تحلیل ریخت‌سنجی هندسی فلس جهت شناسایی جمعیت‌های مختلف گونهٔ *Garra rufa* Heckel, 1843

عقیل منصوری خواجه لنگی[۱]، ایرج هاشم زاده سقرلو[۱*]، سیده نرجس طباطبایی[۲]، اصغر عبدلی[۲]

دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱/ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۲/ چاپ: ۱۳۹۵/۱۲/۲۸

[۱] گروه شیلات و محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲]گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم، پژوهشکدهٔ علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[*]مسئول مکاتبات:ihashem@nres.sku.ac.ir

چکیده. *Garra rufa* یکی از ۷۳ گونهٔ جنس *Garra* متعلق به خانوادهٔ کپورماهیان است، که عموماً با عنوان دکترماهی شناخته می‌شود. به‌دلیل شفافیت، سهولت نمونه‌برداری، و حداقل آسیب وارد به ماهی در اثر جداکردن فلس‌ها، از آنها بیشتر از دیگر ساختارها در مطالعات پویایی جمعیت استفاده می‌شود. در این مطالعه برای تفکیک نمونه‌های ماهی *G. rufa* (متعلق به خانوادهٔ کپورماهیان) در رودخانه‌های بشار، بهبهان، گردآب، خیرآباد، کوشک بهرام، مازو، پالنگان، سندگان، شورآباد و سیروان از تحلیل شکل فلس به روش لندمارک‌گذاری استفاده شد. بر تصاویر فلس‌ها در روش مبتنی بر لندمارک تعداد هفت لندمارک با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 قرار داده شد. داده‌های حاصل پس‌از تحلیل پروکراست، با استفاده از تحلیل چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیهٔ همبستگی کانونیک و تحلیل خوشه‌ای در نرم‌افزار past مورد تفسیر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین ماهی‌های بعضی از رودخانه‌ها از لحاظ شکل فلس تفاوت معنی‌داری وجود دارد، اما بیشتر جمعیت ها هم‌پوشانی دارند و نمی‌توان آنها را به‌طور کامل با توجه به شکل فلس از هم جدا کرد. در بین نمونه‌های تحت بررسی، تنها نمونه‌های متعلق به رودخانهٔ سندگان و گردآب با همهٔ نمونه‌های دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بودند.

واژه‌های کلیدی. *Garra rufa*، TpsDig2، تحلیل پروکراست، مؤلفه‌های اصلی، لندمارک

Geometric analysis of the scale shape to discriminate different populations of *Garra rufa* Heckel, 1843

Aghil Mansouri Khajeh Langi[1], Iraj Hashemzadeh Segherloo[1*], Seyedeh Narjes Tabatabaei[2] & Asghar Abdoli[2]

Received 22.05.2016/ Accepted 12.12.2016/ Published 18.03.2017

[1]Department of Fisheries and Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahr-e-Kord University, Shahr-e-Kord, Iran
[2]Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Center, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
*Correspondent author: ihashem@nres.sku.ac.ir

Abstract. *Garra rufa* is one of the 73 *Garra* species of the family Cyprinidae. Scales are used more commonly than any other structure in population dynamic studies, because of their transparency, ease of sampling, and the minimal injuries caused to the fish during their removal. To discriminate fish from different rivers including Bashar, Behbahan, Gerdab, Kheirabad, Kooshk-e-Bahram, Mazoo, Palangan, Sendegan, Shoor-Abad, and Sirvan Rivers using geometric morphometric analyses of the scale shape, landmark based geometric morphometrics method was used. Seven landmark points were depicted on each scale using the software TpsDig2. After procrustes analyses, landmark data were exposed to principle component analysis (PCA), CVA, and cluster analyses using the past software. The results showed that there were significant scale shape differences among some populations, but most of the samples showed overlapping shape distribution and could not be separated robustly. Among the samples which were analyzed, only the Sendegan and Gerdab river samples did not show significant difference in scale shape compared to all other samples.
Keywords. TpsDig2, procruses analysis, principle components, landmark

مقدمه

ماهی *G. rufa* یکی از ۷۳ گونهٔ جنس *Garra* است (Esmaeili *et al.*, 2009; Coad, 2010). مشخصات این ماهی سر بدون فلس، دو جفت سبیلک، یک دیسک دهانی چسبندهٔ توسعه‌یافته با یک حاشیهٔ قدامی و دهان هلالی شکل شکمی است (Coad, 2010). این ماهی عموماً با نام دکترماهی شناخته می‌شود؛ زیرا آنها

می‌توانند از پوست مرده تغذیه کنند و به‌همین‌علت در استخرهای شنا رها می‌شوند و در درمان موقت پسوریازیس مورد استفاده قرار می‌گیرند (Grassberger & Hoch, 2006). ماهی *G. rufa* در خاورمیانه پراکنش وسیعی دارد، پراکنش آن شامل اردن، لبنان، حوضهٔ رودخانه‌های دجله و فرات و نیز تعدادی از رودخانه‌ها در ترکیه و شمال سوریه و غرب ایران است. این ماهی در محیط‌هایی مثل رودخانه‌ها، استخرهای کوچک، دریاچه‌ها و رودخانه‌های گل‌آلود کوچک نیز زیست می‌کند (Coad, 1995; Abdoli, 2000). شفافیت نسبی فلس‌ها، سهولت نمونه‌برداری و حداقل آسیب وارد به ماهی در اثر جداکردن آنها، سبب شده است که کارکردن با آنها مطلوب‌تر از دیگر گونه‌ها باشد (Sattari, 2003). فلس معمولاً به‌منزلهٔ ابزاری ساده، اما مؤثر، برای مطالعهٔ شرایط زندگی ماهی به‌کار می‌رود. فلس‌ها نه‌تنها نشان‌دهندهٔ تغییرات متابولیکی بدن ماهی هستند، بلکه منعکس‌کنندهٔ ویژگی‌های بوم‌شناختی زیستگاه ماهیان نیز هستند (Coillie & Rousseau, 1974; Johal & Sawhney, 1997; Esmaeili *et al*., 2009; Johal & Dua, 1994). اندازهٔ فلس از ساختارهای میکروسکوپی تا صفحات استخوانی بزرگ متغیر است. شکل، اندازه، نوع و تعداد فلس ابزاری مناسب در رده‌بندی ماهی است و استفاده از آن به نیمهٔ اول قرن ۱۹ میلادی برمی‌گردد یعنی زمانی که Agassiz برای اولین بار از فلس در رده‌بندی ماهی استفاده کرد. ماهیان را می‌توان بر حسب نوع فلس آنها به چهار گروه پلاکوئید، گانوئید، کتنوئید و سیکلوئید تقسیم نمود (Jawad & AL-Jufaili, 2007). فلس ماهی، علاوه‌بر رده‌بندی، استفاده‌های فراوان دیگر از جمله بررسی الگوهای خاص رشد، تاریخچه زندگی ماهی‌ها و شناسایی جمعیت‌ها و ذخایر آنها دارد. فلس ماهیان همچنین اطلاعات ارزنده‌ای را در باب آلودگی آب، مهاجرت ماهی، حداکثر طول و وزن قابل کسب ماهی و نیز سلامت ماهی در اختیار قرار می‌دهد (Esmaeili *et al*., 2001).

برای تفکیک گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان با استفاده از تحلیل شکل فلس، روش‌های خط سیر پیرامونی (Poulet *et al*., 2005) و روش جایگزین خط سیر پیرامونی به‌کار گرفته شده است (Watkinson & Gillis, 2005). روش پیشنهادی دیگر، برپایهٔ داده‌های حاصل از لندمارک‌ها، در روش ریخت‌سنجی هندسی است. نکته‌ای که روش‌های مبتنی بر لندمارک‌گذاری را از دیگر روش‌ها جدا می‌کند این است که در این روش از جایگاه‌های مشترک بین ساختارها در تشخیص تفاوت‌ها استفاده می‌شود، که پایهٔ زیستی دارد و به عبارت دیگر مشابه هستند (Ibanez *et al*., 2007). Tabatabaei و همکاران (2014) هشت جمعیت (یک جمعیت از سس‌ماهی بزرگ‌سر (*Luciobarbus capito*)، چهار جمعیت از ماهی خیاطه (*Alburnoides eichwaldii*) و دو جمعیت از ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*))، متعلق به خانوادهٔ کپورماهیان را با استفاده از روش ریخت‌سنجی فلس‌ها برپایهٔ لندمارک تحت بررسی قرار دادند. اطلاعات چندانی در زمینهٔ ریخت‌سنجی فلس‌های گونهٔ *G. rufa* به‌ویژه در ایران وجود ندارد؛ از این رو، این مطالعه با هدف مقایسهٔ شکل فلس نمونه‌های مختلف ماهی *G. rufa* در ده رودخانهٔ کشور با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد تا امکان جداسازی جمعیت‌ها با استفاده از شکل فلس بررسی شود.

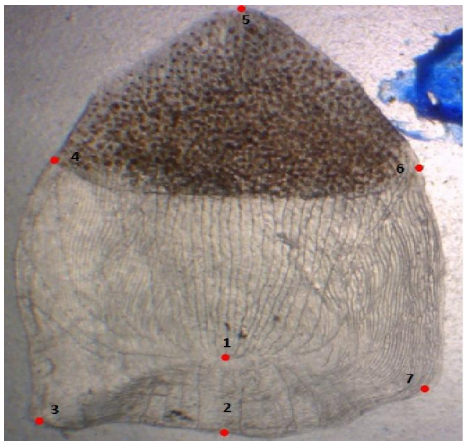
مواد و روش‌ها

برای جمع‌آوری نمونه‌های ماهی *G. rufa* از ساچوک با قطر چشمهٔ ۵ میلی‌متر و الکتروشوکر کوله‌پشتی استفاده شد (Abdoli, 2000). تعداد ۲۴۲ ماهی از ده رودخانه جمع‌آوری شدند. به‌غیر از رودخانه‌های سیروان (مرداد۱۳۸۹) و پالنگان (شهریور۱۳۹۰)، نمونه‌های متعلق به ایستگاه‌های دیگر در مدت یکسال (اردیبهشت ۱۳۸۶ تا اردیبهشت ۱۳۸۷) جمع‌آوری شدند (جدول ۱). نمونه‌ها در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و برای انجام مطالعات بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، حدود ۱۰ تا ۱۵ عدد فلس از سمت چپ ماهیان، بین بالهٔ پشتی و خط جانبی به سمت سر برداشته و در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد. فلس‌ها به‌ترتیب با استفاده از محلول پتاس ۵ درصد و آب مقطر به‌مدت ۳ تا ۵ دقیقه شست‌وشو و تمیز شدند و سپس، برای مطالعات بعدی بین دو لام تثبیت شدند (Poulet *et al*., 2005). فلس‌ها با توجه به اندازه در زیر لوپ مجهز به میکروسکوپ دیجیتال (دینو لایت) با استفاده از نرم‌افزار Dinocapture2 (نسخهٔ 1.4.2.D) عکس‌برداری شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 تعداد هفت لندمارک با توجه به ویژگی مشترک به منزلهٔ نقاط ثابت و مشابه فلس روی تصاویر دوبعدی تعریف شدند (شکل۱). روش ریخت‌سنجی

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های تحت بررسی.

Table 1. The details of the studied stations.

کد	نام ایستگاه	رود	تعداد نمونه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	سندگان	کارون	۱۱	–	۵۵° ۱۷′	۳۱° ۱۵′
۲	بشار	کارون	۲۳	–	–	–
۳	خیرآباد	زهره	۲۳	۴۱۰	۵۰° ۲۷′	۳۰° ۳۱′
۴	مازو	دز	۲۰	۵۵۱	۴۸° ۲۴′	۳۲° ۴۸′
۵	گرداب	کشکان	۱۳	۵۵۹	۴۷° ۵۷′	۳۳° ۲۹′
۶	بهبهان	جراحی	۱۲	۳۲۲	۵۰° ۱۸′	۳۰° ۴۰′
۷	پالنگان	–	۳۶	–	–	–
۸	سیروان	–	۲۷	–	–	–
۹	کوشک بهرام	–	۲۶	–	–	–
۱۰	شورآباد	–	۵۱	–	–	–



شکل ۱- جایگاه ۷ لندمارک تعیین‌شده بر روی فلس ماهیان: ۱) مرکز فلس، ۲) پایین‌ترین نقطه در راستای خطی که از مرکز عبور می‌کند، ۳) گوشهٔ پایینی سمت چپ فلس، ۴) محل تقاطع ناحیهٔ بیرونی یا جلویی فلس با ناحیهٔ درونی یا عقبی آن در سمت چپ، ۵) بالاترین نقطه در راستای خطی که از مرکز عبور می‌کند، ۶) محل تقاطع ناحیهٔ بیرونی یا جلویی فلس با ناحیهٔ درونی یا عقبی آن در سمت راست، ۷) گوشهٔ پایینی سمت راست فلس.

Fig. 1. Location of the 7 Landmarks on the scales: 1) The center of scale, 2) The lowest point along the line that passes through the scale center, 3) The lower left corner of scale, 4) The interface of the anterior and posterior parts on the left side of the scale, 5) The highest point along the line that passes through the center of the scale, 6) The interface of the anterior and posterior parts on the right side of the scale, 7) The lower right corner of the scale.

هندسی برپایهٔ مختصات لندمارک‌ها است که برای بررسی تغییرات شکل نمونه‌های مطالعه‌شده استفاده می‌شود (Tabatabaei *et al.*, 2014). به‌منظور حذف ویژگی‌های غیرشکلی و استخراج داده‌های شکل، جایگاه لندمارک‌های تمام نمونه‌ها با استفاده از تحلیل پروکراست GPA (Generalized Procrustes Analysis) روی‌هم‌گذاری شدند (Tabatabaei *et al.*, 2014). سپس، داده‌های حاصل با استفاده از تحلیل چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل همبستگی کانونیک (CVA)، تحلیل واریانس چندمتغیره (Manova) و تحلیل خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار Past مورد تفسیر قرار گرفتند (Tabatabaei *et al.*, 2014). تفاوت شکل فلس در جمعیت‌های تحت‌بررسی براساس شکل میانگین (Consensus configuration) هر گروه از ماهیان در تحلیل خوشه‌ای و انحراف از میانگین شکل فلس جمعیت‌ها از یکدیگر با استفاده از شبکهٔ تغییرشکل به‌وسیلهٔ نرم‌افزارهای tpsSmall (version1.20) و past بررسی شد (Rohlf, 2003).

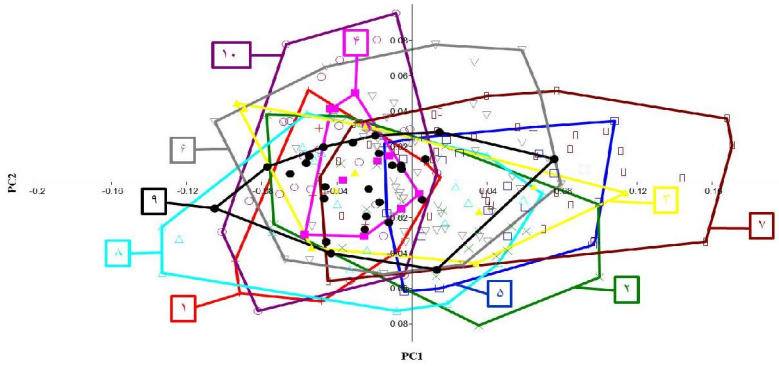
نتایج

در نتایج حاصل از تحلیل PCA، دو مؤلفهٔ اصلی (PC) اول و دوم به‌ترتیب با ۴۰/۶۲۸، ۱۴/۴۰۱ درصد از تغییرات، در مجموع، ۵۵/۰۲۹ درصد از تغییرات را شامل می‌شدند (شکل۲). تحلیل تجزیهٔ همبستگی کانونیک (CVA) بعضی نواحی را براساس شکل فلس از دیگر ایستگاه‌ها جدا نمود (شکل ۳). تحلیل واریانس چند وردایی (Manova) تفاوت معنی‌داری را بین شکل فلس در بین ایستگاه‌های بهبهان و پالنگان، بشار و خیرآباد، کوشک بهرام، مازو، پالنگان، شورآباد و سیروان، خیرآباد و کوشک بهرام، پالنگان، شورآباد و سیروان، کوشک بهرام و مازو، پالنگان و شورآباد، مازو و پالنگان، شورآباد و سیروان و پالنگان و شورآباد و سیروان نشان داد. تنها نمونه‌های گردآب و سندگان با دیگر نمونه‌ها تفاوت معنی‌دار نداشتند. لندمارک‌هایی که تغییرات زیادی داشتند و در بین ایستگاه‌ها دارای تفاوت بیشتری بودند شامل لندمارک‌های ۴، ۶، ۷ و ۳ هستند. این لندمارک‌ها در کناره‌های فلس قرار دارند و بیشتر تغییرات آنها در ایستگاه‌های مختلف نشان‌دهندهٔ جابه‌جایی لندمارک در جهت داخل فلس است (شکل ۴). لندمارک‌های ۶ و ۴ به سمت لندمارک ۵ و داخل و لندمارک‌های ۳ و ۷ به‌سمت لندمارک ۲ و پایین فلس تغییر دارند (شکل ۴). لندمارک‌های ۵، ۱ و ۲ که به‌ترتیب در امتداد محور طولی فلس قرار داشتند و نشان‌دهندهٔ رأس فلس، مرکز فلس و قاعدهٔ فلس هستند، در طول محور طولی فلس جابه‌جا می‌شوند. لندمارک ۵ که در رأس فلس قرار گرفته است در امتداد محور طولی به سمت خارج از فلس و دو لندمارک دیگر به سمت قاعدهٔ فلس تغییراتی را نشان می‌دهند. تفاوت شکل میانگین فلس با استفاده از تحلیل خوشه‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، ایستگاه‌های پالنگان، سندگان، شورآباد و سیروان با ضریب حمایت ۹۹ درصد در یک گروه قرار گرفتند و ایستگاه‌های گردآب، خیرآباد، کوشک بهرام و مازو با ضریب حمایت ۹۸ درصد در یک گروه دیگر قرار گرفته‌اند، اما ایستگاه‌های بهبهان و بشار در هیچ‌کدام از خوشه‌ها قرار نگرفتند (شکل ۵).

بحث

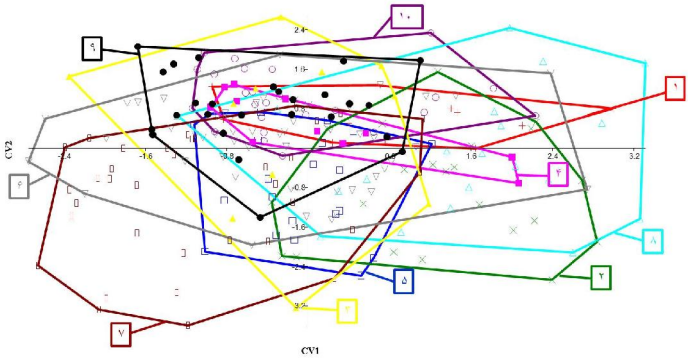
این مطالعه با هدف استفاده از شکل فلس به‌منزلهٔ روشی آسان و سریع در شناسایی ده نمونه از گونهٔ *G. rufa* به روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری میان اشکال فلس بعضی جمعیت‌های تحت مطالعه وجود دارد، اما تفاوت‌های یادشده نمی‌تواند جمعیت‌های گونهٔ تحت بررسی را به‌طور کامل از هم جدا کند. مطالعات نشان داده است که فلس‌ها می‌توانند در بررسی‌های رده‌بندی، شجره‌شناسی، رشد، تاریخچهٔ زندگی، وقایع زندگی (دوران رشد سریع یا کند)، اکولوژی و محیط زیست مورد استفاده قرار بگیرند (Coilie & Rousseau, 1974; Johal & Dua, 1994; Johal & Sawhney, 1997). استفاده از شاخص‌های ریختی و شمارشی کاربردهای وسیعی در بررسی جمعیت‌های ماهیان، سیستماتیک و جداسازی گونه‌های آنها از یکدیگر (Ruban, 1998) و تشخیص دورگه‌های طبیعی دارد (Kilambi & Zdinake, 1981).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تفاوت شکل فلس در بین بعضی از جمعیت‌های گونهٔ *G. rufa* در رودخانه‌های مختلف معنی‌دار است، اما با توجه به تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تابع کانونیک (CVA) نمونهها ازنظر شکل فلس دارای هم‌پوشانی هستند و نمی‌توان جمعیت‌ها را باتوجه به شکل فلس به‌طور کامل از هم جدا کرد (اشکال ۲ و ۳). در مطالعهٔ Tabatabaei و همکاران (2014) نیز می‌توان نتایج مشابهی در بین گونه‌های یک جنس مشاهده کرد. آنها در بررسی‌های خود نتایج مشابهی به‌دست آوردند، اما توانستند در سطح جنس، ماهیان تحت بررسی را با استفاده از شکل فلس جدا کنند. در گذشته تصور می‌شد تغییرات ریختی صرفاً ژنتیکی است، اما امروزه مشخص شده که منشأ این تغییرات هم محیطی و هم ژنتیکی است (Akbarzadeh et al. 2009). پژوهش‌های اخیر مشخص کرده است که اختلافات ریخت شناختی بین گروه‌های مختلف ماهیان الزاماً آنها را از لحاظ ژنتیکی جدا نمی‌کند و درعوض، در پاره‌ای از موارد تفاوت‌های ریخت‌شناختی صرفاً ناشی از محیط است و اختلافات ژنتیکی هیچ نقشی در آن ندارد (Swain & Foote, 1999). بدین ترتیب نقش محیط به عنوان عامل اصلی تغییرات ریختی به اثبات رسیده است (Tudela, 1999). برخی تفاوت‌ها و شباهت‌های بین‌جمعیتی ممکن است با فاکتورهای مختلف زیستگاه از قبیل دما،



شکل ۲- نمودار PCA شکل فلس جمعیت‌های گونه *G. rufa* در رودخانه‌های مختلف (۱- بهبهان، ۲- خیرآباد، ۳- سندگان، ۴- گرداب، ۵- بشار، ۶- شورآباد، ۷- پالنگان، ۸- مازو، ۹- سیروان، ۱۰- کوشک بهرام).

Fig. 2. PCA diagram of scale shapes in different *G. rufa* populations in different rivers (1. Behbahan, 2. Kheirabad, 3. Sendegan, 4. Gerdab, 5. Beshar, 6. Shorabad, 7. Palangan, 8. Mazo, 9. Sirvan, 10. Koshk bahram).

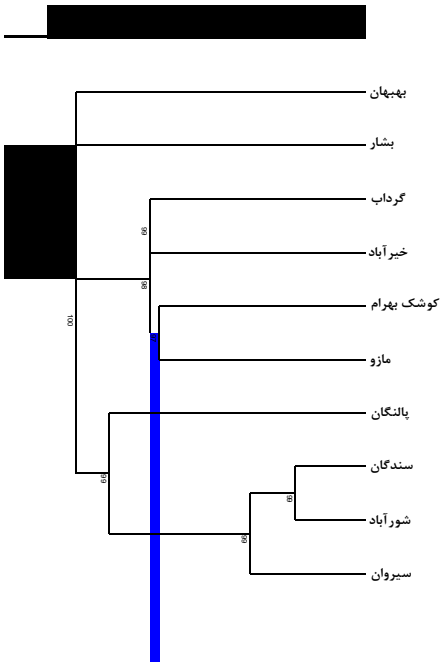


شکل ۳- نمودار CVA شکل فلس جمعیت‌های گونه *G. rufa* در رودخانه‌های مختلف (۱- بهبهان، ۲- خیرآباد، ۳- سندگان، ۴- گرداب، ۵- بشار، ۶- شورآباد، ۷- پالنگان، ۸- مازو، ۹- سیروان، ۱۰- کوشک بهرام).

Fig. 3. CVA diagram of scale shapes of different *G. rufa* populations in different rivers including 1. Behbahan, 2. Kheirabad, 3. Sendegan, 4. Gerdab, 5. Beshar, 6. Shorabad, 7. Palangan, 8. Mazo, 9. Sirvan, and 10. Koshk Bahram Rivers.

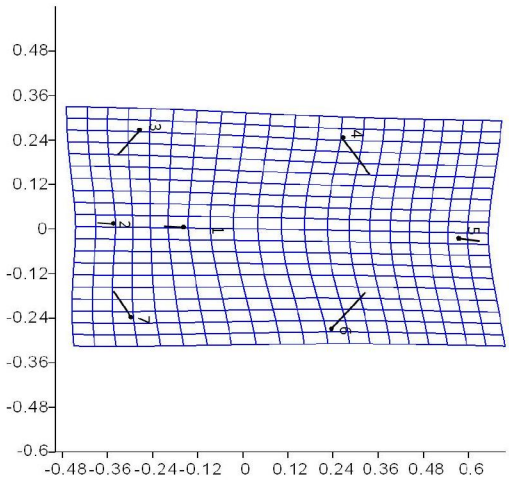
کدورت آب، دسترسی به مواد غذایی، شدت جریان و عمق آب ارتباط داشته باشد (Mathews, 1988).

در باب گونهٔ تحت بررسی (*G. rufa*) در این مطالعه نیز مشخصات زیستگاهی مشابهی برای جمعیت‌های مختلف گزارش شده است. معمولاً گونه های جنس *Garra* با دیسک دهانی کامل در زیستگاه‌های دارای جریان سریع زیست می‌کنند (Hashemzadeh Segherloo *et al.*, 2017) و با توجه به مطالب یادشده در بارهٔ تأثیر محیط بر شکل بدن و فلس می‌توان احتمال تأثیرات محیطی را در تشابه نسبی شکل فلس‌ها و هم-پوشانی مشاهده‌شده محتمل دانست، که قضاوت نهایی در باب این فرضیات نیازمند انجام مطالعات بوم‌شناختی و ژنتیکی در زمینهٔ رده‌بندی و ویژگی‌های ژنتیک جمعیت ماهیان تحت بررسی است. طبق نتایج به‌دست‌آمده، جمعیت رودخانهٔ مند (دشت چنیر) با دیگر جمعیت‌ها در ۲۸ صفت قابل اندازه‌گیری و ۹ صفت قابل شمارش اختلاف معنی‌داری داشت. اخیراً ماهیان *Garra* در رودخانهٔ مند (چنیر) گونه‌ای مجزا توصیف شده‌اند (Sayyadzadeh *et al.*, 2015) که با تفاوت‌های گزارش شده توسط Ghalenoei (2010) و همکاران مطابقت دارد.



شکل ٤- نمودار تحلیلخوشه ای شکل فلس جمعیت های گونه‌ی *G. rufa* در رودخانه‌های مختلف (هر یک از خوشه‌ها ارائه شده بیان کننده میانگین شکل فلس هر جمعیت می باشد (اعداد مقابل شاخه ها بیانگر درصد تکرار های حمایت کننده هر شاخه می باشد).

Fig. 4. Cluster analysis chart of scale shapes for different ppopulations of *G. rufa* in different rivers (the values represented on the branches referred to as "branch support values").



شکل ٥- جهت پراکنش لندمارک‌های مربوط به جمعیت‌های گونه *G. rufa* در رودخانه‌های مختلف.

Fig. 5. The landmark orientation distribution in populations of *G. rufa* in different rivers.

Ghalenoei و همکاران (2010) خصوصیات قابل اندازه-گیری و شمارشی گونهٔ *G. rufa* را در سیزده ایستگاه از رودخانه-های حوضهٔ آبریز دجله و خلیج‌فارس بررسی کرده‌اند. در این مطالعه نمونه‌های ماهیان رودخانهٔ مند دردسترس نبوده و استفاده نشده است. آنها همچنین با استفاده از صفات یادشده در بین دیگر جمعیت‌ها تفاوت قابل توجهی مشاهده نکردند. در این مطالعه نیز

جمعیت‌های سندگان، بشار، مازو، خیرآباد و گرداب با مطالعهٔ Ghalenoei (2010) مشابه است و نتایج مشابهی با استفاده از شکل فلس مشاهده شده است. معمولاً ماهیانی که در دوران اولیهٔ زندگی دارای محیط مشابهی هستند از لحاظ ریختی وضعیت مشابهی دارند (Pinheiro *et al.*, 2005). از سوی دیگر، هنگامی که ماهی در محیط جدیدی قرار گیرد، این امکان وجود دارد که تغییرات ریخت‌شناختی سریعاً در آن رخ دهد (Poulet *et al.*, 2004). Poulet و همکاران (2005) نیز شکل فلس سه جمعیت از گونهٔ *Leuciscus leuciscus burdigalensis* رودخانهٔ Viaur فرانسه را با استفاده از روش خط سیر پیرامونی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که میزان تفاوت شکل فلس میان جمعیت‌های مختلف وابسته به فاصله است و نشان‌دهندهٔ تفاوت فاکتورهای محیطی نواحی بالادست و پایین‌دست رودخانه است. همچنین، با توجه به وجود انشعابات متعدد در رودخانه و تفاوت در جایگاه تخم‌ریزی جمعیت‌های مختلف *L.l.burdigalensis*، امکان جدا بودن ژنتیکی این جمعیت‌ها و در نتیجه احتمال تأثیر محیط و زمینهٔ ژنتیکی متفاوت بر شکل فلس وجود دارد. در بررسی گروه بندی نمونه‌های تحت بررسی، نمونه‌های پالنگان، سندگان، شورآباد و سیروان در یک خوشه و نمونه‌های مازو، کوشک بهرام، خیرآباد و گردآب نیز در یک خوشهٔ مجزا قرار گرفتند. با توجه به اینکه در خوشه‌ها نمونه‌هایی با فاصلهٔ جغرافیایی دور از هم و از حوضه‌های متفاوت درکنار هم قرار گرفته‌اند، ظاهراً رابطهٔ خاصی از نظر جغرافیایی در بین اشکال فلس وجود نداشته و بیشتر تفاوت‌ها و تشابه‌ها تحت تأثیر عوامل دیگری مثل محیط یا ژنتیک است که این موارد باید از نظر بوم‌شناختی و ژنتیک جمعیت تحت بررسی بیشتری قرار گیرند تا بتوان قضاوت دقیق‌تری ارائه داد.

درمجموع نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در بین نمونه‌های ماهی *G. rufa* در رودخانه‌های تحت مطالعه تفاوت معنی‌داری ازنظر شکل فلس وجود دارد، اما تفاوت‌ها در حدی نیست که بتوان از آنها برای جداکردن نمونه‌ها در سطح جمعیت‌های گونهٔ یادشده استفاده کرد. علی‌رغم آنکه شناسایی گونه‌ها براساس شکل فلس روشی سریع و کم‌هزینه نسبت به روش‌های ژنتیکی است و امکان بررسی افراد بیشتر و شناسایی تنوع موجود را فراهم می‌آورد (Ibanez *et al.*, 2007)، اما برپایهٔ نتایج این مطالعه و نتایج بررسی Tabatabaei و همکاران (2014) نمی‌توان دست‌کم در مورد نمونه‌های تحت‌بررسی در این مطالعه انتظار جداسازی کامل نمونه‌ها با استفاده از شکل فلس را داشت.

سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه شهرکرد و با استفاده از پژوهانه شماره 688M1GRD94، و با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی انجام شده است که نگارندگان بدینوسیله از حمایت‌های یادشده سپاسگزاری می نمایند.

REFERENCE

Abdoli, A. 2000. The inland freshwater fishes of Iran. – Iranian Museum of Natural and Wildlife 378 pp, Tehran.

Akbarzadeh, A., Karami, M., Nezami, S.A., Mojazi, A.B., Khara, H. and Eagderi, S. 2009. A co-mparative study of morphometric and meristic characters of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in Iranian waters of Caspian Sea and Aras Dam Lake. – J. Fish. (Iranian J. Nat. Resources) 22: 535-545.

Coad, B.W. 1995. Freshwater Fishes of Iran. – Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae 29: 1-64.

Coad, B.W. 2016. [Website] http://briancoad.com (acessed 3 March, 2016).

Coillie, V.R. and Rousseau, A. 1974. Composition minerate desecailles du *Catostomus commersoni* issued deux milieus differents: etude par microscopie electronique and analytique. – J. Fish. Res. Board. CAN. 31: 63-66.

Esmaeili, H.R., Ebrahimi, M., Ansari, T.H., Teimory, A., and Gholamhosseini, G. 2009. Karyotype analysis of Persian stone lapper, *Garra persica* Berg, 1913 (Actinopterygii: Cyprinidae) from Iran. – Curr. Sci. India. 96: 959-962.

Ghalenoei, M., Pazooki, J., Abdoli, A., Hassanzadeh Kiabi, B. and Golzarianpour, K. 2010. Morphometric and meristic study of *Garra rufa* populations in Tigris and Persian Gulf Basins. – Iran. Sci. J. Fisheries. 3: 107-118.

Grassberger, M., and Hoch, W. 2006. Ichthyotherapy as alternative treatment for patients with psoriasis: A pilot study. – Evid-Based Compl. Alt. 3: 483-488.

Hashemzadeh Segherloo, I., Abdoli, A., Eagderi, S., Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Bernatchez, L., Hallerman, E., Geiger, M.F., Özulug, M., Laroche, J. and Freyhof, J. 2017. Dressing down: convergent reduction of the mental disc in Garra (Teleostei: Cyprinidae) in the Middle East. – Hydrobiologia. 785: 47-59.

Ibanez, A. L., Cowx, I.G. and O'Higgins, P. 2007. Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64: 1091-1100.

Jawad, L.A. and Al-Jufaili, S.M. 2007. Scale morphology of greater lizardfish *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) (Pisces: Synodontidae). – J. Fish Biol. 70: 1185-1212.

Johal, M. S. and Dua, A. 1994. SEM study of the scales of freshwater snakehead, *Chana nctatu* (Bloch) upon exposure to endosulfan. – B. Environ. Contam. Tox. 52: 718-721.

Johal, M.S. and Sawhney, A.K. 1997. Lepidontal alterations of the circuli on the scales of freshwater snakehead, *Channa punctatus* (Bloch) upon exposure to malathion. – Curr. Sci. 72: 367-369.

Kilambi, R.V and Zdinak, A. 1981. Comparison of early developmental stages and adults of Grass Carp *Ctenopharyngodon idella*, and hybridcarp (female grass Carp × male bighea, (*Aristichthys nobilis*). – J. Fish Biol. 19: 457-465.

Mathews W.J. 1988. Morphology, habitat use, and life history. In Patterns in Freshwater Fish Ecology. – Chapman & Hall, 756 pp, New York.

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 Portugese coast. – Fish. Res. 73: 67-78.

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. – Archive fur Hydrobiolgie. 159: 531-554.

Poulet, N., Reyjol, Y., Collier, H. and 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). – Aquat. Sci. 67: 122–127.

Rohlf, F.J. 2003. tpssmal, thin-plate spline, version 1.20. – Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

Ruban, G.I. 1998. On the species structure of the Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt (Acipenseridae). – J. Ichthyol. 38: 345 – 365.

Sattari, M. 2003. Ichthyology I, anatomy and Physiology. – Guilan University, 680 pp.

Swain, D.P. and Foote, C.J. 1999. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. – Fish. Res. 43: 113-128.

Tabatabei, S.N., Eagderi, S., Hashemzadeh Segherloo, I. and Abdoli, A. 2014. Geometric and morphometric analysis of fish scales to identity genera, species and populations case study: the Cyprinid family. – Taxo. Biosystem. 8:1-17.

Tudela, S. 1999. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulisencrasicolus*. – Fish. Res. 42: 229-243.

Watkinson, D.A. and Gillis, D.M. 2005. Stock discrimination of Lake Winnipeg walleye based on Fourier and wavelet description of scale outline signals. – Fish. Res. 72: 193-203.

*****

Mansouri Khajeh Langi, A., Hashemzadeh Segherloo, I., Tabatabaei, S.N. and Abdoli, A. 2017. Geometric analysis of the scale shape to discriminate different populations of *Garra rufa* Heckel, 1843. – Nova Biol. Rep. 3: 319-326.

منصوری خواجه‌لنگی، ع.، هاشم‌زاده سقرلو، ا.، طباطبایی، س.ن. و عبدلی، ۱۳۹۵. آنالیز ریخت سنجی هندسی فلس جهت شناسایی جمعیت‌های مختلف گونه *Garra rufa* Heckel, 1843. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۳: ۳۲۶-۳۱۹.