

بررسی انعطاف پذیری ریختی ماهی خواجه (*Schizotorax pelzami* Kessler 1870) در شرق ایران با

استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

آمنه سازگار^۱، امید صفری^{۲*}، شهناز دانش^۲، فائزه یزدانی مقدم^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۳

چکیده

ماهی خواجه از جمله آبزیان موجود در زیستگاه‌های آبی مختلف شمال شرق کشور است. با توجه به توانایی زیست این گونه در زیستگاه‌های مختلف تعداد ۱۲۴ نمونه ماهی از هفت منطقه مختلف واقع در شمال شرق ایران در دو حوضه آبریز تجن و کویر نمونه‌برداری گردید، از سمت جانی چپ نمونه‌ها عکسبرداری و تعداد ۱۷ لندمارک (مرز نشانه) جهت استخراج داده‌های شکل بدن رقمی گردید. تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن هر پنج جمعیت مورد مطالعه وجود داشت. عمده‌ی این تفاوت‌ها مربوط به تغییرات در ناحیه پوزه، عمق سر، موقعیت باله‌ی سینه‌ای و مخرجی و بودند، که بیانگر انعطاف‌پذیری این بخش‌ها در پاسخ به شرایط محیطی زیستگاه جمعیت‌های مورد بررسی می‌تواند باشد. داشتن دهان با موقعیت شکمی، شکل سر و شکل بدن کاملاً دوکی شکل به عنوان ویژگی‌های مشترک در بین اعضای این گونه بودند که می‌تواند بیانگر عامگرا بودن شکل بدن این گونه ساکن در رودخانه به عنوان یک مزیت باشد.

واژه‌های کلیدی: حوضه تجن، حوضه کویر، سازگاری ریختی، رودخانه

مقدمه

تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند به واسطه تفاوت‌های ژنتیکی و انعطاف‌پذیری ریختی تحت تاثیر شرایط محیطی باشد. فاکتورهای محیطی به واسطه‌ی انتخاب طبیعی سبب افزایش کارایی یک ریخت در بین افراد یک زیستگاه و در نتیجه جداسازی ریختی جمعیت‌های آن در زیستگاه‌های مختلف می‌گردد (پیرمحمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ یگانه و همکاران، ۱۳۹۲؛ Keely et al., 2007). از عوامل زیستی موثر بر این فرایند تکاملی، می‌توان به رقابت، شکار، میزان دسترسی به منابع غذایی و به عوامل فیزیکی موثر به نوع بستر، عمق آب، پوشش گیاهی حوضه آبریز، اثرات دستکاری انسانی مانند سدسازی اشاره کرد. اثرهای متقابل این عوامل می‌تواند سبب ایجاد سازگاری‌ها و تغییرات در قالب صفاتی همچون شکل بدن، الگوهای تغذیه‌ای، الگوهای شنا و رفتارهای تولیدمثلی شود. افزایش کارایی یک ریخت و انتخاب آن بر حسب ویژگی‌های

^۱ کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، گرایش زیستگاه‌ها و تنوع زیستی
دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، گروه شیلات و محیط‌زیست
^۲ استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه بیوسیستماتیک جانوری

* (نویسنده مسئول: omidsafari@um.ac.ir)

هر منطقه متفاوت است لذا این امکان وجود دارد که یک ویژگی ریختی در یک زیستگاه برتر باشد، اما در زیستگاه دیگر سبب کاهش قابلیت استفاده از منابع دیگر شود.

جمعیت‌های جدا شده یک گونه به دلیل اثرات فاکتورهای فیزیکی و زیستی (بیرونی) و فاکتورهای ژنتیکی (درونی) در زیستگاه‌های مختلف به واسطه‌ی استفاده از منابع آن زیستگاه سازگاری‌های منطقه‌ای از جمله تنوع ریختی را به نمایش می‌گذارند. در این بین برای آشکارسازی این تفاوت‌های ریختی، استفاده از ریخت‌سنجی هندسی به عنوان یک روش نوین در مطالعه‌ی اشکال زیستی و تغییرات شکل در بین جمعیت‌های مختلف توسعه پیدا کرده است. این روش می‌تواند الگوهای مختلف تغییر شکل ایجاد شده در نتیجه فرایندهایی از قبیل رشد و سازگاری‌های محیطی را نمایان سازند (Eagderi *et al.*, 2013). برخلاف روش‌های سنتی که براساس فواصل اندازه‌گیری شده می‌باشد، در روش ریخت‌سنجی هندسی از مختصات نقاط مرز نشانه برای استخراج داده‌های شکل برای تحلیل‌های چند متغییره استفاده می‌شود. با توجه به پراکندگی زیاد سیاه ماهی توفینی در بوم سازگان‌های آبی مختلف از جمله رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و نهرها، این سوال پیش می‌آید که اعضای این گونه دارای چه ویژگی‌های ریختی مشترکی هستند که آنها را قادر می‌سازد تا بتواند در انواع بوم سازگان‌ها با شرایط هیدرولوژیکی و فیزیکی متفاوت زیست نمایند. از این‌رو تحقیق حاضر با هدف بررسی روند انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت‌های مختلف این گونه جهت درک نحوه سازگاری ریختی آن به بوم سازگان‌های آبی مختلف به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک بهتر شباهت‌های ریختی گونه‌های مختلف آب‌های شیرین کمک نموده و منجر به شناخت روند تاریخ تکامل اعضای این جنس نیز گردد چرا که انشقاق بر اثر انعطاف‌پذیری ریختی یا تکامل فرد می‌تواند روند تکاملی در حال پیشرفت اعضای آن گونه را نیز ارائه نمایند.

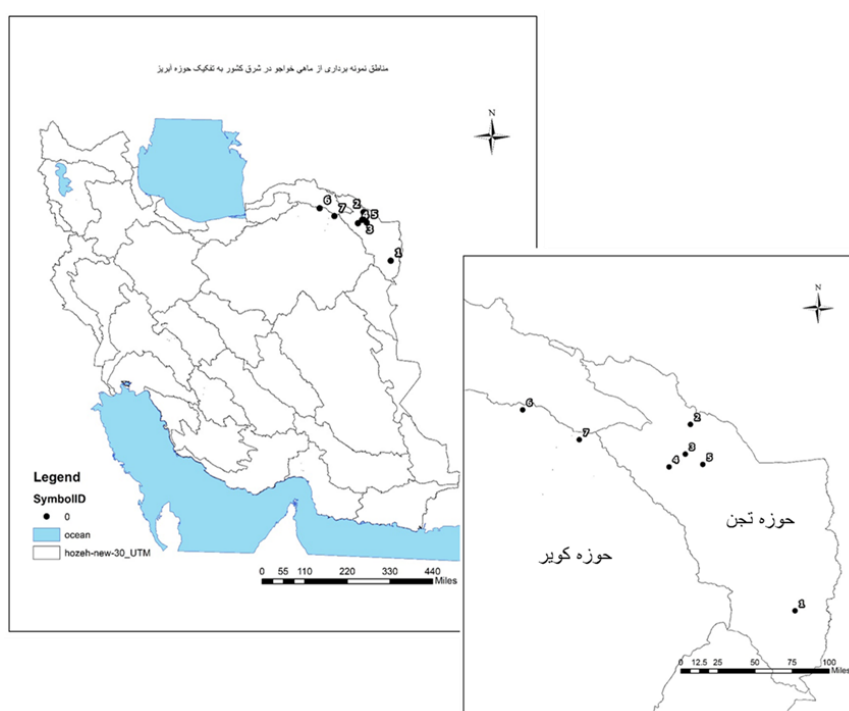
مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

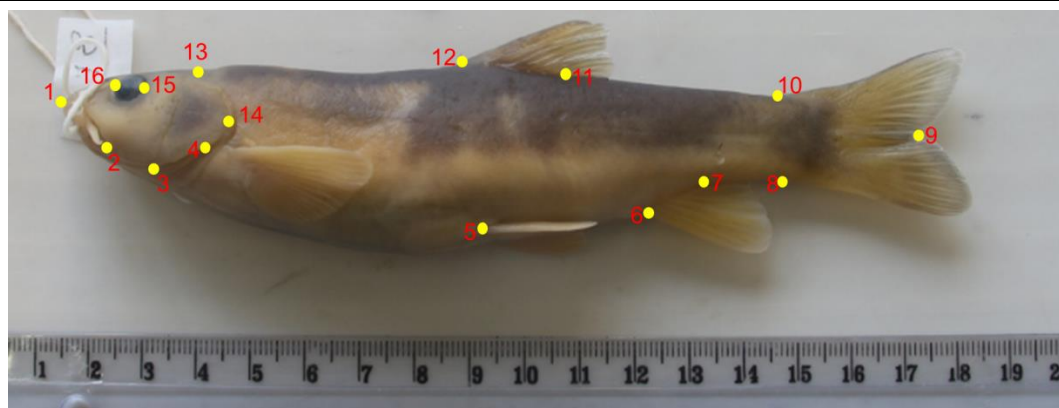
در مجموع تعداد ۱۲۴ نمونه از هر جمعیت (از گونه ماهی خواجه از هفت بوم سازگان) آبی مختلف شامل رودخانه‌های مناطق دربادام قوچان و چشمه روئین مربوط به حوضه کویر و درونگر درگز، آبدق و کارده مشهد، تربت جام و خان‌آباد چناران در حوضه تجن هستند. در فصول مختلف با استفاده از دستگاه الکتروشوکر^۱ و تور دستی صید گردیدند (شکل ۱). نمونه‌ها پس از بی‌هوشی، در فرمالین ۱۰ درصد بافری تثبیت و سپس برای مطالعات بعدی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. از تمامی نمونه‌های صید شده برای این پژوهش استفاده شد و از نظر جنسیت نیز تفکیک نشدند. لازم به ذکر است که نمونه‌های مورد بررسی در خارج فصل تولیدمثل صید شده بودند.

روش کار

برای تهیه داده‌های مورد نیاز از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از پایه تصویربرداری مجهز به دوربین دیجیتال سونی با قدرت تفکیک شش مگاپیکسل عکسبرداری شد. سپس با استفاده از نرم افزار TpsDig2 روی تصاویر دو بعدی تعداد ۱۷ مرز نشانه تعریف و رقمی شدند (شکل ۲). برای استخراج داده‌های شکل و حذف داده‌های غیرشکل شامل اندازه، موقعیت و جهت، جایگاه مرز نشانه‌ها با استفاده از تحلیل پروکراست روی هم‌گذاری شدند. داده‌های حاصل از شکل بدن جمعیت‌های مورد بررسی با استفاده از تحلیل‌های چندمتغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه هبستگی کانونی آقرار گرفتند. تمامی تحلیل داده‌های شکل با استفاده از نرم‌افزارهای (MorphoJ14 و Past) انجام شد.



شکل ۱: مناطق نمونه‌برداری شده ماهی خواجه (*Schizothorax pelzami*) در شرق ایران به تفکیک حوزه آبریز (۱) تربت جام، (۲) درونگر درگز، (۳) کارده مشهد، (۴) خان‌آباد چناران، (۵) آبقد مشهد، (۶) چشمه روئین اسفراین و (۷) دربادام قوچان.

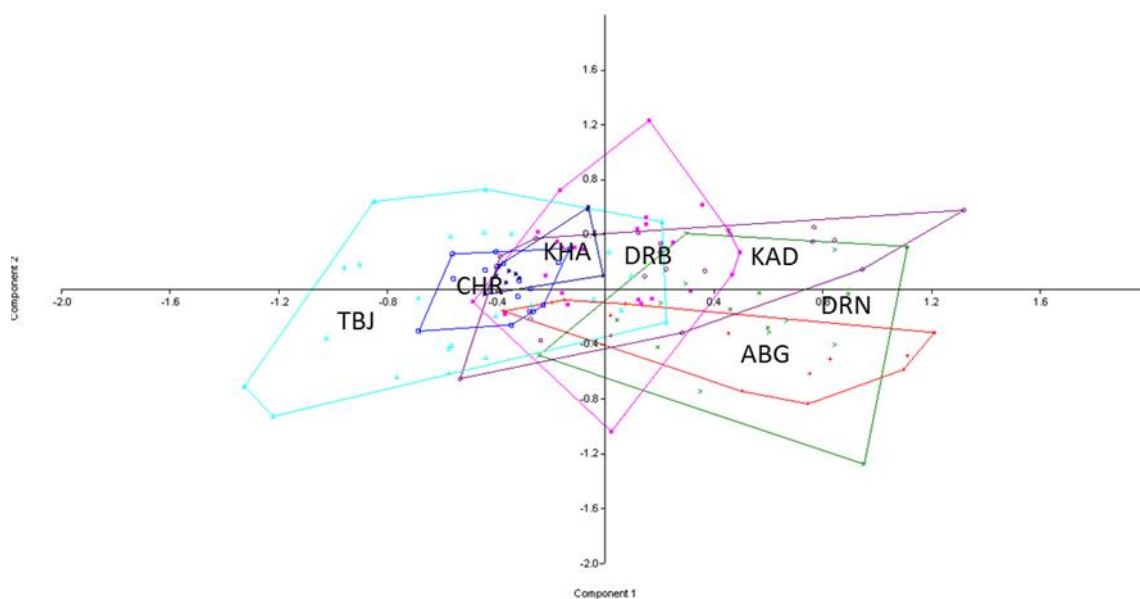


شکل ۲: لندمارک‌های استفاده شده در این مطالعه

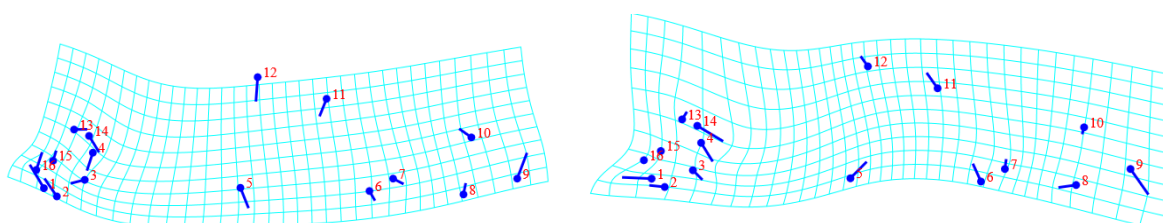
(۱): ابتدایی‌ترین بخش پوزه در فک بالا، (۲): ابتدای قاعده باله پشتی، (۳): بخش زیرین سرپوش آبششی، (۴): ابتدایی-ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، (۵): ابتدایی‌ترین نقطه قاعده باله شکمی، (۶): ابتدای قاعده باله مخرجی، (۷): انتهای قاعده باله مخرجی، (۸): بخش پائینی بشت‌ترین تورفتگی ساقه دم، (۹): انتهای‌ترین بخش ساقه دم، (۱۰): بخش بالای بیشترین تورفتگی ساقه دم، (۱۱): انتهای قاعده باله پشتی، (۱۲): ابتدای قاعده باله پشتی، (۱۳): خط عمود با انتهای سرپوش آبششی (بالای بدن)، (۱۴): انتهای‌ترین بخش سرپوش آبششی، (۱۵): ابتدایی‌ترین بخش چشم، (۱۶): انتهای‌ترین بخش چشم (ایگدری و همکاران، ۱۳۹۲).

نتایج و بحث

تحلیل تجزیه به مولفه‌های اصلی هفت جمعیت حوضه تجن و کویر نشان داد که دو مولفه اول و دوم در مجموع بیش از ۷۸ درصد از تغییرات شکل بدن را شامل می‌شوند (مولفه اول و دوم = $78/2$). مولفه اول نشان دهنده تغییرات مربوط به جمع شدگی ناحیه پس‌سری، بزرگ شدن فاصله دهان و لبه زیرین چشم و فاصله بین باله سینه‌ای و انتهای شکاف آبششی بود. مولفه دوم نیز بیانگر کوتاه شدن ناحیه پوزه، کاهش بین لبه زیرین چشم و شکاف آبششی بود (شکل ۳). تحلیل تجزیه همبستگی کانونی (شکل ۴) هفت جمعیت مورد مطالعه را از هم متمایز نمود. کمترین فاصله بین جمعیت‌های درون‌گر درگز، تربت‌جام و دربادام قوچان و بیشترین فاصله نیز بین جمعیت‌های کارده و آبقد مشهد بودند.



شکل ۳: نمودار تجزیه به مولفه‌های اصلی شکل بدن برای هفت جمعیت مورد مطالعه در این پژوهش (ABGH): آبقد مشهد، (DRB): دربادام قوچان، (DRN): درونگر درگز، (CHR): چشمه روئین اسفراین، (KAD): کارده مشهد، (KHA): خان آباد چناران و (TBJ): تربت جام.

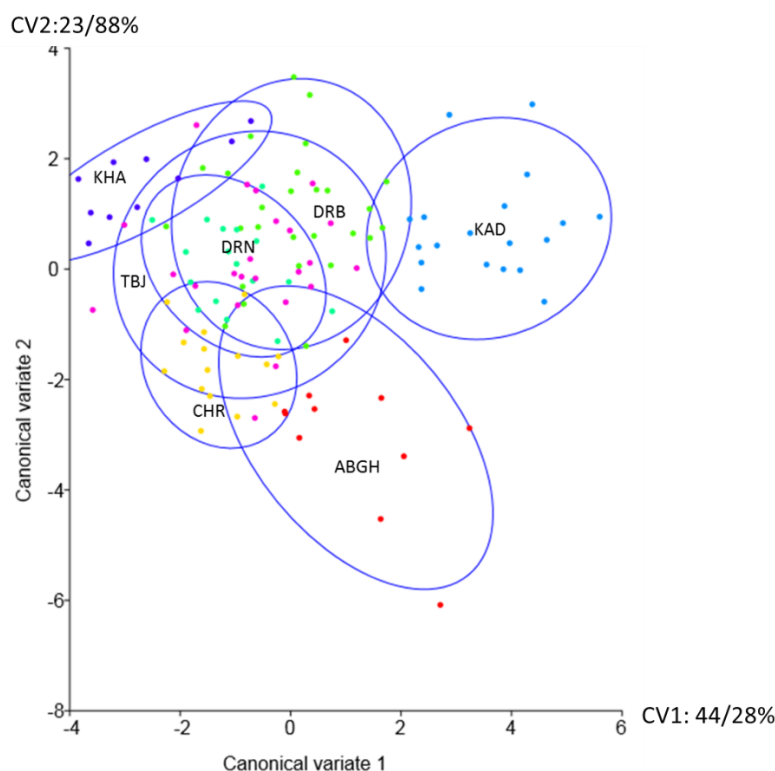


شکل ۴: شبکه تغییرات مربوط به مولفه‌های اصلی هفت جمعیت مورد مطالعه در ریخت‌سنجی هندسی از ماهی خواجه در

شرق کشور (شکل چپ PC1 ۶۸/۲ درصد) و شکل راست PC2 ۹/۷ درصد))

تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی هفت جمعیت حوضه آبریز کویر و تجن در شرق ایران نشان داد که در مولفه اول (PC1) که ۶۸/۲ درصد از تغییرات را شامل می‌شود مربوط به تغییر جایگاه لندمارک‌ها در ناحیه سر و ساقه دم است، مولفه دوم (PC2) نیز تغییرات مربوط به بخش پوزه و انتهای دم را شامل می‌شود که ۱۰ درصد تغییرات است، مولفه سوم (PC3) تغییرات را در ناحیه انتهای و ساقه دم نشان می‌دهد نیز ۵ درصد تغییرات شکل بدن را داشت. تغییرات شکل بدن تا مولفه ششم درصد قابل توجهی داشت و سایر مولفه‌ها نیز به صفر میل کرد. در بررسی مولفه‌های اصلی، جمعیت‌های آبقد مشهد و کارده در ناحیه سر و ساقه دم اختلاف داشتند و جمعیت‌های چشمه روئین، تربت جام، دربادام قوچان در بخش میانی بدن از

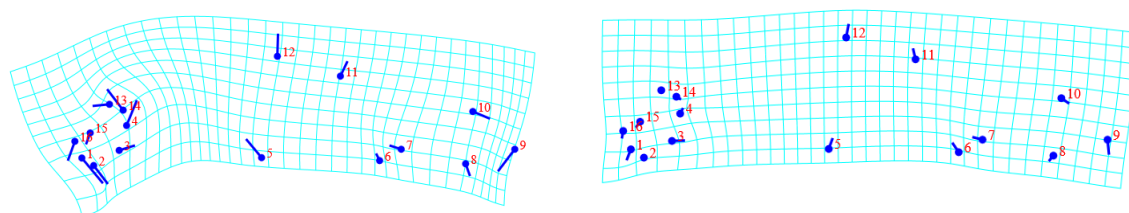
لحاظ شکل دارای اختلاف بودند. شبکه تغییرات شکل بدن در تحلیل مولفه‌های اصلی در مولفه اول (PC1) که بیشترین میزان تغییر (۶۸ درصد) را به خود اختصاص داده است، در ناحیه سر، پوزه، پشتی و انتهای دم اختلافاتی را نشان می‌دهد که مربوط به لندمارک‌های شماره ۱، ۲، ۱۵، ۱۶، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ است.



شکل ۵: نمودار CVA مربوط به آنالیز شکل بدن هفت جمعیت بررسی شده در ریخت‌سنجی هندسی در این مطالعه (ABGH): آبقد مشهد، (DRB): دربادام قوچان، (DRN): درونگر درگز، (CHR): چشمه روئین اسفراین، (KAD): کارده مشهد، (KHA): خان آباد چناران و (TBJ): تربت جام.

بر طبق نتایج حاصل شده از تحلیل همبستگی کانونیک (CVA) بر اساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) در آنالیز ریخت‌سنجی هندسی، هفت جمعیت بررسی شده با توجه به عدد ویلکس-لامبادا (۰/۰۲۶۴۸) وجود داشت و میزان واریانس CV به ترتیب CV1: ۶۸/۲۸، CV2: ۹/۷۸۱، CV3: ۴/۵۳۸، CV4: ۳/۱۲۵ گزارش شد. نتایج مقایسه تغییرات شکل بدن در شبکه تغییر شکل نشان داد که تفاوت شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهی خواجه از الگوهای متنوعی تبعیت می‌کند (شکل ۵). با توجه به تغییر جایگاه رمز نشانه نمونه‌های رودخانه‌ها نسبت به شکل اجماع دارای اختلاف در لندمارک‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۱۳، ۱۴ و ۱۶ (شکل ۶) هستند و جمعیت رودخانه آبقد مشهد را عرض بدن کم‌تر نسبت به سایر جمعیت‌ها و جمعیت رودخانه کارده دارای عرض بدن بیشتر می‌باشد. در لندمارک‌های شماره ۱، ۲، ۱۴

و ۱۵ (پوزه پهن و بزرگتر، شکل ۶) جمعیت‌های خان آباد و چشمه روئین دارای اختلاف است. در لندها ۵، ۶، ۷، ۱۱ و ۱۲ (اختلاف در طول بدن مشاهده شده و بدن شکل دوکی بیشتری دارد، شکل ۶) جمعیت‌های درونگر درگز، تربت جام و دربادام قوچان اختلاف نشان دادند. لندها ۸، ۹ و ۱۰ (باله پشتی پهن‌تر) اختلاف داشتند (شکل ۶). در بررسی واریانس‌ها نیز CV1 با ۶۹ درصد بیشترین میزان CV را به خود اختصاص داده است و CV2 و CV3 به ترتیب میزان اثرپذیری کمتری دارند. در نمونه‌های بررسی شده از جمعیت‌های مختلف در تحلیل همبستگی کانونیک بیشترین جابجایی لندها مربوط به ناحیه سر و باله پشتی است.



شکل ۶: شبکه تغییرات مربوط به تحلیل کانونیک شکل بدن هفت جمعیت مورد مطالعه در ریخت‌سنجی هندسی شرق

کشور (شکل چپ CV1 (۴۴/۲۸) و شکل راست CV2 (۲۳/۸۸))

در بین مهره‌داران، ماهیان بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات محیطی از خود نشان می‌دهند (Turan, 2000). شرایط محیطی مختلف (دما، دسترسی به غذا، جریان آب، کم‌دورت و عمق آب) سبب تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌شود. این پژوهش نشان داد که اختلافات معنی‌داری از لحاظ شکل بدن در بین جمعیت‌های مختلف ماهی خواجه در زیستگاه‌های متفاوت وجود دارد که بیشترین اختلافات مربوط به ناحیه پوزه، موقعیت باله سینه‌ای، باله دم و طول بدن (شکل دوکی) که با نتایج نصری و همکاران، ۱۳۹۳ و اسماعیل‌زادگان و همکاران ۱۳۹۲ با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی مطابقت داشت. با این وجود متاسفانه تاکنون مطالعه‌ای در خصوص شکل بدن ماهی خواجه (*Schizothorax pelzami*) صورت نگرفته است تا همخوانی اطلاعات به دست آمده از این پژوهش به نقد گذارده شود. با توجه به اینکه بیشترین تغییرات لندها در ریخت‌سنجی هندسی در بخش سر، پوزه و ناحیه پشتی است و اختلافات جغرافیای موجود در بین هفت جمعیت بررسی شده ناشی از وجود اختلافات به نظر می‌رسد، بنابراین شرایط محیطی مناطق دارای اختلاف مثل شیب منطقه، محدودیت‌های جمعیتی و رقابت بر سر غذا در این مناطق می‌تواند این اختلافات را سبب شده باشد.

در بین مهره‌داران، ماهیان بیشترین حساسیت را نسبت به سایر موجودات در برابر تغییرات محیطی از خود نشان می‌دهند (Turan, 2000). نتایج بررسی نشان داد که شکل بدن بسته به منطقه جمعیت‌های مورد مطالعه تغییر یافته است و همین امر جدایی ریختی وابسته به زیستگاه متفاوت جمعیت‌های ماهی خواجه را در حوزه کویر و تجن آشکار می‌سازد. در مطالعه حاضر جدایی جمعیت‌های آبقد مشهد، کارده مشهد، تربت جام و چشمه روئین از سایر جمعیت‌ها به خوبی جالب توجه است. به

خصوص در همبستگی کانونیک در ریخت‌سنجی هندسی از تمایز بیشتر قابل توجه است. در مطالعات بسیاری نیز به سازگاری شکل بدن با زیستگاه متفاوت و برتری روش ریخت‌سنجی هندسی از بین روش‌های ریختی بررسی اختلافات ریختی اشاره شده است (جوهری و همکاران، ۱۳۸۹؛ حقیقی و همکاران، ۱۳۹۱).

به طور کلی، سه فرضیه ممکن است ساختارهای جمعیتی گونه‌های ماهیان را توضیح دهد: (۱) فاکتورهای محیطی، شامل تغییرات سطح دریا در گذشته، و در حال حاضر سدهای فیزیکی از قبیل جریان‌ات اقیانوسی، جمعیت‌های ماهیان را در مناطق مختلف جغرافیایی، گسیخته کرده است، (۲) افزایش فواصل جغرافیایی به منظور افزایش جدایی در میان جمعیت‌ها سه ویژگی‌های تاریخچه‌ی زندگی شامل توانایی پراکندگی، لانه‌سازی به منظور مناطق تخم‌گذاری، و مراقبت از تخم‌ها، ممکن است نقش مهمی در ساختار جمعیت‌ها بازی کند (عمادی و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به اینکه ماهیان یک گونه به واسطه جداسازی زیستگاه جمعیت‌های متفاوتی را تشکیل می‌دهند، در واقع، به واسطه ویژگی‌های آن محیطی فرآیند سازگاری، دچار تغییرات ریختی متفاوتی شده، از سایر جمعیت‌های آن گونه متمایز می‌شوند (Woton, 1991). با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه و نزدیکی جمعیت‌های دارای شباهت به یکدیگر می‌توان گفت که در ماهی خواجه (*Schizothorax pelzami*) از مهمترین علل جدایی این جمعیت‌ها در آینده جدایی جغرافیایی به سبب جدایی رودخانه‌های حوزه کویر و تجن و افزایش خشکسالی‌های اخیر و قطع ارتباط اکوسیستم‌های آبی این مناطق خواهد بود.

مطالعه حاضر با هدف تعیین ارزش تشخیصی شکل بدن ماهی به عنوان روشی سریع بررسی افتراق جمعیت‌های گونه ماهی خواجه به روش ریخت‌سنجی هندسی انجام پذیرفت و تفاوت معنی‌داری از لحاظ شکل بدن بین جمعیت‌های این گونه در منابع ذکر شده وجود داشت. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که جمعیت ماهی رودخانه آبقد مشهد و کارده در یک مجموعه و تربت جام و چشمه روئین در یک مجموعه و درونگر درگز و خان آباد چناران و همین طور دربادام قوچان در یک مجموعه قرار می‌گیرند. با توجه به این که بیشترین تغییرات لندمارک‌ها در ریخت‌سنجی هندسی در بخش سر، پوزه و ناحیه پشتی است و اختلافات جغرافیای موجود در بین هفت جمعیت بررسی شده ناشی از وجود اختلافات به نظر می‌رسد، بنابراین شرایط محیطی مناطق دارای اختلاف مثل شیب منطقه، محدودیت‌های جمعیتی و رقابت بر سر غذا در این مناطق می‌تواند این اختلافات را سبب شده باشد. تفسیر علل به وجود آمدن اختلاف ریختی میان جمعیت‌های مختلف کار بسیار دشواری است. به طور کلی می‌توان گفت این تغییرات هم ناشی از شرایط و عوامل محیطی و هم ناشی از اختلافات ژنتیکی به وجود آمده در طول نسل‌ها به علل متفاوت است (Swain *et al.*, 1999). پاسخ جانوران در برابر تغییرات محیطی بسیار سریع‌تر از تغییرات ژنتیکی است و به صورت چند ژنی کنترل می‌شوند (Soule *et al.*, 1982).

نتایج تابع متمایز کننده‌ی در این مطالعه مشخص نمود که تعداد لندمارک‌ها و محل لندمارک‌های مورد استفاده توانسته است جدایی موجود در جمعیت‌های دو حوزه را به خوبی شامل شود. نتایج این تحقیق، تفاوت معنی‌داری را در شکل بدن ماهیان پرورش یافته در جمعیت‌های متفاوت را نشان می‌دهد. مقدار ویلکس - لامبادا به خوبی اختلاف بین هفت جمعیت بررسی شده را نشان داد. با توجه به اینکه تا کنون مطالعه‌ای در مورد ریخت‌سنجی این گونه صورت نگرفته است، بنابراین امکان مقایسه با مطالعه همسان وجود ندارد.

منابع

- اسماعیل‌زادگان، ا.، ایگدری، س.، پیریگی، ع.، ندائی، ش. (۱۳۹۲) اثر سد تاریک رودخانه سفیدرود بر شکل بدن ماهیان خیاطه (*Alburnoides Eichwaldi* De Filippi, 1863) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۱ (۲): ۸-۱۲.
- ایگدری، س.، اسماعیل‌زادگان، ا.، مداح، ع. (۱۳۹۲) بررسی تغییرات شکل بدن در جمعیت‌های ماهی خیاطه (*Alburnoides Eichwaldii* De Filippi, 1863) در حوضه دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. تاکسونومی و بیوسستماتیک، ۱۴ (۵): ۸-۱.
- پیرمحمدی، م.، عبدلی، ا.، و قربانی، ر. (۱۳۹۳) برخی خصوصیات ریختی گاو ماهی سرگنده (*Neogobius gorlap*) در جنوب شرقی دریای خزر، محدوده استان گلستان، مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، ۲۷ (۱): ۲۱-۱۳.
- جوهری، ن.، کاظمیان، م.، شاپوری، م.، وطن‌دوست، ص. (۱۳۸۹). مقایسه مورفومتریک و مریستیک جنس نر و ماده سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) در رودخانه تالار استان مازندران. مجله علمی پژوهشی بیولوژی دریا-دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۶ (۲): ۵۳-۶۴.
- حقیقی، ا.، ستاری، م.، درافشان، س.، کیوانی، ی.، خوش خلق، م.، موسوی، ح. (۱۳۹۱) ریخت‌سنجی مقایسه‌ای ماهی خیاطه (*Cyprinidae: Alburnoides Eichwaldii*)، در رودخانه‌های گرگان رود و چالوس با استفاده از سیستم شبکه‌ای تراس. پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۱ (۱): ۱۳-۱۸.
- عمادی، ز.، رجبی مهام، ح.، عبدلی، ا.، کیابی، ب. (۱۳۹۴) تفاوت ویژگی‌های گل خورک (*Periophthalmus Waltoni Koumans, 1941*) در برخی نقاط سواحل خلیج فارس. دومین کنگره ملی زیست‌شناسی و علوم طبیعی ایران. ۱۲ آذر ۱۳۹۴. تهران.
- یگانه، م.، سیف‌آبادی، ج.، کیوانی، ی.، کاظمی، ب. (۱۳۹۲) مقایسه رابطه طول-وزن در جمعیت‌ها و جنس‌های مختلف دو گونه از کپور دندان ماهیان ایران (*Aphanius sophiae* و *Aphanius vladykovi*) مجله پژوهش‌های جانوری، ۲۶ (۲): ۱۸۱-۱۸۵.

- Eagderi, S., Esmailzadegan, E., and Madah, A. (2013) Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 5(4): 1-8.
- Keeley, E.R., Parkinson, E.A., and Taylor, E.B. (2007) The origin of ecotypic variation of rainbow trout: a test of environmental vs. genetically based differences in morphology. *Journal of Evolutionary Biology*. 20 (2): 725-736.
- Soule, M.J. and Couzin, R. (1982) Allometric variation: developmental instability of extreme phenotypes. *American Naturalist*, 120:765-786.
- Swain, D.P. and Foote, C. J. (1999) Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*. 43: 113- 128.
- Turan, C. (2000) Otolith shape and meristic analysis of Herring (*Clupea harengus*) in the northeast Atlantic. *Arch. Fish. Mar. Res.* 48: 283-295.
- Van valen L. (1978) The statistics of variation. *Evolutionary theory*, 4: 35-43.

Evaluation of morphological flexibility of Khajoo fish (*Schizotorax pelzami* Kessler 1870) in Eastern Iran using geometric morphometric method

A. Sazgar¹, O. Safari^{2*}, S. Danesh², F. Yazdani Moghadam³

Abstract

Khajoo fish is one of native fishes existing in the northeast of country. Regarding the ability of this species to live in the different habitats, 124 fishes from Tajan and Kavir basins were caught in seven different locations in the northeast of Iran. The left side of the samples were photographed and 17 landmarks (sign mark) were digitized to extract body shape data. There was a significant difference between the body shapes of all five studied populations. Most of these differences were related to changes in the muzzle region, head depth, chest and thoracic position, indicating the flexibility of these parts in response to the environmental conditions of the habitat of the populations under study. Having a mouth with abdominal position, head shape, spindly body shape were common features among members of this species, which could indicate the generality of the shape of the body of this species, which for species that are found in variable environments such as rivers life, can be an advantage.

Keywords: Tajan basin, Kavir basin, Morphological adaptation, River

1- MSc student in Natural Resources and Environmental Sciences- Habitats and Biodiversity

2- Associate Professor, Department of Fisheries and Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor, Department of Animal Biosystematics, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

*(Corresponding author: omidsafari@um.ac.ir)