



بررسی تنوع ریختی جمعیت‌های گربه ماهی سینه خراش کهکشانی *Glyptothorax galaxias* در سرشاخه‌های حوضه آبریز

کارون با روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی

معصومه سراوانی^۱، سید حامد موسوی ثابت^{۱،۲*}، سهیل ایگدری^۲، عادلہ حیدری^۱

^۱ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران

^۲ گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران

^۳ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

در مطالعه حاضر برای مقایسه ریختی جمعیت‌های *Glyptothorax galaxias*، ۵۴ نمونه از چهار ایستگاه افسر آباد، ارمند، بازفت و بهشت آباد از سرشاخه‌های حوضه آبریز کارون صید شدند. مقایسه ریخت‌سنجی هندسی بر اساس ۱۵، ۱۳ و ۱۰ نشانگر هم‌ساخت به ترتیب از نمای جانبی، شکمی و پشتی رقوم‌سازی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. روش نقاط نشانه (لندمارک) به منظور تعیین شکل کلی بدن افراد جمعیت‌ها مورد استفاده قرار گرفت و آنالیزهای مرتبط شامل PCA، DFA و CVA دندروگرام سلسله مراتبی انجام شدند. نتایج نشان داد که جمعیت ساکن در سرشاخه ارمند جدا از سایر جمعیت‌ها قرار دارد، جمعیت‌های بازفت و بهشت‌آباد کمترین فاصله را دارند و در یک خوشه قرار می‌گیرند و جمعیت‌های بهشت‌آباد و افسرآباد نیز تا حدودی با یکدیگر همپوشانی دارند. بنظر می‌رسد تفاوت زیستگاه‌های مختلف از نظر شدت جریان، شیب رودخانه، شرایط تغذیه و فیزیک و شیمیایی آب، دلیل تفاوت جمعیت‌ها باشد که باید در مطالعات بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی:

ریخت‌سنجی سنتی، ریخت‌سنجی هندسی، سینه خراش

نوع مقاله:

پژوهشی اصیل

<https://doi.org/10.22034/jair.11.1.30>

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۰۲/۰۲/۱۴

پذیرش: ۰۲/۰۵/۱۰

نویسنده مسئول مکاتبه:

حامد موسوی ثابت، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان، ایران.

ایمیل: mosavii.h@gmail.com

۱ | مقدمه

(Nicieza, 1995). مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناسی، چه اندازه‌ی (مرفومتریک) چه شمارشی (مریستیک) به منظور تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی، پیشینه‌های طولانی در علم زیست‌شناسی ماهی دارد (Tudela, 1999). در گذشته تصور بر این بود که تغییرات ریختی فقط ژنتیکی است. اما امروز معلوم شده است که منشأ این تغییرات محیطی و ژنتیکی است. پژوهش‌های اخیر مشخص کرده است که اختلافات ریختی بین گروه‌های مختلف ماهیان قطعاً آنها را از لحاظ ژنتیکی جدا نکرده و در عوض در برخی مواقع اختلافات ریخت‌شناسی فقط تحت تاثیر محیط بوده و اختلافات ژنتیکی هیچ نقشی ندارند (Swain and Foote, 1999). پاره‌ای از مطالعات نشان داده است که با وجود بالا بودن اختلافات ریختی میان جمعیت‌ها، آنها از لحاظ ژنتیکی یکسان بوده و بدین ترتیب نقش اصلی محیط به‌عنوان عامل اصلی تغییرات ریختی ثابت شده است (Tudela, 1999; Akbarzadeh et al. 2007).

راسته گربه ماهی سانان Siluriformes شامل ۳۵ خانواده و حدود ۲۸۶۷ گونه می‌باشد. جزء فوق راسته شعاع بالگان Actinopterygii

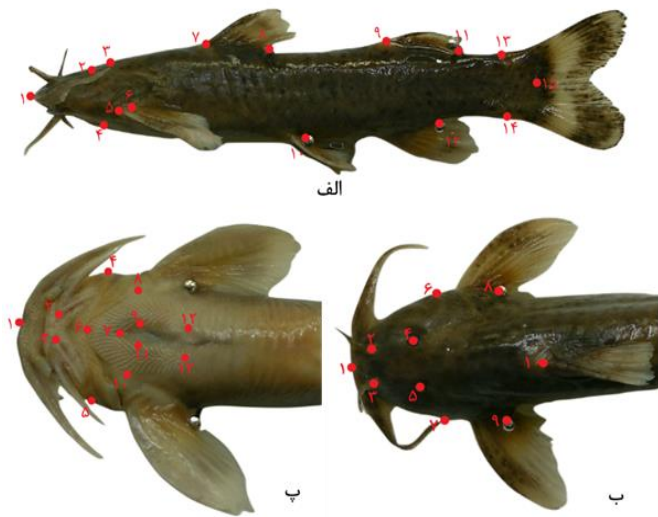
هدف از مطالعات ماهی‌شناسی شناخت جنبه‌های مختلف حفاظت از نسل ماهیان در برابر تهدیدهای محیطی به منظور بهره‌برداری‌های علمی و اقتصادی از این ذخایر ژنتیکی در آینده و شرح تأثیرات و عوامل طبیعی و مصنوعی است که بر پراکنش و فراوانی ماهیان آب شیرین چشمه‌ها و رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارد. ماهیان به‌ویژه آنهایی که فاقد ارزش تجاری هستند، از دیدگاه حفاظت نسبت به پرندگان و پستانداران کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، زیرا به سادگی قابل مشاهده نبوده و شاید به این علت نیز از نظر زینتی کمتر به‌کار رفته‌اند. مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناسی باهدف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی دارای پیشینه طولانی در دانش زیست‌شناسی ماهی است (Ihssen et al., 1981). 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 (Jalili et al., 2015). 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

جدول ۱- تعداد گربه ماهیان جمع آوری شده از ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	تعداد گونه <i>G. galaxias</i>
افسر آباد	۳۲°۰۸'۵۹"N ۵۰°۲۵'۵۹"E	۱۶
ارمند	۳۱°۴۰'۱۳"N ۵۰°۴۶'۱۳"E	۱۲
بازفت	۳۲°۱۲'۳۶"N ۵۰°۲۰'۰۵"E	۱۲
بهشت آباد	۳۲°۰۱'۳۶"N ۵۰°۳۷'۲۳"E	۱۴

در این مطالعه جهت بررسی ریختی نمونه‌ها، از روش سیستم شبکه‌ای تراس (Truss Network) و ریخت‌سنجی هندسی شامل روش آنالیز شکلی (Landmarks Method) استفاده شد از تمامی نمونه‌ها تحت شرایط یکسان عکسبرداری شد. ۱۳، ۱۰ و ۱۵ نقطه به ترتیب روی سطوح، شکمی، پشتی، جانبی بدن ماهی انتخاب شدند در تعیین نقطه نشانگر سعی شد که محل نقطه‌گذاری در کلیه تصاویر، دقیق و مشابه باشند. نقطه‌نشانها (Landmark) توسط نرم‌افزار tpsDig2 version 2.1.6 انجام شد (Rohlf, 2006).

می‌باشند. اکثر گربه ماهی شکلان دارای یک تا چهار جفت سبیلک هستند و دلیل نام‌گذاری آنها به گربه ماهی وجود سبیلک‌های اطراف دهان آنهاست. دارای چشمان کوچک، بعضاً باله چربی و شعاع سخت در باله‌ها می‌باشند. بیشتر اعضای این راسته فاقد فلس هستند. پراکنش خانواده Sisoridae در جنوب آسیا از ترکیه و روسیه تا چین و بورنئو می‌باشند. دارای ۲۵ جنس و ۲۶۶ گونه در جهان که ساکن آب‌های شیرین و لب شور هستند و فاقد گونه دریایی می‌باشند. باله چربی بزرگ دارند (بجز جنس *Sisor* باله به یک خار کوچک تبدیل شده- است). در بعضی از گونه‌ها باله چربی به باله دم‌ی چسبیده شده باله دم‌ی با پایه کوچک دارای شعاع سخت یا فاقد شعاع سخت است و بعضی گونه‌ها اندام چسبنده در ناحیه سینه‌ای دارند. اکثراً گونه‌هایی کوچک هستند اما طول برخی گونه‌ها تا ۲ متر هم می‌رسد. غالب گونه-ها ساکن آب‌های سریع کوهستانی می‌باشند (*Jouladeh-Roudbar et al., 2016*). گربه ماهی‌های Sisoridae از جنس *Glyptothorax* در ایران پراکنش دارند و در تمامی شاخه‌های حوضه خلیج فارس از دجله و فرات در جنوب تا مند یافت می‌شوند (*Jouladeh-Roudbar et al., 2020*). در حوضه آبریز رودخانه‌های کارون، حوضه آبریز دجله و حوضه آبریز خلیج فارس پراکنش دارند. گونه *G. galaxias* بعلت نقاط نقره‌ای ستاره‌ای شکل متعدد بر روی بدن به گربه ماهی کهکشانی نام‌گذاری شده‌است (*Mousavi-Sabet et al, 2021*). مطالعه حاضر از این‌رو 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 (*Almaça, 1984, Mouludi-Saleh et al., 2017*). به علت وسعت کشور ایران و تنوع زیستگاه‌ها و محیط‌های آبی و کمبود منابع موثق در خصوص وضعیت پراکنش و فراوانی ماهی‌های ایران، رودها و رودخانه‌های حوضه‌های آبریز به عنوان زیستگاه‌های مهم آبریان آب‌های داخلی از اکوسیستم‌هایی هستند که کمتر به آنها پرداخته شده است. باتوجه به اینکه گونه *G. galaxias* بومی حوضه آبریز خلیج فارس ایران است و مطالعات صورت گرفته روی این گونه بسیار اندک و محدود است. بنابراین، بررسی همه‌جانبه این-گونه از جهات مختلف ریخت‌شناسی ضروری است.



شکل ۱- نقطه نشانها، الف- نمای جانبی، ب- نمای پشتی، پ- نمای شکمی

به‌علت اینکه ویژگی‌های ریخت‌شناسی در طول دوران حیات ثابت نیست و ارتباط مستقیمی با اندازه بدن ماهی دارد برخلاف ویژگی‌های شمارشی (*Poulet et al., 2004*), از این‌رو اولین قدم در تحلیل آماری داده‌های ریخت‌سنجی، اصلاح داده‌های خام ریخت‌سنجی به متغیر-های که مستقل از اندازه بدن بوده و تنها اختلاف شکل را نشان می‌دهند می‌باشد (*Turan, 2000*). در این پژوهش به منظور حذف اثر اندازه، داده‌های ریخت‌سنجی قبل از تجزیه و تحلیل به کمک فرمول الیوت، استاندارد شدند (*Elliot, 1995*). استاندارد کردن داده‌های ریخت‌سنجی، تغییرات ناشی از رشد آلومتریک را کاهش می‌دهد (*Karakousis et al., 1991*).

۲ | مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر برای مقایسه ریخت‌سنجی هندسی (Geometric Morphometric Truss Network System) چهار جمعیت‌های *G. galaxias* از حوضه آبریز کارون ۵۴ قطعه ماهی در چهار ایستگاه افسر آباد، ارمند، بازفت، بهشت آباد با دستگاه ماهیگیر الکتریکی صید شدند (جدول- ۱). نمونه‌های صید شده پس از بیهوشی با محلول عصاره پودر گل میخک ۱ درصد در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و به آزمایشگاه ماهی‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان منتقل شدند. برای شناسایی نمونه‌ها از کلیدهای شناسایی از تحقیق موسوی ثابت و همکاران (*Mousavi-Sabet 2021*) استفاده شد.

تعداد نشانگرها در اکثر موارد مورد مطالعه مطرح نیست و نیز نشانگرهایی که روی یک فرد قرار می‌گیرد باید به وضوح با نشانگرهای فرد دیگر مرتبط باشد به این معنا که نشانگرها متناظر باید در نقاطی روی سطح موضوع که دارای مفهوم خاص مشابهی در تمام نمونه است را ثابت کند (Pavlinov, 2001). بنابراین از هر ایستگاه نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب و تعداد مشخصی نشانگر در نقاطی خاص و مشترک و در هر سه سطح ماهی، جانبی، پشتی و شکمی بین هر یک از نمونه‌ها انتخاب شد.

۳ | نتایج

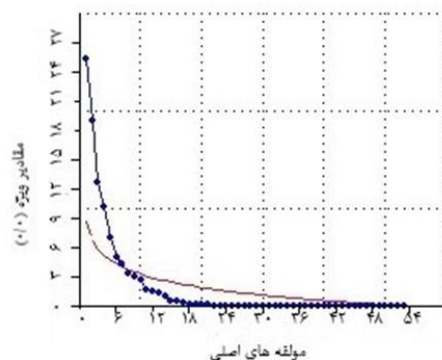
در تجزیه تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای گونه *G. galaxias* تعداد ۱۴ فاکتور در نمای جانبی با مقادیر بزرگتر از ۱ انتخاب شدند که ۹۷/۷۵۰ درصد از واریانس و تنوع صفات ریختی را شامل می‌شود (جدول ۲). فاکتورهای اول و دوم (PC1، PC2) مهمترین نقش را در تغییرات داده‌ها ایجاد کرده‌اند که ۴۴/۲۹۸ درصد از واریانس و تغییرات شکل بدن مربوط به دو مؤلفه اصلی است که نتیجه PCA برای نمای پشتی و شکمی *G. galaxias* به ترتیب نشان داد که ۵۸/۴۸۱ درصد و ۴۳/۴۴۲ درصد از واریانس و تغییرات شکل بدن مربوط به دو مؤلفه اصلی است.

برای جداسازی ایستگاه‌ها با استفاده از رابطه ماتریسی خصوصیات ریخت‌شناسی، از تجزیه و تحلیل تابع متمایزکننده (Discriminant Factor analysis, DFA) و آزمون تجزیه مؤلفه‌های اصلی (Principle componets Analysis, PCA) انجام شد و در مورد هر یک از صفات استخراج شده، صفات اصلی مشخص شدند. در تجزیه به عامل‌ها از ضریب کایزر (Kaiser-Meyer-Olkin, KMO) استفاده شد، مقدار بزرگتر از ۰/۰۵ این ضریب به معنی این است که روش تجزیه به عامل‌ها مناسب است (Elliott et al., 1995; Nimalathasan, 2009). همچنین آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis, CA) مطلق بر اساس فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) توسط نرم افزار رسم گردید (Rohlf, 2006). برای کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری و ترسیمی از نرم افزارهای SPSS Version 16، Excel، NTSYSpc Version 2.02i و (Paleontological Morpho J و PAST Version 2.06) استفاده شد. برای بررسی میزان حداکثر جدایی بین گروه‌ها از آزمون تحلیل متغیرهای کانونی (Canonical discrimination Analysis, CVA) استفاده می‌شود (Turan, 2000).

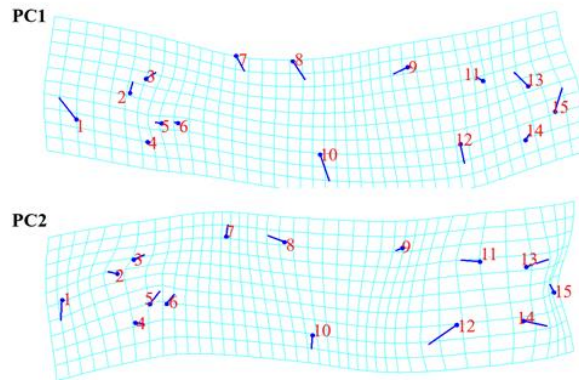
اساس ریخت‌سنجی هندسی برپایه مقایسه دو به دو موضوعات است و پراکنش آنها را لحاظ نمی‌کند، پس اندازه و تعداد نمونه‌ها و هم

جدول ۲- مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس جمعی با سیستم شبکه‌ای تراس حاصل از آنالیز فاکتورهای اصلی از آنالیز PCA از گونه *G. galaxias*

فاکتور	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس جمعی
۱	۲۶/۵۳۱	۲۵/۲۶۵	۲۵/۲۶۵
۲	۱۹/۹۸۳	۱۹/۰۳۱	۴۴/۲۹۸
۳	۱۳/۲۷۶	۱۲/۶۴۴	۵۶/۹۴۲
۴	۱۰/۶۸۶	۱۰/۱۷۷	۶۷/۱۱۹
۵	۷/۳۹۸	۶/۹۵۱	۷۴/۰۷۰
۶	۵/۱۸۲	۴/۹۳۵	۷۹/۰۰۵
۷	۴/۶۱۸	۴/۳۹۸	۸۳/۴۰۴
۸	۳/۴۴۴	۳/۲۸۰	۸۶/۶۸۴
۹	۳/۰۷۹	۲/۹۳۲	۸۹/۶۱۶
۱۰	۲/۷۹۴	۲/۶۶۱	۹۲/۲۲۷
۱۱	۱/۷۲۵	۱/۶۵۲	۹۳/۹۲۹
۱۲	۱/۵۷۷	۱/۵۰۲	۹۵/۴۳۱
۱۳	۱/۳۸۰	۱/۳۱۵	۹۶/۷۴۶
۱۴	۱/۰۵۴	۱/۰۰۴	۹۷/۷۵۰



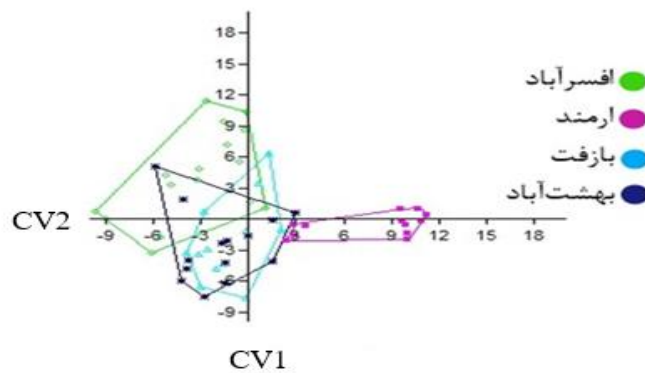
شکل ۲- نمودار سنگریزه (Scree plot) برای نشان دادن برش خط جولیف و محدوده مؤلفه‌های اصلی در سطح معنی دار در آنالیز PCA نمای جانبی برای گونه *galaxias*



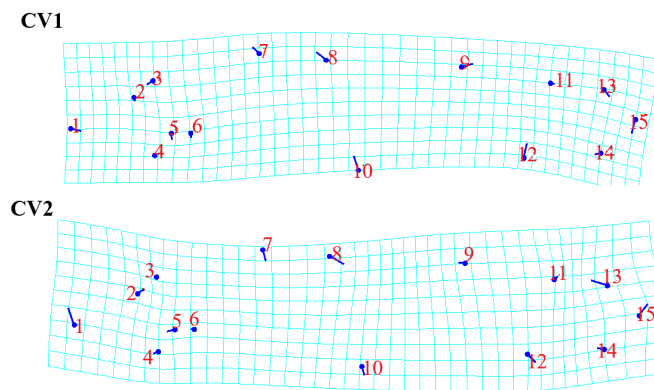
شکل ۳- تغییرات شکل بدن جمعیت‌های *G. galaxias* در حوضه آبریز کارون در جهت هریک از محورهای PC1 و PC2

گونه *G. galaxias* نشان می‌دهد که در نمای پشتی هفت مولفه و در نمای شکمی ۱۱ مولفه بالای خط شکسته جولیف قرار دارند که به ترتیب ۹۱/۸۰۴ درصد و ۹۵/۲۳۶ درصد از تغییرات را در سطح معنادار نشان می‌دهد.

نمودار سنگ ریزه‌ای در PCA برای نمای جانبی گونه *galaxias* نشان می‌دهد که ۱۴ مؤلفه بالای خط شکسته جولیف قرار دارند که ۹۷/۷۵۰ درصد از تنوع صفات ریختی را شامل می‌شود و تغییرات را در سطح معناداری نشان می‌دهد (شکل ۲). نمودار سنگ‌ریزه‌ای برای



شکل ۴- نتایج حاصل از آزمون CVA جانبی برای چهار جمعیت از *G. galaxias* در حوضه آبریز کارون



شکل ۵- تغییرات شکل بدن جمعیت‌های *G. galaxias* در حوضه آبریز کارون در جهت هریک از محورهای CV1 و CV2

جمعیت‌های این گونه دارد (شکل ۴). نتایج CVA نمای پشتی و جانبی جمعیت‌های این گونه نیز همپوشانی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از جدول فواصل ماهالانوبیس (Mahalanobis distance) نشان می‌دهد هرچه فاصله عددی بین گونه‌ها کوچکتر باشد شباهت آن دو گونه بهم بیشتر است و هرچه فاصله عددی بین دو گونه کمتر باشد آن دو گونه

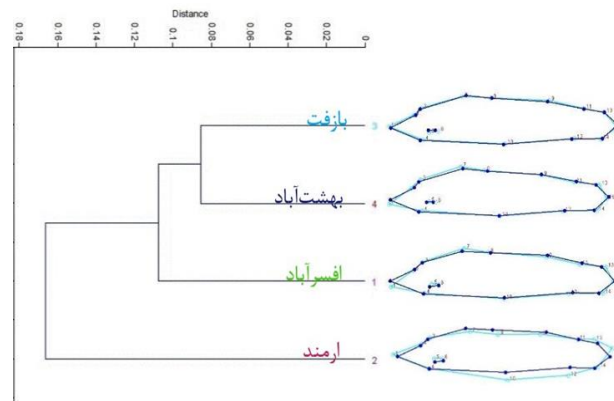
نمودار حاصل از آنالیز CVA/ MANOVA جانبی برای چهار جمعیت از گونه *G. galaxias* بر اساس دو متغیر اول و اصلی، چهار جمعیت نشان داد که جمعیت‌های مربوط به ایستگاه بهشت‌آباد و بازفت نسبت بهم تا حدودی همپوشانی دارند و جمعیت‌های مربوط به ایستگاه ارمند، فاصله بیشتر و همپوشانی کمتری نسبت به سایر

شبهات کمتری دارند و از هم متمایز می‌شوند. فاصله مذکور بین چهار جمعیت مورد مطالعه حاکی از معنی‌دار بودن اختلاف می‌باشد فواصل ماهالانوبیس شکل بدن حاصل از آزمون CVA در جمعیت‌های *G. galaxias* نشان داد که کمترین فاصله و میزان تفاوت بین دو جمعیت بهشت‌آباد و بازفت و بیشترین فاصله و تفاوت مشاهده شده بین دو

جمعیت ارمند و بازفت می‌باشد (جدول ۳). براساس نتیجه تجزیه خوشه‌ای، ضمن تأیید نتایج PCA، جمعیت‌ها در ۳ گروه مجزا قرار می‌گیرند. ابتدا جمعیت رودخانه ارمند از سایرین جدا شده است و سپس جمعیت رودخانه افسرآباد و در نهایت دو جمعیت بازوفت و بهشت‌آباد در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل ۶).

جدول ۳- فاصله مهالانوبیس برای چهار جمعیت از *G. galaxias* در حوضه آبریز کارون

ایستگاه	افسرآباد	ارمند	بازفت
ارمند	۱۲/۲۶۶۴		
بازفت	۱۱/۶۶۸۱	۱۴/۵۵۲۴	
بهشت‌آباد	۱۰/۰۴۷۲	۱۲/۰۸۸۰	۷/۶۲۲۷



۶- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و نمایش تفاوت شکلی هر یک از جمعیت‌ها *G. galaxias* در حوضه آبریز کارون

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان در حفاظت از تنوع زیستی و تحقیقات مربوط به ویژگی‌های زیستی آنها از قبیل رشد، مرگ‌ومیر، همآوری، روابط تغذیه‌ای و چرخه حیات ضروری است (Ibanez et al., 2007). در روش‌های سنتی، شناسایی گونه‌ها و حتی جمعیت‌ها بر پایه ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری ریختی و شمارشی انجام می‌شود (Swain, D. P and Holtby, L. B, 1986). در گذشته تصور بر این بود که تغییرات ریختی فقط ژنتیکی است. اما امروز معلوم شده است که منشا این تغییرات محیطی و ژنتیکی است. پژوهش‌های اخیر مشخص کرده است که اختلافات ریختی بین گروه‌های مختلف ماهیان قطعا آنها را از لحاظ ژنتیکی جدا نکرده و در عوض در برخی مواقع اختلافات ریختی-شناسی فقط تحت تأثیر محیط بوده و اختلافات ژنتیکی هیچ نقشی ندارند (Swain & Foote, 1999). در مطالعه تأثیر سرعت جریان آب بر تنوع شکل ماهی، *S. trutta* مشخص شد که این ماهی در سرعت جریان‌های تند دارای بدن دوکی شکل 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 (Poulet et al., 2005). 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 مخرجی،

طول ساقه دم و موقعیت باله پشتی در جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد (Jamali-Ashtiyani et al., 2015). 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 (Turan et al., 2006). در بررسی تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های سگ ماهی جویباری سفیدرود (*Oxyemacheilus bergianus*) (Derzhaving, 1934) حوضه دریاچه نمک با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی، نتایج نشان داد اعضای جمعیت رودخانه قمرود بواسطه داشتن سر و ساقه دمی درازتر و کم عمق و جایگاه قدامی باله پشتی از دو جمعیت دیگر قابل شناسایی بودند. جمعیت کردان نیز بواسطه باله مخرجی عمیق‌تر و موقعیت قدامی باله سینه‌ای و جمعیت رودخانه جاجرود بواسطه عمق بیشتر سر و بدن از یکدیگر تفکیک شدند (Eagderi et al., 2013) در مطالعه‌ای تنوع جمعیتی سیاه ماهی هراتی *Capoeta heratensis* با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیز CVA تفاوت معنی‌داری را بین اشکال این سه جمعیت نشان داد. جمعیت متعلق به رودخانه هریرود دارای بدن پهن‌تر و نوک پوزه بالاتر، جمعیت متعلق به رودخانه آل دارای بدن باریکتر، جمعیت متعلق به رودخانه بیدواز نوک پوزه پایین‌تر و باله سینه‌ای در موقعیت

اندازشی نشان داد جمعیت‌ها هم پوشانی زیادی دارند و تنها جمعیت رودخانه زاب از سایر جمعیت‌ها جدا شد؛ ولی در صفات شمارشی بیشتر جمعیت‌ها از یکدیگر تفکیک شد. براساس نتایج، بین جمعیت‌های مختلف ماهی نازک تفاوت‌های ریختی معنی‌داری وجود دارد و در اعضای این گونه صفات شمارشی، قابلیت تفکیک‌کنندگی بیشتری نسبت به صفات اندازه‌شی دارند (Dastanpoor et al., 2021). در بررسی مقایسه ویژگی‌های ریختی ماهی سفید (Kamenskii, 1901) *Rutilus kutum* در سواحل جنوبی دریای خزر استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با پشتیبانی ۴۸۱ دو جمعیت ماهی سفید کیاشهر و بندر ترکمن را در یک گروه و جدا از سایر جمعیت‌ها قرارداد. باتوجه به اینکه جمعیت ماهیان سفید کیاشهر و بندر ترکمن از نظر شکلی در یک گروه قرار گرفتند با توجه به فاصله جغرافیایی نسبتاً بالای این دو جمعیت، شباهت مشاهده شده بین آنها را میتوان حاصل انعطاف‌پذیری ریختی در پاسخ به شرایط محیطی مشابه آنها دانست. نتایج این مطالعه قابلیت انعطاف‌پذیری ریختی بالایی را برای این ماهی نشان داد (Ghojoghi et al., 2018). تفاوت‌هایی که در نواحی باله‌های پشتی و مخرجی و ساقه دم مشاهده می‌شود به‌عنوان تفاوت‌های ریختی مرتبط با حرکت در نظر گرفته می‌شود. تفاوت‌های مربوط به ارتفاع بدن و ابعاد سر هم می‌تواند به‌عنوان سازگاری‌های مربوط به شرایط هیدرودینامیکی و یا تغذیه‌ای قلمداد شوند (Hawkins and Quinn, 1996; Fisher and Hogan, 2007). چنین تفاوت‌هایی را میتوان تحت عنوان تنوع ژنتیکی یا تنوع درون-گونه‌ای تعریف کرد. هر جمعیت در طول زمان برای سازگاری بهینه با شرایط اکولوژیکی خود یک سری انعطاف‌پذیری‌های ریختی را بروز می‌دهد که با گذشت زمان در ژنتیک آن جمعیت تثبیت می‌گردد (Smith and Skulason, 1996). توضیح دلایل ایجاد تفاوت‌های ریختی در میان ماهیان و جمعیت‌های آنها بسیار دشوار است، ولی به-طور کلی صفات ریختی تحت کنترل و در واکنش با دو عامل یعنی شرایط محیطی و اطلاعات ژنتیکی افراد جمعیت‌ها است (Swain and Holtby, 1986). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اختلافات ریخت-شناسی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند ناشی از جدایی ژنتیکی و همچنین ناشی از اختلافات محیطی باشد (Tudela, 1999). 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 درجه حرارت، شوری، دسترسی به غذا و یا فاصله مهاجرت میتواند بطور بالقوه تفکیک ریختی ماهیان را تعیین کند (۳۱، ۳۵، ۳۶) از طرف دیگر، شرایط محیطی متفاوت سبب جدایی جمعیت‌های ساکن رودخانه‌های مختلف می‌شود (Yamamoto et al., 2004., Samaee et al., 2009). موسوی ثابت و انوری فر (Mousavi-Sabet and Anvarifar, 2013) نیز با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی دو گونه جویبار ماهی خاردار جنس *Cobitis* را با یکدیگر مقایسه کردند که دو گونه *C. keyani* و *C. faridpaki* از هم تفکیک شدند. در مطالعه حاضر، تفاوت‌های چهار

جلوتر نسبت به حالت میانگین بود. براساس نتایج جمعیت بیدواز از لحاظ ریختی دارای بیشترین تفاوت با دو جمعیت دیگر بود. تفاوت‌های مشاهده شده را میتوان به وجود تنوع در زیستگاه و عادات تغذیه‌ای و همچنین جدایی جغرافیایی جمعیت‌های مورد مطالعه نسبت داد (Eagderi et al., 2017). مطالعه خصوصیات ریختی تأثیرگذار در تفکیک جنسیتی ماهی *Gambusia holbrooki* با استفاده از سیستم شبکه‌ای تراس نشان داد که تفاوت‌ها در دو جنس در خصوصیات شامل طول سر، عرض سر، ارتفاع بدن، طول پیش‌پشتی، طول پیش‌شکمی، طول پیش‌مخرجی، طول چنگالی، طول باله پشتی، طول باله مخرجی، ارتفاع ساقه دم و طول ساقه دم مشاهده شد بود. ماهیان نر و ماده *G. holbrooki* در اکثر خصوصیات ریختی با هم متفاوت بوده‌اند (Mousavi-Sabet et al., 2018). مطالعاتی در مورد دوشکلی جنسی گورماهی صوفیا با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جنس‌های نر و ماده در هر دو جمعیت وجود داشت ($p < 0.05$). اختلافات ریخت-شناسی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه میتواند ناشی از جدایی ژنتیکی و همچنین ناشی از تفاوت ویژگی‌های محیطی باشد (Eagderi et al., 2020). عوامل محیطی متعدد می‌تواند شکارچیان، قابلیت اشغال نیچ اکولوژیکی جدید، افزایش کارایی تغذیه، استتار و غیره باشد. در مطالعه انعطاف‌پذیری ریختی مرتبط با زیستگاه بر اساس ریخت‌سنجی هندسی شکل بدن ماهی خیاطه مشخص گردید که جمعیت‌های مختلف این ماهی که در رودخانه‌های با شرایط متفاوت ساکن هستند، دارای تفاوت‌های ریختی قابل ملاحظه‌ای می‌باشند (Eagderi et al., 2013). در مطالعه تفکیک جمعیت‌های سه گونه از جنس *Paracobitis* مشخص شد تفاوت معنی‌دار در ویژگی‌های ریختی نه تنها سه گونه مورد بررسی بلکه بین جمعیت‌های مختلف آنها نیز وجود دارد ($p < 0.0001$). این تفاوت‌ها مربوط به طول و عرض سر، پهنای بدن، طول ساقه دم، جایگاه چشم و موقعیت باله پشتی بودند (Jafari et al., 2015). در مطالعه‌ای ویژگی‌های ریخت‌شناختی ۵ گونه از ماهیان جنس مروراید ماهی به نام‌های *A. Alburnus chalcoides*، *A. hohenerkeri* و *A. atropatena filippii* به روش سیستم شبکه‌ای تراس مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از ترسیم مولفه اول به دوم در آزمون تفکیک متعارف نشان داد که سه گونه *A. atropatena*، *A. filippii* و *A. mossulensis* دارای هم پوشانی بالا با یکدیگرند و گونه‌های *A. chalcoides* و *A. hohenerkeri* از سایر گونه‌ها به طور کامل جدا شدند. نتایج حاصل از آزمون کلاستر نیز جدایی کامل گونه‌ها به لحاظ خصوصیات ریخت‌سنجی از یکدیگر را نشان داد (Khatami-Nezhad et al., 2018). در مطالعه‌ای، تنوع ریختی ماهی نازک (*Chondrostoma regium*) بررسی شد. تعداد ۲۷ صفت اندازه‌شی و ۱۱ صفت شمارشی اندازه گیری و شمارش شد. براساس نتایج تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه، ۲۰ ویژگی اندازه‌شی اصلاح شده و ۱۰ ویژگی شمارشی دارای تفاوت معنی‌دار بود ($p < 0.05$). در صفات اندازه‌شی، دو مؤلفه اول نشان دهنده ۵۵/۰۲ درصد تنوع صفات بین افراد بود. آنالیز CVA صفات

- Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics* 5 (14): 1-8. (In Persian).
- Elliot N.G., Haskard K., Koslow J.A. 1995. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*. Vol. 46: 202-220.
- Fisher R., Hogan J.D. 2007. Morphological predictors of swimming speed: a case study of pre-settlement juvenile coral reef fish. *Journal of Experimental Biology* 210: 2436-2443.
- Freyhof J., Kaya C., Abdullah Y.S., Geiger M.F. 2021. The *Glyptothorax* catfishes of the Euphrates and Tigris with the description of a new species (Teleostei: Sisoridae). *Zootaxa*, 4969 (3), 453-491. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4969.3.2>.
- Hawkins D.K., Quinn T.P. 1996. Critical swimming velocity and associated morphology of juvenile coastal cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki clarki*), steelhead trout (*O. mykiss*) and their hybrids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 1487-1496
- 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 Development*. 2018; 12 (1):63-73. URL: <http://aquadev.liau.ac.ir/article-1-147-fa.html>. (In Persian).
- Ibanez A.L., Cowx I.G., O'Higgins P. 2007. Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 64, PP: 1091-1100.
- Ihssen P.E., Brooke H.E., Casselman J.M.; McGlade J. M.; Payne, N.R., Utter F.M. 1981. Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. 38, PP: 1838-1855.
- Jafari O, Eagderi S, Nasrolah-Pourmoghadam M, Noforesti H., Mosavi-Sabet H. 2015. Comparison of morphological variations among three species of the genus *Paracobitis* in Iran using geometric morphometrics method with a taxonomical review on the genus in Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 7 Th Year, No. 22, Spring 2015. (In Persian).
- Jalili P., Eagderi S., 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. (In Persian). Jamali- ashtiyani, A, Eagderi, S, Khorasani, N and Zamani, M. 2015. Comparison of body shape features of Kura barbel (*Barbus lacerta*, Heckel 1834) in Caspian, Tigris and Uremia Lake basins using geometric morphometrics technique. *Scientific Research Journal of Animal Environment*. 2015; 7(4): 134- 150. (In Persian).
- Jouladeh-Roudbar A, Eagderi S, Vatandost S. 2016. Introduction of catfishes in Iran's inland waters. *Journal of Ornamental Aquatics*. 2016: 3(1). <http://ornamental.aquatics.ir/article-1-89-fa.html>.
- Jouladeh-Roudbar, A., Ghanavi, H.R. & Doadrio, I. جمعیت *G. galaxias* در حوضه آبریز کارون به روش ریخت‌سنجی تراس و هندسی به‌وسیله آزمون‌های DFA, CVA, PCA و خوشه‌ای و با توجه به فواصل جدول مهالانویسی مشخص شد. نتایج نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه دارای الگوهای شکل بدن متفاوتی می‌باشند. جمعیت رودخانه ارمنند جدا از سه جمعیت افسرآباد، بازفت و بهشت آباد و با فاصله بیشتری قرار دارد و جمعیت‌های بازفت و بهشت‌آباد کمترین فاصله را دارند و در یک خوشه قرار می‌گیرند و جمعیت‌های بهشت‌آباد و افسرآباد نیز تا حدودی با یکدیگر همپوشانی دارند. تفاوت جمعیت رودخانه ارمنند نسبت به سایر جمعیت‌ها در نمای جانبی، باله چربی در موقعیت عقب‌تر و پوزه کوتاه‌تر و در موقعیت عقب‌تر قرار گرفته است و طول بدن کمتر می‌باشد. در نمای پشتی نیز جمعیت ارمنند سری پهن‌تر دارد، پوزه کوتاه‌تر، چشم‌ها و باله چربی در موقعیت جلوتر قرار گرفته است. در نمای شکمی سیلیک‌ها در موقعیت عقب‌تر و ابتدای بادکش در موقعیت جلوتر و طول بادکش بیشتر است. همچنین نتایج مطالعات مولکولی گونه‌های *Glyptothorax* توسط موسوی ثابت و همکاران (Mousavi-Sabet *et al.*, 2021) نیز نتایج مطالعه حاضر را تأیید می‌کند.
- پست الکترونیک نویسندگان**
- معصومه سراوانی: masoomeh.saravani999@gmail.com
حامد موسوی ثابت: mosavii.h@gmail.com
سهیل ایگدری: soheil.eagderi@ut.ac.ir
عادلہ حیدری: adeleheidari14@yahoo.com
- REFERENCES**
- Akbarzadeh A., Karami M., Nezami S., Eagdari S., Bakhtiyari M., Khara M. 2007. Analysis of Population Structure of Pikeperch (*Sander lucioperca*), in Iranian Waters of Caspian Sea and Anzali wetland using Truss System. *Journal of Faculty Natural Resources*, 60: 127-139. (In Persian).
- Almaça C., 1984. Form Relationships among Western Palearctic Species of *Barbus* (Cyprinidae, Pisces). *Arquivos do Museu Bocage*, 2(12): 207-248.
- Dastanpoor D., Eagderi S., Farahmand H., Mousavi-Sabet H. 2021. Morphological Variations and Diagnostic Characteristics of *Chondrostoma regium* Populations in Iranian Inland Waters. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 13(1):46-54.
- Eagderi S., Mouludi-Saleh A., Poorbagher H. 2020. Sexual dimorphism comparison of body shape of *Esmaeilus sophiae* using geometric morphometric method. *Scientific Research Journal of Animal Environment*, 12(4): 21-36. (In Persian).
- Eagderi S., Kelary Ebrahimi S., Ashrafi, S., Jalili P. 2017. Population variation of *Capoeta heratensis* in Hari River and Dasht-e Kavir basins using geometric morphometric technique. *Journal of Aquaculture Sciences*, 5(6): 16-27. (In Persian).
- Eagderi S., Esmaeilzadegan E., Maddah A. 2013. Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian

- (2020). Ichthyofauna from Iranian freshwater: Annotated checklist, diagnosis, taxonomy, and distribution and conservation assessment. *Zoological Studies*, 59, 21. <https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-21>. (In Persian).
- Khatami-Nezhad S., Mosavi-Sabet H., Sattari M., Vatandost S. 2015. A comparative study on morphometric characters of five Spiralin species (Cyprinidae: *Alburnus*) in Iranian inland waters using a truss network system. *Scientific Research Journal of Animal Environment*, 7(1): 16-25.
- Karakousis Y., Triantaphyllidis C., Economidis P.S. (1991), Morphological variability among seven population of brown trout, *Salmo trutta* L., in Greece. *Journal of fish Biology*, 38: 807-817.
- Smith T.B., Skulason S. 1996. Evolutionary Significance of Resource Polymorphisms in Fishes, Amphibians and Birds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 111-133.
- Mohammadi Sh., Eagderi S., Poorbagher H., Mouludi-Saleh A. 2015. Morphological variation of *Oxynoemacheilus bergianus* (Derzhavin, 1934) from the Namak Lake and Caspian Sea basins using morphometrical method. *Journal of Environmental Science and Engineering*. Vol. 2, 13-18.
- Mousavi-Sabet H., Heidari A., Zayyenkarin M. 2018. Morphological Parameters Effective In Sexual Dimorphism Of Livebearers Using Truss Network System: Case Study On *Gambusia holbrooki*. *J. Aqua. Eco.* 2018;8(1):150-154. Url: [Http://Jae.Hormozgan.Ac.Ir/Article-1-388-Fa.Html](http://Jae.Hormozgan.Ac.Ir/Article-1-388-Fa.Html). (In Persian).
- Mousavi-Sabet H., Saemi-Komsari M., Ghasemzadeh Sarcheshmeh K., Sattari M., Eagderi S. 2020. Early development and allometric growth patterns in Electric blue Cichlid *Sciaenochromis fryeri* Konings, 1993. *Journal of Fisheries Science and Technology*. 2020;9(2):79-89. URL:<http://jfst.modares.ac.ir/article-6-45996-fa.html>. (In Persian).
- Mousavi-Sabet H., Eagderi S., Vatandoust S., Freyhof J., 2021. Five new species of the sisorid catfish genus *Glyptothorax* from Iran (Teleostei: Sisoridae). *Zootaxa* 5067 (4): 451-484. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5067.4.1>. (In Persian).
- 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 Zoologica*, 62(3): 167-175. (In Persian).
- 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.
- Nimalathasan B. 2009. Determinants of key performance indicators (KPIs) of private sector banks in Srilanka: an application of exploratory factor analysis, the annals of the Stefan cel Mare University of Suceava, Fascicle of the Faculty of Economics and Public Administration, 9: 9-17.
- Pavlinov I.Y. 2001. Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images. *Information Technologies in Biodiversity Research*. pp: 40-64.
- Poulet N., Reyjol Y., Collier H., 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.
- Rohlf F.J. 2006. Tps Relw. Department of Ecology and Evolution. State University of New York, Stony Brook, NY. 171p.
- Samaee S.M., Patzner R.A., 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. (In Persian).
- Swain D.P., 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):1406-1414.
- Swain D.P., Foote C.J. 1999. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification, *Fisheries Research*, 43: 113- 128.
- Tudela S. 1999. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis ancrasicolor*. *Fisheries Research*. 42, PP: 229- 243.
- 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.
- 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.
- Turan C., Oral M., Öztürk B., 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): 139-14.
- Yamamoto, S., Morita, I., Koizumi, K., and Maekawa, S., 2004. Genetic differentiation of white-spotted charr (*Salvelinu leucomaenis*) populations after habitat fragmentation: spatial- temporal changes in gene frequencies. *Conservation Genetics*, 5: 529-538.

نحوه استناد به این مقاله:

سراوانی م.، موسوی ثابت ح.، ایگدری س.، حیدری ع. بررسی تنوع ریختی جمعیت‌های گربه ماهی سیننه خراش کهکشان *Glyptothorax galaxias* در سرشاخه‌های حوضه آبریز کارون با روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبد کاووس. ۱۴۰۲، ۳۸-۳۰ (۱): ۱۱.

Saravani M., Mousavi-Sabet H., Eagderi S., Heidari A. Morphological variation of Catfish *Glyptothorax galaxias* populations in the headwaters of the Karun drainage basin watershed using traditional and geometric morphometric methods. *Journal of Applied Ichthyological Research*, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(1): 30-38.

Morphological variation of *Glyptothorax galaxias* populations in the headwaters of the Karun drainage using traditional and geometric morphometric methods

Saravani M¹., Mousavi-Sabet H^{1,2*}., Eagderi S³., Heidari A¹.

¹ Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, P.O. Box 1144, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.

² The Caspian Sea basin Reseach Center, University of Guilan, Rasht, Iran.

³ Dept. of fisheries and aquaculture, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Type:

Original Research Paper

<https://doi.org/10.22034/jair.11.1.30>

Paper History:

Received: 04-05-2023

Accepted: 01-08- 2023

Corresponding author:

Mousavi-Sabet H. Dept. of Fisheries,
Faculty of Natural Resources, University of
Guilan, P.O. Box 1144, Sowmeh Sara,
Guilan, Iran.

Email: mosavii.h@gmail.com

Abstract

In the present study, for the morphological comparison of *Glyptothorax galaxias* populations, 54 samples were caught from the four sampling sites, including Afsarabad, Armand, Bazoft and Beheshtabad from the headwaters of the Karun drainage. The geometric morphometric analysis was done based on 15, 13 and 10 homologous morphologica Landmarks on lateral, ventral and dorsal. Landmark method determined the out shape body and related analysis such as PCA, CVA, DFA and dendogram was performed to show differences among population of *Glyptothorax galaxias*. The results showed that the population of Armand is separate from other populations, Bazoft and BeheshtAbad populations show have the least distance and are placed in the same cluster, and Behesht-Abad and Afsarabad populations overlap with each other. It seems that the difference between different habitats in terms of flow intensity, river slope, nutritional conditions, water physics, and chemistry is the reason for the difference in populations, which should be investigated in future studies.

Keywords: Geometricmorphometric, Traditionalmethod, *Glyptothorax*