مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

تنوع ریختی جمعیت‌های جویبارماهی چومان *Oxynoemacheilus chomanicus* در حوضه آبخیز رودخانه چومان با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی

ادریس قادری، سهیل ایگدری *

کرج، دانشگاه تهران، پردیس دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، شیلات

نوع مقاله:
کوتاه

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۹/۰۷/۲۹
اصلاح: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۳

کلمات کلیدی:
جویبارماهی
ریخت‌سنجی
نقطه لندمارک

چکیده

جویبارماهی چومان *Oxynoemacheilus chomanicus* یکی از گونه‌های بومزاد حوضه رودخانه چومان می‌باشد که در بیشتر سرشاخه‌های این حوضه پراکنش دارد. به‌منظور بررسی الگوی تنوع شکل بدن این گونه با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی تعداد ۱۶ لندمارک بر روی تصاویر ۹۲ نمونه از رودخانه‌های بوئین، بانه و شوی مورد استفاده قرار داده شد. داده‌ها بر اساس آنالیزهای آماری چند متغیره تجزیه به تابع‌های اصلی، تجزیه همبستگی کانونی و آنالیز واریانس چند متغیره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر تفاوت شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه در ناحیه سر، پایه باله پشتی و ساقه دمی به واسطه سازگاری با شرایط زیستگاهی بود.

مقدمــه

ماهیان آب شیرین می‌توانند در رودخانه‌ها و دریاچه‌هایی که از لحاظ جغرافیایی فاصله چندانی با هم ندارند و متأثر از تغییرات هر چند اندک زیستگاه‌های خود، سازگاری‌های ریختی، رفتاری و تغذیه‌ای مختلفی را از خود بروز دهند (Webster *et al.*, 2011). تنوع بسیار بالای ماهیان آب‌های داخلی نشان می‌دهد که در مسیر تکامل، گونه‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی و زیستی، مدام در حال تغییر بوده و این تغییرات عامل تمایز بین جمعیت‌های مختلف است که در نهایت ممکن است منجر به گونه‌زایی شود (Smith and Skulason, 1996).

در مطالعه جمعیت‌ها، روش‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرد که روش‌های ریخت‌سنجی به دلیل سهولت کار و قابلیت بالا یکی از ابزارهای بسیار مفید در آنالیز ریخت در تحقیقات بیوسیستماتیک می‌باشد (Pavlinov, 2001; Rohlf, 2001). این مطالعات در توصیف اشکال موجودات، بررسی تغییرات شکل در درون و بین جمعیت‌ها و نیز تغییرات در نتیجه رشد و تکامل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pavlinov, 2001). در مطالعات ریخت‌سنجی می‌توان از روش‌های سنتی که بر پایه تحلیل‌های آماری چند متغیره فاصله‌ها هستند و یا از روش‌های نوین ریخت‌سنجی هندسی (Geometric Morphometrics) که بر پایه تحلیل‌های آماری شکل‌های هندسی موجودات است، استفاده نمود (Adams *et al.*, 2004). ریخت‌سنجی هندسی امروزه به صورت گسترده برای مطالعات جمعیتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و داده‌های مورد بررسی، در این روش یک‌سری مختصات نقاط تحت عنوان لندمارک می‌باشند (Pavlinov, 2001).

چومان یکی از رودخانه‌های حوضه تیگریس است که در منطقه جغرافیای جانوری بین‌النهرین قرار دارد (Armantrout, 1980).

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: soheil.eagderi@ut.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.11.4.7.0]

این رودخانه در شمال‌غرب ایران و استان کردستان با ۱۵۰۰ کیلومترمربع یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های منطقه است که به زاب کوچک می‌پیوندد و از آنجا وارد خاک عراق می‌شود (Kamangar *et al.*, 2014). رودخانه چومان دارای چندین سرشاخه مهم از جمله رودخانه‌های بانه، بوئین و شوی می‌باشد. جویبارماهی چومان *Oxynoemacheilus chomanicus* متعلق به خانواده Nemacheilidae، بومزاد حوضه رودخانه چومان است (Kamangar *et al.*, 2014) و در سه سرشاخه آن یعنی بانه، بوئین و شوی یافت می‌شود.

با توجه به مطالب فوق، این تحقیق با هدف مطالعه تنوع شکل بدن گونه جویبارماهی چومان در سه شاخه از حوضه رودخانه چومان با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. شناخت الگوهای ریختی می‌تواند به درک بهتر روند سازگاری جمعیت‌های مختلف این گونه با شرایط زیستی موجود در رودخانه و شناخت ذخایر جمعیتی آن کمک نماید.

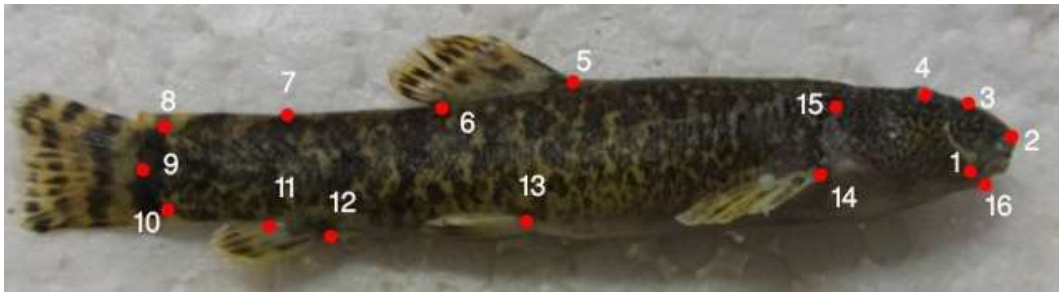
مواد و روش‌ها

ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر اساس گزارش Kamangar و همکاران (۲۰۱۴) در مورد پراکنش گونه جویبارماهی چومان انتخاب گردید و جزئیات ایستگاه‌ها و مختصات جغرافیایی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. تعداد ۹۲ نمونه به صورت فصلی در بین ماه‌های خرداد ۱۳۸۹ تا مرداد ۱۳۹۰ بر اساس روش Hansen و همکاران (۲۰۰۱) در مسافت‌های ۱۰۰ متری از به وسیله ساچوک صید شدند.

نمونه‌ها بلافاصله در فرمالین بافری ۵٪ تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌منظور کاهش تغییرات شکل بدن ناشی از رشد آلومتریک، از نمونه‌هایی که در یک دامنه طولی بالای ۵ سانتی‌متر بودند، استفاده گردید. برای تهیه تصاویر از سطح جانبی سمت چپ نمونه‌ها با استفاده از Copystand مجهز به دوربین دیجیتال Canon مدل EOS D400 با قدرت تفکیک ده مگاپیکسل عکس‌برداری شد. برای استخراج داده‌های مربوط به شکل در روش ریخت‌سنجی هندسی تعداد ۱۶ لندمارک تعیین

جدول ۱. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های تعیین‌شده جهت مطالعه ریخت سنجی گونه لوچ ماهی چومان

نام ایستگاه	تعداد نمونه	طول جغرافیایی			عرض جغرافیایی			ارتفاع
		درجه	دقیقه	ثانیه	درجه	دقیقه	ثانیه	(از سطح دریا m)
بانه	۳۱	۴۵	۵۵	۲۰	۳۶	۱	۰	۱۵۷۴
بوئین	۳۰	۴۵	۴۳	۱	۳۵	۵۸	۱۴	۱۵۰۷
شوی	۳۱	۴۵	۵۶	۳۶	۳۵	۵۶	۳۰	۱۱۸۲



شکل ۱. لندمارک‌های تعیین شده بر روی بدن جویبار ماهی چومان: ۱- انتهایی‌ترین نقطه دهان در قسمت فک بالا، ۲- ابتدایی‌ترین بخش پوزه، ۳- ابتدای سوراخ بینی، ۴- نقطه وسط چشم، ۵- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۶- انتهای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۷- نقطه عمود بر خط حاصل از ابتدا و انتهای پایه باله مخرجی، ۸- ابتدای اولین شعاع لوپ بالایی باله دمی، ۹- انتهایی‌ترین بخش ساقه دمی، ۱۰- ابتدای اولین شعاع لوپ پایینی باله دمی، ۱۱- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۲- انتهای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۳- ابتدایی‌ترین نقطه‌ی قاعده‌ی باله‌ی شکمی، ۱۴- ابتدایی‌ترین نقطه‌ی قاعده‌ی باله‌ی سینه‌ای، ۱۵- بالاترین نقطه شکاف سرپوش آبششی، ۱۶- نقطه حاصل از زاویه ۲۷۰ درجه با منتها الیه لب‌ها و ابتدایی‌ترین بخش پوزه.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.11.4.7.0]

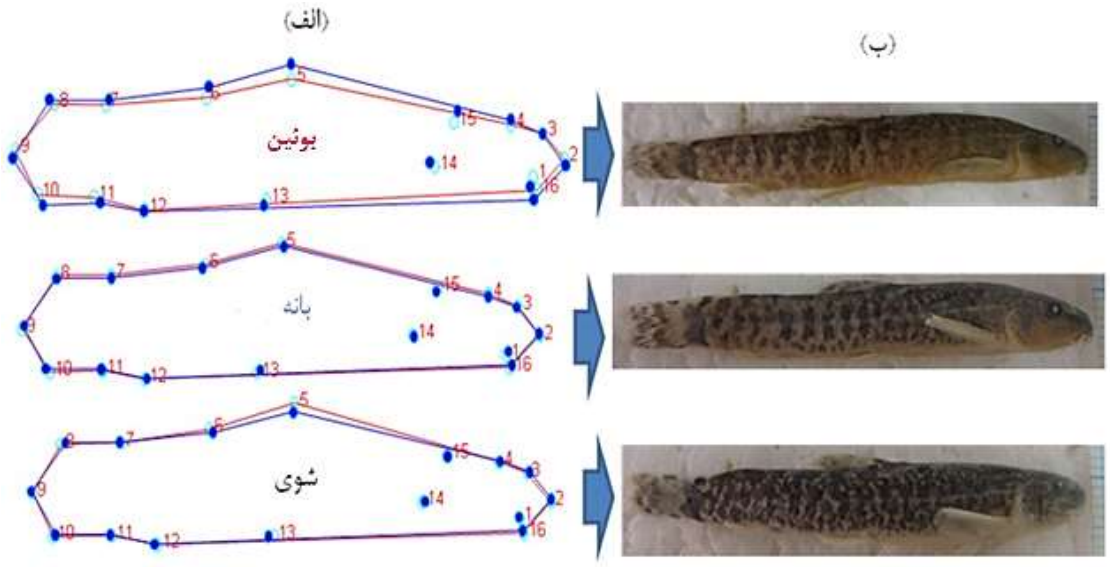
گردید (شکل ۱). لندمارک‌گذاری (رقومی کردن) بر روی تصاویر دوبعدی با استفاده از نرم‌افزار TpsDig2 (v2.16) انجام گرفت و به منظور حذف تغییرات غیرهم‌شکل شامل اندازه، جهت و موقعیت از آنالیز GPA (Generalized Procrustes Analysis) استفاده شد (Zelditch, 2004). جهت مصورسازی تغییرات شکل بدن از الگوی قاب سیمی در نرم‌افزار MorphoJ و برای مقایسه شکل بدن سه جمعیت مورد مطالعه از آنالیزهای چند متغیره تجزیه به تابع‌های اصلی (PCA) و تجزیه همبستگی کانونی (CVA) بر اساس ارزش P حاصل از آنالیز واریانس چند متغیره (MANOVA) در نرم‌افزار PAST (v2.10) استفاده شد.

نتایـج

بر اساس نتایج، شکل بدن هر سه جمعیت مورد مطالعه با هم تفاوت داشته و با مقایسه شکل بدن هر جمعیت با الگوی شکل بدن اجماع، تفاوت ها مربوط به ناحیه سر، ارتفاع بدن و ساقه دمی بودند (شکل ۲-الف). ارتفاع بدن در نمونه‌های رودخانه بوئین بیشترین و رودخانه شوی کمترین بود. در نمونه‌های رودخانه بوئین، لندمارک‌های انتهایی‌ترین نقطه لب در فک بالا، نوک پوزه، جایگاه چشم و بالاترین نقطه در شکاف سرپوش آبششی ماهیان با دو رودخانه دیگر دارای اختلاف بود. همچنین ساقه دمی در ماهیان رودخانه بوئین دارای ارتفاع بیشتری بود. در ماهیان رودخانه بوئین باله پشتی در موقعیتی قدامی‌تر قرار دارد (شکل ۲-الف).

در آنالیز تجزیه به تابع‌های اصلی، PC1 تا PC3 در مجموع ۵۲/۶۶ درصد تغییرات را شامل شدند آنالیز تجزیه همبستگی کانونیک (CVA) بر اساس ارزش P حاصل از آنالیز واریانس چند متغیره تفاوت معنی‌داری را بین هر سه جمعیت نشان داد (P<۰/۰۵). در پلات حاصل از دو CV اول هر سه جمعیت کاملاً از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۳).

در آنالیز تجزیه به تابع‌های اصلی، PC1 تا PC3 در مجموع ۵۲/۶۶ درصد تغییرات را شامل شدند آنالیز تجزیه همبستگی کانونیک (CVA) بر اساس ارزش P حاصل از آنالیز واریانس چند متغیره تفاوت معنی‌داری را بین هر سه جمعیت نشان داد (P<۰/۰۵). در پلات حاصل از دو CV اول هر سه جمعیت کاملاً از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۳).



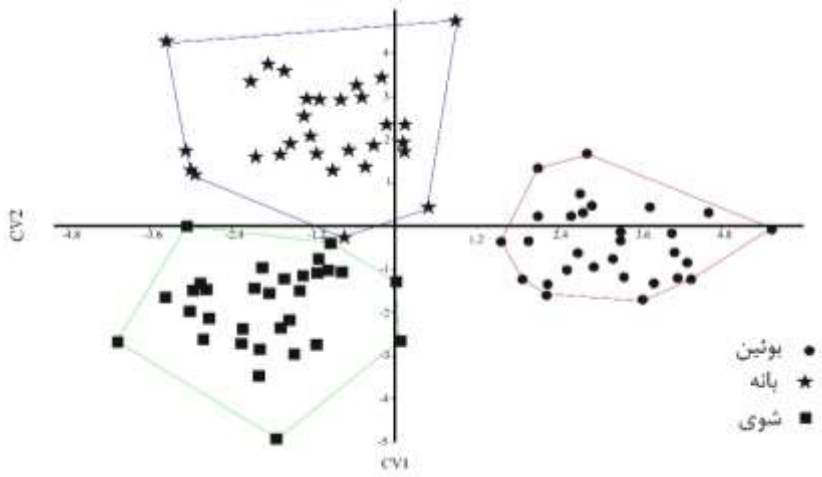
شکل ۲. تفاوت در شکل بدن (الف) و الگوی رنگی (ب) سه جمعیت مورد مطالعه جویبارماهی چومان در رودخانه‌های بوئین، بانه و شوی

بحث

تغییرات جمعیتی تحت تأثیر طیف وسیعی از عوامل محیطی، زیستی و ژنتیکی می‌باشد (Mayr and Ashlock, 1991). نتایج این مطالعه نشان داد که علی‌رغم فاصله جغرافیای کم و امکان ارتباط جمعیت‌های این گونه از طریق کانال اصلی رودخانه، تفاوت‌های ریختی بالایی در میان جمعیت‌های جویبارماهی چومان دیده می‌شود. بر این اساس می‌توان بیان نمود که عامل

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.11.4.7.0]



شکل ۳. نمودار تجزیه همبستگی کانونیک (CVA) شکل بدن جویبارماهی چومان در رودخانه‌های بوئین ، بانه و شوی

این تفاوت‌ها تنوع شرایط محیطی زیستگاه آن‌ها باشد که به‌دلیل عدم مهاجرت جمعیت‌های این گونه در طول رودخانه، ریخت آن‌ها را به‌واسطه سازگاری در زیستگاه تحت تأثیر قرار داده است (Webster *et al.*, 2011). به عنوان مثال Kamangar و همکاران (۲۰۱۴) میانگین درجه حرارت آب را در رودخانه‌های بوئین، بانه و شوی به ترتیب ۱۸، ۱۵/۳ و ۱۳/۳ درجه سانتی-گراد و میزان اکسیژن محلول را ۸/۰۹، ۸/۶ و ۸/۵۹ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کرده‌اند.

شکل بدن و فرم باله ماهی‌ها از صفات مهم ریختی هستند که در رودخانه‌ها تحت تأثیر شرایط زیست‌محیطی قرار می‌گیرند (Douglas and Matthews, 1992). از این‌رو بر اساس این صفات می‌توان پیش‌بینی نمود چه شرایطی بر زیستگاه آن‌ها حاکم است (Chan, 2001). بررسی الگوهای ریختی جمعیت‌های جویبارماهی چومان (شکل۲-ب) در رودخانه‌های بوئین، بانه و شوی نشان می‌دهد که جمعیت رودخانه شوی دارای بدنی با ارتفاع کمتر می‌باشد که می‌تواند یک سازگاری به شدت جریان بیشتر آب برای اجتناب از شسته شدن باشد (Barlow, 1961). در مقابل ماهیان رودخانه بوئین دارای ساقه دمی پهن‌تری بودند که یک سازگاری برای تسریع در شنا نسبت داده شده است (Webb, 1982).

با توجه به عدم مهاجرت این گونه و سازگاری جمعیت‌های مختلف آن به زیستگاه خاص، به نظر می‌رسد کوچک‌ترین آسیب به زیستگاه آن‌ها تهدیدی برای جمعیت‌های سازگار یافته جویبارماهی چومان خواهد بود؛ بنابراین توصیه می‌شود هر گونه دخالت انسانی اعم از فعالیت‌های کشاورزی، ساخت سد و یا ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی کاهش و تحت مدیریت حفاظتی قرار گیرد.

منابـع

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.

Armantrout, N.B. 1980. The freshwater fishes of Iran. Ph.D. Thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 472 p.

Barlow, G.W. 1961. Social behavior of the desert pupfish, *Cyprinodon macularius*, in the field and in the aquarium. The American Midland Naturalist. 65(2): 339-359.

Chan, M.D. 2001. Fish ecomorphology: predicting habitat preferences of stream fishes from their body shape. Ph.D. thesis in fisheries and wildlife sciences at the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. 252 p.

Douglas, M.E., Matthews, W. J. 1992. Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within a freshwater stream fish assemblage. Oikos. 65(2): 213-224.

Hansen, M.M., Nielsoen, E.E., Bekkevold, D., Mensberg, K.L.D. 2001. Admixture analysis and stocking impact assessment in Brown trout (*Salmo trutta*) estimated with incomplete baseline data. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 58(9): 1853-1860.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.11.4.7.0]

Kamangar, B.B., Prokofiev, A.M., Ghaderi, E., Nalbant, T.T. 2014. Stone loaches of Choman River system, Kurdistan, Iran (Teleostei: Cypriniformes: Nemacheilidae). Zootaxa. 3755(1): 033-061.

Mayr, E., Ashlock, P.D. 1991. Principle of Systematic Zoology. 2nd edition. New York: McGraw-Hill. 475 p.

Pavlinov, I.Y. 2001. Geometrics morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images. Zoological Journal of Moscow. 79: 1-27.

Rohlf, F.J. 2001. Comparative methods for analysis of continuous variables: Geometric interpretations. Evolution. 55: 2143-2160.

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

Webb, P.W. 1982. Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. American Zoologist. 22: 329-342.

Webster, M.M., Atton, N., Hart, P.J.B., Ward, A.J.W. 2011. Habitat-specific morphological variation among threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) within a drainage basin. PloS one 6: e21060.

Zelditch, M. 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Academic Press, New York.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1401.11.4.7.0]