

## مقاله علمی - پژوهشی:

# تغییرات ریختی و روابط طول- وزن در جمعیت‌های شگ‌ماهی حوضه جنوبی دریای خزر *Alosa braschnikowi* (Borodin, 1904)

امید جعفری<sup>۱\*</sup>، مریم نصرالله پورمقدم<sup>۲\*</sup>، اسماعیل عبداله‌زاده<sup>۱</sup>، محمد حسن‌زاده صابر<sup>۱</sup>

\*Jaafari.omid@yahoo.com; Pourmoghadamm@yahoo.com

۱- انسستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۳

## چکیده

شناسایی جمعیت‌ها از طریق صفات ریختی تمایزدهنده از اهمیت بالایی در برنامه‌های حفاظت و مدیریت شیلاتی برخوردار است. در تحقیق حاضر تغییرات مورفو‌لوژیک شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* با استفاده از ۳۱ صفت مورفو‌متريک در حوضه خزر جنوبی در سه استان گیلان، مازندران و گلستان در زمستان ۱۳۹۹ مورد بررسی قرار گرفت. ميانگين ( $\pm$  انحراف معیار) طول استاندارد در مناطق انزلی، ميانکاله و ساری به ترتیب  $۲۳۱/۵۲ \pm ۴/۱۴$  و  $۲۰۰/۹۳ \pm ۳/۲۲$ ،  $۲۲۱/۷۳ \pm ۴/۳۸$  میلی‌متر بود. نتایج به دست آمده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه در ۱۷ مورد از صفات زیست‌سنگی شده اختلاف معنی‌داری نشان داد ( $p < 0.05$ ). نتایج آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز نشان داد که مناطق مورد بررسی در ۹ مؤلفه از یکدیگر قابل تمایز هستند به‌طوری که عمدۀ تغییرات در مؤلفه اول در ناحیه سر و در مؤلفه دوم در ناحیه باله‌های سینه‌ای و پشتی مشاهده گردید. بررسی الگوی رشد در شگ‌ماهی *A. braschnikowi* نشان داد که مناطق انزلی ( $b=2/78$ ) و ساری ( $b=2/61$ ) دارای الگوی رشد آلمتریک منفی و منطقه ميانکاله ( $b=3/12$ ) دارای الگوی رشد از نوع آلمتریک مثبت هستند. همچنین بررسی ضربی چاقی نشان داد که شرایط تغذیه در مناطق انزلی ( $CF=1/0.9$ ) و ميانکاله ( $CF=1/10$ ) نسبت به منطقه ساری ( $CF=0.71$ ) بهتر بود. خوشبندی مناطق بر اساس خصوصیات مورفو‌لوژیک نیز نشان داد، حداقل دو جمعیت مجزا از شگ‌ماهی *A. braschnikowi* در مناطق مورد بررسی از حوضه خزر جنوبی وجود دارد. با توجه به يكسان بودن فصل نمونه‌برداری و نوع نمونه‌برداری، به‌نظر می‌رسد که خصوصیات زیست‌محیطی در هر منطقه باعث ایجاد تنوع مورفو‌لوژیک بالا در مناطق مورد بررسی باشد، هرچند این موضوع نیاز به بررسی‌های مولکولی نیز دارد. با توجه به تغییرات ریختی در جنس *Alosa* در دریای خزر، پیشنهاد می‌گردد تا در مطالعات آتی از روش‌های تجزیه و تحلیل مبتنی بر یادگیری ماشین نیز استفاده گردد.

**لغات کلیدی:** عامل وضعیت، جمعیت، زیست‌سنگی، مدیریت شیلاتی، شناسایی ذخایر

\*نویسنده مسئول



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**مقدمه**

*A. caspia braschnikowi* (Borodin, 1904) و *A. kessleri* (Grimm, 1887)، (Eichwald, 1838) در حوضه خزر جنوبی *saposchnikowi* (Grimm, 1887) گزارش گردیده است (Paknejad et al., 2014). که در این میان شگ‌ماهی *A. braschnikowi* حدود ۶۶ درصد فراوانی را در حوضه جنوبی دریای خزر به خود اختصاص می‌دهد (Hoseini, 2000). به رغم اهمیت اقتصادی پایین گونه‌های جنس *Alosa* در حوضه خزر جنوبی، این گونه به دلیل فراوانی بالاتر و اندازه بزرگتر از اهمیت اقتصادی بالاتری برخوردار است (Afraei et al., 2006). از این‌رو، شناسایی جمعیت‌های مختلف حاضر از این گونه در حوضه خزر جنوبی و معرفی مهم‌ترین عوامل تمایزدهنده جمعیتی از دیدگاه حفاظت و بهره‌برداری شیلاتی از اهمیت بالایی برخوردار است.

شناسایی جمعیت‌های مختلف از یک گونه می‌تواند به وسیله اطلاعات مولکولی یا ریختی انجام پذیرد. استفاده از اطلاعات ریخت‌شناسی در جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی و ماهی شناسی کاربردی ثابت گردیده است (Sattari et al., 2021). زیست‌سننجی ماهیان با استفاده از اطلاعات ریختی از مزایایی از جمله آسانی در استخراج داده و صرف هزینه کمتر در مقایسه با روش‌های ژنتیکی برخوردار است (Randall and Pyle, 2008). بنابراین، با مطالعه صفات ریختی در هر یک از ماهیان و به کارگیری روش‌های آماری می‌توان تعدادی از صفات مرفولوژیک شاخص یک جمعیت را به دست آورد. مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناسی با هدف تعریف و شناسایی واحدهای جمعیتی، از پیشینه‌ای طولانی در دانش زیست‌شناسی ماهی برخوردار است (Tudela, 1999). مطالعات پیشین انجام شده به روش‌های مولکولی (Paknejad et al., 2019) و فنتوپیپی (Jafari et al., 2014; Zahmatkesh et al., 2016) وجود جمعیت‌های مجرزاً از شگ‌ماهی *A. braschnikowi* را گزارش نموده‌اند. با این حال، مقاله اخیر منتشره توسط اطلاعات مولکولی حاکی از نیاز به مطالعات بیشتر در تمایز گونه‌ها، جمعیت‌ها و زیر‌جمعیت‌های جنس *Alosa* در دریای خزر است (Orlova et al., 2024).

از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف شناسایی مهم‌ترین عوامل ریختی تمایزدهنده شگ‌ماهی

انعطاف‌پذیری ریختی شامل توانایی ارگانیزم‌ها از جمله ماهیان در پاسخ به تغییرات زیست‌محیطی است (Delorenzo et al., 2022; Price et al., 2003; Robledo et al., 2024). تمامی زمینه‌های ژنتیک، اکولوژی، سیر تکاملی و حتی علوم فیزیک، فیزیولوژی و رفتار شناسی است (Guill et al., 2003). آبهای داخلی دارای زیستگاه‌ها و شرایط متفاوتی از یکدیگر بوده و همین امر تنوع شکلی و گونه‌ای را در این آبهای بسیار بالا برده است. شکل موجودات به عنوان یک عامل کلیدی در فرایندهای تکاملی فردیزایی نیز نقش مهمی دارد. شکل بدن علاوه بر تأثیرپذیری از خصوصیات ژنتیکی و تواریثی نشان‌دهنده تطابق آبزی با شرایط زیستی حاکم بر محیط بوده و نشانگر شرایط زیست محیطی اکوسیستم است. ماهیان از این برخوردارند که برای بقاء خود با شرایط مختلف محیطی سازگار شوند (Nacua et al., 2010).

عوامل غیر زنده محیطی در تعیین شکل بدن موجودات طی فرآیند فردیزایی به عنوان عاملی قدرتمند شناخته شده‌اند (Costa and Cataudella, 2007). به همین دلیل شکل بدن علاوه بر نشان دادن ژنتیک فرد می‌تواند نشان‌دهنده ویژگی‌های محیط زندگی ماهی نیز باشد (Guill et al., 2003).

در فرایند توسعه و پیشرفت اقتصادی هر کشوری توجه به منابع آبی و آبزیان و افزایش ذخایر آنها در آبهای داخلی از جایگاه مهمی برخوردار است. کشور ایران در منطقه‌ای به لحاظ آب و هوا و توپوگرافی واقع گردیده که از نظر جغرافیای جانوری بسیار حائز اهمیت است. بررسی ماهیان در بوم سازگان‌های آبی به دلایل متعدد از جمله بررسی تکاملی، بوم شناختی، رفتارشناسی، حفاظت آنها، مدیریت منابع آبی و بهره‌برداری از ذخایر و پرورش ماهی حائز اهمیت است (Radkhah et al., 2024). شگ‌ماهی‌شکلان به عنوان ماهیان پلاژیک و حساس به شرایط اکولوژیک به خصوص دما شناخته می‌شوند که از تنوع ریختی نسبتاً بالایی برخوردارند (Nelson, 2006).

شگ‌ماهی جنس *Alosa* در دریای خزر دارای هشت گونه است و بر اساس مطالعات انجام گرفته حضور چهار گونه *Alosa*

ایستگاه پس از صید به طور جداگانه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۱/۰۰۰۰۱ گرم توزین گردیدند. برای تعیین تنوع ریخت‌شناسی بین سه منطقه تعداد ۳۱ صفت مورفومتریک تعريف و با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت یک هزار میلی‌متر اندازه گیری گردید (جدول ۱). به منظور استانداردسازی داده‌ها و کاهش تغییرات حاصل از رشد آلمتریک از فرمول ذیل استفاده شد (Karakousis *et al.*, 1991)

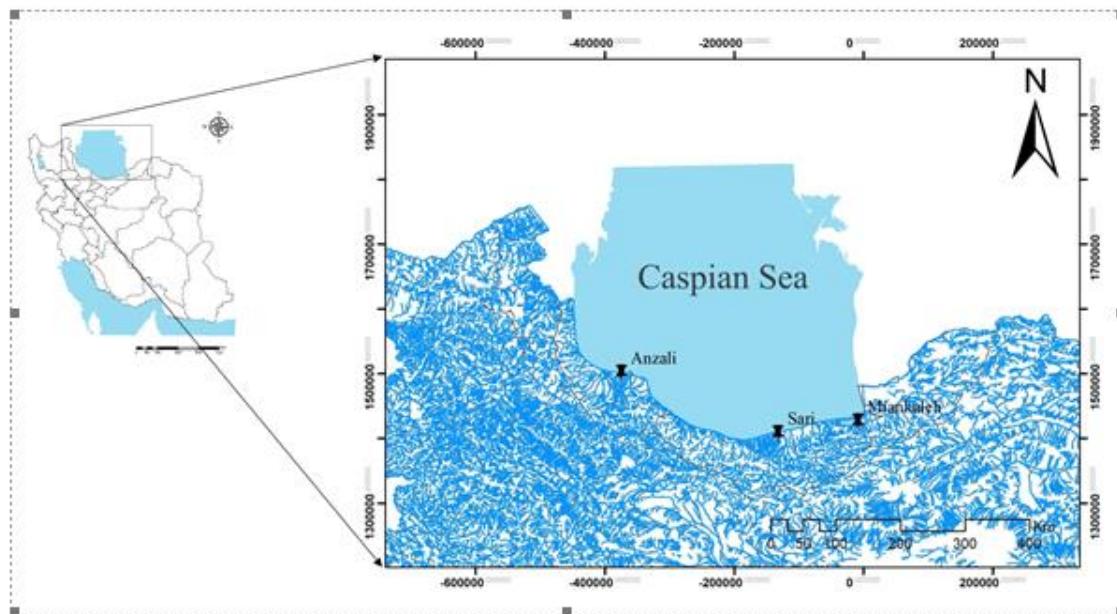
$$M_{(t)} = M_{(o)} \left( \frac{L}{L_{(o)}} \right)^b$$

$M_{(t)}$ : مقادیر استاندارد شده صفات  $M_{(o)}$ : طول صفات مشاهده شده  $L$ : میانگین طول استاندارد برای کل نمونه‌ها و برای همه مناطق  $L_{(o)}$ : طول استاندارد هر نمونه  $b$ : ضریب رگرسیونی بین  $\log M_{(o)}$  و  $\log L_{(o)}$  برای هر منطقه

*A. braschnikowi* و بررسی تغییرات جمعیتی این ماهی در حوضه جنوبی دریای خزر به اجرا درآمد.

## مواد و روش کار

در زمستان سال ۱۳۹۹ عدد شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* با استفاده از صید پره از غرب به شرق در طول سواحل جنوبی دریای خزر نمونه‌برداری شدند. نمونه‌برداری‌ها در سطح سه استان شمالی کشور (گلستان، مازندران، گیلان) انجام گرفت و مناطق نمونه‌برداری شامل یک منطقه در هر استان بود (میانکاله در استان گلستان، دریای فرج‌آباد ساری در استان مازندران، انزلی در استان گیلان). موقعیت جغرافیایی مناطق مطالعه به ترتیب در میانکاله (E: ۵۳°۰۳', N: ۳۶°۳۳'), ساری (E: ۵۳°۳۵', N: ۳۶°۴۸') و انزلی (E: ۴۹°۲۶', N: ۳۷°۲۵') بود (شکل ۱). نمونه‌های هر



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری از *Alosa braschnikowi* در حوضه جنوبی دریای خزر

Figure 1: Sampling locations of *Alosa braschnikowi* across the southern Caspian Sea

جمعیت‌های مورد بررسی با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها (FA)<sup>۱</sup> اجرا شد (Kuliev, 1988).

آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) جهت مشخص نمودن مهم‌ترین عوامل ریختی در ایجاد تغییرات بین

<sup>۱</sup> Factor analysis

آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، ۹ مؤلفه را به عنوان مهم‌ترین عوامل در ایجاد تغییرات شناسایی نمودند که در مجموع شامل ۷۱ درصد تغییرات می‌شد و دو مؤلفه اول ۳۲ درصد تغییرات کل را بر عهده داشتند. در مؤلفه اول (PC1) ویژگی‌های ارتفاع سر و طول پوزه و در مؤلفه دوم (PC2) ویژگی‌های ارتفاع باله سینه‌ای و انتهای باله پشتی تا ابتدای باله مخرجی مهم‌ترین ویژگی‌های شناسایی شده برای ایجاد تغییرات بودند. نتایج حاصل از پراکنش ماهیان با استفاده از دو مؤلفه اول در شکل ۲ نشان داده شده است. دندروگرام جمعیتی بر اساس میانگین صفات مورفو‌لوزیک اندازه‌گیری شده بر مبنای الگوریتم UPGMA و شاخص مشابهت<sup>۳</sup> مجدور فاصله اولکلیدوسی (SED)<sup>۴</sup> رسم گردید. گروه‌بندی حاصل از دندروگرام، سه منطقه مورد بررسی در تحقیق حاضر را به دو خوشه مجزا (با درصد حمایت بیش از ۶۰ درصد) تقسیم بندی کرد بدین صورت که خوشه اول شامل مناطق انزلی و ساری و خوشه دوم شامل منطقه میانکاله بود (شکل ۳). همچنین پراکنش ماهی‌های مورد بررسی با استفاده از روش K-means clustering و بر اساس نتایج حاصل از درخت فیلوژنی در شکل ۴ نشان داده شده است.

ضریب چاقی برای مناطق انزلی، میانکاله و ساری به ترتیب  $1/0\cdot 9$ ،  $1/0\cdot 9$  و  $0\cdot 71$  به دست آمد و بر این اساس منطقه ساری اختلاف معنی‌داری با مناطق انزلی و میانکاله داشت ( $p<0\cdot 05$ ). نتایج حاصل از بررسی روابط طول- وزن در اشکال ۵ الی ۷ نشان داده شده است. بر اساس نمودارهای به دست آمده از روابط طول- وزن می‌توان بیان داشت الگوی رشد در مناطق انزلی و ساری از نوع آلومتریک منفی و در منطقه میانکاله از نوع آلومتریک مثبت است.

در روش تجزیه به عامل‌ها از آماره KMO<sup>۱</sup> استفاده می‌شود و معمولاً مقدار KMO بزرگ‌تر از  $0\cdot 6$ ، دلالت بر روش تجزیه به عامل‌ها دارد (Field, 2000). بر اساس ویژگی‌های ریختی با مورد بررسی در مطالعه حاضر، درخت فیلوژنی جمعیتی با استفاده از آنالیز خوشه‌ای (CA)<sup>۲</sup> در نرم‌افزار PAST ver 4.14 انجام شد. در نهایت بر اساس تعداد کلاس‌تتر به دست آمده از درخت فیلوژنی، پراکنش ماهی‌ها با استفاده از روش K-means clustering در نرم افزار PAST مصورسازی شد. جهت بررسی رابطه طول- وزن شگ‌ماهی Bagenal and Tesch (1978) استفاده گردید:

$$W = aL^b$$

W: وزن بدن (گرم)، L: طول کل (میلی‌متر)، b: شیب خط رگرسیونی طول و وزن، a: عرض از مبدأ ضریب وضعیت چاقی نیز از رابطه فولتون به دست آمد (Biswas, 1993)

$$K = W \times 100/L^3$$

W: وزن بدن (گرم)، L: طول کل (سانتی‌متر)

## نتایج

میانگین، کمینه، بیشینه، انحراف معیار و ضریب تغییرات داده‌های حاصل از ۳۱ صفت اندازشی مورد بررسی در شگ‌ماهی A. braschnikowi در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین ( $\pm$  انحراف معیار) وزن بدن در مناطق انزلی، ساری و میانکاله به ترتیب  $197\cdot 92 \pm 11\cdot 72$ ،  $193\cdot 9 \pm 43\cdot 54$  و  $126\cdot 8 \pm 86\cdot 39$  بود. نتایج حاصل از بررسی میزان تغییرپذیری صفات ریختی بین جمعیت‌های مورد بررسی نشان داد که از میان ۳۱ صفت مورد زیست‌سنگی، ۱۷ صفت دارای اختلاف معنی‌دار بین مناطق مورد بررسی هستند ( $p<0\cdot 05$ ). بیشترین و کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفات ارتفاع باله سینه‌ای و طول چنگالی (FL) بود که هر دو در جمعیت انزلی مشاهده شد (جدول ۱).

<sup>3</sup> Similarity index

<sup>4</sup> Squared Euclidean Distance (SED)

<sup>1</sup> Kaiser-merer-olkin (KMO)

<sup>2</sup> Cluster analysis (CA)

جدول ۱: میانگین (میلی‌متر)  $\pm$  انحراف معیار و ضریب تغییرات صفات مورفومتریک شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* در طول سواحل حوضه خزر جنوبی

Table 1: Mean (mm)  $\pm$  SD and CV of measured morphometric traits in *Alosa braschnikowi* along the southern Caspian Sea

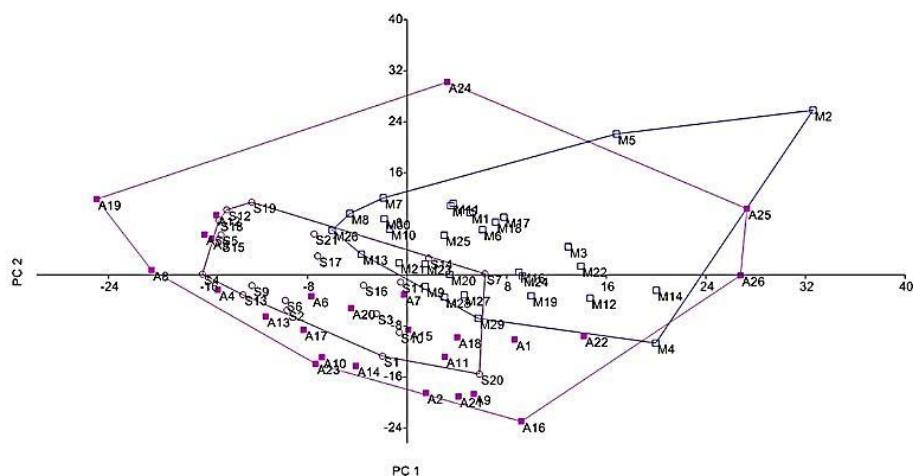
(CV%)				Mean $\pm$ SD			trait
Sari	Miankaleh	Anzali	P-value	Sari	Miankaleh	Anzali	
1.65	0.98	1.92	0.35	20.75 $\pm$ 275.28	239.23 $\pm$ 20.75	275.96 $\pm$ 24.47	TL
1.46	1.16	1.73	0.09	18.61 $\pm$ 243.57	17.67 $\pm$ 214.4	21.95 $\pm$ 246	FL
6.62	4.79	6.54	0.31	3.32 $\pm$ 40.87	2.71 $\pm$ 35.34	4.63 $\pm$ 40.65	HL
5.45	5.13	6.65	0.004*	1.95 $\pm$ 23.13	2.24 $\pm$ 18.24	2.83 $\pm$ 22.94	HW
6.72	3.20	4.93	0.04*	3.25 $\pm$ 41.58	2.98 $\pm$ 34.89	4.14 $\pm$ 40.86	HH
8.95	4.19	6.09	0.008	3.30 $\pm$ 32.90	2.35 $\pm$ 26.75	3.20 $\pm$ 31.98	HH2
6.36	5.81	5.59	0.13	3.47 $\pm$ 57.27	5.45 $\pm$ 51.20	6.48 $\pm$ 59.3	BH
9.24	7.29	7.90	0.01*	2.89 $\pm$ 26.57	2.74 $\pm$ 21.60	3.48 $\pm$ 27.47	BW
8.45	8.33	8.85	0.83	0.68 $\pm$ 6.88	0.82 $\pm$ 5.80	0.96 $\pm$ 6.92	ND
8.37	5.96	5.74	0.000*	1.41 $\pm$ 12.22	1.18 $\pm$ 9.10	1.43 $\pm$ 11.46	ED
6.75	4.39	5.27	0.000*	3.16 $\pm$ 31.53	3.11 $\pm$ 27.27	3.80 $\pm$ 33.75	DEO
9.48	6.73	9.81	0.001*	0.75 $\pm$ 7.26	0.70 $\pm$ 6.83	0.96 $\pm$ 8.03	MW
9.62	8.25	10.16	0.000*	3.08 $\pm$ 36.14	2.41 $\pm$ 24.31	3.87 $\pm$ 36.63	SL
10.78	5.94	9.26	0.18	1.26 $\pm$ 12.02	0.97 $\pm$ 11.53	1.31 $\pm$ 12.64	DE2
4.72	7.31	8.06	0.73	5.05 $\pm$ 56.53	4.97 $\pm$ 48.13	7.04 $\pm$ 55.97	CPL
5.15	14.91	5.25	0.94	1.22 $\pm$ 17.30	2.32 $\pm$ 15.12	1.78 $\pm$ 17.31	CPH
10.59	6.40	8.21	0.44	3.36 $\pm$ 30.26	2.70 $\pm$ 25.92	3.88 $\pm$ 30.67	DBL
9.19	5.15	8.59	0.01*	2.88 $\pm$ 26.46	2.04 $\pm$ 21.98	2.52 $\pm$ 26.74	HD
6.41	6.45	7.64	0.02*	4.06 $\pm$ 37.51	3.07 $\pm$ 30.90	3.44 $\pm$ 35.53	ABL
12.30	8.64	15.20	0.01*	2.03 $\pm$ 13.21	1.24 $\pm$ 9.86	2.40 $\pm$ 12.57	HA
8.15	6.67	8.36	0.07	0.94 $\pm$ 7.93	0.75 $\pm$ 6.49	0.67 $\pm$ 7.78	PBL
24.75	13.64	49.49	0.000*	3.13 $\pm$ 14.46	6.21 $\pm$ 30.48	8.05 $\pm$ 16.07	PH
14.36	11.01	11.54	0.000*	0.77 $\pm$ 5.58	0.59 $\pm$ 3.68	0.63 $\pm$ 4.72	VBL
17.50	14.03	22.82	0.000*	3.12 $\pm$ 16.45	2.48 $\pm$ 17.75	3.59 $\pm$ 14.86	VH
4.31	3.35	4.97	0.83	5.59 $\pm$ 616.62	4.84 $\pm$ 53.14	6.65 $\pm$ 61.60	FPW
4.06	2.78	4.70	0.004*	8.90 $\pm$ 107.94	9.15 $\pm$ 96.47	12.58 $\pm$ 112.82	FDW
6.39	4.51	8.16	0.13	12.45 $\pm$ 125.80	12.47 $\pm$ 116.52	15.77 $\pm$ 129.28	EDEC
5.35	2.67	4.92	0.22	12.54 $\pm$ 164.21	12.24 $\pm$ 145.58	15.06 $\pm$ 160.95	FAW
5.02	4.46	6.83	0.000*	4.76 $\pm$ 68.55	5.61 $\pm$ 62.62	6.16 $\pm$ 63.07	EAEC
7.45	9.02	8.59	0.56	5.97 $\pm$ 56.33	6.25 $\pm$ 48.93	6.27 $\pm$ 54.84	FDFA
17.56	8.43	20.75	0.005*	5.10 $\pm$ 25.94	4.38 $\pm$ 27.37	7.25 $\pm$ 28.80	EDFA

\*: نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

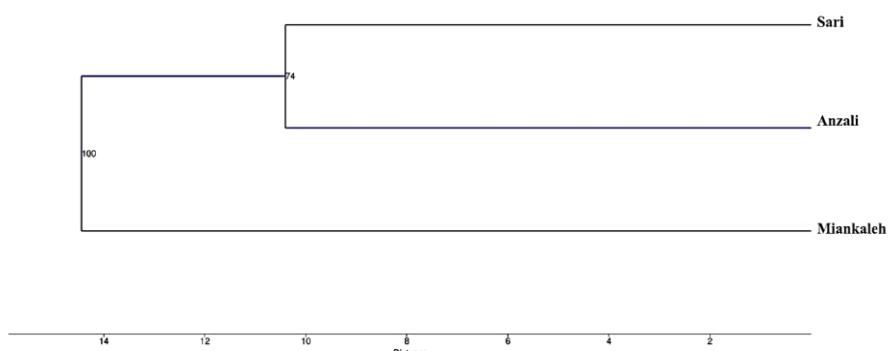
TL: طول کل؛ FL: طول چنگالی، HL: طول سر، HW: عرض سر، HH: ارتفاع سر در ناحیه چشمی، BH: ارتفاع بدن، BW: عرض بدن، ND: فاصله دو سوراخ بینی، ED: قطر چشم، DEO: فاصله پشت چشم تا اولین نقطه سرپوش آبششی، MW: عرض دهان، SL: طول بوزه، DE2: فاصله دو چشم، CPL: طول ساقه دمی، CPH: ارتفاع ساقه دمی، DBL: طول قاعده باله پشتی، HD: ارتفاع باله پشتی، ABL: طول قاعده باله مخرجی، HA: ارتفاع باله مخرجی، PBL: طول قاعده باله سینه‌ای، PH: ارتفاع باله سینه‌ای، VBL: طول قاعده باله شکمی، VH: ارتفاع باله شکمی، HA: ارتفاع باله مخرجی، FDW: ابتدای باله پشتی تا نوک بوزه، EDEC: انتهای باله پشتی تا انتهای بدن، FAW: ابتدای باله مخرجی تا نوک بوزه، EAEC: انتهای باله مخرجی تا انتهای بدن، FDFA: ابتدای باله پشتی تا انتهای باله مخرجی، EDFA: ابتدای باله پشتی تا انتهای باله مخرجی.

\*Indicates significant difference at 95 percent confidence level.

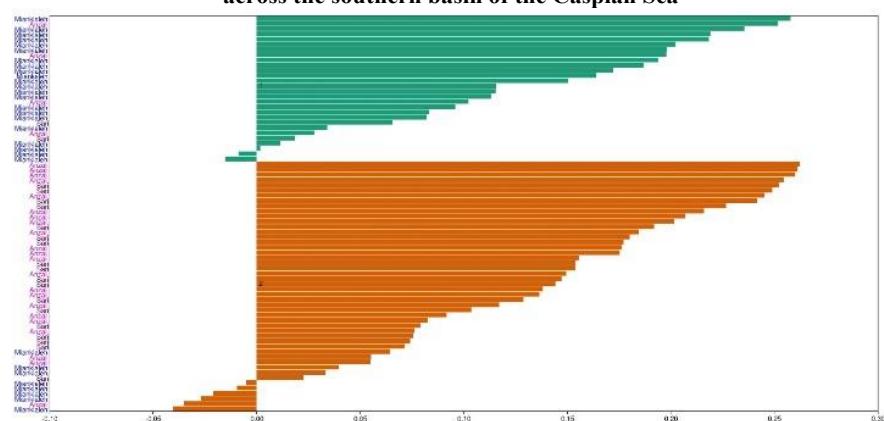
TL: total length, FL: fork length, HL: head length, HW: head width, HH: head height, HH2: head height on the eye area, BH: body depth, BW: body width, ND: nose distance, ED: eye diameter, DEO: post-orbital length, MW: mouth width, SL: Snout length, DE2: Eyes distance, CPL: caudal peduncle length, CPH: caudal peduncle height, DBL: dorsal fin base length, HD: dorsal fin height, ABL: anal fin base length, HA: anal fin height, PBL: pectoral fin base length, PH: pectoral fin height, VBL: Pelvic fin base length, VH: pelvic fin height, FPW: pre-pectoral length, FDW: pre-dorsal length, EDEC: post-dorsal length, FAW: pre-anal length; EAEC: post-anal length; FDFA: dorsal anal length, EDFA: distance between the endpoint of dorsal fin and start point of the anal fin.



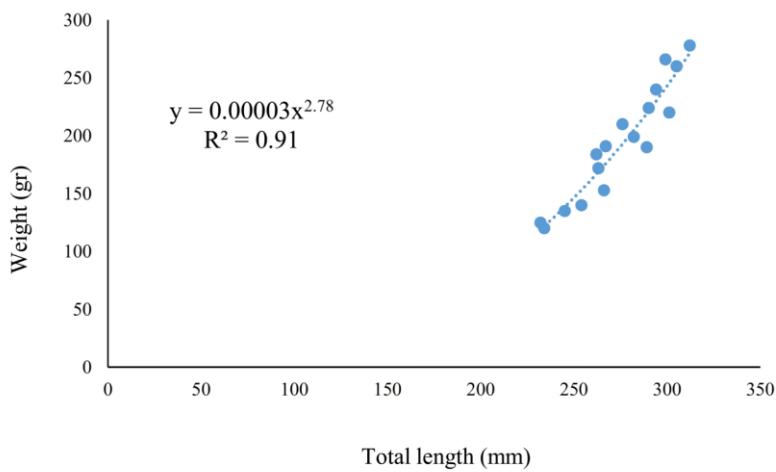
شکل ۲: نمودار پراکنش شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* در حوضه خزر جنوبی با استفاده از دو مؤلفه اول (A: انزلی، M: میانکاله، S: ساری)  
**Figure 2:** PCA scatter plot of *Alosa braschnikowi* based on the two first components across the south of the Caspian Sea (A: Anzali, M: Miankaleh, S: Sari)



شکل ۳: درخت فیلوزنی حاصل از تجزیه و تحلیل خوشاهی در شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* حوضه خزر جنوبی با استفاده از صفات ریختی  
**Figure 3:** UPGMA phylogenetic tree obtained from cluster analysis of morphometric traits in *Alosa braschnikowi* across the southern basin of the Caspian Sea

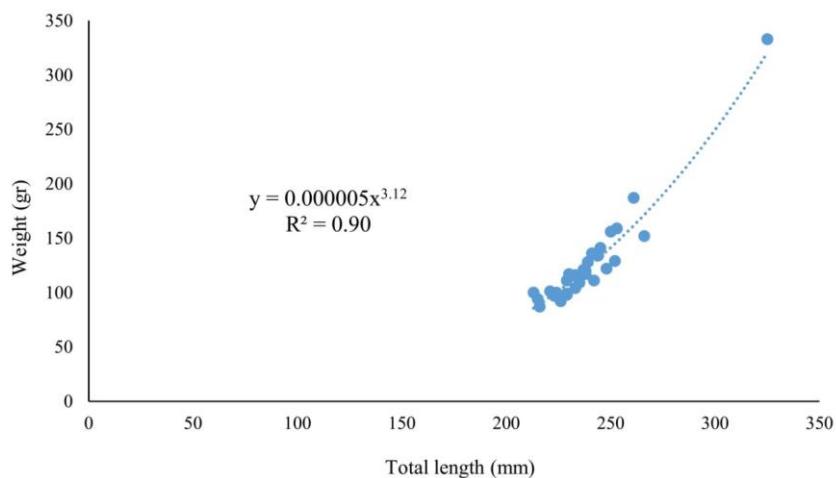


شکل ۴: پراکنش ماهی‌های مورد بررسی از *Alosa braschnikowi* در حوضه خزر جنوبی بر اساس روش K-means clustering  
**Figure 4:** K-means clustering of investigated *Alosa braschnikowi* across the southern Caspian Sea



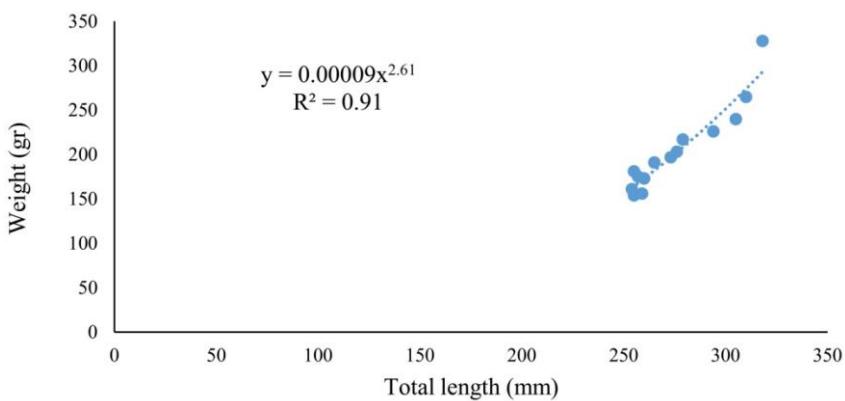
شکل ۵: رابطه طول - وزن شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* در منطقه انزلی

Figure 5: Length-weight equation of *Alosa braschnikowi* in Anzali



شکل ۶: رابطه طول - وزن شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* در منطقه میان کاله

Figure 6: Length-weight equation of *Alosa braschnikowi* in Miankaleh



شکل ۷: رابطه طول - وزن شگ‌ماهی *Alosa braschnikowi* در منطقه ساری

Figure 7: Length-weight equation of *Alosa braschnikowi* in Sari

## بحث

(al., 2013). در تحقیق حاضر، نتایج حاصل از آنالیز تجزیه واریانس یک طرفه، بیانگر اختلاف معنی دار در ۱۷ صفت از ۳۱ صفت ریخت سنجی شده در شگ ماهی A. braschnikowi بین سه منطقه انزلی، فرح آباد ساری و میانکاله گلستان بود ( $p < 0.05$ ). در مطالعه بر شگ ماهی A. braschnikowi در حوضه خزر جنوبی در آبان سال ۱۳۹۱، از بین ۳۳ صفت ریخت شناسی مورد بررسی ۲۲، صفت بین شش منطقه (میانکاله، ساری، تنکابن، انزلی، رضوانشهر و آستارا) اختلاف معنی داری نشان دادند (Paknejad et al., 2014). بخش جنوبی دریای خزر دارای سواحل کاملاً متفاوتی از نظر شرایط اکولوژیک (جنس بستر، دما، نوع زیستگاهها، مواد غذایی، نوع ساحل و جریان چرخه آبی) است که بی شک این عوامل بر ساختار ذخایر و جمعیت های مربوطه تأثیرگذار است. نوع و شدت جریان آب بر شکل گیری و نوع رفتار شناور آبزیان اثرات قابل ملاحظه ای بر جای می گذارد به طوری که ماهی های حاضر در مناطق با جریان آبی ساکن تر، از بدنه مرتفع تر برخوردارند که این شکل از بدنه ماهی آنها را برای شناور لحظه ای و سریع تر مهیا می سازد که بر همین اساس انرژی زیادی مصرف می کند، ولی در آبهای با شدت جریان بیشتر، شکل بدنه ماهی تحت تأثیر محیط حاکم بر خود به فرم بدنه دوکی شکل و کشیده تغییر یافته است و در نتیجه، سطح تماس با آب کاهش می یابد، انرژی کمتری مصرف می شود و در نهایت آنها را برای شناهای طولانی مدت مانند مهاجرت های شگ ماهیان در آبهای آزاد جهت تولید مثل یا تغذیه آماده می کند. در مطالعه بر کپور ماهیان و سوف ماهیان حوضه میانی و جنوبی دریای خزر از شمال به جنوب و از غرب به شرق دریای خزر برخی از صفات ریخت شناسی (طول سر، طول پوزه، فاصله بین چشمی، ارتفاع بیشینه بدنه، طول باله های پشتی و مخرجی) به طور مشخص کاهش و سایر صفات (طول باله دمی، فاصله باله سینه ای و شکمی)، افزایش یافته است (Ghasemov, 1994). صفاتی مثل طول سر، ارتفاع بدنه، ارتفاع ساقه دمی و طول باله های پشتی و مخرجی دارای بیشترین تغییر پذیری هستند. این تغییرات صفات مرفومتریک تغییرات شرایط اکولوژیک آنها را تأیید نموده و موجب

در مطالعه حاضر، انعطاف پذیری ریختی شگ ماهی Alosa braschnikowi بین مناطق مختلف در حوضه جنوبی دریای خزر با استفاده از روش ریخت سنجی سنتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله از تجزیه و تحلیل صفات مورفومتریک بیانگر پتانسیل بالای این گونه در ایجاد تنوع ریختی بود. تغییرات ریختی در پاسخ به شرایط محیطی نسبت به تغییرات ژنتیکی سریع تر ایجاد شده و به صورت Soule and Couzin-Roudy, (1982). این موضوع سبب افزایش بقاء شده که در اصطلاح «سازگاری» گفته می شود. ریخت شناسی معمولاً در پاسخ به شرایط زیستگاهی قابل تغییر است و اطلاعات مفیدی در بررسی زیست شناسی گونه ها فراهم می آورد. در اکثر موارد، تغییرات ریخت شناسی به عنوان ریخت شناسی جمعیتی در نظر گرفته می شود، زیرا انتظار می رود نمونه هایی که در شرایط محیطی و تنوع ژنتیکی مختلف رشد و نمو دارند، فنوتیپ های متنوعی در سطح جمعیت از خود بروز دهند (Karakousis et al., 1991). چون آبهای داخلی به وسیله موانع فیزیکی و شرایط خاص جغرافیایی از یکدیگر جدا بوده، دارای شرایط اکولوژیک، هیدرولوژی و حتی آلودگی خاص خود هستند و بنا بر اصل سازش جمعیت های آبزیان جهت بقا، تغییرات منحصر به فردی را درون خود متحمل می شوند که در طولانی مدت این تغییرات نیز می تواند منجر به گونه زایی در جمعیت های ماهیان شود (Jafari Kenari et al., 2015). زیرا این تغییرات می تواند بر نحوه تولید مثل به دلیل ویژگی های مورفو لولوژیک خاص تأثیر گذارد و خزانه ژنی متفاوتی به وجود آورد در حالی که در ماهیان دریایی عوامل دیگری مانند شوری، دما، ساعت تغذیه، مکان های زیست و آشیان های اکولوژیک متفاوت می تواند باعث ایجاد جمعیت های مجزا از یکدیگر گردد (Mousavi-Sabet et al., 2016). در مطالعه بر تغییرات ریختی ماهی خیاطه (Alburnoides eichwaldii) در چهار رودخانه حوضه جنوبی دریای خزر با استفاده از روش ریخت سنجی هندسی، تفاوت معنی دار بین جمعیت های مختلف این گونه در رودخانه های مختلف مشاهده شده و هر جمعیت به عنوان یک ذخیره ژنی و ریختی مجزا معرفی گردید (Eagderi et

تجزیه عاملی (PCA) یکی از بهترین روش‌های تجزیه و تحلیل آماری برای شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در ایجاد تغییرات هستند. از آن جایی که مقدار KMO در این تجزیه و تحلیل بالاتر از ۰/۶ بود (۰/۶۶)، استفاده از این تجزیه و تحلیل را مقدور نمود. در تحقیق حاضر، آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۹ مؤلفه را به عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌های ایجاد تغییرات، شناسایی نمود که به صورت کلی در ۷۱ درصد تغییرات مشارکت داشتند. نمودار پراکنش جمعیت‌ها بر اساس دو مؤلفه اول که در مجموع شامل ۳۳ درصد تغییرات می‌شد، رسم گردید. تغییرات مقادیر ویژه هر عامل در صفات مورد مطالعه بیانگر بیشتر بودن مقدار ویژه عوامل اول و دوم بوده که در واقع، دارای بیشترین میزان واریانس و تنوع صفات است. هر چه میزان واریانس یک عامل بیشتر باشد، ضریب شرکت آن عامل در تفکیک جمعیت‌ها بیشتر خواهد بود و صفاتی که ضریب عاملی بزرگتر از ۰/۷۵ بوده از صفات جداکننده جمعیت‌ها هستند (Field, 2000). در مؤلفه اول، مهم‌ترین تغییرات در ناحیه سر و در مؤلفه دوم تغییرات در مورفولوژی باله سینه‌ای و شکمی مشاهده گردیده است که می‌تواند این تغییرات بیانگر سازش جمعیت‌ها مطابق با الگوی و شدت جریان آب حاکم بر هر منطقه باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، مشخص گردید که همپوشانی بالایی از نظر صفات ریختی بین سه منطقه مورد بررسی وجود دارد و دندروگرام رسم شده مبتنی بر صفات ریختی، مناطق مختلف می‌توانند. شگ‌ماهی *A.braschnikowi* را به دو خوش تقسیم نمودند. در مطالعه صورت گرفته در همین زمینه در شش منطقه از حوضه خزر جنوبی بیان گردید که آنالیز PCA جمعیت‌های مورد بررسی را در شش عامل ریختی از یکدیگر متمايز می‌کند و دندروگرام حاصله نیز سه ذخیره از شگ‌ماهی *Paknejad et al.*, 2014).

رابطه طول با وزن در جمعیت‌های مختلف اغلب می‌تواند نشانه‌های استراتژی مصرف انرژی به‌وسیله ماهی را ارائه نماید و تنوع مقدار ضریب *b* در مناطق مختلف پراکنشی یک گونه، به عنوان تنوع درون جمعیتی تفسیر می‌گردد (Vøllestad and L'Abée -Lund, 1990; Przybylski, 1990).

تشکیل برخی جمعیت‌های اکولوژیک در مناطق مختلف این ناحیه شده است. میانگین ضریب تغییرات صفات مورفولوژیک (بدون در نظر گرفتن وزن) مورد بررسی برای شگ‌ماهی *A.braschnikowi* در این تحقیق برای منطقه انزلی، میانکاله و فرح‌آباد ساری به ترتیب ۰/۵۰، ۰/۵۰ و ۰/۴۸ به دست آمد که این مقدار کم ضریب تغییرات می‌تواند بیانگر تغییرات درون جمعیتی بسیار کم باشد. در ماهیان، ضرایب تغییرات در جمعیت‌ها معمولاً بیش از ۱۰ درصد است (Carvalho, 1993). به طور کلی، ماهیان در درجات بالاتری از تغییرات درون و بین جمعیتی را نسبت به سایر مهره‌داران نشان می‌دهند و بیشتر مستعد تغییرات مورفولوژیک القاء شده از تغییرات محیطی هستند (Wimberger, 1992). این تغییرات در مورفولوژی معمولاً به دلیل جداسازی بخشی از جمعیت درون شرایط زیستگاهی محلی (منطقه‌ای) است. درجه کافی از جداسازی می‌تواند منجر به تمایزات قابل توجه ریختی و ژنتیکی بین جمعیت‌های متعلق به یک گونه ماهی شود که به عنوان مبنای برای جداسازی و مدیریت جمعیت‌های مجزا از هم ماهیان است (Turan et al., 2004). این تمایزات می‌تواند طی فرایندهای مختلفی رخ دهد، برای مثال جداسازی تولید مثلی بین ذخایر مختلف ماهی می‌تواند با عمل بازگشت به خانه<sup>۱</sup> به محل‌های تخم‌ریزی متفاوت رخ داده (Hourston, 1982) یا ایزوله سازی جمعیتی می‌تواند به واسطه خصوصیات جریان آبی و ویژگی‌های هیدرولوگرافی که منجر به کاهش یا حذف مهاجرت بین مناطق مختلف گردیده است، رخ دهد (Iles and Sinclair, 1982). شکست در شناسایی و تشخیص یا برآورد پیچیدگی ذخایر در مدیریت بخش‌ها می‌تواند منجر به فرسایش و زوال عوامل تخم‌ریزی شود که در نتیجه منجر به از دست رفتن تنوع ژنتیکی و سایر پیامدهای ناخواسته اکولوژیک می‌شود (Begg et al., 1999).

تغییرات ریختی مشاهده شده بین سه جمعیت مورد بررسی از شگ‌ماهی *A.braschnikowi* می‌تواند پیامدی از انعطاف‌پذیری ریختی در پاسخ به شرایط هیدرولوژیک غیر معمول (اختلاف در قلیائیت، الگوی جریان آب، گل آلودگی، دما، الگوهای کاربری مختلف) در هر منطقه باشد. روش

<sup>۱</sup> Homing

مناطق انزلی و میانکاله و پس از آن در منطقه ساری مشاهده گردید (بهرتبیب ۱/۱۰، ۱/۰۹ و ۰/۷۱۵). منطقه میانکاله یک منطقه حفاظت شده و تحت نظارت محیط زیست است، احتمالاً وضعیت بهتر تغذیه ای یا کیفی آب در این منطقه شرایط زیست محیطی بهتری را در آبهای ساحلی این بخش از خزر جنوبی برای گونه *A. braschnikowi* فراهم آورده است. از آنجایی که شگ‌ماهیان بیشتر در آبهای آزاد و با کیفیت و به صورت گله‌ای حرکت می‌کنند، تغییر در خصوصیات آب و افت کیفی تغذیه آن منجر به تغییرات قابل توجهی در سطح جمعیت می‌شود.

با توجه بر نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر، می‌توان بیان داشت که بر اساس اطلاعات ریختی، حداقل دو جمعیت فنتوتیپی مجزا از شگ‌ماهی *A. braschnikowi* در حوضه خزر جنوبی وجود دارد. مهم‌ترین عوامل فنتوتیپی در ایجاد تمایزات ریختی در گونه شگ‌ماهی *A. braschnikowi* را می‌توان به طول پوزه و ارتفاع سر مرتبه دانست هرچند استفاده از روش‌های نوین تجزیه و تحلیل مبتنی بر یادگیری ماشین نیز به عنوان ابزاری قدرتمند در شناسایی صفات ریختی کلیدی آبزیان (صفات تمایزدهنده) و نیز تشخیص جمعیت‌ها در مطالعات بعدی پیشنهاد می‌گردد. همچنین بین مناطق مورد مطالعه در اکثر صفات مورد بررسی، تنوع فنتوتیپی نسبتاً قابل ملاحظه‌ای مشاهده گردید که با توجه به عدم جدایی‌های آلوپاتریک، به نظر می‌رسد که خصوصیات ریست محیطی در هر منطقه می‌تواند عامل مؤثری در تنوع فنتوتیپی این ماهی باشد که این مهم نیازمند مطالعات بیشتر است. با توجه به پلزیک بودن این ماهیان و حساسیت بالای آنها به کیفیت آب، بررسی‌های توامان ریختی-محیطی نیز جهت شناسایی مهم‌ترین عوامل محیطی در ایجاد تغییرات فنتوتیپی در شگ‌ماهیان نیز پیشنهاد می‌گردد.

## تشکر و قدردانی

مقاله حاضر نتایج بخشی از پژوهه تحقیقاتی با کد مصوب ۲-۹۴ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان است. بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی و معنوی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور طی انجام تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱۹۹۶) به خصوص اگر میزان آن مخالف ۳ به دست آید باشد در بررسی ضریب مذکور، مقدار محاسباتی هر جمعیت جداگانه در نظر گرفته شود (Bagenal and Tesch, 1978) مقدار ضریب نمایی *b* اغلب برای ماده‌ها بزرگ‌تر از نرهاست که احتمالاً به دلیل تفاوت‌ها در مقدار ضریب چاقی و نمو گنادی است. ضریب بزرگ‌تر نشانگر سنگین‌تر بودن نمونه‌های همسن اما با ضریب بزرگ‌تر است (Papageorgiou, 1979). شب خط رگرسیونی طول- وزن در ایاری اهمیت بالایی در بررسی بیولوژی جمعیتی گونه‌های است، چون این ضریب شاخص تاریخچه زندگی به حساب می‌آید و بیانگر دینامیسم رشد است. نتایج حاصل از ارتباط طول و وزن در هر سه منطقه مورد مطالعه نشان داد که بین طول و وزن ماهیان (انزلی:  $R^2=0/۹۱$  و میانکاله:  $R^2=0/۹۰$ ) همبستگی بالایی برقرار است. شب خط برای انزلی، میانکاله و فرح‌آباد ساری به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۶۱ و ۰/۱۲ به دست آمد. مقایسه دامنه تغییرات به تفکیک منطقه نشان می‌دهد که شرایط زیستگاهی حاکم بر هر یک از جمعیت‌ها، نسبت به عوامل توارثی نقش مهم‌تر در نحوه رشد دارند. با توجه به یکسان بودن فصل نمونه‌برداری، به نظر می‌رسد که عوامل زیستگاهی مؤثر بر قابلیت دسترسی به غذا، رشد و توسعه گنادها و سلامت ماهی‌ها (شدت جریان آب، اکسیژن محلول و ...) بر میزان شبی رابطه طول- وزن مؤثر بوده‌اند (*Tarkan et al.*, 2006). با تکیه بر نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون رابطه طول- وزن می‌توان بیان داشت که صرف نظر از جنسیت برای شگ‌ماهی *A. braschnikowi* در منطقه انزلی و ساری الگوی رشد از نوع آلومرتیک منفی و در منطقه میانکاله الگوی رشدی آلومرتیک مثبت وجود دارد. در مطالعه‌ای که به منظور تعیین رابطه طول- وزن در جنس *Alosa* در حوضه خزر جنوبی صورت گرفته بود، میانگین ضریب *b* برای گونه *A. braschnikowi* ۰/۲۴ (*Fazli et al.*, 2021) ضریب چاقی نیز یکی از مهم‌ترین عوامل زیستی است که اطلاعات ارزشمندی در خصوص محیط زیست و شرایط تغذیه‌ای ماهی‌ها در هر محل ارائه می‌نماید. ضریب چاقی بزرگ‌تر بیانگر وضعیت تغذیه‌ای بهتر ماهیان است. در تحقیق حاضر، بیشترین میزان ضریب چاقی در

## منابع

- Eagderi, S., Esmaeilzadegan, E. and Maddah, A., 2013.** Body shape variation in riffle minnows (*Alburnoides eichwaldii* De Filippii, 1863) populations of Caspian Sea basin. *Taxonomy and Biosystematics*, 5(14):1-8. (in Persian)
- Fazli, H., Daryanabard, G., Naderi Jolodar, M., Mollaei, H., Taleshian, H. and Bagherzadeh, F., 2021.** Length-weight relationship, condition factor and relative condition factor of *Alosa braschnikowi* and *A. caspia* in the southeast of the Caspian Sea (Goharbaran). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 19(1):105-113. DOI:10.22124/CJES.2021.4501
- Field, A.P., 2000.** Discovering statistics using SPSS for Windows: Advanced techniques for beginners. Sage Publications, Inc, United States. 496 P.
- Ghasemov, F.A.G., 1994.** Ecology of Caspian Sea (Translated by Sharifi, A.). Iranian Fisheries Research and Training Organization, Iran. 272 P.
- 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(2):134-140. DOI:10.1034/j.1600-0633.2003.00008.x
- Hoseini, S., 2000.** Systematic and status investigated of the genus *Alosa* in the Western South of Caspian Sea coasts (Guilan coastal waters), Islamic Azad University, Lahijan Branch, Iran. 100 P. (in Persian)
- Afraei, M., Parafkandeh, F. and Janbaz, A., 2006.** Abundance and diversity of Clupeidae species in Mazandaran and Golestan coastal waters, north Iran. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 15(1):21-32. DOI:10.22092/ISFJ.2006.113934 (in Persian)
- Bagenal, T.B. and Tesch, F.W., 1978.** Age and Growth. In: Bagenal, T., Ed., Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters, 3rd Edition, IBP Handbook No. 3, Blackwell Science Publications, Oxford, pp. 101-136.
- Begg, G.A., Friedland, K.D. and Pearce, J.B., 1999.** Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fisheries Research*, 43(1-3):1-8. DOI:10.1016/S0165-7836(99)00062-4
- Biswas, S.P., 1993.** Manual of method in fish biology. South Asian Publication, Pvt.Ltd. New Dehli. 145 P.
- Carvalho, G.R., 1993.** Evolutionary aspects of fish distribution: genetic variability and adaptation. *Journal of Fish Biology*, 43:53-73. DOI:1095-8649.1993.tb01179.x
- 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*, 78:115-123. DOI:10.1007/s10641-006-9081-9
- Delorenzo, L., DeBrock, V., Carmona Baez, A., Cicotto, P.J., Peterson, E.N., Stull, C., Roberts, N.B., Roberts, R.B. and Powder, K.E., 2022.** Morphometric and genetic description of trophic adaptations in cichlid fishes. *Biology*, 11(8):1165. DOI: 10.3390/biology11081165

- Hourston, A.S., 1982.** Homing by Canada's west coast herring to management units and divisions as indicated by tag recoveries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(10):1414-1422. DOI:10.1139/f82-190
- Iles, T.D. and Sinclair, M., 1982.** Atlantic herring: stock discreteness and abundance. *Science*, 215(4533):627-633. DOI:10.1126/science.215.4533.627
- Jafari Kenari, S.S., Rahmani, H., Rahimi, G. and Farhadi, A., 2015.** Determination of morphological diversity of wetlands and riverine populations of *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) using traditional and geometric methods. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 3(2):13-28. (in Persian)
- Jafari, O., Fernandes, J.M.D.O., Hedayati, A.A., Shabany, A. and Nasrolahpourmoghadam, M., 2019.** Microsatellite analysis of five populations of *Alosa braschnikowi* (Borodin, 1904) across the southern coast of the Caspian Sea. *Frontiers in Genetics*, 10:760. DOI:10.3389/fgene.2019.00760
- Karakousis, Y., Triantaphyllidis, C. and Economidis, P.S., 1991.** Morphological variability among seven populations of brown trout, *Salmo trutta* L., in Greece. *Journal of Fish Biology*, 38(6):807-817. DOI:10.1111/j.1095-8649.1991.tb03620.x
- Kuliev, Z.M., 1988.** Morphometric and ecological characteristics of Caspian Vimba" Vimba vimba persa". *Journal of Ichthyology*, 28(1):29-37.
- Mousavi-Sabet, H., Heidari, A. and Paknejad, S., 2016.** Length-weight and length-length relationships of the genus *Alosa* (Clupeoidei: Clupeiformes: Clupeidae) along the southern Caspian Sea coast. *Journal of Applied Ichthyology*, 32(1):129-130. DOI:10.1111/jai.12908
- Nacua, S.S., Dorado, E.L. and Torres, M.A.J., 2010.** Body shape variation between two populations of the white goby, *Glossogobius giuris*. *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 5: 44-51.
- Nelson, J.S., 2006.** Fishes of the World 4<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons. Inc, New Jersey. 622 P.
- Orlova, S.Y., Emelyanova, O., Nebesikhinad, N., Rabazanove, N. and Orlov, A., 2024.** The Problems of DNA-Barcoding the Shads of genus *Alosa* (Alosidae) of the Ponto-Caspian Basin. *Journal of Ichthyology*, 64:510-520. DOI:10.1134/S0032945224700188
- Paknejad, S., Heidari, A., Jamalzadeh, H. and Faghani Langroudi, H., 2014.** A Comparison of the morphological characteristics of *Alosa braschnikowii* (Borodin, 1904) in the southern Caspian Sea basin. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 2(2):79-92. (in Persian)
- Papageorgiou, N.K., 1979.** The length weight relationship, age, growth and reproduction of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in Lake Volvi. *Journal of fish biology*, 14(6):529-538. DOI:10.1111/j.1095-8649.1979.tb03552.x
- Price, T.D., Qvarnström, A. and Irwin, D.E., 2003.** The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1523):1433-1440. DOI:10.1098/rspb.2003.2372
- Przybylski, M., 1996.** Variation in fish growth characteristics along a river

- course. *Hydrobiologia*, 325:39-46.  
DOI:10.1007/BF00023666
- Radkhah, A., Eagderi, S. and Poorbagher, H., 2024.** Study of habitat suitability of Namak chub (*Squalius namak*) in Qarachai River from Namak Lake basin. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 33(1):53-69.  
DOI:10.22092/ISFJ.2024.131260 (in Persian)
- Randall, J.E. and Pyle, R.L., 2008.** Synodus orientalis, a new lizardfish (Aulopiformes: Synodontidae) from Taiwan and Japan, with correction of the Asian record of *S. lobeli*. *Zoological Studies*, 47(5):657-662.
- Robledo, D., Ogwang, J., Byakora, E., Nascimento-Schulze, J.C., Benda, K.K., Fraslin, C., Salisbury, S., Solimo, M., Mayega, J.F., Peter, B. and Masembe, C., 2024.** Genetic diversity and population structure of farmed and wild Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Uganda: The potential for aquaculture selection and breeding programs. *Genomics*, 116(1), 110781 P. DOI:10.1016/j.ygeno.2024.110781
- Sattari, M., Mazareiy, M.H., Khataminejad, S., Bibak, M. and Imanpour Namin, J., 2021.** Geometric Morphometric analysis of *Alosa braschnikowi* (Teleostei, Clupeidae) populations in the southern Caspian Sea. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 17(1):1-13.  
DOI:10.22067/IJAB.2021.63418.0
- Soule, M.E. and Cuzin-Roudy, J., 1982.** Allometric variation. 2. Developmental instability of extreme phenotypes. *The American Naturalist*, 120(6):765-786.  
DOI:10.1086/284029
- Tarkan, A.S., Gaygusuz, Ö., Acıpnar, H., Gürsoy, Ç. and Özuluğ, M., 2006.** Length-weight relationship of fishes from the Marmara region (NW-Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4):271-273.  
DOI:10.1111/j.1439-0426.2006.00711.x
- Tudela, S., 1999.** Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. *Fisheries Research*, 42(3):229-243.  
DOI:10.1016/S0165-7836(99)00052-1
- Turan, C., Ergüden, D., Gürlek, M., Başusta, N. and Turan, F., 2004.** Morphometric structuring of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Black, Aegean and Northeastern Mediterranean Seas. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(5):865-871.
- Vøllestad, L.A. and L'Abée-Lund, J.H., 1990.** Geographic variation in life-history strategy of female roach, *Rutilus rutilus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 37(6):853-864.  
DOI:10.1111/j.1095-8649.1990.tb03589.x
- Wimberger, P.H., 1992.** Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 45(3):197-218.  
DOI:10.1111/j.1095-8312.1992.tb00640.x
- Zahmatkesh, M., Shabanipour, N., Zahmatkesh, A. and Abbasi, K., 2016.** Population structure of *Alosa Linck*, 1970 in the southern Coast of Caspian Sea (Guilan province). *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(4):457-465. (in Persian)

## Morphometric variations and Length-weight relationships of the Caspian marine shad (*Alosa braschnikowi* Borodin, 1904) populations across the southern basin of the Caspian Sea

Jafari O.<sup>1\*</sup>; Nasrolahpourmoghadam M.<sup>2\*</sup>; Abdollahzadeh E.<sup>1</sup>; Hassanzadeh Saber M.<sup>1</sup>

Jaafari.omid@yahoo.com; Pourmoghadamm@yahoo.com

1-International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

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

### Abstract

Fish population segregation through diagnostic morphometric traits has a great importance in fish conservation and fisheries management programs. In the current study, morphometric variations of 31 morphometric characteristics of *Alosa braschnikowi* was investigated in the Southern Caspian Sea in three provinces including Guilan, Mazandaran and Golestan, during winter 2021. The average standard length ( $\pm SD$ ) was  $231.73 \pm 4.38$ ,  $231.52 \pm 4.14$  and  $200.93 \pm 32$  in Guilan, Mazandaran and Golestan, respectively. The results obtained from the one-way ANOVA showed a significant difference ( $p < 0.05$ ) in 17 out of 31 morphometric traits. The PCA showed that the investigated areas can be distinguished through nine components, so that the main changes in the first component (PC1) are in the head area while variations in the pectoral and dorsal fins were identified as important through the second component (PC2). Investigating the growth pattern of *A. braschnikowi* illustrated a negative allometric growth for Anzali ( $b=2.78$ ) and Sari ( $b=2.61$ ) regions while Miankaleh ( $b=3.12$ ) had a positive allometric growth pattern. Furthermore, condition factors estimation revealed a better nutritional condition in Anzali ( $CF=1.10$ ) and Miankaleh ( $CF=1.09$ ) compared to Sari region ( $CF=0.71$ ). Morphometric-based clustering showed that there are at least two separate populations of *A. braschnikowi* in the studied areas of the Southern Caspian Sea. Due to the evenness in sampling season and way of sampling, it seems that the environmental features in each region have caused the ensuing high morphological diversity in *A. braschnikowi*, however, investigations through molecular methods are needed for this claim. Considering the high rate of morphometric variations in *Alosa* genus in the Caspian Sea, the usage of machine-learning based analytical methods is highly recommended for future studies.

**Keywords:** Condition factor, Population, Biometry, Fisheries management, Stock identification

\*Corresponding author