مجله بوم شناسی آبزیان

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

ریخت بوم شناسی سس ماهی کورا (*Barbus cyri*, De Filippi 1865) در حوضه رودخانه سفیدرود

مظاهر زمانی فرادنبه، سهیل ایگدری*، هادی پورباقر، سعید شهبازی ناصرآباد

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

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۳/۰۹/۲۴
اصلاح: ۹۴/۰۱/۲۰
پذیرش: ۹۴/۰۲/۰۹

کلمات کلیدی:
فاکتورهای محیطی
شکل بدن
حوضه سفیدرود
2B-PLS

چکیده

این تحقیق با هدف مطالعه تنوع شکل بدن سس ماهی کورا (*Barbus cyri*, De Filippi 1865) در ارتباط با تغییرات شرایط زیستگاه رودخانه در حوضه رودخانه سفیدرود به اجرا درآمد. برای این منظور تعداد ۲۸۵ قطعه ماهی از سه رودخانه طالقان، توتکابن و کلورز این حوضه با شرایط زیستگاهی کاملاً متفاوت نمونه‌برداری گردید. رابطه بین ویژگی‌های شکل بدن (مستخرج از روش ریخت‌سنجی هندسی) و فاکتورهای محیطی شامل عمق (cm)، عرض (cm)، سرعت جریان (m/s)، شیب رودخانه (٪)، تعداد سنگ‌های بزرگ (>۲۵ سانتی‌متر) بستر، قطر متوسط سنگ بستر (cm)، شاخص سنگ بستر، شاخص پوشش گیاهی ساحل رودخانه و شاخص پوشش جلبکی بستر با استفاده از روش 2B-PLS (two-Blocks Partial Least Squares) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج وجود رابطه معنی‌دار بین متغیرهای زیستگاهی و شکل بدن را در این گونه نشان داد و فاکتورهای عمق و عرض رودخانه، قطر متوسط سنگ بستر را به عنوان فاکتورهای تأثیرگذار نشان داد. تحلیل نتایج روش 2B-PLS نشان داد که شکل بدنی ذخیره رودخانه‌های کلورز، بخش زیادی از ذخیره رودخانه توتکابن و بخشی از ذخیره رودخانه طالقان که دارای بدنی با عمق بیشتر و سر بزرگ و گرد و ساقه دمی کم عمقی‌تر می‌باشند که با ویژگی‌های عمق بیشتر، سرعت کمتر و عرض کمتر و تعداد بیشتر سنگ‌های بزرگ رابطه معنی‌داری دارند و نمونه‌های شکل بدنی دوکی شکل با عمق کم و سری کوچک و ساقه دمی عمیق با سرعت بیشتر آب، عمق زیاد، عرض رودخانه بیشتر و وجود بستری با سنگ‌های کوچکتر رابطه معنی‌داری دارد.

مقدمــه

ویژگی‌های هیدرورلوژیکی بوم‌سازگان رودخانه‌ها معمولاً تحت تأثیر شرایط متنوع زمین‌شناختی از قبیل شیب کانال و ریخت‌شناسی اجزای بستر قرار دارد که این ویژگی‌ها در نهایت بسیاری از جنبه‌های زیستی ماهیان ساکن رودخانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Rajput *et al*., 2013). یک رودخانه طبیعی معمولاً دارای ساختار زیستگاهی پیچیده است که پایداری جوامع ماهیان را امکان‌پذیر می‌سازد. بوم‌سازگان رودخانه‌ای دارای یک ساختار زیستگاهی پیچیده شامل زیستگاه تخم‌ریزی، نوزادگاهی، جوانی و رشد و بلوغ، نواحی تغذیه، پناهگاه، نواحی کم عمق و عمیق به‌علاوه آب جاری و ساکن برای ماهیان ساکن در آن می‌باشد که می‌تواند تمامی مراحل زندگی گونه‌های ماهیان را حمایت کند (Boavida *et al*., 2011).

ویژگی‌های زیستگاه ماهیان به شدت به وسیله الگوهای سرعت و عمق و نیز پارامترهای مرتبط با بستر رودخانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تغییرات در سرعت جریان آب نیز سبب تغییرات ریختی می‌شوند، به خصوص که سرعت جریان آب به دلیل حرکات

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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

توده‌ای بر فرآیندهای فیزیولوژیکی از قبیل فعالیت‌های متابولیکی بر اندازه و شکل بدن مؤثر شناخته شده‌اند (Paez *et al*., 2008). ناهمواری بستر و پوشش گیاهی و جلبکی از این جهت مهم می‌باشد که به نوعی پیچیدگی زیستگاه را افزایش داده و پناهگاهی برای ساکنان آن در برابر سایر ماهیان (به واسطه رقابت و صیادی) ایجاد می‌کند (Boavida *et al*., 2011). به‌علاوه سایر پارامترهای محیطی از قبیل عمق و دمای آب نیز ویژگی‌های زیستی ماهیان را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

تماس ممتد هر فرد به ویژه در مراحل اولیه تکوین با خواص فیزیکی، زیستی و شیمیایی زیستگاه معمولاً پاسخ ریختی در آن فرد را موجب می‌شود. این قبیل پاسخ‌ها که به واسطه انعطاف‌پذیری ایجاد می‌شوند اگر احتمال بقاء یا راندمان استخراج منابع در دسترس را موجب شوند، به عنوان سازش مطرح می‌شوند که در مطالعات بسیاری ماهیان آب شیرین گزارش شده است. مطالعه تنوع شکل بدن در ذخیره‌های ماهی خیاطه (*Alburnoides eichwaldi*) در پاسخ به احداث سد تاریک (اسماعیل‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۲)، بررسی اثرات احداث سد بر تنوع شکل بدنی ذخایر سیاه ماهی (*Capoeta gracilis*) در حوضه رودخانه سفیدرود (Heidari *et al*., 2013)، تغییرات شکل بدن جمعیت‌های ماهی خیاطه (*Alburnoides eichwaldii*) در رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر (ایگدری و همکاران، ۱۳۹۲)، مطالعه انعطاف‌پذیری شکل بدنی جمعیت‌های ماهی گورخری (*Aphanius sophiae* Heckel, 1847) در زیستگاه های مختلف (ایگدری و کمال، ۱۳۹۲)، بررسی اثرات شرایط مختلف محیط پرورش بر شکل بدن در مراحل اولیه رشد در ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare*) (نصراله پورمقدم و ایگدری، ۱۳۹۲) و فیل ماهی (*Huso huso*) (اسحق زاده و همکاران، ۱۳۹۱؛ Asgari *et al*., 2013) از جمله این گزارش‌ها می‌باشد. تنوع ریختی ناشی از تغییر شرایط محیطی به طور گسترده‌ای برای تفکیک گونه‌ها و جمعیت‌های یک گونه توسط ماهی‌شناسان استفاده می‌شود (Liyanage and Da silva, 2012). تغییرات ریختی در محدوده جغرافیایی پراکنش افراد متعلق به یک گونه پدیده‌ای جهان شمول می‌باشد که در بیش‌تر موجودات زنده دیده می‌شود. بنابراین تشخیص و توصیف تغییرات و تفسیر دلیل الگوهای مشاهده شده از جمله وظایف زیست‌شناسی تکاملی و سیستماتیک می‌باشد (Monteiro *et al*., 2003). از این رو بررسی ارتباط بین شکل بدن و ویژگی‌های محیطی امروزه موضوع مطالعات متعددی است (Colangelo *et al*., 2011).

تغییرات شکل بدن در پاسخ به شرایط محیطی در یک موجود، ریخت- بوم‌شناختی خوانده می‌شود. مطالعه سازگاری‌های ریختی ماهیان ساکن محیط‌های پرتنوع مثل رودخانه‌ها می‌تواند به درک برهم‌کنش‌های پیچیده بین محیط و شکل بدن کمک نماید. به علاوه چنین مطالعاتی درک بهتری از اولویت‌های زیستگاهی گونه‌ها و اهمیت حفاظت بالقوه آنها را فراهم می‌کند (Rajput *et al*., 2013).

از جمله تکنیک‌های مورد استفاده در این نوع تحقیقات، استفاده از روش نوین ریخت‌سنجی هندسی است که می‌تواند تغییرات شکل را که حاوی اطلاعات بالایی در زمینه فرآیندهای اکولوژیکی و تکاملی می‌باشد (Monteiro *et al*., 2003)، را با دقت بالا استخراج نماید و در نتیجه امکان بررسی تأثیر متغیرهای زیستگاهی را در جمعیت‌های مختلف یک گونه امکان‌پذیر سازد. روش ریخت‌سنجی هندسی بر خلاف روش‌های سنتی که براساس سنجش فواصل طولی استوار است، مختصات نقاط لندمارک را به - عنوان داده‌های شکل مورد استفاده قرار می‌دهد (Zelditch, 2004).

سس ماهی کورا (*Barbus cyri*) از جمله گونه‌های خانواده کپورماهیان ایران است که در نواحی فوقانی و میانی رودخانه‌ها با بستر سنگلاخی، آبی دارای دامنه دمای ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت آبی بیشتر از ۱ متر بر ثانیه زیست کرده و از حشرات آبزی تغذیه می‌کند (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷؛ Coad, 2014). این گونه به تعداد فراوان در بیشتر رودخانه‌های حوضه‌های محل پراکنش خود شامل حوضه‌های دریای خزر، حوضه دریاچه ارومیه و دجله یافت می‌شود (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷؛ Coad, 2014).

با توجه به وجود تفاوت‌های ریختی بین ذخیره‌های مختلف سس ماهی کورا در زیستگاه‌های مختلف یک حوضه آبخیز این گونه می‌تواند به عنوان الگویی برای بررسی تغییرات شکل بدن در ارتباط با تغییرات شرایط زیستگاهی استفاده شود. از این‌رو این تحقیق با هدف بررسی ریخت‌بوم‌شناسی سس ماهی کورا در سه زیستگاه متفاوت (که می‌تواند به عنوان سه ذخیره مجزا در نظر گرفته شوند) در حوضه رودخانه سفیدرود به اجرا درآمد. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک بهتر تأثیر متغیرهای زیستگاهی بر ویژگی‌های ریختی یک گونه در بوم‌سازگان رودخانه‌ای کمک نماید.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

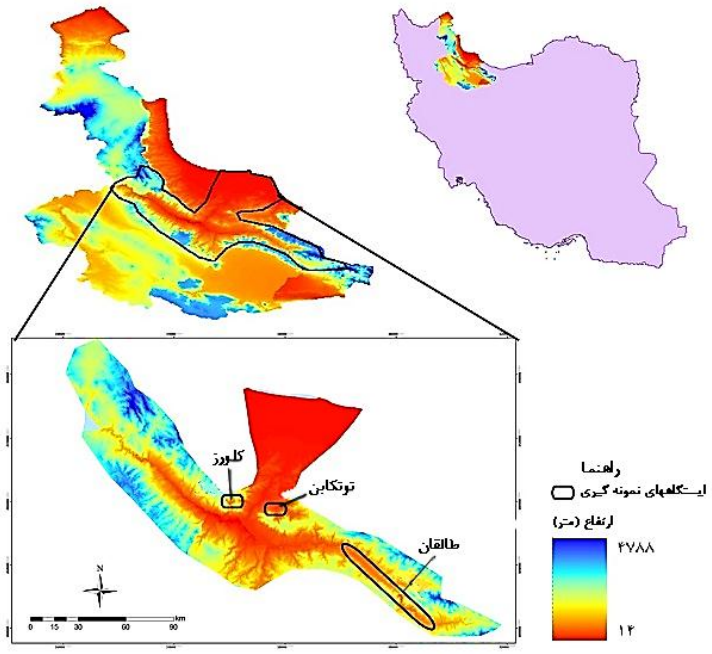
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

در این تحقیق، در مجموع تعداد ۲۸۵ قطعه سس ماهی کورا از سه رودخانه طالقان (۱۸۶ قطعه از ۳۳ ایستگاه)، توتکابن (۵۶ قطعه از ۱۱ ایستگاه) و کلورز (۴۲ قطعه از یک ایستگاه) حوضه رودخانه سفیدرود که دارای ویژگی‌های زیستگاهی متفاوتی از قبیل شدت جریان، عرض و عمق بودند در طی مهرماه ۱۳۹۲ با استفاده از دستگاه الکتروشوکر (Samus Mp750) نمونه‌برداری شدند (شکل ۱). ایستگاه‌های نمونه‌برداری به نحوی انتخاب شدند که علاوه بر عدم همپوشانی با یکدیگر، متأثر از فعالیت‌های انسانی نبوده و بیش‌ترین تعداد ممکن برای پایش کل رودخانه را شامل شوند. نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول عصاره گل میخک، در فرمالین بافری ده درصد تثبیت و برای ادامه مطالعات به آزمایشگاه منتقل شدند.

رودخانه طالقان که در ادامه به نام رودخانه شاهرود خوانده می‌شود از جمله سرشاخه‌های اصلی رودخانه سفیدرود می‌باشد که با طولی حدود ۱۸۰ کیلومتر و دریافت آب بیش از ۱۵ رود کوچک و بزرگ در دره طالقان به سمت غرب جریان دارد. به علاوه این رودخانه بزرگ مجموعه‌ای از زیستگاه‌های متنوع را برای آبزیان ساکن فراهم آورده است. رودخانه توتکابن یکی از شاخه‌های فرعی رودخانه سفیدرود است که یک نهر نسبتاً متوسط می‌باشد و در مسیر خود بیشتر دارای بستر قلوه سنگی و سنگ‌های درشت می‌باشد و در محل شهر توتکابن به رودخانه سفیدرود می‌ریزد. رودخانه کلورز یک نهر کوچک جنگلی با عرض حدود یک متر و یکی از سرشاخه‌های فرعی رودخانه سفیدرود است که بیشتر بستر این نهر جنگلی شنی و گلی و پر از بقایای چوبی می‌باشد و یک زیستگاه کاملاً متفاوت را به نمایش می‌گذارد (افشین، ۱۳۷۴).



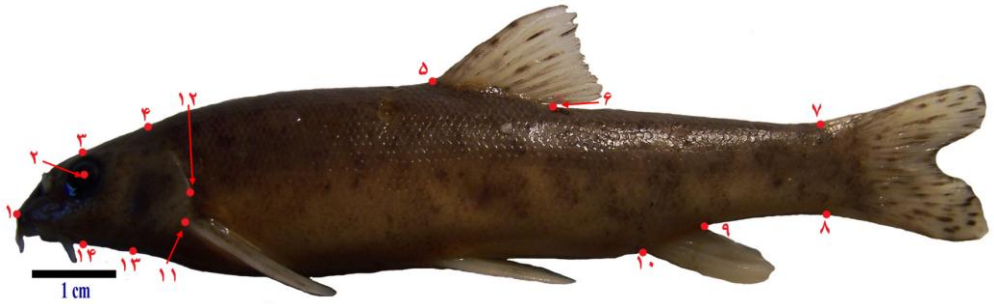
شکل۱. نقشه جایگاه‌های نمونه‌برداری سس ماهی کورا در حوضه رودخانه سفیدرود.

استخراج داده‌های ریختی

برای استخراج داده‌های ریختی از بین نمونه‌های صید شده، به منظور جلوگیری از تأثیر تغییرات آلومتریک در سنین کم تنها نمونه‌های بزرگتر از ۹۰ میلی‌متر که دارای سن بیش از یک سال بودند (Langerudi *et al*., 2013) انتخاب و از نیمرخ چپ آن‌ها تصاویر دو بعدی با استفاده از Copy stand مجهز به دوربین Kodak با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل تهیه گردید. سپس بر روی تصاویر تعداد ۱۴ نقطه لندمارک تعریف و با استفاده از نرم‌افزار tpsDig2 (Rohlf, 2006a) رقومی‌سازی شدند (شکل۲). به منظور استفاده از داده‌های مختصات لندمارک‌ها، میزان همبستگی فواصل پروکراست با فواصل تانژانت در نرم‌افزار Tps small (Version 1.20) مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به میزان همبستگی برابر ۱، از فواصل پروکراست برای آنالیزهای بعدی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

استفاده گردید. در نهایت داده‌های لندمارک برای حذف داده‌های غیرشکل شامل اندازه، موقعیت و جهت براساس آنالیز پروکراست (General Procrust Analysis) در نرم‌افزار TpsPLS 1.18 روی هم‌گذاری شدند.



شکل ۲. نقاط لندمارک تعیین شده بر روی تصاویر ماهیان برای استخراج داده‌های شکل بدن در روش ریخت‌سنجی هندسی: ۱- جلوترین بخش فک بالا، ۲- مرکز حدقه چشم، ۳- محل تقاطع امتداد خط عمود بر لندمارک شماره ۲ در لبه بالای سر، ۴- انتهای سر یا ابتدای تنه، ۵- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۶- انتهای قاعده‌ی باله‌ی پشتی، ۷- لبه بالایی قاعده باله دمی، ۸- لبه پایینی قاعده باله دمی، ۹- انتهای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۰- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی، ۱۱- ابتدای قاعده‌ی باله‌ی سینه‌ای، ۱۲- انتهای سرپوش آبششی، ۱۳- امتداد شکاف آبششی در سطح شکمی، ۱۴- محل تقاطع امتداد خط عمود بر لندمارک شماره ۲ در لبه پایینی سر.

استخراج داده‌های زیستگاهی

در این مطالعه در مجموع تعداد ۹ متغیر شامل عمق متوسط (سانتی‌متر)، سرعت (متربرثانیه)، عرض رودخانه (سانتی‌متر)، شیب، تعداد سنگ بزرگ (>۲۵ سانتی‌متر)، قطر متوسط سنگ (سانتی‌متر)، شاخص بستر، شاخص پوشش جلبکی بستر و شاخص پوشش گیاهی حاشیه مورد بررسی قرار گرفت. متغیرهای زیستگاهی نام برده شده در هر ایستگاه بلافاصله بعد از صید ماهیان و یا همزمان با صید ماهیان اندازه‌گیری شدند.

عمق (cm)، در ۲۰ نقطه از هر ایستگاه، به طور تصادفی، عمق رودخانه اندازه‌گیری و میانگین آن به عنوان متوسط عمق در نظر گرفته شد. عرض رودخانه (m) در سه ناحیه ابتداء، وسط و انتهای هر ایستگاه اندازه‌گیری و میانگین آن به عنوان متوسط عرض رودخانه برای آن ناحیه در نظر گرفته شد. شیب (Km/m^{-1}) با استفاده از دستگاه شیب‌سنج، شیب رودخانه در سه نقطه (در میانه عرض رودخانه) ابتدا، وسط و انتهای طولی هر ایستگاه اندازه‌گیری و میانگین آن به عنوان متوسط شیب رودخانه برای آن ناحیه در نظر گرفته شد. سرعت جریان (m/s) رودخانه براساس روش جسم شناور تخمین زده شد. برای کاهش خطای احتمالی در این روش، در هر ایستگاه اندازه‌گیری سرعت جریان سه بار تکرار شد و میانگین آن به عنوان متوسط سرعت جریان رودخانه برای آن ناحیه در نظر گرفته شد. ساختار بستر با توجه به میزان قطر سنگ‌های غالب بستر رودخانه و اندازه‌گیری قطر سنگ ۲۰ پلات تصادفی ۵۰ در ۵۰ سانتیمتر اندازه‌گیری و طبقه‌بندی شد. با توجه به تنوع قطر سنگ‌ها سعی بر آن شد که پلات انتخابی به نحوی انتخاب شود که معرف آن زیستگاه باشد. شاخص بستر نیز از فرمول زیر (Jowett and Richardson, 1990) محاسبه گردید.

شاخص بستر= ۰/۰۸ × (مساحت ناحیه سنگ صخره‌ای) + ۰/۰۷ × (مساحت ناحیه تخته سنگی) + ۰/۰۶ × (مساحت ناحیه سنگ فرش) + ۰/۰۵ × (مساحت ناحیه شنی) + ۰/۰۳۵ × (مساحت ناحیه ماسه‌ای)

پوشش جلبکی بستر و پوشش گیاهی ساحل رودخانه با مشاهده زیستگاه در زمان نمونه‌گیری به صورت چشمی و تخمینی به صورت درصد و طبق پروتوکل (Platts *et al.*, 1983) تعیین و ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون 2B-PLS (Two-Block Least-Squares) در نرم‌افزارهای TpsPLS 1.18 (Rohlf, 2006b) و PAST به منظور تحلیل ارتباط بین تغییرات شکل بدن و متغیرهای محیطی مورد استفاده قرار گرفت (Rohlf and Corti, 2000). به منظور محاسبه همبستگی کل بین دو مجموعه داده‌های موجود (داده‌های حاصل از لندمارک و داده‌های متغیرهای زیستگاه) از ضریب RV

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

استفاده شد (Escoufier, 1973). درجه معنی‌داری ضریب RV به کمک نرم افزار MorphoJ با جایگشت (permutation) ۱۰۰۰۰ آزمون شد. در این آزمون ارزش ضریب همبستگی هر محور PLS نیز ارائه گردید.
برای ترسیم شبکه تغییر شکل و نمایش تغییرات شکل با تغییر متغیرهای زیستگاهی در طول محورهای PLS، از نرم‌افزار TpsPLS 1.18 استفاده شد. همچنین میزان تأثیرگذاری هریک از متغیرهای زیستگاهی بر روی تغییرات شکل بدن، در دو جهت نمودار PLS ارائه گردیده است. علامت (مثبت یا منفی بودن) و شدت اثر ضرایب همبستگی به کمک جهت و اندازه محورها نمایش داده شدند.

نتایــج

نتایج تحلیل 2B-PLS، ضریب RV را در حدود ۰/۰۷۰۸ (P< ۰/۰۰۰۱) نشان داد که بیانگر معنی‌داری الگوی همبستگی بین متغیرهای زیستگاهی و شکل بدن در این گونه می‌باشد. در این آنالیز محور اول PLS، ۴۴/۵۴۸ درصد و محور دوم ۳۸/۸۹۴ درصد واریانس را در بین مجموعه داده‌ها توصیف می‌کنند (جدول ۱).

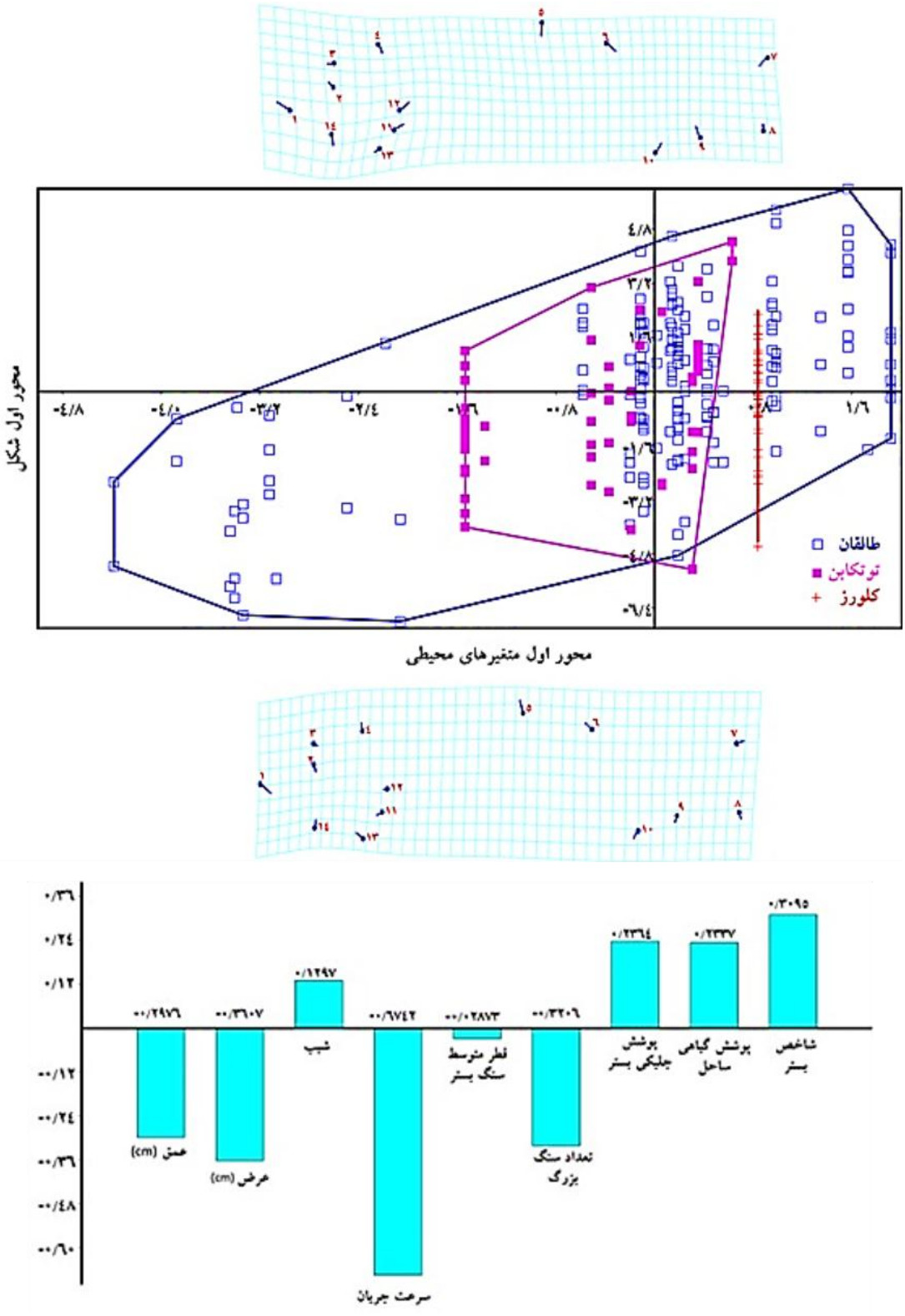
جدول ۱. نتایج تحلیل PLS. وزن هر متغیر بر روی محورهای PLS (محورهای ۱ و ۲) به همراه مقادیر ارزش منحصر به فرد، درصد کوواریانس بیان شده به وسیله هر محور در ارتباط با شکل بدن و سایر متغیرها (P<0.05*).

متغیرها	PLS	
	۱	۲
عمق	۰/۷۴۶	-۰/۶۲۶
عرض	-۰/۱۵۷	-۰/۴۵۴
سرعت	۰/۰۰۹	-۰/۰۱۹
شیب	-۰/۰۲۳	۰/۰۰۵
شاخص پوشش بستر	۰/۰۱۷	۰/۰۹۲
شاخص پوشش حاشیه	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸
تعداد سنگ بزرگ	۰/۰۱۸	-۰/۱۱۱
قطر متوسط سنگ بستر	۰/۶۴۵	۰/۶۱۳
شاخص بستر	-۰/۰۰۹	۰/۰۶۳
ارزش منحصربفرد	۱/۳۸۴	۱/۲۹۴
٪ کوواریانس بیان‌شده	۴۴/۵۴۸*	۳۸/۸۹۴*

در محور PLS1، شکل بدن رابطه معنی‌دار و مثبت بالایی را با متغیرهای زیستگاهی شامل عمق رودخانه و قطر متوسط سنگ بستر نشان داد. همچنین در محور PLS2، شکل بدن رابطه معنی‌دار و بالایی را با متغیرهای زیستگاهی شامل عمق و عرض رودخانه به صورت منفی و قطر متوسط سنگ بستر به صورت مثبت نشان داد (جدول ۱).
با توجه به نمودار مربوط به محور اول شکل بدن و متغیرهای زیستگاهی (شکل ۳)، ذخیره رودخانه طالقان به علت تنوع بالای زیستگاه‌های در دسترس، الگوهای متنوعی از شکل بدن را نسبت به ذخیره دو رودخانه دیگر به نمایش می‌گذارند و بر این اساس با تغییر شرایط محیطی در جهت مثبت محور، نمونه‌ها دارای شکل بدنی با عمق بیشتر، سری بزرگ و گرد و ساقه دمی عمیق‌تر می‌شوند. الگوی شکلی در نمونه‌های ذخیره کلورز و نیز تا حدودی در افراد ذخیره رودخانه توتکابن در جهت مثبت محور اول واقع شده‌اند، دیده می‌شود. افراد با شکل بدنی کشیده و دوکی شکل با سری کوچکتر در نمونه های واقع شده در جهت منفی ذخیره رودخانه طالقان قابل مشاهده هستند و براساس نتایج متغیرهای سرعت، عمق، عرض و بستر با سنگ‌های بزرگ رودخانه بیشترین رابطه را با چنین شکل بدنی نشان دادند (شکل۳).

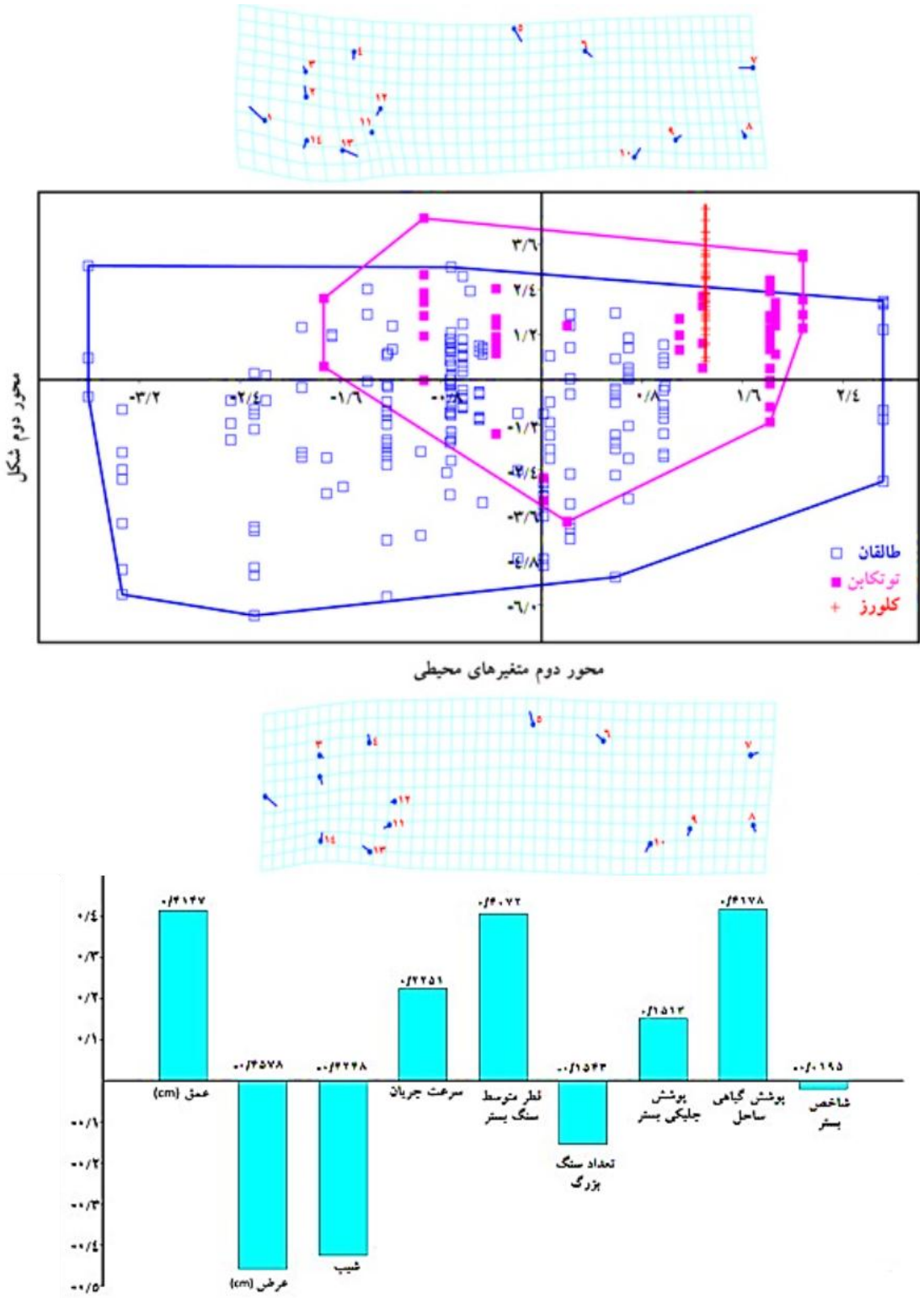
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

در محور دوم نیز رابطه متغیرهای محیطی- شکل تا حدودی مشابه الگوی محور اول بود با این تفاوت که در این محور، دو ذخیره کلورز و توتکابن درجه پایین‌تری از بدنی با عمق بیشتر، ساقه دمی عمیق و سری بزرگ را نشان داد که با متغیرهای محیطی شامل قطر متوسط سنگ، پوشش گیاهی ساحل و عمق رابطه داشتند (شکل۴).



شکل ۳. نمایش نموداری نتایج تحلیل 2B-PLS مربوط به تغییرات شکل بدن در محور اول PLS و میزان اثرگذاری متغیرهای زیستگاهی.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]



شکل ۴. نمایش نموداری نتایج تحلیل 2B-PLS مربوط به تغییرات شکل بدن در محور دوم PLS و میزان اثرگذاری متغیرهای زیستگاهی.

بحث

آزمون 2B-PLS، تحلیل ارتباط بین دو مجموعه از داده‌ها شامل ضرایب Relative Warp را به عنوان توصیف کننده شکل بدن و تغییرات محیطی فراهم می‌کند و به عبارت دیگر نشان می‌دهد که چگونه شکل در ارتباط با تغییر ویژگی‌های محیطی تغییر می‌کند. این آزمون یک مجموعه بردار ارائه می‌دهد که به نوعی بهترین توصیف‌گر ارتباط بین متغیرهای محیطی و شکل بدن

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

موجودات می‌باشند (Rohlf and Corti., 2000). نتایج آزمون 2B-PLS نشان داد که شکل بدن نمونه‌های ماهیان در طول محورهای PLS در ارتباط با تغییر متغیرها در سه زیستگاه فوق تغییر می‌کنند که می‌تواند بیانگر انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن ماهیان برای سازگاری با شرایط محیطی باشد. ماهیان آب شیرین رودخانه‌ای به شدت متأثر از متغیرهای فیزیکی زیستگاه از قبیل عمق، سرعت و بستر و متغیرهای شیمیایی زیستی از جمله فراهم بودن غذا (پوشش جلبک بستر و پوشش گیاهی ساحلی) و حضور شکارچی می‌باشند (Boavida *et al*., 2011). پاسخ ریختی ماهیان یک استراتژی سازشی در محیط‌های بسیار متغیر مثل رودخانه‌ها می‌باشند (Liyanaga and De silva, 2012). شرایط آبی و زمین ریختی رودخانه‌ها به شدت متغیر و متنوع می‌باشند و از این رو زیستگاه‌های بسیار متنوعی را برای حمایت مراحل مختلف حیات ماهیان و سایر آبزیان ساکن آن را فراهم می‌کنند (Chuang *et al*., 2006).

بر اساس نتایج، اکثر افراد متعلق به سه جمعیت ذخیره رودخانه‌های طالقان، توتکابن و کلورز بیشتر در قسمت میانه نمودار PLS پراکنش داشتند که می‌تواند بیانگر عام‌گرا بودن سس ماهی کورا از لحاظ ویژگی‌های ریختی شکل بدن باشد؛ یا به عبارت دیگر شکل بدن این گونه مشابه ماهیان تخصص‌گرا البته با درجه کمتر به تغییرات محیطی برای بقای خود پاسخ می‌دهند (Facey and Grossman, 1990; Kassen and Bell, 1998). بنابراین پراکنش ماهیان از نظر ریختی در قسمت میانه پراکنش می‌تواند بیانگر قابلیت بالای سازگاری سس ماهی کورا در پاسخ به شرایط محیطی و استقرار در زیستگاه‌های متنوع رودخانه‌ای باشند.

در نمونه‌های منطقه طالقان دو گروه ریختی در طول محورهای PLS1 وجود داشت که در بخش منفی محور نمونه‌های دارای بدنی دوکی شکل، عمق کم بدن و سری کوچک و ساقه دمی عمیق بودند و چنین ویژگی‌های ریختی با سرعت بیشتر آب، عمق زیاد، عرض رودخانه بیشتر و وجود بستری با سنگ‌های کوچکتر رابطه معنی‌داری داشتند. سرعت جریان آب به عنوان یک فاکتور اصلی فشار انتخابی بالایی بر روی آبزیان دارد (McGuiga *et al*., 2003). که به وسیله عوامل دیگری از جمله شیب، تغییر عمق آب، وجود پناهگاه‌ها به واسطه تعداد سنگ‌های بزرگ و عرض به عنوان فاکتورهایی با تأثیرگذاری بالا در تفکیک ریختی جمعیت‌های مورد بررسی ایفا نمودند. به طور کلی حداکثر کارایی در شنای پایدار در ماهیانی با بدن دوکی شکل، ساقه دمی عمیق و طویل‌تر گزارش شده است (McGuiga *et al*., 2003; Langerhans, 2008). ماهیان ساکن آب‌های پرسرعت نسبت به ماهیان آب‌های کم سرعت و ساکن، به واسطه بدن دوکی شکل و کم عمق، شکلی بدنی بیشتر هیدرودینامیکی را به نمایش می‌گذارند (McGuiga *et al*., 2003).

همچنین نتایج نشان داد که که در قسمت مثبت محور PLS1 و PLS2 ذخیره‌های کلورز، بخش زیادی از ذخیره رودخانه توتکابن و بخشی از ذخیره رودخانه طالقان قرار گرفته‌اند که دارای بدنی با عمق بیشتر و سر بزرگ و گرد و ساقه دمی کم عمق‌تر می‌باشند که با ویژگی‌های عمق، سرعت و عرض کمتر و تعداد سنگ‌های بزرگتر رابطه معنی‌داری داشتند. همچنین در این زیستگاه‌ها پوشش گیاهی ساحل و پوشش جلبکی بستر نیز رابطه معنی‌دار و مثبتی را به نمایش گذاشتند. داشتن بدنی عمیق می‌تواند باعث کارایی شنای ناگهانی و قدرت مانورپذیری شود (McGuiga *et al*., 2003) که چنین ویژگی‌های بدنی می‌تواند کارایی بالایی را در محیط‌هایی با سرعت کمتر و عمق بیشتر با بستری پوشیده از سنگ‌ها و چوب‌های بیشتر همچون رودخانه کلورز که محیط آرام‌تر و مرده‌ای را فراهم می‌کند، داشته باشد.

ویژگی‌های ریختی دارای عملکردهای مشخصی هستند که کارایی بوم‌شناختی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ویژگی‌های ریختی همچون ارتفاع بدن، سطح نسبی باله‌ها، ارتفاع ساقه دمی به عملکردهایی چون سرعت شنا، توان مانورپذیری و ویژگی‌هایی همچون موقعیت چشم و دهان، خط افقی- میانی بدن به عملکردهای مربوط به تغذیه مرتبط می‌شوند. بنابراین، تنوع بوم‌شناختی در اجتماعات گونه‌ها در یک زیستگاه می‌تواند از ویژگی‌های ریختی ساکنان آن استنتاج شود (Webb, 1984). در بین عملکردهای متعدد، تحرک در زیستگاه یک عملکرد پیچیده و ضروری برای فعالیت‌های موجود زنده می‌باشد که تأثیر مهمی بر شایستگی آن دارد و کارایی سیستم‌های تحرکی به واسطه انتخاب طبیعی گزینش می‌گردد.

نتایج نشان دادند که شکل بدن پیشگوی مناسبی در تفکیک جمعیت‌های مورد بررسی براساس ویژگی‌های زیستگاهی می‌باشد. بنابراین می‌توان الگوی شکل بدن را حتی در گونه‌های عام‌گرا مثل سس ماهی کورا به عنوان شاخصی برای تعیین اولویت‌های زیستگاهی آنها برگزید. همانطور که نتایج نشان داد، در مسیر یک رودخانه به واسطه تغییر تدریجی ویژگی‌های زیستگاهی،

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

ماهیان برای سازگاری در این محیطها ویژگی‌های ریختی خود را تغییر می‌دهند به عنوان مثال رودخانه‌های کلورز و توتکابن با شدت جریان آب کمتر و وجود فضاهای آب ساکن در پشت سنگ‌های بزرگ بستر دارای ماهیانی با بدن و ساقه دمی عمیق و سری بزرگ هستند و در ذخیره طالقان علاوه بر وجود گروه‌های مشابه دو رودخانه مذکور، نمونه‌هایی با بدنی دوکی شکل، کشیده با ساقه دمی کم عمق و کشیده مشاهده می‌شود که به وضوح عملکردهای بوم‌شناختی شکل بدن یا به عبارت دیگر فرضیه‌های ریخت‌شناسی ارتباط بین شکل بدن و ویژگی‌های بوم‌شناسی زیستگاه (Chan, 2001; Gibran, 2010) را تأیید می-کند.

منابـع

اسحق زاده، ح.، ایگدری، س.، پورباقر، ه.، کاظمی، ر. ۱۳۹۱. مقایسه شکل در پیش لاروهای سالم و تلف شده فیل ماهی (*Huso huso*) و الگوهای بدشکلی با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. مجله علمی شیلات ایران. سال بیست و یکم، شماره ۲، صفحات ۱۰-۱.

اسماعیل‌زادگان، ا.، ایگدری، س.، پیربیگی، ع.، ندائی، ش. ۱۳۹۲. اثر سد تاریک رودخانه سفیدرود بر شکل‌بدن ماهیان خیاطه (*Alburnoides eichwaldi* De Filippi, 1863) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. مجله پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی. سال دوم، شماره اول، صفحات ۴۶-۳۹.

افشین، ی. ۱۳۷۴. رودخانه‌های ایران. شرکت مهندسین مشاور جاماب. وزارت نیرو. ۱۱۸۷ ص.

ایگدری، س.، اسماعیل زادگان، ا.، مداح، ع. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات شکل بدن در جمعیت‌های ماهی خیاطه (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) در حوضه دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی. مجله تاکسونومی و بیوسیستماتیک. سال پنجم، شماره ۱۴، صفحات ۸-۱.

ایگدری، س.، کمال، ش. ۱۳۹۲. کاربرد روش ریخت‌سنجی هندسی در مطالعات انعطاف‌پذیری ریختی ماهیان؛ مطالعه موردی مقایسه شکل بدنی جمعیت‌های ماهی گورخری (*Aphanius sophiae* Heckel, 1847) چشمه علی دامغان و رودخانه شور اشتهارد. مجله پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی. شماره اول، سال دوم، ۵۲-۴۷.

نصراله پورمقدم، م.، ایگدری، س. ۱۳۹۲. تأثیر درجه حرارت بر شکل بدن ماهی انجل (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823) در مراحل اولیه رشد با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی. مجله بوم شناسی آبزیان. سال سوم، شماره ۲، صفحات ۳۶-۳۰.

عبدلی، ا.، نادری، م. ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان. ۲۴۲ ص.

Asgari, R., Eagderi, S., Rafiee, G.R., Poorbagher, H., Agh, N., Eshagh Zadeh, H. 2013. Body shape changes during the early development of the Beluga (*Huso huso*). International Journal of Aquatic Biology. (1): 1-5.

Boavida, I., Santos, J.M., Pinheiro, A., Ferreira, M.T. 2011. Fish habitat availability simulations using different morphological variables. Limnetica. 30(2): 393-404.

Chan, M.D. 2001. Fish ecomorphology: predicting habitat preferences of stream fishes from their body shape. PhD. Thesis. Blacksburg, Virginia.

Chuang, L.C., Lin, Y.S., Liang, S.H. 2006. Ecomorphological Comparison and Habitat Preference of 2 Cyprinid Fishes, *Varicorhinus barbatulus* and *Candidia barbatus*, in Hapen Creek of Northern Taiwan. Zoological Studies. 45(1): 114-123.

Coad, B. 2014. Fresh water fishes of Iran. Available from www.Briancoad.com. Accessed 1st Jun 2014.

Colangelo, G., Dürr, S., Jüttner, A., Lellouch, L., Leutwyler, H., Lubicz, V., Wittig, H. 2011. Review of lattice results concerning low-energy particle physics. The European Physical Journal. C. 71(7): 1-76.

Escoufier, Y. 1973. Le traitement des variables vectorielles. Biometrics. 29: 751-760.

Facey, D.E., Grossman G.D. 1990. The metabolic cost of maintaining position for four North American stream fishes: Effects of season and velocity. Physiological Zoology. 63(4): 757-776.

Gibran, F.Z. 2010. Habitat partitioning, habits and convergence among coastal nektonic fish species from the São Sebastião Channel, southeastern Brazil. Neotropical Ichthyology. 8(2): 299-310.

Heidari, A., Mousavi-Sabet, H., Khoshkholgh, M., Esmaeili, H.R., Eagderi, S. 2013. The impact of Manjil and Tarik dams (Sefidroud River, southern Caspian Sea basin) on morphological traits of Siah Mahi *Capoeta gracilis* (Pisces: Cyprinidae). International Journal of Aquatic Biology. 1(4): 195-201.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]

Jowett, I.G., Richardson, J.Y. 1990. Microhabitats of benthic invertebrates in a New Zealand river and the development of in-stream flow-habitat models for *Deleatidium* spp. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 24: 19-30.

Kassen, R., Bell, G. 1998. Experimental evolution in *Chlamydomonas*. IV. Selection in environments that vary through time at different scales. Heredity. 80(6): 732-741.

Klingenberg, C.P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Molecular Ecology Resources. 11(2): 353-357.

Langerhans R.B. 2008. Predictability of phenotypic differentiation across flow regimes in fishes. Integrative and Comparative Biology. 48: 750-768.

Langerudi, S.M.M., Ghafari, M., Gharai, A. 2013. A study on some biological characteristics of *Barbus lacerta* Heckel, 1843, in the Sefidrud River, Guilan province. Journal of Applied Ichthyology Researches. 1(1): 67-86.

Liyanage, N.P.P., De Silva, M.P.K.S.K. 2012. Morphological variation of *Puntius bimaculatus* (Cyprinidae) with respect to altitudinal differences and five major river basins of Sri Lanka. Ruhuna Journal of Science. 4(4): 25-33.

McGuigan, K., Franklin, C.E., Moritz, C., Blows, M.W. 2003. Adaptation of rainbow fish to lake and stream habitats. Evolution. 57(1): 104-118.

Monteiro, A., Prijs, J., Bax, M., Hakkaart, T., Brakefield, P.M. 2003. Mutants highlight the modular control of butterfly eyespot patterns. Evolution and Development. 5: 180-187.

Paez, D.J., Hedger, R., Bernatchez, L., Dodson, J.J. 2008. The morphological plastic response to water current velocity varies with age and sexual state in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. Freshwater Biology. 53(8): 1544-1554.

Platts W.S., Megahan W.F., Minshall, G.W. 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. Gen. Tech. Rep. INT-138. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.70 p.

Rajput, V., Johnson, J.A., Sivakumar, K. 2013. Environmental Effects on the Morphology of the Snow Trout *Schizothorax richardsonii* (Gray, 1832). TAPROBANICA: The Journal of Asian Biodiversity. 5(2): 102-110.

Rohlf, F.J., Corti, M. 2000. Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. Systematic Biology. 49(4): 740-753.

Rohlf, F.J. 2006a. TPS: Thin-plate spline digitize v2.10. Department of Ecology and Evolution, state University of New York at stony Brook.

Rohlf, F.J. 2006b. TpsPLS: Partial Least-Squares, version 1.18. Department of Ecology and Evolution, state University of New York at stony Brook.

Webb, P.W. 1984. Form and function in fish swimming. Scientific American. 251: 72-75.

Willis, S.C., Winemiller, K.O., Lopez-Fernandez, H. 2005. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. Oecologia. 142(2): 284-295.

Zelditch, M. 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. Academic Press, New York.478 p.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1394.5.1.4.5]