

ریخت‌سنجی مقایسه‌ای ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) وحشی صیدگاه بندر ترکمن و مرکز

## تکثیر استان گیلان (سیلور کارپ) با استفاده از سیستم تراس

رویا بختیار<sup>۱</sup>، سید رضا میرائی آشتیانی<sup>۱\*</sup>، اردشیر نجاتی جواری<sup>۱</sup>، محمدحسین مرادی<sup>۲</sup>، Paulino Martínez<sup>۳</sup>

۱- گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست دانشگاه اراک، اراک، ایران

۳- گروه جانورشناسی، ژنتیک، دانشگاه Santiago de Compostela، اسپانیا.

## چکیده

## نوع مقاله

## مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵

\*نویسنده مسئول:

ashtiani@ut.ac.ir

این مطالعه با هدف بررسی مقایسه‌ای خصوصیات ریخت‌شناسی ماهیان مولد کپور معمولی وحشی (دریایی) و پرورشی انجام شد. به این منظور، در مجموع ۷۰ نمونه ماهی که شامل ۲۵ نمونه ماهی کپور معمولی وحشی از صیدگاه بندر ترکمن و ۴۵ نمونه ماهی کپور معمولی پرورشی از مرکز تکثیر سیلور کارپ (خوشحال) در استان گیلان، جمع‌آوری شدند. داده‌های ریخت‌سنجی با استفاده از فرمول Elliott استاندارد شدند و سپس از آزمون‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز تابع متمایزکننده (DFA) استفاده شد. جهت بررسی معنی‌داری تفاوت بین صفات در دو جمعیت نیز از آزمون t استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد دو جمعیت ماهیان مولد وحشی و پرورشی با استفاده از PCA به طور کامل از یکدیگر تفکیک می‌شوند و بر اساس آنالیز DFA، افراد با صحت بالا (۹۸٪) به گروه‌های جمعیتی خود اختصاص پیدا می‌کنند. از بین ۳۳ فاصله تراس آنالیز شده، ۱۶ فاصله تفاوت معنی‌داری را در بین دو جمعیت مورد مطالعه نشان دادند ( $P < 0.05$ ). نتایج این تحقیق نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه را می‌توان با اختلاف ریخت‌شناسی به خصوص در طول باله پشتی، طول باله سینه‌ای، طول باله شکمی، طول باله مخرجی، عرض باله پشتی، عرض بدن و عرض ساقه دم، فاصله بین باله سینه‌ای و شکمی، طول پیش باله پشتی و طول پیش باله مخرجی از هم متمایز کرد. در مجموع نتایج نشان داد که از نظر خصوصیات ریخت‌شناسی، جمعیت ماهی کپور معمولی وحشی (دریایی) و پرورشی به طور معنی‌داری از همدیگر متمایز شده‌اند.

**کلید واژه‌ها:** ماهیان مولد کپور، ماهی کپور معمولی پرورشی، ماهی کپور معمولی وحشی، سیستم

تراس، ریخت‌سنجی مقایسه‌ای.

## مقدمه

امروزه ماهیان گرمابی از جایگاه ویژه‌ای در کشور برخوردار هستند، به طوری که بیش از ۷۰ درصد تولیدات آبزیان پرورشی را به خود اختصاص می‌دهند. ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) که یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورش ماهیان گرمابی است، حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد کل ماهیان پرورشی را به خود اختصاص می‌دهد<sup>[۱]</sup>. ماهی کپور گونه‌ای از ماهیان آب شیرین می‌باشد که منشأ آسیایی داشته<sup>[۲]</sup> و به دلیل خصوصیات ویژه این ماهیان مانند نرخ رشد سریع و سهولت پرورش، به طور وسیعی در سراسر جهان پرورش داده می‌شوند<sup>[۳]</sup>. علاوه بر این، کپور وحشی (دریایی) یکی از گونه‌های مهم موجود در دریای خزر می‌باشد و سواحل شرقی دریای خزر بهترین زیستگاه کپور دریایی است<sup>[۴]</sup>. کپور معمولی وحشی دارای سه جمعیت تالابی، مصبی و پرورشی در ایران بوده بطوری که دو جمعیت وحشی تنها درحوضه دریای خزر زیست نموده، ولی جمعیت پرورشی آن امروزه اغلب استان‌های کشور و پشت سدها وجود دارد. اندازه کپورهای وحشی نسبتاً بزرگ و غالباً بین ۴۰ تا ۸۰ سانتیمتر و وزن آنها اغلب ۳ تا ۶ کیلوگرم می‌باشد. سن این ماهیان نیز بندرت از ۲۰ سال تجاوز نموده و از نظر غذایی جزء ماهیان همه‌چیزخوار محسوب می‌شوند که تنوع غذایی نسبتاً وسیعی (گیاهی و جانوری) دارند. جمعیت مصبی نیمه مهاجر (دریازی) بوده و جمعیت تالابی بومی رودخانه‌ها و تالاب‌ها است<sup>[۴]</sup>. ماهیان قادرند برای ادامه حیات با شرایط مختلف محیطی سازگار شده<sup>[۳]</sup> و در این بین، عوامل محیطی در شکل‌دهی خصوصیات ریخت‌شناسی این موجودات در روند تکامل نقش بسزایی دارد<sup>[۵]</sup>. در واقع شکل بدن نه تنها منعکس‌کننده ویژگی‌های ژنتیکی، بلکه نشانگر وضعیت ویژگی‌های

محیطی و زیستگاهی آن‌ها نیز می‌باشد<sup>[۶]</sup>. به عبارت دیگر جمعیت‌های یک گونه ماهی در نتیجه سازگاری با شرایط زیستگاهی مختلف می‌توانند دچار تغییرات ریخت‌شناسی متفاوتی شده و از سایر جمعیت‌های آن متمایز گردند<sup>[۷]</sup>. از این رو شناخت این تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های یک گونه از نظر حفاظت و درک روند تکامل آنها به عنوان واحدهای تکاملی اهمیت بسزایی دارد<sup>[۸]</sup>.

سیستم جدیدی که بعد از ریخت‌شناسی سنتی معرفی شد، سیستم شبکه تراس (Truss network system) نام دارد که شامل مجموعه‌ای از فواصل میان نقاط از پیش طراحی شده به نام نقطه نشانه (Landmark) است که در اطراف جسم مورد بررسی قرار گرفته‌اند<sup>[۹]</sup>. این روش براساس فضای دو بعدی عمل می‌کند، به طوری که کل بدن به طور کامل تحت پوشش قرار می‌گیرد و برخلاف روش سنتی مدل خوبی را از شکل واقعی نمونه ارائه می‌دهد<sup>[۱۰]</sup> و <sup>[۱۱]</sup>. Anvarifar و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از سیستم شبکه‌ای تراس و آنالیز تابع متمایزکننده (DFA) (Discriminant Function Analysis) در تحقیقی روی جمعیت‌های سیاه ماهی *Capoeta capoeta gracilis* رودخانه تجن گزارش کردند جمعیت‌های پایین و بالای این رودخانه به صورت کامل از یکدیگر متمایز می‌شوند<sup>[۱۲]</sup>.

هدف از تحقیق حاضر که برای اولین بار در ماهیان کپور ایران انجام شده است، بررسی کاربرد روش ریخت‌سنجی با استفاده از سیستم تراس در ارزیابی انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) وحشی و پرورشی در دو محیط کاملاً متفاوت است. شناخت این الگوی تفاوت می‌تواند به درک بهتر علت بروز چنین تفاوت‌های ریختی ناشی از انتخاب و تاثیر فاکتورهای محیطی کمک کند.

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌گیری و جمع‌آوری رکوردهای فنوتیپی

جهت انجام این تحقیق، ۲۵ ماهی کپور معمولی وحشی و ۴۵ ماهی کپور معمولی پرورشی نمونه‌گیری شدند. ماهی‌های کپور وحشی از صیدگاه بندر ترکمن جمع‌آوری و به آزمایشگاه ماهی‌شناسی مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی-گرگان انتقال داده شدند. نمونه‌ها با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و باله‌های آنها با استفاده از سوزن ته گرد ثابت و عکس‌برداری انجام شد. از ماهیان کپور معمولی پرورشی مرکز تکثیر سیلور کارپ در استان گیلان نیز بعد از بیهوشی با میخک یک درصد، عکس‌برداری شد. جهت عکس‌برداری از دوربین دیجیتال با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل استفاده شد. تمامی نمونه‌های انتخاب شده فاقد بدشکلی غیرمعمول بودند. برای استخراج داده‌های شکل بدن، از نیم‌رخ چپ نمونه‌ها تصاویر دیجیتالی تهیه شد.

### آنالیز داده‌ها

پس از تهیه تصاویر ماهیان مولد کپور معمولی وحشی و پرورشی، فایل tps تصاویر توسط نرم‌افزار Ver. 32 tpsUtil تهیه گردید و با استفاده از نرم‌افزار <sup>[۱۳]</sup> tpsDig Ver. 2.31 تعداد ۱۶ منقطه لندمارک طراحی شد (شکل ۱). ۳۳ صفت با استفاده از نرم‌افزار Imagej اندازه‌گیری شد.

اثر اختلاف اندازه بدن را می‌توان به روش‌های مختلفی از داده‌های ریخت‌سنجی حذف نمود که این روش‌ها بر پایه چند نوع از تحلیل‌های رگرسیونی استوار است<sup>[۱۴]</sup>. در این تحقیق از فرمول آلومتریک  $Madj = M(Ls/L0)^b$  که توسط Elliott و همکاران در سال (۱۹۹۵)<sup>[۹]</sup> برای اصلاح اثر اختلاف سایز نمونه‌ها ارائه گردید، استفاده شد<sup>[۹]</sup>. به منظور از بین بردن اثر اختلاف اندازه نمونه‌ها از تغییرات شکل بدن، از فرمول آلومتریک<sup>[۱۴]</sup> در نرم‌افزار Ver. 4.03 Past استفاده شد<sup>[۱۵]</sup>.

M: اندازه واقعی فاصله اندازه‌گیری شده

$M_{adj}$ : اندازه اصلاح شده فاصله اندازه‌گیری شده

$L_0$ : طول استاندارد ماهی

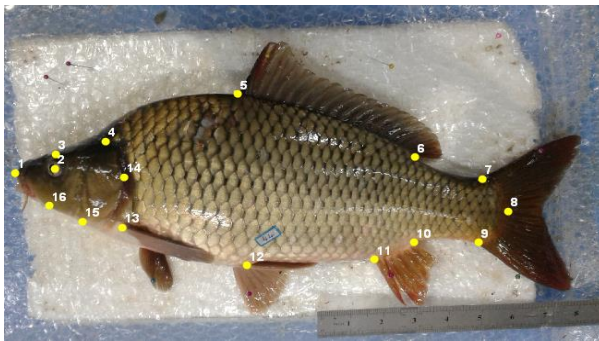
$L_s$ : میانگین طول استاندارد کل نمونه‌ها

b: شیب رگرسیون  $\text{Log}_M$  به  $\text{Log}_0$  تمامی ماهیان در کل نمونه‌ها

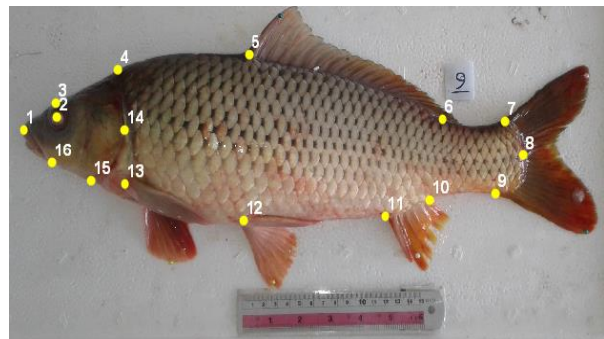
سپس کارایی داده‌های اصلاح شده از طریق آزمون معنی دار بودن همبستگی بین متغیر اصلاح شده و طول استاندارد مورد سنجش قرار گرفت. معنی دار نبودن این همبستگی نشان دهنده حذف کامل اثر اختلاف اندازه از داده‌ها، می‌باشد.

سپس از آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA: Principal Component Analysis) برای تعیین ویژگی‌های ریخت‌سنجی و نحوه اختصاص افراد به گروه‌های جمعیتی خود با استفاده از نرم‌افزار Ver. 4.03 Past استفاده شد [۱۲]. جهت بررسی اندازه‌گیری‌های اصلاح شده اختلاف ریختی بین گروه‌های مورد بررسی، آنالیز چندمتغیره تابع متمایزکننده (DFA) که برای جداسازی جمعیت‌ها از رابطه ماتریسی خصوصیات ریخت‌شناسی مطلق و نسبی استفاده می‌کند، با استفاده از نرم‌افزار Ver. 4.03 Past انجام شد. نتایج آنالیز DFA به کمک رسم نمودار به منظور قرار دادن افراد در هر گروه استفاده شدند و میزان موفقیت این گروه‌بندی بر پایه درصد افرادی که به طور صحیح در گروه‌های اصلی خود قرار می‌گیرند تخمین زده شد [۱۳]. در نهایت، از آزمون t مستقل Ver. 26 SPSS جهت بررسی معنی‌داری تفاوت صفات در دو جمعیت استفاده شد [۱۴].

### کیور معمولی پرورشی



### کیور معمولی دریایی

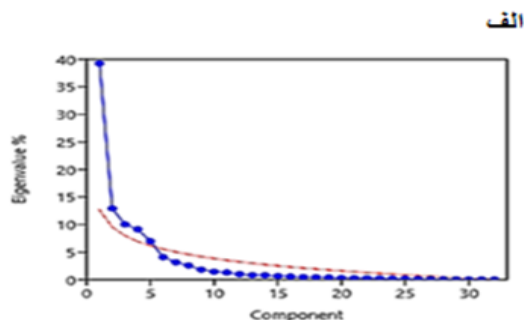
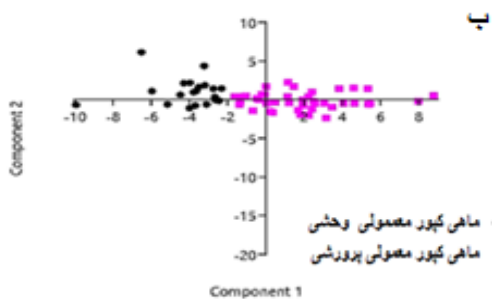


شکل ۱. لندمارک‌های تعیین شده بر ماهی کیور معمولی وحشی و پرورشی

- ۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا؛ ۲- نقطه وسط چشم؛ ۳- امتداد خطی موازی از لندمارک شماره ۲ به سمت بالای بدن؛ ۴- بخش بالایی سرپوش آبششی؛
- ۵- ابتدای قاعده باله پستی؛ ۶- انتهای قاعده‌ی باله پستی؛ ۷- انتهای‌ترین نقطه ساقه دمى بالا؛ ۸- انتهای‌ترین نقطه ساقه دمى عقب؛ ۹- انتهای‌ترین بخش ساقه دمى پایین؛ ۱۰- انتهای قاعده‌ی باله‌ی مخرجی؛ ۱۱- ابتدای قاعده باله مخرجی؛ ۱۲- ابتدای‌ترین نقطه قاعده باله شکمی؛ ۱۳- بالاترین‌ترین نقطه قاعده باله سینه‌ای؛
- ۱۴- انتهای‌ترین بخش سرپوش آبششی؛ ۱۵- بخش زیرین سرپوش آبششی؛ ۱۶- خطی موازی از نقطه وسط چشم به سمت پایین بدن.

## نتایج

نمودار آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) با استفاده از دو مؤلفه اول ترسیم شد و نتایج نشان داد دو جمعیت ماهیان مولد وحشی و پرورشی روی مؤلفه اصلی اول به طور کامل از یکدیگر تفکیک می‌شوند (شکل ۲-الف). نمودار اسکرین پلات آنالیز PCA و نمایش نقطه برش جولیف (خط قرمز که نشان دهنده مرز مؤلفه‌های اصلی معنی‌دار در جمعیت ماهیان کیور وحشی و پرورشی است) نیز نشان داد که پنج مؤلفه‌های اصلی اول در جمعیت ماهیان کیور وحشی و پرورشی معنی‌دار می‌باشند (شکل ۲-ب).

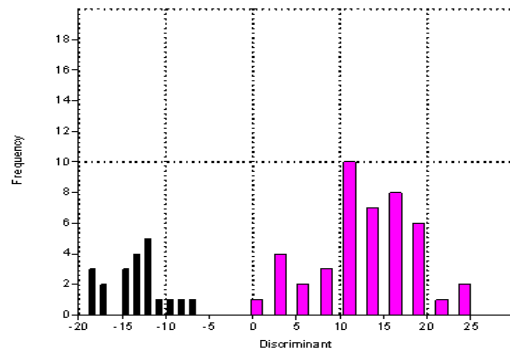


شکل ۲. الف. نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شکل بدن برای ماهی کپور معمولی وحشی و پرورشی ب. نمودار اسکرین پلات تحلیل مؤلفه‌های اصلی

پنج مؤلفه اول حدود ۷۹٪ کل تغییرات را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). نتایج حاصل همچنین نشان داد که بر اساس تحلیل تابع متمایزکننده (DFA) برای ویژگی‌های ریخت‌سنجی اصلاح شده (جدول ۲)، به طور میانگین ۹۸٪ از افراد به طور صحیح در جمعیت اصلی خود قرار می‌گیرند که صحت بالایی را در تمایز افراد به گروه‌های جمعیتی خود نشان می‌دهد (شکل ۳).

جدول ۱- مقادیر ویژه و درصد واریانس توجیه شده توسط پنج مؤلفه اصلی اول خصوصیات ریخت‌شناسی ماهیان کپور معمولی وحشی و پرورشی

مقادیر ویژه	درصد واریانس	مؤلفه های اصلی
۱۴.۳۸	۳۹.۲۵	۱
۴.۷۳	۱۲.۹۲	۲
۳.۶۸	۱۰.۰۴	۳
۳.۳۵	۹.۱۶	۴
۲.۵۶	۶.۹۸	۵



شکل ۳. پراکنش افراد براساس مقادیرتابع متمایزکننده ریخت‌سنجی (DFA) ماهیان کپور معمولی وحشی و پرورشی

جدول ۲- نتایج DFA و T-Test هتلینگ ماهیان کپور معمولی وحشی و پرورشی

P	F	T- square
7.004E-07	6.2078	391.09

نتایج حاصل از آزمون t-test مستقل در این تحقیق نشان داد که ۱۶ صفت دارای تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین ماهیان کپور معمولی وحشی و پرورشی وجود دارد. این صفات شامل فواصل اندازه‌گیری شده بین لندمارک‌های ۱-۵، ۱-۱۱، ۴-۵، ۶-۵، ۵-۱۲، ۵-۱۱، ۷-۶، ۷-۱۳، ۶-۸، ۱۰-۶، ۷-۹، عرض بدن، طول باله پشتی، طول باله مخرجی، طول باله سینه‌ای و طول بال شکمی می‌باشند (جدول ۳). سیستم تراس نشان‌دهنده وجود اختلاف در طول باله‌ها، فاصله بین باله سینه‌ای و شکمی، طول پیش باله پشتی، طول پیش باله مخرجی، عرض باله پشتی، عرض بدن، عرض ساقه دم بوده است.

جدول ۳. نتایج حاصل از مقایسه صفات مختلف در دو جمعیت ماهی مولد کپور معمولی وحشی و پرورشی

سطح معنی‌داری	جمعیت ۲			جمعیت ۱			صفت	فاصله لندمارک
	±Sd	Mean	Min-Max	±Sd	Mean	Min-Max		
0.414	0.45	2.32	1.34-3.24	0.53	2.48	1.57-3.50	طول پوزه	تا حدقه-۱
0.776	1.06	8.31	6.8-11.41	1.35	9.61	6.67-12.07		۱-۴
0.045	2.61	20.30	16.18-29.17	2.81	22.96	16.31-30.18	طول پیش باله پشتی	۱-۵
0.001	4.48	32.22	25.41-48.59	4.67	38.40	27.40-48.18	طول پیش باله مخرجی	۱-۱۱
0.323	1.24	9.06	6.56-12.66	1.20	10.62	8.05-14.35	ابتدای باله سینه‌ای تا نوک پوزه	۱-۱۳
0.394	1.05	8.49	7.06-11.91	1.15	9.32	7.34-12.18	طول سر	۱-۱۴
0.055	1.12	6.56	5.12-10.06	1.22	7.98	5.62-10.94		۱-۱۵
0.352	0.62	3.56	2.48-5.19	0.68	4.16	2.90-5.90		۱-۱۶
0.707	0.65	4.83	4.13-6.85	0.79	5.60	3.99-8.72	طول گونه	۱۴-حدقه
0.000	1.81	12.44	8.78-17.85	1.86	13.26	9.51- 18.29		۴-۵
0.328	4.51	25.95	14.29-38.82	4.08	31.21	39.20-21.99		۴-۱۱
0.070	2.30	16.18	12.03-24.00	2.48	19.30	23.89-13.31		۴-۱۲
0.000	2.81	15.41	10.91-23.75	2.95	21.09	26.55-14.67	طول پایه باله پشتی	۵-۶
0.000	1.14	11.87	10.51-14.89	2.38	17.47	22.36-12.29		۵-۱۲
0.000	2.58	16.302	8.80-23.37	2.90	22.80	28.21-16.48		۵-۱۱
0.000	2.34	11.69	3.23-16.09	2.32	17.70	22.4-13.07	ارتفاع بدن	۵-تا پایین
0.013	0.76	4.99	3.98-7.20	1.16	6.33	9.08-3.80	ارتفاع باله پشتی	۵-تا انتها بال
0.000	1.35	7.04	5.47-11.50	0.97	6.03	4.34-8.11	طول پس باله پشتی	۶-۷
0.000	1.65	9.34	6.44-13.86	1.25	9.31	6.44-12.40	انتهای باله پشتی تا انتهای بدن	۶-۸
0.483	1.68	8.77	4.85-13.04	1.29	10.65	7.21-13.82	طول ساقه دم	۶-۹
0.000	1.15	6.27	3.55-8.77	1.38	8.73	4.16-11.22		۶-۱۰
0.000	0.60	5.32	4.13-7.12	1.06	7.60	4.85-10.10		۷-۹
0.187	1.76	7.36	2.70-11.86	1.29	9.11	6.85-12.926	انتهای باله مخرجی تا انتهای بدن	۸-۱۰
0.292	1.14	4.06	3.13-8.56	0.58	4.25	3.21-5.54	طول قانده باله مخرجی	۱۰-۱۱
0.100	2.31	12.13	4.92-18.32	2.22	15.11	9.75-20.29		۱۱-۱۲
0.000	0.69	4.66	3.77-6.82	0.92	6.51	4.74-9.12	طول باله مخرجی	۱۱ تا انتها بال

0.002	1.99	11.39	9.28-18.85	1.97	13.93	9.77-17.16	فاصله سینه ای -مخرجی	۱۲-۱۳
0.215	2.20	14.33	11.71-22.32	2.10	17.05	12.08-21.40		۱۲-۱۵
0.000	0.89	5.69	3.64-8.08	1.10	7.94	5.21-9.65	طول باله شکمی	۱۲ تا انتها بال
0.000	1.03	7.53	5.51-10.66	1.42	10.66	7.49-13.45	طول باله سینه ای	۱۳ تا انتها بال
0.070	0.23	1.10	0.73-1.79	0.18	1.32	0.83-1.75	قطر چشم	قطر چشم
0.956	0.89	5.32	3.5-7.69	0.97	6.18	4.25-9.20		۹-۱۰

\* واحد اندازه گیری صفات مختلف به سانتیمتر است

## بحث

ماهی کپور، متعلق به خانواده *Cyprinidae* است. ماهی کپور معمولی از هزاران سال پیش در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا پرورش داده می‌شود. ماهیان کپور معمولی اهلی شده از لحاظ مرفولوژی، رفتاری، فیزیولوژی و صفات تولیدمثلی با اجداد وحشی خود متفاوت هستند<sup>[۳۵]</sup>. برای مثال ماهیان کپور معمولی وحشی دارای بدن کشیده و الگوی فلس کامل دارند درحالی که ماهیان کپور معمولی اهلی شده، بدن عمیق‌تری دارند و چهار الگوی فلسی متفاوت را نشان می‌دهند که شامل (۱) بدون فلس (Leather)، (۲) فلس‌های درشت در امتداد خط جانبی بدن (Line)، (۳) تعداد محدودی فلس درشت (Mirror)، (۴) فلس کامل می‌شود<sup>[۳۵]</sup>. معمولاً شکل بدن ماهیان پرورشی نسبت به ماهیان وحشی که دارای بدن بلندتر و باریک‌تری هستند، پهن‌تر می‌باشد<sup>[۳۶]</sup>. تعداد محدودی مطالعه به بررسی تفاوت ریختی بدن ماهیان کپور معمولی و پرورشی پرداخته است. یوسفیان<sup>[۳۷]</sup> (۲۰۰۴) با بررسی ریخت‌شناسی ماهیان کپور معمولی پرورشی و دریایی گزارش داده است که مقایسه نسبت‌های فاکتورهای ریختی از جمله طول سر به طول استاندارد و ارتفاع بدن در ماهیان صید شده از منابع دریایی بیشتر از منابع پرورشی بوده و مقایسه این نسبت‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داده است<sup>[۳۷]</sup>. مقایسه ماهیان سالمون پرورش‌یافته و وحشی حاکی از آن است که شکل بدن ماهیان پرورش‌یافته نسبت به ماهیان وحشی کمتر دوکی شکل است و دارای تنه‌های بزرگ‌تر، قوز پشتی کوتاه‌تر، سرهای کوچک‌تر و باله‌های کوتاه‌تری نسبت به ماهی‌های وحشی با اندازه مشابه می‌باشند<sup>[۳۸]</sup>. نتایج Roncarati و همکاران<sup>[۳۹]</sup> (۲۰۰۱) نیز نشان داد، ماهی سی‌باس وحشی شکل بدن باریک‌تر و دور شکم کوچک‌تری نسبت به ماهی سی‌باس پرورشی یافته دارد. در مجموع، به نظر می‌رسد ماهیان پرورشی خصوصیات ریخت‌شناسی متفاوتی را نسبت به ماهیان وحشی بروز می‌دهند که می‌تواند در اثر تغییر سبک زندگی این ماهیان باشد<sup>[۳۹]</sup>.

مطالعه انعطاف‌پذیری ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های یک گونه که در محیط‌های متفاوت از نظر خصوصیات زیستگاهی زندگی می‌کنند، امکان درک بهتر روند تغییرات ریختی تحت‌تأثیر تغییرات محیطی را در جمعیت‌ها فراهم می‌کند<sup>[۱۸]</sup>. سیستم جدیدی از اندازه‌گیری‌های ریخت‌سنجی که به طور فزاینده‌ای به منظور تعیین تفاوت میان گونه‌ها و به خصوص جمعیت‌ها مورد توجه قرار گرفته است شبکه یا پروتکل تراس می‌باشد. این سیستم شامل مجموعه منظمی از فواصل است که این فواصل بین یک سری نقاط از پیش طراحی شده که به آن‌ها نقاط نشانه لندمارک (Land Mark) می‌گویند، دور تا دور بدن اندازه‌گیری می‌شوند و بدن را به واحدهای کاری تقسیم می‌کنند. سیستم تراس فاقد ضعف‌ها و معایب روش‌های سنتی ریخت‌سنجی است<sup>[۱۶]</sup> و کل بدن را به طور منظم پوشش می‌دهد. همچنین در این روش می‌توان میانگین شکل کلی افراد را برای جمعیت‌ها به دست آورد<sup>[۱۷]</sup>. اگرچه تاکنون مطالعه‌ای به بررسی مقایسه‌ای ریخت‌شناسی ماهیان مولد کپور معمولی وحشی و پرورشی نپرداخته است ولی نتایج Akrami و همکاران<sup>[۱]</sup> (۲۰۰۷) نشان داد که تعداد شعاع‌های نرم باله سینه‌ای و طول پیش‌مخرجی بین ماهیان کپور معمولی نر و ماده وحشی در سواحل جنوب شرقی دریای خزر دارای اختلاف معنی‌داری است و همچنین نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) در سواحل شرقی (مصب گرگانرود) و غربی (میانکاله) آنها، گواه آن است که طول سر، طول استاندارد، ارتفاع کمنه، طول پس‌چشمی، ارتفاع ساقه دم، فاصله بین چشمی و اشعه نرم باله مخرجی در تفکیک جمعیت دو منطقه از اهمیت بالاتری نسبت به سایر فاکتورها برخوردار می‌باشند<sup>[۱]</sup>. نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده وجود اختلاف در طول باله‌ها، فاصله بین باله سینه‌ای و شکمی، طول پیش‌باله پشتی، طول پیش‌باله مخرجی، عرض باله پشتی، عرض بدن، عرض ساقه دم ماهیان مولد وحشی و پرورشی می‌باشد (جدول ۳). تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند به واسطه تفاوت‌های ژنتیکی و انعطاف‌پذیری ریختی تحت‌تأثیر شرایط محیطی باشد<sup>[۱۸]</sup>. فاکتورهای محیطی به واسطه انتخاب طبیعی سبب افزایش کارایی یک ریخت در بین افراد یک زیستگاه و در نتیجه جداسازی ریختی جمعیت‌های آن در زیستگاه‌های مختلف می‌گردد. از عوامل زیستی موثر بر این فرایند تکاملی، میتوان به رقابت، شکار، میزان دسترسی به منابع غذایی و عوامل فیزیکی همچون نوع بستر، عمق آب، پوشش گیاهی حوضه آبریز و اثرات دستکاری انسانی مانند سدسازی اشاره کرد<sup>[۱۸]</sup>. اثرهای متقابل این عوامل می‌تواند سبب ایجاد سازگاری‌ها و تغییرات در قالب صفاتی همچون شکل بدن، الگوهای تغذیه‌ای، الگوهای شنا و رفتارهای تولیدمثلی شود<sup>[۱۸]</sup>. همچنین انتخاب مصنوعی باعث تفاوت‌های چشمگیری در شکل بدن جمعیت کپور معمولی پرورشی شده است<sup>[۱۹]</sup> و عملکرد شنا ویژگی اصلی تعیین شایستگی



در بسیاری از آبزیان محسوب می‌شود<sup>[۳۱]</sup>. این صفت تنها گزینه برای فرار از شکارچی است. ظرفیت شنا ارتباط مستقیمی با جذب غذا، تغییر مکان زندگی و تولید مثل دارد و از اهمیت بوم‌شناختی بالایی برخوردار است<sup>[۳۱]</sup> و احتمالاً تحت فشارهای انتخابی قرار می‌گیرد که شایستگی تکاملی را افزایش می‌دهند<sup>[۳۲]</sup>. باله پشتی در هنگام چرخش سریع و یا توقف به ماهی کمک می‌کند. باله‌های شکمی به ثبات ماهی کمک می‌کند و سرعت ماهی را کاهش می‌دهد، همچنین در هنگام توقف ناگهانی نیز مفید است. باله مقعدی نیز با ایجاد ثبات بیشتر در آب، از باله‌های پشتی پشتیبانی می‌کند<sup>[۳۳]</sup>. با این حال، اثرات اندازه و اشکال مختلف باله بر توانایی شنا در گونه‌های مختلف به خوبی درک نشده است<sup>[۳۴]</sup>. انتظار می‌رود اندازه و اشکال باله به طور قابل توجهی بر عملکرد شنا تأثیر بگذارد زیرا باله‌ها قسمت زیادی از نیروی محرکه ایجاد شده توسط عضلات را به آب منتقل می‌کنند. باله‌های بزرگتر در هر حرکت باله ممکن است مقادیر بیشتری آب را جابه‌جا کنند، درحالی که باله‌های بزرگتر ممکن است سفتی کمتری داشته باشند و نیروهای منتقل شده توسط باله‌ها با سفتی باله‌ها ارتباط منفی داشته باشند<sup>[۳۴]</sup>. همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد، تفاوت معنی‌داری در اندازه باله‌ها مشاهده شده است که می‌تواند حاکی از تفاوت در قدرت شنا در بین دو جمعیت مورد بررسی باشد.

وجود تفاوت‌های ریختی در ماهیان یک زیستگاه خاص می‌تواند نشان‌دهنده کارایی بیشتر یک ساختار خاص باشد که می‌تواند اهمیت عملکردی آن ساختار را نشان دهد. همچنین، تغییرات در سرعت جریان آب هم می‌تواند روی اندازه و شکل ماهیان تأثیرگذار باشد<sup>[۳۱]</sup>. به طوریکه ماهیان ساکن در آب‌هایی با جریان تند تمایل به باریک شدن و در آب‌هایی با جریان کند تمایل به عریض‌تر شدن دارند<sup>[۳۵]</sup>. از طرفی سرعت جریان آب هم که تحت تأثیر عمق بستر است نیز با ایجاد تغییراتی در رفتار شنای ماهیان می‌تواند باعث تغییراتی در شکل بدن شود<sup>[۳۶]</sup>. ماهیان دریایی و رودخانه‌های بزرگ با جریان بیشتر دارای بدنی دوکی شکل می‌باشند. طبق تئوری هیدرودینامیک بدن دوکی شکل تر میزان مصرف انرژی را در جریان آب کاهش می‌دهد و به ثابت ماندن بدن در جریان رودخانه‌ها کمک می‌کند و بدن پهن‌تر به منظور مانور سریع برای شنای مداوم مثل یافتن غذا در محیط‌های با جریان کمتر مفید می‌باشد. از طرف دیگر نیز شکل بدن شاخصی مهم برای رفتارهای شناگری در ماهیان است<sup>[۳۷]</sup>. بدن کشیده باعث قدرت شنای بیشتر در ماهیان دریایی می‌شود که نیمه مهاجر هستند و مسافتی را باید شنا کنند. دم کشیده‌تر ماهی نیز باعث عکس‌العمل سریع‌تر می‌شود. همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد، ماهیان پرورشی دارای بدن پهن‌تر و ساقه دم عریض‌تری بودند (جدول ۲) زیرا انتخاب در مراکز تکثیر به منظور افزایش گوشت انجام می‌شود و هر چه ماهی پهن‌تر باشد و دارای کوهان (برآمدگی در حد فاصل آبشش تا باله پشتی) باشد، شانس انتخاب آن نیز بیشتر است. افزایش کارایی یک ریخت و انتخاب آن بر حسب ویژگی‌های هر منطقه متفاوت است، لذا این امکان وجود دارد که یک ویژگی ریختی در یک زیستگاه برتر باشد، اما در زیستگاه دیگر سبب کاهش عملکرد شود<sup>[۳۸]</sup>.

تفسیر علل به وجود آمدن اختلاف ریختی میان جمعیت‌های مختلف کار بسیار دشواری است. به طور کلی می‌توان گفت این تغییرات هم ناشی از شرایط و عوامل محیطی و هم ناشی از اختلافات ژنتیکی به وجود آمده در طول نسل‌ها به علل متفاوت است<sup>[۳۸]</sup>. وراثت‌پذیری متوسط تا زیاد برای صفات ریخت‌سنجی نشان‌دهنده واریانس ژنتیکی افزایشی در آن صفات است و پیشرفت‌های ژنتیکی و دستیابی به اهداف اصلاح‌نژادی مورد انتظار در کپور معمولی به طور بالقوه امکان‌پذیر است<sup>[۳۹]</sup>. از این رو شناسایی ژن‌های مرتبط با صفات ریخت‌شناسی اهمیت دارد. مطالعات پویش ژنومی (GWAS) ابزار قدرتمندی برای شناسایی ژن‌های مرتبط با صفات فراهم می‌کند. در همین راستا Zheng و همکاران (۲۰۱۷)<sup>[۳۰]</sup> با استفاده از ۴۳۳ کپور رودخانه‌ای زرد از خانواده‌های مختلف، دوازده نشانگر SNP برای صفات اندازه سر شناسایی کردند و به دنبال آن ژن‌های کاندیدا پارالوبومین، *SRPK2*، *FSRP5*، *IGF1*، *IGF3*، *IGF1R*، *GRB10*، *NOTCH2* و *SRFP2* برای این صفات گزارش شد. بسیاری از این ژن‌ها با عملکردهای بالقوه در شکل‌گیری و رشد استخوان مرتبط هستند<sup>[۳۰]</sup>. در تحقیقی دیگر QTL‌های مرتبط با طول بدن ماهی کپور گزارش شده است<sup>[۳۱]</sup>. همچنین طی مطالعه‌ای نشان‌دهنده انتخاب در ۱۴ جمعیت مختلف ماهی کپور معمولی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل نشان داد که ژن‌های *OPSN5*، *BMPR1b* و *GDF6a* در این جمعیت‌ها هدف انتخاب قرار گرفته‌اند که بررسی عملکرد این ژن‌ها نشان‌دهنده ارتباط آنها با صفات مرتبط با شکل بدن، الگوهای فلس و رنگ پوست بود<sup>[۳۲]</sup>.

در مجموع نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد شرایط مختلف محیطی می‌تواند باعث افزایش تفاوت‌های ژنتیکی و ایجاد ساختار درون جمعیتی شود [۳۳ و ۳۴]. تفاوت‌های تعیین شده نتیجه تفاوت‌های محیط زیستی و شرایط زیستگاهی همچون کدورت، میزان غذای در دسترس، عمق آب و جریان آب است. نتایج تحقیق حاضر در ماهیان وحشی و معمولی کپور ایرانی نیز مؤید همین یافته‌ها است. البته برای تأیید این فرضیه نیاز به مطالعات بیشتر در مناطق مختلف و همچنین بررسی اختلاف ژنتیکی برای پی بردن به وجه تمایزات این گونه در مناطق مورد مطالعه می‌باشد. تحقیق حاضر توانایی بالقوه سیستم شبکه‌ای تراس را در تمایز ماهیان مولد کپور معمولی وحشی و پرورشی نشان می‌دهد. در واقع، این اندازه‌گیری‌ها اطلاعات کاملی از شکل کلی بدن کپور معمولی وحشی و پرورشی را فراهم ساخت.

## نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در طول باله‌ها، فاصله بین باله سینه‌ای و شکمی، طول پیش باله پشتی، طول پیش باله مخرجی، عرض باله پشتی، عرض بدن، عرض ساقه دم ماهیان کپور دریایی و پرورشی بود. در مجموع نتایج نشان داد که از نظر خصوصیات ریخت‌شناسی، جمعیت ماهی کپور معمولی وحشی (دریایی) و پرورشی به طور معنی‌داری از همدیگر متمایز شده‌اند که می‌تواند به علت تفاوت‌های محیطی (دسترسی به مواد غذایی، جریان آب و ..) و یا ژنتیکی (انتخاب برای گوشت بیشتر و ..) باشد و با توجه به اهمیت حفظ ذخایر ژنتیکی گونه‌های بومی و همچنین یافته‌های علمی این بررسی، با انجام این تحقیق در مناطق مختلف جغرافیایی، می‌توان به تاثیر احتمالی شرایط محیطی در تفاوت ریخت‌شناسی بین جمعیت وحشی و پرورشی پی برد. علاوه بر این، استفاده از تکنولوژی توالی‌یابی نیز می‌تواند ژن‌های موثر احتمالی بر صفات ریخت‌شناسی و نشانگان انتخاب مربوط به صفات ریخت‌سنجی (بین جمعیت وحشی و پرورشی) را فراهم کند.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم میدانند از زحمات مهندس خوشحال (مدیر مزرعه سیلور کارپ) و جناب آقای دکتر مقدم (رئیس مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی-گرگان) که در فرآیند نمونه‌گیری نهایت همکاری را با ما داشتند صمیمانه قدردانی کنند. همچنین از همکاری خالصانه جناب آقای دکتر سهیل ایگدری در آنالیز داده‌ها، کمال تشکر را دارند. لازم به ذکر است که مطالعه حاضر با کد طرح به شماره ۹۹۰۲۴۸۰۸ و با استفاده از حمایت صندوق (Iran National Science Foundation) INSF انجام شده است.

## هزینه

منابع مالی مورد استفاده برای این مقاله از رساله رویا بختیار، دانشجوی دکتری دانشگاه تهران، ورودی سال ۱۳۹۶ گروه علوم دامی و همچنین کد طرح به شماره ۹۹۰۲۴۸۰۸ و با استفاده از حمایت صندوق (Iran National Science Foundation) INSF تامین شده است.

**تاییدیه‌های اخلاقی:** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

**تعارض منافع:** هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

**سه‌م نویسندگان در مقاله:** رویا بختیار (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی / تحلیل‌گر / داده‌ها / نگارنده (۵۰٪)، سیدرضا میرائی آشتیانی (نویسنده دوم)، ویراستار / تحلیل‌گر (۱۵٪)، اردشیر نجاتی جوارمی (نویسنده سوم)، ویراستار / تحلیل‌گر (۱۰٪)، محمدحسین مرادی (نویسنده چهارم) / تحلیل‌گر / ویراستار (۲۰٪). Paulino Martínez (نویسنده پنجم) / تحلیل‌گر / ویراستار (۵٪).

## منابع

1) Akrami R, Bandani Gh, Ghorbani R. Morphometric and meristic characters' analysis of the common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1978) in south east Caspian Sea. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2007.1(2), 39-48. (In persion)

- 2) Castro F. A. F, Ana H. M. P, Campos F. M, Costa N. M. B, Silva M. T. C, Salaro A. L, Franceschini, S. C. C. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chemistry. 2006. 103(4), 1080-1090
- 3) Guler G. O, Kiztanir B, Ktumsek A, City O. B, Ozparlak H. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and W3/W6 ratios of carp (*Cyprinus carpio L*) muscle lipids in Beysehir lake. Food Chemistry. 2008. 108, 689-694.
- 4) Ghelich A, Sheykhi J. Comparison of the chemical composition and fatty acids profile of wild carp (*Cyprinus carpio*), farmed carp and wild farmed carp. Marine Biology. 2014. 5, 31-44. (In person)
- 5) Costa C, Cataudella S. Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (*Central Tyrrhenian Sea*). Environmental Biology of Fish. 2007. 78, 115-123
- 6) Guill M. J, Hood S. C, Heins C. D. Body shape variation within and among three species of darters (*Perciformes: Percidae*). Ecology of Freshwater Fish. 2003. 12, 134-140.
- 7) Wootton R. J. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall Ltd., London, 1991. 392.
- 8) Nasri M, Eagderi S, Farahmand H, Hashemzade-Seghar Loo, I. Body shape comparison of Cyprinion macrostomum (Heckel, 1843) and Cyprinion watsoni (Day, 1872) using geometric morphometric method. International Journal of Aquatic Biology. 2013. 1(5), 240-24
- 9) Strauss R. E, Bookstein F. L. The truss: body form reconstruction in morphometrics. Systematic Zoology, 1982. 31: 113-135.
- 10) Ibanez A. L, Cox I. G, Higgins P. Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. Canadian Journal of Animal Science, 2007. 64, 1091-1100.
- 11) Turan C. A note on the examination of morphometric differentiation among Fish Populations: The Truss System. Turkish Journal of Zoology, 1999. 23, 259-263.
- 12) Anvarifar H, Khyabani A, Farahmand H, Vatandoust S, Jahageerdar Sh. Detection of morphometric differentiation between isolated up- and downstream populations of Siah Mahi *Capoeta capoeta gracilis* (Pisces: Cyprinidae) in the Tajan River (Iran). Hydrobiologia, 2011. 673, 41-52.
- 13) Rohlf F. J. TpsDig Version 2.10. Stony Brook, NY: Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. 2006. p. 328.
- 14) Elliott N.G, Haskard K, Koslow J. A. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. Journal of Fish Biology, 1995. 46, 202-220.
- 15) Kuliev Z. M. Morphometric and ecological characteristics of Caspian Vimba. Journal of Ichthyology, 1988. 28, 29-37.
- 16) Keivany Y, Arab M. Geometric morphometric comparison of trout barb, *Capoeta trutta* (Teleostei: Cyprinidae) in the Tigris River basin. Iran. J. Ichthyology, 2017. 4(3): 220-230. (In person)
- 17) Schreck C.B, Moyle P.B. Methods for fish biology. American fisheries Society. Bethesda, Maryland, 1990. USA. 433.
- 18) Sazgar A, Safari O, Danesh Sh, Yazdani Moghadam F. Evaluation of morphological flexibility of Khajoo fish (*Schizothorax pelzami* Kessler 1870) in Eastern Iran using geometric morphometric method. Journal of Applied Biology, 2019. 32 (3), 104-114. (In person)
- 19) Hulata G. A review of genetic improvement of the common carp (*Cyprinus carpio L.*) and other cyprinids by crossbreeding, hybridization and selection. Aquaculture, 1995. 129, 143-155.
- 20) Shen J., Liu M. Study of Common Carp Breeding. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press. 2000. 132-162
- 21) Ohlberger J, Staaks G, Holker F. Swimming efficiency and the influence of morphology on swimming costs in fishes. Journal of Comp Physiology, 2006. 176, 17-25.
- 22) Priede I. G. Metabolic scope in fishes. In: Tytler P, Calow P (eds) Fish energetics: new perspectives. The John Hopkins University Press, Baltimore, 1985. MD, pp 33-64
- 23) Naser F. A, Rashid M. The influence of concave pectoral fin morphology in the performance of labriform swimming robot. Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering, 2020. 16, 54-62.
- 24) Plaut I. Effects of fin size on swimming performance, swimming behavior and routine activity of zebrafish *Danio rerio*. Journal of Experimental Biology, 2000. 203, 813-820.
- 25) Grünbaum T, Cloutier R, Mabee P. M, François N. R. L. Early developmental plasticity and integrative responses in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*): Effects of water velocity on body size and shape. Journal of Experimental Zoology, 2007. 308, 396-408.
- 26) Rinçon P. A, Bastir M, Grossman G. D. Form and performance: body shape and prey-capture success in four drift-feeding minnows. Oecologia, 2007. 152, 345-355.

- 27) Webb P. W. Locomotor patterns in the evolution of actinopterygian fishes. *American Zoologist*, 1982. 22, 329-342.
- 28) Swain D. P, Foote C. J. Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*, 1999. 43, 113- 128.
- 29) Chen L, Peng W, Kong S, Pu F, Chen B, Zhou Z, Feng J, Li X, Xu P. Genetic mapping of head size related traits in common carp (*Cyprinus carpio*). *Frontiers in Genetics*, 2018. 9, 448
- 30) Zheng X, Kuang Y, Lv W, Cao D, Sun Z, Jin W, Sun X. Quantitative trait loci for morphometric traits in multiple families of common carp (*Cyprinus carpio*). *Science China Life Sciences*, 2017. 60, 287-297.
- 31) Laghari M, Lashari P, Zhang X, Xu P, Xin B, Zhang Y, Narejo N, Sun X. Mapping quantitative trait loci (QTL) for body weight, length and condition factor traits in backcross (BC1) family of Common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Molecular Biology Reports*, 2014. 41, 721-731.
- 32) Xu J, Jiang Y, Zhao Z, Zhang H, Peng W, Feng J, Dong C, Chen B, Tai R, Xu P. Patterns of geographical and potential adaptive divergence in the genome of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Frontiers in Genetics*, 2019. 10, 660.
- 33) Eschmeyer W. N, Fong J. D. Animal biodiversity: An outline of higher level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*, 2011. 3148, 26-38.
- 34) Heidari A, Mousavi-Sabet H, Khoshkholgh M, Esmaeili H. R, Eagderi S. 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*, 2013. 1(4), 195-201. (In persian)
- 35) Balon E K. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*. 1995. 129, 46.
- 36) Loy, A., Cataudella, S., Corti, M. 1996. Shape changes during the growth of sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Teleostea: Perciformes), in relation to different rearing conditions. An application of the Thin-Plate Splines regression analysis. *Advances in Morphometrics*, 284: 399-406
- 37) Yousefian M. Comparison of morphometric and electrophoretic properties of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in water resources of northern Iran. *Iranian Journal of Fisheries*. 2004 13.3: 179-198 (In persian)
- 37) Hard, J.J., Berejikian, B.A., Tezak, E.P., Schroder, S.L., Knudsen C.M., Parker L.T. 2000. Evidence for morphometric differentiation of wild and captively reared adult coho salmon: a geometric analysis. *Environmental Biology of Fishes*, 58: 61-73.
- 38) Roncarati, A., Meluzzi, A., Melotti, P., Mordenti, O. 2001. Influence of the larval rearing technique on morphological and productive traits of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Journal of Applied Ichthyol*, 17: 244-246.
- 39) Yeganeh S, Abedi S Z, Rahmani H. Comparative study of some biological parameters in wild and farmed common carp (*Cyprinus carpio*). *Animal Biology*. 2013. 5 (3): 67-76. (In persian)
- 40) Schreck, C.B, Moyle P.B. *Methods for fish biology*. American fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA. 1990. 684 pp
- 41) Jafari O, Hedayati A, Zeinolabedini M, Poorbagher H, Ghorbani R, Abdolhay H. Phenotypic variation of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) across the southern coasts of the Caspian Sea. *isfj*. 2019; 28 (1) :205-2099. (In persian)

## Comparative morphometric of wild common carp (*Cyprinus carpio*) from Torkaman port and farmed common carp from Silver carp center in Gilan province using Truss network system

Roya Bakhtiar<sup>1</sup>, Seyed Reza Miraei Ashtiani\*<sup>1</sup>, Ardeshir Nejati Javaremi<sup>1</sup>, Mohammad Hossein Moradi<sup>2</sup>, Paulino Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Animal Science, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>2</sup> Department of Animal Sciences, Arak University, Arak, Iran

<sup>3</sup> Department of Zoology, Genetics and Physical Anthropology, University of Santiago de Compostela, Lugo, Spain.

### ABSTRACT

This study was conducted to compare the morphological characteristics of wild and farmed common carp. In total 70 samples of common carp, including 25 samples of wild from Torkaman port and 45 samples of farmed common carp from silver carp center in Gilan province were collected. Morphometric results were standardized using Elliott formula, and then principal component analysis (PCA) and discriminant function analysis (DFA) were used. Independent t-test was used to evaluate the significance of traits between these two populations. The results of this study revealed that the two populations of wild and farmed common craps were completely separated from each other, using PCA and individuals were assigned to their true population with high accuracy (98%) based on DFA. Among the 33 truss distances that were analyzed, 16 distances showed a significant difference between two populations ( $p < 0.05$ ). The results showed that the studied populations can be distinguished by many morphological differences, especially by dorsal fin length, pectoral fin length, pelvic fin length, anal fin length, dorsal fin width, body width, tail stem width, distance between pectoral and pelvic fin, distance from mouth to dorsal fin and the distance from the mouth to the anal fin. Overall, the results showed that the population of wild carp was significantly different from the population of farmed common carp from the morphological point of view.

**KEYWORDS:** Breeder's common carp, Farmed common carp, Wild common carp, Truss network system, Comparative morphometric

### ARTICLE TYPE

Original Research

### ARTICLE HISTORY

Received: 24 February

Accepted: 22 May 2023

ePublished: 5 June  
2023

\* Corresponding Author:

Email address: ashtiani@ut.ac.ir

Tel: 09121304641

© Published by Tarbiat Modares University

ISSN: 2322-5513