دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی"
دوره سوم، شماره دوم، تابستان ۹۴
http://jair.gonbad.ac.ir

تعیین تنوع ریختی جمعیت‌های تالابی و رودخانه‌ای ماهی مخرج لوله‌ای *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) به دو روش سنتی و هندسی

سیده سارا جعفری کناری[۱]، حسین رحمانی[*۲]، قدرت رحیمی[۳] و ایوب فرهادی[۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بوم‌شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، ساری، ایران
[۲] دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، ساری، ایران
[۳] استاد گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، ساری، ایران
[۴] استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ ارسال: ۹۴/۵/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۵

چکیده

به‌منظور بررسی مقایسه شکل بدن ماهی مخرج لوله‌ای *R. amarus* در رودخانه‌های تجن، بابل‌رود، سیاه‌رود و تالاب انزلی به روش‌های ریخت‌سنجی هندسی و سنتی، تعداد ۱۲۰ نمونه ماهی (از هر جمعیت ۳۰ قطعه) با دستگاه الکتروشوکر صید گردید. جهت مطالعه ریخت‌سنجی سنتی، ۲۹ صفت قابل اندازه‌گیری با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و ۱۲ صفت شمارشی شمارش شد. برای مطالعه ریخت‌سنجی هندسی ۲۳ لندمارک توسط نرم‌افزار tpsDig2 روی تصاویر دوبعدی از سمت چپ ماهی رقومی گردید. نتایج بدست آمده توسط آزمون‌های آماری چند متغیره MANOVA /CVA و PCA مورد تحلیل قرار گرفتند. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده پس از استانداردسازی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار PAST، صفات جداکننده جمعیت‌ها و میزان جدایی آنها با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) مشخص شد و در جمعیت‌های مورد مطالعه برای کلیه صفات قابل شمارش، هیچ‌کدام از صفات ضریب عاملی بزرگتر از ۰/۸ نداشت. همچنین در صفات قابل‌اندازه‌گیری فاصله پیش مخرجی، طول سر و ارتفاع سر در مؤلفه اول ضریب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۸ داشتند. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA نشان داد که بین تمامی صفات به غیر از صفات شعاع منشعب باله‌های پشتی و مخرجی و شعاع‌های غیرمنشعب باله پشتی و فلس‌های بالای خط جانبی، ارتفاع بدن، طول ساقه دمی، طول پیش سر و طول باله مخرجی در بقیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد

[*] مسئول مکاتبه: shemaya1975@yahoo.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

(p<۰/۰۵). نتایج حاصل از ریخت‌سنجی هندسی تفاوت فرم تالابی و فرم رودخانه‌ای را تا حدودی نشان می‌دهد. ولی در مقایسه خصوصیات قابل اندازه‌گیری و قابل شمارش هم‌پوشانی زیادی بین جمعیت‌ها دیده شده، به‌طوری که می‌توان یک از عوامل جدایی ریختی جمعیت‌ها را تغییرات شرایط زیستگاهی دانست.

***واژه‌های کلیدی*: *R. amarus*، ریخت‌سنجی هندسی، ریخت‌سنجی سنتی، فرم تالابی، فرم رودخانه‌ایی**

مقدمه

مطالعه انعطاف‌پذیری ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های یک گونه که در محیط‌های متفاوت از نظر خصوصیات زیستگاهی زندگی می‌کنند، امکان درک بهتر تغییرات در ویژگی‌های جمعیتی را در مقابل تغییرات محیطی فراهم می‌نماید (Kuliev, 1988). ماهیان همانند سایر جانوران قادرند ویژگی‌های ریختی مشابهی را در شرایط محیطی مشابه کسب نمایند. از این‌رو انعطاف‌پذیری ریختی می‌تواند به‌عنوان یک سازگاری با تغییرات ریخت‌شناسی همراه باشد. جدایی زیستگاه‌ها می‌تواند در ماهیان یک گونه، جمعیت‌های متفاوتی را تشکیل دهد و به واسطه ویژگی‌های زیست‌محیطی و طی فرآیند انعطاف‌پذیری ریختی از سایر جمعیت‌های آن گونه متمایز گردند (Wooton, 1991). ویژگی‌های ریختی ماهیان نسبت به تغییرات عوامل تأثیرگذار محیطی نظیر نوع بستر، جریان آب، پوشش گیاهی، رقابت، شکار و میزان دسترسی به منابع غذایی حساسیت بالایی دارند (Nicieza, 1995).

در مطالعات ریخت‌سنجی می‌توان از دو روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی استفاده نمود. روش ریخت‌سنجی سنتی بر پایه تحلیل‌های آماری فواصل اندازه‌گیری شده بر روی ساختار زیستی از قبیل طول، عرض، عمق و گاهی اوقات نسبت‌ها و یک‌سری داده‌های شمارشی استوار است. ولی روش ریخت‌سنجی هندسی یک ابزار جدید و تا حدی قدرتمند برای بررسی فرم‌های زیستی و انعطاف‌پذیری ریختی می‌باشد که با ایجاد لندمارک‌ها و سپس تغییرات مختصات فضایی این نقاط به‌عنوان بازتابی از تغییرات شکلی در بین موجودات استفاده می‌شود (Eigdari and Nasri, 2012).

ماهی مخرج لوله‌ای *Rhodeus marus* ماهی کوچک و زیبا با یک نوار آبی- سبز در کنار بدن است که در قسمت‌های پایینی رودخانه‌ها، تالاب‌ها و آبندان‌های با آب شیرین زیست می‌کند. پراکنش این گونه تا حدود زیادی وابسته به حضور نرم‌تن دوکفه‌ایی از خانواده Unionidae می‌باشد (Smith *et al.*, 2000). این گونه در غرب اروپا، شمال پیرنه، حوضه شمالی و جنوبی دریاهای بالتیک و سیاه، غرب و جنوب دریای خزر و دریای مدیترانه یافت می‌شود (Maitland, 1991). در ایران، ماهی مخرج لوله‌ای از جنوب‌شرقی تا جنوب‌غربی دریای خزر، در بسیاری از اکوسیستم‌های آبی این حوضه گزارش شده (Kiabi *et al.*, 1999; Abdoli and Naderi, 2009) و اخیراً در حوضه کرخه در نزدیکی گراوند در قره‌سو استان کرمانشاه نیز گزارش شد (Eigdari and Nasri, 2012). از این‌رو با توجه به اهمیت زیبایی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

شناختی، روش تولیدمثل منحصر به فرد و حفظ تنوع زیستی این گونه، این مطالعه با هدف مقایسه جمعیت رودخانه‌ای (در رودخانه‌های تجن، بابل‌رود، سیاه‌رود) و جمعیت تالابی (تالاب انزلی) ماهی مخرج لوله‌ای *R. amarus* به دو روش ریخت‌سنجی سنتی و هندسی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

با توجه به پراکنش ماهی مخرج لوله‌ای در حوضه جنوبی دریای خزر و وجود این گونه در اکوسیستم‌های متفاوت رودخانه‌ای و تالابی، در این مطالعه تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی از سه رودخانه تجن، بابل‌رود، سیاه‌رود و تالاب انزلی (شکل ۱ و جدول۱) در فصول تابستان و پاییز ۱۳۹۳ توسط دستگاه الکتروشوکر با ولتاژ ۲۰۰-۱۰۰ ولت و شدت جریان ۱/۵ آمپر صید و بعد از تثبیت در الکل اتانول ۹۶٪، ۲۹ فاکتور ریخت‌سنجی با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و ۱۲ ویژگی شمارشی با استفاده از لوپ چشمی شمارش شد.

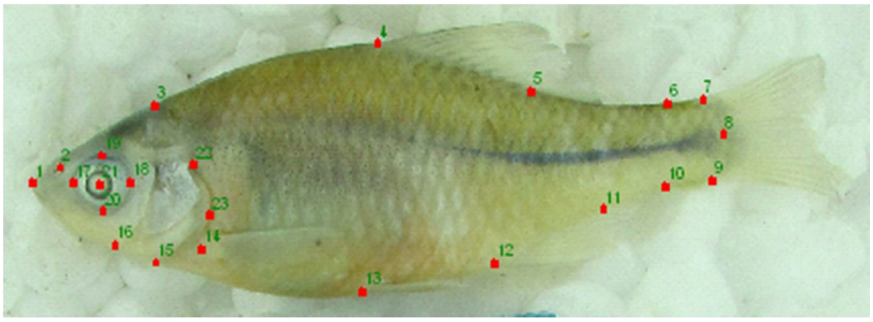


شکل ۱: موقعیت مناطق نمونه‌برداری ماهی مخرج لوله‌ای *R. amarus* در حوضه خزر جنوبی- ایران (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰۰)

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری ماهی مخرج لوله‌ای

منطقه نمونه برداری	رودخانه تجن	رودخانه بابل‌رود	رودخانه سیاه‌رود	تالاب انزلی
شرقی	″۳۶°۴۲´/۲۸	۳۶°۴۰´/۹۶۶	۳۶°۳۰´/۰۸۹	۴۹°۲۲´/۳۳۳
شمالی	″۵۳°۶۰´/۰۱۷	″۵۲°۳۸´/۸۴۶	″۵۲°۵۳´/۳۹۶	″۳۷°۲۷´/۵۰۷

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۲- موقعیت لندمارک‌ها بر دید جانبی ماهی مخرج لوله‌ای *R. amarus*

جهت کاهش رشد آلومتریک داده‌های ریخت‌سنجی با استفاده از نرم‌افزار PAST تبدیل شده و توسط آنالیز چند متغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی PCA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسه صفات قابل اندازه‌گیری بین جمعیت‌های مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن، برای صفات شمارشی از آزمون غیرپارامتری کروسکال- والیس و مقایسه میانگین‌ها از آزمون من- ویتنی در نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد. شاخص تنوع بین نمونه‌ای به‌وسیله معادله ژیووتوفسکی محاسبه گردید که در آن μ شاخص تنوع و p فراوانی هر متغیر از هر صفت و m تعداد متغیرهای هر صفت می باشد.

$$\mu = (\sqrt{p_1} + \sqrt{p_2} + ... + \sqrt{p_m})$$

خطای شاخص تنوع نیز به‌وسیله فرمول زیر محاسبه گردید که در آن S_μ خطای شاخص تنوع و N تعداد نمونه می باشد (Mironovski and Ustrabekov, 1997).

$$S_\mu = \sqrt{\mu(m-\mu)/N}$$

جهت مقایسه خصوصیات ریخت‌سنجی هندسی چهار جمعیت از نمای جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال Sx30 Canon، ۱۲مگاپیکسل عکس‌برداری به‌عمل آمد. به‌منظور استخراج داده‌های شکل بدن، تعداد ۲۳ لندمارک در دید جانبی براساس نقاط یکسان (Homologe) در شکل‌ها و مطالعات گذشته بر روی خانواده کپورماهیان تعریف و توسط نرم‌افزار tpsDig2 بر روی تصاویر دوبعدی رقومی گردید (Zelditch *et al.*, 2004; Razavipour *et al.*, 2015) (شکل ۲). پس از روی‌هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها با استفاده از آنالیز پروکراست (GPA) به‌منظور حفظ تغییرات غیر هم‌شکل (Zelditch *et al.*, 2004) داده‌های حاصل از شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه، با استفاده از آنالیزهای چند متغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی PCA و آزمون آماری چند متغیره CVA، با استفاده از

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

نرم‌افزار PAST مورد تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی تغییرات شکل بدن میانگین جمعیت‌ها از شکل اجماع (Consensus) در نرم‌افزار Morpho J صورت پذیرفت (Klingeberg, 2011).

نتایج

با توجه به تبدیل داده‌های قابل اندازه‌گیری جهت کاهش رشد آلومتریک و مقایسه آن با داده‌های مشاهداتی در هر یک از جمعیت‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$)، لذا کلیه محاسبات بعدی روی داده‌های تبدیل شده انجام گردید. بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی بین جمعیت‌های مختلف نشان داد که در صفات قابل شمارش، به‌جز صفات شعاع منشعب باله‌های پشتی و مخرجی و شعاع‌های غیرمنشعب باله پشتی و فلس‌های بالای خط جانبی، بقیه صفات مورد بررسی بین جمعیت‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p<0/05$) (جدول ۲). بررسی صفات قابل اندازه‌گیری بین جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد که به جز ارتفاع بدن، طول ساقه دمی، طول پیش سر، طول باله مخرجی و طول سر، در بقیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p<0/05$) (جدول ۴).

جدول ۲- فراوانی، میانگین و انحراف‌معیار صفات شمارشی در جمعیت‌های مورد مطالعه ماهی مخرج لوله‌ای *R. amarus*

صفات شمارشی	فراوانی							میانگین	انحراف معیار	مقدار p
شعاع باله سینه‌ای	۹	۱۰	۱۱	۱۲				۱۶/۸	۱/۲۹	
رودخانه تجن	۱	۳۳	۴	۱				۹/۷۵	۱۵/۵۶	
رودخانه سیاه‌رود	۰	۵	۲۰	۶				۷/۷۵	۸/۵۷	۰/۰۰
رودخانه بابل‌رود	۰	۵	۲۸	۰				۸/۲۵	۱۲/۴۴	
تالاب انزلی	۰	۵	۲۴	۲				۷/۷۵	۱۱/۰۲	
شعاع باله شکمی	۶	۷	۸	۹	۱۰			۸/۵	۱/۵۸	
رودخانه تجن	۶	۵	۱۷	۱۲	۰			۸	۶/۵۹	
رودخانه سیاه‌رود	۰	۱	۱۷	۱۲	۱			۶/۲	۷/۷۹	۰/۰۲۵
رودخانه بابل‌رود	۱	۱	۱۳	۱۹	۰			۶/۸	۸/۶۷	
تالاب انزلی	۱	۱۰	۱۴	۷	۰			۶/۴	۵/۹۴	
شعاع باله پشتی	۷	۸	۹	۱۰				۸/۵	۱/۲۹	
رودخانه تجن	۱	۵	۳۲	۲				۱۰	۱۴/۷۶	
رودخانه سیاه‌رود	۰	۰	۳۱	۱				۸	۱۵/۳۴	۰/۱۰۹
رودخانه بابل‌رود	۰	۰	۳۳	۱				۸/۵	۱۶/۳۴	
تالاب انزلی	۰	۰	۲۹	۱				۷/۵	۱۴/۳۴	
شعاع باله مخرجی	۷	۸	۹	۱۰				۸/۵	۱/۲۹	۰/۰۸۱
رودخانه تجن	۲	۶	۳۲	۰				۱۰	۱۴/۸۷	

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

رودخانه سیاه‌رود			۰		۰		۳۲		۰		۸	۱۶	
رودخانه بابل‌رود			۰		۰		۳۳		۱		۸/۵	۱۵/۸۴	
تالاب انزلی			۰		۰		۳۹		۱		۱۰	۱۹/۳۳	
تعداد فلس‌های خط جانبی		۴		۵		۶		۷		۹	۶/۲۵	۱/۹۲	
رودخانه تجن		۴		۳۶		۰		۰		۱	۸/۲	۱۵/۶۲	
رودخانه سیاه‌رود		۱۵		۱۵		۲		۰		۰	۶/۴	۷/۸۹	۰/۰۰
رودخانه بابل‌رود		۱۷		۱۳		۱		۱		۰	۶/۴	۷/۹۸	
تالاب انزلی		۲۳		۷		۰		۰		۰	۶	۹/۹۷	
فلس‌های بالای خط جانبی			۵		۶		۷		۸		۶/۵	۱/۲۹	
رودخانه تجن			۰		۳۲		۸		۰		۱۰	۱۵/۱۴	
رودخانه سیاه‌رود			۰		۳۰		۱		۰		۷/۷۵	۱۴/۸۴	۰/۱۸۶
رودخانه بابل‌رود			۱		۲۴		۶		۱		۸	۱۰/۹۲	
تالاب انزلی			۲		۲۰		۹		۰		۷/۷۵	۹/۰۳	
فلس‌های پایین خط جانبی	۵		۶		۷		۸		۹	۱۰	۸	۱/۵۸	
رودخانه تجن	۱		۱		۸		۲۶		۴	۰	۶/۶۶	۳/۲۷	
رودخانه سیاه‌رود	۰		۰		۰		۱۸		۱۰	۳	۵/۱۶	۷/۳۸	۰/۰۰
رودخانه بابل‌رود	۰		۰		۱		۱۷		۱۴	۱	۵/۵	۷/۸۱	
تالاب انزلی	۰		۰		۰		۱۷		۱۳	۱	۵/۱۶	۷/۷۳	
تعداد فلس‌های طول ساقه‌دمی	۸		۹		۱۰		۱۱		۱۲		۱۰	۱/۵۸	
رودخانه تجن	۰		۸		۲۲		۳		۶		۷/۸	۸/۴۹	
رودخانه سیاه‌رود	۰		۲		۲۰		۹		۰		۶/۲	۸/۵۵	۰/۰۰۱
رودخانه بابل‌رود	۱		۵		۱۵		۱۲		۰		۶/۶	۶/۶۵	
تالاب انزلی	۲		۱۳		۵		۷		۰		۵/۴	۵/۰۲	
تعدا فلس‌های دور ساقه‌دمی	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷		۱۸		۱۹		۲۰	۱۷	۲/۱۶	
رودخانه تجن	۲	۵	۸	۱۱		۲		۷		۲	۵/۲۸	۳/۵۴	
رودخانه سیاه‌رود	۲	۲	۹	۱۱		۴		۲		۰	۴ ۲۸	/۱۱ ۴	۰/۰۳۲
رودخانه بابل‌رود	۰	۲	۴	۱۴		۵		۶		۰	۵/۸۳	۴/۸۲	
تالاب انزلی	۰	۵	۱۶	۰		۶		۴		۰	۵/۱۶	۵/۷۱	
شعاع های غیر منشعب باله پشتی				۲		۳					۲/۵	۰/۷۰	
رودخانه تجن				۳۷		۳					۲۰	۲۴/۰۴	
رودخانه سیاه‌رود				۳۱		۰					۱۷	۱۹/۷۹	۰/۰۶۱
رودخانه بابل‌رود				۳۳		۰					۱۵/۵	۲۱/۹۲	
تالاب انزلی				۳۲		۰					۱۶/۵	۲۳/۳۳	
شعاع های غیر منشعب باله مخرجی				۲		۳					۲/۵	۰/۷۰	
رودخانه تجن				۳۶		۴					۲۰	۲۲/۶۲	
رودخانه سیاه‌رود				۳۱		۰					۱۷	۱۹/۷۹	۰/۰۱۹
رودخانه بابل‌رود				۳۳		۰					۱۵/۵	۲۱/۹۲	
تالاب انزلی				۳۲		۰					۱۶/۵	۲۳/۳۳	

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

بررسی شاخص تنوع صفات شمارشی براساس معادله ژیووتوفسکی نشان داد که صفت شعاع باله سینه‌ای در رودخانه سیاه‌رود نسبت به بقیه جمعیت‌ها بیشتر بوده است. صفات شعاع باله پشتی، شعاع باله شکمی، تعداد فلس‌های پایین خط جانبی، تعداد فلس‌های دور ساقه دمی در جمعیت تجن بیشتر از سایر جمعیت‌ها بوده است. صفات شعاع باله مخرجی، تعداد فلس‌های خط جانبی، تعداد فلس‌های بالای خط جانبی بیشترین تنوع را در جمعیت بابل‌رود داشته و تعداد فلس‌های طول ساقه دمی نیز در جمعیت تالاب انزلی داشته است. بررسی این شاخص نشان داده که بیشترین تنوع صفات شمارشی در جمعیت رودخانه تجن بوده است (جدول ۳).

نتایج حاصل از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات قابل شمارش و قابل اندازه‌گیری به‌ترتیب با ۴ و ۷ فاکتور با مقدار ویژه بزرگتر از یک انتخاب شدند که حدود ۸۱ و ۶۵ درصد تنوع صفات را شامل شده و پراکنش نقاط جمعیت‌های مختلف در هر دو گروه از صفات هم‌پوشانی نسبتاً بالایی را نشان داد (شکل‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- شاخص تنوع و خطای آن برای صفات شمارشی در جمعیت‌های مختلف ماهی مخرج لوله‌ای *R. amarus*

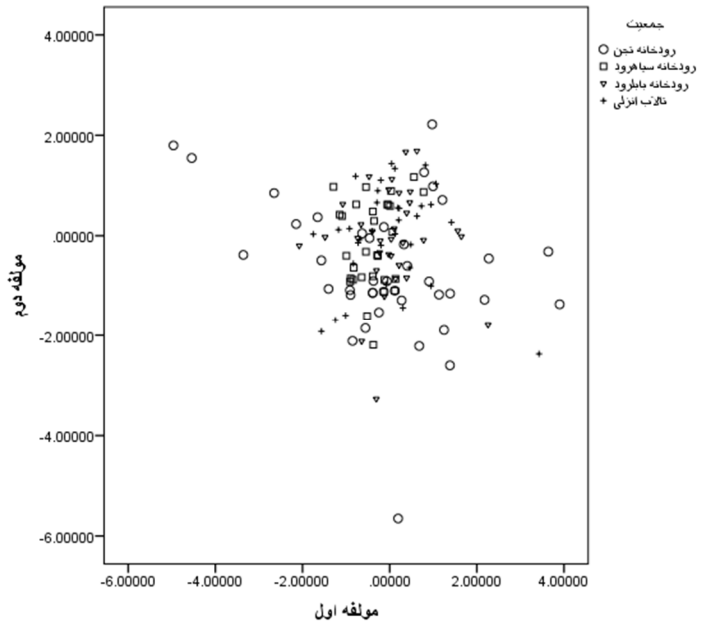
صفت شمارشی	رودخانه تجن	رودخانه سیاه‌رود	رودخانه بابل‌رود	تالاب انزلی
شعاع باله سینه‌ای	۱/۵۶±۰/۳۱	۱/۶۴±۰/۲۷	۱/۳۱±۰/۱۶	۱/۵۳±۰/۲۷
شعاع باله پشتی	۱/۶۳±۰/۳۱	۱/۱۶±۰/۱۷	۱/۱۶±۰/۱۷	۱/۱۶±۰/۱۸
شعاع باله شکمی	۱/۹۴±۰/۳۲	۱/۷۲±۰/۳۵	۱/۷۱±۰/۳۴	۱/۸۶±۰/۳۵
شعاع باله مخرجی	۱/۰۵/۲۴	۱	۱/۱۶±۰/۱۷	۱/۱۴±۰/۱۶
تعداد فلس‌های خط جانبی	۱/۲۶±۰/۱۵	۱/۶۲±۰/۲۶	۱/۷۲±۰/۳۵	۱/۳۶±۰/۱۷
تعداد فلس‌های بالای خط جانبی	۱/۳۴±۰/۱۵	۱/۱۶±۰/۱۸	۱/۶۵±۰/۳۵	۱/۶±۰/۲۷
تعداد فلس‌های پایین خط جانبی	۱/۸۸±۰/۳۸	۱/۶۴±۰/۲۷	۱/۷۲±۰/۳۴	۱/۵۷±۰/۲۷
تعداد فلس‌های طول ساقه دمی	۱/۸۷±۰/۳۲	۱/۶±۰/۲۷	۱/۸۴±۰/۳۵	۱/۹±۰/۳۸
تعداد فلس‌های دور ساقه دمی	۲/۵۱±۰/۵۵	۲/۲۹±۰/۵۳	۲/۱۳±۰/۴۴	۱/۹۲±۰/۳۶
شعاع‌های غیر منشعب باله پشتی	۰/۹۶±۱/۲۷	۱	۱	۱
شعاع‌های غیر منشعب باله مخرجی	۰/۹۵±۰/۳۲	۱	۱	۱

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

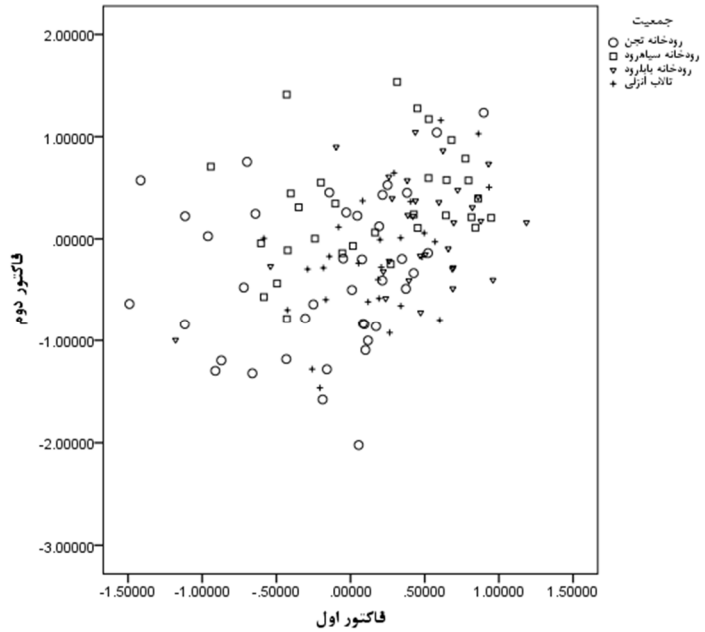
جدول ۴- میانگین و انحراف معیار خصوصیات قابل اندازه‌گیری در جمعیت‌های مورد مطالعه ماهی مخرج لوله‌ای *R. amarus*

صفات / جمعیت	رودخانه تجن	رودخانه سیاه‌رود	رودخانه بابل‌رود	تالاب انزلی	مقدار p
طول استاندارد	۹/۲۷±۴۳/۶۸	۴/۶۳±۴۰/۶	۴/۶۲±۴۴/۶۲	۴/۲۳±۴۷/۶۹	۰/۰۰۱
طول کل	۹±۴۹/۵۷^{a}	۵/۱۴±۴۹/۴۳^{b}	۸/۰۴±۵۳/۸۱^{b}	۴/۹۸±۵۷/۲^{b}	۰/۰۰
طول چنگالی	۸/۹۶±۴۴/۹۶^{a}	۴/۹۸±۴۵/۲۴^{b}	۷/۲۱±۴۹/۰۲^{b}	۴/۶۱±۵۲/۴۸^{b}	۰/۰۱
ارتفاع بدن	۳/۵۲±۱۵/۶۶	۱/۸±۱۴/۵۷	۲/۰۶±۱۵/۸۹	۲/۳۱±۱۷/۳۵	۰/۶۵۳
ارتفاع ساقه دمی	۱/۳۳±۵/۲۶^{ab}	۰/۶۹±۴/۷^{a}	۰/۷۸±۵/۰۸^{a}	۰/۶۵±۵/۸۳^{b}	۰/۰۳۶
طول ساقه دمی	۴/۱۷±۱۰/۶۳	۱/۹±۹/۷۵/۱۶	۲/۵۷±۱۰/۷۴	۳/۰۹±۱۲/۲۸	۰/۴۲۴
طول پیش پشتی	۴/۲۷±۲۲/۳	۲/۵۴±۲۱/۵۴	۲/۷۷±۲۳/۴۳	۲/۴±۲۴/۸	۰/۲۲۴
طول پس پشتی	۴/۰۳±۱۹/۲۶^{a}	۲/۲۷±۲۰/۵۲^{bc}	۲/۱۵±۲۳/۰۴^{c}	۲/۴۲±۲۳/۲۹^{b}	۰/۰۰
طول پیش مخرجی	۴/۷۱±۲۵/۵^{a}	۲/۹۲±۲۵/۴^{ab}	۵/۴۴±۲۸/۸۳^{b}	۳/۴۴±۲۹/۰۴^{ab}	۰/۰۰۳
طول پس مخرجی	۳/۵۴±۱۶/۱۶^{a}	۲/۱۴±۱۸/۱۴^{bc}	۲/۸±۱۹/۸۷^{c}	۲/۷۵±۱۹/۶۷^{b}	۰/۰۰
طول باله پشتی	۲/۲۷±۸/۸۷^{b}	۱/۴۵±۷/۴۹^{a}	۱/۳۴±۸/۵۴^{ab}	۱/۶۲±۱۰/۷۳^{c}	۰/۰۰
طول باله مخرجی	۱/۸۴±۷/۳۹	۰/۹۹±۶/۸	۱/۱۳±۷/۳۲	۲/۰۸±۸/۲۱	۰/۵۰۹
طول باله سینه‌ای	۰/۴±۱/۷۵^{c}	۰/۲۲±۱/۳۴^{b}	۰/۲۹±۱/۱۹^{a}	۰/۳۷±/۸۸^{c}۱	۰/۰۰
طول باله شکمی	۰/۳۹±۱/۴۵^{bc}	۰/۲۹±۱/۰۵^{ab}	۰/۲۹±۱/۰۹^{a}	۱/۶۵±۱/۹۲^{c}	۰/۰۰۱
ارتفاع باله مخرجی	۱/۸۸±۶/۶۷^{a}	۱/۱۳±۷/۳۹^{c}	۰/۹۷±۸/۱۷^{c}	۱/۳۲±۷/۹۷^{b}	۰/۰۰
ارتفاع باله پشتی	۲/۱۲±۸/۰۶^{a}	۰/۹۸±۹/۱۲^{c}	۱/۱۵±۱۰/۲۲^{c}	۱/۵۶±۹/۴۲^{b}	۰/۰۰
طول سر	۱/۵۹±۱۰/۵۵	۱/۰۱±۹/۹	۱/۱۵±۱۰/۷۷	۱/۴۸±۱۱/۳۷	۰/۷۵
عرض سر	۱/۱۸±۵/۶۱^{a}	۱/۵۳±۵/۷۵^{ab}	۰/۸±۵/۹۵^{b}	۰/۹۳±۶/۶۲^{b}	۰/۰۲۴
ارتفاع سر	۱/۷۶±۸/۷۸^{a}	۱/۶۸±۷/۷۸^{a}	۱/۰۴±۱۰/۲۳^{b}	۱/۷۲±۹/۷۳^{a}	۰/۰۰
طول پوزه	۰/۶۵±۳/۱^{b}	۰/۵±۲/۶۲^{a}	۰/۵۲±۳/۲^{b}	۰/۴۹±۳/۵^{b}	۰/۰۰۲
طول پس چشمی	۰/۸۷±۴/۸۵^{c}	۰/۴۸±۴/۳۵^{ab}	۰/۶±۴/۵۵^{a}	۰/۸۲±۵/۱۲^{bc}	۰/۰۰۱
قطر چشم	۰/۵±۳/۳۷^{b}	۰/۳۵±۳/۱^{a}	۰/۲۸±۳/۲۵^{a}	۰/۵±۳/۲۹^{a}	۰/۰۰۳
فاصله بین دو حدقه چشم	۱/۰۵±۴/۰۵^{ab}	۰/۷۲±۴/۰۰^{bc}	۰/۶۲±۴/۵۴^{c}	۰/۵۸±۴/۳۲^{a}	۰/۰۰۳
طول فک بالایی	۰/۵۱±۲/۶۷^{c}	۰/۳۱±۲/۳۴^{a}	۰/۴۱±۲/۶۹^{bc}	۰/۳۴±۲/۶۶^{ab}	۰/۰۱۷
طول پیش فک	۰/۳۸±۲/۰۲^{bc}	۰/۲۱±۱/۹۱^{ab}	۰/۲۶±۲/۱۷^{c}	۰/۳۷±۱/۹۶^{a}	۰/۰۰۱
طول فک پایینی	۰/۳۸±۱/۹۹^{a}	۰/۲۵±۲/۱۷^{b}	۰/۳±۲/۴۲^{c}	۰/۳۱±۲/۰۳^{a}	۰/۰۰
فاصله بین باله شکمی و سینه‌ایی	۲/۰۸±۸/۵۷^{a}	۱/۴±۹/۲۷^{bc}	۱/۲۳±۱۰/۲۹^{c}	۱/۳±۱۰/۳۴^{b}	۰/۰۰

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۳- پراکنش نقاط افراد جمعیت‌های مختلف گونه مخرج لوله‌ای *R. amarus* براساس صفات قابل شمارش



شکل۴- پراکنش نقاط افراد جمعیت‌های مختلف گونه مخرج لوله‌ای *R. amarus* براساس صفات قابل اندازه‌گیری

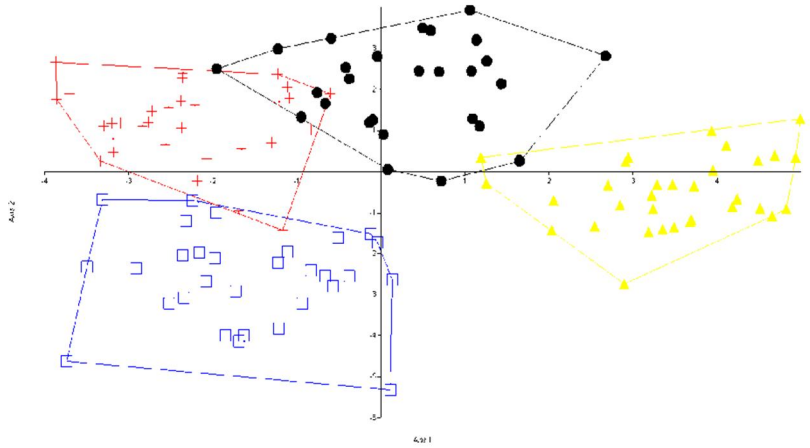
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

بررسی جدول ماتریس بین مؤلفه‌های اصلی اول و دوم و صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که فقط صفات فاصله پیش مخرجی، طول سر و ارتفاع سر در مؤلفه اول در مورد صفات قابل اندازه‌گیری دارای ضریب عاملی بزرگتر از ۰/۸ بوده که می‌توانند از صفاتی باشند که در تشخیص احتمالی این جمعیت‌ها نقش بیش‌تری داشته و بقیه صفات مورد بررسی در مؤلفه‌های دیگر در مورد صفات قابل اندازه‌گیری و شمارشی دارای ضریب عاملی بزرگتر از ۰/۸ نمی‌باشند.

نتایج حاصل از مطالعات ریخت‌سنجی هندسی و تست CVA نشان داد که ۴ جمعیت مورد مطالعه خصوصاً جمعیت‌های سیاه‌رود و بابل‌رود تا حدود بیشتری از یکدیگر تفکیک شده است (شکل ۵ و جدول۴). همچنین براساس آزمون MANOVA تفاوت معنی‌داری بین الگوهای تغییر شکل جمعیت‌ها دیده شد (Wilk's lambda =۰/۰۱۰۷ ؛ p<۰/۰۰۱).

جدول ۴- مقادیر ضریب ویژه و درصد تجمعی فاکتورهای استخراجی براساس آزمون CVA در جمعیت‌های مختلف گونه مخرج لوله‌ای *R. amarus*

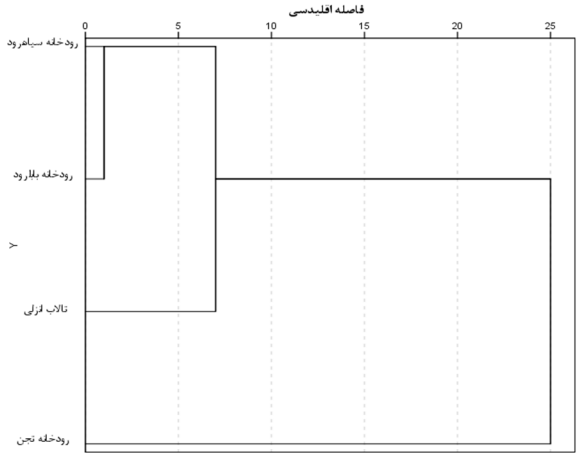
فاکتور	مقدار ضریب ویژه	درصد ضریب ویژه	درصد تجمعی ضریب ویژه
۱	۵/۹۴	۵۲/۲۸	۵۲/۲۸
۲	۳/۲۴	۲۸/۳۸	۸۰/۵۶



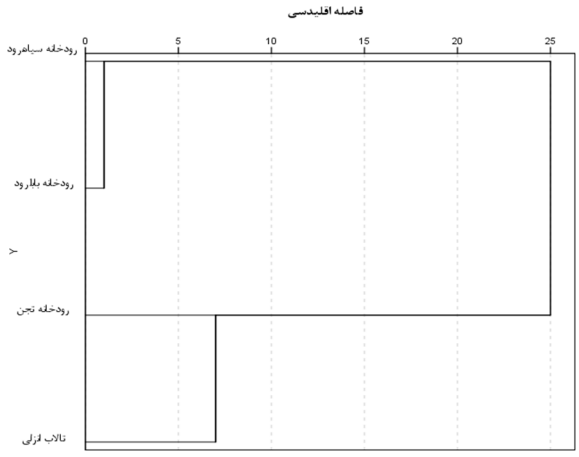
شکل ۵- پراکنش نقاط داده‌های ریخت‌سنجی هندسی به روش CVA در گونه مخرج لوله‌ای *R. amarus*
(مربع : تجن؛ + : بابل‌رود؛ دایره: سیاه‌رود و مثلث: انزلی)

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

دندروگرام خوشه‌ایی بین جمعیت‌ها براساس روش Ward و فاصله مربعات اقلیدسی برای داده‌های قابل شمارش نشان داد که جمعیت رودخانه تجن به‌طور کامل از سایر جمعیت‌ها جدا شده و جمعیت تالاب انزلی نیز قرابت بیشتری به جمعیت رودخانه تجن داشته و جمعیت‌های بابل‌رود و سیاه‌رود در یک دسته مشخص قرار گرفتند (شکل ۶). دندروگرام خوشه‌ایی بین جمعیت‌ها براساس روش فوق برای داده‌های قابل اندازه‌گیری نیز نشان داد که جمعیت‌های تجن و انزلی به‌طور کامل از جمعیت‌های سیاه‌رود و بابل‌رود جدا شده و در یک دسته قرار گرفتند (شکل ۷).



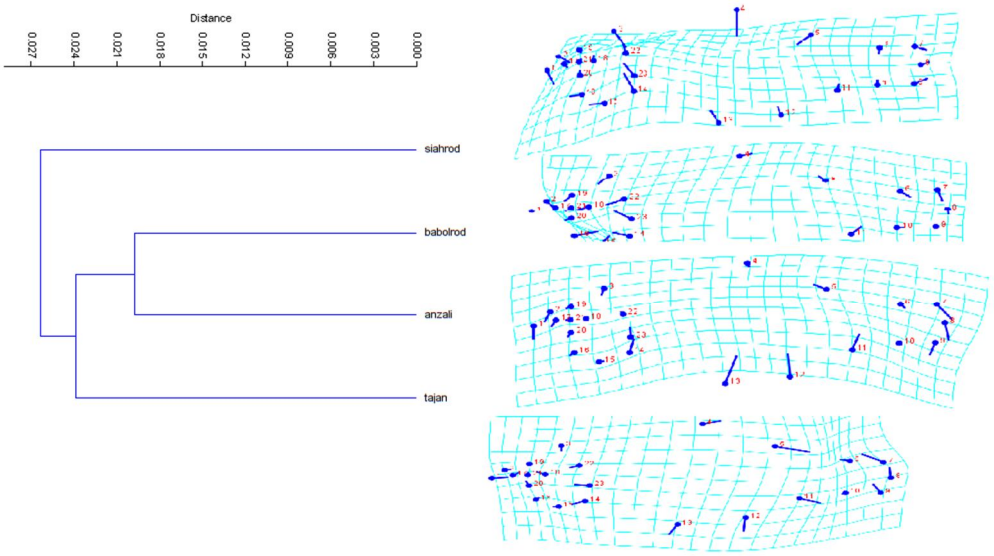
شکل ۶- دندروگرام خوشه‌ای برای داده‌های قابل شمارش جمعیت‌های مورد مطالعه گونه مخرج لوله‌ای *R. amarus*



شکل ۷- دندروگرام خوشه‌ای برای داده‌های قابل اندازه‌گیری جمعیت‌های مورد مطالعه گونه مخرج لوله‌ای *R. amarus*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

دندروگرام خوشه‌ای بین جمعیت‌ها براساس داده‌های ریخت‌سنجی هندسی، اختلاف ریختی نسبتاً مشخصی را بین جمعیت‌های تجن، تالاب انزلی و بابل‌رود با جمعیت سیاه‌رود نشان داده که این تفاوت‌ها براساس میانگین ریختی جمعیت‌ها می‌باشد (شکل ۸).



شکل ۸- دندوگرام خوشه‌ای و تغییر فرم جمعیت‌ها براساس داده‌های ریخت‌سنجی هندسی گونه مخرج لوله‌ای *R. amarus*
از بالا به پایین: تجن، بابل‌رود، سیاه‌رود و تالاب انزلی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از صفات ریخت‌سنجی هندسی و سنتی در این تحقیق تفاوت‌هایی با یکدیگر داشته‌اند. در صفات ریخت‌سنجی سنتی تفاوت‌های بین جمعیت‌ها کمتر مشخص بوده ولی در ریخت‌سنجی هندسی تفاوت‌ها بارزتر بوده است. توضیح علل به‌وجود آمدن تفاوت‌های ریختی میان جمعیت‌ها بسیار دشوار است، ولی اساساً بسیاری از گونه‌های ماهیان در زیستگاه‌های مختلف می‌توانند تفاوت‌های ریختی نشان دهند (Holtmeier, 2001; Langerhans *et al.*, 2003). به‌طورکلی ویژگی‌های ریختی، تحت کنترل و درهم‌کنش دو عامل شرایط محیطی و ژنتیک می‌باشد (Swain and Foote, 1999). با توجه به اینکه صفات ریخت‌سنجی بیشتر تحت تأثیر شرایط بوم‌شناختی بوده و به‌صورت بارزتری

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

تفاوت‌های زیستگاهی و اختلاف فنوتیپی در سطح جمعیت را نشان می‌دهد (Jerry and Cairens, 1998).

بررسی صفات ریختی بین جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد که فاصله پیش مخرجی و ارتفاع سر در بین جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری داشته و در روش PCA نیز از صفاتی بوده که در جدایی جمعیت‌ها نقش اساسی داشته است. با مقایسه این صفات در روش ریخت‌سنجی هندسی و براساس نرم‌افزار Morpho J در جمعیت‌های انزلی و تجن تغییرات قابل توجهی در موقعیت لندمارک باله مخرجی مشاهده شده که می‌تواند بر فاصله پیش‌مخرجی نیز تأثیرگذار باشد. تغییرات ارتفاع سر براساس نتایج حاصل از نرم‌افزار Morpho J در جمعیت‌های مورد مطالعه به خصوص جمعیت‌های سیاه‌رود و بابل‌رود نشان داده که تغییرات موقعیت لندمارک در ناحیه سر بسیار محسوس بوده که باعث ایجاد تنوع در ارتفاع سر گردید، این تفاوت‌ها نیز در نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک‌طرفه مشاهده شده و آزمون PCA نیز صفات ارتفاع سر را به‌عنوان یکی از صفات جدایی جمعیت‌ها معرفی نمود. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها هم نشان داد که ارتفاع سر و طول پیش مخرجی در جمعیت سیاه‌رود کوچک‌تر از سایر جمعیت‌ها بوده که با کاهش مقاومت هیدرودینامیکی، می‌تواند به‌عنوان یک مزیت برای آنها مطرح باشد، زیرا تفاوت شرایط زیستگاه در مناطق مورد مطالعه در سه رودخانه تجن، سیاه‌رود و بابل‌رود و تالاب انزلی تا حدود زیادی محسوس می‌باشد، به‌طوری که رودخانه سیاه‌رود با توجه به طول کم و نوسانات شدید آب در طی سال که در مناطقی از رودخانه کامل خشک شده است، می‌تواند بر جانداران رودخانه از جمله ماهی مخرج لوله‌ای فشارهای محیطی وارد نماید (Langerhans and Dewitt, 2004). در این رودخانه که تحت تأثیر نوسانات شدید آب و حتی خشکسالی در دوره‌هایی از سال می‌باشد، جمعیتی پایدار ایجاد شده که توانسته این شرایط محیطی را تحمل نماید (Nikolski, 2000) و در ۱۸ صفت ریخت‌شناسی با سایر جمعیت‌ها تفاوت داشته باشد (جدول ۲) (شکل ۶). این شرایط تا حدودی در محل نمونه‌برداری جمعیت رودخانه تجن نیز وجود داشته، زیرا این ایستگاه که در کانال‌های منتهی به کانال اصلی رودخانه بوده، تغییرات شدید آب در طی سال وجود داشته که خصوصاً در فصول گرم سال به دلیل تبخیر آب و مصرف آب برای کشاورزی، عملاً این قسمت از رودخانه به مردابی تبدیل شده که از نی پوشیده شده است.

فاکتورهای محیطی به واسطه انتخاب طبیعی سبب افزایش کارایی یک‌ریخت در بین افراد یک زیستگاه و در نتیجه جداسازی جمعیت‌های آن در زیستگاه‌های مختلف می‌شود، که نشان‌دهنده سیر تکاملی جمعیت‌هاست (Smith and Skulason, 1996). بنابراین تفاوت‌های شکل بدن بین جمعیت‌های مورد بررسی علاوه بر انعطاف‌پذیری‌ریختی، تحت تأثیر فاکتورهای محیطی (Guill *et al*., 2003) می‌باشد که بیانگر تعلق احتمالی آنها به آرایه متفاوت باشد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

تأثیر تفاوت‌های زیستگاهی نظیر حجم رواناب، جنس بستر و پوشش گیاهی به‌عنوان عوامل اصلی و فاصله جغرافیایی به‌عنوان عامل تأثیرگذار ثانویه تغییرات درون‌گونه‌ای می‌باشد. به‌طوری‌که در زیر حوضه‌های مورد مطالعه حوضه رودخانه بابل‌رود بیشترین میزان بارندگی در سال آبی ۹۴-۹۳ را داشته و متوسط دبی و حداکثر دبی سالانه در ایستگاه نمونه‌برداری در رودخانه سیاه‌رود به‌ترتیب ۲/۵۴ و ۲۰۶/۶ مترمکعب بر ثانیه، در ایستگاه مورد مطالعه در رودخانه بابل‌رود به‌ترتیب ۲۳/۶ و ۵۰۶/۵ مترمکعب بر ثانیه و در محدوده ایستگاه نمونه‌برداری در رودخانه تجن به‌ترتیب ۲۵ و ۶۰۸ مترمکعب بر ثانیه بوده است.

اگرچه نتایج به‌دست آمده در این تحقیق تفاوت‌هایی را در روش‌های ریخت‌شناسی سنتی و هندسی نشان داد ولی به راحتی نمی‌تواند نشان‌دهنده برتری یا ضعف این روش‌ها نسبت به یکدیگر باشد، زیرا هر یک از این روش‌ها براساس معیارهایی پایه‌گذاری شده که در روش سنتی تفاوت‌های احتمالی را کمتر از روش هندسی نشان می‌دهد. در هر دو روش جمع‌آوری اطلاعات، چه از طریق اندازه‌گیری و شمارش صفات و چه از طریق عکس‌برداری و لندمارک‌گذاری مطمئناً همراه با خطا می‌باشد که می‌تواند بر نتایج به‌دست آمده تأثیر مستقیمی داشته باشد. به همین دلیل است که پراکنش افراد در روش سنتی، در جمعیت‌های مختلف براساس صفات شمارشی و قابل اندازه‌گیری همپوشانی زیادی دارد ولی در روش ریخت‌سنجی هندسی، تا حد قابل توجه‌ای جمعیت‌های رودخانه‌ای و تالابی از یکدیگر جدا شده‌اند.

منابع

Abdoli A., Naderi M. 2009. Biodiversity of Fishes of the Southern Basin of the Caspian Sea. Abzian Scientific, 244 p. (In Persian).

Eigdari S., Nasri M. 2012. A First record of the Bittrling *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) (Cypriniformes, Cyprinidae) in the Iranian part of Tigris-Euphrates basin. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(3): 639-641.

Guill M.J., Hood C.S., Heins D.C. 2003. Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). Ecology of Freshwater Fish, 12(2): 134-140.

Holtmeier C.L. 2001. Heterochrony, maternal effects, and phenotypic variation among sympatric pupfishes. Evolution, 55: 330-338.

Jerry D.R., Cairens S.C. 1998. Morphological variation in the catadromous Australian Bass from seven geographically distinct reveriane drainage. Journal of Fish Biology, 52: 825-843.

Kiabi B.H., Abdoli A., Naderi M. 1999. Status of the fish fauna in the south Caspian basin of Iran. Journal of Zoology in the Middle East, 18: 57-65.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

Klingeberg C.P. 2011. Morpho J: an integrated software package for geometric morphometric. Molecular Ecology Resources, 11: 353-357.

Kuliev Z.M. 1988. Morphometric and ecological characteristics of Caspian Vimba, *Vimba vimba persa*. Journal of Ichthyology, 28: 29-37.

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 Linnaean Society, 80: 689-698.

Langerhans R.B., Dewitt T.J. 2004. Shared and unique features of evolutionary diversification. American Naturalist, 164(3): 335-349.

Maitland P.S. 1991. Conservation of threatened freshwater fish in Europe. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Nature and Environment Series, Council of Europe Press, Strasbourg, 46:1-76.

Mironovski A.N., Ustrabekov K. 1997. Age dynamics of variation in some morphological characters of *Blica bjoerkna* in the lower reaches of the Terek: an example of rigid selection. Journal of Ichthyology, 37(3): 239-245.

Nicieza A.G. 1995. Morphological variation between geographically disjunction populations of Atlantic salmon: The effects of ontogeny and habitat shift. Functional Ecology, 9: 448-456.

Nikolski G.V. 2000. The Ecology of Fishes. Agrobius, 352 p.

Razavipour, P., Eigdari, S., Pourbagher, H., Javanshir, A., Keyvani, Y. 2015. Comparison of morphological characteristics of *Capoeta damascina* in inland waters of Iran using geometric morphometric method. Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Recourses). 68(1):79-90. (In Persian).

Smith T.B., Skulason S. 1996. Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, Amphibians and Birds. Annual Review of Ecology and Systematics, 27: 111-133.

Smith C., Reynolds J.D., Sutherland W.J., Jurajda P. 2000. Adaptive host choice and avoidance of super parasitism in the spawning decisions of bitterling (*Rhodeus sericeus*). Behavioral Ecology and Sociobiology, 48: 29-35.

Swain D.P., Foote C.J. 1999. Stocks and chameleon: The use of phenotypic variation in stock identification. Fisheries Research, 43: 113-128.

Wooton R.J. 1991. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall Ltd., London, 404 p.

Zelditch M.l., Swiderski D.L., Sheets H.D., Fink W.L. 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: a Primer. Elsevier Academic Press, New York and London, 437 p.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]