



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 15, Issue 2, No.55, (2023), P:1-18

Received: 09/08/2022 Accepted: 25/10/2022

Investigation of Morphological Changes in Golden Mullet, *Chelon auratus* (Risso, 1810) from the Southern Caspian Sea Basin using the Geometric Morphometric Technique

Keivan Abbasi Ranjbar*

Assistant Professor, Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran
k.abasi@areeo.ac.ir

Atta Mouludi-Saleh

PhD. Student of Aquatic Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
atta.mouludisaleh@ut.ac.ir

Soheil Eagderi

Associate Professor of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
soheil.eagderi@ut.ac.ir

Siamak Bagheri

Associate Professor, Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran
siamakbp@gmail.com

Alinaghi Sarpanah

Assistant Professor, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Tehran, Iran
sarpanah5050@gmail.com

Akbar Pourgholami-Moghaddam

Instructor, Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran
pourgholami_yas@yahoo.com

Abstract

During 2020-2021, to investigate the morphological variation of *Chelon auratus*, a total of 170 specimens were collected using beach seine nets from the shores of Astara (23 specimens), Anzali (33 specimens), Kiashahr (23 specimens), Langaroud (27 specimens), Roudsar (7 specimens), Chalous (30 specimens), Mahmoudabad (14 specimens), and Sari (13 specimens). At the sampling sites, after imaging from the left side of the specimens, 14 landmark points were defined and digitized on the two-dimensional images using the tpsDig2 software. The obtained data, after generalized Procrustes analysis, were analyzed using multivariate statistical analyses including principal component analysis (PCA), canonical variate analysis (CVA), and cluster analysis (CA). The deformation patterns of each population were illustrated in relation to consensus shapes on the deformation grids. The results showed significant differences in the body shape of the studied populations ($P < 0.05$). These differences, related to head length, body depth, dorsal fin position, and caudal peduncle length, suggest the separation of populations in response to environmental conditions.

*Corresponding author

Abbasi Ranjbar, K., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Bagheri, S., Sarpanah, A. & Pourgholami-Moghaddam, A. (2023). Investigation of Morphological Changes in Golden Mullet, *Chelon auratus* (Risso, 1810) from the Southern Caspian Sea Basin using the Geometric Morphometric Technique. *Taxonomy and Biosystematics*, 15(2), 1-18.



2322-2190 ©The Author(s). Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2022.134542.1209>

Key words: Phenotypic Plasticity, *Chelon Auratus*, Morphometric, Principal Component Analysis.

Introduction

Golden mullet, *Chelon auratus*, ranking second in abundance among bony fishes in the southern Caspian Sea basin after *Rutilus frisii*, constitutes about 20% of the total catch. The study of fish in aquatic ecosystems is crucial for understanding various aspects such as behavior, ecology, evolution, physiology, and stock assessment evaluation. Morphological studies are pivotal in numerous biological processes, including feeding, reproduction, and survival in aquatic ecosystems. They serve as a significant index for habitat selection and swimming behavior, reflecting both habitat conditions and the genetic characteristics of fish. Various methods, including genetics, osteology, growth, fecundity, traditional morphometrics, and geometric morphometrics, are employed to differentiate fish populations. This study, conducted during 2020-2021, investigated the morphological variation of this species by collecting specimens along the coasts of Guilan and Mazandaran provinces, from Astara to Sari.

Materials and Methods

For this study, 170 specimens of *Chelon auratus* were collected from the shores of Astara (23 specimens), Anzali (33 specimens), Kiashahr (23 specimens), Langaroud (27 specimens), Roudsar (7 specimens), Chalous (30 specimens), Mahmoudabad (14 specimens), and Sari (13 specimens) using beach seine nets. At the sampling sites, images were taken from the left side of the specimens. Subsequently, in the tpsDig2 software, 14 landmark points were defined and digitized on the two-dimensional images. After conducting generalized Procrustes analysis on the data, multivariate statistical analyses were performed, including principal component analysis (PCA), canonical variate analysis (CVA), and non-parametric multivariate analysis of variance (NPMANOVA) based on P-values obtained from a permutation test (with 10,000 repetitions), as well as cluster analysis (CA). The deformation patterns of each population were visualized relative to the consensus shape in the deformation grids.

Findings

The results of the principal component analysis (PCA) revealed six components as the main factors contributing to variations among the studied populations. The PCA indicated some overlap between the populations, but the Anzali, Roudsar, and Kiashahr populations were significantly distinct from the Sari and Mahmoudabad populations. The greatest Mahalanobis and Procrustes distances were observed between the Kiashahr and Sari populations. Non-parametric multivariate analysis of variance (NPMANOVA) demonstrated significant differences between the populations, except for Sari-Mahmoudabad and Chalous-Mahmoudabad comparisons. According to the cluster analysis, Chalous, Langaroud, and Sari populations were grouped into one cluster and differentiated from the others. The deformation grids of the body shape of each population revealed significant differences in body shape among the studied populations. The Chalous population exhibited the greatest body depth, whereas the Langaroud population had the least. An upward position of the snout was noted in the Anzali, Kiashahr, Langaroud, Mahmoudabad, and Roudsar populations. Additionally, the Langaroud and Kiashahr populations had shorter caudal peduncles. The Astara population was characterized by a longer snout. The deepest head depth was found in the Astara and Chalous populations, with the Chalous population also displaying a more anterior position of the dorsal and anal fins.

Conclusion

The results of this study revealed significant morphological differences among the populations of *Chelon auratus* ($P < 0.05$). The main distinctions were observed in the size of the head, depth of the body, and the positioning of the dorsal fin and caudal peduncle. These differences likely reflect the adaptation of the populations to varying environmental conditions. Considering that both biotic and abiotic factors across different regions of the Caspian Sea basin in Iran vary from slight to moderate, and given that *C. auratus* is a marine species that migrates north-south and to a lesser extent east-west throughout the year, a lack of complete morphological differentiation between populations from different regions is understandable.

بررسی تغییرات ریختی ماهی کفال طلایی (*Chelon auratus* (Risso, 1810) در بخش جنوبی حوضه دریای کاسپین با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی

کیوان عباسی رنجبر*، استادیار پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، بندرانزلی، ایران

k.abasi@areeo.ac.ir

عطا مولودی صالح، دانشجوی دکتری بوم‌شناسی آبزیان شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

atta.mouludisaleh@ut.ac.ir

سهیل ایگدری، دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

soheil.eagderi@ut.ac.ir

سیامک باقری، دانشیار پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

بندرانزلی، ایران

siamakbp@gmail.com

علینقی سرپناه، استادیار مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

sarpanah5050@gmail.com

اکبر پورغلامی مقدم، مربی پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، بندرانزلی، ایران

pourgholami_yas@yahoo.com

چکیده

مقدمه: ماهی کفال طلایی (*Chelon auratus*) دومین رتبه صید را در بین ماهیان استخوانی حوضه دریای خزر (پس از ماهی سفید) با حدود ۲۰ درصد دارد. مطالعه ماهیان در اکوسیستم‌های آبی از نظرهای مختلفی از جمله رفتارشناسی، بوم‌شناسی، تکاملی، فیزیولوژی و ارزیابی ذخایر آنها اهمیت دارد. ویژگی‌های ریختی نقش به‌سزایی در فرآیندهای زیستی آنها از جمله تغذیه، تولیدمثل و بقا در اکوسیستم‌های آبی ایفا می‌کند و شاخص مهمی در انتخاب زیستگاه و رفتارهای شناگری آنها است؛ همچنین منعکس‌کننده وضعیت زیستگاهی و ویژگی‌های ژنتیکی ماهی است. برای تفکیک جمعیت‌های ماهیان از روش‌های متعددی همچون ژنتیک، استخوان‌شناختی، رشد، هم‌آوری و ریخت‌شناختی سنتی و هندسی استفاده می‌شود. در این مطالعه، تنوع ریختی این گونه در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ با استفاده از نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در سواحل گیلان و مازندران از آستارا تا ساری بررسی شد.

مواد و روش‌ها: برای این پژوهش، تعداد ۱۷۰ عدد ماهی کفال طلایی از سواحل آستارا (۲۳ نمونه)، بندرانزلی (۳۳ نمونه)، کیشهر (۲۳ نمونه)، لنگرود (۲۷ نمونه)، رودسر (۷ نمونه)، چالوس (۳۰ نمونه)، محمودآباد (۱۴ نمونه) و ساری (۱۳ نمونه) با استفاده از تور محاصره‌ای (پره) صید شد. در محل صید، تصویربرداری از نیمرخ چپ نمونه‌ها

* مسئول مکاتبات

عباسی رنجبر، کیوان، مولودی صالح، عطا، ایگدری، سهیل، باقری، سیامک، سرپناه، علینقی، پورغلامی مقدم، اکبر. (۱۴۰۲). بررسی تغییرات ریختی ماهی کفال طلایی (*Chelon auratus* (Risso, 1810) در بخش جنوبی حوضه دریای کاسپین با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۵(۵۵)، ۱-۱۸.



صورت گرفت؛ سپس در نرم افزار tpsDig2 تعداد ۱۴ نقطه لندمارک روی تصاویر دوبعدی نمونه‌ها تعریف و رقمی سازی شد. داده‌های رقمی پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از آنالیزهای آماری چندمتغیره از جمله تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل همبستگی کانونی (CVA) براساس ارزش P حاصل از آزمون جایگشت (با ۱۰۰۰۰ تکرار) در آزمون NPMANOVA و تحلیل خوشه‌ای (CA) تحلیل شد؛ همچنین الگوهای تغییر شکل هر جمعیت نسبت به شکل میانگین جمعیت‌ها در شبکه تغییر شکل مصورسازی شد.

نتایج: نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شش مؤلفه را در جایگاه مؤلفه‌های اصلی در بیان تغییرات بین جمعیت‌های مطالعه‌شده نشان داد. براساس نتایج نمودار پراکنش جمعیت‌ها در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، بین جمعیت‌ها هم‌پوشانی وجود داشت و جمعیت‌های انزلی، رودسر و کیشهر از جمعیت‌های ساری و محمودآباد تفکیک شد. بیشترین فاصله مابین جمعیت‌ها بین جمعیت‌های کیشهر و ساری محاسبه شد. آزمون NPMANOVA براساس ارزش p نشان داد بین جمعیت‌های مطالعه‌شده به جز ساری - محمودآباد و چالوس - محمودآباد تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ همچنین در آنالیز خوشه‌ای، جمعیت‌های چالوس، لنگرود و ساری در یک خوشه و جدا از سایر جمعیت‌ها قرار گرفت. براساس نمودار شبکه تغییر شکل بدن، بین جمعیت‌های مطالعه‌شده از لحاظ ریختی تفاوت وجود داشت؛ به طوری که جمعیت چالوس بیشترین و جمعیت لنگرود کمترین عمق بدنی را داشت و موقعیت پوزه به سمت بالا، در جمعیت‌های انزلی، کیشهر، لنگرود، محمودآباد و رودسر مشاهده شد؛ به علاوه جمعیت لنگرود و کیشهر دارای ساقه‌ی کمی کوتاه‌تر نسبت به سایر جمعیت‌ها بود و پوزه‌ی درازتر در جمعیت آستارا مشاهده شد. عمق سر نیز در دو جمعیت آستارا و چالوس بیشتر و همچنین جمعیت چالوس نسبت به سایر جمعیت‌ها دارای موقعیت باله‌ی پشتی و مخرجی قدامی تری بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد بین جمعیت‌های بررسی‌شده از لحاظ ریختی تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.05$) و عمده تفاوت‌های مشاهده‌شده مربوط به اندازه‌ی سر، عمق بدن، موقعیت باله‌ی پشتی و طول ساقه‌ی کمی بود که ممکن است نشان‌دهنده‌ی جدایی جمعیت‌های مطالعه‌شده کفال طلایی در پاسخ به شرایط محیطی باشد. از آنجایی که عوامل زیستی و غیر زیستی در مناطق مختلف حوضه‌ی ایرانی دریای کاسپین در حد کم تا متوسط اختلاف دارند و کفال‌ماهیان گونه‌های دریایی هستند و در طی سال مهاجرت‌هایی در جهت شمال - جنوب و تاحدی شرق - غرب دارند، تفاوت‌نداشتن کامل جمعیت‌های مناطق مختلف انتظار می‌رفت؛ با این حال خیلی از مطالعات ژنتیکی انجام‌شده بیانگر تمایز داشتن یا در حال تمایز بودن جمعیت‌های مناطق دور از هم این گونه در حوضه‌ی ایرانی دریای کاسپین است.

واژه‌های کلیدی: انعطاف‌پذیری ریختی، کفال طلایی، ریخت‌سنجی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی.

مقدمه

ریخت‌شناسی شامل بررسی الگوها و تنوع شکل بدن و همبستگی و اثر متقابل آن با تغییرات دیگر تعریف شده است (Nasri et al., 2014; Mouludi-Saleh et al., 2020). ریخت نقش به‌سزایی در فرآیندهای متعددی از جمله تغذیه، تولیدمثل و بقا در اکوسیستم‌های آبی ایفا می‌کند (Guill et al., 2003) و شاخصی مهم در انتخاب زیستگاه و رفتارهای شناگری ماهیان گزارش شده است (Webb, 1982)؛ به همین دلیل شکل بدن منعکس‌کننده وضعیت زیستگاهی و ویژگی‌های ژنتیکی ماهی است (Guill et al., 2003). بحث ریخت‌شناسی از فاکتورهای مهمی است که با سازگاری موجودات زنده با شرایط محیطی ارتباط دارد و بسیار مطالعه شده است؛ زیرا با استفاده از صفات مربوط به شکل بدن، شرایط محیطی حاکم بر زیستگاه موجود زنده پیش‌بینی می‌شود (Peres-Neto, 2004). روش ریخت‌سنجی هندسی

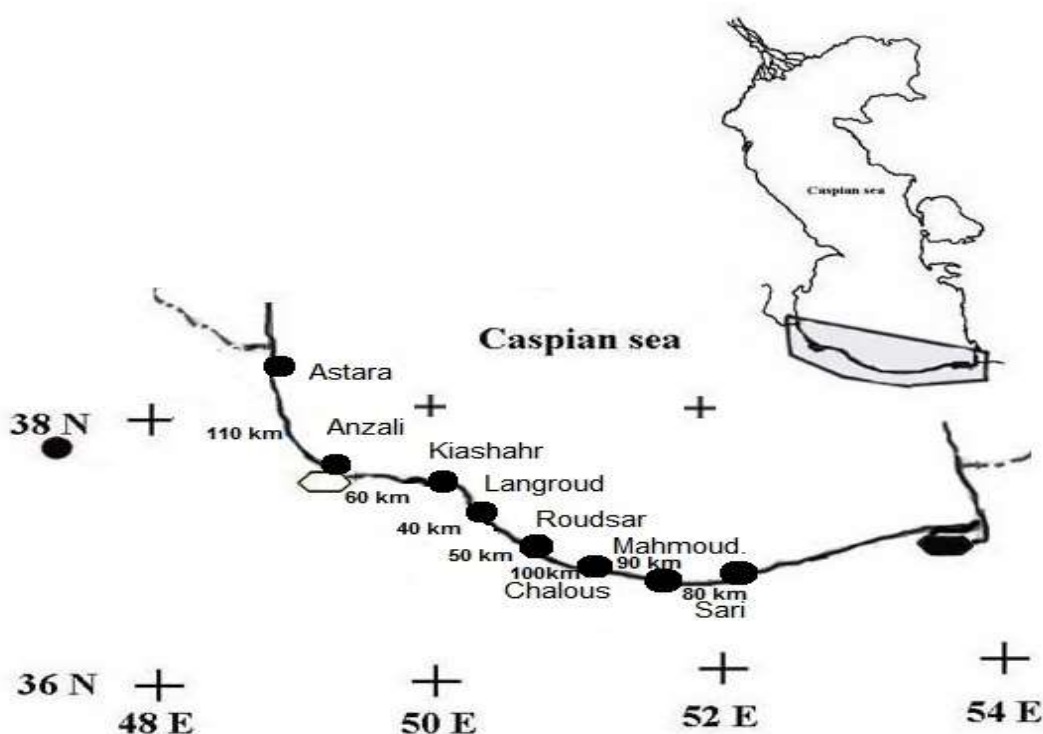
از جمله ابزارهای مناسب و جدیدتر نسبت به روش‌های قدیمی (سنتی)، برای تحلیل شکل بدن است که با کمک آن استخراج اطلاعات حاصل از جایگاه فضایی متغیرهای ریختی فراهم می‌شود و تحلیل آنها را با استفاده از آزمون‌های آماری چندمتغیره امکان‌پذیر می‌کند (Eagderi et al., 2020 ; Zelditch, 2004).

گونه کفال طلایی (*Chelon auratus* (Risso, 1810) متعلق به خانواده کفال‌ماهیان (mugilidae) است. از این جنس یک گونه دیگر *Chelon saliens* نیز از حوضه دریای کاسپین گزارش شده است (Esmaeili and Abbasi, 2021 ; Eagderi et al., 2022). گونه کفال طلایی *C. auratus* دارای یک ردیف فلس ریز روی پوزه، سمت لبه دهانی استخوان اشکی به نسبت مقعر، فلس‌های گرد روی بدن و سر، فلس محوری باله پشتی اول طویل، فلس محوری باله شکمی، پلک چربی چشم کوچک و خارهای آبششی ظریف و باریک با تعداد ۱۰۰ عدد است و فلس محوری باله سینه‌ای ندارد (Coad, 2017 ; Keivany et al., 2016). در بین ماهیان استخوانی صیدشده با پره‌های تعاونی‌های صیادی در حوضه جنوبی دریای کاسپین، ماهی سفید (*Rutilus frisii*) بیش از ۵۰ درصد و کفال‌ماهیان به‌طور معمول حدود ۲۰ درصد از کل صید ماهیان استخوانی را تشکیل می‌دهند که سهم کفال طلایی حدود ۸۰ تا ۹۵ درصد صید کفال‌ماهیان است (Ghaninejad, 2009 ; Abdolmaleki and Ghaninejad, 2015; Abbasi, 2017).

از جمله مطالعات قبلی صورت گرفته به مطالعه تنوع ریختی کفال طلایی (*Liza aurata* (Risso, 1810) در سواحل جنوبی دریای کاسپین (Porfaraj et al., 2008)، بررسی تنوع ژنتیکی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata* (Risso, 1810) در سواحل استان گلستان با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره (Ghods et al., 2011)، بررسی خصوصیات مورفومتریک و مرستیک ماهی کفال طلایی (*Liza aurata* (Risso, 1810) در استان گیلان (Ghaninejad et al., 2012)، بررسی پاره‌ای از خصوصیات زیست‌شناختی کفال‌ماهیان در سواحل ایرانی دریای کاسپین (Porfaraj et al., 2013)، بررسی مورفومتریک و مرستیک کفال پوزه‌باریک (*Liza saliens* (Risso, 1810) در ساحل انزلی (Nematpasand et al., 2014)، مطالعه تنوع ژنتیکی ماهی کفال پوزه‌باریک (*Liza saliens* (Risso, 1810) در دو منطقه صیادی سواحل استان مازندران با استفاده از نشانگر ریزماهواره (Naderi et al., 2016)، بررسی تنوع و تمایز ژنتیکی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) با استفاده از نشانگر مولکولی ریزماهواره در سواحل استان مازندران (Norouzi and Behrouz, 2016)، بررسی تنوع و تمایز ژنتیکی ماهی کفال طلایی با استفاده از DNA ریزماهواره در مناطق انزلی، رامسر، فریدونکنار و گمیشان (Norouzi and Behrouz, 2016)، بررسی ساختار ژنتیکی کفال طلایی در سواحل انزلی و ساری براساس توالی‌یابی منطقه کنترل mtDNA (Saeedi et al., 2016) و مقایسه ریختی دو گونه از کفال‌ماهیان سواحل جنوبی دریای کاسپین، کفال طلایی و کفال پوزه‌باریک (*Liza saliens* (Risso, 1810) (Kouhee et al., 2018) اشاره می‌شود. با توجه به پراکنش وسیع این گونه در دریای کاسپین از جمله تمام مناطق بخش ایرانی آن و نیز وجود مهاجرت‌های سالانه تولیدمثلی و غذایی، این پرسش پیش می‌آید که آیا این گونه با استفاده از مکانیسم‌های ریختی، خود را با شرایط محیطی سازگار کرده است و اینکه با توجه به تنوع به نسبت خوب ژنتیکی آن که توسط منابع فوق اشاره شده است، آیا جمعیت‌های مکانی آن براساس ریخت‌سنجی هندسی تفکیک‌پذیر است یا خیر؛ بنابراین مطالعه حاضر به منظور بررسی تنوع ریختی گونه کفال طلایی در بخش‌های مختلف حوضه جنوبی دریای کاسپین با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع ریختی ماهی کفال طلایی، در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹، تعداد ۱۷۰ قطعه از سواحل غربی گیلان (آستارا) تا شرق مازندران (ساری) با طول چنگالی ۲۲۵ تا ۴۱۲ و میانگین 320 ± 46 میلی‌متر شامل آستارا (۲۳ نمونه)، بندر انزلی (۳۳ نمونه)، کیاشهر (۲۳ نمونه)، لنگرود (۲۷ نمونه)، رودسر (۷ نمونه)، چالوس (۳۰ نمونه)، محمودآباد (۱۴ نمونه) و ساری (۱۳ نمونه) از حوضه جنوبی دریای کاسپین (شکل ۱) و با استفاده از تور محاصره‌ای (پره) ویژه تعاونی‌های صید ماهیان استخوانی دریای کاسپین، صید شد. پس از بیهوشی ماهیان، تعدادی نمونه با طول کل ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر به طور تصادفی انتخاب و از سطح جانبی نمونه‌ها روی صفحه Copy stand عکس‌برداری شد. برای استخراج داده‌ها به روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک - پایه، تعداد ۱۴ نقطه لندمارک تعریف و روی تصاویر دوبعدی با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 رقومی‌سازی شد (شکل ۲). روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌ها برای حذف تغییرات غیر شکل (شامل مقیاس، جهت و موقعیت) با استفاده از آنالیز پروکراست (Generalized Procrustes Analysis) در نرم‌افزار PAST v 2.17b صورت گرفت (Hammer et al., 2001). بررسی داده‌های شکل بدن جمعیت‌های مطالعه‌شده با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل همبستگی کانونی (CVA) براساس ارزش P حاصل از آزمون جایگشت (با ۱۰۰۰۰ تکرار) در آزمون NPMANOVA و آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis) با انتخاب الگوریتم‌های Paired group و Euclidean و در نرم‌افزار PAST صورت گرفت؛ همچنین مصورسازی تغییرات شکل بدن براساس میانگین شکل جمعیت‌ها نسبت به شکل میانگین کل (Consensus configuration) با استفاده از شبکه تغییر شکل در نرم‌افزار Morpho J انجام شد (Klingenberg, 1998).



شکل ۱- مناطق ساحلی نمونه‌برداری جمعیت‌های *Chelon auratus* در حوضه جنوبی دریای کاسپین

Figure 1- Coastal sampling regions of *Chelon auratus* populations in the southern Caspian Sea basin

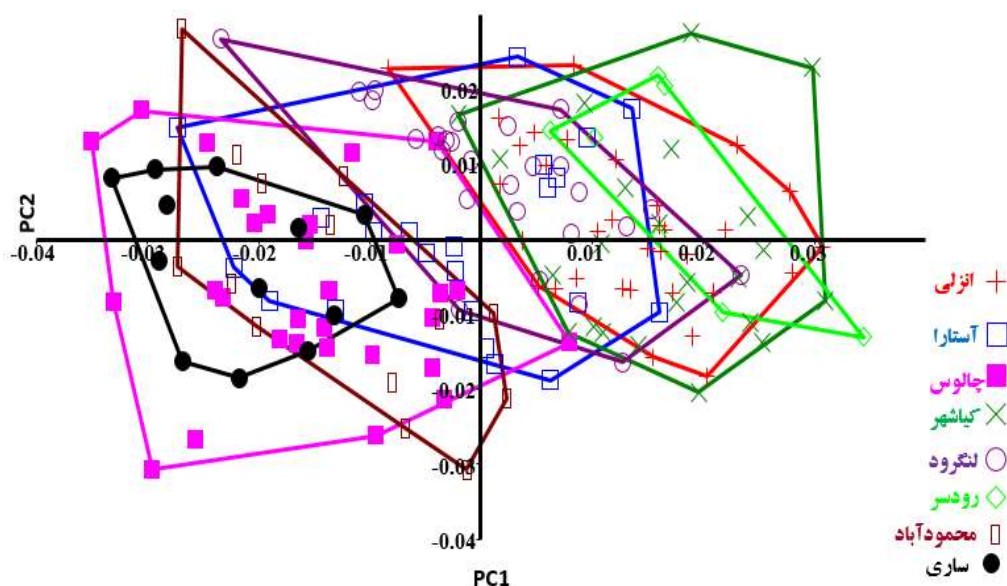


شکل ۲- نقاط لندمارک تعریف شده برای استخراج شکل بدن در جمعیت‌های *Chelon auratus*: ۱. ابتدایی ترین نقطه پوزه در بالا؛ ۲. مرکز حلقه چشم؛ ۳. محل تقاطع خط عمود بر محور طولی بدن که از مرکز حلقه عبور می کند با لبه بالایی سر؛ ۴. نقطه انتهایی بخش سر و عمود بر انتهای سرپوش آبششی؛ ۵. ابتدای قاعده باله پشتی اول؛ ۶. انتهای قاعده باله پشتی اول؛ ۷. ابتدای قاعده باله پشتی دوم؛ ۸. انتهای قاعده باله پشتی دوم؛ ۹. انتهای بالایی ساقه دم؛ ۱۰. انتهای پایینی ساقه دم؛ ۱۱. انتهای قاعده باله مخرجی؛ ۱۲. ابتدای قاعده باله مخرجی؛ ۱۳. نقطه پایین شکاف سرپوش آبششی در بخش شکمی؛ ۱۴. محل تقاطع پاره خطی که از لندمارک‌های ۲ و ۳ می گذرد با لبه زیرین سر.

Figure 2- Defined landmark points for body shape extraction in *Chelon auratus* populations: 1. The most anterior point of the snout at the top; 2. Center of the eye pupil; 3. Intersection of the vertical line through the body axis passing through the center of the pupil with the upper edge of the head; 4. The terminal point of the head section perpendicular to the end of the gill cover; 5. Beginning of the base of the first dorsal fin; 6. End of the base of the first dorsal fin; 7. Beginning of the base of the second dorsal fin; 8. End of the base of the second dorsal fin; 9. Upper end of the caudal peduncle; 10. Lower end of the caudal peduncle; 11. End of the base of the anal fin; 12. Beginning of the base of the anal fin; 13. The point below the gill cover slit in the abdominal section; 14. Intersection of the line passing through landmarks 2 and 3 with the lower edge of the head.

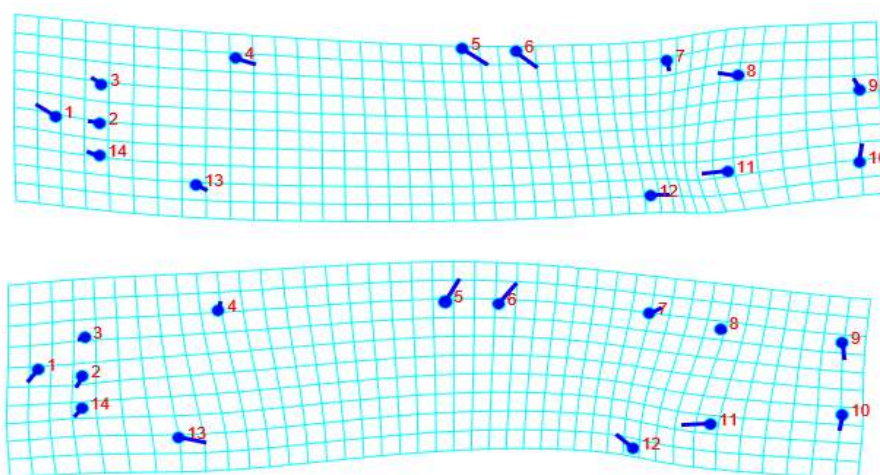
نتایج

براساس نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شش مؤلفه $PC1=28/39$ ، $PC2=17/33$ ، $PC3=11/98$ ، $PC4=8/73$ ، $PC5=7/12$ و $PC6=6/51$ در جایگاه مؤلفه‌های بالاتر از خط برش جولیف و اصلی در ایجاد تغییرات بین جمعیت‌های مطالعه شده ارائه شد که در مجموع دو مؤلفه اصلی اول $45/73$ درصد از واریانس را به خود اختصاص داد. شکل ۳ نمودار پراکنش جمعیت‌ها در تحلیل مؤلفه‌های اصلی را نشان می‌دهد. براساس نتایج، بین جمعیت‌ها هم‌پوشانی دیده می‌شود؛ اگرچه جمعیت‌های انزلی، رودسر و کیاشهر به‌طور چشمگیری از جمعیت‌های ساری و محمودآباد تفکیک شده است. نحوه توزیع جمعیت‌های مطالعه شده و نیز تغییرات شکل بدنی جمعیت‌ها براساس دو محور $PC1$ و $PC2$ در شکل ۴ ارائه شده است. در بررسی تغییرات الگوی شکل بدنی جمعیت‌های مطالعه شده، با حرکت در جهت مثبت محور $PC1$ ، شکل بدن جمعیت‌ها تمایل به تغییر اندازه سر (لندمارک شماره ۴)، کاهش عمق بدن (لندمارک‌های ۵ و ۶) و تغییر در ساقه دم (لندمارک‌های شماره ۹ و ۱۰) دارد؛ همچنین با حرکت در جهت مثبت محور $PC2$ شکل بدنی جمعیت‌ها، تغییر عمق سر (موقعیت لندمارک ۴)، افزایش عمق بدن (لندمارک‌های ۵ و ۶) و تغییر موقعیت باله پشتی دوم (لندمارک ۷ و ۸) دارد.



شکل ۳- نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شکل بدن جمعیت‌های *C. auratus* مطالعه شده.

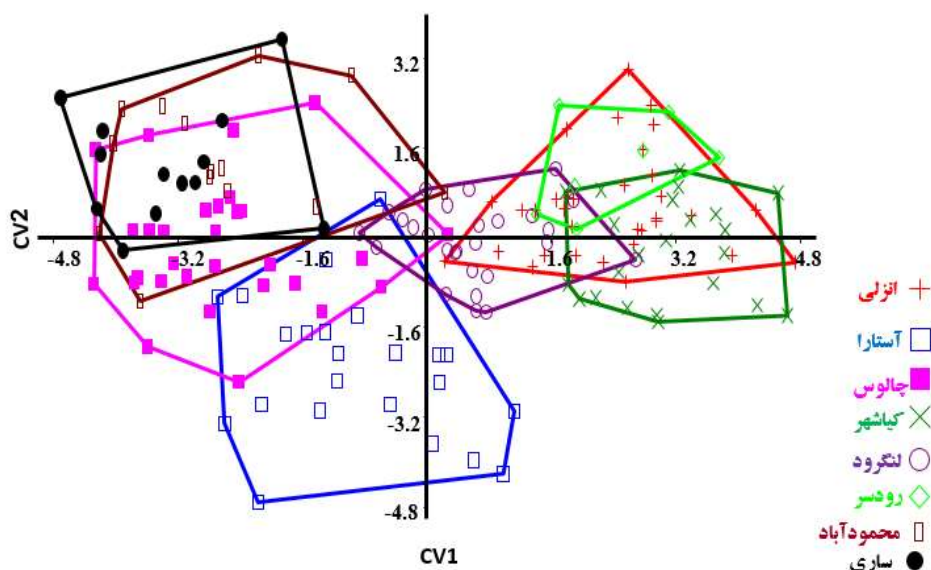
Figure 3- Principal Component Analysis (PCA) plot of body shape for the studied populations of *C. auratus*.



شکل ۴- تغییرات شکل بدن در جمعیت‌های *C. auratus* مطالعه شده در جهت هریک از محورهای PC1 (بالا) و PC2 (پایین).

Figure 4- Body shape changes in the studied populations of *C. auratus* along each axis [PC1 (top) and PC2 (bottom)].

تجزیه و تحلیل همبستگی کانونی (CVA) به خوبی گروه‌بندی جمعیت‌های مطالعه شده را نشان داد. با وجود هم‌پوشانی بین نقاط مختلف بررسی شده، جمعیت‌های انزلی، رودسر و کیشهر هم‌پوشانی اندک با جمعیت لنگرود و تفکیک چشمگیر از سایر جمعیت‌ها نشان داد ($P < 0.001$ و $F = 5.58$, Walk's lambda = 0.009) (شکل ۵). فواصل مهابلانویس و پروکراست حاصل از آنالیز CVA در جایگاه درجه تمایز بین جمعیت‌های مطالعه شده در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. براساس نتایج، بیشترین فاصله مهابلانویس و پروکراست بین جمعیت‌های کیشهر و ساری به دست آمد. تحلیل NPMANOVA براساس ارزش p در جدول ۳ ارائه شده است. براساس نتایج، بین جمعیت‌های مطالعه شده به جز ساری - محمودآباد و چالوس - محمودآباد تفاوت معنی داری وجود دارد.



شکل ۵- نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) شکل بدن جمعیت‌های *C. auratus* مطالعه شده

Figure 5- Canonical Variate Analysis (CVA) plot of body shape in the studied populations of *C. auratus*

جدول ۱- فواصل مایه‌الانویس شکل بدن حاصل از آزمون CVA جمعیت‌های *C. auratus* مطالعه شده

Table 1- Mahalanobis distances of body shape derived from CVA test in the studied populations of *C. auratus*

لنگرود	کیاشهر	چالوس	آستارا	انزلی	ساری	محمودآباد	
						۲/۳۷	ساری
					۵/۶۹	۵/۴۱	انزلی
				۴/۴۵	۴/۵	۴/۲۷	آستارا
			۳/۳۹	۵/۳۵	۲/۵۷	۳/۰۱	چالوس
		۵/۹۵	۵/۰۱	۲/۷۲	۶/۶	۶/۳۹	کیاشهر
	۴/۳۱	۴/۴۵	۳/۷	۳/۲۵	۴/۷۷	۴/۴۴	لنگرود
۳/۹۴	۳/۳۷	۵/۷	۵/۲۳	۲/۵۴	۶/۲۴	۵/۵۷	رودسر

جدول ۲- فواصل پروکراست شکل بدن حاصل از آزمون CVA جمعیت‌های *C. auratus* مطالعه شده.

Table 2- Procrustes distances of body shape derived from CVA test in the studied populations of *C. auratus*

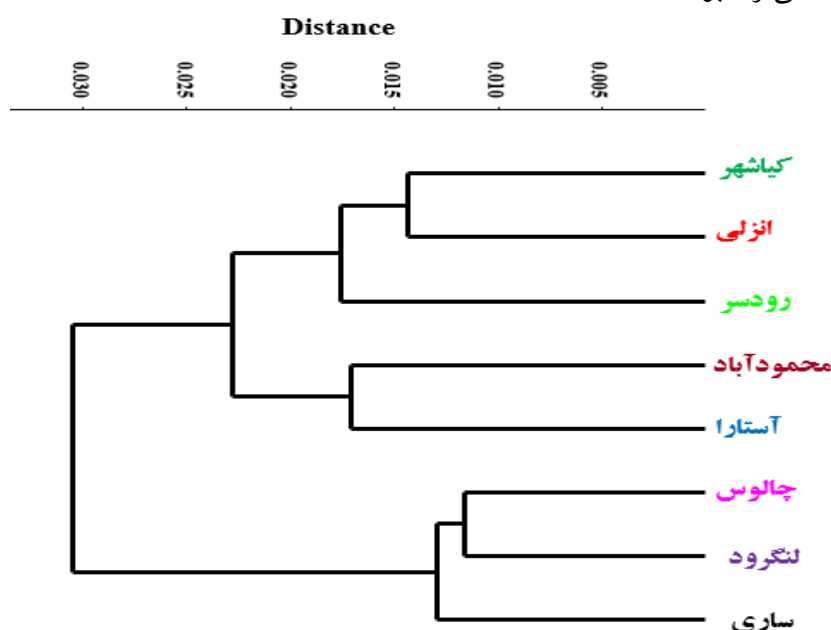
لنگرود	کیاشهر	چالوس	آستارا	انزلی	ساری	محمودآباد	
						۰/۰۱۲	ساری
					۰/۰۳۶	۰/۰۳	انزلی
				۰/۰۲	۰/۰۲۵	۰/۰۱۹	آستارا
			۰/۰۱۹	۰/۰۳۰	۰/۰۱۳۳	۰/۰۱۶	چالوس
		۰/۰۳۴	۰/۰۲۶	۰/۰۱۴	۰/۰۴	۰/۰۳۳	کیاشهر
	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۲۳	لنگرود
۰/۰۲۴	۰/۰۱۹	۰/۰۳۷	۰/۰۲۸	۰/۰۱۵	۰/۰۴	۰/۰۳۳	رودسر

جدول ۳- تحلیل NPMANOVA براساس ارزش p صفات ریختی جمعیت‌های *C. auratus* مطالعه‌شده.

Table 3- NPMANOVA analysis based on p -value of morphological traits in the studied populations of *C. auratus*.

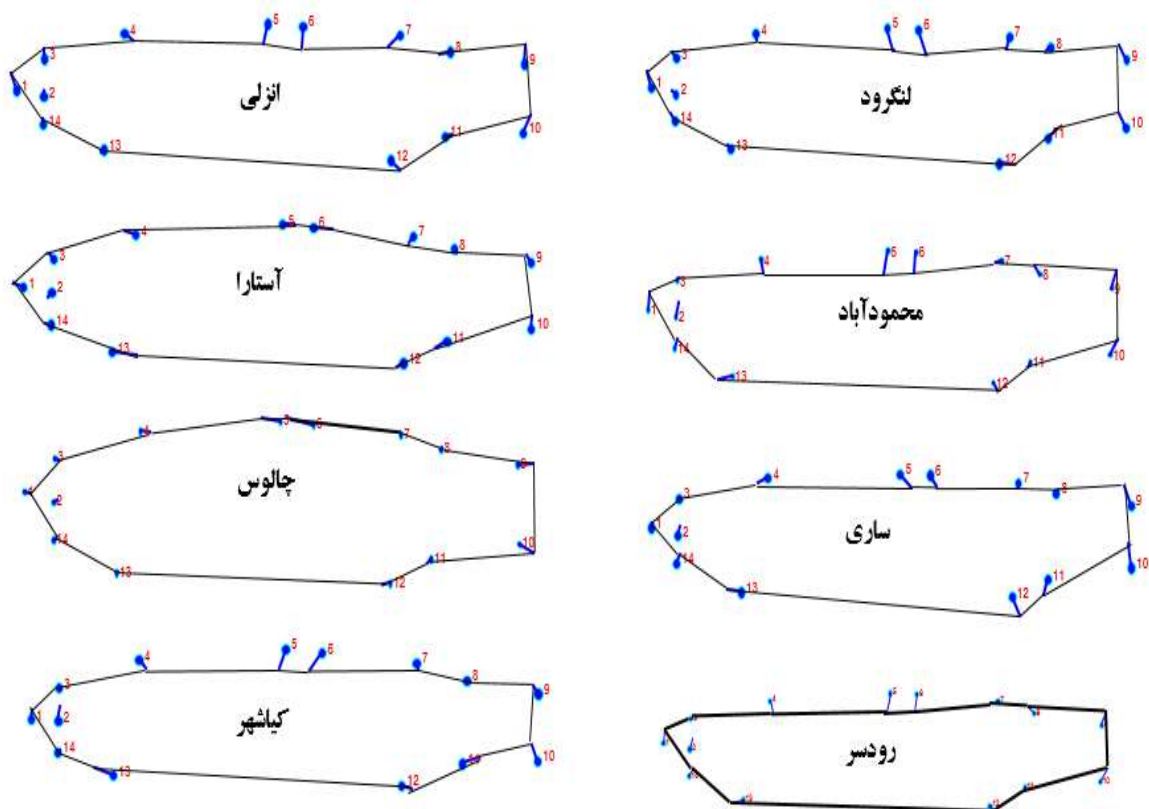
ساری	محمودآباد	ساری	انزلی	آستارا	چالوس	کیاشهر	لنگرود
۰/۱۹۹۳							
انزلی	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱					
آستارا	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱				
چالوس	۰/۱۵۳	۰/۰۳۳	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱			
کیاشهر	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱		
لنگرود	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	
رودسر	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	۰/۰۱۴	<۰۰۰۱	<۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲

در شکل ۶، نتایج تحلیل خوشه‌ای جمعیت‌های مطالعه‌شده ارائه شده است. ضریب کوپرنیک آنالیز خوشه‌ای ۰/۷۷۸ برآورد شد. براساس نتایج، جمعیت‌های چالوس، لنگرود و ساری در یک خوشه و جدا از سایر جمعیت‌ها قرار گرفت. در شکل ۷، شکل هر جمعیت نسبت به شکل میانگین ارائه شده است. براساس نتایج، بین جمعیت‌های مطالعه‌شده به لحاظ ریختی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. جمعیت چالوس بیشترین و لنگرود کمترین عمق بدنی را دارد. موقعیت پوزه به سمت بالا در جمعیت‌های انزلی، کیاشهر، لنگرود، محمودآباد و رودسر مشاهده شد. جمعیت لنگرود و کیاشهر دارای ساقه‌دمی کوتاه‌تر نسبت به سایر جمعیت‌ها است. پوزه قدامی‌تر (کشیده‌تر) در جمعیت آستارا مشاهده شد. عمق سر نیز در دو جمعیت آستارا و چالوس چشمگیرتر و بیشتر است؛ همچنین جمعیت چالوس نسبت به سایر جمعیت‌ها دارای موقعیت باله‌پشتی و مخرجی قدامی‌تری بود.



شکل ۶- تحلیل خوشه‌ای شکل بدن در جمعیت‌های *C. auratus* مطالعه‌شده.

Figure 6- Cluster analysis of body shape in the studied populations of *C. auratus*.



شکل ۷- نمودار قالب سیمی شکل بدن نسبت به میانگین شکل هر جمعیت گونه *C. auratus* مطالعه شده.

Figure 7- Wireframe diagram of body shape relative to the mean shape of each studied population of *C. auratus*.

بحث

در مباحث مربوط به حفاظت و مدیریت، بررسی ویژگی‌های زیستی از جمله رشد، مرگ و میر، هم‌آوری، روابط تغذیه‌ای و چرخه حیات در شناسایی گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان دارای اهمیت است (Ibañez et al., 2007). استفاده از شاخص‌های ریختی از قبیل ویژگی‌های شمارشی و ریخت‌سنجی (اندازی و هندسی) کاربرد زیادی در مطالعات سیستماتیک و آرایه‌شناسی، بررسی جمعیت‌های ماهیان و تفکیک گونه‌ها دارد (Ruban, 1998). یافته‌های الگوهای ریختی بین جمعیت‌های کفال طلایی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در مناطق و ایستگاههای مطالعه شده بود. پراکنش جمعیت‌ها براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی هم‌پوشانی نشان داد؛ در حالی که تحلیل همبستگی کانونی (CVA)، تفکیک جمعیت‌های مطالعه شده را بهتر نشان داد. عمده تفاوت‌های ریختی در جمعیت‌های مطالعه شده مربوط به موقعیت پوزه، اندازه سر، عمق بدن، موقعیت باله پشتی و طول ساقه دم بود که این تفاوت‌ها، سازگاری با شرایط محیطی و زیستگاهی را نشان می‌دهد و چنین سازگاری‌های ریختی در راستای حفظ تعادل در مقابله با نیروهای هیدرودینامیکی زیستگاه است (Vogel, 1994 ; Nacua et al., 2010). شرایط زیستی و غیر زیستی در مناطق مختلف دریای کاسپین در حد کم تا متوسط اختلاف دارد؛ برای مثال طی بررسی حاضر در قالب بررسی پلاتکتونی، کفزیان و شیمی آب سواحل گیلان در طرح جامع بررسی علل کاهش صید ماهی سفید و کفال‌ماهیان سواحل گیلان و نیز مطابق مطالعات متعدد انجام شده روی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی در سه دهه اخیر، در ساحل آستارا ماکرو جلبک‌ها زیاد و به صورت توده‌ای

است؛ همچنین صدف‌های دو کفه‌ای زیاد اما شیب بستر کم است؛ در ساحل انزلی مواد مغذی (فسفر و نیتروژن) و تراکم فیتوپلانکتونی به دلیل برخورداری از آب رودخانه‌های حوضه تالاب انزلی چندبرابر غرب و شیب بستر هم ملایم و بیشتر از آستارا است؛ در ساحل کیشهر به دلیل قرارگیری در مصب سفیدرود، مواد مغذی خوب ولی کمتر اما شیب بستر بیشتر از انزلی است؛ در ساحل چالوس بستر سنگی، شیب خیلی زیاد و به طور احتمالی آلودگی بیشتر و در ساحل ساری شیب ملایم و دمای آب بیشتر است؛ بنابراین شرایط زیستی و غیر زیستی حاکم و غالب در منطقه بر ساختار ریختی گونه کفال تأثیر می‌گذارد.

Porfaraj et al. (2008) در مطالعه تنوع ریختی کفال طلایی (*Liza aurata* (Risso, 1810) (اکنون *Chelon auratus*) در سواحل جنوبی دریای کاسپین بیان کردند که جمعیت‌های مطالعه‌شده در ۱۰ ویژگی از ۲۵ ویژگی تراس، سه ویژگی ریختی از هفت ویژگی سیستم سنتی و شش ویژگی از ۱۰ ویژگی شمارشی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند؛ همچنین نمودار حاصل از توابع متمایزکننده ۱ و ۲ بررسی (Porfaraj et al. 2008)، نشان‌دهنده تمایز کفال طلایی منطقه انزلی از کیشهر بود؛ در حالی که در این مطالعه دو جمعیت انزلی و کیشهر در یک خوشه قرار گرفت که به نظر می‌رسد به دلیل وجود جابجایی‌ها و حرکات گله‌ای کفال طلایی بین دو منطقه فوق باشد که به فاصله به نسبت کمی از یکدیگر (حدود ۵۰ کیلومتری) قرار دارند و نیز به علت شباهت به نسبت خوب فیزیکی و شیمیایی آب منطقه به دلیل تأثیر حجم زیاد آب خروجی تالاب انزلی تا نزدیک سفیدرود باشد. از آنجایی که پیش‌تر در بررسی (Porfaraj et al. 2008) بین دو منطقه انزلی و کیشهر اختلاف زیاد مشاهده شد و در بررسی حاضر اختلاف ناچیز (شباهت زیاد) وجود دارد و در برخی مناطق نیز وجود اختلاف یا شباهت غیرمنتظره بود، به نظر می‌رسد بررسی مجدد افراد هم‌اندازه و در زمان مشخص (نمونه‌برداری در یک روز) در دو بار مختلف طی یک فصل سال در سال‌های آتی برای مشخص شدن جمعیت در دست کم پنج ساحل تالش (آستارا)، کیشهر، چالوس، ساری و گمیشان نیاز باشد.

Norouzi and Behrouz (2016) در بررسی تنوع و تمایز ژنتیکی ماهی کفال طلایی با استفاده از نشانگر مولکولی ریزماهواره در دو منطقه ساحلی استان مازندران (رامسر و فریدون‌کنار)، میزان فاصله ژنتیکی را ۰/۶۷۹ به دست آوردند که نشان‌دهنده تمایز ژنتیکی بین جمعیت‌های مطالعه‌شده بود؛ اما میانگین ضریب خویشاوندی مثبت بود که به طور احتمالی بیانگر وجود افراد خویشاوند در محل نمونه‌برداری یا ناشی از تنوع ژنتیکی کم در بچه کفال‌ماهیان اولیه‌ای باشد که از دریای سیاه به دریای کاسپین وارد شده‌اند؛ همچنین Norouzi and Behrouz (2016) در بررسی تنوع و تمایز ژنتیکی این ماهی با استفاده از DNA ریزماهواره در چهار منطقه تالاب انزلی، سواحل رامسر، سواحل فریدونکنار و تالاب گمیشان دریافتند که میانگین ضریب خویشاوندی در جایگاه‌های ریزماهواره مثبت بود و میانگین هتروزیگوسیتی مورد انتظار و مشاهده‌شده به ترتیب ۰/۷۳۹ و ۰/۳۶۵ تعیین شد؛ همچنین میزان شاخص تمایز و جریان ژنی براساس فراوانی الی به ترتیب ۰/۱۲۷ و ۲/۱۱ محاسبه شد و طبق این بررسی، میزان فاصله ژنتیکی نیز نشان‌دهنده تمایز ژنتیکی بین جمعیت‌های مطالعه‌شده بود. Ghodsi et al. (2013) تنوع ژنتیکی کفال طلایی سواحل بابل و چالوس استان مازندران را با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره بررسی کردند و براساس نتایجی که به دست آوردند، تمایز بارز ژنتیکی در میان مناطق از طریق F_{st} و آنالیز واریانس مولکولی مشاهده نشد و میزان به نسبت زیادی از جریان ژنی بین جمعیت‌ها مشخص

شد؛ همچنین هتروزیگوسیتی مشاهده شده و مورد انتظار در ساحل بابلسر به ترتیب ۰/۷۵۶ و ۰/۸۸۷ و در ساحل چالوس به ترتیب ۰/۷۰۸ و ۰/۸۸۲ تعیین شد که تفاوت معنی داری نداشت. بررسی (Saeedi et al., 2016) روی ژن D-Loop در mtDNA کفال طلایی در سواحل انزلی و ساری نشان داد اختلاف ژنتیکی زیاد در مناطق نمونه برداری وجود دارد؛ همچنین فاصله ژنتیکی مشاهده شده بین دو منطقه ۰/۴۳۵ و میزان Fst بین دو منطقه زیاد (۰/۶۱۵) تعیین شد که این امر بیانگر تمایز بین دو جمعیت بود؛ در نتیجه در این بررسی مشخص شد که دو جمعیت متفاوت از ماهی کفال طلایی در استان های گیلان و مازندران وجود دارد.

(Fazli & Daryanabard, 2012) گزارش کردند که توده اصلی جمعیت کفال ماهیان در سواحل ایران در همه فصول در عمق های کمتر از ۲۰ متر پراکنش و تراکم دارد و میزان صید و صید در واحد تلاش آنها دارای تغییرات فصلی شدیدی بوده است. عامل اصلی این تغییرات، مهاجرت های فصلی کفال طلایی است؛ به عبارت دیگر کفال ماهیان برای زمستان گذرانی، در فصل پاییز به سواحل ایران مهاجرت می کنند و به همین دلیل توده اصلی صید تجاری آنها در سواحل ایران در این فصل صورت می گیرد؛ همچنین با گرم شدن آب دریای کاسپین در فصل بهار، آنها سواحل ایران را ترک می کنند که موافق نظر منابع دیگر (Probatov and Tereshchenko, 1951) است که معتقدند گونه کفال طلایی، ماهی مهاجر است و برای زمستان گذرانی از قسمت میانی و شمالی دریای کاسپین به قسمت جنوبی مهاجرت می کند و در بهار و تابستان در کاسپین شمالی به سر می برد؛ بنابراین کفال طلایی برعکس گاوماهیان و برخی گونه های دیگر، زیستگاه کوچکی ندارد و در طی سال بسته به دمای آب، در همه مناطق دریای کاسپین مشاهده می شود؛ همچنین بررسی میزان صید ماهانه این ماهی در ایران نشان می دهد که با سرد شدن هوا، کفال طلایی به سمت شرق یعنی استان های مازندران و گلستان حرکت می کند؛ زیرا صید آنها در گیلان کاهش و در مازندران افزایش می یابد که این مسئله ممکن است این خوشه بندی را ایجاد کند. طی بررسی حاضر، با وجود فاصله بیش از ۳۰۰ کیلومتر، آستارا در کنار محمودآباد مازندران در یک زیرگروه و لنگرود با ساری در یک گروه قرار گرفت. اگرچه داده ها ریختی است و شرایط هر ایستگاه روی شکل بدن تأثیر می گذارد، به دلیل اینکه ماهیان بررسی شده سه تا هشت و اغلب چهار تا هفت ساله بودند، به نظر می رسد دست کم یک مهاجرت به شمال دریای کاسپین داشته اند و به طور احتمالی به همراه حرکت دسته ای این ماهیان، مجدد به مناطق جنوبی و نه بخش خاصی از آن بازگشته اند؛ همچنین به طور کلی وابستگی به منطقه خاصی در جایگاه زیستگاه اصلی تخم ریزی خود نداشتند تا به تفکیک خوب جمعیت ها براساس مناطق مختلف منجر شود؛ اما با این حال به ویژه با توجه به صید فصلی آنها در همه مناطق، احتمال زیادی وجود دارد که همواره برخی نمونه های کفال طلایی (دست کم افراد جوان تر و در حال بلوغ)، به طور همیشه در مناطق خاصی حضور داشته باشند؛ اگرچه رفتار کلی آنها گرمادوستی است و برحسب دمای آب، منطقه زیست خود را در طی سال تغییر می دهند.

طی دوران پیوند خوردن کفال طلایی به دریای کاسپین، طی ۹۰ سال گذشته، تغییراتی در برخی از ویژگی های زیستی آنها مانند افزایش طول عمر و در نتیجه افزایش میانگین طول و سهم گروه های سنی بالاتر و همچنین افزایش توان باروری و تولید مثل آنها در مقایسه با جمعیت کفال ماهیان دریای سیاه گزارش شده است (Belyaeva et al., 1989)؛ بنابراین

تغییرات ریختی نیز به دلیل سازگاری‌های زیستی و فیزیولوژیکی گونه کفال، امری بدیهی و ممکن است روند سازگاری این ماهیان با شرایط جدید را منعکس کند.

از آنجایی که کفال طلایی در دریای کاسپین دارای مهاجرت‌های طولانی از شمال تا جنوب دریا است (Probatov and Tereshchenko, 1951) و اینکه مناطق هیدرولوژیکی متنوعی در دریای کاسپین وجود دارد، ایجاد سازگاری شکل بدن برای اینکه حرکات و تغذیه بهتر شود و نرخ بقا افزایش یابد، امری طبیعی است. این سازگاری‌ها در نهایت به ایجاد جمعیت‌هایی حتی اندک منجر می‌شود که در مطالعات (Porfaraj et al. (2008, Ghaninejad et al. (2012 و Gholiev (1997 به آن اشاره شده است و همچنین نتایج بررسی حاضر، ایجاد جمعیت‌های جدید اگرچه با همپوشانی متوسط را تأیید می‌کند. در مطالعات پژوهشگرانی که ژنتیک کفال طلایی در سواحل ایرانی دریای کاسپین را بررسی کرده‌اند (Ghodsi et al., 2013; Norouzi and Behrouz, 2016; Saeedi et al., 2016) نیز تنوع کم تا زیاد و به طور معمول در حد متوسط مشاهده شد؛ با این حال به نظر می‌رسد کفال طلایی با توجه به زمان کم پیوند به دریای کاسپین (۱۹۳۰-۳۵ میلادی)، به‌ویژه با توجه به مهاجرت شدن شمال به جنوب و برعکس، هنوز فرآیند سازگاری با محیط جدید را تمام نکرده باشد.

در بررسی انجام‌شده روی خصوصیات مورفومتریک و مرستیک کفال پوزه‌باریک (*Liza saliens* (Risso, 1810) در ساحل انزلی توسط (Nematpasand et al. (2014 مشخص شد بین دو جنس نر و ماده از نظر صفات شمارشی اختلافی وجود ندارد؛ اما از نظر صفات سنجشی در ۴۰ عامل اختلاف مشاهده شد. (Kouhee et al. (2018 در مقایسه ریختی دو گونه از کفال ماهیان سواحل جنوبی دریای کاسپین، یعنی کفال طلایی و کفال پوزه‌باریک، گزارش کردند تأثیر صفات اندازه‌شی و شمارشی در تفکیک دو گونه از هم توسط آزمون t جفتی با اختلاف معنی‌داری $P < 0.05$ و آزمون تحلیل به مؤلفه‌های اصلی PCA با بار عاملی بیش از ۰/۷ انجام شد؛ همچنین نتایج نشان‌دهنده اهمیت بیشتر صفات اندازه‌شی نسبت به صفات شمارشی در تفکیک دو گونه بود. اهمیت مطالعات ریخت‌سنجی هندسی در تفکیک بین جمعیت‌های یک گونه در جایگاه روشی مناسب در بسیاری از مطالعات مشابه قبلی به اثبات رسیده است. در پژوهش حاضر نیز این روش جمعیت‌های مطالعه‌شده را با توجه به دارابودن مهاجرت‌های تغذیه‌ای و تخم‌ریزی، تا حد به نسبت خوبی از یکدیگر تفکیک کرد؛ بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی و بوم‌شناسی این گونه، این مطالعه اطلاعات ارزشمندی درباره ویژگی‌های ریختی مربوط به گونه کفال طلایی در حوضه دریای کاسپین ارائه داد که به‌منظور تأیید نتایج فوق ابتدا بررسی ویژگی‌های ریختی نمونه‌های هم‌سن و هم‌اندازه و با تعداد کافی که در یک زمان ثابتی (ترجیحاً مهر یا آبان) صید شوند و همچنین بررسی‌های مولکولی با روش‌های مناسب در کل حوضه جنوبی و ترجیحاً در دو سال متفاوت برای مقایسه نتایج دو سال پیشنهاد می‌شود. انجام علامتگذاری و ردیابی این گونه با روش‌های مناسب (ماهواره‌ای، رادیو تلو متریک، تگ‌های رنگی، تگ‌های مغناطیسی و تگ‌های دیگر) با توجه به بودجه پروژه نیز حلال خیلی از مشکلات و ابهامات در زمینه مهاجرت و وجود جمعیت‌های اکولوژیک آن خواهد بود.

سپاسگزاری

این مطالعه در قالب پروژه بررسی فراوانی و ساختار طولی و وزنی بچه ماهیان و تعیین جمعیت‌های اکولوژیک ماهیان سفید و کفال در سواحل استان گیلان با کد مصوب ۹۹۰۹۷۶-۱۲۴-۷۳-۱۲-۰۳۴-۹۹۰۴۴ مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور انجام شد. بدین وسیله از مسئولان اداره کل شیلات و پره‌های تعاونی صید ماهیان استخوانی استان گیلان و نیز پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی کشور سپاسگزاری می‌شود.

References

- Abbasi, K. (2017). Fishes of Guilan. In: *The Encyclopedia of Guilan Culture and Civilization (Ilia)*. 66, 206 p. [In Persian].
- Abdolmaleki, S., & Ghaninejad, D. (2015). *Bony fishes of Caspian Sea (Biology, distribution, catch and fishery, resources restoration, weakness and power)*. Tehran: Fisheries Sciences Research Institute [In Persian].
- Belyaeva, V. N., Vlasenko, A. D., & Ivanov, V. F. (1989). Caspian Sea, fish fauna and their commercial resources. *The Academy of Science of the U.S.S.R.*, 235 [In Russian].
- Coad, B. W. (2017). Review of the freshwater mullets of Iran (Family Mugilidae). *Iranian Journal of Ichthyology*, 4(2), 75-130. <https://doi.org/10.22034/iji.v4i2.218>
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Ahmadi, S., & Javadzadeh, N. (2020). Phenotypic plasticity of the body shape in Prussian carp (*Carassius gibelio*), in response to lentic and lotic habitats using geometric morphometric technique. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 29(1), 49-58. <http://isfj.ir/article-1-2216-en.html>
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Esmaeli, H. R., Sayyadzadeh, G. & Nasri, M. (2022). Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology*, 46(6), 500-522. [10.55730/1300-0179.3104](https://doi.org/10.55730/1300-0179.3104)
- Esmaeili, H. R., & Abbasi, K. (2021). Checklist of fishes of the Caspian Sea basin: Land of wetlands. In: *Southern Iraq's Marshes*. pp. 319-349. Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-66238-7_18
- Fazli, H., & Daryanabard, G. (2012). Qualitative assessment of golden gray mullet stocks (*Liza aurata* Risso, 1810) in the Caspian Sea (1991-2011). *Journal of Fisheries*, 65(3), 307-315 [In Persian]. [10.22059/JFISHERIES.2012.29493](https://doi.org/10.22059/JFISHERIES.2012.29493)
- Ghaninejad, D. (2009). *Study of some biological aspects of golden grey-mullet (Liza aurata) in Iranian shores of Caspian Sea*. Tehran: Iranian Fisheries Research Institute [In Persian].
- Ghaninejad, D., Parafkandeh Haghighi, F., Abdolmaleki, S., Nahrvar, R., Khadmati, K., Rastin, R., & Nikpour, M. (2012). Morphometric and meristic characteristics of golden grey-mullet (*Liza aurata* Risso 1810) in southern Caspian Sea. *Journal of Shilat*, 6(2), 31-42 [In Persian].
- Ghodsi, Z., Shabani, A., & Shabanpour, B. (2011). Genetic diversity of *Liza aurata* (Risso, 1810) in the coastal regions of Golstan province, using microsatellite marker. *Taxonomy and Biosystematics*, 3(6), 35-46 [In Persian]. https://tbj.ui.ac.ir/article_17400_6ab723e52a28c78fc6e4ead13bcd70d0.pdf?lang=en
- Ghodsi, Z., Shabani, A., & Shabanpour, B. (2013). Genetic diversity of *Liza aurata* (Risso, 1810) in the coastal regions of Mazandaran province, using microsatellite markers. *New Genetic*, 8(1), 29-36 [In Persian]. [file:///C:/Users/user/Downloads/73813923204.pdf](https://www.researchgate.net/publication/313923204)
- Gholiev, D. B. O. (1997). *Cyprinid and percoid fishes of southern and central part of Caspian Sea*

- (Population structure, ecology, distribution and tactics for stocks rebuilding). Translated by Adeli, 1998. Bandar Anzali: Guilan Fisheries Research Center [In Persian].
- Guill, J. M., Hood, C. S., & Heins, D. C. (2003). Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). *Journal of Ecology of Freshwater Fish*, 12(2), 134-140. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0633.2003.00008.x>
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(4), 1-9. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf
- Ibañez, 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 Sciences*, 64(8), 1091-1100.
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., & Abdoli, A. (2016). *Atlas of inland water fishes of Iran*. Tehran: Department of Environment Press [In Persian].
- Klingenberg, C. P. (1998). Heterochrony and allometry: The analysis of evolutionary change in ontogeny. *Journal of Biological Reviews*, 73(1), 79-123. DOI: [10.1017/s000632319800512x](https://doi.org/10.1017/s000632319800512x)
- Kouhee, S., Alavi-Yeganeh, M., & Ghasemzadeh, J. (2018). Molecular and morphological comparison of two species of Mugilidae in Southern Coast of the Caspian Sea; Golden grey mullet (*Liza aurata*; Risso, 1810) and leaping mullet (*Liza saliens*; Risso, 1810). *Journal of Fisheries Science and Technology*, 7(3), 231-237 [In Persian]. <http://jfst.modares.ac.ir/article-6-16435-en.html>
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Latif-Nejad, S., & Nasri, M. (2020). The morphological study of transcaspian marinka (*Schizothorax pelzami*) in Harirud and Dasht-e Kavir basins using the geometric morphometric technique. *Nova Biologica Reporta*, 7(2), 185-191. <http://nbr.khu.ac.ir/article-1-3249-en.html>
- Nacua, S. S., Dorado, E. L., Torres, M. A. J., & Demayo, C. G. (2010). *Body shape variation between two populations of ASI Series*. New York: Plenum Press. https://www.researchgate.net/publication/298094475_Body_shape_variation_between_two_populations_of_the_white_goby_Glossogobius_giuris_Hamilton_and_Buchanan
- Naderi, L., Shabani, A., Shabanpour, B., & Rezaei, H. (2016). Study of genetic diversity of Sharpnose mullet *Liza saliens* (Risso, 1810) in the coastal regions of Mazandaran Province by microsatellite marker. *Journal of Marine Science and Technology*, 14(4), 22-33 [In Persian]. <http://hdl.handle.net/1834/13643>
- Nasri, M., Eagderi, S., & Farahmand, H. (2014). Interspecies morphological variation of *Cyprinion watsoni* (Day, 1872) from southern and southeastern inland water basins of Iran based on Geometric morphometrics method. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 2(2), 1-14 [In Persian]. <http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-181-en.html>
- Nematpasand, E., Abdollahpour, H., Abbasi Ranjbar, K., & Ahmadi, S. M. (2014). Investigating Morphometric and Meristic of Leaping Mullet (*Liza saliens* Risso, 1810) in the coast of Bandar Anzali. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 2(3), 101-111 [In Persian]. URL: <http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-251-en.html>
- Norouzi, M., & Behrouz, M. (2016). Microsatellite DNA analyses of the genetic structure of golden mullet (*Liza aurata*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(2), 185-196 [In Persian]. DOI: [10.22092/isfj.2017.110250](https://doi.org/10.22092/isfj.2017.110250)
- Peres-Neto, P. R. (2004). Patterns in the co-occurrence of fish species in streams: The role of site

- suitability, morphology and phylogeny versus species interactions. *Oecologia*, 140(2), 352-360. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-004-1578-3>
- Porfaraj, V., Karami, M., Nezami, S., Rafiei, G., & Khara, H. (2008). Morphological variation of Golden mullet, *Liza aurata*, of southern coasts of the Caspian Sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 17(2), 35-48 [In Persian]. <http://hdl.handle.net/1834/11409>
- Porfaraj, V., Karami, M., Nezami, S., Rafiei, G., & Khara, H. (2013). Stock status assessment of sharpnose mullet (*Liza saliens*) by using overfishing indicators in southern part of the Caspian Sea (1991-2011). *Utilization and Cultivation of Aquatics*, 2(1), 55-68 [In Persian].
- Probatov, S. N., & Tereshchenko, K. K. (1951). The Caspian Sea mullets and its fisheries. *Pishchepromizdat, Moscow*, 115p.
- Ruban, G. I. (1998). On the species structure of the Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt (Acipenseridae). *Journal of Applied Ichthyology*, 38(5), 345-365.
- Saeedi, Z., Rezvani Gilkolayi, S., Soltani, M., Laloe, F., & Taghavi, M. J. (2016). Genetic structure of *Liza aurata* (Risso, 1810) populatin in the coasts of Guilan and Mazandaran provinces, using sequencing of control area of mtDNA. *Aquacultural Development*, 10(1), 91-102 [In Persian].
- Shariati, A. (2004). *The translation of Kazanchev's the Caspian Sea and its watershed area fishes*. Tehran: Naghshe Mehr Publication [In Persian].
- Vogel, S. (1994). *Life in moving fluids: The physical biology of flow*. Second Edition. Princeton, NJ: Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvzsmfc6>
- Webb, P. W. (1982). Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. *American Zoologist*, 22(2), 329-342. <https://www.jstor.org/stable/3882663>
- Zelditch, M. (2004). *Geometric morphometric for biologists: A primer*. New York: Elsevier Academic Press.

