

مقایسه ویژگی‌های شکل بدن جمعیت‌های سس ماهی کورا (*Barbus lacerta*, Heckel 1834) در سه حوضه خزر، دجله و ارومیه با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

- **عاطفه جمالی‌آشتیانی:** دانشجوی کارشناسی‌ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، گروه زیستگاه‌ها و تنوع زیستی، تهران، ایران
- **سهیل ایگدری*:** گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق پستی: 38816
- **نعمت‌الله خراسانی:** گروه تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: 775-14515
- **مظاهر زمانی فرادنبه:** گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق پستی: 38816

تاریخ پذیرش: بهمن 1393

تاریخ دریافت: آبان 1393

چکیده

مطالعه تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند به درک فرآیند تکامل درحال وقوع آن‌ها کمک نماید. این تحقیق با هدف مقایسه ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های سس ماهی کورا (*Barbus lacerta*, Heckel 1834) در سه حوضه خزر، دجله و ارومیه با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک - پایه به اجرا درآمد. برای این منظور تعداد 160 قطعه سس‌ماهی‌کورا از سه حوضه مورد مطالعه نمونه‌برداری شدند. پس از استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی، داده‌های لندمارک حاصل بعد از آنالیز پروکراست (روی هم‌گذاری)، توسط تحلیل‌های آماری چند متغیره PCA و CVA با ارزش p حاصل از Permutation test و آنالیز خوشه‌ای مورد تحلیل قرار گرفتند. الگوهای تغییر شکل هر جمعیت نسبت به شکل میانگین کل جمعیت‌ها در شبکه تغییر شکل مصورسازی گردید. نتایج نشان داد از نظر شکل بدن تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد ($P < 0/0001$). براساس الگوی جابجایی نقاط لندمارک و مقایسه الگوی شکل بدن هر جمعیت با شکل میانگین جمعیت‌ها، اعضای جمعیت رودخانه طالقان دارای سری با عمق کمتر و درازتر، بدنی کم‌عمق‌تر بودند. نمونه‌های جمعیت توتکابن نیز دارای سر کوتاه، بدنی کمی عمیق‌تر، باله مخرجی خلفی‌تر بودند. اعضای جمعیت رودخانه کلورز نیز دارای سری پهن‌تر و درازتر، بدنی اندکی مرتفع بودند. نمونه‌های رودخانه حمیل دارای سری دراز و عمیق، بدنی عمیق و ساقه دم کوتاه و کم عمق بودند. نمونه‌های رودخانه زرینه‌رود دارای سری کوچک و کم-عمق، باله پشتی قدامی‌تر بودند. براساس نتایج تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های رودخانه توتکابن، کلورز، طالقان (مربوط به حوضه خزر) در یک شاخه قرار گرفتند و جمعیت رودخانه حمیل (مربوط به حوضه دجله) کاملاً در یک گروه مجزا قرار گرفت.

کلمات کلیدی: تنوع ریختی، ریخت‌سنجی هندسی، سس‌ماهی‌کورا، حوضه‌های داخلی
مقدمه



استفاده از اندازه‌گیری‌های فواصل خطی انجام می‌شد (Park و همکاران، 2013). امروزه دو تکنیک ریخت‌سنجی هندسی شامل روش‌های لندمارک پایه و خط سیر پیرامونی (Outline) به-عنوان روش‌های نوین توسعه پیدا کرده و متداول می‌باشند (ایگدری و شفق، 1392؛ Heidari و همکاران، 2013؛ Benítez و همکاران، 2012). روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه روشی مبتنی بر مختصات لندمارک‌ها است که برای آنالیز تغییرات شکل نمونه‌های مورد مطالعه از مختصات لندمارک‌ها به‌عنوان داده‌های شکل استفاده می‌نماید (Benítez و همکاران، 2012). تکنیک ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه می‌تواند تفاوت ریختی مربوط به جمعیت‌های مختلف ماهیان را با دقت بیشتری بررسی کند. این روش برای اهدافی همچون تأثیر ویژگی‌های زیستگاه بر روی ریخت، پاسخ‌های انعطاف‌پذیری، شناسایی گونه‌ها و مطالعات ارزیابی ذخایر ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Demandt و Bergeck، 2009؛ Walker، 1996).

سس ماهی کورا (*Barbus lacerta*, Heckel 1834) از جمله گونه‌های خانواده کپورماهیان ایران می‌باشد که در نواحی فوقانی و میانی رودخانه‌های با بستر سنگلاخی، با آبی دارای دامنه دمای 10 تا 15 درجه سانتی-گراد و سرعت آبی بیشتر از 1 متر بر ثانیه زیست کرده و از حشرات آبی تغذیه می‌کند (Coad، 2014؛ عبدلی، 1378). این ماهی به تعداد فراوان در بیشتر رودخانه‌های حوضه‌های محل پراکنش خود شامل حوضه‌های دریای خزر، حوضه دریاچه ارومیه و حوضه دجله یافت می‌شود (عبدلی، 1378). با توجه به پراکنش بالای این گونه در رودخانه‌های داخلی ایران، این پرسش مطرح است که ویژگی‌های ریختی این گونه در سه حوضه پراکنش آن‌ها چه تفاوت‌هایی از نظر شکل بدن دارد که بتوان آن‌ها را از یکدیگر متمایز نمود و بتوان به‌عنوان الگوی تمایز ریختی به‌واسطه تکامل در حال وقوع و یا تغییرپذیری ریختی

جمعیت‌های مختلف یک گونه ساکن در زیستگاه‌های مختلف تحت تأثیر فشارهای انتخابی می‌توانند تفاوت‌های ریختی را به‌عنوان شایستگی مفید، به نمایش بگذارند (Torres-Dowdall و همکاران، 2012؛ Chapman و همکاران، 2008). درک علل واگرایی ریختی در بین جمعیت‌های طبیعی یک گونه از جمله مهمترین اهداف مطالعات بوم‌شناسی تکاملی می‌باشد (Dowdall Torres- و همکاران، 2012) و گام اول در این مسیر، شناخت تفاوت‌های موجود بین جمعیت‌ها می‌باشد. در این بین ماهیان به‌عنوان موفق‌ترین مهره‌داران، زیستگاه‌های متنوعی را اشغال کرده‌اند و از این‌رو گوناگونی آن‌ها از مهره‌داران خشکی بیشتر است. این امر به‌واسطه توانایی بالای آن‌ها در انعطاف‌پذیری ریختی به‌منظور سازگاری با محیط زیستشان می‌تواند باشد (Kerfoot و Schaefer، 2006).

شکل بدن یک ماهی می‌تواند منعکس‌کننده جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی از جمله کارایی تغذیه، تحرک، صید و صیادی باشد (Guill و همکاران، 2003). به‌علاوه، شکل بدن از جمله شاخص‌های مهم برای رفتارهای شناگری و انتخاب زیستگاه در ماهیان محسوب می‌گردد (Webb، 1982). اگرچه مطالعات ریخت‌شناسی مشخص نمی‌کنند که تنوع ریختی بین جمعیت‌ها ناشی از انعطاف‌پذیری است یا تفاوت‌زایی ژنتیکی، اما اکثر محققان پیشنهاد می‌کنند که تفاوت‌های ریختی در آبزیان از جمله ماهی‌ها می‌تواند عمدتاً ناشی از انعطاف‌پذیری ریختی باشد (Erguden و همکاران، 2009؛ Wimberger، 1992). بنابراین شکل بدن ماهیان می‌تواند رابطه‌ای از تکامل به‌واسطه جدایی تولیدمثلی و شرایط بوم‌شناختی محیط باشد (Klingenberg و همکاران، 2003).

از جمله روش‌های تفکیک جمعیت‌های مختلف ماهیان، مطالعات ریخت‌سنجی می‌باشد (Wootton، 1990). ریخت‌سنجی علم مطالعه اندازه و شکل بدن موجودات زنده می‌باشد که در ابتداء به‌صورت سنتی با



تفاوت بیان کرده بودند (گرجیان-عربی، 1389). بنابراین نمونه‌ها براساس جنسیت از یکدیگر تفکیک نشدند. سپس تعداد 14 لندمارک هم‌ساخت تعریف شده بر روی نمونه‌ها (**Error! Reference source not found.** 1) با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 (Rohlf, 2001) رقمی‌سازی شدند.

داده‌های مختصات حاصل پس از بررسی میزان همبستگی آن‌ها با فواصل تانژانت در نرم‌افزار TpsSmall، براساس آنالیز پروکراست به‌منظور حذف تغییرات غیرشکلی (شامل اندازه، موقعیت و جهت) روی هم-گذاری شدند (Zelditch و همکاران، 2012). به منظور یافتن متغیرهای فرضی (مؤلفه‌های اصلی) که حداکثر تغییرات و جنبه‌های تفاوت‌های شکلی احتمالی بین گروه‌های مورد مطالعه را نشان دهد، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. انتخاب مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار، براساس خط شکست و نقطه برش جولیف انجام شد (Jolliffe, 2002). به‌علاوه، داده‌های حاصل از جمعیت‌های مورد مطالعه به‌منظور بررسی تفاوت‌های ریختی آن‌ها، با استفاده از تحلیل‌های تجزیه همبستگی کانونی (Canonical Variate Analysis) براساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت (Permutation test) با ده هزار بار تکرار و آنالیز خوشه‌ای با انتخاب الگوریتم Paired group و درجه تشابه Euclidean توسط نرم‌افزارهای PAST (نسخه 2/10) و MorphoJ (نسخه 2/1) مورد تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی میانگین شکل بدن هر جمعیت نسبت به شکل میانگین کل (Consensus configuration) با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ به‌صورت شبکه تغییر شکل انجام شد. این مقایسه، براساس فاصله پروکراست است که سنجش استاندارد در بررسی تفاوت شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی است، می‌باشد (Rohlf, 2001). به‌منظور ارائه درجه تفاوت‌های مشاهده شده، براساس جایگاه تفاوت‌های مشاهده شده بر روی شبکه تغییر شکل بدن در روش ریخت‌سنجی هندسی، فواصل طولی مهم با استفاده از نرم‌افزار ImageJ با

مدنظر قرار گیرد. از این‌رو مطالعه حاضر به منظور بررسی تفاوت شکل بدن جمعیت‌های این گونه در سه حوضه خزر، دجله و ارومیه به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک چگونگی روند تکاملی این گونه بین و درون حوضه‌های پراکنش آن کمک کند.

مواد و روش‌ها

جایگاه‌های نمونه‌برداری:

طی فصل پاییز 1392، تعداد 160 قطعه سس ماهی کورا از سه حوضه آب‌های داخلی خزر، دجله و ارومیه شامل 40 قطعه از رودخانه طالقان (سرشاخه رودخانه سفیدرود- حوضه دریای خزر)، 30 قطعه از رودخانه توتکابن (شاخه فرعی رودخانه سفیدرود- حوضه دریای خزر) و 30 قطعه از رودخانه کلورز (شاخه فرعی رودخانه سفیدرود- حوضه دریای خزر)، 30 قطعه از رودخانه حمیل (حوضه دجله) و 30 قطعه از رودخانه زرينه‌رود (حوضه دریاچه ارومیه) با استفاده از الکتروشوکر (Samus Mp750) نمونه-برداری گردید. نمونه‌ها پس از بی-هوشی در محلول یک درصد عصاره گل میخک، در محلول فرمالین بافری ده درصد تثبیت و برای مطالعات بعدی به آزمایشگاه تکوین و بیوسیستماتیک گروه شیلات دانشگاه تهران انتقال یافتند.

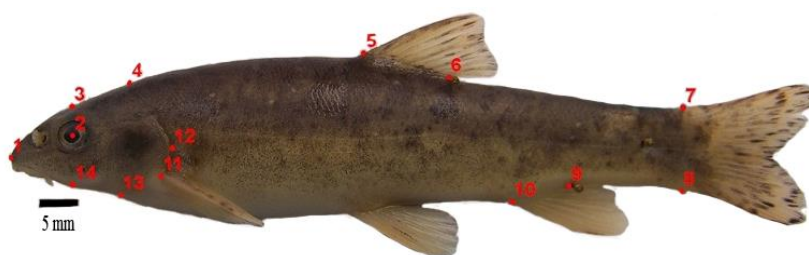
روش مورد مطالعه:

استخراج داده‌های شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی، از نیم‌رخ چپ تمامی ماهیان با استفاده از دوربین دیجیتال (Kodak EasySharw Z650) با قدرت تفکیک‌پذیری 6 مگاپیکسل نصب شده بر روی Copystand، عکس‌برداری گردید. به‌منظور حذف اثر رشد آلومتریک، تنها نمونه‌های با طول استاندارد بیش از 110 میلی‌متر انتخاب شد (حداقل طول در سن 1 سالگی). تمامی نمونه‌های انتخاب شده فاقد بدشکلی غیرمعمول بودند. با توجه به این‌که مطالعات قبلی بر روی این گونه ویژگی‌های ریخت-سنجی جنس‌های نر و ماده را بدون



L_0 : طول چنگالی ماهی، b : شیب رگرسیون \log_m به \log_0 تمامی ماهیان در کل نمونه‌ها می‌باشد. این داده‌های طولی سپس آزمون چند متغیره MANOVA مورد مقایسه قرار گرفتند. تمام تحلیل‌های آماری توسط نرم افزارهای PAST2/17c (Hammer و همکاران، 2001) و MorphoJ1/02j (Klingenberg، 2011) انجام شد.

دقت میلی‌متر اندازه‌گیری و به صورت درصد از طول استاندارد بیان شدند. به علاوه برای حذف اثرات اندازه و استخراج داده‌های شکل این داده‌های طولی از فرمول آلومتریکی $M_{adj}=M(Ls/L_0)^b$ استفاده شد (Elliot و همکاران، 1995) که در آن M : اندازه واقعی فاصله اندازه-گیری شده، M_{adj} : اندازه اصلاح شده فاصله اندازه‌گیری شده، L^s : میانگین طول چنگالی کل نمونه‌ها،



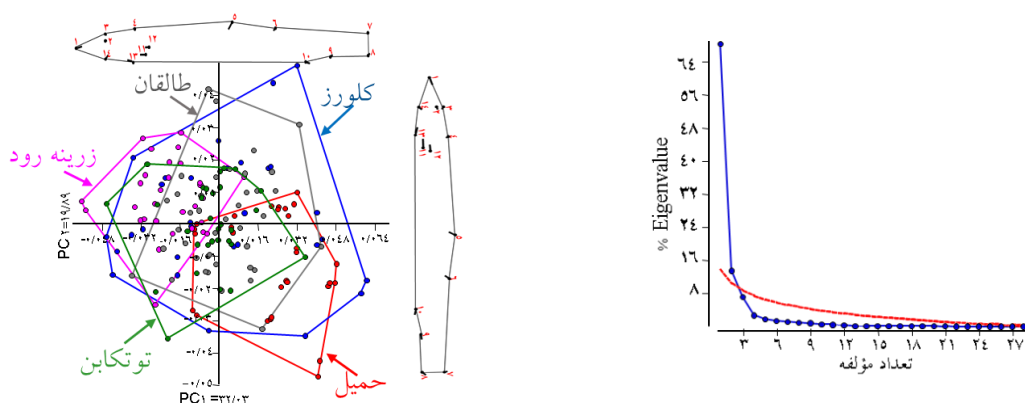
شکل 1: لندمارک‌های تعیین شده بر روی نمونه ماهیان برای استخراج داده‌های شکل بدن در روش ریخت‌سنجی هندسی

1- جلوترین بخش فک بالا، 2- مرکز حلقه چشم، 3- محل تقاطع امتداد خط عمود بر لندمارک شماره 2 در لبه بالای سر، 4- انتهای سر یا ابتدای تنه، 5- ابتدای قاعده باله پشتی، 6- انتهای قاعده باله پشتی، 7- لبه بالایی قاعده باله دم، 8- لبه پایینی قاعده باله دم، 9- انتهای قاعده باله مخرجی، 10- ابتدای قاعده باله مخرجی، 11- ابتدای قاعده باله سینه‌ای، 12- انتهای سرپوش آبششی، 13- امتداد شکاف آبششی در سطح شکمی، 14- محل تقاطع امتداد خط عمود بر لندمارک شماره 2 در لبه پایینی سر

نتایج

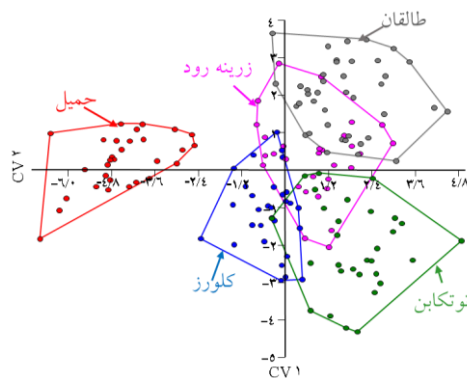
(CVA) براساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت (Permutation test) نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($P < 0/0001$) و $(f=11/04)$ ($Wilks\ lambda=0/0125$) بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد (شکل 4). در این نمودار، جمعیت رودخانه حمیل (حوضه دجله) به واسطه ویژگی‌های ریختی به‌طور کامل از دیگر گروه‌ها جدا گردید (شکل 3). فاصله Mahalanobis به عنوان درجه تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه براساس ویژگی‌های شکل بدن در جدول 1 آورده شده است.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) دو عامل اول را که بالاتر از نقطه برش جولیف ($0/000294$) قرار داشتند به عنوان عوامل اصلی تفکیک جمعیت‌ها انتخاب کرد (شکل 2) که این دو مؤلفه در مجموع $51/92$ درصد ($PC1=32/03$) و $(PC2=19/89)$ واریانس را به خود اختصاص می‌دادند. نحوه توزیع جمعیت‌های مورد مطالعه در نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس دو مؤلفه اول در شکل 3 آورده شده است. تحلیل همبستگی کانونیک



شکل 2: نمودار Screen plot تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نمایش نقطه برش جولیف (خط نقطه چین) که نشان‌دهنده مرز مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار است

شکل 3: نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن نمونه‌های جمعیت‌های ماهی کورا (*B. lacerta*) مورد مطالعه



شکل 4: نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های ماهی کورا (*B. lacerta*) مورد مطالعه

جدول 1: فواصل Mahalanobis شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های ماهی کورا (*B. lacerta*) مورد مطالعه

ایستگاه	توتکابن	طلقان	توتکابن	کلورز	حمیل (دجله)
توتکابن	4/124				
کلورز	3/938	3/673			
زرینه	3/380	3/665	3/917		
حمیل	6/439	6/841	4/842	5/747	

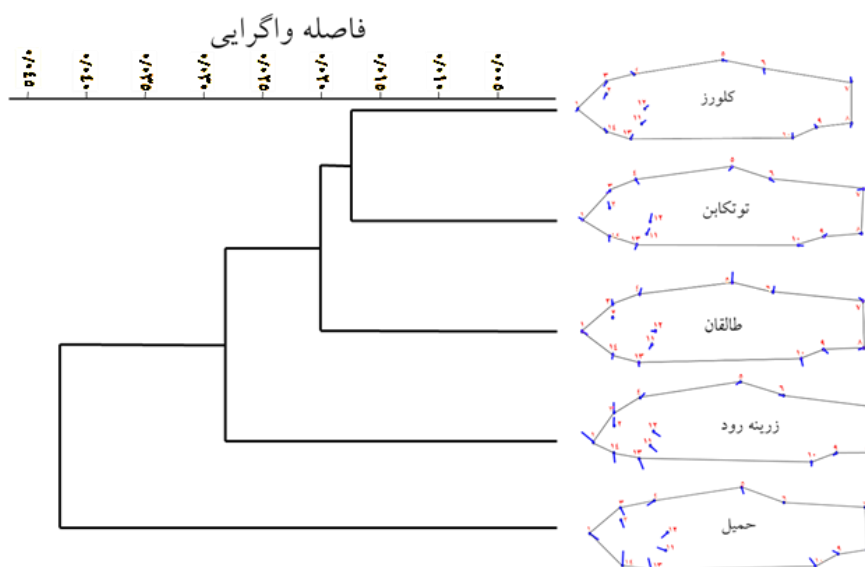
در ازاى بیشتر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 1 و 12)، بدنی کم عمق‌تر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 3، 4، 13 و 14) بودند. نمونه‌های جمعیت توتکابن نیز دارای سر کوتاه (مربوط به جابجایی لندمارک شماره 1)، بدنی کمی عمیق‌تر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 5 و 6)، باله مخرجی خلفی‌تر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 9 و 10) بودند. اعضای جمعیت رودخانه کلورز نیز دارای سری پهن‌تر و

نتایج مصورسازی میانگین شکل بدن هر جمعیت نسبت به شکل اجماع جمعیت‌ها نشان داد که تفاوت‌های شکل بدن پنج جمعیت مورد مطالعه از الگوهای متنوعی تبعیت می‌کند (شکل 5). براساس الگوی جابجایی نقاط لندمارک و مقایسه الگوی شکل بدن هر جمعیت با شکل اجماع یا میانگین جمعیت، اعضای جمعیت رودخانه طالقان دارای سری با عمق کمتر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های شماره 6 و 5)، سر



4، 12، 13 و 14)، باله پشتی قدامی‌تر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 5 و 6) بودند. براساس نتایج تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های رودخانه توتکابن، کلورز، طالقان (مربوط به حوضه خزر) در یک شاخه قرار گرفتند و جمعیت رودخانه حمیل (مربوط به حوضه دجله) نیز کاملاً در یک گروه مجزا قرار گرفت و اعضای جمعیت رودخانه زرینه رود از نظر شکل بدن حدواسط جمعیت‌های حوضه خزر و دجله قرار داشتند (شکل 5). ضریب کوپرنیک تحلیل خوشه‌ای 0/8889 بود.

درازتر (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 1، 3، 4، 12 و 13)، بدنی اندکی مرتفع (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 5 و 6) بودند. نمونه‌های رودخانه حمیل دارای سری دراز و عمیق (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 3، 4، 12، 13 و 14)، بدنی عمیق (مربوط به جابجایی لندمارک شماره 5) و ساقه دمی کوتاه و کم عمق (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 7 و 8) بودند. در نهایت نمونه‌های رودخانه زرینه رود دارای سری کوچک و کم عمق (مربوط به جابجایی لندمارک‌های 3،



شکل 5: تحلیل خوشه‌ای شکل بدن در جمعیت‌های سس ماهی کورا (*B. lacerta*) (ابتدای خطوط برداری هر نقطه لندمارک نشان‌دهنده شکل اجماع می‌باشد)

استاندارد، جمعیت رودخانه کلورز دارای ساقه دمی کم عمق برابر 10/33 درصد نسبت به طول استاندارد، جمعیت رودخانه زرینه-رود دارای طول و عمق سر کمتر به ترتیب با 21/72 و 12/92 درصد نسبت به طول استاندارد و جمعیت رودخانه حمیل دارای طول و عمق سر بیشتر، عمق بدن بیشتر، طول پس باله مخرجی کمتر به ترتیب با 25/68، 14/54، 23/94 و 17/68 درصد نسبت به طول استاندارد می‌باشند.

همچنین تفاوت‌های ریختی مشاهده شده در شبکه تغییر شکل براساس نسبت به طول استاندارد بین جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول 2 آورده شده است که بر این اساس جمعیت رودخانه طالقان دارای عمق بدن کمتر و طول پس باله مخرجی طولی‌تر به ترتیب 19/88 و 19/55 درصد نسبت به طول استاندارد، جمعیت رودخانه توتکابن دارای عمق ساقه دمی بیش‌تر برابر 11/33 درصد نسبت به طول

جدول 2: اندازه‌گیری برخی از شاخص‌های مهم بدن در جمعیت‌های سس ماهی کورا (*B. lacerta*)

طالقان	توتکابن	کلورز	زرینه‌رود	حمیل
--------	---------	-------	-----------	------

۰.۱۱-۰.۰۸



صفات مهم	n=40	n=30	n=30	n=30	n=30
طول سر به	24/38±2/76	23/33±1/51	23/77±2/10	21/72±1/27	25/68±1/65
عمق سر به	12/95±1/14	14/24±0/75	13/22±1/59	12/92±0/91	14/54±1/11
عمق بدن به	19/88±0/97	21/94±0/82	21/88±0/78	21/62±1/51	23/94±1/33
عمق ساقه دمی	10/43±0/49	11/33±0/57	10/32±0/46	11/06±0/48	11/25±0/44
طول پس باله	19/55±1/42	19/29±1/09	19/27±1/22	18/57±1/20	17/68±1/39

راهنما: مقادیر ارائه شده به صورت میانگین \pm انحراف از استاندارد می‌باشد (Mean (mm) \pm SD). n: تعداد نمونه مورد مطالعه

بحث

نتایج نشان داد که شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه سس ماهی کورا متعلق به زیستگاه‌ها و حوضه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند که روش ریخت‌سنجی هندسی به خوبی توانست این تفاوت‌ها را آشکار کند. اساساً وجود تفاوت‌های ریختی در بین جمعیت‌های آلویاتریک یک گونه به دلیل تفاوت در ویژگی‌های متفاوت زیستگاهی در مسیرتاریخچه تکامل آن‌ها یک‌پدیده معمول است (Antonucci و همکاران، 2009؛ Bertrand و همکاران، 2008) که به واسطه انتخاب جهت‌دار در زیستگاه‌ها حاصل شده و می‌توانند شانس پایداری و بقای آن‌ها را در زیستگاه خود افزایش دهد (Torres-Dowdall و همکاران، 2012).

تفاوت‌های ریختی بین ماهیان سه حوضه مورد مطالعه به‌طور عمده مربوط به ویژگی‌های سر، ارتفاع بدن و ساقه دمی به همراه موقعیت باله‌های مخرجی و پشتی بود که می‌تواند یک ارتباطی با شرایط هیدرولیک و رژیم غذایی جمعیت‌ها داشته باشد (Chapman و همکاران، 2008؛ Kerfoot و Schaefer، 2006). با توجه به نتایج، نمونه‌های حوضه رودخانه سفیدرود علی‌رغم این‌که در یک حوضه رودخانه‌ای واقع شده بودند، الگوهای شکلی متنوعی را به نمایش گذاشتند ولی به‌طور کلی براساس نتایج فواصل Mahalanobis و تحلیل خوشه‌ای فاصله نزدیکتری از لحاظ شکل بدن داشتند که می‌تواند بیانگر تشابه بیشتری در شکل بدن آن‌ها در مقایسه با

جمعیت‌های حوضه‌های دریاچه ارومیه و دجله باشد. این تنوع الگوی شکل بدن البته با درجه کمتر میزان تفاوت‌ها علی‌رغم فاصله جغرافیایی نزدیکتر می‌تواند دلیلی بر قابلیت بالای انعطاف‌پذیری شکل بدن سس ماهی کورا به‌عنوان یک گونه عام-گرا باشد. گونه‌های عام‌گرا از نظر شکل بدن، آن‌هایی هستند که تغییرات ریختی مشابه موجودات تخصصی‌گرا ولی با درجه کمتر را به نمایش می‌گذارند (رضوی‌پور، 1392؛ Kassen و Bell، 1998). این ویژگی عام‌گرا بودن شکل بدن برای زیست در محیط‌های بسیار متغیر از قبیل رودخانه‌ها مفید می‌باشد و قابلیت انعطاف-پذیری بالای گونه‌های عام‌گرا می‌تواند شانس بقای یک گونه را در محیط‌های متنوع افزایش دهد (Chapman و همکاران، 2008). از این‌رو پراکنش بالای گونه سس ماهی کورا در تمامی حوضه‌های پراکنش خود در زیستگاه‌های مختلف می‌تواند به توانایی انعطاف‌پذیری بالای این گونه وابسته باشد.

نتایج هم‌چنین توانست به‌خوبی رابطه بین فاصله جغرافیایی و تمایز ریختی جمعیت‌های مختلف سس ماهی کورا را آشکار نماید (Motamedi و همکاران، 2011). براین اساس جمعیت‌های رودخانه حمیل متعلق به حوضه دجله که دارای فاصله جغرافیایی زیادتری می‌باشند، در یک شاخه کاملاً مجزا قرار گرفتند و نمونه‌های جمعیت رودخانه زربینه رود نیز در حد واسط بین نمونه‌های حوضه‌های رودخانه سفیدرود و حوضه دجله واقع شده‌اند. علاوه براین این جدایی جغرافیایی حتی در مورد



14/54 درصد طول استاندارد)، بدن عمیق‌تر (23/94 درصد طول استاندارد) و پس باله مخرجی کوتاه‌تر (17/68 درصد طول استاندارد) از یکدیگر قابل تفکیک هستند. مطابق نتایج می‌توان گفت که جمعیت‌های سه حوضه مورد مطالعه به‌طور ژنتیکی و مورفولوژیکی از هم مجزا هستند و از لحاظ تاکسونومیک نیز ممکن است مجزا باشند (Motamedi و همکاران، 2011).

منابع

1. ایگدری، س. و شفق، ک.، 1392. کاربرد روش ریخت‌سنجی هندسی در مطالعات انعطاف‌پذیری ریختی ماهیان، مطالعه موردی مقایسه شکل بدن جمعیت‌های ماهی گورخری (*Aphanius sophiae* (Heckel, 1847) دامغان و رودخانه شور اشتهارد. دوره 2، شماره 1، صفحات 47 تا 52.
2. رضوی‌پور، پ.، 1392. تاکسونومی سیاه ماهی *Capoeta damascina* در آب‌های داخلی ایران براساس صفات ریختی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران، ایران. 105 صفحه.
3. عبدلی، ا.، 1378. ماهیان آب‌های داخلی ایران. موزه طبیعت و حیات وحش ایران. تهران. 378 صفحه.
4. گرجیان عربی، م.ح.، وطن‌دوست، ص. و جانبازی، ا.، 1389. بررسی‌تنوع ریختی جمعیت سس ماهی کورا در رودخانه کسلیان استان مازندران. بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. شماره 7، صفحات 53 تا 63.
5. Antonucci, F.; Costa, C.; Aguzzi, J. and Cataudella, S., 2009. Ecomorphology of morpho-functional relationships in the family of sparidae: A quantitative statistic approach. J. Morphol. Vol. 270, No. 7, pp: 843-855.
6. Benítez, H.A.; Vidal, M.; Briones, R. and Jerez, V., 2012. Sexual dimorphism and morphological variation in populations of *Ceroglossus chilensis* (Eschscholtz, 1829) (*Coleoptera*, Carabidae). J. Entomol. Res. Sci. Vol. 12, No. 2, pp: 87-95.
7. Bertrand, M.; Marcogliese, D.J. and Magnan, P., 2008. Trophic polymorphism in brook charr revealed by diet, parasites and morphometrics. J. Fish. Biol. Vol. 72, No. 3, pp: 555-572.
8. Chapman, L.; Albert, J. and Galis, F., 2008. Developmental plasticity, genetic differentiation, and hypoxia-induced trade-offs in an African cichlid fish. Open Evol. J. Vol. 2, pp: 75-88.

جمعیت‌های یک حوضه (مثل حوضه رودخانه سفیدرود) به‌واسطه احداث سدهای متعدد در مسیر رودخانه و در نتیجه قطعه‌قطعه شدن زیستگاه احتمالاً به‌واسطه عدم جریان ژنی جدایی ژنی این جمعیت‌ها شده است.

Motamedi و همکاران (2011) نیز در بین جمعیت‌های سه حوضه فرات-دجله، دریاچه ارومیه و حوضه جنوبی دریای خزر تفاوت‌های ژنتیکی را اثبات کردند. نتایج مطالعه آن‌ها به خوبی انطباق الگوی تفکیک جمعیت‌های سه حوضه با فاصله جغرافیایی نشان داد. در مطالعه آن‌ها آنالیزهای ژنتیکی (براساس توالی‌یابی سیتوکروم b با روش‌های Neighbour-joining و حداکثر parsimony) نشان داد که جمعیت حوضه دجله از دو حوضه دیگر کاملاً مجزا می‌باشد. هم‌چنین جمعیت‌های حوضه‌های خزر و دریاچه ارومیه از هم مجزا هستند هرچند که در جمعیت‌های دو حوضه همپوشانی دیده می‌شود.

بنابراین می‌توان بیان نمود که بخش‌های عمده‌ای از تفاوت‌های ریختی جدا شده به‌واسطه رانش ژنتیکی به-واسطه انتخاب طبیعی به‌وقوع پیوسته است (Samaee و Patzner، 2011). علاوه براین بخشی از این تفاوت‌های ریختی نیز می‌تواند ناشی از سازگاری به شرایط محیطی برای افزایش بقای این گونه عام‌گرا باشد.

براساس نتایج و با توجه به هدف تحقیق در نمونه‌های رودخانه سفیدرود جمعیت رودخانه طالقان به‌واسطه بدن کم عمق‌تر (19/88 درصد طول استاندارد) و طول پس باله مخرجی طویل‌تر (19/55 درصد طول استاندارد)، جمعیت رودخانه توتکابن به‌واسطه ساقه دم عمیق‌تر (11/33 درصد طول استاندارد)، جمعیت رودخانه کلورز به‌واسطه ساقه دم کم عمق‌تر (10/33 درصد طول استاندارد)، جمعیت رودخانه زرینه‌رود به‌واسطه سر کم عمق‌تر و کوتاه‌تر (به‌ترتیب 21/72 و 12/92 درصد طول استاندارد) و جمعیت رودخانه حمیل به‌واسطه سر عمیق‌تر و طویل‌تر (به‌ترتیب 25/68،



- evolution of phenotypic plasticity in Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). *Evolution*. Vol. 66, No. 11, pp: 3432-3443.
26. Walker, C. 1996. Signs of the Wild. Struik press, 216 papers.
 27. Webb, P.W., 1982. Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. *Am. Zool.* Vol. 22, No. 2, pp: 329-42.
 28. Wimberger, P.H., 1992. Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). *Biol. J. Linn. Soc.* Vol. 45, No. 3, pp: 197-218.
 29. Wootton, R.J., 1990. Ecology of teleost fishes: Chapman & Hall. 404 p.
 30. Zelditch, M.L.; Swiderski, D.L. and Sheets, H.D., 2012. Geometric morphometrics for biologists: a primer: Academic Press. 416 p.
 9. Coad, B.W., 2014. Freshwater Fishes of Iran. Retrives from www.briancoad.com at5/6/2014.
 10. Demandt, M.H. and Bergek, S., 2009. Identification of cyprinid hybrids by using geometric morphometrics and microsatellites. *J. Appl. Ichthyol.* Vol. 25, No. 6, pp: 695-701.
 11. Elliot, N.G.; Haskard, K. and Koslow, J.A., 1995. Morphometric analysis of orange roughly (*Hoplostethus atlanticus*) of the continental slop of Southern Australian. *J Fish Biol.* Vol. 46, pp: 202-220.
 12. Erguden, D.; Öztürk, B.; Erdogan, Z.A. and Turan, C., 2009. Morphologic structuring between populations of chub mackerel *Scomber japonicus* in the Black, Marmara, Aegean, and northeastern Mediterranean Seas. *Fisheries Sci.* Vol. 75, No. 1, pp: 129-135.
 13. Guill, J.; Hood, C. and Heins, D., 2003. Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). *Ecol. Freshw. Fish.* Vol. 12, No. 2, pp: 134-40.
 14. Hammer, Ø.; Harper, D. and Ryan, P., 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica.* Vol. 4, No. 1, pp: 9-17.
 15. Heidari, A.; Mousavi-Sabet, H.; Khoshkholgh, M.; Esmaeili, H.R. and Eagderi, S., 2013. The impact of Manjil and Tarik dams (Sefidroud River, southern Caspian Sea basin) on morphological traits of Siah Mahi *Capoeta gracilis* (Pisces: Cyprinidae). *Intl. J. Aquat. Biol.* Vol. 1, No. 4, pp: 195-201.
 16. Jolliffe, I.T., 2002. Principal Components in Regression Analysis. *Principal Component Analysis.* pp: 167-98.
 17. Kassen, R. and Bell, G., 1998. Experimental evolution in *Chlamydomonas*. IV. Selection in environments that vary through time at different scales. *Heredity.* Vol. 80, No. 6, pp: 732-741.
 18. Kerfoot, J.R. and Schaefer, J.F., 2006. Ecomorphology and habitat utilization of *Cottus* species. *Environ. Biol. Fish.* Vol. 76, No. 1, pp: 1-13.
 19. Klingenberg, C.P.; Barluenga, M. and Meyer, A., 2003. Body shape variation in cichlid fishes of the *Amphilophus citrinellus* species complex. *Biol. J. Linn. Soc.* Vol. 80, No. 3, pp: 397-408.
 20. Klingenberg, C.P., 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Mol. Ecol. Resour.* Vol. 11, No. 2, pp: 353-357.
 21. Motamedi, M.; Madjzadeh, S.M.; Teimori, A.; Esmaeili, H.R., 2011. Systematic and biogeography of the *Barbus lacertacomplex* (Pisces: Cyprinidae) from Iran-inferred by molecular and morphological evidence. 12th Annual Meeting of the Society of Biological Systematics (Gesellschaft für Biologische Systematik, GfBS). *BioSystematics Berlin.* 208 p.
 22. Park, P.J.; Aguirre, W.E.; Spikes, D.A. and Miyazaki, J. M., 2013. Landmark-based geometric morphometrics: What fish shapes can tell us about fish evolution. *Proc. Assoc. Biol. Lab. Educ.* Vol. 34, pp: 361-371.
 23. Rohlf, F.J., 2001. Comparative methods for the analysis of continuous variables: geometric interpretations. *Evolution.* Vol. 55, No. 11, pp: 2143-2160.
 24. 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. *J. Appl. Ichthyol.* Vol. 27, No. 3, pp: 928-933.
 25. Torres-Dowdall, J.; Handelsman, C.A.; Reznick, D.N. and Ghalambor, C.K., 2012. Local adaptation and the

