

بررسی تنوع ریختی جویبارماهی سفیدرود *Oxynoemacheilus bergianus* (Derzhavin, 1934) در حوضه‌های دریاچه نمک و دریای خزر با استفاده از روش

ریخت‌سنجی سنتی

شادیه محمدی^۱، سهیل ایگدری^{۱*}، هادی پورباقر^۱، عطا مولودی صالح^۱
۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

در این تحقیق تنوع ریختی جویبارماهی سفیدرود (*Oxynoemacheilus bergianus*) در رودخانه‌های مختلف حوضه‌های دریاچه نمک و دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی سنتی انجام گردید. بدین منظور تعداد ۷۶ قطعه سگ‌ماهی جویباری از ۸ رودخانه مختلف حوضه دریای خزر و دریاچه نمک صید و پس از تثبیت در محلول بافری ۴ درصد و انتقال به آزمایشگاه، تعداد ۳۱ ویژگی ریختی اندازه‌گیری شد. داده‌های ریخت‌سنجی پس از استاندارد سازی با استفاده از آنالیزهای چند متغیره از جمله تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) و تجزیه همبستگی کانونی براساس ارزش P حاصل از آزمون مانوا (MANOVA/CVA) و تحلیل خوشه‌ای (CA) مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج تفاوت معنی‌داری در ۲۴ صفت بین جمعیت‌های مورد مطالعه نشان داد ($P < 0.05$). مهمترین صفات جداکننده در تفکیک جمعیت‌ها مربوط به صفات ارتفاع باله مخرجی و فاصله بین باله شکمی-مخرجی بود. تجزیه همبستگی کانونی توانست جمعیت‌های مورد مطالعه را به خوبی از یکدیگر تفکیک کند، همچنین نتایج تحلیل خوشه‌ای دو جمعیت قره‌سو و سفیدرود را در یک خوشه و جدا از سایر جمعیت‌ها قرار داد. که احتمالاً تفاوت‌های مشاهده شده مربوط به انعطاف‌پذیری ریختی در پاسخ به تغییرات شرایط محیطی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: جویبارماهی سفیدرود، ریخت‌سنجی، انعطاف‌پذیری ریختی، آنالیز خوشه‌ای

نوع مقاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲۳

تاریخ چاپ الکترونیکی:

۱۳۹۹/۹/۲۸

*نویسنده مسول:

soheil.eagderi@ut.ac.ir

مقدمه

جویبارماهیان خانواده Nemacheilidae، ماهیان کوچک با پراکنش وسیع در آسیا، اروپا و شمال آفریقا می‌باشند^[1,2]، که در اکوسیستم‌های آبی مختلف از نه‌های شیب‌دار کوهستانی تا رودخانه‌های آب شور نواحی خشک زیست دارند^[3]. اعضای این خانواده دارای ۴۸ جنس و بیش از ۶۶۱ گونه می‌باشد^[1] و با ۴۶ گونه متعلق به ۷ جنس *Sasanidus*, *Turcinemacheilus*, *Oxynoemacheilus*, *Paraschistura*, *Paracobitis* و *Eidinemacheilus* دارای تنوع بالایی در آب‌های داخلی ایران هستند^[4]. گونه جویبارماهی سفیدرود *Oxynoemacheilus bergianus* از رودخانه سفیدرود حوضه دریای خزر توصیف شده است و در حوضه‌های دریاچه نمک و ارومیه نیز یافت می‌شود که بیانگر پراکنش نسبتاً بالای آن در آب‌های داخلی ایران می‌باشد^[5]. این گونه با داشتن باله پشتی با ۳-۴ شعاع غیر منشعب و ۸ شعاع منشعب، باله مخرجی با ۳ شعاع غیرمنشعب و ۵ شعاع منشعب و باله سینه‌ای و باله لگنی به ترتیب ۹ و ۶-۷ شعاع منشعب قابل تشخیص می‌باشد. همچنین این ماهی دارای باله دمی کمی فرورفته، اندازه کوچک و لکه‌های خاکستری تیره تا قهوه‌ای روی قاعده باله دمی و پهلوه‌ها، لب فوقانی و تحتانی با زائده استخوانی میانی و شیاردار، فقدان تاج ساقه دمی، پهلوه‌های فلس‌دار و خط جانبی کامل است (شکل ۱)^[6, 7, 8, 9, 10]. جویبارماهیان خانواده Nemacheilidae کفزی و غیر مهاجر بوده و این ویژگی سبب

می‌شود تا تاثیر عوامل محیطی بر آن‌ها افزایش یافته و در نهایت منجر به پیدایش صفات مشابه در پاسخ به شرایط یکسان شود [11]. تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه اغلب به واسطه تفاوت‌های ژنتیکی و انعطاف‌پذیری ریختی تحت تاثیر شرایط محیطی ایجاد می‌شود [12, 13]. Tudela در پژوهشی نشان داد که اختلافات ریختی میان جمعیت‌های ماهیانی که از نظر ژنتیکی یکسان می‌باشند، محیط به‌عنوان عامل اصلی تغییرات ریختی می‌باشد [14]. مطالعات قبلی صورت گرفته روی این گونه می‌توان به بررسی تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های جویبارماهی سفیدرود حوضه دریاچه نمک [7] و بررسی تغییرات ریختی در دو حوضه آبریز دریای خزر و دریاچه نمک با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی اشاره کرد [15]. همچنین مطالعات بر روی سایر گونه‌های جنس جویبارماهی جنس *Oxynoemacheilus* می‌توان به بررسی تنوع ریختی در حوضه دریاچه ارومیه (رودخانه زرینه رود، گذارچای و عجب شیر) اشاره کرد [16]. بنابراین با توجه به دامنه پراکنش بالای این گونه در حوضه‌های مختلف، این سوال پیش می‌آید که چه الگوی ریختی در بین جمعیت‌های مختلف این گونه باعث می‌شود که چنین دامنه پراکنش بالایی را داشته باشند؟ در جواب این سوال می‌توان دو فرضیه کلی را بیان کرد: اول این که این گونه قابلیت بالایی در بروز سازگاری‌های ریختی در زیستگاه‌های مختلف با شرایط زیستگاهی متفاوت از خود نشان می‌دهد، و دوم این گونه دارای ویژگی‌هایی ریختی ثابتی است که قابلیت زیست در دامنه بالایی از وضعیت پارامترهای محیطی را از خود نشان می‌دهد. بنابراین جمعیت‌های مختلف این گونه در حوضه‌های دریای خزر و دریاچه نمک به‌منظور درک الگوهای ریختی آن جهت سازگاری در زیستگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۷، تعداد ۷۶ قطعه جویبارماهی سفیدرود از ۸ رودخانه حوضه‌های دریای خزر و دریاچه نمک با استفاده از دستگاه الکتروشوک و ساچوک با اندازه چشمه ۰/۲ سانتی‌متر صید گردیدند (جدول ۱). نمونه‌ها پس از بیهوشی در محلول گل میخک و تثبیت در فرمالین بافری ۴ درصد، به آزمایشگاه منتقل شدند. تعداد ۳۱ ویژگی ریخت‌سنجی براساس روش Armbruster به‌وسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (جدول ۲) [17]. جهت اصلاح داده‌های خام ریخت‌سنجی و تبدیل آن‌ها به متغیرهای مستقل از اندازه از فرمول آلومتریک $M_{adj} = M \left(\frac{L_s}{L_0} \right)^b$ استفاده شد، که در آن M_{adj} : مقدار اصلاح شده‌ی صفت اندازه‌گیری شده، M : مقدار اولیه صفت اندازه‌گیری شده، L_s : میانگین طول استاندارد تمامی نمونه‌ها در تمام ایستگاه‌ها، L_0 : طول استاندارد هر ماهی، b : شیب رگرسیون $\log M$ به $\log L_0$ تمامی نمونه‌ها است [18]. کارایی داده‌های اصلاح شده از طریق آزمون معنی‌دار بودن همبستگی بین متغیرها اصلاح شده و طول استاندارد مورد سنجش قرار گرفت. معنی‌دار نبودن این همبستگی نشان‌دهنده‌ی حذف کامل اثر اختلاف اندازه از داده‌ها می‌باشد. داده‌های اصلاح شده در ابتدا از نظر نرمال بودن با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد سنجش قرار گرفتند و سپس جهت بررسی الگوها و تفاوت ریختی احتمالی بین جمعیت‌های مورد مطالعه، با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه و گروه‌بندی دانکن، تجزیه و تحلیل تحلیل مولفه‌های اصلی (Principal component analysis)، تحلیل همبستگی کانونی (Canonical variate analysis) با ارزش P حاصل از آزمون MANOVA و تحلیل خوشه‌ای (Cluster analysis) آنالیز شدند. تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 19، PAST Ver2.17b و Excel 2016 انجام شد.



شکل ۱. نمای جانبی جویبارماهی سفیدرود (*O. bergianus*) صید شده از حوضه دریای خزر، رودخانه قدیرلو (سرشاخه ارس).

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری جویباری ماهی سفیدرود (*O. bergianus*) مورد مطالعه

رودخانه	مختصات جغرافیایی	استان	حوضه
بالخلوچای- سرشاخه ارس	($38^{\circ}07'04''N$, $48^{\circ}09'31''E$)	اردبیل	دریای خزر
قدیرلو- رودخانه قره سو، سرشاخه ارس	($38^{\circ}31'16''N$, $47^{\circ}29'04''E$)	اردبیل	دریای خزر
زنگلو- پل دشت، سرشاخه ارس	($39^{\circ}18'10''N$, $44^{\circ}54'17''E$)	اردبیل	دریای خزر
قره‌سو- سرشاخه ارس	($38^{\circ}47'28''N$, $47^{\circ}29'30''E$)	اردبیل	دریای خزر
سیه‌رود- جلقا	($38^{\circ}51'53''N$, $46^{\circ}01'48''E$)	اردبیل	دریای خزر
سفیدرود	($36^{\circ}54'12''N$, $49^{\circ}31'11''E$)	گیلان	دریای خزر
کردان	($35^{\circ}57'13''N$, $50^{\circ}23'07''E$)	البرز	دریاچه نمک
قره‌چای	($34^{\circ}43'54''N$, $50^{\circ}09'45''E$)	مرکزی	دریاچه نمک

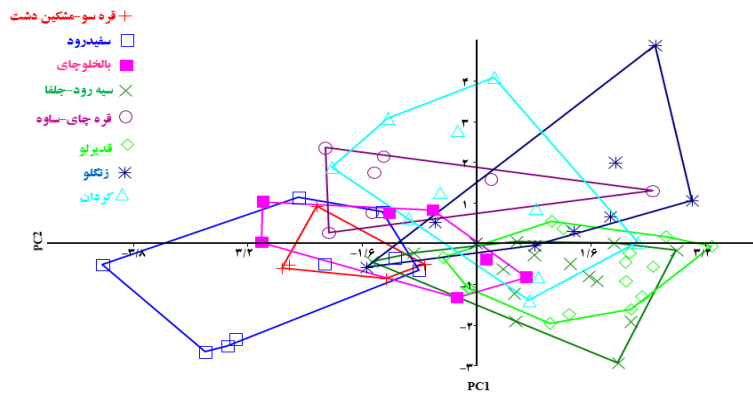
نتایج

نتایج نشان داد که صفات مورد مطالعه دارای توزیع نرمال هستند ($P > 0.05$). بر اساس نتایج، جمعیت‌های مورد مطالعه در صفات اندازه‌گیری به جز صفات پس‌چشمی، قطر چشم، طول پایه باله پستی، طول ساقه دمی، پیش‌پشتی و پیش‌مخرجی دارای تفاوت معنی‌داری بودند ($P < 0.05$) (جدول ۲). براساس تجزیه به مولفه‌های اصلی، ۶ مولفه اول با مجموع ۷۵/۶۶ درصد از واریانس به عنوان مولفه‌های موثر در تفکیک جمعیت‌های مورد مطالعه بودند. صفات ارتفاع باله مخرجی (۰/۴۷۱) و فاصله بین باله شکمی-مخرجی (۰/۴۰۱) در طول دو محور PC1 و PC2 به دلیل بالا بودن ضرایب عاملی، مهمترین صفات در جدایی جمعیت‌ها به شمار می‌رفتند. نمودار تحلیل تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که جمعیت‌ها از لحاظ ویژگی‌های ریخت‌سنجی با یکدیگر هم‌پوشانی بالایی دارند هر چند که دو جمعیت کردان و سیه‌رود از جمعیت سفیدرود تفکیک شده‌اند (شکل ۲).

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و نتایج آنالیز واریانس یک طرفه و گروه‌بندی دانکن صفات ریخت‌سنجی جویبارماهی سفیدرود (*O. bergianus*)

در رودخانه‌های حوضه‌های دریای خزر و دریاچه نمک. *حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در صفت مورد بررسی بین جمعیت‌های مورد مطالعه است.

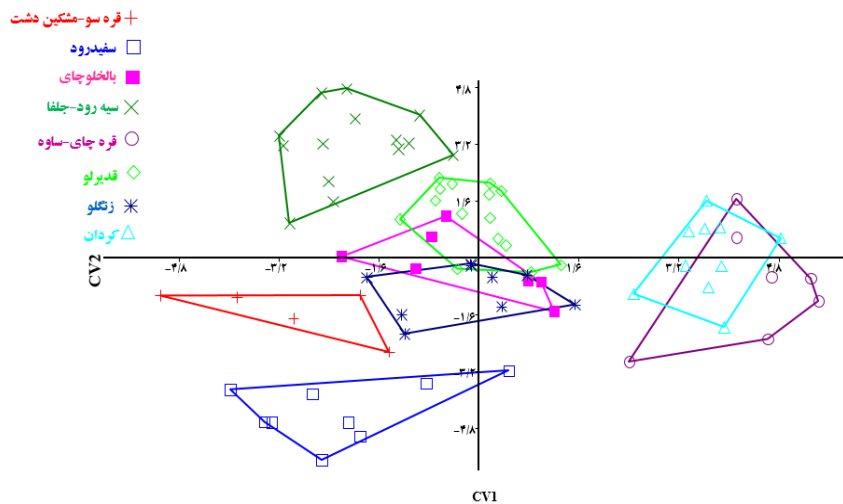
صفات (میلی‌متر)	قره سو	سفیدرود	بالخلوچای	سیه رود	قره چای	قدیرلو	زنگلو	کردان	P
طول استاندارد	$49/2 \pm 0.0$	$49/2 \pm 0.0$	$49/2 \pm 0.0$	$49/2 \pm 0.0$	$49/2 \pm 0.0$	$49/2 \pm 0.0$	$49/2 \pm 0.0$	$49/2 \pm 0.0$	-
بیشترین ارتفاع بدن	$8/5 \pm 0.24^a$	$8/7 \pm 0.17^a$	$8/0 \pm 0.38^a$	$8/4 \pm 0.50^a$	$8/9 \pm 0.62^{bcd}$	$8/8 \pm 0.53^{bc}$	$9/5 \pm 0.52^d$	$9/2 \pm 0.51^{cd}$	<0.05
ارتفاع ساقه دمی	$3/8 \pm 0.17^{ab}$	$3/8 \pm 0.25^a$	$3/1 \pm 0.15^{bc}$	$3/3 \pm 0.2^c$	$3/4 \pm 0.24^c$	$3/4 \pm 0.24^c$	$3/8 \pm 0.19^a$	$3/4 \pm 0.2^c$	<0.05
طول پیش‌پشتی	$25/2 \pm 0.66^{ab}$	$24/8 \pm 0.50^{ab}$	$24/5 \pm 0.55^a$	$25/3 \pm 0.61^b$	$24/6 \pm 0.64^{ab}$	$25/0 \pm 0.4^a$	$24/7 \pm 0.50^{ab}$	$24/8 \pm 0.98^{ab}$	>0.05
طول پس‌پشتی	$15/59 \pm 0.50^a$	$16/3 \pm 1/8^{ab}$	$16/5 \pm 0.54^{abc}$	$16/3 \pm 0.74^{ab}$	$17/3 \pm 0.56^c$	$17/1 \pm 0.57^{bc}$	$17/1 \pm 0.86^{bc}$	$17/3 \pm 0.9^c$	<0.05
طول پیش‌شکمی	$26/11 \pm 0.62^{bc}$	$26/11 \pm 0.68^{bc}$	$25/9 \pm 0.67^{ab}$	$26/9 \pm 0.45^d$	$25/3 \pm 0.45^d$	$26/8 \pm 0.55^{cd}$	$25/8 \pm 0.78^{ab}$	$25/6 \pm 0.9^c$	<0.05
طول پیش‌مخرجی	$36/8 \pm 0.6^b$	$36/4 \pm 0.84^{ab}$	$36/8 \pm 0.8^b$	$36/6 \pm 0.9^b$	$35/8 \pm 0.6^a$	$36/3 \pm 0.62^{ab}$	$36/4 \pm 0.63^{ab}$	$36/2 \pm 0.68^{ab}$	>0.05
طول ساقه دمی	$8/9 \pm 0.39^a$	$9/9 \pm 0.1^b$	$8/7 \pm 0.7^a$	$9/4 \pm 0.50^{ab}$	$9/5 \pm 0.9^a$	$9/7 \pm 0.46^{ab}$	$9/7 \pm 0.99^{ab}$	$8/8 \pm 0.7^a$	>0.05
طول پایه باله پستی	$7/5 \pm 0.14^{ab}$	$7/5 \pm 0.50^{ab}$	$7/6 \pm 0.72^b$	$7/2 \pm 0.51^{ab}$	$7/1 \pm 0.42^a$	$6/9 \pm 0.52^a$	$7/0 \pm 0.85^{ab}$	$7/2 \pm 0.71^{ab}$	>0.05
ارتفاع باله پستی	$9/1 \pm 0.83^{ab}$	$8/6 \pm 1/6^a$	$8/9 \pm 1/7^{ab}$	$9/7 \pm 0.8^b$	$9/9 \pm 0.97^b$	$10/1 \pm 1/0.5^b$	$10/9 \pm 1/0^b$	$9/3 \pm 0.7^a$	<0.05
طول پایه باله مخرجی	$4/11 \pm 0.9^{bc}$	$3/93 \pm 0.5^{abc}$	$4/0.3 \pm 0.5^{abc}$	$3/5 \pm 0.5^a$	$4/1 \pm 0.51^{bc}$	$3/5 \pm 0.23^{ab}$	$3/9 \pm 0.68^{abc}$	$4/3 \pm 0.48^a$	<0.05
ارتفاع باله مخرجی	$5/4 \pm 0.41^a$	$6/0.2 \pm 0.75^a$	$7/0.2 \pm 1/37^b$	$7/4 \pm 1/27^{bc}$	$7/7 \pm 0.55^{bc}$	$8/0.7 \pm 0.61^c$	$8/1 \pm 0.92^c$	$7/9 \pm 0.68^{bc}$	<0.05
طول باله سینکای	$9/8 \pm 0.85^a$	$10/6 \pm 0.9^{abc}$	$10/6 \pm 1/0.6^{abc}$	$11/1 \pm 1/0^{bcd}$	$10/1 \pm 1/0.4^d$	$12/2 \pm 0.98^d$	$11/5 \pm 0.69^{cd}$	$11/6 \pm 1/2^{abc}$	<0.05
طول باله شکمی	$7/8 \pm 0.34^a$	$8/59 \pm 0.68$	$9/1 \pm 1/99^b$	$8/7 \pm 0.64^{ab}$	$8/2 \pm 0.26^{ab}$	$8/5 \pm 0.9^{ab}$	$9/2 \pm 1/12^b$	$7/9 \pm 0.65^{ab}$	<0.05
فاصله باله سینکای تا شکمی	$15/2 \pm 0.16^b$	$14/9 \pm 1/0.4^{ab}$	$14/9 \pm 0.77^{ab}$	$15/4 \pm 0.91^b$	$14/2 \pm 0.7^a$	$15/3 \pm 0.84^b$	$14/4 \pm 0.91^{ab}$	$14/5 \pm 0.79^{ab}$	<0.05
فاصله باله شکمی تا مخرجی	$10/5 \pm 0.29^{ab}$	$9/9 \pm 0.39^{ab}$	$10/8 \pm 0.52^b$	$9/8 \pm 0.87^a$	$9/8 \pm 0.47^{ab}$	$10/4 \pm 0.59^a$	$10/6 \pm 1/16^{ab}$	$10/6 \pm 0.91^a$	<0.05
طول باله دمی	$10/4 \pm 0.87^a$	$10/3 \pm 0.6^a$	$11/9 \pm 0.59^b$	$11/6 \pm 0.86^b$	$11/3 \pm 0.98^{ab}$	$11/4 \pm 0.59^{ab}$	$11/2 \pm 0.36^{ab}$	$12/0.1 \pm 0.7^b$	<0.05
عرض بدن	$7/0.2 \pm 0.23^c$	$5/4 \pm 0.07^a$	$6/0.5 \pm 0.41^{ab}$	$7/3 \pm 0.63^c$	$6/7 \pm 0.62^{bc}$	$6/9 \pm 0.55^{bc}$	$7/0.4 \pm 0.84^c$	$7/15 \pm 1/66^c$	<0.05
عرض ساقه دمی	$2/2 \pm 0.15^{bc}$	$1/83 \pm 0.26^a$	$2/0.2 \pm 0.24^{ab}$	$2/4 \pm 0.37^c$	$2/1 \pm 0.26^{ab}$	$2/2 \pm 0.25^{bc}$	$2/0 \pm 0.21^a$	$2/0.6 \pm 0.00^{ab}$	<0.05
طول سر	$11/0.2 \pm 0.6^{abc}$	$10/5 \pm 0.54^a$	$11/0.1 \pm 0.58^{abc}$	$11/7 \pm 0.4^d$	$10/7 \pm 0.38^{ab}$	$11/2 \pm 0.43^{cd}$	$11/1 \pm 0.36^{bc}$	$11/1 \pm 0.34^{bc}$	<0.05
طول پوزه	$3/9 \pm 0.11^{ab}$	$3/8 \pm 0.42^a$	$3/2 \pm 0.47^{bc}$	$4/8 \pm 0.44^d$	$3/9 \pm 0.15^{ab}$	$4/5 \pm 0.45$	$4/2 \pm 0.22^{bc}$	$4/1 \pm 0.3^{abc}$	<0.05
قطر افقی چشم	$1/99 \pm 0.8^a$	$2/0.4 \pm 0.36^a$	$2/1 \pm 0.15^a$	$2/0.5 \pm 0.14^a$	$1/9 \pm 0.11^a$	$2/0.6 \pm 0.22^a$	$2/0.7 \pm 0.17^a$	$2/0. \pm 0.9^a$	>0.05
فاصله پس‌چشمی	$6/9 \pm 0.23^{ab}$	$4/5 \pm 0.54^a$	$4/5 \pm 0.52^b$	$4/8 \pm 0.72^{ab}$	$4/8 \pm 0.41^{ab}$	$4/8 \pm 0.39^{ab}$	$5/0.4 \pm 0.18^{ab}$	$5/0.4 \pm 0.18^{ab}$	>0.05
ارتفاع سر در گردن	$6/92 \pm 0.29^{abc}$	$6/5 \pm 0.35^a$	$6/9 \pm 0.23^{abc}$	$7/2 \pm 0.2^b$	$6/7 \pm 0.42$	$6/7 \pm 0.44^c$	$7/0 \pm 0.27^{bc}$	$7/0.1 \pm 0.51^{bc}$	<0.05
عرض سر	$7/2 \pm 0.27^{bc}$	$6/2 \pm 0.48^a$	$6/95 \pm 0.62^b$	$7/62 \pm 0.38^c$	$6/9 \pm 0.33^b$	$6/1 \pm 0.45^{bc}$	$6/8 \pm 0.66^b$	$7/2 \pm 0.36^{bc}$	<0.05
فاصله دو چشم	$2/2 \pm 0.08^{bcd}$	$2/8 \pm 0.38^a$	$2/1 \pm 0.23^{ab}$	$3/8 \pm 0.22^{cd}$	$2/2 \pm 0.26^{bc}$	$3/5 \pm 0.25^d$	$2/2 \pm 0.25^{bcd}$	$3/4 \pm 0.27^{bcd}$	<0.05
فاصله دو سوراخ بینی	$2/3 \pm 0.7^{bc}$	$2/3 \pm 0.35^a$	$2/7 \pm 0.27^{bc}$	$2/7 \pm 0.2^b$	$2/6 \pm 0.16^b$	$2/7 \pm 0.19^{bc}$	$2/6 \pm 0.25^b$	$2/9 \pm 0.21^c$	<0.05
عرض دهان	$2/4 \pm 0.2^{bc}$	$1/9 \pm 0.2^a$	$2/5 \pm 0.2^{cd}$	$2/8 \pm 0.2^d$	$2/2 \pm 0.2^b$	$2/5 \pm 0.2^{bc}$	$2/4 \pm 0.2^{bc}$	$2/4 \pm 0.23^{bc}$	<0.05
طول سیبک داخلی	$2/2 \pm 0.23^{bc}$	$2/6 \pm 0.34^a$	$2/3 \pm 0.24^{bc}$	$3/7 \pm 0.49^a$	$2/7 \pm 0.22^a$	$3/5 \pm 0.45^{bc}$	$3/5 \pm 0.44^c$	$3/1 \pm 0.44^b$	<0.05
طول سیبک خارجی	$2/4 \pm 0.15^c$	$2/0.3 \pm 0.39^{ab}$	$2/2 \pm 0.15^{bc}$	$2/5 \pm 0.29^c$	$1/88 \pm 0.23^a$	$2/3 \pm 0.18^{bc}$	$2/2 \pm 0.25^{bc}$	$2/3 \pm 0.26^{bc}$	<0.05
طول سیبک Maxillary	$3/4 \pm 0.4^d$	$2/6 \pm 0.14^b$	$3/1 \pm 0.36^{cd}$	$3/57 \pm 0.25^d$	$1/9 \pm 0.29^a$	$2/2 \pm 0.50^{cd}$	$3/2 \pm 0.34^d$	$2/8 \pm 0.32^{bc}$	<0.05



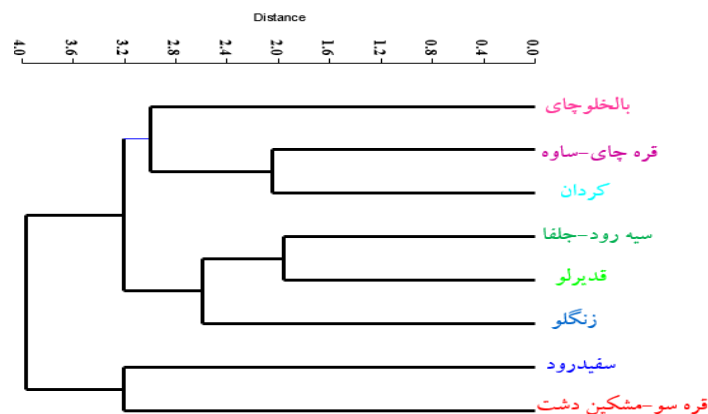
شکل ۲- نمودار تجزیه به مولفه های اصلی (PCA) صفات ریخت‌سنجی جمعیت‌های جویبار ماهی سفیدرود (*O. bergianus*) مورد

مطالعه.

نتایج تحلیل تحلیل همبستگی کانونی با ارزش P حاصل از آزمون Manova جمعیت‌های مورد مطالعه را تفکیک کرد (شکل ۳، $P < 0.001$, $f = 3/13$, Wilks lambda = 0.001) ولی جمعیت‌های بالخلوچای، قدیرلو و زنگلو با همدیگر، و هم‌پوشانی دو جمعیت کردان و قره‌چای نیز مشاهده می‌شود. نمودار تحلیل خوشه‌ای نیز جمعیت‌های مورد مطالعه را در دو خوشه کلی دسته‌بندی نمود (شکل ۴). براساس نتایج دو جمعیت قره‌سو و سفیدرود در یک خوشه و جدا از سایر جمعیت‌ها قرار گرفتند.



شکل ۳- نمودار تحلیل همبستگی کانونی (CVA) صفات ریخت‌سنجی جمعیت‌های جویبار ماهی سفیدرود (*O. bergianus*) مورد مطالعه.



شکل ۴- نمودار تحلیل خوشه‌ای (CA) صفات ریخت‌سنجی جمعیت‌های جویبار ماهی (*O. bergianus*) مورد مطالعه.

بحث

عوامل محیطی نقش مهمی در پراکنش ماهی‌ها در اکوسیستم‌های آبی دارند. آبریان به منظور بقا و صرف کمترین انرژی در مقابل نوسانات محیطی باید خود را با زیستگاه سازگار کنند^[19]. مطالعات بررسی تنوع ریختی می‌تواند به عنوان گام اول برای بررسی ساختار ذخایر گونه‌های ماهیانی که دارای جمعیت‌های بزرگ و پراکنده هستند مورد استفاده قرار گیرند^[20]. مطالعات متعدد این روش را به عنوان ابزار قدرتمندی برای تفکیک جمعیت‌ها بیان داشته‌اند^[20, 21]. نتایج بررسی تفاوت ریختی گونه جویبارماهی سفیدرود در حوضه‌های مختلف نشان داد که دو جمعیت قره‌چای و کردان حوضه نمک در یک گروه قرار می‌گیرند، که این می‌تواند بیانگر رابطه فاصله جغرافیایی و شکل بدن یا به عبارت دیگر نشان‌دهنده رابطه ژنتیکی نزدیک‌تر آن‌هاست^[22, 23]. اگرچه شرایط زیستگاهی مشابه این دو زیستگاه هم می‌تواند دلیلی بر این امر باشد. در بررسی حاضر صفات ارتفاع باله مخرجی و فاصله بین باله شکمی-مخرجی به عنوان صفات موثر در تفکیک جمعیت‌ها انتخاب شدند. ایگدری و همکاران^[7] در مطالعه خود بر روی تفاوت‌های ریختی جمعیت‌های جویبارماهی سفیدرود حوضه دریاچه نمک با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی صفات سر و ساقه دم و درازتر و کم عمق و جایگاه قدامی باله پستی را از صفات موثر در تفکیک جمعیت‌های مورد مطالعه عنوان کردند. همچنین در مطالعه مشابه روی بررسی تغییرات ریختی جویبارماهی سفیدرود در دو حوضه آبریز دریای خزر و دریاچه نمک با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی عمده تفاوت‌های مشاهده شده بین جمعیت‌های مورد مطالعه را طول و عمق ساقه دم، ارتفاع بدن، طول سر و جایگاه باله‌های پستی، مخرجی و سینه‌ای گزارش کردند^[15]. مولودی‌صالح و همکاران در بررسی تنوع ریختی جمعیت‌های جویبارماهی السا در حوضه دریاچه ارومیه چنان عنوان کردند که جمعیت‌های مورد مطالعه در ۸ صفت دارای تفاوت معنی‌داری بودند^[16]. تفاوت‌های ریختی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه می‌تواند به واسطه تفاوت‌های ژنتیکی و انعطاف‌پذیری ریختی تحت تاثیر شرایط محیطی باشد. عوامل مختلف محیطی به واسطه انتخاب طبیعی باعث افزایش کارایی صفات ریختی در بین افراد یک زیستگاه و در نتیجه جداسازی ریختی جمعیت‌های آن زیستگاه‌های مختلف می‌گردد^[24]. هر کدام از ویژگی‌های ریختی مشاهده شده در جمعیت‌ها می‌تواند به صورت عملکردی به دلیل سازگاری با محیط ایجاد شده باشد عوامل مختلف محیطی، نقش مهمی در نحوه زیست ماهی در اکوسیستم‌های آبی دارند، که این سازگاری‌ها به منظور حفظ انرژی و بقای موجود در محیط و مقابله با ناملایمات محیطی صورت می‌گیرد^[25].

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه جویبارماهی سفیدرود گونه‌ای کفزی بوده و زیر سنگ‌های بستر مستقر می‌شود^[11]. تفاوت‌های ریختی در جمعیت‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که این تفاوت‌ها مربوط به انعطاف‌پذیری ریختی نسبت به تغییرات شرایط محیطی می‌باشد. بنابراین این گونه با تغییر ویژگی‌های ریختی شامل ارتفاع باله‌های پستی و مخرجی و فاصله بین باله شکمی-مخرجی سازگاری با شرایط زیستگاهی متفاوت را از خود نشان می‌دهد.

تأییدیه اخلاقی: کلیه مراحل انجام این مطالعه با رعایت مسایل اخلاقی انجام شد.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تعارض منافی وجود ندارد.

سهم نویسندگان: شادیه محمدی (نویسنده اول) (روش شناس/نگارنده بحث) ۳۰ درصد؛ سهیل ایگدری (نویسنده دوم) (پژوهشگر اصلی/ نتایج/تحلیلگر آماری) ۴۰ درصد؛ هادی پورباقر (نویسنده سوم) (پژوهشگر کمکی و نگارنده مقدمه) ۲۰ درصد؛ عطا مولودی صالح (پژوهشگر کمکی) ۱۰ درصد.

منابع مالی: هزینه‌های مالی اجرای این پژوهش توسط دانشگاه تهران تأمین شده است.

منابع

- [1] Nelson J.S., Grande T.C., Wilson M.V. 2016. Fishes of the World. John Wiley and Sons. 752 p.
- [2] Coad BW. Freshwater Fishes of Iran. <http://www.briancoad.com>. Retrieved 10/3/2017.

- [3] Mafakheri P, Eagderi S, Farahmand H, Mosavii-Sabet H. Descriptive Osteology of *Oxynoemacheilus kermanshahensis* (Bănărescu And Nalbant, 1966) (Cypriniformes, Nemacheilidae). Croatian J Fish. 2015; 73(3), 115-123.
- [4] Esmaeili HR, Sayyadzadeh G, Eagderi S, Abbasi K. Checklist of freshwater fishes of Iran. FishTaxa. 2018; 3(3), 1-95.
- [5] Coad BW. Freshwater Fishes of Iran. Available at: <http://www.briancoad.com> Accessed: May, 2014.
- [6] Tabatabayi S, Eagderi S, Kaboli M, Javanshir A, Hashemzadeh Saqarlu I, Zamani M. Analysis of the environmental factors affecting the distribution of the Loach (*Oxynoemacheilus bergianus*) in Kordan River-Iran. J Fish, 66(2): 159-171. [In Persian].
- [7] Eagderi S, Jafari O, Saeidpoor B, Jalili P. Morphological differences of *Oxyne-macheilus bergianus*, Derzhavin, 1934 in the Namak Lake basin using Geometric morphometric technique. Environ Science Engin. 2014; 2(4), 13-18. [In Persian].
- [8] Keivany Y, Nasri M, Abbasi K, Abdoli A. Atlas of Inland Water Fishes of Iran. Iran Department of Environment Press, Tehran, Iran. 2016; 218 p. [In Persian].
- [9] Jalili P, Eagderi S, Poorbagher H, Seçer B. Phylogeny of *Oxyne-macheilus bergianus* (Derzhavin, 1934) (Nemacheilidae: Cypriniformes) in Iran using osteological characteristics. FishTaxa. 2018; 2(4), 201-209.
- [10] Coad BW. Fresh water fishes of Iran. Available from www.Briancoad.com. Accessed 1st September 2020.
- [11] Menon AGK. The Fauna of India and the Adjacent Countries. Pisces. Vol. IV. Teleostei - Cobitoidea. Part 1. Homalopteridae. Zool Surv India, Calcutta. 1987; 259 p.
- [12] Pirmohammadi M, Abdoli A, Ghorbani R. Some biological characteristics of *Neogobius igorlap* in south east of Caspian Sea, Golestan Province. J Anim Res. 2014; 27(1), 12-21. [In Persian].
- [13] Keeley ER, Parkinson EA, Taylor EB. The origin of ecotypic variation of rainbow trout: a test of environmental vs. genetically based differences in morphology. J Evol Biol. 2007; 20(2), 725-736.
- [14] Tudela S. Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. Fish Res. 1999; 42(3), 229-243.
- [15] Mouludi-Saleh A, Eagderi S. Morphological variations of *Oxyne-macheilus bergianus* (Derzhavin, 1934) in two inland water basins of Iran using geometric morphometric method. J Appl Ichthyol Res. 2020; In Press. [In Persian].
- [16] Mouludi-Saleh A, Eagderi S, Poorbagher, H. Morphometric diversity of *Oxyne-macheilus elsaе* Eagderi, Jalili & Çiçek 2018 from Urmia lake basin. 8th Iranian Conference of Ichthyology, Tarbiat Modares University, September 2020. [In Persian].
- [17] Armbruster JW. Standardized measurements, landmarks, and meristic counts for cypriniform fishes. Zootaxa 2012; 3586(1), 8-16.
- [18] Elliot NG, Haskard K, Koslow JA. Morphometric analysis of the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) population off the continental slope of southern Australia. J Fish Biol. 1995; 46(2), 202-220.
- [19] Fuiman L, Batty R. What a drag it is getting cold: partitioning the physical and physiological effects of temperature on fish swimming. J Exp Biol. 1997; 200, 1745-175
- [20] Naeem M, Salam A. Morphometric study of fresh water bighead carp *Aristichthys nobilis* from Pakistan in relation to body size. Pakistan J Biol Sci. 2005; 8(5), 759-762.
- [21] Ouattara TAS, Konan KM, Konan KJ, Béatrice A, Adepo-Gourene BCA, N'guetta ASP. Morphological identification and taxonomic relationship of farmed fish of the genus *Chrysichthys*. Int J of Res. 2014; 1(3), 2311-2484.
- [22] Eagderi S, Esmaeilzadegan E, Madah A. Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. J Biosystem Taxon. 2013; 5(4), 1-8. [In Persian].
- [23] Mohadasi M, Shabanipour N, Eagderi S. Habitat-associated morphological divergence in four Shemaya, *Alburnus chalcoides* (Actinopterygii: Cyprinidae) populations in the southern Caspian Sea using geometric morphometrics analysis. Int J Aqua Biol. 2013; 1(2), 82-92.
- [24] Eagderi S, Kamal S. Application of geometric morphometrics approach in phenotypic plasticity

investigations of fishes: A case study of killifish *Aphanius sophiae* (Heckel, 1847) body shape comparison in Cheshme-Ali (Damghan) and Shour River (Eshtehard). J Appl Ichthyol Res. 2013; 1(2), 47-52. [In Persian].

- [25] Mohammadi S, Eagderi S, Poorbagher H. Taxonomic status of stone loaches (Teleostei: Nemacheilidae) in the Iranian part of the Aras River drianage using morphometric and molecular characteristics. Master thesis. Department of fisheries, Faculty of natural resources. University of Tehran. 2018. [In Persian].

Morphological variation of *Oxynoemacheilus bergianus* (Derzhavin, 1934) from the Namak Lake and Caspian Sea basins using traditional morphometric method

Shadieh Mohammadi¹, Soheil Eagderi^{1*}, Hadi Poorbagher¹, Atta Mouludi-Saleh¹

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ABSTRACT

In this study, the morphological variation of *Oxynoemacheilus bergianus* was studied in the different rivers of the Namak Lake and Caspian Sea basins using traditional morphometric method. For this purpose, a total of 76 specimens were collected from eight river systems and after fixation into 4% buffered formalin, transferred to the laboratory, a total of 31 morphological characteristics were measured using digital calipers. After standardization, the morphometric data were analyzed using multivariate analysis including principal component analysis (PCA), canonical variate analysis with p-value obtained from MANOVA (MANOVA/CVA) and cluster analysis (CA). The results showed significant differences in 24 traits between the studied populations ($P < 0.05$), which anal fin depth and the ventral-anal fin distances were main discriminative ones. CVA analysis was able to separate the studied populations. Also, CA placed the Ghareesu and Sefid populations in a clade and separate from other populations. The observed differences may be related to phenotype plasticity in response to environmental conditions.

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 20 May 2020

Accepted: 14 September 2020

ePublished: 18 December 2020

KEYWORDS: *Oxynoemacheilus bergianus*, Morphology, Phenotype plasticity, Cluster analysis

* Corresponding Author:

Email address: soheil.eagderi@ut.ac.ir

Tel: +98 263223044

© Published by Tarbiat Modares University

eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513