

بررسی تنوع ریختی چهار جمعیت شاه کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) در حوضه

دریاچه ارومیه با استفاده از روش خط سیر پیرامونی

فاطمه مشیدی^۱
سهیل ایگدری^{۲*}
شقایق حسن پور^۳

۱، ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد شیلات، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات
soheil.eagderi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۸
کد مقاله: ۱۳۹۳۰۲۰۶۸
این مقاله برگرفته از پایان نامه
کارشناسی ارشد است.

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی تنوع ریختی چهار جمعیت شاه کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*)، با استفاده از روش خط سیر پیرامونی به اجرا در آمد. برای این منظور تعداد ۱۶۳ نمونه از چهار رودخانه حوضه دریاچه ارومیه شامل رودخانه های بانه، سقراچای، سیمینه رود و زرینه رود در سال ۱۳۹۱ با استفاده از الکتروشوکر نمونه برداری گردید. برای استخراج داده های شکل از سمت چپ نمونه تصاویر دوبعدی تهیه و سپس با استفاده از نرم افزار TpsDig2 بر روی آن ها خط سیر پیرامونی ترسیم و به ۱۵۰ نقطه با فواصل مساوی بازنمونه گیری شدند. داده ها پس از تبدیل به داده های خط سیر پیرامونی، در نرم افزار EFAwin با ضریب هارمونی ۰/۷ مورد آنالیز EFA قرار گرفتند و سپس با استفاده از آنالیزهای چند متغیره PCA و CVA/Manova مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری از نظر شکل بدن بین جمعیت های مورد مطالعه وجود دارد. بر اساس تجزیه و تحلیل خوشای، جمعیت های مورد مطالعه براساس شکل بدن به دو خوش شامل رودخانه زرینه رود و رودخانه های سقراچای، سیمینه رود و بانه تقسیم شدند. بر این اساس جمعیت های بانه، سیمینه رود و سقراچای ب بواسطه کوچک بودن نواحی سر و دم جمعیت زرینه رود به واسطه بزرگ بودن سر و دم تفکیک شدند. بخلافه جمعیت های بانه و سقراچای دارای بدنی پهن و ارتفاع ساقع دمی بیشتر نسبت به جمعیت های زرینه رود و سیمینه رود بودند. این تفاوت های ریختی می تواند بیانگر انعطاف پذیری ریختی در جمعیت های این گونه تحت تأثیر شرایط محیطی رودخانه های محل زیست و جاذبی جغرافیایی باشد.

واژگان کلیدی: شاه کولی، انعطاف پذیری ریختی، حوضه دریاچه ارومیه، ریخت سنجی.

مقدمه

ماهی قدرنده برای ادامه حیات با شرایط مختلف محیطی سازگار شده (Nacua *et al.*, 2010) و در این بین عوامل محیطی در شکل دهی ریخت موجودات در روند تکامل نقش بسزایی دارد (Costa and Cataudella, 2007). در واقع شکل بدن نه تنها منعکس کننده ویژگی های زنگنه کی، بلکه نشانگر وضعیت ویژگی های محیطی و زیستگاه آن ها می باشد (Guill *et al.*, 2003). به عبارت دیگر جمعیت های یک گونه ماهی در نسخه سازگاری به شرایط زیستگاهی مختلف می توانند دچار تغییرات ریختی متفاوتی شده و از سایر



جمعیت‌های آن متمایز گردند (Wooton, 1991). از این رو شناخت این تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های یک گونه از نظر حفاظت و درک روند تکامل آن‌ها به عنوان واحدهای تکاملی اهمیت بسزایی دارد (Nasri *et al.*, 2013).

گونه شاه کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*), با داشتن کلی شکمی کوتاه و برخene از سایر گونه‌های جنس *Alburnus* قابل تمایز می‌باشد. در این گونه طول پوزه با طول آرواره بالا برابر بوده و نسبت آن به قطر چشم بیشتر می‌باشد (Coad, 2014). شاه کولی ارومیه بومی حوضه دریچه ارومیه بوده و در رودخانه‌های تلخه‌رود، زرینه‌رود، اویند، کاظم‌چای و سده‌رود گزارش یافته می‌شود (Günther, 1899; Berg, 1925). این گونه آب شیرین در قسمت‌های میکنی رودخانه‌ها با بستر قلاوه‌سنگی زیست کرده و دمای متوسط ۱۵ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کند. تقدیم این گونه از حشرات آبزی، سخت‌پوستان و کرم‌ها و جلبک‌های رشتهدی بوده و در واقع همه‌جنس خوار است (عبدیلی، ۱۳۷۸).

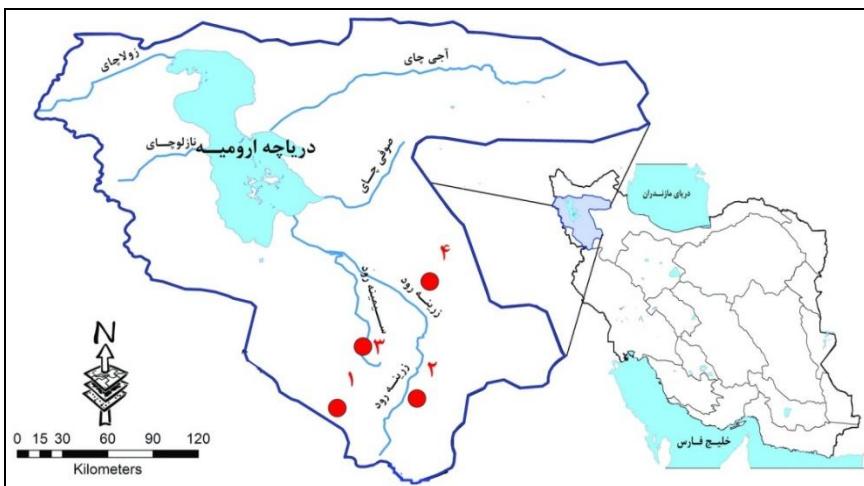
در رابطه با ریخت‌شناسی گونه‌های مختلف جنس *Alburnus* با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجدی سنتی مطالعات متعددی انجام شده است (Rahmani and Hassanzadeh Kiabi, 2005; Rahmani *et al.*, 2007; Bagherian and Rahmani, 2007; Rahmani and Hassanzadeh Kiabi, 2005; Rahmani *et al.*, 2007; Bagherian and Rahmani, 2007; Mohadasi *et al.*, 2013). اما تاکنون انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن آن با استفاده از تکنیک خط سیر پیرامونی (Outline) مورد بررسی قرار نگرفته است. برخلاف روش ریخت‌سنجدی هندسی لنمارک پایه، تکنیک خط سیر پیرامونی، داده‌های بیشتری را بهبود برای ساختارهای زیستی در بخش‌های مدور که قابلیت لنمارک گذاری ندارند، فراهم می‌کنند. در روش خط سیر پیرامونی آنالیز داده‌ها بسیار پیچیده می‌باشد ولی امروزه تکنیک‌های متعدد آنالیز شکل، امکان تحلیل این داده‌ها را فراهم آورده است (Adams *et al.*, 2004).

با توجه به اهمیت شناسایی تنوع ماهیان آب‌های داخلی ایران و پژوهش گسترده ماهیان شاه کولی ارومیه، این تحقیق با هدف مقایسه شکل بدن جمعیت‌های مختلف این گونه در زیرحوضه سیمینه‌رود-زرینه‌رود حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از روش خط سیر پیرامونی به اجرا در آمد. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک بهتر پاسخ‌های ریختی این گونه به شرایط اکولوژیکی در یک سیستم رودخانه‌ای کمک کند چرا که وجود تفاوت‌های ریختی در بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند نشان دهنده تکامل در حال وقوع باشد. هم چنین مطالعه تنوع ریختی درون‌گونه‌ای با اسفاده از تکنیک خط سیر پیرامونی می‌تواند به عنوان الگویی برای مطالعه سایر گونه‌های ماهیان و شناسایی ذخایر قابل تمایز یک گونه در برنامه‌های مدیریت شیلاتی مورد استفاده قرار گیرد، چرا که این روش قابلیت بالایی در آشکار کردن کوچک‌ترین تفاوت‌های ریختی دارد.

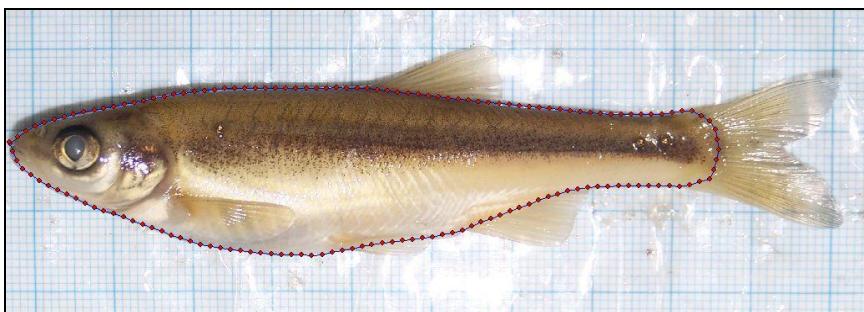
مواد و روش‌ها

برای این مطالعه، چهار جمعیت شاه کولی ارومیه‌ای (*Alburnus atropatena*) شامل ۵۰ قطعه از رودخانه سقزچای (N: ۳۶°۰'۲'', E: ۴۶°۰'۱''), ۳۰ قطعه از رودخانه زرینه‌رود (N: ۳۶°۳۹', E: ۴۶°۳۳', N: ۳۶°۰'۱'', E: ۴۶°۰'۱'') متعلق به حوضه رودخانه زرینه‌رود و ۳۱ قطعه از رودخانه سیمینه‌رود (N: ۳۶°۲۸', E: ۴۶°۱۰', N: ۳۶°۰'۱'', E: ۴۶°۰'۱'')، متعلق به حوضه رودخانه سیمینه‌رود، از زیرحوضه زرینه‌رود-سیمینه‌رود حوضه دریاچه ارومیه در سال ۱۳۹۱ با استفاده از الکتروشوکر نمونه‌برداری شدند (شکل ۱). نمونه‌های صید شده پس از بی‌هوشی در محلول عصاره گل میخک با غلظت ۱ گرم بر لیتر، در محلول فرمالین بافری ۴ درصد تثبیت و برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور حذف اثر رشد آلومتریک، تنها نمونه‌های با طول استاندارد بیش از ۹۰ میلی‌متر انتخاب شدند (حداقل طول در سن ۲ سالگی در گونه‌های جنس *Alburnus*، یعنی زمان اولین بلوغ). تمامی نمونه‌های انتخاب شده فاقد بدشکلی غیرمعمول بودند. با توجه به این که مطالعات قبلی (Mohadasi *et al.*, 2013) بر روی گونه‌های جنس *Alburnus*، ویژگی‌های ریخت‌سنجدی جنس‌های نر و ماده را مشابه اعلام کرده بودند و هم چنین از آن جایی که تفاوت ریختی بین دو جنس در این گونه گزارش نشده بود (Coad, 2014)، بنابراین نمونه‌ها براساس جنسیت از یکدیگر تفکیک نشدند.

برای استخراج داده‌های شکل بدن در روش خط سیر پیرامونی از نیم‌رخ چپ نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال (Kodak) با قدرت تکیک ۶ مگاپیکسل تصاویر دیجیتالی دو بعدی تهیه شد. سپس توسط نرم‌افزار tpsUtil از تصاویر دو بعدی حاصل فایل tps تهیه گردید و با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 خط سیر پیرامونی نمونه‌ها ترسیم و براساس بازنمونه‌گیری، در تمامی نمونه‌ها به ۱۵۰ نقطه لندمارک با فواصل مساوی تبدیل شدند (شکل ۲). در ادامه با استفاده از نرم‌افزار GMTPv2، داده‌ها برای آنالیز Elliptic Fourier Analysis (EFA) در نرم‌افزار EFAwin به داده‌های خط سیر پیرامونی تبدیل و با پسوند dta ذخیره شدند. سپس داده‌های خط سیر پیرامونی حاصل در نرم‌افزار EFAwin با انتخاب ۱۷ شکل هارمونیک و ضریب ۲ فوریه مورد آنالیز Elliptic Fourier Analysis قرار گرفتند و پس از آن براساس روش روی‌هم‌گذاری در نرم‌افزار EFAwin، داده‌های غیرشکل شامل اندازه، جهت و موقعیت حذف گردید. در نهایت نتایج حاصل از آنالیز EFA در نرم‌افزار GMTP به فرمت قابل استفاده در نرم‌افزار آماری PAST تبدیل شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار PAST براساس تحلیل‌های چندمتغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)، تجزیه همبستگی کانونیک (CVA)، آنالیز واریانس چندمتغیره (MANOVA) و آنالیز خوشای مورد تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی شکل بدن جمعیت‌ها برای مقایسه میانگین آن‌ها نسبت به شکل اجمعی، در نرم‌افزار PAST اجرا و تصاویر حاصل از خط سیر پیرامونی در نرم‌افزار گرافیکی CorelDraw6X انجام شد.



شکل ۱: جایگاه‌های نمونه‌برداری جمعیت‌های گونه شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) در حوضه ارومیه.



شکل ۲: خط سیر پیرامونی ترسیم شده برای استخراج داده‌های شکل بدن شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) و تقسیم آن به ۱۵۰ نقطه با فواصل مساوی به اساس بازنمونه‌گیری.

نتایج

تحلیل مؤلفه‌های اصلی به منظور بررسی الگوهای متفاوت بالقوه بین جمعیت‌های مورد مطالعه در مجموع تعداد چهار مؤلفه اصلی مؤثر را براساس مقدار جداکننده Jolliffe (۰/۰۰۰۰۱۹) استخراج نمود که در مجموع ۹۴/۷۸ درصد از تغییرات شکل بدن را نشان دادند. دو مؤلفه اول با مجموع واریانس ۸۰/۱۳ درصد بیشتری بار عاملی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱ و شکل ۳).

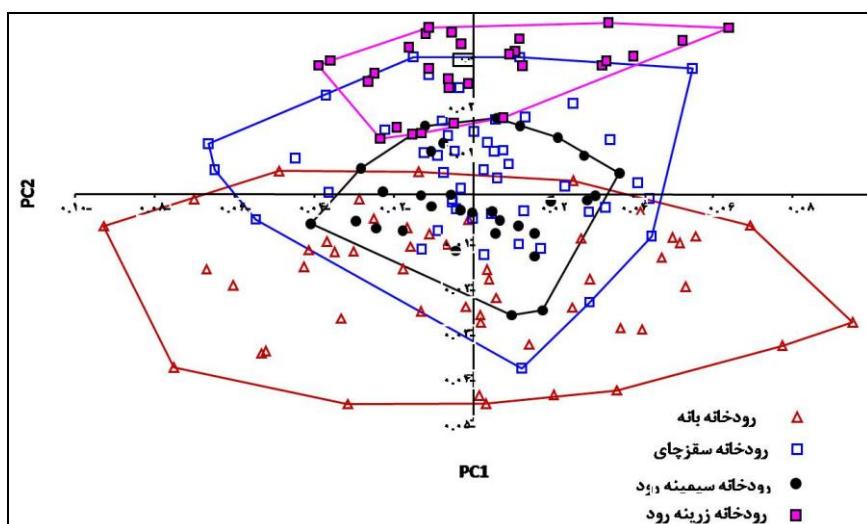
در تحلیل PCA مؤلفه اول مریبوط به ویژگی‌های ارتفاع سر، طول ساقه دمی و ارتفاع آن و مؤلفه دوم نمایانگر ویژگی مرتبط با ارتفاع بدن بود. مقایسه شکل بدن بین جمعیت‌ها با استفاده از تجزیه ۵ مبستگی کانونیک (CVA) و آنالیز MANOVA نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد ($P<0.05$). همچنین نمودار CVA توانست جمعیت‌های مورد مطالعه را تا حدودی از یکدیگر تفکیک نماید (شکل ۴).

تجزیه و تحلیل خوش‌های داده‌های شکلی جمعیت‌های مورد مطالعه را در دو خوش‌های دسته‌بندی نمود (شکل ۴). جمعیت رودخانه زرینه-رود با پشتیبانی ۱۰۰ درصد، بهواسطه عمق کم ارتفاع بدن، دراز شدن سر و ساقه دمی و بدن و داشتن بدنی دوکی شکل از سایر جمعیت‌ها تمایز شدند. سایر جمعیت‌ها مورد بررسی با پشتیبانی ۹۹ درصد درخت‌های احتمالی، در شاخه دیگر قرار گرفتند و در این شاخه نیز جمعیت رودخانه بانه از بقیه تفکیک شدند. جمعیت رودخانه سیمینه رود و سقزچای از جمعیت رودخانه سیمینه رود بروج و داشتن عمق بیشتر بدن، کوتاه شدن ناحیه سر، عمق و طول بیشتر ساقه دمی از سایر جمعیت‌ها تمایز شدند (شکل ۶). جمعیت سیمینه رود نیز بهواسطه داشتن سر کوچک، ساقه دمی کوتاه و عمق بیشتر بدن قابل تشخیص بود. جمعیت رودخانه سقزچای از نظر عمق بیشتر بدن و ساقه دمی مشابه جمعیت رودخانه بانه و از نظر کوچک شدن ناحیه سر به جمعیت رودخانه سیمینه رود نزدیک بود (شکل ۶).

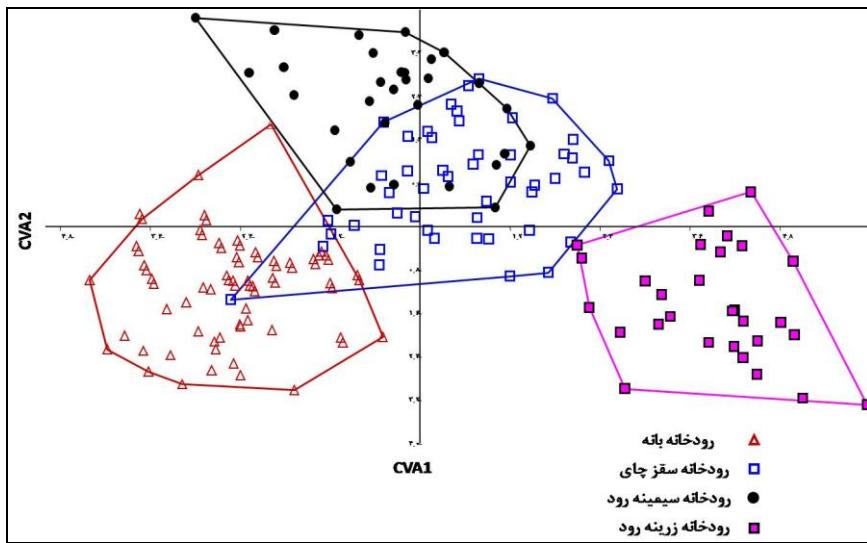
جدول ۱: مؤلفه‌های اصلی استخراج شده از داده‌های شکل بدن شاه کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) بر اساس مقدار جداکننده Jolliffe.

مؤلفه‌های اصلی	مقدار ویژه	درصد تغییرات
۵۶/۲۵	.۰/۰۰۹۶	*۱
۲۳/۸۷	.۰/۰۰۴	*۲
۱۲/۲۶	.۰/۰۰۲	*۳
۲/۳۹	.۰/۰۰۰۰۹	۴

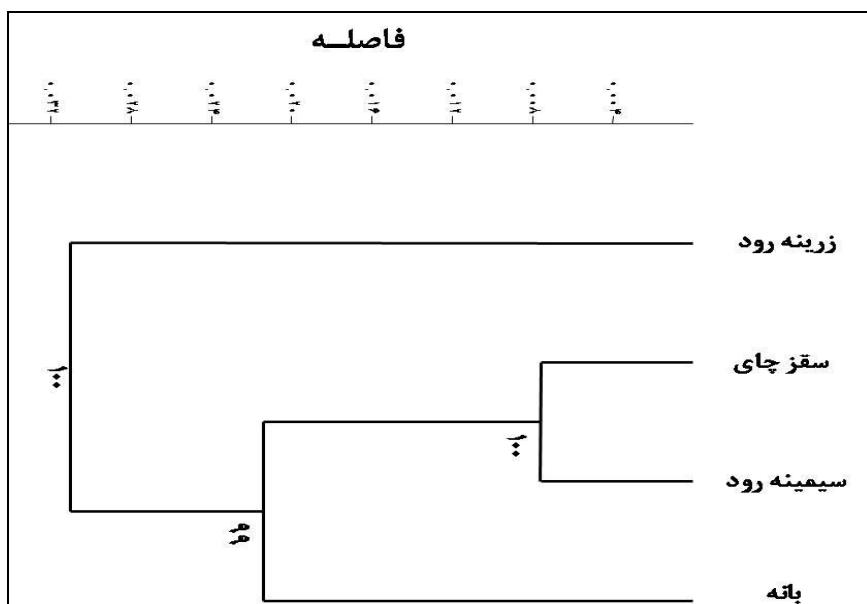
* نشان‌دهنده عوامل معنی دار است.



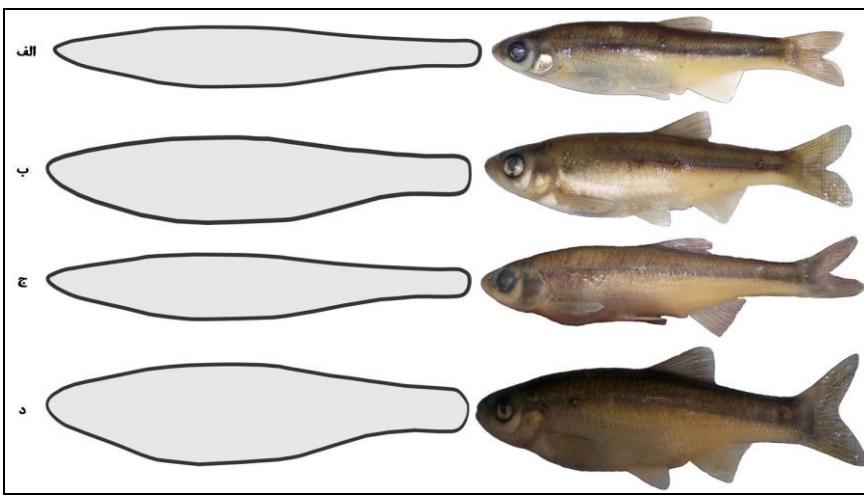
شکل ۲: نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) جمعیت‌های مورد مطالعه شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) بر اساس دو مؤلفه اصلی اول.



شکل ۳: نمودار تجزیه همبستگی کانونیک (CVA) جمعیت‌های مورد مطالعه شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) بر اساس شکل بدن.



شکل ۴: نمودار آنالیز خوشای جمعیت‌های مورد مطالعه شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) بر اساس شکل بدن (۱۰۰۰ بار باز نمونه‌گیری).



شکل ۶: میانگین شکل جمعیت‌های مورد بررسی شاه کولی ارومیه (*Alburnus atropatena*) نسبت به شکل اجماع تمامی جمعیت‌ها در شبکه تغییر شکل به همراه تصاویر جمعیت‌ها - (الف) سیمیره رود، (ب) سقزچای، (ج) زرینه رود و (د) بانه.

بحث و نتیجه‌گیری

زیر حوضه زرینه رود-سیمیره رود بزرگ‌ترین زیر حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد که در جنوب و جنوب شرق این دریاچه واقع شده است. رودخانه زرینه رود بزرگ‌ترین رودخانه حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد که طولی برابر ۲۸۴ کیلومتر دارد و در مسیر طولانی خود تنوع بالایی را از نظر ویژگی‌های هیدرولوژیکی و زیستگاهی به نمایش می‌گذارد (افشین، ۱۳۷۴). رودخانه‌های سقزچای و بانه نیز از سرشاخه‌های رودخانه زرینه رود می‌باشند و شرایط زیستگاهی متفاوتی را با بخش پایین دست به نمایش می‌گذارند (افشین، ۱۳۷۴). رودخانه زرینه رود در محل پلیس دست با دبی متوسط سالیانه ۵۸ میلیون مترمکعب عرضی بین ۵۰-۱۰۰ متر، عمقی بین ۱۰-۱۲۰ سانتیمتر و بستری سنگلاخی و شنی با حاشیه گیاهی دارد (افشین، ۱۳۷۴). شاخه سقزچای با طول ۹۵ کیلومتر دبی متوسط سالیانه حدود ۱۰ میلیون مترمکعب و عمقی ۲۰-۴۰ سانتی‌متر و عرضی ۱۰-۵ متر دارد و بستر آن قلوه‌سنگی، شنی و گلی می‌باشد و زیستگاه متفاوتی را با زیستگاه پایین دست زرینه رود به نمایش می‌گذارد. رودخانه بانه (چم‌میره) بیشتر حالت نهر داشته و طول ۲۸ کیلومتر، عرض ۳-۵ متر و عمق ۲۰-۳۰ سانتی-متر دارد و در فصل تابستان میزان آب آن به صورت نهر باریکی جریان می‌باید (افشین، ۱۳۷۴). رودخانه سیمیره رود که به موازات رودخانه زرینه رود جریان دارد و با طول ۱۶۳ کیلومتر، عرض ۷-۱۰ متر و عمق ۲۰-۳۰ سانتی‌متر دارد و دبی متوسط سالانه آن حدود ۱۶ میلیون مترمکعب با بستری شنی و گلی می‌باشد. رودخانه‌های فوق یک تنوع بالای زیستگاهی را به نمایش می‌گذارند (افشین، ۱۳۷۴).

نتایج نشان داد که شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه تفاوت معنی داری دارند که می‌تواند بیانگر انعطاف‌پذیری ریختی مرتبط با زیستگاه در آن‌ها باشد. انعطاف‌پذیری ریختی نشان‌دهنده مجموعه تغییرات ریختی است که در پاسخ به شرایط محیطی رخ داده و زمینه سازگاری بهتر را برای موجود زنده با شرایط محیطی فراهم می‌آورد (Whitman and Agrawal, 2009). ویژگی‌های زیستگاهی همراه با جدایی جغرافیایی از عوامل تعیین کننده تنوع بین‌آلات تکاملی هستند که می‌توانند به تعیین ویژگی‌های ریختی در ماه‌کف منجر می‌شوند با (Eagderi et al., 2013). در سیاری از مطالعات در مورد انعطاف‌پذیری ریختی، سازگاری به زیستگاه‌های مختلف دلیل تفاوت شکل بدن بیان شده است (Hendry et al., 2002; Robinson and Wilson, 1994; McGuigan et al., 2003; Haas et al., 2010). در واقع شکل بدن علاوه بر اینکه متأثر از خصوصیات ژنتیکی موجودات است، می‌تواند منعکس کننده شرایط زیستگاهی و پاسخ‌های سازشی موجود زنده با آن‌ها نیز می‌باشد. از این رو وجود تفاوت‌های ریختی در بین جمعیت‌های شاه کولی ارومیه می‌تواند بلنگر تأثیر شرایط محیطی رودخانه‌های محل زیست به همراه جدایی جغرافیایی باشد. بنابراین با توجه به ویژگی‌های

رودخانه‌های محل زیست جمعیت‌های مورد بررسی می‌توان بیان نمود که تفکیک ریختی جمعیت‌های مورد بررسی بیشتر بر اساس ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌های مورد بررسی بوده است. به عنوان مثال تشابه ریختی دو جمعیت سیمینه رود و سقزجای را می‌توان به شباهت ویژگی‌های هیدرولوژیکی این دو رودخانه علی‌رغم جدایی جغرافیایی آن‌ها بیان نمود.

از آن جایی که یکی از اهداف این تحقیق مقایسه شکل بدن جمعیت‌های مختلف شاهکولی در زیر حوضه زرینه رود_سیمینه رود حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد، برای اساس جمعیت رودخانه‌های بانه، سیمینه رود و سقزجای به‌واسطه کوچک بودن نواحی سر و دم و جمعیت زرنه رود بواسطه بزرگ بودن سر و دم قابل تفکیک می‌باشد. از طرف دیگر جمعیت‌های رودخانه بانه و سقزجای دارای عمق بیشتر بدن و ساقه دمی بیشتر نسبت به جمعیت‌های زرینه رود و سیمینه رود بودند. جمعیت زرینه رود نیز به‌واسطه داشتن سر درازتر از جمعیت سیمینه- رود قابل تشخیص می‌باشدند.

وجود تفاوت‌های ریختی در یک زیستگاه خاص می‌باشد، نشنوده‌دهنده کارایی بیشتر یک ساختار خاص باشد (Roby *et al.*, 1991; Palumbi, 1994; Elliott *et al.*, 1995; Jerry and Cairns, 1998 صورت یک عملکرد در نتیجه سازگاری ترجمه گردد، می‌تواند اهمیت عملکردی آن ساختار را نشان دهد. ماه‌گل رودخانه‌های بزرگ با جریان بیشتر زرنه رود دارای بدنه دوکی شکل می‌باشند. طبق تئوری هیدرودینامیک بدن دوکی شکل تر میزان مصرف انرژی را در جریان آب کاهش می‌دهد و به ثابت ماندن بدن در جریان رودخانه‌ها کمک می‌کند (Webb, 1984; Vogel, 1994). ماه‌گل رودخانه‌های بانه، سیمینه رود، سقزجای دارای بدنه پهن‌تر می‌باشند. بدن پهن‌تر به منظور مانور سرع برای شناش مداوم مثل گفتن غذا در محیط‌های با جرکن کمتر مفید می‌باشد

(Spoljaric and Reimchen, 2008; Haas *et al.*, 2011) جمعیت رودخانه زرینه رود در مقایسه با سه جمعیت دیگر دارای سر بزرگ‌تر بود. تغییر شکل در ناحیه سر عمدهً منعکس‌کننده تفاوت در تغذیه شامل نوع و جهت تغذیه و ترکیب غذایی مورد استفاده می‌باشد (Langerhans *et al.*, 2003).

تفاوت‌های شکل بدن مشاهده شده در بین جمعیت‌های مورد مطالعه بیانگر انعطاف‌پذیری ریختی قابل ملاحظه در گونه شاهکولی ارومیه می‌باشد که به خوبی براساس روش سیر پیرامونی آشکار گردید. با توجه به این که ریخت، تحت کنترل دو عامل ژنتیک و شرایط محیطی است، در شرایط محیطی متفاوت همانند زیستگاه‌های رودخانه‌ای که به عنوان یک زیستگاه با رژیم متغیر محسوب می‌شوند، تغییرات ریختی با سرعت بیشتری به وجود می‌آیند (Poulet *et al.*, 2004). بنابراین وجود تفاوت‌های ریختی در بین جمعیت‌های مختلف گونه مورد مطالعه با وجود یک دورمان مشترک می‌تواند بیانگر روند انعطاف‌پذیری ریختی در حال وقوع تحت تأثیر شرایط فیزیکوژئیکی، مواد غذایی در دسترس و شرایط هیدرولوژیکی زیستگاه‌های متفاوت باشد.

منابع

- افشین، ی. ۱۳۷۴. رودخانه‌های ایران، شرکت مهندسین مشاور جاماب، وزارت نیرو، ۱۱۸۷ ص.
- عبدلی، ا. ۱۳۷۸. ماهیان آبهای داخلی ایران. انتشارات نقش مهر، تهران، ۳۷۸ ص.
- Adams, D. C., Rohlf, F. J. and Slice, D. E., 2004.** Geometric morphometrics: Ten years of progress following the ‘Revolution’. *Italian Journal of Zoology*, 71, 5-16.
- Bagherian, A. and Rahmani, H., 2007.** Morphological differentiation between two populations of the Shemaya, *Chalcalburnus chalcoides*: a geometrical morphometric approach. *Zoology in the Middle East*, 40, 53-62.
- Bagherian, A. and Rahmani, H., 2009.** Morphological discrimination between two populations of shemaya, *Chalcalburnus chalcoides* (Actinopterygii, Cyprinidae) using a truss network. *Animal Biodiversity and Conservation*, 32, 1-8.
- Berg, L. S., 1949.** Freshwater fishes of Iran and adjacent countries. *Trudy Zoologiska Instituta Akademii Nauk*, 8, 783-858.

- Coad, B., 2014.** Freshwater fishes of Iran. Retrieved from <http://www.briancoad.com>.
- Costa, C. and Cataudella, S., 2007.** Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian Sea). *Environmental Biology of Fish*, 78, 115-123.
- Eagderi, S., Esmaeilzadegan, E. and Maddah, A., 2013.** Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics*, 5(14), 1-8.
- Elliott, N. G., Haskard, K., Koslow, J. A., 1995.** Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*, 46, 202-220.
- Guill, M. J., Hood, S. C., Heins, C. D., 2003.** Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). *Ecology of Freshwater Fish*, 12, 134-140.
- Günther, A., 1899.** Fishes: Contributions to the natural history of Lake Urmia, N. W. Persia, and its neighbourhood. *Journal of Zoology of the Linnaean Society*, 27, 345-453.
- Haas, T. C., Blum, M. J. and Heins, D. C., 2011.** Morphological responses of a stream fish to water impoundment. *Biology Letter*, 6, 803-806.
- Hendry, A. P., Taylor, E. B. and McPhail, J. D., 2002.** Adaptive divergence and the balance between selection and gene flow: lake and stream stickleback in the misty system. *Evolution*, 56, 1199-1216.
- Jerry, D.R. and Cairns, S.C., 1998.** Morphological variation in the catadromous Australian bass, from seven geographically distinct riverine drainages. *Journal of Fish Biology*, 52, 829-843.
- Langerhans, R.B., Layman, C.A., Langerhans, A.K. and Dewitt T.J., 2003.** Habitat-associated morphological divergence in two neotropical fish species. *Biological journal of the Linnean Society*, 80, 689-698.
- McGuigan, K., Franklin, C.E., Moritz, C. and Blows, M.W., 2003.** Adaptation of rainbow fish to lake and stream habitats. *Evolution*, 57, 104-118.
- Mohadasi, M., Shabanipour, N. and Eagderi, S., 2013.** Habitat-associated morphological divergence in four Shemaya, *Alburnus chalcooides* (Actinopterygii: Cyprinidae) populations in the southern Caspian Sea using geometric morphometrics analysis. *International Journal of Aquatic Biology*, 1, 82-92.
- Nacua, S.S., Dorado, E.L., Torres, M.A.J. and Demayo, C.G., 2010.** Body shape variation between two populations of the white goby, *Glossogobius giuris*. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 5, 44-51.
- Nasri, M., Eagderi, S., Farahmand, H. and Hashemzade-SegharLoo, I., 2013.** Body shape comparison of *Cyprinion macrostomum* (Heckel, 1843) and *Cyprinion watsoni* (Day, 1872) using geometric morphometric method. *International Journal of Aquatic Biology*, 1(5), 240-244.
- Palumbi, S.R., 1994.** Genetic divergence, reproductive isolation and marine speciation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 25, 547-572.
- Poulet, N., Berrebi, P., Crivelli, A. J., Lek, S. and Argillier, C., 2004.** Genetic and morphometric variations in the pikeperch (*Sander lucioperca* L.) of a fragmented delta. *Archive in Hydrobiology*, 159, 531-554.
- Rahmani, H. and HassanzadehKiabi, B., 2005.** Inter-population morphological variation of *Chalcalburnus chalcooides* (Gueldenstaedt, 1772) in Haraz and Gazafrood Rivers. *Environmental Science*, 10, 21-33.
- Rahmani, H., HassanzadehKiabi, B., Kamali, A. and Abdoli, A., 2007.** Study of morphological characteristics of *Chalcalburnus chalcooides* (Gueldenstaedt, 1772) in Haraz and Shirood Rivers. *Journal of Agricultural and Natural Resources Science*, 1-4.
- Robinson, B. W., Wilson, D. S., Shea G. O., 1996.** Trade-off of ecological specialization: an intraspecific comparison of pumpkinseed sunfish phenotypes. *Ecology*, 77, 170-178.
- Roby, D., Lambert, J. D. and Sevigny, J. M., 1991.** Morphometric and electrophoretic approaches to discrimination of capelin (*Mallotus villosus*) populations in the estuary and Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48, 2040-2050.
- Spoljaric, M. A. and Reimchen, T. E., 2008.** Habitat dependent reduction of sexual dimorphism in geometric body shape of Haida Gwaii threespine stickleback. *Biological Journal of the Linnean Society*, 95, 505-516.
- Vogel, S., 1994.** Life in moving fluids, 2nd ed., Princeton University Press, Princeton. Pp. 484.
- Webb, P. W., 1984.** Body Form, Locomotion and Foraging in Aquatic Vertebrates. *American Zoologist*, 24, 107-120.

Whitman, D. W. and Agrawal, A. A., 2009. What is phenotypic plasticity and why is it important? In: Phenotypic Plasticity of Insects: Mechanisms and Consequence. ed: Whitman, D. W., Ananthakrishnan, T.N. Enfield: Scientific Publishers, pp. 1-63.

Wooton, R. J., 1991. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall Ltd., London, pp. 392.