ماهیان، الزاماً آن‌ها را از لحاظ ژنتیکی جدا نمی‌کند. در پاره‌ای از موارد تفاوت‌های ریخت‌شناسی صرفاً ناشی از محیط بوده و اختلافات ژنتیکی هیچ نقشی در آن ندارد (سواین و فوت، ۱۹۹۹). قربانی‌رنجبری و کیوانی (۲۰۱۷) در بررسی ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سیب‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) حوضه بوشهر مشاهده نمودند که شش جمعیت مورد بررسی

یکدیگر اختلاف معناداری دارند (کیوانی و قربانی رنجبری، ۲۰۱۷a). تغییر در ریخت و حتی تغییرات اندک در اندازه، می‌تواند سبب بروز عملکردهای جدیدی شود. اگرچه تغییرات ریختی می‌تواند بدون بروز عملکرد جدید به وقوع بپیوندد. انعطاف‌پذیری ریختی امکان بقای جمعیت‌های یک گونه را در محیط‌های متنوع تسهیل کرده و می‌تواند به واسطه پاسخ تکاملی در راستای بهره‌برداری از منابع محیطی، سبب تفکیک جمعیت‌ها شود.

در بررسی ریخت‌سنجی هندسی چهار جمعیت سیل ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله دیده شد که سه جمعیت رودخانه‌های چنگوله، کنگیر و میمه با یکدیگر اختلاف معناداری دارند ولی جمعیت رودخانه دویرج با جمعیت رودخانه میمه تفاوت معناداری نشان نداد ولی با دو جمعیت دیگر دارای تفاوت معناداری بودند. عمده تفاوت‌ها بین جمعیت‌های مذکور در شکل و اندازه سر، ارتفاع بدن، موقعیت باله شکمی و سینه‌ای و طول ساقه دم بود (قربانی رنجبری و کیوانی، ۲۰۱۷c). در بررسی نتایج ریخت‌سنجی سستی دیده شد که جمعیت‌های حوضه دیاله در کلیه صفات به جز صفت تعداد شعاع باله دمی با یکدیگر اختلاف معناداری دارند. آزمون‌های CVA و خوشه‌ای نیز نشان دادند که چهار جمعیت سیل ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه در حوضه دیاله با یکدیگر اختلاف دارند (کیوانی و قربانی رنجبری، ۲۰۱۷a). صفات محیطی در خلال دوران اولیه تکامل ماهی غالب بوده و افراد نسبت به شرایط محیطی حساسیت بیشتری دارند. معمولاً ماهیانی که در دوران اولیه زندگی دارای شرایط محیطی مشابهی هستند از لحاظ ریختی نیز وضعیت مشابهی دارند (پینه‌رو و همکاران، ۲۰۰۵). از سوی دیگر هنگامی که ماهی در شرایط محیطی جدیدی قرار می‌گیرد، این

جمعیت‌های مورد مطالعه دارای هم‌پوشانی بالایی بودند (کیوانی و قربانی رنجبری، ۲۰۱۷a).

در بررسی جمعیت‌های حوضه جراحی نیز مشاهده شد که سه جمعیت سیل ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه به روش ریخت‌سنجی هندسی به کمک آزمون‌های CVA و خوشه‌ای از یکدیگر جدا شدند. از طرف دیگر در روش ریخت‌سنجی سستی جمعیت‌های مورد مطالعه حوضه جراحی در میانگین صفات طول کل، وزن، سن، تعداد فلس روی خط جانبی، تعداد فلس زیر خط جانبی، تعداد فلس جلوی باله پشتی، تعداد فلس دور ساقه دم، تعداد خار سخت باله شکمی، تعداد شعاع نرم باله شکمی، تعداد خار باله مخرجی، تعداد شعاع نرم باله مخرجی و تعداد شعاع نرم باله سینه‌ای با یکدیگر متمایز بودند و آزمون‌های PCA، CVA و خوشه‌ای نیز به خوبی توانستند این جمعیت‌ها را از یکدیگر تفکیک کنند و تأییدی بر نتایج آزمون واریانس یک طرفه، کروسکال-والیس و نیز روش ریخت‌سنجی هندسی بودند (کیوانی و قربانی رنجبری، ۲۰۱۷a؛ قربانی رنجبری و کیوانی، ۲۰۱۷b). براساس نتایج تفاوت‌های ریختی بین سه جمعیت مورد مطالعه از این حوضه به‌طور کامل این سه جمعیت را از یکدیگر متفاوت نشان داد که می‌تواند به ویژگی‌های رژیم غذایی و قابلیت شناگری آن‌ها مرتبط باشد (زمانی و همکاران، ۲۰۱۴؛ لانگرهانس و رزنیک، ۲۰۱۰).

از حوضه کارون نیز دو جمعیت سیل ماهی بین‌النهرین شامل رودخانه دز و شور مورد مقایسه قرار گرفتند. دو جمعیت حوضه کارون در صفات تعداد فلس بالای خط جانبی، تعداد فلس زیر خط جانبی، تعداد شعاع باله دم، تعداد شعاع نرم باله مخرجی و تعداد شعاع نرم باله سینه‌ای از یکدیگر متمایز بودند و آزمون‌های PCA و DFA نشان دادند که این دو جمعیت در صفات شمارشی مذکور با

همکاران، ۲۰۱۱؛ جلیلی و همکاران، ۲۰۱۵؛ جمالی آشتیانی و همکاران، ۲۰۱۶؛ کیوانی و همکاران، ۲۰۱۷_a). معمولاً ماهیانی که در دوران اولیه زندگی دارای شرایط محیطی مشابهی هستند، از لحاظ ریختی وضعیت مشابهی دارند (پینه‌پرو و همکاران، ۲۰۰۵). هنگامی که ماهیان در وضعیت محیطی جدیدی قرار می‌گیرند این امکان وجود دارد که تغییرات ریختی در مدت زمان اندکی در آن‌ها رخ دهد (پولت و همکاران، ۲۰۰۴).

بر اساس فاصله ماهالانویس و فاصله پروکراست؛ به‌عنوان درجه تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه بر اساس ویژگی‌های شکل، جمعیت حوضه کرخه بیشترین تفاوت را با جمعیت دیاله نشان داد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد زمان جدایی این جمعیت‌ها از یکدیگر در حدی نبوده که موجب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در آن‌ها باشد و یا این که در مجموع شرایط زیستگاهی یکسانی را تجربه می‌کنند که منجر به شکل بدنی مشابه شده است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از آقایان دکتر سالار درافشان، دکتر منوچهر نصری، مهندس سعید اسدالله، مهندس علی نظام‌الاسلامی، مهندس سید محمدعلی موسوی، 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.

امکان وجود دارد که تغییرات ریخت‌شناسی سریعاً در آن رخ دهد (پولت و همکاران، ۲۰۰۴).

در مقایسه جمعیت‌های پنج حوضه و زیرحوضه دیده شد که اختلاف معناداری در حوضه‌های مورد مطالعه در روش ریخت‌سنجی هندسی وجود ندارد. هر چند در آزمون‌های PCA و CVA گروه‌بندی جمعیت‌ها و الگوهای شکل بدنی در راستای محورها دیده شد. این الگوها نشان داد که تفاوت‌های اولیه‌ای در اندازه و شکل سر، ارتفاع بدن و طول ساقه دم ایجاد شده‌است. از طرف دیگر در روش ریخت‌سنجی سنتی دیده شد که تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون‌های کروסקال-والیس تفاوت‌های معناداری در بین جمعیت‌های حوضه‌های مختلف در کلیه صفات را ارائه می‌دهند، هر چند آزمون‌های PCA و CVA این اختلاف‌ها را به‌خوبی نمایش نمی‌دهند (کیوانی و قربانی‌رنجبری، ۲۰۱۷_a). در مطالعه پاکاسما و پیرونن (۲۰۰۱) که تأثیر سرعت جریان آب بر تنوع شکل ماهی *S. trutta* را مورد بررسی قرار دادند، مشخص شد که این ماهی در سرعت جریان‌های تند دارای بدن دوکی شکل و سر درازتر است. همچنین ساقه دم بلندتر در این ماهی، هزینه شنا را به‌دلیل کاهش نیروی مقاوم حرکت در جریان‌های تند آب کاهش می‌دهد و کارایی از لحاظ مصرف انرژی بهبود می‌یابد.

در مطالعات دیگر نیز گاهی دیده می‌شود که یکی از روش‌های ریخت‌سنجی هندسی یا سنتی به خوبی جمعیت‌های مورد مطالعه را از یکدیگر تفکیک کرده‌است و دیگری نمی‌کند، و یا هر دو جمعیت‌های مورد مطالعه را متفاوت ارزیابی کرده‌اند (معمدی و

منابع

1. Almaca, C. 1984. Form Relationships Among Western Palearctic Species of *Barbus* (Cyprinidae, pisces). *Arquivos do Museu Bocage* 2(12): 207-248.
2. Berg, L.S. 1932. Eine neue *Barilius*-Art (Pisces, Cyprinidae) aus Mesopotamien. *Zool. Anz.* 100(11/12): 332-334.
3. Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometri and Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 435p.

4. 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.
5. 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*. Vol. Institute of Gerontology, University of Michigan, USA. 225-243.
6. Coad, B.W. 2017. *Freshwater Fishes of Iran*. <http://www.briancoad.com> (10 April 2017).
7. Ghorbani-Ranjbari, Z., and Keivany, Y. 2017a. Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Bushehr basin. *J. Anim. Res.*: Submitted.
8. Ghorbani-Ranjbari, Z., and Keivany, Y. 2017b. Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Jarrahi River basin. *J. Aquat. Ecol.*: Submitted.
9. Ghorbani-Ranjbari, Z., and Keivany, Y. 2017c. Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Diala River basin. *J. Fish.*: Submitted.
10. Jamali-Ashtiani, A., Eagderi, S., Khorasani, N., and 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. *J. Anim. Env.* 7(4): 143-150.
11. Jalili, P., Eagderi, S., and Keivany, Y. 2015. Body shape comparison of Kura bleak (*Alburnus filippii*) in Aras and Ahar-Chai rivers using geometric morphometric approach. *Res. Zool.* 5 (1): 20-24
12. Jouladeh-Roudbar, A., and 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.
13. Jouladeh-Roudbar, A., Eagderi, S., and Vatandoust, S. 2016. Comparison of morphological and molecular characters of riverine and lake populations of *Barilus mesopotamicus* in Tigris basin. *J. Wetl. Ecobiol.* 8(4): In press.
14. Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., and Abdoli, A. 2016. *Atlas of Inland Water Fishes of Iran*. Iran Department of Environment Press, Tehran, Iran. 218p.
15. Keivany, Y., and Ghorbani-Ranjbari, Z. 2017a. *Biometry of Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Iran. *Nova Biologica Reperta*: Submitted.
16. Keivany, Y., and Ghorbani-Ranjbari, Z. 2017b. Contribution to the biology of *Barilius mesopotamicus* populations in Iran. *J. Fish. Sci. Technol.*: Submitted.
17. Keivany, Y., Tahmasebi, A., and Farhadian, F. 2017. Body shape variation of Kura barb (*Barbus* spp.) in Iranian basins. *Journal of Experimental Anim. Biol.*: Submitted.
18. Kuliev, Z.M. 1984. On the variability of morphometric characters in the Caspian roach, *Rutilus rutilus caspicus* (Yakovlev) (Cyprinidae). *Vopr. Ikhtiol.* 24(6): 935-945.
19. Langerhans, R.B., and Reznick, D.N. 2010. Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. In: Domenici, P. and Kapoor, B.G. (eds), *Fish locomotion: an ecoethological perspective*. Science Publishers Inc, Enfield. Pp: 200-248.
20. Motamedi, M., Madjzadeh, S.M., Teimori, A., and Esmaeili, H.R. 2011. Systematic and biogeography of the *Barbus lacerta* complex (Pisces: Cyprinidae) from Iran-inferred by molecular and morphological evidence. 12th Annual Meeting of the Society of Biological Systematics (Gesellschaft für Biologische Systematik, GfBS). 21-27 February, BioSystematics Berlin. P. 231.
21. Nelson, J.S., Grande, T.C., and Wilson, M.V.H. 2016. *Fishes of the World*. John Wiley and Sons, New York, USA. 707p.

22. Pakkasmaa, S., and Piironen, J. 2001. Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations. Biol. J. Lin. Soc. 72(2): 231-239.
23. Pinheiro, A., Teixeira, C.M., Rego, A.L., Marques, J.F., and Cabral, H.N. 2005. Genetic and morphological variation of *Solea lascaris* (Risso, 1810) along the Portuguese coast. Fish. Res. 73: 67-78.
24. Poulet, N., Berrebi, P., Crivelli, A.J., Lek, S., and Argillier, C. 2004. Genetic and morphometric variation in the pikeperch *Sander lucioperca* of a fragmented delta. Arch. Hydrobiol. 159 (4): 531-554.
25. Rohlf, F.J., and Marcus, L.F. 1993. A revolution in morphometrics. Trend. Ecol. Evol. 8: 129-132.
26. Swain, D.P., and Foote, C.J. 1999. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. Fish. Res. 43: 113-128.
27. Tudela, S. 1999. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. Fish. Res. 42: 229-243.
28. Zamani-Faradonbeh, M., Eagderi, S., and Nasri, M. 2014. Geometric morphometric comparison of populations of Waspi, *Cabdio morar* (Hamilton, 1822) in Mashkil and Mokran Basins. Iran. Sci. Fish. J. 23(2): 57-68.
29. Zelditch, M. 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: a Primer. Elsevier Academic Press, New York, USA. 437p.

