مطالعه انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن ماهی کاراس (*Carrassius auratus*) مطالعه موردی جمعیت‌های رودخانه سفیدرود و دریاچه آلاگل

سولماز احمدی[۱]
سهیل ایگدری[۲]
نرگس جوادزاده[۳*]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. استادیار گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

***مسئول مکاتبات:**
nargesjavadzadeh@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۵۰۱۰۳۹۱
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۶
این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

شکل بدن ماهیان یک شاخص مهم برای رفتارهای شناگری و انتخاب زیستگاه می‌باشد. ماهی کاراس (*Carrassius auratus*) به‌عنوان یک‌گونه غیربومی، توانایی بالایی در سازگاری با شرایط محیطی زیستگاه‌های مختلف دارد. ازاین‌رو این تحقیق باهدف بررسی انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن دو جمعیت این‌گونه در دو سیستم آب ساکن و جاری با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی به اجرا درآمد. تعداد ۶۷ نمونه ماهی کاراس از رودخانه سفیدرود و دریاچه آلاگل توسط دستگاه الکتروشوکر صید گردید. برای استخراج داده‌های شکل درروش ریخت سنجی هندسی، از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها عکس‌برداری گردید و بر روی تصاویر دوبعدی حاصل با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 تعداد ۱۵ نقطه لندمارک گذاشته شد. پس از روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست، مقایسه شکل بدن دو گروه با استفاده از آنالیزهای چند متغیره DFA و Manova انجام شد. مصورسازی تغییرات شکل بدن میانگین جمعیت‌ها توسط نمودار wireframe صورت پذیرفت. تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن دو جمعیت موردمطالعه یافت شد ($P<۰/۰۰۰۱$). مقایسه شکل بدن نشان داد که ماهیان رودخانه سفیدرود شکل بدن پهن، سربزرگ و ساقه دمی نسبتاً کوتاه‌تری نسبت به ماهیان دریاچه آلاگل داشتند. نتایج این مطالعه، انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن ماهی کاراس را با ویژگی‌های محیطی زیستگاه تائید نمود. با توجه به اینکه مدت‌زمان طولانی از معرفی این‌گونه به آب‌های داخلی کشور نمی‌گذرد، ازاین‌رو در مورد ماهی کاراس، نوع زیستگاه و ویژگی‌های آن در مقایسه با تمایز ژنتیکی، می‌بایست به‌عنوان عامل اصلی مؤثر بر شکل بدن در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی: *ریخت سنجی*، انعطاف‌پذیری ریختی، رودخانه سفیدرود، دریاچه آلاگل، *Carrassius auratus*.

مقدمه

شکل بدن موجودات زنده، یکی از اجزای مهم ریخت‌شناسی آن‌ها می‌باشد که می‌تواند بیانگر ویژگی‌های مهم آن از قبیل استراتژی تغذیه، کیفیت حرکت و موفقیت تولیدمثلی باشد و این شکل درنتیجه سازگاری در فرآیند تکامل در آن موجود حاصل‌شده است (Guill *et al*., 2003). فاکتورهای محیطی به‌عنوان یک نیروی قدرتمند در شکل‌دهی ریخت موجودات طی فرآیند فردزایی شناخته‌شده‌اند (Costa and Cataudella, 2007). دراین‌بین، ماهیان توانایی بالایی برای سازگاری به شرایط مختلف محیطی برای ادامه حیات دارند (Nacua *et al*., 2010). شکل بدن، یک شاخص مهم برای رفتارهای شناگری و انتخاب زیستگاه در ماهیان می‌باشد (Webb, 1982). ازاین‌رو شکل بدن نه‌تنها انعکاس‌دهنده ویژگی‌های ژنتیکی بلکه منعکس‌کننده وضعیت محیط زندگی و زیستگاه ماهی می‌تواند باشد (Guill *et al*., 2003). مطالعه تغییرپذیری ویژگی‌های بوم‌شناختی و ریخت‌شناستی جمعیت‌های یک‌گونه که در محیط‌های متفاوت ازنظر خصوصیات زیستگاهی هستند، امکان درک و فهم

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]

بهتر تغییرات در ویژگی‌های جمعیتی را در مقابل تغییرات محیطی فراهم می‌نماید (Kuliev, 1988). تغییرپذیری فنوتیپی جمعیت‌های یک‌گونه، در محیط‌های متنوع، پدیده‌ای است که درنتیجه اثر فاکتورهای محیطی بر روی اجداد جمعیت‌های یک‌گونه در راستای پدیده سازش و گونه‌زایی حاصل می‌گردد (Adams *et al*., 1998). ازجمله ابزارها در مطالعه تغییرپذیری ریختی شکل بدن، مطالعات ریخت سنجی است که در بسیاری از مطالعات زیستی مورداستفاده قرار می‌گیرد. مطالعه شکل بدن جانداران موضوع تحقیقات متعددی بوده است ولی اخیراً روش‌های ریخت سنجی هندسی در مطالعه روند تغییرات شکل بدن جانداران به کار گرفته‌شده است (Rohlf, 1998; Zelditch *et al*., 2004). روش‌های ریخت سنجی هندسی ابزار مناسبی جهت آنالیز اشکال هندسی می‌باشند که استخراج اطلاعات جایگاه فضایی متغیرهای ریختی و آنالیز آن‌ها را با استفاده از آزمون‌های آماری چند متغیره امکان‌پذیر می‌سازد (Zelditch et al., 2004). آنالیز شکل، ازجمله ابزارهای مهم در مطالعات زیست‌شناسی برای درک شباهت‌ها و تفاوت‌ها و تنوع‌های ریختی ناشی از فرآیند تغییرپذیری ریختی می‌باشد (Bookstein,1991). ریخت سنجی درواقع یکی از شاخه‌های علم ریاضی می‌باشد که در گستره وسیعی از علوم از تکامل و اکولوژی تا علم پزشکی کاربرد دارد (Tjarks, 2009). روش های ریخت سنجی به دو گروه تقسیم می‌شوند، (۱) روش تجزیه‌وتحلیل‌های آماری چند متغیره فواصل اندازه‌گیری شده که ریخت سنجی سنتی نام دارد و (۲) روشی بر پایه آنالیز مختصات لندمارک‌ها و ترسیم گرافیکی و هندسی شکل که ریخت سنجی هندسی خوانده می‌شود روش ریخت سنجی هندسی توانایی بسیار بالایی را در مطالعات زیست‌شناسی به‌ویژه با استفاده از ابزارهای آماری چند متغیره برای توصیف الگوهای تغییر، شباهت و تنوع از خود نشان داده است. در ریخت سنجی هندسی مقایسه بین فرم‌های زیستی بر اساس مختصات نقاط مجزا، لند مارک‌ها می‌باشد که بر اساس معیارهایی ازجمله هومولوگ بودن انتخاب می‌شود (Rohlf and Marcus, 1993; Bookstein, 1991).

تاکنون در داخل کشور مطالعه‌ای درزمینهٔ بررسی شکل بدن ماهی کاراس (*Carrassius auratus*) با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی انجام‌نشده است. صیاد بورانی طی سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۶ مطالعه ترکیب سنی، ترکیب جنسی، مراحل رسیدگی جنسی، محاسبه ضرایب رشد شامل K، L∞، بررسی ضرایب مرگ‌ومیر (طبیعی، صیادی و کل) و بررسی صید ماهی کاراس را در تالاب انزلی انجام داد. باقری (۱۳۸۹) ویژگی‌های زیستی ماهی کاراس در شرایط خاص مصب رودخانه گرگان را بررسی نمود. تحقیقات متعددی در خارج از ایران با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی بر روی گونه‌های مختلف و برای پاسخ به سؤالات متعدد صورت پذیرفته است، Angelo و همکاران (۱۹۹۶) با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی، تفاوت‌های موجود در شکل بدن قزل‌آلای قهوه‌ای دورگه و نژاد مدیترانه‌ای و آتلانتیکی را بررسی کردند. شکل‌های ارائه‌شده کمک زیادی به تشخیص سویه مدیترانه‌ای از سویه آتلانتیکی کرد، البته شناخت ماهی قزل‌آلای دورگه تصادفی بود چراکه بسیار نزدیک به قزل‌آلای مدیترانه‌ای می‌باشد. Guill و همکاران (۱۹۹۶) با استفاده از تکنیک‌های مورفومتریک هندسی (GM) تغییرات شکل بدن را بین ماهیان ماده ۵ گروه از گونه‌های *Etheosto manigrum*، *Etheosto macaeruleum* و *Etheosto mastigmaeum* بررسی نمودند. تجزیه‌وتحلیل واریانس چند متغیره، تفاوت معنی‌دار قابل‌توجهی را در شکل بدن در میان جمعیت‌ها نشان داد. Carpenter (۱۹۹۶) رابطه فرم بدن و عادت غذایی را در ماهیان دو خانواده Lethrinidae و Serranidae با استفاده از روش‌های ریخت سنجی هندسی بررسی کردند. Angelo و همکاران (۱۹۹۶) تغییر شکل بدن باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) را در هنگام رشد در شرایط مختلف با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی مطالعه نمودند. در مطالعه‌ای که Hendry و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از ریخت سنجی هندسی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تغییرات نوع طعمه و قابل‌دسترس بودن طعمه می‌تواند تفاوت‌ها را در شکل‌های ریخت شناختی، مربوط به تغذیه، همانند تغییرات مشاهده‌شده در اندازه سر و موقعیت چشم، افزایش دهد. Angelo و همکاران (۲۰۰۰) تغییرپذیری شکل بدن ماهی *Diplodus puntazzo* را با استفاده از دو روش مورفومتریک هندسی و روش برون‌خطی بررسی نمودند و به نتایج جالبی دست یافتند. نتایج در هر دو روش بسیار شبیه هم بود. Andersson و همکاران (۲۰۰۶) اثر دو فاکتور را بر شکل و کارائی بدن ماهی کاراس در یک آزمایش بررسی کردند، این ماهی زمانی که از زئوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کرد، رشد بدن به‌صورت باریک و زمانی که از شیرونومیدهای کف زی تغذیه می‌کرد، رشد بدن به‌صورت پهن بود، علاوه بر این، حضور جامانده‌های شیمیایی از غذای اردک‌ماهی بر شکل بدن ماهی کاراس تأثیر می‌گذاشت، در غیاب جامانده‌های غذای اردک‌ماهی،

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]

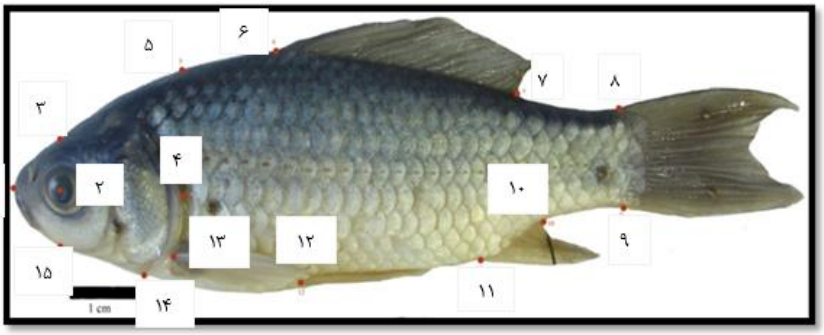
شکل بدن باریک و در حضور آن شکل بدن پهن بود. عمل جستجوی غذا در حضور جامانده غذای اردک‌ماهی زمانی که شیرونومیدهای به‌عنوان طعمه به آن‌ها داده می‌شد، کم بود. نتایج این تحقیق اظهار می‌کند که تغییر در شکل بدن به‌طور غیرمستقیم می‌توانست به‌واسطه تغییرات در عمل جستجوی غذا، تعدیل شود، نهایتاً تغییرات شکل بدن القاشده بر بازده عمل جستجو غذا تأثیر گذاشت. Nacua و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی تغییرات شکل بدن میان دو جمعیت *Glossogobius* صیدشده از دو دریاچه Lanao و Buluan را بررسی کردند. شکل بدن در بین هر دو جمعیت نشان‌دهنده تفاوتی اساسی بود. ماهیانی که از دریاچه Lanao صیدشده بود دارای سر بزرگ‌تر، دهانی باریک‌تر و باله پشتی درازتر و همچنین باله مخرجی درازتر نسبت به ماهی صیدشده از رودخانه Buluan بود. Haas و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی تغییر شکل بدن ماهی *Cyprinella venusta* صیدشده از رودخانه Mobile (ایالات‌متحده آمریکا) و مخزن آب ساکن را مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد شکل بدن ماهی صیدشده از رودخانه با شکل بدن نمونه آب ساکن فرق می‌کند. ماهیان ساکن مخازن آب دارای بدن پهن، سر کوچک‌تر و باله پشتی کوتاه‌تر بودند همچنین باله پشتی و چشم آن‌ها نیز در موقعیت جلوتر نسبت به نمونه رودخانه‌ای بود. ماهی کاراس یک‌گونه غیربومی است که در گستره وسیعی از اکوسیستم‌های آبی ایران پراکنش دارد (عبدلی، ۱۳۷۸). این ماهی در آب‌های ساکن و یا آب‌های تقریباً ساکن با سرعت ناچیز که پوشیده از گیاهان آبزی می‌باشند زندگی کرده و غالباً به همراه ماهیان برکه‌ای دیده می‌شود (Coad, 2013). ماهی کاراس به‌واسطه رقابت برای منابع اکولوژیکی یک اکوسیستم، آثار نامطلوبی بر گونه‌های بومی دارد (عبدلی، ۱۳۷۸). این‌گونه مقاوم می‌توانند در آب‌های حاوی گیاهان آبزی فراوان، اکسیژن کم و آلودگی بالا زیست نماید. آن‌ها همچنین می‌توانند چندین ساعت بیرون از آب زنده بمانند و حتی ممکن است خودشان را به‌صورت موقت در گل‌ولای پنهان نمایند و نسبت به گل‌آلود بودن آب (برای مثال خاک رس تا میزان ۲۲۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، pH از ۴/۵ تا ۱۰/۵، دماهای بسیار بالا و درجه شوری بالا مقاوم هستند (Coad, 2013). با توجه به حضور ماهی کاراس در اکوسیستم‌های آبی مختلف شامل آب‌های جاری و ساکن، به دلیل توانایی بالای آن در سازگاری به شرایط محیطی زیستگاه‌های مختلف، این سؤال پیش می‌آید که چه فرآیند سازگاری ریختی در شکل بدن این‌گونه به وقوع می‌پیوندد تا به ویژگی‌های آن زیستگاه‌ها سازگار گردد. ازاین‌رو به‌منظور پاسخ به این سؤال، تحقیق حاضر باهدف بررسی تغییرپذیری ریختی شکل بدن دو جمعیت ماهی کاراس در دو سیستم آب ساکن (دریاچه آلاگل) و جاری (رودخانه سفیدرود) در حوضه دریای خزر با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی به اجرا درآمد. مطالعه انعطاف‌پذیری ویژگی‌های ریخت شناختی جمعیت‌های یک‌گونه که در محیط‌های متفاوت ازنظر خصوصیات زیستگاهی هستند، امکان درک بهتر نحوه پاسخ جمعیت‌های یک‌گونه به تغییرات محیطی را فراهم می‌نماید (Kuliev, 1988).

مواد و روش‌ها

درمجموع تعداد ۶۷ عدد ماهی کاراس از رودخانه سفیدرود ("۰۱/۸۹ '۰۱ °N:۳۷، "۳۷'۵۸/۱۲ °E:۴۹) (۳۰ عدد) و دریاچه آلاگل ("۲۳/۳۶ '۳۵ °N: ۳۷ "۴۲/۴۸ '۲۰ °E:۳۷) (۳۷ عدد) از حوضه دریای خزر توسط دستگاه الکتروشوکر صید شدند. ماهیان صیدشده پس از بیهوشی در محلول گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت شدند و سپس برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل گردیدند. به‌منظور کاهش تغییرات شکل بدن ناشی از رشد آلومتریک، فقط نمونه‌های بالغ و بزرگ‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر انتخاب شدند. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال باقدرت تفکیک شش مگا پیکسل عکس‌برداری شد و برای استخراج داده‌های شکل تعداد ۱۵ لند مارک تعیین گردید (شکل ۱). لند مارک‌ها با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 بر روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند. روی‌هم گذاری جایگاه لند مارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست (Generalised Procrustes Analysis) به‌منظور حذف تغییرات غیر شکل (شامل مقیاس، جهت و موقعیت) صورت پذیرفت (Zelditch *et al.*, 2004). برای مقایسه اندازه نمونه‌های جمعیت‌های موردمطالعه از اندازه مرکز (Centroid Size) که توسط نرم‌افزار Past محاسبه گردید، استفاده شد. اندازه‌های مرکز نرمال شده دو جمعیت سفیدرود و دریاچه آلاگل توسط Ttest مورد مقایسه قرار گرفتند. داده‌های

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]

حاصل از شکل بدن جمعیت‌های موردمطالعه با استفاده آنالیزهای چند متغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل تشخیصی (DFA) و تجزیه واریانس چند متغیره (Manova) توسط نرم‌افزارهای PAST ویرایش ۲/۱۰ و MorphoJ مورد تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی تفاوت شکل بدن میانگین (Consensus configuration) دو جمعیت نسبت به یکدیگر با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ و توسط شبکه wireframe صورت پذیرفت.



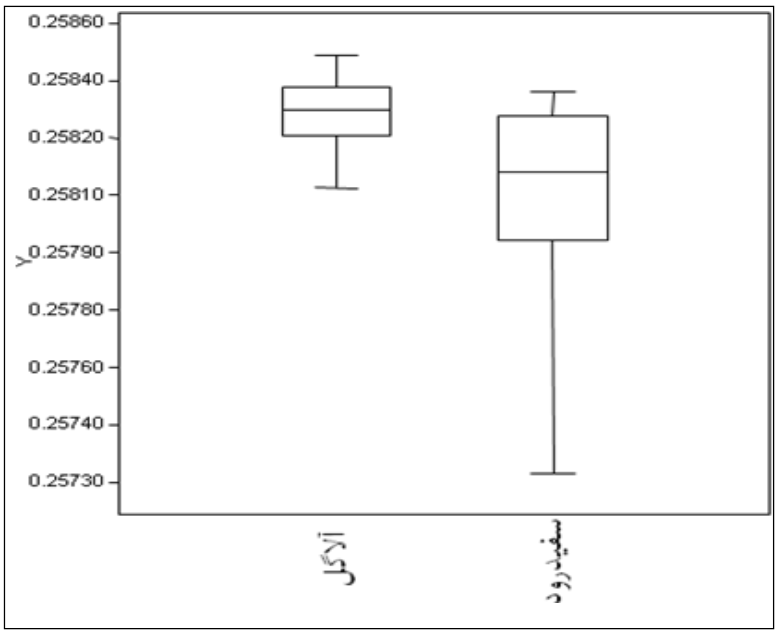
شکل ۱: لند مارک‌های تعیین‌شده بر روی نمونه‌های کاراس (*Carrassius auratus*).

۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا، ۲- نقطه وسط چشم،۳- امتداد خطی عمود از لند مارک شماره ۲ به سمت بالای بدن، ۴- انتهایی‌ترین قسمت سرپوش آب‌ششی، ۵- امتداد خطی عمود از لند مارک شماره ۴ به سمت بالای بدن، ۶- ابتدای قاعده باله پشتی، ۷- انتهای قاعده باله پشتی، ۸- انتهای ساقه دمی در قسمت بالایی، ۹- انتهای ساقه دمی قسمت پایینی، ۱۰- انتهای قاعده باله مخرجی، ۱۱- ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۲- ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله شکمی ۱۳- ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، ۱۴- بخش زیرین شکاف آب‌ششی و ۱۵- امتداد خطی عمود از لند مارک شماره ۲ به سمت پایین بدن.

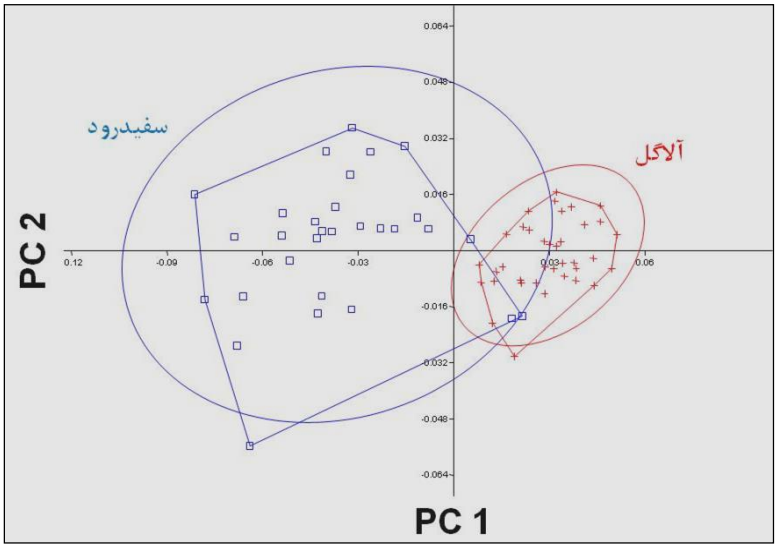
نتایج

در مقایسه اندازه نمونه‌های دو جمعیت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (شکل ۲). آنالیز تجزیه به تابع‌های اصلی تغییرات شکل بدن را در سه PC آشکار نمود. PC1 مربوط به تغییر جایگاه لندمارک‌های مستقر در ناحیه سر، تنه و ساقه دمی و PC2 و PC3 مربوط به تغییر جایگاه لندمارک‌های مرتبط با عرض بدن و نوک پوزه بودند که درمجموع ۶۵/۸۹ درصد از تغییرات قابل‌مشاهده را شامل شدند (شکل ۳). آنالیز PCA نیز نشان داد که این دو جمعیت کاملاً ازلحاظ شکل بدن از یکدیگر قابل‌تفکیک هستند (شکل ۳). تحلیل تشخیصی (DFA) و تجزیه واریانس چند متغیره (Manova) نشان داد که شکل بدن دو جمعیت ماهیان کاراس دریاچه آلاگل و سفیدرود تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند (P<۰/۰۰۰۱) (شکل ۴).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]

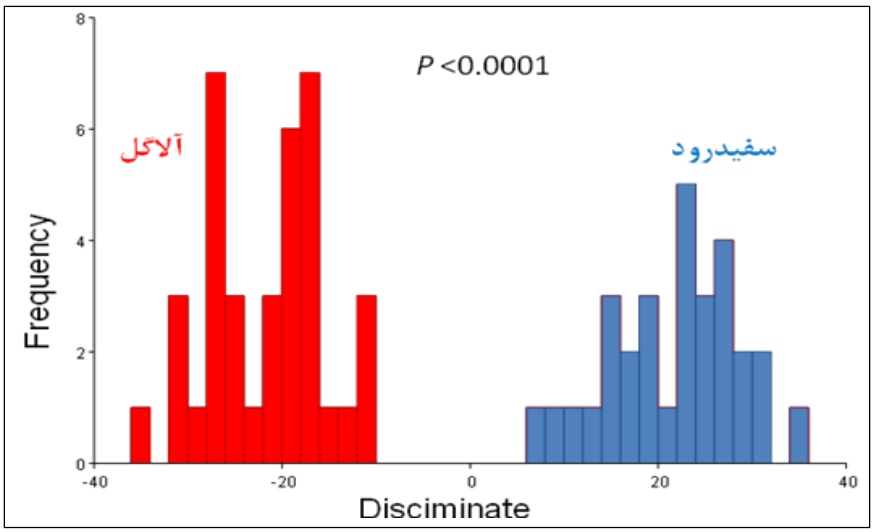


شکل ۲: مقایسه اندازه (اندازه مرکز) نمونه‌های دو جمعیت ماهی کاراس (*Carrassius auratus*) سفیدرود و دریاچه آلاگل.



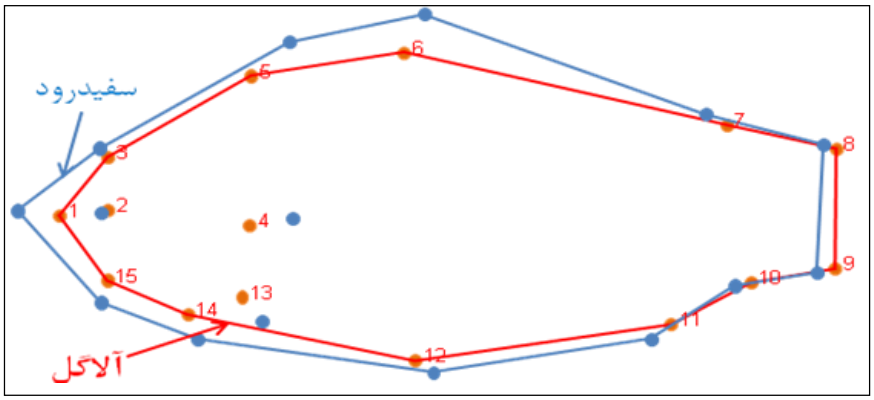
شکل ۳: نمودار آنالیز تجزیه به تابع‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های ماهی کاراس (Carrassius auratus) سفیدرود و دریاچه آلاگل.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]



شکل ٤: نمودار تحلیل تشخیصی (Discriminant Functional Analysis) داده‌های مختصات لندمارک‌های مربوط به شکل بدن جمعیت‌های ماهی کاراس (*Carrassius auratus*) رودخانه سفیدرود و دریاچه آلاگل.

مقایسه میانگین شکل بدن دو جمعیت ماهی کاراس سفیدرود و دریاچه آلاگل نشان داد که ماهیان رودخانه سفیدرود دارای شکل بدن پهن‌تری نسبت به ماهیان دریاچه آلاگل می‌باشند و علاوه بر این سر ماهیان سفیدرود بزرگ‌تر و تیزتر بوده و دم کوتاه‌تری نسبت به ماهیان آلاگل دارند. در ماهیان سفیدرود، موقعیت باله‌های سینه‌ای نیز نسبت به جمعیت ماهی کاراس آلاگل کمی به‌طرف عقب جابه‌جاشده بودند (شکل ۵).



شکل ۵: نمودار مقایسه شکل بدن جمعیت‌های ماهی کاراس (Carrassius auratus) سفیدرود و دریاچه آلاگل به‌صورت گراف Wireframe.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن دو جمعیت کاراس موردمطالعه وجود دارد. بر اساس نتایج، ماهیان رودخانه سفیدرود دارای شکل بدن پهن، سربزرگ و ساقه دمی نسبتاً کوتاه‌تری نسبت به ماهیان دریاچه آلاگل هستند. علاوه بر این سر ماهیان سفیدرود تیزتر بوده و دم کوتاه‌تری نسبت به ماهیان آلاگل دارند. در ضمن در ماهیان سفیدرود، موقعیت باله‌های سینه‌ای نسبت به جمعیت کاراس آلاگل کمی به‌طرف عقب

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]

جابه‌جاشده بودند. در ضمن قاعده باله دمی در ماهیان سفیدرود طویل‌تر از ماهیان آلاگل بود. مطالعه Haas و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که ماهیان آب ساکن دارای بدن پهن، سر کوچک‌تر، باله پشتی کوتاه‌تر هستند. نتایج مقایسه شکل بدن جمعیت‌های رودخانه زی و دریاچه‌ای، نتایج کاملاً متفاوتی را با مطالعات قبلی نشان دادند، چراکه ماهیان رودخانه سفیدرود دارای بدنی پهن‌تر نسبت به ماهیان دریاچه آلاگل بودند. با توجه به مشاهدات انجام‌شده در مورد جایگاه زیست و محل صید این‌گونه در رودخانه سفیدرود، زیستگاه ماهی کاراس به ریز زیستگاه‌های خاص موجود در رودخانه وابسته می‌باشد، به‌عبارت‌دیگر ماهی کاراس فقط در حاشیه رودخانه و درجایی که پوشش گیاهی وسیع وجود دارد، یافت می‌شود و این‌گونه به‌هیچ‌عنوان در جریان‌های آزاد رودخانه زیست نمی‌کند. ازاین‌رو شکل بدن پهن‌تر برای استقرار در محیط‌ها و فضاهای فاقد جریان بین گیاهان آبزی حاشیه رودخانه‌ای برای این‌گونه مناسب خواهد بود. اساساً بدن‌های پهن و سربزرگ یک سازگاری برای قابلیت مانور سریع را پیشنهاد می‌کند و می‌تواند به یافتن غذا در آن‌ها کمک نماید (Langerhans *et al*., 2003). ماهیان رودخانه سفیدرود سر بزرگ‌تر و تیزتری (انتهایی‌تر) نسبت به ماهیان دریاچه آلاگل داشتند. تغییر در شکل بدن و به‌ویژه سر به‌طور غیرمستقیم به‌واسطه تغییرات در عمل جستجوی غذا می‌باشد و این تغییرات شکل القاشده، بر بازده عمل جستجو غذا تأثیر می‌گذارد (Andersson *et al*., 2005). تغییر شکل در ناحیه سر و دهان عمدتاً منعکس‌کننده تفاوت در تغذیه شامل نوع و جهت تغذیه و ترکیب غذایی مورداستفاده هست (Langerhans *et al*., 2003). ماهیان، غذای در دسترس غالب (که بیشتر در محیط است) را حتی برخلاف تخصص غذایی مورداستفاده قرار می‌دهند (Lowe-Mc Connel, 1987; Winemiller, 1989, 1990; Robninson and Wilson, 1994). علیرغم اینکه ماهی کاران یک‌گونه همه‌چیزخواراست، ولی ازآنجایی‌که در محیط‌های رودخانه‌ای غذای این‌گونه شامل گیاهان آبزی و آبزیان روی آن‌ها می‌باشد یا به‌عبارت‌دیگر از ستون آب تغذیه می‌کند (باقری و همکاران، ۱۳۸۹)، سربزرگ و دهان انتهایی در آن‌ها می‌تواند توجیه گردد (Winemiller, 1992; Moyle and Cech, 2000). از سوی دیگر به دلیل اینکه در محیط‌های دریاچه‌ای غذای در دسترس عمدتاً شامل بنتوزها و دیتریت‌ها می‌باشد، ازاین‌رو دهان زیرین‌تر و سر کوچک‌تر در ماهیان این اکوسیستم‌ها همانند جمعیت آلاگل می‌تواند برای این گروه یک مزیت محسوب گردد (Winemiller, 1992; Moyle and Cech, 2000; Haas *et al*., 2011). البته برای تائید این فرضیه نیاز است که تغذیه جمعیت‌های دریاچه‌ای موردبررسی قرار گیرد.

جمعیت ماهیان کاراس رودخانه سفیدرود دارای موقعیت باله‌های سینه‌ای جابه‌جاشده به‌طرف عقب و قاعده باله مخرجی طویل‌تری نسبت به ماهیان آلاگل بودند. Nacua و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی تغییرات شکل بدن میان دو جمعیت *Glossogobius* صیدشده از دو دریاچه Lanao و Buluan را موردمطالعه قراردادند و نتایج نشان داد که ماهیان دریاچه زی باله پشتی و همچنین باله مخرجی درازتری نسبت به ماهیان صیدشده از رودخانه داشتند. مطالعه Haas و همکاران (۲۰۱۱) نیز بر روی شکل بدن ماهی *Cyprinella venusta* صیدشده از رودخانه Mobile و مخزن آب ساکن نشان داد که ماهیان صیدشده از رودخانه دارای بدن پهن، سر کوچک‌تر، باله پشتی کوتاه و جلویی‌تری نسبت به نمونه‌های رودخانه‌ای بودند. با توجه به مقایسه نتایج این تحقیق و مطالعات دیگر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که انعطاف‌پذیری شکل بدن و باله‌ها در ماهیان احتمالاً به نوع گونه و نوع ریز زیستگاه محل سکونت وابسته می‌باشد و باله سینه‌ای عقبی و باله مخرجی دراز در جمعیت سفیدرود یک مزیت شناگری برای ماهی کاراس در ریز زیستگاه رودخانه‌ای (حاشیه دارای گیاهان آبزی فراوان) می‌باشد.

Nacua (۲۰۱۰) در تحقیقی بر روی شکل بدن دو جمعیت ماهی گوپی سفید ساکن در دریاچه و رودخانه مشاهده کرد که شکل بدن در بین دو جمعیت تفاوت دارند. در این مطالعه ماهیان ساکن دریاچه دارای سر بزرگ‌تر، دهانی باریک‌تر و باله مخرجی درازتر نسبت به جمعیت رودخانه‌ای بودند. بعضی‌اوقات تغییرپذیری ریختی در ویژگی‌های ریختی می‌تواند انعکاسی از فشار در فرآیندهای شکار و شکارچی باشد (Robinson and parasons 2002). این پدیده با به‌کارگیری ریخت سنجی هندسی بر روی ماهی ماکرل مدیترانه‌ای نیز مشاهده‌شده است (Turan, 2004). به‌عبارت‌دیگر افزایش ارتفاع بدن می‌تواند یک استراتژی برای مقابله با شکار شدن باشد که در آن به‌واسطه افزایش ارتفاع بدن به نسبت دهان و دستگاه گوارش شکارچیان به وقوع می‌پیوندد (Lattuca *et al*., 2007). موقعیت باله دمی با موقعیت ماهی در ستون آب در ارتباط بوده و حتی تفاوت در موقعیت باله سینه‌ای می‌تواند دال بر تفاوت‌های الگوی شنا باشد (Turan, 2004). Carpenter (۱۹۹۶) در بررسی که بر روی ماهیان

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]

خانواده Serranidae انجام داد، داشتن بدنی بلند و ساقه دمی کوتاه‌تر در بعضی از نمونه‌ها نسبت به دیگر نمونه‌ها را تابعی از تغییرات در محل سکونت و بوم‌شناسی هر نمونه ذکر کرد. Darcy (۱۹۸۵) در بررسی یک ماهی دریایی عنوان کرد ماهیان باریک با سرهای کوچک و ساقه دمی درازتر شناگرهای بهتری هستند که اساساً در اعماق شنی یافت می‌شوند و به‌طور فعال از ماهیان و سخت‌پوستان بستر تغذیه می‌کنند. نتایج مطالعه حاضر، انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن ماهی کاراس را نسبت به ویژگی‌های محیطی زیستگاه تائید نمود. شکل کلی بدن ماهی کاراس به‌طور طبیعی پهن می‌باشد و این امر یک ویژگی ژنتیکی در آن‌ها است. ازاین‌رو این‌گونه غیربومی برای استقرار در یک اکوسیستم آبی نیاز به یک محیط نسبتاً ساکن دارد که می‌تواند آب‌های ساکن دریاچه‌ای یا ریز زیستگاه‌های نسبتاً ساکن موجود در رودخانه‌ها باشد. ازآنجایی‌که پاسخ سازگاری یک‌گونه به محیط می‌تواند همزمان به تمایز ژنتیکی و تغییرپذیری ریختی باشد (West-Eberhard, 1989)، با توجه به اینکه زمان طولانی از معرفی این‌گونه به آب‌های داخلی کشور نمی‌گذرد، ازاین‌رو در این‌گونه، زیستگاه و ویژگی‌های مربوط به آن باید به‌عنوان عامل مؤثرتر بر شکل بدن در نظر گرفته شود.

منابع

باقری، ط.، عبدلی، ا. و هدایتی، ع. ا.، ۱۳۸۹. بررسی سن و رشد ماهی کاراس (*Carassius auratus*) در مصب رودخانه گرگان. مجله زیست‌شناسی ایران، دوره ششم، شماره بیست‌وسه، صفحات ۸۴۹-۸۴۳.

صیاد بورانی، م. ۱۳۷۷. زیست‌سنجی و بررسی جمعیتی ماهی کاراس تالاب انزلی در سال ۱۳۷۶. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

عبدلی، ا، ۱۳۷۸. ماهیان آب‌های داخلی ایران. انتشارات نقش مانا، چاپ اول، تهران، ۳۷۷ ص.

Adams, D. C. and Funk, D. J., 1997. Morphometric inferences on sibling species and sexual dimorphism in Neochlamisus bebbianae leaf beetles:multivariate applications of the thin-plate spline. Systematic Biology, 46: 180-194.

Andersson, J., Frank, J. and Tony, S., 2006. Interactions between predator-and diet-induced phenotypic changes in body shape of crucian carp. 273, 431–437.

Angelo, L., Busilacchi, S., CLudovic, C. and Cataudella, F. S., 2000. Comparing geometric morphometrics andoutline fitting methods to monitor fish shapevariability of *Diplodus puntazzo* (Teleostea:Sparidae). Aquacultural Engineering 21. 271–283

Bookstein, F. L., 1991. Morphometric tools for landmark data:geometri and biology. Cambridge: Cambrige University Press.

Carpenter, K. E., 1996. Morphometric pattern and feeding mode inemperor fishes (Lethrinidae, Perciformes). In LF Marcus,M Corti, A Loy, G Naylor, DE Slice, eds. Advances inmorphometrics. NATO ASI Series A: Life Sciences, Vol.284. New York: Plenum Publ., pp. 479-487

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). Environmtao Biology of Fish, 78: 115–123.

Coad, B., 2013. Fresh water fishes of Iran. Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae, Brno, 29(1): 1

Darcy, G. H., 1985. Synopsis of biological data on the sand perch,*Diplectrum formosum* (Pisces, Serranidae). NOAA Tech.Rep. Circ. NMFS 26: 1-21.

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.10.1098.

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.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]

Kuliev, Z. M., 1988. Morphometric and ecological characteristics of Caspian Vimba" *Vimba vimba persa*". Journal of Ichthyology, 28: 29-37.

Langerhans, R. B., Layman, C. A., Langerhans, A. K. and DeWitt, T. J., 2003. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. Biol. J.linn.Soc, 80: 689-698.

Lattuca, M., Battini, A. and Macchi, P. J., 2007. Trophic interactions among native and introduced fishesin a northern Patagonian oligotrophic lake. Journal of Fish Biology. 72, 1306–1320

Lowe-Mc Connell, R. H., 1987. Ecological studies in tropical fish communities. London: Cambridge University Press.

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.

Moyle, P. B. and Cech, J. J. Jr., 2000. Fishes: an introduction to ichthyology. Uppersaddle River, NJ: Prentice Hall.

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.

Robinson, B. W. and Wilson, D. S., 1994. Character release and displacement in fishes: aneglected literature. Am. Nat,144: 596-627.

Robinson, B. W. and Parsons, k. J., 2002, Changing times, spaces and faces:tests and implications of adaptive morphological plasticity in the fishes of northern postglacial lakes. Can .J. Fish. Aquat. Sci.,59:1819-1833.

Rohlf, F. J., 1998. On applications of geometrics morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny.*Systematic Biology* .47 : 147-158 .

Rohlf, F. J. and Marcus, L. F., 1993. A revolution in Morphometrics. Trends in Ecology and Evolution, 3: 129 - 132.

Tjark, H., 2009. Geometric morphometric analysis of head shape in Thamnophis eleganus.M.S.Thesis.California state university, chico.P.P.75.

Turan, A. D., Memiş, B., Karamanlỳoðlu, Z. PamukÇu, and Sut, N., 2004. Acta Anaesthesiologica Scandinavica. Article first published online: 25 FEB 2004DOI: 10.1111/j.0001-5172.2004.00350.x

Webb, P. W., 1982. Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. American Zoologist, 22: 329–342.

West-Eberhard, M. J., 1989. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 20: 249–278.

Winemiller, K. O., 1989. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelanllanos. Environmental Biology of Fishes, 26: 177–199.

Winemiller, K. O., 1990. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. Ecological Monographs, 60: 331–367.

Winemiller, K. O., 1992. Ecomorphology of freshwater fishes. National Geographic Research and Exploration, 8: 308–327

Zelditch, M. L., swiderski, D. L., Sheets, D. H. and Fink, W. L., 2004. Geometric morphometrics biologists. san Diego, CA: Academic Press.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2025-06-15]