مقایسه تفاوت‌های شکلی جمعیت‌های ماهی کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*)

- **زینب تاجیک:** گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، صندوق‌پستی: ۸۳۱۱۱-۸٤۱٥٦، ایران
- **یزدان کیوانی*:** گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، صندوق‌پستی: ۸۳۱۱۱-۸٤۱٥٦، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹٦

چکیده

ماهی کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*) بومزاد رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه است. در این مطالعه تعداد ۲۷٤ قطعه ماهی کولی ارومیه از هفت رودخانه آق‌دره، نازلوچای، باراندوز، ساروق، زرینه‌رود، سنته و تلخه‌رود مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی ریخت‌سنجی هندسی در موقعیت لندمارک‌های شماره ۲، ۳، ۸، ۷ و ۹ بیش‌ترین تغییرات مشاهده شد. هم‌چنین در تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) جمعیت تلخه‌رود تا حدودی از سایر جمعیت‌ها و جمعیت نازلوچای به‌طور کامل از جمعیت سنته و زرینه‌رود جدا شد. نتایج آنالیز معنی‌داری تفاوت‌های شکلی نشان داد بین جمعیت‌های باراندوز و تلخه‌رود، باراندوز و نازلوچای، و زرینه‌رود و سنته تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۰۰۱)، که از بین این جمعیت‌ها، دو جمعیت زرینه‌رود و سنته بیش‌ترین هم‌پوشانی را نشان دادند. تفاوت معنی‌داری بین دو جمعیت آق‌دره و تلخه‌رود، و تلخه‌رود و زرینه‌رود بود و کاملاً از هم جدا نشان داده شدند (P<۰/۰۰۰۱). بیش‌ترین تفاوت‌ها و جابجایی‌ها در بین دو جمعیت آق‌دره و تلخه‌رود مشاهده شد. روش ریخت‌سنجی هندسی با وجود دارا بودن اختلاف معنی‌داری بین هفت جمعیت تنها توانست ماهیان جمعیت تلخه‌رود را از سایر جمعیت‌ها تا حدودی جدا کند.

کلمات کلیدی: کپورماهیان، زرینه‌رود، تلخه‌رود، پروکراست، شکل بدن

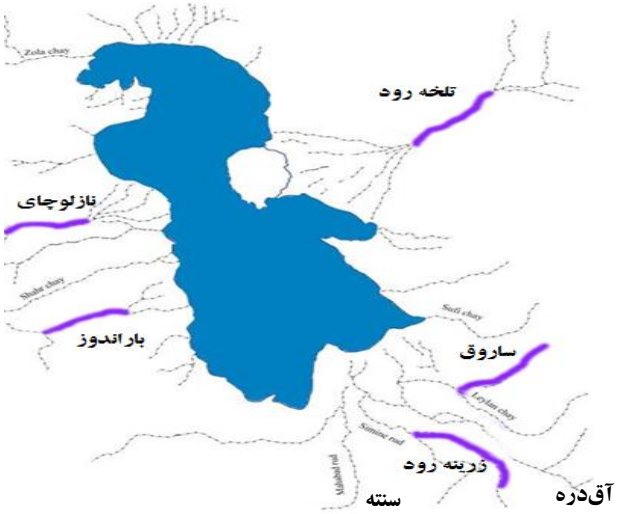
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: keivany@cc.iut.ac.ir

مقدمه

ماهی کولی ارومیه از کپورماهیان بومزاد رودخانه‌های حوضه ارومیه است. زیستگاه این ماهی قسمت‌های میانی رودخانه‌های آب شیرین با بستر قلوه سنگی همراه با ماسه است. کولی ارومیه از لحاظ مصرف غذایی همه‌چیزخوار می‌باشد و بیش‌تر تغذیه آن از حشرات آبزی می‌باشد. اندازه معمول این ماهی ۱۶-۱۲ سانتی‌متر می‌باشد و در فصل بهار تولیدمثل می‌کند (Keivany و همکاران، ۲۰۱۶). ریخت‌سنجی سنتی بر پایه اندازه‌گیری مجموعه‌ای از فواصل استوار است و از لحاظ توصیف تفاوت شکل بدن دارای ضعف‌ها و معایبی می‌باشد، ازجمله این که این اندازه‌گیری‌ها تنها بر پایه محور طولی بدن هستند. روش ریخت‌سنجی هندسی کاملاً مبتنی بر استخراج داده‌های شکل و حذف داده غیرشکل می‌باشد (Bookstein، ۱۹۹۷). همبستگی بالای اندازه و شکل در داده‌های خطی از بزرگ‌ترین مشکلات روش سنتی می‌باشد، اما در ریخت‌سنجی هندسی مقایسه بین فرم‌های زیستی براساس مختصات نقاط لندمارک‌ها می‌باشد (Bookstein، ۱۹۹۷). ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان در مطالعات زیست‌شناسی آن‌ها به‌منظور مقایسه گروه‌ها و مطالعات تبارشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماهیان یک گونه به‌واسطه جداسازی زیستگاه جمعیت‌های متفاوتی را تشکیل می‌دهند، در واقع، به‌واسطه ویژگی‌های آن محیط، طی فرآیند سازگاری، دچار تغییرات ریختی متفاوتی شده، از سایرجمعیت‌های آن گونه متمایز می‌شوند (Turan، ۱۹۹۹). چنین وضعیتی ممکن است در مورد ماهیان رودخانه‌های مختلف حوضه دریاچه ارومیه ازجمله *Alburnus atropatenae* که کاملاً از هم جدا شده‌اند نیز مشاهده شود. با توجه به اهمیت گونه‌های بومی هر کشور از نظر تنوع ژنتیکی و درک جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی آن‌ها و عدم وجود اطلاعات در مورد این گونه، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تنوع شکل بدن در جمعیت‌های مختلف کولی ارومیه براساس ریخت‌سنجی هندسی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تعداد ۲۷۴ قطعه ماهی کولی ارومیه (طول استاندارد±انحراف معیار) با استفاده از تور پره ریزچشمه از هفت رودخانه شامل آق‌دره، باراندوز، تلخه‌رود، زرینه‌رود، ساروق، سنته و نازلوچای طی فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۶ صید گردید. ماهی‌ها در محلول گل میخک ۱٪ بی‌هوش و در فرمالین ۱۰٪ تثبیت و پس از انتقال به آزمایشگاه در الکل ۷۰٪ نگه‌داری شدند. به‌منظور تهیه لندمارک‌ها، تصاویر دیجیتال با استفاده از دوربین ۸ مگا پیکسلی کانن از فاصله ۱۵ سانتی‌متری از نمونه‌ها تهیه شد. برای عکس‌برداری تمامی شرایط شامل تنظیمات دوربین، میزان فوکوس، میزان بزرگ‌نمایی، اندازه لنز ، فاصله دوربین از سطح نمونه‌ها و هم‌چنین نور زمینه یکسان بود. سپس ۱۵ لندمارک با استفاده از نرم‌افزار Tpsdig2 بر روی تصاویر دو بعدی قرار داده شدند (شکل ۱). روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست و حذف تغییرات غیرشکل (شامل: مقیاس، جهت و موقعیت) با نرم‌افزار tpsRelw انجام شد. مصورسازی تغییرات شکل بدن نسبت به شکل میانگین کل با نرم‌افزار tpsspline در شبکه تغییر شکل انجام شد. این مقایسه،براساس فاصله پروکراست انجام می‌شود که سنجش استاندارد در بررسی تفاوت شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی است. برای هر آنالیز RW شبکه تغییر شکل برای ابتدا و انتهای هر Relative warp تعیین شده و بر روی نمودار تحلیل متغییرهای کانونی منطبق گردید تا با استفاده از آن تفسیر جهت تغییر شکل بین جمعیت‌ها و گونه‌ها امکان‌پذیر شود. داده‌های به‌دست آمده شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، و به‌منظور مطالعه حداکثر جدایی بین جمعیت‌ها، آنالیز تجزیه همبستگی کانونی مورد استفاده قرار گرفت. از نرم‌افزار Morphoj نیز برای به تصویر کشیدن تفاوت‌های شکلی به‌صورت برون خطی استفاده شد.



شکل ۱: نقشه موقعیت رودخانه‌های مورد بررسی در حوضه دریاچه ارومیه

تحلیل مؤلفه‌های اصلی که بر پایه کوواریانس ماتریس داده‌های اندازه‌گیری شده است با رسم نمودار و به‌منظور بررسی اختلافات میان جمعیت‌ها به‌کار رفت. تحلیل مؤلفه‌های اصلی واریانس‌های مرتبط با هر تعداد متغیرهای اندازه‌گیری شده را به‌صورت کم‌تری از مؤلفه‌های اصلی تریک و خلاصه کرده که این مؤلفه‌ها ترکیب خطی متغیرهایی می‌باشند که تغییرات شکل بدن را در کل نمونه‌ها نشان می‌دهد. نتایج

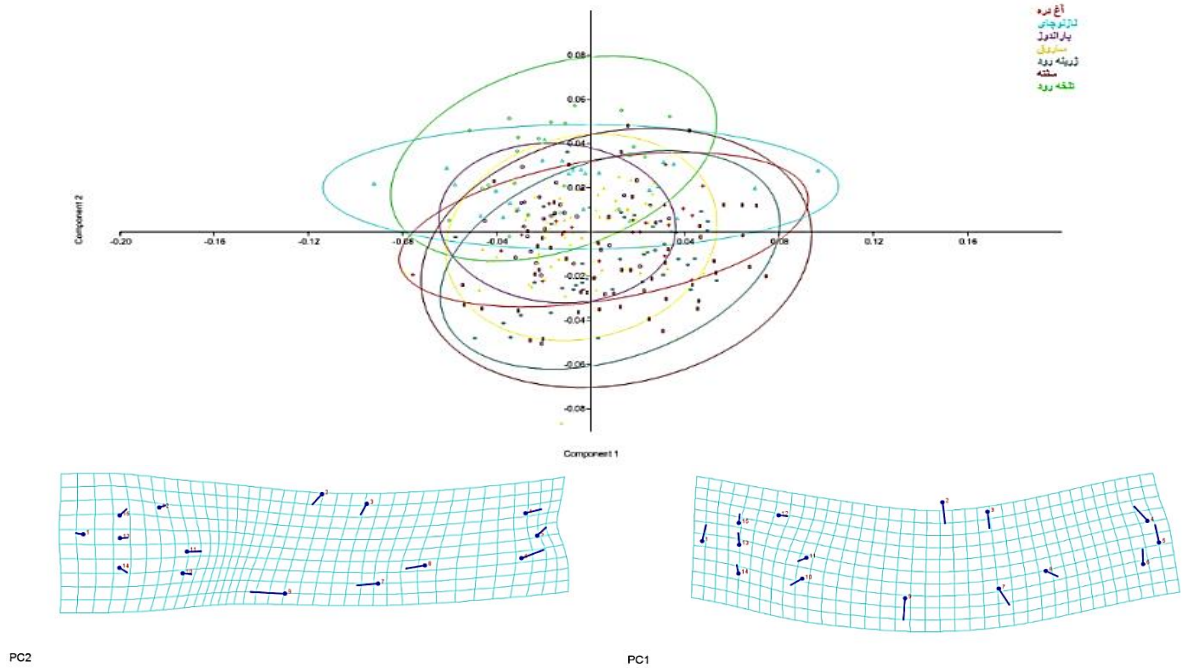
تحلیل تابع متمایز کننده به کمک جدول گروه‌بندی به‌منظور قرار دادن افراد در هر گروه مورد استفاده قرار گرفت و میزان موفقیت این گروه‌بندی بر پایه درصد افرادی که به‌طور صحیح در گروه‌های اصلی خود قرار می‌گیرند تخمین زده می‌شود. نمودار پراکنش افراد از طریق نتایج تابع متمایز کننده رسم شد (Pakkasmaa و Piironen، ۲۰۰۱).

شکل ۲: نمایش موقعیت لندمارک‌های انتخاب شده بر روی بدن ماهی

در استخراج داده‌های ریخت‌سنجی از طریق روش ریخت‌سنجی هندسی، لندمارک‌های تعیین شده توسط نرم‌افزار TpsDig2 بر روی این عکس‌ها قرار داده شد. داده‌های ریخت‌سنجی گونه‌های مورد مطالعه برای مقایسه ویژگی‌های ریختی با استفاده از نرم‌افزارهای Tps series استخراج شد. تحلیل متغیرهای کانونی (CVA)، با استفاده از نرم‌افزار PAST صورت گرفت. برای مشخص‌تر کردن تفاوت‌های جمعیت‌ها، جمعیت‌ها دو به دو توسط تحلیل توابع متمایزکننده (DFA) نیز بررسی شدند. هم‌چنین از نرم‌افزارهای SPSS، Excel و Morphoj برای تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری و ترسیمی مطالعات زیست‌سنجی استفاده شد.

نتایج

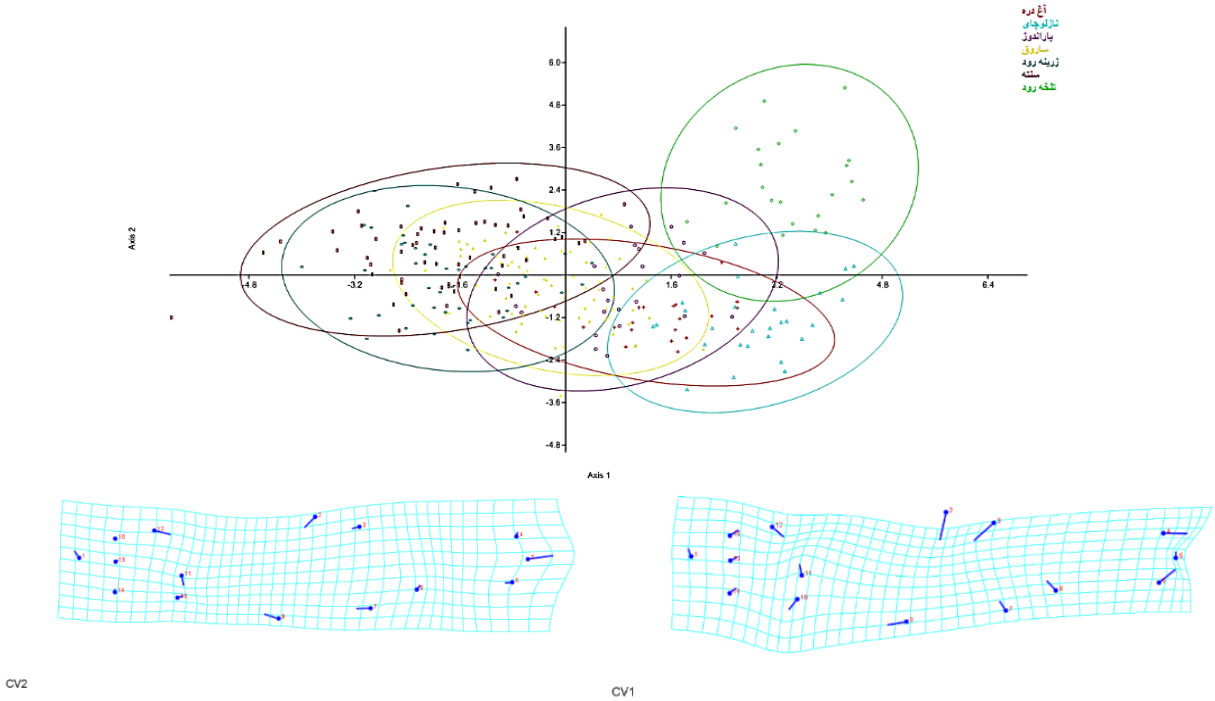
بااستفاده از برنامه Tpssmall میزان همبستگی فاصله پروکراست و تانژانت در فضا تعیین گردید که نزدیک به یک به‌دست آمد، در نتیجه از داده‌های پروکراست به‌جای فواصل تانژانت استفاده شد. بیش‌ترین جابجایی در موقعیت لندمارک‌ها نسبت به شکل میانگین در لندمارک‌های شماره ۲، ۳، ۸، ۷ و ۹ مشاهده شد که موقعیت آن‌ها شامل ابتدای قاعده باله پشتی، انتهای قاعده باله پشتی، انتهای قاعده باله مخرجی، ابتدای قاعده مخرجی و ابتدای قاعده باله سینه‌ای می‌باشد (شکل ۲). تحلیل مؤلفه‌های اصلی منجر به استخراج ۲ مؤلفه اصلی معنی‌دار از لحاظ آماری شده است. چهار مؤلفه اول ۷۰/۱۴ درصد واریانس کل را تشکیل می‌دهند که سهم بیش‌تری از تغییرات را نشان می‌دادند که برای رسم نمودار نقطه‌ای Scatter plot مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲).



شکل ۲: نمودار تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) شکل بدن ماهی کولی ارومیه (بالا) و موقعیت لندمارک‌ها (پایین)

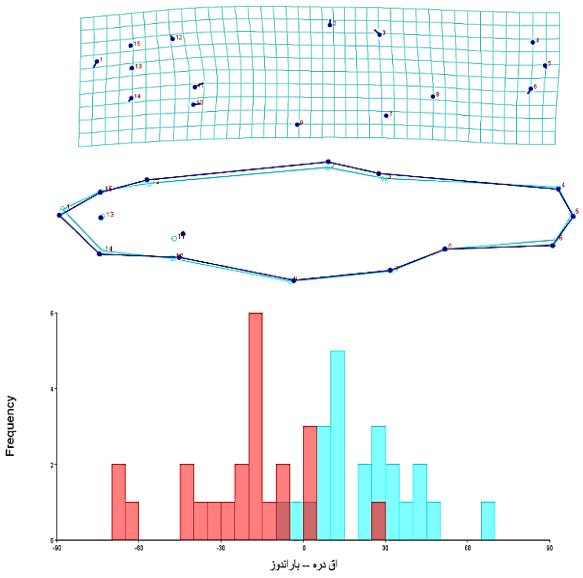
با توجه به شکل هم‌پوشانی زیادی بین جمعیت‌های کولی ارومیه در حوضه‌های آق‌دره، نازلوچای، باراندوز، ساروق، زرینه‌رود، سنته و تلخه‌رود وجود دارد. جمعیت در طول محور مؤلفه اول بیش‌ترین تغییرات مشاهده شده را در طول باله پشتی، دمی، مخرجی و سینه‌ای نشان می‌دهد. بیش‌ترین جابجایی و تغییرات در موقعیت لندمارک‌ها نسبت به شکل میانگین در لندمارک‌های شماره ۲، ۳، ۴، ۵ ۷، ۸ و ۹

مشاهده می‌گردد. در طول محور مؤلفه دوم بیش‌ترین تغییرات در طول باله دمی، طول باله مخرجی و طول باله شکمی مشاهده شده که بیش‌ترین جابجایی و تغییرات مربوط به لندمارک‌های شماره ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ می‌باشد. در تحلیل متغیرهای کانونی فرض جدا بودن جمعیت‌های مورد مطالعه، با کاهش واریانس درون گروهی و افزایش واریانس بین گروه‌ها، ارتباط بین جمعیت‌های مورد مطالعه و میزان تفاوت آن‌ها بهتر نشان داده می‌شود. این دو متغیر کانونی در مجموع ۷۳/۹۶۳ درصد را شامل می‌شوند که از این میان ۵۶/۰۰۳ درصد متعلق به CV1 و ۱۷/۹۶۰ درصد متعلق به CV2 می‌باشد. بنابراین، برای ترسیم Scatter plot استفاده شدند (شکل ۳).

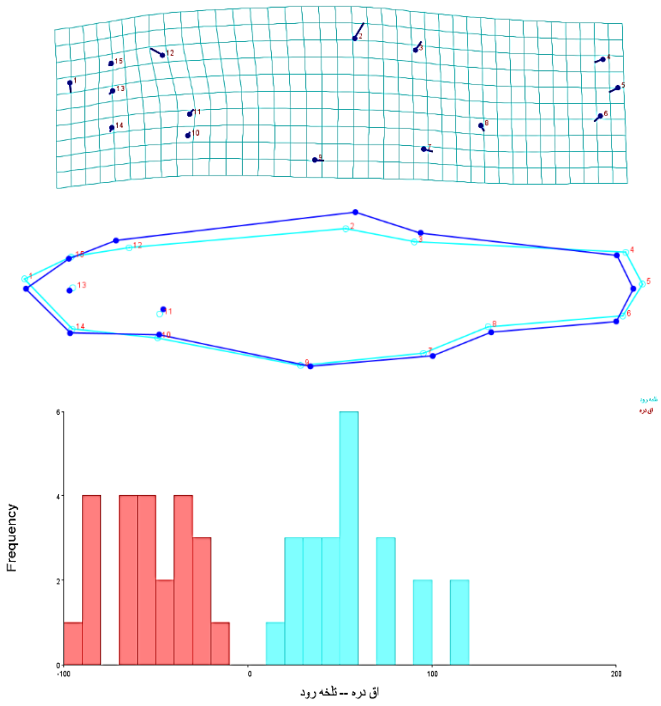


شکل ۳: نمودار آنالیز کانونی جمعیت‌های ماهی کولی ارومیه (بالا) و موقعیت لندمارک‌ها (پایین)

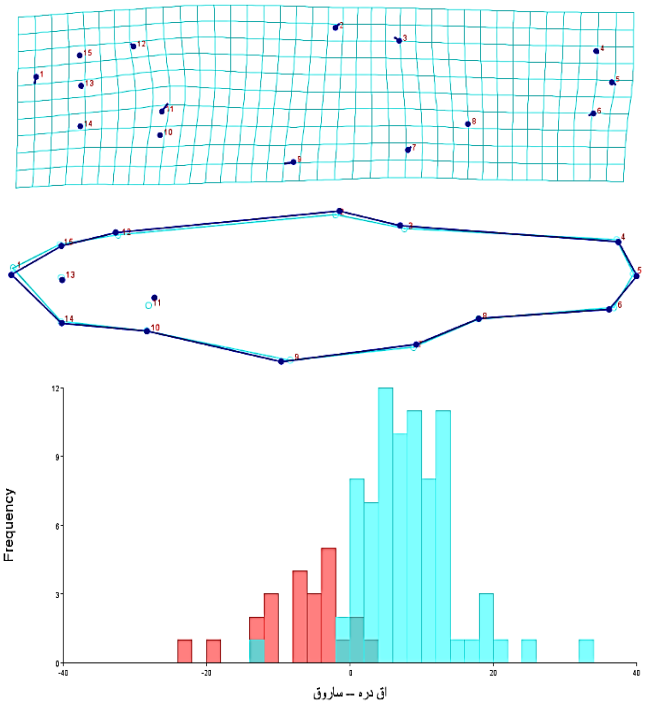
همان طور که در شکل ۳ دیده می‌شود جمعیت رودخانه تلخه‌رود تا حدودی از سایر جمعیت‌ها و به‌طور کامل از زرینه‌رود جدا شده است وجمعیت رودخانه نازلوچای نیز به‌طور کامل از جمعیت سنته و زرینه‌رود جدا شده است و بقیه جمعیت‌ها در طول محور اول پراکنش داشته و هم‌پوشانی دارند. بیش‌ترین جابجایی و تغییرات در موقعیت لندمارک‌ها در متغییر کانونی اول را نسبت به شکل میانگین در لندمارک‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۶ می‌توان مشاهده کرد. تغییرات شکل در طول محور متغیر کانونی دوم نشان‌دهنده بلند شدن باله دمی و کاهش ارتفاع بدن می‌باشد. بیش‌ترین جابجایی و تغییرات در موقعیت لندمارک‌ها در متغیر کانونی دوم را نسبت به شکل میانگین می‌توان در لندمارک‌های شماره ۲، ۵، ۷، ۹ و ۱۲ مشاهده کرد. تفاوت‌های شکلی بین جمعیت‌ها به‌صورت دو به دو مقایسه و به‌صورت گرافیکی نمایش داده شدند. بخش‌هایی که فشردگی با تو رفتگی در قالب سیمی نمایان است، بیانگر تغییرات شکلی بین جمعیت‌ها است (اشکال ۴ تا ۲۴).



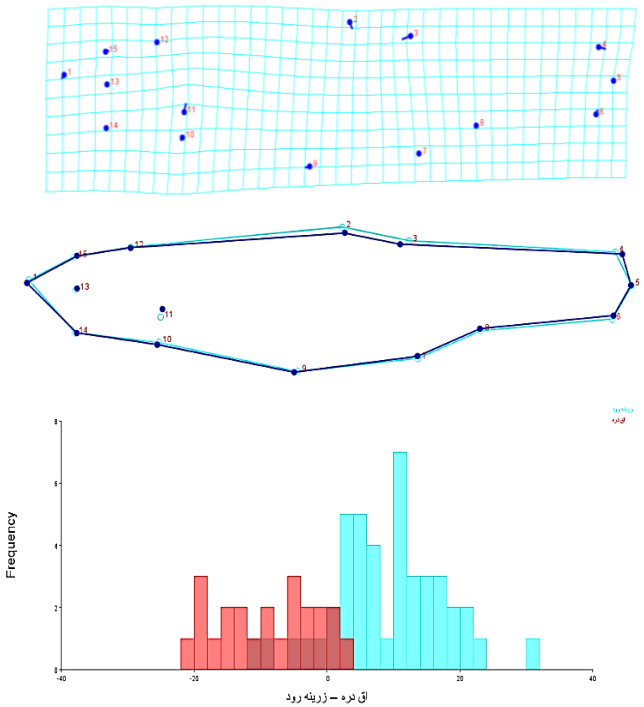
شکل ۴: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های آق‌دره و باراندوز



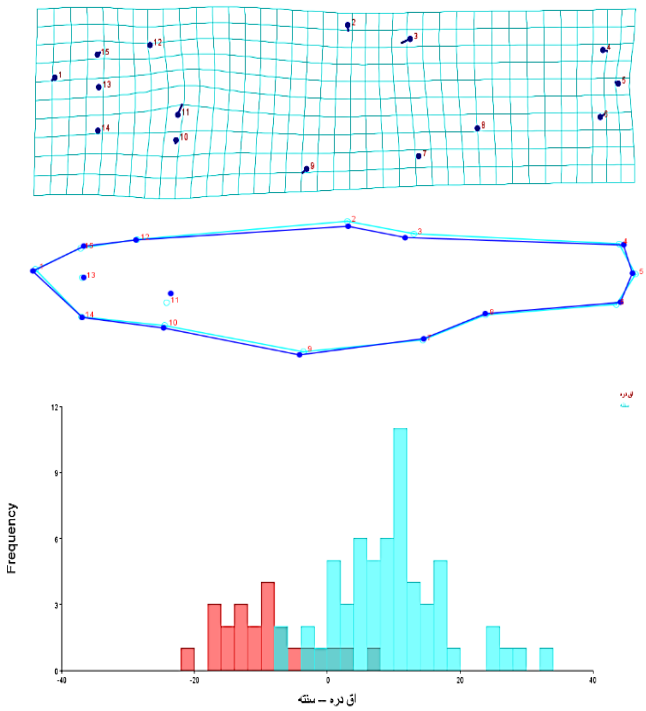
شکل ۵: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های آق‌دره و تلخه‌رود



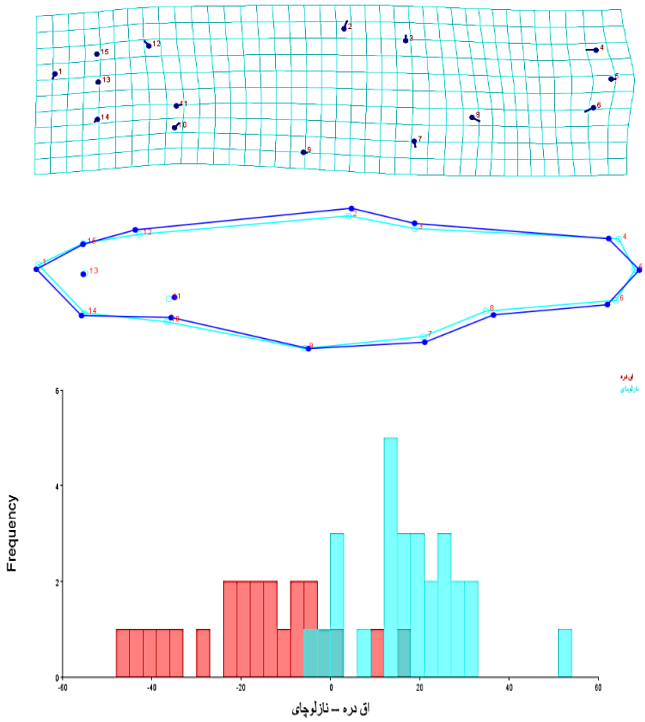
شکل۷: مقایسه آنالیزهای چندمتغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های آق‌دره و ساروق



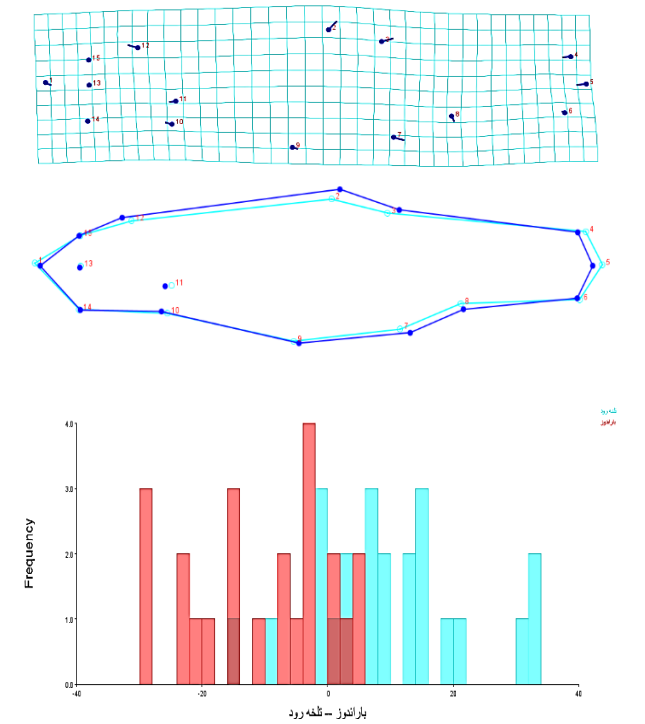
شکل ۶: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های آق‌دره و زرینه‌رود



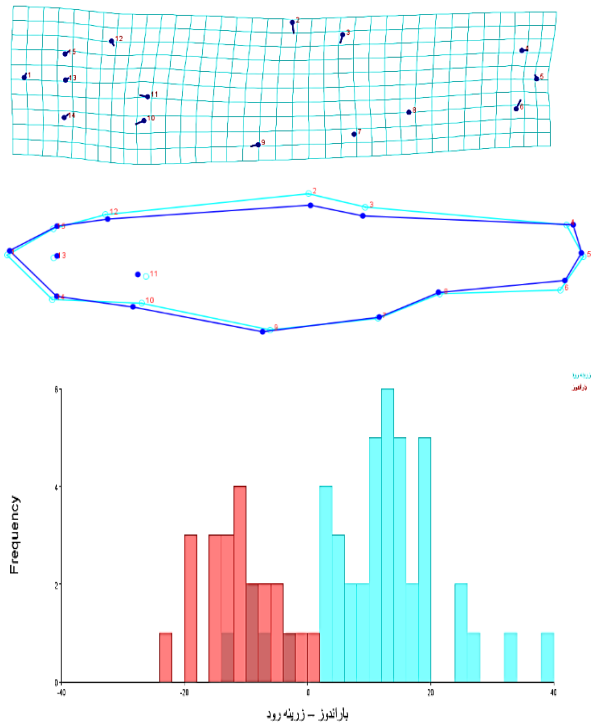
شکل۸: مقایسه آنالیزهای چندمتغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های آق‌دره و سنته



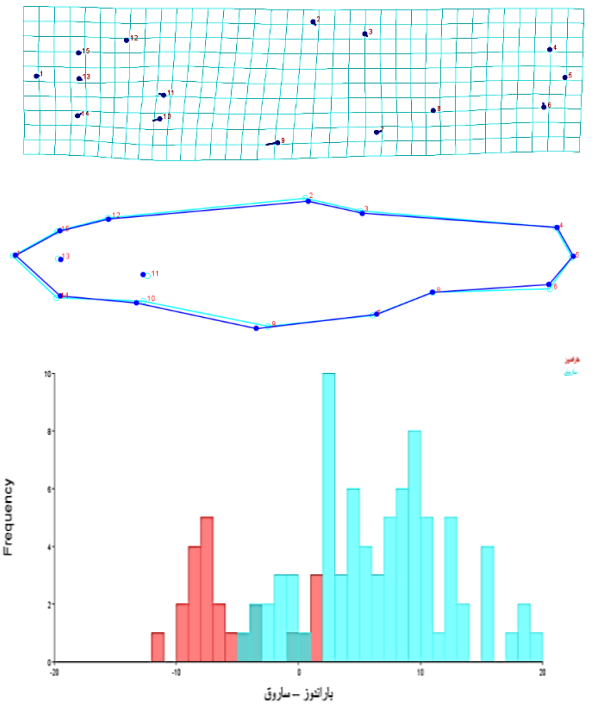
شکل ۹: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های آق‌دره و نازلوچای



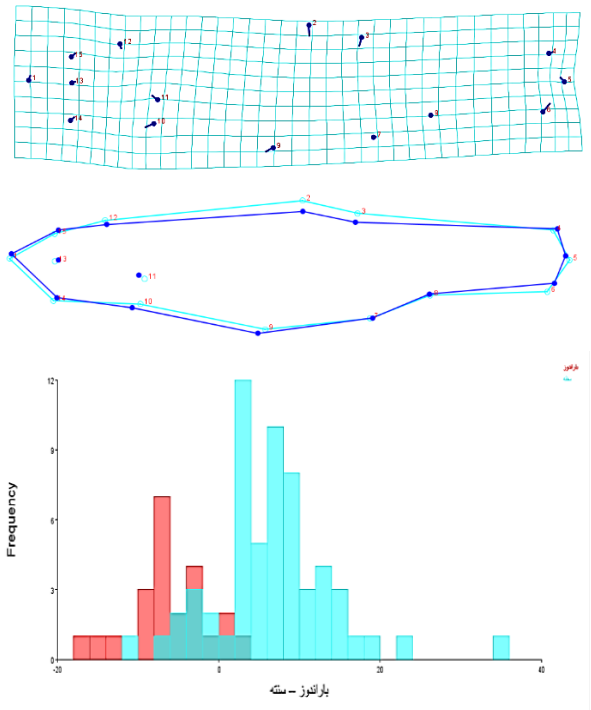
شکل ۱۰: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های باراندوز و تلخه‌رود



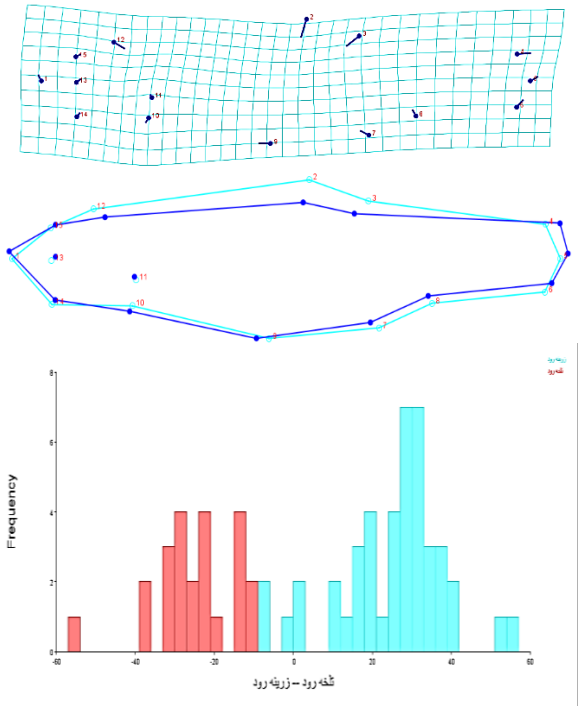
شکل ۱۱: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های باراندوز و زرینه‌رود



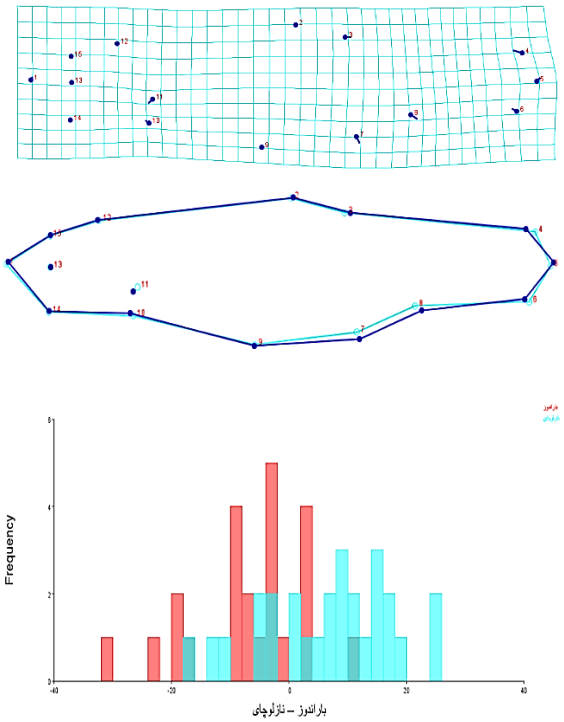
شکل ۱۲: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های باراندوز و ساروق



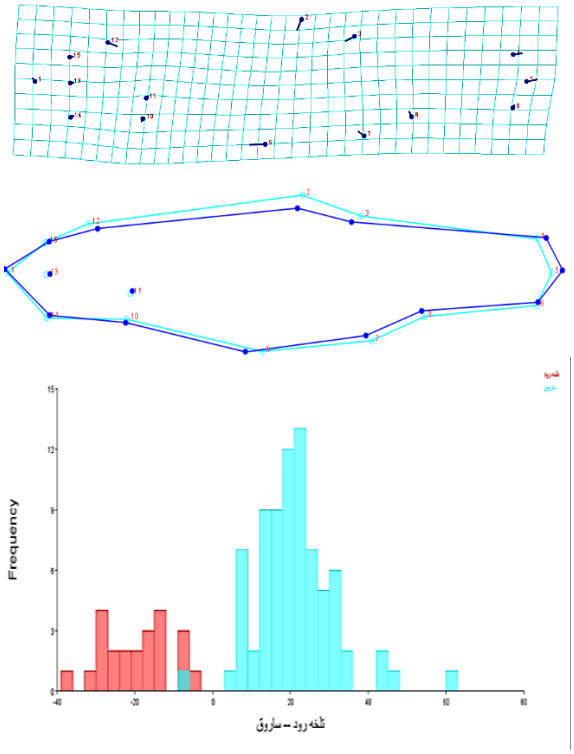
شکل ۱۳: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های باراندوز و سنته



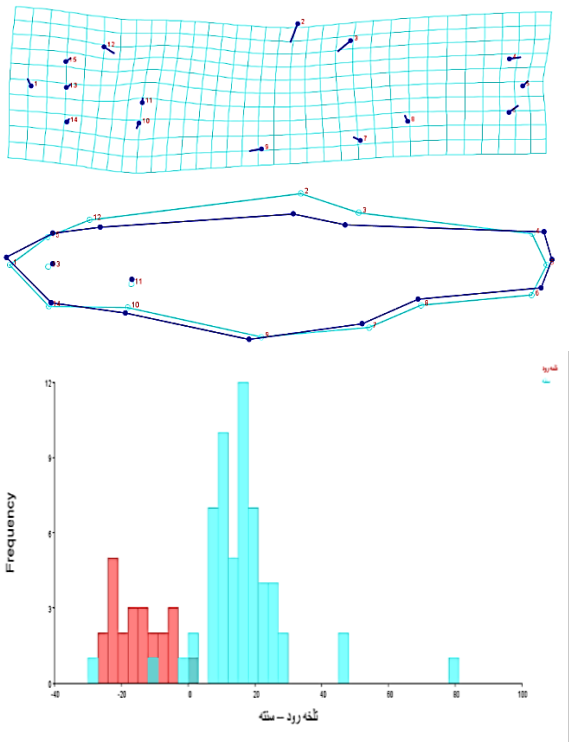
شکل ۱۵: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های تلخه‌رود و زرینه‌رود



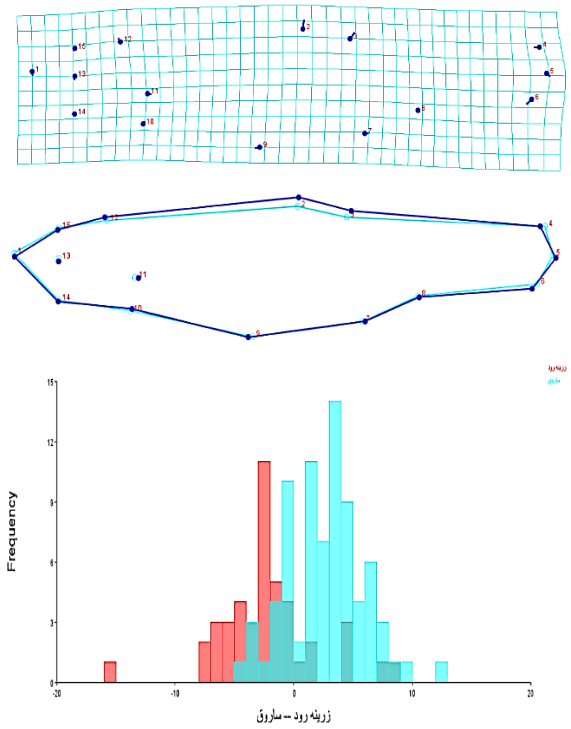
شکل ۱۴: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های باراندوز و نازلوچای



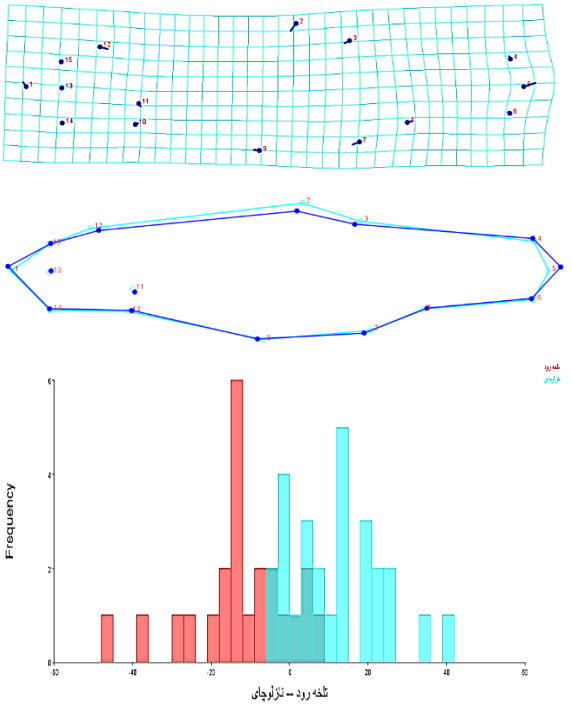
شکل ۱۶: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های تلخه‌رود و ساروق



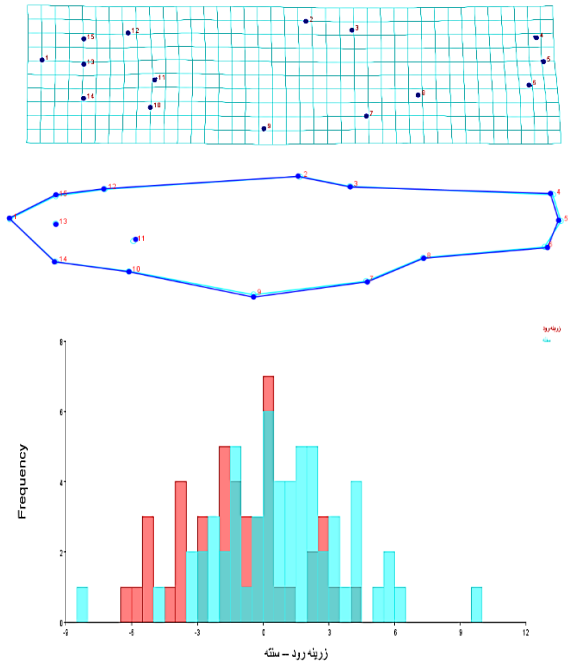
شکل ۱۷: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های تلخه‌رود و سنته



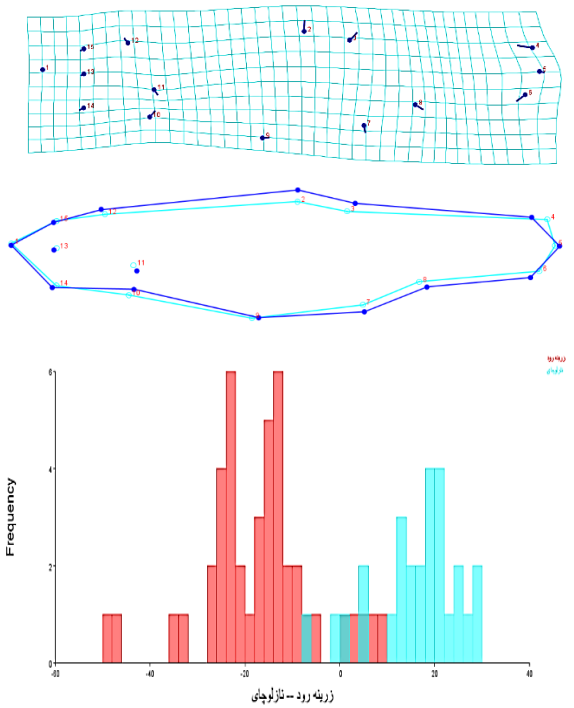
شکل ۱۹: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های زرینه‌رود و ساروق



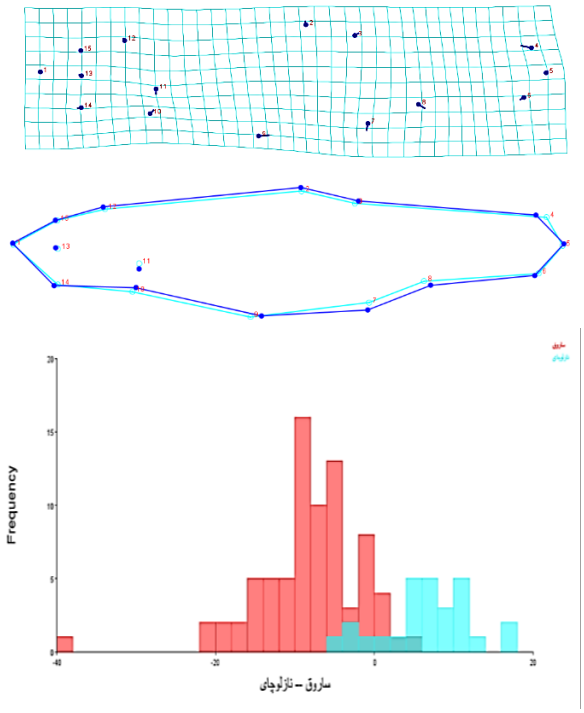
شکل ۱۸: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های تلخه‌رود و نازلوچای



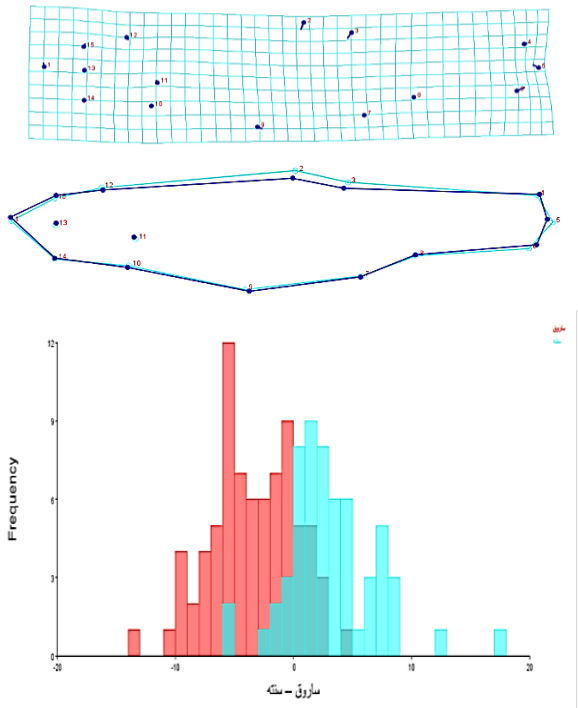
شکل ۲۰: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های زرینه‌رود و سنته



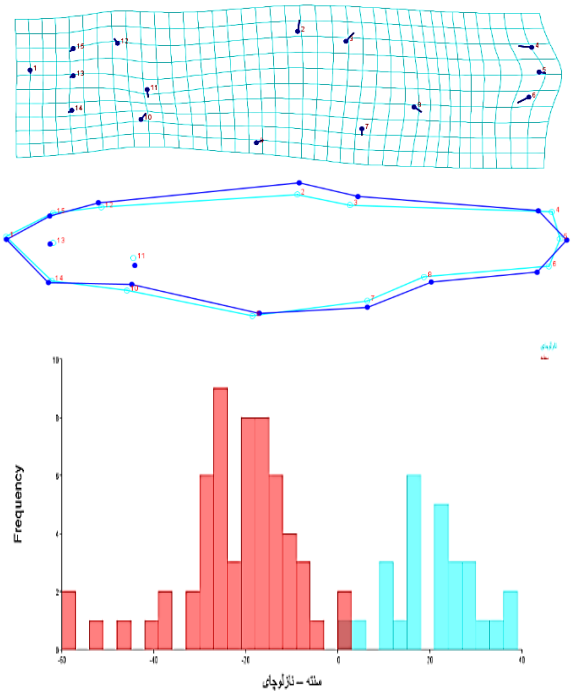
شکل ۲۱: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های زرینه‌رود و نازلوچای



شکل ۲۳: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های ساروق و نازلوچای



شکل ۲۲: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های ساروق و سنته



شکل ۲۴: مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA) بین دو جمعیت رودخانه‌های سنته و نازلوچای

جدول ۲. مقایسه آنالیزهای چند متغیره (DFA)

Discriminant Function Analysis (DFA)	T-square	P-values (parametric)	Procrustes distance
آق‌دره-باراندوز	۵۲۵/۶۰۳۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۸۲
آق‌دره-تلخه‌رود	۱۲۴۷/۵۱۰۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۴۱
آق‌دره-زرینه‌رود	۳۱۷/۴۹۴۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۱۲
آق‌دره-ساروق	۲۹۶/۶۴۳۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۲۱
آق‌دره-سنته	۳۴۰/۰۹۰۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۲۳
آق‌دره-نازلوچای	۴۸۱/۸۷۱۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۹۴
باراندوز-تلخه‌رود	۲۷۷/۸۱۴۹	۰/۰۰۰۶	۰/۰۳۷۶
باراندوز-زرینه‌رود	۳۸۰/۸۵۸۷	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۴۱
باراندوز-ساروق	۲۵۱/۶۳۳۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۳۹
باراندوز-سنته	۲۳۳/۰۴۴۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۴۳
باراندوز-نازلوچای	۲۲۷/۷۸۲۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۴۲
تلخه‌رود-زرینه‌رود	۷۸۵/۵۳۰۷	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۵۷
تلخه‌رود-ساروق	۷۴۳/۸۸۳۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۳۰
تلخه‌رود-سنته	۵۳۵/۷۰۰۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۵۰
تلخه‌رود-نازلوچای	۳۴۹/۹۸۲۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۱۰
زرینه‌رود-ساروق	۱۸۱/۴۷۴۹	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۲۵
زرینه‌رود-سنته	۸۶/۶۶۸۸	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۸۷
زرینه‌رود-نازلوچای	۵۹۷/۸۴۶۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۲۸
ساروق-سنته	۲۵۵/۵۸۹۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۴۰
ساروق-نازلوچای	۳۲۴/۹۳۱۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۹۹
سنته-نازلوچای	۸۲۷/۴۱۵۹	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۲۶

نتایج آنالیزهای چندمتغیره (جدول۲) نشان‌داد بین جمعیت‌های باراندوز و تلخه‌رود، باراندوز و نازلوچای، و زرینه‌رود و سنته تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۰۰۱) و دو جمعیت زرینه‌رود و سنته بیش‌ترین هم‌پوشانی را نشان دادند، اما، تفاوت معنی‌داری بین بقیه جمعیت‌ها نشان داد (P<۰/۰۰۰۱) و دو جمعیت آق‌دره و تلخه‌رود، و تلخه‌رود و زرینه‌رود کاملاً از هم جدا نشان داده شدند. بیش‌ترین تفاوت‌ها و جابجایی‌ها در بین دو جمعیت آق‌دره و تلخه‌رود مربوط به لندمارک‌های ۲، ۳ و ۱۲ بود که نشان‌دهنده تغییر در طول باله پشتی و تغییر در طول سرپوش آبششی می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین تفاوت‌ها و جابجایی‌ها در بین دو جمعیت تلخه‌رود و زرینه‌رود مربوط به لندمارک‌های شماره ۲، ۳ و ۴ می‌باشد که نشان‌دهنده تغییر در طول باله پشتی و قسمت بالایی باله دمی می‌باشد. دو جمعیت تلخه و ساروق ، و سنته و نازلوچای دارای هم‌پوشانی بسیار کم می‌باشند که بیش‌ترین تفاوت‌ها و جابجایی‌ها در دو جمعیت تلخه‌رود و ساروق مربوط به لندمارک‌های شماره ۱۲، ۲، ۳، ۵ و ۹ و در دو جمعیت سنته و نازلوچای مربوط به لندمارک‌های ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ می‌باشد.

بحث

بررسی‌های زیست‌شناختی و بوم‌شناختی اساس مدیریت یک منبع آبی برای بهره‌برداری، پرورش و حفاظت می‌باشد. با این وجود، در ایران هنوز مطالعات کافی بر روی ویژگی‌های بوم‌شناسی و زیست شناسی ماهیان انجام نشده و فقر اطلاعاتی زیادی وجود دارد، هر چند در ۲۰ سال اخیر کارهای تحقیقاتی خوبی انجام شده است. با وجود اهمیت شناسایی جمعیت‌های جداگانه در درون ذخایر یک گونه از ماهی، به‌منظور بهره‌برداری اصولی و منطقی از آن تاکنون هیچ مطالعه جامعی در زمینه ساختار جمعیتی ماهی کولی ارومیه صورت نگرفته است.

عدم توجه به ساختار ذخیره‌ای یک گونه و در نتیجه مدیریت ناکارآمد شیلاتی می‌تواند منجر به تغییرات فاجعه‌باری در صفات زیستی و بهره‌برداری از آن گونه گردد (Jonning و همکاران، ۲۰۰۲).

براساس الگوهای جابه‌جایی لندمارک‌ها و آنالیز تمایز ممیزی که مقایسه دو به دو بین جمعیت‌ها را بررسی می‌کند، جمعیت ماهیان رودخانه تلخه‌رود دارای بدنی پهن‌تر و ساقه دمی کوتاه‌تر

نسبت به بقیه ماهیان بود که احتمالاً ناشی از سازگاری برای افزایش قابلیت مانور سریع است و این شکل بدن در شنای مداوم، مثلاً برای یافتن غذا در محیط‌هایی با جریان کم‌تر مؤثر هستند. بدن پهن‌تر با سر بزرگ مطابق با این سازگاری است (Eagderi و همکاران، ۲۰۱۲؛ Banimasani و همکاران، ۲۰۱۷). براساس الگوهای جابجایی لندمارک‌ها ماهیان رودخانه زرینه‌رود دارای بدنی کشیده‌تر نسبت به سایرین هستندکه با یافته‌های Pakkasmaa و Piironen (۲۰۰۱) که مطالعاتی درخصوص سرعت جریان آب و تنوع شکل ماهی *S. trutta* انجام دادند مطابقت دارد. این ماهی در سرعت جریان‌های تند دارای بدن دوکی شکل و سر درازتر است. ساقه دمی بلندتر هزینه شنا را به‌دلیل کاهش نیروی مقاوم حرکت در جریان‌های تند آب کاهش می‌دهد و کارایی از لحاظ مصرف انرژی بهبود می‌یابد (Mitteroecker و Bookstein، ۲۰۰۷). مطالعه McCarthy و Doherty (۲۰۰۴) بر روی ماهی *Salvelinus* نشان داد که شنای زیاد و کمبود غذا عامل اصلی افزایش طول ساقه دمی است.

به‌طورکلی، ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان در مقایسه با سایر مهره‌داران بیش‌تر دچار تغییرات درون و بین گونه‌ای شده و نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بیش‌تری دارند.

بنابراین، اثرات بعضی از فاکتورهای محیطی نظیر درجه حرارت، شوری، غذا و فاصله مهاجرت می‌تواند به‌طور بالقوه تفکیک ریختی ماهیان را تعیین کند و سبب جدایی جمعیت‌ها در رودخانه‌های متفاوت شود (Turan، ۱۹۹۹؛ Poulet و همکاران، ۲۰۰۴).

تشکر وقدردانی

بدین‌وسیله از آقایان دکتر سالار درافشان، دکتر منوچهر نصری، مهندس سعید اسدالله و مهندس علی میرزایی، مهندس علی نظام الاسلامی، مهندس ابوالفضل روزدار و مهندس سید محمدعلی موسوی جهت همکاری در نمونه‌برداری تشکر و قدردانی می‌گردد. هزینه‌های مالی اجرای این پژوهش توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است.

منابع

۱. **Banimasani, M.; Keivany, Y. and Ebrahimi, E., 2017.** Comparative geometric morphometric study of *Capoeta fusca* populations. J. Env. Anim. Biol.: In press.

۲. **Bookstein, F.L., 1997.** Landmark methods for forms without landmarks: localizing group differences in outline shape. In: Workshop on Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis. (eds. Rohlf, F.J and Bookstein, F.L.). Vol. 1, pp: 225-243.

۳. **Coad, B.W., 2017.** Freshwater Fishes of Iran. www.briancoad.com.

۴. **Doherty, D. and McCarthy, T.K., 2004.** Morphometric and meristic charateristics analysis of two westwrn Irish populations of Asctic Char, *Salvelinus alpinus*, Biology and Enviroment. Proc.Roy. Iri. Acad. Vol. 104, pp: 75-85.

۵. **Eagderi, S.; Esmaeilzadegan, E. and Maddah, A., 2013.** Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. Taxon. Biosyst. Vol. 5, No. 14, pp: 1-8.

۶. **Esmaeili, H.R.; Mehraban, H.; Abbasi, K.; Keivany, Y. and Coad, B., 2017.** Review and updated checklist of freshwater fishes of Iran: Taxonomy, distribution and conservation status. Iran. J. Ichthyol. Vol. 4, Suppl. 1, pp: 1-114.

۷. **Jonning, S.; Reynolds, J.D. and Mills, S.C., 2002.** Life history correlates of response to fisheries expoitation. Fish. Proc. Roy. Soc. Lond. Vol. 265, pp: 333-339.

۸. **Keivany, Y., 2008.** A summary of phylogenetic fish systematics. Isfahan University of Technology Press. 220 p.

۹. **Keivany, Y.; Nasri, M.; Abbasi, K. and Abdoli, A., 2016.** Atlas of inland water fishes of Iran. Iran Department of Environment Press. 218 p.

۱۰. **Mitteroecker, P. and Bookstein, F.L., 2007.** The conceptual and statistical relationship between modularity and morphological integration. Syst. Biol. Vol. 56, pp: 818-836.

۱۱. **Mouludi-Saleh, A.; Keivany, Y. and Jalali, S.A.H., 2017.** Geometric Morphometric Comparison of Namak Chub (*Squalius namak*, Khaefi et al., 2016) in Rivers of Lake Namak Basin of Iran. Res. Zool. Vol. 7, No. 1, pp: 1-6.

۱۲. **Pakkasmaa, S. and Piironen, J., 2001.** Water velocity shapes juvenile salmonids. Evol. Ecol. Vol. 14, pp: 721-730.

۱۳. **Poulet, N.; Berrebi, P.; Crivelli, A.J.; Lek, S. and Argillier, C., 2004.** Genetic and morphometric variation in the pikeperch *Sander lucioperca* of a fragmented delta. Arch. Hydrobiol. Vol. 159, pp: 531-554.

۱۴. **Turan, C., 1999.** A note on the examination of morphometric differentiation among fish populations: The truss system. Turk. J. Zool. Vol. 23, pp: 259-263.