بررسی تفاوت‌های ریخت‌شناسی جمعیت‌های سیاه‌ماهی *Capoeta capoeta* در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود از حوضه دریاچه ارومیه

- **علیرضا رادخواه*:** گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی: ٤١١١
- **هادی پورباقر:** گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی: ٤١١١
- **سهیل ایگدری:** گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی: ٤١١١

تاریخ دریافت: اردیبهشت ١٣٩٤ تاریخ پذیرش: مرداد ١٣٩٤

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عوامل محیطی موثر بر آن‌ها در جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود از حوضه دریاچه ارومیه به اجرا درآمد. در این مطالعه، در مجموع ۸۵ عدد سیاه ماهی از قسمت‌های بالادست (٤٠ قطعه) و پایین‌دست (٤٥ قطعه) رودخانه زرینه‌رود با استفاده از دستگاه الکتروشوکر صید شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از بی‌هوشی در محلول عصاره گل میخک، در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شده و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. ۲۱ صفت ریخت‌سنجی و ۷ صفت شمارشی در ماهیان صید شده بررسی شد. داده‌های استانداردشده به‌منظور تعیین اختلاف در بین جمعیت‌های مورد مطالعه و هم‌چنین به‌منظور جداسازی و تفکیک جمعیت‌ها در هریک از صفات با استفاده از آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز تابع تشخیص (DFA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مطالعه حاضر نشان داد که جمعیت‌های سیاه ماهیان در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود از نظر صفات شمارشی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p>0/05$). جمعیت‌های مورد بررسی از نظر صفات ریخت‌سنجی با یکدیگر اختلاف داشتند، البته این اختلاف موجب تمایز و تفکیک جمعیت‌ها نشد. تفاوت در شرایط اکولوژیکی مانند سرعت جریان آب، دما، اکسیژن، پوشش گیاهی و شرایط تغذیه‌ای از مهم‌ترین عوامل موثر بر اختلافات ریخت‌شناسی در بین جمعیت‌های مورد مطالعه تشخیص داده شدند.

کلمات کلیدی: صفات ریخت‌سنجی، صفات شمارشی، جمعیت‌های بالادست و پایین‌دست، سیاه‌ماهی، *Capoeta capoeta*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: radkhahalireza@yahoo.com

مقدمه

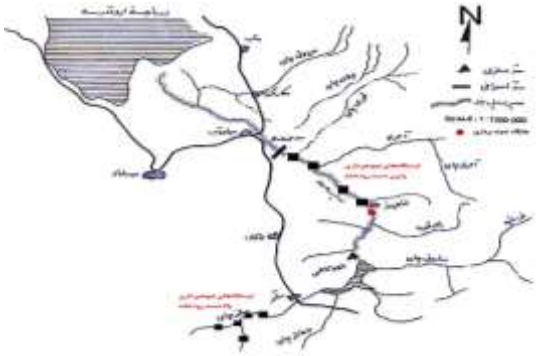
بررسی ماهیان در اکوسیستم‌های آبی از جهت‌های مختلف مانند بوم‌شناسی، رفتارشناسی، تکامل، مدیریت و ارزیابی ذخایر بسیار حائز اهمیت است. محققان گونه‌های مختلف ماهیان را به‌واسطه ویژگی‌های ریخت‌شناسی، مورد ارزیابی و شناسایی قرار می‌دهند. ویژگی‌های ریخت‌شناسی اطلاعات مفید و سودمندی از نظر ویژگی‌های محیطی و اکولوژیکی در اختیار محققان قرار می‌دهد (Pianka، ۱۹۹۴؛ Winemiller، ۱۹۹۱؛ Watson و Balon، ۱۹۸۴). تحقیقات گذشته نشان داده است که خصوصیات ریخت شناسی ماهیان شاخص‌های قابل اعتمادی برای بررسی رفتارهای آن‌ها مانند رفتار شنا و انتخاب زیستگاه می‌باشد (Webb، ۱۹۸۴). بنابراین این خصوصیات نه تنها ویژگی‌های ژنتیکی را نشان می‌دهد بلکه می‌تواند منعکس کننده وضعیت زیستگاه ماهی نیز باشد (Guill و همکاران، ۲۰۰۳). ویژگی‌های ریختی ماهیان تحت تأثیر شرایط محیطی مانند نوع بستر، جریان آب، پوشش گیاهی، رقابت و میزان دسترسی به منابع غذایی قرار دارد (Nicieza، ۱۹۹۵). بنابراین شرایط اکولوژیکی یا محیطی عاملی قدرتمند در ایجاد تغییرات ریختی ماهیان به‌حساب می‌آیند (Costa و Cataudella، ۲۰۰۷).

رودخانه‌ها از مهم‌ترین پیکره‌های آبی هستند که گونه‌های مختلفی از موجودات آبزی را درون خود جای داده‌اند. قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه‌ها عمدتاً از نظر اکولوژیکی و ویژگی‌های محیطی با یکدیگر متفاوت هستند. در این مناطق معمولاً فاکتورهای غیرزنده مانند وضعیت توپوگرافی، عمق رودخانه، دبی آب، سرعت جریان آب و غلظت اکسیژن با یکدیگر متفاوت هستند. بنابراین، اختلاف در پارامترهای غیرزنده بر پراکنش ماهیان، ویژگی‌های زیست‌شناسی و به‌خصوص ویژگی‌های ریخت شناسی آن‌ها موثر خواهد بود (استکی، ۱۳۸۳). رودخانه زرینه‌رود یکی از رودخانه‌های اصلی حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد که از کوه‌های چهل‌چشمه در استان کردستان سرچشمه گرفته و سرانجام به دریاچه ارومیه در آذربایجان‌غربی می‌ریزد. طول این رودخانه ۲۴۰ کیلومتر و میانگین آبدهی آن ماهانه ۱۳۹/۵ میلیون مترمکعب برآورد شده است. آب این رودخانه در جهت تامین نیازهای کشاورزی و آشامیدنی مصرف می‌شود (ضرغامی و صفاری، ۱۳۹۲). در رودخانه زرینه‌رود گونه‌های مختلفی از ماهیان زیست می‌نمایند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) است. سیاه ماهی (*C. capoeta*) از ماهیان اقتصادی ساکن حوضه دریای خزر و دریاچه ارومیه محسوب می‌شود (انوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۱). این ماهی در رودخانه‌ها و چشمه‌های با آب شفاف تا گل‌آلود و در بسترهای قلوه‌سنگی همراه با ماسه و گل و لای زیست می‌نماید (عبدلی، ۱۳۷۸). سیاه‌ماهیان باتوجه به فرم دهانی زیرین عمدتاً کف‌زی‌خوار هستند (صیامی و همکاران، ۱۳۹۳). این ماهی از حشرات آبزی مانند شیرونومیده، هم‌چنین جلبک‌ها و دیاتومه‌ها تغذیه می‌کند (Coad، ۲۰۱۵). تولیدمثل این گونه از اسفند تا تیر می‌باشد، ماهیان ماده در سن ۲ تا ۳ سالگی و ماهیان نر در ۱ تا ۲ سالگی بالغ می‌شوند (عبدلی، ۱۳۷۸). مطالعات متعددی پیرامون خصوصیات زیست شناسی و ریخت‌شناسی گونه‌های مختلف سیاه‌ماهی در ایران صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات انوری‌فر و همکاران (۱۳۹۱)، جوهری و همکاران (۱۳۸۹) و مصطفوی و عبدلی (۱۳۸۴) اشاره کرد. انوری‌فر و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تنوع و تمایز ریخت‌سنجی سیاه ماهی (*C. capoeta*) در رودخانه تجن ساری پرداختند. جوهری و همکاران (۱۳۸۹) مشخصات مورفومتریک و مریستیک جنس نر و ماده سیاه‌ماهی در رودخانه تالار استان مازندران را مورد مقایسه قرار دادند. هم‌چنین، مصطفوی و عبدلی (۱۳۸۴)، عادات غذایی سیاه‌ماهی در دو رودخانه تالار و یاسالق حوضه جنوبی دریای خزر را بررسی کردند. با وجود تفاوت شرایط محیطی در قسمت‌های بالادست و پایین دست رودخانه زرینه‌رود این سوال پیش می‌آید که آیا جمعیت‌های سیاه‌ماهی در قسمت‌های مورد بررسی از نظر صفات ریخت‌شناسی با یکدیگر تفاوت دارند؟ چنان‌چه اگر تفاوتی هم در بین جمعیت‌ها وجود دارد، آیا این تفاوت یا اختلاف می‌تواند باعث جدایی جمعیت‌ها شود؟ بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اختلاف‌های ریخت‌شناسی جمعیت‌های سیاه‌ماهی در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود از حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal Components Analysis) و آنالیز تابع تشخیص (Discriminant Function Analysis) به‌اجرا درآمد. این روش‌ها، می‌توانند تغییرات داده‌های ریخت‌شناسی را نشان داده و به‌منظور بررسی اختلافات ریخت شناسی در جمعیت‌ها و هم‌چنین تفکیک و جداسازی آن‌ها استفاده شوند (Moghadam و همکاران، ۱۹۹۴).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، در مجموع ۸۵ عدد سیاه ماهی (*Capoeta capoeta*) در مردادماه ۱۳۹۳، از قسمت‌های بالادست (۴۰ قطعه از بخش سقز استان کردستان) و پایین‌دست (۴۵ قطعه از بخش

میاندوآب آذربایجان‌غربی) رودخانه زرینه‌رود با استفاده از دستگاه الکتروشوکر صید شدند. مکان‌های نمونه‌برداری در بالادست و پایین‌دست رودخانه بین مختصات‌های جغرافیایی (′۱۰ °۴۰ :N، ′۴۵ °۶۱ :E) و (′۸۷ °۸۰ :N، ′۲۴ °۶۰ :E) قرار داشتند (شکل ۱). نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از بی‌هوشی در محلول عصاره گل میخک، در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت شده و سپس به آزمایشگاه شیلات دانشگاه تهران منتقل شدند. ۲۱ صفت ریخت‌سنجی با عکس‌برداری از سطح جانبی ماهیان و با استفاده از نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ۷ صفت شمارشی نیز در ماهیان صید شده مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های ریخت‌سنجی به‌منظور کاهش تغییرات ناشی از رشد آلومتریک با استفاده از نرم‌افزار PAST استانداردسازی شدند. به‌منظور تعیین اختلاف در بین جمعیت‌های مورد مطالعه و هم‌چنین به‌منظور جداسازی و تفکیک جمعیت‌ها در هریک از صفات نیز از آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز تابع تشخیص (DFA) استفاده گردید. در مطالعه حاضر از نرم‌افزارهای PAST، SPSS۱۶ و Excel ۲۰۱۰ استفاده شد.



شکل ۱: موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نتایج

دامنه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات صفات شمارشی و ریخت‌سنجی سیاه‌ماهی (*C. capoeta*) در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. نمودار آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) برای صفات شمارشی و ریخت‌سنجی به‌ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است.

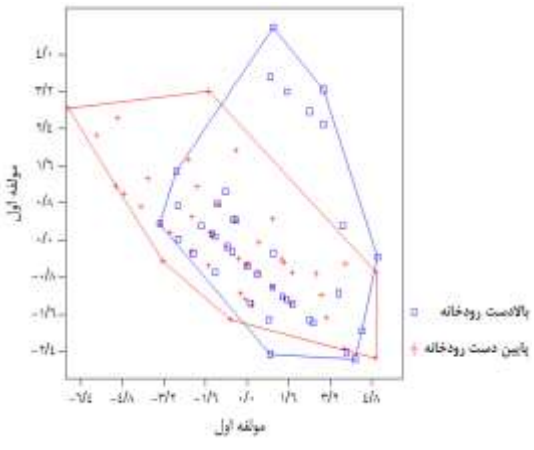
جدول ۱: تغییرات صفات شمارشی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود

ردیف	صفات	انحراف معیار ± میانگین		حداکثر- حداقل		ضریب تغییرات (%CV)	
		بالادست	پایین‌دست	بالادست	پایین‌دست	بالادست	پایین‌دست
۱	تعداد شعاع‌های منشعب باله پشتی	۸/۰۰±۰/۰۰	۸/۲۵±۰/۵۰	۸-۸	۸-۹	۰/۰۰	۶/۹۶
۲	تعداد شعاع‌های منشعب باله مخرجی	۵/۵۰±۰/۵۷	۵/۲۵±۰/۵۰	۵-۶	۵-۶	۱۰/۳۶	۹/۵۲
۳	تعداد شعاع‌های منشعب باله سینه‌ای	۱۴/۰۰±۰/۸۱	۱۴/۲۵±۱/۲۵	۱۳-۱۵	۱۳-۱۶	۵/۷۸	۸/۷۷
۴	تعداد شعاع‌های منشعب باله شکمی	۸/۷۵±۰/۵۰	۸/۷۵±۰/۵۰	۸-۹	۸-۹	۵/۷۱	۵/۷۱
۵	تعداد فلس‌های روی خط جانبی	۵۶/۲۵±۸/۴۲	۴۹/۲۵±۳/۹۵	۴۸-۶۴	۴۸-۵۰	۱۴/۹۶	۸/۰۲
۶	تعداد فلس‌های بالای خط جانبی	۱۶/۱۳±۰/۵۰	۱۴/۹۵±۰/۵۰	۱۴-۱۷	۱۴-۱۶	۳/۰۹	۳/۳۴
۷	تعداد فلس‌های زیر خط جانبی	۱۳/۳۴±۰/۴۷	۱۴/۲۳±۰/۵۰	۱۲-۱۴	۱۳-۱۵	۳/۵۲	۳/۵۱
	میانگین					۶/۲۰	۶/۵۴

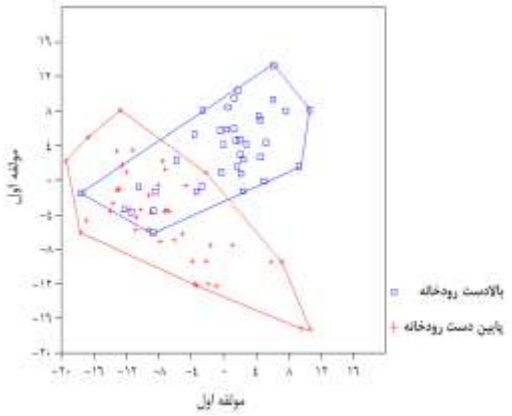
آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که جمعیت‌های سیاه ماهی در بالادست و پایین‌دست رودخانه اختلاف معنی‌داری از نظر صفات شمارشی با یکدیگر ندارند. به‌عبارت دیگر، جمعیت‌های مورد بررسی در ارتباط با ابر پراکنش در خصوصیات شمارشی با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. در آنالیز ویژگی‌های شمارشی ۳ تابع مشخص شد که در آن مولفه اول (PC۱)، ۶۳/۰۲ درصد و مولفه دوم (PC۲) ۲۰/۲۰ درصد از تغییرات بین جمعیتی را نشان دادند (در مجموع ۸۳/۲۲ درصد). در مولفه اول، تعداد فلس‌های روی خط جانبی، همبستگی منفی بالایی (۰/۷۱-) با تابع مورد نظر داشت. علاوه براین، در مولفه دوم، تعداد شعاع‌های منشعب باله شکمی، همبستگی مثبت بالایی (۰/۵۲) با تابع مورد نظر نشان داد (جدول ۳). هم‌چنین، آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی برای صفات ریخت‌سنجی نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات ریخت‌سنجی اختلاف قابل توجهی با یکدیگر دارند. در آنالیز ویژگی‌های ریخت‌سنجی، ۳ تابع به‌دست آمد که در آن مولفه اول (PC۱)، ۵۶/۶۷ درصد و مولفه دوم (PC۲) ۲۳/۷۴ درصد از تغییرات بین گروهی را توضیح داده و در مجموع ۸۰/۴۱ درصد از تغییرات بین گروهی را نشان دادند. در مولفه اول، فاصله باله شکمی تا پوزه، همبستگی مثبت بالایی (۰/۴۴) با تابع مورد نظر داشت. هم‌چنین در مولفه دوم، طول چنگالی، همبستگی مثبت بالایی (۰/۴۱) با تابع مورد نظر نشان داد (جدول ۴).

جدول ۲: تغییرات صفات ریخت‌سنجی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود

ردیف	صفات (بر حسب میلی‌متر)	انحراف معیار ± میانگین		دامنه		ضریب تغییرات (CV٪)	
		بالادست	پایین‌دست	بالادست	پایین‌دست	بالادست	پایین‌دست
۱	طول کل	۱۰۳/۳۵±۳۵/۲۸	۶۲/۶۰±۴۷/۸۱	۴۰-۱۵۵	۲۵-۱۳۸	۳۴/۲۳	۷۶/۳۹
۲	طول چنگالی	۹۶/۶۰±۳۳/۴۴	۵۰/۸۸±۲۲/۱۱	۳۸-۱۴۵	۲۳-۱۱۴	۳۴/۶۳	۴۳/۴۶
۳	طول استاندارد	۸۸/۸۲±۳۱/۴۹	۴۵/۸۴±۲۰/۵۳	۳۳-۱۳۴	۲۱-۱۰۶	۳۵/۴۶	۴۴/۸۰
۴	ارتفاع بدن	۲۲/۱۲±۸/۰۶	۱۰/۸۲±۵/۰۴	۷-۳۳	۴-۲۶	۳۶/۴۴	۴۶/۶۳
۵	طول سر	۲۱/۶۲±۷/۶۵	۱۰/۶۰±۳/۸۴	۸-۳۲	۵-۱۹	۳۵/۴۱	۳۶/۲۸
۶	طول پوزه	۳/۹۵±۱/۳۱	۲/۳۳±۰/۸۲	۲-۶	۱-۴	۳۳/۴۰	۳۵/۳۹
۷	از چشم تا سرپوش آبششی	۱۲/۹۰±۵/۰۴	۵/۶۴±۲/۴۸	۳-۲۱	۳-۱۲	۳۹/۰۹	۴۴/۰۷
۸	قطر چشم	۳/۸۵±۱/۱۴	۲/۴۸±۰/۷۵	۲-۶	۱-۴	۲۹/۷۳	۳۰/۴۳
۹	فاصله باله پشتی تا پوزه	۵۰/۴۰±۱۸/۳۷	۲۴/۰۴±۱۱/۱۳	۱۶-۷۵	۱۱-۵۵	۳۶/۴۶	۴۶/۳۳
۱۰	فاصله باله شکمی تا پوزه	۴۷/۴۰±۲۱/۲۷	۱۱/۳۷±۴/۲۳	۸-۷۳	۵-۲۱	۴۴/۸۸	۳۷/۲۶
۱۱	فاصله باله مخرجی تا پوزه	۶۵/۵۰±۲۲/۸۲	۳۳/۹۱±۱۵/۲۱	۲۴-۹۷	۱۵-۷۹	۳۴/۸۵	۴۴/۸۷
۱۲	ارتفاع باله پشتی	۱۴/۱۰±۴/۹۳	۷/۷۱±۳/۷۵	۵-۲۱	۲-۱۸	۳۵/۰۰	۴۸/۷۳
۱۳	قاعده باله پشتی	۱۲/۰۵±۴/۱۷	۶/۸۶±۲/۹۹	۵-۱۹	۳-۱۵	۳۴/۶۵	۴۳/۶۴
۱۴	ارتفاع باله مخرجی	۱۰/۲۷±۴/۱۰	۵/۷۱±۳/۱۳	۳-۱۶	۲-۱۳	۳۹/۹۸	۵۴/۹۴
۱۵	قاعده باله مخرجی	۹/۲۷±۳/۲۹	۵/۴۸±۲/۴۱	۳-۱۵	۲-۱۲	۳۵/۵۵	۴۴/۰۵
۱۶	طول باله شکمی	۱۰/۵۰±۳/۷۱	۶/۰۶±۲/۳۷	۴-۱۷	۲-۱۲	۳۵/۳۷	۳۹/۲۰
۱۷	طول باله سینه‌ای	۱۳/۹۲±۵/۷۱	۵/۸۶±۲/۷۷	۴-۲۲	۲-۱۳	۴۱/۰۶	۴۷/۳۳
۱۸	فاصله باله شکمی تا سینه‌ای	۲۷/۰۷±۸/۹۵	۱۵/۲۲±۲/۳۸	۱۰-۴۰	۵-۳۹	۳۳/۰۸	۴۸/۵۰
۱۹	طول ساقه دمی	۱۷/۱۵±۷/۰۱	۷/۱۵±۳/۷۷	۴-۲۸	۲-۱۷	۴۰/۹۲	۵۲/۷۱
۲۰	ارتفاع ساقه دمی	۹/۴۰±۳/۳۸	۴/۶۲±۲/۲۳	۳-۱۴	۲-۱۱	۳۵/۹۶	۴۸/۴۴
۲۱	ارتفاع سر	۱۸/۱۷±۶/۲۵	۹/۲۴±۴/۱۸	۷-۲۶	۴-۲۰	۳۴/۳۹	۴۴/۸۵
	میانگین					۳۶/۲۲	۴۵/۶۳



شکل ۲: نمودار آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) صفات شمارشی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود



شکل ۳: نمودار آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) صفات ریخت‌سنجی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود

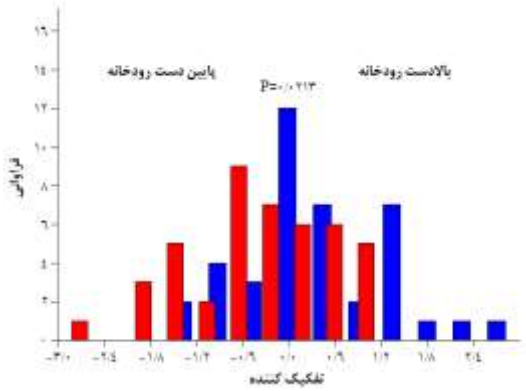
جدول ۳: مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی صفات شمارشی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود

مولفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۱۳/۱۶	۶۳/۰۲	۶۳/۰۲
۲	۴/۲۲	۲۰/۲۰	۸۳/۲۲
۳	۱/۹۸	۹/۴۸	۹۲/۷۰

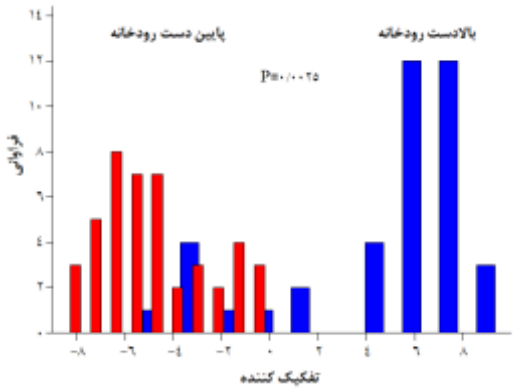
جدول ۴: مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی صفات ریخت‌سنجی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود

مولفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۶۶/۶۹	۵۶/۶۷	۵۶/۶۷
۲	۲۷/۹۲	۲۳/۷۴	۸۰/۴۱
۳	۳/۹۱	۳/۳۲	۸۳/۷۳

علاوه بر آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی، آنالیز تابع تشخیص (DFA) نیز برای صفات شمارشی و ریخت‌سنجی انجام گرفت. نمودارهای مربوط به آنالیز صفات شمارشی و ریخت سنجی جمعیت‌های سیاه ماهی به‌ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است. آنالیز تابع تشخیص برای صفات شمارشی نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های شمارشی هم‌پوشانی بالایی با یکدیگر دارند (p>۰/۰۵). هم‌چنین، آنالیز تابع تشخیص برای صفات ریخت‌سنجی نیز نشان داد که هر چند جمعیت‌های سیاه ماهی از لحاظ ریخت‌سنجی با یکدیگر اختلاف دارند، اما این اختلاف، موجب تفکیک یا جدایی جمعیت‌ها نمی‌شود.



شکل ۴: نمودار آنالیز تابع تشخیص (DFA) صفات شمارشی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین دست رودخانه زرینه‌رود



شکل ۵: نمودار آنالیز تابع تشخیص (DFA) صفات ریخت سنجی جمعیت‌های سیاه ماهی (*C. capoeta*) در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود

بحث

ویژگی‌های ریخت‌شناسی ماهیان در شناسایی واحدهای جمعیتی، بررسی جنبه‌های زیست‌شناسی و در نهایت در مدیریت بهینه ذخایر آبزیان نقش به‌سزایی دارند (Tudela، ۱۹۹۹). این ویژگی‌ها اغلب تحت تاثیر شرایط محیطی در یک دوره طولانی قرار می‌گیرند و در نهایت دچار تغییر می‌شوند (Nacua و همکاران، ۲۰۱۰). تغییرات ریختی موجودات در حقیقت توانایی

آن‌ها برای تغییر فنوتیپ خود در پاسخ به تغییرات محیطی است (Wooton، ۱۹۹۱). گاهی اوقات ماهیان متعلق به یک گونه در پاسخ به تغییرات محیطی که به‌واسطه جدایی زیستگاه صورت می‌گیرد، جمعیت‌های متفاوتی را تشکیل داده و مسیر تکاملی مجزایی را نسبت به دیگر طی کنند (Wooton، ۱۹۹۱).

در مطالعه حاضر، ۲۱ صفت ریخت‌سنجی و ۷ صفت شمارشی جمعیت‌های سیاه‌ماهی در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه رود بررسی گردید. میانگین ضریب تغییرات صفات شمارشی نشان داد که تنوع صفات در صفات شمارشی در جمعیت بالادست رودخانه نسبت به جمعیت پایین‌دست بیش‌تر بوده است، اما در مورد صفات ریخت‌سنجی، تنوع صفات در جمعیت پایین‌دست رودخانه بیش‌تر بود. با این‌حال، ضریب تغییرات صفات ریخت سنجی بیش‌تر از صفات شمارشی بود. این نتیجه مشابه نتایج ارائه شده در بررسی تنوع ریختی جمعیت سس ماهی کورا (*B. lacerta*) در رودخانه کسلیان استان مازندران بود که توسط گرجیان عربی و همکاران (۱۳۸۹) انجام گرفته است. نتایج حاصل از آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی و آنالیز تابع تشخیص نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات شمارشی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، بلکه هم‌پوشانی بالایی نیز با یکدیگر داشتند. صداقت و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی صفات ریخت‌شناسی ماهی گامبوزیا (*G. holbrooki*) در دو فصل تابستان و پاییز در رودخانه دینور کرمانشاه بیان کردند که صفات شمارشی در بین جمعیت‌های مورد بررسی با یکدیگر هم‌پوشانی داشتند. هم‌چنین، عباسی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در بررسی ساختار جمعیتی ماهی سیاه کولی خزری (*Vimba persa*) در سواحل جنوبی دریای خزر دریافتند که ویژگی‌های شمارشی در تمام جمعیت‌ها تقریباً با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. نتایج حاصل از بررسی صفات شمارشی در جمعیت‌های سیاه‌ماهی رودخانه زرینه رود مشابه تحقیقات مذبور بود. بنابراین این صفات نمی‌توانند عاملی برای تفکیک جمعیت‌های سیاه‌ماهیان در بالادست و پایین دست رودخانه زرینه رود باشند. نتایج به‌دست آمده از آنالیز صفات ریخت‌سنجی نشان داد جمعیت‌های سیاه‌ماهی علی‌رغم تفاوتی که از نظر فاصله باله شکمی تا پوزه و طول چنگالی با یکدیگر دارند، نمی‌توانند جمعیت‌های مجزایی نسبت به یکدیگر باشند.

اختلاف در ویژگی‌های ریخت‌شناسی جمعیت‌های سیاه ماهی در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود می‌تواند عوامل متعددی داشته باشد که در ارتباط با شرایط اکولوژیکی این مناطق می‌باشد. تعیین دقیق عوامل اکولوژیکی موثر بر تغییرات ریخت‌شناسی امری مشکل است، اما با این‌حال می‌توان عواملی را که احتمالاً تاثیرگذار هستند، شناسایی کرد. قسمت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه‌ها شرایط خاصی دارند که با یکدیگر متفاوت می‌باشد (ابراهیم‌نژاد، ۱۳۸۵). ماهیان برای ادامه حیات باید با این شرایط محیطی سازگار شوند (Zelditch، ۲۰۰۴). از طرف دیگر، سازگاری موجودات با شرایط محیطی نیز باعث ایجاد تغییرات ریختی در آن‌ها می‌شود (Langerhans و همکاران، ۲۰۰۳). از مشخصات قسمت بالادست یا علیای رودخانه‌ها می‌توان به شیب زیاد، عمق کم و تغییرات وسیع دبی آب اشاره کرد. آب این مناطق، کم عمق، متلاطم و سرشار از اکسیژن بوده و هم‌چنین تغییرات دمای آب تابع تغییرات درجه حرارت محیط می‌باشد (ابراهیم‌نژاد، ۱۳۸۵). معمولاً ماهیانی که در قسمت بالادست رودخانه زندگی می‌کنند، نسبت به تغییرات سریع دبی، نوسانات فصلی و هم‌چنین سرعت جریان آب سازگار شده‌اند (استکی، ۱۳۸۳). فرم بدن این ماهیان طوری سازگاری پیدا کرده است که قادرند در فاصله‌ای کوتاه از خود واکنشی مناسب نشان دهند (Webb، ۱۹۸۴). این ماهیان اغلب دارای فرم بدنی مناسب جهت حفظ موقعیت خود در محیط متلاطم آب و انجام شنای بهینه هستند (Robinson و Wilson، ۱۹۹۴). از آن‌جا که سرعت آب و میزان اکسیژن در بخش‌های بالادست رودخانه زرینه‌رود نسبت به پایین‌دست بیش‌تر بود، بنابراین ماهیان به‌منظور غلبه بر جریان‌های سریع آب نیاز به بدنی دارند که خصوصیات هیدرودینامیکی آن‌ها را افزایش دهد. لذا در این مناطق، ماهیان دارای بدن کشیده‌تر و دوکی شکل هستند (Riddell و همکاران، ۱۹۸۱). اما ماهیانی که در قسمت پایین دست رودخانه زرینه‌رود ساکن بودند به‌دلیل قرارگیری در چنین محیطی استراتژی‌های ویژه‌ای اتخاذ کرده‌اند. این استراتژی‌ها مرتبط با زیستگاه ماهیان و شرایط اکولوژیکی آن‌ها انتخاب می‌شوند (Nacua و همکاران، ۲۰۱۰؛ Vogel، ۱۹۹۴).

ماهیانی که در قسمت پایین‌دست رودخانه زندگی می‌کنند، قادر هستند تا شرایط محیطی نامساعد را تحمل کنند. موجوداتی که در این محیط به‌سر می‌برند باید توان تحمل تغییرات وسیع درجه حرارت و اکسیژن را داشته باشند (ابراهیم‌نژاد، ۱۳۸۵؛ Lusk، ۱۹۹۵). در قسمت سفلی یا پایین‌دست رودخانه شیب بستر و سرعت جریان آب کاهش می‌یابد. فرم بدن ماهیان در این بخش به گونه‌ای است که دوره‌ای طولانی را در ستون آب سپری می‌کنند (Wooton، ۱۹۹۱). در این قسمت حجم زیادی از گیاهان آبزی وجود دارد و به‌دلیل سرعت جریان کم آب، مقدار اکسیژن کاهش یافته است (ابراهیم‌نژاد، ۱۳۸۵). بنابراین کاهش اکسیژن می‌تواند عاملی محدودکننده برای تراکم و تنوع

گونه‌ای ماهیان در این بخش باشد، درحالی‌که در قسمت علیای رودخانه تراکم و تنوع گونه‌ای نسبت به بخش سفلی بیش‌تر است (استکی، ۱۳۸۳). معمولاً سازگاری‌هایی در ماهیان به‌منظور غلبه بر کمبود اکسیژن ایجاد شده است به‌طوری‌که ماهیان به هنگام کاهش غلظت اکسیژن به سطح آب آمده و از اکسیژن آب‌های سطحی استفاده می‌کنند (Wooton، ۱۹۹۱).

انوری‌فر و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تنوع و تمایز ریخت سنجی سیاه ماهی (*C. capoeta*) در رودخانه تجن ساری، نشان دادند که جمعیت سیاه‌ماهیان در بالادست و پایین‌دست سدشهید رجایی به‌میزان بسیار بالایی از یکدیگر انشقاق یافته‌اند، به‌طوری که تنها ۲/۹ درصد از افراد جمعیت بالادست خصوصیات جمعیت پایین‌دست را داشتند. نتایج آنالیز تجزیه به مولفه‌های اصلی بیانگر تمایز جمعیت‌های سیاه‌ماهی در دو منطقه بود. آن‌ها بیان کردند که تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب و هم‌چنین جدایی جغرافیایی که به‌واسطه احداث سد رخ داده، احتمالاً عوامل اصلی در جدایی جمعیت‌های این گونه بوده است. در مطالعه دیگری، حیدری و همکاران (۲۰۱۳)، خصوصیات اندازشی و شمارشی سیاه‌ماهیان رودخانه سفیدرود را در بالادست و پایین دست سد منجیل و سد تاریک مورد بررسی قرار دادند. دراین تحقیق، در مجموع ۱۰۰ قطعه ماهی، شامل ۴۰ قطعه مربوط به ایستگاه‌های بالادست سد منجیل، ۲۷ قطعه مربوط به ایستگاه پایین‌دست سد منجیل (بالادست سد تاریک) و ۳۳ قطعه ماهی مربوط به ایستگاه پایین‌دست سد تاریک صید شدند. ۳۶ صفت اندازشی و ۱۲ صفت شمارشی در ماهیان صیدشده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که جمعیت‌های سیاه‌ماهیان این سه ایستگاه در صفات اندازشی، توسط ۳ فاکتور از یکدیگر جدا می‌شوند. این مطالعه، دلیل تمایز جمعیت ماهیان بالادست و پایین‌دست سدهای منجیل و تاریک را مربوط به احداث سد و تاثیر آن بر زیستگاه سیاه‌ماهیان دانست. نتایج به دست آمده از مطالعات انوری‌فر و همکاران (۱۳۹۱) و هم‌چنین حیدری و همکاران (۲۰۱۳) با نتایج ارائه شده در مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارند. در این مطالعه ویژگی‌های اکولوژیکی در بالادست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود با یکدیگر متفاوت بودند، اما این مناطق محیط‌های ایزوله و بسته‌ای نسبت به‌هم نیستند، بلکه کاملاً باهم در ارتباط می‌باشند.

مطالعه حاضر نشان داد که جمعیت‌های سیاه‌ماهیان در بالا دست و پایین‌دست رودخانه زرینه‌رود از لحاظ صفات ریخت سنجی با یکدیگر تفاوت دارند، اما از نظر صفات شمارشی اختلاف معنی‌داری در بین جمعیت‌ها مشاهده نشد. تفاوت‌های ریخت سنجی در مناطق مورد مطالعه تحت تاثیر شرایط اکولوژیکی بود. اختلاف در فاکتورهای غیرزنده مانند سرعت جریان آب، دما، اکسیژن، پوشش گیاهی و شرایط تغذیه‌ای از عوامل اساسی موثر بر تفاوت‌های ریختی سیاه‌ماهیان در قسمت‌های بالادست و پایین دست رودخانه زرینه‌رود شناسایی شد. علاوه بر این، تفاوت‌های ریخت‌سنجی در جمعیت‌های مورد مطالعه نتوانست باعث جدایی جمعیت‌ها و تفکیک آن‌ها شود. بنابراین جمعیت‌های بالادست و پایین‌دست رودخانه دارای ارتباط تولیدمثلی و ژنتیکی با یکدیگر هستند.

منابع

۱. **ابراهیم‌نژاد، م.، (ترجمه). ۱۳۸۵.** اکولوژی رودخانه: ساختار و عمل آب‌های جاری. انتشارات دانشگاه اصفهان. ۶۹۶ صفحه.

۲. **استکی، ع. ع.، (ترجمه). ۱۳۸۳.** بوم‌شناسی ماهیان. چاپ اول. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۴۴ صفحه.

۳. **انوری‌فر، ح.؛ فرحمند، ح.؛ رحمانی، ح.؛ نعمت‌الهی، م.ع.؛ کرمی، م. و اکبرزاده، آ.، ۱۳۹۱.** بررسی تنوع و تمایز ریخت سنجی سیاه‌ماهی *Capoeta capoeta* در رودخانه تجن ساری. نشریه زیست‌شناسی. دوره ۲۵، شماره ۴، صفحات ۵۱۷ تا ۵۳۵.

۴. **جوهری، ن.؛ کاظمیان، م.؛ شاپوری، م. و وطن‌دوست، ص.، ۱۳۸۹.** مقایسه مشخصات مورفومتریک و مریستیک جنس نر و ماده سیاه‌ماهی *Capoeta capoeta* در رودخانه تالار استان مازندران. مجله بیولوژی دریا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. دوره ۲، شماره ۶، صفحات ۵۳ تا ۶۴.

۵. **حیدری، ع.؛ موسوی‌ثابت،ح.؛ خوش‌خلق، م.ر. و اسماعیلی، ح.ر.، ۱۳۹۳.** مقایسه خصوصیات اندازشی و شمارشی سیاه‌ماهی (*Capoeta capoeta*) در بالادست و پایین دست سد منجیل و سد تاریک در رودخانه سفیدرود. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۲، صفحات ۲۰۷ تا ۲۲۲.

۶. **صداقت، ص.؛ گرجیان، م.ح. و فخری، ع.، ۱۳۹۱.** بررسی صفات ریخت‌سنجی و شمارشی ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki*) در دو فصل تابستان و پاییز در رودخانه دینور کرمانشاه. مجله اقیانوس‌شناسی. دوره ۳، شماره ۱۰، صفحات ۸۱ تا ۹۰.

۷. **ضرغامی، م. و صفاری، ن.، ۱۳۹۲.** تخصیص بهینه آب به بخش کشاورزی حوضه زرینه‌رود به کمک روش نش نامتقارن. اقتصاد کشاورزی (اقتصاد و کشاورزی). دوره ۷، شماره ۲، صفحات ۱۰۷ تا ۱۲۵.

۸. **عباسی، ک.؛ اکبرزاده، آ. و سرپناه، ع.ن.، ۱۳۹۲.** بررسی ساختار جمعیتی ماهی سیاه‌کولی خزری *Vimba persa* در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از ویژگی‌های ریخت سنجی تراس و شمارشی. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان. دوره ۲، شماره ۲، صفحات ۳۳ تا ۴۸.

۹. **عبدلی، ا.، ۱۳۷۸.** ماهیان آب‌های داخلی ایران. انتشارات موزه طبیعت و حیات وحش ایران. ۳۷۸ صفحه.

۱۰. **گرجیان‌عربی، م.ح.؛ وطن‌دوست، ص.؛ جانبازی، ا.؛ معتکف، س.؛ صداقت، ص. و گرجیان، م.ک.، ۱۳۸۹.** بررسی تنوع ریختی جمعیت سس ماهی کورا *Barbus lacerta (Heckel* ۱۸۳) در رودخانه کسلیان استان مازندران. مجله بیولوژی دریا. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. دوره ۲، شماره ۷، صفحات ۵۳ تا ۶۳.

۱۱. **مصطفوی، ح. و عبدلی، ا.، ۱۳۸۴.** بررسی عادات غذایی سیاه ماهی(*Capoeta capoeta*) دو اکوسیستم رودخانه‌ای تالار و یاسالق حوزه جنوبی دریای خزر. مجله علوم محیطی. دوره ۲، شماره ۷، صفحات ۵۳ تا ۶۲.

۱۲. **Coad, B.W., ۲۰۱۵.** Freshwater Fishes of Iran. Available at httt: // www.briancoad.com. ۲۸۷ p.

۱۳. **Costa, C. and Cataudella, S., ۲۰۰۷.** Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian Sea). Environmental Biology of Fishes. Vol. ۷۸, pp: ۱۱۵-۱۲۳.

۱۴. **Guill, J.M.; Hood, C.S. and Heins, D.C., ۲۰۰۳.** Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). Ecology of Freshwater Fish. Vol. ۱۲, pp: ۱۳۴-۱۴۰.

۱۵. **Langerhans, R.B.; Layman, C.A.; Langerhans, A.K. and DeWitt, T.J., ۲۰۰۳.** Habitat associated morphological divergence in two Neotropical fish species. Biological Journal of Linnean Society. Vol. ۸۰, pp: ۶۸۹-۶۹۸.

۱۶. **Lusk, S., ۱۹۹۵.** Influence of valley dams on the changes in fish communities inhabiting streams in the Dyje drainage area. Folia Zoology. Vol. ۴۴, pp: ۴۵-۵۶.

۱۷. **Moghadam, N.; Mohammadi, A. and Aghaie, M., ۱۹۹۴.** Multivariate statictical methods a primer. Pishtaz Ealm. Iran. ۲۰۸ p.

۱۸. **Nacua, S.S.; Dorado, E.L.; Torres, M.A.J. and Demayo, C.G., ۲۰۱۰.** Body shape variation between two populations of the white goby, *Glossogobius giuris*. Research Journal of Fisheries and Hydrobiology. Vol. ۵, pp: ۴۴-۵۱.

۱۹. **Nicieza, A.G., ۱۹۹۵.** Morphological variation between geographically disjunct populations of *Atlantic salmon*: the effects of ontogeny and habitat shift. Functional Ecology. Vol. ۹, pp: ۴۴۸-۴۵۶.

۲۰. **Pianka, E.R., ۱۹۹۴.** Evolutionary ecology. Harper Collins. New York. ۳۹۷ p.

۲۱. **Riddell, B.E.; Leggett, W.C. and Saunders, R.L., ۱۹۸۱.** Evidence of Adaptive Polygenic Variation between Two Populations of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Native to Tributaries of the S. W. Miramichi River, N.B. Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. ۳۸, ۳۲۱-۳۳۳.

۲۲. **Robinson, B.W. and Wilson, D.S., ۱۹۹۴.** Character release and displacement in fishes: a neglected literature. American Nature. Vol. ۱۴۴, pp: ۵۹۶-۶۲۷.

۲۳. **Tudela, S., ۱۹۹۹.** Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulisencrasicolus*. Fisheries Research. Vol. ۴۲, pp: ۲۲۹-۲۴۳.

۲۴. **Vogel, S., ۱۹۹۴.** Life in moving fluids, ۲nd ed. Princeton University Press, Princeton. ۴۸۸ p.

۲۵. **Watson D.J. and Balon E.K., ۱۹۸۴.** Ecomorphological analysis of taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. Journal of Fish Biology. Vol. ۲۵, pp: ۳۷۱-۳۸۴.

۲۶. **Webb, P.W., ۱۹۸۴.** Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates. American Zoologist. Vol. ۲۴, pp: ۱۰۷-۱۲۰.

۲۷. **Winemiller, K.O., ۱۹۹۱.** Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. Ecological Monographs. Vol. ۶۱, pp: ۳۴۳-۳۶۵.

۲۸. **Wooton, R.J., ۱۹۹۱.** Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall Ltd. London. ۴۰۴ p.

۲۹. **Zelditch, M., ۲۰۰۴.** Morphometrics–Applications in Biology and Paleontology. Springer-Verlag Publishers. Heidelberg, Germany. ۲۶۳ p.