Journal of Marine Science and Technology

***In Press* / DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

Original Article

Survey of Population Isolation in Mudskipper (*Boleophthalmus dussumieri*) along the Persian Gulf Coast using Morphometric Techniques

Behzad Moein [1], Olyagholi Khalilipour *[1], Hossein Zolgharnein [2]

1. Department of Marine Environmental Science, Faculty of Marine Natural Resource, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.
2. Department of Marine Biotechnology, Faculty of Marine Biology and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

[*] **Corresponding Author E-mail:** o.khalilipour@kmsu.ac.ir

Received: 4 November 2024 **Revise Date:** 29 November 2024 **Accepted:** 30 December 2024

DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618

Abstract

Environmental isolation can result in the evolution of distinct shape traits, which can eventually cause evolutionary isolation and the formation of different populations. The shape features of fish are influenced by environmental factors such as the type of substrate, water flow, vegetation type, competition, predation, pollution levels, and food availability. Therefore, ecological or environmental conditions play a major role in creating morphological changes in fish. A recent study examined the morphological differences caused by geographical isolation and environmental factors to assess the status and level of population differentiation of Mudskipper (*B. dussumieri*) based on quantifiable morphological traits in different climatic environments along the Persian Gulf coast. A total of 35 adult Mudskippers (*B. dussumieri*) were caught randomly using a scoop net. The fish were then stored in ice and transported to the laboratory The results indicated that there were almost two isolated clusters and that Mudskippers were present in the Goban and Delwar areas opposite Khor Abi region. It seems that the extensive coastline, dense mangroves, variation in bed type in various parts of the Persian Gulf, salinity differences in the east, center, and west regions, and human population density in these areas have largely hindered the mobility of individuals among diverse habitats.

Keywords: Morphology, *Boleophthalmus dussumieri*, geographical Isolation, Persian Gulf

INTRODUCTION

As a semi-enclosed sea basin, the Persian Gulf has relatively unique characteristics. Its entrance is the narrow Strait of Hormuz, and the circulation of water is limited to the Makran Sea (Gulf of Oman). This sea is very shallow compared to other seas of similar size, with an average depth of only 35 meters and vast expanses only a few meters deep. Its maximum depth, a few kilometers from the Strait of Hormuz, is only 100 meters. As a result of this physiography, the Persian Gulf experiences large seasonal fluctuations in surface water temperature. The temperature in coastal surface waters varies from 10°C in winter to 35°C in summer and reaches higher values in shallow lagoons and tidal flats. This recent study was conducted to investigate the morphological differences caused by the above factors, to test the status and degree of population differentiation of this species based on measurable morphological traits in different parts of the Persian Gulf.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

In Press

In Press / **DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**

MATERIALS AND METHODS

In general, 35 samples of adult mudskipper fish (*B. dussumieri*)—15 samples from Goban, 13 samples from Delvar, and 7 samples of khur-Abi—were caught randomly, mostly with scoop nets, in the muddy beds and intertidal areas. The samples were stored in ice and transported to the laboratory. After identification and isolation of the *B. dussumieri* species using the existing identification key and common and standard methods, they were placed under morphometric examination. ANOVA tests were used to compare the measured variables between three regions: Goban (A), Delvar (B), and Khur-Abi (C). Since there was no prejudice towards the grouping of samples in this research, principal component analysis (PCA) was used to distinguish between samples of different populations. The variables used in this test were seven variables that had significant differences between the Mudskippers of the three study areas based on the ANOVA test. Euclidean distance and the average linkage algorithm (UPGMA) were also used to measure the morphological distance between the samples and to draw the morphological dendrogram of the Mudskippers of regions A, B, and C, respectively.

RESULTS

The dendrogram obtained by the average linkage method for clustering and calculating the Euclidean distance for seven significant traits between all the measured anemones showed the creation of two separate and distinct clusters, including the anemones of areas A and B versus area C (Figure 3). Based on the results of the CVA analysis, the Wilks' lambda test ($p < 0.001$) confirmed the fit of the data for the MANOVA test. The results of the MANOVA test ($p < 0.001$), based on the paired comparison of the Hotelling test, showed that there is a significant difference between the body shape of the populations of Khur-Abi and the other two regions (Table 4).

DISCUSSION AND CONCLUSION

Environmental factors such as temperature and salinity in the west of the Persian Gulf differ from those in the east of the Persian Gulf. These differences are mainly caused by the discharge of the main rivers (Helle, Zohre, and Arvand) into the western part of the Persian Gulf. Polgar et al. (2017) investigated seven populations of Waltoni's walrus (P. waltoni) from the Persian Gulf and the Gulf of Oman, and concluded that differences in physicochemical parameters are the main potential factors for distinguishing the four Persian Gulf populations from the two Gulf of Oman populations. The results of this research are consistent with the present survey. These physicochemical factors likely also caused the separation between the western and eastern populations of the Persian Gulf.

REFRENCES

Polgar, G., Ghanbarifardi, M., Milli, S., Agorreta, A., Aliabadian, M., Esmaeili, H.R. and Khang, T.F., 2017. Ecomorphological adaptation in three mudskippers (Teleostei: Gobioidei: Gobiidae) from the Persian Gulf and the Gulf of Oman. Hydrobiologia, 795, pp. 91-111. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3120-8

In Press

Journal of Marine Science and Technology

***In Press* / DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**

مقاله پژوهشی

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

بررسی تفکیک جمعیتی گل‌خورک (*Boleophthalmus dussumieri*) در سواحل خلیج‌فارس به روش ریخت‌سنجی

بهزاد معین [۱]، اولیاقلی خلیلی پور *[۱]، حسین ذوالقرنین [۲]

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۲. گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: o.khalilipour@kmsu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۳/۰۹/۰۹ .....**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618

چکیده

انزوای محیطی می تواند منجر به تکامل صفات شکل متمایز شود که در نهایت می تواند باعث جدایی تکاملی و تشکیل جمعیت‌های مختلف شود. ویژگی‌های ریختی ماهی تحت تاثیر عوامل محیطی مانند نوع بستر، جریان آب، نوع پوشش گیاهی، رقابت، شکار، سطح آلودگی و در دسترس بودن غذا قرار دارد. بنابراین شرایط اکولوژیکی یا محیطی نقش عمده ای در ایجاد تغییرات ریخت‌شناختی در ماهی‌ها دارند. مطالعه اخیر نیز جهت بررسی فرضیه تاثیر جدایی جغرافیایی بر جدایی جمعیتهای یک گونه ناشی از تکامل متفاوت و ایجاد تفاوت های ریختی صورت گرفت تا وضعیت و میزان تفکیک جمعیتی گل‌خورک (*B. dussumieri*) بر اساس صفات ریختی قابل‌سنجش در محیطهای مختلف اقلیمی در سواحل خلیج فارس مشخص گردد. در این مطالعه ۴۵ نمونه ماهی گل‌خورک (*B. dussumieri*) بالغ از سه منطقه در سواحل خلیج‌فارس شامل گوبان ۱۵ نمونه، دلوار ۱۳ نمونه و خور آبی ۷ نمونه بصورت کاملاً تصادفی و غالباً با تور ساچوک صید شد. نتایج نشان داد که تقریباً دو خوشه مجزا و مشخص شامل گل‌خورک‌های نواحی گوبان و دلوار در مقابل ناحیه خور آبی وجود دارد. به نظر می‌رسد طول زیاد ساحل، وجود جنگل‌های مانگرو متراکم و تفاوت نوع بستر در نواحی مختلف خلیج فارس همچنین تفاوت‌های شوری در نواحی شرقی، مرکزی و غربی به علاوه تراکم سکونت گاه‌های انسانی در بین این نواحی تا حدود زیادی مانع جابجایی افراد موجود در جمعیت میان زیستگاه‌های مختلف بین این نواحی گشته است.

واژگان کلیدی: ریخت‌سنجی، گل‌خورک (*Boleophthalmus dussumieri*)، جدایی جغرافیایی، خلیج فارس

۱. مقدمه

ویژگی‌های ریختی ماهیان از تغییرات عوامل تأثیرگذار محیطی نظیر نوع‌بستر، جریان‌آب، پوشش‌گیاهی، رقابت، شکار، میزان آلاینده‌ها و میزان دسترسی به منابع غذایی، متأثر می‌شوند (Nicieza, 1995; Keshavarz et al., 2017)؛ بنابراین شرایط اکولوژیکی یا محیطی، عاملی قدرتمند در ایجاد تغییرات ریختی ماهیان به‌حساب می‌آیند (Costa and Cataudella, 2007). این بدین معنی است که جدایی محیطی می‌تواند باعث تکامل صفات ریختی گوناگون در میان جمعیت ماهیان شود زیرا اثرات متقابل محیط و ژنتیک سبب ایجاد تنوع ریختی در جمعیت‌های یک گونه می‌شود (Wootton, 1991). این تغییرات ریختی در درازمدت منجر به تکامل مجزا و ایجاد جمعیت‌های مختلف می‌شود.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

In Press

***In Press* / DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**

برای شناسایی جمعیت‌های مختلف یک‌گونه روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از آنها بررسی صفات قابل‌اندازه‌گیری و صفات شمارشی است. اختلاف در خصوصیات ریختی نشان‌دهنده اختلاف در اکولوژی و فرایندهای زیست‌محیطی آنها بوده و اختلاف در صفات شمارشی دلیلی بر وجود تفاوت ژنتیکی است (Berbel-Filho et al., 2020). بنابراین با مطالعه صفات ریخت‌شناختی و شمارشی هر یک از ماهیان و به‌کارگیری روش‌های آماری، می‌توان تعدادی از صفات ریخت‌شناختی به‌عنوان شاخص یک جمعیت را به‌دست آورد (Ishimatsu et al., 1998) و حتی میزان جدایی جمعیت‌ها را نیز مشخص نمود.

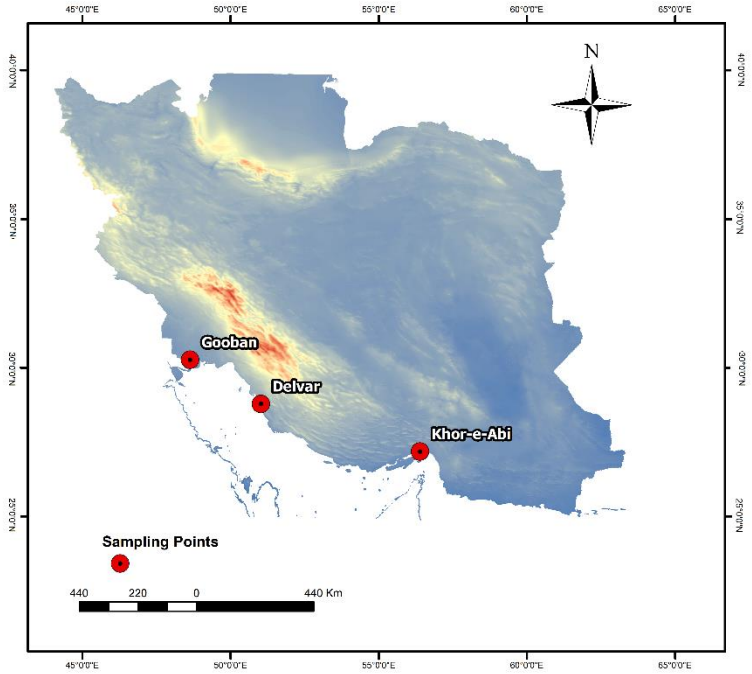
گل‌خورک‌ها همانند سایر جانوران قادرند ویژگی‌های ریختی مشابهی را در شرایط محیطی مشابه کسب نموده و متناسب با شرایط محیطی مختلف ویژگی‌های سازشی متفاوتی داشته باشند. آنها منبع اصلی غذای ماهی‌ها و پرندگان زیستگاه خود را تشکیل می‌دهند (Clayton and Vaughan, 1988). گل‌خورک در خلیج فارس به عنوان گونه بومی حساب می‌شود. خلیج‌فارس به عنوان یک حوضه دریایی نیمه‌بسته، ویژگی‌های نسبتاً منحصر به فردی دارد. ورودی آن تنگه باریک هرمز است و گردش آب با دریای مکران (خلیج عمان) محدود است. این دریا در مقایسه با دریاهای دیگر با اندازه مشابه بسیار کم عمق است، متوسط عمق آن تنها ۳۵ متر است و گستره‌های عظیم تنها چند متر عمق دارند. بیشترین عمق آن، در چند کیلومتری تنگه هرمز، تنها ۱۰۰ متر است. در نتیجه این فیزیوگرافی، خلیج‌فارس نوسانات فصلی زیادی در دمای آب‌های سطحی را تجربه می‌کند. دما در آب‌های سطحی ساحلی از ۱۰ درجه سانتیگراد در زمستان تا ۳۵ درجه سانتیگراد در تابستان متغیر است و در تالاب‌های کم عمق و دشت‌های جزرومدی به مقادیر بالاتری می رسد (Randall, 1995). هم‌چنین شوری خلیج فارس زیاد است، به دلیل بارندگی کم و میزان تبخیر زیاد، به جز در شمال در نزدیکی اروندرود که با تخلیه رودخانه‌های دجله و فرات تعدیل می‌شود. شوری می‌تواند به ۴۰ میکروگرم در لیتر در آب های آزاد و تا ۵۰ میکروگرم در لیتر در تالاب‌های کم عمق برسد (Randall, 1995; Afshar et al., 2016). این تغییرات زیاد به همراه وجود آلودگی‌های ناشی از نشت نفت در خلیج‌فارس منجر به ایجاد استرس در ماهیان از جمله ماهی کفزی گل‌خورک (*Boleophthalmus dussumieri*) شده است. مطالعات نشان داده است که استرس ناشی از عوامل فوق ممکن است منجر به کاهش تنوع‌ژنتیکی و به دنبال آن تغییرات در ظاهر جانور شود (Pineira et al., 2008). مطالعه اخیر نیز جهت بررسی تفاوت‌های ریختی ناشی از عوامل فوق صورت گرفت تا وضعیت و میزان تفکیک جمعیتی این گونه بر اساس صفات ریختی قابل‌سنجش در قسمتهای مختلف خلیج‌فارس را مورد آزمون قرار دهد. از مطالعات بررسی تغییرات ریختی در خلیج فارس می‌توان به بررسی تغییرات ریختی در گل‌خورک والتونی (*Periophthalmus waltoni*) اشاره نمود که نتایج آن نشان داد عوامل محیطی می تواند منجر به ایجاد تغییرات ریخت‌شناختی شود (Polgar et al., 2017). همچنین بررسی تغییرات ریختی گل-خورک تنیوس (*Scartelaos tenuis*) در خلیج‌فارس مشخص نمود که جمعیت‌های خلیج‌فارس و دریای عمان تقریبا از هم جدا شده‌اند (Ghanbarifardi et al., 2020). از سایر مطالعات در زمینه ریخت‌سنجی ماهیان از جمله ماهی گل‌خورک می‌توان به مطالعات Jaiswar et al. (2018) اشاره نمودکه نتایج آنها نشان داد مقادیر بسیار بالای ضریب همبستگی برای ویژگی‌های مختلف مقایسه شده وجود دارد. ضریب رگرسیون که نرخ رشد یک گونه را تعیین می‌کند نیز متفاوت بود. رابطه طول–وزن نشان‌دهنده رابطه آلومتریک و درجه بالایی از همگنی بود. و همچنین Sharifian et al. (2017) اشاره کردند که توزیع فراوانی طول کل در دو جنس مورد مطالعه از گل‌خورک که نمونه های بین ۱۴/۰۰ و ۱۴/۹۰ سانتی‌متری بیشترین فراوانی را داشتند و همچنین مقایسه میانگین طول کل در هر دو ناحیه با استفاده از آزمون تی تست تفاوت معنی‌داری نشان نداد. از آنجایی که صفات ریختی ماهیان نسبت به نوسانات عوامل تأثیرگذار محیطی از جمله جریان آب، میزان آلاینده‌ها و شرایط فیزیکی آب از حساسیت بالایی برخوردار هستند . صفات ریختی، تغییرپذیری زیادی را در مقابله با تغییر در شرایط محیطی نشان می‌دهد و موجب تشکیل برخی از جمعیت‌های اکولوژیک در مناطق مختلف می‌شود (Nicizea, 1995). بنابراین به دلیل نوع متفاوت زندگی این ماهی و حضور آن در منطقه جزر و مدی؛ بررسی ویژگی‌های ریخت سنجی و نسبت ویژگی‌های ریخت سنجی آن از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعه حاضر نیز جهت بررسی تفاوت‌های ریختی ناشی از عوامل فوق صورت گرفت تا وضعیت و میزان تفکیک جمعیتی این گونه بر اساس صفات ریختی قابل‌سنجش در قسمتهای مختلف خلیج‌فارس را مورد آزمون قرار دهد.

۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه سه منطقه در سواحل خلیج‌فارس که زیستگاه گونه‌های مختلف گل‌خورک ماهیان بود، شناسایی شدند. منطقه اول گوبان آبادان (A) واقع در استان خوزستان (با موقعیت جغرافیایی: "۵۴ ′۳۷ °۴۸ طول شرقی و "۱۲ ′۱۶ °۳۰ عرض شمالی)، منطقه دوم دلوار (B) واقع در استان بوشهر (با موقعیت جغرافیایی: "۳۲ ′۱ °۵۱ طول شرقی و "۱ ′۴۷ °۲۸ عرض شمالی) و منطقه سوم خورآبی (C) واقع در استان هرمزگان (با موقعیت جغرافیایی: "۳۹ ′۲۳ °۵۶ طول شرقی و "۱ ′۱۱ °۲۷ عرض شمالی) برای بررسی انتخاب شدند (شکل ۱).

In Press

In Press / DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618



شکل ۱- موقعیت مناطق نمونه‌برداری گل‌خورک در سواحل خلیج‌فارس

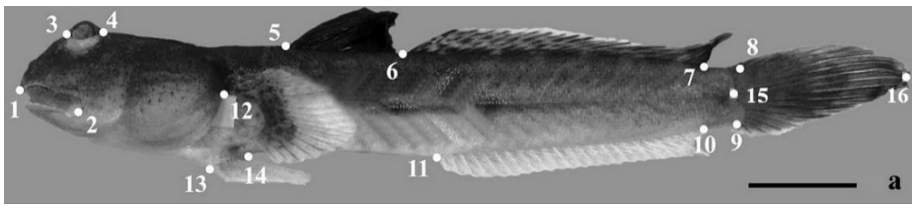
Fig. 1- The location of the sampling areas of Mudskipper (*B. dussumieri*) on the Persian Gulf coast

به‌طورکلی، در بستری گلی و لجنی و در ناحیه بین جزرومدی، ۳۵ نمونه ماهی گل‌خورک (*B. dussumieri*) بالغ (گوبان ۱۵ نمونه، دلوار ۱۳ نمونه و خور آبی ۷ نمونه) بصورت کاملاً تصادفی و غالباً با تور ساچوک صید شد. نمونه ها در یخ نگهداری و به آزمایشگاه منتقل و پس از شناسایی و جداسازی گونه *B. dussumieri* با کلید شناسایی موجود (Murdy, 1989) ، با استفاده از روش‌های معمول و استاندارد (Amoutchi et al., 2023) تحت بررسی ریخت‌سنجی قرار گرفتند. بر اساس سایر مطالعات (Polgar et al., 2017; Sharifian et al., 2017; Jaiswar et al., 2018) تعداد ۱۲ متغیر قابل اندازه‌گیری در نظر گرفته شد (جدول ۱ و شکل ۱). جهت اندازه‌گیری صفات ریخت-سنجی از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۱ میلی متر و وزن نمونه‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد (Akbarzadeh et al., 2012).

جدول ۱- متغیرهای اندازه‌گیری شده در ماهی گل‌خورک (*B. dussumieri*). در این مطالعه ۱۲ متغیر مستقل اندازه گیری شد.

Table 1- Variables measured in Mudskipper (*B. dussumieri*). In this study, 12 independent variables were measured

Distance size	Variable Name	Abbreviation code	Distance size	Variable Name	Abbreviation code
1-2	Total length	TL	10-11	Caudal peduncle length	CPL
3-4	Standard length	SL	1-12	Anal Fin base length	AFL
5-6	Head length	HL	13-14	Pectoral fin base length	PelFL
6-7	Length of the first dorsal fin	D1L	1-15	Eye diameter	ED
7-8	Length of second dorsal fin	D2L	1-16	Jaw length	JL
8-9	Caudal peduncle depth	CPD	gr	Weight	W



شکل ۲- موقعیت متغیرهای اندازه‌گیری شده در ماهی گل‌خورک *B. dussumieri*

Fig. 2- The position of the measured variables in Mudskipper (*B. dussumieri*)

In Press / **DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**

به‌منظور حذف اثر تفاوت اندازه ناشی از رشد یا سن در بین نمونه‌های جمع‌آوری شده، تمامی متغیرها به‌صورت نسبت‌هایی از طول استاندارد بیان شدند (Khataminejad et al., 2013). بدین منظور پس از اندازه‌گیری متغیرهای ریختی، اندازه آن به طول استاندارد جهت نسبت‌گیری تقسیم گردید. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و همسانی واریانس‌ها به ترتیب از آزمون کولموگرف–اسمیرنوف و لون (Leavens test) استفاده شد. جهت مقایسه متغیرهای اندازه‌گیری شده بین سه منطقه A، B و C از آزمون ANOVA استفاده شد. باتوجه‌به آنکه هیچ‌گونه پیش‌داوری نسبت به گروه‌بندی نمونه‌ها در این تحقیق وجود نداشت، لذا از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) جهت تفکیک بین نمونه های جمعیت‌های مختلف استفاده شد. متغیرهای بکار رفته در این آزمون هفت متغیری بودند که بر اساس آزمون ANOVA بین گل‌خورک‌های سه منطقه مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار داشتند. از فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) و الگوریتم اتصال میانگین (Average link; UPGMA) نیز به ترتیب برای فاصلهٔ ریخت‌شناختی بین نمونه‌ها و رسم دندروگرام ریخت‌شناختی گل‌خورک‌های مناطق A. B و C استفاده شد. برای سنجش فرض شباهت شکلی جمعیت‌ها از تجزیه‌وتحلیل تغییرات شکلی متعارف (CVA) استفاده شد. این آنالیزها با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

۳. نتایج

نتایج آزمون‌های کلموگروف–اسمیرنوف و لون نشان از توزیع نرمال و همسانی واریانس‌ها برای تمام داده‌ها داشت. نتایج آزمون ANOVA نیز نشان داد که از ۱۲ متغیر اندازه‌گیری شده، تعداد هفت متغیر (TL، HL، CPD، CPL، PelFL، ED و W) بین گل‌خورک‌های سه منطقه مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۲). نتیجه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و سهم هر یک از مؤلفه‌ها در واریانس کل نشان داد که محورهای شماره اول و دوم این آنالیز ۷۶/۹۲۱ درصد از تغییرات متغیرهای اولیه را شامل می‌شود (جدول ۳). محور اول تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بیان‌کنندهٔ اندازه (سایز) نمونه‌ها است. دندروگرام به‌دست‌آمده با روش اتصال میانگین برای خوشه‌بندی و محاسبهٔ فاصلهٔ اقلیدسی برای هفت صفت معنی‌دار بین همهٔ گل‌خورک‌های اندازه‌گیری شده نشان دهنده ایجاد تقریباً دو خوشه مجزا و مشخص شامل گل‌خورک‌های نواحی A و B در مقابل ناحیه C است (شکل ۳). بر اساس نتایج تحلیل CVA آزمون Wilks' lambda ($p<0.001$) .تناسب داده‌ها برای آزمون Manovaرا تأیید کرد. نتایج آزمون Manova ($p<0.001$) بر اساس مقایسه جفتی آزمون Hotelling نشان داد که بین شکل بدن جمعیت‌های خورآبی و دو منطقه دیگر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴).

جدول۲- نتایج آزمون ANOVA برای بررسی معنی‌داری متغیرهای اندازه‌گیری شده در بین جمعیت‌های مختلف

Table 2- The results of ANOVA test to check the significance of the measured variables among different populations

Variables		Sum of squares	df	Mean square	F	sig
W	Between group	1.065	2	0.533	8.471	0.001*
	Within group	2.012	32	0.063		
	Total	3.078	34			
TL	Between group	0.387	2	0.194	3.704	0.036
	Within group	1.673	32	0.052		
	Total	2.060	34			
HL	Between group	0.326	2	0.163	4.210	0.024
	Within group	1.239	32	0.039		
	Total	1.565	34			
D1L	Between group	0.004	2	0.002	0.039	0.961
	Within group	1.589	32	0.050		
	Total	1.593	34			
D2L	Between group	0.078	2	0.039	0.565	0.574
	Within group	2.207	32	0.069		
	Total	2.285	34			
CPD	Between group	0.266	2	0.133	3.689	0.036
	Within group	1.156	32	0.036		
	Total	1.422	34			
CPL	Between group	0.910	2	0.455	9.599	0.001*
	Within group	1.517	32	0.047		
	Total	2.427	34			
AFL	Between group	0.37	2	0.19	0.308	0.737
	Within group	1.920	32	0.060		
	Total	1.957	34			
PelFL	Between group	0.184	2	0.092	2.001	0.048
	Within group	1.475	32	0.046		
	Total	1.659	34			
ED	Between group	0.713	2	0.356	9.868	0.000*
	Within group	1.156	32	0.036		
	Total	1.869	34			
JL	Between group	0.211	2	0.105	1.892	0.167
	Within group	1.784	32	0.056		
	Total	1.995	34			

* Significant differences occurred.

In Press

In Press / DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618

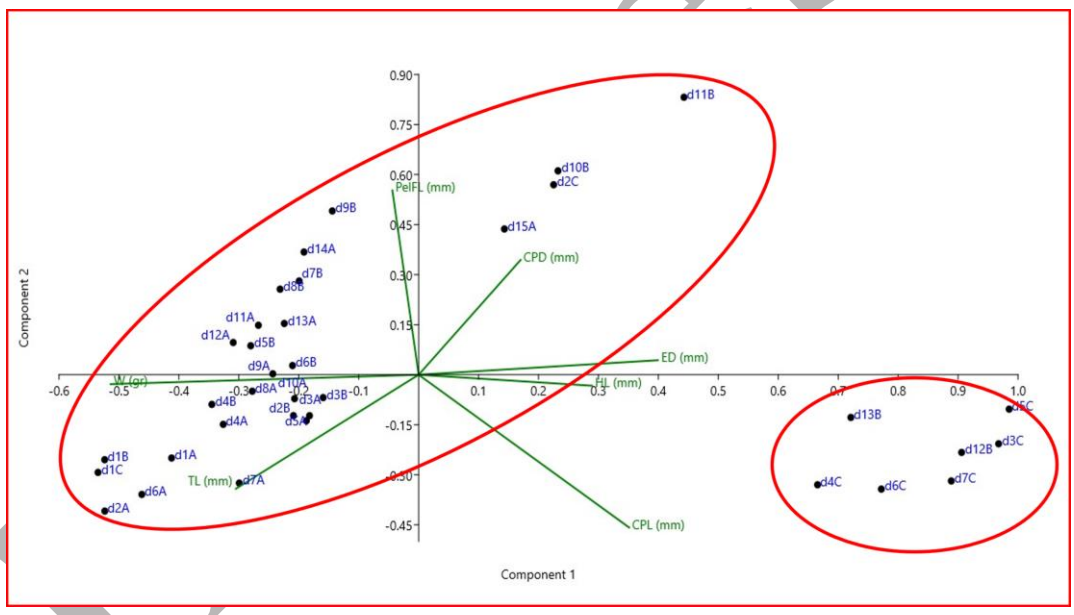
جدول ۳- مقادیر ویژه مؤلفه‌های حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای ثانویه

Table 3- The eigenvalues of the components resulting from the principal components Analysis (PCA)

Variables	PC1	PC2
Eigenvalue	3.544	1.840
Proportion of variance	50.635	26.286
Cumulative proportion of variance	50.635	76.921
TL	0.692	0.352
HL	0.775	0.129
CPD	0.531	0.655
CPL	0.679	0.618
PelFL	0.027	0.941
ED	0.952	0.013
W	0.903	0.065

شکل ۳- خوشه‌بندی گل‌خورک‌های مناطق مورد مطالعه بر اساس هفت متغیر معنی‌دار در امتداد محورهای اول و دوم PCA

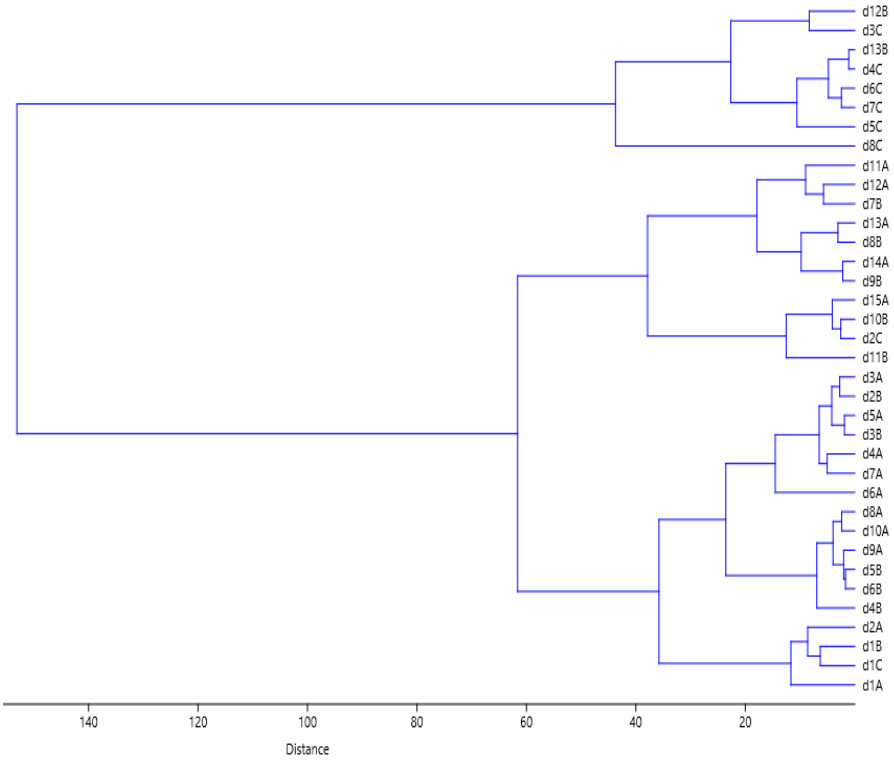
Fig. 3- Clustering of Mudskippers in the study areas based on seven significant variables along the first and second axes of PCA



شکل ۴- دندوگرام حاصل از فاصله اقلیدسی و روش اتصال میانگین بر اساس ۷ متغیر معنی‌دار بین گل‌خورک‌های اندازه‌گیری شده در سه منطقه مورد مطالعه. دو خوشه کاملاً مجزا از گل‌خورک‌های منطقه گوبان و دلوار (در پایین) و تا حدودی منطقه خورآبی (در بالا) تشکیل شده است.

Fig. 4- The dendrogram resulting from the Euclidean distance and the average linkage method based on 7 significant variables between the mudskippers measured in the three study areas. Two completely separate clusters are formed by the Goban and Delwar regions (bottom) and the Khor Abi region (top).

In Press / **DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**



جدول ٤- مقادیر p-value محاسبه شده براساس آزمون Hotelling برای بررسی میزان جدایی جمعیت‌های مورد بررسی

Table 4- The p-values calculated based on Hotelling's test to check the degree of separation of the investigated populations

	Goban	Delwar	Khor Abi
Goban			
Delwar	0.258		
Khor Abi	0.009	0.034	

٤. بحث و نتیجه گیری

وجود تنوع‌های ریختی، ژنتیکی، فیزیولوژیکی و رفتاری حتی بین افراد یک جمعیت و یا یک‌گونه، کاملاً طبیعی و معمول است. سازگاری‌هایی که در یک‌گونه رخ می‌دهد بازتابی از ژنوتیپ آن بوده و با شرایط زیست‌محیطی محلی به طور دائم در حال تکامل و توسعه است و افرادی که به بهترین وجه، خود را با شرایط زیستگاهی منطبق کرده باشند قادر به حیات و تولیدمثل هستند (Imani et al., 2017). دو عامل ژنتیک و شرایط محیطی را می‌توان مسئول چنین تفاوت‌هایی دانست (Mazák, 2010). تفاوت‌های ریخت‌شناختی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه که دارای پراکنش وسیع است، می‌تواند بر اساس قوانین بوم‌شناسی جغرافیایی (اکوژئوگرافیک) و فاکتورهای محلی باشد (Aragón et al., 1998; Sagarin and Gaines, 2002). در همین راستا نتایج محورهای اول و دوم PCA (شکل ۳)، دندروگرام (شکل ۴) و نتایج CVA (جدول ۴) نشان داد که گل‌خورک‌های مناطق گوبان و دلوار از منطقه خورآبی تقریبا از هم جدا شده‌اند. بر این اساس از نظر اندازه، طول قاعده باله شکمی، قطر ساقه دمی و قطر چشم گل‌خورک‌های نواحی گوبان و دلوار کاملاً بیشتر از گل‌خورک‌های منطقه خورآبی بود و در مقابل طول سر، طول ساقه دمی و طول کل در گل‌خورک‌های ناحیه خورآبی کاملا متفاوت از گل‌خورک‌های نواحی گوبان و دلوار اندازه‌گیری شد. به طور کلی بر اساس اندازه این متغیرها، گل‌خورک‌های نواحی گوبان و دلوار نسبت به ناحیه خورآبی جثه بزرگتری داشتند. با توجه به میانگین درجه حرارت سالانه بین سه منطقه موردبررسی که تفاوت چندانی باهم ندارند، به نظر نمی‌رسد تفاوت جثه در سازش به تغییرات آب‌وهوایی، مسئول ایجاد تفاوت‌های ریختی بین گل‌خورک‌های این سه منطقه شده باشد. از سوی دیگر عوامل مؤثر بر پراکنش و جابجایی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه یکی از مهمترین دلایل تنوع‌ژنتیکی و ریختی محسوب می‌شود. چنانچه این عوامل مانع از جابجایی و پراکنش به زیستگاه یا جمعیت‌های دیگر شود، تفاوت‌های ژنتیکی و ریختی بین افراد مناطق مختلف که از یکدیگر جدا هستند، با سرعت بیشتری تکامل می‌یابد (Imani Harsini et al., 2017). مساحت و طول بالا، وجود جنگل‌های مانگرو متراکم (Abdoli et

In Press

***In Press* / DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**

al., 2009)، تفاوت نوع بستر در نواحی مختلف خلیج‌فارس (Polgar et al., 2017) و همچنین تفاوت‌های شوری در نواحی شرقی، مرکزی و غربی به علاوه تراکم سکونتگاه‌های انسانی در بین این نواحی تا حدود زیادی ممکن است مانع جابجایی افراد میان زیستگاه‌های مختلف بین این نواحی شده باشد (Polgar et al., 2017). سایر مطالعات مربوط به بررسی تفاوت‌های ریخت‌شناختی سه گونه گل‌خورک در خلیج فارس و دریای عمان نیز محدود شدن مهاجرت گل‌خورک‌ها به دلیل حساسیت‌های فردی (تغییرات شوری و بستر) و کاهش جریان ژنتیکی و مهاجرت بین جمعیت‌های مختلف گل‌خورک را تایید نموده است (Polgar et al., 2017). عوامل محیطی مانند دما و شوری در غرب خلیج فارس با شرق خلیج فارس متفاوت است. این تفاوت‌ها عمدتاً ناشی از تخلیه رودخانه‌های اصلی (هله، زهره و اروند) به غرب خلیج فارس است (Polgar et al., 2017).

Polgar et al. (2017) هفت جمعیت گل‌خورک والتونی (*P. waltoni*) را از خلیج فارس و خلیج عمان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تفاوت در پارامترهای فیزیکوشیمیایی عوامل بالقوه اصلی برای تمایز چهار جمعیت خلیج فارس از دو جمعیت خلیج عمان است. نتایج این پژوهش با نظرسنجی حاضر همخوانی دارد. احتمالا همین عوامل فیزیکو–شیمیایی نیز باعث جدایی بین جمعیت غربی از جمعیت های شرقی خلیج فارس گشته است.

۵. نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده به طور کلی می‌توان بیان نمود که گل‌خورک‌های مناطق گوبان و دلوار از گل‌خورک‌های منطقه خور آبی از هم تفکیک شده‌اند. بر اساس متغیرهای اندازه‌گیری‌شده، گل‌خورک‌های نواحی گوبان و ودلوار نسبت به ناحیه خور آبی جثه‌ی بزرگتری دارند. شاید دلیل این تفکیک در تفاوت نوع بستر مناطق مختلف خلیج‌فارس و همچنین وجود شوری‌های مختلف در نواحی شرقی، مرکزی و غربی به علاوه تراکم سکونتگاه‌های انسانی در بین این مناطق باشد که تا حدود زیادی می‌توانند جابجایی افراد میان مناطق مختلف را با مشکل روبرو نمایند. به نظر می‌رسد این امر باعث عدم جریان ژنتیکی بین جمعیت‌های مختلف این نواحی گشته است. بنابراین تفاوت های موجود در عوامل فیزیکوشیمیایی می تواند بر جدایی جمعیت‌های گل‌خورک‌های خلیج فارس موثر باشد.

References:

Abdoli, L., Kamrani, E., Abdoli, A. and Kiabi, B., 2009. Length–weight relationships for three species of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of the Persian Gulf, Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, *25*(2), pp. 236-237. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01232.x

Afshar, T., abdoli, A. and Kiabi, B., 2016. Mudskipper species Diversity of the Khur-e-Abee Protected Area, Hormozgan Province, *Journal of Marine Science and Technology*, *15*(1), pp. 1-7. (In Persian) https://doi.org/10.22113/jmst.2016.34015

Akbarzadeh, A., Khara, H., Nezami, S., Sattari, M., Mousavi, S. A., Javadi, S. A., Azarakhsh, M., Shamekhi, R. and Taleshi, H., 2012. Comparison of Morphological Variations and Some Biological Features of Brown Trout Salmo trutta farioResident in Chesli and Khorma Rivers in Guilan, *Journal of Marine Science and Technology*, *10*(4), pp. 34-46. (In Persian) doi:20.1001.1.20088965.1390.10.4.4.0

Amoutchi, A.I., Ugbor, O.N., Kouamelan, E.P. and Mehner, T., 2023. Morphological variation of African snakehead (*Parachanna obscura*) populations along climate and habitat gradients in Côte d'Ivoire, West Africa. *Environmental Biology of Fishes*, *106*(6), pp. 1233-1246. https://doi.org/10.1007/s10641-023-01409-x

Aragón, J.L., Varea, C., Barrio, R.A. and Maini, P.K., 1998. Spatial patterning in modified Turing systems: Application to pigmentation patterns on marine fish. *Forma*, *13*(3), pp. 213-221. https://people.maths.ox.ac.uk/maini/PKM%20publications/101.pdf

Berbel-Filho, W.M., Berry, N., Rodríguez-Barreto, D., Rodrigues Teixeira, S., Garcia de Leaniz, C. and Consuegra, S., 2020. Environmental enrichment induces intergenerational behavioral and epigenetic effects on fish. *Molecular ecology*, *29*(12), pp. 2288-2299. https://doi.org/10.1111/mec.15481

Clayton, D.A. and Vaughan, T.C., 1988. Ethogram of *Boleophthalmus boddarti* (Pallas)(Teleostei, Gobiidae), a mudskipper found on the mudflats of Kuwait. *Journal of the University of Kuwait (Science)* ,*15*(1), pp. 115-140. https://cir.nii.ac.jp/crid/1370283693312146592

Costa, C. and Cataudella, S., 2007. Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian Sea). *Environmental Biology of Fishes*, *78*, pp. 115-123. https://doi.org/10.1007/s10641-006-9081-9

In Press

***In Press* / DOI: 10.22113/jmst.2024.485495.2618**

Ghanbarifardi, M., Gut, C., Gholami, Z., Esmaeili, H. R., Gierl, C. and Reichenbacher, B., 2020. Possible link between the structure of otoliths and amphibious mode of life of three mudskipper species (Teleostei: Gobioidei) from the Persian Gulf. *Zoology in the Middle East*, *66*(4), pp. 311-320. https://doi.org/10.1080/09397140.2020.1805140

Imani Harsini, J., Rezaei, H.R., Naderi, S.N. and Varasteh Moradi, H., 2017. Surveying the structure and genetic diversity of red foxes in the North East of Iran, based on cytochrome b gene. *Journal of Animal Environment*, *8*(4), pp. 25-34. (In Persian) https://www.magiran.com/p1661010

Ishimatsu, A., Hishida, Y., Takita, T., Kanda, T., Oikawa, S., Takeda, T. and Huat, K.K., 1998. Mudskippers store air in their burrows. *Nature*, 391(6664), pp. 237-238. https://doi.org/10.1038/34560

Jaiswar, R., Chavan, B. and Srivastava, P.P., 2018. Biometric studies of two *Gobids Boleophthalmus boddarti* (Pallas, 1770) and *Boleophthalmus dussumieri* (V alenciennes, 1837) from Mumbai coast, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *6*(5), pp. 96-102. https://www.fisheriesjournal.com/archives/2018/vol6issue5/PartB/6-4-54-533.pdf

Keshavarz, M., Kamrani, E., Amrollahi Biuki, N. and Zamani, H., 2017. A Morphometeric study of sea urchin Echinometra mathaei (de Blainville, 1825) on beaches of Lengeh Port, Persian Gulf', *Journal of Marine Science and Technology*, *16*(3), pp. 42-55. (In Persian) doi:10.22113/jmst.2016.15639

Khataminejad, S., Mousavi Sabet, H., Sattari, M., Vatandoust, S. and Eagderi, S., 2013. A comparative study on body shape of the genus Alburnus (Rafinesque, 1820) in Iran, using geometric morphometric analysis. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, *11*(2), pp, 205-215. https://cjes.guilan.ac.ir/article_1126.html

Mazák, J.H., 2010. Craniometric variation in the tiger (*Panthera tigris*): implications for patterns of diversity, taxonomy and conservation. *Mammalian Biology*, *75*, pp. 45-68. https://doi.org/10.1016/j.mambio.2008.06.003

Murdy, E.O., 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae: Oxudercinae). *Records of the Australian Museum*, 93p. https://journals.australian.museum /murdy-1989-rec-aust-mus-suppl-11-193

Nicieza, A.G., 1995. Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift. *Functional Ecology*, *9*(3), pp. 448-456. https://www.jstor.org/stable/2390008

Pineira, J., Quesada, H., Rolán-Alvarez, E. and Caballero, A., 2008. Genetic impact of the Prestige oil spill in wild populations of a poor dispersal marine snail from intertidal rocky shores. *Marine Pollution Bulletin*, *56*(2), pp.270-81. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.10.020

Polgar, G., Ghanbarifardi, M., Milli, S., Agorreta, A., Aliabadian, M., Esmaeili, H.R. and Khang, T.F., 2017. Ecomorphological adaptation in three mudskippers (Teleostei: Gobioidei: Gobiidae) from the Persian Gulf and the Gulf of Oman. *Hydrobiologia*, *795*, pp. 91-111. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3120-8

Randall J.E., 1995. *Coastal Fishes of Oman*. Hawaii. University of Hawaii Press. https://books.google.com/books?id=LSuT-3GQL-QC&source=gbs_navlinks_s

Sagarin, R.D. and Gaines, S.D., 2002. Geographical abundance distributions of coastal invertebrates: using one-dimensional ranges to test biogeographic hypotheses. *Journal of Biogeography*, *29*(8), pp. 985-997. https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00705.x

Sharifian, S., Taherizadeh, M.R., Salarpouri, A. and Dehghani, M., 2017. Population structure and reproductive biology of the mudskipper Boleophthalmus dussumieri Valenciennes, 1837 from the Bay of Hormozgan province, Persian Gulf. *Cahiers de Biologie Marine*, *58*, pp. 25-32. https://doi.org/10.21411/CBM.A.CD4C5566

Wootton, R.J., 1991. *Fish ecology*. Springer Science and Business Media. *Springer Netherlands*, 212p. https://link.springer.com /book/10.1007/978-94-011-3832-1

In Press