



<https://ui.ac.ir/en>

Journal of Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 12, Issue 2, No.43, Summer 2020, P:4

Received: 28/12/2020 Accepted: 18/01/2021

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)

Atta Mouludi-Saleh

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

Soheil Eagderi

*Corresponding author: Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
soheil.eagderi@ut.ac.ir

Reza Nahavandi

Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
rezanahavandi91@gmail.com

Abstract

During 2018-2019, to investigate the sexual dimorphism in the body shape and morphological variations of *Aphaniops hormozensis* inhabiting in Mehran and Shur rivers of the Hormozgan basin using the geometric morphometric method, 80 specimens were collected. In the laboratory, the left side of the samples was photographed and 17 landmark points were digitalized on the 2D images. To eliminate non-shape data including size, direction, and position, the extracted data were analyzed by the generalized procrustes analysis using discriminant function analysis based on the p-value of T-test Hotelling. The results of the present study showed significant differences between the body shape of males and females within the population and male-male and female-female inter-populations ($P < 0.05$). Male species in both populations had a smaller head, lower body depth, and longer caudal peduncle than those of females. Males and females of the Mehran River have a deeper and longer caudal peduncle than those of Shur Rivers.

Key words: Phenotype Plasticity, Procrustes Analysis, Discriminant Function Analysis, Hormozgan Province.

تاکسونومی و بیوسیستماتیک، سال دوازدهم، شماره چهل و سوم، تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۴۴-۳۵

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۰/۲۹

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸

استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی در ارزیابی دوشکلی جنسی گورماهی هرمزی *Aphaniops hormuzensis* (Teimori, Esmaili, Hamidan, Reichenbacher, 2018) در رودخانه‌های مهران و شور (حوضه هرمزگان)

عطا مولودی صالح، دانشجوی دکتری بوم‌شناسی آبزیان شیلاتی، 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 (مسئول مکاتبات)

soheil.eagderi@ut.ac.ir

رضا نهاوندی، استادیار مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

rezanahavandi91@gmail.com

چکیده

در طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹، به منظور بررسی دوشکلی جنسی شکل بدن و مقایسه ریختی بین جمعیتی گورماهی هرمزی *Aphaniops hormuzensis* ساکن رودخانه‌های مهران و شور، حوضه آبریز هرمزگان، با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک، تعداد ۸۰ قطعه (۴۰ قطعه شامل ۲۰ نر و ۲۰ ماده از هر رودخانه) نمونه برداری شد. در آزمایشگاه از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها عکس برداری و سپس روی تصاویر دوبعدی، ۱۷ نقطه لندمارک رقمی سازی شد. داده‌های حاصل از شکل بدن به منظور حذف اثرات غیر شکل شامل اندازه، جهت و موقعیت ابتدا با آنالیز پروکراست و سپس با استفاده از آنالیز چندمتغیره تحلیل تابع تشخیصی براساس ارزش p حاصل از T-test. نتایج تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد تفاوت معنی داری بین شکل بدن جنس‌های نر و ماده هر جمعیت و نر - نر و ماده - ماده بین جمعیتی دیده می‌شود ($P < 0.05$). جنس نر در هر دو جمعیت نسبت به جنس ماده دارای اندازه سر کوچک‌تر، عمق بدن کمتر و طول ساقه دم بزرگ‌تر بود؛ همچنین، جمعیت رودخانه مهران در هر دو جنس، عمق بدنی و طول ساقه دم بیشتری نسبت به جمعیت رودخانه شور داشت.

واژه‌های کلیدی: انعطاف پذیری ریختی، آنالیز پروکراست، تشخیص تابع تحلیلی، استان هرمزگان.

مقدمه

2012) و روش مناسبی برای شناسایی

جمعیت‌های ماهیان است (Abbasi et al., 2018) که

منجر به توسعه روش‌های جدید (Rohlf and Slice,

مطالعات ریختی ماهیان در طول قرن گذشته

موضوعی محبوب در بین پژوهشگران بوده (Dorado

فرایند فردزایی و آنتوزنی ضروری است (Kitano *et al.*, 2007). تا از مطالعات ریختی اشتباه، اجتناب شود. گونه گورماهی هرمزی *Aphaniops hormozensis* از خانواده Aphaniidae از رودخانه‌های حوضه آبریز هرمزگان (Esmaeili *et al.*, 2018) براساس رنگ، صفات ریختی، ریخت اتولیت و تسوالی میتوکندریایی mt-DNA توصیف شده است. جنس نر این گونه براساس صفاتی شامل بدن بیضی‌شکل و قوی‌تر، عمق بدن بیشتر در جلوی باله شکمی، نمای پشتی و شکمی محدب، پوزه و باله سینه‌ای گرد، باله مخرجی خلفی تر نسبت به راستای منشأ باله پشتی، باله سینه‌ای در پایین قسمت میانی بدن، باله شکمی کوتاه و در قسمت قدامی راستای باله پشتی، مخرج کمی جلوتر از باله مخرجی و فک پایین متمایل به بالا از جنس ماده تشخیص داده می‌شود (Teimori *et al.*, 2018).

با توجه به اینکه این گونه به تازگی توصیف شده است، این مطالعه به منظور بررسی صفات ریختی متمایزکننده دوشکلی جنسی و مقایسه جنس‌ها به طور مجزا به منظور درک درجه تأثیر محیط بر چنین تغییراتی در گونه گورماهی هرمزی در دو رودخانه مهران و شور، در حوضه آبریز هرمزگان با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی انجام شد.

مواد و روش‌ها

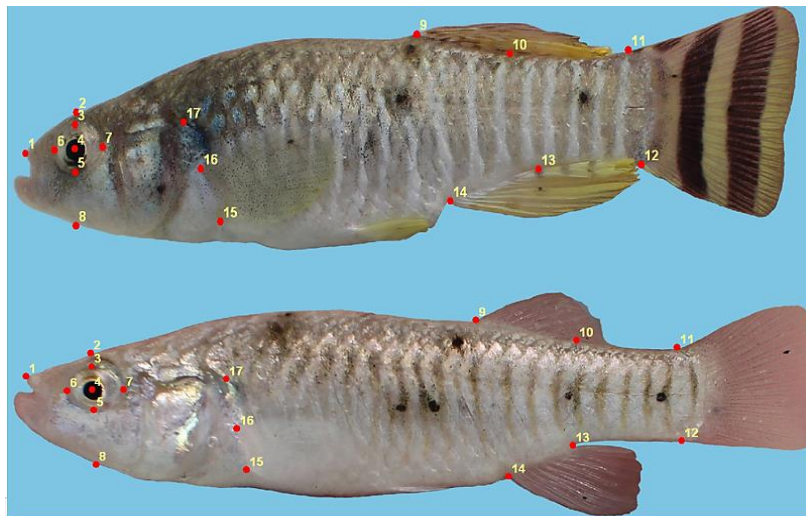
به منظور مطالعه گورماهی هرمزی، تعداد ۴۰ قطعه (۲۰ ماده و ۲۰ نر) از رودخانه مهران (۲۶° ۵۲' عرض شمالی و ۱۶° ۵۵' طول شرقی) و ۴۰ قطعه (۲۰ ماده و ۲۰ نر) از رودخانه شور (۲۷° ۱۹' عرض شمالی و ۲۸° ۵۶' طول شرقی)، در طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ با استفاده از تور دستی نمونه‌برداری شد. در این پژوهش

از جمله ریخت‌سنجی هندسی شده است (Rohlf and Adams, 1993; Adams *et al.*, 2004). مزایای این روش نسبت به روش‌های سنتی به امکان استفاده از آنالیزهای چندمتغیره آماری (Rohlf, 1999) همراه با نمایش تصویری تغییرات ریختی (Caldecutt and Adams, 1998) اشاره می‌شود. این تکنیک‌ها در دهه گذشته در پژوهش‌های مختلف در زمینه‌های تبارزایی و توصیف گونه (Cavalcanti *et al.*, 1999; Douglas *et al.*, 2001)، آلومتری و فردزایی (Walker, 1997; Hood and Heins, 2000)، ریخت‌شناسی تغذیه‌ای (Caldecutt and Adams, 1998) و ریخت‌بوم‌شناختی (Corti *et al.*, 1996) استفاده شده است؛ از این رو روش‌های ریخت‌سنجی هندسی، با توجه به دقت زیادی که به منظور آشکار کردن تفاوت‌های شکل در مقیاس کوچک دارند، برای تشخیص الگوهای تنوع ریختی درون‌گونه‌ای نیز ارزشمند هستند.

جنس‌های نر و ماده در اندام‌های تولید مثلی و همین‌طور در ساختارهای خارجی که ارتباط مستقیمی با تولید مثل ندارند، متفاوت‌اند (Darwin, 1874; Andersson, 1994). دوشکلی جنسی ناشی از عوامل مختلفی از جمله انتخاب جنسی، نقش‌های مختلف تولید مثلی، اختلاف بین بوم‌سازگان‌های جنسیتی، ترجیح یک جنس با صفات خاص نسبت به جنس دیگر و رقابت درون‌جنسی است (Darwin, 1874; Slatkin, 1984; Shine, 1989; Parker, 1992; Andersson, 1994). اطلاعات درباره دوشکلی جنسی در درک بوم‌شناسی، رفتار و تاریخچه زندگی یک گونه حائز اهمیت است؛ به علاوه هنگام انجام مقایسه‌های ریختی بین جمعیتی، دانش درباره دوشکلی جنسی در طی

تنها ماهیان بالغ برای حداقل کردن تغییرات شکل ناشی از رشد آلومتریکی انتخاب شد. نمونه‌ها پس از صید و بیهوشی در محلول گل میخک، در فرمالین بافری چهار درصد تثبیت و برای مطالعات بیشتر به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه برای استخراج داده‌های حاصل از شکل بدن در روش ریخت‌سنجی هندسی، ابتدا از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتالی Kodak با قدرت تفکیک شش مگاپیکسل عکس برداری شد؛ سپس روی تصاویر گرفته شده با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 تعداد ۱۷ نقطه لندمارک تعریف و رقمی‌سازی شد (Rohlf, 2006، شکل ۱). به منظور حذف تغییرات غیرشکل شامل اندازه، جهت و موقعیت داده‌های لندمارک، از آنالیز پروکراست (Generalized Procrustes Analysis) استفاده شد.

(Zelditch *et al.*, 2004). داده‌های شکل بدن جنس‌های نر و ماده و جنس‌های نر - نر و ماده - ماده هر جمعیت با استفاده از آنالیزهای چندمتغیره تابع تشخیص (Discriminant function analysis = DFA) براساس ارزش P حاصل از T-test هتلینگ با استفاده از نرم‌افزار PAST نسخه ۲/۱۷b تحلیل شد. مصورسازی تغییرات شکل بدن میانگین جمعیت‌ها از شکل میانگین کل (Consensus configuration) با استفاده از نرم‌افزار MorphoJ در قالب نمودار Wireframe انجام شد. تمام آنالیزهای این مطالعه در نرم‌افزارهای PAST v2.17b (Hammer *et al.*, 2001) و MorphoJ (Klingenberg, 1998) انجام شد.



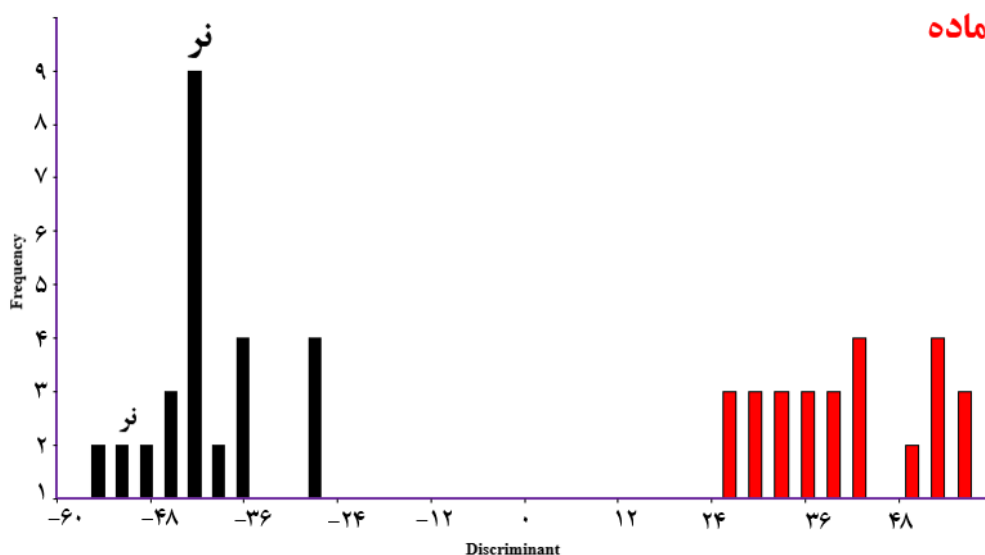
شکل ۱- لندمارک‌های تعریف شده روی بدن گورماهی هرمزی (بالا نر و پایین ماده) برای استخراج داده‌های شکل بدن: ۱. ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا (نوک پوزه)؛ ۲. امتداد خط عمود بر مرکز چشم در بالای سر؛ ۳. ابتدایی‌ترین نقطه چشم از بالا؛ ۴. مرکز چشم؛ ۵. انتهایی‌ترین نقطه چشم از پایین؛ ۶. انتهایی‌ترین نقطه چشم (سمت چپ)؛ ۷. ابتدایی‌ترین نقطه چشم (سمت راست)؛ ۸. امتداد خط عمود بر مرکز چشم در پایین بدن؛ ۹. ابتدای قاعده باله پشتی؛ ۱۰. انتهای قاعده باله پشتی؛ ۱۱. حداکثر تورفتگی ساقه دم در بالای ساقه دم؛ ۱۲. حداکثر تورفتگی ساقه دم در محل پایین ساقه دم؛ ۱۳. انتهای قاعده باله مخرجی؛ ۱۴. ابتدای قاعده باله مخرجی؛ ۱۵. قاعده پایین باله سینه‌ای؛ ۱۶. قاعده بالای باله سینه‌ای و ۱۷. انتهایی‌ترین قسمت سرپوش آبشی در جلوی بدن.

نتایج

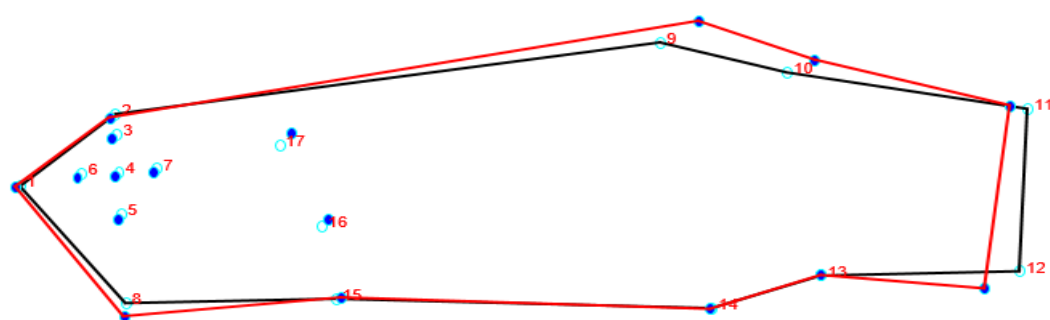
رودخانه مهراں

نتایج تحلیل تابع تشخیصی (DFA) و T-test هتلینگ در مقایسه شکل بدن دو جنس نر و ماده تفاوت معنی داری نشان داد ($T\text{-square} = ۰/۰۰۵$, $P = ۰/۰۰۰۸$) (شکل ۲). مقادیر ماہالانویس و پروکراست (درجه)

تمایز شکل بدن بین دو جنس نر و ماده) به ترتیب ۱۰/۷۴ و ۰/۰۳۳ محاسبه شد. براساس الگوهای جابجایی لندمارک ها، جنس ماده دارای سر، تنه و دم مرتفع تر و ساقه دمی کوتاه تر نسبت به جنس نر است (شکل ۳).



شکل ۲- نمودار آنالیز DFA شکل بدن جنس های نر و ماده *A. hormozensis* رودخانه مهراں

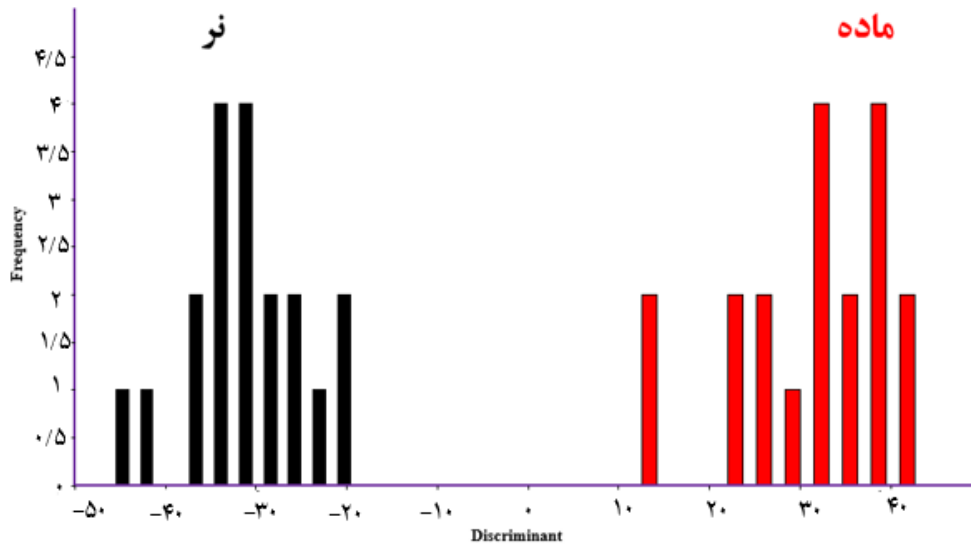


شکل ۳- مقایسه میانگین شکل بدن جنس های نر و ماده *A. hormozensis* در رودخانه مهراں با استفاده از شبکه تغییر شکل (قرمز: ماده و مشکی: نر).

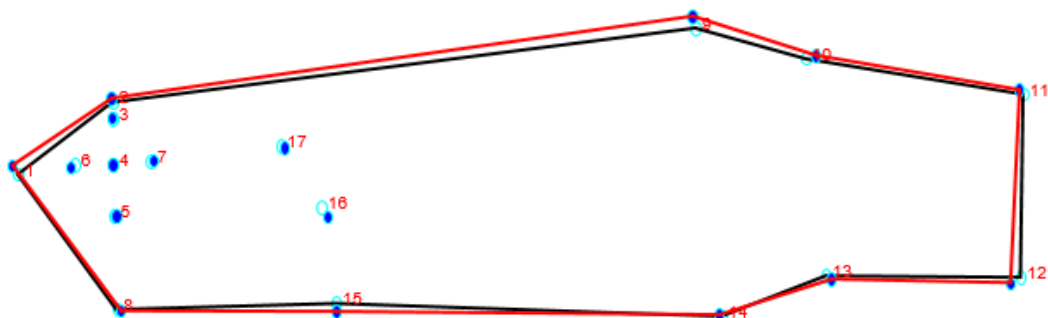
رودخانه شور

نتایج تحلیل تابع تشخیصی (DFA) و T-test هتلینگ در مقایسه شکل بدن دو جنس نر و ماده تفاوت معنی داری نشان داد ($T\text{-square} = ۰/۰۱۹$, $P = ۰/۰۱۷$) (شکل ۴). مقادیر ماہالانویس و پروکراست (درجه)

تمایز شکل بدن بین دو جنس نر و ماده) به ترتیب ۸/۹۹ و ۰/۰۱۷ محاسبه شد. براساس الگوهای جابجایی لندمارک ها، جنس ماده عمق بدن بیشتر و موقعیت دهان فوقانی تر نسبت به جنس نر دارد (شکل ۵).



شکل ۴- نمودار آنالیز DFA شکل بدن جنس‌های نر و ماده *A. hormozensis* رودخانه شور

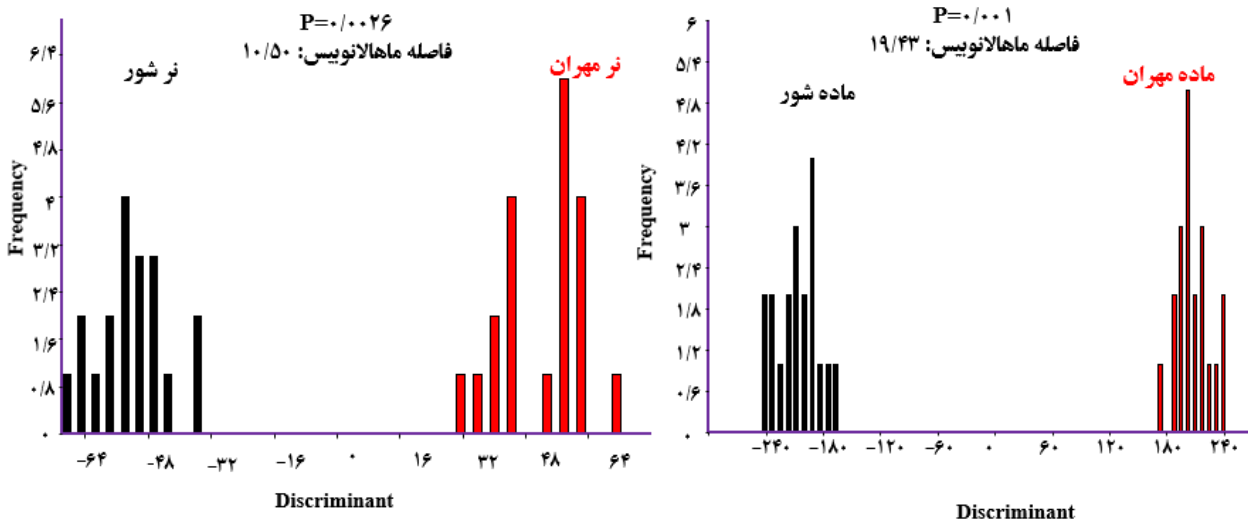


شکل ۵- مقایسه میانگین شکل بدن جنس‌های نر و ماده *A. hormozensis* در رودخانه شور با استفاده از شبکه تغییر شکل (قرمز: ماده و مشکی: نر).

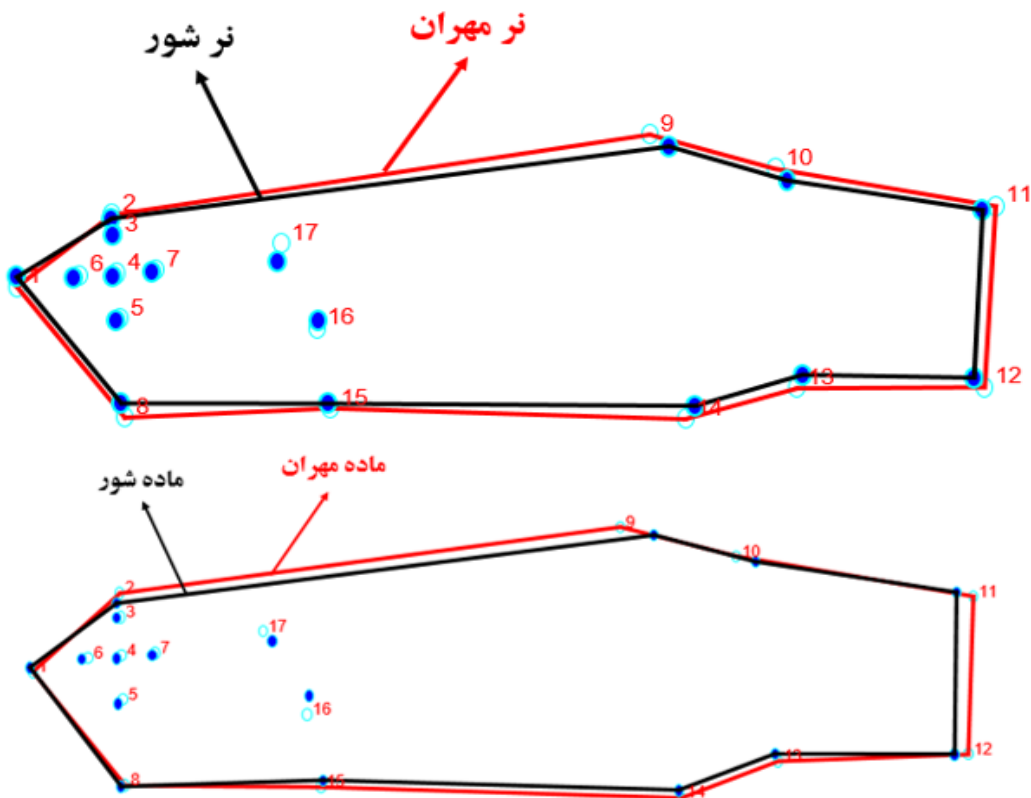
بین جمعیتی

در بررسی تفکیک ریختی جنس‌های مشابه (ماده - ماده و نر - نر) جمعیت رودخانه مهران و شور براساس تحلیل تابع تشخیصی (DFA) و T-test هتلینگ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۶، $P < 0.05$). براساس

نمودار قاب سیمی و الگوهای جابجایی لندمارک‌ها نیز هر دو جنس نر و ماده رودخانه مهران دارای عمق بدنی و طول ساقه دمی بیشتری نسبت به نمونه‌های رودخانه شورند (شکل ۷).



شکل ۶- نمودار آنالیز DFA شکل بدن جنس‌های نر - نر و ماده - ماده *A. hormozensis* رودخانه‌های مهران و شور



شکل ۷- مقایسه میانگین شکل بدن جنس‌های نر - نر و ماده - ماده *A. hormozensis* در رودخانه‌های مهران و شور با استفاده از شبکه تغییر شکل

بحث

مطالعه دوشکلی جنسی و تحلیل آن از جمله موضوعات مهم پژوهشی در اکولوژی ماهیان است (Lombardi-Carlson and Andrews, 2015; An et al., 2017). نتایج این مطالعه وجود دوجنسی ریختی در گورماهی هرمزی در رودخانه‌های مهران و شور را براساس روش ریخت‌سنجی هندسی نشان داد. تفاوت‌های مشاهده شده بین دو جنس نر و ماده این گونه مربوط به عمق بدن بیشتر، اندازه سر بزرگ‌تر، دهان فوقانی تر و طول ساقه دمی کوچک‌تر در جنس ماده بود؛ همچنین در بررسی جنس‌های مشابه در رودخانه‌های مهران و شور در هر دو جنس، رودخانه مهران دارای عمق بدنی و طول ساقه دمی بیشتری نسبت به رودخانه شور بود. براساس مطالعات قبلی سه نوع تمایز ریختی جنسی شامل: ۱. ماده‌های بالغ بزرگ‌تر؛ ۲. نرهای بالغ بزرگ‌تر؛ ۳. اندازه مشابه ولی شکل ریختی متفاوت در دو جنس؛ (Parker, 1992; Pyron, 1996; Erlandsson and Ribbink, 1997; Tuo et al., 2020) در ماهیان گزارش شده است که در این مطالعه علاوه بر ماده‌های بالغ بزرگ‌تر، در هر دو جمعیت رودخانه مهران و شور شکل بدن (شامل اندازه و عمق بدن و جایگاه دهان) متفاوت بود. به‌طور معمول، در جنس ماده، اندازه بزرگ سبب موفقیت در چرخه حیات این جنس می‌شود؛ زیرا اندازه بزرگ ممکن است باعث افزایش باروری شود؛ در حالی که اندازه در جنس نر از انتخاب‌های جنسی توسط جنس ماده و فرایند لقاح تأثیر می‌گیرد. در هر دو جنس نر و ماده هرچه سن بلوغ طولانی‌تر باشد ممکن است سبب کاهش شانس بقا برای تولید مثل شود (Roff, 1986). در مطالعه حاضر، از جمله تفاوت‌های مشاهده شده بین دو جنس نر و ماده در جمعیت رودخانه شور، موفقیت

دهان بود که ممکن است در نتیجه تفاوت در رژیم‌های غذایی یا جایگاه تغذیه دو جنس این گونه باشد. دوشکلی جنسی برای کاهش رقابت غذایی بین دو جنس نر و ماده صورت می‌گیرد و در نهایت، منجر به سازگاری عملکردی در رابطه با عادات و جایگاههای غذایی می‌شود (Spoljaric and Reimchen, 2008).

Teimori و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی خود روی تنوع درون گونه‌ای اتولیت و دوشکلی جنسی وابسته به آن در گونه *A. hormozensis* بیان کردند که دوشکلی جنسی اتولیت ممکن است به دلیل توسعه و رشد ماهی، فاکتورهای جنسی و دوشکلی طرفین اتولیت باشد. نتایج نشان داد جنس‌های نر و ماده جمعیت رودخانه مهران نسبت به جمعیت رودخانه شور دارای عمق بدن و ساقه دمی طویل‌تر بودند. بدن پهن و عمیق سبب سازگاری برای مانور سریع می‌شود (Langerhans et al., 2003)؛ همچنین در بین عوامل زیستی، فشار شکارچی مهم‌ترین عامل مؤثر بر ارتفاع بدن است. افزایش ارتفاع و عمق بدن استراتژی و پاسخ سازگاری برای مقابله با فرایند شکار شدن است که به واسطه افزایش ارتفاع بدن به نسبت دهان و دستگاه گوارش شکارچیان صورت می‌گیرد (Lattuca et al., 2007). ساقه دمی طویل‌تر نیز قابلیت شنا در ماهیان را (Fisher and Hogan, 2007) به واسطه تسریع شروع حرکت افزایش می‌دهد (Webb, 1984).

در نتیجه گیری کلی بیان می‌شود که دوجنسی ریختی در گونه گورماهی هرمزی در دو رودخانه مهران و شور شامل تفاوت در عمق بدن، اندازه سر، موفقیت دهان و طول ساقه دمی بود. این تفاوت‌ها ممکن است به واسطه سازگاری با شرایط محیطی و زیستگاهی ایجاد شده و به تفکیک آشیان از جمله تغذیه در زیستگاه آنها مربوط باشد.

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).
- Adams D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2004). Geometric Morphometrics: Ten Years of Progress Following the "Revolution." *Italian Journal of Zoology*, 71(1), 5-16.
- An, L., Meng, Q., Zhang, L., Dong, X., Li, X., Li, W. and Zhu, S. (2017) Analysis of Morphological Indexes and Discrimination of Male and Female *Erythroculter ilishaeformis*. *Journal of Freshwater Fisheries*, 47(2), 36-41.
- Andersson, M. (1994). *Sexual Selection*. New Jersey: Princeton University Press.
- Caldecutt, W. J., & Adams, D. C. (1998). Morphometrics of Trophic Osteology in the Threespine Stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Journal of Copeia*, 4, 827-838.
- Cavalcanti, M. J., Monteiro, L. R., & Lopes, P. R. D. (1999). Landmark-Based Morphometric Analysis in Selected Species of Serranid Fishes (Perciformes: Teleostei). *Journal of Zoological Studies*, 38(3), 287-294.
- Corti M., Angelo, L. O., & Cataudella, S. (1996). Form Changes in the Sea Bass, *Dicentrarchus Labrax* (Moronidae: Teleostei), After Acclimation to Freshwater: An Analysis Using Shape Coordinates. *Environmental Biology of Fishes*, 47(2), 165-175.
- Darwin, C. (1874). *The Descent of Man; and Selection in Relation to Sex*. New York: Humbolt.
- Dorado, E. L., Torres, M. A. J., & Demayo, C. G. (2012). Sexual Dimorphism in Body Shapes of the Spotted Barb Fish, *Puntius Binotatus* of Lake Buluan in Mindanao, Philippines. *Aquaculture, Aquarium, Conservation, and Legislation*, 5(5), 321-329.
- Douglas, M. E., Douglas, M. R., Lynch, J. M., & Mcelroy, D. M. (2001). Use of Geometric Morphometrics to Differentiate Gila (Cyprinidae) within the Upper Colorado River Basin. *Journal of Copeia*, 2001(2), 389-400.
- Erlandsson, A., & Ribbink, A. J. (1997). Patterns of Sexual Size Dimorphism in African Cichlid Fishes. *South African Journal of Science*, 93(11-12), 498-508.
- Esmaeili, H. R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., & Abbasi, K. (2018). Checklist of Freshwater Fishes of Iran. *FishTaxa Journal*, 3(3), 1-95.
- Fisher, R., & Hogan, J. D. (2007). Morphological Predictors of Swimming Speed: A Case Study of Pre-Settlement Juvenile Coral Reef Fishes. *The Journal of Experimental Biology*, 210, 2436-2443.
- 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.
- Hood, C. S., & Heins, D. C. (2000). Ontogeny and Allometry of Body Shape in The Blacktail Shiner, *Cyprinella venusta*. *Journal of Copeia*, 1, 270-275.
- Kitano, J., Mori, S., & Peichel, C. L. (2007). Sexual Dimorphism in the External Morphology of the Three-Spine Stickleback (*Gasterosteus Aculeatus*). *Journal of Copeia*, 2007(2), 336-349.
- Klingenberg, C. P. (1998). Heterochrony and Allometry: The Analysis of Evolutionary Change in Ontogeny. *Journal of Biological Reviews*, 73(1), 79-123.
- 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.

- Lattuca, M. E., Ortubay, S., Battini, M. A., Barriga, J. P., & Cussac, V. E. (2007). Presumptive Environmental Effects on Body Shape of *Aplocheilichthys Zebra* (Pisces, Galaxiidae) in Northern Patagonian Lakes. *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 25-33.
- Lombardi-Carlson, L. A., & Andrews, A. H. (2015) Age Estimation and Lead-Radium Dating of Golden Tilefish, *Lopholatilus chamaeleonticeps*. *Journal of Environmental Biology of Fishes*, 98(7), 1787-1801.
- Parker, G. A., & Begon, M. (1986). Optimal Egg Size and Clutch Size: Effects of Environment and Maternal Phenotype. *Journal of American Naturalist*, 128, 573-591.
- Parker, G. A. (1992). The Evolution of Sexual Size Dimorphism in Fish. *Journal of Fish Biology*, 41, 1-20.
- Pyron, M. (1996). Sexual Size Dimorphism and Phylogeny in North American Minnows. *Biological Journal of the Linnean Society*, 57, 327-341.
- Roff, D. A. (1986). Predicting Body Size with Life History Models. *Journal of Bioscience*, 36(5), 316-323.
- Rohlf, F. (1999). Shape Statistics: Procrustes Superimpositions and Tangent Spaces. *Journal of Classification*, 16(2), 197-223.
- Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (1990). Extensions of the Procrustes Method for the Optimal Superimposition of Landmarks. *Journal of Systematic Biology*, 39(1), 40-59.
- Rohlf, J. F. (2006). *Ecology and Evolution*. New York: State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf, F. J., & Marcus, L. F. (1993). A Revolution in Morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(4), 129-132.
- Shine, R. (1989). Ecological Causes for the Evolution of Sexual Dimorphism: A Review of the Evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4), 419-461.
- Slatkin, M. (1984). Ecological Causes of Sexual Dimorphism. *Journal of Evolution*, 38, 622-630.
- Spoljaric, M. A., & Reimchen, T. E. (2008). Habitat Dependent Reduction of Sexual Dimorphism in Geometric Body Shape of Haida Gwaii threespine Stickleback. *Biological Journal of the Linnean Society*, 95(3), 505-516.
- Teimori, A., Esmaili, H. R., Nashat, H., & Reichenbacher, B. (2018) Systematics and Historical Biogeography of the *Aphanius Dispar* Species Group (Teleostei: Aphaniidae) and Description of a New Species from Southern Iran. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 56(4), 579-598.
- Teimori, A., Motamedi, M., & Zeinali, F. (2020). Intrapopulation Variation of Otolith Associated with Ontogeny and Morphological Dimorphism in Hormuz Tooth-Carp *Aphanius Hormuzensis* (Teleostei: Aphaniidae). *Acta Zoologica*, (in Press).
- Tuo, Y., Xiao, T., & Wang, H. (2020). Discrimination of Sexual Dimorphism through External Morphology of Spotted Steed (*Hemibarbus Maculatus*) in the Yuanhe River, China. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1), 1539-1550.
- Walker, J. A. (1997). Ecological Morphology of Lacustrine Threespine Stickleback *Gasterosteus Aculeatus* L. (Gasterosteidae) Body Shape. *Biological Journal of the Linnean Society*, 61(1), 3-50.
- Webb, P. W. (1984). Locomotor Patterns in the Evolution of Actinopterygian Fishes. *American Zoologist*, 22(2), 329-342.
- Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, D. H., & Fink, W. L. (2004). *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer*. New York: Academic Press.

