



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

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 13, Issue 4, No.49, Winter 2022, P:1

Received: 30/10/2021 Accepted: 13/12/2021

Geometric Morphometric as an Effective Method in Describing Morphological Patterns: A Case Study of *Alburnus sellal* Heckel (1843) from Sub-basins of Little Zab and Sirvan Rivers, Tigris Basin

Zaniar Ghafouri

Ph. D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
zaniar.ghafouri@ut.ac.ir

Atta Mouludi-Saleh

Ph. D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
atta.mouludisaleh@ut.ac.ir

Soheil Eagderi*

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

Hadi Poorbagher

Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
poorbagher@ut.ac.ir

Abstract

The present study was conducted to investigate the morphological patterns of *Alburnus sellal* in the sub-basins of little Zab and Sirvan rivers, Tigris river drainage using the geometric morphometric method. To this end, a total of 110 specimens (60 from the little Zab River, West Azerbaijan province, and 50 from the Sirvan River, Kurdistan province) were caught using an electrofishing device. Using TpsDig2 software, 14 landmark points were defined and digitized on the 2D images of the specimens. The data were analyzed and compared using multivariate principal component analysis (PCA), discriminant function analysis (DFA), and Hotelling t-test. The results of the DFA confirmed the morphological separation of the studied populations. Wireframe based on the consensus body shape separated the two populations based on the head size, body depth, and caudal peduncle length characteristics. The results also showed the habitat-dependent morphological plasticity of *A. sellal*.

Key words: *Alburnus Sellal*, Geometric Morphometric, Tigris Basin, Discriminant Function Analysis.

*Corresponding author

Ghafouri, Z., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H. (2021). Geometric morphometric as an effective method in describing morphological patterns, a case study of *Alburnus sellal* Heckel (1843) from sub-basins of little Zab and Sirvan rivers, Tigris basin. *Taxonomy and Biosystematics*, 13(49), 1-10.



2322-2190 / © 2022

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.2021.131275.1187>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1400.13.49.1.1>

تاکسونومی و بیوسیستماتیک، سال سیزدهم، شماره چهل و نهم، زمستان ۱۴۰۰، ص ۱-۱۰

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۹/۲۲

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۸

ریخت‌سنجی هندسی در جایگاه روشی مؤثر در بیان الگوهای ریختی، مطالعه موردی گونه شاه کولی سلال (*Alburnus sellal* Heckel, 1843) در زیرحوضه‌های رودخانه‌های زاب کوچک و سیروان، حوضه تیگریس

زانیار غفوری، دانشجوی دکتری بوم‌شناسی گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

zaniar.ghafouri@ut.ac.ir

عطا مولودی صالح، دانشجوی دکتری بوم‌شناسی گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

atta.mouludisaleh@ut.ac.ir

سهیل ایگدری*، دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

soheil.eagderi@ut.ac.ir

هادی پورباقر، دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

poorbagher@ut.ac.ir

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی الگوهای ریختی گونه شاه کولی سلال (*Alburnus sellal*) در زیرحوضه‌های رودخانه‌های زاب و سیروان، حوضه تیگریس با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد. تعداد ۱۱۰ قطعه (۶۰ قطعه از رودخانه زاب استان آذربایجان غربی و ۵۰ قطعه از رودخانه سیروان استان کردستان) با استفاده از الکتروشوکر صید شد. با کمک نرم‌افزار TpsDig2 تعداد ۱۴ نقطه لندمارک روی تصاویر دوبعدی نمونه‌ها تعریف و رقمی‌سازی شد. داده‌های حاصل با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تابع تشخیص تحلیلی (DFA) و T-test هتلینگک تحلیل و مقایسه شد. نتایج تحلیل تابع تشخیصی، جدایی ریختی گونه مطالعه‌شده را تأیید کرد. نمودار قاب سیمی بر پایه میانگین شکل بدن، دو جمعیت مطالعه‌شده را براساس صفات اندازه سر، عمق بدن و ساقه دم از یکدیگر تفکیک کرد. نتایج به دست آمده، سازگاری ریختی وابسته به زیستگاه در گونه شاه کولی سلال را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: شاه کولی سلال، ریخت‌سنجی هندسی، حوضه تیگریس، تحلیل تابع تشخیصی.

*مسئول مکاتبات

غفوری، زانیار، مولودی صالح، عطا، ایگدری، سهیل، پورباقر، هادی. (۱۴۰۰). ریخت‌سنجی هندسی در جایگاه روشی مؤثر در بیان الگوهای ریختی، مطالعه موردی گونه شاه کولی سلال (*Alburnus sellal* Heckel, 1843) در زیرحوضه‌های رودخانه‌های زاب کوچک و سیروان، حوضه تیگریس. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۳(۴۹)، ۱-۱۰.



2322-2190 / © 2022

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.2021.131275.1187>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1400.13.49.1.1>

مقدمه

ایران از نظر جغرافیای جانوری از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است؛ ولی درباره ماهیان آب‌های داخلی ایران اطلاعات محدودی وجود دارد. براساس گزارش فهرست گونه‌ای، تعداد ۲۹۷ گونه ماهی در ۱۰۹ جنس، ۳۰ خانواده، ۲۴ راسته و ۳ رده در آب‌های داخلی ایران پراکنش دارند. خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) بیشترین تعداد گونه را به خود اختصاص داده‌اند. یکی از گونه‌های این خانواده، شاه‌کولی سلال (*Alburnus sellal* Heckel, 1843) است که در حوضه‌های مختلف آب‌های داخلی ایران پراکنش دارد (Pishkauptour et al., 2019). ماهی *A. sellal* گونه بومی از خانواده کپورماهیان در حوضه‌های تیگره، زهره، پرسیس و هرمز ایران (Keivany et al., 2016; Esmaili et al., 2018) و همچنین حوضه‌های دجله و فرات کشورهای همجوار جنوب و غرب ایران است (Froese and Pauly, 2020) و از لحاظ اکولوژیک و صید تفریحی اهمیت دارد؛ به علاوه شاه‌کولی سلال در حوضه رودخانه Qweik سوریه نیز پراکنش دارد (Eagderi et al., 2019).

از جمله مطالعات در ماهی‌شناسی، مقایسه جمعیت‌های یک گونه در بوم‌سازگان‌های آبی به منظور درک تأثیر فاکتورهای محیطی یا روند تکاملی در حال وقوع در بین آنها است (Abbasi et al., 2020). برای شناسایی و توصیف گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان از روش‌های متعددی از جمله ریخت‌سنجی (Abbasi et al., 2020; Mouludi-Saleh et al., 2020; Keivany, 2018) استفاده می‌شود. جنین‌شناسی و مولکولی استفاده می‌شود (Eagderi et al., 2021). شکل بدن یکی از ویژگی‌های مهم ماهی است که ممکن است بر کارآیی

تغذیه، تولیدمثل و زنده ماندن در محیط‌های آبی تأثیر مستقیم بگذارد (Shabaninejad et al., 2021). مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناسی با هدف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی، دارای پیشینه طولانی در مطالعات ماهی‌شناسی است (Ghorbai-Ranjbari and Keivany, 2018).

روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه، روشی مدرن برای توصیف و تحلیل آماری شکل در زیست‌شناسی است. در این روش، هریک از نقاط لندمارک دارای یک موقعیت (مختصات دو یا سه بعدی) است که برخی از دسته‌بندی‌ها یا انواعی از همگنی‌های موجود در میان تمام نمونه‌های اندازه‌گیری شده را بیان می‌کند (Sharifinia and Mosavi-Sabet, 2016)؛ همچنین در این روش با توجه به حذف اثر اندازه، جهت و موقعیت، تغییرات مشاهده شده، ناشی از تنوع الگوی شکل بدن است.

برخی مطالعات روی تنوع ریختی اعضای جنس *Alburnus* انجام شده است که به بررسی مقایسه خصوصیات اندازه‌گیری - شمارشی و پارامترهای زیستی ماهی شاه‌کولی ارومیه (*A. atropatena* Berg, 1925) در رودخانه‌های حوضه ارومیه (Abbasi et al., 2020)، مقایسه ریختی پنج جمعیت شاه‌کولی جنوبی (*A. mossulensis* Heckel, 1843) حوضه دجله با استفاده از روش خط سیر پیرامونی (Hasanpour et al., 2018)، مقایسه تفاوت‌های شکلی جمعیت‌های ماهی کولی ارومیه (*A. atropatena*) (Tajik and Keivany, 2018)، مطالعه مقایسه‌ای ویژگی‌های ریخت‌شناختی پنج گونه از ماهیان جنس مرواریدماهی (*Alburnus*) در آب‌های داخلی ایران با استفاده از سیستم شبکه‌ای ترانس (Khatami Nejad et al., 2018).

پنجمین رودخانه پرآب ایران محسوب می‌شود (Jafari, 2000). طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰، به منظور بررسی تنوع ریختی گونه *A. sellal* تعداد ۱۱۰ قطعه (۶۰ قطعه از رودخانه زاب کوچک استان آذربایجان غربی و ۵۰ قطعه از رودخانه سیروان استان کردستان) با استفاده از الکتروشوکر با ولتاژ پایین صید شد (شکل ۱).

پس از صید و آرامش، نمونه‌ها با استفاده از پودر گل میخک بیهوش و در محل نمونه برداری با استفاده از دوربین دیجیتال با وضوح ۶ مگاپیکسل از سمت جانبی چپ آنها عکس برداری شد. نمونه‌ها پس از اطمینان از شنای فعال، در محل صید رهاسازی شد. تعداد ۱۴ نقطه لندمارک با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 روی تصاویر دوبعدی تهیه شده از نمونه‌ها تعریف و رقمی سازی شد (Rohlf, 2006) (شکل ۲). به منظور حذف اثرات غیر شکل از جمله اندازه، جهت و موقعیت، آنالیز پروکراست صورت گرفت (Zelditch et al., 2004). داده‌های حاصل با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل تابع تشخیص (DFA) و T-test هتلینگ با استفاده از نرم‌افزار PAST تحلیل و مقایسه شد. مصورسازی تفاوت‌های شکل بدن میانگین جمعیت‌ها از شکل میانگین کل (Consensus configuration) با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ در نمودار Wireframe صورت گرفت. تمام آنالیزها در نرم‌افزارهای PAST v2.17b (Hammer et al., 2001) و Morpho J (Klingenberg, 1998) انجام شد.

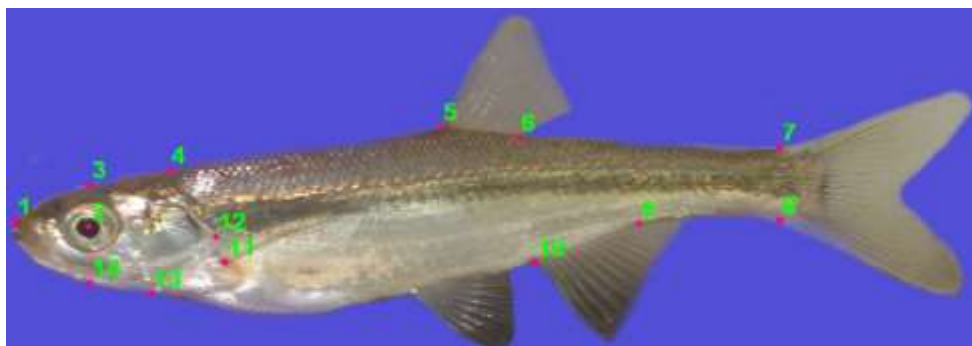
(2015)، بررسی عوامل اکولوژیک مؤثر بر ویژگی‌های ریخت‌سنجی ماهی شاه‌کولی ارومیه (*A. atropatena*) (Berg, 1925) در رودخانه‌های سیمینه‌رود و زرینه‌رود (Radkhah et al., 2016) و بررسی وضعیت انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت‌های مختلف ماهی شاه‌کولی جنوبی (*A. mossulensis* Heckel, 1843) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی (Hasanpour et al., 2015) اشاره می‌شود. با توجه به اینکه تاکنون مطالعه ریخت‌شناسی روی گونه‌های *A. sellal* در دو رودخانه سیروان و زاب انجام نشده است، مطالعه حاضر به منظور مقایسه ریخت‌سنجی هندسی این گونه در این دو زیرحوضه تیگره انجام شد.

مواد و روش‌ها

رودخانه زاب کوچک از ایران سرچشمه می‌گیرد و در عراق به دجله می‌ریزد. این رودخانه نزدیک به ۴۰۰ کیلومتر طول دارد و حوضه آبریزی برابر با ۲۲۰۰۰ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد. این رودخانه از ضلع غربی کوهستان‌های مابین مهاباد و پیرانشهر با ۲۱۴۰ متر ارتفاع از سطح دریا و ضلع شرقی کوهستان‌های قندیل سرچشمه می‌گیرد، دارای دو شاخه فرعی است، با عبور از منطقه سردشت به طرف عراق جریان پیدا می‌کند و به دجله می‌ریزد (Binandeh et al., 2012). رودخانه سیروان با وسعت ۷۵۰۰ کیلومتر مربع از پرآب‌ترین رودخانه‌های کردستان است. رودخانه سیروان با طول ۲۱۳ کیلومتر، دارای حداکثر دبی ۲۵۰ و حداقل دبی ۸ متر مکعب بر ثانیه است. این رودخانه در جنوب غربی کردستان جاری است و طولانی‌ترین رود استان و



شکل ۱- نمای جانبی از گونه *Alburnus sellal* (بالا: رودخانه زاب کوچک، پایین: رودخانه سیروان).

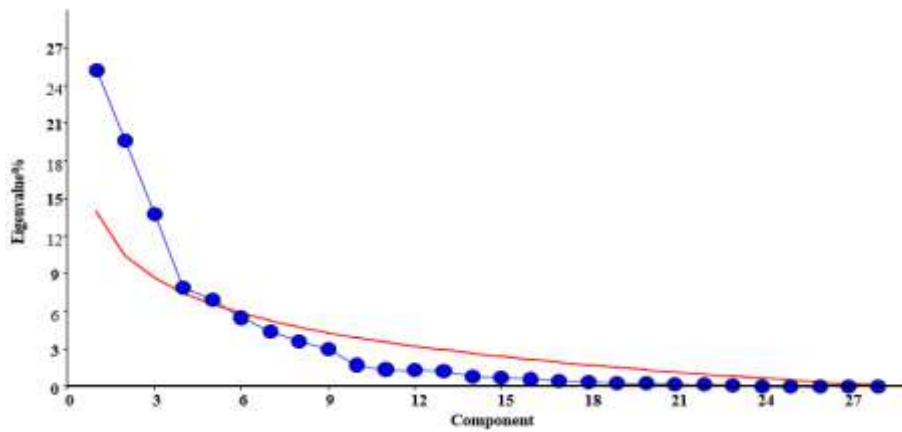


شکل ۲- موقعیت لندمارک‌های تعیین شده روی جمعیت‌های *Alburnus sellal* مطالعه شده. ۱. ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا، ۲. نقطه وسط چشم، ۳. قسمت فوقانی سر در امتداد خطی موازی نقطه مرکز چشم، ۴. انتهایی‌ترین نقطه بالای سر، ۵. منشأ قاعده باله پشتی، ۶. انتهی قاعده باله پشتی، ۷. کم‌عرض‌ترین قسمت ساقه دم در بالا، ۸. کم‌عرض‌ترین قسمت ساقه دم در پایین، ۹. انتهی قاعده باله مخرجی، ۱۰. منشأ قاعده باله مخرجی، ۱۱. ابتدای قاعده باله سینه‌ای، ۱۲. انتهی سرپوش آبششی، ۱۳. بخش زیرین سرپوش آبششی و ۱۴. قسمت تحتانی سر در امتداد خطی موازی مرکز چشم.

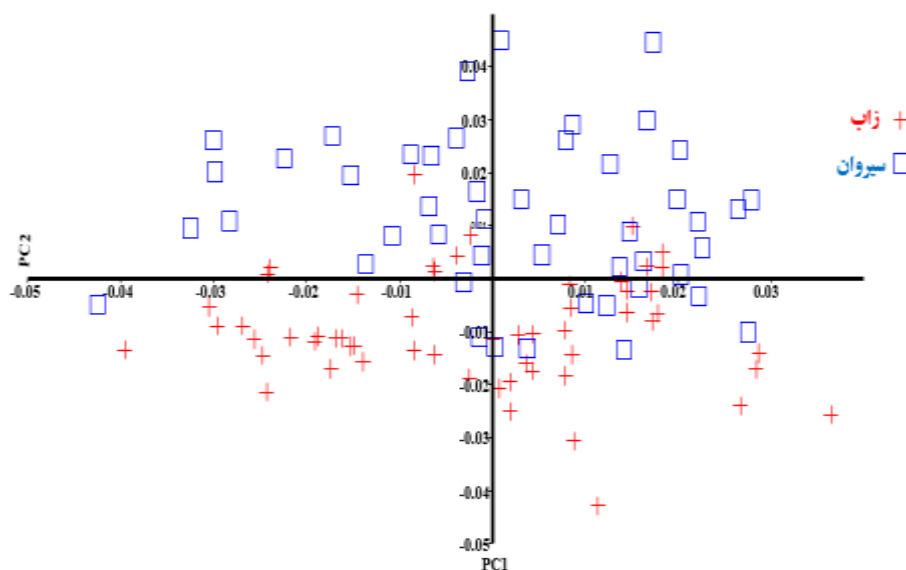
نتایج

تحلیل مؤلفه‌های اصلی براساس ۲۸ مؤلفه استخراجی انجام شد. تعداد ۵ مؤلفه با درصد واریانس ۷۴/۷۹، در جایگاه مؤلفه‌های تأثیرگذار در تفکیک جمعیت‌های مطالعه‌شده انتخاب شد (شکل ۳). نمودار الگوی پراکنش دو جمعیت مطالعه‌شده براساس دو مؤلفه اصلی اول در شکل ۴ ارائه شده است. براساس نتایج، دو جمعیت هم‌پوشانی دارند و هیچ‌گونه تمایزی بین آنها مشاهده نشد. نتایج تحلیل تابع تشخیصی (DFA) و T-test هتلینگ مقایسه شکل بدن، تفاوت

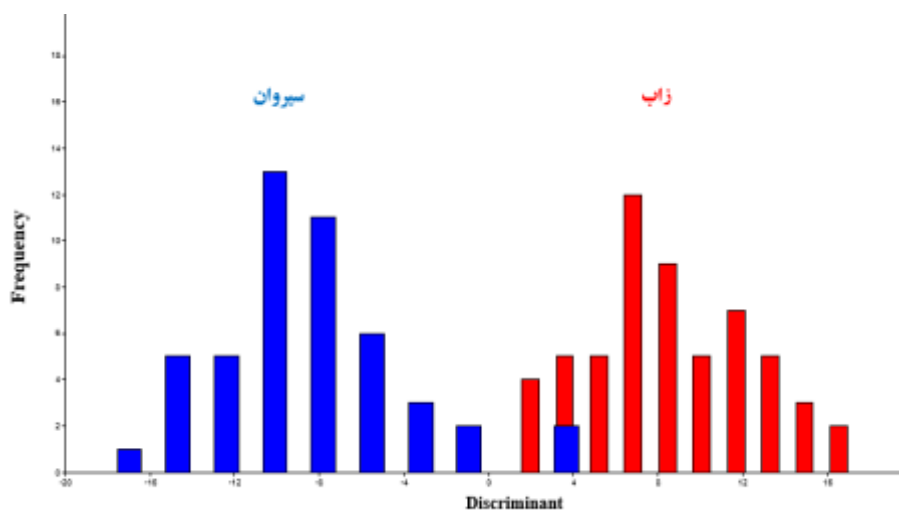
معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.0001$) و $T = 435/38$ (شکل ۵). مقادیر فواصل ماهالانویس و پروکراست در نقش درجه تمایز شکل بدن نیز بین دو گروه مطالعه‌شده به ترتیب ۴/۰۱ و ۰/۰۲۳ محاسبه شد. الگوهای جابه‌جایی لندمارک‌های حاصل از شکل بدن براساس نمودار قاب سیمی در شکل ۶ ارائه شده است و براساس نتایج، جمعیت رودخانه زاب کوچک دارای عمق بدن کمتر، اندازه سر کوچک‌تر و طول ساقه دمی کمتر نسبت به جمعیت رودخانه سیروان است.



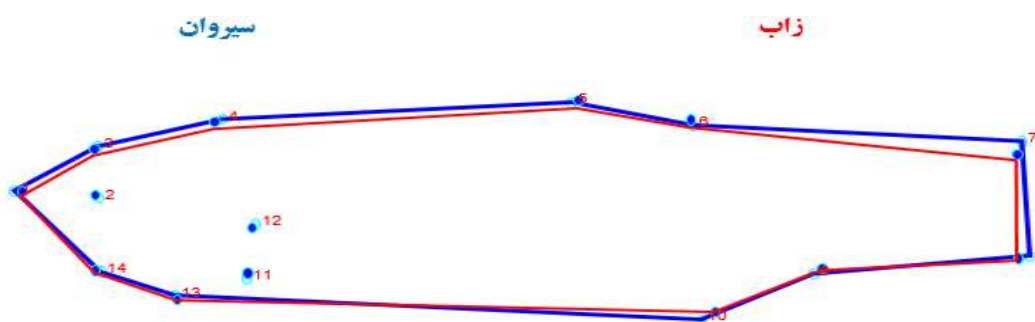
شکل ۳- نمودار سنگریزه‌ای حاصل از تحلیل PCA شکل بدن جمعیت‌های *Alburnus sellal* مطالعه‌شده.



شکل ۴- نمودار تحلیل مؤلفه‌های اصلی شکل بدن جمعیت‌های *Alburnus sellal* مطالعه‌شده.



شکل ۵- نمودار آنالیز DFA شکل بدن جمعیت‌های *Alburnus sellal* مطالعه شده.



شکل ۶- مقایسه میانگین شکل بدن جمعیت‌های *Alburnus sellal* مطالعه شده.

بحث

نسبت به جمعیت رودخانه سیروان داشت. صفات ریخت‌شناختی ممکن است انعطاف زیادی را در پاسخ به شرایط محیطی نشان دهند (Zamani-Faradonbe and Eagderi, 2016)؛ بنابراین تفاوت در شکل بدن از سازگاری ریختی با شرایط زیستگاه جدید تأثیر می‌گیرد. عوامل محیطی از طریق انتخاب طبیعی ممکن است بر کارایی ریخت در بین اعضای یک جمعیت اثرگذار باشد و سبب کاهش یا افزایش فرم ریختی متناسب با زیستگاه شود که در نهایت، منجر به تمایز ریختی در زیستگاه‌های مختلف می‌شود (Smith and Skulason, 1996). حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی وضعیت انعطاف‌پذیری ریختی جمعیت‌های

مقایسه ریخت ماهیان یکی از روش‌های تشخیص گونه‌ها و تغییرات آنها است. براساس نتایج، ریخت‌سنجی هندسی تفاوت‌های ریختی موجود بین دو جمعیت مختلف گونه *A. sellal* را در دو رودخانه مطالعه شده نشان داد؛ همچنین طبق نتایج، جمعیت‌های مطالعه شده از لحاظ شکل بدنی با یکدیگر متفاوت هستند و عمده تفاوت‌های مشاهده شده مربوط به سر، عمق بدن و ساقه دمی بود. براساس الگوی جابه‌جایی لندهمارک‌ها، تفاوت‌هایی در عمق بدن، اندازه سر و طول ساقه دمی بود. جمعیت رودخانه زاب عمق بدن کمتر، اندازه سر کوچک‌تر و طول ساقه دمی کمتر

تأثیر می‌گذارد (Anderson et al., 2005). به‌طور کلی بررسی ویژگی‌های ریختی ماهیان نشان داده است تغییرات درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای آنها در مقایسه با دیگر مهره‌داران بیشتر است که بیشتر به دلیل حساسیت به تغییرات محیطی است. بعضی از فاکتورهای محیطی مانند درجه حرارت، شوری و دسترسی به غذا ممکن است الگوی ریختی ماهیان را تعیین کنند (Turan et al., 2004). در بررسی مطلوبیت زیستگاهی گونه شاه کولی سلال در رودخانه دینورآب کرمانشاه مشاهده شد که بیشترین مطلوبیت و حضور این گونه در نقاط پایین دست با عرض کمتر از ۳ متر، عمق ۲۹ سانتی‌متر و سرعت جریان ۰/۵ متر بر ثانیه است (Pishkhpour et al., 2019)؛ این در حالی است که تفاوت‌های ریختی مشاهده شده در بین دو جمعیت ممکن است بیانگر انعطاف‌پذیری ریختی گونه *A. sellal* باشد؛ به‌علاوه شکل باریک و کشیده این گونه مشابه نمونه رودخانه زاب کوچک را *A. sellal* و شکل پهن مشابه رودخانه سیروان را *A. mossulensis* می‌دانستند که مطالعات مولکولی بعدی نشان داد هر دوی این گونه‌ها مترادف (synonym) و تنها دو تیپ ریختی متفاوت هستند (Freyhof et al. 2018) که نتایج این مطالعه نیز تأییدکننده این موضوع است.

سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه تهران انجام شده است. از آقایان ناصر محمودی، نیکو احمدی، بلال مولودی نیا و امید عبدیانی برای کمک در نمونه‌برداری سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

مختلف شاه کولی جنوبی *A. mossulensis* نشان دادند تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جمعیت‌های شاه کولی جنوبی وجود داشت و اختلاف بین جمعیت‌ها به دلیل انعطاف‌پذیری مرتبط با زیستگاه است. Khatami Nejad و همکاران (۲۰۱۵) در مقایسه ویژگی‌های ریختی پنج گونه از ماهیان *Alburnus* نشان دادند اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های مختلف از لحاظ ریختی وجود داشت که نشان‌دهنده اختلاف کلی شکل بدن گونه‌ها بود. طبق پژوهش Tajik و Keivany (۲۰۱۸)، براساس الگوی جابه‌جایی لندمارک و آنالیز تمایز ممیزی، مقایسه دوبه‌دو بین جمعیت‌های کولی ارومیه *A. atropatena* نشان داد جمعیت ماهیان رودخانه تلخه‌رود بدنی پهن‌تر و ساقه‌دمی کوتاه‌تر نسبت به دیگر جمعیت‌ها داشت که به‌طور احتمالی ناشی از سازگاری برای افزایش قابلیت مانور سریع و شنای مداوم برای یافتن غذا در محیط‌های با جریان کم است.

عمده تفاوت دو جمعیت زاب و سیروان مربوط به عمق بدن، اندازه سر و طول ساقه‌دمی بود. جمعیت زاب دارای عمق بدن کمتر، اندازه سر کوچک‌تر و طول ساقه‌دمی کمتر بود و نشان داد فرم بدنی باریک‌تر (کشیده‌تر) در جمعیت زاب به‌علت شدت جریان زیاد را تأیید می‌کند. در مطالعات میدانی نیز شدت جریان رودخانه در نقاط نمونه‌برداری به مراتب بیشتر از رودخانه سیروان بود. ماهیان با فرم بدن کشیده‌تر توانایی بیشتری برای مقابله با جریان سریع آب دارند. تغییر شکل سر به‌طور غیر مستقیم به دلیل تغییرات در عمل جستجوی غذا است و بر مؤلفیت در جستجوی غذا

منابع

- Abbasi Ranjbar, K., Mouludi Saleh, A., Eagderi, S., & Sarpanah, A. (2018). Distinguishing meristic and morphometric traits in three species of the genus *acanthobrama* from Iranian inland waters. *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 10(36), 49-58 (in Persian).
- Abbasi, K., Mouludi Saleh, A., Eagderi, S., & Sarpanah, A. (2020). Morphometric and meristic characters and biological parameters comparison of Urmia bleak *Alburnus atropatenae* (Berg, 1925) from rivers of Lake Urmia basin. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 8(1), 89-96 (in Persian)
- Andersson, J., Frank, J., & Tony, S. (2005). Interactions between predator-and diet-induced phenotypic changes in body shape of crucian carp. *Journal of Environmental Biology of Fishes*, 273, 431-437.
- Binandeh, A., Nobari, A. H., Neyestan, J., & Vahdati Nasab, H. (2012). A new archaeological research in Northwestern Iran: Prehistoric settlements of little zab river basin. *The International Journal of Humanities*, 19(2), 27- 41.
- Eagderi, S., Mouludi Saleh, A., Rostami, M., & Imani Harsini, J. (2021). Morphological pattern of the genus *Alburnoides* (Pisces: Cyprinidae) in Iranian inland waters using landmark-based geometric morphometric technique. *Journal of Fisheries*, 74(2), 259-270.
- Eagderi, S., Nikmehr, N., & Freyhof, J. (2019). *Alburnus zagrosensis*, a junior synonym of *Alburnus sellal* (Teleostei: Leuciscidae). *Journal of Zootaxa*, 4652(2), 367-374.
- Esmaeili, H. R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., & Abbasi, K. (2018). Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3(3), 1-95.
- Freyhof, J., Kaya, C., Bayçelebi, E., Geiger, M., & Turan, D. (2018). Generic assignment of *Leuciscus kurui* Bogutskaya from the upper Tigris drainage, and a replacement name for *Alburnus kurui* Mangit & Yerli (Teleostei: Leuciscidae). *Zootaxa*, 4410(1), 113-135.
- Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2020). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Retrieved from www.fishbase.org , Version (3/2020).
- Ghorbani Ranjbari, Z., & Keivany, Y. (2018). Geometric morphometric comparison of *Barilius mesopotamicus* (Berg 1932) populations in Bushehr basin. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 31(2), 189-199 (in Persian).
- Hammer, O., Harper D. A. T., & Ryan, P. D. (2001) Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(4), 1-9.
- Hasanpour, S., Eagderi, S., & Nasri, M. (2018). Morphological comparison of five populations of Mosul bleak (*Alburnus mossulensis*) in the Tigris basin using elliptic Fourier analysis. *Journal of Applied Biology*, 30(2), 76-87 (in Persian).
- Hasanpour, S., Eagderi, S., Nasri, M., & Jalali, S. (2015). Phenotype plasticity analysis of *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 from Tigris basin using Geometric morphometrics. *Journal of New Technologies in Aquaculture Development*, 9(2), 56-66 (in Persian).
- Jafari, A. (2000). *Iran Geography*. Vol. 2 (Rivers). Tehran: Iran Gitaheshi Publishing Company. 331 pp. (in Persian).
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., & Abdoli, A. (2016). *Atlas book of fishes in inland water of Iran*. Tehran: Department of Environment Press. 238 pp. (in Persian).
- Khatami Nejad, S., Mousavi Sabet, S., Sattari, M., & Vatan Doust, S. (2015). A comparative study on morphometric characters of five Spirlin species (Cyprinidae: Alburnus) in Iranian inland waters using a truss network system. *Journal of Animal Environment*, 7(1), 247-258 (in Persian).

- Klingenberg C. P. (1998). Heterochrony and allometry: The analysis of evolutionary change in ontogeny. *Journal of Biological Reviews*, 73(1), 79-123.
- Mouludi Saleh, A., Eagderi, S., & Nahavandi, R. (2020). The application of the geometric morphometric technique in evaluating sexual dimorphism in the body shape of *Aphaniops Hormozensis* from Mehran and Shur rivers (Hormozgan Basin). *Taxonomy and Biosystematics Journal*, 12(43), 35-44 (in Persian).
- Pishkauptour, Z., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2019). Effects of ecological conditions and physical variables of the Dinvarab river in the Kermanshah Province on the habitat suitability index of *Alburnus sellal* Heckel (1843). *Journal of Fisheries*, 71(4), 317-328.
- Radkhan, A., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2016). The ecological factors influencing morphological characteristics of *Alburnus atropatenae*. *Journal of Aquatic Ecology*, 5(3), 12-20 (in Persian).
- Rohlf, J. F. (2006). *tpsDig, version 2.10*. New York: Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Shabaninejad, F., Keivany, Y., & Bagheri, D. (2021). Geometric morphometric comparison of abu mullet, *Planiliza abu* (Heckel, 1843) Populations in Bushehr Basin, Iran. *Tanzania Journal of Science*, 47(1), 1-9.
- Sharifinia, M., & Mosavi Sabet, H. (2016). Comparison of morphological variations among populations of the crested loach, genus *Paracobitis*, in the Southeast Caspian Sea Basin using geometric morphometric method. *Journal of Oceanology*, 7(27), 49-57 (in Persian).
- Smith, T. B., & Skulason, S. (1996). Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, amphibians and birds. *Annual Review of Ecology and Systematics Journal*, 27, 111-133.
- Tajik, Z., & Keivany, Y. (2018). Body shape comparison of Urmia bleak populations, *Alburnus atropatenae*. *Journal of Animal Environment*, 10(2), 149-160.
- Turan, C., Erguden, D., Gurlek, M., & Turan, F. (2004). Morphometric structuring of the Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Black, Aegean and Northeastern Mediterranean Seas. *Turkish Journal of Vertebrate Animal Sciences*, 28(5), 865-871.
- Zamani Faradonbe, M., & Eagderi, S. (2016). Morphological comparison of Kura barb in upstream and downstream of Sangban Dam. *Journal of Wetland Ecobiology*, 7(4), 87-96 (in Persian).
- Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, D. H. & Fink, W. L. (2004). *Geometric morphometrics for biologists: A primer*. New York: Academic Press, 478 pp.

