مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی
سال هفتم، شماره چهارم، پیاپی بیست و هشتم، بهار ۱۳۹۸ (۱۱۵-۱۰۷)

بررسی مقایسه‌ای ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*Capoeta fusca*) در حوضه‌های کویر و هریرود

محمود بنی‌مسنی[۱]، یزدان کیوانی[۲*]، عیسی ابراهیمی[۳]
۱. کارشناس 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. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۲۵)

چکیده
کمّی‌سازی ویژگی‌های ریختی شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهیان سبب شناسایی بهتر آنها می‌شود و درک بهتری از تاریخچه تکاملی جمعیت‌های گوناگون آن را ارایه می‌کند. از این رو، این پژوهش با هدف بررسی ویژگی ریخت‌شناسی جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*Capoeta fusca*) در آب‌های داخلی ایران با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا در آمد. برای این منظور تعداد ۱۲۲ نمونه سیاه‌ماهی از سه رودخانه امیرآباد، کال‌شور و تبارک نمونه‌برداری شد. از نیم‌رخ چپ بدن ماهی‌ها عکس‌برداری شد و روی تصاویر دو بعدی حاصل به منظور استخراج داده‌های شکل بدن روش ریخت‌سنجی هندسی، با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 تعداد ۱۵ لندمارک تعریف و رقومی شد. داده‌های لندمارک پس از تحلیل پروکراست با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) و آنالیز خوشه‌ای (CA) تحلیل شدند و الگوهای تغییر شکل هر جمعیت نسبت به شکل میانگین کل جمعیت‌ها در شبکهٔ تغییر شکل مصورسازی شد. مطابق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، شش مؤلفه اول بالاتر از نقطه برش جولیف قرار داشتند و در مجموع ۷۹/۳۷ درصد واریانس را به خود اختصاص دادند. بیشترین واریانس مربوط به تغییرات اندازه سر، ارتفاع بدن، جایگاه باله پشتی و مخرجی، طول قاعده باله پشتی و اندازه طول ساقه دمی بود. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و کلیه نتایج تحلیل همبستگی کانونی صفات شمارشی نشان داد که جمعیت‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۰۰۱). تحلیل خوشه‌ای نیز جمعیت رودخانه کال‌شور را در گروهی جداگانه نسبت به دو جمعیت رودخانه‌های امیرآباد و تبارک قرار داد.

واژه‌های کلیدی: امیرآباد، تبارک، تحلیل چند متغیره، ریخت‌سنجی، سیاه‌ماهی، کال‌شور.

Comparative geometric morphometric study of *Capoeta fusca* populations in Kavir and Harirud basins

Mahmood Banimasani[1], Yazdan Keivany[2*], Eisa Ebrahimi[3]
1. M.A., Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran
2. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran
3. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran
(Received: Apr. 07, 2017 - Accepted: Apr. 14, 2019)

Abstract
Quantifying morphological characteristics of body shape in fishes can help their correct identification as well as understanding of evolutionary history of their different populations. Hence, this study was aimed to compare the morphological characteristics of different population of siahmahi (*Capoeta fusca*) in inland-water of Iran using geometric morphometric method (GM). In total 122 specimens of *Capoeta fusca* were collected from three rivers Amirabad, Kalshur, Tabarak. Then, the lateral surface of their left side photographed and seventeen landmark-points defined and digitized using TpsDig2 software to extract body shape data in geometric morphometry. The coordinate data after GPA superimposing, analyzed using principal component analysis (PCA), canonical variate analysis (CVA) and cluster analysis (CA) and body shape pattern of every population was visualized in relation to consensus shape of total populations. Based on the PCA, six factors were above the Joliff line and accounted for more than 79.37% of the variance. The highest variances were related to the head size, body depth, dorsal and anal fin position, dorsal fin base length and caudal peduncle length. The CVA and PCA morphometric of *Capoeta fusca* indicated that the three populations of Kalshur, Amirabad and Tabarak have meaningful differences and they are separated from each other (p<0.0001). The cluster analysis has also isolated the population of Kalshur from the populations of Amirabad and Tabarak.

Keywords: Amirabad, Kalshur, Siahmahi, Tabarak.

* نویسنده مسئول: یزدان کیوانی E-mail: keivany@cc.iut.ac.ir

مقدمه

سیاه‌ماهی *Capoeta fusca* از رودها، چشمه‌ها و قنات‌های آب شیرین حوضه‌های آبریز در شرق ایران مانند هریرود، بجستان، لوت و سیستان گزارش شده است (Esmaeili, 2017; Coad, 2018; Keivany *et al*., 2016). *Capoeta fusca* به‌عنوان یک گونه از کپورماهیان (Cyprinidae)، جزو ماهیان مهم قنات‌های شرق ایران است (Johari, 2009). این گونه به‌صورت بومی در این حوضه‌ها وجود دارد و احتمالاً در حوضه‌های آبریز کشورهای همسایه نیز یافت می‌گردد. این گونه دارای بدن دوکی‌شکل با رنگ خاکستری متمایل به سیاه بر روی سر و دو طرف بدن، رنگ روشن‌تر در باله‌ها و رنگ سفید در ناحیهٔ شکمی است (Coad, 2017).

بررسی‌های ریخت‌سنجی از جمله ابزارهای مورد استفاده در مقایسه جمعیت‌های مختلف ماهیان از جمله بررسی آرایه‌شناختی و انعطاف‌پذیری ریختی است. روش‌های ریخت‌سنجی قدمت زیادی در پژوهش‌های شکل بدن ماهیان دارد و در طی چند دهه اخیر پیشرفت چشم‌گیری داشته است. روش ریخت‌سنجی سنتی براساس اندازه‌گیری فواصل طولی و زوایا می‌باشد و اغلب بررسی‌های آرایه‌شناختی و تفکیک گونه‌ها بر اساس داده‌های اندازشی در این روش استاندارد شده‌اند، اگرچه این روش توانایی بالایی در تفکیک ریختی ماهیان دارد؛ با این وجود این روش دارای ضعف‌هایی از جمله عدم امکان مصورسازی تفاوت‌ها، فقدان توانایی استخراج شکل نمونه‌ها، مشکل حذف اندازه نمونه‌ها و هم‌پوشانی فواصل اندازه‌گیری شده دارد. از این‌رو در دو دهه اخیر روش ریخت‌سنجی هندسی به‌عنوان روشی دقیق و مدرن برای توصیف و تحلیل آماری شکل در زیست‌شناسی مطرح شده است. این روش بر خلاف روش ریخت‌سنجی سنتی، بر اساس مختصات نقاط لندمارک می‌باشد. این نقاط لندمارک هر کدام دارای یک موقعیت (مختصات دو یا سه بعدی) می‌باشند که برخی از دسته‌بندی‌ها یا انواع از همگنی‌ها موجود در بین تمام نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده را بیان می‌کند (Bookstein, 1997). ازآنجایی‌که مختصات هندسی لندمارک اندازه‌گیری‌شده به‌وسیله مجموعه مختصات لندمارک‌ها نگهداری می‌شوند، ریخت‌سنجی هندسی نمایش تصویری مؤثر از نتایج آماری به‌صورت تغییرات شکل را ممکن می‌سازد (Bookstein, 1997). از این‌رو این روش توانایی بالایی در آشکارسازی تفاوت‌های ریختی داشته و می‌تواند جزیی‌ترین تفاوت‌های ریختی را آشکار سازد.

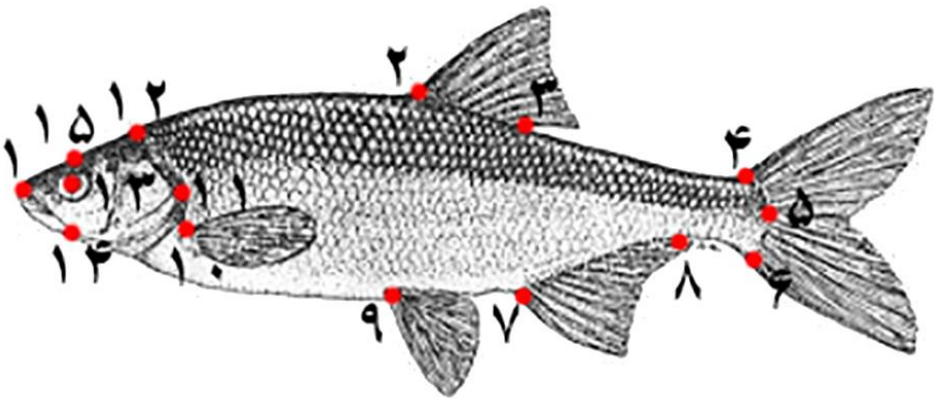
از گذشته تاکنون پژوهش‌های ریخت‌شناختی در دانش زیست‌شناسی ماهی از اهمیت زیادی برخوردار بوده است و کاربرد گسترده‌ای در بررسی جمعیت‌های مختلف، رده‌بندی و جداسازی گونه‌های ماهیان از یکدیگر داشته است (Bakhoum, 1994). بر خلاف دیگر گروه‌های مهره‌دار شناخته‌شده، ماهی‌ها یک اجتماع ناهمگن را تشکیل داده‌اند. انعطاف ریختی ماهیان این اجازه را به آنها می‌دهد تا نسبت به تغییرات محیطی پاسخی به‌صورت تغییرات فیزیولوژیکی و رفتاری دهند که خود باعث تغییرات ریختی، تولیدمثلی و بقا در آنها شده و با استفاده از این ویژگی‌ها آثار تغییرات محیطی را به حداقل می‌رساند (Turan, 2000; Turan *et al*., 2006). گر چه ریخت‌سنجی هندسی برخی از کپورماهیان و سایر گونه‌ّای سیاه ماهی انجام شده است (Jalili *et al*., 2015; Razavipour *et al*., 2015; Mouludi-Saleh *et al*., 2017)، ولی در مورد این گونه مطالعه‌ای صورت نگرفته است. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی احتمال وجود تفاوت‌های شکلی بین جمعیتی در بین سیاه‌ماهی قنات *Capoeta fusca* در رودخانه امیرآباد و کال‌شور در حوضه کویر و رودخانه تبارک در حوضه هریرود اجرا شد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۲۲ نمونه ماهی *Capoeta fusca* از سه

رودخانه امیرآباد (۱۷ عدد) و کال‌شور (۴۴ عدد) در حوضه کویر و تبارک (۶۱ عدد) در حوضه هریرود با استفاده از تور پره با چشمه‌های ۱ میلی‌متری انجام شد (شکل ۱). نمونه‌های صیدشده پس از بیهوشی در محلول گل‌میخک در فرمالین ۱۰٪ تثبیت و سپس برای ادامه بررسی‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. روش ریخت‌سنجی هندسی روشی بر پایه مختصات لندمارک‌ها است که برای تحلیل تغییرات شکل در نمونه‌های مورد مطالعه استفاده می‌شود (Adams *et al.*, 2004). به‌طور معمول در پژوهش‌های ریخت‌سنجی سنتی تحلیل‌های آماری چندمتغیره برای بررسی یک مجموعه از داده‌های فاصله‌ای از قبیل طول، عرض و ارتفاع به‌کار برده می‌شود، ولی در روش ریخت‌سنجی هندسی داده‌های حاصله مختصات لندمارک‌ها هستند که برای استخراج داده‌های شکل مورد استفاده قرار می‌گیرند. این داده‌ها می‌توانند در یک شبکه تغییر شکل مصورسازی شوند (Adams *et al.*, 2004) (شکل ۲).

شکل ۱. موقعیت تقریبی صید نمونه‌های سیاه ماهی. ۱. کال شور ۲. امیرآباد ۳. تبارک.



شکل ۲. موقعیت ۱۵ لندمارک مورد استفاده بر روی نمونه‌های سیاه ماهی.

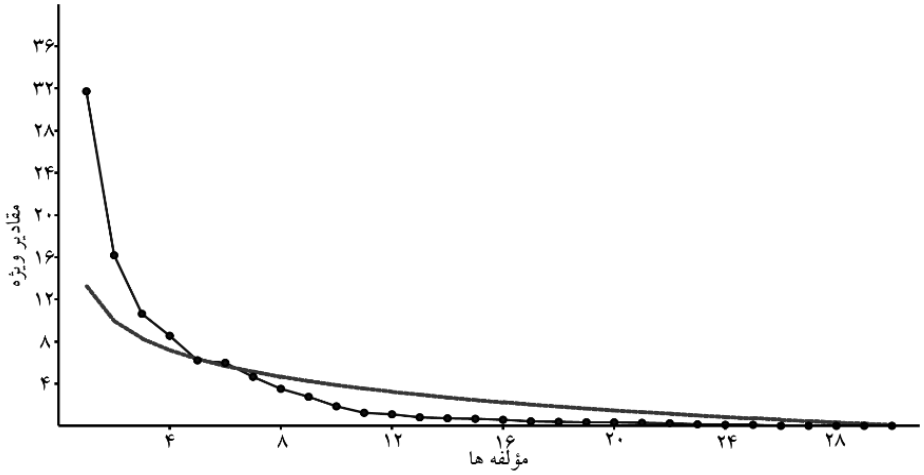
به‌منظور تهیه لندمارک‌ها، تصاویر دیجیتال با استفاده از دوربین هشت مگاپیکسلی کانن مدل 1234 pc (ساخت کشور ژاپن) از فاصله ۱۵ سانتی‌متری از نیم‌رخ چپ تمامی نمونه‌ها عکس‌برداری شد (جدول۱). برای عکس‌برداری تمامی شرایط شامل تنظیمات دوربین، میزان فوکوس، میزان بزرگنمایی، اندازه لنز، فاصله دوربین از سطح نمونه‌ها و همچنین نور زمینه یکسان بود. سپس، لندمارک‌ها با استفاده از نرم‌افزار Tpsdig2.1.46 بر روی تصاویر دو بعدی قرار داده شدند. روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از تحلیل پروکراست و حذف تغییرات غیرشکل (شامل: مقیاس، جهت و موقعیت) با نرم‌افزار TpsRelw1.46 انجام شد. یکسان بودن شرایط نمونه‌گیری، یکسان بودن تعداد نمونه‌های متعلق به هر گونه یا جمعیت الزامی است. در غیر این صورت نمی‌توان این تحلیل را در نرم‌افزار انجام داد. سپس، داده‌های حاصل شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده تحلیل‌های چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تجزیه همبستگی کانونی (CVA) و تحلیل خوشه‌ای (CA) توسط نرم‌افزار پست (PAST) آزمون شدند.

نتایج

مطابق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، شش مؤلفه اول که بالاتر از نقطه برش جولیف (۰/۰۰۰۰۳۲۴) قرار داشتند، به عنوان عوامل اصلی تفکیک‌کننده جمعیت‌ها انتخاب شدند (شکل ۲)، که این شش مؤلفه در مجموع ۷۹/۳۷ درصد واریانس را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). این واریانس مربوط به تغییرات اندازه سر، ارتفاع بدن، جایگاه باله پشتی و مخرجی، طول قاعده باله پشتی و اندازه طول ساقه دمی است. نحوه توزیع جمعیت‌های مورد مطالعه و نیز تغییرات شکل بدنی آنها در راستای دو محور اصلی اول (PC1) و دوم (PC2) در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است.

جدول ۱. فهرست لندمارک‌های تعریف‌شده

شماره لندمارک	موقعیت نقاط روی بدن ماهی
۱	نوک پوزه
۲	ابتدای قاعده پشتی
۳	انتهای قاعده پشتی
۴	بیشینه تو رفتگی ساقه دمی در بالا
۵	انتهایی‌ترین بخش ساقه دمی مرز بین ساقه دمی و باله دمی
۶	حداکثر تو رفتگی ساقه دمی در پایین
۷	ابتدای قاعده باله مخرجی (نقطه شروع قاعده باله مخرجی)
۸	انتهای قاعده باله مخرجی (نقطه انتهایی قاعده باله مخرجی)
۹	نقطه شروع باله شکمی (ابتدایی‌ترین بخش قاعده باله شکمی)
۱۰	نقطه شروع باله سینه‌ای (ابتدایی‌ترین بخش قاعده باله سینه‌ای)
۱۱	انتهایی‌ترین بخش سرپوش آبششی به سمت بدن
۱۲	خطی موازی با انتهای سرپوش آبششی به سمت بالای بدن
۱۳	وسط چشم
۱۴	امتداد خطی موازی از نقطه وسط چشم به سمت پایین بدن ماهی
۱۵	امتداد خطی موازی از نقطه وسط چشم به سمت بالای بدن ماهی



شکل ۲. نمودار Scree plat تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نمایش نقطه برش جولیف (خط ممتد) که نشان‌دهنده مرز مؤلفه‌های اصلی (دایره‌ها) معنی‌دار است.

جدول ۳. مقادیر واریانس و مقادیر ویژه شش مؤلفه اصلی اول شکل بدن جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*C. fusca*)

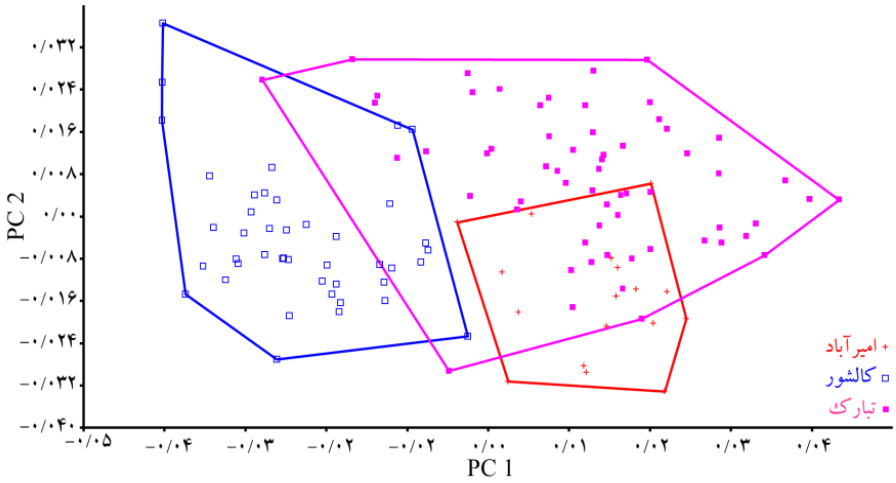
مؤلفه‌ها (PCs)	مقادیر ویژه	واریانس
۱	۰/۰۰۰۴۴	۳۱/۷۵
۲	۰/۰۰۰۲۲	۱۶/۱۹
۳	۰/۰۰۰۱۵	۱۰/۶۷
۴	۰/۰۰۰۱۲	۸/۵۱
۵	۰/۰۰۰۰۹	۶/۲۶
۶	۰/۰۰۰۰۸	۵/۹۹
جمع		۷۹/۳۷

مطابق شکل ۳، جمعیت رودخانه‌های امیرآباد و کال‌شور و نیز جمعیت رودخانه‌های تبارک و کال‌شور از یکدیگر مجزا شده‌اند و همچنین جمعیت‌های تبارک و امیرآباد تا حدودی با همدیگر هم‌پوشی دارند. در بررسی تغییرات الگوی شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه، مطابق شکل ۴، با حرکت در جهت مثبت محور PC1 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به افزایش اندازه سر (موقعیت لندمارک‌های ۱، ۱۵، ۱۲، ۱۱، ۱۰ و ۱۴)، افزایش ارتفاع بدن (لندمارک ۹)، حرکت رو به جلو در باله پشتی (لندمارک‌های ۲ و ۳) و حرکت رو به عقب در باله مخرجی (لندمارک‌های ۷ و ۸) دارند. همچنین، با حرکت در جهت مثبت محور PC2 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به افزایش اندازه سر (موقعیت لندمارک‌های ۱، ۱۵، ۱۲، ۱۰ و ۱۴)، کاهش ارتفاع بدن (لندمارک ۹)، کاهش طول قاعده باله پشتی (لندمارک‌های ۲ و ۳) و نیز افزایش طول ساقه دمی (لندمارک‌های ۴، ۵ و ۶) و حرکت رو به بالای باله مخرجی (لندمارک‌های ۷ و ۸) دارند.

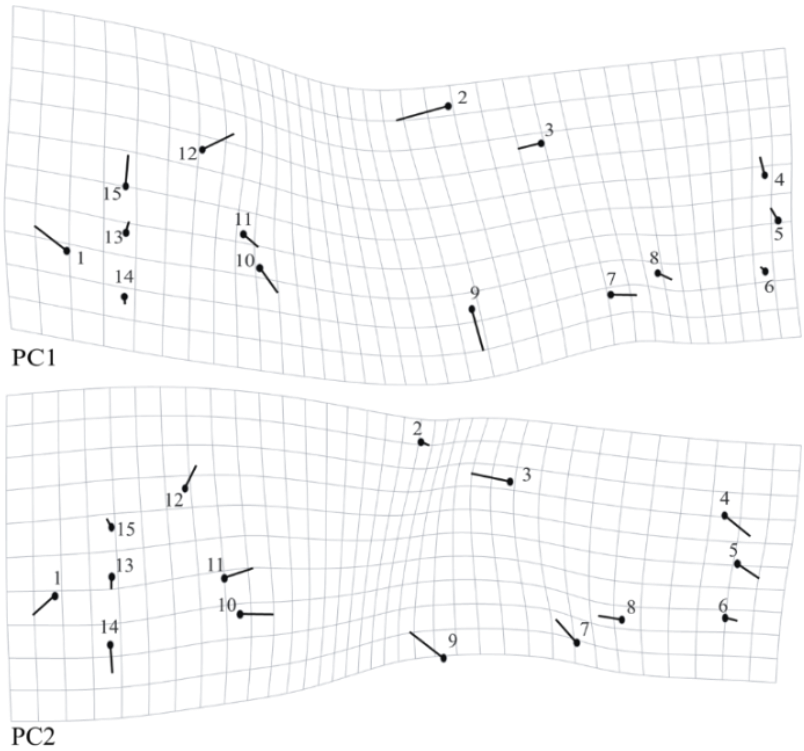
تحلیل همبستگی کانونی (CVA) بر اساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت (Permutationtest) نشان داد که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۰۰۰۳ و (f=۲۰/۶۷) (Wilks lambda=۰/۰۲۱۸) بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد (شکل ۵). در این شکل سه جمعیت رودخانه‌های امیرآباد، کال‌شور و تبارک به طور کامل از یکدیگر جدا شده اند. در شکل ۶ تغییرات شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه ارایه شده است. با توجه به شکل، با حرکت در جهت مثبت محور CV1 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به افزایش اندازه سر (لندمارک‌های ۱، ۱۵، ۱۲، ۱۱، ۱۰ و ۱۴)، افزایش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۲ و ۹)، حرکت رو جلو در باله پشتی (لندمارک‌های ۲ و ۳) و حرکت رو به عقب باله مخرجی (لندمارک‌های ۷ و ۸) دارند و نیز با حرکت در جهت مثبت محور CV2 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به افزایش اندازه سر (لندمارک‌های ۱، ۱۲، ۱۱، ۱۰ و ۱۴)، کاهش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۲، ۳ و ۹)، کاهش طول قاعده باله پشتی (لندمارک‌های ۲ و ۳)، حرکت رو به بالا در باله مخرجی (لندمارک‌های ۷ و

۸) و افزایش طول ساقه دمی (لندمارک‌های ۴، ۵ و ۶) دارند. مقادیر فاصله ماهالانوبیس و فاصله پروکراست در جداول ۴ و ۵ ارایه شده است. مطابق مقادیر فاصله ماهالانوبیس و پروکراست، بین جمعیت‌های امیرآباد و کال‌شور بیشترین تمایزوجود دارد و سپس بین سایر جمعیت‌ها با شدت کمتر تمایز وجود دارد.

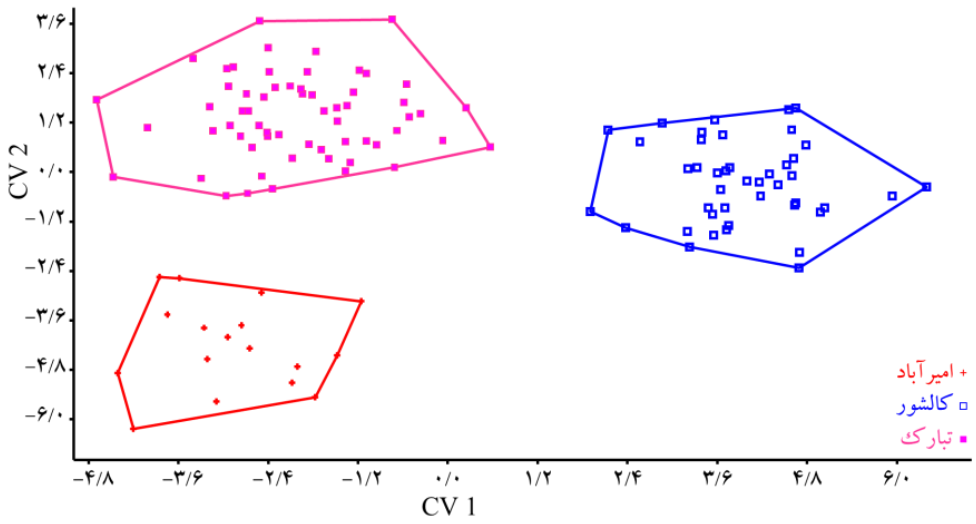
در شکل ۷، تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه ارایه شده است. ضریب کوپرنیک تحلیل خوشه‌ای برابر با ۰/۹۳۷۳ می‌باشد. مطابق با تحلیل خوشه‌ای، جمعیت‌های مورد مطالعه سیاه ماهی *C. fusca* به دو گروه تقسیم شده‌اند، به طوری که جمعیت رودخانه کال‌شور در یک گروه و جمعیت‌های رودخانه‌های امیرآباد و تبارک در گروه دیگر قرار گرفته‌اند.



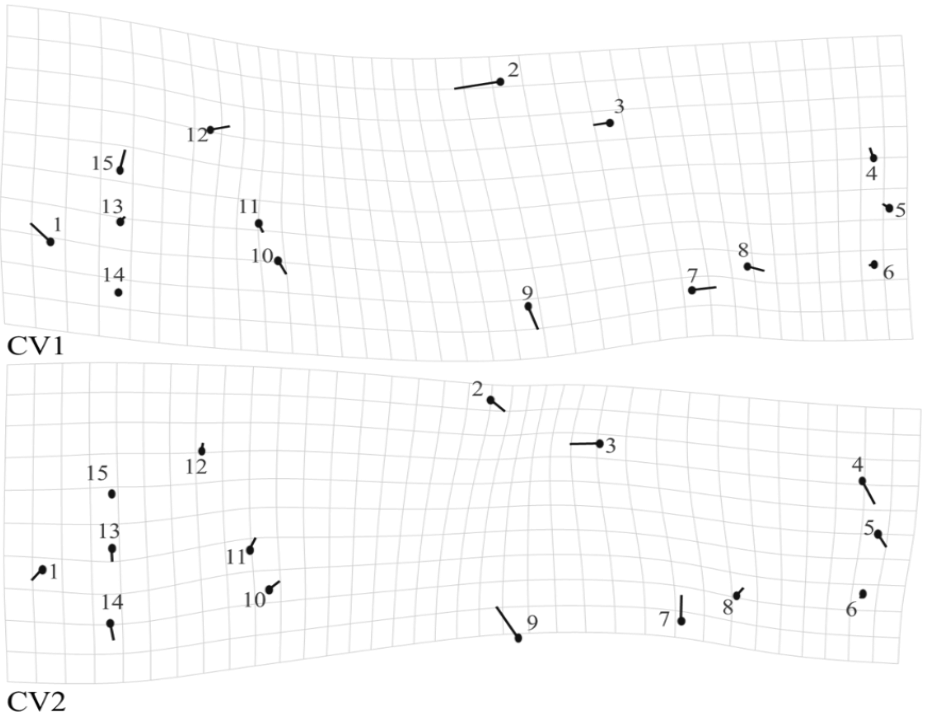
شکل ۳. نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*C. fusca*) مورد مطالعه.



شکل ٤. تغییرات شکل بدنی جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*C. fusca*) مورد مطالعه در جهت هر یک از محورهای PC1 و PC2.



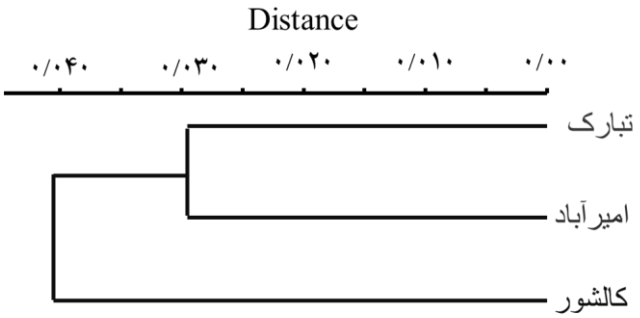
شکل ۵. نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*C. fusca*) مورد مطالعه.



شکل ٦. تغییرات شکل بدنی جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*C. fusca*) در جهت هریک محورهای CV1 و CV2.

جدول ٤. فواصل ماهالانوبیس و پروکراست شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*C. fusca*) مورد مطالعه

	فواصل ماهالانوبیس		فواصل پروکراست	
جمعیت‌ها	امیرآباد	کال‌شور	امیرآباد	کال‌شور
کال‌شور	۷/۷۹۸		۰/۰۴۳	
تبارک	۵/۶۱۴	۵/۹۹۶	۰/۰۳۰	۰/۰۳۸



شکل ۷. تحلیل خوشه‌ای شکل بدن در جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*C. fusca*)

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه ریختی ماهی‌ها یکی از روش‌های شناخت گونه‌ها و تغییرات فرگشتی آنها در طول زمان است. هدف از این بررسی مقایسه شکل سیاه‌ماهی قنات در دو رودخانه در حوضه کویر و یک رودخانه در حوضه هریرود بود. در این مطالعه با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی تمایز بین جمعیت‌های مورد بررسی کاملاً آشکار شد که بیانگر تمایز ریختی وابسته به فاصلهٔ جغرافیایی، سازگاری به ویژگی‌های زیستگاه آن‌ها و حتی تعلق احتمالی آن‌ها به آرایه‌های متفاوت است (Langerhans *et al*., 2010). ازآنجاکه این تحقیق بررسی و مقایسه شکل بدن (ویژگی ریخت‌شناختی) جمعیت‌های سیاه‌ماهی *Capoeta fusca* در آب‌های داخلی ایران به‌منظور شناسایی ریختی آن‌ها بود، نتایج با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی توانست تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های مختلف سیاه ماهی را به‌خوبی آشکار سازد. روش ریخت‌سنجی هندسی نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه *C. fusca* با یکدیگر اختلاف دارند و هم‌پوشانی کمی با هم دارند. تحلیل همبستگی کانونیک نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل جمعیت‌های مورد مطالعه دارد. تحلیل خوشه برای این جمعیت‌ها نشان داد که رودخانه کال‌شور در یک گروه و جمعیت رودخانه‌های امیرآباد و تبارک در یک گروه دیگر قرار دارند. عوامل محیطی به واسطه انتخاب طبیعی سبب افزایش کارایی یک ریخت در بین افراد یک زیستگاه و در نتیجه جداسازی جمعیت‌های آن در زیستگاه‌های مختلف می‌شود که سبب گونه‌زایی می‌شود که نشان‌دهنده سیر تکاملی جمعیت‌هاست (Smith & Skulason, 1996). بنابراین، تفاوت‌های شکل بدن بین جمعیت‌های مورد بررسی تحت تأثیر فاکتورهای محیطی (Guill *et al*., 2003) بیانگر تعلق احتمالی آن‌ها به آرایه متفاوت به‌واسطه فرآیند گونه‌زایی است. با توجه به این که تفاوت‌های ریختی مختلفی در بین اعضای این گونه در حوضه‌های مختلف بیان شده است و محققان اعتقاد به جداسازی این گونه به گونه‌های متعدد دارند (Krupp, 1985; Bianco & Banarescu, 1982)، ولی مقایسه ویژگی‌های شمارشی اعضای این گونه در حوضه‌های مختلف امکان جداسازی آنها بر اساس این ویژگی‌ها را نمی‌دهد (Coad, 2018). بنابراین، پیشنهاد می‌شود برای روشن شدن وضعیت این جمعیت‌ها، مقایسه ملکولی با استفاده از توالی میتوکندریایی و ژنوم هسته‌ای صورت گیرد.

این اولین مطالعه در مورد این گونه است و مطالعه مشابهی وجود ندارد تا بتوان با آن مقایسه نمود ولی مطالعاتی در مورد سایر سیاه‌ماهی‌های ایران صورت گرفته که مختصراً اشاره می‌شود. Razavipour *et al*. (2016a,b) به بررسی پنج جمعیت سیاه‌ماهی (*Capoeta damascina*) پرداختند و نتایج حاصل از تحلیل‌های چندمتغیره نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن هر پنج جمعیت مورد

مطالعه وجود داشت. عمده این تفاوت‌ها مربوط به تغییرات در ناحیه پوزه، عمق سر، موقعیت باله سینه‌ای و مخرجی و عرض ساقه دمی بودند، که بیانگر انعطاف‌پذیری این بخش‌ها در پاسخ به شرایط محیطی زیستگاه جمعیت‌های مورد بررسی بود. Keivany & Arab (2017) به بررسی سه جمعیت سیاه‌ماهی (*Capoeta trutta*) پرداختند و تفاوت‌هایی بین آنها خصوصاً جمعیت کنجان چم مشاهده نمودند. Banimasani *et al.* (2018) به بررسی سه جمعیت سیاه‌ماهی (*Capoeta barroisi*) پرداختند و نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تحلیل همبستگی کانونی صفات شمارشی و روش ریخت‌سنجی هندسی نشان داد که جمعیت‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند و دو جمعیت شلدون و قمرود در یک گروه و جمعیت کر در یک خوشه جداگانه‌ای قرار گرفتند.

سپاسگزاری

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

REFERENCES

Adams, D.C.; Rohlf, F.J.; Slice, D.E.; (2004). Geometric Morphometrics: Ten years of progress following the ‘revolution’. Italian Journal of Zoology; 71: 5-16.

Bakhoum, S.A.; (1994). Comparative study on length-weight relationship & condition factor of the genus *Oreochromis* in polluted and non-polluted parts of Lake Mariut Egypt. Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish.; 20(1): 201-210.

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: In press.

Bianco, P.G.; Banarescu, P.; (1982). A contribution to the knowledge of the Cyprinidae of Iran (Pisces, Cypriniformes). Cybium; 6(2): 75-96.

Bookstein, F.L.; (1991). Morphometric tools for landmark data: geometri and biology Cambridge: Cambridge University Press. Cadrin, S.X., 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. Review in Fish Biology & Fisheries; 10: 91-112.

Coad, B.W.; (2006). Endemicity in the Freshwater Fishes of Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics; 1(1): 1-13.

Coad, B.W.; (2018). Freshwater Fishes of Iran. www.briancoad.com.

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.

Guill, J.M.; Hood, C.S.; Heins, D.C.; (2003). Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). Ecology of Freshwater Fish; 12: 134-140.

Jalili, P.; Eagderi, S.; Keivany, Y.; (2015). Body shape comparison of Kura bleak (*Alburnus filippii*) in Aras and Ahar-Chai rivers using geometric morphometric approach. Research in Zoology; 5(1): 20-24.

Keivany, Y.; Nasri, M.; Abbasi, K.; Abdoli, A.; (2016). Atlas of inland water fishes of Iran. Iran Department of Environment Press. 218 p.

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.

Krupp, F.; (1985). Systematic and Zoogeographie der Subwasserfische des levantin ischen Grabenbruch systems und der Ostkuste des Mittelmeeres. Dissertation zurErlangung des Grades Doktor der Natur wissens chaften" am Fachbereich Biologie der Johannes Gutenberg- Universitat in Mainz. 215 pp. Anhang: Abbildungen, Karten, Tabellen. 169 p.

Johari, S.A.; Coad, B.W.; Mazloomi, S.; Kheyri, M.; Asghari, S.; (2009). Biological and morphometric characteristics of *Capoeta fusca*, a cyprinid fish living in the qanats of south Khorasan, Iran. Zoology in the Middle East; 47: 63-70.

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

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.

Razavipour, P.; Eagderi, S.; Poorbagher, H.; Javanshir Khooi, A.; Keivany, Y.; (2015). Phenotypic plasticity of the Tuini fish, *Capoeta damascina*, (Actinopterygii: Cyprinidae) populations in Iranian part of Tigris basin using geometric morphometric approach. Journal of Animal Research; 28: 170-179.

Razavipour, P.; Eagderi, S.; Poorbagher, H.; Javanshir Khooi, A.; Keivany, Y.; (2015). Comparative study of morphological characteristics of Tuini fish (*Capoeta damascina*) in inland water of Iran using geometic morphometric method. Journal of Fisheries; 68(1): 79-90.

Smith, T.B.; Skulason, S.; (1996). Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, amphibians, and birds. Annual Review of Ecology & Systematics; 27: 111-133.

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

Turan, C.; Oral, M.; Oztürk, B.; Duzgunes, E.; (2006). Morphometric and meristic variation between stocks of Blue fish *Pomatomus saltatrixin* the Black, Marmara, Aegean & northeastern Mediterranean Seas. Fisheries Research; 79(1): 139-147.