نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
ISSN: 2423-6349
دوره ۱۳، شماره ۲، صفحات ۵۴-۴۲
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

دو فرم، یک گونه: بررسی تمایزات ریختی *Anodontostoma chacunda* (Clupeiformes; Clupeidae) در سواحل جنوبی ایران (آبهای هرمزگان)

زهرا سرلکی هندوکش[۱]، لیلا عبدلی[۱]، کیاوش گلزاریان پور[۲*]

۱-گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی .دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
۲-گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، گلستان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶

نویسنده مسئول مکاتبه:
کیاوش گلزاریان پور، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، گلستان، ایران

ایمیل:
golzarianpour@gonbad.ac.ir

چکیده

مطالعه ساختار جمعیتی گونه‌های آبزی با رویکرد ریخت‌سنجی هندسی به‌منظور درک الگوهای فنوتیپی و ارائه راهکارهای مدیریتی پایدار، اهمیتی فزاینده یافته است. در این پژوهش، ساختار جمعیتی ماهی گواف کوچک (*Anodontostoma chacunda*) در چهار ایستگاه ساحلی استان هرمزگان (بندرعباس، قشم، بندرخمیر و جاسک) با بهره‌گیری از روش ریخت‌سنجی هندسی مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۲۴۰ نمونه در ماه‌های خرداد و تیر ۱۴۰۳ جمع‌آوری و با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 تعداد ۱۰ لندمارک بر سطح جانبی چپ بدن ماهیان علامت‌گذاری شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تحلیل تابع تشخیص (DFA) تفاوت‌های معناداری را بین ایستگاه‌های زمانی-مکانی نشان داد. نتایج بیانگر جدایی ریختی قابل‌توجه بین جمعیت‌ها از نظر زمانی بود، به‌طوری‌که الگوهای تنوع ریختی در خرداد عمدتاً بر لندمارک‌های دمی و در تیرماه بر لندمارک‌های ناحیه سر و باله پشتی متمرکز بودند. این یافته‌ها دلالت بر حساسیت ساختار بدنی گونه *A. chacunda* نسبت به تغییرات محیطی-فصلی دارد و می‌تواند بازتابی از سازگاری‌های فنوتیپی مرتبط با رفتارهای مهاجرتی و تغذیه‌ای گونه یا فشارهای ناشی از فعالیت های انسانی باشد. با توجه به نقش اکولوژیک و اقتصادی این ماهی در اکوسیستم‌های جنوبی ایران، نتایج این پژوهش اطلاعات پایه‌ای ارزشمند برای مدیریت ذخایر و تعیین واحدهای حفاظتی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ریخت‌سنجی هندسی، آنالیز پروکراست، گواف کوچک، تنوع فنوتیپی، مدیریت منابع شیلات

۱ | مقدمه

در سال‌های اخیر، شناخت ساختار جمعیتی گونه‌های آبزی به‌منظور مدیریت پایدار ذخایر شیلاتی، اهمیت فزاینده‌ای یافته است. در این راستا، ریخت‌سنجی هندسی (Geometric Morphometrics)به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای بررسی تنوع فنوتیپی و تمایز ریختی در بین جمعیت‌های طبیعی، جایگزین روش‌های کلاسیک ریخت‌شناسی شده است (Klingenberg, 2016; Mitteroecker & Schaefer, 2022). این روش با حذف مؤلفه‌های غیراختصاصی نظیر اندازه و تمرکز بر شکل واقعی، امکان بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های ساختاری را فراهم (Adams et al., 2016). در اکوسیستم‌های دریایی، بسیاری از گونه‌های ماهی به‌دلیل فشارهای زیست‌محیطی، مهاجرت فصلی، یا بهره‌برداری انسانی دچار تغییرات فنوتیپی می‌شوند که می‌تواند نشان‌دهنده وجود زیرجمعیت‌های متمایز باشد (Turan et al., 2004; Fruciano, 2016). شناسایی این تفاوت‌ها از

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

منظر ریختی، می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های دقیق در زمینه‌ی حفاظت و بهره‌برداری از ذخایر باشد. همچنین، مطالعات ریخت‌سنجی در ترکیب با اطلاعات اکولوژیکی و ژنتیکی، به‌عنوان راهکاری چندوجهی در تحلیل دینامیک جمعیتی گونه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Adams et al., 2016). گونه‌ی *Anodontostoma chacunda* از خانواده Clupeidae، یکی از منابع اقتصادی مهم در مناطق گرمسیری آسیا و به‌ویژه خلیج فارس محسوب می‌شود (Hasan et al., 2024). این گونه، علاوه بر اهمیت شیلاتی، نقش کلیدی در زنجیره‌ی غذایی اکوسیستم‌های دریایی ایفا می‌کند و معمولاً به‌عنوان صید ضمنی همراه با گونه‌های هدف نظیر میگو و تون ماهیان برداشت می‌شود (Zahid et al., 2022). با وجود پراکنش وسیع آن، اطلاعات دقیقی درباره‌ی ساختار جمعیتی این ماهی در مناطق جنوبی ایران وجود ندارد. تغییرات احتمالی در ریخت بدنی این گونه، می‌تواند بیانگر تطابق‌های اکولوژیکی یا نشانه‌ای از وجود زیرجمعیت‌های تفکیک‌شده باشد که نیاز به مطالعه دقیق دارد (Hanif et al., 2019; Dong & Tu, 2021). در این پژوهش، برای نخستین‌بار ساختار جمعیتی *A. chacunda* در چهار منطقه‌ی ساحلی استان هرمزگان (بندرعباس، بندرخمیر، قشم و جاسک) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی، ارزیابی تفاوت‌های ریختی میان جمعیت‌ها در ایستگاه های مورد بررسی و زمان صید آنهاست. نتایج حاصل می‌تواند نقش بسزایی در مدیریت اکولوژیکی، شناسایی واحدهای مدیریتی مستقل و حفظ پایداری منابع این گونه با ارزش ایفا کند.

۲ | مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی ساختار جمعیتی ماهی گواف کوچک (*Anodontostoma chacunda*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی، در تابستان ۱۴۰۳ در چهار ایستگاه ساحلی استان هرمزگان (غرب و شرق تنگه هرمز) شامل بندرعباس، بندرخمیر، قشم و جاسک انجام شد. در مجموع، تعداد ۲۴۰ نمونه (۶۰ نمونه از هر ایستگاه) طی دو مرحله در ماه‌های خرداد و تیر از صیادان محلی تهیه گردید. نمونه‌ها بلافاصله پس از صید در یخ قرار داده شدند و به آزمایشگاه گروه شیلات دانشگاه هرمزگان منتقل گردیدند.

برای انجام تحلیل ریخت‌سنجی هندسی، ابتدا تصاویر دیجیتال از نیم‌رخ سمت چپ هر نمونه با فاصله ثابت ۱۵ سانتی‌متر از دوربین و با رزولوشن ۱۲ مگاپیکسل تهیه شد. سپس ۱۰ لندمارک آناتومیکی (Hanif et al., 2019) نوع یک (لندمارک های ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸ و ۹) و دو (لندمارک های ۱، ۶ و ۱۰) (Mitteroecker, 2022) بر اساس ویژگی‌های بارز مورفولوژیکی (شکل ۱) با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 (Rohlf, 2006) روی تصاویر جانمایی گردید.

اندازه مرکزی برای هر فرد محاسبه و به عنوان یک متغیر مستقل ذخیره شد تا به منظور بررسی حذف اثر اندازه در آنالیز رگرسیون چندگانه استفاده شود (Zelditch, 2004). در این آنالیز اندازه مرکزی به عنوان متغییر مستقل در نظر گرفته می شود و طول و عرض نقاط (X و Y) متغیرهای وابسته اند. مختصات دو بعدی لندمارک‌ها به‌منظور حذف مؤلفه‌های غیرشکلی نظیر حذف اثر اندازه بر شکل، چرخش و کج شدگی نمونه ها، با استفاده از روش آنالیز پروکراست تعمیم‌یافته (Generalized Procrustes Analysis; GPA) روی هم گذاری و تبدیل شدند (Slice, 2007). برای تعیین توزیع افراد در فضای حاصل از تمام متغیرها و تغییرات کل شکل در بین نمونه ها و سهم هر یک از خصوصیات شکلی از واریانس کل، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis; PCA) اجرا گردید. همچنین، جهت بررسی تمایز معنادار میان جمعیت‌ها، تحلیل تابع تشخیص (Discriminant Function Analysis) یا DFA بر اساس تابع های مکانی-زمانی مورد استفاده قرار گرفت. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار PAST انجام شد. نمودارهای تغییرات شکل، بردارهای کشش و پراکنش ریختی نیز برای تجسم نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

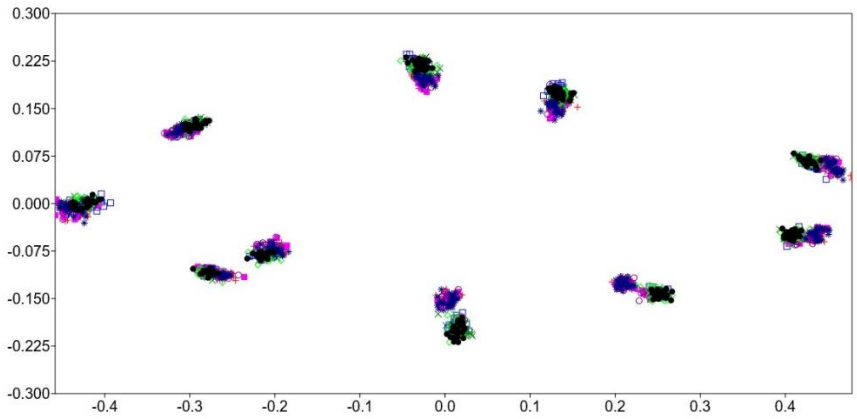
[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]



شکل ۱. لندمارک تعیین شده روی سطح جانبی *Anodontostoma chacunda*

۳ | نتایج

پس از لندمارک گذاری، داده های مختصات تمامی افراد در یک فایل TPS یکپارچه ایجاد شد. پس از تبدیل اندازه مرکزی تمام افراد به مقدار واحد تغییر یافت (شکل ۲). نتایج آنالیز رگرسیون چندگانه نشان داد که همبستگی معنی دار بین اندازه مرکزی هر فرد و متغیر های وابسته آن وجود ندارد ($p\geq$۰/۰۵ و R^2=۰/۳کل) که گویای حذف اثرات ناشی از اندازه بر شکل نمونه هاست بدین معنی که اگر تفاوتی بین افراد مشاهده شود متاثر از تفاوت در ریخت آنهاست نه اندازه. از سویی نتایج گویای عدم تفاوت ریخت بین جنسیت ها بود از این رو داده های مربوط به جنس نر و ماده در یک ماتریس داده مشترک مورد آنالیز قرار گرفت.



شکل ۲. روی هم گذاری لندمارک های تمام افراد به روش پروکراست تعمیم یافته

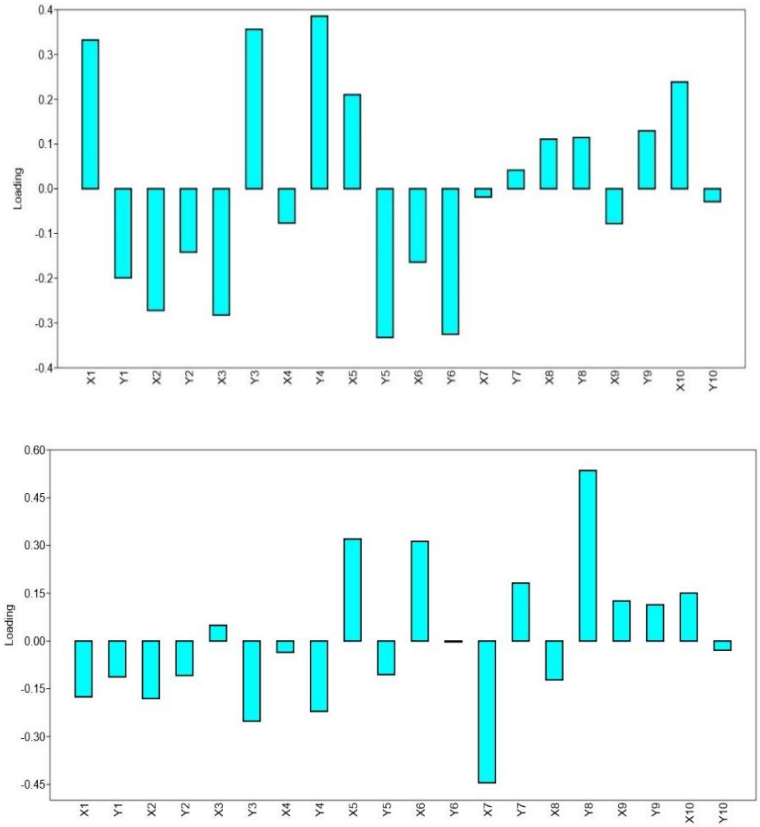
ماتریس تاب نسبی (Relative Warp) برای آنالیز تجزیه به مؤلفه های اصلی (PCA) بدست آمد. تعیین متغیر های موثر بر توزیع افراد نشان داد خصوصیات بارگذاری شده روی مؤلفه اول و دوم مجموعا ۸۰ درصد واریانس کل را به خود اختصاص دادند که این بارگذاری متغیر ها (شکل ۳ الف و ۳ب) روی مؤلفه های اول و دوم، دو الگوی پراکنش متمایز از هم بر اساس زمان (خرداد و تیر) را به نمایش گذاشت (شکل ۴). بر اساس نتایج مشاهده شده، در گام بعد ایستگاه های منتسب به هر ماه در توزیع بدست آمده نشاندار شد. آنالیز مجدد نشان داد افراد بدست آمده از ایستگاه های مختلف (بندرعباس، بندرخمیر، قشم و جاسک) ولی در یک بازه زمانی واحد یک الگوی پراکنش مشترک نشان می دهند (شکل ۵).

مختصاتX5 ، X6، X7 و Y8 مرتبط با لندمارک های ۵، ۶، ۷ و ۸ موثرترین سهم بر واریانس توزیع افراد روی مؤلفه اول را داشتند در حالی که مختصات X1، Y3، Y4، Y5 و Y6 مرتبط با لندمارک های ۱، ۳، ۴، ۵ و ۶ روی محور دوم بیشترین سهم در واریانس توزیع افراد را داشتند. نحوه عمل یکپارچه این متغیر ها در توزیع ریخت های مشاهده شده به صورت تغییرات شکلی ناشی

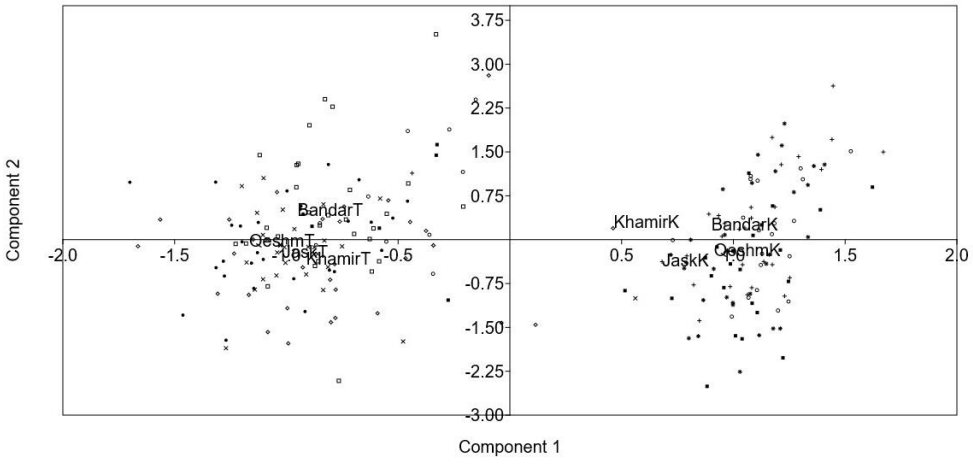
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

از مؤلفه اول و دوم قابل توضیح است (شکل ۶). شکل نمونه های مرتبط به ماه خرداد در ایستگاه های چهارگانه در مقایسه با نمونه های صید شده در تیرماه ساقه دمی بلندتر، سری با پوزه بلندتر (فرم کلی سر گوه شکل) و ناحیه شکمی باریکتر دارند. با توجه به حذف اثر اندازه تفاوت مشاهده شده در پهنای میانی بدن ناشی از تفاوت ریخت و مستقل از فاکتورهای مرتبط با چاقی و تغذیه به نظر می‌رسد.



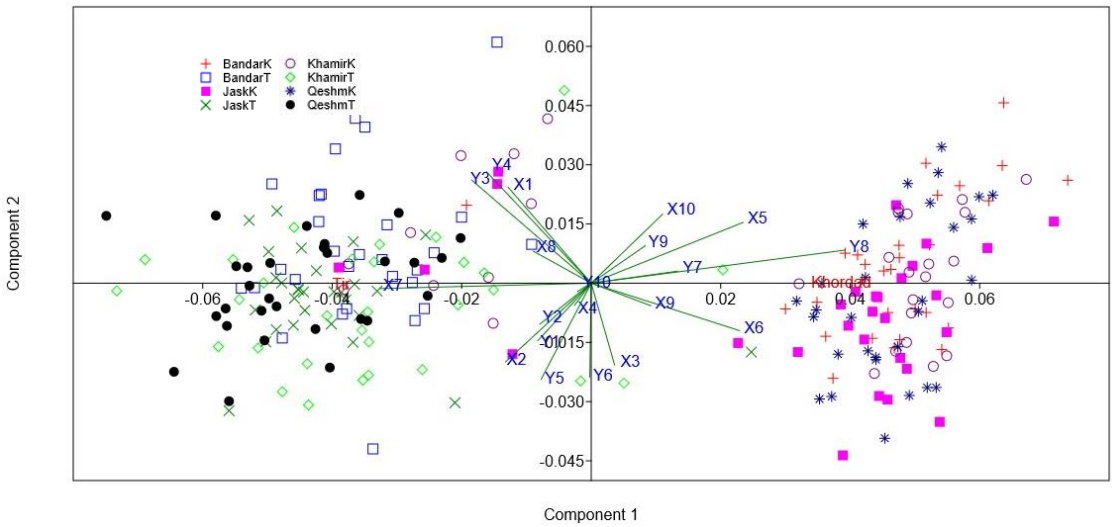
شکل ۳. بارگذاری متغیرها روی مؤلفه اول (بالا) و مؤلفه دوم (پایین)



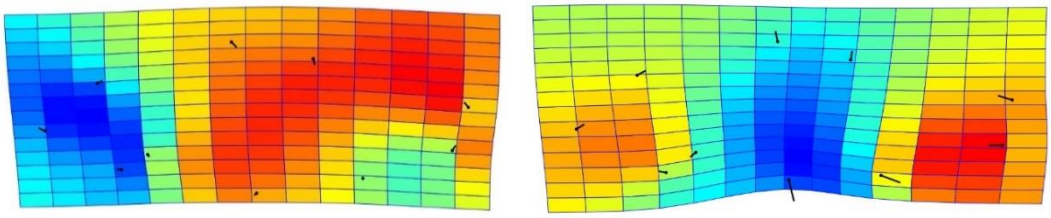
شکل ۴. توزیع افراد با ریخت مشترک بدست آمده از ایستگاه های مختلف در زمان یکسان. T: تیر (چپ) و K: خرداد (راست).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]



شکل ۵. توزیع افراد در تجزیه مؤلفه های اصلی، نمونه های صید شده در خرداد (K) از ایستگاه های ۴گانه (راست) و نمونه های صید شده در تیر (T) از ایستگاه های ۴گانه (چپ). اندازه و زاویه هر بردار از محور اثر هر متغیر (مختصات) بر توزیع افراد را نشان می دهد.



شکل ۶. تغییرات موضعی شکل ناشی از بارگذاری متغیرها روی مؤلفه اول (سمت راست) و دوم (سمت چپ). بردارها جهت و مقدار تغییر را نشان می دهد. شدت رنگ بیانگر شدت تغییر شکل است. قرمز: انبساط موضعی در شکل آبی: انقباض موضعی در شکل.

ماتریس تاب‌های جزئی (Partial Warp) از ماتریس تبدیل شده و با به کارگیری روش Thin Plate Spline (TPS) بدست آمد و برای انجام آنالیز تابع تجزیه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آنالیز تابع تجزیه نشان داد در توزیع مشاهده شده در تجزیه مؤلفه های اصلی دو گروه معنی دار زمانی وجود دارد (شکل ۷). محور اول و دوم یا همان توابع تجزیه اول و دوم ۹۲/۵ درصد واریانس جدایی گروه ها را سبب شده است. مقایسه دو به دوی ایستگاه ها نشان داد که شکل ظاهری بین ایستگاه های نمونه برداری شده در ماه خرداد (شکل ۸) و همچنین ایستگاه های نمونه برداری شده در ماه تیر (شکل ۹) تفاوت معنی دار ندارند ولی فرم بدنی بین ایستگاه های صید شده در دو بازه زمانی (شکل ۱۰) با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($Wilks\text{-}lambda=0.061$، $F=6.69$، $p\leq0.05$).

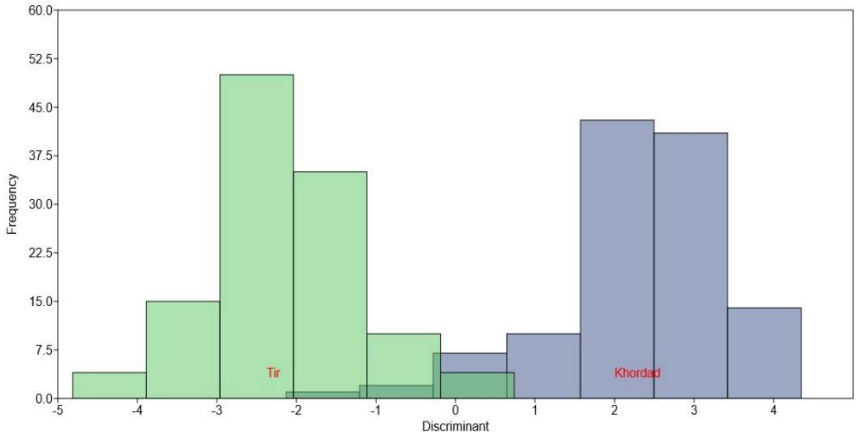
نتایج ماتریس درهم ریختگی با تصحیح jackknifed هم نشان داد که در مجموع ۳۹ درصد افراد در تمام ایستگاه ها به درستی در گروه منتسب به خود دسته بندی شده اند که نشانده دهنده وجود همپوشانی ریختی میان ایستگاه هاست. به این نکته توجه داده می شود که این توزیع مشترک، بین گروه های مکانی نیست. برای مثال افراد صید شده از ایستگاه بندرعباس در زمان خرداد هیچ آمیختگی با افراد صید شده از بندرعباس در زمان تیر ندارند در حالی که با ایستگاه های دیگر در همان زمان همپوشانی دارند. این حالت برای سایر ایستگاه ها نیز مشاهده می شود (جدول ۱). ماتریس درهم آمیختگی بر اساس بازه زمانی نشان داد فقط ۴/۲ درصد درهم ریختگی وجود دارد و ۹۵/۸ درصد افراد در گروه زمانی مربوط به خود دسته بندی شده اند.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

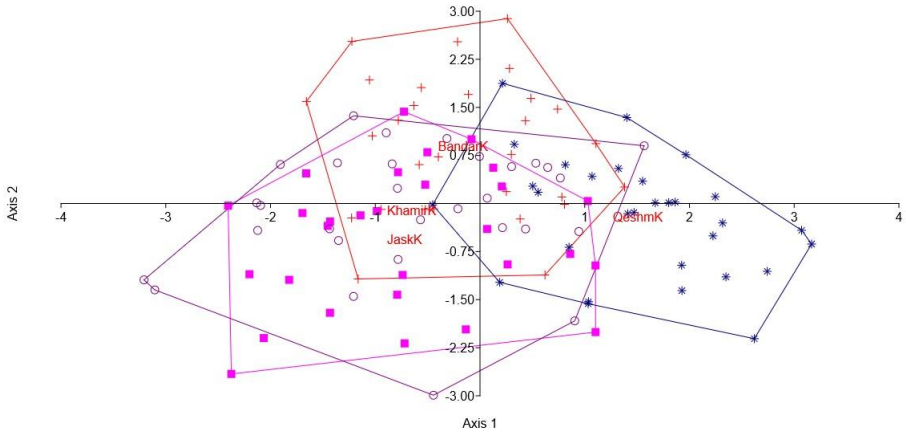
[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

جدول ۱. ماتریس در هم ریختگی افراد بر اساس گروه های مکانی-زمانی.

	BandarK	BandarT	JaskK	JaskT	KhamirK	KhamirT	QeshmK	QeshmT	Total
BandarK	13	0	5	0	7	0	4	0	29
BandarT	0	13	0	4	0	2	0	10	29
JaskK	6	0	9	0	6	3	5	0	29
JaskT	0	4	0	12	0	6	1	6	29
KhamirK	8	0	6	0	7	4	5	0	30
KhamirT	0	4	1	8	1	10	0	6	30
QeshmK	5	0	3	0	3	0	19	0	30
QeshmT	0	8	0	7	0	5	0	10	30
Total	32	29	24	31	24	30	34	32	236



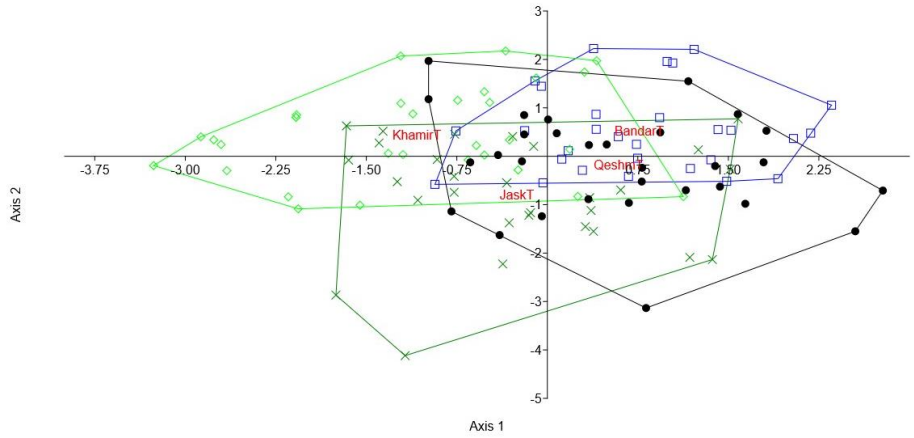
شکل ۷. نمودار تابع تجزیه شکل نمونه های صید شده در دو بازه زمانی خرداد (راست) و تیر (چپ).



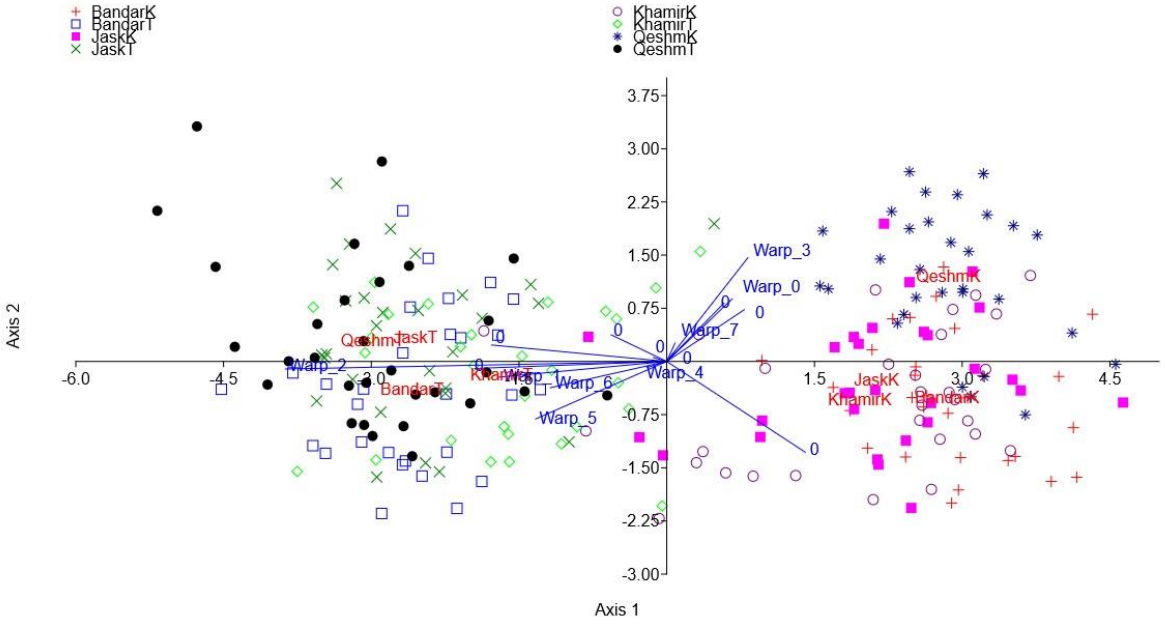
شکل ۸. نمودار تابع تجزیه فرم بدنی نمونه های صید شده از چهار ایستگاه بندرخمیر، بندرعباس، قشم و جاسک در ماه خرداد. همپوشانی و عدم تفاوت معنی دار بین ایستگاه ها دیده می شود.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]



شکل ۹ نمودار تابع تجزیه فرم بدنی نمونه های صید شده از چهار ایستگاه بندرخمیر، بندرعباس، قشم و جاسک در ماه تیر. همپوشانی و عدم تفاوت معنی دار بین ایستگاه ها دیده می شود.



شکل ۱۰. نمودار تابع تجزیه فرم بدنی نمونه های صید شده از چهار ایستگاه بندرخمیر، بندرعباس، قشم و جاسک در ماه خرداد و تیر. تفاوت معنی دار بین ایستگاه های بررسی شده نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

جغرافیایی زیستی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است حوضه دریایی شمال غرب اقیانوس هند و به ویژه خلیج فارس، تنگه هرمز و خلیج عمان است (Naderlooe et al., 2024).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که از مجموع ۱۰ نقطه لندمارک گذاری شده روی ماهی گواف کوچک در خرداد ماه و هم چنین تیرماه تفاوت معنا داری بین ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود نداشت (p >۰/۰۵)، اما مقایسه ایستگاه‌ها بر اساس باز زمانی تفاوت معنی داری را نشان

جهت شناسایی و مدیریت جمعیت‌ها مطالعات ریخت شناسی اهمیت ویژه‌ای دارد. این مطالعات از یک سو اطلاعات پایه‌ای برای شناسایی گونه‌های مختلف و جمعیت‌های درون گونه‌ای فراهم می‌کنند و از سوی دیگر مبنای علمی برای برنامه‌های حفاظتی و مدیریت زیستگاه‌های آبی محسوب می‌شوند. اهمیت این موضوع به‌ویژه در کشورهایی که دارای تنوع زیستی فراوان در اکوسیستم‌های آبی خود هستند، بیشتر دیده می‌شود. یکی از مناطق مهم پالئو آرکتیک که در مباحث

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

گربه‌ماهیان دریایی *Plicofollis tenuispinis* و *P. nella* نشان داد که بیشترین اختلاف ریختی در قسمت سر و ناحیه دمی است.

در مجموع می‌توان گفت فاکتورهای محیطی مانند جریانات اقیانوسی یا تغییر سطح آب دریاها که می‌توانند سبب پراکندگی وجدایی جمعیت شوند، افزایش فواصل جغرافیایی که منجر به افزایش جدایی در میان جمعیت‌ها و گونه‌ها می‌شوند و عوامل مرتبط با تاریخچه مانند توانایی در پراکنش، لانه سازی و... عوامل مختلف مهمی است که می‌تواند ساختارهای جمعیتی گونه‌های مختلف ماهیان را توجیه نماید (Hanif et al., 2019).

چرا دو فرم ریختی از یک گونه در یک منطقه؟

شناسایی دو فرم ریختی در گونه گواف کوچک (*Anodontostoma chacunda*) در یک منطقه جغرافیایی مانند سواحل جنوبی ایران، پدیده‌ای است که می‌تواند بازتابی از ترکیب پیچیده عوامل ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی باشد. چنین مطالعاتی از منظر علمی و حفاظتی اهمیت زیادی دارند، می‌تواند مبنایی برای مدیریت حفاظتی هدفمند، از جمله پایش دوره‌ای، محدودیت‌های صید فصلی، و طراحی مناطق حفاظت‌شده باشد (Allendorf et al., 2012). مطالعه حاضر با بهره‌گیری از ریخت‌سنجی هندسی و تحلیل‌های آماری (PCA و DFA) نشان داد که اگرچه تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های جغرافیایی مختلف مشاهده نشد، اما بین دو بازه زمانی خرداد و تیر تفاوت‌های ریختی معنی‌داری وجود داشت (Wilks'lambda= 0.06, F=6.69, $p<0.05$). این یافته‌ها با مطالعات مشابه (Hanif et al., 2019) که در آن‌ها تفاوت‌های مورفومتریک بین جمعیت‌های مختلف *A. chacunda* در بنگلادش مشاهده شده، مطابقت دارد. چنین تفاوت‌هایی در مطالعه Hanif et al., 2019 منجر به شناسایی خوشه‌های متمایز ریختی حتی در جمعیت‌های رودخانه‌ای نزدیک شد.

شناسایی دو فرم ریختی در *A. chacunda* در منطقه مورد مطالعه می‌تواند ناشی از یکی یا ترکیبی از عوامل مانند ۱- انعطاف‌پذیری فنوتیپی یعنی توانایی ارگانیسم برای تغییر ویژگی‌های ظاهری در پاسخ به تغییرات محیطی، مانند دما، شوری و منابع غذایی (Dong &

داد ($p <$ ۰/۰۵). Hanif et al., 2019 جمعیت ماهی گواف کوچک از چهار رودخانه در خلیج بنگال در بنگلادش، جهت بررسی ساختار فنوتیپی بر اساس ویژگی های مورفومتریک شکل بدن با استفاده از مدل سیستم لندمارک گذاری مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان دادند پارمترهای مورفومتریک به طور معنی داری بین جمعیت ها متفاوت بود و دو گروه از ماهی گواف کوچک را از جمعیت رودخانه در مقایسه با سایرین جدا کرد. جداسازی آن ها با اعتبارسنجی آزمون DFA تأیید شد، تجزیه و تحلیل CA جمعیت‌های رودخانه را در سه خوشه مجزا ریختی طبقه بندی کرد. در مطالعه ای دیگر، تغییرات شکل بدن جمعیت‌های مختلف بلنی ماهیان جنس *Omobranchus* در سواحل ایرانی خلیج فارس و دریای عمان، با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی مبتنی بر لندمارک را مورد بررسی قرار دادند. بررسی نتایج با روش‌های آماری چند متغیره PCA و CVA و تحلیل خوشه‌ای نشان داد که تفاوت معنی داری ($p <$ ۰/۰۰۱) در ویژگی‌های ریختی پنج جمعیت موردبررسی وجود دارد (Sharifinia et al., 2020). مهمترین صفات بیان کننده تغییرات بین گروهی شامل لندمارک های فرورفتگی بین دو باله پشتی، نقاط ابتدا و انتهای باله مخرجی در مؤلفه اصلی اول و نقطه ابتدایی باله مخرجی، فرورفتگی بین دو باله پشتی و نقطه پایینی سرپوش آبششی در مؤلفه اصلی دوم بودند.

بررسی تفکیک ذخیره ماهی شانک زرد باله عربی با استفاده ازروش ریخت سنجی هندسی در آبهای خلیج فارس و دریای عمان توسط Doostdar et al. (2018) نشان داد آنالیز شکل هندسی بدن در مجموع بیشترین تغییرات را در ناحیه سر و ابتدایی بدن گونه نشان می دهد. بدین ترتیب تفاوت معنی دار شکل بدن در غرب و شرق تنگه هرمز تایید شد. به طوریکه در غرب، موقعیت لندمارک‌ها در جهت کاهش ارتفاع بدن، افزایش طول سر و متمایل شدن دهان به سمت پایین، متمایل شدن پایه و باله سینه‌ای و شکمی به قسمت ابتدایی بدن بوده در حالی که شرق تنگه هرمز برعکس این حالت را نشان داد. نتایج مطالعه روی جمعیت ماهی سفید در سواحل گیلان نشان داد که بیشترین اختلاف شکل بدن ماهی سفید در ناحیه دمی است (Ghojoghi et al., 2018). مطالعه Abdorahmanدرسال ۲۰۱۶ در شبه‌جزیره مالزی روی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

کرده است. مطالعات مشابه نشان داده‌اند که افزایش دما می‌تواند تغییراتی در شکل بدن مانند افزایش سطح بدن برای تسهیل تبادل حرارت ایجاد کند (Klingenberg, 2016؛ Hanif et al., 2019). در خرداد، به دلیل شروع گرما و تبخیر زیاد، شوری آب بالا می‌رود که بر تعادل اسمزی ماهیان تأثیر می‌گذارد. در تیر، بسته به بارندگی‌های محلی یا جریان‌های آبی، شوری ممکن است متغیر باشد. افزایش یا کاهش شوری باعث فشارهای انتخابی مختلف می‌شود که می‌تواند به تفاوت در فرم‌های بدنی منجر گردد. گونه‌های با قابلیت انعطاف ریختی همچون *A. chacunda* ممکن است شکل بدن خود را برای سازگاری با فشار اسمزی تغییر دهند (Dong & Tu, 2021). ترکیب و فراوانی منابع غذایی در ماه‌های مختلف (مثل پلانکتون ها و بی‌مهرگان کوچک) تغییر می‌کند (Sheppard et al., 1992). در خرداد ممکن است وفور بیشتری از منابع غذایی وجود داشته باشد، در حالی‌که در تیر به دلیل رقابت و چرخه زیستی منابع، کاهش نسبی مشاهده شود. تفاوت در منابع غذایی می‌تواند الگوی تغذیه، مکان‌یابی و حتی فرم بدن مرتبط با جمع‌آوری غذا (مثلاً تغییر در شکل سر و دهان) را تحت تأثیر قرار دهد (Fruciano, 2016). مطالعه Doostdar et al., 2018 روی ماهی شانک زردباله عربی نشان داد که در شرق و غرب تنگه هرمز، به دلیل تفاوت‌های محیطی (مثلاً جریان‌های دریایی و منابع غذایی)، تغییرات قابل توجهی در ناحیه سر و باله‌ها مشاهده می‌شود.

در سواحل جنوبی دریای خزر نیز Ghojoghi et al. (2018) نشان دادند که تفاوت‌های محیطی فصلی، به‌ویژه در دسترسی به منابع غذایی و شوری آب، عامل اصلی تفاوت‌های ریختی ماهی سفید هستند. همچنین، مطالعات مشابه روی سایر گونه‌ها (مانند *Plicofollis tenuispinis* و *P. nella*) در مالزی (Abdorahman, 2016) نشان می‌دهد که تغییرات ریختی در ناحیه دمی و سر اغلب مرتبط با فشارهای محیطی است. این پدیده در اکوسیستم‌های دریایی و رودخانه‌ای به دلیل شرایط زیستگاهی پویا و گاه تحت‌فشار انسانی (مانند صید، آلودگی یا تغییرات سطح آب) تشدید می‌شود.

فشار انتخابی ناشی از فعالیت‌های انسانی و تغییرات (Fruciano, 2016 ؛Tu, 2021) ؛ ۲- وجود فشارهای محیطی-فصلی (دما، شوری، منابع غذایی) یعنی تغییرات شرایط محیطی بین دو بازه زمانی. در سواحل جنوبی ایران، تغییرات جریانات دریایی، دما و منابع غذایی در فصول مختلف (Sheppard et al., 1992) می‌تواند عامل محرک محسوب شوند (Sharifinia et al., 2020 ;) ؛ ۳- فشار انتخابی ناشی از فعالیت‌های انسانی (مثلاً صید، آلودگی، تغییرات زیستگاه) ؛ یا حتی ۴- ساختار جمعیتی پیچیده که نیازمند بررسی ژنتیکی تکمیلی است. اگرچه مطالعه ژنتیکی در این مقاله انجام نشده، اما مطالعات پیشین (Hanif et al., 2019) و نتایج تحقیقات مشابه روی ماهیان دیگر مانند بلنی ماهیان (Sharifinia et al., 2020) و شانک زردباله (Doostdar et al., 2018) نشان داده‌اند که حتی تفاوت‌های ریختی معنی‌دار می‌تواند بدون تفاوت ژنتیکی قابل‌توجه رخ دهد و بیشتر بازتاب تفاوت‌های محیطی و اکولوژیکی باشد.

مطالعه حاضر با تکیه بر ریخت‌سنجی هندسی و تحلیل‌های آماری، بستری برای بررسی این فرضیه‌ها فراهم کرده و نشان می‌دهد که وجود دو فرم ریختی ممکن است بازتاب‌دهنده سازگاری‌های اکولوژیک و فشارهای محیطی-انسانی منطقه هرمزگان باشد. این فشارها باعث ایجاد دو فرم ریختی متفاوت می‌شوند، یکی با سازگاری بهتر به شرایط خرداد (مثلاً دم کشیده‌تر، فرم سر گوه‌ای برای حرکت سریع‌تر در آب گرم و شور) و دیگری با سازگاری به شرایط تیر (مثلاً سر و باله پشتی تغییر یافته برای تغذیه یا رقابت).

فشارهای محیطی-فصلی

در توجیه این فرضیه و اثرات ناشی از آن می توان گفت در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری مانند سواحل جنوبی ایران (خلیج فارس و دریای عمان)، فصل‌ها نه صرفا بر اساس تغییرات دما بلکه بر اساس تفاوت‌های شدت بارش، شوری، و چرخه‌های زیستی تعریف می‌شوند. این تفاوت‌ها مستقیماً بر زیستگاه‌ها و ساختار بدنی گونه‌ها اثر می‌گذارند. در ماه‌های گرم سال (مثلاً خرداد)، دمای آب و هوا به اوج نزدیک می شود. این امر می‌تواند باعث کاهش سطح اکسیژن محلول و افزایش استرس متابولیک برای ماهیان شود. در تیرماه، دما همچنان بالا می‌ماند، اما احتمالاً منابع غذایی کاهش یافته و تراکم ماهیان تغییر

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

پس از حذف اثر اندازه و جنسیت همچنان باقی بوده و شامل تفاوت‌های مشخص در فرم دمی، سر و باله‌هاست. چنین الگویی همانگونه که پیشتر گفته شد می‌تواند ناشی از انعطاف پذیری فنوتیپی یا سازگاری‌های بوم‌شناسی باشد، اما وجود گونه‌های مخفی نیز فرضی قوی است. گونه‌های مخفی به گروه‌هایی از ارگانیسم‌ها اطلاق می‌شود که تفاوت‌های ظاهری (ریختی) بسیار اندکی دارند یا اصلاً قابل تشخیص نیستند، اما از نظر ژنتیکی و بوم‌شناسی کاملاً متمایزند (Bickford et al., 2007). شناسایی گونه‌های مخفی اهمیت زیادی برای حفاظت تنوع زیستی و مدیریت پایدار منابع طبیعی دارد، زیرا نادیده گرفتن آن‌ها ممکن است به ارزیابی نادرست ذخایر و برنامه‌ریزی‌های ناپایدار منجر شود. پراکنش وسیع گونه *A. chacunda* و تغییرات محیطی متنوع می‌تواند منجر به تمایزات ژنتیکی پنهان شده باشد (Hanif et al., 2019). اگرچه تغییرات ریختی ممکن است ناشی از تغییرات محیطی یا فصلی باشد، اما وجود تفاوت‌های ثابت و معنادار، به‌ویژه در شرایط حذف اثر اندازه و جنسیت، احتمال وجود گونه‌های مخفی را تقویت می‌کند (Fruciano, 2016). بر اساس نظریه بوم‌شناسی تکاملی، اگر دو گروه از یک گونه به صورت مجزا تحت فشارهای انتخابی متفاوت محیطی یا اکولوژیکی قرار گیرند، ممکن است در طول زمان به دو گونه مخفی مستقل تبدیل شوند (Mitteroecker & Schaefer, 2022). بررسی ژن‌های COI، Cytb یا مارکرهای میکروساتلایت می‌تواند تفاوت‌های ژنتیکی را مشخص کند. همچنین تفاوت‌های احتمالی در زمان تخم‌ریزی ممکن است گونه‌های مخفی را آشکار کند. روش ریخت‌سنجی هندسی سه‌بعدی برای کشف تفاوت‌های پنهان‌تر در ویژگی‌های ظاهری نیز می توانند کمک کننده باشد.

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر بر گونه *Anodontostoma chacunda* در سواحل جنوبی ایران، نشان‌دهنده تفاوت‌های ریختی معنادار بین جمعیت‌های این گونه در دو بازه زمانی خرداد و تیر است. این تفاوت‌ها، که بر لندمارک‌های دمی و ناحیه سر و باله پشتی متمرکز بودند، احتمالاً بازتاب ترکیب پیچیده‌ای از عوامل ژنتیکی،

ریختی در جمعیت‌ها

فعالیت‌های انسانی به‌ویژه در مناطق ساحلی و دریایی، یکی از عوامل مهم تغییر در ساختار جمعیتی و فنوتیپی گونه‌هاست. این فعالیت‌ها می‌توانند فشارهای انتخابی قوی ایجاد کنند که باعث بروز تغییرات ریختی یا حتی تغییرات ژنتیکی در جمعیت‌ها شوند. صید بیش از حد (Overfishing): باعث کاهش اندازه جمعیت‌ها و انتخاب طبیعی برای افرادی با اندازه یا ویژگی‌های خاص (مثلاً اندازه کوچک‌تر برای فرار از تورها) می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که صید هدفمند می‌تواند منجر به کاهش اندازه بدن و تغییرات ریختی شود (Heino et al., 2015; Jørgensen et al., 2007). آلودگی‌های شیمیایی و زیست‌محیطی و ورود آلاینده‌ها (نظیر فلزات سنگین، نفت، مواد مغذی) می‌تواند کیفیت آب و زیستگاه را تغییر داده و به بروز فشارهای استرس‌زا منجر شود. این فشارها ممکن است باعث انتخاب برای فرم‌های بدنی مقاوم‌تر یا تغییرات در اندام‌های مرتبط با تغذیه و تنفس شوند (Scott & Sloman, 2004) . تغییرات زیستگاه (مثلاً از بین رفتن مناطق تخم‌ریزی، تغییر کاربری سواحل) و کاهش یا تغییر دسترسی به زیستگاه‌های مناسب می‌تواند باعث تغییرات فنوتیپی شود، به‌ویژه اگر فقط بخش خاصی از جمعیت بتواند با شرایط جدید سازگار شود. این موضوع به‌ویژه در ماهیان ساحلی و صخره‌ای گزارش شده است (Hutchings & Fraser, 2008).

وجود احتمالی گونه‌های مخفی در *Anodontostoma chacunda*

شواهد مطالعه حاضر و داده‌های مشابه نشان می‌دهد که تفاوت‌های ریختی مشاهده‌شده در *A. chacunda* می‌تواند ناشی از انعطاف پذیری فنوتیپی، تفاوت‌های محیطی-فصلی یا فشارهای انتخابی انسانی باشد. اما وجود گونه‌های مخفی (cryptic species) یک فرض قوی است که با داده‌های ریختی به‌تنهایی نمی‌توان آن را رد یا اثبات کرد. انجام مطالعات ژنتیکی و اکولوژیک تکمیلی برای تأیید یا رد این فرض لازم است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که دو فرم ریختی متفاوت از *A. chacunda* در دو بازه زمانی (خرداد و تیر) مشاهده شده است، در حالی که تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌های مکانی مختلف وجود ندارد. تفاوت‌های مشاهده‌شده حتی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

بلکه احتمال وجود گونه‌های مخفی نیز باید مدنظر قرار گیرد. از این‌رو، یافته‌ها اطلاعات ارزشمندی برای طراحی راهکارهای مدیریتی هدفمند از جمله پایش‌های دوره‌ای، محدودیت‌های صید فصلی، و تعیین مناطق حفاظت‌شده ارائه می‌دهد تا پایداری این گونه باارزش در اکوسیستم‌های جنوبی ایران تضمین شود.

بوم‌شناسی تکاملی، فشارهای محیطی و انسانی، و انعطاف-پذیری فنوتیپی هستند. تغییرات دما، شوری، منابع غذایی و جریانات دریایی در فصول مختلف، همراه با تأثیرات انسانی مانند صید و آلودگی، می‌توانند فشارهای انتخابی متفاوتی بر جمعیت‌ها اعمال کنند. این مطالعه، با ارائه شواهد ریخت‌سنجی هندسی دقیق، نشان می‌دهد که گونه *A. chacunda* نه‌تنها به تغییرات محیطی حساس است،

REFERENCES

Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. 2016. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution'. Italian Journal of Zoology, 71(1), 5–16.

Allendorf, F.W., Luikart, G.H. and Aitken, S.N., 2012. *Conservation and the genetics of populations*. John Wiley & Sons. 624 pp.

Bickford, D., et al. 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. Trends in Ecology & Evolution, 22(3), 148–155.

Dong, Q., & Tu, C. 2021. Phenotypic plasticity and population structure in marine fishes. Marine Biology Research, 17(3), 230–242.

Doostdar, M., Saifali, M., Kimaram, F., Jamili, Sh., & Bani, A. 2018. Stock identification (Acanthopagrus arabicus) in Persian Gulf and Oman Sea by using geometric morphometric. Journal of Marin Biology. 26(3), 15–25.

Fruciano, C. 2016. Measurement error in geometric morphometrics. Development Genes and Evolution, 226(3), 139–158.

Ghojoghi F, Eagderi S, Nasri M. 2018. Body shape comparison of Kutum fish Rutilus kutum (Kamensky, 1901) from southern Caspian Sea using Geometric Morphometric methods. Journal of Aquaculture deve;opment. 12 (1) :63-73

Hanif, M. A., Rahman, M. A., Hossain, M. A., & Islam, M. S. 2019. Morphometric variations among populations of Anodontostoma chacunda in Bangladesh. Journal of Applied Ichthyology, 35(2), 230–237.

Hasan, M. R., Hossain, M. Y., & Haque, A. B. M. 2024. Biology and ecology of tropical clupeid fish: An overview. Tropical Marine Science, 12(1), 14–27.

Heino, M., Díaz Pauli, B., & Dieckmann, U. 2015. Fisheries-induced evolution. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 461-480.

Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 270(1512), 313–321.

Hutchings, J.A. and Fraser, D.J., 2008. The nature of fisheries-and farming-induced evolution. Molecular ecology, 17(1), pp.294-313.

Jørgensen, C., Enberg, K., Dunlop, E.S., Arlinghaus, R., Boukal, D.S., Brander, K., Ernande, B., Gårdmark, A.G., Johnston, F., Matsumura, S. and Pardoe, H., 2007. Ecology: managing evolving fish stocks. Science, 318(5854), pp.1247-1248.

Klingenberg, C. P. 2016. Size, shape, and form: Concepts of allometry in geometric morphometrics. Development Genes and Evolution, 226(3), 113–137.

Mitteroecker, P., & Schaefer, K. 2022. Advances in geometric morphometrics. Annual Review of Anthropology, 51, 287–304.

Naderloo, R., Shahdadi, A., Rahimian, H., Ghodrati Shojai, M., & Nasrollahi, A.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

2024. *Atlas of Sensitive Marine Ecosystems of Iran (Persian Gulf and Gulf of Oman)*. Tehran: University of Tehran Press.

Rohlf, F. J. 2006. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.

Scott, G. R., & Sloman, K. A. 2004. The effects of environmental pollutants on complex fish behaviour: integrating behavioural and physiological indicators of toxicity. *Aquatic Toxicology*, 68(4), 369-392.

Sharifinia M, Mousavi-Sabet H, Alavi-Yeganeh M, Ghanbarifardi M. 2020. Comparison study of morphological variations among populations of Blennies, *Omobranchus* genus, in the Iranian Coasts of the Persian Gulf and the Gulf of Oman using Geometric Morphometrics Method. Journal of Applied Ichthyological Research. 8 (5) :1-10

Sheppard, C., Price, A., & Roberts, C. 1992. Marine ecology of the Arabian region: patterns and processes in extreme tropical environments. Academic Press

Slice, D. E. 2007. Geometric morphometrics. Annual Review of Anthropology, 36, 261–281.

Turan, C., Yalcin, S., Turan, F., Okur, E., & Akyurt, I. 2004. Morphometric comparisons of African catfish, Clarias gariepinus, populations in Turkey. Folia Zoologica, 53(3), 301–310.

Zahid, M. A., Hossain, M. Y., & Islam, M. R. 2022. Fish biodiversity and conservation in the Bay of Bengal: A review. Ocean & Coastal Management, 217, 105967.

Zelditch, M.L., Swiderski, D.L. and Sheets, H.D. (Eds.) 2004. Geometric Morphometrics of Biologists: A Primer. 2nd Edition, Elsevier Academic Press, San Diego, 443.

نحوه استناد به مقاله:

سرلکی هندوکش ز.، عبدلی ل.، گلزاریان پور ک. دو فرم، یک گونه: بررسی تمایزات ریختی *Anodontostoma chacunda* (Clupeiformes; Clupeidae) در سواحل جنوبی ایران (آبهای هرمزگان). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی. دانشگاه گنبد کاووس. ۱۴۰۴ . ۱۳ (۲): ۳۹-۲۷

Sarlaki Hendookosh Z., Abdoli L., Golzarianpour K. Two Forms, One Species: An Analysis of Morphological Differentiation in *Anodontostoma chacunda* (Clupeiformes; Clupeidae) from the Coastal Waters of Hormozgan, Persian Gulf. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2025, 13(2): 27-39.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]

Journal of Applied Ichthyological Research
Vol. 13, No 2, 27-39
ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
Ministry of Science Reseach and Technolo
Gonbad-Kavoos University

Two Forms, One Species: An Analysis of Morphological Differentiation in *Anodontostoma chacunda* (Clupeiformes; Clupeidae) from the Coastal Waters of Hormozgan, Persian Gulf

Zahra Sarlaki Hendookosh[1], Leila Abdoli[1], Kiavash Golzarianpour*[2]

[1.] Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
[2.] Department of Biology, Faculty of Science and Engineering, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran

Type:
Original Research Paper

Paper History:
Received: 28-05-2025
Accepted: 06-06-2025

Corresponding author:
Golzarianpour K. Department of Biology, Faculty of Science and Engineering, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran.

Email:
golzarianpour@gonbad.ac.ir

Abstract
The study of population structure in aquatic species using a geometric morphometric approach has gained increasing importance for understanding phenotypic patterns and providing sustainable management strategies. In this study, the population structure of Chacunda gizzard shad (*Anodontostoma chacunda*) was examined across four coastal stations in Hormozgan Province (Bandar Abbas, Qeshm, Bandar Khamir, and Jask) using geometric morphometric methods. A total of 240 specimens were collected during June and July 2024, and 10 anatomical landmarks were marked on the left lateral side of each fish using TpsDig2 software. Data analysis employing Procrustes analysis, principal component analysis (PCA), and discriminant function analysis (DFA) revealed significant differences between temporal and spatial sampling stations. The results indicated a marked morphological separation between populations across the two sampling months, with phenotypic variation patterns in June primarily focused on caudal landmarks and in July on head and dorsal fin landmarks. These findings suggest that *A. chacunda*'s body structure is highly sensitive to environmental and seasonal changes and may reflect phenotypic adaptations related to the species' migratory and feeding behaviors or pressures from human activities. Considering the ecological and economic significance of this species in southern Iran's ecosystems, the results of this study provide valuable baseline information for stock management and the designation of conservation units.

Keywords: Geometric morphometrics, Procrustes analysis, Chacunda gizzard shad, phenotypic plasticity, fisheries resource management

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.22034/jair.13.2.31]