شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
صفحات ۳۲۴-۳۱۵

شناسایی گونه‌های جنس *Alosa* با استفاده از فلس، آنالیز موجک و خط پیرامونی

سارا صفاری[۱]، هادی پورباقر [۲*]، سهیل ایگدری [۲]، حمید فرحمند [۳]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. استاد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۰۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲۰/۲۶

چکیده

شگ ماهیان جنس *Alosa* از لحاظ ظاهری بسیار شبیه به هم بوده و به راحتی نمی توان گونه‌های آن ها را به لحاظ ریختی از هم تفکیک کرد. در این مطالعه به منظور بررسی امکان به کارگیری روش ریخت سنجی هندسی خط سیر پیرامونی روی فلس ماهیان به عنوان روشی آسان در شناسایی سریع گونه‌های جنس *Alosa*، نمونه‌گیری از پره‌های سواحل پره سر، انزلی، رودسر و تنکابن صورت گرفت. سه گونه *A. braschnikowi*، *A. caspia* و *A. kessleri* در میان نمونه ها شناسایی شدند. از ماهیان هر گونه، تعدادی فلس از قسمت کیل شکمی آن ها جدا و عکس برداری صورت گرفت. روش آنالیز موجک به وسیله بسته ShapeR در نرم افزار R انجام شد و آنالیز کانونی مختصات اصلی روی ضرایب حاصل از موجک اعمال گردید. همچنین روش آنالیز فوریه نیز انجام شد و نتایج با آزمون تی دو هتلینگ مورد مقایسه قرار گرفت. در هر دو روش بین اشکال فلس بین هر سه گونه اختلاف نشان داده شد که این اختلاف در میان دو گونه *A. braschnikowi* و *A. caspia* از نظر آماری معنی دار بود.

واژگان کلیدی: *Alosa*، فلس، آنالیز موجک، آنالیز فوریه، دریای خزر.

* نویسنده مسئول: هادی پور باقر
Email: poorbagher@ut.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 74, No. 2, Summer 2021
pp. 315-324

Identifying the species of the genus *Alosa* using the scales, wavelet and outline analyses

Sara Saffari[1], Hadi Poorbagher [2*], Soheil Eagderi [2], Hamid Farahmand [3]

1- M.Sc, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2- Associate professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 31-Mar-2021 **Accepted: 15-May-2021**

Abstract

The species of the genus *Alosa* are very similar to each other in terms of morphology and cannot be identified easily. The present study used geometric morphometric techniques based on outline techniques on scales of the genus *Alosa* in the southern Caspian Sea, as the simple methods to identify fishes, on the specimens collected in the Southern Caspian Sea, i.e. Parehsar, Anzali, Roodsar and Tonekabon. Three species were found among the samples, *i.e. A. braschnikowi*, *A. caspia* and *A. kessleri*. Some scales from the ventral part of the body (keel) were removed and photographed. The wavelet analysis was performed using shapeR in the software R and canonical principal coordinate analysis were then applied on the scores produced by the wavelet analysis. Also, a Fourier analysis was performed on the outline of the scales followed by pairwise T^2 Hotelling tests on the coefficients of the Fourier analysis. Our results indicated that there was a significant difference between *A. braschnikowi* and *A. caspia* in shape of the scales.

Keywords: *Alosa*, Scale, Wavelet analysis, Fourier analysis, Caspian Sea.

Corresponding author: Hadi Poorbagher Email: poorbagher@ut.ac.ir

۱. مقدمه

یکی از اولین گامها برای بسیاری از مطالعات اکولوژیک آگاهی از تعداد افراد یک گونه در زیستگاه مورد بررسی است که برای این منظور شناسایی درست گونه مورد مطالعه اهمیت دارد. در مطالعاتی چون ارزیابی ذخایر آبزیان به منظور بازسازی ذخایر یا بهربرداری بهینه از آنها نیز شناسایی ماهیان اولین مرحله مطالعه است. برای تشخیص گونه‌ها و یا جمعیت‌های یک گونه در زیستگاه‌های مختلف روش‌های مختلفی از جمله ریخت‌سنجی وجود دارد که برای این‌منظور از دو روش استفاده می‌گردد: سنتی که بر اساس فاصله‌های اندازه‌گیری روی بدن متمرکز است و هندسی که براساس داده‌های لندمارک و خط سیر پیرامونی از قبیل فوریه[1] و موجک[2] این کار صورت می گیرد (Verspoor and Jordan, 1989). برای این منظور از روش‌های ژنتیکی نیز استفاده می‌شود که علاوه بر هزینه‌بر بودن، به راحتی در شرایط میدانی قابل استفاده نیست. روش دیگری که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، شناسایی گونه‌ها و جمعیت‌های ماهیان با استفاده از فلس است که روشی غیرمخرب، سریع و کم‌هزینه محسوب می شود. فلس‌های ماهیان دارای ساختارهای پوستی و مواد معدنی هستند و یک جزء مهم از اسکلت پوستی به حساب می‌آیند. نوع، تعداد، شکل و اندازه فلس‌ها اطلاعات زیادی را درباره نحوه زندگی ماهیان برای ما آشکار می‌کند (Schönbörner, Boivin and Baud, 1979).

خانواده شگ ماهیان Clupeidae دارای ۶۴ جنس و حدود ۲۱۸ گونه اند (Nelson, Grande and Wilson, 2016). این خانواده به واسطه صید تجاری اهمیت بالایی دارند و همچنین در بسیاری از زنجیره های غذایی نقش کلیدی ایفا می‌کنند. علت این امر قابلیت آنها در تغذیه از زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون هاست و از این رو در آب‌های ساحلی در نواحی فراچاهنده متمرکز می‌شوند (Cubillos *et al.*, 2001). از این خانواده، جنس *Alosa* در دریای خزر، پنج گونه دارد (Mikhailovskaya, 1941; Berg, 1962; Svetovidov, 1963) که به دلیل شباهت ریختی، ویژگی‌های مرتبط با کمان آبششی یعنی تعداد خارهای آبششی به عنوان صفت تشخیصی در آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Berg, 1962; Whitehead, David and Closs, 2002).

فلس شگ‌ماهیان ریز و دایره‌ای بوده و غالباً به راحتی می‌ریزند (Sattari, Shahsavani and Shafiei, 2004). با توجه به موارد فوق و به دلیل این که برای شگ ماهیان دریای خزر استفاده از صفات ظاهری نمی‌تواند در شناسایی دقیق گونه‌ها کارا باشد. بنابراین، استفاده از روش نوین ریخت-سنجی هندسی روی اجزا ریزتر نظیر فلس به عنوان روشی آسان و کم هزینه برای شناسایی سریع گونه-های جنس *Alosa* می‌تواند از موضوعات تحقیقی جالب باشد. برای بررسیهای مورفولوژیک نرم افزارهای متعددی وجود دارند که به طور رایگان در دسترسند. از جمله آنها بسته ShapeR در نرم افزار R است که امکان جمع‌آوری و سنجش آسان شکل و داده‌های آن را فراهم می‌کند.

این بسته برای مطالعه تنوع شکل اتولیت در ماهیان طراحی شده است، اما برای مطالعه هر شکل دو بعدی (مانند فلس) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. خروجی این بسته به صورت ضرایب مستقل فوریه یا موجک می‌تواند به طور مستقیم وارد طیف گسترده‌ای از بسته‌های آماری در برنامه R شود و برای مطالعه مقایسه‌ای بین جمعیت‌ها و گونه‌ها کاربرد داشته باشد (Libungan and Palsson, 2015). گرچه روش فوریه در خط سیر پیرامونی

[1] Fourier

[2] Wavelet

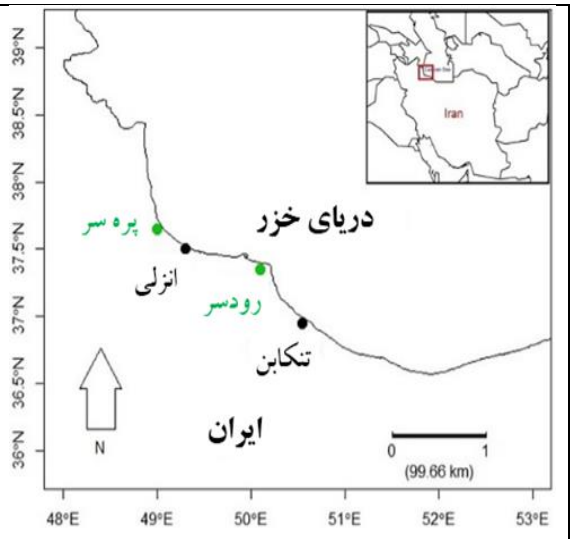
یک ابزار قدرتمند برای آنالیز شکل‌های بیولوژیک است، اما به کار بردن آن شامل چندین روش پیچیده همانند پردازش تصویر، ثبت حد فاصل‌ها، اشتقاق آنالیز توصیفی و آنالیز چند متغیره‌ی داده‌ها می‌باشد. برای این منظور نرم‌افزار Shape برای ارزیابی شکل‌های زیستی بر پایه روش فوریه توسعه یافته است. نرم افزار نیاز به نصب نداشته و برای استخراج کد زنجیری و انجام محاسبه روی کد استخراج شده بکار می رود. در هر مرحله نتیجه فعالیت انجام شده، مثلا کدهای استخراج شده برای هر نمونه نشان داده می‌شود. این نرم افزار با عکسهای یا عمق ۲۴ بیت کار می‌کند و کار با آن نسبتا ساده است.

این نرم‌افزار به ترتیب شامل چهار برنامه Chc2Nef، ChainCoder، PrinComp و Print برای ارزیابی عکس‌های دیجیتالی، استخراج خط سیر پیرامونی در روش فوریه، آنالیز تجزیه مولفه‌های اصلی و مشاهده تغییرات شکلی ایجاد شده است (Iwata and Ukai, 2002).

۲. مواد و روش ها

نمونه‌گیری از ماهیان صید شده توسط پره‌های ساحلی پره سر، انزلی، رودسر و تنکابن صورت گرفت (شکل ۱). نمونه‌گیری در این ایستگاه‌ها که فاصله‌ای چندین کیلومتری داشتند با توجه به وجود نمونه در آن‌ها صورت گرفت. از هر ماهی فلسی از قسمت کیل شکمی جدا و برای قوس برنداشتن بین دو لام تثبیت ودر زمینه مشکی با دوربین دیجیتال سونی با وضوح ۸ مگاپیکسل عکس گرفته شد.

با توجه به فقدان شکل مشخص در فلس ماهیان روش‌های موجک و خط سیر پیرامونی[3]فوریه می‌تواند ابزار مناسبی برای چنین تحقیقی باشد. با توجه مطالب فوق، این مطالعه با هدف امکان استفاده از فلس برای تمایز سه گونه *A. braschnikowi*، *A. caspia* و *A. kessleri* با استفاده از آنالیز موجک و روش‌های خط سیر پیرامونی فوریه به اجرا درآمد. در روش هندسی خط سیر پیرامونی، دو تکنیک آنالیز موجک توسط بسته ShapeR در نرم‌افزار R و آنالیز فوریه در نرم‌افزار Shape استفاده شد. برای آنالیز موجک از بسته shapeR استفاده شد که استفاده از این بسته نیازمند آماده سازی تصاویر در پوشه های مجرا در کامپیوتر با روشی خاص است. همچنین به کد نویسی در R نیاز می‌باشد. جزئیات آماده سازی تصاویر در لیبونگان و پالسون (۲۰۱۵) ارائه شده است.



شکل ۱-موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه-برداری.

روی ضرایب حاصل از موجک، آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد تا اختلاف معنی‌دار بین سه گونه بررسی شود. همچنین آنالیز کانونی مختصات اصلی[4]بر روی ضرایب اعمال شد تا با استفاده از گراف اختلاف بین سه گونه بررسی شود (Libungan and Palsson, 2015). برای آنالیز

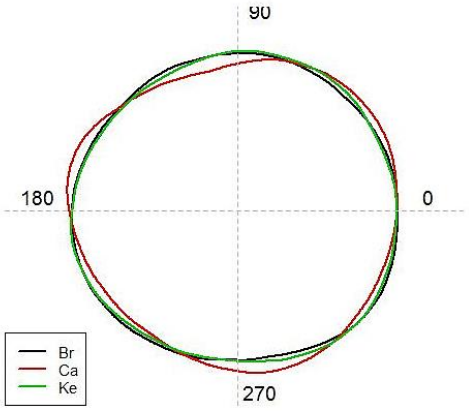
[3] Outline

[4] Canonical coordinate analysis

فوریه، ابتدا با استفاده از نرم افزار Image Converter Plus عکس‌ها به فرمت BMP 24bit تبدیل شدند. سپس از برنامه Chain Coder جهت استخراج حدفاصل نمونه‌ها از عکس و ثبت آن ها به صورت کدهای زنجیره ای استفاده شد. ورودی این برنامه عکس تمام رنگی با فرمت (*.bmp) 24bit و خروجی آن به صورت فایل (*.chc) chaincode بود. خروجی را می‌توان توسط برنامه ChcViewer مشاهده کرد. بعد از آن از برنامه Chc2Nef جهت به دست آوردن خط سیر پیرامونی استفاده شد. این برنامه خط سیر پیرامونی نرمال شده را از اطلاعات کدهای زنجیره ای به دست می‌آورد. فرمت فایل ورودی به این نرم افزار به صورت فایل chaincode (*.chc) و خروجی نرم افزار به صورت فایل EFD (*.nef) بود. خروجی را می‌توان توسط برنامه NefViewer مشاهده کرد. پس از به دست آوردن خط سیر پیرامونی فوریه نرمال شده، جهت آنالیز تجزیه مولفه‌های اصلی از برنامه PrintComp استفاده شد. آنالیز PCA انجام شده این برنامه بر پایه ماتریس واریانس-کوواریانس ضرایب عمل می‌کند نه بر پایه‌ی ماتریس همبستگی زیرا ضرایب با واریانس و کوواریانس کوچک برای توضیح تغییرات شکلی مشاهده شده اهمیت چندانی ندارند. ورودی این برنامه به صورت فایل (*.nef) و خروجی آن به صورت فایل (*.pcs) در فرمت text است. سپس از برنامه PrintPrint جهت مشاهده تغییرات شکلی ایجاد شده استفاده شد. در نهایت با MANOVA که روی ۷ مولفه اصلی استخراج شده اعمال شد، وجود اختلاف معنی‌دار بین سه گونه بررسی شد. از آزمون تی دو هتلینگ به عنوان posthoc استفاده شد و برای کاهش احتمال خطای نوع اول ناشی از تورم این خطا از تصحیح بونفرونی بهره گرفته شد.

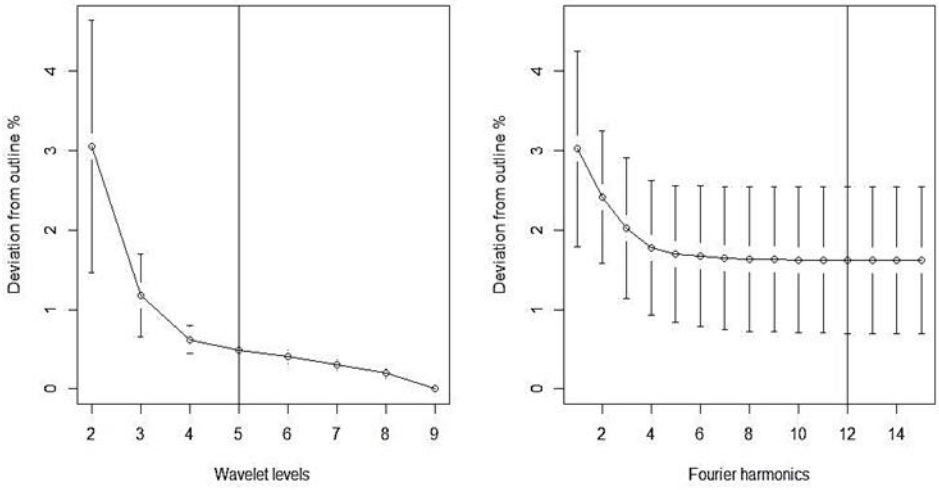
۳. نتایج

نتایج آنالیز در بسته ShapeR روی شکل فلس در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین شکل فلس در سه گونه *A. braschnikowi*، *A. caspia* و *A. kessleri* با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده‌اند.

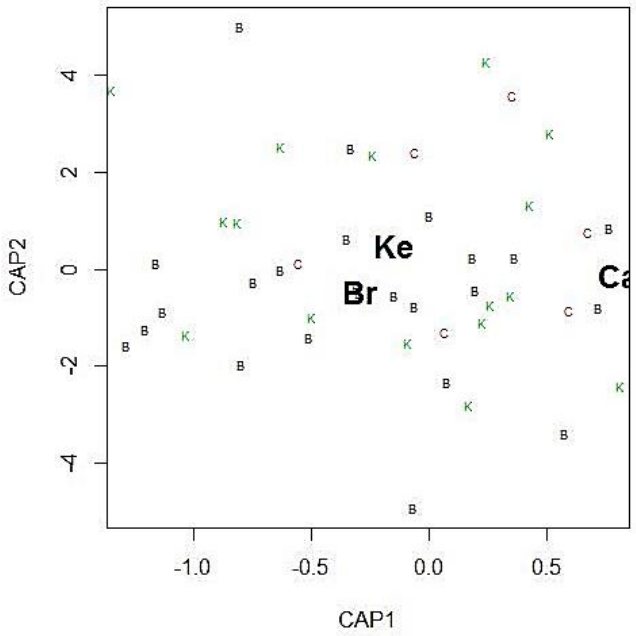


شکل ۲- مقایسه شکل فلس سه گونه. حروف Ke، Br و Ca مربوط به سه گونه *A. kessleri*، *A. branschnikowi* و *A. caspia* است.

تعداد سطوح موجک و همچنین تعداد هارمونیها در شکل ۳ ارایه شده است که ۵ سطح موجک و ۱۲ هارمونیک برای آنالیز فوریه به دست آمد.



شکل ۳- تعداد بهینه سطوح موجک و تعداد هارمونی‌ها در آنالیز فوریه.



شکل ۴- آنالیز کانونی مختصات اصلی که روی ضرایب حاصل از موجک (هر حرف کوچک نمره مربوط به هر نمونه را نشان داده است. B، K و C نمرات برای هر یک از سه گونه است. حروف Ke، Br و Ca مقدار میانگین کانونی را برای سه گونه *A. kessleri*، *A. braschnikowi* و *A. caspia* نشان می‌دهد).

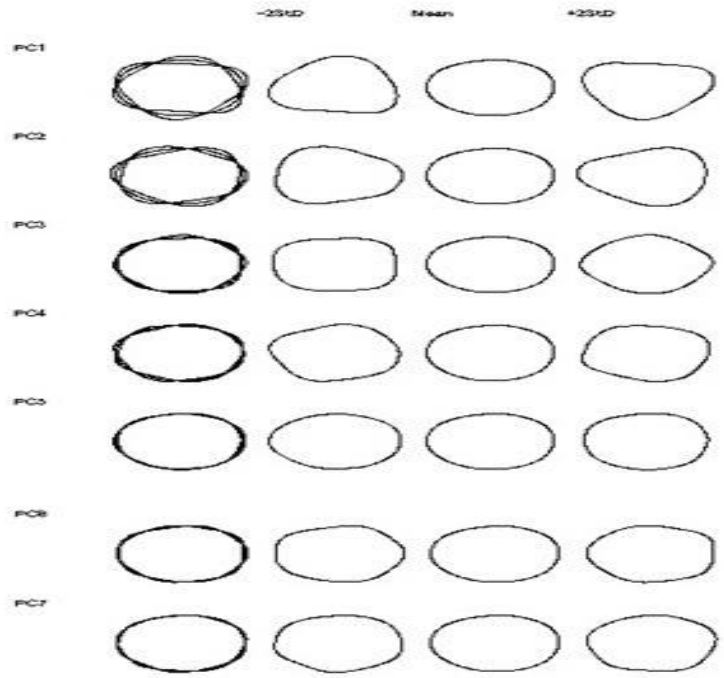
تفاوت معنی داری بین نمرات حاصل از PCA وجود داشت. و آزمون مربع تی دو هتلینگ که به صورت دو به دو بین امتیاز گونه ها انجام گردید (مقدار احتمال خطای نوع اول پس از تصحیح بونفرونی ۰/۰۱۷ است، از این رو بر اساس آنالیز فوریه بین گونه *A. brascnikowi* و *A. caspia* اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول۳). تفاوت معنی

مقایسه شکل فلس‌های سه گونه *A. kessleri*، *A. braschnikowi* و *A. caspia* با استفاده از آنالیز واریانس روی ضرایب موجک اختلاف معنی‌داری بین گونه-ها مشاهده شد (جدول ۱). ضرایب حاصل از آنالیز موجک برای گونه *A. caspia* بیشترین تفاوت را با سایر گونه‌ها نشان داد (شکل ۴). آنالیز PCA روی ضرایب فوریه مشخص نمود که هفت PC اول باید نگه داشته شوند. میانگین این PC ها به همراه دو برابر انحراف معیار آن‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ۱- آنالیز واریانس صورت گرفته بر روی ضرایب حاصل از موجک برای بررسی اختلاف بین سه گونه A. kessleri، A. braschnikowi و A. caspia .

	Df	Variance	F	Pr(>F)
گونه	۲	۰/۱۳۴۲۷	۲/۰۷۴۷	۰/۰۲۸۲
باقیمانده	۵۸	۱/۸۷۶۸۴		

داری بین نمرات حاصل از PCA وجود داشت و آزمون مربع تی دو هتلینگ که به صورت دو به دو بین امتیاز گونه ها انجام گردید (مقدار احتمال خطای نوع اول پس از تصحیح بونفرونی ۰/۰۱۷ است، از این رو بر اساس آنالیز فوریه بین گونه *A. brascnikowi* و *A. caspia* اختلاف معنی‌داری وجود دارد؛ جدول ۳).



شکل ۵- میانگین PC ها به همراه دو برابر انحراف معیار آنها.

آزمون MANOVA بر روی نمرات حاصل از مولفه های اصلی حاصل از PCA در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج حاصل از MANOVA بر روی نمرات حاصل از PCA

	Df	Pillai	Approx. F	Num Df	Den Df	Pr(>F)
گونه	۲	۰/۳۸۷	۱/۸۵	۱۴	۱۰۸	۰/۰۳۹
باقیمانده	۵۹					

جدول ۳- نتایج آزمون تی دو هتلینگ که بصورت دو به دو بین گونه ها انجام گردید. مقدار خطای نوع اول با توجه به تعداد سه آزمون برابر است با ۰/۰۵ تقسیم بر ۳ = ۰/۰۱۷

A. caspia vs *A. brascnikowi*	*A. brascnikowi* vs *A. kessleri*	*A. caspia* vs *A. kessleri*
Test stat: 4.7582 Numerator df: 7 Denominator df: 30 P-value: 0.001089	Test stat: 1.7006 Numerator df: 7 Denominator df: 40 P-value: 0.1366	Test stat: 0.98772 Numerator df: 7 Denominator df: 30 P-value: 0.4587

۴. بحث ونتیجه گیری

برای حفاظت از ماهیان دریایی به مطالعه روی جوامع مختلف نیاز است. نمونه برداری از جوامع به منظور تعیین

شاخص های زیستی آنها در بسیاری از مطالعات ارزیابی ذخایر امری ضروی است. در همین راستا شناسایی گونه های مورد مطالعه گام اول چنین مطالعاتی است. گروه مهمی از ماهیان اقتصادی شمال ایران شگ ماهیان هستند. شگ ماهیان جنس *Alosa* از لحاظ ظاهری بسیار شبیه به هم اند و نمی‌توان گونه‌های آن را به لحاظ ریختی به آسانی یکدیگر تفکیک نمود (Dadashi *et al.*, 2019). در این ماهیان شمارش خارهای آبششی آن‌ها برای تشخیص گونه و زیرگونه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از این رو تحقیق حاضر با هدف امکان استفاده از روشی غیرمخرب و آسان برای شناسایی آن‌ها انجام شد. در این مطالعه از دو روش محاسباتی فوریه و موجک استفاده شد. مطالعات چندانی در مورد استفاده از شکلِ فلس ماهی برای شناسایی آن موجود نیست. از میان معدود مطالعات انجام شده می‌توان به طباطبایی و همکاران (۲۰۱۳) و منصوری خواجه و همکاران (۲۰۱۷) اشاره داشت. در این مطالعات از لندمارک گذاری روی فلس و استفاده از آنالیز مولفه های اصلی و آنالیز مختصات کانونی بهره گرفته شده است.

نتایج حاصل از مطالعه حاضر حاکی از وجود اختلاف در دو روش محاسباتی مورد استفاده بود. در آنالیز کانونی مختصات اصلی که روی ضرایب موجک انجام شد، گونه *A. kessleri* شباهت بیشتری به *A. braschnikowi* نشان داد، در حالی که در روش فوریه و براساس آزمون مربع تی دو هتلینگ گونه *A. kessleri* بیشتر نزدیک به گونه *A. caspia* بود. البته در هر دو آزمون بیشترین تفاوت معنی‌دار بین گونه‌های *A. braschnikowi* و *A. caspia* به دست آمد. این مساله مشکل بودن تفکیک این سه گونه بر اساس شکل فلس را نشان می‌دهد و اینکه نوع روش مورد استفاده می‌تواند در نتیجه نهایی تاثیرگذار باشد. در مطالعه حاضر تفکیک گونه در ابتدا بر اساس شمارش تعداد خارهای آبششی و بر اساس مطالعات قبلی انجام شد (Abbasi *et al.*, 2020; Mouludi-Saleh *et al.*, 2020)، اما لازم است صحت سنجی این روش مورد بررسی بیشتر قرار گیرد، مثلا تشخیص گونه‌ها بر اساس بررسی ژنتیکی صورت گرفته تا استفاده از خارهای آبششی تایید گردد.

در عرصه بین المللی نیز مطالعات اندکی در ارتباط با تفکیک جوامع ماهی با استفاده از شکل فلس وجود دارد. مطالعات صورت گرفته بیشتر برای مقایسه روشها (Watkinson and Gillis, 2005) یا امکان سنجی استفاده از شکل فلس برای تفکیک جوامع اند (Poulet *et al.*, 2005; Ibanez, Cowx and O'Higgins, 2009). مطالعات تاییدی در کنار مطالعات مورفولوژیک در آنها دیده نمی‌شود که می‌تواند ناشی از شناسایی آسان گونه‌های مورد مطالعه در مقایسه با شگ ماهیان مطالعهٔ حاضر باشد. عدم وجود مطالعات مورفولوژیک جدید در مورد مورفولوژی فلس از عدم تشخیص آن به عنوان یک روش مطمئن و ساده حکایت دارد و اکثر همان معدود مطالعات صورت گرفته به بیش از دو دهه قبل باز می‌گردد.

در مطالعه حاضر، نتایج آنالیزهای موجک و فوریه روی اشکال فلس ماهیان *Alosa*، وجود اختلاف در شکل فلس سه گونه را نشان داد که البته این تفاوت تنها بین دو گونه *A. braschnikowi* و *A. caspia* معنی‌دار بود و تفاوت شکل فلس گرچه میان گونه *A. kessleri* با دو گونه دیگر دیده شد، اما از نظر آماری معنی‌دار نبود. اگر خارهای آبششی به درستی تفکیک گونه ها را نشان دهند، امکان شناسایی و تفکیک تمام گونه‌های جنس *Alosa* در دریای خزر با استفاده از شکل فلس امکان ندارد و این روش صددرصد کارآمد نیست. در مطالعه‌ای روی فلس‌های دایره‌ای خانواده کپورماهیان توسط Tabatabaei و همکاران (۲۰۱۳)، مشخص گردید که فلس هر گونه دارای الگوی شکلی منحصر به فردی است که می‌تواند به عنوان کلید شناسایی در نظر گرفته شود. همچنین نتایج مطالعه Ibanez و همکاران (۲۰۰۷) روی تفاوت‌های شکلی فلس-های شانه‌ای کفال ماهیان جهت شناسایی جنس، گونه و ذخایر آن‌ها بر اساس روش ریخت‌سنجی هندسی نشان داد که بیشترین تمایز شکل فلس‌ها میان جنس‌ها و گونه ها وجود دارد و تفاوت شکل فلس در میان جنس‌ها و گونه‌ها شاهدی بر زمینه ژنتیکی آن‌هاست. ژنتیکی بودن شکل فلس و منحصر بفرد بودن آن برای گونه های مختلف نیاز

به صحت سنجی بیشتر روش استفاده از خارهای آبششی را گوشزد می‌نماید. مقایسه مطالعه حاضر با سایر مطالعات اشاره به این دارد که درصد موفقیت استفاده از فلس در تاکسونهای مختلف ماهی می‌تواند متفاوت باشد و هر چند در برخی ماهیان چندان قوی عمل نمی نماید، اما در برخی دیگر می‌تواند ابزار مفید و قابل اطمینانی برای تفکیک جوامع باشد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر استفاده از فلس برای تشخیص دو گونه از جنس *Alosa* مناسب تشخیص داده شد، ولی برای دیگر گونه‌های این جنس در دریای خزر مناسب نیست. هر چند این روش می‌تواند برای تشخیص گونه های جنس *Alosa* بکار رود، اما تعداد نمونه‌های بیشتر ممکن است به نتایج صحیح و قابل اعتمادتر منجر شود. در ضمن روش‌های مورد استفاده در این تحقیق برای اولین بار در مورد فلس این ماهیان مورد استفاده قرار گرفتند که برای گونه های دیگر دریایی نیز می تواند مورد آزمایش قرار گیرند.

۵. منابع

References

Abbasi, K., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Sarpanah, A., Sobhani, M., 2020. Comparison of morphometric and meristic characteristics of Caspian Kutum, *Rutilus kutum* (Kamensky, 1901) in the south Caspian Sea Basin, *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, in press.

Berg, L. S., 1962. Fresh water fishes of the U.S.S.R and adjacent countries, vol. 1. Edited by Israeil Program for Sscientific Translation.

Cubillos, L. A., Arcos, D. F., Bucarey, D. A., Canales, M. T., 2001. Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano, Chile (37° S, 73° W): a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling?, *Aquatic Living Resources* 14(2), 115–124.

Dadashi, S., Karimzadeh, G., Parafkandeh Haghighi, F., Vahdati Rad, N.,2019. Some biological indices of the *Alosa caspia* (Eichwald, 1838) in the southern Caspian sea (Mazandaran Province), *Iranian Scientific Fisheries Journal* 28(2), 195–201.

Ibanez, A. L., Cowx, I. G., O'Higgins, P., 2007. Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species and local populations within the Mugilidae, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 64, 1091–1100.

Ibanez, A. L., Cowx, I. G., O'Higgins, P., 2009. Variation in elasmoid fish scale patterns is informative with regard to taxon and swimming mode, *Zoological Journal of the Linnean Society* 155(4), 834–844.

Iwata, H., Ukai, Y., 2002. SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shape based on elliptic Fourier descriptors, *Journal of Heredity* 93, 384–385.

Libungan, L. A., Palsson, S., 2015. ShapeR: an R package to study otolith shape variation among fish population, *PLOS ONE*, 1–12.

Mansouri Khajeh, A., Hashemzadeh Segherloo, I., Tabatabaei, S. N., Abdol, A., 2017. Geometric analysis of the scale shape to discriminate different populations of *Garra rufa* Heckel, 1843, *Nova Biologica Reperta* 3(4), 319–326.

Mikhailovskaya, A. N.,1941. Commercial fishes of the U.S.S.R Akademi Nauk SSSR.

Mouludi -Saleh, A., Abbasi, K., Eagderi, S., Sarpanah, A., Vatandoust, S., 2020. Morphometric and meristic traits variation of *Alburnus chalcoides* populations in rivers of the Southern Caspian Sea basin, *Journal of Fisheries Science and Technology* 9(1), 59–65.

Nelson, J. S., Grande, T. C., Wilson, M. V. H., 2016. Fishes of the World. John Wiley \& Sons.

Poulet, N., Reyjol, Y., Collier, H., Lek, S., 2005. Does fish scale morphology allow the identification of populations at a local scale? A case study for rostrum dace *Leuciscus leuciscus burdigalensis* in River Viaur (SW France), *Aquatic Sciences* 67(1), 122–127.

Sattari, M., Shahsavani, D., Shafiei, S., 2004. Fish biology 2 (Systematics). 2nd edn. Haghshenas Publication.

Schönbörner, A. A., Boivin, G., Baud, C. A., 1979. The mineralization processes in teleost fish scales, *Cell and tissue research* 202(2), 203–212.

Svetovidov, A. N., 1963. Fauna of the U.S.S.R fishes, *Akademi of Science U.S.S.R. Moscow* 2(1), 233–328.

Tabatabei, S., Eagderi, S., Hashemzadeh Segherloo, I., Abdoli, A., 2013. Geometric and morphometric analysis of fish scales to identity genera, species and populations case study: the Cyprinid family, *Taxonomy and Biosystematics* 5(17), 1–8.

Verspoor, E., and Jordan, W. S., 1989. Genetic variation at the Me-2 locus in the Atlantic salmon within and between rivers:evidence for its selective maintenance, *Fish Biology* 35, 205–213.

Watkinson, D. A., Gillis, D. M., 2005. Stock discrimination of Lake Winnipeg walleye based on Fourier and wavelet description of scale outline signals, *Fisheries Research* 72(2–3), 193–203.

Whitehead, A. L., David, B. O., Closs, G. P., 2002. Ontogenetic shift in nocturnal microhabitat selection by giant kokopu in a New Zealand stream, *Journal of Fish Biology* 61(6), 1373–1385. Available at: http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb02483.x.