دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی"
دوره دوم، شماره دوم، تابستان ۹۳
http://jair.gonbad.ac.ir

بررسی تنوع ریختی درون‌گونه‌ای ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni* Day, 1872) در حوضه‌های آبریز جنوب و جنوب شرق ایران بر اساس ریخت‌سنجی هندسی

منوچهر نصری*[۱]، سهیل ایگدری[۲]، حمید فرحمند[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
[۲]استادیار گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
[۳]دانشیار گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ ارسال: ۹۳/۱/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۷

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تنوع ریختی درون گونه‌ای ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni*) بر اساس روش ریخت‌سنجی هندسی در جنوب و جنوب شرق ایران به‌منظور درک برخی قابلیت‌های سازش‌پذیری ریختی این ماهی نسبت به عوامل محیطی انجام شد. طی عملیات نمونه‌برداری در تابستان ۱۳۹۱، تعداد ۹ جمعیت شامل ۲۷۰ قطعه ماهی سبزوگ از چهار حوضه آبریز جنوب و جنوب شرق ایران توسط الکتروشوکر صید و بلافاصله پس از بیهوشی در عصاره پودر گل میخک یک گرم در لیتر، در فرمالین ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. از نیم‌رخ چپ تمامی نمونه‌ها تصاویر دیجیتال تهیه شد. تعداد ۱۵ لندمارک هم‌ساخت بر روی تصاویر تعریف و با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 رقومی‌سازی شدند. داده‌های شکل بدن با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تغییرات شکلی متعارف (CVA) و تحلیل خوشه‌ای (Cluster Analysis) مورد بررسی قرار گرفتند. تفاوت‌های شکل بدن بین ماهی‌های تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). براساس نتایج جمعیت ماهیان، رود بستک از نظر شکل بدن از سایر جمعیت‌ها متمایز بودند. نمونه‌های قنات سرزه، ایلود، جگین و سرباز دارای ارتفاع بدن بیشتری بودند، جمعیت‌های رودخانه‌های ایلود، کش، ماشکیل، هلیل‌رود و جگین نسبت به سایر جمعیت‌ها دارای طول سر بیشتری بوده و نمونه‌های رودخانه‌های ایلود، هلیل‌رود و جگین نسبت به بقیه ارتفاع سر بیشتری داشتند. اما صفاتی که جمعیت رودخانه بستک را از سایرین متمایز کرد، داشتن کمترین ارتفاع بدن، طول سر بیشتر، موقعیت دهان بالاتر و ساقه دمی کوتاه‌تر بود. نتایج این مطالعه

*نویسنده مسئول: man_nasri@ut.ac.ir

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

جنبه‌هایی از پاسخ‌های ریختی ماهی سبزوگ به فشارهای گزینش‌گر محیطی را آشکار ساخت که می‌تواند در مطالعات تبارشناسی و سیستماتیک این جنس بسیار مفید باشد.

***واژگان کلیدی*: انعطاف‌پذیری ریختی، تنوع شکلی، کپورماهیان، کپورماهی‌شکلان، ریخت‌سنجی هندسی**

مقدمه

واژه ریخت‌شناسی به عنوان مطالعه تغییرات شکل و همبستگی آن با سایر تغییرات تعریف شده است (Dryden and Mardia, 1998; Bookstein, 1991). ریخت یا شکل بدن از جمله ویژگی‌های مهم زیست‌شناسی ماهیان محسوب می‌شود، چرا که می‌تواند مستقیماً بر کارایی تغذیه، تولید مثل و بقاء آنها در بوم‌سازگان‌های آبی اثر بگذارد (Guill *et al.*, 2003).

روش‌های ریخت‌سنجی هندسی، مبتنی بر موقعیت و شکل هندسی اجزاء بدن بوده و بر اساس ابزار و روش‌های مورد استفاده در این تکنیک، امکان اندازه‌گیری انواع خطاها از قبیل انسانی، ابزاری و محاسباتی در این روش وجود دارد. از این طریق می‌توان دریافت که نتایج حاصله از مقایسه‌ها تا چه اندازه قابل اطمینان هستند. با پیشرفت علوم، روش‌های جدیدی برای مقایسه و مطالعه ریخت‌شناسی ماهیان ابداع شده که ضمن حفظ توانایی‌های روش‌های سنتی و امکان تجزیه و تحلیل‌های آماری پیشرفته، قابلیت حفظ ماهیت زیستی اندازه‌گیری‌ها را داشته و می‌تواند شکل هندسی سازوارگان را مقایسه کند (Eagderi *et al.*, 2013). در تکنیک ریخت‌سنجی هندسی، الگوهای شکل نمونه‌ها بر اساس جابجایی مختصات فضایی نقاط (لندمارک‌ها) به عنوان بازتابی از تغییرات شکل در بین ساختارهای زیستی بررسی و مقایسه می‌گردد (Ghanbari *et al*., 2013; Tabatabaii *et al*., 2013; Adams *et al*., 2004).

جنس *Cyprinion* متعلق به خانواده کپورماهیان بوده و دارای ۹ گونه معتبر در ایران و جهان است. دامنه پراکنش آن رودخانه‌های حوضه سند، رودخانه‌های شمالی و جنوبی منتهی به خلیج فارس و دریای عمان و حوضه دجله می‌باشد (Coad, 1995; Coad, 1996; Eschmeyer, 1998; Abdoli, 2000; Coad, 2014; Froese and Pauly, 2014). اعضای این جنس دارای توانایی بالایی در تحمل شوری و دما هستند و با توجه به دامنه پراکنش بالای آنها، مطالعه تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌ها و گونه‌های مختلف آن‌ها می‌تواند حائز اهمیت باشد (Daştan *et al.*, 2012). چرا که جمعیت‌های ایزوله شده ماهیان ممکن است از نظر ریختی تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای را نشان دهند. حتی در بسیاری از موارد این تفاوت‌های ظاهری موجب ظهور اسامی مترادفی نیز برای جمعیت‌های مختلف یک گونه شده است (Coad, 2006; Coad, 2014). غیر از کارهای اخیر در ایران و محققین غیر ایرانی (Durand *et al*., 2002; Gaffaroğlu and Yüksel, 2004; Esmaeili and Piravar, 2006; Nasri, 2008; Nasri *et al.*, 2010; Nasri *et al*., 2013)،

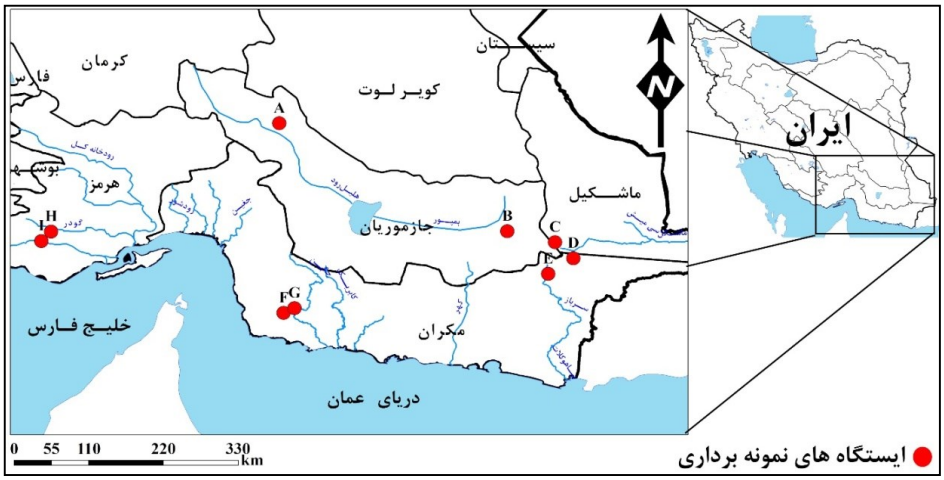
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

عملاً بررسی جامعی در مورد ریخت‌شناسی اعضای این جنس صورت نگرفته است. بنابراین با توجه به پراکنش و تنوع ریختی نسبتاً بالا در بین گونه‌های مختلف جنس *Cyprinion* در منطقه جغرافیای زیستی ایران (Kafuku, 1969; Nasri, 2008; Nasri *et al*., 2013)، این مطالعه به منظور بررسی الگوهای تنوع ریختی ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni*) با استفاده از تکنیک ریخت‌سنجی هندسی در دامنه پراکنش آن یعنی جنوب و جنوب شرق ایران به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک الگوهای بالقوه سازش‌پذیری ریختی در بین ماهیان کمک کرده و برای مطالعات مشابه در مورد تنوع ماهیان روشنگر باشد.

مواد و روش‌ها

طی تابستان ۱۳۹۱، تعداد ۹ جمعیت شامل ۲۷۰ قطعه ماهی سبزوگ از چهار حوضه آبریز جنوب و جنوب شرق ایران با استفاده از الکتروشوکر نمونه‌برداری گردید. نمونه‌ها بلافاصله پس از بیهوشی در عصاره پودر گل میخک $1gl^{-1}$، در فرمالین ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. برای استخراج داده‌های شکل بدن در روش ریخت سنجی هندسی، از نیم‌رخ چپ نمونه‌ها تصاویر دیجیتال دوبعدی تهیه گردید. سپس تعداد ۱۵ لندمارک هم‌ساخت بر روی تصاویر دوبعدی تعریف و با استفاده از نرم‌افزار tpsUtil از تصاویر دیجیتالی، فایل tps تهیه و لندمارک‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 رقومی شدند (Rohlf, 1993) (شکل ۲). داده‌های لندمارک پس از روی‌همگذاری براساس آنالیز پروکراست (General Procrust Analysis) برای حذف اثرات اندازه، موقعیت و جهت، با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تغییرات شکلی متعارف (CVA) و خوشه‌ای با ارزش P حاصل از ده هزار بازنمونه‌گیری (Permutation test) مورد تحلیل قرار گرفتند. مصورسازی میانگین شکل بدن هر جمعیت نسبت به شکل اجماع (Consensus) تمامی جمعیت‌ها در شبکه تغییر شکل انجام شد و در مقابل دندوگرام آنالیز خوشه‌ای ارائه گردید. تمامی تجزیه و تحلیل آماری همراه با رسم نمودارها در نرم‌افزارهای SPSS-20.0، PAST 2.15 (Hammer *et al*., 2001) و MorphoJ (Klingenberg, 2011) 1.02 انجام شد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]



شکل ۱- چهار حوضه آبریز و ایستگاه‌های نمونه‌برداری ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni*) در جنوب و جنوب شرق ایران

شکل ۲- لندمارک‌های تعیین شده بر روی نمای چپ ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni*) به منظور استخراج داده‌های شکل بدن. ۱- ابتدایی‌ترین بخش فک بالا، ۲- محل اتصال سر به تنه، ۳- ابتدای قاعده باله پشتی، ۴- انتهای قاعده باله پشتی، ۵- لبه بالایی محل اتصال باله دمی به دم، ۶- انتهای خط جانبی در قاعده باله دمی، ۷- لبه پایینی محل اتصال باله دمی به دم، ۸- انتهای قاعده باله مخرجی، ۹- ابتدای قاعده باله مخرجی، ۱۰- بخش پایینی شکاف آبششی (گلو)، ۱۱- لبه پایینی حدقه، ۱۲- مرکز حدقه، ۱۳- لبه بالایی حدقه، ۱۴- انتهایی‌ترین بخش سرپوش آبششی، ۱۵- ابتدای قاعده باله سینه‌ای

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

نتایج

آزمون همبستگی فواصل پروکراست و تانژانت با استفاده از نرم‌افزار tpsSmall 1.20 (Rohlf, 1993) تناسب داده‌های روی‌هم‌گذاری شده برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری را تأیید کرد (با همبستگی معادل ۱). بررسی الگوهای تفاوت بالقوه بین جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) انجام شد. در مجموع تعداد هشت مؤلفه اصلی مؤثر استخراج گردید که بر اساس مقدار جداکننده Jolliffe cut-off، دو مؤلفه اصلی اول با مجموع واریانس ۶۵/۰۰۳ درصد، بیش‌ترین بار عاملی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). براساس بارهای عاملی دو مؤلفه اول، مؤثرترین لندمارک‌ها در تمایز بین جمعیت‌ها شامل لندمارک‌های ۲، ۸، ۹، ۱۴ و ۱۵ بود که به ترتیب نشانگر تغییرات در طول سر، قاعده باله مخرجی، موقعیت باله سینه‌ای و طول سر می‌باشند. نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی حاکی از وجود تفاوت‌های بالقوه بین جمعیت‌های مورد مطالعه بر اساس جایگاه لندمارک‌ها بود. برای سنجش فرض شباهت شکلی جمعیت‌ها از تجزیه و تحلیل تغییرات شکلی متعارف (CVA) استفاده شد. آزمون Wilks' lambda (P<۰/۰۱)، تناسب داده‌ها برای آزمون CVA را تأیید کرد. نتایج آزمون CVA (P<۰/۰۱) بر اساس فواصل ماهالانوبیس (جدول ۳) نشان داد که بین شکل بدن تمامی جمعیت‌های ماهی سبزوگ مورد مطالعه تفاوت آماری معنی‌دار وجود دارد (شکل ۳). هر چند این آزمون بین تمامی جمعیت‌ها تفاوت آماری معنی‌دار نشان داد، اما جمعیت‌های بستک و ایلود نسبت به بقیه تمایز بیشتری را نشان دادند.

جدول ۱- مشخصات جمعیت‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni*)

ردیف	تعداد نمونه	طول کل (میلی‌متر) (انحراف معیار±میانگین)	وزن کل (گرم) (انحراف معیار±میانگین)	حوضه	رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
A	۳۰	۵۲/۶۰±۷/۶۲	۲/۷۳±۱/۴۳	جازموریان	هلیل‌رود	۵۷° ۴۱′ ۳۳″E	۲۸° ۴۱′ ۸/۵″N
B	۳۷	۶۸/۶۵±۹/۱۱	۴/۸۲±۲/۳۶	جازموریان	قنات سرزه	۶۰° ۴۳′ ۲/۲″E	۲۷° ۱۲′ ۴۸″N
C	۳۲	۵۰/۴۹±۶/۴۹	۱/۹۳±۰/۸۸	ماشکیل	ماشکیل	۶۱° ۲۱′ ۱/۷″E	۲۷° ۰۳′ ۴۵″N
D	۳۶	۶۷/۳۷±۸/۴۰	۴/۰۴±۲/۹۶	مکران	نهنگ	۶۱° ۳۵′ ۲۸″E	۲۶° ۵۰′ ۳۶″N
E	۳۳	۷۲/۳۲±۱۶/۰۱	۷/۷۷±۳/۹۵	مکران	سرباز	۶۱° ۱۵′ ۳۵″E	۲۶° ۳۷′ ۵۴″N
F	۲۹	۶۱/۰۴±۶/۸۷	۳/۳۹±۱/۰۹	مکران	کش	۵۷° ۴۴′ ۵۸″E	۲۶° ۰۵′ ۵۷″N
G	۳۰	۷۶/۱۲±۹/۱۲	۷/۵۳±۲/۷۳	مکران	جگین	۵۷° ۵۳′ ۴۳″E	۲۶° ۰۹′ ۵۱″N
H	۴۳	۶۴/۵۸±۱۲/۷۵	۵/۵۳±۳/۲۲	هرمز	ایلود	۵۴° ۴۰′ ۰۹″E	۲۷° ۱۲′ ۲۸″N
I	۳۶	۶۲/۳۵±۹/۶۳	۵±۲/۷۲	هرمز	بستک	۵۴° ۳۲′ ۲۲″E	۲۷° ۰۴′ ۴۳″N

نتایج تجزیه و تحلیل خوشه‌ای داده‌های شکلی با تعداد بازنمونه‌گیری ۱۰۰۰۰ و بر اساس فاصله اقلیدسی بیش از ۵۰ علاوه بر تأیید نتایج PCA و CVA، نشان داد جمعیت رودخانه بستک به طور مشخصی با سایر جمعیت‌ها متفاوت است. عمده تفاوت‌های مؤثر در بین جمعیت‌های مورد مطالعه بر

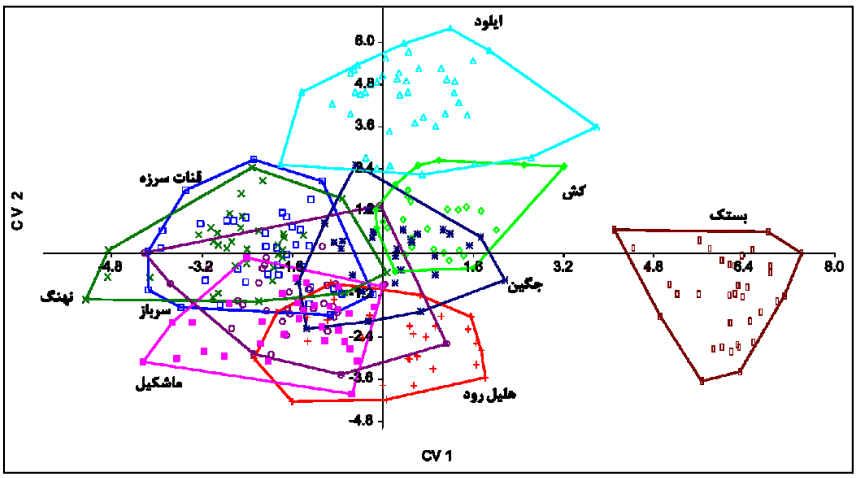
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

اساس شبکه تغییر شکل را می‌توان در سه بخش ارتفاع سر، طول سر و ارتفاع تنه دسته‌بندی کرد. نمونه‌های قنات سرزه، ایلود، جگین و سرباز دارای بدنی مرتفع‌تر بودند. جمعیت‌های جگین و سرباز بر اساس داشتن طول ساقه دمی بیشتر و نمونه‌های قنات سرزه و ایلود به واسطه داشتن ارتفاع بدن بیشتر در زیرشاخه‌های جداگانه قرارگرفتند. جمعیت‌های رودخانه‌های ایلود، کش، ماشکیل، هلیل‌رود و جگین نسبت به سایر جمعیت‌ها دارای طول سر بیشتری بوده و نمونه‌های رودخانه‌های ایلود، هلیل‌رود و جگین نسبت به بقیه ارتفاع سر بیشتری داشتند. اما صفاتی که جمعیت رودخانه بستک را از سایرین متمایز ساختند شامل داشتن کمترین ارتفاع بدن نسبت به سایر جمعیت‌ها، طول سر بیشتر، موقعیت دهان بالایی‌تر، جایگاه چشم بالاتر، ساقه دمی کوتاه‌تر و قاعده باله مخرجی کوتاه‌تر بود (شکل ۴).

جدول ۲- مؤلفه‌های اصلی و بارهای عاملی مربوطه .

مؤلفه اصلی	مقدار ویژه	درصد واریانس تجمعی
۱	۰/۰۰۰۲۱۰۱۲۶*	۴۳/۳۱۴
۲	۰/۰۰۰۱۰۵۲۱۷*	۶۵/۰۰۳
۳	۰/۰۰۰۰۵۷۷۹۶	۷۶/۹۱۷
۴	۰/۰۰۰۰۴۲۷۷۲	۸۵/۷۳۳
۵	۰/۰۰۰۰۳۱۸۵۵	۹۲/۲۹۹
۶	۰/۰۰۰۰۲۰۵۱۳	۹۶/۵۲۸
۷	۰/۰۰۰۰۱۱۲۹۲	۹۸/۸۵۵
۸	۰/۰۰۰۰۰۵۵۵۶	۱۰۰

علامت* نشان‌دهنده عامل اصلی معنی‌دار است

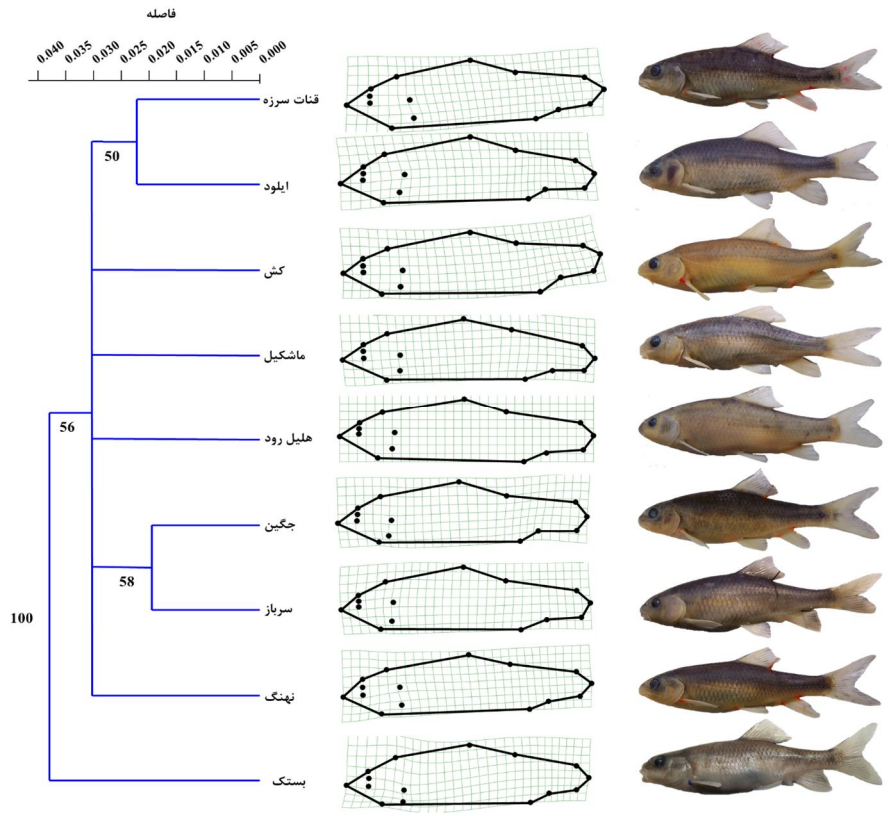


شکل ۳- نمودار پراکنش جمعیت‌های ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni*) بر اساس تجزیه و تحلیل تغییرات شکلی متعارف

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

جدول ۳- ماتریکس فواصل ماهالانوبیس داده‌های شکلی جمعیت‌های ماهی سبزوگ (*Cyprinion watsoni*)

منبع آبی	هلیل‌رود	قنات سرزه	ماشکیل	نهنگ	سرباز	کش	جگین	ایلود
قنات سرزه	۵/۸۹۸۴							
ماشکیل	۵/۸۲۷۲	۴/۸۷۷۴						
نهنگ	۶/۲۹۸۷	۵/۲۸۹	۴/۸۸۶۷					
سرباز	۴/۳۵۸۳	۴/۵۶۸۳	۴/۹۴۷۳	۴/۲۲۵۵				
کش	۶/۵۰۴۴	۶/۶۷۲۷	۵/۶۷۹۱	۵/۷۲۱۹	۵/۶۹۱۴			
جگین	۵/۶۶۳۶	۵/۹۲۰۲	۵/۹۴۶۹	۵/۰۵۴۵	۵/۱۵۶۳	۴/۸۴۷۱		
ایلود	۷/۲۶۶۵	۶/۰۲۷۹	۷/۴۲۳۶	۶/۲۷۹۶	۶/۵۲	۵/۸۳۹	۶/۰۷۲	
بستک	۷/۲۹۹۲	۸/۷۵۳۳	۸/۲۷۹۱	۹/۰۴۲۵	۸/۱۲۲۵	۷/۲۰۸۴	۷/۳۱۹۷	۸/۱۵۸۴



شکل ۴- نمایش تفاوت شکلی بین جمعیت ماهی سبزوگ رودخانه بستک با سایر جمعیت‌ها بر اساس تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج و تفاوت‌های شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهی سبزوگ، چنین بر می‌آید که این گونه دارای قابلیت بالایی از نظر انعطاف‌پذیری ریختی می‌باشد. چنین قابلیتی در برخی گونه‌های کپورماهیان (Ruehl and DeWitt, 2005) و همچنین برخی ماهیان آب‌های داخلی ایران همچون ماهی گورخری، سیاه‌ماهی و ماهی لوتک نیز گزارش شده است (Anvarifar *et al*., 2012; Eagderi *et al*., 2013; Coad, 1980; Nasri, 2008; Nasri *et al*., 2013). بخش عمده‌ای از ماهیان آب‌های داخلی ایران حاصل جابجایی‌های جانوری بین حوضه‌های اطراف ایران شامل حوضه‌های نیل، سند و حوضه‌های شمالی ایران می‌باشد (Coad, 1996). بدیهی است در طول هزاران سال و در اثر تغییرات جغرافیایی، اقلیمی و شرایط محیط‌زیست ماهیان، آنها تحت تأثیر فشارهای گزینشی قرار گرفته و هر گروه براساس قابلیت‌های ذاتی و استعدادهای ژنتیکی خود، سازش‌هایی را با ویژگی‌های محیطی جدید به نمایش گذاشته‌اند که منجر به بروز تفاوت‌های ریختی شده است. اثرات شرایط محیطی از قبیل شرایط هیدرودینامیکی، تراکم، تغذیه و نوع بستر بر روندهای شکل‌گیری فرم بدن طی تکامل ماهیان استخوانی تأیید شده است (McNeill, 1974; Costa and Cataudella, 2007; Ambrosio *et al*., 2008; Costa *et al*., 2010; Moghadasi *et al*., 2013). عموم ماهیان، به خصوص گونه‌های آب شیرین همانند ماهی سبزوگ دارای قابلیت انعطاف‌پذیری ریختی بالایی هستند. بسیاری از این سازش‌های ریختی ممکن است تا حدی پیش روند که سبب جدایی زیستی و تولیدمثلی شده و آرایه‌های جدید را شکل دهند (Smith and Skulason, 1996).

هر چهار حوضه آبریز مورد مطالعه به واسطه قرار گرفتن در شرایط جغرافیایی خاص که با کمبود بارش روبرو هستند، ممکن است طی دوره‌های خشک‌سالی در گذشته فشارهای انتخاب‌گرانه ویژه‌ای از طرف محیط بر ماهیان وارد کرده باشند (Wimberger, 1990; Langerhans and Dewitt, 2004). به‌عنوان مثال در مورد جمعیت رودخانه بستک که تفاوت ریختی قابل ملاحظه‌ای با سایر جمعیت‌ها نشان می‌دهد، همخوانی این تفاوت‌های ریختی با شرایط زیستی نسبتاً سخت آن قابل توجه است. رود بستک یک رود فصلی است که در برخی از ماه‌های سال بخش‌هایی از آن خشک شده و نواحی بالادست آن آبدار است. این مسئله به‌صورت دوره‌ای و در طول سالیان زیاد به‌صورت مداوم فشارهای گزینش‌گر را بر جمعیت این ماهیان وارد کرده است. به عنوان یک فرضیه می‌توان بیان کرد که احتمالاً در اثر خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌های پیاپی، ممکن است پدیده گردن بطری رخ داده باشد و متعاقب آن جمعیت‌های کوچکی توانسته باشند خود را حفظ کرده و در دوره‌های بعدی فرصت تولیدمثل و توسعه جمعیتی یافته باشند. البته اثبات این فرضیه نیازمند بررسی تبارزایش جغرافیایی (فایلوژئوگرافی) این گونه با استفاده از صفات ژنتیکی و استخوان‌شناسی می‌باشد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

به‌صورت یک قانون کلی، گونه‌هایی که در شرایط متغیرتر بقاء یافته‌اند، دارای قابلیت تغییرپذیری بیشتری بوده و تنوع ریختی بیشتری را نشان می‌دهند. همچنین گونه‌های دارای دامنه پراکنش وسیع‌تر، معمولاً تنوع ریختی بیشتری دارند که خود نمادی از تنوع سازگاری‌های آن گونه با محیط زندگی‌اش است (Nikolski, 2007). حوضه‌های مورد مطالعه در این تحقیق به‌طور مشخصی گسترده و دارای شرایط اکولوژیکی بسیار سخت هستند، از طرفی جمعیت‌های مختلف ماهی سبزوگ در تمام این حوضه‌ها پراکنش دارند، بنابراین انتظار وجود تنوع ریختی بالا در بین این جمعیت‌ها دور از انتظار نیست. وسعت دامنه پراکنش یک گونه توسط شرایط اکولوژیکی و توان ذاتی گونه برای سازش با این تغییرات مشخص می‌شود (Nikolski, 2007). با توجه به گستره پراکنش وسیع جنس *Cyprinion* در ایران و همچنین تنوع اقلیمی و اکولوژیکی بسیار بالای کشور ایران، به نظر می‌رسد این جنس دارای قدرت انطباق‌پذیری بسیار بالایی است که توانسته در چنین گستره‌ای پراکنش یابد.

بر اساس نتایج تفاوت‌های مشاهده شده را می‌توان عمدتاً به تفاوت در شرایط زیستگاهی (عمق آب، جنس بستر و غیره) و فواصل جغرافیایی بین آن‌ها مرتبط دانست. عوامل زیستگاهی به‌عنوان عوامل مستقیم و فاصله جغرافیایی را به‌عنوان عامل ثانویه در بروز تغییرات ریختی درون‌گونه‌ای محسوب می‌شوند. نمونه‌های قنات سرزه، ایلود، جگین و سرباز از نظر ارتفاع بیشتر بدن بیشتر به یکدیگر شباهت دارند. زیستگاه‌های این جمعیت‌ها از نظر حجم آب بالا و شدت‌جریان ملایم‌تر و شرایط پایدارتر به یکدیگر شباهت دارد. جمعیت‌هایی که دارای بدنی مرتفع‌تر هستند عمدتاً در منابع آبی عمیق‌تر (حوضچه‌های آبی یا رودخانه‌های دارای مناطق عمیق‌تر) یا جریان‌های آبی پایدار و ملایم زندگی می‌کنند (Eagderi *et al*., 2013; Langerhans *et al*., 2003). نمونه‌های رودخانه‌های ایلود، کش، ماشکیل، هلیل‌رود و جگین دارای طول سر بیشتری بودند. این صفت را می‌توان یک انعطاف‌پذیری ریختی در شرایط شدت جریان بالاتر در نظر گرفت (دوکی شکل شدن بدن). بر اساس مشاهدات، زیستگاه‌های مذکور، دارای جریان مداوم بوده و نواحی ایستابی اندکی در آن‌ها وجود دارد (به غیر از ایلود)، بنابراین کشیده شدن سر به منظور کاهش مقاومت هیدرودینامیکی یک مزیت محسوب می‌گردد. جمعیت‌ها با ارتفاع کمتر بدن (مشابه جمعیت بستک)، معمولاً در جریان‌های آبی کم‌عمق‌تر و متلاطم‌تر زندگی می‌کنند. بنابراین کاهش ارتفاع بدن به‌خاطر نقشی که در کاهش مقاومت هیدرودینامیکی دارد، به‌عنوان صفتی مناسب برای انتخاب طبیعی این جمعیت‌ها عمل کرده است. زیرا ماهیانی که نتوانند خود را به سطح بستر نزدیک کنند، به مرور زمان توسط جریان آب شسته شده یا در معرض شکار قرار خواهند گرفت و قابلیت ماندگاری آن‌ها کاهش خواهد یافت (Langerhans *et al*., 2004). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بخش‌های بدن مرتبط با ارتفاع و طول سر و ارتفاع تنه، در فرآیند سازگاری با شرایط محیطی در ماهی سبزوگ نقش بیشتری دارند. بر اساس نتایج، شرایط اکولوژیکی بیش از فواصل جغرافیایی بر روی شکل بدن این گونه

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

تأثیر داشته است زیرا در جمعیت‌های مورد مطالعه مانند قنات سرزه و ایلود یا رودخانه‌های جگین و سرباز، با وجود فاصله جغرافیایی زیاد، به واسطه شباهت محیط زیستشان، از نظر ریختی در زیرشاخه‌های مجزا و نزدیک به هم قرار گرفته‌اند. در مورد جنس *Cyprinion* مطالعات مختلفی انجام شده است اما عمده آن‌ها مربوط به حوضه‌های دجله و فرات بوده و یا به مسائل تغذیه‌ای، ژنتیک سلولی و بافت‌شناسی پرداخته شده است (Alkahem *et al*., 1990; Shah, 2002; Esmaeili and Ebrahimi, 2006; Nasri *et al*., 2010).

نتایج این مطالعه تنوع و قدرت انطباق‌پذیری ریختی جمعیت‌های مختلف ماهی سبزوگ را نشان داد و مشخص نمود که ویژگی‌های ریختی، توانایی تمایز جمعیت‌های مختلف این گونه را در زیستگاه‌های آن دارد. مطالعات آتی در مورد سایر جمعیت‌ها و گونه‌های *Cyprinion* ایران از نظر جنبه‌های ریخت‌شناسی اعم از ساختار دهانی، اسکلتی، دستگاه گوارش و حتی ساختارهای پوششی مثل فلس‌ها به منظور روشن ساختن پتانسیل‌های انعطاف‌پذیری ریختی توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

این مقاله در قالب طرح پژوهشی با شماره ۷۵۷۸۲/۱/۱ و با حمایت مالی دانشگاه تهران انجام شده است.

منابع

Abdoli A. 2000. The inland water fishes of Iran. Naghsh Mana Publication. Tehran. (In Persian).

Adams D.C., Rohlf F.J., Slice D.E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. Italian journal of zoology, 71: 5-16.

Alkahem H.F., Behnke R.J., Ahmad Z. 1990. Some osteological distinction among four Arabian cyprinid species. Japanese Journal of Ichthyology, 36(4): 477-482.

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

Anvarifar H., Farahmand H., Rahmani H., Nematollahi M.A., Karami M., Akbarzade A. 2012 Investigation of morphometric variation and differentiation Siah Mahi, *Capoeta capoeta gracilis*, in Tajan river. Iranian Journal of Biology, 25(4): 517-535. (In Persian).

Bookstein F.L. 1991. Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology. Cambridge University Press.

Coad B.W. 1980. Environmental change and its impact on the Freshwater fishes of Iran. Biologica Conservation, 19:51-80.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

Coad B.W. 1995. Freshwater Fishes of Iran. Acta Scientarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae Brno, 29(1): 1-64.
Coad B.W. 1996. Zoogeography of the fishes of the Tigris-Euphrates basin. Zoology in the Middle East, 13: 51-70.
Coad B.W. 2006. Endemicity in the Freshwater Fishes of Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics, 1(1): 1-13.
Coad B.W. 2014. Freshwater fishes of Iran. Updated. [19 February 2014]. Aavailable from: www.briancoad.com.
Costa C., 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: 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 Linnean Society, 101: 427-436.
Daştan S.D., Bardakci F., Degerli N. 2012. Genetic Diversity of *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843 (Teleostei: Cyprinidae) in Anatolia. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12: 651-659.
Dryden I.L., Mardia K.V. 1998. Statistical Shape Analysis. John Wiley and Sons. New York.
Durand J.D., Tsigenopoulos C.S., Ünlü E., Berrebi P. 2002. Phylogeny and biogeography of the family Cyprinidae in the Middle East inferred from cytochrome b DNA-evolutionary significance of this region. Molecular phylogenetics and evolution, 22(1): 91-100.
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, 5(14): 1-8.
Eschmeyer W.N. 1998. Catalog of fishes. California Academy of Sciences. San Francisco.
Esmaeili H.R., Ebrahimi M. 2006. Length–weight relationships of some freshwater fishes of Iran. Journal of Applyed Ichthyology, 22: 328-329.
Esmaeili H.R., Piravar Z. 2006. On the karyotype of *Cyprinion tenuiradius* Heckle, 1849 (Pisces: Cyprinidae) from the Southwest of Iran. Zoology in the Middle East, 39: 75-80.
Froese R., Pauly D. 2014. FishBase. Updated. [February 2014]. Aavailable from: www.fishbase.org.
Gaffaroğlu M., Yüksel E. 2004. Karyotype Analysis of *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843 (Pisces: Cyprinidae). Gazi Üniversitesi Kirşehir Eğitim Fakültesi, 5(2): 235-239.
Ghanbari F., Kaboli M., Eagderi S., Nezami-Balouchi B. 2013. Sexual dimorphism in skull morphology of the brown bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) in Iran

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

using geometric morphometric technique. Taxonomy and Biosystematics, 5(16): 17-26.

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

Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(4): 1-9.

Kafuku T. 1969. Morphological differentiation of *Cyprinion* in Iraq. Bulletin of the Freshwater Fisheries Research Laboratory, Tokyo, 19(2):155-159.

Klingenberg C.P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Molecular Ecology Resources, 11: 353-357.

Langerhans R.B., Dewitt T.J. 2004. Shared and Unique Features of Evolutionary Diversification. American Naturalist, 164(3): 335-349.

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 Linnean Society, 80: 689-698.

McNeill A.R. 1974. Functional design in fishes, 3. Hutchinson, London.

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.

Nasri M. 2008. Taxonomy of bigmouth lotak (*Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843) and smallmouth lotak (*Cyprinion kais* Heckel, 1843) in Karkheh River basin and Godarkhosh River in Ilam province. M.Sc., Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology. 112 p.

Nasri M., Eagderi S., Farahmand H., Hashemzade-SegharLoo I. 2013. Body shape comparison of *Cyprinion macrostomum* (Heckel, 1843) and *Cyprinion watsoni* (Day, 1872) using geometric moprphometric method. International Journal of Aquatic Biology, 1(5): 240-244.

Nasri M., Keivany Y., Dorafshan S. 2010. First karyological analysis of Smallmouth lotak, *Cyprinion kais* Heckel, 1843, an endemic cyprinid fish from Tigris-Euphrates basin. Italian journal of zoology, 77(3): 272-276.

Nasri M., Keivany Y., Dorafshan S. 2013. Comparative Osteology of Lotaks, *Cyprinion kais* and *C. macrostomum* (Cypriniformes, Cyprinidae), from Godarkhosh River, Western Iran. Journal of Ichthyology, 53(6): 455-463.

Nikolski G.V. 2007. Fish Ecology. Islamic Azad University. Gheshm.

Ruehl C.B., DeWitt T.J. 2005. Trophic plasticity and fine-grained resource variation in populations of western mosquitofish, *Gambusia affinis*. Evolutionary Ecology Research, 7: 801-819.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

Shah S.L. 2002. Behavioural Abnormalities of *Cyprinion watsoni* on Exposure to Copper and Zinc. Turkish Journal of Zoology, 26: 137-140.

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.

Tabatabaii S.N., Eagderi S., Hashemzadeh-Segherloo I., Abdoli A. 2013. Geometric and morphometric analysis of fish scales to identity genera, species and populations case study: the Cyprinid family. Taxonomy and Biosystematics, 5(17):1-8.

Wimberger P.H. 1990. Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* sp. (Pisces: Cichlidae). Biological Journal of the Linnean Society, 45(3): 197-218.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-02-24]