



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

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 13, Issue 3, No.48, Autumn 2021, P:2

Received: 04/09/2020 Accepted: 23/11/2021

Examining the Geometric Morphology of Iranian Goby *Ponticola Iranicus* Vasil'eva, Mousavi-Sabet & Vasil'ev, 2015 in the Southern Caspian Sea Basin

Shaghayegh Asgardoun

M.Sc. Graduate of Fisheries, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Golestan, Iran
s.asgardoun@yahoo.com

Rahman Patimar *

Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Golestan, Iran
rpatimar@gmail.com

Kiavash Golzarianpour

Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science and Engineering, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran
kiavash.pro@gmail.com

Soheil Eagderi

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

Abstract

The present study was conducted to determine the body shape variation among the populations of Iranian goby (*P. Iranicus*) in the southern Caspian Sea basin using landmark-based geometric morphometrics. A total of 350 specimens of the species were sampled using electro-shocker. Moreover, in the laboratory, the left sides of the fish samples were photographed by a digital camera. Fourteen landmark points were digitized on two-dimensional images using TPSDig2 software. The obtained data from Landmarks were analyzed using multivariate statistical analyses including PCA, CVA, and cluster analysis (CA). The phenotype plasticity patterns of each population related to the shape of the overall average of populations were illustrated. The results of the study demonstrated that there was a significant difference among the studied populations in terms of morphological features. Dendrograms revealed that both sexes could be divided into five groups related to the localities of specimens. The results of MANOVA/CVA showed that females of *P. Iranicus* had a high separation rate among the provinces, while males of Mazandaran province had significant isolation from males of Guilan and Golestan provinces. The species in the two provinces showed a high overlap in the morphological characteristics. The results of this study can enhance our understanding of the growing phenotype patterns plasticity of these fishes in the water bodies of different river systems from the southern basin of the Caspian Sea as well as identifying species of *P. Iranicus* populations in the southern basin of the Caspian Sea rivers.

Key words: Iranian goby, Geometric morphology, Southern Caspian Sea basin.

*Corresponding author

Asgardoun, Sh., Patimar, R., Golzarianpour, K., Eagderi, S. (2021). Geometric morphology of Iranian Goby *Ponticola iranicus* Vasil'eva, Mousavi-Sabet & Vasil'ev, 2015 in the Southern Caspian Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics*, 13(48), 19-32.



2322-2190 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan

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



<http://dx.doi.org/10.22108/tbj.2021.129223.1166>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1400.13.47.4.0>

ریخت‌سنجی هندسی گاوماهی ایرانی *Ponticola iranicus* Vasil'eva, Mousavi-Sabet & Vasil'ev, 2015 در حوضه جنوبی دریای خزر

شقایق عسگردون، دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس،

گلستان، ایران

s.asgardoun@yahoo.com

رحمان پاتیمار*، دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان، ایران

rpatimar@gmail.com

کیاوش گلزاریان پور، استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان، ایران

kiavash.pro@gmail.com

سهیل ایگدری، دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، پردیس دانشگاه تهران، کرج، ایران

soheil.eagderi@ut.ac.ir

چکیده

این پژوهش برای بررسی تغییرات شکل بدن جمعیت‌های مختلف گاوماهی ایرانی (*P. iranicus*) در حوضه جنوبی دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد. در این بررسی، ۳۵۰ نمونه ماهی با استفاده از الکتروشوک صید و از سطح جانبی سمت چپ بدن آنها عکس‌برداری شد؛ سپس تعداد ۱۴ عدد لندمارک با استفاده از نرم‌افزار TPSDig2 روی تصاویر دوبعدی قرار داده شد. داده‌های حاصل با روش‌های آماری چندمتغیره PCA و CVA و تحلیل خوشه‌ای تجزیه و تحلیل و الگوهای تغییر شکل هر جمعیت نسبت به شکل میانگین کل جمعیت‌ها در شبکه تغییر شکل مصورسازی شد. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های ریختی پنج جمعیت بررسی شده وجود دارد. آنالیز خوشه‌ای نشان داد هر دو جنس این گاوماهی براساس شباهت شکلی به پنج گروه مجزا تقسیم می‌شود که بیانگر تغییر شباهت شکلی با تغییر موقعیت جغرافیایی بین جمعیت‌ها است. آزمون MANOVA/CVA نشان داد جنس ماده گاوماهی ایرانی در سه منطقه جغرافیایی استان گیلان، استان مازندران و استان گلستان از لحاظ جغرافیایی از هم جدا هستند؛ اما در جنس نر، گاوماهیان استان مازندران جدایی خود را به خوبی نشان داده‌اند؛ ولی گاوماهیان استان گیلان پراکنش زیادی دارند و در بین آنها گاوماهیان استان گلستان نیز قرار گرفته‌اند. نتایج ممکن است به درک بهتر الگوی تغییرپذیری ریختی این ماهیان در سیستم‌های رودخانه‌ای مختلف حوضه جنوبی دریای خزر و نیز شناسایی جمعیت‌های گاوماهی ایرانی در حوضه جنوبی دریای خزر کمک کند.

واژه‌های کلیدی: گاوماهی ایرانی، ریخت‌سنجی هندسی، حوضه جنوبی دریای خزر.

* مسئول مکاتبات

عسگردون، شقایق، پاتیمار، رحمان، گلزاریان پور، کیاوش، ایگدری، سهیل. (۱۴۰۰). ریخت‌سنجی هندسی گاوماهی ایرانی *Ponticola iranicus* Vasil'eva, Mousavi-

Sabet & Vasil'ev, 2015 در حوضه جنوبی دریای خزر. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۳ (۴۸)، ۱۹-۳۲.



مقدمه

دو گروه از ماهیان خانواده گاوماهیان (Gobiidae) به ترتیب در مناطق آتالنتیک - مدیترانه و پونتوکاسپین (PontoCaspian) یافت می‌شود. آنها از نظر تبارزایی دارای جد مشترک هستند و به دلیل جدایی جغرافیایی از یکدیگر مسیر تکاملی مجزایی را سپری کرده‌اند (Miller, 1986). منطقه پونتوکاسپین شامل حوضه‌های دریای سیاه، آزوف، خزر و آرال است (Berg, 1964) و در بین این مناطق، حوضه جنوبی دریای خزر براساس پژوهش‌های Esmaeili و همکاران (۲۰۱۴ و ۲۰۱۸ a,b) شامل ۱۱۹ گونه ماهی است و اعضای گاوماهیان با ۳۷ گونه (۳۱/۰۹ درصد) بعد از کپورماهیان دارای بیشترین تنوع هستند. اعضای این خانواده به طور معمول ارزش تجاری کمی دارند؛ از این رو مطالعات درباره تنوع زیستی آنها اندک است (Miller, 2003; Miller and Vasil'eva, 2004; Bogutskaya et al., 2013). در حوضه جنوبی دریای خزر در مجموع، ۳۷ گونه در هشت جنس از گاوماهیان یافت می‌شود که در بین آنها جنس *Ponticola* با شش گونه بیشترین تنوع را دارد. جنس *Ponticola* به وسیله چند صفت ریخت‌شناسی شامل داشتن پوسته قدامی باله لگنی توسعه یافته، لوب‌های جانبی تیز، استخوان دندان (Dentary) با دندان‌های بزرگ مخروطی در قسمت انتهایی و فک پهن تر در بخش پشتی از دیگر جنس‌ها متمایز می‌شود (Vasil'eva et al., 1993; Miller and Vasil'eva, 2003).

با توجه به وجود تنوع ریختی اعضای جنس *Ponticola* در زیستگاههای مختلف حوضه جنوبی دریای خزر، شناسایی تنوع گونه‌های آنها در رودخانه‌های مختلف با وجود کلیدهای شناسایی

ارائه شده (Eagderi et al., 2018) به سختی امکان پذیر است.

تفاوت در خصوصیات ریختی یک گونه در بین مناطق، نشانگر موفقیت گونه در پدیده آداپتاسیون در سطح جمعیت است که بیانگر اثر فاکتورهای محیطی بر ویژگی‌های جمعیتی است؛ بنابراین مطالعات ریخت‌شناسی جمعیت‌های یک گونه دارای اهمیت زیادی در بررسی تنوع زیستی و پراکنش جغرافیایی گونه‌ها است. بیشتر گونه‌های گاوماهیان، دریایی هستند و در آب‌های لب‌شور و خیلی شور دیده می‌شوند؛ اما برخی از گونه‌های آن در آب‌های شیرین به صورت دائمی زندگی می‌کنند (Berg, 1964; Miller et al., 2004, Nelson et al., 2016). در خزر جنوبی حدود ۳۷ گونه از خانواده گاوماهیان گزارش شده است (Esmaeili et al., 2014; Abbasi, 2017). از جمله گونه‌های آب شیرین این خانواده، گاوماهی ایرانی *Ponticola iranica* Vasil'eva, Mousavi-Sabet & Vasil'ev, 2015 است. این گاوماهی دارای پراکنش وسیعی در رودخانه‌های منتهی به حوضه جنوبی دریای خزر است و آب‌هایی با جریان تند و بستر سنگلاخی را ترجیح می‌دهد (Abdoli, 1999; Vasil'eva et al., 2015, Abbasi, 2017). به این گونه در منابع قدیمی با نام گاوماهی شنی (*Neogobius fluviatilis*) اشاره شده و اخیراً در جایگاه گونه‌ای جدید از جنس *Ponticola* توسط Vasil'eva و همکاران (۲۰۱۵) معرفی شده است.

مطالعه ریخت‌شناسی گونه‌ها در سطح جمعیت و تنوع‌پذیری آنها، امکان درک بهتر از وضعیت جمعیت‌ها یا به نوعی ذخایر جمعیتی در شرایط کنونی اکوسیستم‌های آبی و همچنین ارتباط متقابل بین گونه‌ها

نهرهای متفاوت، تصویر دقیق‌تری از وضعیت جمعیت گاوماهی ایرانی در حوضه جنوبی دریای خزر به دست آورد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده شامل ۱۶ رودخانه از حوضه خزر جنوبی در دامنه‌های شمالی البرز است. مشخصات مناطق نمونه‌برداری در جدول ۱ آمده است.

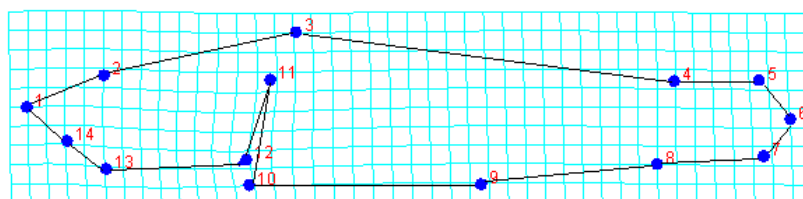
و اکوسیستم را فراهم می‌کند. تنوع ریخت‌شناسی ممکن است نتیجه انعطاف‌پذیری فنوتیپی، سازگاری‌های منطقه‌ای و تغییرات خصوصیات اکولوژیکی یا رابطه متقابل هریک از این فرایندها باشد (Annoni et al., 1997)؛ بنابراین این پژوهش تلاش می‌کند با بررسی پارامترهای ریخت‌سنجی هندسی گاوماهی ایرانی در مناطق جغرافیایی مختلف و تعیین صفات مناسب برای جداسازی جمعیت‌های احتمالی در

جدول ۱- مناطق نمونه‌برداری گاوماهی ایرانی (*Ponticola iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر

نهر	استان (شهر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین طول کل ماده‌ها (cm)	میانگین طول کل نرها (cm)
رودخانه شفارود	گیلان (رضوانشهر)	۴۹° ۰۹'	۳۷° ۵۳'	۸/۳۳±۰/۹۵	۹/۲۳±۱/۳۱
ماسوله رودخان	گیلان (ارتفاعات ماسوله، فومن)	۴۹° ۰۶'	۳۷° ۱۶'	۷/۳۰±۱/۵۶	۷/۴۶±۰/۵۱
دره چاکرود	گیلان (رحیم‌آباد رودسر)	۴۹° ۰۷'	۳۷° ۴۹'	۷/۶۴±۱/۳۳	۷/۹۶±۲/۲۱
گشترودخان	گیلان (فومن)	۴۹° ۱۹'	۳۷° ۱۲'	۶/۶۱±۱/۴۵	۸/۶۵±۱/۹۱
قلعه رودخان	گیلان (فومن)	۴۹° ۲۷'	۳۷° ۱۰'	۷/۹۵±۰/۸۷	۹/۳۳±۱/۱۴
رودخانه سفیدرود	گیلان (رودبار)	۴۹° ۴۰'	۳۷° ۰۳'	۶/۷۴±۱/۸۵	۷/۱۷±۱/۸۳
کسرودخان	گیلان (کانال فرعی سفیدرود)	۴۹° ۲۸'	۳۷° ۱۸'	۸/۱۷±۰/۷۵	۸/۴۳±۱/۳۵
کانال چور	گیلان (رودبار)	۴۹° ۴۰'	۳۷° ۰۹'	۶/۹۷±۱/۷۳	۷/۷۶±۱/۴۶
ولمروود	مازندران (تنکابن)	۵۱° ۰۸'	۳۶° ۵۲'	۷/۸۰±۰/۷۶	۱۰/۳۳±۱/۰۵
تنکابن (چشمه کيله)	مازندران (تنکابن)	۵۱° ۰۸'	۳۶° ۵۲'	۶/۱۹±۱/۵۵	۸/۲۳±۲/۹۱
عباس‌آباد	مازندران (عباس‌آباد)	۵۰° ۱۹'	۳۷° ۰۶'	۵/۹۴±۱/۳۵	۷/۹۶±۲/۲۶
کورکورسر	مازندران (چالوس)	۵۱° ۴۳'	۳۶° ۴۲'	۷/۲۱±۲/۲۴	۱۰/۶۶±۲/۴۸
تیجون	مازندران (شیرگاه)	۵۳° ۰۸'	۳۶° ۳۴'	۵/۸۶±۱/۹۴	۹/۰۶±۱/۲۷
رود پلیرود	مازندران (نور)	۵۳° ۰۶'	۳۶° ۲۷'	۶/۱۴±۱/۹۱	۱۰/۷۷±۱/۳۹
تجن	مازندران (ساری)	۵۳° ۰۷'	۳۶° ۵۲'	۱۰/۶۰±۰/۵۴	۱۳/۳۸±۲/۲۳
زرین‌گل	گلستان (علی‌آباد)	۵۴° ۵۷'	۳۶° ۵۲'	۵/۷۹±۱/۱۹	۶/۸۰±۲/۱۲

روش ریخت‌سنجی هندسی، روشی برپایه مختصات لندمارک‌ها است و برای آنالیز تغییرات شکل نمونه‌های مطالعه شده استفاده شد. از سمت چپ جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتالی با رزولیشن ۱۶ مگاپیکسل عکس‌برداری شد. به منظور ریخت‌سنجی ژئومتریک از

یک پیکره لندمارک گذاری با استفاده از نرم‌افزار TPSDig2، استفاده شد؛ سپس ۱۴ لندمارک تعیین و با کمک نرم‌افزار TPSDig2 رقومی شد. این لندمارک‌ها در هر نه‌ری به‌طور میانگین برای ۲۵ نمونه رقومی شد (شکل ۱).



شکل ۱- نقاط لندمارک گاوماهی ایرانی (*P. iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر

قبل از تجزیه و تحلیل، تست نرمالیتی روی داده‌های ریخت‌شناسی براساس آزمون کولموگروف - اسمیرنوف انجام شد. به منظور حذف هرگونه تأثیر ناشی از رشد آلومتری، تمام مقادیر اندازه‌گیری شده به صفات ریختی مطابق با رابطه زیر (Elliott et al., 1995) تبدیل شد:

$$M_{adj} = M \left(\frac{L_s}{L_0} \right)^b$$

M: مقدار اولیه صفات ریختی اندازه‌گیری شده

Madj: مقادیر اندازه‌گیری تصحیح شده

L0: طول استاندارد ماهی

Ls: میانگین کل طول استاندارد برای تمام ماهیان در

همه ایستگاهها

b: شیب رگرسیون log M به log L0 در تمام

نمونه‌ها

داده‌های مختصات لندمارک‌ها برای حذف

داده‌های غیر شکل شامل اندازه، جهت و موقعیت با

استفاده از آنالیزهای Growth (Premium Analysis)

GPA روبه‌هم گذاری شد (Rohlf and Slice, 1990). استفاده از تابع TPS امکان ترسیم تغییرات شکلی به صورت شبکه تغییرات شکلی را فراهم می‌کند که برای مصورسازی روند تغییرات شکل بدن نسبت به شکل اجماع نمونه‌ها ترسیم شد؛ به عبارت دیگر طرح Consensus شبکه تغییرات شکلی مربوط به آنها برای هر گروه سنی با استفاده از نرم‌افزار TPS Spline محاسبه شد. در این مطالعه از روش Canonical (CVA Variates Analysis) به منظور دسته‌بندی و تعیین گروه‌های بالقوه استفاده شد. هدف CVA ساده کردن توصیف تفاوت‌های موجود در میان گروه‌ها است؛ به عبارت دیگر CVA متغیرهایی را به منظور توصیف موقعیت نسبی گروه‌ها (یا زیرمجموعه‌هایی از افراد) در نمونه بررسی شده ایجاد می‌کند. در این روش مجموعه جدیدی از متغیرها تولید می‌شود که درواقع ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی یا اولیه است؛ سپس برای هر متغیر و به ازای هر فرد یک امتیاز در نظر گرفته می‌شود که درنهایت می‌توان امتیازهای به‌دست آمده را

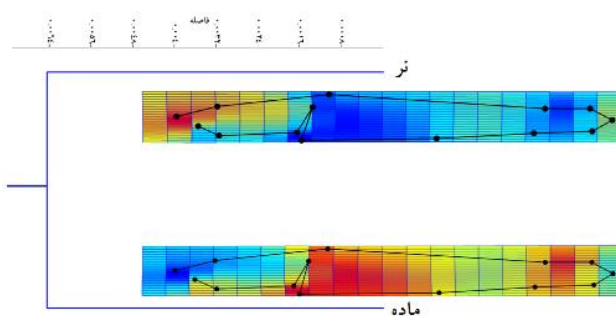
نرم‌افزار Past و MorphoJ تجزیه و تحلیل و تفاوت شکل آنها حاصل شد.

نتایج

برای محاسبه آنالیز آلومتری ماهیان، C.S (Centrio Size) متغیر مستقل و r.W (Relation Warp) متغیر وابسته در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد بین اندازه‌ها همبستگی معنی‌داری وجود ندارد ($P < 0.05$). C.S. برای مقایسه اندازه مرکزی و پروکراست با حداقل مربعات تعمیم یافته برای تأثیر نداشتن اندازه، جهت و چرخش تصاویر است. همبستگی بین شکل تانژانت و شکل پروکراست معادل ۱ و شیب رگرسیون معادل ۰/۹۹۹ حاکی از تناسب داده‌های رقومی شده برای انجام تجزیه و تحلیل آماری است.

نتایج آنالیز خوشه‌ای برای دو گروه نر و ماده گاوماهی ایرانی (*P. iranica*) نشان داد نرها و ماده‌ها به دو گروه به‌طور کامل مجزا (با پشتیبانی ۱۰۰ درصد) تقسیم شده‌اند (شکل ۲).

به‌صورت تصویری ترسیم کرد (Zelditch et al., 2004). همانطور که گفته شد، پیش‌شرط اصلی CVA آن است که افراد گروه‌بندی شود؛ به همین دلیل در این مطالعه گروه‌بندی افراد براساس محل صید انجام شد. در نمودار، مؤلفه اول شامل صفاتی است که بیشترین واریانس از واریانس کل را ایجاد می‌کند و مؤلفه دوم دربرگیرنده صفاتی است که برخی دیگر از صفات را از واریانس کل شامل می‌شود. به‌منظور گروه‌بندی ماهیان مطالعه شده براساس میزان شباهت شکلی آنها، دیاگرام خوشه‌ای براساس مجذور فاصله اقلیدسی به روش واردز برای برآورد رابطه فنوتیپی بین جمعیت‌ها و همچنین پراکنش نقطه‌ای براساس فاکتورهای استخراجی اول و دوم برای برآورد دوری و نزدیکی جمعیت‌ها ترسیم شد (Mamuris et al., 1998). داده‌های مختصات حاصل از لندمارک گذاری نمونه‌ها پس از آنالیز پروکراست، با استفاده از روش آماری چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی PCA، تابع تشخیص CVA براساس ارزش P حاصل از Permutation test و آنالیز خوشه‌ای توسط



شکل ۲- نمودار خوشه‌ای و تصاویر TPS گاوماهی ایرانی (*P. iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر

چه اندازه شباهت شکلی با نمونه میانگین دارند. قسمت‌هایی که رنگ آبی نقش بسته است بیانگر انقباض و فشردگی یا کاهش ارتفاع آن با میانگین و

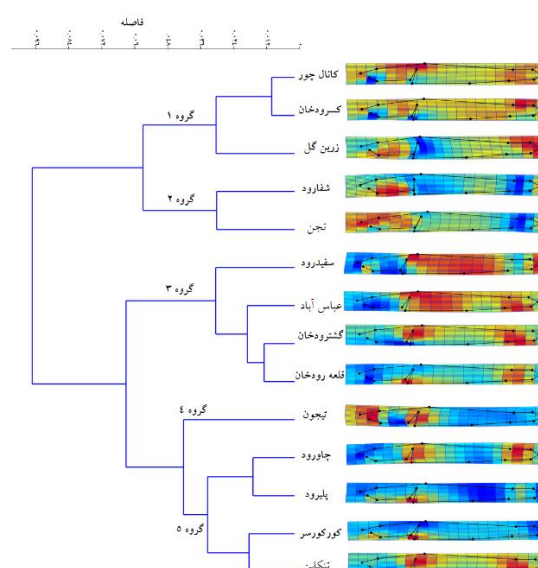
انرژی خمش برای نشان دادن روند تغییرات شکل در خوشه‌های ایجاد شده است. تصاویر حاصل از نتایج آنالیز TPS نشان می‌دهد گاوماهیان مختص به هر نهر

قسمت‌هایی که رنگ قرمز نقش بسته است بیانگر انبساط و پهن‌شدگی یا افزایش ارتفاع آن نسبت به میانگین هر گروه جنسی است.

براساس شکل ۱، در گروه نر پهن‌شدگی بارزی در ناحیه سر و فشردگی بارزی در ناحیه شکمی، سینه‌ای و ساقه‌دمی نسبت به میانگین وجود دارد؛ اما در گروه ماده خلاف آن دیده می‌شود؛ به طوری که فشردگی یا انقباض در ناحیه سر و پهن‌شدگی یا انبساط در ناحیه شکمی، سینه‌ای و ساقه‌دمی نسبت به میانگین وجود دارد.

نتایج آنالیز خوشه‌ای نشان داد جنس ماده گاوماهی

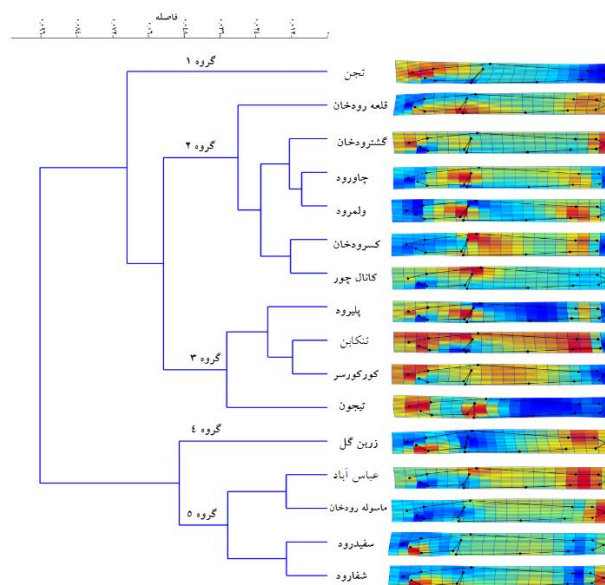
ایرانی (*P. iranicus*) براساس شباهت شکلی به پنج گروه مجزا تقسیم می‌شود. این دیاگرام بیانگر این است که با تغییر موقعیت جغرافیایی شباهت شکلی در بین جمعیت‌ها تغییر می‌کند؛ مانند نه‌های تیجون و سفارود یا ممکن است نمونه‌های قسمت شرقی استانی با نمونه‌های غربی استان مجاورش که دارای فاصله جغرافیایی کمی است، در یک گروه قرار گیرند؛ مانند ماهیان روخانه‌های عباس‌آباد و سفیدرود؛ همچنین این آنالیز به ما نشان داد گاوماهیان رودخانه سفارود با وجود فاصله جغرافیایی زیاد با گاوماهیان رودخانه تجن شباهت شکلی دارند (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار خوشه‌ای و تصاویر TPS جنس ماده گاوماهی ایرانی (*P. iranicus*) در حوضه جنوبی دریای خزر

نتایج آنالیز خوشه‌ای نشان داد جنس نر گاوماهی ایرانی (*P. iranicus*) براساس شباهت شکلی به پنج گروه به طور کامل مجزا تقسیم می‌شود. این دیاگرام بیانگر این است که با تغییر موقعیت جغرافیایی، شباهت شکلی در بین جمعیت‌ها تغییر می‌کند؛ مانند نه‌های

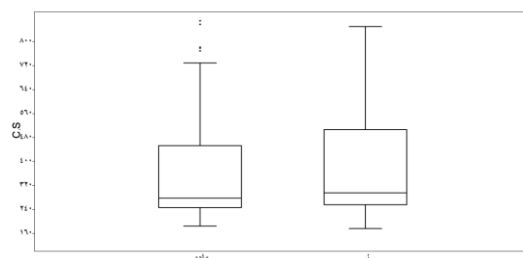
تجن و سفارود یا ممکن است نمونه‌های قسمت شرقی استانی با نمونه‌های غربی استان مجاورش که دارای فاصله جغرافیایی کمی است در یک گروه قرار بگیرند؛ مانند ماهیان نه‌های ولمرود و کسرودخان (شکل ۴).



شکل ۴- نمودار خوشه‌ای و تصاویر TPS جنس نر گاوماهی ایرانی (*P. iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر

بین جنسیت‌ها وجود ندارد ($F = 0/47$ و $p < 0/05$) (شکل ۵).

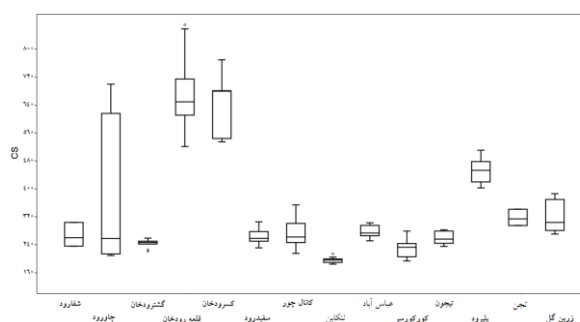
نمودار زیر باکس پلات (Box plot) اندازه مرکزی جنس نر و ماده را برای تمام ایستگاهها نشان می‌دهد. نتیجه آنالیز t-test نشان داد تفاوت معنی‌داری



شکل ۵- Box plot جمعیت گاوماهی ایرانی (*P. iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر

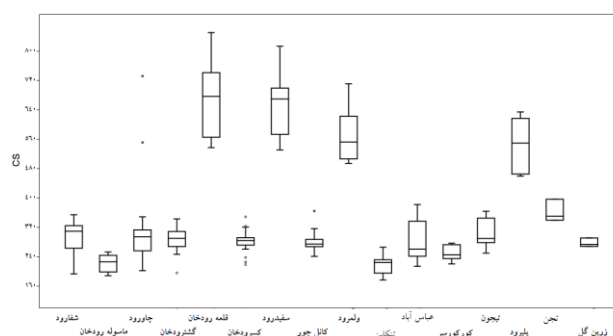
ماهیان یکنواخت‌تر است (۲۰۰-۴۵۰). ماهیان نهر تنکابن و گشترودخان دارای دامنه محدودتر است؛ اما نهر چاورود دامنه وسیع‌تری دارد (شکل ۶).

نمودار باکس پلات برای جنس ماده در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج بیانگر تنوع اندازه در جمعیت‌های استان گیلان (۲۴۰-۷۰۰) بود؛ در حالی که در استان مازندران دامنه تغییرات اندازه محدودتر و جثه



شکل ۶- Box plot جنس ماده گاوماهی ایرانی (*P. iranicus*) در حوضه جنوبی دریای خزر

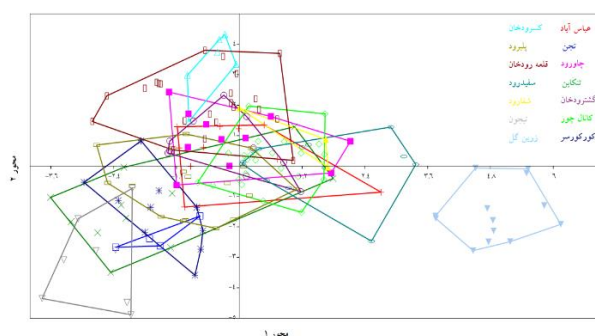
نمودار باکس پلات (مقایسه اندازه مرکزی ماهیان
در نهرا) جنس نر نشان داد به طور تقریبی یک محدوده
پراکنش دارند و نهراهای قلعه رودخان، سفیدرود،
ولمرو و پلرود دارای مقیاس بیشتری هستند (شکل ۷).



شکل ۷- Box plot جنس نر گاوماهی ایرانی (*P. iranicus*) در حوضه جنوبی دریای خزر

و قسمت‌های میانی شامل نهراهایی است که در غرب
مازندران و شرق گیلان در فواصل نزدیک به هم هستند
و همپوشانی دارند؛ اما به طور کلی جدایی جمعیت
گاوماهی مطالعه شده در سه استان به وضوح مشهود
است.

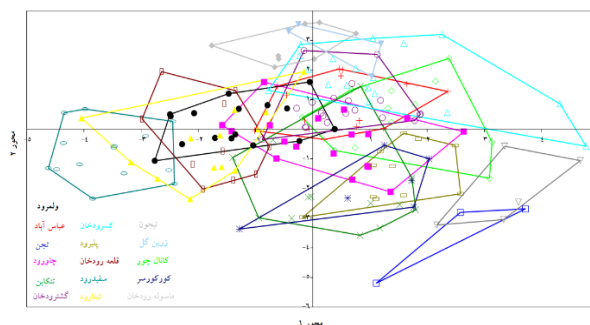
آزمون MANOVA/CVA ($wilk = 0/01824$)
نشان داد جنس ماده گاوماهی ایرانی
(*P. iranicus*) در حوضه جنوبی دریای خزر در سه
منطقه جغرافیایی استان گیلان، استان مازندران و استان
گلستان از لحاظ جغرافیایی از هم جدا هستند (شکل ۸)



شکل ۸- پراکنش نقطه‌ای جنس ماده گاوماهی ایرانی (*P. iranicus*) در حوضه جنوبی دریای خزر

۹). محور ۲ باعث جدایی جمعیت گاوماهیان استان گلستان شده است. نتایج مقایسه بین گاوماهی ایرانی (P. *iranica*)، بررسی تفاوت‌های شکل ظاهری براساس آنالیز CVA، تفاوت معنی‌دار بین گونه‌ها را نشان داد.

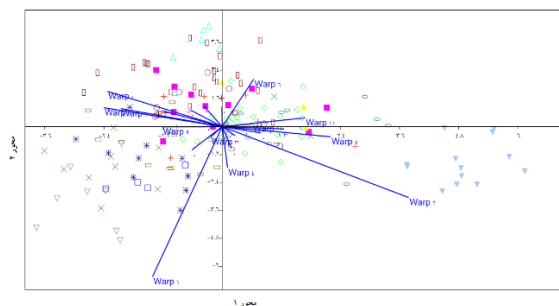
طبق نتایج آزمون MANOVA/CVA ($\lambda = 0.00131$) و wilk lamda ($p < 0.05$) در جنس نر، گاوماهیان استان مازندران جدایی خود را به خوبی نشان داده‌اند؛ ولی گاوماهیان استان گیلان پراکنش زیادی دارند و در بین آنها گاوماهیان استان گلستان نیز قرار گرفته‌اند (شکل



شکل ۹- پراکنش نقطه‌ای جنس نر گاوماهی ایرانی (P. *iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر

جدایی گونه‌ها دارد که روی محور ۲ است (شکل ۱۰).

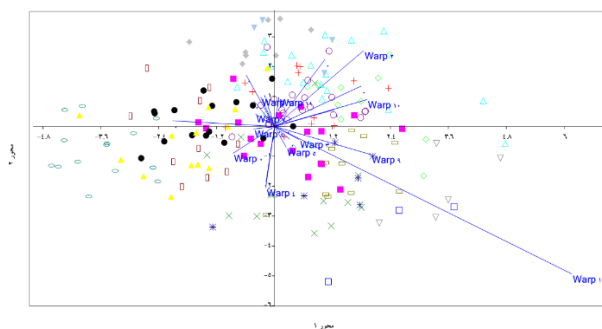
طبق نتایج حاصل از نمودار Biplot جنس ماده، متغیرهای وابسته Warp ۱ و Warp ۲ تأثیر به‌سزایی در



شکل ۱۰- نمودار Biplot جنس ماده گاوماهی ایرانی (P. *iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر

دارد که روی محور ۲ است (شکل ۱۱).

طبق نتایج حاصل از نمودار Biplot جنس نر، تنها متغیر وابسته Warp ۱ تأثیر به‌سزایی در جدایی گونه‌ها



شکل ۱۱- نمودار Biplot جنس نر گاوماهی ایرانی (P. iranicus) در حوضه جنوبی دریای خزر

تجزیه و تحلیل آنالیز واریانس نشان داد بین برخی گروههای جنس ماده از نظر اندازه نمونه ها اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۲). نمونه های ماده قله رودخان، کسرودخان و پلیرود دارای بزرگ ترین جثه هستند و بقیه از نظر جثه اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۲- نتایج بررسی تجزیه واریانس (ANOVA) جنس ماده گاوماهی ایرانی (P. iranicus) در حوضه جنوبی دریای خزر

Sig.	F	میانگین مربع ها	درجه آزادی	مجموعه مربع ها	
۰/۰۰۰۰	۵۷/۷۶	۲۸۹۸۷۹	۱۳	۳/۷۶	بین گروه
		۵۰۱۸/۴۳	۱۴۷	۷۳۷۷۰۹	درون گروه

تجزیه واریانس نشان داد در جنس نر هم از نظر اندازه بین برخی نمونه های مطالعه شده اختلاف معنی داری وجود دارد؛ به طوری که نمونه های جنس نر قله رودخان، سفیدرود، ولمرود، پلیرود و تجن دارای بزرگ ترین جثه هستند و بقیه از نظر جثه اختلاف معنی داری ندارند (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج بررسی تجزیه واریانس (ANOVA) جنس نر گاوماهی ایرانی (P. iranicus) در حوضه جنوبی دریای خزر

Sig.	F	میانگین مربع ها	درجه آزادی	مجموعه مربع ها	
۰/۰۰۰۰	۶۴/۲۶	۲۸۱۶۴۸	۱۵	۴/۲۲	بین گروه
		۴۳۸۲/۸۳	۱۷۰	۷۴۵۰۸۱	درون گروه

بحث

است بیانگر جدایی در سطح جمعیت یا گونه ای باشد. در هر حال، تنها با اتکا به مطالعات ریخت سنجی، مشخص کردن جدایی گروهها ممکن نیست و نیاز به بررسی های دقیق تری است. بخش عمده ای از ماهیان

در این مطالعه، نتایج بررسی روی نمونه های برخی رودخانه های حوضه جنوبی دریای خزر نشان دهنده تغییراتی ازلحاظ ریختی بین گروهها است که ممکن

آب‌های داخلی ایران حاصل جابه‌جایی جانوری بین حوضه‌های اطراف ایران شامل حوضه‌های نیل و سند و حوضه‌های شمالی ایران است (Coad, 1996). طبق نتایج به‌دست آمده، جنس ماده حوضه جنوبی دریای خزر در سه منطقه جغرافیایی استان گیلان، استان مازندران و استان گلستان از لحاظ جغرافیایی از هم جدا هستند. بزرگ‌ترین جثه نمونه‌های ماده در نه‌های قله‌رودخان، کسرودخان و پلی‌رود مشاهده شد؛ همچنین نتایج نشانگر تنوع اندازه در جمعیت‌های استان گیلان است؛ در حالی که در استان مازندران دامنه تغییرات اندازه نمونه‌های جمعیت مطالعه‌شده کوچک‌تر است و اندازه به نسبت یکنواخت‌تری دارند. نمونه‌ها در جنس نر گاوماهی ایرانی (*P. iranica*) استان مازندران جدایی خود را به خوبی نشان داده‌اند؛ ولی گاوماهیان استان گیلان پراکنش زیادی دارند و در بین آنها گاوماهیان استان گلستان نیز قرار گرفته‌اند. بزرگ‌ترین اندازه در نمونه‌های جنس نر نه‌های قله‌رودخان، سفیدرود، ولمرود، پلی‌رود و تجن است. اندازه مرکزی ماهیان در نه‌ها، به‌طور تقریبی در یک محدوده پراکنش است و نه‌های قله‌رودخان، سفیدرود، ولمرود و پلی‌رود دارای مقادیر بزرگ‌تری هستند. این نتایج به وضوح تنوع (جدایی) بین ماهیان مطالعه‌شده را اثبات می‌کند؛ اما از آنجایی که صفات مورفومتریک از شرایط محیطی پیروی می‌کند، بسیاری از این جدایی‌ها ناشی از تنوع در شرایط اکولوژیکی است. اثرگذاری شرایط محیطی از قبیل شرایط هیدروپنمیک، تراکم، تغذیه و نوع بستر بر روندهای شکل‌گیری فرم بدن طی تکامل ماهیان استخوانی تأیید شده است (Costa and Cataudella, 2007; Ambrosio et al., 2008; Costa et al., 2010;

Moghadas et al., 2013). پراکنش نقطه‌ای در کنار شکل خوشه‌ای، وجود بیش از یک جمعیت یا گونه را در حوضه جنوبی دریای خزر اثبات می‌کند. نمودار خوشه‌ای نوعی فاصله ژئوگرافیکی بین جمعیت‌ها را نشان می‌دهد و هرچه این فاصله بیشتر باشد، خصوصیات ظاهری کمتر خواهد بود؛ بنابراین جمعیت جنس ماده بررسی شده از نه‌های غرب حوضه جنوبی دریای خزر شباهت بیشتری با جمعیت بررسی شده شرق حوضه دارد؛ به بیانی دیگر ماهیان ماده نه‌رین گل شباهت بیشتری با ماهیان استان گیلان دارند و به دلیل شرایط اکولوژیکی، این جمعیت‌ها به راحتی از هم جدا نمی‌شوند؛ همچنین جمعیت جنس نر بررسی شده از نه‌های حوضه غرب شباهتی با بعضی از نه‌های استان مازندران دارد که ممکن است به علت نزدیک بودن مناطق جغرافیایی باشد. مهم این است که از نظر اکولوژیکی، جدایی (در سطوح مختلف) بین ماهیان ماده نه‌های استان مازندران و گلستان دیده می‌شود که احتمال فتوتیپ‌های جمعیتی را تا حدودی مطرح می‌کند و در جنس نر بین ماهیان استان گلستان با استان گیلان و مازندران جدایی خوبی دیده می‌شود. در این راستا لازم است برای بررسی تغییرات جمعیتی، خصوصیات ریخت‌شناسی به‌طور دقیق بررسی شود؛ همچنین عوامل اصلی (محیطی و ژنتیکی) تأثیرگذار بر این تغییرات تعیین شود. از نظر مدیریت گونه و اکوسیستم، با این سطح مطالعاتی حاضر نیز ممکن است هریک از ماهیان مطالعه‌شده در نه‌ها را واحدهای مستقل (جمعیت، مورف یا گونه) در نظر گرفت و نگرش حفاظتی – اکولوژیکی متفاوت روی هریک از آنها ضرورت دارد. پژوهش روی جمعیت‌های مجزای گاوماهی ایرانی (*P. iranica*) در حوضه جنوبی دریای خزر در

نهرهای یادشده از طریق ریخت‌سنجی آنها برای نخستین بار در ایران صورت گرفته است. با توجه به نتایج و بحث، تغییرات و تنوع‌های ریخت‌شناسی مشاهده‌شده در بین جمعیت‌ها همگی نشان از انشقاق و تفکیک جمعیت‌های مطالعه‌شده دارد. هرچند اثبات میزان جدایی جمعیت‌ها چندان آسان به نظر نمی‌رسد، شواهد کافی در بررسی‌های ریخت‌شناسی و زیست‌شناسی جمعیت‌ها به دست آمده است و به وجود داشتن نوعی تفکیک و جدایی جمعیتی پی برده می‌شود؛ بنابراین در بهره‌برداری و بازسازی ذخایر باید این موضوع مدنظر قرار گیرد که در حوضه جنوبی دریای خزر حداقل پنج جمعیت با ویژگی‌های به‌طور کامل متفاوت وجود دارد. تکامل خرد که به شکل تغییر در بسیاری از پارامترهای بیولوژیکی بین جمعیت‌ها اتفاق می‌افتد، به‌طور چشمگیری به‌وسیله ویژگی‌های بوم‌شناختی تعیین می‌شود. تفاوت‌های اکولوژیکی بین زیستگاهها و مناطق مهاجرتی جمعیت‌های مطالعه‌شده، امکان تکامل و تغییرات در سطح جمعیتی را افزایش می‌دهد؛ همچنان که در بیشتر پارامترهای مطالعه‌شده جمعیتی، تفاوت‌های بارزی بین جمعیت‌ها مشاهده شد؛ بنابراین نظریه انشقاق و جدایی جمعیتی تقویت می‌شود.

منابع

حتی در گزارش‌ها نیز دیده شده است که جمعیت‌های دارای بدن مرتفع‌تر به‌طور عمده در منابع آبی عمیق‌تر (حوضچه‌های آبی یا رودخانه‌های دارای مناطق عمیق‌تر) یا جریان‌های آبی پایدار و ملایم زندگی می‌کنند (Langerhans et al., 2003; Eagderi et al., 2013).

نتایج و استدلال‌های این بررسی نشان داد در انتخاب نوع استراتژی بهره‌برداری و حفاظتی باید پارامترهای جدایی و انشقاق جمعیتی و امکان حضور اکومورف‌های مختلف و همین‌طور استراتژی‌های متنوع زیستی هریک از جمعیت‌ها لحاظ شود و برای جلوگیری از اشتباه‌های احتمالی در بهره‌برداری و بازسازی ذخایر و آسیب‌های جبران‌ناپذیر ناشی از آگاهی لازم نداشتن، جمعیت‌های منطقه‌ای را جدا از هم در نظر گرفت.

سپاسگزاری

از آقای مهندس هاشم نوفرستی برای کمک در نمونه‌برداری و صید ماهیان صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

Abbasi, K. (2017). *Fishes of Guilan*. Tehran: Ilia Farhang Publications.

Abdoli, A. (1999). *The inland water fishes of Iran*. Tehran: Publication of Natural Museum and Wildlife of Iran (in Persian).

Ambrosio, P. P., Costa, C., Sa'nchez, P., & Flos, R. (2008). Stocking density and its influence on shape of Senegalese sole adults. *International Aquaculture Journal*, 16(4), 333-343.

Annoni, P., Saccardo, I., Gentili, G., & Guzzi, L. (1997). A multivariate model to relate hydrological, chemical and biological parameters to salmonid biomass in Italian Alpine rivers. *Journal of Fisheries Management and Ecology*, 4, 439-452.

Barimani, A. (1977). *Ichthyology and Fisheries*. Urmia: Urmia University Press (in Persian).

- Berg, L.S. (1964). *Freshwater fishes of the U.S.S.R and adjacent countries*. Vol. 2. Fourth Edition. Jerusalem: Israel Program for scientific Translations Ltd.
- Bogutskaa, N. G., Kiashko, P. V., Naseka, A. M., & Orlova, M. I. (2013). *Opredelitel' ryb i bespozvonochnykh Kaspijskogo morâ. T. 1. Ryby i mollûski [Identification keys for fish and invertebrates of the Caspian Sea. Vol. 1. Fishes and mollusks.]* Tovarišestvo naučnykh izdanij KMK, Sankt-Peterburg–Moskva (in Russian with English summary).
- Coad, B.W. (1996). Zoogeography of the fishes of the Tigris-Euphrates basin. *Journal of Zoology in the Middle East*, 13, 51-70.
- Costa, C., & Cataudella, S. (2007). The Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian Sea). *Journal of Environmental Biology of Fishes*, 78, 115-123.
- 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*). *Biological Journal of the Linnaean Society*, 101, 427-436.
- Eagderi S., Nasri M., & Jouladeh-Roudbar A. (2016). *Gobiids of Iran and a key to them*. Tehran: Ava Viana Publication Co.
- Eagderi, S., Esmaeilzadegan, E., & Maddah, A. (2013). Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 5(14), 1-8.
- Eagderi, S., Esmaeilzadegan, E., & Maddah, A. (2013). Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 5(14), 1-8.
- Elliott, D., Pollock, B. J., Chua, R., Weeks, D. J. (1995). Cerebral specialization in adults with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 99, 605-615.
- Esmaeili, H. R., Coad, B. W., Mehraban, H. R., Masoudi, M., Khaefi, R., Abbasi, K., Mostafavi, H., & Vatandoust, S. (2014). An updated checklist of fishes of the Caspian Sea basin of Iran with a note on their zoogeography. *Iranian Journal of Ichthyology*, 1(3), 152-184.
- Esmaeili, H. R., Sayyadzadeh, G., Eagderi S., & Abbasi K. (2018a). Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3(3): 1-95.
- Esmaeili, H. R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., & Abbasi, K. (2018b). Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3(3), 1-95.
- Langerhans, R. B., Layman, C. A., Langerhans, A. K., & Dewitt T. J. (2003). Habitat associated morphological divergence in two Neotropical fish species. *Biological Journal of the Linnaean Society*, 80, 689-698.
- Mamuris, Z., Apostolidis, A. P., & Triantaphyllidis, C. (1998). Genetic protein variation in red mullet (*Mullus barbatus*) and striped red mullet (*M. surmuletus*) populations from the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biology*, 130, 353–360.
- Miller, P. J. (1986). Gobiidae. In: Whitehead, P. J. P., Bauchot, M. L., Hureau, J. C., Nielsen, J., & Tortonese E. (Eds.). (1986). *Fishes of the Northeastern Atlantic and Mediterranean*. 1019-1085. UNESCO, Paris.
- Miller, P. J. (2003). *The freshwater fishes of Europe*. Vol. 8. Mugilidae, Atherinidae, Atherinopsidae, Blenniidae, Odontobutidae, Gobiidae 1. AULA-Verlag, Wiebelsheim, Germany. Miller, P.J., 2004. The freshwater fishes of Europe. V. 8/II. Gobiidae 2. AULA-Verlag, Wiebelsheim, Germany. P. 404.

- Miller, P. J., & Vasil'eva, E. D. (2003). *Neogobius Iljin, 1927*. In: P. J. Miller (Ed.) (2003). *The freshwater fishes of Europe*. V. 8/I. Mugilidae, Atherinidae, Atherinopsidae, Blenniidae, Odontobutidae, Gobiidae. 1: 163-171. AULA-Verlag, Wiebelsheim, Germany.
- Moghadasi, 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. *International Journal of Aquatic Biology*, 1(2), 82-92.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the World*. Third Edition. New York, USA: Wiley Publication.
- Rahimov, D. B. (1986). Zoogeographical analysis of Gobiid fishes of Caspian Sea. Pp. 113-114, In: *Proceeding of 5th Congress of Hydrobiological Association*. Academy of Science of USSR, Taliatti.
- Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (1990). Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Journal of Systematic Zoology*, 39, 40-59.
- Vasil'eva, E. D., Vasil'ev, V. P., & Pinchuk, V. I. (1993). Craniological analysis of the goby subgenus *Ponticola* Iljin, 1927. III. Comparative morphological study of *Neogobius kessleri*, *N. ratan*, and additional findings on *N. syrman* relevant to the diagnosis and content of the subgenus. *Voprosy Ikhtiologii*, 33, 609- 617.
- Vasil'eva, E., Mousavi-Sabet, H., & Vasil'ev, V. P. (2015). *Ponticola iranicus* sp. nov. (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) from the Caspian Sea basin. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 45(2), 189-197.
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, D. H., & Fink, W. L. (2004). *Geometric morphometrics for biologists*. San Diego, CA: Elsevier.