

مقایسه ریخت‌سنجی هندسی معیت‌های سبیل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) در حوضه بوشهر



زهرا قربانی رنجبری و یزدان کیوانی*

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات

تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۱۲

چکیده

مطالعه ماهیان در بوم‌سازگان‌های آبی از بسیاری جهات از جمله بوم‌شناسی، رفتارشناسی، حفاظت و مدیریت منابع آبی، بهره‌برداری از ذخایر و پرورش آنها حائز اهمیت است، بنابراین، در مطالعه حاضر برای مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های مختلف سبیل‌ماهی بین‌النهرین *Barilius mesopotamicus* Berg, (۱۹۳۲) در حوضه بوشهر، ۱۴۰ قطعه از رودخانه‌های اهرم، زهره، خیرآباد، کارزین، بالارود، شاهپور و دارالمیزان نمونه‌برداری شد. پس از بیهوشی در محلول ۱ درصد گل‌میخک و تثبیت در فرمالین ۱۰ درصد، نمونه‌ها برای بررسی به آزمایشگاه منتقل شدند. در شرایط یکسان از سمت چپ نمونه‌ها عکس‌برداری شد و سپس ۱۵ لندمارک با استفاده از نرم‌افزار Tpsdig2 بر روی تصاویر قرارداد شد. داده‌های حاصل پس از آنالیز پروکراس، با روش‌های آماری چندمتغیره تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) و آنالیز خوشه‌ای (CA) تحلیل شدند. مقایسه ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌ها اختلاف معناداری در بین رودخانه‌های مورد مطالعه نشان داد. شش جمعیت مورد بررسی در این حوضه به‌وسیله آزمون‌های CVA و خوشه‌ای از یکدیگر تفکیک شده‌اند و تنها دو جمعیت اهرم و کارزین با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. تفاوت‌های این جمعیت‌ها در شکل بدنی، شکل و اندازه سر و ارتفاع بدن بود.

واژه‌های کلیدی: آنالیز چندمتغیره، کپورماهیان، CVA، PCA، Tpsdig

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۳۱۳۳۹۱۲۸۴۱، پست الکترونیکی: keivany@cc.iut.ac.ir

مقدمه

باهداف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی دارای پیشینه طولانی در دانش زیست‌شناسی ماهی است (۱۵). مطالعه انعطاف‌پذیری ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های یک‌گونه که در محیط‌های متفاوت از نظر خصوصیات زیستگاهی زندگی می‌کنند، امکان درک بهتر روند تغییرات ریختی تحت تأثیر تغییرات محیطی را در جمعیت‌ها فراهم می‌کند (۱۹). انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت‌های یک‌گونه در محیط‌های متنوع، پدیده‌ای است که در نتیجه اثر فاکتورهای محیطی بر روی اجداد جمعیت‌های یک‌گونه در پدیده گونه‌زایی حاصل می‌شود (۶). به عبارت دقیق‌تر، تنوع

هدف از مطالعات ماهی‌شناسی شناخت جنبه‌های مختلف حفاظت از نسل ماهیان در برابر تهدیدهای محیطی به منظوره بهره‌برداری‌های علمی و اقتصادی از این ذخایر ژنتیکی در آینده و شرح تأثیرات و عوامل طبیعی و مصنوعی است که بر پراکنش و فراوانی ماهیان آب شیرین چشمه‌ها و رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارد. ماهیان به‌ویژه آنهایی که فاقد ارزش تجاری هستند، از دیدگاه حفاظت نسبت به پرندگان و پستانداران کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، زیرا به‌سادگی قابل مشاهده نبوده و شاید به‌این‌علت نیز از نظر زینتی کمتر به‌کاررفته‌اند. مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناسی

دجله و فرات و کشور ایران نیز تنها یک‌گونه از این جنس بانام سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus*) (Berg, 1932) وجود دارد. این ماهی گونه‌ای با جثه کوچک است که همواره دارای طولی کمتر از ۵۱ میلی‌متر است (۲۰) و دارای یک جفت سبیلک بر روی فک بالایی هستند که طول آن در حدود ۱۰ درصد طول سر است، بالین‌حال سبیلک‌ها بسختی قابل‌رؤیت هستند. جمعیت این‌گونه نسبتاً محدود و در کشور ایران فقط در رودخانه‌های حوضه آبریز تیگره و بوشهر یافت می‌شود (۱۸).

مطالعه حاضر از این جهت حائز اهمیت است که در حفاظت از گونه‌ها در سراسر دنیا، گونه‌های بومی که از نظر ذخیره ژنتیکی دارای ارزش خاصی هستند، به دلیل محدود شدن آنها در زیستگاه‌های ویژه هر کشور اولویت بیشتری را در مدیریت حفاظت بخود اختصاص می‌دهند (۷ و ۲۲). باتوجه به این‌که گونه سبیل‌ماهی بین‌النهرین بومی حوضه آبریز دجله و فرات و کشور ایران است و مطالعات بر روی این‌گونه بسیار اندک و محدود است. بنابراین، بررسی همه‌جانبه این‌گونه از جهات مختلف از جمله مورفولوژیکی ضروری است. هدف اصلی این مطالعه بررسی تغییرات شکل ریختی و تغییرپذیری ریختی این ماهی در شش رودخانه حوضه بوشهر است.

مواد و روشها

شش جمعیت از حوضه بوشهر در این مطالعه مورد بررسی قرارگرفت که مشخصات آنها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات مناطق نمونه‌برداری در حوضه بوشهر

نام منطقه	تعداد نمونه	مختصات جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	EC (μ s)	T ($^{\circ}$ C)	pH
اهرم	۳۸	۲۸°۵۳'۲۲"N	۸۲	-	۳۵	-
زهره	۱۲	۳۰°۱۸'۴۶/۱"N	۱۶۶	-	۳۰	۷/۶
خیرآباد	۲۶	۳۰°۲۴'۵۱/۶"N	۲۸۴	۱۶۱۶	۲۵	۸/۰۸
کارزین	۹	۲۸°۲۸'۳۳"N	۷۷۱	۹۴۱	۲۹/۳	-
شاهپور	۱۹	۲۹°۳۵'۱۰"N	۵۴۴	-	۲۷	-
دارالمیزان	۳۶	۲۸°۰۶'۰۱"N	۲۱۴	-	۲۸	-

ریخت‌شناختی ممکن است نتیجه انعطاف‌پذیری ریختی، سازگاری‌های منطقه‌ای، تغییرات خصوصیات اکولوژیکی، عوامل زیستی یا رابطه متقابل هریک از این فرایندها باشد (۱). بنابراین، تکامل جمعیت‌ها باعث ایجاد سازگاری آنها به شرایط زیستی در مناطق مختلف شده که این امر، خود می‌تواند دلیل به وجود آمدن اختلافات ریختی و ژنتیکی بین جمعیت‌ها و همچنین بین گونه‌های ماهیان باشد (۱۶). ویژگی‌های ریختی ماهیان بشدت تحت تأثیر تغییرات محیطی از جمله نوع بستر، جریان آب، پوشش گیاهی، رقابت، شکار و میزان دسترسی به منابع غذایی دارد (۲۳). روش ریخت‌سنجی هندسی ابزاری جدید و قدرتمند برای بررسی فرم‌های زیستی و مطالعات انعطاف‌پذیری ریختی است. ریخت‌سنجی هندسی در زیست‌شناسی برای توصیف شکل موجودات استفاده‌شده و مقایسه آنها را امکان‌پذیر می‌سازد (۸ و ۳۴). به‌علاوه، این روش یک ابزار تحلیلی بسیار مفید در پژوهش‌های بیوسیستماتیک، رشد و تکامل است (۲۴). انواع فرایندهای زیست‌شناختی مانند بیماری، فرایند فردزایی، سازگاری با فاکتورهای زیستگاهی و یا تنوع تکاملی درازمدت باعث ایجاد تفاوت در شکل بین افراد یا قسمت‌هایی از آنها می‌شود. از این‌رو، آنالیز شکل، روشی برای درک الگوهای مختلف تغییر شکل‌های ریختی است (۳۹).

جنس *Barilius* (Howes, 1991) از زیر خانواده Danioninae از خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) است که ۳۲ گونه را شامل می‌شود (۱۳). پراکنش عمده این جنس از کشور پاکستان تا تایلند است، در حوضه آبریز

Relative warp تعیین‌شده و بر روی نمودار تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) منطبق گردید تا با استفاده از آن، تفسیر جهت تغییرشکل بین جمعیت‌ها و گونه‌ها امکان‌پذیر شود. داده‌های بدست آمده شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، و بمنظور مطالعه حداکثر جدایی بین جمعیت‌ها، آنالیز تجزیه همبستگی کانونی (CVA) مورد استفاده قرار گرفت. محاسبه شکل میانگین با استفاده از نرم‌افزار tpsRelw انجام شد. از نرم‌افزار MorphoJ2.0 نیز برای به تصویر کشیدن تفاوت‌های شکلی بصورت برون‌خطی استفاده شد (۸، ۹، ۱۰ و ۱۱).

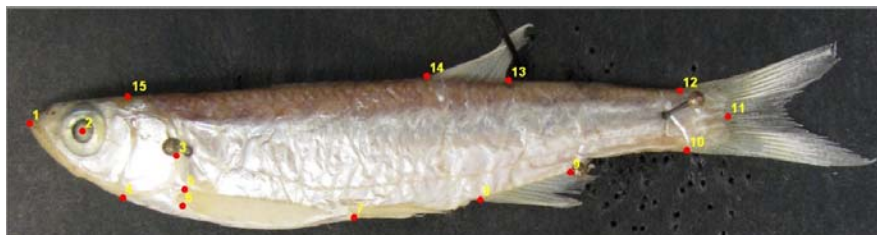
جدول ۲- لیست لندمارک‌های تعریف شده برای نمونه‌های سیبل-

ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه

شماره لندمارک	موقعیت نقاط روی بدن ماهی
۱	نوک پوزه
۲	نقطه وسط چشم
۳	بخش بالایی سرپوش آبششی
۴	بخش زیرین سرپوش آبششی
۵	انتهای ترین بخش سرپوش آبششی
۶	بالای قاعده باله سینه‌ای
۷	پایین قاعده باله سینه‌ای
۸	ابتدای قاعده باله شکمی
۹	ابتدای قاعده باله مخرجی
۱۰	انتهای قاعده باله مخرجی
۱۱	پایین ساقه دم
۱۲	بالای ساقه دم
۱۳	انتهای ساقه دم
۱۴	انتهای قاعده باله پشتی
۱۵	ابتدای قاعده باله پشتی

در این مطالعه ۱۴۰ قطعه سیبل ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) از رودخانه‌های اهرم، زهره، خیرآباد، کارزین، شاهپور و دارالمیزان نمونه‌برداری شد. برای صید نمونه‌ها از تور پره استفاده شد. سپس ماهی‌ها توسط محلول گل‌میخک بی‌هوش شدند و در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و پس از انتقال به آزمایشگاه و اطمینان از کامل شدن مراحل تثبیت در الکل ۷۰ درصد جهت شماره-زنی و انجام بیومتری نگهداری شدند.

به‌منظور تهیه لندمارک‌ها، تصاویر دیجیتال با استفاده از دوربین ۸ مگاپیکسلی کانن از فاصله ۱۰ سانتی‌متری، از ۱۴۰ نمونه عکس‌برداری شد. برای عکس‌برداری تمامی شرایط شامل تنظیمات دوربین یکسان بود. سپس لندمارک-ها با استفاده از نرم‌افزار Tpsdig2 نسخه ۱.۱ بر روی تصاویر دوبعدی قرارداد شدند. لیست لندمارک‌های تعریف شده و موقعیت هر یک از آن‌ها بترتیب در جدول ۲ و شکل ۱ نشان داده شده‌است. روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست و حذف تغییرات غیرشکل (شامل: مقیاس، جهت و موقعیت) با نرم‌افزار tpsRelw1.5 انجام شد. آنالیز واریانس برای بررسی درجه معناداری تفاوت‌های بین گروه‌ها پس از بررسی پیش‌فرض‌ها انجام شد. مصورسازی تغییرات شکل بدن نسبت به شکل میانگین کل با نرم‌افزار tpspline1.2 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 تغییرشکل برای ابتدا و انتهای هر

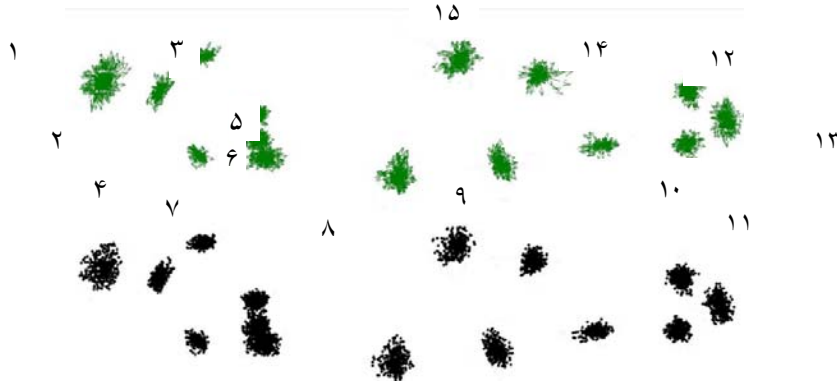


شکل ۱- موقعیت ۱۵ لندمارک روی نمونه‌های سیبل ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه

نتایج

شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، لندمارک‌گذاری از دقت قابل قبولی برخوردار است و کلیه لندمارک‌ها در موقعیت هدف قرار داده شده‌اند و جابه‌جایی در موقعیت تعداد ناچیزی لندمارک دیده می‌شود.

در شکل ۲ میزان جابجایی و به‌نوعی دقت لندمارک‌گذاری بر روی تصاویر حاصل از جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilius mesopotamicus* Berg, 1932) ارائه شده است.

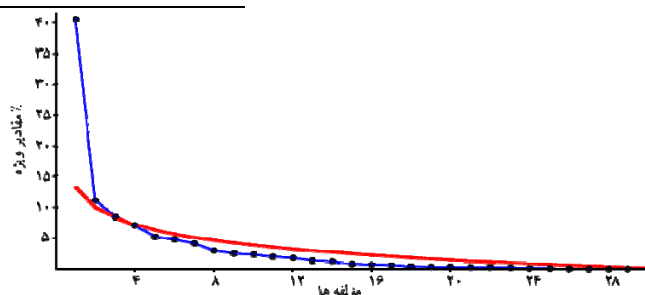


شکل ۲- میزان جابجایی و تغییرات در موقعیت لندمارک‌ها نسبت به شکل میانگین گونه‌های مورد مطالعه

جدول ۳- مقادیر واریانس و مقادیر ویژه چهار مؤلفه اصلی اول شکل بدن جمعیت‌های سیبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر

مؤلفه‌ها (PCs)	مقادیر ویژه (%)	واریانس
۱	۰/۰۰۰۶۴۳	۴۰/۶۱
۲	۰/۰۰۰۱۷۵	۱۱/۱۰
۳	۰/۰۰۰۱۳۴	۸/۴۶
۴	۰/۰۰۰۱۱۳	۷/۱۶
جمع		۶۶/۲۳

مطابق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، چهار مؤلفه اول که بالاتر از خط برش جولیف قرار دارند، به‌عنوان عوامل اصلی تفکیک‌کننده جمعیت‌ها انتخاب گردید (شکل ۳) و این چهار مؤلفه در مجموع ۶۶/۲۳ درصد واریانس را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳).



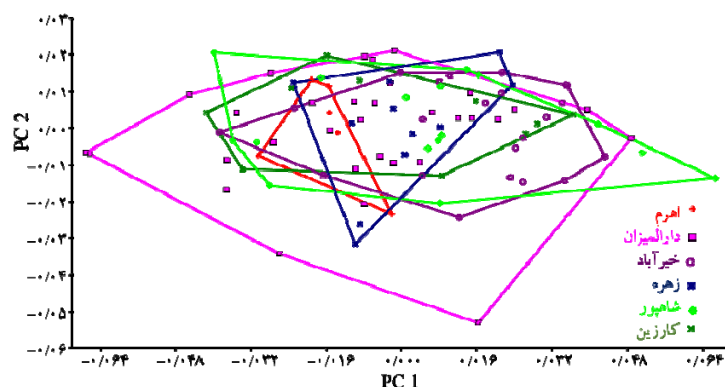
شکل ۳- نمودار اسکری پلات تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نمایش نقطه برش جولیف (خط قرمز) که نشان‌دهنده مرز مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار، در جمعیت‌های حوضه بوشهر برای آزمون‌های ریخت‌سنجی هندسی است

مطابق شکل ۴، جمعیت‌ها دارای هم‌پوشانی بالایی هستند. در بررسی تغییرات الگوی شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه، مطابق شکل ۵، با حرکت در جهت مثبت محور PC1 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به تغییر موقعیت دهان (موقعیت لندمارک ۱)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت

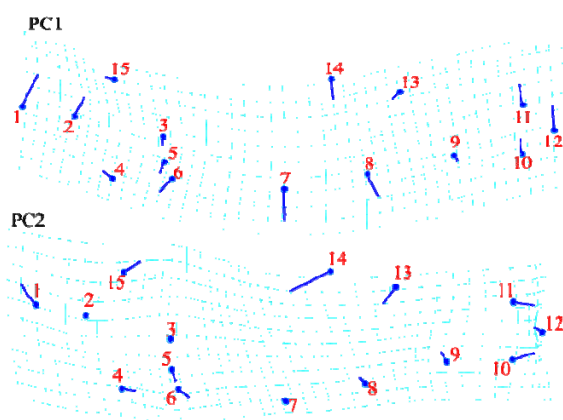
نحوه توزیع جمعیت‌های مورد مطالعه و نیز تغییرات شکل بدنی جمعیت‌ها در راستای دو محور PC1 و PC2 در نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس دو مؤلفه اول و دوم به ترتیب در شکل ۴ و ۵ آورده شده است.

لندمارک‌های ۵ و ۶)، کاهش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۱۳ و ۱۴) و نیز تا حدودی افزایش طول ساقه دمی (لندمارک‌های ۱۱ و ۱۲) دارند.

لندمارک‌های ۵ و ۶) و افزایش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۷ و ۸) دارند. همچنین با حرکت در جهت مثبت محور PC2 شکل بدنی جمعیت‌ها تمایل به تغییر موقعیت دهان (موقعیت لندمارک ۱)، تغییر موقعیت باله سینه‌ای (موقعیت



شکل ۴- نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر

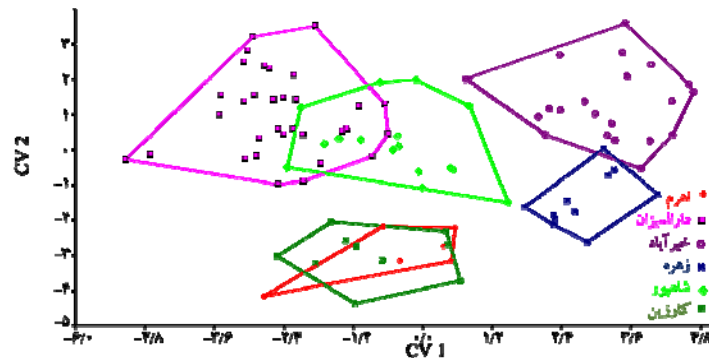


شکل ۵- تغییرات شکل بدن جمعیت‌های سیل ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر در جهت هریک از محورهای PC1 و PC2

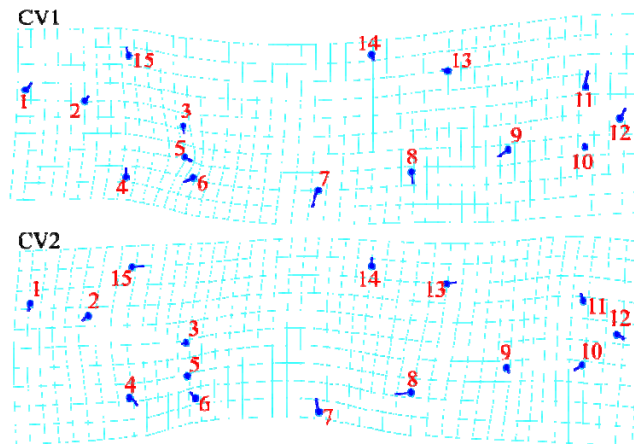
(لندمارک‌های ۱، ۱۵، ۳ و ۴)، افزایش ارتفاع بدن (لندمارک‌های ۷ و ۸) دارند و نیز با حرکت در جهت مثبت محور CV2 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به افزایش ارتفاع ساقه دمی (لندمارک‌های ۱۰ و ۱۱) دارند. فاصله ماهالانویس و فاصله پروکراست بعنوان درجه تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه براساس ویژگی‌های شکل بدن در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. مطابق مقادیر فاصله ماهالانویس و پروکراست که نشان‌دهنده تمایز جمعیت‌ها است و به‌نوعی با تمایز رابطه مستقیم دارد، بیشترین فاصله ماهالانویس بین جمعیت‌های رودخانه

تحلیل همبستگی کانونی (CVA) براساس ارزش P حاصل از آزمون جایگشت نشان داد که تفاوت معناداری بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد (Wilks lambda=0/00603) ($f=4/55$ و $P<0/00001$) (**Error!**). در این شکل همه جمعیت‌ها تا حد زیادی از یکدیگر جدا شده‌اند، بجز دو جمعیت رودخانه اهرم و کارزین که دارای هم‌پوشانی با یکدیگر هستند. همچنین در شکل ۷ تغییرات شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه ارائه شده است. باتوجه به شکل ۷، با حرکت در جهت مثبت محور CV1 شکل بدنی جمعیت‌های مورد مطالعه تمایل به افزایش اندازه سر

اهرم با دارالمیزان و خیرآباد، کارزین با خیرآباد و زهره وجود دارد.



شکل ۶- نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر



شکل ۷- تغییرات شکل بدنی نمونه‌ها در جهت هر یک از محورهای CV1 و CV2 در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر

جدول ۴- فواصل مایلانویس شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر

جمعیت‌ها	اهرم	دارالمیزان	کارزین	خیرآباد	شاپور
دارالمیزان	۵/۳۲				
کارزین	۴/۷۸	۴/۸۰			
خیرآباد	۶/۳۶	۵/۷۴	۶/۱۹		
شاپور	۴/۶۹	۳/۲۳	۴/۴۰	۴/۴۵	
زهره	۴/۸۴	۵/۹۰	۵/۰۳	۳/۵۳	۴/۵۶

جدول ۵- فواصل پروکراست شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر

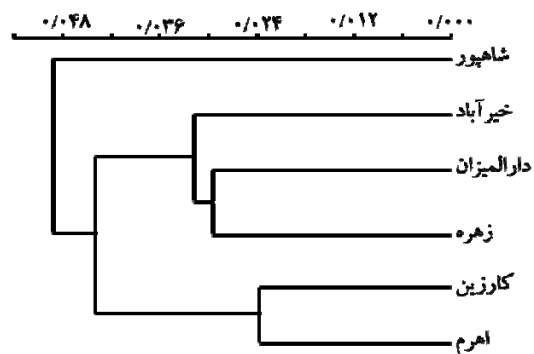
جمعیت‌ها	اهرم	دارالمیزان	کارزین	خیرآباد	شاپور
دارالمیزان	۰/۰۲۱				
کارزین	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸			
خیرآباد	۰/۰۳۶	۰/۰۲۷	۰/۰۲۴		
شاپور	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	
زهره	۰/۰۲۹	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۴

محیطی و هم ژنتیکی است. پژوهش‌های اخیر مشخص کرده‌است که اختلافات ریخت‌شناسی بین گروه‌های مختلف ماهیان، الزاماً آن‌ها را از لحاظ ژنتیکی جدا نمی‌کند. در عوض در پاره‌ای از موارد تفاوت‌های ریخت‌شناسی صرفاً ناشی از محیط بوده و اختلافات ژنتیکی هیچ نقشی در آن ندارد (۳۳). به‌طور کلی می‌توان گفت که ریخت-سنجی می‌تواند به‌عنوان روش مناسبی برای شناسایی، تفکیک یا نشان دادن هم‌پوشانی فنوتیپی جمعیت‌های مختلف ماهیان و مطالعات سیستماتیک مورد استفاده قرارگیرد.

در مطالعه تأثیر سرعت جریان آب بر تنوع شکل ماهی *S. trutta*، مشخص شد که این ماهی در سرعت جریان‌های تند دارای بدن دوکی‌شکل و سر درازتر است. همچنین ساقه دم بلندتر در این ماهی، هزینه شنا را به دلیل کاهش نیروی مقاوم حرکت در جریان‌های تند آب کاهش می‌دهد و کارایی از لحاظ مصرف انرژی بهبود می‌یابد (۲۸). در مطالعات دیگر نیز گاهی دیده می‌شود که یکی از روش-های ریخت‌سنجی هندسی یا سنتی بخوبی جمعیت‌های مورد مطالعه را از یکدیگر تفکیک کرده است و دیگری نکرده است، و یا هر دو جمعیت‌های مورد مطالعه را متفاوت ارزیابی کرده‌اند. در مطالعه‌ای با روش ریخت-سنجی هندسی و آزمون‌های PCA، DFA و آزمون جایگشت توانستند به‌خوبی تمایز جمعیت‌های مورد مطالعه از ماهی واسپی (*Cabdio morar* (Hamilton, 1822)) را از یکدیگر تفکیک کنند، بطوری که عمده تفاوت‌های دو جمعیت از حوضه‌های مکران و ماشکید در ارتفاع بدن و ارتفاع ساقه دم بود (۴).

همچنین، در مطالعه جمعیت‌های سس‌ماهی کورا (*Barbus lacerta*) در سه حوضه دجله، خزر و ارومیه، روش ریخت‌سنجی هندسی تفاوت‌های زیادی را در شکل بدنی از جمله طول و ارتفاع سر، ارتفاع بدن، موقعیت باله

در شکل ۸، تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های مورد مطالعه ارائه شده است. ضریب کوپرنیک تحلیل خوشه‌ای برابر با ۰/۹۱۲۲ محاسبه شد. مطابق با تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های سبیل ماهی بین‌النهرین در حوضه بوشهر، در ابتدا جمعیت رودخانه شاهپور از سایرین جدا شده است و سپس کارزین و اهرم در یک گروه قراردارند و در نهایت سه جمعیت دیگر یعنی خیرآباد، دارالمیزان و زهره در دسته آخر قرار گرفته‌اند.



شکل ۸- تحلیل خوشه‌ای شکل بدن در جمعیت‌های سبیل ماهی بین‌النهرین در رودخانه‌های حوضه بوشهر

بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان در حفاظت از تنوع‌زیستی و تحقیقات مربوط به ویژگی‌های زیستی آن‌ها از قبیل رشد، مرگ‌ومیر، هم‌آوری، روابط تغذیه‌ای و چرخه حیات ضروری است (۱۴). خصوصیات ریختی از قبیل ویژگی‌های شمارشی، ریخت‌سنجی، شکل اتولیت و فلس‌ها به‌طور گسترده‌ای در شناسایی و تشخیص گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان به‌کاربرده می‌شود (۱۲، ۱۴ و ۲۷) در روش‌های سنتی، شناسایی گونه‌ها و حتی جمعیت‌ها برپایه ویژگی‌های قابل‌اندازه‌گیری ریختی و شمارشی انجام می‌شود (۳۲).

در گذشته تصور می‌شد که تغییرات ریختی صرفاً ژنتیکی است، اما امروزه مشخص شده که منشأ این تغییرات هم

جمعیت حوضه دجله از دو حوضه دیگر کاملاً مجزا است. همچنین، جمعیت‌های حوضه‌های خزر و دریاچه ارومیه از هم مجزا هستند، هرچند در برخی از صفات بین دو حوضه همپوشانی دیده می‌شد (۲۱). سطوح تغییرات درون‌جمعیتی بوسیله ضریب تغییرات کلی بیان می‌شود که می‌تواند تحت تأثیر سه عامل الگوی رشد، وجود بیش از یک جمعیت در منطقه و یا حضور گروه‌های فنوتیپی مختلف در یک منطقه باشد (۱۷). بنابراین، می‌توان بیان نمود که بخش‌های عمده‌ای از تفاوت‌های ریختی جدا شده بواسطه رانش ژنتیکی از طریق انتخاب طبیعی به‌وقوع پیوسته است (۳۰). علاوه بر این، بخشی از این تفاوت‌های ریختی نیز می‌تواند ناشی از سازگاری به شرایط محیطی برای افزایش بقای این گونه عام‌گرا باشد.

توضیح دلایل ایجاد تفاوت‌های ریختی در میان ماهیان و جمعیت‌های آنها بسیار دشوار است، ولی به‌طور کلی صفات ریختی تحت کنترل و در واکنش با دو عامل یعنی شرایط محیطی و اطلاعات ژنتیکی افراد جمعیت‌ها است (۳۲). شرایط محیطی در خلال دوران اولیه تکامل ماهی فاکتور غالب محسوب می‌شود و افراد نسبت به شرایط محیطی حساسیت بیشتری دارند. معمولاً ماهیانی که در دوران اولیه زندگی دارای شرایط محیطی مشابهی هستند، از لحاظ ریختی وضعیت مشابهی دارند (۲۷). هنگامی که ماهیان در وضعیت محیطی جدیدی قرار می‌گیرند، این امکان وجود دارد که تغییرات ریختی در مدت‌زمان اندکی در آنها رخ دهد (۲۶). پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که اختلافات ریخت‌شناسی بین جمعیت‌های مختلف یک‌گونه می‌تواند ناشی از جدایی ژنتیکی و همچنین ناشی از اختلافات محیطی باشد (۳۴ و ۳۵).

به‌طور کل ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان در مقایسه با سایر مهره‌داران بیشتر دچار تغییرات درون و بین‌گونه‌ای شده و نسبت به تغییرات ناشی از محیط حساسیت بیشتری دارند. بنابراین، اثرات بعضی از فاکتورهای محیطی نظیر

مخرجی، طول ساقه دم و موقعیت باله پشتی در جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد (۲). همچنین روش ریخت‌سنجی سنتی بر مبنای پنج صفت اندازه‌شناسی تفاوت‌هایی را بین جمعیت‌های مورد بررسی نشان داد. بررسی‌های دیگر تفاوت‌های شکل بدنی جمعیت‌های ماهیان در زیستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی همیشه دارای قدرت یکسانی در تفکیک و تعیین تمایز جمعیت‌ها نیستند، بطوری که در مطالعه‌ای که با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد دو جمعیت سس‌ماهی کورا (*Barbus cyri*) در دو سوی سد سنگبان از یکدیگر تفکیک شدند، این در حالی است که روش ریخت‌سنجی سنتی نتوانست دو جمعیت را از هم مجزا کند. در روش ریخت‌سنجی هندسی تفاوت‌های شکل بدن جمعیت‌های دو طرف سد در عمق بدن، طول سر و ارتفاع ساقه دم عنوان شد (۱۶).

در مقایسه جمعیت‌های سبیل‌ماهی بین‌النهرین (*Barilus mesopotamicus*) عنوان شده که جمعیت‌های این ماهی در سه رودخانه سیمره، چنگوله و سیاه‌گاو استان ایلام در ده صفت اندازه‌شناسی و چهار صفت شمارشی با یکدیگر اختلاف دارند (۳). طبق مطالعات مختلف در بین مهره‌داران، ماهیان با نرخ بیشتری در اثر شرایط محیطی دچار تفاوت‌ها و تغییرات ریختی می‌شوند، بطوری که عوامل محیطی از قبیل دما، غذای در دسترس و حتی فاصله مهاجرت می‌توانند بطور بالقوه باعث ایجاد تفاوت‌های ریختی در ماهیان شوند (۳۷). طی بررسی بین جمعیت‌های سس‌ماهی کورا (*B. lacerta*) از سه حوضه دجله-فرات، دریاچه ارومیه و حوضه جنوبی دریای خزر تفاوت‌های ریختی و ژنتیکی مشاهده شد. نتایج مطالعه به‌خوبی انطباق الگوی تفکیک جمعیت‌های سه حوضه با فاصله جغرافیایی را نشان داد. در مطالعه آنها تحلیل‌های تک‌متغیره و چندمتغیره مؤلفه‌های ریختی و نیز تحلیل‌های ژنتیکی (بر اساس توالی‌یابی سیتوکروم b با روش‌های Neighbour-joining و حداکثر پارسیمونی) نشان داد که

یکدیگر هم‌پوشانی دارند. تفاوت‌های این جمعیت‌ها در شکل بدنی، شکل و اندازه سر و ارتفاع بدن بود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آقایان دکتر سالار درافشان، دکتر منوچهر نصری، مهندس سعید اسدالله و مهندس علی میرزایی جهت همکاری در نمونه‌برداری تشکر و قدردانی می‌نمایم. هزینه‌های مالی اجرای این پژوهش توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است.

درجه حرارت، شوری، دسترسی به غذا و یا فاصله مهاجرت می‌تواند بطور بالقوه تفکیک ریختی ماهیان را تعیین کند (۲۵، ۳۱، ۳۵ و ۳۶). از طرف دیگر، شرایط محیطی متفاوت سبب جدایی جمعیت‌های ساکن رودخانه‌های مختلف می‌شود (۲۹ و ۳۸). در بررسی تفاوت‌های جمعیت‌های حوضه بوشهر دیده شد که شش جمعیت مورد بررسی در این حوضه به روش ریخت‌سنجی هندسی به‌وسیله آزمون‌های CVA و خوشه‌ای از یکدیگر تفکیک شده‌اند و تنها دو جمعیت اهرم و کارزین با

منابع

- ۱- بنی‌مسنی، م.، کیوانی، ی. و ابراهیمی، ع.، ۱۳۹۶. مقایسه جمعیت‌های سیاه‌ماهی (*Capoeta barrosi* Lortet, 1894) رودخانه‌های قمرود، کر و شلدون براساس صفات شمارشی و ریخت‌سنجی هندسی، محیط‌زیست جانوری (۳۹)، (۱۰): ۱۵۲-۱۴۵
- ۲- جمالی‌آشتیانی، ع.، ایگدری، س.، خراسانی، ن.، و زمانی‌فردانیه، م.، ۱۳۹۴. مقایسه ویژگی‌های شکل بدن جمعیت‌های سس‌ماهی کورا (*Barbus lacerta*, Heckel 1834) در سه حوضه خزر، دجله و ارومیه با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری، (۴)۷، صفحات ۱۴۳-۱۵۰.
- ۳- جولاده رودبار، آ.، و وطن دوست، ص.، ۱۳۹۳. بررسی مقایسه‌ای صفات‌های ریخت‌سنجی و شمارشی ماهی Corti, A loy, G Naylor, DE Slice, eds, Advances in morphometrics. Nato Asi series A: Life Sciences. 284, PP: 131-151.
- 4- Adams, D. C., and Collyer, M. L., 2009. A general framework for the analysis of phenotypic trajectories in evolutionary studies. *Evolution*. 63, PP: 1143-1154.
- 5- Almacá, C., 1984. Form Relationships Among Western Palearctic Species of *Barbus* (Cyprinidae, pisces). *Arquivos do Museu Bocage*. 2(12), PP: 207-248.
- 6- Bookstein, F. L., 1989. Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*. 11, PP: 567-585.
- 7- Bookstein, F. L., 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometri and Biology*. Cambridge: Cambrige University Press. 435p.
- 8- Bookstein, F. L., 1996. Combining the tools of geometric morphometrics in Lf Marcus, M
- 9- در زمانی‌فردانیه، م.، ایگدری، س.، و نصری، م.، ۱۳۹۳. مقایسه جمعیت‌های ماهی واسپی (*Cabdio morar* Hamilton, 1822) در حوضه‌های ماشکیل و مکران براساس صفات شمارشی و ریخت‌سنجی هندسی، مجله علمی شبلات ایران، (۲)۲۳، صفحات ۶۸-۵۷.
- ۱۰- زمانی‌فردانیه، م.، و ایگدری، س.، ۱۳۹۴. مقایسه ریخت‌شناسی سس‌ماهی کورا (*Barbus cyri*, (Heckel 1834)) بالادست و پایین‌دست سد سنگیان، فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، (۲۶)۷، صفحات ۹۶-۸۷.

- scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 64, PP: 1091-1100.
- 15- Ihssen, P. E., Brooke, H. E.; Casselman, J. M.; McGlade, J. M.; Payne, N. R., and Utter, F. M., 1981. Stock identification: materials and methods. Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. 38, PP: 1838-1855.
 - 16- Jalili, P., Eagderi, S., and Keivany, Y., 2015. Body shape comparison of Kura bleak (*Alburnus filippii*) in Aras and Ahar-Chai rivers using geometric morphometric approach. Research in Zoology. 5 (1), PP: 20-24
 - 17- Karakousis, Y., Triantaphyllidis, C., and Economidis, P. S., 1991. Morphological variability among seven populations of brown trout (*Salmo trutta*) in Greece. Journal of fish Biology 38(6), PP: 807-817.
 - 18- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., and Abdoli, A., 2016. Atlas of Inland Water of Iran. Iran Department of Environment Press, Tehran, Iran. 218 p.
 - 19- Kuliev, Z. M., 1984. On the variability of morphometric characters in the Caspian roach, *Rutilus rutilus caspicus* (Yakovlev) (Cyprinidae). Voprosy Ikhtologii. 24(6), PP: 935-945.
 - 20- Liao, T. Y., Kullander, S. O., and Fang, F., 2011. Phylogenetic position of rasborin cyprinids and monophyly of major lineages among the Danioninae, based on morphological characters (Cypriniformes: Cyprinidae). Zoological Systematics & Evolutionary Research. 49(3), PP: 224-232.
 - 21- Motamedi, M., Madjdzadeh, S. M., Teimori, A., and Esmaeili, H. R., 2011. Systematic and biogeography of the *Barbus lacerta* complex (Pisces: Cyprinidae) from Iran-inferred by molecular and morphological evidence. 12th Annual Meeting of the Society of Biological Systematics (Gesellschaft für Biologische Systematik, GfBS). 21-27 February, BioSystematics Berlin. 231 p.
 - 22- 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. Research in Zoology. 7(1), PP: 1-6.
 - 23- Nicieza, A. G., 1995. Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift. Functional Ecology. 9, PP: 448-456.
 - 24- Pakkasmaa, S., and Piironen, J., 2001. Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations. Biological Journal of the Linnean Society, 72(2), PP: 231-239.
 - 25- Pavlinov, I. Y., 2001. Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images. Information Technologies in Biodiversity Research. PP: 40-64.
 - 26- Pinheiro, A., Teixeira, C. M., Rego, A. L., Marques, J. F., and Cabral, H. N., 2005. Genetic and morphological variation of *Solea lascaris* (Risso, 1810) along the Portuguese coast. Fisheries Research. 73, PP: 67-78.
 - 27- 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. Archive fur Hydrobiologie. 159 (4), PP: 531-554.
 - 28- Poulet, N., Reyjol, Y., Collier, H., and Lek, S., 2005. Does fish scale morphology allow the identification of populations at a local scale? A case study for rostrum dace *Leuciscus leuciscus burdigalensis* in River Viaur (SW France). Aquatic Sciences. 67, PP: 122-127.
 - 29- Samaee, S. M., Patzner, R. A., and Mansour, N., 2009. Morphological differentiation within the population of Siah Mahi, *Capoeta capoeta gracilis*, (Cyprinidae, Teleostei) in a river of the south Caspian Sea basin: a pilot study. Journal of Applied Ichthyology. 25, PP: 583-590.
 - 30- Samaee, S. M., and Patzner, R. A., 2011. Morphometric differences among populations of Tu'inti, *Capoeta damascina* (Teleostei: Cyprinidae), in the interior basins of Iran. Journal of Applied Ichthyology. 27(3), PP: 928-933.
 - 31- Smith, G. R., 1966. Distribution and evolution of the North American catostomid fishes of the subgenus *Pantosteus*, genus *Castostomus*. Miscellaneous publications, Museum of Zoology, University of Michigan, 129 p.
 - 32- Swain, D. P., and Holtby, L. B., 1989. Differences in morphology and behavior between juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, rearing in a lake and in its tributary stream. Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. 46(8), PP: 1406-1414.
 - 33- Swain, D. P., and Foote, C. J., 1999. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in

- stock identification. Fisheries Research. 43, PP: 113-128.
- 34- Tudela, S., 1999. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis ancrasicolur*. Fisheries Research. 42, PP: 229-243.
- 35- Turan, C., 2000. Otolith shape and meristic analysis of herring (*Clupea harengus*) in the North-East Atlantic. Archive of Fishery and Marine Research. 48(3), PP: 213-225.
- 36- Turan, C., and Ergudan, D., 2004. Genetic and morphologic structure of *Liza abu* (Heckel, 1843) population from the rivers Orontes, Euphrates and tigris. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 28, PP: 729-734.
- 37- Turan, C., Oral, M., Öztürk, B., and Düzgüneş, E., 2006. Morphometric and meristic variation between stocks of Bluefish *Pomatomus saltatrix* in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas. Fisheries Research. 79(1), PP: 139-147.
- 38- Yamamoto, S. ., Morita, I., Koizumi, K., and Maekawa, S., 2004. Genetic differentiation of white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* populations after habitat fragmentation: spatial-temporal changes in gene frequencies. Conservation Genetics. 5, PP: 529-538.
- 39- Zelditch, M., 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: a Primer. Elsevier Academic Press, New York, USA. 437p.

Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Bushehr basin

Ghorbani-Ranjbari Z. and Keivany Y.

Natural Resources Dept. (Fisheries Division), Isfahan University of Technology, Isfahan , I.R. of Iran

Abstract

The study of fishes in aquatic ecosystems is important in many ways, including ecology, ethology, conservation and management of water resources, reserves and aquaculture, so the present study compared the geometric morphometrics of *Barilius mesopotamicus* populations in Bushehr basin. For this purpose, 140 fish specimens were sampled from Ahram, Zohreh, Kheirabad, Karzin, Shahpur and Darolmizan rivers. Specimens were transported to the laboratory after anesthetizing in 1% clove oil solution and fixing in 10% formalin. Pictures were taken from the left side of the specimens under similar condition and digitized using 15 landmarks placed on two-dimensional images using Tpsdig2 software. The data after Procrast analysis were analyzed with PCA, CVA multivariate statistical methods and cluster analysis. Geometric morphometric comparisons by CVA and cluster analyses showed significant differences in the studied populations and only Aharm and Karzin populations were overlapping. Differences among the populations were due to differences in the body shape, head size and shape and body height.

Key words: CVA, Cyprinids, Multivariate analysis, PCA, Tpsdig