

الگوی سازگاری ریختی ماهی بیاخ (*Planiliza abu*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی در رودخانه‌های حوضه خلیج فارس

عطا مولودی صالح^۱، سهیل ایگدری*^۱، هادی پورباقر^۱، دلدار شجاعی^۱، منوچهر نصری^۲

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تنوع ریختی ماهی بیاخ (*Planiliza abu*) در رودخانه‌های تیره (حوضه تیگریس)، کر (حوضه رودخانه کر) و جگین (حوضه هرمزگان) با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی به اجرا درآمد. بدین منظور با استفاده از دستگاه الکتروشوکر و تور سالیک تعداد ۶۲ قطعه ماهی نمونه‌برداری شد. در آزمایشگاه تعداد ۲۱ صفت ریخت‌سنجی اندازه‌گیری شد. به منظور استخراج داده‌های ریختی در روش هندسی از سمت چپ جانبی آن‌ها عکس گرفته شد و در نرم‌افزار tpsDig2، تعداد ۱۶ لندمارک تعریف و رقمی‌سازی شد. نتایج نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه در ۷ صفت ریختی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند ($P < 0.05$). همچنین تفاوت‌ها در روش هندسی مربوط به اندازه سر، عمق بدن، موقعیت باله سینه‌ای و طول ساقه دم بود. براساس نتایج، روش ریخت‌سنجی هندسی با دقت بالاتری از لحاظ ریختی جمعیت‌های گونه عام‌گرا *Planiliza abu* که قابلیت زیست در دامنه وسیعی از زیستگاه‌ها دارد، را از یکدیگر تفکیک نمود.

نوع مقاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۳

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۰/۳/۱۰

*نویسنده مسول:

soheil.eagderi@ut.ac.ir

کلید واژه‌ها: ماهی بیاخ، ریخت‌سنجی، تجزیه به مولفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای.

مقدمه

بر اساس آخرین فهرست گونه‌های منتشر شده تعداد ۲۹۷ گونه از ماهیان آب‌های داخلی گزارش شده است^[۱] و محققان در طی چندسال اخیر با توصیف گونه‌های جدید غنای بالای ماهیان آب‌های داخلی ایران را نمایان کرده‌اند^[۲-۸]. در بین ماهیان آب‌های داخلی ماهیان، جنس *Planiliza* دارای دو گونه *P. subviridis* و *P. abu* است^[۱]. گونه *Planiliza abu* (Heckel 1843) (بیاخ) در بخش ایرانی حوضه تیگریس-فرات (اروندروود و کرخه)، حوضه‌های دریاچه مهارلو، رودخانه کر، پرسپیس (حله و دریاچه پریشان)، هرمز (حسن لنگی-کل و مهران) بوشهر (زهره و مند) و فارس (دریاچه فامور، برم شور و رود کر) گزارش شده است^[۹، ۱۰]. اخیراً نیز این گونه از حوضه آبریز Orentes (Asi) ترکیه نیز گزارش شده است^[۱۱]. از آن‌جا که زیستگاه اصلی این گونه آب‌های شور و لب شور می‌باشد، اما در آب شیرین رودخانه‌ها، تالاب‌ها و دریاچه‌ها نیز پراکنش دارد^[۱۲].

ماهی بیاخ به واسطه داشتن باله سینه‌ای دراز، لب‌ها نازک و فک زیرین با یک برجستگی مشخص، دندان‌های ریز میخی در فک بالا و دندان‌های مخملی پراکنده در فک پایین، انتهای استخوان فکی خمیده، فلس‌های شانه‌ای در بالغین^[۹]، باله مخرجی با سه شعاع سخت و ۱۰-۵ شعاع منشعب، باله پشتی اول با ۳-۴ خار و باله پشتی دوم با ۱-۲ خار و ۱۰-۵ شعاع منشعب، باله سینه‌ای با ۱۷-۱۳ شعاع و باله شکمی با ۶-۵ شعاع، فلس خط

جانبی ۵۳-۳۹، دندان‌های مویی شکل در آرواره پایینی و فلس گوشه‌ای باله سینه‌ای کوتاه قابل تشخیص می‌باشند^[۱۳]. تاکنون مطالعات ریختی اندکی بر روی این گونه در ایران انجام شده است که می‌توان به پویایی جمعیت ماهی بیاخ در تالاب شادگان^[۱۴]، رابطه طول-وزن و فاکتور وضعیت ماهی بیاخ در رودخانه کرخه اندیمشک^[۱۵]، مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های گونه بیاخ در حوضه بوشهر^[۱۶] و تنوع ریختی ماهی بیاخ در بخش شمال غربی حوضه خلیج فارس^[۱۷] همچنین ساختار ریختی و ژنتیکی جمعیت‌های ماهی بیاخ در حوضه‌های رودخانه‌های ارتنس، فرات و دجله^[۱۸] اشاره کرد. با توجه به پراکنش بالای این ماهی بیاخ در آب‌های داخلی ایران، این مطالعه به منظور بررسی تنوع ریختی جمعیت‌های آن در رودخانه کر (حوضه رودخانه کر)، رودخانه تیره استان لرستان (حوضه تیگریس) و جگین (حوضه هرمزگان) بر اساس روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی لندمارک-پایه و تعیین صفات ریختی متمایز کننده در بیان تفاوت‌های ریختی این گونه در رودخانه‌های مورد مطالعه به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک الگوی سازگاری این گونه در اکوسیستم‌های آبی مختلف ایران کمک نماید.

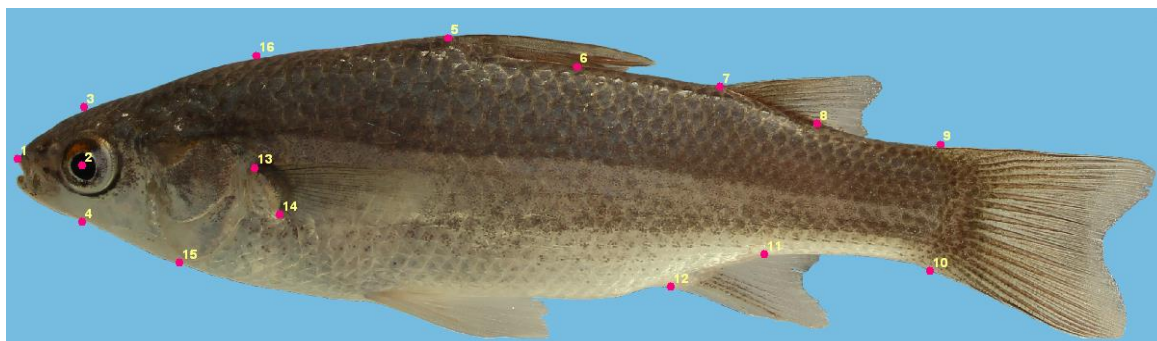
مواد و روش‌ها

در طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۶، به منظور بررسی تنوع ریختی گونه *P. abu* تعداد ۲۷ قطعه از رودخانه کر (حوضه رودخانه کر، $52^{\circ}05'08'' E$ ، $30^{\circ}42'46'' N$)، ۲۴ قطعه از رودخانه تیره استان لرستان (حوضه تیگریس، $58^{\circ}48'13'' E$ ، $37^{\circ}33'06'' N$) و ۱۱ قطعه از رودخانه جگین (حوضه هرمزگان، $57^{\circ}53'42/6'' E$ ، $26^{\circ}9'51'' N$) با استفاده از الکتروشوک و تور سالیبک نمونه‌برداری شدند (شکل ۱). نمونه‌ها پس از تثبیت در فرمالین بافری ده درصد به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت $0/01$ میلی‌متر تعداد ۲۱ صفت ریخت‌سنجی اندازه‌گیری شد (جدول ۱). در ابتداء استانداردسازی داده‌ها به منظور حذف اثرات ناشی از رشد آلومتری با استفاده از روش Elliot و همکاران^[۱۹] در نرم افزار PAST انجام شد. همچنین در روش ریخت‌سنجی هندسی، از سمت جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتالی با قدرت تفکیک $6/5$ مگاپیکسل عکسبرداری شد.

تعداد ۱۶ نقطه لندمارک (شکل ۲) با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 بر روی تصاویر دو بعدی تعریف و رقمی‌سازی شدند^[۲۰]. پس از آنالیز پروکراست به منظور حذف داده‌های غیر شکل شامل اندازه، جهت و موقعیت، داده‌های حاصل با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis)، آنالیز واریانس چند متغیره / تحلیل همبستگی کانونی (MANOVA/Canonical Variate Analysis) و تحلیل خوشه‌ای (Cluster Analysis) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی تغییرات شکل بدن میانگین جمعیت‌های مورد مطالعه نسبت به شکل بدن میانگین (Consensus configuration) با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ در شبکه تغییر شکل (Deformation grid) صورت گرفت. فواصل ماهالانویس و پروکراست نیز به عنوان درجه تمایز حاصل از شکل بدن نیز محاسبه شد. همچنین به منظور بررسی رابطه بین تنوع ریختی و جغرافیایی از آزمون مانتل تست (Mantel test) استفاده شد که در این آزمون ۲ مولفه موثر با درصد واریانس بالا در آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی به عنوان داده‌های ریخت به همراه مختصات جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفت. تمامی آنالیزها در نرم افزارهای PAST v2.17b^[۲۱]، MorphoJ^[۲۲] و SPSS 19 انجام شد.



شکل ۱- نقاط نمونه برداری جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه (۱: تیره، ۲: کر و ۳: جگین).



شکل ۲- موقعیت لندمارک‌های تعیین شده بر روی جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه. ۱. ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا، ۲. ابتدای چشم، ۳. نقطه بالای مرکز چشم در قسمت فوقانی سر، ۴. نقطه پایین مرکز چشم در قسمت تحتانی سر، ۵. منشاء قاعده‌ی باله پشتی اول، ۶. انتهای قاعده‌ی باله پشتی اول، ۷. منشاء قاعده‌ی باله پشتی دوم، ۸. انتهای قاعده‌ی باله پشتی دوم، ۹. کم‌عرض‌ترین ساقه‌ی دم‌ی در قسمت بالایی، ۱۰. کم‌عرض‌ترین ساقه‌ی دم‌ی در قسمت پایینی، ۱۱. انتهای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۲. منشاء قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۳. انتهای سرپوش آبششی، ۱۴. پایین‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای، ۱۵. بخش زیرین سرپوش آبششی و ۱۶. بخش خلفی سر در امتداد ابتدایی‌ترین نقطه‌ی قاعده‌ی باله‌ی سینه‌ای.

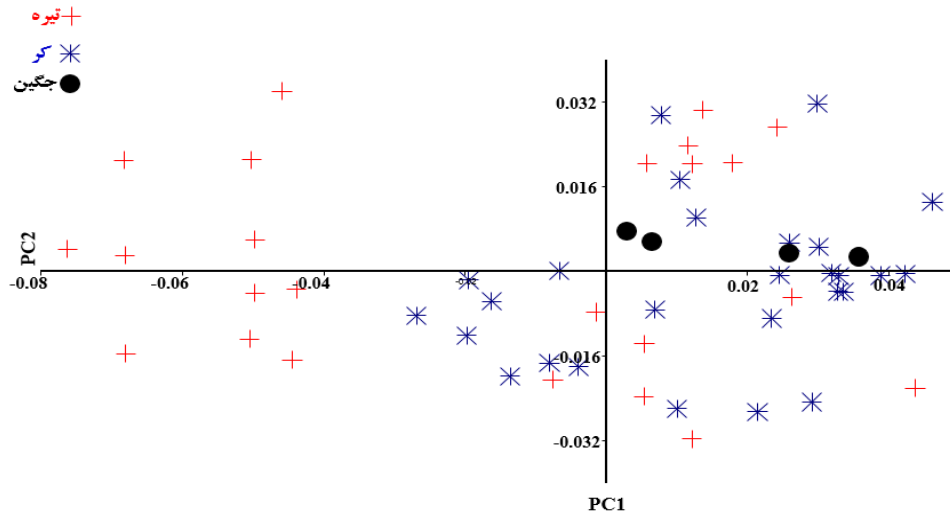
نتایج

ریخت‌سنجی اندازه‌نشی: مطابق نتایج تجزیه واریانس و گروه‌بندی دانکن صفات ریخت‌سنجی اندازه‌نشی، از ۲۱ صفت مورد بررسی، ۷ صفت شامل طول‌های سر، قطر چشم، بین بینی، بین چشمی، عرض دهان، پس پشتی دوم و شکمی-سینه‌ای تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱). $(P < 0.05)$. بر اساس نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی، دو صفت فاصله بین چشمی و فاصله شکمی-سینه‌ای به ترتیب به عنوان صفات موثر در تفکیک جمعیت‌های *P. abu* مورد مطالعه بودند.

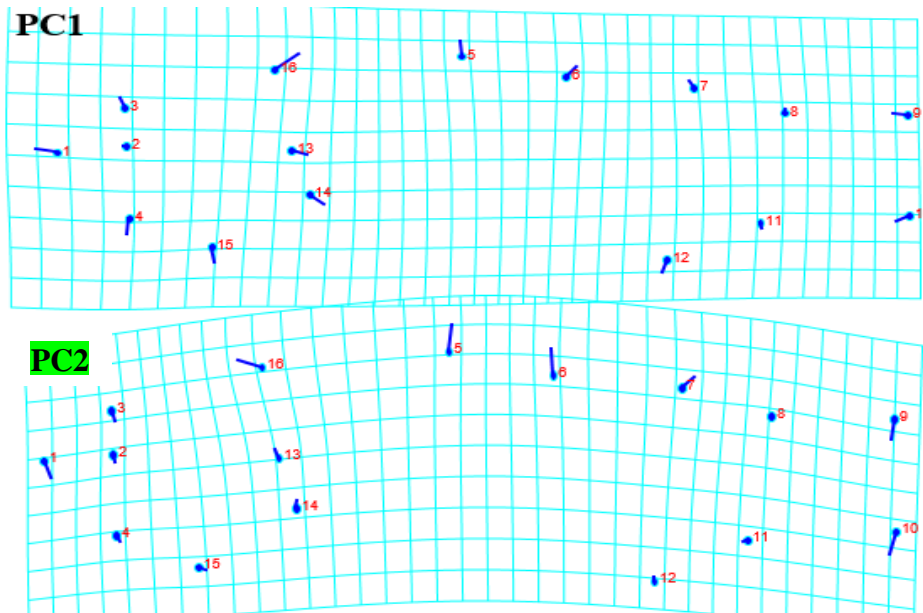
جدول ۱- میانگین، انحراف معیار و نتایج آنالیز واریانس بک‌طرفه و گروه‌بندی دانکن ریخت‌سنجی جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه. حروف a و b نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن و حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در آن صفت است.

صفات	تیره	کر	جگین	P
طول استاندارد	۷۱/۳۲ ± ۰/۰۰	۷۱/۳۲ ± ۰/۰۰	۷۱/۳۲ ± ۰/۰۰	۱/۰۰۰
طول سر	۱۶/۶۷ ± ۰/۹۱ ^a	۱۶/۸۹ ± ۰/۷۸ ^a	۱۸/۱۵ ± ۱/۳۱ ^b	۰/۰۳۳
طول پوزه	۳/۳۶ ± ۰/۳۱ ^a	۳/۱۴ ± ۰/۴۷ ^a	۳/۶ ± ۱/۰۴ ^a	۰/۰۶۳
پس چشمی	۹/۲۱ ± ۰/۵۴ ^a	۹/۳۵ ± ۰/۸۴ ^a	۹/۲۹ ± ۰/۳۷ ^a	۰/۸۹
قطر چشم	۴/۴ ± ۰/۴۴ ^a	۴/۴۲ ± ۰/۴۶ ^a	۵/۲۷ ± ۰/۴۹ ^b	۰/۰۱۷
بین چشمی	۶/۴ ± ۰/۴۷ ^a	۶/۱۳ ± ۰/۷۲ ^a	۸/۶۶ ± ۰/۸۴ ^b	۰/۰۰۰
بین بینی	۳/۶۹ ± ۰/۶۵ ^a	۳/۴۷ ± ۰/۴۵ ^a	۵/۱۳ ± ۱/۳۲ ^b	۰/۰۰۰
عرض دهان	۵/۰۴ ± ۰/۴۷ ^a	۴/۹۴ ± ۰/۴۷ ^a	۵/۷۵ ± ۰/۴۳ ^b	۰/۰۱۹
پیش باله پشتی اول	۳۲/۳۷ ± ۰/۹ ^a	۳۲/۴۸ ± ۱/۲۶ ^a	۳۲/۸۳ ± ۱/۰۷ ^a	۰/۸۳
پیش باله پشتی دوم	۵۱/۳۴ ± ۰/۶۲ ^a	۵۱/۴۹ ± ۰/۸۵ ^a	۵۱/۳۴ ± ۰/۶ ^a	۰/۸۹
پس پشتی اول	۲۸/۲۶ ± ۰/۹۹ ^a	۲۸/۴۴ ± ۱/۲۳ ^a	۲۷/۵۱ ± ۰/۸۴ ^a	۰/۳۷
پس پشتی دوم	۱۰/۶۹ ± ۰/۷۸ ^b	۱۰/۹۲ ± ۱/۱۹ ^b	۹/۱۱ ± ۰/۴۴ ^a	۰/۰۱۴
پیش مخرجی	۴۸/۵۸ ± ۱/۰۴ ^a	۴۸/۷۷ ± ۱/۳۳ ^a	۴۹/۰۳ ± ۰/۵۸ ^a	۰/۸
پیش شکمی	۲۶/۳۷ ± ۱/۷۳ ^a	۲۶/۹۷ ± ۱/۵۵ ^a	۲۵/۹۸ ± ۰/۴۷ ^a	۰/۱۹
پیش سینه‌ای	۱۷/۰۳ ± ۰/۸۸ ^a	۱۷/۲۹ ± ۱/۲۹ ^{ab}	۱۸/۴۴ ± ۱/۵ ^b	۰/۴۷
شکمی-مخرجی	۲۱/۶۱ ± ۱/۳۳ ^a	۲۱/۶۶ ± ۱/۵۶ ^a	۲۲/۹۲ ± ۱/۵۶ ^a	۰/۳۳
شکمی-سینه‌ای	۸/۹۸ ± ۱/۳۰ ^b	۸/۹۲ ± ۱/۷۷ ^b	۶/۶ ± ۱/۰۱ ^a	۰/۰۳۴
سینه‌ای-مخرجی	۳۰/۱۵ ± ۰/۸۸ ^a	۳۰/۱۳ ± ۱/۵۷ ^a	۲۹/۳۲ ± ۱/۳۳ ^a	۰/۶۸
طول ساقه دم	۱۳/۱۶ ± ۰/۲ ^a	۱۳/۲۸ ± ۰/۸۴ ^a	۱۲/۶۸ ± ۰/۹۷ ^a	۰/۵۹
ارتفاع ساقه دم	۷/۳۹ ± ۰/۵۶ ^a	۷/۱۶ ± ۰/۶۳ ^a	۷/۶۲ ± ۰/۳۹ ^a	۰/۳۹
ارتفاع بدن	۱۷/۴۲ ± ۱/۱۴ ^a	۱۷/۰۵ ± ۱/۴۱ ^a	۱۸/۴۷ ± ۱/۰۳ ^a	۰/۱۹

ریخت‌سنجی هندسی: نتایج آنالیز ریخت‌سنجی هندسی بر اساس تحلیل مولفه‌های اصلی نشان داد که سه مولفه اول با درصد واریانس ۷۱/۷۸ به عنوان مولفه‌های اصلی و تاثیرگذار در تفکیک ریختی جمعیت‌های مورد مطالعه هستند. نحوه توزیع و نیز تغییرات شکل بدنی جمعیت‌ها در راستای دو مولفه اصلی اول و دوم (PC1 و PC2) در شکل ۳ آورده شده است. بر این اساس بین جمعیت‌های مورد مطالعه هم‌پوشانی دیده می‌شود اگرچه ماهیان رودخانه تیره دارای تنوع ریختی بالایی بودند. مولفه اول مربوط به ویژگی‌های اندازه سر، موقعیت باله سینه‌ای و افزایش عمق بدن و مولفه دوم مربوط به موقعیت دهان و افزایش عمق بدن را نشان می‌دهد (شکل ۴).

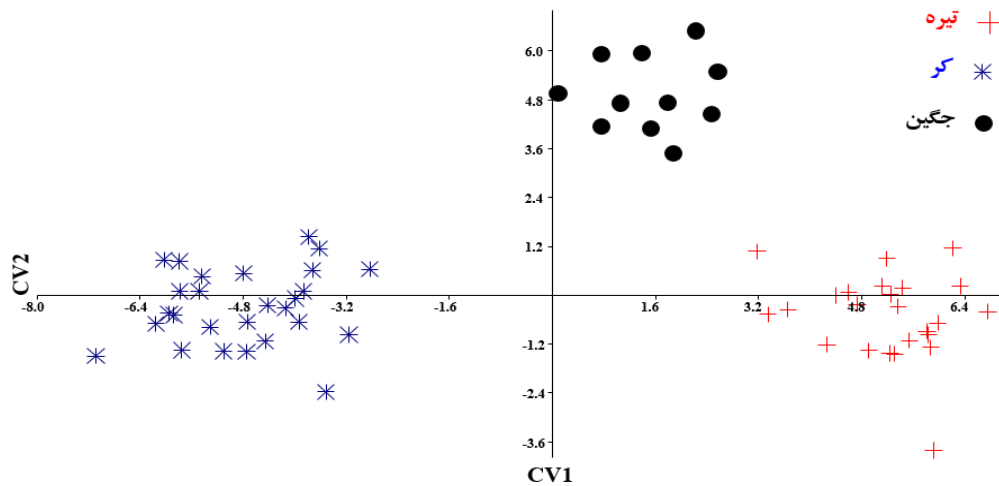


شکل ۳- تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه.



شکل ۴- تغییرات شکل بدن در جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه در جهت هر یک از مولفه‌های اول و دوم.

براساس نتایج تحلیل همبستگی کانونی (MANOVA/CVA)، تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌ها مشاهده شد ($P < 0.001$) و $F=7/94$ ، $Wilks\ lambda=0/0102$). با توجه به نمودار تحلیل همبستگی کانونی سه جمعیت از یکدیگر کاملاً متمایز شده‌اند (شکل ۵). فواصل ماهالانویس و پروکراست بین جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج بیشترین و کمترین مقدار فاصله ماهالانویس به ترتیب بین جمعیت‌های تیره و کر (۹/۴۴) و تیره و جگین (۶/۶۵) و بیشترین و کمترین مقدار فاصله پروکراست به ترتیب بین جمعیت‌های تیره و جگین (۰/۰۴۱) و کر و جگین (۰/۰۲۱) به دست آمد.

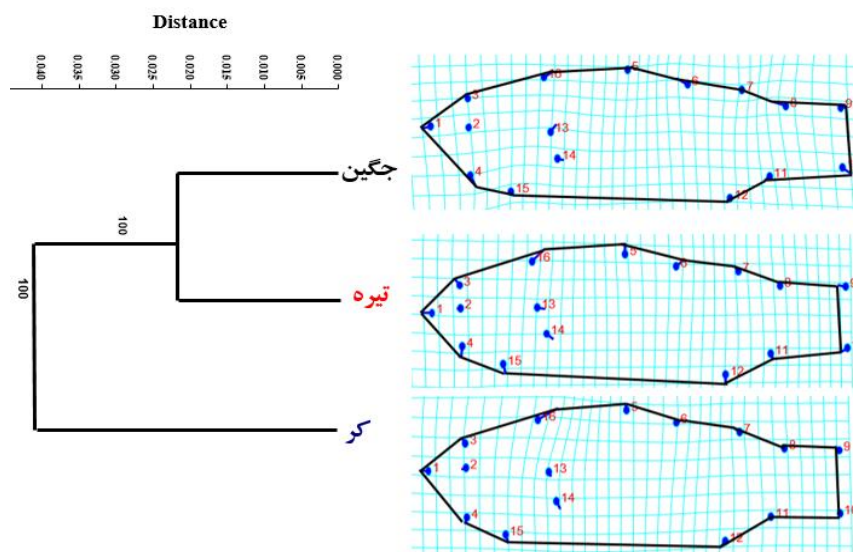


شکل ۵- تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه.

جدول ۲- فواصل ماهالانویس و پروکراست شکل بدن جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه.

	ماهالانویس		پروکراست	
	تیره	جگین	تیره	جگین
جگین	۶/۶۵		۰/۰۴۱	
کر	۹/۴۴	۷/۳۸	۰/۰۳۸	۰/۰۲۱

نتایج تحلیل خوشه‌ای با ضریب کوپرنیک ۰/۹۹ جمعیت‌های مورد مطالعه را در دو خوشه قرار داد، به طوری که جمعیت‌های تیره و جگین به واسطه صفاتی از جمله سر بزرگتر، موقعیت باله سینه‌ای خلفی‌تر و بدن پهن‌تر با ۱۰۰ درخت‌های احتمالی در یک شاخه و جدا از جمعیت کر (با صفاتی از جمله سر پهن‌تر و موقعیت باله سینه‌ای خلفی‌تر) قرار داد (شکل ۵). در آزمون مانتل تست نیز ارتباط معنی‌داری بین مختصات جغرافیایی و الگوهای ریختی یافت نشد ($P=۰/۸۳۳$).



شکل ۶- تحلیل خوشه‌ای شکل بدن جمعیت‌های *Planiliza abu* مورد مطالعه.

بحث

مطالعه جمعیت‌های یک گونه به‌عنوان گام اولیه در مدیریت ذخایر یک گونه بیان شده است. علت تفاوت‌های ریختی را تاثیر عامل‌های محیطی و یا ژنتیکی بیان کرده‌اند که در برخی از مطالعات ویژگی‌های ریختی را متأثر از نحوه زندگی در زیستگاه و فاکتورهای زیستگاهی گزارش کرده‌اند [۲۳]. در بررسی صفات ریختی بر اساس روش ریخت‌سنجی سنتی جمعیت‌های مورد مطالعه ماهی بیاخ در ۷ صفت تفاوت معنی‌داری نشان دادند که نشان‌دهنده دقت پایین این صفات در بیان تفاوت‌های ریختی می‌باشد در حالی که نتایج ریخت‌سنجی هندسی نشان داد که جمعیت‌های *P. abu* مورد مطالعه از لحاظ ریختی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. عمده تفاوت‌ها مربوط به عمق بدن، اندازه سر، طول و عرض ساقه دم و موقعیت باله سینه‌ای بود، به طوری که جمعیت رودخانه کر دارای اندازه سر نسبتاً بزرگ و موقعیت باله سینه‌ای خلفی‌تر بود و همچنین طول ساقه دم در جمعیت تیره نسبت به دو جمعیت دیگر کمتر بود. ریخت‌سنجی هندسی به عنوان یک روش نوین دقت بالاتری در بیان تفاوت‌های ریختی دارد و قادر به نشان دادن کوچکترین تفاوت‌ها، درک بیشتر الگوی تغییرات و درجه تفکیک ریختی می‌باشد [۲۴].

در بررسی Turan و همکاران [۱۸] (۲۰۰۴) در رابطه با بررسی ساختار ژنتیکی و ریختی جمعیت‌های ماهی بیاخ در رودخانه‌های ارنس، فرات و دجله بیان داشتند که جمعیت دجله از دو جمعیت دیگر متمایز هستند و ذخیره فرات بین دو جمعیت ارنس و دجله قرار دارد. آن‌ها همچنین عنوان کردند که ارتباط مستقیمی بین واگرایی ریختی با جدایی جغرافیایی وجود داشت که در مطالعه حاضر چنین رابطه‌ای یافت نشد. در مطالعه Khayyami و همکاران [۱۷] (۲۰۱۴) بر روی تنوع ریختی ماهی بیاخ در بخش شمال غربی حوضه خلیج فارس ۲۳ صفت ریخت‌سنجی را مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند که جمعیت‌های کارون، اروندکنار و نهرموسی در ۱۸ صفت ریختی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند. در بررسی Shabaninejad و همکاران [۱۶] (۲۰۲۱) مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های گونه بیاخ (*Planiliza abu*) در رودخانه‌های هندیجان، حله، گناوه، کاکلی و مند حوضه بوشهر گزارش کردند که بین جمعیت‌های مورد مطالعه از لحاظ الگوی ریختی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و عمده تفاوت‌ها مربوط به طول سر، عمق بدن و طول ساقه دم بود که در مطالعه حاضر نیز تفاوت‌های ریختی مشاهده شده مربوط به اندازه سر، عمق بدن و ساقه دم بود. بنابراین می‌توان بیان داشت که اعضای این گونه با تغییر این صفات نسبت به زیستگاه خود سازگاری پیدا کرده و از این طریق بقای خود را تضمین می‌کنند.

تغییرات در موقعیت سر و دهان بیشتر منعکس‌کننده استراتژی‌های تغذیه‌ای (نوع تغذیه و جست و جوی غذا) می‌باشد [۲۵]. همچنین سر و ساقه دم کوچک نشان‌دهنده سازگاری نسبت به حیات آبی جریان‌دار می‌باشد [۲۶، ۲۵]، و عمق بدن بیشتر نیز در نواحی با جریان کم و پوشش گیاهی حاشیه‌ای کارآمد است [۲۷]. از این رو می‌توان بیان کرد که این گونه با تغییر در عمق بدن و کشیده‌تر کردن آن برای زیست در جریان‌های رودخانه‌ای و آب‌های ساکن قابلیت مانور خود را به‌واسطه شدت جریان و پوشش زیستگاه سازگار می‌کند. به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که روش ریخت‌سنجی هندسی با دقت بالاتری از لحاظ ریختی جمعیت‌های گونه عام‌گرا *Planiliza abu* که قابلیت زیست در دامنه وسیعی از زیستگاه‌ها دارد، را از یکدیگر تفکیک نمود.

تأییدیه اخلاقی: کلیه مراحل انجام این مطالعه با رعایت مسایل اخلاقی انجام شد.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تعارض منافی وجود ندارد.

سهم نویسندگان: عطا مولودی‌صالح (نویسنده اول) (روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/نگارنده مقدمه) ۳۰٪؛ سهیل ایگدری (نویسنده دوم) (پژوهشگر اصلی/نتایج/تحلیلگر آماری) ۳۰٪؛ ۲۰٪ (نویسنده سوم) (پژوهشگر کمکی و نگارنده بحث) ۱۰٪؛ دلدار شجاعی (نویسنده چهارم) (استخراج داده‌های ریختی) ۱۰٪؛ منوچهر نصری (نویسنده پنجم) (کمک در نمونه‌برداری).

منابع مالی: هزینه‌های مالی اجرای این پژوهش توسط دانشگاه تهران تأمین شده است.

منابع

- 1- Esmaili HR, Sayyadzadeh G, Eagderi S, Abbasi K. Checklist of fresh-water fishes of Iran. FishTaxa. 2018; 3(3), 1-95.
- 2- Eagderi S, Mousavi-Sabet H, Freyhof J. *Paraschistura makranensis*, a new loach from the Jegin River drainage in southern Iran with comments on *P. ilamensis* and *P. pasatigris* (Teleostei: Nemacheilidae). Zootaxa. 2019; 4668(2), 4668.
- 3- Eagderi S, Nikmehr N, Poorbagher H. *Ponticola patimari* sp. nov. (Gobiiformes: Gobiidae) from the southern Caspian Sea basin, Iran. FishTaxa. 2020; 17, 22-31.
- 4- Esmaili HR, Sayyadzadeh G, Japoshvili B, Eagderi S, Abbasi K, Mousavi-Sabet H. *Rhodeus caspius*, a new bitterling from Iran (Teleostei: Cypriniformes: Acheilognathidae). Zootaxa. 2020; 4851(2), 4851.
- 5- Mousavi-Sabet H, Vatandoust S, Geiger MF, Freyhof J. *Paracobitis abrishamchiani*, a new crested loach from the southern Caspian Sea basin (Teleostei: Nemacheilidae). Zootaxa. 2019; 4545(3), 375.
- 6- Sayyadzadeh G, Esmaili HR. *Oxynoemacheilus marunensis*, a new loach species from the Persian Gulf basin with remarks on *O. frenatus* (Teleostei: Nemacheilidae). Zootaxa, 2020; 4885(2), 4885.
- 7- Sayyadzadeh G, Teimori A, Esmaili HR. *Paraschistura kermanensis*, a new stone loach species from southeastern Iran (Teleostei: Nemacheilidae). Zootaxa. 2019; 4638(4), 571-583.
- 8- Zamani-Faradonbe M, Keivany Y, Dorafshan S, Zhang E. Two new species of *Garra* (Teleostei: Cyprinidae) from western Iran. Ichthyol Exp Fresh. 2021. In press.
- 9- Keivany Y, Nasri M, Abbasi K, Abdoli A. Atlas of inland water fishes of Iran. Iran Department of Environment Press. 2016; 218 p. [In Persian].
- 10- Coad BW. Freshwater Fishes of Iran (Available at <http://www.briancoad.com>) (accessed on 4 October 2020).
- 11- Çiçek E, Sungur S, Fricke R. Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist 2020. Zootaxa 2020; 4809(2), 241-270.
- 12- Van den Eelaart A. Report to the Government of Iraq on the Development of Inland Fisheries. Food and Agriculture Organization, Rome, Report of the Expanded Technical Assistance Program, 1954; 270, 42 p.
- 13- Teimori A, Esmaili HR. Fish Species Diversity of Fars. Fars Environment Department. 2016; 288. [In Persian].
- 14- Hashemi S, Hedayati A, Ghorbani R, Jabaleh A. Population dynamics of *Liza abu*, (*Liza abu* Heckel, 1843) in Shadegan wetland. J Env Sci Tech. 2019; 21(3), 181-193
- 15- Zare M, Abdoli A, Khoramian S, Borhani M. Length-Weight Relationship and Condition Factor of Beeyah (*Mugillidae: Liza abu*), in the Karkheh River, Andimeshk. 2th Iranian Conference of Ichthyology. University of Tehran. Karaj. 2014. [In Persian].
- 16- Shabaninejad F, Keivany Y, Bagheri, D. Geometric Morphometric Comparison of *Abu Mullet, Planiliza abu* (Heckel, 1843) Populations in Bushehr Basin, Iran. Tanzania J Sci. 2021; 47(1), 1-9.
- 17- Khayyami H, Movahedinia A, Zolgharnein H, Salamat N. Morphological variability of *Liza abu* (Heckel, 1843) from northwestern part of Persian Gulf. World J Fish Mar Sci. 2014; 6(5), 386-394.
- 18- Turan C, Ergüden D, Gürlek M, Turan, F. Genetic and morphologic structure of *Liza abu* (Heckel, 1843) populations from the rivers Orontes, Euphrates and Tigris. Turkish J Vet Anim Sci. 2004; 28(4), 729-734.
- 19- Elliot NG, Haskard K, Koslow JA. Morphometric analysis of the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) population off the continental slope of southern Australia. J Fish Biol. 1995; 46(2), 202-220.
- 20- Rohlf JF. tpsDig, version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. 2006.

- 21- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001; 4(4), 1-9.
- 22- Klingenberg CP. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biol Rev*. 1998; 73(1), 79-123.
- 23- Blegvad H, Loppenthin B. Fishes of the Iranian Gulf. (Trans. Etemad E. Mokhayer B. 1998). Tehran University Publications. 1942; 1744, 416 P.
- 24- Moshayedi F, Eagderi S, Rabbaniha M. Allometric growth pattern and morphological changes of green terror *Andinoacara rivulatus* (Günther, 1860) (Cichlidae) during early development: comparison of geometric morphometric and traditional methods. *Iranian J Fish Sci*. 2017; 16, 222-237.
- 25- Langerhans RB, Layman CA, Langerhans AK, Dewitt TJ. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biol J Lin Soc*. 2003; 80(4), 689-698.
- 26- Hendry AP, Taylor EB, McPhail JD. Adaptive divergence and the balance between selection and gene flow: lake and stream stickleback in the Misty system. *Evolution*, 2002; 56(6), 1199-1216.
- 27- Blake RW. Fish locomotion. CUP Archive. 1983.

Phenotypic adaptation patterns in *Abu Mullet*, *Planiliza abu* using traditional and geometric morphometric methods in rivers of the Persian Gulf basin

Atta Mouludi-Saleh¹, Soheil Eagderi^{*1}, Hadi Poorbagher¹, Deldar Shojaei¹, Manoocher Nasri²

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Department of Fisheries Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the morphological variation of *Planiliza abu* in the Tireh (Tigris Basin), Kor (Kor River Basin) and Jegin (Hormozgan Basin) rivers using traditional (TM) and geometric morphometric (GM) methods. For this purpose, a total of 62 specimens were collected using electrofishing device and Salik net. In the Lab, 21 morphometric traits were measured. Then, to extract the morphological data in the geometric method, 16 landmark-points were defined and digitized on the photographs taken from the left side of fish using tpsDig2 software. The results showed that the studied populations had significant differences in 7 morphometric traits ($P < 0.05$). The differences in the geometric method were those of the head size, body depth, pectoral fin position and caudal peduncle length. Based on the results, GM method showed higher accuracy to reveal the morphological variations in the generalist species of *Planiliza abu*, which can inhabit a wide range of habitats.

KEYWORDS: *Planiliza abu*, Morphometric, Principal component analysis, Cluster analysis.

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 28 January 2021

Accepted: 13 May 2021

ePublished: 22 May 2021

* Corresponding Author:

Email address: soheil.eagderi@ut.ac.ir

Tel: +(98)263223044

© Published by Tarbiat Modares University

eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513