

مقایسه شکل بدن جمعیت‌های ماهی سفید (*Rutilus kutum* Kamensky, 1901) در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

فریبرز قجقی*^۱، سهیل ایگدری^۲، منوچهر نصری^۳

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، آزادشهر، ایران، صندوق پستی: ۳۰

۲- گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، صندوق پستی: ۴۳۱۴

۳- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، صندوق پستی: ۴۶۵

تاریخ پذیرش: ۱۹۰ آبان ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۲۱ تیر ۱۳۹۶

چکیده

این مطالعه باهدف مقایسه ویژگی‌های ریختی ماهی سفید (*Rutilus kutum* (Kamenskii, 1901) در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لند مارک پایه به اجرا درآمد. برای این منظور تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی از پنج ایستگاه (۳۰ قطعه از هر ایستگاه) شامل ساحل بندر ترکمن، محمودآباد، کلارآباد، بندر کیشهر و تالش نمونه‌برداری و پس از بیهوشی توسط عصاره پودر گل میخک ۱٪ و تثبیت در محلول فرمالین ۱۰٪ به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از تهیه تصاویر دیجیتال از نیمرخ چپ نمونه‌ها، تعداد ۱۷ نقطه لند مارک هم‌ارز تعریف و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 رقومی شدند. از روش پرو کراست عمومی به منظور حذف اثرات اندازه و جهت از مختصات لند مارک‌های رقومی شده استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های PCA، CVA/Manova و آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. نتایج تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با پشتیبانی ۵۸٪ دو جمعیت ماهی سفید کیشهر و بندر ترکمن را در یک گروه و جدا از سایر جمعیت‌ها قرار داد. با توجه به اینکه جمعیت ماهیان سفید کیشهر و بندر ترکمن از نظر شکلی در یک گروه قرار گرفتند و مهم‌ترین وجه شباهت آن‌ها استوانه‌ای‌تر بودن فرم بدن، طول سر کمتر و ارتفاع بدن کمتر نسبت به سایر جمعیت‌ها است، با توجه به فاصله جغرافیایی نسبتاً بالای این دو جمعیت، شباهت مشاهده شده بین آن‌ها را می‌توان حاصل انعطاف‌پذیری ریختی در پاسخ به شرایط محیطی مشابه آن‌ها دانست. نتایج این مطالعه قابلیت انعطاف‌پذیری ریختی بالایی را برای این ماهی نشان داد.

کلمات کلیدی: انعطاف‌پذیری ریختی، دریای خزر، ریخت‌سنجی هندسی، کپور ماهیان، ماهی سفید.

مقدمه

دریای خزر با وسعت ۳۷۳۳۰۰۰ کیلومتر مربع بزرگ‌ترین دریاچه جهان و یک مخزن آبی مشترک بین پنج کشور جمهوری اسلامی ایران، جمهوری آذربایجان، جمهوری فدراتیو روسیه، جمهوری قزاقستان و جمهوری ترکمنستان است. این دریا دارای ماهیان باارزش اقتصادی فوق‌العاده بوده و در آن ۱۱۵ گونه و زیرگونه از انواع ماهیان زندگی می‌کنند. از مهم‌ترین ماهیان غضروفی استخوانی این دریا می‌توان پنج گونه بسیار ارزشمند ماهیان خاویاری و از ماهیان استخوانی آن می‌توان ماهی سفید، کفال، سیم، سوف، کپور، سس ماهی، ماهی آزاد و کیلکا را نام برد (عبدلی، ۱۳۷۸؛ ولی پور و خانی پور، ۱۳۹۴). ماهی سفید مهم‌ترین ماهی استخوانی دریای خزر بوده و با توجه به ارزش غذایی بالا، کیفیت عالی گوشت و لذیذ بودن آن مورد توجه صیادان، ساحل‌نشینان و مردم کشور ما و حتی سایر کشورهای حاشیه دریای خزر است (فضلی و غنی نژاد، ۱۳۸۳؛ کناری و همکاران، ۱۳۸۲). طول عمر این ماهی در دریای خزر ۱۰-۹ سال بوده و صید سالیانه این ماهی معمولاً از ۱۰ مهرماه شروع و تا ۱۰ فروردین ماه ادامه می‌یابد. ماهی سفید در حوزه ایرانی دریای خزر دارای دو فرم بهاره و پاییز بوده و برای تخم‌ریزی و تکثیر طبیعی وارد منابع آب شیرین رودخانه‌ها و تالاب‌های حاشیه این دریا می‌شود (کازانچف، ۱۳۸۳؛ عبدلی، ۱۳۷۸). ماهی سفید دریای خزر از جمله ماهیان ارزشمند این دریا است و مطالعات متعددی در مورد جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی آن انجام شده است. از جمله: مطالعه ساختار سن و رشد ماهی سفید دریای خزر (Bandpei et al., 2010)،

ماهی سفید دریای خزر (طهامی و قیاسی، ۱۳۹۲)، بررسی کارایی رشد و ترکیبات لاشه ماهی سفید (Ebrahimi and Ouraji, 2012)، فلور میکروبی رود ماهی سفید تحت تأثیر جیره حاوی ویتامین C (Ghomi et al., 2010) و بسیاری مطالعات دیگر که نشان از اهمیت اقتصادی این ماهی دارند. در ایران مطالعات متعددی در مورد تفاوت‌های ریختی و ارتباط آن با شرایط اکولوژیکی بر روی ماهیان انجام شده است که از آن جمله به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: در مطالعه ماهی گل چراغ (*Garra rufa*) در حوضه‌های غربی و جنوبی کشور، مشخص شده که شرایط اکولوژیکی در بروز تفاوت‌های ریختی بین جمعیتی ماهیان تأثیر قابل توجهی دارد (قلعه‌نویی و همکاران، ۱۳۸۹). ندایی و همکاران (۱۳۹۳) مقایسه ریختی دو جمعیت سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*, Güldenstädt, 1773) رودخانه‌های سفیدرود و ارس در حوضه دریای خزر را بررسی کرده و داده‌های حاصل شکل بدن دو جمعیت‌ها را مورد تحلیل قرار دادند که طی آن مشخص شد تنوع ریختی بسیار بالایی در جمعیت‌های این ماهی وجود دارد. شفیع ثابت و همکاران (۱۳۸۷) بررسی برخی از خصوصیات مورفومتریک و مرستیک ماهی سفید دریای خزر مهاجر به مصب رودخانه سفیدرود پرداختند. در آن مطالعه برخی از مهم‌ترین صفات تشخیصی جنس‌های نر و ماده ماهی سفید مشخص گردید. قجقی و همکاران (۱۳۹۲) فیلوژنی کلمه خزری (*Rutilus rutilus caspicus*) در سواحل جنوبی دریای خزر را با استفاده از روش‌های ریختی و مولکولی مطالعه کرده و نشان دادند که سه جمعیت کلمه در بخش‌های مختلف سواحل جنوبی این دریا از نظر ریختی باهم متفاوت هستند. همچنین در مطالعه‌ای که بر

با قدرت تفکیک شش مگا پیکسل عکس برداری شد. برای استخراج داده‌های شکل در روش ریخت سنجی هندسی تعداد ۱۷ نقطه لند مارک با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 بر روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند (شکل ۲). روی هم گذاری جایگاه لند مارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پرو کراست (GPA) به منظور حذف تغییرات غیرشکلی شامل اندازه، جهت و موقعیت صورت پذیرفت (Zelditch, 2004). داده‌های حاصل شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده آنالیزهای چندمتغیره تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، Hotelling's *t*-test، CVA/Manova و آنالیز خوشه‌ای توسط نرم‌افزارهای (PAST version 2. 10) و MorphoJ مورد تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی تفاوت شکل بدن میانگین جمعیت‌ها با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ و توسط نمودار قاب سیمی wireframe و شبکه تغییر شکل (Deformation grids) صورت پذیرفت.

اساس تعداد ۱۳ صفت ریخت سنجی سنتی و ۱۲ صفت ریخت سنجی هندسی (به روش شبکه تراس) بر روی ماهی سفید دریای خزر (در رودخانه‌های لمیر، شیرود، سفیدرود و تجن) انجام شد، تفاوت‌های ریختی مشخصی بین جنس‌های نر و ماده و همچنین تفاوت‌های ریختی بین جمعیتی آشکاری گزارش گردید (Abdolhay *et al.*, 2010).

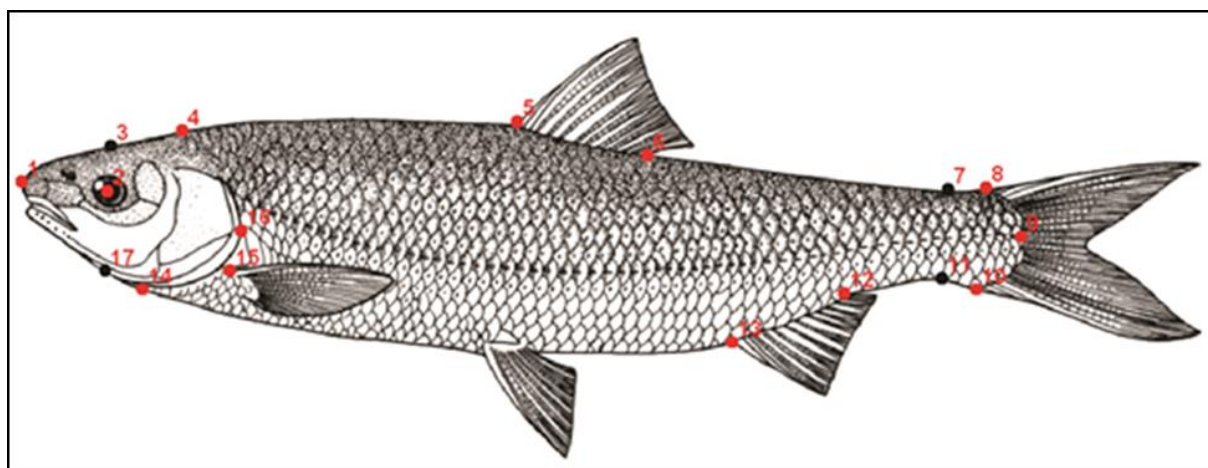
تعداد زیاد گونه‌های موجود در آب شیرین با توجه به محدود بودن چنین زیستگاه‌هایی به خاطر جدایی جغرافیایی و ژنتیکی بین آنهاست (Helfman *et al.*, 2009)؛ اما در مورد گونه‌های ساکن اکوسیستم‌های پیوسته دریایی همچون ماهی سفید دریای خزر، فرآیند جدایی به نحو متفاوتی روی داده است. شناخت الگوهای تفاوت بین آنها می‌تواند به درک بهتر عوامل جدایی و تنوع گونه‌ای آنها کمک کند. از این رو در این مطالعه به منظور درک روند جدایی ماهی سفید دریای خزر که یک نوع فرایند گونه‌زایی در حال پیشرفت است، از روش مدرن ریخت سنجی هندسی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

برای این مطالعه تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی از مناطق بندر ترکمن در استان گلستان، محمودآباد، کلارآباد در استان مازندران، بندر کیشهر و تالش در استان گیلان نمونه برداری گردید (شکل ۱). نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول پودر گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت شده و برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه ابتدا از نمای چپ نمونه‌ها با استفاده از Copystand مجهز به دوربین دیجیتال



شکل ۱: مناطق مورد مطالعه در حوضه جنوبی دریای خزر



شکل ۲: نمایش لند مارک‌های ماهی سفید دریای خزر *Rutilus kutum* (Kamenskii, 1901): ۱- ابتدایی ترین بخش فک بالا، ۲- مرکز حدقه، ۳- تقاطع امتداد خط عمودی که از مرکز حدقه می‌گذرد با سطح پشتی سر، ۴- محل اتصال سر به تنه، ۵- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۶- انتهای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۷- بیشترین تورفتگی پشتی ساقه دم، ۸- لبه بالایی محل اتصال باله دم به دم، ۹- انتهای خط جانبی در قاعده باله دم، ۱۰- لبه پایینی محل اتصال باله دم به دم، ۱۱- بیشترین تورفتگی زیرین ساقه دم، ۱۲- انتهای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۳- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۴- بخش پایینی شکاف آبششی (گلو)، ۱۵- ابتدای قاعده‌ی باله سینه‌ای، ۱۶- انتهای ترین بخش سرپوش آبششی، ۱۷- تقاطع امتداد خط عمودی که از مرکز حدقه می‌گذرد با سطح شکمی سر. لند مارک‌های ۳، ۷، ۱۱ و ۱۷ لند مارک کاذب هستند. (از یک شکل واقعی و تعداد ۱۷ لند مارک استفاده کن و تعاریف لند مارک‌ها هم همراه آن باشد)

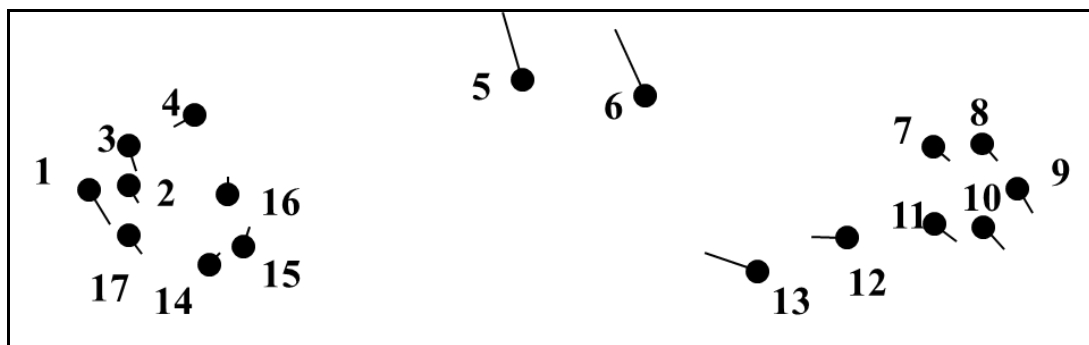
نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) تعداد ۳۴ مؤلفه اصلی را استخراج کرد که از میان آن‌ها پنج مؤلفه اصلی اول با مجموع واریانس ۷۰/۵۷٪ به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار شناخته شدند. نمودار پراکنش نمونه‌ها بر اساس دو مؤلفه اصلی اول ترسیم

شد (شکل ۲). مهم‌ترین وجوه تفاوت بین جمعیت‌های ماهی سفید مورد مطالعه بر اساس مؤلفه اصلی اول شامل: (۱) **باله پشتی**: با توجه به الگوی جابجایی لند مارک‌های ابتدا و انتهای باله پشتی ارتفاع تنه در بین پنج جمعیت مورد مطالعه دارای تنوع است. همچنین در بین جمعیت‌های ماهی سفید از نظر موقعیت باله پشتی نیز

برخی جمعیت‌ها صفحه دمی در موقعیت بالاتر و در برخی دیگر در موقعیت پایین‌تری قرار دارد؛ و بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی می‌توان چنین پیش‌بینی کرد که برخی از جمعیت‌ها نسبت به بقیه دارای طول و ارتفاع سر بیشتر و همچنین موقعیت دهانی بالاتری هستند. همچنین جایگاه حدقه و چشم نیز از الگوی مشابهی تبعیت می‌کند. نتایج PCA حاکی از وجود الگوی تنوع ریختی از نظر جایگاه باله سینه‌ای در بین جمعیت‌های مورد مطالعه نیز است (شکل ۲).

تنوع وجود دارد بدین معنی که در برخی از جمعیت‌ها باله پشتی در موقعیت عقب‌تر و در برخی دیگر در موقعیت جلوتری قرار دارد. (۲) **باله مخرجی:** بر اساس الگوی جابجایی لند مارک‌های ابتدا و انتهای باله مخرجی (جابجایی به سمت جلو و بالا)، علاوه بر تأکید بر تغییرات ارتفاع بدن، نشان‌دهنده وجود تنوع در موقعیت این باله است که در برخی جمعیت‌ها موقعیت عقبی‌تر و در برخی دیگر موقعیت جلوتری دارد. (۳) **صفحه دمی:** الگوی جابجایی لند مارک‌های این منطقه تنوع بالایی را نشان می‌دهد بدین معنی که در



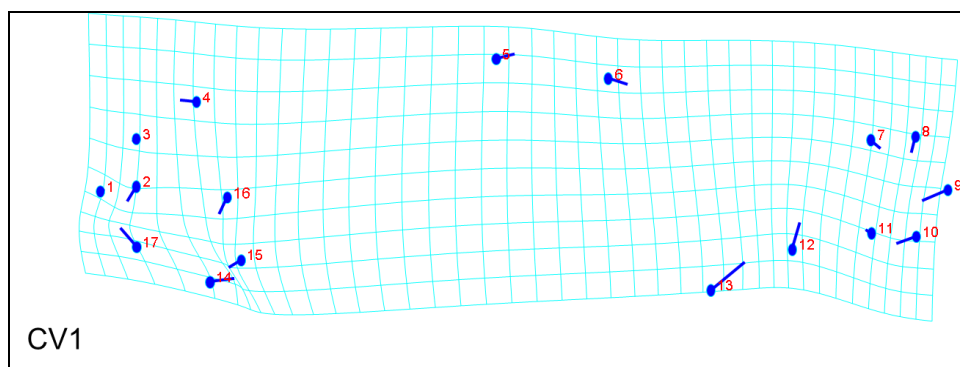
شکل ۲: نمایش شکل اجماع جمعیت‌های ماهی سفید و نواحی دارای بیشترین تغییرات شکلی بر اساس مؤلفه اصلی اول PC1

گردید (جدول ۱). فواصل ماهالانویس بین سایر جمعیت‌ها حدفاصل مقادیر بالا به دست آمد. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل تغییرات شکلی متعارف (شکل ۳) جمعیت‌های تالش و کلارآباد علاوه بر تفاوت فاحش با یکدیگر، با سایر جمعیت‌های مورد مطالعه نیز تفاوت آماری قابل ملاحظه‌ای را نشان دادند ($P < 0.05$). جمعیت‌های محمودآباد، کیشهر و بندر ترکمن با وجود اینکه از نظر آماری دارای تفاوت‌های شکلی هستند، با همدیگر هم‌پوشانی نشان می‌دهند که نشان‌دهنده تفاوت آماری نسبتاً کمتر بین آن‌ها نسبت به جمعیت‌های کلارآباد و تالش است (شکل ۴).

تجزیه و تحلیل تغییرات شکلی متعارف (CVA)

بر اساس نتایج CVA و الگوی جابجایی لند مارک‌ها می‌توان مهم‌ترین وجوه تفاوت‌های بین جمعیت‌ها را در موقعیت باله مخرجی، ارتفاع صفحه دمی، موقعیت باله پشتی، طول سر و جایگاه حدقه دانست. بر اساس مقادیر فواصل ماهالانویس^۱ بیش‌ترین تفاوت مشاهده‌شده بین دو جمعیت ماهی سفید کلارآباد و تالش بود و کمترین میزان تفاوت نیز بین دو جمعیت ماهی سفید کیشهر و محمودآباد محاسبه

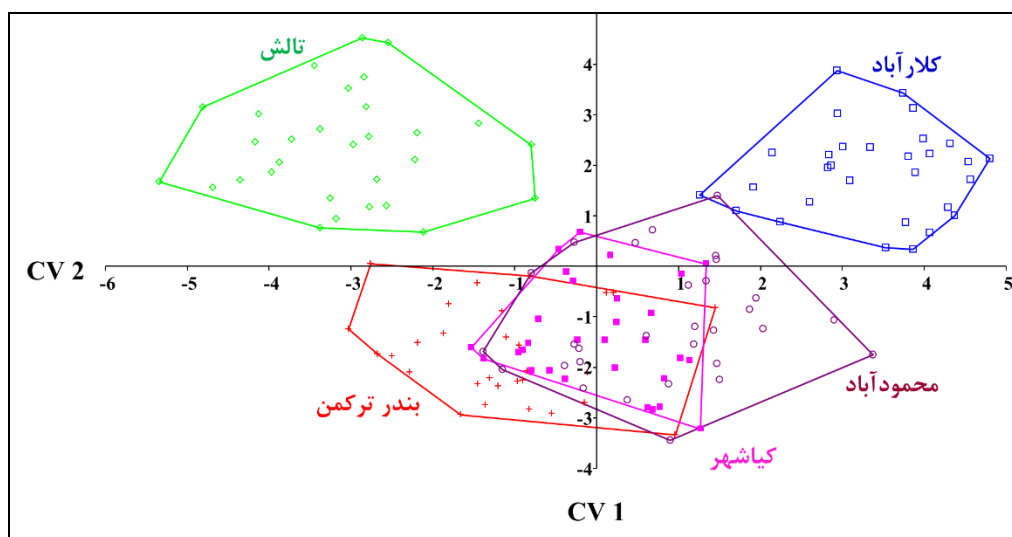
^۱ Mahalanobis Distances



شکل ۳: الگوی جابجایی لند مارک‌ها و شبکه تغییر شکل بر اساس اولین CV

جدول ۱: مقادیر فواصل ماهالانویس صفات ریختی جمعیت‌های ماهی سفید

| محمودآباد | کیاشهر | کلارآباد | بندر ترکمن | |
|-----------|--------|----------|------------|-----------|
| - | - | - | ۵/۷۰۴۳ | کلارآباد |
| - | - | ۵/۱۹۳۹ | ۴/۳۴۶۲ | کیاشهر |
| - | ۲/۷۳۵۴ | ۴/۵۵۶۵ | ۴/۲۱۷۸ | محمودآباد |
| ۵/۲۵۰۹ | ۵/۰۷۸۱ | ۶/۱۴۴۵ | ۵/۲۷۳۲ | تالش |



شکل ۴: نمودار پراکنش و تمایز جمعیت‌های ماهی سفید بر اساس CVA

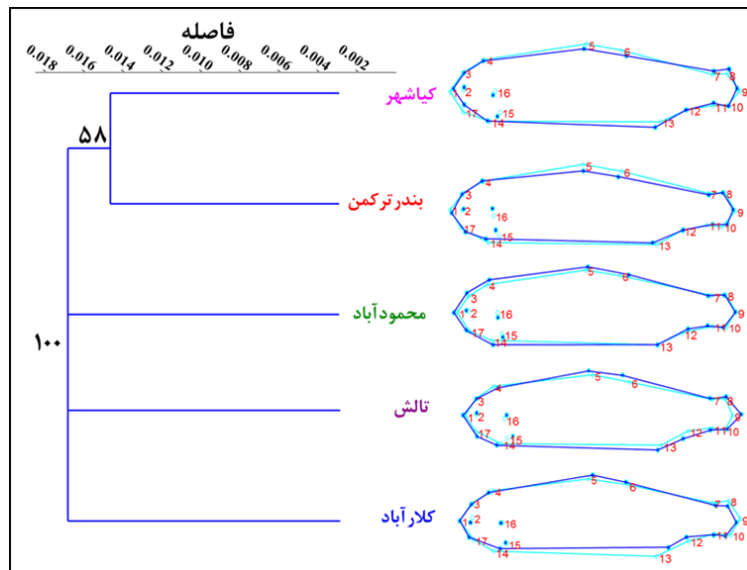
تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (Cluster Analysis)

(Analysis)

بر اساس نتیجه تجزیه خوشه‌ای، ضمن تأیید نتایج CVA، پنج جمعیت مورد مطالعه را با پشتیبانی ۱۰۰٪

درخت‌های ممکن به چهار گروه مجزا دسته‌بندی کرد. دو جمعیت ماهی سفید کیاشهر و بندر ترکمن با پشتیبانی ۵۸٪ در یک گروه قرار گرفته و از سایر

جمعیت‌ها مجزا شدند و سه جمعیت دیگر نیز با پشتیبانی کامل در شاخه‌های مجزا قرار گرفتند (شکل ۵).



شکل ۵: نمودار تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و نمایش تفاوت شکلی هر یک از جمعیت‌ها با شکل میانگین کل جمعیت‌ها (خطوط آبی کم‌رنگ نشان‌دهنده شکل اجماع هستند)

بحث

موجودات زنده همواره به طرق مختلف با شرایط زیستی پیرامون خود سازگار می‌شوند. این سازگاری رمز بقاء گونه‌های مختلف در طی زمان بوده است. قابلیت سازگاری موجودات زنده در پاسخ به محیط زیست را اصطلاحاً انعطاف‌پذیری ریختی می‌نامند و معمولاً این فرآیند در جهتی است که قابلیت بقاء و کیفیت زندگی موجود زنده را ارتقاء دهد (Whitman and Agrawal, 2009). بسیاری از سازگاری‌های ریختی در ژنوم موجودات زنده ثبت شده و به نسل‌های بعدی منتقل می‌شوند، بنابراین می‌توان با مطالعه آن‌ها پاسخ‌های ریختی موجودات زنده را نسبت به عوامل محیطی رصد کرد (Guill et al., 2003). چنین فرآیندی (انعطاف‌پذیری ریختی) نسبت به شرایط زیستگاهی در ماهیان مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است (Smith and Skulason, 1996).

نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در این مطالعه نشان داد که یک الگوی بالقوه جهت تمایز ریختی جمعیت‌ها از یکدیگر وجود دارد اما با توجه به اینکه در این روش فرض تعلق جمعیت‌ها به گروه‌های جداگانه لحاظ نمی‌شود، نتایج حاصله از این روش به‌عنوان نتایج مقدماتی و تخمینی محسوب می‌گردند. بر اساس نتایج PCA، مشخص گردید که تنوع و تغییرات قابل ملاحظه‌ای در بین جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد. به‌منظور تمایز جمعیت‌ها بر اساس میزان تفاوت بین جایگاه لند مارک‌ها از روش تجزیه و تحلیل تغییرات شکلی متعارف (CVA) استفاده شد. تغییرات شکلی بین جمعیت‌ها را بر اساس CV1 در شبکه تغییر شکل و همچنین نمودار آب‌نباتی نشان می‌دهد، مشخص است که در نواحی سر، باله مخرجی، صفحه دمی و باله پشتی تفاوت وجود دارد. بر اساس آنالیز خوشه‌ای نیز نشان داد در ۵۸٪ خوشه‌های ترسیم‌شده دو جمعیت بندر ترکمن و کياشهر در یک گروه جای گرفتند و سه

جمعیت دیگر به طور کامل به صورت جداگانه خوشه بندی شدند. با توجه به اینکه جمعیت ماهیان سفید کیشهر و بندر ترکمن از نظر شکلی در یک گروه قرار گرفتند و مهم ترین وجه شباهت آن‌ها فرم استوانه‌ای تر بدن، طول سر کمتر و ارتفاع بدنی کمتر نسبت به سایر جمعیت‌ها است، به نظر می‌رسد با توجه به فاصله جغرافیایی نسبتاً بالای این دو جمعیت، شباهت مشاهده شده بین آن‌ها می‌تواند به تاریخچه و شرایط محیطی مشابه آن‌ها مرتبط دانست؛ زیرا ثابت شده است که جانورانی که در شرایط اکولوژیکی مشابهی زندگی می‌کنند، از نظر ریختی و گاهی فیزیولوژیکی نیز همگرایی‌هایی بین آن‌ها روی می‌دهد (Matthews, 1998; Riesch et al., 2015). شباهت جمعیت‌های بندر ترکمن و کیشهر عمدتاً حاصل تکثیر طبیعی هستند زیرا در نزدیکی این مناطق کارگاه تکثیر مصنوعی ماهی سفید وجود نداشته و رودخانه‌های این مناطق از شرایط نسبتاً خوبی برای تکثیر طبیعی ماهیان برخوردارند در حالی که در جمعیت‌های محمودآباد، تالش و کلارآباد ترکیبی از ماهیان حاصل از تکثیر طبیعی و مصنوعی حضور دارند. هردو ساحل بندر ترکمن و کیشهر از نظر عمق و جریان‌های آبی مشابه هستند (Aladin and Plotnikov, 2004). در این دو منطقه به واسطه فرم خاص سواحل جریانات آبی بیشتری وجود دارد که لزوماً نیازمند سازش‌پذیری‌های مرتبط با شناگری خاصی است. معمول ترین حالت سازگاری با جریانات آبی عبارت است از کاهش سطح مقطع بدن و ایجاد حالت هیدرودینامیک (Watson and Balon, 1984). در سه منطقه دیگر شرایط سواحل از الگوهای متفاوتی تبعیت می‌کند. نمی‌توان تمامی تفاوت‌های مشاهده شده را تنها به یک عامل مربوط دانست زیرا

عوامل متعددی بر فرم بدنی ماهیان مؤثر است. در چنین مواردی باید به ترکیب و برآیندی از عوامل مؤثر همچون خصوصیات زیستی، ژنتیکی و اکولوژیکی استناد کرد (Matthews, 1998; Guill et al., 2003). تفاوت‌هایی که در نواحی باله‌های پشتی و مخرجی و ساقه دمی مشاهده می‌شود به عنوان تفاوت‌های ریختی مرتبط با حرکت در نظر گرفته می‌شود. تفاوت‌های مربوط به ارتفاع بدن و ابعاد سر هم می‌توانند به عنوان سازگاری‌های مربوط به شرایط هیدرودینامیکی و یا تغذیه‌ای قلمداد شوند (Hawkins and Quinn, 1996; Fisher and Hogan, 2007). ماهیان بندر ترکمن و کیشهر با وجود اینکه از نظر ارتفاع بدن و حالت هیدرودینامیکی مشابه هستند، از نظر طول قاعده باله پشتی و مخرجی و ارتفاع سر و همچنین موقعیت باله سینه‌ای متفاوت‌اند. با توجه به اینکه این دو جمعیت مربوط به دو ذخیره ژنتیکی مجزا هستند و هر جمعیت ژنتیکی دارای صفات منحصر به خود است، وجود چنین تفاوت‌هایی را می‌توان تحت عنوان تنوع ژنتیکی یا تنوع درون گونه‌ای تعریف کرد. هر جمعیت در طول زمان برای سازگاری بهینه با شرایط اکولوژیکی خود یک سری انعطاف‌پذیری‌های ریختی را بروز می‌دهد که با گذشت زمان در ژنتیک آن جمعیت تثبیت می‌گردد (Smith and Skulason, 1996). امروزه بخش عمده‌ای (در حدود ۹۰٪) از صید سالیانه ماهی سفید دریای خزر حاصل تکثیر مصنوعی و رهاسازی بچه ماهیان به رودخانه‌های منتهی به دریای خزر است (قربان زاده و نظری، ۱۳۹۳). با توجه به اینکه فرایند تکثیر مصنوعی با استفاده از تعداد محدودی مولد صید شده در زمان تکثیر طبیعی این ماهی انجام می‌گیرد، به نظر می‌رسد این فعالیت‌ها می‌تواند بر

- رودخانه‌های تجن و شیروود. نشریه توسعه آبرزی پروری، ۷(۳)، ۳۱-۲۳.
۳. عبدلی، ا.، ۱۳۷۸. ماهیان آب‌های داخلی ایران، چاپ اول. موزه طبیعت و حیات وحش ایران. تهران. ۲۷۴ صفحه.
۴. فضل‌ی، ح.، غنی‌نژاد، د.، ۱۳۸۳. بررسی صید و برخی جنبه‌های زیست‌شناسی کفال ماهیان در حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۳(۱)، ۹۷-۱۱۴. سال ۱۳ (شماره ۱): ۱۱۴-۹۷.
۵. قجقی، ف.، ایگدری، س.، ۱۳۹۲. مقایسه ریخت‌شناختی واریته‌های ترکمنی و کورا ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*, Yakovlev, 1870) دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. طرح پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر. ۹۶ صفحه.
۶. قربان‌زاده، ر.، نظری، س.، ۱۳۹۳. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۳۹۲ - ۱۳۸۲. سازمان شیلات ایران/معاونت توسعه مدیریت و منابع/دفتر برنامه‌بودجه/واحد آمار. تهران.
۷. قلعه‌نویی، م.، پازوکی، ج.، عبدلی، ا.، حسن‌زاده کیابی، ب.، گلزاریان، ک.، ۱۳۸۹. مطالعه مورفومتریکی و مرستیکی جمعیت‌های مختلف ماهی گونه‌ی *Garra rufa* در حوضه خلیج فارس و دجله. مجله علمی شیلات ایران، ۱۹(۳)، ۱۱۷-۱۰۷.
۸. کناری، ر. ا. ز.، سحری، م.، حمیدی‌اصفهانی، ز.، ۱۳۸۲. مقایسه ترکیبات غذایی گوشت ماهی سفید (*Rutilus kutum*) و ماهی علف‌خوار پرورشی

ترکیب ژنتیکی ماهیان سفید اثر گذاشته و به‌مرور زمان سبب تغییرات ریختی و ژنتیکی در آن‌ها شود. مطالعات اخیر حاکی از کاهش اندازه ماهیان صیدشده از این دریا و کاهش سن بلوغ جنسی ماهیان سفید است (Farabi et al., 1386). بر اساس مطالب گفته‌شده لازم است با مطالعات جامع و کاربردی تریبی‌اندیشیده شود تا انتخاب مولدین، استراتژی‌های تکثیر ماهیان و مدیریت رهاسازی بچه ماهیان به نحوی انجام پذیرد که تا حد ممکن ساختار ژنتیکی ماهیان سفید دریای خزر محفوظ بماند. درنهایت بر اساس نتایج این مطالعه، وجود تفاوت‌های مشاهده‌شده بین جمعیت‌های ماهی سفید دریای خزر را می‌توان پدیده‌هایی مربوط به سازش‌پذیری ریختی مرتبط با محیط، تأثیر نژادهای بهاره و پاییزه، پدیده‌های گردن‌بطری حاصل از تکثیر مصنوعی و یا دورگه‌گیری احتمالی با ماهیان دانست.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نمایم.

منابع

۱. شفیع‌ی ثابت، س.، ایمان‌پور، م.، امینیان، ف. گرگین، س.، ۱۳۸۷. بررسی برخی از خصوصیات مورفومتریکی و مرستیکی ماهی سفید دریای خزر. همایش ملی منابع شیلاتی دریای خزر آبان ۱۳۸۷.
۲. طهامی، ف. س.، قیاسی، م.، ۱۳۹۲. مقایسه فاکتورهای زیست‌سنجی و پروتئین سرم خون ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در مصب و

16. Fisher, R. and Hogan, J.D., 2007. Morphological predictors of swimming speed: a case study of pre-settlement juvenile coral reef fish. *Journal of Experimental Biology* 210: 2436-2443.
17. Ghomi, M.R., Heshmatipour, Z., Nazari, R.M., Sohrabnejad, M., Zarei, M., Nikoo, M., Ovissipour, M., Molla, A.E., 2010. Intestinal Microflora of Kutum *Rutilus frisii kutum* under Dietary Supplementation with Probiotic and Vitamin C. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16(5): 635-642.
18. Guill, J. M., Heins, D.C., and Hood, C.S., 2003. The effect of phylogeny on interspecific body shape variation in darters (Pisces: Percidae). *Systematic Biology* 52(4): 488-500.
19. Hawkins, D. K., and Quinn, T.P., 1996. Critical swimming velocity and associated morphology of juvenile coastal cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki clarki*), steelhead trout (*O. mykiss*) and their hybrids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 1487-1496.
20. Helfman, G.S., Collette, B.B., Facey, D.E., Bowen, B.W., 2009. *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*, 2. Wiley-Blackwell.
21. Matthews, W.J., 1998. *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. New York, Chapman and Hall.
22. Smith, T.B., and Skulason, S., 1996., Evolutionary Significance of Resource Polymorphisms in Fishes, Amphibians and Birds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 111-133.
23. Watson, D.J., and Balon, E.K., 1984. Structure and production of fish communities in tropical rain forest streams of northern Borneo. *Canadian Journal of Zoology* 62: 927-940.
24. Whitman, D.W., and Agrawal, A.A., 2009. What is phenotypic plasticity and why is it important Phenotypic Plasticity of Insects. D. W. Whitman and T. N. Ananthakrishnan. University of Minnesota, Science Publishers: 1-63.
۹. ندایی، ش.، ایگدری، س.، پوربافر، ه.، ۱۳۹۳. مقایسه ریختی دو جمعیت سیاه ماهی Capoeta رودخانه‌های سفیدرود و ارس در حوضه دریای خزر. دومین کنفرانس ملی ماهی‌شناسی ایران. تهران.
۱۰. ولی‌پور، ع.، خانی‌پور، ع.ا.، ۱۳۹۴. زی‌فن تکثیر مصنوعی ماهی سفید (*Rutilus frisii*) فرم پائیزه دریای خزر. نشریه توسعه آبی پروری، ۹(۴)، ۸۸-۷۵.
11. Abdolhay, H.A., Khalijah, D.S., Pourkazemi, M., Siti, S.S., Rezvani, S., Kamal, A.-S.M., Sahafi, H.H., 2010. Morphometrics studies of Mahisfid (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901) from selected rivers in the southern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(1): 1-18.
12. Aladin, N., Plotnikov, I., 2004. The Caspian Sea. *Lake Basin Management Initiative*: 1-29.
13. Bandpei, M.A.A., Mansor, M., Abdolmalaki, S., Keymaram, F., Isa, M.M., Janbaz, A.A., 2010. Age and growth of kutum (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901) in southern Caspian Sea. *International Aquatic Research*, 2: 25-33.
14. Ebrahimi, G., Ouraji, H., 2012. Growth performance and body composition of kutum fingerlings, *Rutilus frisii kutum* (Kamenskii 1901), in response to dietary protein levels. *Turkish Journal of Zoology*, 36(4): 551-558.
15. Farabi, S.M.V., Rostami, H.K., Tehrani, M.G., Ghiasi, M., Azari, A., Behrouzi, S., Mosavi, H., Firozkandian, S., Habibi, F., Tabarestani, A.Z., Mallaei, H., Amiri, A.M., Aghlmandi, F., Binaei, M., O, I.F.R., 1386. The investigation of status brood stocks and releasing fingerlings of *Rutilus frisii kutum* (Kaminski, 1901) in the south of Caspian Sea. *Pajouhesh & Sazandgi*, 74: 156-166.

A Primer. Amsterdam, Boston Elsevier
Science and Technology.

25. Zelditch, M.L., Donald, L., Swiderski, H.,
Sheets, D., and L Fink, W., 2012.
Geometric Morphometrics for Biologists: