نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

مطالعه مقایسه‌ای خصوصیات ریختی جمعیت‌های مختلف گاوماهی سرگنده *Ponticola gorlap* در حوضه آبریز جنوبی دریای خزر با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی هندسی و سیستم شبکه‌ای تراس

نجمه طبسی‌نژاد[1]*، سید حامد موسوی ثابت[2]، سهیل ایگدری[3]، آذین احمدی[1]، رضا فرضی[1]

[1]دانشجوی دکتری، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

[2]دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

[3]دانشیار، گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل
DOI: 10.22034/jair.8.5.2

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۰/۰۹/۲۴
پذیرش: ۰۰/۱۱/۱۰

نویسنده مسئول مکاتبه:
نجمه طبسی‌نژاد، دانشجوی دکتری، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

ایمیل: tabasinezhad@yahoo.com

چکیده

مطالعه صفات ریختی محققین را قادر می‌سازد تا در زمینه‌های مختلف ازجمله زیست‌شناسی، بوم‌شناسی و تاریخچه جغرافیای زیستی ماهیان اطلاعات ارزشمندی را به‌دست آورند. مطالعه حاضر باهدف بررسی خصوصیات ریختی جمعیت‌های مختلف گاوماهی سرگنده *P. gorlap* در ۶ زیستگاه مختلف شامل تنکابن، سیاهرود، خیرود، بابلرود، گیسوم و سفیدرود براساس یک سیستم ریختی ۱۷ لندمارک بر روی ۱۵۵ نمونه انجام پذیرفت. پس از تهیه تصاویر دوبعدی از نیم‌رخ چپ نمونه‌ها، جهت مطالعه اختلاف ریختی بین گروه‌های موردبررسی، داده‌های ریختی پس از حذف اثر اندازه، با استفاده از آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) و آنالیز تابع متمایز کننده (DFA) مورد تحلیل قرار گرفتند. در نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه (AVOVA) از ۱۳۶ ویژگی موردبررسی در بین نمونه‌ها، ۱۲۵ صفت دارای تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بودند. آنالیز فاکتورهای اصلی برای داده‌های ریختی نشان داد که ۱۵ فاکتور اول از میان ۱۲۵ فاکتور ایجاد شده بین ۶ گروه موردبررسی، دارای مقادیر ویژه بیشتری نسبت به فاکتورهای دیگر بودند. نتایج DFA نشان داد که جمعیت ماهیان ۶ ایستگاه از یکدیگر متمایز هستند، به‌طوری‌که میزان تخصیص هر گروه موردبررسی به گروه اصلی خود ۸۰/۸ درصد بود. آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و متغیرهای کانونی نیز اختلاف معنی‌دار میان جمعیت‌ها را تأئید کرد. نتایج حاصل از آزمون کلاستر به روش UPGMA نیز جدایی کامل جمعیت‌ها را به لحاظ ریخت‌سنجی از یکدیگر نشان داد.

واژه‌های کلیدی:
ریخت‌سنجی هندسی، سیستم شبکه تراس، تفاوت‌سنجی، *Ponticola gorlap*

۱ | مقدمه

اهمیت تفاوت‌سنجی‌های ریخت‌شناختی یک گونه یا جمعیت‌ها در اکوسیستم‌های مختلف، و بررسی ساختار جمعیتی آن‌ها به ما کمک می‌کند تا بتوانیم در خصوص شرایط حاکم بر محیط‌زیست یک گونه بیشتر بحث کنیم. در حقیقت با بررسی جمعیت‌های مختلف یک گونه بر اساس خصوصیات ریختی می‌توان تهدیدها و فرصت‌های آن اکوسیستم را مورد ارزیابی قرار داده و از نتایج حاصل جهت مدیریت زیستی و حفاظتی و بهره‌برداری استفاده کرد. ازآنجایی‌که شرایط محیطی خصوصیات ریختی موجودات را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد در نتیجه لازم به‌نظر می‌رسد که جمعیت‌های مختلف یک گونه در اکوسیستم‌های مختلف از لحاظ ریختی مورد ارزیابی قرار گرفته تا با توجه به این موضوع بتوان شرایط محیطی آن گونه را بیشتر مورد بحث و بررسی قرار داد. ایران در منطقه‌ای واقع گردیده که ازنظر جغرافیای جانوری بسیار حائز اهمیت است (Mansouri Chorehi *et al.*, 2014). مطالعات انجام شده در خصوص جوامع ماهیان رودخانه‌ها نشان می‌دهد که فاکتورهای غیرزیستی از قبیل دما، سرعت جریان آب و نوع بستر رودخانه در پراکنش و فراوانی گونه‌های ماهیان مختلف مؤثر بوده که بر غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای در قسمت‌های مختلف مؤثر است (Abdoli, 1994). برای شناسایی جمعیت‌های مختلف از یک گونه روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از آن‌ها بررسی صفات ریخت‌شناسی و شمارشی می‌باشد. استفاده از شاخص‌های ریخت‌سنجی کاربرد وسیعی در بررسی جمعیت‌های مختلف ماهیان، سیستماتیک و جداسازی گونه‌های ماهیان از یکدیگر دارد (Bakhoum, 1994). در واقع می‌توان گفت که ویژگی‌های ریخت‌سنجی می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر در خصوص شناسایی، تفکیک یا همپوشانی جمعیت‌های مختلف مورد استفاده گیرد (Turan, 1999). سیستم شبکه تراس روشی است که برای اندازه‌گیری‌های ریختی در جهت تفاوت‌سنجی میان گونه‌ها و

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]

جمعیت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، که نسبت به روش سنتی این مزیت را داراست که فاصله‌های بیشتری در این روش مورد ارزیابی قرار گرفته و دقت بررسی اختلافات ریختی را بین گونه‌ها یا جوامع افزایش می‌دهد (Mousavi-Sabet and Anvarifar, 2013). تغییر در شکل بدن کامل کننده پاسخ‌های گوناگون نسبت به تغییرات محیطی می‌باشد. این تغییرات تا اندازه‌ای تحت کنترل ژنتیک (Leinonen *et al.*, 2011)، اما غالباً به‌وسیله متغیرهای محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Walker, 2010). ریخت‌سنجی هندسی روشی شکل محور است که به‌طور گسترده برای مقایسه و تعیین اختلافات ساختارهای موجودات زنده به کار برده می‌شود (Sansom,2009). این روش که مطالعه سایز و شکل را فراهم می‌کند، ابزارهای گرافیکی و تحلیلی قدرتمندی برای تجسم و تعریف اختلافات ریختی درون و بین موجودات را به ما ارائه می‌کند (Slice, 2007). ریخت‌سنجی هندسی در بسیاری از مطالعات در خصوص زیست‌شناسی جمعیت ماهی‌ها مانند شناسایی و تفکیک ذخایر و جمعیت‌های مختلف استفاده شده است (Cadrin and Friedland, 1999). در این روش داده‌ها از مختصات نقاط لندمارک (Adams *et al*, 2004) که نقاط ریختی خاصی در نمونه‌های موجودات زنده موردبررسی هستند به دست می‌آیند.

محدثی و همکاران (Mohaddasi *et al.*, 2013) در یک تحقیق جمعیت‌های ماهی شاه‌کولی (*Alburnus chalcoides*) در چهار منطقه لیسار، شیرود، بابلرود و انزلی را با استفاده از روش شبکه تراس با یکدیگر مقایسه کردند. که نتایج حاصل اختلافات و تشابهات میان این گروها را در برخی خصوصیات ریختی ماهیان تعیین کرد. همچنین پاک‌نژاد و همکاران، (Paknejad *et al.*, 2014)، خصوصیات ریختی شگ‌ماهی *Alosa braschnikowii* را در حوزه دریای خزر با استفاده از سیستم شبکه تراس موردبررسی قرار دادند، که نتایج آنالیزهای DFA و PCA بیانگر جدایی شش جمعیت مورد مطالعه بود.

در آب‌های داخلی ایران ۲۹۷ گونه در ۱۰۹ جنس و ۳۰ خانواده و ۲۴ راسته و ۳ کلاس گزارش‌شده است که خانواده Gobiidae با ۱۵ جنس و ۴۲ گونه پس از کپورماهیان و لوچ‌ماهیان ازجمله متنوع‌ترین ماهیان به شمار می‌روند (Esmaeili *et al.*, 2018). گاوماهیان خانواده بزرگی از ماهیان استخوانی می‌باشند که در راسته گاوماهی‌شکلان طبقه‌بندی می‌شوند (Esmaeili *et al.*, 2018)، که بیشتر در آب‌های مناطق معتدل و گرمسیری اقیانوس‌ها و اساساً نزدیک سواحل دریاها و بسیاری از مصب‌ها و آب‌های شیرین زندگی می‌کنند (Pourgholam *et al.*, 2011). مناطق مهم پراکنش آن‌ها دریای خزر، سیاه، مدیترانه، دریاچه اورال و رودخانه‌های حوضه آبریز آن‌ها می‌باشد (Azizova, 1965). خانواده گاوماهیان از تنوع بالایی در حوضه دریای خزر برخوردار هستند (Mohamadi-darestani *et al.*, 2015)، جنس *ponticola* Ilgin, 1927 شامل ۱۴ گونه در دریای سیاه و خزر می‌باشد (Freyhof, 2011; Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2015). اعضای این جنس قبلاً در جنس *Neogobius* Ilgin, 1927 قرار داشتند (Esmaeili *et al.*, 2018). این جنس دارای ۶ گونه در آب‌های ایران شامل، *P. cyrius* (Kessler, 1874), *P. goebelii* (Kessler, 1874) *Ponticola bathybius* (Kessler, 1877) *P. gorlap* (Ilgin, 1949), *P. iranicus* (Vasileva, Mousavi-Sabet and Vasilev, 2015) and *P. syrman* (Nordmann, 1840), (Esmaeili *et al*, 2018). *P. gorlap* در جویبارهای کم‌عمق (۳ متر یا کمتر) با شیب زیاد و جریان تند در ایران ساکن است (Ahnelt and Holčik, 1996).

تحقیق حاضر جهت بررسی اختلافات و تشابهات موجود میان جمعیت‌های مختلف گاوماهی سرگنده خزر *P. gorlap* با استفاده از روش‌های سیستم تراس و ریخت‌سنجی هندسی انجام پذیرفت.

۲ | مواد و روش‌ها

تعداد ۱۵۵ نمونه گاوماهی از ۶ ایستگاه حوضه آبریز دریای خزر شامل سفیدرود (۳۷,985′E .049º37 .153′N ,01º ۳۰ نمونه)، تنکابن (۳۶,021′E .049º35 .756′N;50º ۱۸ نمونه)، بابلرود (۳۶,۴۶′۲۴°۳۶. ۳۱″ N , 52°42′18. 81″ E۶۴ نمونه)، خیرود (۳۶°۷۶′۶۱. ۹۵ ″ N , ۷۵ ″ E 52°54′70. 62، ۲۵ نمونه)، سیاهرود (۳۶,۳۶′۳۰°۳۶. ۷۵ ″ N, ۳۷ ″ E 52°53′50. 75 نمونه) و گیسوم (۳۷,03º .049º;512′N 40º ۱۳ نمونه) به‌وسیله الکتروشوکر جمع‌آوری گردید (شکل ۱). نمونه‌ها پس از جمع‌آوری جهت انجام آنالیزهای ریخت‌سنجی بلافاصله در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و برای انجام مطالعات بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه ماهیان هر ایستگاه شماره‌گذاری و نمونه‌ها در ظروف دربدار نگهداری شده تا از خشک شدن آن‌ها جلوگیری شود (Coad, 1997).

نقاط لندمارک که نقاط ویژه‌ای برای استخراج یک مدل مناسب از شکل بدن ماهی است (جدول ۱)، برای نمایش شکل خارجی بدن مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۱). ماهی‌ها ابتدا بر روی یک یونولیت قرار داده شده و باله‌های پشتی و مخرجی با یک سنجاق به‌صورت عمودی ثابت شدند (Mousavi-sabet and Anvarifar, 2013)، سپس از نمای چپ بدن ماهی‌ها با استفاده از یک دوربین دیجیتال (Canon Power Shot SX 30 IS) عکس گرفته شد. تصاویر هر ایستگاه با استفاده از نرم‌افزار tpsUtil-1.44 مرتب شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار tpsDig-2.32 لندمارک گذاری روی بدن ماهی انجام پذیرفت. روی‌هم گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها به‌منظور حذف تغییرات غیرشکلی (شامل مقیاس، جهت و موقعیت) با استفاده از تحلیل پروکراست Generalised Procrustes Analysis, (Rohlf, 2001) در نرم‌افزارهای PAST و MorphoJ انجام شد. از مجموع ۱۳۶ فاصله بین ۱۷ لندمارک ۱۲۵ فاصله به‌طور معنی‌دار در ایجاد اختلاف میان جمعیت‌ها نقش داشتند که با استفاده از آنالیز ANOVA یک‌طرفه استخراج شدند (Tajbakhsh *et al*, 2018).

تجزیه‌وتحلیل‌های آماری: داده‌های حاصل‌از شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده از آنالیزهای تابع متمایز کننده (DFA)، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) مورد آنالیز قرار گرفتند. همچنین جهت بررسی الگوهای تفکیک ریختی از آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) استفاده گردید (Neff & Marcus, 1980) و سپس با استفاده از آنالیز کلاستر (Veasey *et al*, 2001) فواصل مورفومتریک بین هر یک از ۷

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]

گروه، موردبررسی قرار گرفت و دندروگرام مربوطه برای صفات ریخت‌شناسی به روش UPGMA ترسیم گردید. آنالیزهای آماری ذکر شده برای داده‌های مورفومتریک با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS-23، PAST-2.17، MorphoJ-1.02j و Excel-2010 انجام پذیرفت.



شکل ۱- نقاط نشانه به‌کار برده شده در نیم‌رخ چپ ماهی *P. gorlap* جهت انجام آنالیزهای ذکر شده در این مطالعه

جدول ۱ - محل قرارگیری نقاط نشانه در سمت چپ ماهی *P. gorlap* نمونه‌برداری شده از مناطق موردبررسی

شماره نقطه نشانه	محل قرارگیری نقاط نشانه
۱	نوک پوزه
۲	مرکز چشم
۳	ابتدای اولین باله پشتی
۴	انتهای اولین باله پشتی
۵	ابتدای دومین باله پشتی
۶	انتهای دومین باله پشتی
۷	ابتدای بالایی باله دمی
۸	انتهای باله دمی
۹	ابتدای پایینی باله دمی
۱۰	انتهای باله لگنی
۱۱	ابتدای باله لگنی
۱۲	ابتدای باله شکمی
۱۳	ابتدای چین‌خوردگی پایین سرپوش آبششی
۱۴	انتهای دهان
۱۵	ابتدای چین‌خوردگی بالای سرپوش آبششی
۱۶	انتهای سرپوش آبششی
۱۷	انتهای ساقه دمی

۳ | نتایج

باتوجه به آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از میان ۱۲۵ فاکتور ایجاد شده ۱۵ فاکتور اول که مقادیر ویژه (Eigenvalue) بیشتری (بزرگ‌تر از یک) داشتند انتخاب شدند. اولین فاکتور استخراجی ۱۲/۸۶ درصد واریانس و دومین فاکتور استخراجی ۱۰/۲۹ درصد واریانس را به‌خود اختصاص داد (جدول ۲). نتایج آزمون واریانس یک‌طرفه نشان داد که از ۱۳۶ صفت گونه‌های مورد مطالعه ۱۲۵ صفت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($p<0/05$) بنابراین این صفات برای انجام آنالیزهای PCA, CVA, DFA و آنالیز کلاستر (ترسیم دندروگرام) استفاده شدند. نتایج حاصل از آنالیز تابع متمایز کننده (DFA) نشان داد که جمعیت‌های موردبررسی در این مطالعه کاملاً از یکدیگر متمایز می‌باشند ($p<0/05$) (شکل ۲) به این صورت‌که افراد هر جمعیت به‌طور میانگین با صحت ۸۰/۸ درصد به جمعیت‌های خود منتسب شدند (جدول ۳).

جدول ۲- مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی صفات ریخت‌سنجی حاصل از آنالیز فاکتورهای اصلی ۶ جمعیت گاوماهی سرگنده خزر

فاکتور	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۰۷/۱۶	۸۶/۱۲	۸۶/۱۲
۲	۸۷/۱۲	۲۹/۱۰	۱۵/۲۳
۳	۳۲/۱۱	۰۵/۹	۲/۳۲
۴	۰۷/۹	۲۵/۷	۴۵/۳۹
۵	۶۲/۷	۱۰/۶	۵۵/۴۵
۶	۹۷/۶	۵۷/۵	۱۲/۵۱
۷	۰۰/۶	۸۰/۴	۶۲/۵۵
۸	۲۲/۵	۱۷/۴	۷۹/۵۹
۹	۹۲/۳	۱۴/۳	۹۳/۶۲
۱۰	۹۶/۲	۳۷/۲	۳/۶۵
۱۱	۰۰/۲	۶۰/۱	۹/۶۶
۱۲	۸۶/۱	۴۸/۱	۳۸/۶۸
۱۳	۷۲/۱	۳۸/۱	۷۶/۶۹
۱۴	۵۵/۱	۲۴/۱	۹۸/۷۰
۱۵	۳۱/۱	۰۴/۱	۰۲/۷۲

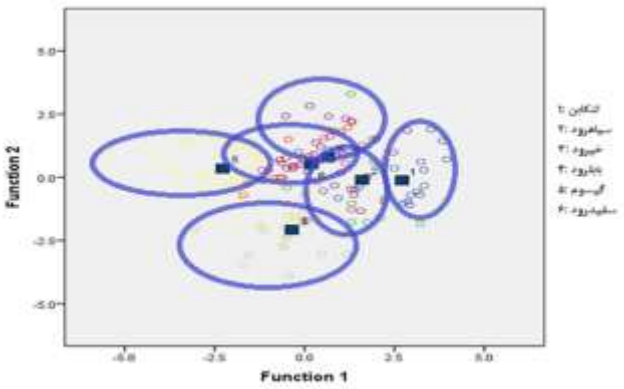
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]

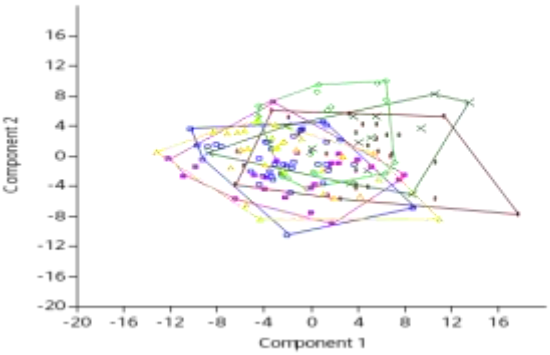
جدول ۳- گروه‌بندی افراد بر اساس نتایج آزمون تابع متمایز کننده (DFA) خصوصیات ریختی گاوماهی سرگنده در ۶ ایستگاه حوضه خزر

منطقه	تنکابن	سیاهرود	خیرود	بابلرود	گیسوم	سفیدرود	کل
اصلی							
تنکابن	۱۵	۰	۰	۰	۰	۲	۱۷
سیاهرود	۳	۶	۰	۳	۰	۱	۱۳
خیرود	۰	۱	۲۱	۰	۰	۲	۲۴
بابلرود	۱	۲	۰	۲۴	۰	۴	۳۱
گیسوم	۰	۰	۲	۰	۳۴	۱	۳۷
سفیدرود	۲	۰	۱	۲	۲	۲۲	۲۹
درصد							
تنکابن	۲/۸۸	۰	۰	۰	۰	۸/۱۱	۱۰۰
سیاهرود	۱/۲۳	۲/۴۶	۰	۱/۲۳	۰	۷/۷	۱۰۰
خیرود	۰	۲/۴	۵/۸۷	۰	۰	۳/۸	۱۰۰
بابلرود	۲/۳	۵/۶	۰	۴/۷۷	۰	۹/۱۲	۱۰۰
گیسوم	۰	۰	۴/۵	۰	۹/۹۱	۷/۲	۱۰۰
سفیدرود	۹/۶	۰	۴/۳	۹/۶	۹/۶	۹/۷۵	۱۰۰

مطابق با نتیجه حاصل از ترسیم مؤلفه اول به دوم در آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نمونه‌های گاوماهیان با درجات مختلفی از همپوشانی از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۳). آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) اختلاف معنی‌دار میان جمعیت‌ها را مورد تائید قرار داد (Wilks' lambda=2.10, p=2.9). اسکورهای CVA1 و CVA2 برای جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد که جمعیت‌ها به‌طور مجزا از یکدیگر گروه‌بندی شده‌اند (شکل ۴). باتوجه به اینکه جمعیت ماهیان ایستگاه تنکابن نسبت به سایر جمعیت‌ها جدایی بیشتری را نشان داد. آزمون لامبدای ویلکس نشان داد که گونه‌های مورد مطالعه بر اساس صفات ریختی اصلاح شده با سیستم شبکه‌ای تراس در این آنالیز با یکدیگر در سطح بسیار معنی‌دار تفاوت دارند ($p<0/05$)، (جدول ۴). دندروگرام حاصل از آنالیز کلاستر نیز جدایی کامل جمعیت‌های ماهیان ۶ ایستگاه مورد مطالعه در حوضه خزر را به‌لحاظ خصوصی‌ات ریخت‌سنجی از یکدیگر نشان داد، (شکل ۵).

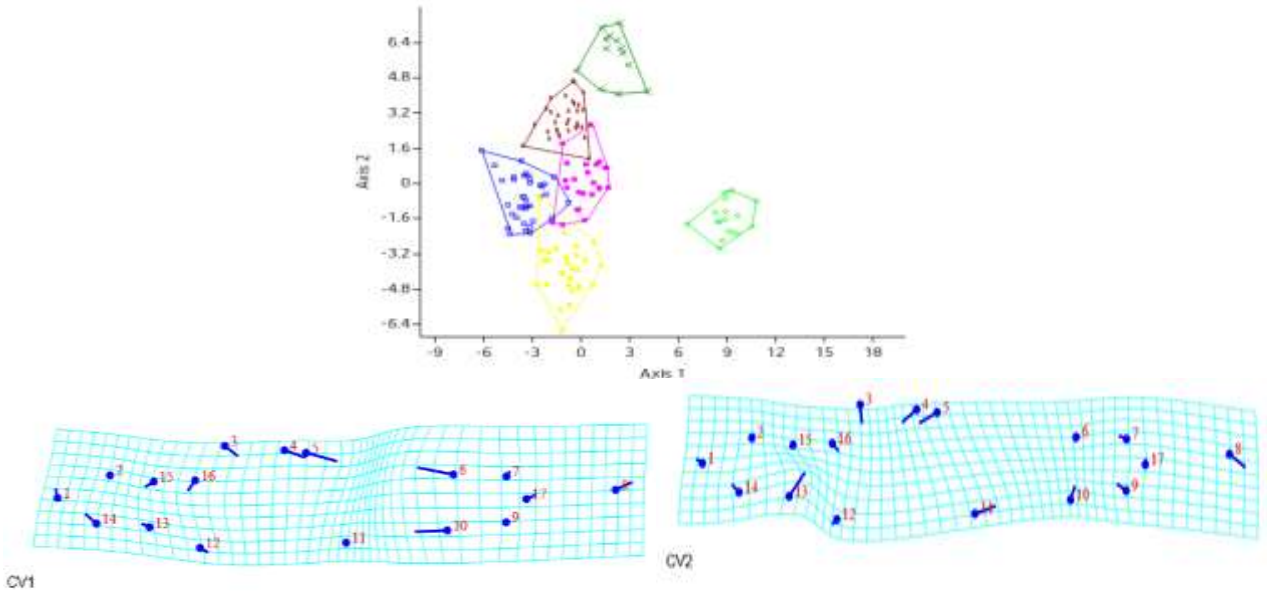


شکل ۲ - نمودار جداسازی جمعیت‌ها بر پایه آنالیز تابع متمایز کننده (DFA) صفات ریختی ماهیان نمونه‌برداری شده از ۶ اکوسیستم در حوضه خزر (تنکابن:۱، سیاهرود:۲، خیرود:۳، بابلرود:۴، گیسوم:۵، سفیدرود:۶)

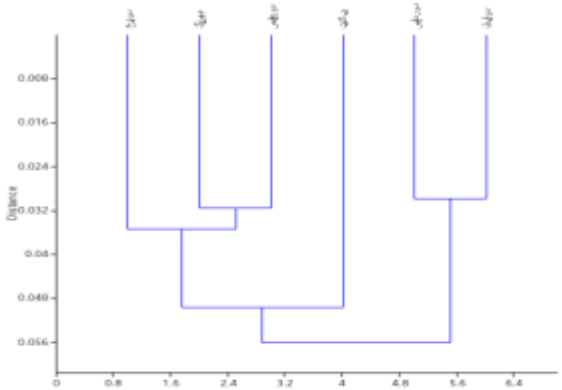


شکل ۳- پراکنش افراد بر اساس عوامل استخراجی اول و دوم (PCA) صفات ریختی ماهی *P. gorlap* در ۶ ایستگاه حوضه خزر (تنکابن: سبز روشن، سیاهرود: سبز تیره، خیرود: صورتی، بابلرود: قرمز، گیسوم: آبی و سفیدرود: زرد)

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]



شکل ۴- نتایج آنالیز متغیرهای کانونی (CVA) برای ۶ ایستگاه موردبررسی در حوضه خزر (تنکابن: سبز روشن، سیاهرود: سبز تیره، خیرود: صورتی، بابلرود: قرمز، گیسوم: آبی و سفیدرود: زرد)



شکل ۵- دندروگرام حاصل از آزمون کلاستر ماهی *P. gorlap* نمونه‌برداری شده از ۶ ایستگاه در حوضه خزر

جدول ۴- نتایج آزمون لامبدای ویلکس حاصل از آنالیز DF

آزمون معنی‌داری تابع	لامبدای ویلکس	کای اسکوار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
۱	۰۶۳/۰	۰۴۹/۳۹۵	۴۵	۰۰۰/۰
۲	۲۲۱/۰	۲۵۱/۲۱۵	۳۲	۰۰۰/۰
۳	۴۲۹/۰	۷۰۴/۱۲۰	۲۱	۰۰۰/
۴	۶۸۴/۰	۱۷۲/۵۴	۱۲	۰۰۰/
۵	۹۲۱/۰	۶۷۸/۱۱	۵	۰۳۹/۰

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

با استفاده از شکل بدن ماهی می‌توان به یک ارزیابی کلی از نحوه زندگی آن پرداخت. به‌طور مثال ماهیانی که در آب‌هایی با جریان تند و سریع زندگی می‌کنند بدن آن‌ها دوکی‌شکل است درحالی‌که ماهیانی که در آب‌های ساکن و آرام زندگی می‌کنند بدن می‌تواند از بالا به پایین یا از دو طرف فشرده باشد. مطالعه ویژگی‌های ریختی، اعم از ریخت‌سنجی اندازشی و شمارشی و با هدف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی از پیشینه‌ای طولانی در دانش زیست‌شناسی ماهی برخوردار است (Tudela, 1999). پژوهش‌های اخیر مشخص کرده است که اختلافات ریخت‌شناسی بین گروه‌های مختلف ماهیان الزاماً آن‌ها را از لحاظ ژنتیکی جدا نمی‌کند، در عوض در پاره‌ای موارد تفاوت‌های ریخت‌شناسی صرفاً ناشی از محیط بوده و اختلافات ژنتیکی هیچ نقشی در آن ندارد (Swain and Foote, 1999). در مطالعه حاضر، با استفاده از آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تابع متمایز کننده و متغیرهای کانونی جمعیت‌ها به‌طور کامل از یکدیگر تفکیک شدند، که احتمالاً علت این امر می‌تواند به‌دلیل اختلاف شرایط زیستی ماهی‌ها در رودخانه‌های مذکور شامل نوع بستر، شیب، سرعت جریان و برخی عوامل فیزیکوشیمیایی دیگر باشد. در مطالعه‌ای که توسط سیمونویچ و همکاران (Simonovic *et al*, 2001) انجام شد، نتایج حاصل از مقایسه

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]

خصوصیات ریختی بین دو جمعیت گاوماهی (*N. melanostomus*) در آب‌های شیرین و حوضه دریای سیاه نشان داد که این دو جمعیت بر اساس آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) از یکدیگر قابل تفکیک می‌باشند. همچنین تاج‌بخش و همکاران (Tajbakhsh *et al*., 2018) به مطالعه ریخت‌شناسی مقایسه‌ای گاوماهی عمق‌زی *P. bathybius* در سواحل جنوبی دریای‌خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی پرداختند. نتایج آنالیزهای انجام شده (PCA, CVA, CA و DFA) بر روی صفات ریخت‌شناسی نشان داد که افراد سه نمونه جمعیتی بر اساس وجود اختلاف معنی‌دار در شکل آن‌ها از هم مجزا می‌باشند.

ریخت‌شناسی معمولاً در پاسخ به شرایط زیستگاهی قابل تغییر بوده و اطلاعات مفیدی را در بررسی زیست‌شناختی گونه‌ها فراهم می‌نماید. در اکثر موارد تغییرات ریخت‌شناسی به‌عنوان ریخت‌شناسی جمعیتی در نظر گرفته می‌شود زیرا نمونه‌هایی که در شرایط مختلف محیطی و تنوع ژنتیکی رشد و نمو دارند، انتظار می‌رود که فنوتیپ‌های متنوعی در سطح جمعیت از خود بروز دهند (Karakousis *et al*, 1991)، بر این اساس می‌توان اظهار کرد وجود تفاوت ریختی میان گاوماهیان ۶ ایستگاه موردبررسی در این مطالعه از روند فوق پیروی کرده است.

تغییرات صفات ریخت‌سنجی تغییرات شرایط اکولوژیک آن‌ها را تائید نموده و موجب تشکیل برخی جمعیت‌های اکولوژیک در مناطق مختلف یک ناحیه می‌گردد (Kazanchov, 1981). برای مثال تغییرات در فاکتورهایی نظیر دما، شوری، دسترسی به مواد غذایی، الگوهای شنا، نور و گازهای محلول می‌تواند باعث تمایز ریختی در موجودات شود. بنابراین صفات ریخت‌شناسی می‌تواند انعطاف‌پذیری بالایی در پاسخ به چنین فاکتورهایی داشته باشد (Santos and Quilang, 2012). با توجه به مطالب ذکر شده، در مطالعه حاضر علت تفاوت در شکل نمونه‌ها را احتمالاً می‌توان به وجود اختلافات در شرایط محیطی حاکم بر مکان زندگی آن‌ها ربط داد. از سوی دیگر فاصله جغرافیایی می‌تواند به‌عنوان عاملی مهم در جدایی جمعیت‌ها عنوان شود. که بر این اساس رودخانه‌های مختلف در یک حوضه شرایط متفاوتی دارند درنتیجه می‌تواند عادت‌های تغذیه‌ای و نوع ماده غذایی، الگوهای رشد و استراتژی‌های تولیدمثلی هر گونه ماهی را تغییر دهد (AnvariFar *et al*., 2011). اهمیت یک چنین فاکتورهایی بر ایجاد اختلافات ریختی در ماهیان به‌خوبی شناخته شده است (Akbarzadeh *et al*., 2009) همچنین تأثیر پارامترهای محیطی بر خصوصیات ریختی در حین تفکیک جمعیت ماهی‌ها قبلاً توسط چندین نویسنده مطرح شده است (Swain and Foote, 1999; Cardin, 2000; Turan, 2000).

۶ ایستگاه نمونه‌برداری در این تحقیق در برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی با هم متفاوت‌اند که این اختلافات می‌توانند به‌ویژه در دوران تکوینی و رشد ماهی در شکل‌گیری صفات ریخت‌شناسی و شمارشی ماهیان هر ایستگاه مؤثر باشد.

شکل کلی بدن ماهی در پاسخ به پارامترهای محیطی جهت سازگاری‌های فنوتیپی به سرعت تغییر می‌کند (Collin and Fumagalli, 2011) به‌طوری‌که ماهی‌ها بسته به نوع محیط‌زیست خود اشکال متفاوتی به خود می‌گیرند. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، می‌توان اظهار کرد که جمعیت‌های مختلف گاوماهی سرگنده خزر به علت جدایی و وجود فاصله جغرافیایی اکوسیستم‌های موردبررسی و شرایط متفاوت حاکم بر هر اکوسیستم از لحاظ خصوصیات ریختی از یکدیگر مجزا شده‌اند.

ایگدری و همکاران (Eagderi *et al*., 2014)، به بررسی تنوع ریختی چهار جمعیت شاه‌کولی ارومیه (*Alburnus atropatenae*) در حوضه دریاچه ارومیه (رودخانه بانه، سقزچای، سیمینه‌رود و زرینه‌رود) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی پرداختند. نتایج حاصل از آنالیزهای PCA و CVA و آنالیز خوشه‌ای نشان داد تفاوت معنی‌داری از نظر شکل بدن بین جمعیت‌های مورد مطالعه وجود دارد.

در مطالعه‌ای دیگر حیدری و همکاران (Heidari *et al*., 2019)، با استفاده از سیستم تراس تفاوت‌های ریختی دو جمعیت گاوماهی دریاچه‌ای (*Rhinogobius similis*) در حوضه آبی هریرود موردبررسی قرار دادند. نتایج تحلیل تابع تشخیص (DF) مشخص نمود که گروه‌بندی ریختی افراد به میزان ۱۰۰٪ صورت گرفته است.

موسوی‌ثابت و انوری‌فر (Mousavi-Sabet and Anvarifar, 2013) در یک مطالعه براساس یک سیستم ریختی ۱۳ لندمارکه با استفاده از روش‌های سیستم شبکه تراس و ریخت‌سنجی هندسی، به مقایسه و بررسی دو گونه *Cobitis keyvani* و *C. faridpaki* و یک گونه ناشناخته *Cobitis* sp در ۳ اکوسیستم حوضه خزر پرداختند. در این پژوهش هر دو روش مذکور با استناد بر نتایج آنالیزهای PCA، CVA و DFA دو گونه موردبررسی را کاملاً از یکدیگر متمایز کردند، همچنین گونه ناشناخته به‌عنوان گونه *Cobitis faridpaki* با معرفی یک زیستگاه جدید برای این گونه بیان شد. فری‌هوف و همکاران (Freyhof *et al*., 2017) در مطالعه خود که در خصوص مقایسه ریخت‌شناسی دو جمعیت ماهی و معرفی یک گونه جدید از جنس *Aphanius* انجام شد، با استناد به نتایج حاصل اظهار کردند که علت جدایی دو جمعیت ماهی موردبررسی در این مطالعه ممکن است به علت وجود فاصله جغرافیایی میان دو جمعیت ماهی باشد، همان‌طور که سایر محققین جدایی جغرافیایی که سبب ایجاد شرایط محیطی مختلف برای ماهیان ساکن در اکوسیستم‌ها می‌شود را عامل اصلی جدایی برخی جمعیت‌ها از یکدیگر می‌دانند (Teimori *et al*., 2012; Yaripour *et al*., 2018). در حقیقت با بررسی جمعیت‌های مختلف یک گونه بر اساس خصوصیات ریختی می‌توان تهدیدها و فرصت‌های آن اکوسیستم را مورد ارزیابی قرار داده و از نتایج حاصل جهت مدیریت زیستی و حفاظتی و بهره‌برداری استفاده کرد. نتایج ارائه شده در این مطالعه تفکیک ریختی ماهیان ایستگاه‌های تنکابن، سیاهرود، خیرود، بابلرود، گیسوم و سفیدرود را اثبات می‌کند، که این تمایز با داده‌های حاضر در خصوص ویژگی‌های ریختی مورد تأئید قرار می‌گیرد، که به‌نظر می‌رسد این جدایی می‌تواند به‌علت جدایی جغرافیایی و وجود شرایط متفاوت ازجمله شرایط فیزیکو-شیمیایی و محیطی در زیستگاه این جمعیت‌ها باشد. عامل دیگری که احتمالاً می‌تواند در جدایی جمعیت‌ها نقش مهمی را ایفا کند سازگاری‌های فیزیولوژیک است که

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]

جمعیت‌های مختلف ماهی در محیط‌های متفاوت جهت بقا خود اتخـاذ می‌کنند.

پست الکترونیک نویسنده:

نجمه طبسی‌نژاد: tabasinezhad@yahoo.com

REFERENCES

Abdoli A. 1994. Ecology of fishes in Sardab Rud and Chalus rivers in Mazandaran province. M. Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University. Iran.

Adams D.C., Rohlf F.J., Slice D.E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the revolution. Italian Journal of Zoology, 71: 5-16.

Ahnelt H., Holcik J. 1996. - Distribution of two species of the genus *Neogobius* (Pisces: Gobiidae) in the catchment area of the southern Caspian Sea. Acta Universitatis Carolinae. Biologica, 40: 99-114.

Akbarzadeh A., Farahmand H., Shabani A.A., Karami M., Kaboli M., Abbasi K., Rafiee G.R. 2009: Morphological variation of the pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in the southern Caspian Sea, using a truss system. Journal of Applied Ichthyology; 25: 576-582.

AnvariFar H., Khyabani A., Farahmand H., Vatandoust S., AnvariFar H., Jahageerdar S. 2011. Detection of morphometric differentiation between isolated up- and downstream populations of siah mahi (*Capoeta capoeta gracilis*) (Pisces: Cyprinidae) in the Tajan River (Iran). Hydrobiologia; 673: 41–52.

Azizova N.A., 1965. Obzervations on the food of gobies in the Caspian Sea. Zh Biology; NO. 6120.

Bakhoum S.A. 1994. Comparative study on lengh-weight relationship and condition factor of the genus *Oreochromis* in polluted and nonpolluted parts of Lake Mariut, Egypt. Bulletin of the National Institute of Oceanography and Fisheries; 20 (1): 201- 210.

Beacham T.D., Murray, C.B. 1986. The effect of spawning time and incubation temperature on meristic variation in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Canadian Journal of zoology, 64:45-48.

Berg L.S. 1949. Ryby presnyh vod SSSR i sopredel′nyh stran. [Fishes of fresh waters of the USSR and adjacent countries] Part 3. Izdatel′stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva–Leningrad. [In Russian]

Cadrin S.X., Friedland K.D. 1999: The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. Fisheries Research, 43: 129-139.

Cadrin S.X. 2000: Advances in morphometric analysis of fish stock structure. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 10:91-112.

Coad B.W. 2015. The fresh water fishes of Iran. Received from personal, website. www.Briancoad.com.

Elliott N.G., Haskard K., Koslow J.A. 1995: Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atianticus*) of the continental slope of Southern Australia. Journal of Fisheries and Biology, 46: 202-220.

Esmaeili H.R., Mehraban H.R., Abbasi K., Keivany Y., Coad B. 2017. Review and updated checklist of freshwater fishes of Iran: Taxonomy, distribution and conservation status. Iranian Society of Ichthyology, 4 (1): 1-114.

Fattahpour F., Ebrahimi K., Bayat S. 2018. Determination of the Environmental Flow Requirements for the SefidRud River, IRAN. Iranian journal of Ecohydrology, 5 (3):753-762 (In Persian).

Freyhof J., Weissenba A., Geiger M. 2017. *Aphanius kruppi*, a new killifish from Oman with comments on the *A. dispar* species group (Cyprinodontiformes: Aphaniidae). Zootaxa, 4338 (3): 557-573.

Heidari A., Sattari M., mousavi-sabet H., Alavi-Yeganeh M.S. 2019. Morphological Comparison of two populations of Lake Goby *Rhinogobius similis* Gill, 1859 from Hariroud basin. Journal of Applied Ichthyological Research, 7 (1):143-154 (In Persian).

Jafari A. 1997. Rivers and tributaries of Iran; Tehran, Gitashenasi, 2nd Ed. (In Persian).

Jouladeh-Roudbar A., Vatandoust S., Eagderi S., afari-Kenari S., Mousavi-Sabet H. 2015. Freshwater fishes of Iran; an updated checklist. Journal of the Bioflux; 8 (6): 855-909.

Karakousis Y., Triantaphyllidis C., Economidis P.S. 1991. Morphological variability among seven population of brown trout, *Salmon trutta* L., in Greece. Journal of fisheries and Biology 38: 807-817.

Kazanchov E.N. 1981. Fishes of the Caspian Sea. Moskva, Russia. 167 p.

Khaledi SH. 2003. Reviewing some geographical features of the Caspian Sea. Peyke Noor Journal; 1 (3): 81-89 (In Persian).

Kottelat M. 1997. European freshwater fishes. A heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. Biologia, Bratislava, 52 (5): 1-271.

Lagler K.F., Bardach J.E., Miller R.R. 1962. Ichthyology. Library of Congress, Catalog Code Number: 62-17463, Printed in USA. 545 p.

Leinonen T., Cano J.M., Merila J. 2011. Genetics of body shape and armour variation in threespine sticklebacks. Journal of Evolutionary Biology, 24: 206-218.

Mansouri Chorehi M., Ghasemzadeh K., Mousavi-Sabet H. 2014. Biodiversity study of fish downstream of Sefidrood River in Guilan province. The Second Conferences of Iranian Ichthyology, University of Tehran, Karaj.

Modaddasi M.; Shabanipour N., Abdolmaleki S. 2013. Morphometric variation among four populations of Shemaya (*Alburnus chalcoides*) in the south of Caspian Sea using truss network. The Journal of Basic and Applied Zoology, 66: 87-92.

Mohammadi-Darestani M., Mousavi-Sabet M., Vatandoust S., Ahmadnejad M. 2015. Age, Growth and Reproduction of the Iranian Goby, *Ponticola iranicus* (Perciformes: Gobiidae) from the Southern Caspian Sea Basin. Journal of Ichthyology, (56)4:578-587.

Moshaiedi F., Eagderi S., Hasanpour S. 2014. Study of Phenotypic variation in four population of Urmia Kingfish (*Alburnus atropatenae*) in Urmia Lake basin using Elliptic Fourier Analysis. Wetland Ecobiology; 6 (2): 35-43 (In Persian).

Mousavi-Sabet H., Heidari A., Fekrandish H. 2015. Population structure, length-weight and length-length

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]

relationships of six populations of the Bartail Flathead, *Platycephalus indicus* (Scorpaeniformes: Platycephalidae) along the Persian Gulf coastal waters. Journal of Threatened Taxa, 7 (1): 6810-6814.

Mousavi-sabet, H., Anvarifar H. 2013. Landmark-based morphometric variation between *Cobitis keyvani* and *Cobitis faridpaki* (Pisces: Cobitidae), with new habitat for *C. faridpaki* in the southern Caspian Sea basin. Folia Zoology, 62 (3): 167-175.

Neff N.A., Marcus L.F. 1980. A survey of multivariate methods for systematics. New York, privately published. USA.

Pourgholam H., Zamini A.A., Lalouei F., Khara H., Taghavi M.J. 2011. Investigation of *Neogobius gorlap* population genetic structure in coasts of maxandaran and golestan provinces by microsatellite markers. Journal of Biology Science, 5 (2): 33-44 (In Persian).

Paknejad S., Heidari A., Jamalzadeh H.R., Faghani Langeroudi H., Mousavi-Sabet H. 2014. Morphometric comparison of *Alosa braschnikowii* (Borodin, 1904) in the southern basin of the Caspian Sea. Journal of Applied Ichthyological Research, 2(2):79-92. (In Persian).

Richtsmeier J.T., Deleon V.B., Lele S.R. 2002: The promise of geometric morphometrics. The Yearbook of Physical Anthropology, 45: 63-91.

Sansom R.S. 2009. Phylogeny, classification, and character polarity of the Osteostraci (Vertebrata). Journal of Systematic Palaeontology, 7: 95-115.

Simonovic P.D., Paunovic M., Popovic S. 2001. Morphology, feeding, and reproduction of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas), in the Danube River Basin, Yugoslavia. Journal of Great Lakes Research, 27: 281-289.

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

Swain D.P., Foote C.J. 1999. Stocks and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. Fisheries Research, 43: 113-128.

Swain D.P., Foote C.J. 1999. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. Fisheries Research, 43: 113-128.

Tajbakhsh F., Stepien C., Abdoli A., Tabatabaei N., Kiabi B. 2018. Geometric morphometric and meristic analysis of the deepwater goby, *Ponticola bathybius* (Kessler, 1877) (Teleostei: Gobiidae) in the Iranian waters of the Caspian Sea. Journal of Ichthyology, 5 (1): 64-73.

Teimori A., Schulz-Mirbach T., Esmaeili H., Reichenbacher B. 2012. Geographical differentiation of *Aphanius dispar* (Teleostei: Cyprinodontidae) from Southern Iran. Journal Zoological Systematics 10:1439-1449.

Tudela S. 1999. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. Fisheries Research, 42: 229-243.

Turan C. 2000. Otolith shape and meristic analysis of herring (*Clupea harengus*) in the northeast Atlantic. Archive of fishery and marine research, 48: 283-295.

Turan C. 1999. A note on the examination of morphometric differentiation among fish populations: The truss system. Tyrkish Journal of Zoology, 23: 259-263.

Veasey E.A., Schammass E.A., Vencovsky R., Martins P. S., Bandel G. 2001: Germplasm characterization of *Sesbania* accessions based on multivariate analyses. Genetic Resources and Crop Evolution, 48: 79-90.

Walker J.A. 2010. An integrative model of evolutionary covariance: a symposium on body shape in fishes. Integrative and Comparative Biology, 50: 1051-1056.

Wootton R.J. 1991. Ecology of Teleost Fishes. London: Chapman & Hall Ltd., 404 p.

Yaripour S., Zamanpoore M., Kirtet R. 2018. Fin morphology variation in *Aphanius farsicus* in two local populations. Journal of Aquacultuer Reports, 11: 38-41 .

نحوه استناد به این مقاله:

طبسی‌نژاد ن.، موسوی‌ثابت ح.، ایگدری س.، احمدی آ.، فرضی ر. مطالعه مقایسه‌ای خصوصیات ریختی جمعیت‌های مختلف گاوماهی سرگنده *Ponticola gorlap* در حوضه آبریز جنوبی دریای خزر با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی هندسی و سیستم شبکه‌ای تراس. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۳۹۹، ۱۸-۱۰ :(۵)۸.

Tabasinezhad N., Mousavi-Sabet H., Eagderi S., Ahmadi A., Farzi R. Comparative Study of morphological characteristics of different populations of the Caspian bighead goby *Ponticola gorlap* in the Caspian Sea Basin using geometric morphometric and truss network system methods. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]

Comparative Study of morphological characteristics of different populations of the Caspian bighead goby *Ponticola gorlap* in the southern Caspian Sea Basin using geometric morphometric and truss network system methods

Tabasinezhad N[1*]., Mousavi-Sabet H[2]., Eagderi S[3]., Ahmadi A[1]., Farzi R[1].

[1]PhD Student, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran
[2]Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran
[3]Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

Type:

Original Research Paper

DOI: 10.22034/jair.8.5.2

Paper History:

Received: 15-12-2021
Accepted: 30-01- 2022

Corresponding author:

Tabasinezhad N. PhD Student, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

Email: tabasinezhad@yahoo.com

Abstract

Functional morphological traits allow researchers to obtain fundamental information about biology, ecology and biogeography of fishes. Hence, this study was aimed to compare the morphological characteristics of different populations of *Ponticola gorlap* in 6 different habitates in Iran [Tonekabon, Siahrood, Kheirud, Babolrood, Gisum and Sefidrood rivers] using landmark based methods. In total 17 landmarks were made on the photographs taken from the left side of the 155 specimens to extract data from body for geometric morphometric analysis (GPA) using digitization TpsDig2 software. The coordinate data after GPA superimposing, analyzed using principal component analysis (PCA), canonical variate analysis (CVA) and cluster analysis (CA) and body shape pattern of every population was visualized in relation to consensus shape of total populations. In group classification using DFA, 80.8% of the specimens were correctly classified into their original population and fish populations from 6 sampling sites were different from each other. The CVA and PCA morphometric of *P. gorlap* indicated that populations have significant differences and they were separated from each other ($p<0.0001$). The results of UPGMA cluster test also showed complete separation of populations in terms of morphometry.

KeywordsGeometric Morphometry, Truss-based System, Differentiation, *Ponticola gorlap*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/jair.8.5.2]