بررسی دوشکلی جنسی گاوماهی کورایی *Ponticola cyrius* در رودخانه تجن با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی

حسین رحمانی*، زینب عبداله‌پور و آرش جولاده رودبار

ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گروه شیلات

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۲۲

چکیده

دوشکلی جنسی، از موضوعات مهم و مورد علاقه زیست‌شناسان بوده که در اثر فشار انتخاب طبیعی روی افراد یک جنس براساس سیستم جفت‌گیری، تفاوت اکولوژیکی افراد و فشار انتخاب طبیعی روی صفات وابسته به تولیدمثلی ایجاد می‌شود. این مطالعه باهدف بررسی دوشکلی جنسی ماهی *Ponticola cyrius* در رودخانه تجن (استان مازندران) با استفاده از روش‌های ریخت¬سنجی سنتی و هندسی هدف‌گذاری گردیده است. لذا بدین منظور ۴۰ عدد گاوماهی *P. cyrius* (۲۰ نمونه نر، ۲۰ نمونه ماده) از رودخانه تجن صید گردید. سپس ۳۱ ویژگی ریخت‌سنجی مطلق اندازه‌گیری و ۲۷ ویژگی ریخت‌سنجی نسبی محاسبه گردید. جهت مقایسه ریخت‌سنجی هندسی نیز از دید جانبی چپ، دید پشتی و دید شکمی عکس‌برداری بعمل آمد. بمنظور استخراج داده‌های شکل بدن تعداد ۲۰ لندمارک در دید جانبی، ۱۹ لندمارک در دید شکمی و ۱۲ لندمارک در دید پشتی تعیین و توسط نرم‌افزار tpsDig2 برروی تصاویر دوبعدی رقومی گردید. سپس داده¬های استخراج‌شده مورد تحلیل پروکراست قرارگرفت. نتایج بدست آمده از ریخت¬سنجی سنتی و هندسی توسط آزمون‌های آماری چند متغیره تحلیل تابع افتراقی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تست تی مستقل، مورد تحلیل قرارگرفتند. نتایج تفاوت معنی‌داری را در ویژگی‌های ریخت‌سنجی نسبی، دید پشتی بدن، دید جانبی بدن و دید شکمی بدن در بین جنس نر و ماده از خود نشان دادند ($P<۰/۰۵$). با توجه به نتایج بدست آمده جنس نر در گونه *P. cyrius* دارای طول کل، عرض بدن، ارتفاع سر و طول قائده باله پشتی و مخرجی بزرگتری نسبت به جنس ماده بود. همچنین رنگ جنس نر تیره‌تر و پاپیلای جنسی طویل و نوک تیزتری نسبت به جنس ماده دارد. درمجموع نتایج ریخت‌سنجی سنتی و هندسی این پژوهش، تا حد زیادی یکدیگر را تأیید نمودند.

واژه‌های کلیدی: گاوماهی *P. cyrius* ، ریخت‌شناسی، لندمارک، رودخانه تجن

* نویسنده مسئول، ۰۹۱۱۱۵۶۳۴۲۹ ، پست الکترونیکی: shemaya1975@yahoo.com

مقدمه

خانواده گاوماهیان Gobiidae با داشتن ۲۴۸ جنس و۱۶۳۰ گونه معتبر از بزرگ‌ترین خانواده‌های ماهیان دنیا محسوب می‌شود (۲۲). در حوضه‌های آبریز ایران نیز ۱۵جنس و ۴۰ گونه معتبر از این خانواده گزارش‌شده که حوضه آبریز کاسپین (خزر) با داشتن ۱۲ جنس و ۳۷ گونه مهم‌ترین زیستگاه این خانواده در ایران محسوب می‌گردد (۶). اغلب گونه‌های این خانواده ساکن آب‌شور بوده ولی برخی از آنها به آبهای شیرین نیز وارد شده و بصورت دائمی در آنجا زیست می‌نمایند که بعنوان گونه‌ای شاخص در ایران می‌توان به *P. cyrius* اشاره نمود که در اغلب رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر پراکنده شده است (۲۲).

گاوماهیان دریای خزر بعنوان غذای اصلی ماهیان شکارچی، پرندگان و نیز بدلیل افزایش تولید دیگر ماهیان باارزش مانند تاس‌ماهیان و آزادماهیان در دریا دارای اهمیت اکولوژیک بالایی می‌باشند (۱)، بعلاوه در برخی

کشورها این ماهیان بعنوان طعمه برای صید ماهیان شکارچی، تهیه آرد ماهی، مصارف پزشکی و همچنین صید ورزشی بویژه در نواحی بندری مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۷). گونه *P. cyrius* بعنوان یکی از گونه‌های نسبتاً فراوان خانواده گاوماهیان در قسمت جنوبی دریای خزر، نقش اکولوژیک مهمتری را نسبت به گونه‌های نادرتر این خانواده ایفا می‌کند ولی بدلیل اندازه متوسط، تاکنون مورد بهره‌برداری تجاری قرار نگرفته است، اما نقش بسیار مهم و اساسی را در زنجیره‌ی غذایی ماهیان شکارچی و مهم دریای خزر و حتی پرندگان آبزی به عهده‌دارند (۲۰).

بررسی دوشکلی جنسی یکی از موضوعات موردعلاقه زیست‌شناسان و متخصصین مسائل از زمان داروین بوده است (۵ و ۸). در بررسی تکاملی افراد داخل گونه، مطالعه دوشکلی جنسی از موضوعات مهم در بین محققین است (۱۹). بعضی از محققین اساس دو شکلی جنسی موجودات را فشار انتخاب طبیعی روی افراد براساس سیستم جفت-گیری و انتخاب جفت، فشار انتخاب طبیعی روی صفات وابسته به تولیدمثل و تفاوت بوم‌شناسی افراد در جنس‌های نر و ماده می‌دانند (۸ و ۱۳). بطور سنتی در بررسی دوشکلی جنسی از اختلاف در صفاتی مانند طول کل بدن، طول قسمت‌های خاصی از بدن، نسبت لگاریتم طول نر به ماده و حجم بدن استفاده می‌شود (۸). روش ریخت¬سنجی هندسی، یک ابزار جدید و قدرتمندی را برای بررسی دوشکلی جنسی و یا فرم‌های زیست‌شناختی ارائه می‌کند. شکل یک موجود زنده پایدار بوده و وراثت پذیری بالایی دارد. بنابراین، بررسی تشابهات شکلی موجودات می‌تواند بعنوان روش دقیقی نسبت به اندازه برای بررسی روند تغییرات شکل در فرم‌های زیست-شناختی مورد استفاده قرارگیرد (۱۴). لذا این مطالعه باهدف بررسی دوشکلی جنسی گاوماهی کورا *P. cyrius* در رودخانه تجن (ساری، مازندران) با استفاده از روش‌های ریخت‌سنجی سنتی و هندسی انجام‌شده است.

مواد و روشها

برای انجام این مطالعه ۴۰ نمونه ماهی *P. cyrius* (۲۰ نمونه نر و ۲۰ نمونه ماده) از رودخانه تجن (شکل ۱) به‌وسیله دستگاه الکتروشوکر با ولتاژ ۲۰۰-۳۰۰ ولت صید و بلافاصله در محلول فرمالین ۱۰ درصد تثبیت و برای بررسی به آزمایشگاه منتقل شد. پس از تعیین جنسیت نمونه‌ها به کمک زائده جنسی بین سوراخ مخرج و باله مخرجی، ۳۱ ویژگی ریخت‌سنجی مطلق با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شده (۹) و به‌وسیله فرمول ارائه‌شده توسط بکام (۱۹۸۹) به جهت کاهش خطای ناشی از اندازه ناهمسان، استاندارد شدند.

$$M_{(t)} = M_{(0)}(\frac{L}{L_{(0)}})^b$$

$M_{(t)}$: مقادیر استانداردشده هر صفت، $M_{(0)}$: طول صفت مشاهده‌شده، L: میانگین طول استاندارد برای کل نمونه و برای همه مناطق، $L_{(0)}$: طول استاندارد هر نمونه و b: ضریب رگرسیونی بین $LogM_{(0)}$ و $LogL_{(0)}$ برای هر منطقه می‌باشد.

علاوه بر اندازه‌گیری ۳۱ صفت ریخت‌سنجی مطلق، ۲۷ ویژگی ریخت‌سنجی نسبی نیز با تقسیم صفات ریخت-سنجی مطلق بر طول استاندارد و طول سر (ویژگی‌های موجود در سر ماهی نسبت به طول سر و ویژگی‌های موجود در بدن ماهی نسبت به طول استاندارد) محاسبه گردید. ضریب تغییرات صفات ریخت‌سنجی مطلق نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$C.V_p = 100\sqrt{\frac{\sum S^2}{\sum X^2}}$$

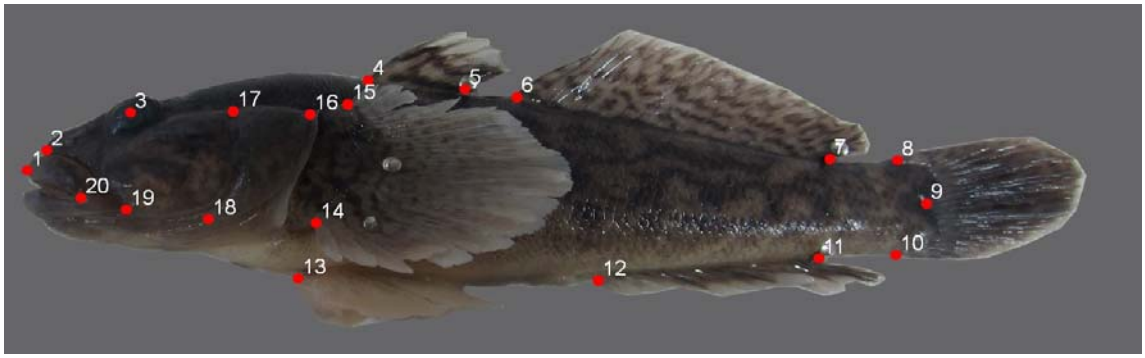
C.Vp: ضریب تغییرات، S^2: واریانس ویژگی موردمطالعه و X^2: مربع میانگین همان ویژگی موردمطالعه می‌باشد.

جهت تعیین معنی‌داری صفات بین دو جنس نر و ماده از آزمون تی مستقل (Independent Samples t-test) استفاده

شد. همچنین جهت بررسی اختلاف‌های ریختی، صفات استاندارد شده ریخت‌سنجی مطلق و ریخت‌سنجی نسبی تحت تحلیل مولفه‌های اصلی (Principal component analysis) و تجزیه‌وتحلیل تابع افتراقی (Discriminant function analysis) قرار گرفت.

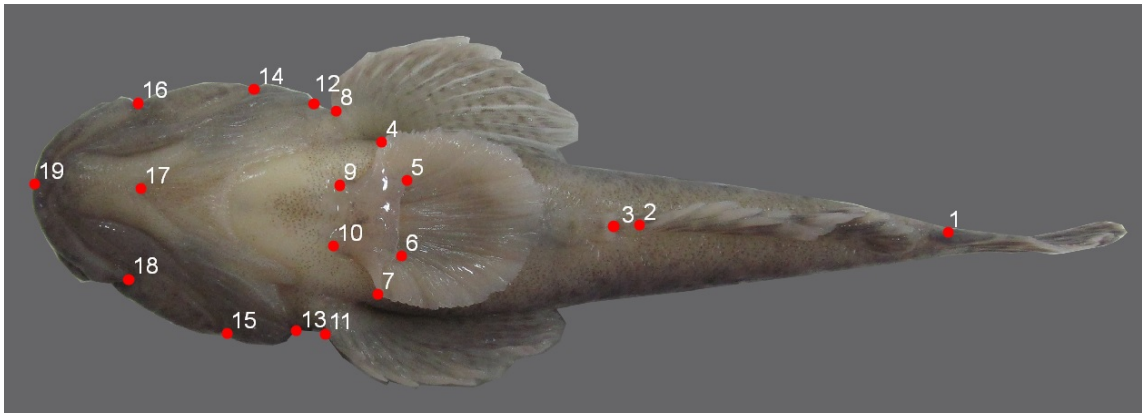
به جهت مقایسه ریخت‌سنجی هندسی نر و ماده ماهی *P. cyrius* نیز از دید جانبی چپ، دید پشتی و دید شکمی با استفاده از دوربین Canon-T100 باقدرت تفکیکی ۲۳ مگاپیکسل عکس‌برداری بعمل آمد. بمنظور استخراج داده-های شکل بدن تعداد ۲۰ لندمارک در دید جانبی (شکل ۲)، ۱۹ لندمارک در دید شکمی (شکل ۳) و ۱۲ لندمارک در دید پشتی (شکل ۴) تعریف و توسط نرم‌افزار tpsDig2 بر روی تصاویر دوبعدی رقومی گردیدند.

شکل۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه نمونه برداری

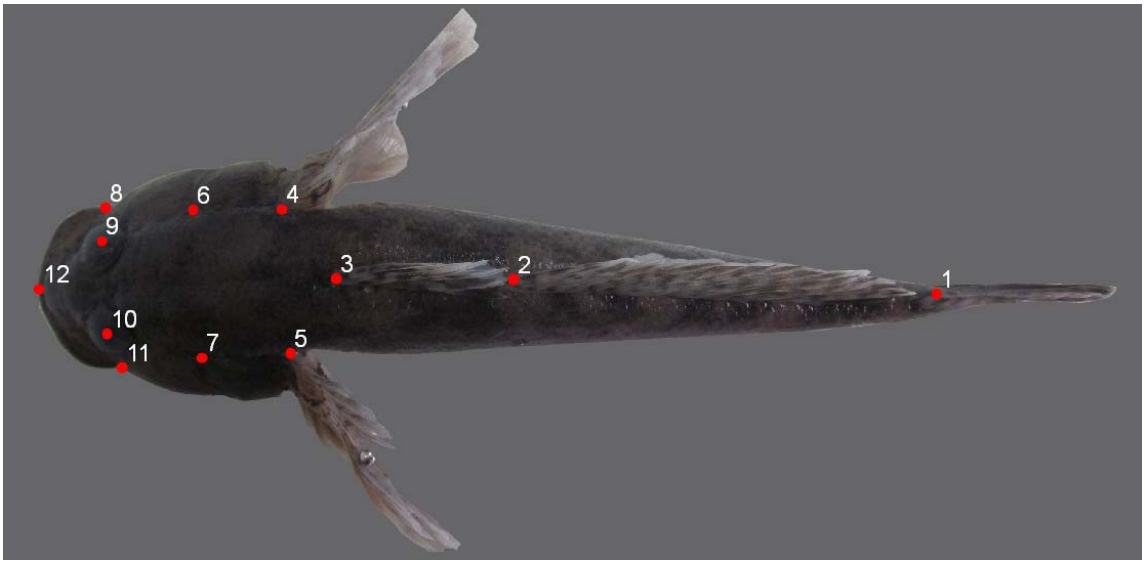


شکل۲- نحوه قرار گرفتن لندمارک های دید جانبی بدن: ۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت پیش‌فک، ۲- انتهایی‌ترین قسمت فک بالا، ۳- مرکز چشم، ۴- ابتدای باله پشتی اول، ۵- انتهای باله پشتی اول، ۶- ابتدای باله پشتی دوم، ۷- انتهای باله پشتی دوم، ۸- لبه‌ی بالایی قاعده ساقه دمی، ۹- انتهای ساقه دمی، ۱۰- لبه‌ی پایینی ساقه دمی، ۱۱- انتهای باله مخرجی، ۱۲- ابتدای باله مخرجی، ۱۳- ابتدای باله شکمی یکپارچه، ۱۴- ابتدای پایینی باله سینه‌ای، ۱۵- ابتدای بالایی باله سینه‌ای، ۱۶- انتهای سرپوش آبششی، ۱۷- انتهای بالایی استخوان اپرکول سرپوشش آبششی، ۱۸- انتهای پایینی

استخوان اپرکول سرپوشش آبششی، ۱۹- انتهای آرواره‌ها، ۲۰- محل اتصال پیش فک با آرواره پایین.



شکل۳-نحوه قرار گرفتن لندمارک های دید شکمی بدن: ۱- انتهای ساقه دمی، ۲- ابتدای باله مخرجی، ۳- انتهای زائده جنسی، ۴- لبه بالایی باله شکمی، ۵- شکستگی بالایی غشای باله شکمی، ۶- شکستگی پایینی غشای باله شکمی، ۷- لبه پایینی باله شکمی، ۸- ابتدای باله سینه‌ای، ۹- ابتدای باله شکمی، ۱۰- ابتدای باله شکمی، ۱۱- ابتدای باله سینه‌ای، ۱۲- انتهای سرپوش آبششی، ۱۳- انتهای سرپوش آبششی، ۱۴- انتهای استخوان اپرکول، ۱۵- انتهای استخوان اپرکول، ۱۶- انتهای آرواره‌ها، ۱۷- مرکز حدفاصل لندمارک‌های ۱۶ و ۱۸، ۱۸- انتهای آرواره‌ها، ۱۹- ابتدای پوزه.



شکل۴- نحوه قرار گرفتن لندمارک های دید پشتی بدن: ۱- انتهای ساقه دمی، ۲- ابتدای باله پشتی دوم، ۳- ابتدای باله پشتی اول، ۴- ابتدای باله سینه-ای، ۵- ابتدای باله سینه‌ای، ۶- انتهای استخوان اپرکول، ۷- انتهای استخوان اپرکول، ۸- انتهای آرواره‌ها، ۹- مرکز چشم، ۱۰- مرکز چشم، ۱۱- انتهای آرواره‌ها، ۱۲- نوک پوزه.

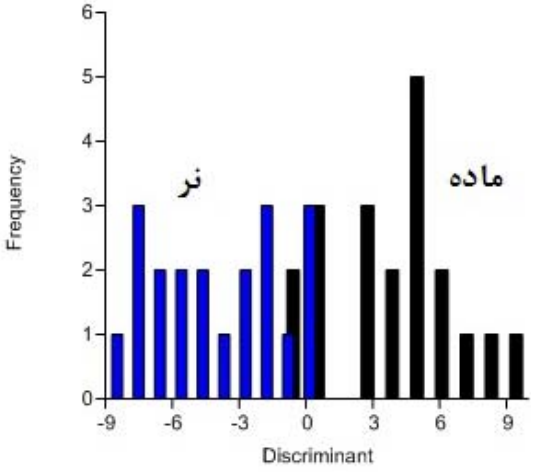
روی هم‌گذاری جایگاه لندمارک‌های نمونه‌ها و حذف تغییرات غیرشکل (اندازه، جهت و موقعیت) با استفاده از تحلیل پروکراست Generalized Procrustes Analysis انجام شد.

سپس نتایج بدست آمده توسط آزمون‌های آماری چند متغیره DFA و ارزش P حاصل از آزمون جای‌گشت (Permutation) و ده‌هزار تکرار مورد تحلیل قرارگرفتند. بمنظور بررسی تفاوت شکل بدن بین جنس نر و ماده گونه *P. cyrius*، تفاوت‌های شکل بدن براساس میانگین شکل بدن هر جنس در شبکه تغییر شکل در نرم‌افزار MorphoJ مصورسازی و مقایسه شدند. همچنین کلیه تحلیل‌های آماری در نرم‌افزارهای PAST Ver.2.17، Excel 2013 و

MorphoJانجام شد.

نتایج

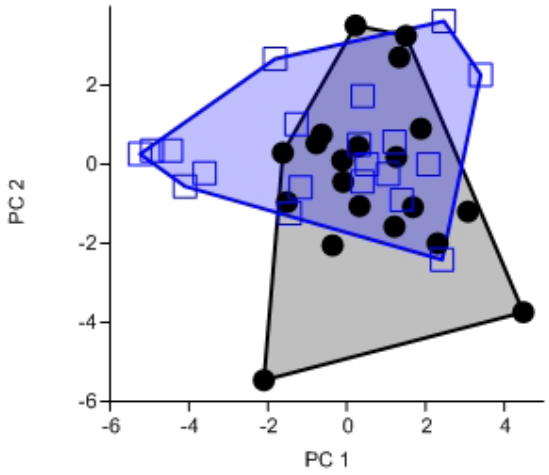
نتایج آزمون تی مستقل (Independent Samples t-test) برای صفات ریخت‌سنجی مطلق استاندارد شده، صفات طول پیش‌پشتی دوم، بیشترین عرض بدن، ارتفاع سر، طول قاعده باله پشتی دوم و طول قاعده باله مخرجی و برای صفات ریخت‌سنجی نسبی صفات ارتفاع نسبی سر، طول نسبی قطر چشم، عرض نسبی دهان، طول نسبی پیش پشتی اول، طول نسبی پیش پشتی دوم، طول نسبی پیش مخرجی، طول نسبی بیش‌ترین عرض بدن، طول نسبی باله مخرجی، طول نسبی باله سینه‌ای و طول نسبی قائده باله پشتی اول در بین جنس‌های مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).



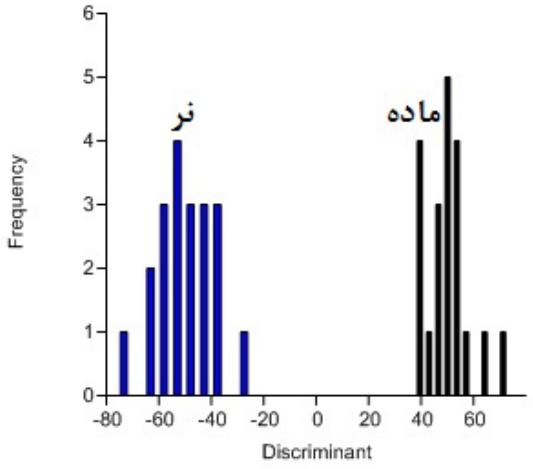
شکل ۵- نمودار حاصل از آزمون DFA صفات ریخت سنجی مطلق

نتایج حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی PCA لندمارک‌های دید جانبی، دید شکمی و دید پشتی بدن به ترتیب هشت، هفت و شش عامل به‌عنوان گروه‌های عاملی اصلی معرفی شدند، که درمجموع در دید جانبی، دید شکمی و دید پشتی بدن به ترتیب ۸۵/۳۷، ۸۴/۷۹ و ۸۷/۷۹ درصد از تغییرات را شامل می‌شدند (P<۰/۰۵) (شکل‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴). نمودارهای ترسیم‌شده براساس دو عامل اول در تمامی زوایای دید، جدایی نسبتاً اندکی را برای دو جنس نر و ماده *P. cyrius* نشان داد (شکل‌های ۹، ۱۱ و ۱۳). نتایج آزمون DFA نشان داد که بین شکل بدن دو جنس مورد مطالعه در تمامی زوایای دید اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

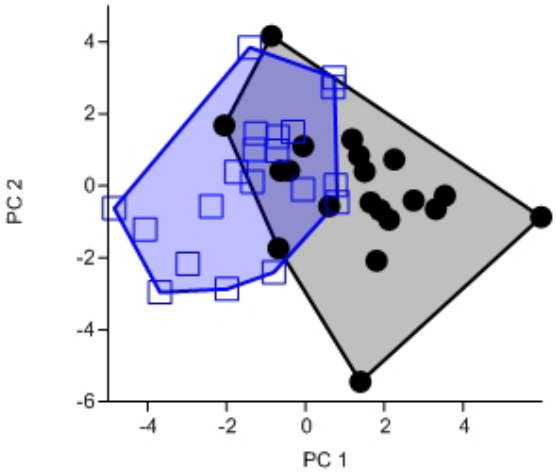
تجزیه‌وتحلیل عاملی برای ویژگی‌های ریخت‌سنجی مطلق و ریخت‌سنجی نسبی ۹ عامل با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ انتخاب‌شده که به ترتیب شامل ۷۶/۰۹ و ۷۴/۷۵ درصد تنوع صفات می‌باشند. همچنین ترسیم پراکنش نقطه‌ای جنس‌های مورد مطالعه براساس فاکتورهای اول و دوم بدست آمده صفات ریخت‌سنجی مطلق و ریخت‌سنجی نسبی به کمک آزمون PCA نشان داد که نمونه‌های مورد بررسی همپوشانی بالایی با یکدیگر داشته و از یکدیگر قابل‌تفکیک نمی‌باشند (شکل‌های ۵ و ۷). نتایج آزمون DFAنیز نشان داد که صفات ریخت‌سنجی مطلق بین دو جنس مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵) (شکل ۶)، اما در صفات ریخت‌سنجی نسبی تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (P<۰/۰۵) (شکل ۸).



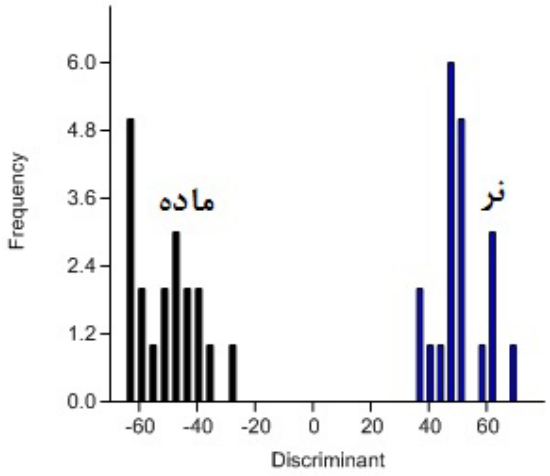
شکل ۶- نمودار حاصل از آزمون PCA صفات ریخت سنجی مطلق (□ جنس نر ● جنس ماده)



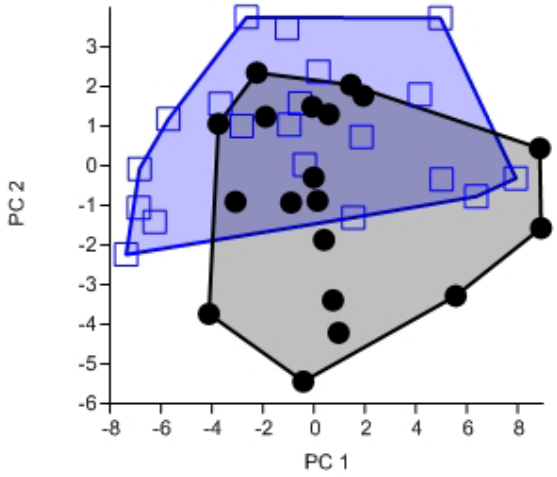
شکل ۷- نمودار حاصل از آزمون DFA صفات ریخت سنجی نسبی



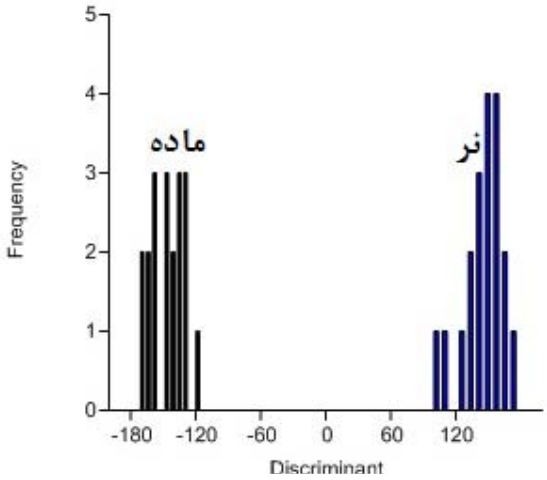
شکل ۸- نمودار حاصل از آزمون PCA صفات ریخت سنجی نسبی
(□ جنس نر ● جنس ماده)



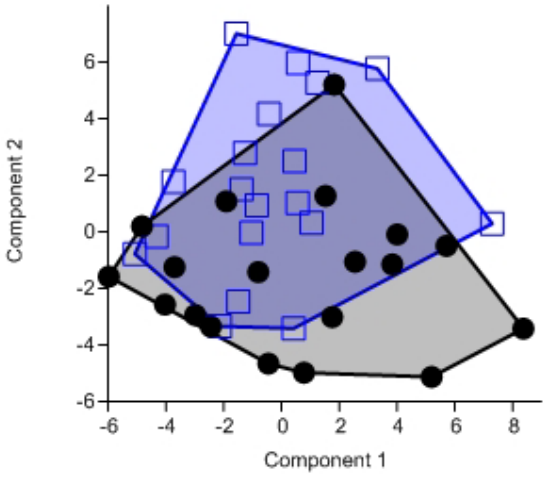
شکل ۹- نمودار حاصل از آزمون DFA دید جانبی بدن



شکل ۱۰- نمودار حاصل از آزمون PCA دید جانبی بدن
(□ جنس نر ● جنس ماده)

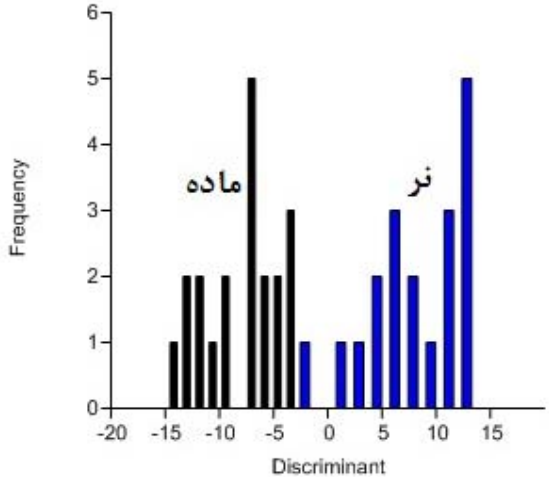


شکل ۱۱- نمودار حاصل از آزمون DFA دید شکمی بدن

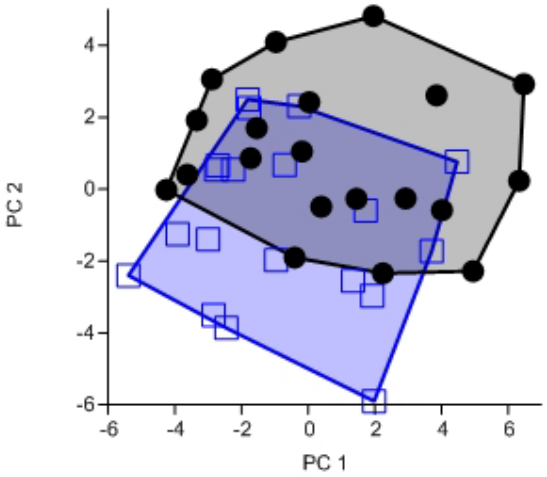


شکل ۱۲- نمودار حاصل از آزمون PCA دید شکمی بدن
(□ جنس نر ● جنس ماده)

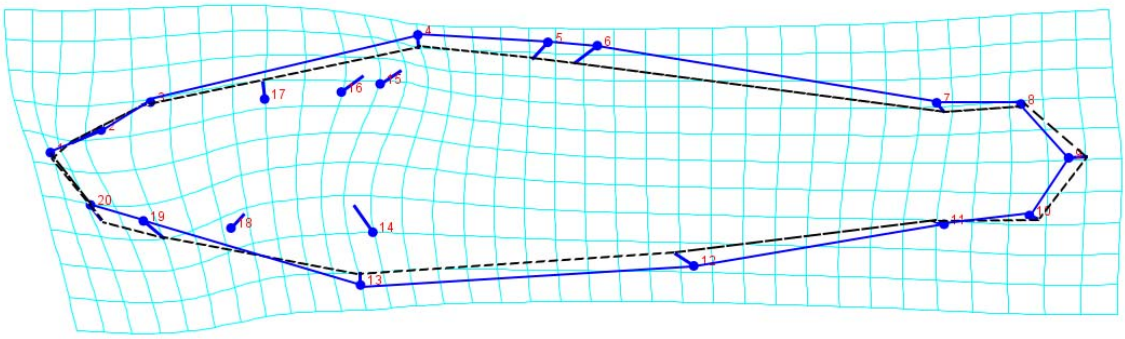
درمجموع به نظر می‌رسد در نمای جانبی لندمارک‌های مرتبط با عرض بدن و عرض سر، در نمای شکمی لندمارک‌های مرتبط با باله شکمی و عرض سر و در نمای پشتی لندمارک‌های مرتبط با محل قرارگیری باله‌های پشتی مهمترین لندمارک‌ها برای شناسایی دوشکلی جنسی گاوماهی کورایی هستند (شکل‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷).



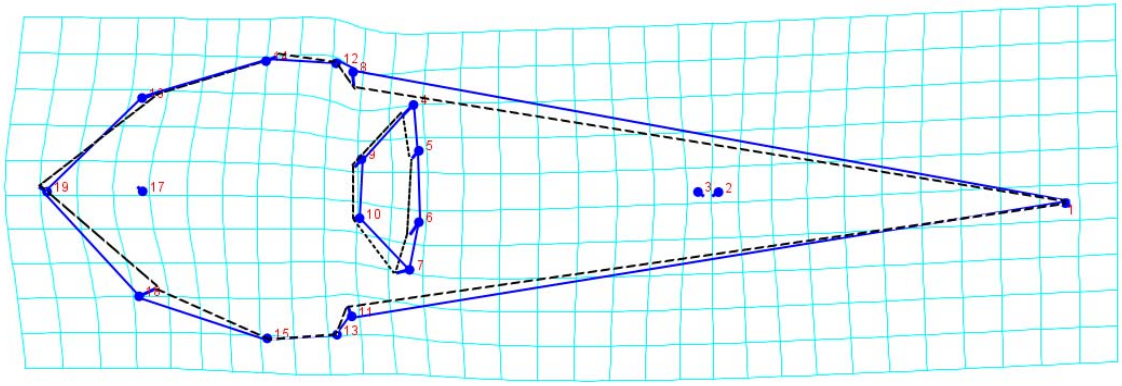
شکل ۱۳- نمودار حاصل از آزمون DFA دید پشتی بدن



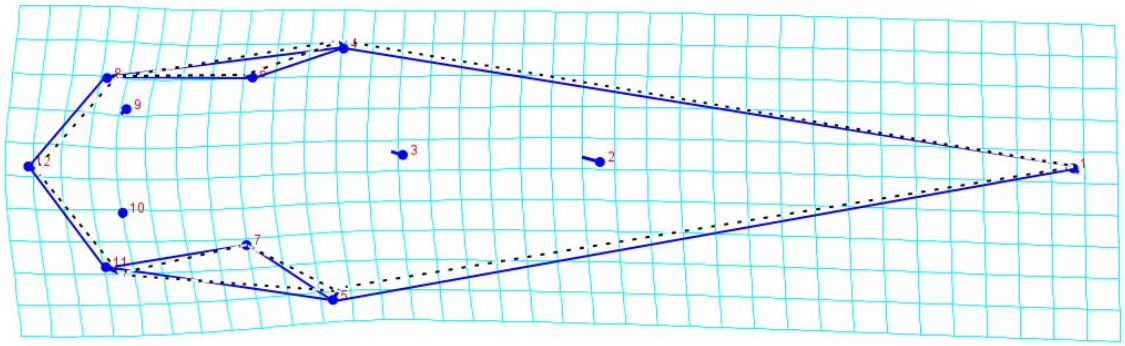
شکل ۱۴- نمودار حاصل از آزمون PCA دید پشتی بدن
(□ جنس نر ● جنس ماده)



شکل ۱۵- مقایسه میانگین شکل جانبی بدن جنس نر و ماده گونه *Ponticola cyrius* (خط آبی جنس نر، خط‌چین سیاه جنس ماده)



شکل ۱۶- مقایسه میانگین شکل شکمی بدن جنس نر و ماده گونه *Ponticola cyrius* (خط آبی جنس نر، خط‌چین سیاه جنس ماده).



شکل ۱۷- مقایسه میانگین شکل پشتی بدن جنس نر و ماده گونه *Ponticola cyrius* (خط آبی جنس نر، خط‌چین سیاه جنس ماده).

بحث و نتیجه‌گیری

عوامل مختلف محیطی، نقش انکارناپذیری بر چگونگی زیست ماهی در اکوسیستم‌های آبی دارند. موجودات آبزی برای بقا، باید با محیط‌زیست خودسازگار شده و به نحوی عمل کنند که کمترین هزینه را در قبال فشارهای محیطی بپردازند (۷). تغییرات در شکل بدن ماهی‌ها می‌تواند به‌واسطه‌ی انعطاف‌پذیری ریختی عمومی ماهیان در زیستگاه هایی با شرایط متفاوت محیطی توضیح داده شود که به علت تغییرات در الگوهای تکاملی ماهیچه‌ها و استخوان‌ها است (۲۱). علاوه بر این شرایط فیزیکوشیمیایی آنها نیز به‌شدت شکل بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد به‌عبارتی‌دیگر شرایط متفاوتی که ماهی در آن شنا می‌کند نیازمند پاسخ‌های حرکتی متفاوت خواهد بود که لازمه‌ی آن تغییرات شکل ظاهری بدن ماهی است (۱۵). این انعطاف‌پذیری نتیجه رژیم‌های استرسی و محرک‌های مکانیکی متفاوتی است که به ماهی وارد می‌شود، بنابراین انعطاف‌پذیری رفتاری، مسئول تغییرات ریختی خواهد بود (۲۱).

بین ضریب تغییرات و وراثت‌پذیری صفات ریخت‌شناسی، یک همبستگی منفی وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر، در تغییرپذیری ویژگی‌های ریخت‌سنجی، آثار زیست‌محیطی نسبت به وراثت‌پذیری مؤثرترند (۱۶)، با توجه به تفاوت ناچیز ضریب تغییرات در بین دو جنس مورد مطالعه به نظر می‌رسد این تفاوت ناچیز بیان‌کننده اختلاف کم در خصوصیات ژنتیکی باشد (۹ و ۱۰).

به‌طورکلی با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعه ریخت-سنجی سنتی این پژوهش جنس نر دارای جثه بزرگتری (میانگین طول و عرض بیشتر) نسبت به ماده‌ها هستند. شبکه تغییر شکل دید جانبی و شکمی نیز نشان‌دهنده‌ی این تغییر است به‌نحوی‌که لندمارک‌های ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ در دید جانبی که همگی به‌نوعی بیانگر تغییر در عرض بدن هستند در جنس‌های مختلف جابجایی نشان داده‌اند (شکل۱۱)، لندمارک‌های شماره ۸ و ۱۱دید شکمی (شکل ۱۳) نیز همانند لندمارک‌های ذکرشده از دید جانبی دارای جابجایی هستند که نشان‌دهنده بزرگی جنس نر می-باشد. ازآنجاکه اثر اندازه توسط تحلیل پروکراست حذف گردید لذا هرگونه اختلاف می‌تواند نشان‌دهنده‌ی اختلاف در شکل بدن باشد نه در اندازه آن‌ها، زیرا با استاندارد کردن داده‌ها اثر اندازه کاهش می‌یابد. کد (۲۰۱۴) بیان نمود که افراد جنس ماده گاوماهی گونه *P. syrman* از نرها کوچک‌تر هستند. عوامل بسیاری بر روی اندازه بدن ماهیان تأثیرگذارند که از بین آن‌ها می‌توان به شکار و شکارگری، جستجوی غذا، مهاجرت و مراقبت والدین اشاره نمود (۱۲) اما یکی از رایج‌ترین استدلال‌هایی که در رابطه با اختلاف ناشی از اندازه‌ی بین جنس نر و ماده مطرح و پذیرفته گردیده نظریه داروین است. براساس این نظریه اندازه بزرگ بدن نرها در بسیاری از گونه‌ها به دلیل استفاده از مزایای آن در پیشبرد تقابل‌های نر- نر و احتمالاً افزایش موفقیت بیشتر برای جفت‌گیری است (۱۰ و ۱۱). پارکر (۱۹۹۲) معتقد است نرهای با جثه بزرگ‌تر اغلب دارای

آزمودگی و برتری‌های بیشتری در تولیدمثل هستند و از طرفی دیگر اندازه بزرگتر ماده‌ها نیز موردتوجه نرها است زیرا باعث افزایش هماوری می‌شود. با توجه به این مساله به نظر می‌رسد همواره باید شاهد افزایش جثه در دو جنس نر و ماده بود، ولی برتری‌های جثه بزرگتر با انتخاب طبیعی در تقابل است به‌عبارتی‌دیگر بین منفعت افزایش جثه و هزینه‌های زندگی یک تعادل وجود دارد، بعنوان مثال بلوغ دیررس که باعث افزایش جثه می‌شود تأثیر منفی را بر نرخ زاد و ولد می‌گذارد همچنین جثه بزرگ‌تر در طول زندگی هزینه‌های بسیار بالاتری را در پی دارد (۱۲).

ارتفاع سر نیز از دیگر صفاتی بود که در بین جنس نر و ماده دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) شبکه تغییر شکل دید جانبی نیز این تغییر را به‌خوبی نشان داد و شکل ۱۱ می‌تواند نشان دهد که لندمارک‌هایی که بر روی سر قرارداشتند (لندمارک‌های ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸) جابجایی نسبتاً زیادی در جنس نر و ماده از خود نشان دادند. شناخت تفاوت‌های جنسی ازنظر شناخت بوم‌شناسی تولیدمثلی گاوماهی می‌تواند حائز اهمیت باشد. وجود سربزرگ در جنس نر ممکن است کمک به جفت‌گیری و گاز گرفتن جنس ماده توسط نر در طول تخم‌ریزی و یا مرتبط به نمایش رفتار تولیدمثلی توسط نرها باشد (۱۱). طول قائده باله پشتی دوم و قائده باله مخرجی در بین دو جنس دارای تفاوت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) شبکه تغییر شکل نیز نشان داد که در نرها باله پشتی اول و دوم در جایگاه عقب‌تری نسبت به ماده‌ها قراردارند (لندمارک‌های ۲ و ۳، شکل ۱۶). افزایش طول قائده باله‌ها با سرعت جریان آب رابطه مستقیم دارد. بطور کلی افزایش طول قائده باله می‌تواند نشان‌دهنده سازش ماهی به جریان‌های تند آب در زیستگاه‌های مختلف باشد بنحوی که این ویژگی سازشی می‌تواند باعث شود ماهی در زیستگاه‌هایی با جریان تند راحتتر شنا نماید (۳ و ۱۸). با توجه به نتایج بدست آمده از ریخت‌سنجی سنتی بنظر می‌رسد اختلاف اندازه قائده باله در بین جنس نر و ماده ناشی از وجود دو شکلی جنسی برای گونه *P. cyrius* باشد. مک‌دوال و دیوید (۲۰۰۸) با مطالعه بر روی گونه *Gobiopterus semivestitus* از خانواده گاوماهیان بیان نمودند که باله‌های دمی و پشتی در جنس نر بزرگتر و لوزی مانند است اما در جنس ماده این باله‌ها داری اندازه کوچکتر و گردتری هستند. عبدالرحمانف (۱۹۶۲) با توجه به نتایج خود بیان نمود جنس نر در گونه *P. gorlap* دارای سر بزرگتر، فاصله پیش پشتی بیشتر، قائده باله دوم پشتی بزرگتر نسبت به جنس ماده است که نتایج فوق مشابه نتایج حاصل از این پژوهش است.

علاوه بر تفاوت‌های ذکر گردیده می‌توان به اختلاف در پاپیلای جنسی در بین جنس نر و ماده نیز اشاره نمود. در جنس نر یک پاپیلای جنسی طویل و نوک‌تیز در بین سوراخ و باله مخرجی قرار دارد، که در جنس ماده این پاپیلا کوتاه‌تر و دارای سری گردتر است. این ویژگی ریخت‌شناسی می‌تواند بعنوان یک ویژگی کاربردی و سودمند برای شناسایی جنس نر و ماده بدون شکافتن فضای شکمی و رؤیت گنادهای جنسی در فصول تولیدمثل مورد استفاده قرارگیرد اما در اغلب موارد این پاپیلا در حالت حدواسطی (بویژه در فصول غیر تولیدمثل و یا در نمونه‌های با اندازه کوچک) قرارمی‌گیرد بنحوی که محقق تنها با تکیه شکل ظاهری پاپیلا نمی‌تواند از شناسایی جنس موردنظر اطمینان حاصل کند، لذا در این مواقع استفاده از روش‌های ریخت‌شناختی می‌تواند به تشخیص درست محقق کمک شایانی کند. بنظر می‌رسد پاپیلای جنسی طویل و نوک‌تیز در جنس نر در دقت تخلیه اسپرم روی تخمک‌های جنس ماده نقش داشته باشد، مک‌دوال و دیوید (۲۰۰۸) نیز این تفاوت در پاپیلای جنسی در جنس نر و ماده را در گونه *Gobiopterus semivestitus* گزارش نمودند هم‌چنین آن‌ها بیان نمودند لوب بالایی باله دمی در ماهی نر از ماده بلندتر است و نحوه انشعابات باله دمی در جنس نر با جنس ماده متفاوت است. دوشکلی جنسی به‌وسیله ساختار ژنتیکی یک موجود زنده و اثرات

زیست‌محیطی بر روی آن‌ها تعیین می شود وقتی مانع فیزیکی برای جریان و شارش ژنی (Gene flow) وجود نداشته باشد تفاوت‌های ژنتیکی کمتر باعث تفاوت در فنوتیپ موجودات می‌شود (۲۱). علاوه بر سودمند بودن شناخت دوشکلی جنسی در تشخیص، شناسایی و بوم-شناسی تولیدمثلی گونه‌ها، این شناخت می‌تواند در زمینه شیلاتی نیز سودمند باشد به‌عنوان مثال برای گونه‌هایی که دارای دوشکلی جنسی هستند انتخاب از جنس بزرگتر پس از بلوغ می‌تواند برای اهداف تجاری شیلاتی مفیدتر واقع باشد (۱۲).

منابع

۱. پیرمحمدی، م.، عبدلی، ا.، و قربانی، ر.، ۱۳۹۳. برخی خصوصیات زیستی گاوماهی سرگنده *Neogobius igorlap* در جنوب-شرقی دریای خزر، محدوده استان گلستان، مجله پژوهشهای جانوری، (۱) ۲۷، صفحات ۱۳-۲۱.

2. Abdurakhmanov, A., 1962. Ryby Presnykh vod Azerbaidzhana [Freshwater Fishes of Azerbaidzhan]. Akademii Nauk Azerbaidzhanskoi SSR, Institut Zoologii, Baku. 407 p.

3. Beacham, T.D., Murray, C.B., and Withler, R.E., 1989. Age, morphology, and biochemical genetic variation of Yukon River Chinook salmon. Transactions of the American Fisheries Society, 118, PP: 46-63.

4. Coad, B.W., 2014. Freshwater fishes of Iran. Available at: http://www.briancoad.com (accessed on 17 May 2014).

5. David, J.R., Gibert, P., Mignon-Grasteau, S., Legout, H., PÉtavy, G., and Beaumont, C., 2003. Genetic variability of sexual size dimorphism in a natural population of *Drosophila melanogaster*: An isofemale-line approach. Journal of Genetics, 82, PP: 79-88.

6. Esmaeili, H., Coad, B., Gholamifard, A., Nazari, N., and Teimori, A., 2010. Annotated checklist of the freshwater fishes of Iran. Zoosystematica Rossica, 19, PP: 361-386.

7. Fuiman, L., and Batty, R., 1997. What a drag it is getting cold: partitioning the physical and physiological effects of temperature on fish swimming. Journal of Experimental Biology, 200, PP: 1745-1755.

8. Hood, C., 2000. Geometric morphometric approaches to the study of sexual size dimorphism in mammals. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy, 11(1), PP: 77-90.

9. Jooladeh Roodbar, A., Rahmani, H., Esmaeili, H.R., and Vatandoust, S., 2014. Morphological variations among *Chondrostoma regium* populations in the Tigris River drainage. AACL Bioflux, 7, PP: 276-285.

10. Mamuris, Z., Apostolidis, A.P., Theodorou, A.J., and Triantaphyllidis, C., 1998. Application of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers to evaluate intraspecific genetic variation in red mullet (*Mullet barbatus)*. Marine Biology, 132(2), PP: 171-178.

11. McDowall, R., and David, B., 2008. Gobiopterus in New Zealand (Teleostei: Gobiidae), with observations on sexual dimorphism. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 42, PP: 325-331.

12. Parker, G., 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish. Journal of Fish Biology, 41, PP: 1-20.

13. Reeve, J.P., and Fairbairn, D.J., 1999. Change in sexual size dimorphism as a correlated response to selection on fecundity. Heredity, 83, PP: 697-706.

14. Rohlf, F.J., 1996 Morphometric spaces, shape components and the effects of linear transformations. in Marcus, L.F., Corti, M., Loy, A., Naylor, G. and Slice, D.E. (eds.) Advaces in Morphometrics in I1 Ciocco, Italy. Plenum Pblishing Corp., New York, PP: 117-129.

15. Sfakianakis, D.G., Leris, I., Laggis, A., and Kentouri, M., 2011. The effect of rearing temperature on body shape and meristic characters in zebrafish (*Danio rerio*) juveniles. Environmental biology of fishes, 92, PP: 197-205.

16. Soule, M., and Couzin-Roudy, J., 1982. Allometric variation. 2. Developmental instability of extreme phenotypes. American Naturalist, 120, PP: 765–786.

17. Svetovidov, A.N., 1962 Fauna of the USSR: Fishes. Gadiformes: Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 304 p.

18. Swain, D.P., and Holtby, L.B., 1989. Differences in morphology and behavior between juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) rearing in a lake and in its tributary stream. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46, PP: 1406-1414.

19. Teder, T., and Tammaru, T., 2005. Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects. Oikos, 108, PP: 321-334.

20. Vasil'yeva, Y., and Vasil'yev, V., 1994. On the Systematics of caucasian gobies (Gobiidae): Craniological and karyological analyses and distribution by biotope of some populations from the Black Sea and Caspian Basins. Journal of Ichthyology, 34, PP:14-25.

21. Wimberger, P.H. 1992. Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of Geophagus (Pisces : Cichlidae). Biological Journal of the Linnean Society, 45, PP: 197-218.

22. Zhang, Z.Q., 2011. Animal biodiversity, An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness: Zootaxa, 3148, PP: 1-237.

Evaluation of sexual dimorphism in *Ponticola cyrius* in Tajan River using geometric-morphometric and traditional morphometric methods

Rahmani H., Abdollahpour Z. and Jooladeh Roudbar A.

Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. of Iran

Abstract

Sexual dimorphism is one of the most important an interested subject for biologists that as a result of natural selection pressure on individual based on mating system, the ecological differences between individual and the pressure of natural selection on reproductive associated traits. This study aimed to evaluate the sexual dimorphism in *Ponticola cyrius* fish in the Tajan River (Mazandaran Province-Iran) using geometric morphometric and traditional morphometric methods. Accordingly, 40 *Ponticola cyrius* (20 males and 20 females) were caught form the Tajan River. Thereafter, 31 absolute morphometric characteristics were measured and also 27 relative morphometric characteristics were calculated. To compare the geometric morphometric, images were captured form left-side, dorsal and abdominal views. In order to extract data from the body shape of fish, 20, 19 and 12 landmarks determined in the side, abdominal and dorsal view, respectively, and then were digitalized by tpsDig2 software on 2D pictures. Consequently, the obtained data were analyzed by application of Procrustes method. Data from geometric morphometric and traditional morphometric analysis were evaluated using Principal component analysis, Discriminant function analysis and t-test. The results revealed a significant difference between male and female in all of the mentioned views. According to the results, the male sex of *Ponticola cyrius* has greater length, body width, head height, dorsal and anal fin length the female one. In addition, the body color of male fish was darker with longer and sharper sex papilla compared to the female one. In conclusion, the traditional and geometric morphometric results in this study coincided remarkably.

Key words: Kura River goby, *Ponticola cyrius*, Morphology, Landmark, Tajan River