Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Morphological variation in seven catfish species of the genus *Glyptothorax* in Iranian inland waters using traditional and geometric morphometric methods

***Masoomeh Saravani*[1], *Hamed Mousavi-Sabet*[*2,3], *Soheil Eagderi*[4], *Adeleh Heidari*[5]**

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, P.O. Box 1144, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
2. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, P.O. Box 1144, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
3. The Capian Sea basin Reseaech Center, University of Guilan, Rasht, Iran
4. Department of fisheries and aquaculture, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
5. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, P.O. Box 1144, Sowmeh Sara, Guilan, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2023/05/16
Revised: 2023/06/29
Accepted: 2023/07/03

Keywords:
Morphological differences
Glyptothorax
Traditional method
Geometric morphometric

*Corresponding author:
✉ *mosavii.h@gmail.com*

orcid:0000-0002-2810-8924

doi:**10.52547/joc.14.54.4**

dor20,1001,1,15621057.1402,14,54,4.0

ABSTRACT

Background and Objectives: **In the present study, the morphological variation in seven catfish species of the genus *Glyptothorax* in the inland waters of Iran was studied using traditional and geometric morphometric methods.**

Methods: **For this purpose, 182 specimens including 32 *G. alidaeii*, from the Seimare in the Karkheh drainage, 54 *G. galaxies*, from the upper Karun drainage, 12 *G. hosseinpanahi*, from the Zohreh drainage, 16 *G. shaperi*, from Shapur in the Helleh drainage, 30 *G. silviae*, from the Jarrahi drainage, 26 *Glyptothorax* sp. from the Gamasiab drainage, 12 *G. pallens*, from the Sirvan drainage, totally from 12 sampling sites in inland waters of Iran were analyzed. The sampling was done using electrofishing during 2009-2021. Morphological traits were measured. The geometric morphometric comparison based on 15, 13, and 10 landmark indicators respectively from lateral view with 106, ventral 79, and dorsal 46 distance between these points were digitized and analyzed. The landmark method was used to determine the general body shape of the populations and related analyzes including DFA, CVA, PCA, and hierarchical dendrogram were performed to determine the differences between the *Glyptothorax* populations**

Findings: **The PCA results of the studied *Glyptothorax* showed that in lateral, dorsal, and ventral views, 37.375%, 51.164%, and 38.228% of body shape changes are related to two main components, respectively. The traits that had the greatest impact on the separation of the studied species were related to the position of the snout, body length, body depth, head depth, and caudal peduncle length. In addition to the previously reported differences, this morphological-analysis showed a significant interspecific morphological diversity among the studied *Glyptothorax*.**

Conclusion: **The obtained results showed a well separation between the studied *Glyptothorax* species, also suggest the *Glyptothorax* sp. Population from Gamasiab River as undescribed species, which needs further molecular studies to confirm.**

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
3	8	53

مقاله پژوهشی

بررسی تنوع ریختی هفت گونه از گربه‌ماهیان جنس *Glyptothorax* در آب‌های داخلی ایران، با استفاده از روش‌های سنتی و هندسی

معصومه سراوانی[1]، سیدحامد موسوی ثابت[2،3*]، سهیل ایگدری[4]، عادله حیدری [5]

۱. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران
۲. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران
۳. گروه علوم دریایی، پژوهشکدهٔ حوضهٔ آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان، ایران
۴. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۵. گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

واژگان کلیدی:
تفاوت‌های ریختی
گربه ماهی سینه خراش
ریخت‌سنجی سنتی
ریخت‌سنجی هندسی

*نویسندهٔ مسئول
✉*mosavii.h@gmail.com*

orcid:0000-0002-2810-8924
doi:**10.52547/joc.14.54.4**
dor20,1001,1,15621057.1402,14,54,4.0

چکیده

پیشینه و اهداف: در مطالعهٔ حاضر، وضعیت ریختی گربه‌ماهیان جنس *Glyptothorax* در آب‌های داخلی ایران، با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی، بررسی شد.

روش‌ها: بدین‌منظور، ۱۸۲ نمونه، شامل ۳۲ *G. alidaeii* از سیمره در زهکش کرخه، ۴۵ *G. galaxias* از زهکش بالادست کارون، ۱۲ *G. hosseinpanahii* از زهکش زهره، ۱۶ *G. shapuri* از زهکش شاپور در حله، ۳۰ *G. silviae* از زهکش جراحی، ۲۶ *Glyptothorax* sp. از زهکش گاماسیاب و ۱۲ *G. pallens* از زهکش سیروان، مجموعا از ۱۲ ایستگاه در آب‌های داخلی ایران تحلیل شد. نمونه‌برداریها با استفاده از دستگاه ماهیگیر الکتریکی طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۹، صورت پذیرفت. صفات ریختی به‌ترتیب اندازه‌گیری شد. مقایسهٔ ریخت‌سنجی هندسی بر اساس ۱۵، ۱۳ و ۱۰ نقطهٔ نشانگر هم‌ساخت، به‌ترتیب، از نمای جانبی با ۱۰۶، شکمی ۷۹ و پشتی ۴۶ فاصله بین این نقاط رقومی‌سازی و تحلیل شد. روش نقاط نشانه (لندمارک)، به‌منظور تعیین شکل کلی بدن افراد جمعیت‌ها، استفاده شد و آنالیزهای مرتبط، شامل DFA, CVA, PCA و دندروگرام سلسله‌مراتبی، صورت گرفت تا تفاوت‌های میان جمعیت‌های *Glyptothorax* مشخص شود.

یافته‌ها: نتایج PCA هفت گونه *Glyptothorax* نشان داد که در نمای جانبی و پشتی و شکمی، به‌ترتیب، ۳۷،۳۷۵ درصد، ۵۱،۱۶۴ درصد و ۳۸،۲۲۸ درصد از تغییرات شکل بدن مربوط به دو مؤلفهٔ اصلی است. صفاتی که بیشترین تأثیر را در تفکیک گونه‌های مطالعه شده داشتند مربوط به موقعیت پوزه، طول و عمق بدن، عمق سر و طول ساقهٔ دمی بودند. علاوه‌بر تفاوت‌های گزارش‌شده، این تحلیل ریخت‌سنجی تنوع ریختی بین‌گونه‌ای معنی‌داری را در میان گونه‌های جنس *Glyptothorax* نشان داد.

نتیجه‌گیری: همچنین نتایج تحلیل ریختی، ضمن تفکیک گونه‌های جنس *Glyptothorax*، جمعیت ساکن در رودخانه گاماسیاب *Glyptothorax* sp. را به‌مثابهٔ گونه مجزای توصیف نشده پیشنهاد می‌کند که اعتبار آن به مطالعات تکمیلی مولکولی نیاز دارد.

مقدمه

با وجود اکوسیستم‌های آبی متعدد در کشور، تاکنون مطالعات محدودی در زمینه‌های سیستماتیک، زیست‌شناسی و بوم‌شناسی ماهیان صورت گرفته است. این در حالی است که درخصوص زیرگونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان آب‌های داخلی و دریایی ایران ابهامات زیادی وجود دارد[۱]. استفاده از صفات ریختی در بسیاری از مطالعات تبارشناسی ماهیان مرسوم است و حتی امروزه، در تعریف گونه‌های جدید ماهیان، بیشترین تکیه بر صفات ریختی آنهاست[۲]. حتی می‌توان اکیداً ادعا کرد که تمامی مطالعات زیست‌شناسی دربارهٔ ماهیان ایران بر پایهٔ شناسایی اولیه و میدانی آنها و صفات کلیدی ریختی استوار بوده است[۳].

مطالعهٔ ماهیان در اکوسیستم‌های آبی، ازنظرِ تکاملی، بوم‌شناسی، رفتارشناسی، حفاظت و مدیریت منابع آبی، بهره‌برداری از ذخایر و پرورش آنها، بسیار حائز اهمیت است. اِعمال مدیریت صحیح بر ذخایر آبزیان و توسعهٔ آبزی‌پروری هنگامی موفقیت‌آمیز خواهد بود که ذخایر ژنی گونه‌های بومی مطالعه شود. نخستین قدم در این زمینه تشخیص درست گونه‌ها، جمعیت‌ها یا نژادهاست که این امر، ازنظرِ مدیریت شیلاتی و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی گونه‌ها، حائز اهمیت است[۴]. در آب‌های داخلی ایران، ماهیانی بسیار متنوع و جالب‌توجه وجود دارند. در بین منابع آب‌های داخلی ایران، حوضه‌های رودخانهٔ کارون، کرخه، دجله و جنوب دریای خزر بیشترین تنوع گونه‌ای را دارند. بیش از ۲۰۲ گونه ماهی، شامل ۳ رده، ۱۷راسته، ۲۸ خانواده و ۱۰۴ جنس، در آب‌های داخلی ایران وجود دارند که سه خانوادهٔ کپورماهیان (Cyprinidae)، سگ‌ماهیان جویباری (Balitoridae) و رفتگرماهیان (Cobitidae)، به‌ترتیب، دارای بیشترین تنوع گونه‌ای هستند[۶، ۵]. ویژگی های ریخت‌شناسی ماهیان معمولاً در علم زیست‌شناسی آنها استفاده می‌شود تا اختلافات و روابط بین گروه‌های گوناگون رده‌بندی را تعیین کند[۷]. اختلافات ریخت‌شناسی میان جمعیت‌ها یا گونه‌ها معمولاً به‌صورت تعریف شکل کلی بدن یا شکل‌های تشریحی خاص تعریف می‌شود. برای مثال، یک گونه ممکن است به‌طور نسبی دارای بدنی لاغرتر یا مرتفع‌تر یا دارای چشم‌های کوچک‌تر یا بالهٔ پشتی کوچک‌تر، در مقایسه با گونه‌ای دیگر باشد. هرچند این توصیفات کیفی در برخی از مواقع کافی است، بهتر است برای بیان اختلاف بین افراد از لحاظ کمّی اندازه‌گیری‌هایی دربارهٔ آنها انجام گیرد و سپس اندازه‌ها تحلیل آماری شود[۸]. بااین‌حال، مهم‌ترین محدودیت خصوصیات ریخت‌شناسی در سطح درون‌گونه‌ای آن است که تغییرات ریختی مستقیماً تحت کنترل ژنتیک نباشد بلکه ناشی از تغییرات محیطی باشد[۹]. این تغییرات ریختی حتماً منجر به تغییرات ژنتیکی در جمعیت نمی‌شود[۱۰، ۱۱]. بنابراین، تعیین اختلافات ریختی میان جمعیت‌ها دلیلی بر اختلافات ژنتیکی آنها نیست[۷]. مطالعات ریخت‌سنجی ازجملهٔ ابزارهای مورد استفاده در مقایسهٔ جمعیت‌های گوناگون ماهیان، ازجمله بررسی آرایه شناختی و انعطاف‌پذیری ریختی است. روش‌های مطالعات ریخت‌سنجی قدمتی بسیار بالا در مطالعات شکل بدن ماهیان دارد و در طی چند دههٔ اخیر پیشرفت چشمگیری داشته است. ازآنجایی‌که مختصات هندسی لندمارک اندازه‌گیری‌شده به‌وسیلهٔ مجموعهٔ مختصات لندمارک‌ها نگهداری می‌شوند، ریخت‌سنجی هندسی نمایش تصویری مؤثر از نتایج آماری به‌صورت تغییرات شکل را ممکن می‌سازد[۱۲]. روش مدرن ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه دارای قابلیتی وسیع در مطالعات زیست‌شناسی است که به‌طور موفقیت‌آمیزی در مطالعات ریخت‌شناسی استفاده می‌شود[۱۳، ۱۴]. ریخت‌سنجی هندسی در مطالعات بوم‌شناسی، جغرافیای زیستی، رده‌بندی، انعطاف‌پذیری ریختی و تکامل‌های منجر به گونه‌زایی به‌طور گسترده، برای درک تغییرات شکل در فضا و زمان در طول تکامل، ارتباط ژنتیکی و تأثیر فاکتورهای زیست‌محیطی، استفاده شده است[۱۵]. عدم‌قطعیت در وضعیت طبقه بندی گونه‌ها بسیار مشکل‌ساز است و بررسی فیلوژنی زیرخانواده‌ها، جنس‌ها و گونه‌ها را دشوار می‌کند[۱۶].

راستهٔ گربه‌ماهی‌سانان Siluriformes شامل ۳۵ خانواده و حدود ۲۸۶۷ گونه است. جزء فوق راسته شعاع‌بالگان Actinopterygii هستند. بیشتر گربه‌ماهی‌شکلان دارای یک تا چهار جفت سبیلک هستند و دلیل نام‌گذاری آنها به گربه‌ماهی وجود سبیلک‌های اطراف دهان آنهاست. آنها دارای چشمان کوچک، بعضاً بالهٔ چربی و شعاع سخت در باله‌ها هستند. بیشتر اعضای این راسته بدون فلس هستند. پراکنش خانوادهٔ Sisoridae در جنوب آسیا، از ترکیه و روسیه تا چین و بورنئو، است. ۲۵ جنس و ۲۶۶ گونه در جهان دارند که ساکن آب‌های شیرین و لب شور هستند و گونهٔ دریایی ندارند. بالهٔ چربی بزرگ دارند (جز جنس *Sisor* که باله به خاری کوچک تبدیل شده است). در بعضی از گونه‌ها، بالهٔ چربی به بالهٔ دمی چسبیده شده، بالهٔ دمی با پایهٔ کوچک دارای شعاع سخت یا بدون شعاع سخت است و بعضی گونه‌ها اندام چسبنده در ناحیهٔ سینه‌ای دارند. اکثراً، گونه‌هایی کوچک هستند اما طول برخی گونه‌ها تا ۲ متر هم می‌رسد. غالب گونه‌ها ساکن آب‌های سریع کوهستانی هستند[۱۷]. گربه‌ماهی‌های خانوادهٔ Sisoridae از جنس *Glyptothorax* در ایران پراکنش دارند و در تمامی شاخه‌های حوضهٔ خلیج‌فارس، از دجله و فرات در جنوب تا مند، یافت می‌شوند[۱۸]. در مطالعه‌ای، پنج گونهٔ جدید *Glyptothorax* از ایران شناسایی شد. *Glyptothorax alidaeii*، گونهٔ جدید از سیمره در زهکش کرخه؛ *G. galaxias*، گونهٔ جدید از زهکش بالادست کارون؛ *G. hosseinpanahii*، گونهٔ جدید از زهکش زهره؛ *G. pallens*، گونهٔ جدید از زهکش سیروان؛ *G. shapuri*، گونهٔ جدید

از رودخانهٔ شاپور در زهکش حله، و گونهٔ *G. silviae* از زهکش جراحی که بازشناسایی شد. هر شش گونه، ازنظرِ ریخت‌شناسی، با اندام چسبندهٔ سینه‌ای و همچنین جزئیات در الگوی رنگ قابل تشخیص هستند. آنها، بر اساس منطقهٔ بارکد DNA میتوکندری، کلادهای میتوکندری متمایز را بین ۱۰۲و ۴۰۱ درصد حداقل فاصلهٔ K2P تشکیل می‌دهند[۱۹].

در پژوهشی، از سال ۲۰۰۹، شروع به جمع‌آوری گربه‌ماهیان *Glyptothorax* در سراسر ایران کردند و به تنوع شکل بدن و الگوهای رنگی این ماهیان پی بردند. ماهی‌های مناطق گوناگون کاملاً با یکدیگر متفاوت به نظر رسیدند اما، به‌دلیل دسترسی نداشتن به *Glyptothorax* خارج از ایران که همهٔ گونه‌ها، جز دو گونه (*G. kurdistanicus* و *G. silviae*، هر دو از ایران) از آنجا هستند، نتوانستند جمعیت‌های مختلف را شناسایی کنند[۱۹].

چهار گونهٔ *G. kurdistanicus*, *Glyptothorax armeniacus*, *G. cous* و *G. steindachneri* بین قرن ۱۸ و نیمهٔ اول قرن ۲۰ نام‌گذاری شده‌اند و همهٔ آنها مستنداتی ضعیف دارند که شناسایی ماهی‌های تازه‌صیدشده را به‌مثابهٔ یکی از این گونه‌ها دشوار می‌کند. این موضوع با مطالعه‌هایی که همهٔ این گونه‌ها را به‌تفصیل بررسی می‌کنند و امکان شناسایی آنها را فراهم می‌کنند حل شده است[۲۰]. در مطالعه‌ای، تنها دو گونه از ایران شناسایی و جمعیت‌هایی از شاخه‌های زاب کوچک و سیروان به‌عنوان *G. kurdistanicus* و از رودخانه‌های کرخه، کارون، جراحی و دیگر رودخانه‌های کوچک‌تر خلیج‌فارس به‌نام *G. silviae* شناسایی شدند[۱۸]. *Glyptothorax silviae* از رودخانهٔ جراحی که به تالاب شادگان، در شمالی‌ترین نقطهٔ خلیج‌فارس، درست در جنوب کارون، ختم می‌شود شناسایی شد[۴]. از راستهٔ گربه‌ماهی‌شکلان Siluriformes، چهار خانواده و چهار جنس در آب‌های داخلی ایران شناسایی شد که در میان آنها از حوضهٔ آبریز دجله، از خانوادهٔ Sisoridae گونه‌های *Glyptothorax kurdistanicus* و *G. silviae* نیز حضور داشتند[۱۷].

مطالعهٔ حاضر ازاین‌رو حائز اهمیت است که، در حفاظت از گونه‌ها در سراسر دنیا، گونه‌های بومی که ازنظرِ ذخیرهٔ ژنتیکی دارای ارزشی خاص هستند، به‌دلیل محدود شدن آنها در زیستگاه‌های ویژهٔ هر کشور، اولویت بیشتری را در مدیریت حفاظت به خود اختصاص می‌دهند[۲۱]. بیشتر پژوهش‌ها درخصوص ماهیان آب‌های داخلی ایران مربوط به پژوهشگران خارجی است[۵، ۶]. در سال‌های اخیر، حجم و کیفیت مطالعات ماهی‌شناسی دربارهٔ منابع آب‌های داخلی ایران روندی سعودی و مطلوب داشته است اما هنوز اطلاعات موجود دربارهٔ خصوصیات زیست‌شناختی، بوم‌شناختی و پراکنش اغلب ماهیان آب‌های داخلی ایران محدود و ناقص است. با توجه به اینکه گربه‌ماهیان *Glyptothorax* بومی حوضهٔ آبریز خلیج‌فارس ایران است و مطالعات صورت‌گرفته روی این گونه بسیار اندک و محدود است، بررسی همه‌جانبهٔ این گونه از جهات مختلف ریخت‌شناسی ضروری است. ازآنجاکه پس از مرحلهٔ شناسایی گونه‌ها و جمعیت‌هاست که می‌توان از آنها حفاظت[۷] و اقدام به مدیریت و ارزیابی آنها کرد و تاکنون شناسایی دقیق و مطالعات ریخت سنجی روی این گونه‌ها و جمعیت‌های آنها انجام نشده است، نمی‌توان این ذخایر آبزیان و تنوع‌زیستی را مدیریت و حفاظت کرد. شناخت تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های یک گونه ازنظرِ حفاظت و درک روند تکامل آنها به‌مثابهٔ واحدهای تکاملی اهمیتی بسزا دارد[۲۲]. نتایج این تحقیق به درک بهتر تفاوت‌های ریختی گونه‌های این جنس کمک خواهد کرد.

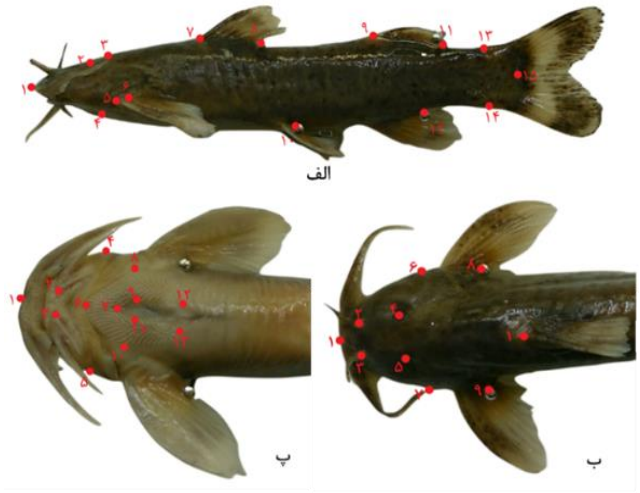
روش پژوهش

در مطالعهٔ حاضر، خصوصیات ریخت‌سنجی هفت گونه از گربه‌ماهیان جنس *Glyptothorax* به دو روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی بررسی و مقایسه شد و نتایج آن مورد تحلیل آماری و مقایسه قرار گرفت. تعداد ۱۸۲ نمونه در کل از ۱۲ ایستگاه مورد بررسی در استان‌های غربی و جنوب‌غربی ایران در حوضهٔ آبریز خلیج‌فارس: گونهٔ *G. alidaeii* از زهکش کرخه؛ *G. hosseinpanahii* از زهکش زهره؛ *G. galaxias* از زهکش کارون؛ *G. pallens* از زهکش سیروان؛ *G. shapuri* از زهکش حله؛ گونهٔ *G. silviae* از زهکش جراحی، و یک گونهٔ توصیف نشدهٔ *Glyptothorax* sp. از زهکش گاماسیاب، از ۱۲ ایستگاه افسرآباد، ارمند، اروند، بازفت، بهبهان، بهشت‌آباد، مارون، گاماسیاب، کنارچشمه، سیمره و تنگهٔ قیر، با دستگاه ماهیگیر الکتریکی صید شدند. نمونه‌های صیدشده، پس از بیهوشی، با محلول عصارهٔ پودر گل میخک ۱ درصد در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و به آزمایشگاه ماهی‌شناسی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان منتقل شدند. برای شناسایی نمونه‌ها از کلیدهای شنایی از مقالهٔ Mousavi-Sabet و همکاران استفاده شد[۱۹]. مجموع ۷ گونه بر اساس تعداد نمونه در هر ایستگاه و مناسب بودن نمونه‌ها، ازنظرِ اندازه و نبودِ نمونه‌های بدشکل، انتخاب شدند (جدول ۱).

جدول ۱ تعداد گربه‌ماهیان جمع‌آوری‌شده از ایستگاه‌های مطالعه‌شده

ایستگاه	موقعیت جغرافیایی			تعداد گونه				
		G. alidaeii	*G. galaxias*	*G. silviae*	*G. pallens*	*G. shapuri*	*G. hosseinpanahii*	*Glyptothorax* sp.
افسرآباد	°۳۲′۵۹″N ۰۸ °۵۰′۵۹″E ۲۵	–	۱۶	–	–	–	–	–
ارمند	°۳۱′۱۶″N ۴۰ °۵۰′۱۳″E ۴۶	–	۱۲	–	–	–	–	–
الوند	°۳۴′۴۲″N ۳۰ °۴۵′۴۶″E ۳۵	–	–	–	۱۲	–	–	–
بازفت	°۳۱′۳۲″N ۴۹ °۵۰′۳۹″E ۱۸	–	۱۲	–	–	–	–	–
بهشت آباد	°۳۲′۳۶″N ۰۱ °۵۰′۲۳″E ۳۷	–	۱۴	–	–	–	–	–
مارون بهبهان	°۳۰′۳۳″N ۴۴ °۵۰′۵۶″E ۱۱	–	–	۱۴	–	–	–	–
گاماسیاب	°۳۴′۳۷″N ۱۹ °۴۷′۲۱″E ۴۲	–	–	–	–	–	–	۲۶
گراب مارون	°۳۱′۵۲″N ۱۹ °۵۰′۲۶″E ۲۴	–	–	۱۶	–	–	–	–
کنارچشمه شاپور	°۲۹′۳۲″N ۲۸ °۵۱′۰۰″E ۰۷	–	–	–	–	۱۶	–	–
کلات	°۳۰′۲۶″N ۵۸ °۵۰′۴۱″E ۳۳	–	–	–	–	–	۱۲	–
پل سیمره	°۳۳′۵۴″N ۴۰ °۴۷′۲۳″E ۰۳	۱۶	–	–	–	–	–	–
تنگ قیر	°۳۳′۱۹″N ۴۴ °۴۶′۵۶″E ۴۰	۱۶	–	–	–	–	–	–

در این مطالعه، برای بررسی ریختی نمونه‌ها، از روش سیستم شبکه‌ای تراس و ریخت‌سنجی هندسی (Geometric Morphometric Truss Network System)، شامل روش آنالیز شکلی (Landmarks Method)، استفاده شد. از دوربین دیجیتال سامسونگ ۱۰ مگاپیکسل با پایهٔ مخصوص دوربین برای عکس برداری از نمونه‌ها استفاده شد. از تک‌تک نمونه‌ها، تحت شرایط یکسان و با رعایت فاصلهٔ ثابت، عکس‌برداری شد. تصاویر مربوط به هر ایستگاه به‌صورت مجزا به رایانه انتقال داده شد. تعداد ۱۳، ۱۰ و ۱۵ نقطه، به‌ترتیب، روی سطوح، شکمی، پشتی، جانبی بدن ماهی انتخاب شدند. در تعیین نقطهٔ نشانگر، سعی شد محل نقطه‌گذاری در کلیهٔ تصاویر دقیق و مشابه باشد (لندمارک‌گذاری). نقطه‌نشانه‌ها توسط نرم‌افزار tpsDig2 version 2.16 انجام شد [۲۳].



شکل ۱ تصاویر نقطه‌نشانه‌ها: الف) نمای جانبی؛ ب) نمای پشتی؛ پ) نمای شکمی.

بدین‌علت‌که ویژگی‌های ریخت‌شناسی در طول دوران حیات ثابت نیست و ارتباطی مستقیم با اندازهٔ بدن ماهی دارد، برخلاف ویژگی‌های شمارشی[۲۴]، اولین قدم در تحلیل آماری داده‌های ریخت‌سنجی اصلاح داده‌های خام ریخت‌سنجی به متغیرهای است که مستقل از اندازهٔ بدن هستند و تنها اختلاف شکل را نشان می دهند[۲۵]. در این پژوهش، به‌منظور حذف اثر اندازه، داده‌های ریخت‌سنجی قبل از تحلیل به‌کمک فرمول الیوت استاندارد شدند[۲۶]. استاندارد کردن داده‌های ریخت‌سنجی تغییرات ناشی از رشد آلومتریک را کاهش می‌دهد[۲۷].

برای جداسازی ایستگاه‌ها، با استفاده از رابطهٔ ماتریسی خصوصیات ریخت‌شناسی، از تحلیل تابع متمایزکننده (DFA: Discriminant Factor

analysis) و آزمون تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی (PCA: Principle components Analyze) استفاده شد و درخصوص هریک از صفات استخراج‌شده صفات اصلی مشخص شدند. در تجزیه به عامل‌ها، از ضریب KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) کایزر استفاده شد. مقدار بزرگ‌تر از ۰/۰۵ این ضریب بدین معنی است که روش تجزیه به عامل‌ها مناسب است[۲۶، ۲۸]. همچنین دندروگرام صفات ریخت‌سنجی مطلق بر اساس فاصلهٔ اقلیدسی توسط نرم‌افزار رسم شد[۲۵]. برای کلیهٔ تحلیل‌های آماری و ترسیمی، از نرم‌افزارهای SPSS Version 16، Excel ، NTSYSpc Version 2.02i و PAST Version 2.06 (Paleontological Statistics) و Morpho J استفاده شد. برای بررسی میزان حداکثر جدایی بین گروه‌ها، از آزمون تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) استفاده شد[۲۵].

نتایج و بحث

روش ریخت‌سنجی هندسی قابلیت دارد که تفاوت‌های ریختی را بهتر و دقیق‌تر از روش ریخت‌سنجی سنتی استخراج کند و برای بسیاری از گونه‌های دارای اندازهٔ بدنی کوچک به‌مثابهٔ ابزار جایگزین الگوهای رنگی بدن در مطالعات ریخت‌شناسی و ارائه‌شناسی کاربرد دارد. شکل موجود زنده نشان‌دهندهٔ سازگاری‌های محیطی و تغییرات ژنتیکی آن است[۲۹]. تکنیک‌های گوناگونی برای ریخت‌سنجی وجود دارد که به‌طورِکلی می‌توان آنها را به دو دستهٔ سنتی و هندسی تقسیم کرد. روش‌های ریخت‌سنجی به‌طور گسترده برای شناسایی تفاوت بین جمعیت‌های ماهی استفاده شده است [۳۰، ۳۱]. هرچند بخشی عمده از صفات ریختی موجودات زنده حاصل ژنتیک آنهاست، مطالعات نشان داده‌اند که ممکن است موجودات زنده تغییرات ریختی‌ای را نشان دهند که لزوماً انعکاس خصوصیات ژنتیکی آنها نیست[۳۲]. اساساً، شکل ظاهری موجودات زنده حاصل برایند ژنتیک و عوامل محیطی آنهاست[۳۳، ۳۴]. برخی از عوامل محیطی عبارت‌اند از: شکارچیان، قابلیت اشغال نیچ اکولوژیکی جدید، افزایش کارایی تغذیه و استتار. اخیراً، مطالعات ارزشمند و جالبی درخصوص کاربرد ریخت‌سنجی هندسی در درک و مطالعهٔ الگوهای تنوع ریختی و انعطاف‌پذیری ریختی و حتی شناسایی جمعیت‌های گوناگون ماهیان بر اساس الگوهای ریختی صورت گرفته و مشخص شده است که این تکنیک‌ها در مطالعات ماهی‌شناسی بسیار ارزشمند هستند. برای مثال، در مطالعهٔ تنوع ریختی درون‌گونه‌ای کلمهٔ خزری، بر اساس الگوی شکل هندسی بدن مشخص شد که کلمهٔ ارس، ازنظرِ ریختی، با کلمه‌های گیلان و ترکمن متفاوت است[۳۵]. همچنین مطالعهٔ مقایسه‌ای روی دوازده گونهٔ کلوپیده نشان داد که برخی از خصوصیات استخوانی می‌توانند به‌مثابهٔ ویژگی‌های مناسب برای شناسایی کلوپیدهای مورد مطالعه در سطح گونه و جنس استفاده شوند[۳۶]. در مطالعهٔ انعطاف‌پذیری ریختی مرتبط با زیستگاه بر اساس ریخت‌سنجی هندسی شکل بدن ماهی خیاطه، مشخص شد که جمعیت‌های گوناگون این ماهی که در رودخانه‌های دارای شرایط متفاوت ساکن هستند تفاوت‌های ریختی درخور ملاحظه‌ای دارند[۳۷]. در مطالعه‌ای روی ریخت سنجی هندسی فلس‌ماهیان خانوادهٔ کپورماهیان، مشخص شد که می‌توان، بر اساس شکل فلس، برخی از جنس‌های این خانواده را شناسایی کرد[۳۸]. اساساً، خصوصیات ساختارها و عملکرد آنها دو مقولهٔ جدایی‌ناپذیرند. بدیهی است که فرم و شکل و خصوصیات ساختار بر عملکرد آن مؤثر است[۳۹]. بر اساس مشاهدات میدانی و با توجه به مطالعاتی که اخیراً درخصوص تنوع ریختی گونه‌های جنس *Cyprinion* در ایران انجام شده، تنوع ریختی درون‌گونه‌ای بالایی در اعضای این جنس مشاهده شده است[۴۰، ۴۱]. مطالعهٔ انعطاف‌پذیری ریختی مرتبط با زیستگاه دربارهٔ جمعیت‌های ماهی *Alburnus chalcoides* نشان داد که جمعیت‌های گوناگون این ماهی، برای افزایش توانایی زیستی خود، یکسری انعطاف‌پذیری‌های ریختی را در پاسخ به شرایط محیطی نشان می‌دهند که از آن جمله است: افزایش ارتفاع بدن و اصلاح فرم هیدرودینامیک بدن[۴۲]. در مطالعه‌ای، خصوصیات ریخت‌شناختی دو جمعیت از اردک‌ماهی (*Esox lucius*) در تالاب انزلی و تالاب امیرکالیهٔ لاهیجان با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌سنجی و شمارشی بررسی و مقایسه شد. نتایج PCA, DFA و کلاستر تمایز بین جمعیت‌های اردک‌ماهیان دو تالاب را نشان داد که احتمالاً دلیل تمایز جمعیت ماهیان این دو تالاب مربوط به شرایط زیستگاهی متفاوت است[۴۳]. در بررسی ریخت‌سنجی ماهی خیاطهٔ *Alburnoides eichwaldii* با شبکهٔ تراس، آنالیز تابع متمایزکننده توانست جمعیت‌های مورد مطالعه را تفکیک کند. به نظر می‌رسد تفاوت‌های زیستگاه‌های، ازنظرِ شدت جریان آب، شیب رودخانه، شرایط فیزیکی و شیمیایی آب و شرایط تغذیه‌ای، دلیل تفاوت این جمعیت‌هاست[۴۴].

مطالعه بررسی تغییرات شکل بدن جمعیت‌های مختلف بلنی ماهیان جنس *Omobranchus* در سواحل ایرانی خلیج‌فارس و دریای عمان، با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی، نشان داد که تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های ریختی پنج جمعیت موردبررسی وجود داشت و مهم‌ترین صفات بیان کننده تغییرات بین گروهی شامل، 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 [۴۵]. مطالعهٔ کاربرد روش ریخت‌سنجی هندسی در تفکیک گونه‌ایِ

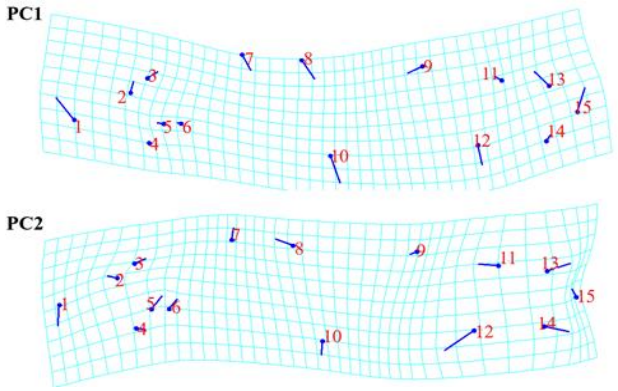
جمعیت‌های سه گونه از جنس *Paracobitis* نشان داد که تفاوت‌ها مربوط به طول و عرض سر، پهنای بدن، طول ساقهٔ دمی، جایگاه چشم و موقعیت بالهٔ پشتی بودند. نتایج همچنین نشان داد که جمعیت رودخانهٔ کردان احتمالاً گونهٔ *P. iranica* نباشد. علاوه‌براین، مطالعهٔ پژوهش آشکار کرد که روش ریخت‌سنجی هندسی، برای بسیاری از گونه‌های دارای اندازهٔ کوچک، نظیر اعضای خانوادهٔ Nemachelinae، ابزاری مناسب به‌منظور مطالعات ریخت‌شناختی و آرایه‌شناسی است[۴۶]. در مطالعه‌ای، کارایی ریخت‌سنجی سنتی و هندسی در تفکیک جوامع ماهیان *Alburnus doriae* بررسی شد. نتایج نشان داد هر دو روش ریخت‌سنجی هندسی و سنتی قابلیتی مشابه در تفکیک جمعیت‌های ماهی مورد مطالعه دارند[۴۷]. جمعیت‌های ماهیان در شرایط محیطی متغییر شکل‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. ماهیان به متغیرهای محیطی حساسیت بالایی دارند و خود را با محیط سازگار می‌کنند و شرایط فیزیولوژیکی بدنی خود را متناسب با تأثیرات تغییرات محیطی انطباق می‌دهند[۴۸]. ویژگی‌های ریختی ماهیان از فاکتورهای محیطی، مانند رقابت، میزان دسترسی به منابع غذایی، جریان آب، نوع بستر و پوشش گیاهی، تأثیر می‌پذیرد[۴۹]. سطح تغییرات درون‌جمعیتی متأثر از عوامل متعددی، ازجمله الگوی رشد، حضور گروه‌های فنوتیپی، وجود بیش از یک جمعیت در منطقه یا رانش ژنتیکی، است[۵۰، ۵۱]. درخصوص ماهی شاه‌کولی خزری نیز، تأیید شده است که ماهیان ساکن تالاب انزلی، در مقایسه با جمعیت‌های رودخانه‌ای، دارای بدنی دوکی‌شکل‌تر هستند[۴۷]. تفاوت‌های شکل سر و ساختارهای آن و تغییر جایگاه باله‌ها در مقایسهٔ میانگین شکل بدن با میانگین اجماع ماهیان *Glyptothorax* مورد مطالعه را می‌توان به رفتار و نوع تغذیهٔ آنها نسبت داد چراکه تفاوت‌های شکل سر و ساختارهای آن و تغییر جایگاه باله‌ها به‌مثابهٔ سازگاری با ویژگی‌های زیستگاهی تلقی می‌شود[۵۲]. شکل بدن، بسته به نوع زیستگاه، دائماً در حال تغییر است و تحت تأثیر نوع شنای ماهیان قرار دارد. در آب‌های آزاد، داشتن شکل دوکی هیدرودینامیک برای تغذیه و شنا بسیار مناسب است درحالی‌که در زیستگاهی آرام و بدون جریان، مانند تالاب، داشتن بدن پهن مطلوب است[۵۳].

۱. نتایج تحلیل آنالیز تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی (PCA)

نمای جانبی برای هفت گونهٔ *Glyptothorax*، با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های PCA و مقایسهٔ فاکتورهای استخراجی، نشان داد که هرچه دامنهٔ تغییرات صفات بیشتر باشد تعداد مؤلفه‌ها و مقادیر ویژهٔ بزرگ‌تر از ۱ در آن صفات بیشتر است. در این روش، تعداد ۱۵ فاکتور در نمای جانبی با مقادیر بزرگ‌تر از ۱ انتخاب شدند (جدول۲). فاکتورهای اول و دوم (PC1، PC2) مهم‌ترین نقش را در تغییرات داده‌ها ایجاد کرده‌اند که ۳۷٫۳۷۵ درصد از تغییرات شکل بدن مربوط به دو مؤلفهٔ اصلی است که دارای بیشترین تغییر بودند. نتیجهٔ PCA برای نمای پشتی و شکمی هفت گونه، به‌ترتیب، نشان داد که ۵۱٫۱۶۴ درصد و ۳۸٫۲۲۸ درصد از تغییرات شکل بدن مربوط به دو مؤلفهٔ اصلی است.

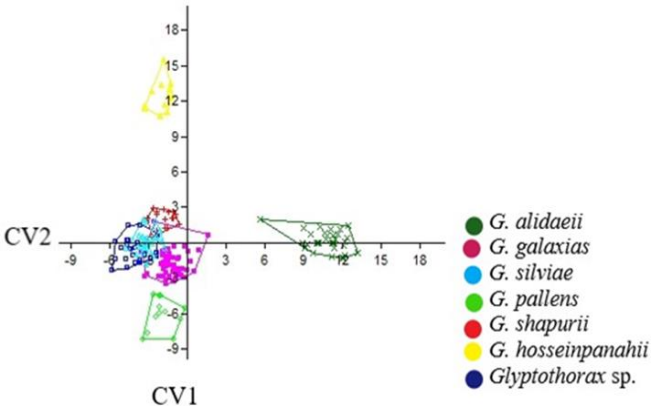
جدول ۲ مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی با سیستم شبکه‌ای تراس حاصل از آنالیز فاکتورهای اصلی از آنالیز PCA از هفت گونه مورد مطالعه از *Glyptothorax*

فاکتور	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۲۴٫۲۴۰	۲۳٫۰۸۶	۲۳٫۰۸۶
۲	۱۵٫۰۰۴	۱۴٫۲۸۹	۳۷٫۳۷۵
۳	۱۲٫۳۹۳	۱۱٫۸۰۳	۴۹٫۱۷۸
۴	۱۰٫۶۲۰	۱۰٫۱۱۴	۵۹٫۲۹۲
۵	۷٫۴۳۱	۷٫۰۷۷	۶۶٫۳۶۸
۶	۶٫۶۲۶	۶٫۳۱۰	۷۲٫۶۷۹
۷	۵٫۰۱۸	۴٫۷۷۹	۷۷٫۴۵۸
۸	۴٫۹۹۷	۴٫۷۵۹	۸۲٫۲۱۷
۹	۳٫۲۷۸	۳٫۱۲۲	۸۵٫۳۳۹
۱۰	۳٫۲۵۰	۳٫۰۹۵	۸۸٫۴۳۴
۱۱	۲٫۷۵۴	۲٫۶۲۳	۹۱٫۰۵۷
۱۲	۲٫۱۱۹	۲٫۰۱۸	۹۳٫۰۷۶
۱۳	۱٫۵۴۶	۱٫۴۷۲	۹۴٫۵۴۸
۱۴	۱٫۲۵۵	۱٫۱۹۵	۹۵٫۷۴۳
۱۵	۱٫۰۲۵	۰٫۹۷۶	۹۶٫۷۱۹

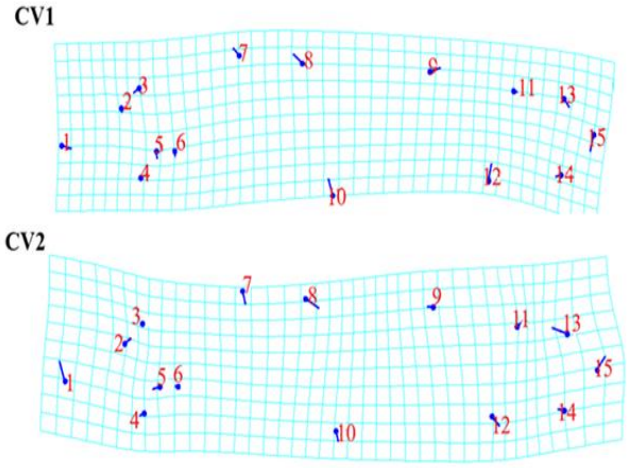


شکل ۲ تغییرات شکل بدن هفت گونه مورد مطالعه از جنس *Glyptothorax* در جهت هریک از محورهای PC1 و PC2.

تست Scree Plot روشی تقریبی برای کاهش تعداد فاکتورها با استفاده از مقادیر ویژهٔ بالاتر از ۱ است. با این روش، مقادیر ویژه در مقابل فاکتورهایی رسم می‌شوند که در طول محور X به‌صورت نزولی مرتب شده‌اند و، از میان فاکتورهای قابل‌قبول، فاکتورهایی که بیشترین تأثیر را در تغییرات داده‌ها داشته‌اند مشخص می‌شوند. نمودار سنگ‌ریزهای scree plot در PCA برای نمای جانبی هفت گونه از *Glyptothorax* نشان می‌دهد که ۱۵ مؤلفه بالای خط شکسته جولیف قرار دارند که ۹۶،۷۱۹ درصد تنوع صفات ریختی را شامل می‌شود. تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) که از ماتریکس واریانس-کوواریانس نشئت می‌گیرد ۹۶،۷۱۹ درصد از تغییرات را در سطح معناداری نشان می‌دهد (شکل ۲). نمودار سنگ‌ریزهای scree plot نشان می‌دهد که در نمای پشتی ۹ مؤلفه و در نمای شکمی ۱۲ مؤلفه بالای خط شکست جولیف قرار دارند که، به‌ترتیب، ۹۳،۳۱۲ درصد و ۹۳،۴۴۱ درصد از تغییرات را در سطح معنادار نشان می‌دهد.



شکل ۳ نمودار حاصل از آزمون CVA جانبی برای هفت گونه مورد مطالعه از جنس *Glyptothorax*.



شکل ۴ تغییرات شکل بدن هفت گونه مورد مطالعه از جنس *Glyptothorax* در جهت هریک از محورهای CV1 و CV2.

۲. نتایج تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) و جدول مهالانوبیس

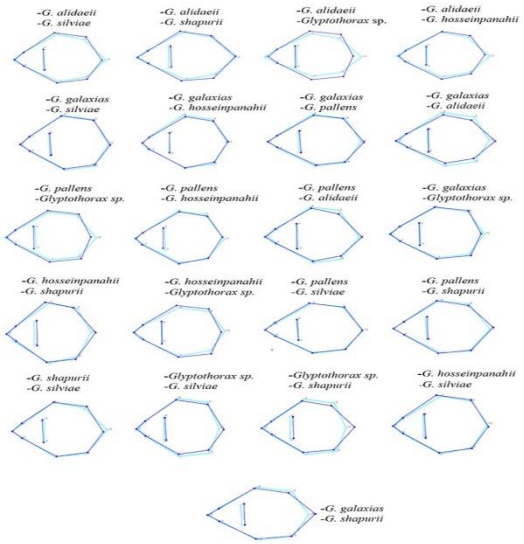
نمودار حاصل از آنالیز CVA/ MANOVA جانبی تفاوت‌های چشمگیری را در شکل بدن هفت گونهٔ *Glyptothorax* بر اساس دو متغیر اول و اصلی هفت گونه اصلی نشان داد که چهار گونهٔ *G. silviae*، *G. shapuri* و *Glyptothorax* sp. و *G. galaxia* تا حدودی هم‌پوشانی دارند و سه گونهٔ *G. alidaeii*، *G. hosseinpanahii* و *G. pallens* نیز جدا هستند (شکل ۳ و ۴). در آنالیز CVA پشتی هفت گونه، پنج گونه، جز دو گونهٔ *G. alidaeii* و *G. hosseinpanahii* که به‌طور کامل از سایر گونه‌ها جدا هستند، و سایر گونه‌ها تا حدودی هم‌پوشانی دارند. در آنالیز CVA شکمی هفت گونه، سه گونهٔ *G. shapurii*، *Glyptothorax* sp. و *G. hosseinpanahii* و سه گونهٔ *G. silviae*، *G. galaxias* و *G. pallens* نیز هم‌پوشانی دارند و گونهٔ *G. alidaeii* مجزاست. نتایج جدول ماهالانوبیس نشان می‌دهد هرچه فاصلهٔ عددی گونه‌ها کوچک‌تر باشد شباهت آن دو گونه به هم بیشتر است و هرچه فاصلهٔ عددی دو گونه بیشتر باشد آن دو گونه شباهت کمتری دارند و از هم متمایز می‌شوند. فاصلهٔ مذکور بین هفت گونهٔ مورد مطالعه حاکی از معنی‌دار بودن اختلاف است. فاصلهٔ عددی *G. shapuri*، *G. silviae* و *G. galaxias* کمتر از سایر گونه‌هاست. بنابراین، تفاوت کمتر و هم‌پوشانی بیشتری دارند. گونهٔ *Glyptothorax* sp. و *G. pallens* بیشترین فاصلهٔ عددی و تفاوت را دارند. سپس، به‌ترتیب، گونه‌های *G. alidaeii*، *G. pallens* و *G. hosseinpanahii*، *Glyptothorax* sp. دارای بیشترین فاصله و اختلاف هستند (جدول ۳).

جدول ۳ فاصلهٔ مهالانوبیس برای هفت گونهٔ مورد مطالعه از ماهیان جنس *Glyptothorax*

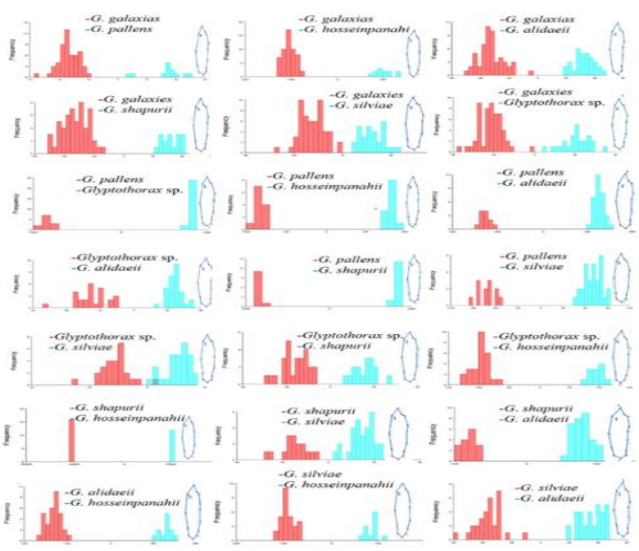
	G. pallens	*Glyptothorax* sp.	*G. shapuri*	*G. silviae*	*G. alidaeii*	*G. galaxias*
Glyptothorax sp.	۷،۰۶۳۲					
G. shapuri	۵،۸۴۷۶	۴،۱۲۱۸				
G. silviae	۵،۱۳۱۴	۴،۳۵۴۸	۲،۴۳۱۲			
G. alidaeii	۶،۹۶۹۰	۵،۶۹۹۶	۴،۴۸۸۳	۵،۲۷۹۵		
G. galaxias	۴،۶۴۷۹	۴،۲۳۲۸	۳،۶۶۷۹	۲،۵۶۰۳	۵،۰۲۱۲	
G. osseinpanahii	۶،۲۵۷۲	۶،۳۱۷۹	۴،۷۹۳۸	۵،۰۸۶۲	۵،۷۶۵۴	۵،۱۰۰۴

۳. بررسی نقطه‌نشانه‌های نمای شکمی و پشتی ماهیان جنس *Glyptothorax* و تفاوت شکلی حاصل از آزمون DFA

مختصات نشانگرهای هندسی از نمای شکمی و پشتی، به‌ترتیب، با استفاده از ۱۳ و ۱۰ نشانگر که گربه‌ماهیان را درگروه‌های مجزا دسته‌بندی کرد بررسی شد. برای نشان دادن تفاوت‌های شکلی در بین هفت گونهٔ مورد مطالعه، از شکل میانگین هر گونه با گونهٔ دیگر، به‌همراه گرافی که نشان‌دهندهٔ درجهٔ هم پوشانی یا تمایز است استفاده شد که به‌صورت جفتی با یکدیگر مقایسه شدند. فاصلهٔ بین خطوط نشان‌دهندهٔ تغییرات ریختی گونه‌هاست شکل(۵،۶،۷).

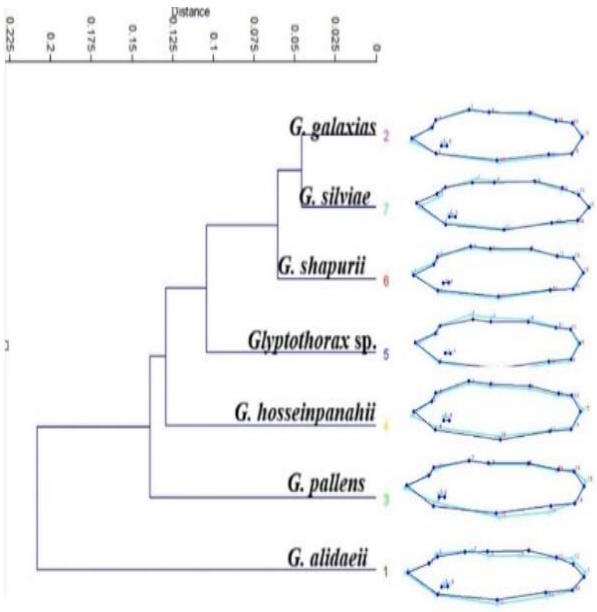


شکل ۵: نمای شکمی گربه ماهیان جنس *Glyptothorax*



شکل ۶: نمای پشتی گربه ماهیان جنس *Glyptothorax*

شکل ۷ تفاوت شکلی حاصل از آزمون DFA ماهیان جنس *Glyptothorax* با نمودار و گراف.



شکل ۸ نمودار تحلیل خوشه‌ای و نمایش تفاوت شکلی هریک از گونه‌های ماهیان جنس *Glyptothorax*.

۴. آنالیز دندروگرام (Cluster) داده‌ها

دندوگرام سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد که جمعیت‌هایی که دیرتر به بقیهٔ شاخه‌ها متصل شده‌اند کمترین شباهت را دارند. بر اساس نتیجهٔ تجزیهٔ خوشه‌ای، ضمن تأیید نتایج PCA، دندروگرام با استفاده از آنالیز خوشه‌ای و سیستم شبکه‌ای تراس، بر اساس فاصلهٔ مربع اقلیدسی الگوریتم از هفت گونهٔ *Glyptothorax*، نشان داد که در شش شاخهٔ جداگانه و در چه موقعیتی از هم قرار گرفته‌اند. گونهٔ *G. alidaeii* با درجهٔ نسبتاً بالا و جدا از گونه‌های دیگر قرار دارد و گونه‌های *G. silviae*، *G. galaxias* و *G. shapuri* در یک گروه قرار گرفته‌اند و تا حدودی هم‌پوشانی دارند و به‌طور کامل از هم تفکیک نشده‌اند (شکل ۸).

یافته‌ها

۱. نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده

در مطالعهٔ حاضر، بر اساس نتایج تحلیل تغییرات متعارف صفات ریخت‌سنجی هندسی، مشخص شد که یک الگوی ریخت‌سنجی مشخص برای تمایز گونه‌های جنس *Glyptothorax* وجود دارد. آنالیزهای نمای جانبی، تفاوت‌های چشمگیری را در شکل بدن هفت گونهٔ *Glyptothorax*، بر اساس دو متغیر اول و اصلی هفت گونهٔ اصلی، نشان داد که چهار گونهٔ *G. silviae*، *G. shapuri* *Glyptothorax* sp. و *G. galaxias* تا حدودی هم‌پوشانی دارند و سه گونهٔ *G. alidaeii*، *G. hosseinpanahii* و *G. pallens* نیز جدا هستند. نتایج جدول مهالانوبیس بین هفت گونهٔ مورد مطالعه حاکی از معنی‌دار بودن اختلاف است. فاصلهٔ عددی *G. shapuri*، *G. silviae* و *G. galaxias* کمتر از سایر گونه‌هاست. بنابراین، تفاوت کمتر و هم‌پوشانی بیشتری دارند. گونهٔ *Glyptothorax* sp. و *G. pallens* بیشترین فاصلهٔ عددی و تفاوت را دارند. سپس، به‌ترتیب، گونه‌های *G. alidaeii*، *G. pallens* و *G. hosseinpanahii*، *Glyptothorax* sp. دارای بیشترین فاصله و اختلاف هستند.

نتایج DFA ریخت‌سنجی هندسی و نمای پشتی در این مطالعه نشان داد که گونه‌های *G. alidaeii* و *Glyptothorax* sp. دارای بیشترین تفاوت ریختی هستند. پهنای سر در *G. alidaeii* بیشتر، پوزه کوتاه‌تر و بالهٔ پشتی در موقعیت جلوتر از بقیه قرار گرفته است. *Glyptothorax* sp. بدنی کشیده و لاغر دارد. پوزه بلندتر است و بالهٔ پشتی در موقعیت عقب‌تر قرار گرفته است. در نمای شکمی، صفحهٔ سینه‌ای مکنده یا چسبنده، به‌ترتیب در گونه‌های *G. alidaeii*، *G. galaxias*، *G. silviae* و *G. hosseinpanahii*، پهن‌تر است اما کمترین پهنا مربوط به گونهٔ *Glyptothorax* sp. است. در نمای جانبی نیز، مانند دو نمای قبل، نتایج حاکی از تفاوت و تمایز گونه‌هاست. گونهٔ *Glyptothorax* sp. دارای بیشترین اختلاف شکلی است. در این گونه، بدن طویل‌تر است و همچنین کمترین ارتفاع بدن را از سایر گونه‌ها دارد. در گونهٔ *G. galaxias*، موقعیت پوزه بالاتر از بقیه است. بالهٔ چربی در گونهٔ *G. alidaeii* در موقعیت عقب تر از سایر گونه‌های این جنس قرار گرفته است. با توجه به نتایج این مطالعه، گربه‌ماهیان جنس *Glyptothorax*، ازنظرِ صفات ریخت-سنجی هندسی، تا حد زیادی از هم متمایز هستند. دو گونهٔ *G. alidaeii* و *Glyptothorax* sp. را می‌توان، بر اساس بیشترین اختلاف در صفات ریختی، از سایر گونه‌های *Glyptothorax* متمایز کرد و هر دو گونه بیشترین اختلاف را با *G. pallens* دارند. گونه‌های *G. galaxias*, *G. silviae* و *G. shapuri* دارای کمترین اختلاف و بیشترین هم‌پوشانی هستند و با فاصله از *G. hosseinpanahii* قرار می‌گیرند. این مطالعه مدارک و شواهد اولیهٔ احتمال وجود گونه‌های متفاوت را در مناطق مورد بررسی نشان می‌دهد. آنالیزهای ریختی تفاوت‌هایی را بین گونه‌های مذکور نشان داد که تفکیک و دسته-بندی مناسب گونه‌ها را تأیید می‌کند. نتایج این تحقیق به درک بهتر تفاوت‌های ریختی گونه‌های گوناگون این جنس کمک خواهد کرد و منجر به شناخت مسیر تکاملی اعضای این جنس نیز خواهد شد. همچنین نتایج مطالعات مولکولی گونه‌های *Glyptothorax*[۱۹] نتایج مطالعهٔ حاضر را تأیید می‌کند. پیشنهاد می‌شود مطالعات ریختی تکمیلی انجام شود تا از این طریق جمعیت‌های گوناگون و

گونه‌های بالقوهٔ این جنس شناسایی شوند تا، بر اساس این شناخت، امکان مدیریت شیلاتی مطلوب و حفاظت از ذخایر ژنتیکی کشور فراهم شود.

تعارض منافع

همهٔ نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافعی ندارند.

منابع

[1] Abbasi, K.; Keyvan, A. & Ahmadi, M., 2004, "Morphometric and meristic characteristics of *Vimba vimba persa* in sefidrud river". *isfj*, 13(1):61-75. (persian).
https://isfj.areeo.ac.ir/?_action=article&kw=408583&_kw=CHARACTERISTIC&lang=en

[2] Esmaeili, H.R.; Mousavi-Sabet, H.; Sayyadzadeh, G.; Vatandoust, S. & Freyhof, J., 2014, "*Paracobitis atrakensis*, a new species of crested loach from northeastern Iran (Teleostei: Nemacheilidae)". *Ichthyol. Explor. Freshw*, 25 (6): 237-242.
https://www.researchgate.net/publication/270892931

[3] Esmaeili, H.R.; Khajepanah, A.; Mehraban, H.; Elmi, A.; Malekzehi, H. & Pazira, A., 2015, "Fishes of the Mashkid and Makran basins of Iran: an updated checklist and ichthyogeography". *Iran. J. Ichthyol*, 2 (2): 87-105.
https://www.researchgate.net/publication/281492849

[4] Coad, B.W., 1981, "*Glyptothorax silviae*, a new species of sisorid catfish from southwestern Iran". *Jap. J. Ichthyol*, 27 (4), 291–295.
https://doi.org/10.5281/zenodo.5700331

[5] Mostafavi, H.; Abdoli, A. & Rasooli, P., 2008, "Length-Weight relationships of *Caoeta capoet capoeta* (Gueldenstaedt, 1772) in the Gorganrud River, south Caspian Basin". *J. Appl. Ichthyol*, 24: 96-98.
https://www.researchgate.net/publication/353997564

[6] Esmaeili, H.R.; Coad, B.W.; Gholamifard, A.; Nazari, N.; Teimory, A., 2010, "Annotated checklist of the freshwater fishes of Iran". *Zoosyst Ross*, 19 (2): 361-386.
https://www.researchgate.net/publication/256643885

[7] Turan, C., 1999, "A Note on The Examination of Morphometric Differentiation Among Fish Populations: The Truss System". *Turk. J. Zool*, 23: 259-263.
https://www.researchgate.net/publication/255641396

[8] Schreck, C.B. & Moyle, P.B., 1990, *Methods for fish biology*. American fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA.
https://doi.org/10.47886/9780913235584

[9] Clayton, J.W., 1981, "The stock concept and the uncoupling of organismal and molecular evolution". *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 38: 1515-1522.
https://www.researchgate.net/publication/237181351

[10] Ihssen, P. E.; Brooke, H. E.; Casselman, J. M.; McGlade, J. M.; Payne, N. R. & Utter, F. M., 1981, "Stock identification: materials and methods". *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 38: 1838-1855.
https://www.researchgate.net/publication/234027806_Stock_Identification_Materials_and_Methods

[11] Allendorf, F.W., 1988, "Consrvation biology of fishes, Conserv". *Biol*. 2: 145-148.
https://www.researchgate.net/publication/227585266_Conservation_Biology_of_Fishes

[12] Eagderi, S. & Kamal, S., 2013, "Application of geometric morphomerics approach in phenotypic plasticity investigations of fishes: a case study of killifish *Aphanius sophiae* (Heckel, 1847) body shape comparison in cheshme-ali (damghan) and shour river (eshtehard)". *Jair 2013*; 1 (2) :47-52. (persian).
http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-215-fa.html

[13] Recasens, D. & Espinosa, A., 2006, "Articulatory, positional and co-articulatory characteristics for clear /l/ and dark /l/: Evidence from two Catalan dialects". *J. Int*. 35, 1-25.
https://doi.org/10.1017/S0025100305001878%20

[14] Chen, X.; Hiller, M.; Sancak, Y. & Fuller, M.T., 2005, "Supporting Online Material". *sci*., 310 (5749) :869-72.
https://www.researchgate.net/publication/7496231

[15] Cardini, A.; Diniz Filho, J.A.F.; Polly, P.D. & Elton, S., 2010, "Biogeographic analysis using geometric morphometrics: clines in skull size and shape in a widespread African arboreal monkey". A.M.T. Elewa

method". *Int. J. Aqua. Biol*, 1 (5): 240-244. (persian).
https://www.researchgate.net/publication/336703092

[23] Rohlf, F.J., 2006, *Tps Relw. Department of Ecology and Evolution*. State University of New York, Stony Brook, NY. 171p.
https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1491321

[24] 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)". *Aquat. Sci*, 67: 122–127.
https://doi.org/10.1007/s00027-004-0772-z

[25] Turan, C., 2000, "Otolith shape and meristic analysis of herring (*Clupea harengus*) in the North-East Atlantic". *Arch. Fish. Mar. Res*. 48(3): 213-225.
https://www.researchgate.net/publication/258355618

[26] Elliot, N. G.; Haskard, K. & Koslow, J. A., 1995, "Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atianticus*) off the continental slope of southern Australia". *J. Fish Biol*, 46: 202-220.
https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1995.tb05962.x

[27] Karakousis, Y.; Triantaphyllidis, C. & Economidis, P.S., 1991, "Morphological variability among seven population of brown trout, *Salmo trutta* L., in Greece". *J. Fish Biol*, 38: 807-817.
https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1991.tb03620.x

[28] Nimalathasan, B., 2009, "Determinants of key performance indicators (KPIs) of private sector banks in Srilanka: The Annals of The"Ştefan cel Mare" University of Suceava". *Fascicle of The Faculty of Economics and Public Administration*, 9: 2(10).
https://ssrn.com/abstract=2117277

[29] Sharifinia, M. & Mousavi-Sabet, H., 2016, "Comparison of Morphological Variations among Populations of the Crested Loach, Genus *Paracobitis*, in the Southeast Caspian Sea Basin using Geometric Morphometric Method". *J. Oceanogr*, 7 (27): 49-57. (persian).
http://joc.inio.ac.ir/article-1- 1022-fa.html

(Ed.), Morphometrics for Nonmorphometricians, Lecture Notes in Earth Sciences 124, Springer-Verlag Publishers, Heidelberg, Germany.
https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-a5e3a0a7-debd-3024-a755-f6a38a5c8c7c

[16] Purrafee Dizaja, L.; Esmaeilia, H. R.; Valinassab, T. & Salarpouri, A., 2020, "Taxonomic status and molecular systematics of an endemic Fish, *Herklotsichthys lossei* (Clupeidae) from the Persian Gulf: Insights into Non–monophyly of the Genus". *J. Ichthyol*, 60(3): 375–386.
https://doi.org/10.1134/S0032945220030066

[17] Jouladeh-Roudbar, A.; Eagderi, S. & Vatandost, S., 2016, "Introduction of catfishes in Iran's inland waters". *J. Ornam. Aquat*, 3(1).
https://civilica.com/doc/1315958

[18] Jouladeh-Roudbar, A.; Ghanavi, H.R. & Doadrio, I., 2020, "Ichthyofauna from Iranian freshwater: Annotated checklist, diagnosis, taxonomy, distribution and conservation assessment". *Zool. Stud*, 59(21).
https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-21

[19] 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://www.researchgate.net/publication/356161209

[20] 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://www.researchgate.net/publication/351513534_

[21] Mouludi-Saleh, A.; Keivany, Y. & Jalali, S. A.H., 2017, "Geometric Morphometric Comparison of Namak Chub (*Squalius namak*, Khaefi et al., 2016) in Rivers of Lake Namak Basin of Iran". *Res. Zool*, 7(1), PP: 1-6. (persian).
https://www.researchgate.net/publication/319155926

[22] Nasri, M.; Eagderi, S.; Farahmand, H. & Hashemzade-Segharloo, I., 2013, "Body shape comparison of *Cyprinion macrostomum* (Heckel, 1843) and *Cyprinion watsoni* (Day, 1872), using geometric moprphometric

eichwaldii De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin". *Int. J. Aquat. Biol*, 1 (2): 82-92. (persian).
https://tbj.ui.ac.ir/article_17464.html?lang=e

[38] Tabatabaii, S.N.; Eagderi, S.; Hashemzadeh-Segherloo, I. & Abdoli, A., 2013, "Geometric and morphometric analysis of fish scales to identity genera, species andpopulations case study: the Cyprinid family". *Int. J. Aquat. Biol*. 5 (17): 1-8. (persian).
https://tbj.ui.ac.ir/article_17491.html?lang=en

[39] Helfman, G.S.; Collette, B.B.; Facey, D.E. & Bowen, B.W., 2010, "The diversity of fishes: biology, evolution and ecology, 2nd edn". *Aquac. Int*, 18:707–708.
https://www.academia.edu/166736

[40] Nasri, M., 2008, *Taxonomy of bigmouth lotak (Cyprinion macrostomum Heckel, 1843) and smallmouth lotak (Cyprinion kais Heckel, 1843) in Karkheh River basin and Godarkhosh River in Ilam province*. M.Sc., Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology., 112 p. (persian).
https://www.researchgate.net/publication/257613738

[41] Mousavi-Sabet, H.; Vatandoust, S.; Khataminejad, S.; Eagderi, S.; Abbasi, K.; Nasri, M.; Jouladeh, A. & Vasil'eva E.D., 2015, "*Alburnus amirkabiri* (Teleostei), a New Species of Shemaya from the Namak Lake Basin, Iran*". J. Ichthyol*, 55 (1): 40-52. (persian).
https://link.springer.com/article/10.1134/S0032945215010129

[42] Mohadasi, M.; Shabanipour, N. & Eagderi, S., 2013, "Habitat-associated morphological divergence in four Shemaya, *Alburnus chalcoides* (Actinopterygii: Cyprinidae) populations in the southern Caspian Sea using geometric morphometrics analysis". *IJAB*, 1(2): 82-92. (persian).
https://www.researchgate.net/publication/236944883

[43] Abbasi, M.; Mosavi- Sabet, H.; Bani, A. & Heidari, A., 2014, "Morphometric and meristic comparison of *Esox lucius* (Linnaeus, 1785) in Anzali and Amirkelayeh wetlands in southern Caspian Sea basin". *jair*, 1 (4) :39-52. (persian).
https://www.researchgate.net/publication/275536568

[30] Tzeng., T.D., 2004, "Morphological variation between populations of spotted mackerel (*Scomber australasicus*) off Taiwan". *Fish. Res*, 68(1): 45-55.
https://www.researchgate.net/publication/223181504

[31] Buj, I.; Podnar, M.; Mrakovcic, M.; Caleta, M.; Mustafic, P.; Zanella, D. & Marcic, Z., 2008, "Morphological and genetic diversity of *Sabanejewia balcanica* in Croatia*". Folia. Zool*, 57(1-2): 100-110.
https://www.researchgate.net/publication/287008720

[32] Dynes, J.; Magnan, P.; Bernatchez, L. & Rodriguez, M.A., 1999, "Genetic and morphological variation between two forms of lacustrine brook charr". *J. Fish Biol*, 54: 955-972.
https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb00850.x

[33] Costa, C. & Cataudella, S., 2007, "Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central tyrrhenian sea*)". Environ. Biol. Fishes*, 78: 115–123.
https://doi.org/10.1007/s10641-006-9081-9

[34] Costa, C.; Vandeputte, M.; Antonucci, F.; Boglione, C.; Menesatti, P.; Cenadelli, S.; Parati, K.; Chavanne, H. & Chatain, B., 2010, "Genetic and environmental influences on shape variation in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)". *Biol. J. Lin. Soc*, 101(2): 427–436.
https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01512.x

[35] Ghojoghi, F.; kamali, A.; Eagderi, S.; Soltani, M. & Hashemzadeh Segherloo, I., 2014, "Morphological variation among the Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) populations fromthe Southern Caspian Sea using Geometric Morphometrics technique". *AELS*, 3: 105-111. (persian).
https://www.researchgate.net/publication/272478419

[36] Purrafee Dizaj, L.; Esmaeili, H. R.; Jawad, L.; Ebrahimi, M.; Gholamhosseini, A. & Valinasab, T., 2020, Taxonomic significance of vertebral column and caudal skeleton of clupeid fishes (Teleostei: Clupeiformes) of Iran". *Acta Zool*, 103(2).
https://www.researchgate.net/publication/347431163

[37] Eagderi, S.; Esmaeilzadegan, E. & Maddah, A., 2013, "Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides*

comparison of Barilius mesopotamicus (Berg 1932) populations in Diala and Tigris -river Basins". *J. Fish*, 70: 231-242. (persian).
https://jfisheries.ut.ac.ir/article_64923.html?lang

[51] Samaee, S.M. & Patzner, R.A., 2011, "Morphometric differences among populations of Tuffere, *Capoeta damascina* (Teleostei: Cyprinidae), in the interior basins of Iran". *J. Appl. Ichthyol*, 27: 928-933.
https://www.researchgate.net/publication/263251803

[52] Haas T. C.; Blum M.J. & Heins D. C., 2010, "Morphological esponses of a stream fish to water impoundment". *Biol*., 6: 803-806.
https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0401

[53] Taylor E. B. & McPhail J. D., 1985, "Variation in burst and prolonged swimming performance among British Columbia populations of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*". *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 42(12): 2029-2033.
https://www.researchgate.net/publication/237182260

[44] Haghighy, E.; Sattari, M.; Dorafshan, S.; Keivany, Y.;, khoshkholgh, M.R. & Mousavi-Sabet, H., 2013, "A comparison of the morphological characteristics of spirlin, (cyprinidae: *Alburnoides echiwaldii*) in Karganrud and Chalus rivers using truss network system". *Jair*, 1 (1) :41-52. (persian).
http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-193-fa.html

[45] Sharifinia, M.; Mousavi-Sabet, H.; Alavi-Yeganeh, M.S. & Ghanbarifardi, M., 2021, "Comparative study on morphological variations among blennies populations of the genus *Omobranchus*, in the Iranian coasts of the Persian Gulf and the Gulf of oman using Geometric morphometrics method". *jair. University of Gonbad Kavous*, 8 (5): 1 – 9. (persian).
http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-777-en.html

[46] Jafari, O.; Eagderi, S.; Nasrolah-Pourmoghadam, M.; Noferesti, 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". *Tbj*, 7(1). (persian).
https://tbj.ui.ac.ir/article_17550.html?lang=en

[47] Pishkahpour, Z.; Poorbagher, H. & Eagderi, S., 2019, "Comparing efficiency of traditional and geometric morphometics in distinguishing populations of *Alburnus doriae* De Filippi, 1865. in the central and western basins of Iran". *Jair*, 7 (2) :1-12. (persian).
http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-534-fa.html

[48] Mouludi- Saleh, A.; Keivany, Y. & Jalali, S. A. H., 2018, "Biometry of Chub (*Squalius namak*, Khaefi et al., 2016) in rivers of Namak Basin". *J. Exp. Anim. Biol*, 7: 107-118. (persian).
https://eab.journals.pnu.ac.ir/article_4927_en.html

[49] Nicieza, A. G., 1995, "Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift. Funct". *Ecol*.,9: 448- 456.
https://www.jstor.org/stable/2390008

[50] Ghorbani-Ranjbari, Z.; Keivany, Y. & Zamani-Faradonbe, M., 2017, "Geometric morphometric

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Saravani, M., MSc, Aquatic Ecology, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
✉ *masoomeh.saravani999@gmail.com* 0009-0002-5719-6123

Mousavi-Sabet., H, Full Professor of Ichthyology & Biosistematic, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
✉ *mosavii.h@gmail.com* **. 0000-0002-2810-8924**

Eagderi., S, Associated Professor of Ichthyology & Biosistematic, Department of fisheries and aquaculture, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
✉ *soheil.eagderi@ut.ac.ir* 0000-0001-8649-9452

Heidari., A, Ph.D. Ichthyology Biosistematic, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
✉ *adeleheidari14@yahoo.com* 0000-0002-9866-079X

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

HOW TO CITE THIS ARTICLE

http://doi.org/10.52547/joc.14.54.**4**
http://joc.inio.ac.ir/article-1-1757-fa.html
https://orcid.org/0000-0002-2810-8924

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.