



Investigating the morphological diversity of five species of gobies of the genus *Ponticola* (Gobiiformes: Gobiidae) in rivers of the southern Caspian Sea basin

Ehsan Shatoei Gharenjeh¹ | Soheil Eagderi² | Hadi Poorbagher³ |
Manoochehr Nasri⁴

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: ehsan.shatoei@ut.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: soheil.eagderi@ut.ac.ir

3. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: poorbagher@ut.ac.ir

4. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: nasri.m@lu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 06 April 2024

Received in revised form 30
May 2024

Accepted 02 June 2024

Published online 22 July 2024

Keywords:

Caspian Sea,

Gobiidae,

Morphometrics,

Morphological diversity.

ABSTRACT

This work aimed to investigate the morphological diversity of five species of the genus *Ponticola* viz. *P. syrian*, *P. group*, *P. ironic*, *P. primary*, and *P. hircaniaensis* (Gobiidae). For this purpose, the specimens of the studied species were sampled from different stations in the rivers of the southern basin of the Caspian Sea in the provinces of Guilan, Golestan, and Mazandaran, and a total of 20 morphometric characteristics were measured. Then, the morphological characteristics after standardization were compared using PCA, Kruskal-Wallis, and CVA analyses. Based on the results, all characteristics showed significant differences. The studied species, except *P. iranicus* and *P. hircaniaensis*, were discriminated from each other, and the most important discriminative characters were the height of the second dorsal fin, preanal length, the length of the pectoral fin, the length of the caudal peduncle, the pre dorsal length, ventral fin length, and head length. The members of the genus *Ponticola* are similar in terms of morphological traits; hence, it is suggested that the whole traditional morphometric characters in a PCA analysis and molecular data be used to discriminate the species in this genus.

Cite this article: Shatoei Gharenjeh, E., Eagderi, S., Poorbagher, H., & Nasri, S. (2024). Investigating the morphological diversity of five species of gobies of the genus *Ponticola* (Gobiiformes: Gobiidae) in rivers of the southern Caspian Sea basin. *Journal of Natural Environment*, 77 (Special Issue), 189-197. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.376255.2666>



بررسی تنوع ریختی پنج گونه از گاوماهیان جنس *Ponticola* (Gobiiformes: Gobiidae) در رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر

احسان شاطویی قارنجه^۱ | سهیل ایگدری^۲ | هادی پورباقر^۳ | منوچهر نصری^۴

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران. رایانامه: ehsan.shatoei@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: soheil.eagderi@ut.ac.ir

۳. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران. رایانامه: poorbagher@ut.ac.ir

۴. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. رایانامه: nasri.m@lu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

این پژوهش با هدف بررسی تنوع ریختی پنج گونه گاوماهی از جنس *Ponticola* شامل *P. syrman*، *P. iranicus*، *P. patimari* و *P. hircaniaensis* از خانواده Gobiidae به اجرا در آمد. بدین منظور، گونه‌های این جنس از ایستگاه‌های مختلف در رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر در سه استان گیلان، گلستان و مازندران نمونه‌برداری و تعداد ۲۰ صفت اندازه‌شی مورد بررسی قرار گرفت. سپس ویژگی‌های ریخت‌سنجی پس از استانداردسازی، با استفاده از آنالیزهای چند متغیره از جمله PCA، Kruskal-Wallis و CVA مورد مقایسه قرار گرفتند. براساس نتایج، تمامی صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. گونه‌های مورد مطالعه به جز دو گونه *P. hircaniaensis* و *P. iranicus* از یکدیگر کاملاً متمایز شدند و مهمترین صفات تفکیک‌کننده شامل ارتفاع باله پستی دوم، فاصله پیش‌مخرجی، طول باله سینه‌ای، طول ساقه دم، فاصله پیش باله پستی، طول باله شکمی و طول سر بودند. با توجه به اینکه اعضای جنس *Ponticola* از لحاظ ریختی بسیار به یکدیگر شبیه بوده، از این رو توصیه می‌شود که از مجموع صفات ریخت‌سنجی سنتی در آنالیز رج‌بندی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و صفات مولکولی برای تفکیک گونه‌های این جنس جهت تأیید نتایج فوق استفاده گردد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

کلیدواژه‌ها:

تنوع ریختی،

دریای خزر،

ریخت‌سنجی،

گاوماهی.

استناد: شاطویی قارنجه، احسان؛ ایگدری، سهیل؛ پورباقر، هادی؛ و نصری، منوچهر (۱۴۰۳). بررسی تنوع ریختی پنج گونه از گاوماهیان جنس (Gobiiformes: *Ponticola* (Gobiidae) در رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر. *مجله زیست طبیعی*، ۷۷ (ویژه نامه)، ۱۹۷-۱۸۹.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.376255.2666>



مقدمه

ماهیان آب‌های داخلی ایران تنوع بالایی دارند، بنابراین از نظر آرایه‌شناسی، ابهامات زیادی در ارتباط با برخی گونه‌های آن وجود دارد (Nasri et al., 2019; Eagderi et al., 2022). شکل یک ماهی بیانگر سازگاری‌های محیطی و انعکاس‌دهنده تغییرات ژنتیکی آن است. تنوع ریختی ماهیان می‌تواند تحت تأثیر شرایط زیستگاهی، رژیم غذایی و شرایط هیدرولوژیک اکوسیستم‌های آبی قرار گیرد (Pishkauptour et al., 2019). همچنین تفاوت در شکل بدن ممکن است متأثر از تفاوت‌های رفتاری و اکولوژیک باشد (Mouludi Saleh et al., 2018). استفاده از صفات ریختی در مطالعات تبارشناسی ماهی‌ها مرسوم بوده و در آرایه‌شناسی و توصیف گونه‌های جدید براساس صفات ریختی (تفکیک ریختی)، استوار است (Saravani et al., 2023).

ریخت‌سنجی از جمله ابزارهای مورد استفاده در مقایسه جمعیت‌های ماهیان و انعطاف‌پذیری ریختی آن‌ها (Mouludi Saleh et al., 2022; Keivany, 2019) و همچنین جهت مقایسه گونه‌های مختلف ماهی و توصیف تنوع ریختی در بین گونه‌ها است (Pishkauptour et al., 2019; Abbasi et al., 2021). در روش ریخت‌سنجی سنتی، بر روی ساختار زیستی، فواصل متعددی از جمله طول، عرض و عمق اندازه‌گیری می‌شود و پس از حذف اثرات اندازه نمونه‌ها، تنها اختلاف شکل بین نمونه‌ها استخراج می‌گردد (Saravani et al., 2023).

آب‌های داخلی ایران تنوع بالایی از ماهیان را دارا می‌باشد (Eagderi et al., 2022) تا جایی که بر اساس آخرین فهرست منتشر شده تعداد ۳۰۰ گونه گزارش و لیست شده است (Sayyadzadeh and Esmaeili, 2024). اعضای خانواده گاوماهیان به‌طور معمول ارزش تجاری کمی دارند؛ از این رو مطالعات درباره تنوع زیستی آن‌ها اندک است (Asgardoun et al., 2021). تعداد ۳۸ گونه در ۸ جنس از خانواده گاوماهیان (Gobiidae) در حوضه جنوبی دریای خزر گزارش شده است (Nikmehr et al., 2018). در حوضه جنوبی دریای خزر برخی گونه‌های جنس *Ponticola* از جمله *P. patimari*، *P. hircaniaensis* و *P. iranicus* به‌عنوان گونه‌های آب‌شیرین توصیف شده‌اند (Eagderi et al., 2022; Zarei et al., 2022) که به‌همراه گونه‌های *P. syrman* و *P. gorlap* که یوری‌هالین (دامنه تحمل شوری بالا) ساکن دریای خزر و رودخانه‌های آن است، گونه‌های این جنس در آب‌های داخلی ایران را شامل می‌شوند (Eagderi et al., 2022). لازم به ذکر است که Zarei و همکاران (۲۰۲۲) حضور دو گونه *P. cyrius* و *P. geobelli* که قبلاً در آب‌های داخلی ایران گزارش شده بود را رد کردند. اعضای جنس *Ponticola* به‌واسطه داشتن پوسته قدامی، باله لگنی توسعه‌یافته، لوب‌های جانبی تیز، استخوان دندانی با دندان‌های بزرگ مخروطی در قسمت انتهایی و فک پهن‌تر در بخش پشتی از دیگر جنس‌های خانواده گاوماهیان متمایز می‌شوند (Nelson et al., 2016). به‌دلیل شباهت ریختی بالای اعضای جنس *Ponticola* و همچنین تنوع ریختی بالای درون گونه‌ای، شناسایی گونه‌های این جنس براساس کلیدهای شناسایی ریختی تعریف شده، دشوار بوده و حتی در برخی موارد غیرممکن می‌باشد. از این رو نیاز است که در مرحله اول، تنوع ریختی بین گونه‌ای برای درک تفاوت‌های گونه‌های آن انجام شود. بنابراین این مطالعه به‌منظور بررسی تنوع ریختی پنج گونه از گاوماهیان جنس *Ponticola* در رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر به‌اجرا درآمد.

روش‌شناسی پژوهش

در این مطالعه، نمونه‌های *P. syrman* از مصب رودخانه قره‌سو استان گلستان، نمونه‌های *P. gorlap* از رودخانه سفیدرود استان گیلان، نمونه‌های *P. iranicus* از رودخانه ماسال استان گیلان، نمونه‌های *P. patimari* از رودخانه شیروود استان مازندران و نمونه‌های *P. hircaniaensis* از رودخانه کبودال استان گلستان با استفاده از دستگاه الکتروشوکر با شدت جریان پایین صید شدند (جدول ۱). از هر گونه ۱۰ نمونه انتخاب گردید. نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول عصاره گل میخک، در فرمالین بافری ۱۰ درصد تثبیت و به آزمایشگاه تکوین و بیوسیستماتیک آبریان دانشگاه تهران منتقل شدند. در آزمایشگاه، بعد از دو هفته نمونه‌ها به الکل ۷۲ درصد منتقل و تعداد ۲۰ صفت اندازه‌گیری و شمارشی (جدول ۲) با استفاده از کولیس دیجیتالی (با دقت ۰/۱ سانتی‌متر) و لوپ چشمی اندازه‌گیری و شمارش شدند. همچنین درصد هر یک از فواصل اندازه‌گیری روی بدن و سر به‌ترتیب نسبت به طول استاندارد و طول سر محاسبه گردید (جدول ۳). به‌منظور حذف اثرات ناشی از اندازه داده‌های اندازه‌گیری، از فرمول رشد آلومتریکی در نرم‌افزار PAST v 2.17b به روش الیوت و همکاران (Elliott et al., 1995) براساس طول استاندارد، استانداردسازی شدند. نرمال

بودن داده‌های اندازشی با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها، از آزمون Kruskal-Wallis برای مقایسه هر یک از صفات اندازشی به صورت مجزا استفاده شد (Mouludi-Saleh et al., 2021). تفاوت‌های بین گونه‌های مورد مطالعه به ترتیب از تحلیل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تغییرات کانونی (CVA) براساس ارزش P حاصل از آزمون NPMANOVA مورد مطالعه قرار گرفتند. اختلاف معنی‌داری در سطح $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد. آنالیزها در نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۱۶ و Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

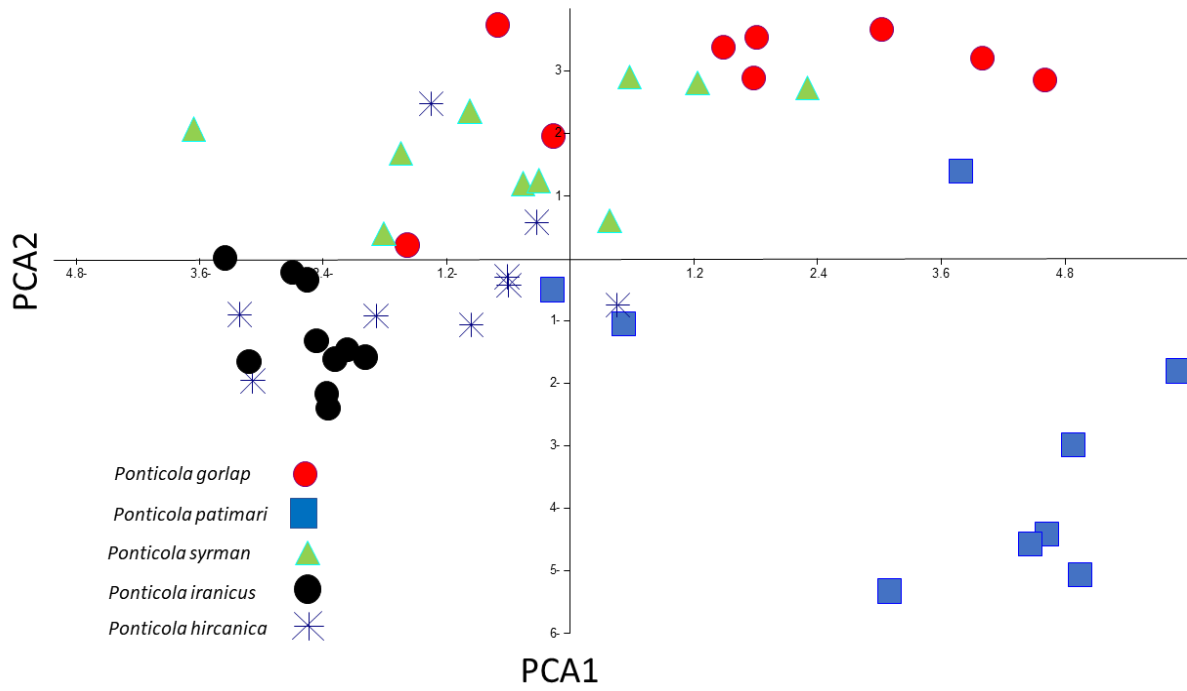
جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری پنج گونه گاوماهی مورد مطالعه

ردیف	رودخانه	استان	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱	سفیدرود	گیلان	۳۶°۵۳'۲۹"N	۴۸°۳۰'۴۸"E	۸۳
۲	ماسال	گیلان	۳۷°۱۹'۴۶"N	۴۹°۰۳'۴۶"E	۱۹۶
۳	شیرود	مازندران	۲۰°۴۸'۳۶"N	۳۱°۴۷'۵۰"E	-۷۳
۴	کبودال	گلستان	۲۵°۵۲'۳۶"N	۱۸°۵۳'۵۴"E	۱۸۴
۵	قره سو	گلستان	۳۶°۴۹'۳۷"N	۵۴°۰۲'۳۴"E	-۳۷

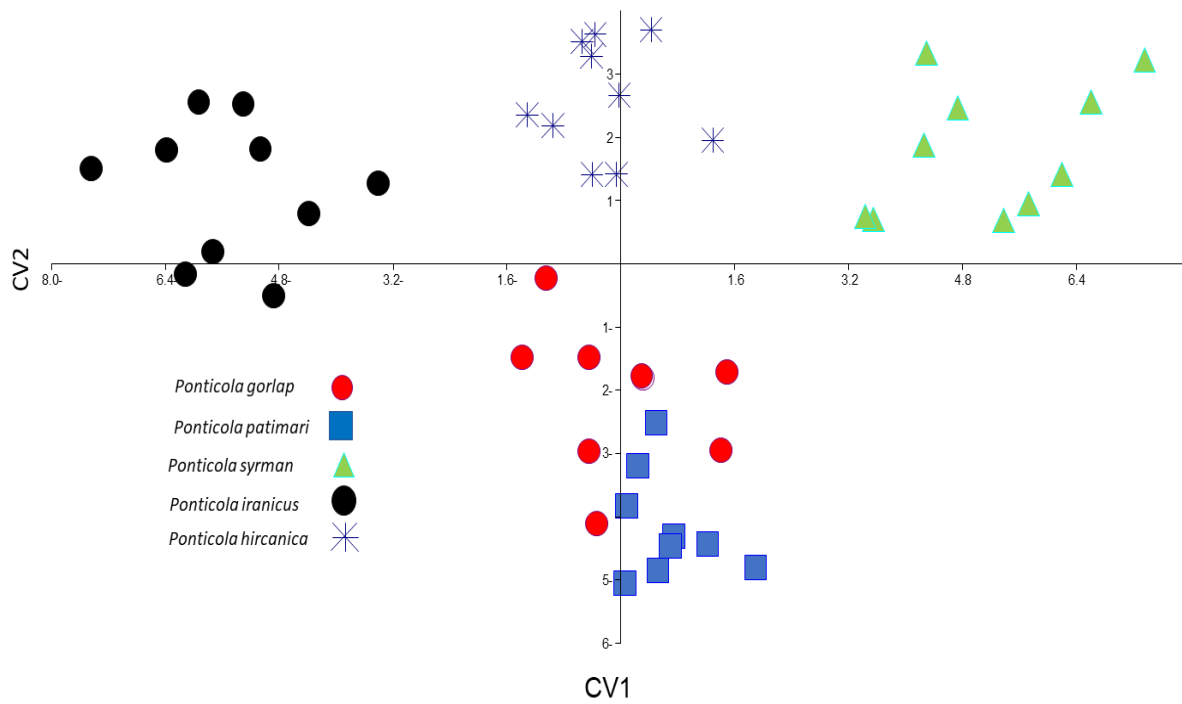
یافته‌های پژوهش

در مقایسه هر یک از صفات اندازشی به صورت مجزا، تمامی صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول‌های ۲ و ۳). در تحلیل تجزیه مؤلفه‌های اصلی برای بررسی الگوهای ریختی مؤثر در تفکیک گونه‌های مورد مطالعه، ۵ مؤلفه اول به‌عنوان مؤلفه‌های تأثیرگذار نشان داده شدند ($PC1 = ۲۴/۴۸$ ، $PC2 = ۱۹/۳۶$ ، $PC3 = ۱۹/۹۲$ ، $PC4 = ۱۰/۴۱$ و $PC5 = ۷/۹۶$). در نمودار PCA براساس دو مؤلفه $PC1$ و $PC2$ گونه‌های مورد مطالعه را از یکدیگر متمایز نمود هرچند که دو گونه *P. iranica* و *P. hircaniaensis* تا حدودی با یکدیگر همپوشانی نشان دادند (شکل ۱).

براساس نمودار ماتریس بارهای $PC1$ ، مهمترین صفات تفکیک‌کننده ارتفاع باله پشتی دوم ($۰/۳۴$)، فاصله پیش مخرجی ($۰/۵۶$)، طول باله سینه‌ای ($۰/۳۱$) و طول ساقه دم ($۰/۳۸$) و براساس ماتریس بارهای $PC2$ مهمترین صفات تفکیک‌کننده فاصله پیش باله پشتی ($۰/۵۸$)، طول باله شکمی ($۰/۴۲$) و طول سر ($۰/۳۹$) بودند. نتایج CVA شکل بدن گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که سه گونه *P. syrman*، *P. hircaniaensis* و *P. iranica* به‌طور معنی‌داری از سایر گونه‌ها متمایز شدند. دو گونه *P. gorlap* و *P. patimari* نیز تا حدودی از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۲). نتایج آزمون NPMANOVA تفاوت معنی‌داری را بین ویژگی‌های ریخت‌سنجی گونه‌های مورد مطالعه نشان داد ($P < 0.01$). درصد فاصله‌های اندازشی مورد محاسبه بین گونه‌های مورد مطالعه به‌جز گونه *P. hircaniaensis* در برخی از صفات سر، دارای همپوشانی بودند.



شکل ۱- نمودار تجزیه مؤلفه‌های اصلی گونه‌های مورد مطالعه جنس *Ponticola* در حوضه جنوبی دریای خزر



شکل ۲- نمودار تحلیل همبستگی کانونی گونه‌های مورد مطالعه جنس *Ponticola* در حوضه جنوبی دریای خزر

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و نتایج آنالیز کروسکال-والیس صفات اندازه‌های گونه‌های مورد مطالعه جنس *Ponticola* (داده‌های جدول داده‌های خام است اما در آنالیزها داده‌های استانداردسازی شده استفاده گردید).

P-Value	انحراف از معیار						میانگین				صفت
	<i>P. iranicus</i>	<i>P. hircaniaensis</i>	<i>P. syrman</i>	<i>P. patimari</i>	<i>P. gorlap</i>	<i>P. iranicus</i>	<i>P. hircaniaensis</i>	<i>P. syrman</i>	<i>P. patimari</i>	<i>P. gorlap</i>	
	۵/۵۰	۱۳/۸۹	۶/۷۸	۱۲/۱۹	۱۹/۹۸	۴۷/۷۹	۱۱۲/۴۷	۴۹/۰۸	۲۱/۶۸	۷۴/۱۱	طول کل بدن
	۴/۵۵	۱۳/۴۹	۶/۲۹	۱۲/۸۲	۱۶/۹۷	۳۸/۷۶	۹۴/۶۱	۳۹/۰۱/	۲۲/۵۴	۵۳/۶۱	طول استاندارد بدن
**	۱/۱۲	۲/۸۷	۱/۱۹	۱/۷۸	۳/۷۰	۷/۵۵	۱۸/۷۹	۶/۸۰	۱۱/۰۶	۶۹/۱۱	حداکثر عمق بدن
**	۰/۶۱	۲/۷۶	۰/۸۶	۱/۴۴	۱/۵۵	۳/۴۷	۹/۴۱	۳/۴۸	۴/۹۲	۴/۶۲	حداقل عمق ساقه دم
**	۱/۳۸	۳/۶۲	۲/۴۰	۴/۷۰	۷/۴۸	۱۲/۳۰	۲۹/۸۶	۱۲/۹۳	۱۷/۴۶	۲۲/۳۴	فاصله پیش باله پشتی
**	۱/۸۱	۳/۵۴	۲/۲۱	۴/۱۲	۵/۵۶	۱۱/۸۹	۳۰/۷۹	۱۲/۵۴	۱۷/۲۵	۲۰/۰۷	طول قاعده باله پشتی دوم
**	۰/۷۰	۳/۳۶	۰/۸۶	۲/۷۴	۱/۷۱	۵/۳۷	۱۴/۷۸	۶/۰۶	۶/۲۱	۷/۶۰	ارتفاع باله پشتی دوم
**	۲/۲۹	۶/۸۰	۳/۷۶	۵/۴۵	۱۱/۴۶	۲۰/۴۷	۵۳/۶۴	۲۲/۴۱	۳۱/۶۴	۳۵/۵۵	فاصله پیش باله مخرجی
**	۱/۲۷	۲/۲۸	۱/۷۱	۲/۳۲	۱۱/۰۹	۹/۳۴	۲۰/۶۷	۸/۶۴	۱۲/۷۵	۱۳/۲۵	طول قاعده باله مخرجی
**	۰/۸۵	۲/۸۱	۱/۶۶	۱/۸۸	۳/۷۴	۹/۱۶	۱۹/۹۳	۹/۹۰	۱۳/۶۹	۱۴/۰۳	طول باله سینه ای
**	۰/۹۱	۱/۹۵	۲/۱۴	۲/۹۹	۳/۳۸	۷/۵۶	۱۵/۹۱	۸/۷۷	۱۰/۳۶	۱۳/۱	طول دیسک شکمی
**	۰/۹۳	۳/۴۹	۱/۸۲	۲/۲۲	۲/۶۱	۷/۳۰	۲۰/۲۲	۷/۲۹	۸/۸۲	۹/۹۹	طول ساقه دم
**	۰/۶۶	۲/۹۷	۱/۰۱	۱/۱۶	۲/۰۳	۳/۹۱	۱۰/۵۹	۳/۹۳	۵/۰۳	۶/۲۲	عرض ساقه دم در باله مخرجی
**	۰/۳۳	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۴۸	۰/۷۹	۱/۱۶	۳/۰۳	۰/۷۲	۱/۶۲	۲/۰۴	حداقل عرض ساقه دم
**	۱/۵۰	۱/۸۲	۲/۰۳	۳/۱۵	۵/۵۶	۱۱/۰۳	۲۶/۵۷	۱۱/۶۳	۱۵/۰۱	۱۹/۸۸	طول سر
**	۰/۴۱	۰/۸۹	۰/۳۸	۰/۵۲	۰/۸۸	۱/۹۳	۵/۲۸	۲/۵۱	۲/۹۲	۳/۸۵	شعاع افقی چشم
**	۰/۳۱	۲/۱۷	۰/۴۵	۱/۱۶	۲/۴۴	۲/۸	۱۰/۴۸	۳/۲۴	۳/۳۳	۵/۸۳	فاصله پیش چشمی
**	۰/۷۵	۱/۵۶	۱/۰۲	۱/۸۰	۳/۲۱	۵/۶۷	۱۶/۷۵	۵/۹۳	۷/۰۵	۹/۵۹	فاصله پس چشمی
**	۰/۲۱	۰/۹۵	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۹۶	۰/۵۸	۳/۱۳	۰/۶۸	۱/۵۱	۱/۱۱	فاصله بین چشمی
**	۰/۷۲	۲/۸۹	۱/۰۷	۲/۷۴	۳/۱۵	۵/۱۶	۱۵/۰۶	۳/۸۶	۵/۸۴	۸/۹۸	عرض لب بالایی
**	۰/۴۹	۱/۱۱	۰/۷۹	۱/۵۵	۲/۲۱	۲/۱۵	۹/۷۶	۲/۱۳	۳/۸۳	۴/۷۱	عمق سر در بینی
**	۱/۱۲	۱۳/۸۹	۱/۴۸	۱/۸۰	۴/۲۹	۶/۵۱	۱۷/۹۱	۵/۷۳	۱۰/۲۰	۱۱/۴۳	عرض سر

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

جدول ۳- درصد صفات اندازه گیری شده در گونه‌های جنس *Ponticola* براساس طول استاندارد و طول سر

گونه	<i>P. gorlap</i>	<i>P. patimari</i>	<i>P. syrman</i>	<i>P. hircaniaensis</i>	<i>P. iranicus</i>
صفت					
درصد از طول استاندارد					
حداکثر عمق بدن	۰/۲۰ - ۰/۱۵	۰/۲۲ - ۰/۱۷	۰/۲۱ - ۰/۱۵	۰/۲۴ - ۰/۱۷	۰/۲۱ - ۰/۱۶
حداقل عمق ساقه دم	۰/۰۹ - ۰/۰۵	۰/۱۰ - ۰/۰۷	۰/۱۳ - ۰/۰۷	۰/۱۳ - ۰/۰۸	۰/۱۰ - ۰/۰۷
فاصله پیش باله پستی	۰/۳۹ - ۰/۲۴	۰/۳۶ - ۰/۲۹	۰/۳۸ - ۰/۳۲	۰/۳۳ - ۰/۲۸	۰/۳۲ - ۰/۳۰
طول قاعده باله پستی دوم	۰/۴۰ - ۰/۲۴	۰/۳۷ - ۰/۲۸	۰/۳۶ - ۰/۲۵	۰/۳۹ - ۰/۲۸	۰/۳۳ - ۰/۲۸
ارتفاع باله پستی دوم	۰/۱۵ - ۰/۱۰	۰/۱۴ - ۰/۰۷	۰/۱۸ - ۰/۱۱	۰/۱۸ - ۰/۱۱	۰/۱۵ - ۰/۱۱
فاصله پیش باله مخرجی	۰/۶۲ - ۰/۵۱	۰/۶۲ - ۰/۴۹	۰/۵۹ - ۰/۵۵	۰/۶۱ - ۰/۵۳	۰/۵۷ - ۰/۵۰
طول قاعده باله مخرجی	۰/۲۳ - ۰/۱۷	۰/۲۶ - ۰/۱۹	۰/۲۵ - ۰/۱۹	۰/۲۴ - ۰/۱۸	۰/۲۸ - ۰/۲۱
طول باله سینه‌ای	۰/۲۵ - ۰/۲۰	۰/۳۲ - ۰/۲۱	۰/۲۸ - ۰/۲۲	۰/۲۴ - ۰/۱۸	۰/۲۸ - ۰/۱۹
طول دیسک شکمی	۰/۲۴ - ۰/۱۸	۰/۲۲ - ۰/۱۶	۰/۲۸ - ۰/۱۹	۰/۱۸ - ۰/۱۵	۰/۲۱ - ۰/۱۷
طول ساقه دم	۰/۲۱ - ۰/۱۴	۰/۱۸ - ۰/۱۴	۰/۲۴ - ۰/۱۲	۰/۲۶ - ۰/۱۸	۰/۲۱ - ۰/۱۷
عرض ساقه دم در باله مخرجی	۰/۱۱ - ۰/۰۸	۰/۱۱ - ۰/۰۸	۰/۱۲ - ۰/۰۷	۰/۱۴ - ۰/۰۹	۰/۱۱ - ۰/۰۸
حداقل عرض ساقه دم	۰/۰۴ - ۰/۰۲	۰/۰۳ - ۰/۰۲	۰/۰۳ - ۰/۰۴	۰/۰۴ - ۰/۰۲	۰/۰۴ - ۰/۰۲
طول سر	۰/۳۴ - ۰/۲۷	۰/۲۹ - ۰/۲۴	۰/۳۱ - ۰/۲۸	۰/۳۱ - ۰/۲۰	۰/۲۹ - ۰/۲۶
درصد از طول سر					
شعاع افقی چشم	۰/۲۳ - ۰/۱۶	۰/۲۱ - ۰/۱۷	۰/۲۵ - ۰/۱۸	۰/۲۶ - ۰/۱۶	۰/۲۳ - ۰/۱۳
فاصله پیش چشمی	۰/۳۵ - ۰/۲۰	۰/۲۹ - ۰/۱۷	۰/۳۱ - ۰/۲۴	۰/۵۰ - ۰/۲۹	۰/۲۹ - ۰/۲۱
فاصله پس چشمی	۰/۵۱ - ۰/۴۱	۰/۵۳ - ۰/۴۲	۰/۵۷ - ۰/۴۵	۰/۷۶ - ۰/۵۷	۰/۵۵ - ۰/۴۴
فاصله بین چشمی	۰/۰۹ - ۰/۰۲	۰/۱۱ - ۰/۰۸	۰/۰۷ - ۰/۰۴	۰/۱۹ - ۰/۰۷	۰/۱۰ - ۰/۰۲
عرض لب بالایی	۰/۵۱ - ۰/۳۶	۰/۵۱ - ۰/۲۶	۰/۳۸ - ۰/۲۹	۰/۸۴ - ۰/۴۵	۰/۶۴ - ۰/۳۷
عمق سر در بینی	۰/۲۸ - ۰/۱۱	۰/۳۴ - ۰/۱۸	۰/۲۴ - ۰/۱۲	۰/۴۷ - ۰/۳۳	۰/۲۶ - ۰/۱۴
عرض سر	۰/۴۷ - ۰/۶۴	۰/۷۴ - ۰/۵۹	۰/۵۶ - ۰/۳۹	۰/۸۸ - ۰/۵۶	۰/۶۲ - ۰/۵۲

بحث و نتیجه گیری

براساس نتایج گونه‌های جنس *Ponticola* در سواحل جنوبی دریای خزر براساس صفات ریختی مورد مطالعه از یکدیگر تفکیک شدند. مهمترین صفات تفکیک‌کننده اعضای این گونه براساس نتایج ماتریس بارها در مؤلفه‌های اول و دوم ارتفاع باله پستی دوم، فاصله پیش مخرجی، طول باله سینه‌ای و طول ساقه دم، فاصله پیش باله پستی، طول باله شکمی و طول سر بودند. بنابراین تفاوت‌های عمده موجود بین گونه‌های مورد مطالعه اعضای این جنس مربوط به طول و ارتفاع و جایگاه باله‌های پستی مخرجی و سینه‌ای و اندازه سر بود، به عبارتی این صفات قابلیت تفکیک اعضای جنس *Ponticola* در سواحل جنوبی دریای خزر را نشان دادند.

در مطالعه Nikmehr و همکاران (۲۰۱۹) تفاوت‌های موجود بین جمعیت‌های مورد مطالعه *P. patimari* در غرب استان مازندران مربوط به ویژگی‌های سر شامل طول سر، عمق سر، عرض سر و عرض لب، همچنین وضعیت و جایگاه باله‌ها شامل ارتفاع باله دوم، طول باله سینه‌ای و جایگاه باله مخرجی بود. Tabasinezhad و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های مختلف گاوماهی سرگنده *P. gorlap* در حوضه جنوبی دریای خزر با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی هندسی و سیستم شبکه‌ای تراس مورد مقایسه قرار دادند و نتایج، جدایی کامل جمعیت‌ها را به لحاظ ریختی نشان داد. در مطالعه Nikmehr و همکاران (۲۰۲۰) صفات فاصله بین چشمی، حداقل عرض ساقه دم و قطر چشم به عنوان صفات تفکیک‌کننده در تنوع ریختی گاوماهی ایرانی بیان نمودند. نتایج مطالعه بین جمعیت‌های سه گونه *P. patimari*، *P. iranicus* و *P. gorlap* نشان می‌دهد که صفات ریختی مربوط به ناحیه سر، اندازه و جایگاه باله‌ها صفاتی هستند که دارای تغییرپذیری بسیار بالای درون گونه‌ای هستند، از این رو نمی‌توانند به عنوان صفات تفکیک‌کننده بین گونه‌ای مورد استفاده قرار گیرند.

دو گونه *P. iranicus* و *P. patimari* به عنوان گونه‌های خواهری *P. syrman* هستند و یک کلاد مشترک تحت عنوان گروه *P. syrman* را تشکیل می‌دهند (Zarei et al., 2022). گونه *P. syrman* بیشتر در زیستگاه‌های آب شور ساحلی جنوب دریای خزر

یافت می‌شود و دریازی است در حالی که دو گونه *P. patimari* و *P. iranicus* ساکن زیستگاه‌های رودخانه‌ای می‌باشند که به ترتیب در جنوب حوضه خزر پراکنش دارند. دامنه توزیع و تنوع برای گونه *P. iranicus* محدود به قسمت بالادست رودخانه سفیدرود بوده ولی گونه *P. patimari* دامنه پراکنش گسترده‌تری دارد. بنابراین صفات ریختی نمی‌تواند این گونه‌ها را از یکدیگر جدا نماید. هرچند که گونه *P. syrman* به واسطه برخی صفات ریختی شامل رنگ بدن، استخوان فک پایین، شکل دیسک باله شکمی و برخی صفات ریخت‌سنجی از جمله عمق بدن و طول ساقه دم از دو گونه دیگر این گروه قابل تفکیک هستند (Zarei et al., 2022). گونه *P. hircaniaensis* از *P. gorlap* انشقاق یافته و حتی با جمعیت‌های آن هیبرید نیز تشکیل داده است. گونه *P. hircaniaensis* یک گونه منحصرآب شیرین بوده و محدود به نهرهای کوهپایه‌ای کم عمق با جریان آهسته آب است که محدوده پراکنش آن در جنوب شرقی دریای خزر است، در حالی که محدوده پراکنش *P. gorlap* به صورت نواری کل خط ساحلی جنوب دریای خزر شامل حوضه‌های توران، خزر و کورا-خزر در بر دارد. نکته‌تکه شدن زیستگاه توسط سد احتمالاً جریان ژنی را مسدود و باعث کاهش تنوع ژنتیکی *P. hircaniaensis* شده است. با این وجود، گونه *P. hircaniaensis* تفاوت‌های ریختی قابل تشخیصی را با اعضای گروه *P. syrman* نشان می‌دهد (Zarei et al., 2022).

نتایج PCA براساس مجموع صفات ریختی مورد مطالعه توانست تا حد زیادی گونه‌های مورد مطالعه را از یکدیگر تفکیک نماید و تمایز ریختی معنی‌داری را بین گونه‌های مورد مطالعه نشان داد. هر چند چنین آنالیزی قابلیت استفاده به‌عنوان صفات تشخیصی بین گونه‌ها را در مطالعات آرایه‌شناسی ندارد ولی می‌تواند یک دیدگاه کلی برای جدایی آرایه‌های مورد بررسی ارائه نماید. روش PCA در مطالعه برخی گونه‌های گاوماهیان که به لحاظ ریختی شبیه بودند قابلیت تفکیک گونه‌ای را نشان داده است (Lima-Filho et al., 2016). گاوماهیان با وجود تحرک کم و داشتن لاروهای آزاد و شناگر به کمک جریان آب می‌توانند جابجا شوند و ارتباط بین جمعیت‌های ساکن در مناطق دور از هم را امکان‌پذیر سازد و جدایی جمعیت‌ها را کمتر کند (Lima-Filho et al., 2012). اعضای این جنس به لحاظ ریخت ظاهری بسیار شبیه یکدیگر بوده، از این رو شناسایی آن‌ها براساس ویژگی‌های ریختی دشوار بوده و این امر سبب شده برخی گونه‌های این جنس را به‌عنوان یک کمپلکس در نظر بگیرند (Eagderi et al., 2021). همچنین در بین اعضای این جنس الگوی خط جانبی سری و آنالیز شکل اتولیت و رنگ بدن نیز قابلیت استفاده به‌عنوان صفات تشخیصی را دارند. با توجه به ناکارآمدی صفات ریختی به‌صورت منفرد جهت شناسایی و بیان تفاوت‌های ریختی بین اعضای جنس *Ponticola* توصیه می‌شود که از مجموع صفات ریخت‌سنجی سنتی در آنالیز رج‌بندی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و صفات مولکولی برای تفکیک گونه‌های این جنس استفاده گردد که به‌عنوان کلید شناسایی گونه‌هایی با الگوهای ریختی تا حدودی مشابه، مطرح شوند.

References

- Abbasi, K., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., 2021. Morphological diversity of the Caspian Asp, *Leuciscus aspius*, in the South Caspian Sea basin (Osteichthyes: Cyprinidae). *Zoology in the Middle East* 67(1), 25-31.
- Abbasi-Ranjbar, K., Ghafouri, Z., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2023. Comparison of morphological diversity and some biological parameters of mesopotamian nase, *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) from rivers of the Tigris basin, Iran. *Aquaculture Sciences* 11(1), 1-10.
- Asgardoun, S., 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.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Esmaili, 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.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Rostami, M., Harsini, J.I., 2021. Morphological pattern of the genus *Alburnoides* (Pisces: Cyprinidae) in Iranian inland waters using Landmark-based geometric morphometric technique. *Journal of Fisheries* 74(2), 259-269.
- Elliott, N.G., Haskard, K., Koslow, J.A., 1995. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology* 46(2), 202-220.
- Sayyadzadeh, G., Esmaili, H.R., 2024. Freshwater lamprey and fishes of Iran: Reappraisal and updated checklist with a note on Eagderi et al. (2022). *Zootaxa* 5402(1), 1-99.
- Heidari, A., Salehi, M., Mousavi-Sabet, H., 2019. How the body shape changes by the habitat hydrological factors in freshwater benthic fishes; case study on the genera *Cobitis* (Cobitidae) and *Ponticola* (Gobiidae). *International Journal of Aquatic Biology* 7(1), 45-55.

- Mouludi Saleh, A., Keivany, Y., Jalali, S.A.H., 2018. Biometry of Chub (*Squalius namak* Khaefi et al., 2016) in rivers of Namak Basin. *Experimental Animal Biology* 7(1), 107-118.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Shojaei, D., Nasri M., 2021. Phenotypic adaptation patterns in Abu Mullet, *Planiliza abu* using traditional and geometric morphometric methods in rivers of the Persian Gulf basin. *Journal of Fisheries Sciences and Technology* 10(2), 141-150.
- Mouludi-Saleh, A., Keivany, Y., 2018. Morphological diversity in three species of Chubs (*Squalius* spp.) populations in Iranian Basins. *Nova Biologica Reperta* 5(2), 192-204.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Abbasi, K., Nasri, M., 2022. Validation of two sympatric fish species of Urmia chub, *Petroleuciscus ulanus* and Urmia bleak, *Alburnus atropatenae*, based on morphologic characters in Mahabad-Chai River. *Nova Biologica Reperta* 8(4), 289-296.
- Nasri, M., Eagderi, S., Jamshidi, E., 2023. Phenotype Diversity of Iranian Cichlids *Iranocichla* spp. in Hormuzgan Basin using the Geometric Morphometrics Technique. *Taxonomy and Biosystematics* 14(53), 1-16.
- Nelson, J.S., Grande, T.C., Wilson, M.V.H., 2016. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons. 752 p.
- Nikmehr, N., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2018. Taxonomic Statue of *Ponticola iranicus* (Teleost, Gobiidae) based on Cytochrome Oxydase sub-unit I. *Journal of Fisheries* 71(2), 112-117.
- Nikmehr, N., Eagderi, S., Poorbagher, H. 2020. Morphological variations of Patimar gobi, *Ponticola patimari* in the middle part of the southern Caspian Sea basin. *Journal of Applied Ichthyological Research* 8(5), 2
- Nikmehr, N., Eagderi, S., Poorbagher, H., Abbasi, K., 2020. Morphological variation of Iranian Goby (*Ponticola iranicus*) in the Anzali Wetland drainage. *Journal of Wildlife and Biodiversity* 4(2), 22-27.
- Pishkauptour, Z., Poorbagher, H., Eagderi, S. 2019. Comparing the efficiency of traditional and geometric morphometrics in distinguishing populations of *Alburnus doriae* in the central and western basins of Iran. *Journal of Applied Ichthyological Research* 7(2), 1-12.
- Saravani, M., Mousavi, H., Eagderi, S., Heidari, A. 2023. Morphological variation in seven species of catfishes of the genus *Glyptothorax* in Iranian inland waters using traditional and geometric morphometric methods. *Journal of Oceanography* 14(54), 48-62.
- Tabasinezhad, N., Mousavi-Sabet, H., Eagderi, S., Ahmadi, A., Farzi, R., 2020. Comparative Study of morphological characteristics of different populations of big head goby *Ponticola gorlap* in the Caspian Sea Basin using geometric morphometric and truss network system methods. *Journal of Applied Ichthyological Research* 8(5), 11-20.
- Zarei, F., Esmaeili, H.R., Sadeghi, R., Schliewen, U.K., Kovačić, M., Abbasi, K., Gholamhosseini, A., 2022. An integrative insight into the diversity, distribution, and biogeography of the freshwater endemic clade of the *Ponticola syrman* group (Teleostei: Gobiidae) in the Caucasus biodiversity hotspot. *Ecology and Evolution* 12(9), e9300
- Zarei, F., Esmaeili, H.R., Kovai, M., Schliewen, U.K., Abbasi, K., 2022. *Ponticola hircaniaensis* sp. nov., a new and critically endangered gobiid species (Teleostei: Gobiidae) from the southern Caspian Sea basin. *Zootaxa* 5154(4), 401-430.
- Zarei, F., Esmaeili, H.R., Stepien, C. A., Kovačić, M., Abbasi, K., 2023. Otoliths of Caspian gobies (Teleostei: Gobiidae): Morphological diversity and phylogenetic implications. *Plos One* 18(5), e0285857.