شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۹

ص ۵۲۱-۵۳۱

بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در انعطاف‌پذیری ریختی سس‌ماهی کورا (*Barbus lacerta*; Heckel, 1843) در رودخانهٔ زرینه‌رود، حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه

❖ **علیرضا رادخواه:** دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
❖ **هادی پورباقر *:** دانشیار گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران
❖ **سهیل ایگدری:** دکترای گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکدهٔ 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 مطالعهٔ انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت سس‌ماهی کورا (*Barbus lacerta*) در رودخانهٔ زرینه‌رود و بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در این تغییرات، به مرحلهٔ اجرا درآمد. در این پژوهش ۳۰۰ نمونه سس‌ماهی کورا از ایستگاه‌های مختلف در رودخانهٔ زرینه‌رود صید شدند. نمونه‌های صیدشده 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 مرحلهٔ بعد با استفاده از روش Thin plate spline انواع تغییرات شکلی مصورسازی شدند. بر اساس الگوی جابجایی لندمارک‌ها، اختلاف معنی‌داری در شکل نمونه‌های سس‌ماهی کورا در نواحی بالادست و پایین‌دست مشاهده شد ($p<۰/۰۱$). این تفاوت‌ها در ارتفاع بدن و ارتفاع ساقهٔ 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 مطالعهٔ بیشتر دربارهٔ سایر عوامل تأثیرگذار را توصیه می‌کند.

واژگان کلیدی: تغییرات شکلی، رودخانهٔ زرینه‌رود، ریخت‌سنجی هندسی، سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*)، فاکتورهای محیطی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۱۳۷۳۱۸۶۵
Email: poorbagher@ut.ac.ir

۱. مقدمه

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 به‌کار 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 پایهٔ تحلیل‌های آماری فواصل اندازه‌گیری‌شده 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).

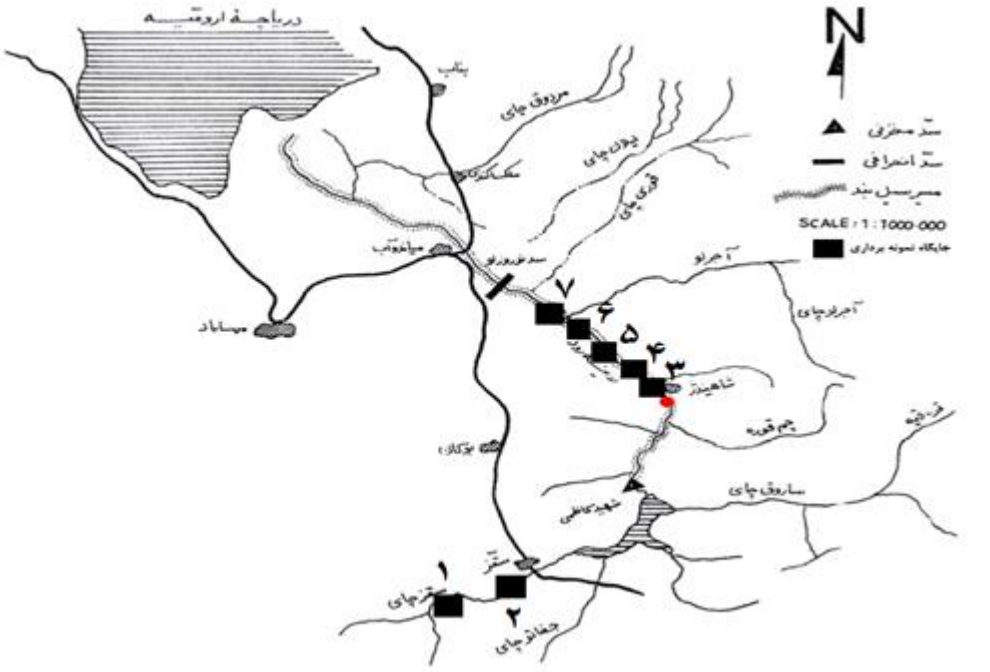
سس‌ماهی کورا (*Barbus lacerta*) یا بلیزم یکی از گونه‌های متعلق به خانوادهٔ کپورماهیان (Cyprinidae) است. این ماهی در رودخانه‌ها، در دمای متوسط ۱۵-۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد و در بسترهای سنگلاخی زیست می‌کند. حضور این ماهی در محل‌هایی که غنی از حشرات آبزی است، به مراتب بیشتر از مناطق دیگر است. سس‌ماهی کورا اغلب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

مـــورد آن انجـــام شـــده اســـت، امـــا مطالعـــات ریخت‌بوم‌شناسی (Ecomorphology) در مـورد ایـن ماهی کمتر صورت گرفته است. در اکثر مطالعات نیـز فقط به مقایسهٔ ویژگی‌های ریختی و تغییـرات شـکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهیـان بسـنده کـرده و در مورد عوامل مؤثر در تغییـرات ریختـی بحـث نشـده است. مطالعات انجام‌شده نشان داده‌اند که ویژگی‌های ریختی ماهیان تحت تـأثیر عوامـل مختلـف محیطـی، مانند سرعت جریان آب، نوع بستر، پوشـش گیـاهی، دسترسی به منابع غذایی و دما، و عوامـل اکولـوژیکی مانند رقابت و شکار قرار دارند (Nicieza, 1995).

بنـابراین، مطالعـهٔ حاضـر بـا تکیـه بـر تکنیـک ریخت‌سنجی هندسی، انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) در رودخانهٔ زرینـه رود (حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه) و بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در آن را بررسی کرده است.

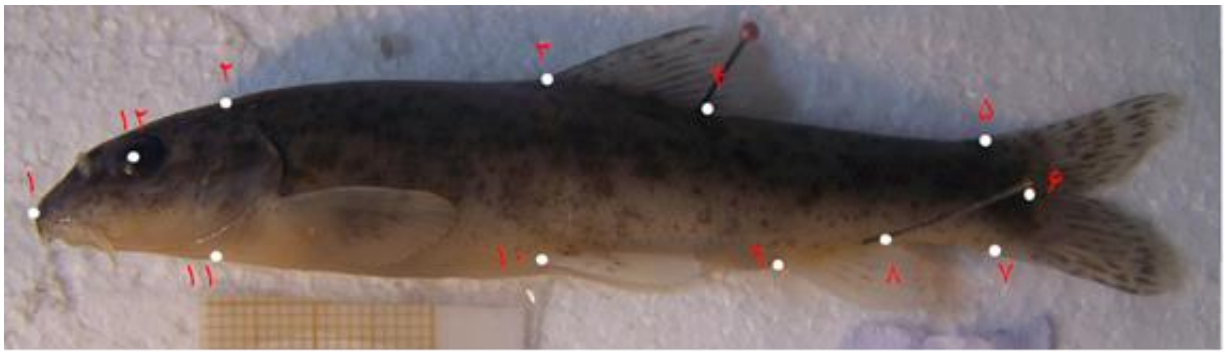
۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق در مجموع ۳۰۰ عدد سس‌مـاهی کـورا (*B. lacerta*) از قسمت‌های بالادست (ایستگاه‌های ۱ و ۲) و پایین‌دسـت (ایسـتگاه‌هـای۳ تـا ۷) رودخانـهٔ زرینه‌رود صید شدند (شکل ۱). ماهیان پـس از صـید با محلول گل میخک بیهوش سپس، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت شدند. شایان ذکر است که علاوه بـر صـید نمونـه‌هـا، در هـر کـدام از ایسـتگاه‌هـای نمونه‌برداری، پارامترهای مهـم محیطـی شـامل دمـای آب (سانتی‌گراد)، عمق رودخانه (سانتی‌متر)، سـرعت جریان آب (متر بر ثانیه)، عرض رودخانه (متر)، دبـی (متر مکعب در ثانیه) و ارتفاع از سطح دریا (متر) نیـز ثبت شـدند. پارامترهـای مـذبور بـه هنگـام صـید یـا بلافاصله بعد از صید ماهیان اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های واقع در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانهٔ زرینه‌رود

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

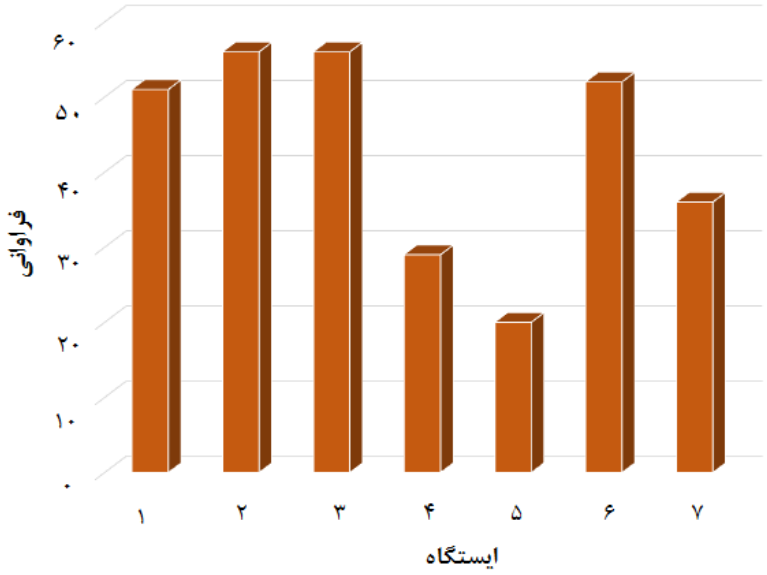


شکل ۲. لندمارک‌های تعیین‌شده روی نمونه‌های جمعیت سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) رودخانهٔ زرینه‌رود. ۱. ابتدایی‌ترین بخش پوزه، ۲. بخش بالایی سرپوش آبششی،۳. ابتدای قاعدهٔ بالهٔ پشتی، ۴. انتهای قاعدهٔ بالهٔ پشتی، ۵. قسمت بالایی ساقهٔ دمی، ۶. قسمت میانی ساقهٔ دمی، ۷. قسمت پایینی ساقهٔ دمی ۸. انتهای قاعدهٔ بالهٔ مخرجی، ۹. ابتدای قاعدهٔ بالهٔ مخرجی، ۱۰. ابتدای بالهٔ شکمی، ۱۱. بخش زیرین سرپوش آبششی، ۱۲. نقطهٔ وسط چشم

روی‌هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها به منظور حذف تغییرات غیرشکل (شامل: مقیاس، جهت و موقعیت) و استخراج داده‌های شکلی، با استفاده از آنالیز پروکراست (Generalized Procrustes Analysis) انجام شد (Zelditch, 2004; Eagderi et al., 2013b). داده‌ها با استفاده از آنالیز تجزیهٔ همبستگی کانونی (CVA) و با استفاده از نرم‌افزار PAST تجزیه و تحلیل شدند. در مرحلهٔ 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. 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 ثبت‌شده دارای بعد یکسانی نبودند، بنابراین، از همبستگی ماتریسی برای بررسی تأثیر فاکتورهای محیطی در شکل بدن استفاده شد (Rohlf and Corti, 2001).

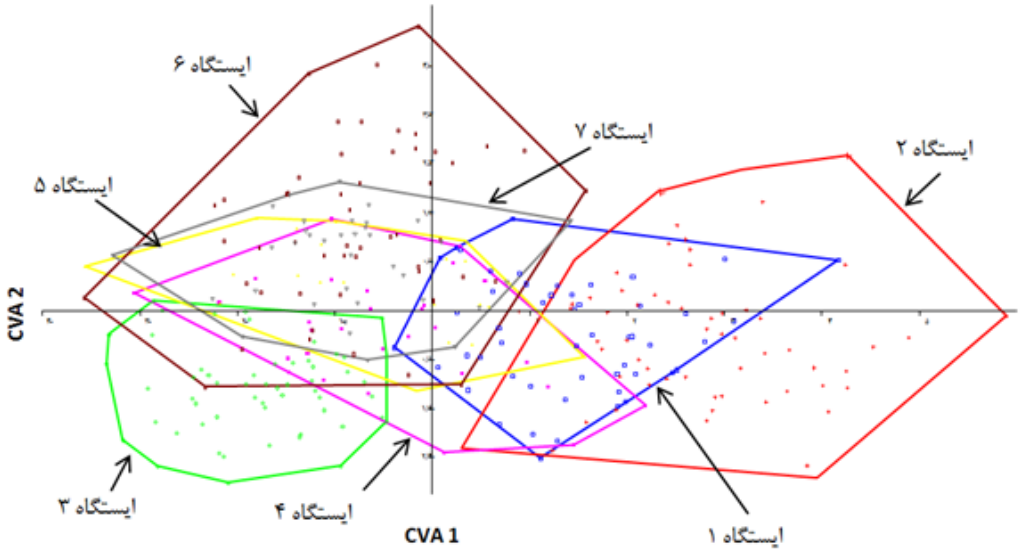
۳. نتایج

شکل ۳ نمودار فراوانی سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) صیدشده در ایستگاه‌های مختلف رودخانهٔ زرینه‌رود (حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه) را ارائه می‌دهد.



شکل ۳. نمودار فراوانی سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) صیدشده در ایستگاه‌های مختلف رودخانهٔ زرینه‌رود

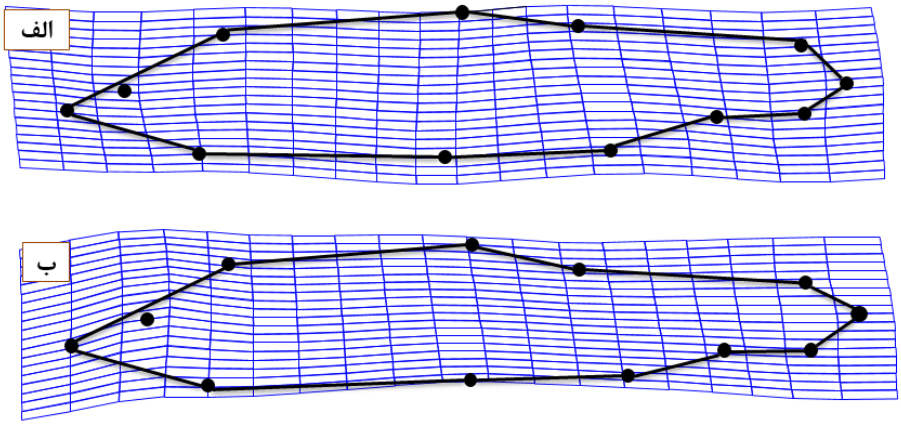
شکل ۴ نمودار CVA مربوط به شکل بدن نمونه‌های سس‌ماهی کورا در ۷ ایستگاه معرفی‌شده رودخانهٔ زرینه‌رود را نشان می‌دهد. در این نمودار نمونه‌های مربوط به هر ایستگاه با شکل‌های مختلف نمایش داده شده است. آنالیز CVA نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن سس‌ماهیان کورا در ایستگاه‌های همجوار وجود ندارد. به عبارت دیگر، اختلاف قابل توجهی در بین ایستگاه‌های ۱ و ۲ در قسمت بالادست یافت نشد. علاوه بر این، در بین ۵ ایستگاه معرفی‌شده در قسمت پایین‌دست نیز تفاوت خاصی مشاهده نشد، اما مقایسهٔ بین نمونه‌های صیدشده از بخش‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن گروه‌های مورد مطالعه وجود دارد ($p<۰/۰۱$).



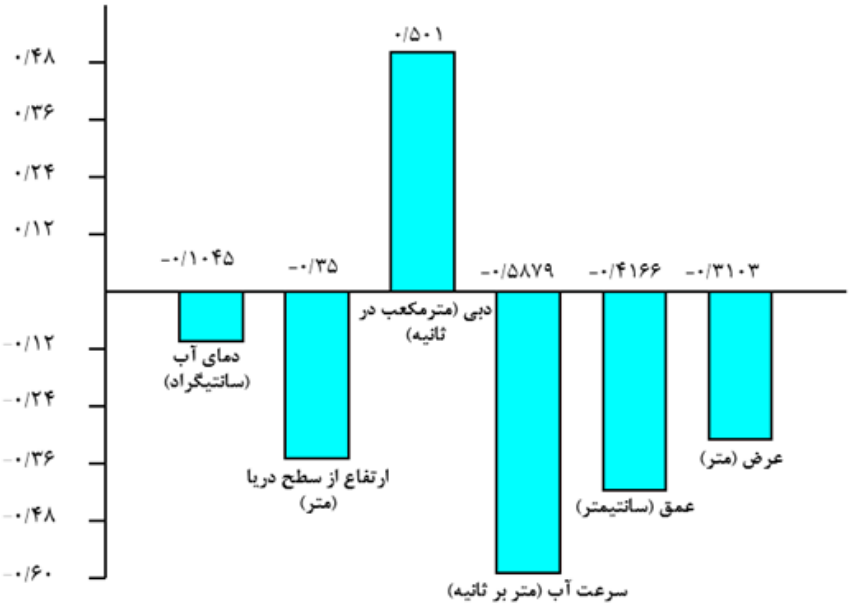
شکل ۴. نمودار CVA مربوط به شکل بدن سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) از ۷ ایستگاه نمونه‌برداری‌شده در مسیر رودخانهٔ زرینه‌رود

تغییرات شکلی سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در بخش‌های بالادست و پایین‌دست رودخانهٔ زرینه‌رود مصورسازی شد (شکل ۵). نتایج مصورسازی تغییرات شکلی نشان داد که ماهیان بالادست و پایین‌دست رودخانه از نظر شکل بدنی با یکدیگر تفاوت دارند. شایان ذکر است که این شبکه تغییر شکلی بر اساس جابه‌جایی موقعیت لندمارک‌ها در نمونه‌های صیدشده تعریف شده است.

به منظور بررسی میزان اثرگذاری فاکتورهای محیطی در تغییرات شکل بدن سس‌ماهیان 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).



شکل ۵. شبکهٔ تغییرات شکلی سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در قسمت‌های بالادست (الف) و پایین‌دست (ب) رودخانهٔ زرینه‌رود با استفاده از روش Thin plate spline



شکل۶. نمودار Two-block PLS مربوط به تغییرات شکل بدن در محور اول و میزان اثرگذاری فاکتورهای محیطی

سایر نتایج مربوط به آنالیز 2B-PLS شامل مقادیر ویژه و درصد کوواریانس بیان‌شده به وسیلهٔ هر محور در ارتباط با شکل بدن و سایر پارامترهای محیطی رودخانهٔ زرینه‌رود در جدول ۱ آورده شده است. درصد بالای کوواریانس جدول نشان می‌دهد که نمودار 2B-PLS به‌دست‌آمده برای جمعیت رودخانهٔ زرینه‌رود، 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 رودخانهٔ زرینه‌رود

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 دامنهٔ 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). مطالعهٔ ریخت‌شناسی ماهیان اثر عوامل مختلف مانند سازگاری با فاکتورهای زیستگاهی و یا تنوع تکاملی را در تغییر شکل بدن ماهیان به‌خوبی نشان می‌دهد (Zelditch, 2004). از این رو آنالیز شکل بدن سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در رودخانهٔ زرینه‌رود و بررسی عوامل محیطی مؤثر در آن می‌تواند برای درک تغییرات ریختی این گونه مفید باشد.

تاکنون مطالعات بسیاری دربارهٔ بررسی ویژگی‌های ریختی ماهیان با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی صورت گرفته است. برای مثال، در مطالعهٔ Razavipour و همکاران (۲۰۱۵) به منظور بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های ریختی گونهٔ 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، ناحیهٔ سر، ساقهٔ دمی و موقعیت قرارگیری باله‌ها وجود داشت. بنابراین، روش هندسی نسبت به روش‌های سنتی قابلیت بیشتری برای آشکارسازی این تغییرات ریختی داشت. در مطالعهٔ حاضر نیز روش هندسی توانست تغییرات شکلی به‌وجودآمده در نمونه‌های بالادست و پایین‌دست رودخانهٔ زرینه‌رود 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 به‌دست‌آمده، می‌توان گفت که بین شکل بدن سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۱$) و نتایج نشان داد که این اختلاف به علت تفاوت در شرایط محیطی

ایستگاه‌ها بوده است. در مطالعهٔ حاضر، بر اساس الگوهای جابه‌جایی لندمارک‌ها و تغییرات شکلی، مشخص شد که در سس‌ماهیان قسمت بالادست رودخانهٔ زرینه‌رود ارتفاع بدن و ارتفاع ساقهٔ دمی نسبت به نمونه‌های بخش پایین‌دست رودخانه بیشتر بود. از جمله تغییرات ریختی بارز در نمونه‌های پایین‌دست رودخانه می‌توان به واکشیدگی شکل بدن اشاره کرد. احتمالاً این تغییرات به واسطهٔ انعطاف‌پذیری ریختی تحت تأثیر شرایط زیست‌محیطی و به واسطهٔ سازگاری طی فرآیند تکامل حاصل شده باشد (Razavipour et al., 2015).

تغییرات ریختی به‌وجودآمده 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 سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) در رودخانهٔ زرینه‌رود داشته‌اند. عواملی مانند شکار، رقابت، خصوصیات فیزیکی ـ 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، دوکی‌شکل، ارتفاع زیاد بدن و ساقهٔ دمی در سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) نیازی برای حفظ موقعیت و بقای موجود در محیط پرتلاطم آب است. در مطالعهٔ حاضر، تفاوت‌های شکلی به‌وجودآمده در سس‌ماهیان قسمت‌های بالادست و پایین‌دست 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 پایین‌دست رودخانه شرایط متفاوتی نسبت به بالادست حاکم است. در نواحی پایین‌دست 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 رودخانهٔ زرینه‌رود ثبت شد. نتایج روش 2B-PLS نیز نشان داد که سرعت جریان آب (۰/۵۸۷۹-) و دبی (۰/۵۰۱)، نقش بیشتری در ایجاد تغییرات شکلی در جمعیت سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) رودخانهٔ زرینه‌رود داشته‌اند. مطالعات انجام‌شده نشان داده است که فاکتورهای هیدرولوژیکی مانند سرعت جریان آب و دبی نقش مهمی در پراکنش و تغییرات شکلی جمعیت ماهیان

داشته است. در مطالعهٔ Yu و Lee در سال ۲۰۰۲ به منظور تعیین ترجیح زیستگاهی گونهٔ *puliensis Sinogastromyzon* انجام گرفته بود، مشخص شد که سرعت جریان آب نقش مهمی در پراکنش این گونه داشته است. بنابراین، گونهٔ 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 واکشیدگی 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 آشفتهٔ آب پیدا می‌کنند (Spoljaric and Reimchen, 2008). بنابراین، سرعت آب رودخانه تأثیر بیشتری در واکشیدگی بدن ماهیان پایین‌دست رودخانه داشته است. در تحقیقات متعددی، عوامل مؤثر در ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان مطالعه شده است. در این مطالعات فاکتورهای محیطی به‌منزلهٔ مهم‌ترین و مؤثرترین عوامل ایجادکنندهٔ تفاوت‌های ریختی شناخته شده‌اند. برای مثال، Akbarzadeh و همکاران (۲۰۰۹) ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهی سوف معمولی (*Sander lucioperca*) را در آب‌های ایرانی دریای خزر و دریاچهٔ سد ارس مقایسه کردند. نتایج توابع متمایزکنندهٔ 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 واسطهٔ جدایی زیستگاه‌ها از یکدیگر همچنین، شرایط محیطی حاکم بر آن‌ها ایجاد شده است. در این مطالعه تأثیر شرایط محیطی در قالب فاکتورهایی مانند درجهٔ 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 رودخانهٔ شور اشتهارد، بیان داشتند که جدایی ریختی جمعیت‌های مورد نظر وابسته به زیستگاه است و تحت تأثیر شرایط زیست‌محیطی است. در مطالعهٔ حاضر، انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت سس‌ماهیان کورا (*B. lacerta*) در طول رودخانهٔ زرینه‌رود با استفاده از روش هندسی بررسی شد. نتایج نشان داد که انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن در سس‌ماهیان رودخانهٔ زرینه‌رود تحت تأثیر شرایط محیطی است، اما همان طور 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 گونهٔ مورد نظر برای سازگاری با زیستگاه فرآیندی تکاملی را پیش گرفته است.

References

[1]. . Abbasi, K., Valipour, A.R., Talebi haghighi, 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. Esmaeilzadegan, 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 geometic 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 Pacifiec 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]. Wooton, 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.