

مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg 1932) در حوضه رودخانه‌های دیاله و تیگره

زهرا قربانی رنجیری^۱، یزدان کیوانی^{۲*}، مظاهر زمانی فرادنبه^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱ ایران.

۲. دانشیار گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱ ایران.

۳. دانشجوی دکتری گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱ ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۹/۲۲

چکیده

در مطالعه حاضر به مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) در حوضه رودخانه دیاله و تیگره در ایران پرداخته شد. هدف از این مطالعه بررسی تفاوت‌های شکلی احتمالی در بین جمعیت‌ها و یافتن جمعیت‌های جدا افتاده این گونه به منظورهای حفاظتی بود. به این منظور ۹۹ قطعه سیل ماهی از رودخانه‌های میمه، چنگوله، کنگیر و دویرج با استفاده از تور پره نمونه‌برداری شد. سپس ماهی‌ها توسط محلول گل میخک ۱٪ بی‌هوش، در فرمالین ۱۰٪ تثبیت و پس از انتقال به آزمایشگاه در الکل ۷۰٪ جهت شماره‌زنی و انجام بیومتری نگهداری شدند. 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 معنی‌داری در بین رودخانه‌های مورد مطالعه نشان نداد، هرچند در آزمون‌های PCA و CVA گروه‌بندی جمعیت‌ها و الگوهای شکل بدنی در راستای محورهای تفاوت‌هایی نشان داد که ناشی از تفاوت در اندازه و شکل سر، ارتفاع بدن و طول ساقه دم بود. بنابراین، هرچند جمعیت‌های مورد مطالعه با یکدیگر هم‌پوشانی داشتند، ولی جمعیت کنگیر گروه مجزایی را تشکیل داد.

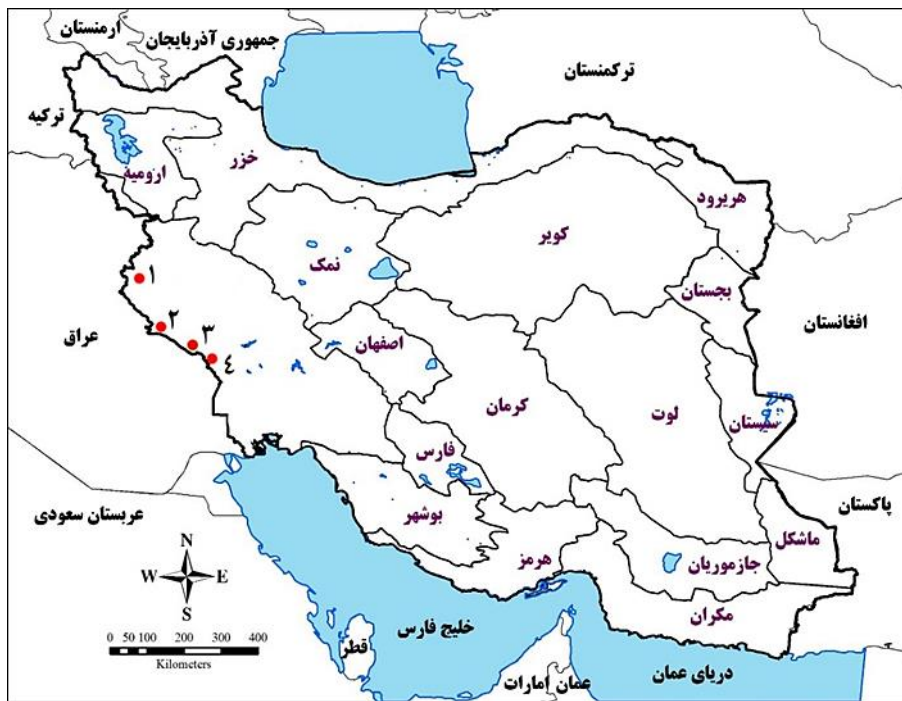
واژگان کلیدی: پروکراست، رود میمه، رود چنگوله، رود کنگیر، رود دویرج، مقایسه شکل.

۱. مقدمه

شناسایی گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان در حفاظت از تنوع زیستی و تحقیقات مربوط به ویژگی‌های زیستی آن‌ها از قبیل رشد، مرگ‌ومیر، هم‌آوری، روابط تغذیه‌ای و چرخه حیات ضروری است (Ibanez et al., 2007). خصوصیات ریختی از قبیل ویژگی‌های شمارشی، ریخت‌سنجی، شکل اتولیت و فلس‌ها به‌طور گسترده‌ای در شناسایی و تشخیص گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان به‌کار برده می‌شود (Ihsen et al., 1981; Cardin 2000; Poulet et al., 2005). ماهیان بیشترین گونه را در بین مهره‌داران داشته و تا کنون بیش از ۳۴۰۰۰ گونه از آن‌ها شناسایی شده است که حدود ۴۰٪ 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 حائز اهمیت است (Nelson et al., 2016; Froese and Pauly, 2017). با وجود وسعت زیاد ایران و وجود منابع آبی متنوع و فراوان (چشمه‌ها، نهرها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها، دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی، خلیج‌ها و آبندان‌ها)، مطالعات ماهی‌شناسی ناچیزی روی آن‌ها صورت گرفته است. 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 ناحیه می‌باشند. برخی از این ماهیان از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت هستند. با شناخت این ماهیان می‌توان در زمینه بیوتکنیک مصنوعی از آن‌ها بهره جست و با تکثیر و پرورش مصنوعی از کاهش نسل آن‌ها جلوگیری نمود. مطالعه انعطاف‌پذیری ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های یک گونه که در محیط‌های متفاوت از نظر خصوصیات زیستگاهی زندگی می‌کنند، امکان درک بهتر روند تغییرات ریختی تحت تاثیر تغییرات محیطی را در جمعیت‌ها فراهم می‌کند (Kuliev, 1984). به عبارت دقیق‌تر، تنوع ریخت‌شناختی ممکن است نتیجه انعطاف‌پذیری ریختی، سازگاری‌های منطقه‌ای، تغییرات خصوصیات اکولوژیکی، 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، خود می‌تواند دلیل به‌وجود آمدن اختلافات ریخت‌شناختی و ژنتیکی بین جمعیت‌ها و همچنین بین گونه‌های ماهیان باشد (Niecieza, 1995; Tjarks, 1999). ویژگی‌های ریختی ماهیان نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بالایی دارند از جمله عوامل تاثیرگذار بر ریخت می‌توان به نوع بستر، جریان آب، پوشش گیاهی، رقابت، شکار و میزان دسترسی به منابع غذایی اشاره کرد (Niecieza, 1995). انواع فرآیندهای زیست-شناختی مانند بیماری، فرآیند فردزایی، سازگاری با فاکتورهای 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).

جنس (*Barilius* (Howes, 1991) از زیر خانواده Danioninae است (Coad, 2017) که ۳۲ گونه را شامل می‌شود. پراکنش عمده این جنس از کشور پاکستان تا تایلند است، در حوضه آبریز دجله و فرات و کشور ایران نیز تنها یک گونه از این جنس با نام سیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) وجود دارد. این ماهی گونه‌ای با جثه کوچک است که اغلب دارای طولی کمتر از ۵۱ میلی‌متر است (Liao et al., 2011) و دارای یک جفت سبیلک بر روی فک بالایی هستند که طول آن در حدود ۱۰ درصد طول سر است، با این-حال سبیلک‌ها به سختی قابل رویت هستند. جمعیت این گونه نسبتاً محدود و در ایران در رودخانه‌های حوضه تیگره و بوشهر یافت می‌شود (Keivany et al., 2016). درجه حرارت آب در زیستگاه این ماهی بین ۲۴-۱۲ درجه سانتی‌گراد، هدایت الکتریکی آن تا ۱۰/۵ میلی‌زیمنس و جریان آب آرام تا تند است. این آب‌ها در ارتفاعات پایین در جلگه بین‌النهرین وجود دارد و هیچ نمونه‌ای در نهرها و رودخانه‌های کوه‌های زاگرس دیده نشده‌است. این ماهی بیشتر حاشیه رودخانه‌ها یا نهرهای کم‌عمق با بستر گلی و سنگریزه‌ای را ترجیح می‌دهد. این ماهی در فصل بهار تولیدمثل می‌کند و جهت تغذیه از بی‌مهرگان آبی استفاده می‌کند. بسیاری از جنبه‌های زیست‌شناسی آن مشخص نیست.



شکل ۱ - نقشه موقعیت تقریبی نقاط نمونه برداری (۱. کنگیر، ۲. چنگوله، ۳. میمه، ۴. دوبرج) (Keivany et al., 2016).

جدول ۱- مشخصات مناطق نمونه برداری.

ردیف	نام منطقه	تعداد	مختصات جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	EC	T(°C)
۱	کنگیر	۲۱	۳۳°۵۳'۵۳"N, ۴۵°۴۲'۱۳"E	۳۶۶	۲۱۵	۳۰/۸
۲	چنگوله	۳۹	۳۳°۰۲'۴۳"N, ۴۶°۳۴'۳۲"E	۲۳۱	۲۶۱	۳۲/۸
۳	میمه	۲۸	۳۲°۴۴'۴۰"N, ۴۷°۹'۲۳"E	۲۱۳	۱۴۴	۳۰
۴	دوبرج	۱۱	۳۲°۳۹'۱۱"N, ۴۷°۳۲'۳۶"E	۲۴۴	۵۳۵	۳۰/۴

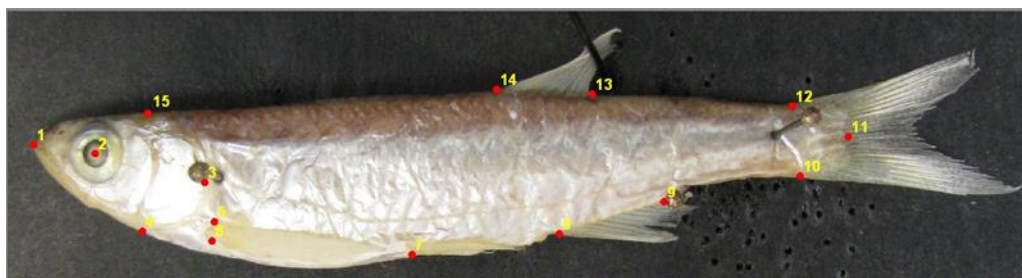
تیگره در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱ و جدول ۱). در این مطالعه ۹۹ قطعه سبیل ماهی بین-النهرین از سرشاخه‌های رودخانه دیاله (رودخانه‌های میمه، چنگوله، کنگیر، دوبرج) نمونه برداری شد. برای صید نمونه‌ها از تور پره استفاده شد. سپس ماهی‌ها توسط محلول گل میخک ۱٪ بی‌هوش شدند. ماهی‌های بی‌هوش شده در فرمالین ۱۰٪ تثبیت و پس از انتقال به آزمایشگاه در الکل ۷۰٪ جهت شمار زنی و انجام بیومتری نگهداری شدند.

به منظور تهیه لندمارک‌ها، تصاویر دیجیتال با استفاده از دوربین ۸ مگاپیکسلی کانن از فاصله ۱۰ سانتی‌متری، از ۴۶۰ نمونه عکس برداری شد. برای عکس برداری 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. لیست لندمارک‌های تعریف شده و موقعیت هر یک از

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 این که گونه سبیل ماهی 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). 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 دیاله و تیگره در ایران است.

۲. مواد و روش‌ها

چهار جمعیت از حوضه رودخانه‌های دیاله و



شکل ۲- موقعیت ۱۵ لندمارک روی نمونه‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه.

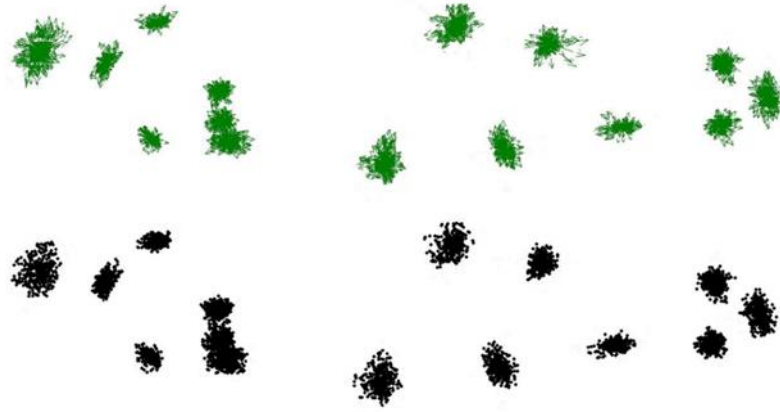
جدول ۲- لیست لندمارک‌های تعریف شده برای نمونه‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه.

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

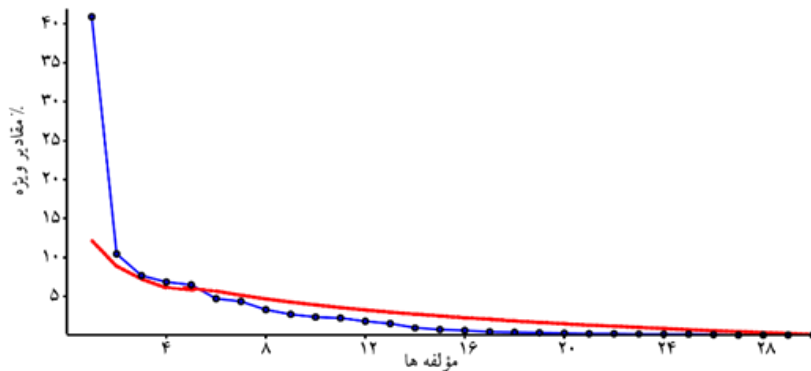
آن‌ها به ترتیب در جدول ۲ و شکل ۲ نشان داده شده است. روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست و حذف تغییرات غیر شکل (شامل: مقیاس، جهت و موقعیت) با نرم‌افزار tpsRelw نسخه ۱.۵ انجام شد. آنالیز واریانس برای بررسی درجه معنی‌داری تفاوت‌های بین گروه‌ها پس از بررسی پیش-فرض‌ها انجام شد. مصورسازی تغییرات شکل بدن نسبت به شکل میانگین کل با نرم‌افزار tpspline نسخه ۱.۲۰ در شبکه تغییر شکل انجام شد 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 به منظور مطالعه حداکثر جدایی بین جمعیت‌ها، آنالیز تجزیه همبستگی کانونی (CVA) مورد استفاده قرار گرفت. محاسبه شکل میانگین با استفاده از نرم افزار

نرم‌افزار MorphoJ نسخه ۲ نیز برای به تصویر کشیدن تفاوت‌های شکلی به صورت برون خطی استفاده شد. 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 به‌صورت 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 گروه-بندی 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 (Pinheiro *et al.*, 2005).

در استخراج داده‌های ریخت‌سنجی از طریق روش ریخت‌سنجی هندسی، لندمارک‌های تعیین شده



شکل ۳ - میزان جابجایی و تغییرات در موقعیت لندمارک‌ها نسبت به شکل میانگین گونه‌های مورد مطالعه (نقاط سبز PCI و نقاط سیاه PCI).



شکل ۴ - نمودار اسکرین پلات تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نمایش نقطه برش جولیف (خط قرمز) که نشان دهنده مرز مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار، در جمعیت‌های حوضه دیاله برای آزمون‌های ریخت‌سنجی هندسی است.

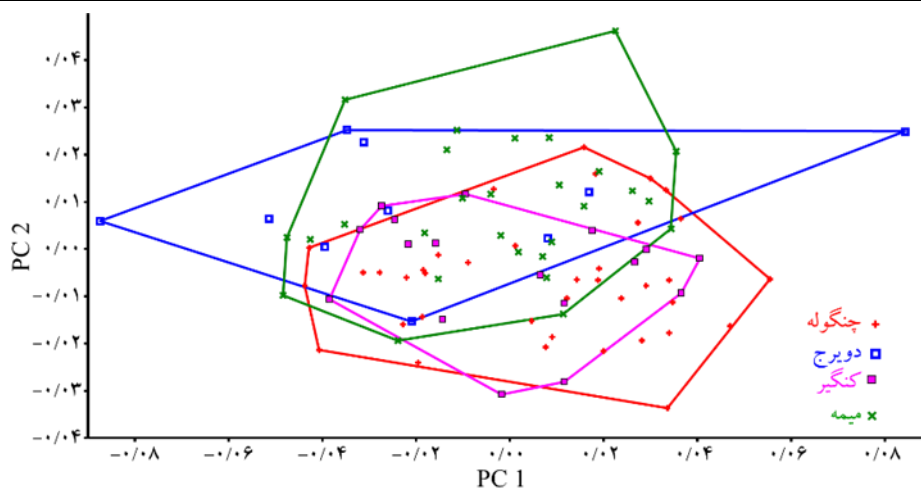
جدول ۳- مقادیر واریانس و مقادیر ویژه چهار مؤلفه اصلی اول شکل بدن جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله.

مؤلفه‌ها (PCs)	مقادیر ویژه	% واریانس
۱	۰/۰۰۰۸۳۷	۴۰/۹۲۱
۲	۰/۰۰۰۲۱۴	۱۰/۴۸۷
۳	۰/۰۰۰۱۵۶	۷/۶۴۸
۴	۰/۰۰۰۱۴	۶/۸۲۳
۵	۰/۰۰۰۱۳۳	۶/۴۸۵
جمع		۷۲/۳۶۴

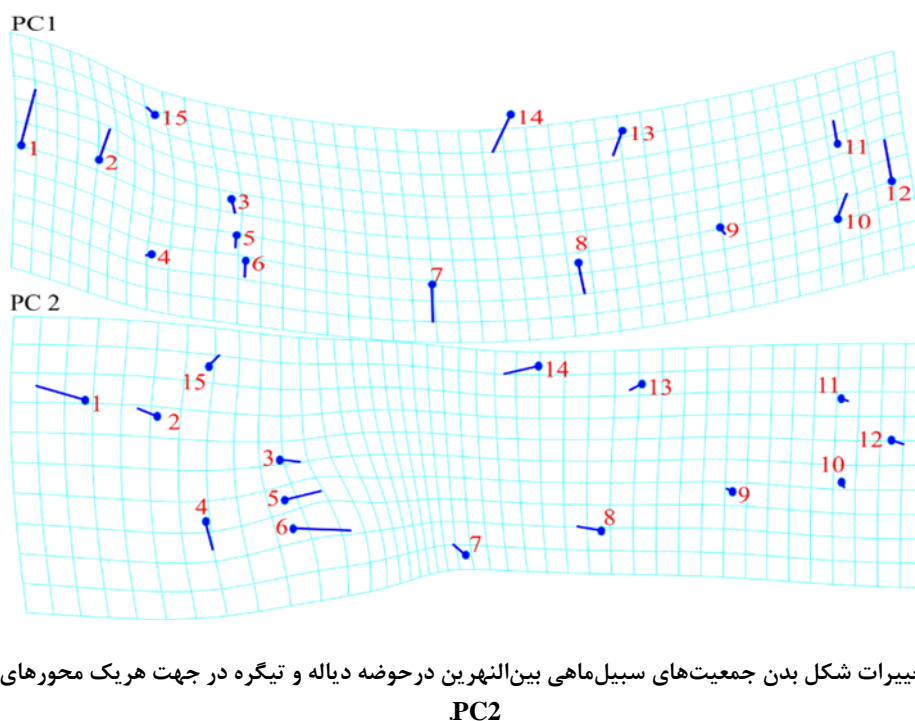
۳. نتایج

در شکل ۳ میزان جابجایی لندمارک‌ها بر روی تصاویر جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین ارایه شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، لندمارک‌گذاری از دقت قابل قبولی برخوردار است و کلیه لندمارک‌ها در موقعیت هدف قرار داده شده‌اند و جابه‌جایی در موقعیت تعداد ناچیزی لندمارک دیده می‌شود. مطابق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)،

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. همچنین از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۱، Excel 2010 و MorphoJ نسخه ۲ برای تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری و ترسیمی مطالعات زیست‌سنجی استفاده شد.



شکل ۵ - نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله و تیگره.

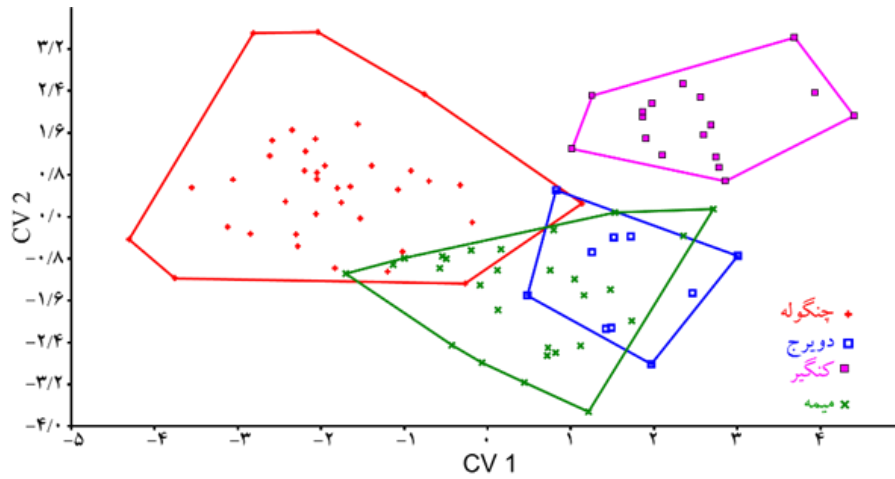


شکل ۶ - تغییرات شکل بدن جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله و تیگره در جهت هریک محورهای PC1 و PC2

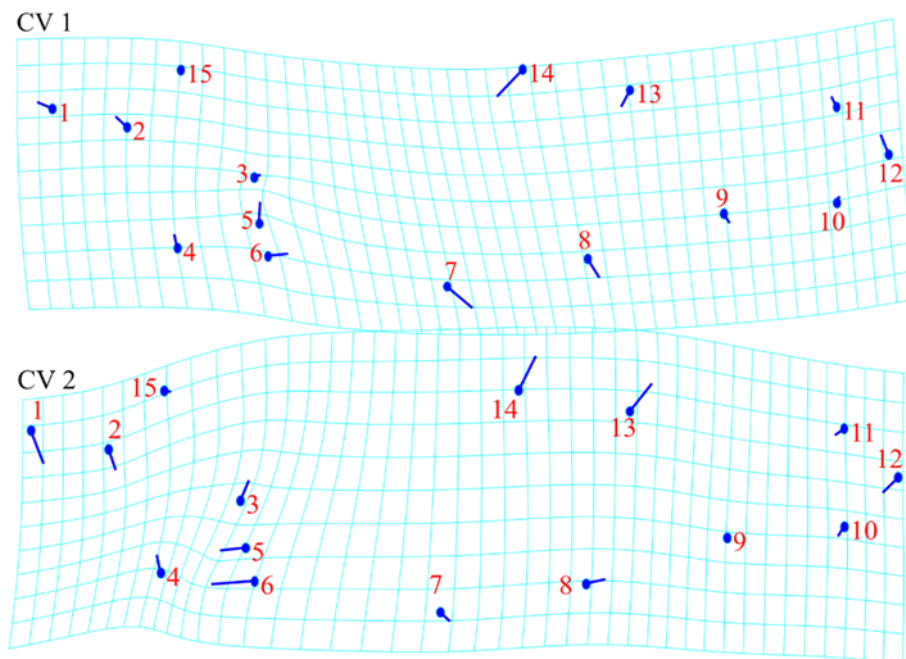
هستند. در بررسی تغییرات الگوی شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه، مطابق شکل ۶، با حرکت در جهت مثبت محور PC1 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به تغییر موقعیت دهان (موقعیت لندمارک ۱)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت لندمارک‌های ۵ و ۶) و تغییر موقعیت باله پشتی (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۴) دارند. همچنین با حرکت در جهت مثبت محور PC2 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به افزایش اندازه سر (موقعیت لندمارک‌های ۱، ۳، ۴ و ۱۵)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت لندمارک‌های ۵ و ۶)، تغییر موقعیت باله پشتی (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۴) و نیز تا

پنج مؤلفه اول که بالاتر از خط برش جولیف قرار داشتند، به عنوان عوامل اصلی تفکیک‌کننده جمعیت‌ها انتخاب گردید (شکل ۴)، این پنج مؤلفه در مجموع ۷۲/۳۶۴ درصد واریانس را به خود اختصاص داده‌اند (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 براساس دو مؤلفه اول و دوم در شکل‌های ۵ و ۶ مشخص شده است.

مطابق شکل ۵، گروه‌بندی جمعیت‌ها به خوبی انجام شده است ولی جمعیت‌ها دارای هم‌پوشانی بالایی



شکل ۷ - نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله.



شکل ۸ - تغییرات شکل بدنی نمونه‌ها در جهت هریک محورهای CV 1 و CV 2.

محور CV1 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به افزایش اندازه سر (لندمارک‌های ۱، ۳ و ۱۵)، تغییر موقعیت باله شکمی (لندمارک ۷)، تغییر موقعیت باله پشتی (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۴) دارند و نیز با حرکت در جهت مثبت محور CV2 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به کاهش اندازه سر (لندمارک‌های ۱، ۳ و ۴) و افزایش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۴) دارند. فاصله ماهالانوبیس و فاصله پروکراست به عنوان درجه تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه براساس ویژگی‌های شکل بدن در جدول-های ۴ و ۵ مشخص شده است. مطابق مقادیر فاصله ماهالانوبیس و پروکراست، بیشترین فاصله ماهالانوبیس

حدودی افزایش طول ساقه دمی (لندمارک‌های ۱۱ و ۱۲) دارند.

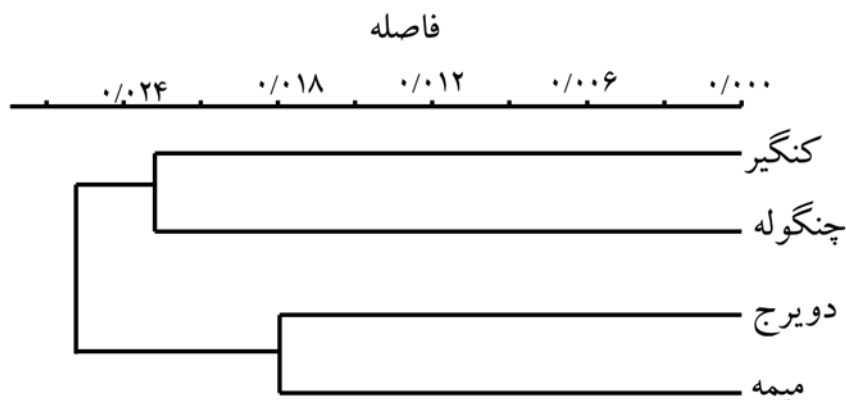
تحلیل همبستگی کانونی (CVA) براساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($P < 0.00001$ و $F = 3.98$) (Wilks $\lambda = 0.05647$) بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد (شکل ۷). در این شکل، همه جمعیت‌ها تا حد زیادی از یکدیگر جدا شده‌اند، به جز دو جمعیت رودخانه دویرج و میمه که دارای همپوشانی با یکدیگر هستند. همچنین در شکل ۸ تغییرات شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه آرایه شده است. با توجه به شکل، با حرکت در جهت مثبت

جدول ۴- فواصل ماهالونوبیس شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله.

جمعیت‌ها	چنگوله	دویرج	کنگیر
دویرج	۳/۹۱۶		
کنگیر	۴/۵۷۵	۳/۴۱۶	
میمه	۳/۱۷۲	۲/۱۲۴	۳/۸۶۷

جدول ۵- فواصل پروکراست شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله.

جمعیت‌ها	چنگوله	دویرج	کنگیر
دویرج	۰/۰۳۳۱		
کنگیر	۰/۰۲۲۷	۰/۰۲۷۰	
میمه	۰/۰۲۱۸	۰/۰۱۷۹	۰/۰۲۱۱



شکل ۹- تحلیل خوشه‌ای شکل بدن در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله و تیگره.

آزمون‌های CVA و خوشه‌ای نیز نشان دادند که چهار جمعیت سبیل‌ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه در حوضه دیاله با یکدیگر اختلاف دارند. به طور کلی، صفت‌های ریختی تحت کنترل و درهم‌کنش دو عامل شرایط محیطی و ژنتیکی می‌باشند (Swain and Holtby, 1989). صفت‌های 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 (Pinheiro et al., 2005). از سوی دیگر هنگامی که ماهی در شرایط محیطی جدیدی قرار می‌گیرد، این امکان وجود دارد که تغییرات ریخت‌شناسی سریعاً در آن رخ دهد (Poulet et al., 2004). مطالعه‌های اخیر نشان داده است که اختلافات ریخت‌شناسی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند ناشی از جدایی ژنتیکی و همچنین ناشی از اختلافات محیطی باشد (Tudela, 1999; Turan, 2000).

به طور کل ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان در

بین جمعیت‌های چنگوله با کنگیر و دویرج وجود دارند. در شکل ۹، تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه ارایه شده است. ضریب کوپرنیک تحلیل خوشه‌ای برابر با ۰/۹۴۷ محاسبه شد. مطابق با تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه دیاله، چهار جمعیت به دو گروه دو جمعیتی تقسیم شده است به طوری که دو جمعیت کنگیر و چنگوله در یک گروه و دو جمعیت دویرج و میمه در یک گروه قرار گرفته‌اند.

۴. بحث و نتیجه گیری

در بررسی ریخت‌سنجی هندسی چهار جمعیت 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 ندادند 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.

ریختی می‌شوند؛ به طوری که عوامل محیطی از قبیل دما، غذای در دسترس و حتی فاصله مهاجرت می‌توانند به طور بالقوه باعث ایجاد تفاوت‌های ریختی در ماهیان شوند (Turan *et al.*, 2006).

سطوح تغییرات درون جمعیتی به وسیله ضریب تغییرات کلی بیان می‌شود که می‌تواند تحت تأثیر سه عامل الگوی رشد، وجود بیش از یک جمعیت در منطقه و یا حضور گروه‌های فنوتیپی مختلف در یک منطقه باشد (Karakousis *et al.*, 1991). بنابراین، می‌توان بیان نمود که بخش‌های عمده‌ای از تفاوت‌های ریختی جدا شده بواسطه رانش ژنتیکی از طریق انتخاب طبیعی به وقوع پیوسته است (Samaee and Patzner, 2011). علاوه بر این، بخشی از این تفاوت‌های ریختی نیز می‌تواند ناشی از سازگاری به شرایط محیطی برای افزایش بقای این گونه عام‌گرا باشد. 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). شرایط محیطی در خلال دوران اولیه تکامل ماهی فاکتور 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). هنگامی که 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.*, 2004). پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که اختلافات ریخت‌شناسی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند ناشی از جدایی ژنتیکی و همچنین ناشی از اختلافات محیطی باشد (Tudela, 1999; Turan, 2000). عمده تفاوت‌های شکل بدن در اندازه و شکل سر، ارتفاع بدن و طول ساقه دم است. در این روش براساس فاصله ماهالانوبیس و فاصله پروکراست؛ به عنوان درجه تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه براساس ویژگی‌های شکل، جمعیت‌کنگنیر بیشترین تفاوت را با سایر جمعیت‌ها نشان داد.

مقایسه با سایر مهره‌داران بیشتر دچار تغییرات درون و بین‌گونه‌ای شده و نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بیشتری دارند. بنابراین، اثرات بعضی از فاکتورهای محیطی نظیر درجه حرارت، شوری، دسترسی به غذا و یا فاصله مهاجرت می‌تواند به طور بالقوه تفکیک ریختی ماهیان را تعیین کند (Smith, 1966; Turan, 2000; Turan and Ergudan, 2004). از طرف دیگر، شرایط محیطی متفاوت (دما، کدورت، عمق آب و جریان آب) سبب جدایی جمعیت‌های ساکن رودخانه‌های مختلف می‌شود (Yamamoto *et al.*, 2004; Samaee *et al.*, 2009).

بررسی‌های دیگر تفاوت‌های شکل بدنی جمعیت‌های ماهیان در زیستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی همیشه دارای قدرت یکسانی در تفکیک و تعیین تمایز جمعیت‌ها نیستند؛ به طوری که در مطالعه Zamani-Faradonbe و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی دو جمعیت سس‌ماهی کورا (*Barbus cyri* (Heckel, 1843)) در دو سوی سد سنگبان از یکدیگر تفکیک شدند. این در حالی است که روش ریخت‌سنجی سنتی نتوانست دو جمعیت را از هم مجزا کند.

Vatandoust و Jouladeh-Roudbar

(۲۰۱۵) در مقایسه جمعیت‌های سیل‌ماهی بین-النهرین عنوان کردند که جمعیت‌های این ماهی در سه رودخانه سیمره، چنگوله و سیاه‌گاو استان ایلام در ده صفت اندازه‌شناسی و چهار صفت شمارشی با یکدیگر اختلاف دارند. Jouladeh-Roudbar و همکاران (۲۰۱۷) براساس نتایج آزمون‌های PCA و CVA بین جمعیت‌های رودخانه چنگوله و سیمره با جمعیت دریاچه سیاه‌گاو اختلاف معنی‌داری از لحاظ ریختی مشاهده کردند؛ اما در دارنگاره ترسیم شده بر اساس ژن *Cytb*، جمعیت‌های مورد مطالعه از لحاظ ژنتیکی از یکدیگر تمایز نیافته و در یک خوشه قرار گرفتند و نتیجه گرفتند که تمایز ریختی جمعیت‌ها در مناطق مورد مطالعه بیشتر متأثر از عوامل محیطی بوده و نقش عوامل ژنتیکی در این زمینه محدودتر است. طبق مطالعات مختلف در بین مهره‌داران، ماهیان با نرخ بیشتری در اثر شرایط محیطی دچار تفاوت‌ها و تغییرات

References

- 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). *Arquivos do Museu Bocage*, 2(12), 207-248.
- 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: Geometri and Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 435 p.
- Bookstein, F.L., 1996. Combining the tools of geometric morphometrics. In: L.F. Marcus, M. Corti, A. Ioy, G. Naylor, D.E. Slice, 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*. Vol. Institute of Gerontology, University of Michigan, USA. 225-243.
- Cardin, S.X., 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology & Fisheries* 10, 91-112.
- Coad, B.W., 2017. Freshwater Fishes of Iran. <http://www.briancoad.com> (15 March 2017).
- Eagderi, S., Esmailzadegan, A., Maddah, A. 2012. Study of body shape variation in *Alburnoides eichwaldii* in the Caspian Sea basin using geometric morphometrics. *Journal of Taxonomy and Biosystematics* 5(1), 1-8. (In Farsi)
- Ibanez, A.L., Cowx, I.G., O'Higgins, P., 2007. Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 64, 1091-1100.
- 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. 2015. Comparison of body shapes in *Barbus lacerta*, Heckel 1834 the three basins of Caspian, Tigris and Urmia using geometric morphometrics. *Animal Environment*, 7(4), 143-150. (In Farsi)
- Jouladeh-Roudbar, Vatandoust, S. 2015. Comparative study of morphological and meristic characteristics of *Barilius mesopotamicus* in Saymareh, Changoleh and Siahgav rivers in Ilam Province. *Journal of Exploitation and Aquaculture*, 4(1), 6-47. (In Farsi)
- Jouladeh-Roudbar, A., Eagderi, S., Vatandoust, S., 2017. Morphological and molecular comparison of riverine and lake populations of *Barilius mesopotamicus* in Tigris basin. *Journal of Wetland Ecobiology*, 8(4), in press. (In Farsi)
- Karakousis, Y., Triantaphyllidis, C., Economidis, P.S., 1991. Morphological variability among seven populations of brown trout (*Salmo trutta*) in Greece. *Journal of fish Biology*, 38(6), 807-817.
- 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 charactets in the Caspian roach, *Rutilus rutilus caspicus* (Yakovlev) (Cyprinidne). *Voprosy Ikhtiologii*, 24(6), 935-945.
- 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 and Evolutionary Research*, 49(3), 224-232.
- Nelson, J.S., Grande, T.C., Wilson, M.V.H., 2016. *Fishes of the World*. John Wiley and Sons, New York, USA. 707 p.
- 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 Portugese 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.
- Rohlf, F.J., Marcus, L.F., 1993. A revolution in morphometrics. *Trend in Ecology and Evolution*, 8, 129-132.
- Samae, 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.
- Smith, G.R., 1966. Distribution and evolution of the North American catostomid fishes of the subgenus *Pantosteus*, genus *Castostomus*. Miscellaneous publications, Museum of Zoology, University of Michigan, 129 p.
- 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.
- 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 encrasicolus*. *Fisheries Research*, 42, 229-243.
- 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.
- 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.; Oral, M., Öztürk, B., Düzgüneş, E., 2006.

- Morphometric and meristic variation between stocks of Bluefish *Pomatomus saltatrix* in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas. *Fisheries Research*, 79(1), 139-147.
- 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-Faradonbe, M., Eagderi, S., 2016. Morphological comparison of Kura barb in upstream and downstream of Sangban Dam. *Journal of Wetland Ecobiology*, 7(4), 87-96. (In Farsi)
- Zelditch, M., 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Elsevier Academic Press, New York, USA. 437 p.

