ICEPM
https://epm.ut.ac.ir

CERTIFICATE OF POSTER PRESENTATION

The Organizing Committee of the 4th International Conference on Environmental Planinning and Management 2017 is Pleased to Award this Certificate to

Esraa Solaiman Mohammad Alnoiji, Omid Safari, Fatemeh Tabatabaei Yazdi

In Recognition of Invaluable Contribution Entitled NO: 1523

The study of morphological plasticity in the aquatic animals in response to the environmental condition

In the 4th ICEPM Held at University of Tehran, IRAN

May 23 & 24 .2017

Chairman of the Conference	Conference Secretary	Scientific Secretary
Dr. Mojtaba Ardestani	Dr . Hamid Reza Jafari	Dr. Saeed Karimi

The 4th International Conference on Environmental Planning and Management is one of the worldwide leading environmental conferences. This annual conference brings together engineers, scientists, researchers, students , managers and other professionals in order to address and discuss emerging environmental issues and aims to improve environmental planning and management importance as a fundamental course on environmental issues.

International Conference on ICEPM
The 4th ENVIRONMENTAL PLANNING & MANAGEMENT
23-24 May 2017
چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست
۲و۳ خرداد ماه ۱۳۹۶
Conference on Environmental Planning and Management
University of Tehran
Faculty of Environment

بررسی انعطاف‌پذیری ریختی موجودات آبزی در پاسخ به شرایط محیطی

اسراء سلیمان محمد النویجی[۱]، امید صفری[۲]، فاطمه طباطبائی یزدی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی ومحیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

Shhra_zad@hotmail.com

[۲]استادیار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه فردوسی مشهد

omidsafari@um.ac.ir

[۳]استادیار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه فردوسی مشهد

F.tabatabaei@um.ac.ir

چکیده

بستر اکوسیستم‌های آبی شمار زیادی از موجودات مختلف شامل بسیاری از بی‌مهرگان و تمام ماهی‌ها را در خود جای داده است. تفاوت های ریختی بین جمعیت‌های مختلف یک گونه، می‌تواند به واسطه تفاوت‌های ژنتیکی و انعطاف‌پذیری ریختی تحت تاثیر شرایط محیطی متفاوت ایجاد شده باشد. انتخاب طبیعی می‌تواند بر روی ریخت اثر کردد، و سبب افزایش موفقیت تولیدمثل یکسری از افراد با صفات خاصی شود. از عوامل زیستی موثر بر این فرآیند تکاملی، می‌توان به رقابت، شکار، میزان دسترسی به منابع متنوع غذایی و به عوامل فیزیکی مثل نوع بستر، عمق آب، پوشش گیاهی حوضه آبریز و همچنین اثرات دستکاری انسانی مانند سدسازی یا فاضلاب‌ها اشاره کرد. اثرات متقابل این عوامل می‌تواند سبب ایجاد سازگاری‌ها و تغییراتی شکل بدن، الگوهای تغذیه‌ای، و رفتارهای تولیدمثلی شود. انعطاف ریختی موجودات آبزی مانند ماهی و بزرگ بی‌مهرگان کفزی در اکوسیستم‌های آبی به عنوان یک شاخص زیستی محیطی نشان‌دهنده تغییرات فیزیکوشیمیایی آب‌ها بود. و می‌تواند معیاری برای وجود یا عدم وجود آلودگی‌ها باشد.

واژه های کلیدی

انعطاف‌پذیری ریختی، بزرگ بی‌مهرگان کفزی، ریخت‌سنجی هندسی

مقدمه

ماهیان قادرند برای ادامه حیات با شرایط مختلف محیطی سازگار شوند [1]. عوامل محیطی به عنوان نیرویی قدرتمند در شکل‌دهی ریخت موجودات در طی فرآیند فردزایی (تکامل فردی) شناخته شده است [2]. شکل بدن نه تنها انعکاس‌دهنده ویژگی‌ها ژنتیکی است، بلکه می‌تواند منعکس‌کننده نوع زیستگاه، عادات، موجودات آبزی مثل ماهیان وبزرگ بی‌مهرگان کفزی باشد [3]. برای مثال، ماهیانی که در آب جاری مثل رودخانه‌ها زیست می‌کنند دارای بدنی دوکی شکل و ماهیان آب‌های ساکن دارای بدنی پهن و فشرده از دو طرف هستند [4,5]. انعطاف‌پذیری ریختی، قابلیت یک موجود به تغییر ریخت در پاسخ به شرایط محیطی می‌باشد که موجب می‌گردد حتی با وجود زنوتیپ یکسان، جمعیت‌های مختلف فنوتیپ متفاوتی نشان دهند.

آنالیز شکل (shape analysis) نقش کلیدی در بسیاری از مطالعات زیستی دارد. ریخت‌سنجی هندسی به عنوان یک روش نسبتا جدید و کارآمد برای تشخیص شباهت‌ها و اختلاف‌های میان ساختمان‌های مرفولوژیک جوامع زیستی شناخته شده است و در علوم مختلف زیستی مثل آرایه‌شناسی، فسیل‌شناسی و مطالعات اکولوژی تکامل در ماهیان، جوندگان، وپستانداران بزرگ جثه و....کاربرد دارد [6]. در تکنیک‌های ریخت‌سنجی هندسی امکان نشان دادن الگوی تفاوت‌ها به صورت کمی، و به تصویر کشیدن تغییرات ریختی، تحت تاثیر متغیرهای مختلف وجود دارد. در این آنالیزها، متغیرهای اصلی نه به صورت اندازه‌های خطی استاندارد، بلکه به صورت مختصات دکارتی نقاطی می‌باشند که روی شکل مشخص می‌کردند، این روش در مقایسه با روش سنتی که مبنی بر اندازه‌گیری متریک یا مریستیک است قابلیت بیشتری برای نشان دادن تفاوت شکل‌های دارد به طوری که قابلیت بررسی شکل را مستقل از اندازه، امکان بررسی کمی و به تصویر کشیدن تغییرات را فراهم می‌نماید، این نوع ریخت‌سنجی می‌تواند به طور آماری نشان‌دهنده تفاوت‌های شکل در میان گونه‌ها یا جمعیت‌ها مختلف یک گونه باشد [7]، لذا ریخت‌سنجی هندسی نقش بسیار مهمی را در انواع بسیاری از مطالعات زیست‌شناسی خصوصاً در زمینه اکولوژی، و به عبارت بهتر اکومورفولوژیکی ایفا می‌کند[8].

براساس ویژگی‌های خاص هر منطقه افزایش کارایی یک ریخت و انتخاب آن متفاوت است. پس این امکان وجود دارد که یک ویژگی ریختی در یک زیستگاه برتر باشد، اما در زیستگاه دیگر سبب کاهش قابلیت استفاده از منابع دیگر شود، جمعیت‌های جدا شده یک گونه به دلیل اثرات فاکتورهای فیزیکی و زیستی (بیرونی) و فاکتورهای ژنتیکی (درونی) در زیستگاه‌های مختلف به واسطه‌ی استفاده از منابع آن زیستگاه سازگاری‌های منطقه‌ای از جمله تنوع ریختی را به نمایش می‌گذارند [9]، در این بین برای آشکارسازی این تفاوت‌های ریختی، استفاده از ریخت‌سنجی هندسی به عنوان یک روش نوین در مطالعه‌ی اشکال زیستی و تغییرات شکل در بین جمعیت‌های مختلف توسعه پیدا کرده است [10]. این روش می‌تواند الگوهای مختلف تغییر شکل ایجاد شده در نتیجه فرآیندهایی از قبیل رشد و سازگاری‌های محیطی را نمایان سازند [11]، برخلاف روش‌های سنتی که براساس فواصل اندازه‌گیری شده، در روش ریخت‌سنجی هندسی از مختصات نقاط مرزنشانه برای استخراج داده‌های شکل برای تحلیل‌های چند متغیره استفاده می‌شود.

برای تعیین کیفیت نهرها و رودخانه‌ها از موجودات آبزی (ماهی‌ها، جانداران کفزی و شناورزی) به عنوان شاخص کیفی آب استفاده نموده و عکس العمل آن‌ها را نسبت به شرایط محیطی در نظر می‌گیرند [7]. مطالعات زیستی و بوم شناختی منابع آب اساسی‌ترین مبحث در تحقیقات و بررسی‌های علمی اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود. بررسی نهرها، رودخانه‌ها و آبگیرها نه تنها در تشخیص سلامت اکوسیستم‌ها مهم‌اند، بلکه می‌توانند با توجه به انعطاف ریختی گونه‌های آبزی نشانگر فشارهای احتمالی وارده از محیط اطراف نیز باشند [12]. موجودات آبزی مخصوصا ماهی و بزرگ بی‌مهرگان کفزی شاخص‌های خوبی برای نشان دادن تغییرات در زیستگاه‌های آبی به حساب می‌آیند. زیرا شکل بدن و اندازه آن‌ها فوق العاده به تغییرات فیزیکی عمق، سرعت، اندازه بستر، کیفیت آب) حساس می‌باشند. به عبارت دیگر آن‌ها شاخص‌های ساختار و عملکرد یک اکوسیستم آبی می‌باشند [13]. این موجودات همچنین جزو مهمترین جوامع حیاتی رودخانه‌ها هستند و به عنوان اولین و دومین سطح غذایی مورد استفاده سایر آبزیان قرار گرفته و می‌توانند به عنوان شاخصی از میزان کل تولیدات آب محسوب شوند [14].

مطالعه موجودات آبزی یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای ارزیابی اثر تنش‌های وارد شده بر شرایط زیستی اکوسیستم‌های آبی و پایش کیفیت آب می‌باشد. بروز ناهماهنگی در جوامع آبزی که به صورت اختلال در ساختار جمعیت و روابط اکولوژیک آن‌ها نمایان می‌شود باعث اختلال در شبکه غذایی اکوسیستم شده و به دنبال آن آسیب به سطوح بالاتر زنجیره‌های غذایی را درپی خواهد داشت [13] .

مطالعه آب‌ها و شناسایی آلودگی رودها و نهرها تنها با روش‌های رایج سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب کافی نیست، زیرا فقط اطلاعاتی در زمان نمونه‌برداری ارایه می‌کند [13]. روش سنتی بررسی منابع آب به طور کامل قادر به بیان کیفیت و وضعیت محیط آبی نیست. در وضعیت مطلوب بررسی آب‌های جاری باید توسط سنجش پارامترهای فیزیکی شیمیایی و انعطاف ریختی موجودات آبزی انجام شود

تا طیف کاملی از اطلاعات برای مدیریت مناسب آب فراهم شود، بنابراین یکی از روش‌های مناسب برای تعیین سلامت و تاثیر فعالیت‌های انسانی بر کاهش کیفیت رودخانه‌ها ارزیابی آن‌ها با استفاده از بررسی انعطاف ریخت‌سنجی موجودات آبزی می‌باشد.

در ریخت‌سنجی هندسی روش لندمارک پایه، مقایسه بین فرم‌ها براساس اطلاعات نقاط لندمارک دوبعدی (x, y) و یا سه‌بعدی (x, y, z) به عنوان نقاط همولوگ است [6] . بزرگترین مزیت این روش حفظ موقعیت هندسی لندمارک‌ها در آنالیز آن‌ها است و این امر، ارائه نتایج را به صورت گرافیکی و در قالب شبکه‌های تغییر شکل (Deformations Grids) و (Wireframe) ممکن می‌کند و تفسیر آن بسیار آسان‌تر از تفسیر جداول ضرایب عددی در روش ریخت‌سنجی سنتی است.

مروری بر منابع:

در سال ۲۰۰۲ Bouton و همکاران [15] نشان دادند که، شکل سر جمعیتی از سیاه‌ماهیان که در مناطق جزایر صحراوی زندگی می‌کردند کاملا با متغیرهای محیطی همبستگی نشان می‌داد. بطوریکه در اثر دگرجایی، جمعیت‌هایی که با فواصل متفاوت زندگی می‌کردند در منطقه دهانی و آرواره‌های حلقی تفاوت نشان داده دچار واگرایی تکاملی شده بودند.

Kassam و همکاران سال ۲۰۰۳ گروه‌های مختلف سیاه ماهیان را که در دریاچه‌های متفاوتی در آفریقا زندگی می‌کردند را مورد مقایسه قرار دادند [12]. مطالعه به روش ریخت‌سنجی هندسی با این فرضیه انجام شد که از نظر اکومورفولوژیکی گونه Petrochromis از دریاچه تانگانیکا معادل گونه Petrotilapia از دریاپه مالاوی است. مطالعه مذکور تفاوت معنی‌دار بین گونه‌های دو دریاچه، و در عین حال هم‌ارزی ریختی آن‌ها را نشان می‌داد که این امر، نشان‌دهنده‌ی همگرایی تکاملی می‌باشد. در این مطالعه که به روش ریخت‌سنجی هندسی دوبعدی انجام شد، نحوی قدرت این روش برای انجام این مطالعه مورد تایید قرار گرفت.

Adams و Rolf سال ۲۰۰۴ برای نخستین بار، روش ریخت‌سنجی هندسی را برای مطالعه تکاملی سیاه‌ماهیان مورد استفاده قرار دارند [16]. نتایج نشان داد که اختلافات شکلی، مستقل از ارتباطات فیلوژنی، رژیم غذایی همبستگی نشان می‌دادند. همچنین به طور غیر مستقیم نشان دادند که شکل بدن به طور کامل مستقل از شکل غذایی مصرفی نیست.

در سال ۲۰۰۷ Parsons و همکاران [17] نتایج به دست آمده از یک مطالعه ریخت‌سنجی سنتی بر روی دو گونه از سیاه ماهیان نیگاروکوان را با روش ریخت‌سنجی هندسی مورد مطالعه و آنالیز مجدد قرار دادند. تکنیک ریخت‌سنجی هندسی دقیقا بر روی همان داده‌ها اعمال شد. این مطالعه نیز نشان داد که روش ریخت‌سنجی هندسی برای نشان دادن تفاوت‌های شکل بدن و به تصویر کشیدن این تفاوت‌های بسیار مناسب است. این نتیجه توسط Trapani سال ۲۰۰۴ [18]، نیز که شکل دندانی سیاه ماهیان را مورد مطالعه قرار داده بود نیز حاصل شد.

در ۲۰۰۸ سال Maderbacher و همکاران [19]، که به مقایسه روش‌های سنتی در ر یخت‌سنجی سنتی و ریخت‌سنجی هندسی به منظور مقایسه تفاوت‌های جمعیت‌های سیاه‌ماهیان پرداخته بودند، نیز بر قدرت و قابل اطمینان بودن، روش ریخت‌سنجی هندسی در مقابل روش‌های سنتی تاکید کردند.

صفات ریخت‌سنجی و شمارشی ماهیان گامبوزیای نر، ماده (*Gambusia holbrooki*) و میزان تاثیر پذیری این صفات از دو فصل (تابستان، پاییز) در رودخانه دینور کرمانشاه توسط صفورا و همکاران سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت [20]. تعداد ۱۳۰ قطعه نمونه ماهی و ۲۸ صفت ریخت‌سنجی و ۸ صفت شمارشی مورد مطالعه قرار گرفت. در نتایج بدست آمده به کمک روش تجزیه به مولفه‌های اصلی PCA در صفات ریخت‌سنجی در ماهیان نر بین دو فصل جدایی مشاهده نمی‌شود. این در حالی است که در ماهیان ماده دو فصل همپوشانی دیده نمی-شود و لذا تفکیک را می‌توان اظهار نمود. در ارتباط با ابر پراکنش در خصوصیات شمارشی هم در نرها و هم در ماده‌ها همپوشانی بالایی مشاهده می‌شود. بنابراین، تاثیرپذیری صفات ریخت‌سنجی ماده‌ها نسبت به شرایط محیطی نسبت به نرها بیشتر است.

در مطالعه‌ای دیگر که توسط ایگدری و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد [21]، ضمن تاکید بر اینکه این روش می‌تواند به درک بهتر الگوی تغییر پذیری ریختی و تکامل در حال پیشرفت ماهیان در توده‌های آبی سیستم‌های رودخانه‌ای مختلف حوضه خزر کمک نماید، تعداد ۲۶۰ نمونه ماهی خیاطه از چهار رودخانه نمونه‌برداری شد و از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها عکس‌برداری گردید. تعداد ۱۸ نقطه لندمارک بر روی تصاویر دو بعدی حاصل، تعیین گردید، سپس، با نرم افزار TpsDig2 نشانه گذاری بر روی آن قرار داده شد. داده‌های حاصل پس از آنالیز پروکراست[۴]، با روش‌های آماری چند متغیره PCA، CVA و آنالیز خوشه‌ای تحلیل شدند و سپس الگوهای تغییر شکل هر جمعیت نسبت به شکل اجماع (میانگین همه جمعیت‌ها) در شبکه تغییر شکل مصورسازی گردید. نتایج جدایی ریختی وابسته به زیستگاه، و تکامل در حال

پیشرفت شکل بدن جمعیت‌های مختلف و ارتباط بین فاصله جغرافیایی و تمایز ریختی ماهی خیاطه را تحت تاثیر شرایط محیطی رودخانه‌های محل زیست در حوضه دریای خزر نشان داد.

مطالعه‌ای با هدف فراهم آوردن اطلاعات در مورد ویژگی‌های ریختی جمعیت‌های ماهی *Barilius mesopotamicus* در پاییز سال ۱۳۹۱ در استان ایلام توسط رودبار و وطن‌دوست برای اولین بار در ایران به اجرا درآمد [22]، بـه ایـن منظـور ۶۹ نمونـه مـاهی از رودخانـه سـیمره، چنگوله و سیاه گاو صید گردید. ۲۹ صفت ریخت‌سنجی به وسیله کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و ۷ صفت شمارشـی بـه وسـیله لـوپ چشـمی شمرده شد. جهت بررسی اختلاف ریختی بین گروه‌های مورد بررسی، نمونه‌ها تحت تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تحلیل متغیرهای کانونی (CVA) قرار گرفتند. در مورد صفت‌های ریخت‌سنجی ۹ عامل نشان‌دهنده حدود ۷۳/۷۳ درصد تنوع و در مورد صفت‌های شمارشی ۲ عامـل نشان‌دهنده حدود ۷۴/۱۱ درصد تنوع بین افراد سه جمعیت بود. ۱۰ صفت ریخت‌سنجی و ۴ صفت شمارشی در بین جمعیت‌های مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌دار با دیگر بودند. صفت‌های اندازشی و شمارشی توانسـتند تـا حدود زیادی جمعیت‌های مورد مطالعه را تفکیک کنند.

شناخت تاثیر درجه حرارت بر روی ساختار شکل بدن آن می‌تواند به معرفی دمای اپتیمم کمک کرده و همچنین یک درک از روند تاثیر این فاکتور بر انعطاف پذیری این گونه در اختیار ما قرار دهد.از این رو، سال ۱۳۹۲ مطالعه با هدف بررسی تاثیر دما بر شکل بدن ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare*) در مراحل اولیه تکوین با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی توسط و ایگدری و پورمقدم به اجرا درآمد [23]. تعداد ۶۰ عدد لارو ماهی تازه تفریخ شده پس از دو هفته دوره پرورش اولیه، به مدت یک ماه در دو تیمار دمایی (۱۶ و ۲۸ درجه سانتی گراد)هر یک در سه تکرار پرورش داده شدند. سپس از سطح جانبی چپ نمونه‌ها عکس‌برداری و به منظور استخراج داده‌های شکل بدن تعداد ۱۴ لندمارک توسط نرم افزار TpsDig2 بر روی تصاویر دوبعدی رقومی گردید. داده‌های استخراج شده پس از آنالیز پروکراست، توسط آزمون‌های آماری چند متغیره DFA مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج تفاوت معنی‌داری را بین شکل بدن دو تیمار دمایی نشان داد، به طوری که در دمای بالاتر، ماهیان شکل بدن پهن‌تر و مخروطی، ارتفاع ساقه دمی کمتر و طول سر بیشتر داشتند. نتایج این تحقیق نشان داد که فاکتور محیطی درجه حرارت در مراحل اولیه تکوین در تنظیم شکل بدن ماهی آنجل نقش موثری دارد. ،

در مطالعه‌ای دیگر که توسط سال ۱۳۹۲ ایگدری و کمال [24]، از روش ریخت‌سنجی هندسی بر اساس لندمارک پایه برای بررسی انعطاف‌پذیری ریختی و مقایسه شکل بدن جمعیت‌های ماهی کورخری (*A. sophiae*) که ساکن آب شیرین (چشمه علی دامغان) و آب شور (رودخانه شور اشتهارد)، استفاده کردند. تعداد ۸۶ نمونه ماهی گورخری از چشمه علی دامغان (۵۲عدد) و رودخانه شور (۳۴عدد) نمونه‌برداری گردید. از سمت چپ سطح جانبی نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال عکس‌برداری شد. بر روی تصاویر دو بعدی حاصل تعداد ۱۵ نقطه لندمارک با استفاده از نرم افزار TpsDig2 قرار داده شد. شکل اجماع جنس‌های نر و ماده هر دو جمعیت به تفکیک در شبکه تغییر شکل توسط نرم افزار MorphoJ مصورسازی شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جنس‌های نر و ماده هر دو جمعیت وجود دارد. نتایج انعطاف‌پذیری ریختی شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه تحت تاثیر شرایط محیطی زیستگاه‌های آن‌ها را نشان می‌دهد.

ماهی آمورچه (Pseudorasbora parva) از لحاظ فنوتیپی بسیار تحت تأثیر شرایط محیطی است و از این رو به عنوان یک گونه مهاجم موفق مطرح می‌باشد. از آن جایی که تغییرات ریختی در جمعیت‌های جدا شده از نظر جغرافیایی می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی ایجاد شده باشند، از این رو، سال ۱۳۹۲ توسط کتولی وهمکاران [25]، مطالعه با هدف بررسی روند تغییرپذیری و الگوهای شکل بدن جمعیت‌های مختلف ماهی آمورچه در سه منطقه اوانس (علی آباد کتول)، دریاچه مصنوعی گنبد و سد طرقبه (مشهد) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک پایه به اجرا درآمد. در مجموع تعداد ۲۶۰ نمونه از مناطق مورد مطالعه برداشت. تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن جمعیت‌های مورد مطالعه ماهی آمورچه در هر سه منطقه مشاهده شد. نتایج نشان داد که تمایز ریختی ماهی آمورچه تحت تأثیر شرایط محل زیست بود.

یکی از ویژگی‌های مهم مطالعاتی مرتبط با تغییرات شکلی بزرگ بی‌مهرگان کفزی این است که استفاده از آن‌ها برای تعیین شاخص‌های اکولوژیک و آلودگی بوده و به طور کلی از نتایج حاصل از تحقیقات هیدروبیولوژیک می‌توان در زمینه شناخت موجودات زنده یک اکوسیستم آبی و استفاده از آن‌ها در تخمین شاخص‌های تنوع زیستی و همچنین قضاوت درباره وضعیت اکولوژیکی آب‌ها استفاده نمود [26]. در این مطالعه نمونه‌برداری از کفزیان آبزی (*Caenis latipennis*) در دو ایستگاه مطالعاتی در مسیر بالادست که فاقد آلودگی و پایین‌دست که محل ورود پساب کشاورزی در رودخانه خیرودکنار انجام دادند، و سپس با استفاده از لوپ مجهز به دوربین دیجیتال عکس‌برداری انجام شد و خط سیر پیرامونی بر روی تصاویر با لندمارک گذاری (نشانه گذاری اختصاصی) و استفاده از نرم افزار TpsDig2 تعیین کردند. نتایج حاصل از آنالیز ریخت‌سنجی هندسی، تفاوت شکل بدن بین این دو گروه را اثبات کرد. به این معنی که شکل بدن در نمونه‌های دو ایستگاه به طور معنی‌داری متفاوت بودند، اما در این تحقیق رابطه بین پارامترهای فیزیکی وشیمیایی با ریخت گونه مورد نظر بررسی نگردیده است.

گونه سیاه‌ماهی توئینی (*Capoeta damascina*) از جمله ماهیان آب‌های داخلی است که پراکنش وسیعی در زیستگاه‌های مختلف دارد، و با توجه به قابلیت‌های بالای روش ریخت‌سنجی هندسی در جداسازی اشکال زیستی، شکل بدن (ویژگی‌های ریخت‌شناختی) جمعیت‌های سیاه‌ماهی توئینی در بخش ایرانی حوضه دجله با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی توسط رضوی‌پور و همکاران سال ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت [27]. برای این منظور تعداد ۱۵۰ نمونه ماهی از ۵ بوم سازگان آبی مختلف واقع در بخش ایرانی حوضه دجله نمونه‌برداری گردید، از سمت جانبی چپ نمونه‌ها عکس‌برداری و تعداد ۱۷ لندمارک جهت استخراج داده‌های شکل بدن در روش ریخت‌سنجی هندسی توسط نرم افزار TpsDig رقومی گردید. داده‌های حاصل پس از تحلیل پروکراست، توسط تحلیل‌های چند متغیره تجزیه به مولفه‌های اصلی، تجزیه همبستگی کانونی براساس ارزش p حاصل از آزمون جایگشت و تحلیل خوشه‌ای مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین شکل بدن هر پنج جمعیت مورد مطالعه وجود دارد. عمده‌ی این تفاوت‌ها مربوط به تغییرات در ناحیه پوزه، عمق سر، موقعیت باله‌ی سینه‌ای و مخرجی و عرض ساقه‌ی دمی بودند، که بیانگر انعطاف‌پذیری این بخش‌ها در پاسخ به شرایط محیطی زیستگاه جمعیت‌های مورد بررسی می‌تواند باشد.

سال۱۳۹۳ فرادنبه و همکاران [28]، مطالعه‌ای برای مقایسه جمعیت‌های ماهی واسپی (*Cabdio morar*) در حوضه‌های ماشکیل و مکران بر اساس صفات شمارشی و ریخت‌سنجی هندسی انجام دادند. برای این منظور تعداد ۹۷ قطعه ماهی واسپی شامل ۶۴ قطعه از رودخانه ماشکیل و ۳۳ قطعه از رودخانه سرباز صید شدند. از نظر شکلی، تفاوت معنی‌داری بین دو جمعیت مورد مطالعه مشاهده شد. ماهیان رودخانه سرباز دارای ارتفاع بدن و ارتفاع ساقه دمی بیشتر اما طول ساقه دمی کمتری بود. با توجه به عدم تفاوت در صفات شمارشی و از طرفی تفاوت شرایط رودخانه‌های مورد مطالعه (تراکم پوشش گیاهی، عمق آب، شدت جریان آب و مقدار غذای در دسترس)، تفاوت‌های مشاهده شده را می‌توان حاصل پاسخ‌های انعطاف‌پذیری ریختی به شرایط زیستگاهی رودخانه‌ها در نظر گرفت.

تنوع ریختی جمعیت‌های گونه سرماری (*Channa gachua*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هنذسی سال ۱۳۹۴ توسط ایگدری و جولاده مورد مطالعه قرار گرفت [29]. این مطالعه با هدف بررسی تفاوت‌های ریختی دوجمعیت ماهی سرماری با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی لندمارک-پایه انجام شد. تعداد ۵۸ قطعه ماهی سرماری از رودخانه هلیل رود حوضه جازموریان و رودخانه سرباز از حوضه مکران نمونه‌برداری گردید. پس از عکس‌برداری از نیم‌رخ چپ ملهیان، تعداد ۱۶ لندمارک بر روی تصاویر دوبعدی تعریف و با استفاده از نرم افزار رقومی‌سازی شدند. نتایج تحلیل نشان داد که، تفاوت معنی‌داری بین دو جمعیت مورد مطالعه مشاهده شد، و تفاوت ریختی این دو جمعیت در پاسخ به شرایط محیطی و یا مسیر تکاملی مجزا آن‌ها به واسطه‌ی فاصله جغرافیایی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیقات انعطاف‌پذیری ریختی، شکل بدن جمعیت موجودات آبزی را تحت تاثیر شرایط محیطی زیستگاه‌های آن‌ها نشان می‌دهد. روش ریخت‌سنجی هندسی با قابلیت بالا در آشکارسازی تفاوت‌های ریختی، نسبت به روش ریخت‌سنجی سنتی، توانست تفاوت‌های شکل بدن در بین جمعیت مختلف موجودات آبزی را بر ا ساس زیستگاه، نشان می‌دهد. کمی‌سازی ویژگی‌های ریختی شکل بدن جمعیت‌های مختلف موجودات آبزی سبب شناسایی بهتر آن‌ها می‌شود، و درک بهتری از تاریخچهٔ تکاملی جمعیت‌های گوناگون آن ارائه می‌کند. از این رو، تکنیک ریخت‌سنجی هندسی به منزلهٔ ابزاری برای مطالعات ریخت‌شناختی و آرایه‌شناسی در کنار سایر روش‌ها به کار می‌رود.

مراجع

[1] Nacua, S. S., Dorado, E. L., Torres, M. A. J. and Demayo, C. G., 2010. " Body shape variation between two populations of the white goby, *Glossogobius giuris* . *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 5, pp. 44-51.

[2] Costa, C. and Cataudella, S., 2007. Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian Sea). Environmental Biology of Fishes. 78, pp. 115-123.

[3] Guill, J. M., Hood, C. S. and Heins, D. C., 2003 . "Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae)". *Ecology of Freshwater Fish*, 12, pp. 134–140.

[4] Haas, T.C., Blum, M.J., and Heins, D.C., 2011. "Morphological responses of a stream fish to water impoundment". Biology Letter. 6, pp. 803-806.

[5] Ostrand, K. G., Wilde, G. R., Strauss, R. E. and Young, R. R.., 2001. "Sexual dimorphism in plains Minnow". *Hybognathus placitus*. 2, p. 563-565.

[6] Zelditch M., Ponton. D, Carassou.L, Raillard. S, Borsa.P., 2004. "Geometric morphometrics for biologists: a primer". *Journal of Fish Biology*. 53, pp. 50-70

[7] Bookstein, F.L., 1991. "Morphometric Tools for Landmark Data. Geometry and Biology", Cambridge University Press, pp. 512.

[8] Aytekin, A.M., Alten, B., Caglar, S.S., Ozbel, Y., Kaynas, S., Simsek, F.M., Belen, A., 2007. "Phenotypic variation among local populations of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in southern Turkey". *Journal of Vector Ecology*. 2, pp. 226-234.

[9] Webster, M.M., Atton, N., Hart, P.J.B., and Ward, A.J.W., 2011. "Habitat-specific morphological variation among threespine sticklebacks (Gasterosteus aculeatus) within a drainage basin". 6 , pp. 21060

[10] Bookstein, F. L., Mardia, K. V., Gill, C. A. and Dryden, I. L., 1996. "Applying landmark methods to biological outline data, in Proceedings in Image Fusion and Shape Variability". University of Leeds Press, pp. 79–87

[11] Eagderi, S., Esmaeilzadegan, E., and Madah, A.,2013. "Body shape variation in riffle minnows (Alburnoides eichwaldii De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*, 4, pp. 1-8.

[12] Kassam, D.D., Adams, D.C., Ambali, A.J.D., and Yamaoka, K., 2007. "Body shape variation in relation to resource partitioning within cichlid trophic guilds coexisting along the rocky shore of Lake Malawi". *Animal Biology*. 53, pp. 59-70

[13] Fries, L.T., Bowles, D.E., 2002. "Water quality and macro-invertebrate community structure associated with a sport fish hatchery outfall, North American". *Journal of Aquaculture*. 64, pp. 257-266.

[14] Eklov, P., and Jonsson, P., 2007. "Pike predatorsinduce morphological changes in young perch and roach". *Journal of Fish Biology*. 70, pp. 155- 164

[15] Bouton, N., Witte, F., and Van Alphen, J. J. M., 2002. "Experimental evidence for adaptive phenotypic plasticity in a rock-dwelling cichlid fish from Lake Victoria". *Biological Journal of the Linnean Society*, 2, pp. 185–192.

[16] Rüber and D. C. Adams., , 2001. "Evolutionary convergence of body shape and trophic morphology in cichlids from Lake Tanganyika". Journal of Evolutionary Biology, 2, pp. 325–332

[17] Parsons, K. J., Robinson, B. W. and Hrbek,T., 2003. "Getting into shape". *Environmental Biology of Fishes*, pp. 417–431.

[18] Trapani, J., 2004. "A morphometric analysis of polymorphism in the pharyngeal dentition of Cichlasoma minckleyi (Teleostei: Cichlidae) " *Archives of Oral Biology*, pp. 825–835.

[19] Maderbacher, M., Bauer, C., Herler, J., Postl, L., Makasa, L., and Sturmbauer, C., 2008. "Assessment of traditional versus geometric morphometrics for discriminating populations of the Tropheus moorii species complex (Teleostei: Cichlidae), a Lake Tanganyika model for allopatric speciation," *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, vol. 46, no. 2, pp. 153–161.

[۲۰] صداقت، صفورا، گرجیان، محمدحسین، فخری، علی، ۱۳۹۱. " بررسی صفات ریخت‌سنجی وشمارشی ماهی گامبوزیا (*Gambusia holbrooki*) "، *مجله بوم شناسی آبزیان*، ۱۰، ۲۸-۱۸.

[۲۱] ایگدری، سهیل، زادکان، مداح، عالیه،۱۳۹۱. "بررسی تغییرات شکل بدن در جمعیت‌های (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii) ماهی خیاطه در حوضه دریای خزر با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی"، تاکسونومی، ۱۴،۲۸-۱۸.

[۲۲] رودبار، آرش، وطن‌دوست، صابر، ۱۳۹۳. " بررسی مقایس‌های صفت‌های ریخت‌سنجی و شمارشی ماهی *(Barilus mesopotam)*، در رودخانه‌های سیمره، چنگوله و سیاه گاو استان ایلام"، *مجله علمی شیلات ایران*، ۲، ۶۳-۴۷.

[۲۳] ایگدری، سهیل، پورمقدم، مریم، ۱۳۹۲. " تاثیر درجه حرارت بر شکل بدن ماهی آنجل (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823) در مراحل اولیه رشد با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی"، *مجله بوم شناسی آبزیان*، ۳، ۳۶-۳۰.

[۲۴] ایگدری، سهیل، کمال، شفق، ۱۳۹۲. " کاربرد روش ریخت‌سنجی هندسی در مطالعات انعطاف‌پذیری ریختی در ماهیان؛ مطالعه موردی مقایسه شکل بدن جمعیت‌های ماهی گورخری *Aphanius sophiae* چشمه علی دامغان و رودخانه شور اشتهارد "، *پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی*،۱، ۵۲-۴۷.

[۲۵] کتولی، خیرالله، ایگدری ، سهیل، نوفرستی، هاشم، ۱۳۹۲. " بررسی تغییرپذیری ریختی جمعیت‌های مختلف ماهی آمورچه (*Pseudorasbora parva*) با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی" ، *بهره برداری و پرورش آبزیان*، ۴، ۷۱-۶۱.

[۲۶] ناصرآباد، سعید.، پورباقر، هادی.، ایگدری، سهیل.، رجایی، معین، ۱۳۹۳. بررسی انعطاف‌پذیری ریختی بی‌مهره آبزی (Ephemeroptera: Caenidae) در پاسخ به شرایط محیطی در مسیر رودخانه خیرودکنار. *مجله بوم شناسی آبزیان*. ۴(۱): ۲۸-۱۸.

[۲۷] رضوی‌پور، پریا، ایگدری، سهیل، پورباقر، هادی، ۱۳۹۴. " بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های ریختی گونهٔ سیاه ماهی توئینی (*Capoeta damascina*) در آب‌های داخلی ایران با استفاده از با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی"، *مجله منابع طبیعی ایران*، ۱، ۹۰-۷۹.

[۲۸] فرادنبه، مظاهر، ایگدری ، سهیل، نصری ، منوجهر، ۱۳۹۳. "مقایسه جمعیت‌های ماهی واسپی (*Cabdio morar* (Hamilton, 1822) حوضه‌های ماشکیل و مکران بر اساس صفات شمارشی و ریخت‌سنجی هندسی " *بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱، ۶۸-۵۷.

[۲۹] ایگدری، سهیل، جولاد، آرش، ۱۳۹۵. " بررسی تنوع ریختی جمعیت‌های گونه سرماری (*Channa gachua*)، با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی"، *آبزیان زینتی*، ۱، ۳۱-۲۷.

The study of morphological plasticity in the aquatic animals in response to the environmental condition

Esraa Solaiman Mohammad Alnoiji[1], Omid Safari[2], Fatemeh Tabatabaei Yazdi[3]

[1]Student of masters, Ferdowsi Universityof Mashhad /Faculty of Nataur Resources and Environment; Shhra-_zad@hotmail.com

[2]Assistant Proffesor, Ferdowsi Universityof Mashhad /Faculty of Nataur Resources and Environment; omidsafari@um.ac.ir

[3] Assistant Proffesor, Ferdowsi Universityof Mashhad /Faculty of Nataur Resources and Environment; F.tabatabaei@um.ac.ir

Abstract

Many fish species and invertebrates are found in water environment bottom. Morphological difference of different groups of the same species related to genetic difference and morphological plasticity could related to environment conditions. Natural selection could affect morphological shape and increase the change of individual multiplication of same characteristics. Different environmental conditions could be a factor for the creation of different morphological shapes and the divergence of different populations of the same species living in different environmental conditions. We could mention the environment factors affecting this integration as competition, hunting and access to food, and the physical factors like bottom quality, landscape and human activity as dams construction. Mutual effect of these factors caused adaptations and changes in body shape, nutrition and reproduction behaviors. Morphological plasticity ability of water organisms as fish and macrobethoses is a biological and environment indicator of physical and chemical changes in water and could be also an indicator of pollution presence or absence.

Keywords: Morphological Plasticity, Macrobethoses, Geometric morphometrics