

## بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در انعطاف‌پذیری ریختی سس ماهی کورا (*Barbus lacerta*; Heckel, 1843) در رودخانه زرینه‌رود، حوضه دریاچه ارومیه

- ❖ علیرضا رادخواه: دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ هادی پورباقر\*: دانشیار گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ سهیل ایگدری: دکترای گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ منوچهر نصری: دکترای تکثیر و پرورش آبزیان، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

### چکیده

شکل بدن ماهیان تحت تأثیر وضعیت زیست‌محیطی و زیستگاه آن‌ها است. تحقیق حاضر با هدف مطالعه انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت سس ماهی کورا (*Barbus lacerta*) در رودخانه زرينه‌رود و بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در این تغییرات، به مرحله اجرا درآمد. در این پژوهش ۳۰۰ نمونه سس ماهی کورا از ایستگاه‌های مختلف در رودخانه زرينه‌رود صید شدند. نمونه‌های صید شده پس از بیهوشی با محلول گل میخک، در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شدند و برای مراحل بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل عکس‌برداری شد. روی تصاویر دو بعدی حاصل، تعداد ۱۲ نقطه لندمارک با استفاده از نرم‌افزار TPSDig2 قرار داده شد. داده‌ها پس از آنالیز پروکراست (GPA)، با روش آماری چندمتغیره (CVA) و با استفاده از نرم‌افزار PAST تجزیه و تحلیل شدند. در مرحله بعد با استفاده از روش Thin plate spline انواع تغییرات شکلی مصورسازی شدند. بر اساس الگوی جابجایی لندمارک‌ها، اختلاف معنی‌داری در شکل نمونه‌های سس ماهی کورا در نواحی بالادست و پایین‌دست مشاهده شد ( $p < 0/01$ ). این تفاوت‌ها در ارتفاع بدن و ارتفاع ساقه دمی تشخیص داده شد. با استفاده از روش Two-block PLS و همبستگی ماتریسی مشخص شد که سرعت جریان آب و دبی رودخانه، فاکتورهای اصلی در ایجاد تغییرات ریختی بوده‌اند. این پژوهش مطالعه بیشتر درباره سایر عوامل تأثیرگذار را توصیه می‌کند.

واژگان کلیدی: تغییرات شکلی، رودخانه زرينه‌رود، ریخت‌سنجی هندسی، سس ماهی کورا (*B. lacerta*)، فاکتورهای محیطی.

## ۱. مقدمه

اندازه‌گیری شده روی بدن ماهی تحقق می‌پذیرد (Eagderi et al., 2013b). شایان ذکر است که بررسی و تحلیل شکل موجود در ریخت‌سنجی سنتی مشکل است، بنابراین ریخت‌سنجی هندسی نسبت به ریخت‌سنجی سنتی دارای مزایای بیشتری است (Zelditch, 2004). افزایش دقت، امکان تفسیر دقیق و صرفه‌جویی در زمان از مهم‌ترین عوامل برتری ریخت‌سنجی هندسی نسبت به ریخت‌شناسی سنتی است (Eshaghzadeh et al., 2012). تفاوت‌های شکل افراد و بخش‌های مختلف بدن ماهی که ناشی از فاکتورهای جغرافیایی، خصوصیات زیستگاهی، تکامل، بیماری‌ها و غیره است، با استفاده از تکنیک ریخت‌سنجی هندسی با دقت بیشتر و صرفه‌جویی بیشتر در زمان صورت می‌گیرد (Zelditch, 2004; Sfakianakis et al., 2011).

سس ماهی کورا (*Barbus lacerta*) یا بلیمز یکی از گونه‌های متعلق به خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) است. این ماهی در رودخانه‌ها، در دمای متوسط ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد و در بسترهای سنگلاخی زیست می‌کند. حضور این ماهی در محل‌هایی که غنی از حشرات آبی است، به مراتب بیشتر از مناطق دیگر است. سس ماهی کورا اغلب از حشرات آبی مانند Plecoptera, Ephemeroptera, Chironomidae تغذیه می‌کند (Abdoli, 2000). این ماهی پراکنش بسیار وسیعی در ایران دارد و در حوضه جنوبی دریای خزر، رودخانه‌های ارس، سفیدرود، تجن، بابلرود، هراز، تنکابن، سردآبرود، کسلیان، حوضه رودخانه‌های دجله و کارون و در حوضه دریاچه ارومیه یافت می‌شود (Abbasi et al., 1999; Abdoli, 1994; Gorjian Arabi et al., 2009; Kiabi, et al., 1999). با توجه به اهمیت اکولوژیکی سس ماهی کورا (*B. lacerta*)، مطالعات متعددی در

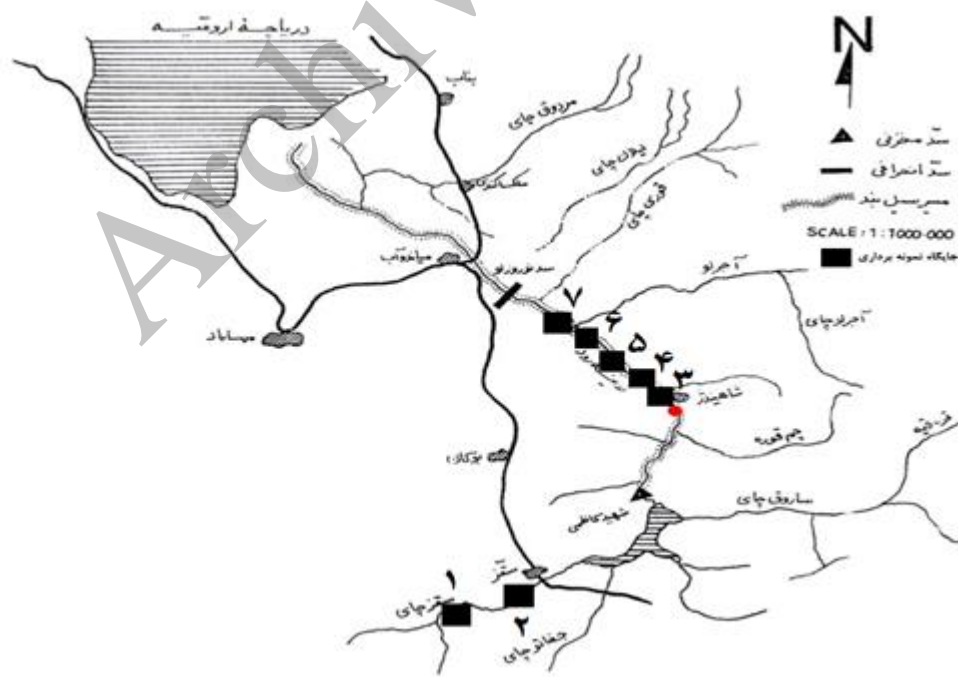
خصوصیات ریخت‌شناسی ویژگی‌هایی از شکل خارجی یا ظاهری ماهیان‌اند. این صفات معمولاً بیشترین خصوصیات مورد استفاده در تشخیص علمی ماهیان هستند و برای تعیین روابط تبارشناختی به کار می‌روند (Turan, 2004). این ویژگی‌ها نسبت به شواهد آناتومی و مولکولی مدت زمان طولانی‌تری است که به کار گرفته شده‌اند و منبع اصلی شواهد تاکسونومیک از آغاز شکل‌گیری علم سیستماتیک بوده‌اند (Silva, 2003; Turan, 2004). صفات ریخت‌شناسی به آسانی مشاهده می‌شوند و کاربرد عملی در کلیدها و توصیف‌ها دارند. مطالعات ریخت‌سنجی یکی از شاخه‌های علوم زیست‌شناسی است و در زمینه‌های مختلف مانند اکولوژی و تکامل کاربرد گسترده‌ای دارد (Tjarks, 2009). ریخت‌سنجی ابزاری مفید برای تجزیه و تحلیل شکل ماهیان به شمار می‌رود (Rohlf, 1993; 2001). تاکنون از روش‌های مختلفی برای ریخت‌سنجی ماهیان استفاده شده است. یکی از روش‌های کاربردی ریخت‌سنجی هندسی است که با استفاده از داده‌هایی مانند لندمارک‌ها و منحنی‌های خط سیر پیرامونی اطلاعات هندسی از ساختارهای زیستی ماهیان به دست می‌آید (Eagderi et al., 2013b). در حقیقت ریخت‌سنجی هندسی با استخراج شکل‌های زیستی بر اساس مختصات لندمارک‌ها و آنالیزهای آماری و آنالیز پروکراست به عنوان روش نوینی برای بررسی بهتر خصوصیات ریخت‌شناسی ماهیان شناخته می‌شود (Mitteroecker and Gunz, 2009). یکی دیگر از تکنیک‌های ریخت‌سنجی، ریخت‌سنجی سنتی است که بر پایه تحلیل‌های آماری فواصل

## ۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق در مجموع ۳۰۰ عدد سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) از قسمت‌های بالادست (ایستگاه‌های ۱ و ۲) و پایین‌دست (ایستگاه‌های ۳ تا ۷) رودخانه زربینه رود صید شدند (شکل ۱). ماهیان پس از صید با محلول گل میخک بیهوش سپس، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت شدند. شایان ذکر است که علاوه بر صید نمونه‌ها، در هر کدام از ایستگاه‌های نمونه‌برداری، پارامترهای مهم محیطی شامل دمای آب (سانتی‌گراد)، عمق رودخانه (سانتی‌متر)، سرعت جریان آب (متر بر ثانیه)، عرض رودخانه (متر)، دبی (متر مکعب در ثانیه) و ارتفاع از سطح دریا (متر) نیز ثبت شدند. پارامترهای مذکور به هنگام صید یا بلافاصله بعد از صید ماهیان اندازه‌گیری شدند.

مورد آن انجام شده است، اما مطالعات ریخت‌بوم‌شناسی (Ecomorphology) در مورد این ماهی کمتر صورت گرفته است. در اکثر مطالعات نیز فقط به مقایسه ویژگی‌های ریختی و تغییرات شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهیان بسنده کرده و در مورد عوامل مؤثر در تغییرات ریختی بحث نشده است. مطالعات انجام‌شده نشان داده‌اند که ویژگی‌های ریختی ماهیان تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی، مانند سرعت جریان آب، نوع بستر، پوشش گیاهی، دسترسی به منابع غذایی و دما، و عوامل اکولوژیکی مانند رقابت و شکار قرار دارند (Nicieza, 1995).

بنابراین، مطالعه حاضر با تکیه بر تکنیک ریخت‌سنجی هندسی، انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) در رودخانه زربینه رود (حوضه دریاچه ارومیه) و بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در آن را بررسی کرده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های واقع در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه زربینه‌رود

روش ريخت-سنجی هندسی، تعداد ۱۲ لندمارک (Land mark) و ۲ لندمارک کاذب (Pseudo-Landmark)، با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 بر روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند (Rohlf, 2006) (شکل ۲).

در این مطالعه به منظور کاهش تغییرات ناشی از رشد آلومتریکی، فقط نمونه‌های بالاتر از ۵۰ میلی‌متر انتخاب شده‌اند. برای ریخت‌سنجی هندسی، از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال Canon با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل عکس‌برداری شد. برای استخراج داده‌های شکل در



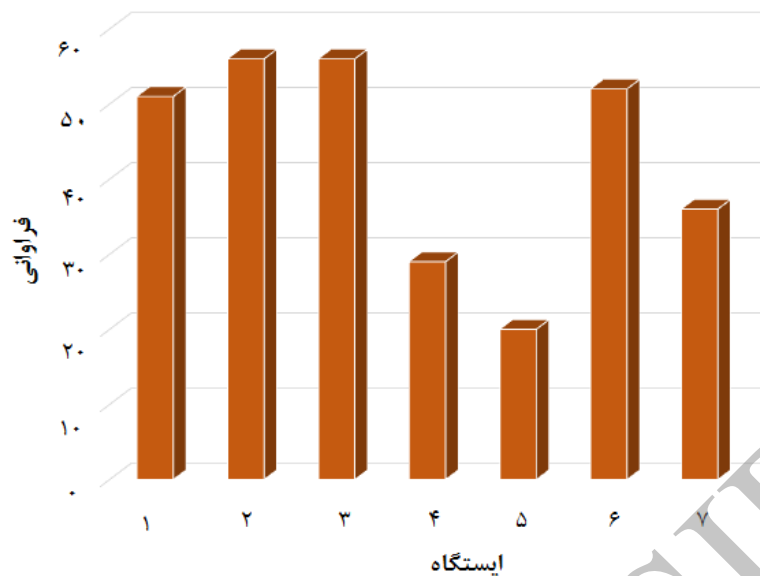
شکل ۲. لندمارک‌های تعیین‌شده روی نمونه‌های جمعیت سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) رودخانه زرينه‌رود. ۱. ابتدایی‌ترین بخش پوزه، ۲. بخش بالایی سرپوش آبششی، ۳. ابتدای قاعده باله پشتی، ۴. انتهای قاعده باله پشتی، ۵. قسمت بالایی ساقه دم، ۶. قسمت میانی ساقه دم، ۷. قسمت پایینی ساقه دم، ۸. انتهای قاعده باله مخرجی، ۹. ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۰. ابتدای باله شکمی، ۱۱. بخش زیرین سرپوش آبششی، ۱۲. نقطه وسط چشم

در این روش دو متغیر شامل داده‌های ریختی (شکل بدن) و پارامترهای محیطی در دو بلوک مجزا قرار گرفتند و میزان اثرگذاری هر کدام از پارامترها بررسی شد. از آنجا که داده‌های محیطی ثبت شده دارای بعد یکسانی نبودند، بنابراین، از همبستگی ماتریسی برای بررسی تأثیر فاکتورهای محیطی در شکل بدن استفاده شد (Rohlf and Corti, 2001).

### ۳. نتایج

شکل ۳ نمودار فراوانی سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) صیدشده در ایستگاه‌های مختلف رودخانه زرينه‌رود (حوضه دریاچه ارومیه) را ارائه می‌دهد.

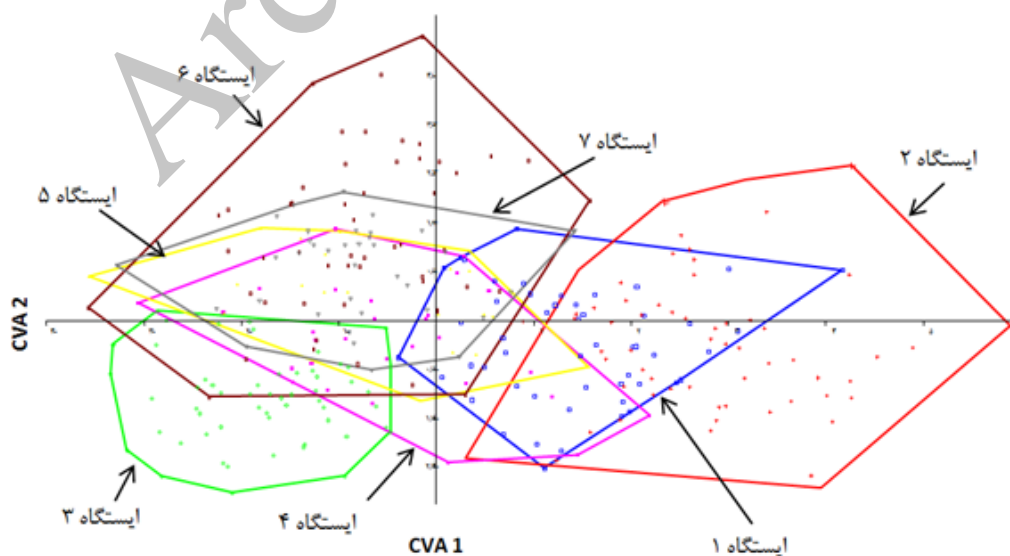
روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها به منظور حذف تغییرات غیرشکل (شامل: مقیاس، جهت و موقعیت) و استخراج داده‌های شکلی، با استفاده از آنالیز پروکراسست (Generalized Procrustes Analysis) انجام شد (Zelditch, 2004; Eagderi et al., 2013b). داده‌ها با استفاده از آنالیز تجزیه همبستگی کانونی (CVA) و با استفاده از نرم‌افزار PAST تجزیه و تحلیل شدند. در مرحله بعد با استفاده از روش Thin plate spline انواع تغییرات شکلی در شبکه‌های تغییر شکل مصورسازی شدند (Eshaghzadeh et al., 2012). همچنین به منظور بررسی میزان اثرگذاری عوامل محیطی در تغییرات شکلی ماهیان، از آنالیز Two-block PLS استفاده شد.



شکل ۳. نمودار فراوانی سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) صیدشده در ایستگاه‌های مختلف رودخانه زربنه رود

اختلاف قابل توجهی در بین ایستگاه‌های ۱ و ۲ در قسمت بالادست یافت نشد. علاوه بر این، در بین ۵ ایستگاه معرفی شده در قسمت پایین دست نیز تفاوت خاصی مشاهده نشد، اما مقایسه بین نمونه‌های صیدشده از بخش‌های بالادست و پایین دست رودخانه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن گروه‌های مورد مطالعه وجود دارد ( $p < 0/01$ ).

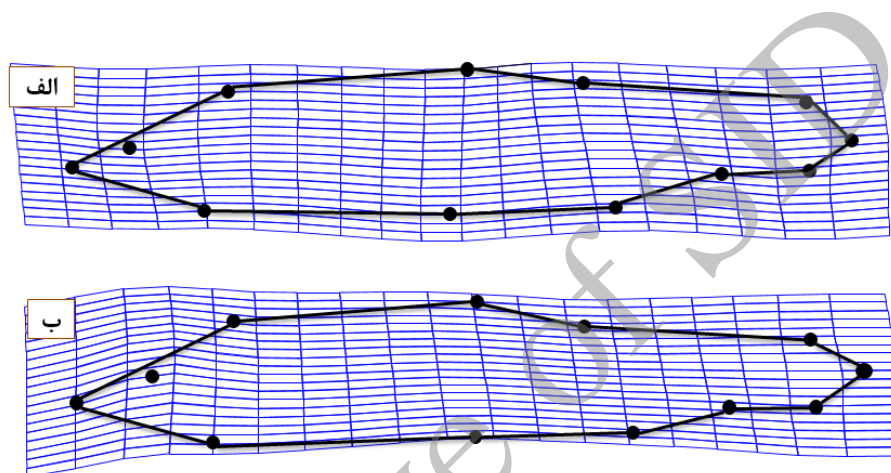
شکل ۴ نمودار CVA مربوط به شکل بدن نمونه‌های سس‌ماهی کورا در ۷ ایستگاه معرفی شده رودخانه زربنه رود را نشان می‌دهد. در این نمودار نمونه‌های مربوط به هر ایستگاه با شکل‌های مختلف نمایش داده شده است. آنالیز CVA نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن سس‌ماهیان کورا در ایستگاه‌های همجوار وجود ندارد. به عبارت دیگر،



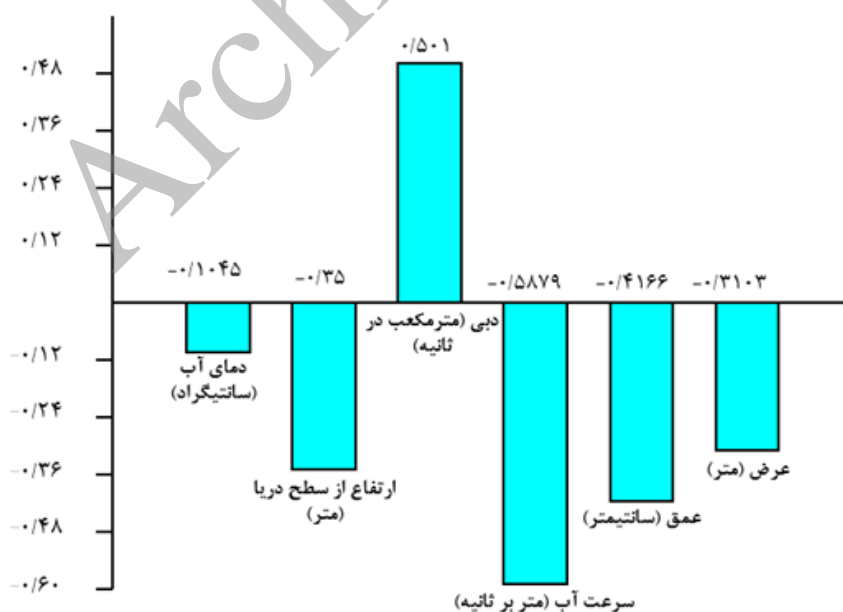
شکل ۴. نمودار CVA مربوط به شکل بدن سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) از ۷ ایستگاه نمونه‌برداری شده در مسیر رودخانه زربنه رود

نمونه‌های صیدشده تعریف شده است. به منظور بررسی میزان اثرگذاری فاکتورهای محیطی در تغییرات شکل بدن سس ماهیان کورا از آنالیز Two-block PLS استفاده شد. در این نمودار پارامترهای محیطی و میزان اثرگذاری هر کدام از آنها در تغییرات شکل بدن ماهیان مشخص شده است (شکل ۶).

تغییرات شکلی سس ماهیان کورا (*B. lacerta*) در بخش‌های بالادست و پایین دست رودخانه زربینه رود مصورسازی شد (شکل ۵). نتایج مصورسازی تغییرات شکلی نشان داد که ماهیان بالادست و پایین دست رودخانه از نظر شکل بدنی با یکدیگر تفاوت دارند. شایان ذکر است که این شبکه تغییر شکلی بر اساس جابه‌جایی موقعیت لندها در



شکل ۵. شبکه تغییرات شکلی سس ماهیان کورا (*B. lacerta*) در قسمت‌های بالادست (الف) و پایین دست (ب) رودخانه زربینه رود با استفاده از روش Thin plate spline



شکل ۶. نمودار Two-block PLS مربوط به تغییرات شکل بدن در محور اول و میزان اثرگذاری فاکتورهای محیطی

(Zelditch, 2004). از این رو آنالیز شکل بدن سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در رودخانه زرينه‌رود و بررسی عوامل محیطی مؤثر در آن می‌تواند برای درک تغییرات ریختی این گونه مفید باشد.

تاکنون مطالعات بسیاری درباره بررسی ویژگی‌های ریختی ماهیان با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی صورت گرفته است. برای مثال، در مطالعه Razavipour و همکاران (۲۰۱۵) به منظور بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های ریختی گونه سیاه‌ماهی توئینی (*Capoeta damascina*) در آب‌های داخلی ایران صورت گرفته بود، از روش ریخت‌سنجی هندسی برای درک بهتر تغییرات ریختی به وجود آمده استفاده شد. نتایج روش‌های آماری PCA و CVA نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری در ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های سیاه‌ماهی وجود دارد. این تفاوت‌ها در بخش‌های عرض بدن، ناحیه سر، ساقه دمی و موقعیت قرارگیری باله‌ها وجود داشت. بنابراین، روش هندسی نسبت به روش‌های سنتی قابلیت بیشتری برای آشکارسازی این تغییرات ریختی داشت. در مطالعه حاضر نیز روش هندسی توانست تغییرات شکلی به وجود آمده در نمونه‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه زرينه‌رود را از یکدیگر تفکیک کند و درک بهتری از این تغییرات ارائه دهد. روش هندسی تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های مورد مطالعه را آشکار کرد. بر اساس نتایج بررسی حاضر و مقدار P value به دست آمده، می‌توان گفت که بین شکل بدن سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0.01$ ) و نتایج نشان داد که این اختلاف به علت تفاوت در شرایط محیطی

سایر نتایج مربوط به آنالیز 2B-PLS شامل مقادیر ویژه و درصد کوواریانس بیان شده به وسیله هر محور در ارتباط با شکل بدن و سایر پارامترهای محیطی رودخانه زرينه‌رود در جدول ۱ آورده شده است. درصد بالای کوواریانس جدول نشان می‌دهد که نمودار 2B-PLS به دست آمده برای جمعیت رودخانه زرينه‌رود، در حد بسیار بالایی، میزان اثرگذاری فاکتورهای محیطی را بر تغییرات شکل بدن ماهیان نشان می‌دهد. در این مطالعه، نمودار حاصل به میزان ۸۴/۲۷ درصد، تأثیر فاکتورهای محیطی در تغییرات شکل بدن ماهیان را نشان داد.

جدول ۱. مقادیر ویژه و درصد کوواریانس فاکتورهای محیطی در رودخانه زرينه‌رود

| محور | مقدار ویژه | درصد کوواریانس |
|------|------------|----------------|
| ۱    | ۴/۰۲۱      | ۸۴/۲۷          |
| ۲    | ۱/۵۶۲      | ۱۲/۷۲          |
| ۳    | ۰/۷۰۰      | ۲/۵۵           |
| ۴    | ۰/۲۷۵      | ۰/۳۹           |
| ۵    | ۰/۱۰۵      | ۰/۰۵           |
| ۶    | ۰/۰۰۸      | ۰/۰۰۰۳         |

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

ماهیان در دامنه وسیعی از تنوع ریختی قرار دارند و این امر در بررسی ویژگی‌های اکولوژیکی و تکاملی این موجودات بسیار مهم است (Parker, 1992; Robinson and Wilson, 1994). مطالعه ریخت‌شناسی ماهیان اثر عوامل مختلف مانند سازگاری با فاکتورهای زیستگاهی و یا تنوع تکاملی را در تغییر شکل بدن ماهیان به خوبی نشان می‌دهد

برای حفظ موقعیت و بقای موجود در محیط پرتلاطم آب است. در مطالعه حاضر، تفاوت‌های شکلی به وجود آمده در سس ماهیان قسمت‌های بالادست و پایین دست رودخانه را می‌توان ناشی از تفاوت‌های اکولوژیکی و محیطی در این نواحی دانست. قسمت بالادست رودخانه‌ها شیب زیاد، عمق کم و تغییرات وسیع دبی آب دارند. در این ناحیه آب متلاطم و سرشار از اکسیژن جریان دارد و عمق رودخانه نیز کم است (Wooton, 1991). ماهیان ساکن در این ناحیه از رودخانه به منظور حفظ موقعیت خود در محیط متلاطم آب شکل بدنی خاصی دارند (Robinson and Wilson, 1994). در مقابل، در قسمت پایین دست رودخانه شرایط متفاوتی نسبت به بالادست حاکم است. در نواحی پایین دست سرعت جریان آب و شیب بستر کاهش می‌یابد. ماهیان ساکن در این بخش از سازگاری‌های ویژه‌ای برای غلبه بر کاهش غلظت اکسیژن آب برخوردارند. این ماهیان به هنگام کاهش میزان اکسیژن به سطح آب می‌آیند و از اکسیژن موجود در آب‌های سطحی بهره می‌برند (Wooton, 1991).

در این مطالعه به منظور بررسی میزان اثرگذاری پارامترهای محیطی در تغییرات شکل بدن ماهیان، ۶ پارامتر مهم محیطی در رودخانه زرينه رود ثبت شد. نتایج روش 2B-PLS نیز نشان داد که سرعت جریان آب ( $-0/5879$ ) و دبی ( $0/501$ )، نقش بیشتری در ایجاد تغییرات شکلی در جمعیت سس ماهی کورا (*B. lacerta*) رودخانه زرينه رود داشته‌اند. مطالعات انجام شده نشان داده است که فاکتورهای هیدرولوژیکی مانند سرعت جریان آب و دبی نقش مهمی در پراکنش و تغییرات شکلی جمعیت ماهیان

ایستگاه‌ها بوده است. در مطالعه حاضر، بر اساس الگوهای جابه‌جایی لندمارک‌ها و تغییرات شکلی، مشخص شد که در سس ماهیان قسمت بالادست رودخانه زرينه رود ارتفاع بدن و ارتفاع ساقه دمى نسبت به نمونه‌های بخش پایین دست رودخانه بیشتر بود. از جمله تغییرات ریختی بارز در نمونه‌های پایین دست رودخانه می‌توان به واکنشیدگی شکل بدن اشاره کرد. احتمالاً این تغییرات به واسطه انعطاف‌پذیری ریختی تحت تأثیر شرایط زیست محیطی و به واسطه سازگاری طی فرآیند تکامل حاصل شده باشد (Razavipour et al., 2015).

تغییرات ریختی به وجود آمده در ماهیان تحت تأثیر دو عامل ژنتیک و محیط همچنین، تعامل بین این دو عامل حاصل می‌شوند (Taylor, 1991). بنابراین، عوامل مختلف اکولوژیکی و محیطی تأثیرات قابل توجهی بر انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت سس ماهی کورا (*B. lacerta*) در رودخانه زرينه رود داشته‌اند. عواملی مانند شکار، رقابت، خصوصیات فیزیکی - شیمیایی محیط، پوشش گیاهی، میزان دسترسی به منابع غذایی و فعالیت‌های انسانی نقش تأثیرگذاری در تغییرات شکلی جمعیت این ماهیان دارند (Nicieza, 1995). تغییرات شکلی جمعیت ماهیان به دلیل سازگاری با شرایط محیطی و اکولوژیکی صورت می‌گیرد (Robinson and Wilson, 1994). در اکوسیستم‌های آبی، این چنین سازگاری‌هایی برای حفظ انرژی و از همه مهم‌تر به منظور حفظ بقای موجود در محیط آب صورت می‌گیرد (Nacua et al., 2010). بنابراین، تغییرات شکلی مانند بدن کشیده، دوکی شکل، ارتفاع زیاد بدن و ساقه دمى در سس ماهیان کورا (*B. lacerta*) نیازی



ایرانی دریای خزر و دریاچه سد ارس مقایسه کردند. نتایج توابع متمایزکننده ۱ و ۲ تمایز بالایی را برای ویژگی‌های ریخت‌سنجی ماهیان در بخش‌های مورد مطالعه نشان داد. بر اساس نتایج مشخص شد که اختلاف فنوتیپی ایجادشده در بین جمعیت‌های مختلف به واسطه جدایی زیستگاه‌ها از یکدیگر همچنین، شرایط محیطی حاکم بر آن‌ها ایجاد شده است. در این مطالعه تأثیر شرایط محیطی در قالب فاکتورهایی مانند درجه حرارت، شوری و دسترسی به غذا بررسی شد. علاوه بر این، Eagderi و همکاران (۲۰۱۳ b) در بررسی مقایسه‌ای شکل بدن جمعیت‌های ماهی گورخری (*Aphanius sophiae*) در چشمه‌علی دامغان و رودخانه شور اشتهارد، بیان داشتند که جدایی ریختی جمعیت‌های مورد نظر وابسته به زیستگاه است و تحت تأثیر شرایط زیست‌محیطی است. در مطالعه حاضر، انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در طول رودخانه زرينه‌رود با استفاده از روش هندسی بررسی شد. نتایج نشان داد که انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن در سس‌ماهیان رودخانه زرينه‌رود تحت تأثیر شرایط محیطی است، اما همان‌طور که اشاره شد از بین مهم‌ترین پارامترهای محیطی ثبت‌شده، سرعت جریان آب و دبی بیشترین میزان اثرگذاری را در ایجاد تغییرات ریختی در این جمعیت داشته‌اند. این مسئله نشان می‌دهد که گونه مورد نظر برای سازگاری با زیستگاه فرآیندی تکاملی را پیش گرفته است.

داشته است. در مطالعه Lee و Yu در سال ۲۰۰۲ به منظور تعیین ترجیح زیستگاهی گونه *puliensis* *Sinogastromyzon* انجام گرفته بود، مشخص شد که سرعت جریان آب نقش مهمی در پراکنش این گونه داشته است. بنابراین، گونه مورد نظر به میزان بیشتری تحت تأثیر این فاکتور قرار دارد و این تأثیرگذاری می‌تواند گاهی به صورت تغییرات شکلی نیز بروز کند. به نظر می‌رسد واکنش‌پذیری طول بدن به همراه باریک‌شدن بدن در سس‌ماهیان کورای پایین‌دست رودخانه ارتباط خاصی با فاکتورهای هیدرولوژیکی آب مانند سرعت جریان داشته باشد. ماهیانی که ریخت کشیده‌تری دارند، از توانایی بالاتری برای غلبه بر جریان‌های سریع آب برخوردارند. همچنین، این شکل بدنی موجب می‌شود تا از اصطکاک و شسته‌شدن ماهی در جریان‌های سریع رودخانه‌ای جلوگیری شود (Eagderi et al., 2013a)، اما هنگامی که ریخت ماهیان به سمت فشردگی تمایل پیدا می‌کند، توانایی کمتری برای غلبه بر جریان‌های سریع و آشفته آب پیدا می‌کنند (Spoljaric and Reimchen, 2008). بنابراین، سرعت آب رودخانه تأثیر بیشتری در واکنش‌پذیری بدن ماهیان پایین‌دست رودخانه داشته است. در تحقیقات متعددی، عوامل مؤثر در ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان مطالعه شده است. در این مطالعات فاکتورهای محیطی به‌منزله مهم‌ترین و مؤثرترین عوامل ایجادکننده تفاوت‌های ریختی شناخته شده‌اند. برای مثال، Akbarzadeh و همکاران (۲۰۰۹) ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) را در آب‌های

## References

- [1]. . Abbasi, K., Valipour, A.R., Talebi haghghi, D., Sarpanah, A.N., Nezami, Sh., 1999. Atlas of Fishes of Iran, Inland water of Guilan Province. Novin Press Co. (in Persian)
- [2]. Abdoli, A., 1994. Ecology of fish populations of Sardabroud and Chalous rivers. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University. (in Persian)
- [3]. Abdoli, A., 2000. The inland water fishes of Iran. Iranian Museum of Nature and wildlife, Tehran. 378 pp. (in Persian)
- [4]. Akbarzadeh, A., Karami, M., Nezami, Sh. A., Mojazi Amiri, B., Khara, H., Eagderi, S., 2009. A comparative study of morphometric and meristic characters of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in Iranian waters of Caspian Sea and Aras Dam Lake. Iranian Journal of Biology 22 (3), 535-545. (in Persian)
- [5]. Eagderi, s., Esmailzadegan, E., Maddah, A., 2013a. Body shape changes in populations of *Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863 in the Caspian basin using geometric morphometric. Taxonomy and Biosystematics 14, 1-8. (in Persian)
- [6]. Eagderi, S., Kamal, K. Esmailzadegan, E., 2013b. Application of geometric morphometrics approach in phenotypic plasticity investigations of fishes: A case study of killifish (Cyprinodontidae: *Aphanius sophiae*) body shape comparison in Cheshme-Ali of Damghan and Shur River of Eshtehard. The First Iranian Conference of Ichthyology, Isfahan University of Technology, 15-16 May. (in Persian)
- [7]. Eshaghzadeh, H., Eagderi, S., Poorbagher, H., Kazemi, R., 2012. A comparative study of alive and dead eleutheroembryo of Beluga (*Huso huso*) shape (5DPH) using geometric morphometric method. Iranian Scientific Fisheries Journal 21, 1-10. (in Persian)
- [8]. Gorjian Arabi, M.H., Vatandust, S., Kazemian, M., Keshavarz, M., 2009. Survey on some population structure of Kura barbel (*Barbus lacerta*) in Kesilian River in Mazandaran province. Iranian Journal of Marine Science and Technology 4(3), 59-66. (in Persian)
- [9]. Kiabi, H.B., Abdoli, A., Naderi, M., 1999. Status of the fish fauna in the south Caspian Basin of Iran. Zoology in the Middle East 18, 57-65.
- [10]. Mitteroecker, P., Gunz, P., 2009. Advances in geometric morphometrics. Evolutionary Biology 36, 235-247.
- [11]. Nacua, S. S., Dorado, E. L., Torres, M. A. J., 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.
- [12]. Nicieza, A.G., 1995. Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift. Functional Ecology 9, 448-456.
- [13]. Parker, GA., 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish. Journal of Fish Biology 41, 1-20.
- [14]. Razavipour, P., Eagderi, S., Poorbagher, H., Javanshir Khooi, A., Keivany, K., 2015. Comparative study of morphological characteristics of Tuini fish (*Capoeta damascina*) in inland water of Iran using geometric morphometric method. Journal of Fisheries, Iranian Journal of Natural Resources 68 (1), 79-90. (in Persian)
- [15]. Robinson, B. W., Wilson, D. S., 1994. Character release and displacement in fishes: a neglected literature. American Nature 144, 596-627.

- [16]. Rohlf, F.J., 2006. Tps Dig, Version 2.10. Stony Brook: Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- [17]. Rohlf, F.J. Marcus, L.F., 1993. A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution* 8, 129-132.
- [18]. Rohlf, F.J., 2001. Comparative methods for the analysis of continuous variables: geometric interpretations. *Evolution* 55, 2143-2160.
- [19]. Rohlf, F. J., Corti, M., 2001. Use of Two-Block Partial Least-Squares to Study Covariation in Shape. *Systematic Biology* 49(4), 740-53.
- [20]. Sfakianakis, D.G., Leris, I., Laggis, A., Kentouri, M., 2011. The effect of rearing temperature on body shape and meristic characters in zebrafish (*Danio rerio*) juveniles. *Environmental Biology of Fish* 18, 1-6.
- [21]. Silva, A., 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science* 60, 13-52.
- [22]. Spoljaric, M. A., Reimchen, T. E., 2008. Habitat dependent reduction of sexual dimorphis in geometric body shape of *Haida Gwaii* threespine stickleback. *Biological Journal of the Linnean Society* 95, 505-516.
- [23]. Taylor, E.B., 1991. A review of local adaptation in Salmonidae, with particular references to Pacific and Atlantic salmon. *Aquaculture* 98, 185-207.
- [24]. Tjarks, H., 2009. Geometric Morphometric Analysis of Head Shape in *Thamnophis elegans*. A Thesis Presented to the Faculty of California State University, Chicago, 1-30.
- [25]. Turan, C., 2004. Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science* 61, 774 –781.
- [26]. Wootton, R. J., 1991. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall Ltd., London. 404 p.
- [27]. Yu, S.L., Lee, T.W., 2002. Habitat preference of the stream fish, *Sinogastromyzon puliensis* (Homalopteridae). *Zoological Studies* 41(2), 183-187.
- [28]. Zelditch, M., 2004. Morphometrics–Applications in Biology and Paleontology. Springer-Verlag Publishers, Heidelberg, Germany. 263 p.

Archive of SID