مقایسه شکل بدن جمعیت‌های ماهی سفید (*Rutilus kutum* Kamensky, 1901) در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از روش ریخت سنجی 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 دریافت: ۲۱ تیر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: .۱۹ آبان ۱۳۹۶

چکیده

این مطالعه باهدف مقایسه ویژگی‌های ریختی ماهی سفید *Rutilus kutum* (Kamenskii, 1901) در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از روش ریخت سنجی 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 کیاشهر 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 به‌منظور حذف اثرات اندازه و جهت از مختصات لند مارک‌های رقومی شده استفاده شد. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های PCA، CVA/Manova و آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. نتایج تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای با پشتیبانی ۵۸٪ دو جمعیت ماهی سفید کیاشهر و بندر ترکمن را در یک گروه و جدا از سایر جمعیت‌ها قرارداد. با توجه به اینکه جمعیت ماهیان سفید کیاشهر و بندر ترکمن ازنظر 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 مشاهده‌شده 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، ریخت سنجی هندسی، کپور ماهیان، ماهی سفید.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). fariborzghojoghi@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

مقدمه

دریای خزر با وسعت ۳۷۳۳۰۰۰ کیلومترمربع 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 غضروفی‌استخوانی 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 موردتوجه 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 فروردین‌ماه ادامه می‌یابد. ماهی سفید در حوزه ایرانی دریای خزر دارای دو فرم بهاره و پائیز 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 ازجمله ماهیان ارزشمند این دریا است و مطالعات متعددی در مورد جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی آن انجام‌شده است. ازجمله: مطالعه ساختار سن و رشد ماهی سفید دریای خزر (Bandpei *et al.*, 2010)، مقایسه‌ی فاکتورهای زیست‌سنجی و پروتئینی سرم خون ماهی سفید دریای خزر (طهامی و قیاسی، ۱۳۹۲)، بررسی کارایی رشد و ترکیبات لاشه ماهی سفید (Ebrahimi and Ouraji, 2012)، فلور میکروبی روده 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 انجام‌شده است که از آن جمله به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: در مطالعه ماهی گل چراغ (*Garra rufa*) در حوضه‌های غربی و جنوبی کشور، مشخص‌شده که شرایط اکولوژیکی در بروز تفاوت‌های ریختی بین جمعیتی ماهیان تأثیر قابل‌توجهی 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 قراردادند که طی آن مشخص شد تنوع ریختی بسیار بالایی در جمعیت‌های این ماهی وجود دارد. شفیعی ثابت و همکاران (۱۳۸۷) بررسی برخی از خصوصیات مورفومتریک و مریستیک 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 ازنظر ریختی باهم متفاوت هستند. همچنین در مطالعه‌ای که بر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

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 روی‌داده است. شناخت الگوهای تفاوت بین آن‌ها می‌تواند به درک بهتر عوامل جدایی و تنوع گونه‌ای آن‌ها کمک کند. ازاین‌رو در این مطالعه به‌منظور 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

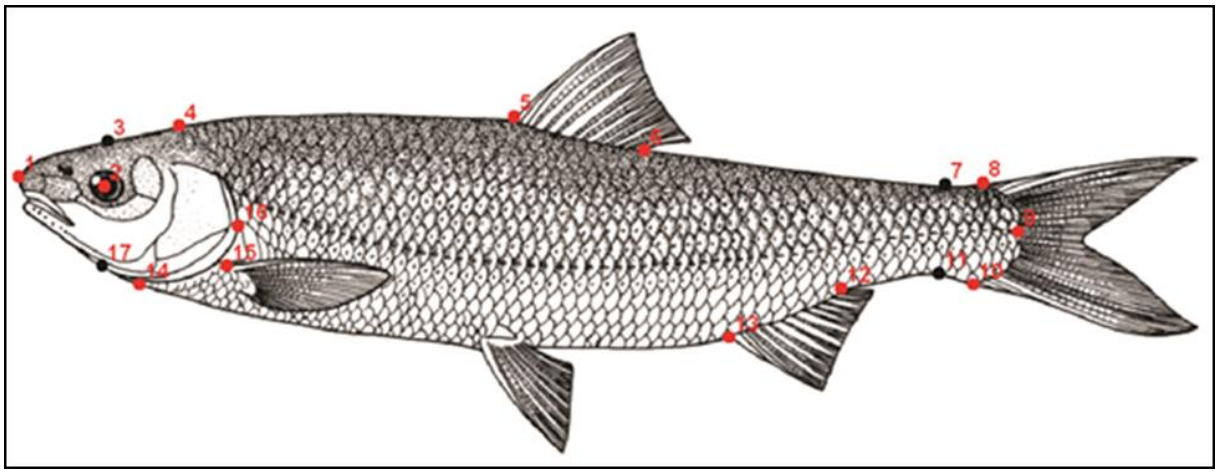
برای این مطالعه تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی از مناطق بندر ترکمن در استان گلستان، محمودآباد، کلارآباد در استان مازندران، بندر کیاشهر و تالش در استان گیلان نمونه‌برداری گردید (شکل ۱). نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول پودر گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت‌شده و برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه ابتدا از نمای چپ نمونه‌ها با استفاده از Copystand مجهز به دوربین دیجیتال باقدرت تفکیک شش مگا پیکسل عکس‌برداری شد. برای استخراج داده‌های شکل درروش ریخت سنجی هندسی تعداد ۱۷ نقطه لند مارک با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 بر روی تصاویر دوبعدی قرار داده شدند (شکل ۲). روی‌هم گذاری جایگاه لند مارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پرو کراست (GPA) به‌منظور حذف تغییرات غیرشکلی شامل اندازه، جهت و موقعیت صورت پذیرفت (Zelditch, 2004). داده‌های حاصل شکل بدن جمعیت‌های موردمطالعه با استفاده آنالیزهای چندمتغیره تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، t-testHotelling، 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]



شکل ۱: مناطق موردمطالعه در حوضه جنوبی دریای خزر



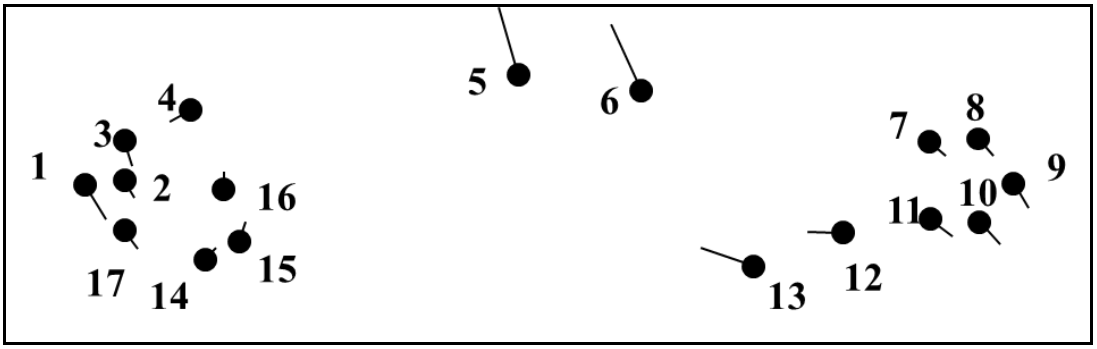
شکل ۲: نمایش لند مارک‌های ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus kutum* (Kamenskii, 1901: ۱- ابتدایی‌ترین بخش فک بالا، ۲- مرکز حدقه، ۳- تقاطع امتداد خط عمودی که از مرکز حدقه می‌گذرد با سطح پشتی سر، ۴- محل اتصال سر به تنه، ۵- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۶- انتهای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۷- بیش‌ترین تورفتگی پشتی ساقه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

نتایج

نتایج تجزیه‌وتحلیل 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 موردمطالعه 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 موردمطالعه دارای تنوع است. همچنین در بین جمعیت‌های ماهی سفید ازنظر موقعیت باله پشتی نیز

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

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 برخی جمعیت‌ها صفحه دمی در موقعیت بالاتر و در برخی دیگر در موقعیت پایین‌تری قرار دارد؛ و بر اساس نتایج تجزیه‌وتحلیل 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 ازنظر جایگاه باله سینه‌ای در بین جمعیت‌های موردمطالعه نیز است (شکل ۲).



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

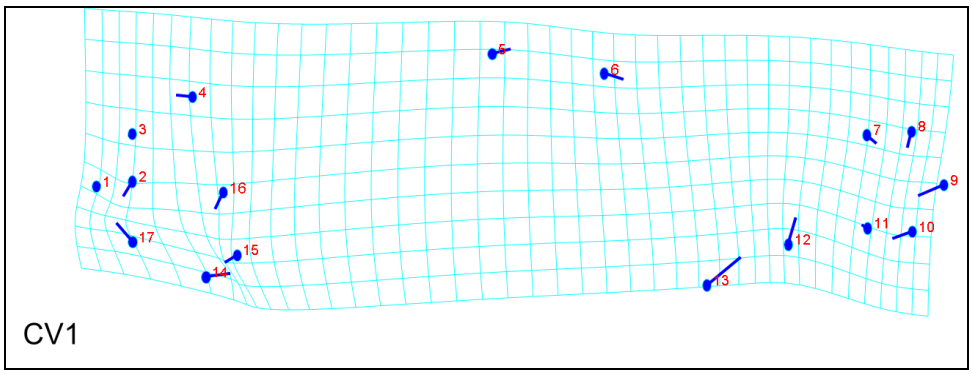
تجزیه‌وتحلیل تغییرات شکلی متعارف (CVA)

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 ماهالانوبیس[1] بیش‌ترین تفاوت مشاهده‌شده بین دو جمعیت ماهی سفید کلارآباد و تالش بود و کمترین میزان تفاوت نیز بین دو جمعیت ماهی سفید کیاشهر و محمودآباد محاسبه گردید (جدول ۱). فواصل ماهالانوبیس بین سایر جمعیت‌ها حدفاصل مقادیر بالا به دست آمد. بر اساس نتایج تجزیه‌وتحلیل تغییرات شکلی متعارف (شکل ۳) جمعیت‌های تالش و کلارآباد علاوه بر تفاوت فاحش با یکدیگر، با سایر جمعیت‌های موردمطالعه نیز تفاوت آماری قابل‌ملاحظه‌ای را نشان دادند ($P<0/05$). جمعیت‌های محمودآباد، کیاشهر و بندر ترکمن باوجوداینکه ازنظر 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).

[1] Mahalanobis Distances

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

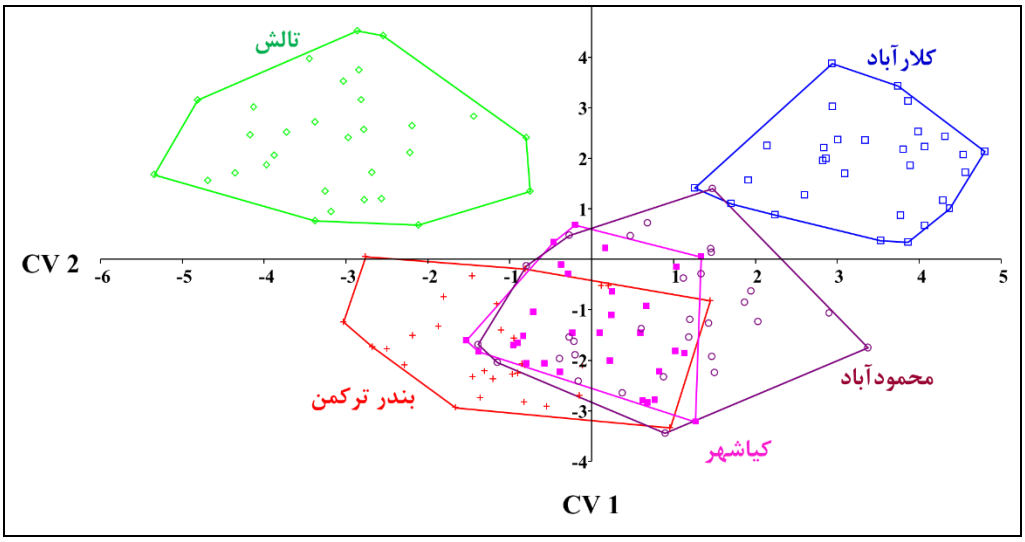
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]



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

جدول ۱: مقادیر فواصل ماهالانوبیس صفات ریختی جمعیت‌های ماهی سفید

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



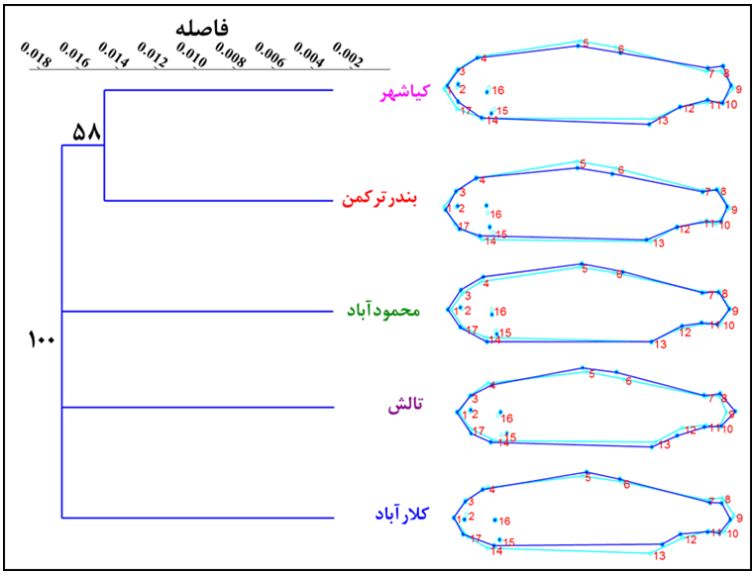
شکل ۴: نمودار پراکنش و تمایز جمعیت‌های ماهی سفید بر اساس CVA

تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای (Cluster Analysis)

بر اساس نتیجه تجزیه خوشه‌ای، ضمن تأیید نتایج CVA، پنج جمعیت موردمطالعه 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 قرارگرفته و از سایر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

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



شکل ۵: نمودار تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای و نمایش تفاوت شکلی هریک 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 خودسازگار می‌شوند. این سازگاری رمز بقاء گونه‌های مختلف در طی زمان بوده است. قابلیت سازگاری موجودات زنده در پاسخ به محیط‌زیست 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 ثبت‌شده و به نسل‌های بعدی منتقل می‌شوند، بنابراین می‌توان بامطالعه 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 موردبررسی و تأیید قرارگرفته است (Smith and Skulason, 1996).

نتایج تجزیه‌وتحلیل 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 قابل‌ملاحظه‌ای در بین جمعیت‌های موردمطالعه وجود دارد. به‌منظور تمایز جمعیت‌ها بر اساس میزان تفاوت بین جایگاه لند مارک‌ها از روش تجزیه‌وتحلیل تغییرات شکلی متعارف (CVA) استفاده شد. تغییرات شکلی بین جمعیت‌ها را بر اساس CV1 در شبکه تغییر شکل و همچنینی 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 کیاشهر در یک گروه جای گرفتند و سه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

جمعیت دیگر به‌طور کامل به‌صورت جداگانه خوشه‌بندی شدند. با توجه به اینکه جمعیت ماهیان سفید کیاشهر و بندر ترکمن ازنظر شکلی در یک گروه قرار گرفتند و مهم‌ترین وجه شباهت آن‌ها فرم استوانه‌ای‌تر 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 مشاهده‌شده بین آن‌ها می‌توان به تاریخچه و شرایط محیطی مشابه آن‌ها مرتبط دانست؛ زیرا ثابت‌شده است که جانورانی که در شرایط اکولوژیکی مشابهی زندگی می‌کنند، ازنظر ریختی و گاهی فیزیولوژیکی نیز همگرایی‌هایی بین آن‌ها روی می‌دهد (Matthews, 1998; Riesch *et al.*, 2015). شباهت جمعیت‌های بندر ترکمن و کیاشهر 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 درحالی‌که در جمعیت‌های محمودآباد، تالش و کلارآباد ترکیبی از ماهیان حاصل از تکثیر طبیعی و مصنوعی حضور دارند. هردو ساحل بندر ترکمن و کیاشهر ازنظر عمق و جریان‌های آبی مشابه هستند (Aladin and Plotnikov, 2004). در این دو منطقه به‌واسطه فرم خاص سواحل جریانات آبی بیشتری وجود دارد که لزوماً نیازمند سازش‌پذیری‌های مرتبط با شناگری خاصی است. معمول‌ترین 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 مشاهده‌شده 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 به‌عنوان تفاوت‌های ریختی مرتبط با حرکت در نظر گرفته می‌شود. تفاوت‌های مربوط به ارتفاع بدن و ابعاد سر هم می‌توانند به‌عنوان سازگاری‌های مربوط به شرایط هیدرودینامیکی و یا تغذیه‌ای قلمداد شوند (Hawkins and Quinn, 1996; Fisher and Hogan, 2007). ماهیان بندر ترکمن و کیاشهر باوجوداینکه ازنظر ارتفاع بدن و حالت هیدرودینامیکی مشابه هستند، ازنظر 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 درون‌گونه‌ای تعریف کرد. هر جمعیت در طول زمان برای سازگاری بهینه با شرایط اکولوژیکی خود یک سری انعطاف‌پذیری‌های ریختی را بروز می‌دهد که باگذشت 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 صیدشده در زمان تکثیر طبیعی این ماهی انجام می‌گیرد، به نظر می‌رسد این فعالیت‌ها می‌تواند بر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

ترکیب ژنتیکی ماهیان سفید اثر گذاشته و به‌مرورزمان 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 ترتیبی اندیشیده 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 گردن بطری حاصل از تکثیر مصنوعی و یا دورگه گیری احتمالی با ماهیان دانست.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که مارا در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. شفیعی ثابت، س.، ایمان پور، م.، امینیان، ف. گرگین، س.، ۱۳۸۷. بررسی برخی از خصوصیات مورفومتریک و مریستیک 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 رودخانه‌های تجن و شیرود. نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۷(۳)، ۳۱-۲۳.

۳. عبدلی، ا.، ۱۳۷۸. ماهیان آب‌های داخلی ایران، چاپ اول. موزه طبیعت و حیات‌وحش ایران. تهران. ۲۷۴ صفحه.

۴. فضلی، ح.، غنی‌نژاد، د.، ۱۳۸۳. بررسی صید و برخی جنبه‌های زیست‌شناسی کفال‌ماهیان 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 برنامه‌وبودجه/ واحد آمار. تهران.

۷. قلعه‌نویی، م.، پازوکی، ج.، عبدلی، ا.، حسن‌زاده‌کیابی، ب.، گلزاریان، ک.، ۱۳۸۹. مطالعه مورفومتریک و مریستیک جمعیت‌های مختلف ماهی گونه‌ی Garra rufa در حوضه خلیج‌فارس 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

(Ctenopharyngodon idella) و فرآوری ماریناد از آن‌ها. مجله علمی شیلات ایران، ۱۲(۴)، ۲۸-۱۳.

۹. نـدایی، ش.، ایگـدری، س.، پوربـاقر، ه.، ۱۳۹۳. مقایسه ریختی دو جمعیت سیاه‌ماهی Capoeta 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 آبزی‌پروری، 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 Mahisefid (*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.
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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]

25. Zelditch, M.L., Donald, L., Swiderski, H., Sheets, D., and L Fink, W., 2012. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer. Amsterdam, Boston Elsevier Science and Technology.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1397.12.1.1.5]