

مقایسه ریختی پنج جمعیت شاهکولی جنوبی (*Alburnus mossulensis* Heckel, 1843) حوضه دجله با استفاده از روش خطسیر پیرامونی

شقایق حسن پور^۱، سهیل ایگدری^{۲*}، منوچهر نصری^۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۴

تاریخ تصویب: ۹۵/۰۹/۲۲

چکیده

مقایسه ریختی پنج جمعیت ماهی شاهکولی جنوبی *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 با استفاده از روش خطسیر پیرامونی به اجرا در آمد. برای این منظور تعداد ۲۱۹ قطعه ماهی از رودخانه‌های گاماسیاب، کارون، کشکان، خرسان و سپیدبرگ با استفاده از الکتروشوکر صید گردید. از نیمرخ چپ تمامی نمونه‌ها عکس برداری و با استفاده از نرم‌افزار *TpsDig* بر روی عکس‌ها خطسیر پیرامونی ترسیم و سپس به ۱۵۰ نقطه با فواصل مساوی باز نمونه‌گیری شدند. داده‌های خطسیر پیرامونی، در نرم‌افزار *EFAwin* با انتخاب ۱۷ شکل هارمونیک و ضریب ۲ فوریر مورد آنالیز *EFA* قرار گرفتند و داده‌های غیرشکلی نیز به روش روی هم‌گذاری عمومی حذف گردید. داده‌ها پس از تبدیل به فرمت قابل استفاده در نرم‌افزار *PAST* با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره *PCA* و *MANOVA/CVA* مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد به جز جمعیت سپیدبرگ بین شکل بدن سایر جمعیت‌ها تفاوت‌های آماری معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/05$). براین اساس جمعیت‌های گاماسیاب و سپیدبرگ با داشتن بدنی دوکی شکل

۱- دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

(نویسنده مسئول: soheil.eagderi@ut.ac.ir)

۳- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، لرستان، خرم‌آباد، ایران.

و جمعیت رودخانه‌های کشکان، کارون و خرسان نیز به واسطه ساقه دم‌ی کوتاه‌تر قابل تفکیک بودند. مطالعه‌ی حاضر به خوبی قابلیت استفاده از ریخت‌سنجی هندسی (خط‌سیر پیرامونی) را برای تمایز جمعیت‌های مختلف شاه‌کولی جنوبی تأیید کرد.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، حوضه‌های آبریز ایران، ریخت‌شناسی، ریخت‌سنجی هندسی، ماهیان ایران، ماهی‌شناسی.

مقدمه

mossulensis Heckel, 1843 دارای بدنی

دوکی شکل و کشیده، دهان انتهایی، فاقد سبیلک، فلس‌های متوسط و قاعده باله پشتی کوتاه می‌باشد (Coad, 2016). این گونه در کل حوضه دجله پراکنش نسبتاً وسیعی داشته و همچنین در حوضه‌های دریاچه مهارلو، پرسیس (خلیج فارس) و هرمزگان نیز گزارش شده است (Coad, 2016). این گونه ساکن نهرها، رودخانه‌ها و دریاچه‌هاست و دامنه دمایی وسیعی (۳۶-۱ درجه سانتی‌گراد) را تحمل نموده و به واسطه این قابلیت در بخش‌های وسیعی از حوضه دجله یافت می‌شود (2000 Coad, 2016; Abdoli, 2016). این گونه از جلبک‌ها، دتریت‌ها، حشرات آبزی، گیاهان و سخت‌پوستان تغذیه می‌کند (2016 Coad, 2016). و از این نظر می‌توان آن را یک گونه همه‌چیزخوار محسوب کرد.

مطالعات ریخت‌شناسی متعددی بر روی گونه‌های مختلف جنس *Alburnus* با استفاده از روش‌های سنتی انجام شده است (Rahmani and Hassanzadeh Kiabi,

ماهیان به واسطه‌ی ظرفیت‌های زیستی خود قادرند با شرایط مختلف محیطی سازگار شوند (Costa and Cataudella, 2007; Nacua et al., 2010). بنابراین ریخت یا شکل بدن ماهیان نه تنها انعکاس دهنده ویژگی‌های ژنتیکی آن‌ها طی فرآیند تکامل است، بلکه منعکس کننده وضعیت محیط زندگی و زیستگاه آنها نیز می‌باشد (Guill et al., 2003). اعضای یک گونه از ماهیان به واسطه جداسازی زیستگاه، جمعیت‌های متفاوتی را تشکیل می‌دهند و در نتیجه طی فرآیند تکامل دچار تغییرات ریختی مرتبط با زیستگاه شده و از سایر جمعیت‌های گونه‌ی خود متمایز می‌شوند (Wootton, 1991). مطالعه این جنبه از ریخت‌شناسی ماهی‌ها نمی‌تواند به برخی از سوالات تکامل پاسخ داده و علل بروز تفاوت‌های ریختی را در بین گونه‌های نزدیک و یا حتی جمعیت‌های یک گونه توضیح دهد (Langerhans et al., 2003).

ماهی شاه کولی جنوبی *Alburnus*

ساختارهای زیستی در بخش‌هایی که قابلیت سنجش یا لندمارک گذاری ندارند، را فراهم می‌کند. بنابراین این داده‌های بیشتر حتی امکان تشخیص افراد یک جمعیت را نیز فراهم می‌نماید. در روش خط‌سیر پیرامونی آنالیز داده‌ها بسیار پیچیده می‌باشد ولی امروزه تکنیک‌های متعدد آنالیز شکل امکان تحلیل این داده‌ها را فراهم آورده است (Admans et al., 2004). بنابراین در مقایسه ویژگی‌های ریخت‌شناسی جمعیت‌های مختلف یک گونه، کاربرد تکنیک خط‌سیر پیرامونی می‌تواند کارایی بالاتری را نسبت به روش‌های سنتی نشان دهد، هرچند که ممکن است نتایج حاصل شباهت‌هایی نیز با روش‌های سنتی داشته باشد.

شاه‌کولی جنوبی در بخش‌های مختلف دامنه پراکنش خود با فرم‌های مختلفی دیده می‌شود. با توجه به اهمیت شناسایی دقیق ماهیان آب‌های داخلی ایران و با توجه به پراکنش نسبتاً بالای گونه شاه‌کولی جنوبی و قدرت بالای سازگاری این گونه به شرایط مختلف زیست‌محیطی، این تحقیق با هدف مقایسه شکل بدن پنج جمعیت از این گونه در حوضه دجله با استفاده از روش خط‌سیر پیرامونی به اجرا در آمد. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک بهتر تمایز ریختی این گونه در طی روند تکاملی یا در پاسخ به شرایط اکولوژیکی کمک کرده و تنوع ریختی جمعیت‌های مختلف آن را

2005; Rahmani et al. 2007; Bagherian and Rahmani, 2007; Bagherian and Rahmani, 2009; Mohadasi et al., 2013).

روش ریخت‌سنجی سنتی شامل سنجش فواصل و زوایای بدن زیست‌مندان است. در این روش اندازه‌گیری متغیرها قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها استانداردسازی می‌شوند و این امر ممکن است سبب از دست دادن جنبه‌های مهمی از شکل جاندار شده و از این رو اطلاعات کمتری را در بر گیرند. به علاوه بسیاری از اندازه‌گیری‌های فواصل هم‌پوشانی داشته و یا در جهات مشابه اندازه‌گیری می‌شوند و این بدین معنا است که این اندازه‌گیری‌ها مستقل نیستند و ممکن است برخی از صفات بزرگ‌نمایی شوند. همچنین در ریخت‌سنجی سنتی، روش‌های اندازه‌گیری مشابهی برای شکل‌های متفاوت به کار گرفته می‌شود. ایراد دیگر این روش، دشوار بودن تفسیر نتایج است زیرا اغلب امکان نمایش تصویری تفاوت‌ها وجود نداشته و این موضوع سبب می‌شود که محقق با وجود رسیدن به نتایج معنی‌دار، از تفسیر صحیح و کامل نتایج باز بماند. حتی ساده‌ترین موجودات زنده نیز ممکن است دارای شکل بدن پیچیده‌ای باشند و روش ریخت‌سنجی هندسی براساس تکنیک خط‌سیر پیرامونی به واسطه کمی‌سازی پیچیدگی‌های شکل بدن، داده‌های بیشتری را به‌ویژه برای

به عدم وجود دوریختی جنسی در جنس *Alburnus* (Ergene, 1993; Türkmen and Akyurt, 2000; Yıldırım et al., 2007) تجزیه و تحلیل‌های آماری بدون جداسازی جنس‌های نر و ماده انجام شد.

در ادامه، به کمک دوربین دیجیتال Kodak با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل نصب شده بر روی پایه‌ی ثابت از نمای چپ تمامی نمونه‌ها عکس‌برداری به عمل آمد. سپس فایل‌های tps از روی تصاویر دوبعدی حاصله توسط نرم‌افزار tpsUtil Rohlf (2004) تهیه و خط‌سیر پیرامونی ماهیان شامل ۱۵۰ لندمارک در فواصل مساوی به کمک نرم‌افزار tpsDig2 (Rohlf, 2010) ترسیم گردید (شکل ۲). فایل‌های tps حاصله با استفاده از نرم‌افزار GMTpV2 برای تجزیه و تحلیل تبدیل به فایل‌های dta شده و سپس به کمک نرم‌افزار (EFAwin) (deAngelis, 2000) با انتخاب ۱۷ شکل هارمونیک و ضریب ۲ فوریر مورد تجزیه و تحلیل (EllipticFourierAnalysis) قرار گرفتند. تمامی داده‌های غیرشکلی (اندازه، جهت و موقعیت) براساس روش روی هم‌گذاری در نرم‌افزار EFAwin حذف گردید.

در نهایت نتایج مستخرج از آنالیز EFA در نرم‌افزار GMTpV2 به فرمت قابل استفاده در نرم‌افزار آماری PAST ۲/۱۷C (Hammer et al., 2001) تبدیل شده و

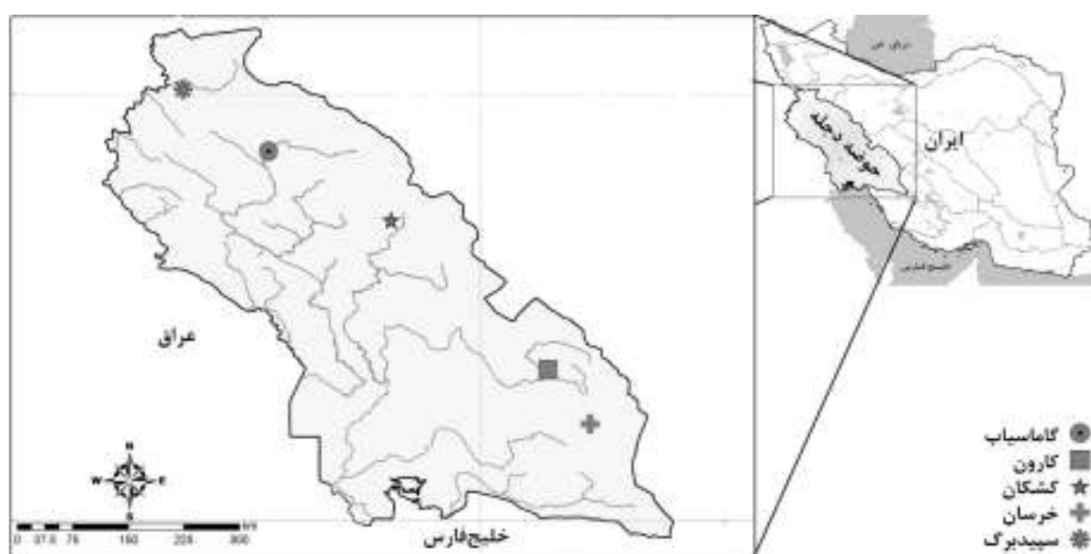
آشکار سازد. به علاوه از آنجایی که روش خط‌سیر پیرامونی مورد استفاده در این تحقیق تاکنون برای ماهیان ایران مورد استفاده قرار نگرفته است، از این رو این مطالعه می‌تواند راهنمایی برای مطالعات آتی ریخت‌سنجی ماهیان با استفاده از این روش را فراهم سازد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مجموعاً ۲۱۹ قطعه ماهی شاه‌کولی جنوبی شامل ۶۱ قطعه از رودخانه گاماسیاب در استان کرمانشاه (34°20'15" N و 47°25'5" E)، ۳۸ قطعه از رودخانه کارون در چهارمحال و بختیاری (37° 31' 40" N و 50° 46' 18" E)، ۴۵ قطعه از رودخانه کشکان خرم‌آباد (33° 31' 33" N و 48° 54' 44" E)، ۴۰ قطعه از رودخانه خرسان کهگیلویه و بویراحمد (30° 58' 10" N و 51° 15' 29" E) و ۳۵ قطعه از رودخانه سپیدبرگ کردستان (22' 56" N و 35° 3' 37" E) طی تابستان سال ۱۳۸۹ توسط دستگاه الکتروشوک‌ر صید گردید (شکل ۱). نمونه‌ها بلافاصله پس از بی‌هوشی در محلول عصاره گل میخک با غلظت یک گرم در لیتر، در فرمالین بافری ده درصد بافری تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور حذف اثر رشد آلومتریکی، تنها نمونه‌های با طول استاندارد بیش از شش سانتی‌متر انتخاب شدند. تمامی نمونه‌های بدشکل یا با شکل غیرمعمول از فرآیند مطالعه حذف شدند. با توجه

بر اساس آزمون‌های چندمتغیره تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تجزیه و تحلیل داده‌های شکلی متعارف (CVA)، آنالیز واریانس چندمتغیره MANOVA و آنالیز خوشه‌ای مورد تحلیل قرار گرفتند. ویژگی‌های بیانگر مؤلفه‌های اول و دوم به همراه تصاویر مرتبط در نرم‌افزار PAST

استخراج گردید. مصورسازی شکل بدن جمعیت‌ها در شبکه‌ی تغییر شکل، به منظور مقایسه‌ی شکل اجماع هر جمعیت نسبت به شکل اجماع کل، با استفاده از نرم‌افزار (tpsSpline Rohlf, 2002) انجام شد.



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری شاه‌کولی جنوبی (*Alburnus mossulensis*) در حوضه دجله.



شکل ۲: خط‌سیر پیرامونی ترسیم شده بر روی بدن شاه‌کولی جنوبی (*Alburnus mossulensis*) و تقسیم آن به ۱۵۰ لند مارک با فواصل مساوی بر اساس باز نمونه‌گیری.

نتایج

تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی به منظور برآورد تفاوت‌های بالقوه بین جمعیت‌ها، تغییرات شکل بدن را در دو مؤلفه اصلی اول با مجموع واریانس ۹۳/۲۸۳ درصد نشان داد (شکل ۳ و جدول ۱). مؤلفه اول مربوط به ویژگی‌های ارتفاع سر، طول و ارتفاع ساقه دمی و مؤلفه دوم به‌طور عمده نمایانگر ویژگی ارتفاع بدن بود. مقایسه شکل بدن بین جمعیت‌ها با استفاده از تجزیه

همبستگی کانونی (CVA) و آنالیز واریانس چندمتغیره نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مورد مطالعه به جز سپیدبرگ وجود دارد و جمعیت سپیدبرگ تنها با جمعیت گاماسیاب تفاوت معنی‌دار را نشان داد ($OP/01 >$). نمودار CVA همپوشانی

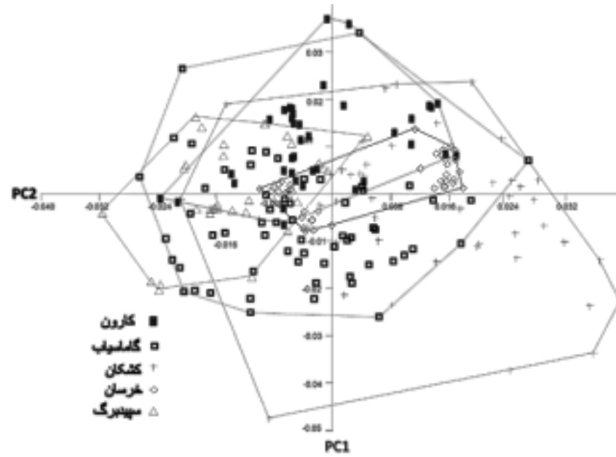
بالایی بین جمعیت رودخانه‌های سپیدبرگ و کشکان و گاماسیاب را نشان داد و جمعیت رودخانه‌های خرسان و کارون با هم و با سه جمعیت فوق فاقد همپوشانی بودند.

جدول ۱: مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار و بارهای عاملی مربوطه.

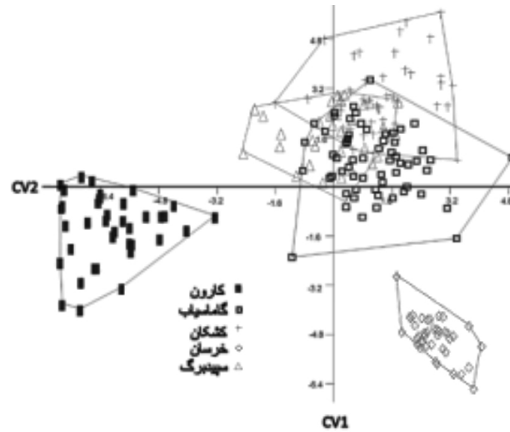
| مؤلفه‌های اصلی | مقدار ویژه | واریانس % |
|----------------|------------|-----------|
| ۱ | ۰/۰۰۰۲۵۳۴۴ | ۶۸/۱۶۵ |
| ۲ | ۰/۰۰۰۰۹۳۴ | ۲۵/۱۱۸ |
| ۳ | ۰/۰۰۰۰۲۱۹ | ۵/۸۷۷۳ |
| ۴ | ۰/۰۰۰۰۰۳۱۴ | ۰/۸۳۹۶۸ |

رودخانه کشکان، کارون و خرسان نیز به‌واسطه ساقه دم‌ی کوتاه‌تر در یک خوشه‌ی مجزا قرار گرفتند. در این خوشه جمعیت کشکان به‌واسطه عرض بدن بیشتر از دو جمعیت دیگر جدا شدند که حد واسط خوشه‌های گاماسیاب-سپیدبرگ و کارون-خرسان بود. در خوشه کارون-خرسان، جمعیت کارون به‌واسطه ارتفاع بیشتر سر و جمعیت خرسان با داشتن عرض بدن بیشتر از یکدیگر متمایز بودند.

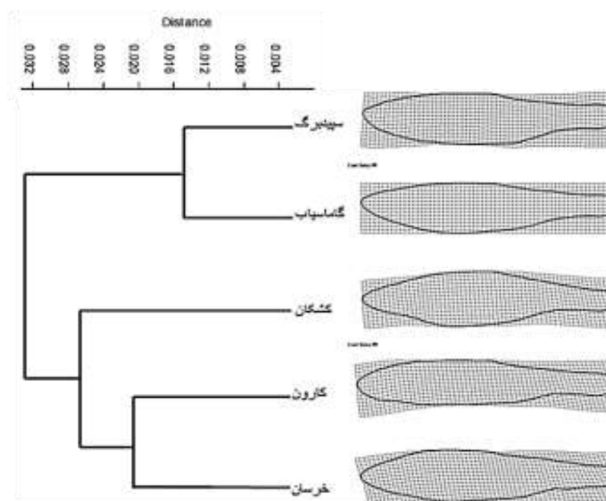
بررسی الگوهای ریختی شکل بدن گروه‌های مورد مطالعه براساس نتایج مصورسازی نشان داد که شکل بدن جمعیت‌های مختلف این ماهی از الگوهای متنوعی تبعیت می‌کند که در شکل ۵ در مقابل دارنگاره آنالیز خوشه‌ای آورده شده است. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، جمعیت‌های مورد مطالعه را براساس شکل بدن در سه خوشه جداگانه دسته‌بندی کرد. جمعیت‌های گاماسیاب و سپیدبرگ براساس بدن دوکی‌شکل و سر تیز در یک خوشه‌ی واحد قرار گرفتند. در این خوشه نمونه‌های ایستگاه سپیدبرگ دارای ارتفاع ساقه دمی بیشتر بودند. جمعیت‌های



شکل ۳: نمودار پراکنش جمعیت‌های مورد مطالعه بر اساس دو مؤلفه اصلی اول در تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA).



شکل ۴: نمودار پراکنش جمعیت‌های مورد مطالعه دو متغیر کانونیک اصلی اول حاصل از تجزیه همبستگی کانونی (CVA).



شکل ۵: دارنگار حاصل از آنالیز خوشه‌ای و شبکه تغییر شکل جمعیت‌های شاهکولی (*Alburnus mossu-lensis*) مورد بررسی.

بحث

رانش ژنی و سایر عوامل مرتبط با انتخاب طبیعی باشد (Samaee and, 2011; Patzner).

Shafee و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی ساختار ژنتیکی پنج جمعیت شاه کولی جنوبی با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره که نمونه‌های سه زیر حوضه کارون (هم حوزة جمعیت های کارون و خرسان)، کرخه (هم حوزة جمعیت گاماسیاب) و سیروان (هم حوزة جمعیت سپیدبرگ) آن مشابه تحقیق حاضر بود، نشان داد که تمایز ژنتیکی هرچند اندک (معادل ۰/۰۰۷۱) امامعنی داری ($P < ۰/۰۰۱$) بین جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد. در این تحقیق نتایج گروه‌بندی جمعیت‌ها براساس نشانگرهای مولکولی با نتایج تحقیق حاضر براساس روش ریخت‌سنجی هندسی خط‌سیر پیرامونی مطابقت داشت. مطالعات متعددی در مورد تغییرات شکلی به‌عنوانی که پاسخ سازشگرانه به تغییرات زیستگاهی عنوان شده است (Hendry et al., 2002; Robinson and Wilson, 1994; McGuigan et al., 2003; Haas et al., 2011; Nacua et al., 2010) بنابراین شکل بدن علاوه بر اینکه بیانگر خصوصیات ژنتیکی موجودات است، می‌تواند منعکس‌کننده شرایط زیستگاهی و پاسخ‌های سازشی موجود زنده به آن‌ها نیز می‌باشد. در اکوسیستم‌های آبی چنین سازگاری‌هایی در نتیجه نیاز به سازش با

از آنجایی که هدف این تحقیق بررسی و مقایسه شکل بدن جمعیت‌های شاه کولی جنوبی در حوضه دجله به‌منظور شناسایی ریختی آنها بود، نتایج به دست آمده با استفاده از روش خط‌سیر پیرامونی توانست تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های مختلف مورد بررسی این گونه را آشکار نماید. براین اساس جمعیت‌های گاماسیاب و سپیدبرگ دارای بدن دوکی شکل و سر نوک‌تیز با ارتفاع بیشتر ساقه دم‌ی قابل شناسایی هستند. جمعیت‌های رودخانه کشکان، کارون و خرسان نیز با ساقه دم‌ی کوتاه‌تر به ترتیب به‌واسطه عرض بدن بیشتر، ارتفاع سر بیشتر و بدن دوکی شکل قابل شناسایی می‌باشند.

نتایج همچنین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جمعیت‌های مورد بررسی شاه کولی جنوبی به‌جز جمعیت سپیدبرگ وجود دارد. این امر می‌تواند به واسطه‌ی جدایی جغرافیایی و تمایز ریختی بین جمعیت‌های مختلف مورد مطالعه باشد. چراکه احتمال جریان ژنی در بین جمعیت‌های مورد مطالعه حداقل در دوره زمانی نزدیک اندک می‌باشد. جدایی جغرافیایی اساساً می‌تواند سبب جدایی ریختی جمعیت‌های ماهیان گردد (Eagderi et al., 2013; Nasri et al., 2013). به علاوه تفاوت‌های ریختی مشاهده شده علاوه بر جدایی جغرافیایی می‌تواند به‌واسطه

سانتی متر و سرعت ۱/۶۵ متر بر ثانیه)، کارون (با عرض حدود ۳۵ متر، عمق ۲۵ سانتی متر و سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه) و خرسان (با عرض حدود ۴۰ متر، عمق ۶۰ سانتی متر و سرعت ۱/۱۲ متر بر ثانیه) از ارتفاع بدنی بیشتر و ساقه دمى کوتاه تری برخوردار بودند. اساساً شکل پهن تر بدن یک سازگاری برای قابلیت مانور سریع را پیشنهاد می کند و می تواند به یافتن غذا کمک نماید (Langerhans et al., 2003). تفاوت های شکل بدن مشاهده شده در بین جمعیت های مورد مطالعه بیانگر جدایی ریختی قابل ملاحظه در گونه شاه کولی جنوبی می باشد که به خوبی بر اساس روش خط سیر پیرامونی آشکار گردید. با توجه به این که ریخت، تحت کنترل دو عامل ژنوتیپ و شرایط محیطی است، در شرایط محیطی متفاوت همانند زیستگاه های رودخانه ای که به عنوان یک زیستگاه با رژیم متغیر محسوب می شوند، تغییرات ریختی با سرعت بیشتری به وجود می آیند (Poulet et al., 2004). بنابراین، وجود تفاوت های ریختی در بین جمعیت های مختلف گونه مورد مطالعه با وجود یک دودمان مشترک می تواند بیانگر روند تکاملی در حال وقوع به واسطه جدایی جغرافیایی، بروز رانش ژنتیکی (Shafee et al., 2013) و یا تحت تأثیر شرایط فیزیکی و شیمیایی، مواد غذایی در دسترس و شرایط هیدرولوژیکی زیستگاه های متفاوت باشد.

شرایط هیدرودینامیکی، برای صرفه جویی در انرژی و اساساً اقتصاد زیستی بیان شده است (Nacua et al., 2010; Vogel, 1994). شکل بدن همچنین می تواند جهت موفقیت در تغذیه و اجتناب از شکارچی نیز مؤثر باشد (Langerhans and Reznick, 2010). از آنجایی که در این مطالعه شاخص های زیست محیطی به طور جامع اندازه گیری و بررسی نشده است، می توان تنها به استناد مطالعات مشابه تفاوت های ریختی مشاهده شده را به شرایط زیست محیطی نسبت داد. ماهیان رودخانه های گاماسیاب (با عرض حدود ۲۵ متر، عمق ۶۰ سانتی متر و سرعت ۰/۷۵ متر بر ثانیه) و سپیدبرگ (با عرض حدود ۵ متر، عمق ۳۰ سانتی متر و سرعت ۰/۸ متر بر ثانیه) دارای بدنی کشیده تر و ساقه دمى طویل تر می باشند. 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; Videler, 1993; Vogel, 1994). به علاوه ساقه دمى طویل تر هم در افزایش کارایی و توان شنا کردن ماهیان مؤثر است (Hawkins and Quinn, 1996; Fisher and Hogan, 2007) و امکان شروع یک شنای سریع و شتاب دار را به ویژه در هنگام فرار از شکارچی فراهم می کند (Webb, 1984). ماهیان سه منطقه کشکان (با عرض حدود ۲۲ متر، عمق ۵۰

منابع

- Abdoli, A. (2000) The inland water fishes of Iran. Naghsh Mana Publication, 378 pp, Tehran. (In Farsi)
- 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.
- Coad, B.W. (2016) Freshwater fishes of Iran. Updated 20 September 2016. [Cited 20 September 2016]. Available from: 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.
- DeAngelis, M.C. (2000) Data Modeling with ERwin, 1. Sams Publishing. New York.
- Eagderi, S., Esmailzadegan, 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.
- Ergene, S. (1993) The growth rates of *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843), (Pisces, Cyprinidae) in Karasu. Turkish Journal of Zoology 17(4): 367-377.
- Fisher, R. and Hogan, J.D. (2007) Morphological predictors of swimming speed: a case study of pre-settlement juvenile coral reef fishes. Journal of Experimental Biology 210: 2436-2443.
- Guill, J.M., Hood, C.S. and Heins, D.C. (2003) Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). Ecology of Freshwater Fish 12: 134-140.
- 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.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D. (2001) Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(4): 1-9.
- Hawkins, D.K. and Quinn, T.P. (1996) Critical swimming velocity and associated morphology of juvenile coastal cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki clarki*), steelhead trout (*O. mykiss*) and their hybrids. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 53: 1487-1496.
- 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.
- 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.
- Langerhans, R.B. and Reznick, D. N. (2010) Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. P200-248, In: Domenici, P., B.G Kapoor (eds.), *Fish locomotion: an ecoethological perspective*, Science Publishers Inc, 512 pp, Enfield.
- 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.
- 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 Gazafrood Rivers. *Environmental Science* 10: 21-33.
- Rahmani, H., Hassanzadeh Kiabi, B., Kamali, A. and Abdoli, A. (2007) Study of morphological characteristics of *Chalcalburnus chalcoides* (Gueldenstaedt, 1772) in Haraz and Shiroad Rivers. *Journal of Agricultural and Natural Resources Science* 1-4.
- Robinson, B.W. and Wilson, D.S. (1994) Character release and displacement in fishes: a neglected literature. *American Nature* 144: 596-627.
- Rohlf, F.J. (2002) tpsSpline: Thin Plate Spline. State University of New York at Stony Brook. Stony Brook, New York.
- Rohlf, F.J. (2004) tpsUtil, file utility program. 1.47. Stony Brook, New York. State University

- of New York at Stony Brook.
- Rohlf, F.J. (2010) TpsDig2–Thin Plate Spline Digitise. 2.16. New York. State University of New York.
- Samaee, S.M. and 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.
- Shafee, Z., Dorafshan, S., Keivany, Y. and Qasemi S.A. (2013) Genetic structure of Mosul bleak (*Alburnus mossulensis* Heckel, 1843) using microsatellite marker in Tigris basin. Taxonomy and Biosystematics 5(17): 9-22.
- Taravati, S. and Darvish J. (2010) GMTP: geometric morphometric tools package. 2.1. Iran
- Türkmen, M., and Akyurt, I. (2000) The population structure and growth properties of *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843) caught from Aşkale region of River Karasu. Turkish Journal of Biology 24(1):95-111.
- Videler, J.J. (1993) Fish Swimming. Chapman and amp, Hall, 260 p.
- Vogel, S. (1994) Life in Moving Fluids: The Physical Biology of Flow 2. Princeton University Press. New Jersey.
- Vogel, S. (1994) Life in moving fluids, 2nd ed., Princeton University Press, Princeton. 484 p.
- Webb, P.W. (1984) Body Form, Locomotion and Foraging in Aquatic Vertebrates. American Zoologist 24(1): 107-120.
- Wootton, R.J. (1991) Ecology of teleost fishes. Springer, 212 pp, London.
- Yıldırım, A., Haliloğlu, H.I., Erdoğan, O., and Türkmen, M. (2007) Some reproduction characteristics of *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843) inhabiting the Karasu River (Erzurum, Turkey). Turkish Journal of Zoology 31: 193-200.