

بررسی تنوع ریختی چهار جمعیت شاه کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*) در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از روش خط سیر پیرامونی

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی تنوع ریختی چهار جمعیت شاه کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*)، با استفاده از روش خط سیر پیرامونی به اجرا درآمد. برای این منظور تعداد ۱۶۳ نمونه از چهار رودخانه حوضه دریاچه ارومیه شامل رودخانه‌های بانه، سقزچای، سیمینه رود و زرینه رود در سال ۱۳۹۱ با استفاده از الکتروشوک نمونه برداری گردید. برای استخراج داده‌های شکل از سمت چپ نمونه تصاویر دوبعدی تهیه و سپس با استفاده از نرم افزار TpsDig2 بر روی آن‌ها خط سری پیرامونی ترسیم و به ۱۵۰ نقطه با فواصل مساوی باز نمونه‌گیری شدند. داده‌ها پس از تبدیل به داده‌های خط سری پیرامونی، در نرم افزار EFAwin با ضریب هارمونی ۱۷ 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 جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد. بر اساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، جمعیت‌های مورد مطالعه براساس شکل بدن به دو خوشه شامل رودخانه زرینه رود و رودخانه‌های سقزچای، سیمینه رود و بانه تقسیم شدند. بر این اساس جمعیت‌های بانه، سیمینه رود و سقزچای به واسطه کوچک بودن نواحی سر و دم جمعیت زرینه رود به واسطه بزرگ بودن سر و دم تفکیک شدند. به علاوه جمعیت‌های بانه و سقزچای دارای بدنی پهن و ارتفاع ساق‌دومی بیش‌تر نسبت به جمعیت‌های زرینه رود و سیمینه رود بودند. این تفاوت‌های ریختی می‌تواند بیانگر انعطاف‌پذیری ریختی در جمعیت‌های این گونه تحت تأثیر شرایط محیطی رودخانه‌های محل زیست و جدایی جغرافیایی باشد.

واژگان کلیدی: شاه کولی، انعطاف‌پذیری ریختی، حوضه دریاچه ارومیه، ریخت‌سنجی.

فاطمه مشیدی^۱

سهیل ایگدری^{۲*}

شقایق حسن پور^۳

۱. 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.

مقدمه

ماه‌های قادرند برای ادامه حیات با شرایط مختلف محیط سازگار شده (Nacua et al., 2010) و در این بین عوامل محیطی در شکل‌دهی ریخت موجودات در روند تکامل نقش به‌سزایی دارد (Costa and Cataudella, 2007). در واقع شکل بدن نه تنها منعکس کننده ویژگی‌های ژنتیکی، بلکه نشانگر وضعیت ویژگی‌های محیطی و زیستگاه آن‌ها می‌باشد (Guill et al., 2003)، به عبارت دیگر جمعیت‌های یک گونه ماهی در نسخه سازگاری به شرایط زیستگاهی مختلف می‌توانند دچار تغییرات ریختی متفاوتی شده و از سای



جمعیت‌های آن متمایز گردند (Wootton, 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 شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*)، با داشتن کتلی شکمی کوتاه و برهنه از سای گونه‌های جنس *Alburnus* قابل تمایز می‌باشد. در این گونه طول پوزه با طول آرواره بالا برابر بوده و نسبت آن به قطر چشم بخش‌تر می‌باشد (Coad, 2014). شاه‌کولی ارومیه بومی حوضه درلچه ارومیه بوده و در رودخانه‌های تلخه‌رود، زرخه‌رود، اوزبند، کاظم‌چای و سرخه‌رود گزارش یافت می‌شود (Günther, 1899; Berg, 1925; عبدلی، ۱۳۷۸). این گونه آب شری‌ی در قسمت‌های میانی رودخانه‌ها با بستر قلوه‌سنگی زیست کرده و دمای متوسط ۱۵ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کند. تغذیه این گونه از حشرات آبی، سخت‌پوستان و کرم‌ها و جلبک‌های رشته‌ای بوده و در واقع همه‌چرخ‌خوار است (عبدلی، ۱۳۷۸).

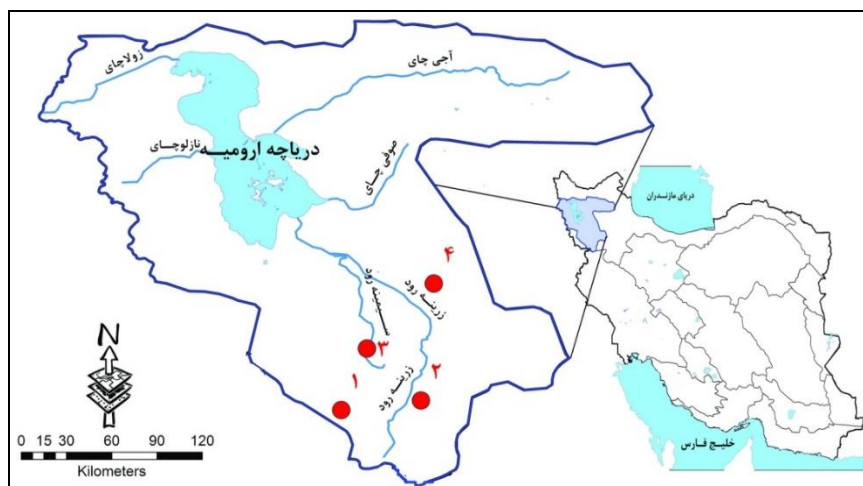
در رابطه با ریخت‌شناسی گونه‌های مختلف جنس *Alburnus* با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی سنتی مطالعات متعددی انجام شده است (Rahmani and Hassanzadeh Kiabi, 2005; Rahmani et al., 2007; Bagherian and Rahmani, 2007; Bagherian and Rahmani, 2009; Mohadasi et al., 2013). اما تاکنون انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن آن با استفاده از تکنیک خط سیر پیرامونی (Outline) مورد بررسی قرار نگرفته است. برخلاف روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه، تکنیک خط سیر پیرامونی، داده‌های بیش‌تری را بویژه برای ساختارهای زیستی در بخش‌های مدور که قابلیت لندمارک 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 پراکنش گسترده ماهیان شاه‌کولی ارومیه، این تحقیق با هدف مقایسه شکل بدن جمعیت‌های مختلف این گونه در زیرحوضه سیمینه‌رود-زرخه‌رود 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 درون گونه‌ای با استفاده از تکنیک خط سیر پیرامونی می‌تواند بعنوان الگویی برای مطالعه سایر گونه 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 شاه‌کولی ارومیه‌ای (*Alburnus atropatenae*) شامل ۵۰ قطعه از رودخانه سق‌چای (N: ۳۶°۰۲'، E: ۴۶°۱۷'، ۳۰ قطعه از رودخانه زرخه‌رود (N: ۳۶°۳۹'، E: ۴۶°۳۳' و ۵۱ قطعه از رودخانه بانه (N: ۳۶°۰۶'، E: ۴۶°۰۱') متعلق به حوضه رودخانه زرخه‌رود و ۳۱ قطعه از رودخانه سیمینه‌رود (N: ۳۶°۲۸'، E: ۴۶°۱۰')، متعلق به حوضه رودخانه سیمینه‌رود، از زیرحوضه زرخه‌رود-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 غیر معمول بودند. با توجه به این‌که مطالعات قبلی (Mohadasi et al., 2013) بر روی گونه‌های جنس *Alburnus*، ویژگی‌های ریخت‌سنجی جنس‌های نر و ماده را مشابه اعلام کرده بودند و هم چنین از آنجایی‌که 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 تفکیک ۶ مگاپیکسل تصاویر دیجیتالی دوبعدی تهیه شد. سپس توسط نرم‌افزار tpsUtil از تصاویر دوبعدی 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 فوریر مورد آنالیز Elliptic Fourier Analysis قرار گرفتند و پس از آن براساس روش روی هم‌گذاری 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 خوشه‌ای مورد تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی شکل بدن جمعیت‌ها برای مقایسه میانگین آن‌ها نسبت به شکل اجماع، 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 atropatenae*) در حوضه ارومیه.



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

نتایج

تحلیلی 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 وارانس ۸۰/۱۳ درصد بیش‌ترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱ و شکل ۳).

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

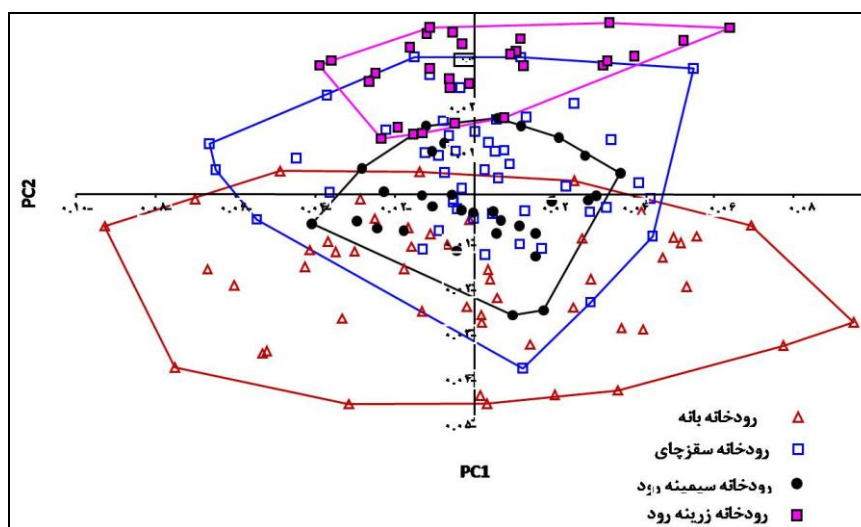
تجزیه و تحلیل خوشه‌ای داده‌های شکلی جمعیت‌های مورد مطالعه را در دو خوشه دسته‌بندی نمود (شکل ۴). جمعیت رودخانه زرینه-رود با پشتیبانی ۱۰۰ درصد، به‌واسطه عمق کم ارتفاع بدن، دراز شدن سر و ساقه دم و بدن و داشتن بدنی دوکی شکل از سایر جمعیت‌ها متمایز شدند. سایر جمعیت‌ها مورد بررسی با پشتیبانی ۹۹ درصد درخت‌های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

جدول ۱: مؤلفه‌های اصلی استخراج شده از داده‌های شکل بدن شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*) بر

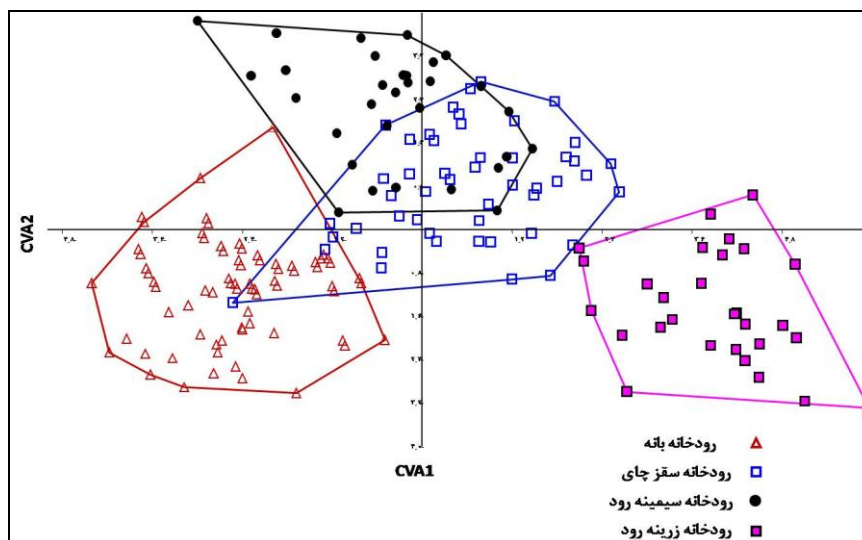
اساس مقدار جداکننده Jolliffe.

مؤلفه‌های اصلی	مقدار ویژه	درصد تغییرات
*۱	۰/۰۰۰۹۶	۵۶/۲۵
*۲	۰/۰۰۰۴	۲۳/۸۷
*۳	۰/۰۰۰۲	۱۲/۲۶
۴	۰/۰۰۰۰۰۹	۲/۳۹

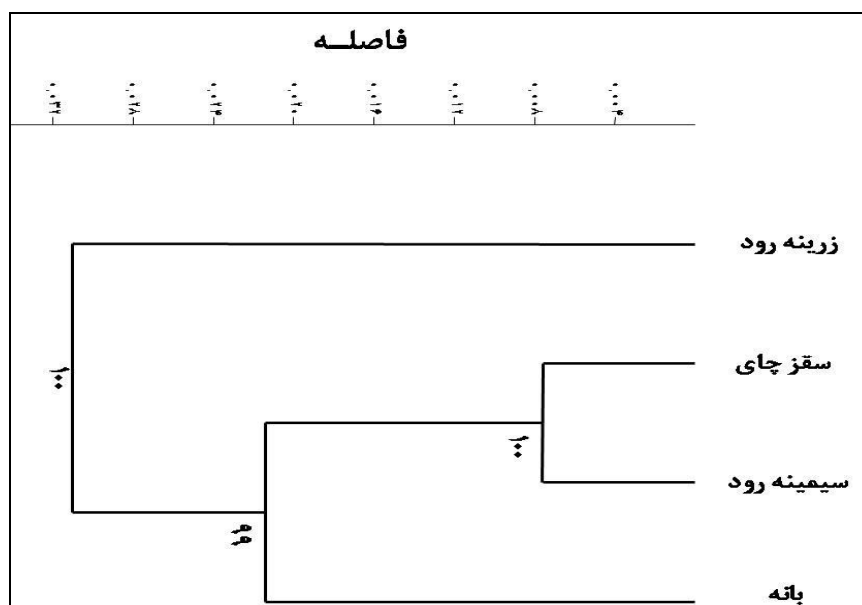
* نشان‌دهنده عوامل معنی دار است.



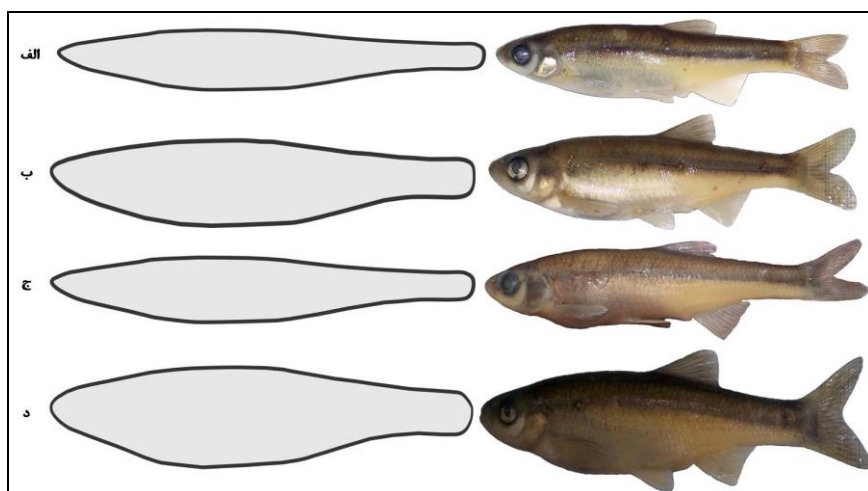
شکل ۲: نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) جمعیت‌های مورد مطالعه شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*) بر اساس دو مؤلفه اصلی اول.



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



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



شکل ۶: میانگین شکل جمعیت‌های مورد بررسی شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*) نسبت به شکل اجماع تمامی جمعیت‌ها در شبکه تغییر شکل به همراه تصاویر جمعیت‌ها - (الف) سیمپنرود، (ب) سقزچای، (ج) زرینه‌رود و (د) بانه.

بحث و نتیجه‌گیری

زیر حوضه زرینه‌رود-سیمپنرود بزرگ‌ترین زیر حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد که در جنوب و جنوب شرق این دریاچه واقع شده است. رودخانه زرینه‌رود 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 زرینه‌رود می‌باشند و شرایط زیستگاهی متفاوتی را با بخش پایین دست به نمایش می‌گذارند (افشین، ۱۳۷۴). رودخانه زرینه‌رود در محل پایین دست با دبی متوسط سالیانه ۵۸ میلیون مترمکعب عرضی بین ۵۰-۱۰۰ متر، عمقی بین ۴۰-۱۲۰ 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 ۵-۱۰ متر دارد و بستر آن قله‌سنگی، شنی و گلی می‌باشد و زیستگاه متفاوتی را با زیستگاه پایین دست زرینه‌رود به نمایش می‌گذارد. رودخانه بانه (چم‌میرده) 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 می‌یابد (افشین، ۱۳۷۴). رودخانه سیمپنرود که به موازات رودخانه زرینه‌رود 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 تعیین‌کننده تغییرات تکاملی هستند که می‌توانند به تغییر ویژگی‌های ریختی در ماه‌کل منجر می‌شوند (Eagderi et al., 2013). در بسیاری 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; Nacua et al., 2011). در واقع شکل بدن علاوه بر اینکه متأثر از خصوصیات ژنتیکی موجودات است، می‌تواند منعکس‌کننده شرایط زیستگاهی و پاسخ‌های سازشی موجود زنده با آن‌ها نیز می‌باشد. از این رو وجود تفاوت‌های ریختی در بین جمعیت‌های شاه‌کولی ارومیه می‌تواند بیانگر تأثیر شرایط محیطی رودخانه‌های محل زیست به همراه جدایی جغرافیایی باشد. بنابراین با توجه به ویژگی‌های

رودخانه‌های محل زیست جمعیت های مورد بررسی می توان بیان نمود که تفکیک ریختی جمعیت های مورد بررسی بیش تر بر اساس ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌های مورد بررسی بوده است. به‌عنوان مثال تشابه ریختی دو جمعیت سیمینه رود و سقزچای 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 جمعیت های مختلف شاه کولی در زیر حوضه زرينه رود-سیمینه رود حوضه دریاچه ارومیه می باشد، برای اساس جمعیت رودخانه‌های بانه، سیمینه رود و سقزچای به واسطه کوچک بودن نواحی سر و دم و جمعیت زرينه رود بواسطه بزرگ بودن سر و دم قابل تفکیک می‌باشند. از طرف دیگر جمعیت‌های رودخانه بانه و سقزچای دارای عمق بیش تر بدن و ساقه دمی بیش تر نسبت به جمعیت های زرينه رود و سیمینه رود بودند. جمعیت زرينه رود نیز به واسطه داشتن سر درازتر از جمعیت سیمینه - رود قابل تشخیص می‌باشند.

وجود تفاوت‌های ریختی در ماهی در یک زیستگاه خاص می‌تواند، نشان‌دهنده کارایی بیشتر یک ساختار خاص باشد (Roby *et al.*, 1991; Palumbi, 1994; Elliott *et al.*, 1995; Jerry and Cairns, 1998). تفاوت‌های ریختی در موجودات چنانچه بتواند به صورت یک عملکرد در نتیجه سازگاری ترجمه گردد، می تواند اهمیت عملکردی آن ساختار را نشان دهد. ماهی رودخانه‌های بزرگ با جریان بیش تر زرينه رود دارای بدنی دوکی شکل می‌باشند. طبق تئوری هیدرودینامیک بدن دوکی شکل تر میزان مصرف انرژی را در جریان آب کاهش می دهد و به ثابت ماندن بدن در جریان رودخانه ها کمک می کند (Webb, 1984; Vogel, 1994). ماهی رودخانه‌های بانه، سیمینه رود، سقزچای دارای بدنی پهن تر می‌باشند. بدن پهن تر به منظور مانور سریع برای شنای مداوم مثل لغتن غذا در محیط‌های با جریان کمتر مفید می‌باشد

(Spoljaric and Reimchen, 2008; Haas *et al.*, 2011). جمعیت رودخانه زرينه رود در مقایسه با سه جمعیت دیگر دارای سر بزرگ تر بود. تخیی شکل در ناحیه سر عمدتاً منعکس کننده تفاوت در تغذیه شامل نوع و جهت تغذیه و ترکیب غذایی مورد استفاده می- باشد (Langerhans *et al.*, 2003).

تفاوت‌های شکل بدن مشاهده شده در بین جمعیت‌های مورد مطالعه بیانگر انعطاف پذیری ریختی قابل ملاحظه در گونه شاه کولی ارومیه می‌باشد که به خوبی براساس روش خط سیر پیرامونی آشکار گردید. باتوجه به این که ریخت، تحت کنترل دو عامل ژنوتیپ 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 بیش تری به وجود می‌آیند (Poulet *et al.*, 2004). بنابراین وجود تفاوت‌های ریختی در بین جمعیت‌های مختلف گونه مورد مطالعه با وجود یک دودمان مشترک می‌تواند بیانگر روند انعطاف پذیری ریختی در حال وقوع تحت تأثیر شرایط فیزیوشیمیایی، مواد غذایی در دسترس و شرایط هیدرولوژیکی زیستگاه‌های متفاوت باشد.

منابع

- افشین، ی ۱۳۷۴. رودخانه‌های ایران، شرکت مهندسين 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 (*Haplostethus 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 Urmi, 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 chalcoides* (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 chalcoides* (Gueldenstaedt, 1772) in Haraz and Gzaafrood Rivers. *Environmental Science*, 10, 21-33.
- Rahmani, H., HassanzadehKiabi, B., Kamali, A. and Abdoli, A., 2007.** Study of morphological characteristics of *Chalcalburnus chalcoides* (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.

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