

Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir



کاربرد خار باله سینهای ماهی اوزونبرون بهعنوان شاخص ارزیابی زیستگاهی دریای کاسپین

شيما بخشعلىزاده"، بوتاگوز نسيبولينا"، تاتيانا كروچكينا"، عطاالله على أ

^۱ عضو هیات علمی، گروه علوم دریایی، یژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران ^۲ استادیار، گروه علوم دریایی، دانشکده زمینشناسی و جغرافیا، مؤسسه طبیعی نوآورانه، دانشگاه دولتی آستاراخان، آستاراخان، روسیه ^۳ استادیار، گروه علوم دریایی، دانشکده ایکتیولوژی، دانشگاه دولتی داغستان، ماخاچکالا، روسیه أ پژوهشگر آزاد، استاد سابق دانشگاه حضرموت، یمن

> نوع مقاله: پژوهشی اصیل https://doi.org/10.22034/jair.11.1.39

> > تاريخچه مقاله:

دریافت: ۲/۰۲/۱۰ پذیرش: ۰۲/۰۵/۰۹

نویسنده مسئول مکاتبه:

شیما بخشعلیزاده، عضو هیات علمی، گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

sh.bakhshalizadeh@guilan.ac.ir ايميل:

چکیدہ

اگرچه استفاده از موجودات شاخص و بافتهای مختلف آنها به طور متداول برای ارزیابی آلودگیهای محیطی به کار میرود، اما هنوز نیاز به شناسایی شاخصی غیرکشنده، قابل اعتماد و حساس در محیطهای آبی به چشم می خورد. در این پژوهش از شاخص های چند متغیره بر اساس شرایط انباشتی زیستگاهی استفاده شد. بدین-منظور، نسبت عناصر خار باله سینهای ماهی اوزونبرون به عنوان شاخصی غیرکشنده برای ارزیابی زیستگاه شمال و جنوب دریای کاسپین مورد مقایسه قرار گرفتند. بدین منظور برای مقایسه نمونههای شمال و جنوب دریای کاسپین از تحلیلهای چند متغیره و در موارد مورد نیاز از آنالیزهای غیر نرمال استفاده گردید. نسبت-های Nb: Ca ،Ni: Ca ،Se: Ca ،Sn: Ca ،Ta: Ca ،Tl: Ca ،W: Ca، مطوح بالاتری در نمونههای جنوبی نسبت به شمالی داشتند که احتمالاً منعکسکننده تفاوت میزان در دسترس بودن جذب فلزات نسبت به کلسیم بود. با وجود تفاوتهای ثبت شده در نسبت عناصر خار باله سینهای ماهی اوزونبرون بین شمال و جنوب دریای کاسپین، همه نتایج چند متغیره نیز این تمایز و تفکیک زیستگاهی را منعکس کرد. این نتایج نشان داد که می توان از خار باله سینهای به عنوان یک شاخص خوب غیرکشنده به دلیل ظرفیت انباشت آلایندهها و نیز به عنوان شاخص زیستی تایید شد و لذا می توان از آن جهت ارزیابیهای محیطی استفاده کرد، اگرچه اهمیت نظارت مستمر و اقدامات حفاظتی در کنار ارزیابیهای مستمر پیشنهاد می گردد.

> واژەھاي كليدى: آثار انسانی، فلز سنگین، ساختارهای کلسیمی، آلودگی، ارزیابی زیستی

۱ | مقدمه

آلودگیهای زیست محیطی ناشی از عناصر سنگین و کمیاب به مشکلی جهانی مبدل شده و تبعات آن سطوح مختلف زنجیرههای غذایی را درگیر می کند (Sonone et al. 2020). این موضوع با افزایش فعالیت-های انسانی ناشی از فعالیتهای کشاورزی، شهری و صنعتی و عدم تصفیه فاضلابهای ناشی از آنها منجر به ورود حجم بالایی از فلزات به محیطهای آبی شده است که با توجه به حجم بالای این ورودیها در کشورهای درحال توسعه به مشکلی جدی تبدیل شده است (Akhtar et al. 2021). افزایش روند صنعتی بدون شکل گیری زیرساختهای لازم در کنار روند رو به فزونی شهرنشینی در این جوامع به این مشکلات دامن زده و تجزیهناپذیری عناصری غیرضروری و سمّی منجر به بروز مشکلات عدیدهای برای موجوداتی که بهویژه در رأس زنجیره غذايي هستند، مي گردد (Akhtar *et al*. 2021; Feng *et al*. 2020). این موضوع منجر به توسعه استراتژیهای ملی و یا فراملیتی با هدف حفظ و یا بازیابی کیفیت اکولوژیکی میشود که بنیان سیاستهای پیش رو برای نظارت، حفاظت و ارتقای وضعیت سیستمهای آبی را

برای دستیابی یا حفظ حداقلهای خوب از منظر آلودگی و نیز بطور غیرمستقیم به لحاظ تنوع زیستی معرفی می کند و موید یکی از مهمترین مباحث در مدیریت آبزیان می باشد (Carvalho, et al. 2019; Gann, et al. 2019). در این خصوص استفاده از شاخصهای زیستی برای رصد و ارزیابی وضعیت اکولوژیکی محیطهای آبی امری متداول بوده (Zaghloul, et al. 2020; Eriksen, et al. 2020). و عموما از موجودات آبزی یه عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت زیستگاه بهره برده می شود که جمع آوری و شناسایی آنها به افراد متخصص نیاز داشته و در عین حال کاری بسیار سخت، وقت گیر و پرهزینه میباشد. از طرفی، عدم نظارت بر عناصر کمیاب زمین در کنار عدم درک مکانیزمهای سمّیت آنها از یک سو و توسعه فناوری، پزشکی و تکنولوژی از سویی دیگر حجم ورودی آلایندهها را به محیط-های آبی افزوده، و این آثار بر روی موجودات شناخته شده نیست (Malhotra, et al. 2020). دریای کاسپین بهعنوان بزرگترین دریاچه دنیا با ویژگیهای ژئوفیزیکی بسیار متفاوت به لحاظ زیستگاهی مطرح

DOI: 10.22034/jair.11.1.39

میباشد که میتواند بر نسبت عناصر انباشت شده در ساختارهای استخوانی آبزیان با توجه به گستره وسیع جغرافیایی اثر گذار باشد و امکان شناسایی زیستگاهی را فراهم نماید (;Avigliano *et al.*, 2020; Bakhshalizadeh *et al.*, 2021 طرفی این دریای پهناور توسط پنج کشور در حال توسعه احاطه می-شود که متأسفانه دستیابی به محیط زیست پایدار در چشم انداز توسعه آنها بسیار کمرنگ میباشد (Ramazanova *et al.* 2022). لذا، بسته بودن این دریای بزرگ باعث افزایش شدت پذیری آثار آلایندهها در زنجیره این زیست بوم آبی گسترده میشود که رصد آن برای ارزیابی و مدیریت پایدار ضروری بهنظر میرسد.

اگرچه آبزیان بهعنوان شاخص زیستی پایش آلایندههای آبی مطرح میباشند، اما شناسایی نمونههای حساس که طول عمر بالایی دارند، برای رصد آلایندههای زیست محیطی در درازمدت مطلوب و مورد نيازند (Malhotra et al. 2020; Filipović Marijić et al. 2022). در این بین ساختارهای کلسیفیه ماهیان دائماً در معرض فلزات قرار دارند و بهلحاظ ارزیابی آلایندهها به مانند جعبه سیاه عمل می کنند (Filipović Marijić et al. 2022). علاوه بر این، خار باله ماهیان در مقایسه با اتولیت، در سطح بدن و در تماس با محیط آبی بوده و از طرفی دستیابی به آن آسان و بدون آسیب به ماهی صورت می گیرد (Bakhshalizadeh et al. 2021). این مسئله بهویژه در مورد ماهیانی با عمر طولانی مانند ماهیان خاویاری که در معرض خطر انقراض و در ليست قرمز Convention on International Trade in) CITES Endangered Species of Wild Fauna and Flora) هستند و به لحاظ اکولوژیکی و زیستی در رأس زنجیره غذایی محیطهای آبی قرار دارند از اهمیت ویژهای برخوردار است و رکورد خوبی از طول عمر ماهی در این مسئله ارائه میدهد. تا به امروز، بافتهای سخت ماهی بیشتر براى تمايز ذخاير، (Bakhshalizadeh et al. 2018; Longmore et براى تمايز ذخاير، (ا Bakhshalizadeh et al. 2013;) تفاوتهاى ريختى (al. 2011) تفاوتهاى ريختى (al. 2011) 2012)، مطالعه تاريخچه زندگی (, 2011;) مطالعه تاريخچه زندگی (2015; 2017)، مطالعات حركتي و اكوفنوتيپي (;Meija et al. 2016)، مطالعات Bakhshalizadeh et al. 2018; 2022) و به میزان کمتری بهعنوان شاخصهای زیستمحیطی آلودگی (Søndergaard et al. 2015;) Ranaldi and Gagnon 2010) استفاده می شدند که برای این امر عمدتاً بافتهای نرم ماهی مانند کبد، آبشش و ماهیچه مورد بررسی قرار می گرفتند (Bakhshalizadeh *et al*. 2022; Mansouri *et al*.) .(2016

از آنجایی که ساختارهای کلسیفیه در ماهیان از نظر متابولیکی بی اثر هستند، هر عنصری که در سطح آنها قرار می گیرد بهطور دائم حفظ می شود و منعکس کننده شرایط زیستگاهی اطراف خود هستند Allen *et al.*, 2009; Campana 1999; Clarke *et al.*, 2009;) Allen *et al.*, 2009; Campana 1999; clarke *et al.*, 2009;) بافتهای نرم، جدا از شرایط محیطی، تأثیر فیزیولوژی ماهی، مکانیسمهای حذف فلزات بالقوه سمّی و بازسازی بافت ممکن می بشد که می تواند تأثیر قابل توجهی بر سطوح فلزی داشته و نیاز به نظارت

Bath *et al.* 2000;) مستمر و پایش دائمی آن را دو چندان می کند (Campana 2000; Jaishankar *et al.* 2014; Baby *et al.* 2010). از طرفی، این برچسبهای شیمیایی طبیعی بهطور دائمی بر ساختارهای کلسیمی چون خار باله سینهای زده می شوند و منعکس-Allen *et al.*, 2009; Ji مواجه بودند (Allen *et al.*, 2009; Bakhshalizadeh *et al.*, 2021; Bakhshalizadeh *et al.*, 2022; Campana 1999; Clarke *et al.*, 2009; Gillanders *et al.*, 2001; Smith and Whitledge, 2010; . (Thorrold *et al.*, 2001; Veinott and Evans, 1999).

از آنجا که دریای کاسپین با داشتن ۵ گونه از ماهیان خاویاری یکی از مهمترین محلهای پراکنش ذخایر این گونههای با ارزش به شمار می-آید (Pourkazemi, 2006) و باتوجه به اینکه اوزونبرون (Acipenser) ۶۵٪ (Acipenser persicus) پس از تاسماهی ایرانی(Acipenser persicus) ۶۵٪ تولید ایران را به خود اختصاص دادهاند و به لحاظ صید در آبهای شمالی نیز نسبت به سایر گونهها در دسترس تر بوده و عمدتاً در آبهای ساحلی و قسمتهای سفلای رودهای شمالی و جنوبی کاسپین پراکنش داشته است (Moghim, 2003; Bakhshalizadeh *et al.*, 2012)، برای این پژوهش انتخاب گردید تا با استفاده از خار بار سینهای آن امکان ارزیابی زیستگاهی فلزات محیطی شمال و جنوب کاسپین بررسی شود و امکانسنجی تفکیک مکانی این دو زیستگاه بهعنوان یک روش

۲ | مواد و روشها

مجموعاً از ۲۰ نمونه ماهی اوزونبرون شمال و ۲۰ نمونه ماهی اوزون-برون جنوب کاسپین به ترتیب با میانگین وزنهای ۰/۴۰ ± ۶/۰۶ و دریای جنوب دریای خایر شمال و جنوب دریای $5/0^{\circ} \pm 0/0^{\circ}$ کاسپین صید شده بودند نمونهبرداری شد (شکل ۱). میانگین وزن نمونه های شمال و جنوب فاقد اختلاف معنی داری بودند. پس از زیست-سنجی ماهیان، بخش بالایی خار باله سینهای که عموماً جهت تعیین سن ماهیان خاویاری به کار برده می شود، با اره مویینه جدا گردید تا آسیبی به ماهی وارد نگردد. نمونههای جمع آوری شده با آب دوبار تقطیر گرم و سپس با اسید نیتریک خالص شستشو و نهایتاً در اسید نیتریک خالص ۱۰ درصد برای هضم قرار داده شد تا برای آنالیز دستگاهی آماده شود (Prohaska et al., 2002). عناصر نقره، آلومينيوم، آرسنيك، كادميم، سريم، ديسپروزيم، اربيم، يوروپيم، گاليم، گادولينيم، جيوه، لانتانيم، لوتسيم، موليبدن، نئوبيم، نئوديميم، سرب، پرازمىدىم، سامارىم، قلع، تانتال، تربيم، تلوريم، توريم، تاليم، توليم، اورانیوم، تنگستن، ایتریم، ایتربیم، نیکل، وانادیم و زیر کونیم با استفاده از طيفسنج جرمى پلاسماى جفتشده القايى (ELAN DRC II, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA) با دقت ppb اندازه گیری شد. اندازه گیری عناصر بهوسیله کالیبراسیون خارجی (-ICP-MS multi element standard solution, Merck, USA) با استفاده از ایندیوم (ICP-MS single-element standard solution, Merck, USA) برای نرمالسازی سیگنالها انجام شد. صحّت محاسبات با استفاده از استانداردهای کنترل کیفی کالیبره شد.

برای نرمال سازی و تثبیت داخلی پیش از تجزیه و تحلیل، مقدار عناصر نسبت به کلسیم در تمامی نمونهها محاسبه شد. همه دادهها از نظر نرمال بودن و همگنی واریانس بررسی شدند و در صورت لزوم تبديل دادها انجام شد. نسبت عناصر خار ماهى اوزونبرون صيد شده در آبهای ساحلی شمالی نسبت به بخش جنوبی دریای کاسپین با استفاده از آزمون t- استيودنت مستقل مقايسه شد. از تجزيه و تحليل مؤلفههای اصلی برای کاهش تعداد متغیرها بدون از دست دادن اطلاعات استفاده شد. نمودار سنگریزهای (مقادیر ارزش بردار در برابر تعداد مولفه های اصلی) و مقادیر واریانس تجمعی برای شناسایی مولفه-های اصلی ایجاد شد که بخش مهمی از تغییرات نسبت عناصر را توجیه می کرد. از تجزیه و تحلیل تابع تشخیص (DFA) برای محاسبه درصد مناطقی که بهطور صحیح طبق توزیع جغرافیایی طبقهبندی شده بودند، استفاده شد و از طریق cross-validation مقادیر خطای واقعی مورد انتظار توابع طبقهبندی انجام گردید. علاوه بر این، رابطه درون-گروهی برای دندروگرام خوشهای با استفاده از فواصل اقلیدسی استخراج گردید. از ضریب همبستگی اسپیرمن برای ارزیابی پیوستگی میان نسبت عناصر خار باله سینهای استفاده گردید. تمامی تجزیه و تحلیل-های آماری با نرمافزار Version 26. SPSS Inc., Chicago,) SPSS IL) و سطح معنی داری پنج درصد انجام شد. از نرمافزار Excel (Version 2016) برای رسم نمودار استفاده گردید.



شکل ۱: نقشه مناطق مختلف نمونهبرداری. فلشها نماینگر محلهای صید نمونههای اوزونبرون در شمال و جنوب دریای کاسپین میباشد.

۳ | نتايج

Ni: «Se: Ca «Sn: Ca ،Ta: Ca ،Tl: Ca ،W: Ca عناصر Se: Ca «Sn: Ca ،Ta: Ca ،Tl: Ca ،W: Ca مناص و As: Ca ،Nb: Ca ،Ca خارهای باله سینه ای اوزون برون شمال و جنوب دریای کاسپین دارای تفاوت معنی داری (p<0.05) بود (جدول ۱). به گونه ای که میزان آن ها در همه موارد مذکور در مناطق جنوبی کاسپین بالاتر از مناطق شمالی بود (جدول ۱).



شکل ۲- تجزیه و تحلیل مولفههای اصلی (PCA) نسبتهای عناصر خارباله سینهای اوزونبرون شمال و جنوب دریای کاسپین. نمودار ابر نقاط امتیازهای خار باله سینهای هر ماهی را برای 1PC در برابر 2PC، PC1 در برابر PC3، و PC2 در برابر PC3 نشان میدهد که ۷۳ درصد کل واریانس را توجیه میکند.

جدول ۱ -مقایسه نسبتهای عناصر خارباله سینهای اوزونبرون صید شده از آبهای ساحلی شمال و جنوب دریای کاسپین.

	ده از اب الی الله علی الله ال	ابرون عييد شد	عاصر خارجات سيكاري اورور		
انحراف معيار	میانگین	تعداد	منطقه	مقدار p	عنصر
•/••••٣٢۵۶٩٩٣•٣١	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲.	شمال كاسپين	٠/٣٣	Ag/Ca
·/····· * \Y·V \$ \V\·	•/••••٣۴٩۶٩۵۴٨٩٩	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••	•/••••٧۶٨١١٨١٣۵۶٧	۲.	شمال كاسپين	•/••	Al/Ca
•/••••٣٤٧٣٣٤•٧١٨•	•/•••1•0010404944	۲.	جنوب كاسپين		
•/••••••••••••••••••	•/••••••••••••	۲.	شمال كاسپين	•/•٣	As/Ca
·/···· ١٧٨٣٨١٢٢٥٥	•/•••••1792029479	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	·/····۲·۵۷۳۱۳۱·	۲۰	شمال كاسپين	• / ٢ •	Be/Ca
·/····۲·۲۴۷۱۹۸۱	•/•••••••••	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••199940999	·/····	۲۰	شمال كاسپين	• /٨١	Cd/Ca
•/•••••\$\$\\$1986	•/•••••149494940	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••••••••••••••••	۲۰	شمال كاسپين	• /۴۸	Ce/Ca
•/•••••١٢٧٩۴٨١٩٧	•/••••10••19401	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••••\$91147901	۲۰	شمال كاسپين	۰/۹۵	Co/Ca
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••••094•4914	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••	•/•••• • • • • • • • • • • • • • • • •	۲.	شمال كاسپين	•/٩۶	Cr/Ca
•/•••• ١٣٩۶٩٣• ١٩٩	•/•••••٧٨٨٩۶٨١٣•۴	۲۰	جنوب كاسپين		
•/••••	•/••••	۲.	شمال كاسپين	٠/٠٩	Cs/Ca
٠/٠٠٠٠۵١٨٢٠٠٩٨	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••\$0•\$189•	•/•••••••••••••••••	۲.	شمال كاسپين	• / ۵ ۱	Dy/Ca
•/•••••91•89767	·/····	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲.	شمال كاسپين	•/۴۲	Er/Ca
·/····V·ITTIDV	•/•••••***	۲.	جنوب كاسپين		
./	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲.	شمال كاسپين	۰/۳۱	Eu/Ca
•/•••••••••••••	•/•••••••••••••••	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••• • • • • • • • • • • • • • • • •	•/•••• ١٢٢٨۴•٧٨٣٧٣	۲.	شمال كاسپين	٠/١٣	Ga/Ca
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••• ١٣٩۶١۵۴• ٢٨٩	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲۰	شمال كاسپين	•/۵٨	Gd/Ca
./١٠٢٥٧٣۴٦١	·/····۵۱۷۸۴۶۷۲	۲۰	جنوب كاسپين		
·/···· 1707004194	•/••••••	۲۰	شمال كاسپين	٠/٢٣	Hg/Ca
•/•••••019907716	•/•••••¥٩۶٨•۶٨٣	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	·/···· ۱۹۷۷۱·۵۵۲	۲۰	شمال كاسپين	• /۶۱	La/Ca
·/····	•/•••••118242664	۲۰	جنوب كاسپين		
•/••••••\$\$9••٣۵١	·/···· ١۴۴٩٨٩۵٧	۲.	شمال كاسپين	•/•9	Lu/Ca
·/····	•/•••••1000915•	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••• • • • • • • • • • • • • • • • •	۲۰	شمال کاسین	•/۴۶	Mo/Ca
	. / 	¥ a			
·/····	·/····································	۲۰ ۲.	جنوب کاسپین		
·/····································		· ·	شمال کاسپین	•/•/*	Nb/Ca
·/····································	·/····································	¥.	جنوب کاسپین	. /6.	N1/O
	·/·····	¥.	شمال کاسپین	•//•	Nd/Ca
·/·····	·/·····	۰. ۲.	جنوب کاسپین		NI /C
		· ·	شمال کاسپین	•/•1	N1/Ca
·/·····	·/····································	۱۰ ۲.	جنوب داسپين	. /• •	DI /C
·/······	·/·····	↓• ♥.	شمال کاسپین	•/11	Pb/Ca
·/····	·/·······	۲.	جنوب داسپين	. /61	D-/C
·/····	·/····································	v.	شمال کاسپین	•/11	Pr/Ca
·/····································	·/·······	۲.	جنوب داسپين ۱۰ ۱۰ - ۱۱	. / Å .	D1-/C
·/·····	·/····································	۲.	شمال فاسپین	•//	KD/Ca
·/····	·/····································	۷.	جنوب داسپین	. I. ¥	Sa/C-
./	·/····································	۲.	سمال داسپین	•/•1	se/Ca
·/·······	·/···	۲.	جنوب ناسپیں ۱۱۰۰ - ۱۱۰	. /6₩	Sm/Ca
·/················	·/····························		سمان فاسيين	• / / 1	SIII/Ca

					ادامه جدول ۱-
انحراف معيار	ميانگين	تعداد	منطقه	مقدار p	عنصر
•/••••• ١٧١۶٨٩٨••	·/······99·TTFAV	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••1118890860	•/••••\$997799891	۲.	شمال كاسپين	•/••	Sn/Ca
•/••••\$17704•••	•/•••••••*******	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	·/·····	۲۰	شمال كاسپين	•/•1	Ta/Ca
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	·/····VD·VFFFY	۲۰	جنوب كاسپين		
./١٢.٥٩٢۴.	•/•••••19049771	۲۰	شمال كاسپين	•/۲٨	Tb/Ca
•/••••• •• •• •• •• •• •• •• •• •• •• ••	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲۰	جنوب كاسپين		
•/••••\$78477870	•/•••••99•\$94	۲۰	شمال كاسپين	•/•۵	Te/Ca
•/••••11•804691•0	•/••••\$478919791	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••	·/·····1·1·۶۲۷۶۶۴	۲.	شمال كاسپين	٠/١٣	Th/Ca
•/•••••10127.4409	•/•••••\$\$\$\$\$\$	۲.	جنوب كاسپين		
•/••••••	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲۰	شمال كاسپين	•/•1	Tl/Ca
•/••••••\$794•••*1	•/•••••••••••••	۲.	جنوب كاسپين		
·/········	·/···· 1V790944	۲.	شمال كاسپين	•/٢۶	Tm/Ca
•/•••••••	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••••١٢٧١۶٩٢٣٢•	۲.	شمال كاسپين	• /٣۶	U/Ca
•/•••••	•/•••••٩٢٢۶١٣٩١۴	۲۰	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	۲۰	شمال كاسپين	•/1۴	V/Ca
•/•••••	•/••••• •• •• •• •• •• •• •• •• •• •• ••	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	•/••••••••••••••••••••••	۲۰	شمال كاسپين	•/•٣	W/Ca
•/•••••\$90990019	·/····\\·9٣٧٨٧۶٨۶	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••\$741771.9	•/••••••••	۲۰	شمال كاسپين	• /99	Y/Ca
•/•••••١٢٢٢٨•٨١	•/••••• ١٧•٩٩٣۶٢٩	۲.	جنوب كاسپين		
•/•••••••••••••••••••••••••••••••••••••	./	۲۰	شمال كاسپين	• /٣•	Yb/Ca
•/•••••٩٨٧١۶۵٩٣	•/••••••	۲۰	جنوب كاسپين		
./	•/•••••\$1119\$*	۲۰	شمال كاسپين		7.10
•/•••••	•/•••••••••	۲۰	جنوب كاسپين	•/19	Zr/Ca

اختلاف ترکیب خطی متغیرها در مناطق شمالی و جنوبی معنیدار بوده (Wilk's lambda=0.078 χ2=65.213.171, d.f.=25, p<) و لذا با یک تابع تشخیص (DF1) توصیف شدند که ۱۰۰ درصد تغییرپذیری آنها را توجیه میکند. تمایز بهدست آمده از طبقهبندی تغییرپذیری آنها را توجیه میکند. دارای صحّت بالایی بود، و نشان داد که ۸۰ درصد نمونهها در گروه خود به درستی طبقهبندی شدند. نمودار خوشهای نمونههای مناطق شمالی و جنوبی دریای کاسپین را به دو زیرگروه اصلی تقسیم کرد (شکل ۳). با وجود اختلاف عناصر در

زیرگروهها، نمونههای مناطق شمالی و جنوبی تقریباً در دو زیرگروه مجزا قرار گرفتند. همبستگی معنیداری بین نسبت عناصر خار باله سینهای دیده شد (P<0.05) (جدول ۳) که نشان میدهد تغییرات imyca ، Ce/Ca با Dy/Ca با Nd/Ca با Nb/Ca ، Ce/Ca با Tb/Ca ، Tb/Ca با Nb/Ca با Nb/Ca با Nb/Ca با Ro/Ca با Tm/Ca با Sb/Ca همبستگی قوی با هم دارند (P<0.05) (جدول ۳).

جدول ۲ -اعداد بهدست آمده در PC2 ، PC1 و PC3 حاصل از تجزیه به مولفههای اصلی نسبتهای عناصر خارباله سینهای اوزونبرون شمال و جنوب دریای کاسپین

PC3	PC2	PC1	
۰ /۳۷۵	-•/٣۴۵	•/۵۲۳	Ag/Ca
• /٣۶٩	-•/•44	•/٢٨٢	Al/Ca
-•/\ %	-•/ ۲۶۴	•/813	As/Ca
-•/•Y \	•/ ۵ ۶۷	•/• ٩۶	Be/Ca
•/YAA	-•/ ۲ ۶۹	•/Y \ Y	Cd/Ca
•/•٩•	•/*/\$	•/۴۵۵	Ce/Ca
•/177	• /YYY	•/ ۵ 1۶	Co/Ca
• / • ۵۴	•/711	•/• 44	Cr/Ca
-•/\٢۶	-•/۳۵۶	٠/٨١٩	Cs/Ca
-•/•YY	• / ٣ ١ ٣	+/931	Dy/Ca

-1.	حدوا	امه	ادا
' ' '			

	مولفههای اصلی		متغير
PC3	PC2	PC1	_
-•/•λ۶	•/\\Y۶	+/981	Er/Ca
- • / ۱۳۸	-•/141	•/٩۴٩	Eu/Ca
٠/۴۹۵	-•/• 48	• /۲۵۵	Ga/Ca
-•/• \ Y	• /٣۴٣	+/9YX	Gd/Ca
• 1888	- • / M I M	۰/٣٧۶	Hg/Ca
•/•۶٩	٠/٨٣۴	 /۵۳۱ 	La/Ca
• /• ٩٣	• /٣٢٣	•/81٣	Lu/Ca
+/VDF	-•/ \ *•	•/•۶٣	Mo/Ca
-•/\٣٩	-•/٣٧۴	•/٩•٢	Nb/Ca
•/•٧١	•//	۰/۵۵۶	Nd/Ca
-•/\Y&	-•/ ٣ ٢٢	•/۵۶۴	Ni/Ca
۰/۴۷۵	-•/٣١١	•/۴٧٩	Pb/Ca
•/\\\\	•/ ٩ •V	۰/٣۶۰	Pr/Ca
•/•۴٩	•/889	• /٣٧٣	Rb/Ca
•/• <i>۶</i> Y	- • /٣YY	•/۴۸۲	Se/Ca
-•/• ∧ •	٠/٢۵۵	•/944	Sm/Ca
۰ /۲۳۳	-•/٣٩X	•/~) •	Sn/Ca
-•/\\\	-•/٣٩٢	•/\\	Ta/Ca
-•/\ ∆ ٩	-•/1 X Y	•/986	Tb/Ca
-•/\٣۶	- • /٣۶۵	•/٩•۴	Te/Ca
-•/\۶٣	-•/٣•٢	•/97۶	Th/Ca
-•/\۶Y	-•/٣٩٩	٠/٨٣٩	Tl/Ca
-•/\۴•	-•/ ۲۲ ٩	•/9٣•	Tm/Ca
۰ /۵ ۰ ۲	•/••٢	•/٢•٢	U/Ca
• / • YA	• / ۶ • ۶	• / 77 & •	V/Ca
•/\•۴	-•/۴۴٩	•/٧١٣	W/Ca
•/•٨١	•/894	٠/٤٧٧	Y/Ca
-•/\٣۶	- • / • ٣ Υ	•/٩۶۶	Yb/Ca
-•/•77	- • / ٣ I ۲	•/979	Zr/Ca

جدول ۳- ضریب همبستگی اسپیرمن نسبت عناصر خار باله سینهای اوزونبرون شمال و جنوب دریای کاسپین

	Y		-r	1	·r	7	Y	1		·r	· · · · · ·	1		1	ĭ	r	·	7	1	1			7	1	1	i	r			1		[]	7				[]
	Ag	Al	As	Be	Cd	Ce	Co.	Cr	Cs	Dy	Ga	Gd	Hg	La	Lu	Mo	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Se	Sm	Sn	Ta	ТЪ	Τe	Th	T1	Tm	U	v	W	Y	Yb	Zr
Ag	1.00	0.24	0.25	0.08	0.60	0.40	0.31	p.og	9.40	0.35	0.29	0.38	0.41	0.43	9.12	0.44	0.31	0.49	0.29	0.54	9.28	-0.16	0.31	0.44	0.53	9.24	0.31	0.41	0.19	0.18	9.37	0.41	0.15	0.62	0.24	0.39	0.73
1		0.14	0.12	0.63	5.00	0.01	50.0	0.57	5.01	5.03	5.07	0.02	5.61	10.01	5.45	5.00	5.03	5.00	3.071	5.66	5.08	0.32	0.03	5.00	5.66	5.13	5.05	5.01	0.25	5.27	5.02	5.01	536 3	5.00	b.14***i	5.01	0.00
' AT		1.00	0.37	90.131	0.39	0.75	0.35	5.03	899	1.62	5.44	3.48	5.43	1.73	1734	5.57	5.44	3.66	533	5.43	638	3 37	5.76	5 32	5.60	6.39	5.55	0.10	140	537	6'40'	517	14	45	5.65	5.83	n 40
			2085	6.92	5.65	5.00	8.99	6 mm														- (- ee										Car-l					- an
		÷	10.02	0.50	835-	3:46	37657	0.30 00000	9.16	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	9.00	0.02	0.00	0.00	0.04	2.01	9.00	0.02	0.07	0.00	2.00	5.01	0.00	5.00	0.00 8.168	0.02	9.01	0.30	1.38 1	2.00	2.00	0.00	0.00
	1		1.00	0.19	2.37	0.20	0.13	10.11	0.34	p.21	9.32	9.33	0.65	P.27	0.08	9.40	9.04	p.28	h'31	0.14	2.11	9.52	0.10	0.12	0.30	0.49	b.18	0.60	0.70	0.62	9.22	0.06	A41 }	7.34	0.58	2.57	0.25
A8			÷	-			in the second	k.						4	L			-	L	4			-	4	L				L	4					L		
		1		0.23	0.02	1.21	0.42	9.49	9.00	p.20	p.00	0.04	2.00	p.09	p.64	p.00	p.00	0.08	5.00	2.40	5.21	p.05	0.31	p.45	2.06	9.00	p.23	0.00	0.00	0.00	b.15	0.00	2.01 2	2.00	2.01	9.02	0.11
Be	· · · · ·	1	1	1.00	0.09	0.02	0.16	0.01	-0.10	0.05	0.04	5.18	5.03	-00.C	<u>рлг</u>	-0.10	10.17	0.20	00.0	0.21	0.04	0.12	-0.03	0.20	0.12	-0.20	0.06	-0.02	0.07	0.02	0.05	0.10	0.03	0.07	0.10	0.03	-0.01
}		·	÷	÷	5.58	5.89	5331	5 8411	1 89	5000	5.55	'ane d	k	-108-	k 28-	5.88	535	5.981	4 22-	-ห่าง	-k-93	5-28-1	5367	****	128	ka1	केल्डन	1.44	h 787 -	4.881	10.92	5.85	vee	128	h sa ti	k 72	h 62
254			÷	+	1700	1 28	10.997	10,24	-676-	6.00	8 23	1 39-1	5.66	5.50	8.45	630	6.30	1.25	5.55	5.45	-5365-	10.08	10.00	3.55	5.23	8-9-7	6201	k 38	5.55	- 3:4z-	-830	for the	C 12	528	5.88	5.85	6 KK
		- -	÷	÷	·····	-1.981	5.65	6.08	5.15	5.85	5.21 ST88	8,997	×	5 22	5.23	5.37 5.88	5.55	- 8 MM	6.23	8 23	- X 23	10.00	-8.995	0.32	8.28	5.31 5.88	5.65	8.774 8.769	8.30	-6.20	2.44	N. 17			5 XN	k aa	× 55
h wa		+		- <u> </u>		3.00	3.37	9.00 5.88	-8.12 -8.18	5.25	0.19	0.01	2.00 8.000	0.00	2.13	0.00 Staat	2.01	0.00	9.11 8.2821	0.01	0.01	0.13	5.00	0.04	5.00	9.05	0.01	5.01	2.06	2.11	9.00	0.38 1	2.31 L Castron	2.00	2.17 8.79	0.00	0.00
						\$.00	2.47 7.22	0.20 Xaa	2.10	5.69	9.27	9.71	0.31	0.94	2.35	9.22	9.26	0.88	0.38	0.39	0.83	9.20	0.28	0.74	0.47	2.21	9.30	0.19	0.19	0.11	9.32	9.33	1.01	2.49	0.07	2.61	0.00
			÷				0.00	2.21	0.54	0.00	0.09	0.00	2.05	9.00	0.00	0.17	0.11	0.00	0.02	2.00	0.00	0.21	2.08	9.00	2.00	2.20	0.00	0.25	0.25	2.49	0.00	0.03	0.66	0.00	2.00	2.00	0.00
00		J		÷			4.00	2.18	2.08	0.39	0.19	0.40	2.22	p.44	p.41	0.30	0.05	0.50	p.01	p.14	p.43	9.24	0.21	9.47	p. 15	2.04	0.38	0.03	2.19	10.04	p.34	9.27	2.26	2.08	2.35	2.46	0.23
		Ļ		J			Ļ	9.28	0.63	p.01	0.24	9.00	0.17	0.00	0.01	0.06	p.75	2.00	0.97	0.38	0.01	p.14	9.18	0.00	0.37	0.80	0.01	0.85	0.24	0.79	0.03	0.09	0.10 3	0.64	0.03	0.00	0.15
G				J	.i		Ļ	2.00	-0.20	0.23	-0.01	2.08	-0.31	0.22	0.01	-0.15	-0.14	p.12	2.11	2.22	0.31	-0.11	0.04	9.24	-0.02	-0.32	0.07	0.29	-0.10	0.26	0.00	2.07	0.07	0.05	2.07	-0.01	0.12
		j	1			j	i	1_	p.23	p.15	p.97	0.64	p.05	p.17	p.96	p.36	p.41	0.45	p.51	p.17	p.05	p.49	p.83	p.14	p.90	p.05	p.66	0.07	0.54	p.11	1.00	p.66	0.66 2	0.77	0.67	0.94	0.46
Cs		1	1	1	1	1		1	1.00	0.32	0.29	p.21	0.31	0.20).IST	0.43	0.59	7.21	p.41	9.12	0.04	0.33	77.13	0.18	0.42	0.57	0.39	5.37	0.39***	0.36	7.44	F0.08 ;	5.32 ;	5.44	9.27	5.40	0.44
			1		1			1	1	0.04	0.07	0.20	5.00	p.21	p.44*	0.01	0.00	5.20	0.01	p.47	0.80	0.04	5.41	9.27	0.01	9.00	7.01	5.00	5.00	p.00	0.00	0.63	0.05	0.00	5.09	0.01	0.00
$\mathbf{D}_{\mathbf{y}}$	1	1	[1	1	1	1	I		1.00	p.25	0.68	0.33	0.71	3.72	0.27	0.32	77.65	0.29	0.50	0.39	p.25	0.21	0.74	0.55	5.28	0.85	0.27	0.31	0.31	0.74	p.20	£17773	5.38	0.58	0.73	0.35
1	T	7	T	1	-r	7	T	1'	1	7	5.12	0.00	0.04	0.00	0.00	5.09	5.04	0.00	0.07	0.00	0.00	5.12	7.19	0.00	0.00	0.08	0.00	5.09	0.03	0.03	0.00	5.23	5.29	5.02	0.00	0.00	0.00
Ga		1	†	†	†		1	†		÷	1.00	0.20	0.45	0.27	5.03	5.30	5.41	0.25	0.34	0.50	-5.07-	5.29	0.22	5.02	5.10	5.44	5.06	5.38	0.55	5.22	5.03	5.64	5.46	£34	5.47	5.14	0.29
	+	·†	†	†	÷		÷	<u>†</u> ~	4	÷		5 77	500	-5.00-	1.86	5.00	5.01	5m	5.03	570	6.87	5.67	516	501	5.52	6 00	5.77	5.02	5700	517	187	5.00	000	200	5 700	6 30	0.07
1251	t	÷		÷	1	÷	†	·				1 00	5 10	570	5.63	834	611-	5.66	547	547	5.69	638	5 74	5.66	5 40	535-	638-	518	598-	5.56	1.60	678-	191-1	46	5 44	รัส	631
	+	÷				÷	÷		+				KA1	100	5.65	514	578	500	100	601	- 5.65-	-577-	-618	100	6.00	515	570	133	k 12	611	5.65	576	na -	170	600	5.66	2.00
He	+	+	÷	÷	÷		÷	÷		+	+	+	ne-	5.00	1 11-	5.22	3.77	5.00	520	630	676-	8 55	544	5.00	5.64	879	3.00	178	6 64-	6.00	- 1 aa-	3.08	49	188	534	848	5.50
*	+	÷		·		+	÷		÷			+		576	575	670	610-	5.65	500	5.50	6.88	618	5.66	517	5.00	576	665	5.75	5.00	5.65	5 00	676-1	561	100	5 68 1	570	0.15
ine:	+	+	÷	į	·	+	÷	i	·+			÷		1.00	5.65	530	538-	185	1.01	16 23	1.56	-530-	-678	1 78	1 32	551	5.02	5.74	k 99	1613	-3-65-	548-1	108	132	123	525	3 75
		- <u>-</u>	+	÷	+		÷	h		+	·+			1.00	8.88	5.55	5.18-	5.85	7.30	8.28	5.00	3.55	-5.28	5.70	5 28	×18	5.56	574	8.5	-K 99-1	- 6 88-	5.85			8.28	6.05 6.88	0.72
17.7			÷	+	÷			÷		÷	÷			.÷	8.981	8.20	8.20	5.00	pluz Stert	5.00	-8.48	-6.20	10.08	5.00	5.00	9.13	0.00	0.14 Kran	9.17 Krastri	0.58	-8.20	8.28	2000	caa	5.00	5.00 8.766	0.00
	+	÷			- 										4.00	0.19	0.24	9.45	8.11 8.18-	243 -	0.49	2.21	-6.281-	9.00 Saa	2.11 2.22	U.18 N.88	3.70	5.20°	0.20 Siaa	2.33	0.04	8.00	0.02	2.01 5.28	0.41 5 83	0.12 S'88	0.50
here:		÷	+	÷	+		÷	÷						÷		3.24	0.15	2.01	2.49	0.14	0.00	0.19	0.60	0.00	5.00	0.28 8.38	3.00	0.29	9.22 8.38**	0.04	0.00	0.14 ; 3156	1.95	1.09	5.01 5.23	5.00 5.35	0.00
1990				÷	÷			÷				J		.i		£.00	0.51	0.19	9.24 State	9.30	-8.97	0.01	0.31	9.22	0.52	9.48	0.30	0.3) kraa	0.48	0.39	-8.32	6.12 i	699	0.30	0.34	9.39	0.29
NE		÷													÷	ļ	2.00	0.23	2.14	0.06	0.34	2.67	0.00	9.18	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	2.01	0.00	2.43	2.01	2.00	0.03	0.01	0.07
NO		÷	J		J	.÷	ļ			J	J				L	J	1.00	9.24	2.03	9.34	0.06	0.27	9.30	9.17	2.69	0.80	0.33	2.67	9.85 	9.85	0.33	0.00 ;	2.42	2.63	9.39	0.43	U.53
				÷	÷		ļ	÷			Ļ			.i	ļ	Ļ		0.14	0.00	0.03	0.72	2.09	0.06	0.30	0.00	2.00	0.03	2.00	3.00	3.00	0.02	2.99	0.01 3	0.00	0.01	2.00	0.03
Na														J	į	ļ		1.00	0.29	0.57	0.78	0.25	2.25	0.72	0.20	0.20	9.52	2.30	0.20	0.14	0.51	2.32	2.04	2.49	0.60	0.60	0.70
		.i	J		J	.i	İ			j	j	İ			L	j	j	.i	2.07	9.00	0.00	0.12	2.12	5.00	2.00	0.22	0.00	2.06	9.21	0.39	0.00	0.04 ;	1.82	2.00	9.00	0.00	0.00
Nı				\$			ļ	÷		J		J			ļ	L			1.00	0.28	0.25	9.28	0.38	0.28	0.34	0.43	2.18	0.30	0.48	0.50	0.32	2.03	0.38	0.57	0.38	0.26	0.30
				J				Į	.i			J			i			J	J	0.08	0.12	2.08	2.02	0.09	0.03	0.01	9.27	2.06	2.00	0.00	0.04	2.84	0.02	0.00	0.02	0.11	0.06
PO		.i	J		J	.i	į		1	j	j	1			L	j	j		<u> </u>	1.00	0.49	10.07	2.32	p.43	2.48	0.32	0.26	9.25	9.18	9.12	9.27	9.56	2.10	2.27	2.46	0.33	0.63
		J		\$	÷		l	÷		J	J					L	J	.i	ļ		p.00	2.68	0.05	0.01	0.00	2.04	2.11	0.12	0.27	0.45	p.09	2.00 3	0.52 3	0.00	0.00	0.04	0.00
PT			i	L	.i		<u> </u>	L		1	1			1		l	1	1	İ	1	1.00	p.04	p.10	0.72	0.39	0.02	p.55	0.01	-0.09	0.02	0.53	p.16	0.10 9	0.34	0.44	0.53	0.54
-			J		J		į		1	J	J			1	L		J			1		Q.79	0.55	0.00	p.01	2.90	0.00	0.93	9.57	p.89	2.00	p.34 i	0.56	0.03	p.00	2.00	0.00
Rb		J	Ļ		Ļ		l		1	1	1	J			1	L	1				1	1.00	0.20	0.15	0.00	0.30	9.22	0.21	0.47	0.22	p.19	-0.04	0.34 3	0.01	0.36	9.17	0.12
L			1	1	1		<u> </u>	L								1		1		1			p.22	p.35	0.99	0.06	p.18	p.19	0.00	0.16	0.25	p.79 (0.03 p	0.93	0.02	0.30	0.45
Se			İ		j		ļ		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	0.25	0.39	0.30	p.19	0.19	5.23	0.20	p.23	0.15	0.36	0.37	5.10	0.26	0.22
			1		1	1			7	1	1	1		T	T	1	1	1	T	1	1	1	1	5.12	5.01	5.06	p.23	0.24	5.16	0.22	p.13	0.37 7	0.02 7	0.02	0.34	5.m	0.17
Sm		1		1	1	1	1	1		T		1		1	ī	[7	1	1	1	-r	7	1.00	p.33	0.17	0.68	5.25	0.12	0.23	0.65	5.07	0.09	5.38	0.49	0.69	0.54
[1	1	1		1	1	!	T		1	1	+			†	1	1	·*	·	-i			· †	· · · · · · ·	5.00	5.30	0.00	b. 13	0.48	5.15	00.0	0.68	555 11	0.02	5.00	5.00	0.00
Sn		÷	· · · · · · ·	1	·r	+	†	1	· †	·r	· · · · · · · ·				÷	·	·	+				- <u>†</u>	+		1.00	0.57	5.60	5.65	5.48***	'b 34'	0.62	5.00	519773	5.64	531	5.62	0.58
[1		1	T	1	-r	T	T	1	t	+	†		÷	1	†	+	-i	†	†		-+	-i	†		0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	0.00	b.98	0.23	0.00	5.03	0.00	0.00
Ta	1	1	†	1	†	1	1	*	-i	†	†	1i		· +	·	<u>+</u>	†		†	· +	-j	÷		+	†	1.00	0.39	5.68	0.71	0.74	5.41	5.14	5.39	5.33	531	5.46	0.31
	1	i	1	:	1	i 	i	:	1	i 	i	: !		!		i 	i	1	!	!	1	i		!							(1 1					
-							111	1.00		ΠΠ	<u>1111</u>														Ø	.01 0.	0 00	.00).	00 3	0.01	3.39	D.01	0.00	0.05	0.0	0	1.05
Tb										1111	1111														1	.00 0.	31 0	28 0	43 1	0.85	0.00	0.08	0.30	0.35	D.8	6	1.53
			1		_		110	110	ШП																Τ	į0.	05 0	.08 0.	01	0.00	1.99	0.64	0.06	0.03	0.0	0	1.00
Te			1				ITT			IIII	IIII															1.	00 0	.66).	65 3	0.30	0.02	0.25	0.55	0.24	p.4	4	.42
[1	1			1		TIT			IITI	TTT																0	.00 p.	00 0	0.06	0.89	0.12	0.00	0.14	0.0	0 3	.01
Th							++++			****	1111																i	.00 D.	i 65	0.24	5m	0.57	0.44	0.47	0.4	2	5.28
	+						tttl	htt	rtttt	1111	ttt																†	5	i 60	0.13	.49	0.00	0.00	0.00	0.0	1	108
- TT							***	******	*****	****	****																	í	00	0.38	0.15	5.22	-0.49	0.21	0.3	2	0.18
}							++++	++++	<u>}</u>	tttt	****														·				i	5.02	34	0.17	0.00	0.20	0.0	σ?	28
Tm	+						++++	ttt:	*****	ttt	ttt																		§	1.00	0.00	0.22	0.41	0.55	ñ7	6	133
			i			+	111	++++	HHH	ttt	++++																·		ř		199	5.17	0.01	0.04	- õo	0	0.00
htt					-+	+-	++++	++++	┝┝┼┽┼┝	+++	┼┼┼┼																		i	{	100	0.24	0.22	0.34	51	ş	38
	+						++++	++++	+++++	ttt	++++																					613	817	0.01		<u>š</u> }	100
her	+									++++	****																					1.00	616	0.30	- 61	· · · ·	505
					-+		++++	++++	┝┾┿┿┝	÷÷÷÷	++++-														·							4.00	5.10	6.59	9.1 9.5	ğ	176
007	+						-+++		┝┿┽╾┾╪	++++	÷÷÷÷-																	÷				i	1.00	3.54		í	66
ļ						[-				++++	·++++																							- 6.58		÷;	585
-						<u> </u> -	++++	++++	┝┝┽┽╬	++++	44÷4-																					÷		0.02	0.0 7 m	÷	132
<u> </u>			į				444		HTT.	444	444															ļ-	ļ.								0.4 	v .	1.30
í.						ļ.i	444	444		++++	++++-																			!					9.0 	¥}	1.02
10							++++	++++	┝┝┿┿┝	÷÷÷÷															!							÷	- -	·	¦1.0	×	CL: 200
							444		444	444	444															ļ-								-÷	!		1.00
; Z7	1					- 11	1.1.1			1111	1111															i		í.		i		1					1.00



شکل ۳- نمودار خوشهای حاصل از تجزیه و تحلیل نسبت عناصر خار باله سینهای اوزونبرون شمال (روسیه) و جنوب (ایران) دریای کاسپین

۴ | بحث و نتیجه گیری

یافتههای این مطالعه حاکی از آن است که ویژگیهای خار باله سینهای ماهی اوزونبرون به گونهای میباشد که امکان ارزیابی محیطی را ممکن می کند. در میان آبزیان، ماهیان بهدلیل قرارگرفتن در بالای زنجیره غذایی، شاخص زیستی مناسبی برای آلودگی فلزات هستند (Solgi and Galangashi, 2018) و این موضوع در مورد ماهی اوزونبرون که از عمر طولانی تری نسبت به ماهیان استخوانی دریای کاسپین برخوردار است بیشتر به چشم می خورد (El-Moselhy et al., 2014). از آن جا که دستیابی خار باله نیازی به کشتن ماهی ندارد، برای جمعیتهای در معرض خطر ماهیان خاویاری از اهمیت زیادی برخوردار است (Bakhshalizadeh et al., 2021). تغییرپذیری زیاد در ترکیب شیمیایی ساختار کلسیمی ماهیان مختلف ناشی از زیستگاههایی است که بهلحاظ موقعیت جغرافیایی متفاوت بودهاند (Smith and Whitledge, 2011; Lastra et al. 2021). لذا، تفاوت دیده شده در نسبت عناصر نمونههای شمال و جنوب کاسپین قابل پیشبینی بود و بهخوبی نمونهها در این ارزیابی در جایگاه واقعی خود قرار گرفتند. مطالعات مشابهی بر روی گونههایی نظیر Acipenser transmontanus (Allen et al.,) Acipenser medirostris (Veinott and Evans, 1999) (Balazik et al., 2012) Acipenser oxyrinchus oxyrinchus ,2009 Jarić et) Huso huso (Phelps et al. 2012) Scaphirhynchus albus (Arai et al. 2002) Acipenser gueldenstaedtii ،(al. 2011) با استفاده از اطلاعات ترکیب شیمیایی عناصر خار آنها برای مطالعه تاریخچه زندگیشان و شناسایی زیستگاهی انجام گرفته است. منابع و مسیرهای ورود عناصر به شعاع و خار روندی مشابه با ماهیان استخوانی دارد (Clarke et al., 2009; Gillanders 2001)، هرچند میزان تفکیک-پذیری و تفاوت در جذب و بازجذب عناصر در این ساختارها هنوز به خوبی شناخته نشده است (Gillanders 2001). از سوی دیگر، ترکیبات شیمیایی در خار با سنگریزه شنوایی ماهیان damselfish (Thymallus arcticus) Arctic grayling , (Parma microlepis) بهویژه برای استرانسیم و باریم همبستگی مثبتی دارند که نشان می-دهد این ساختارها می توانند همانند سنگریزه شنوایی بر آورد مناسبی از ساختار ذخایر را فراهم سازند (Gillanders) ساختار ذخایر را فراهم سازند (2001) از ریز ترکیبات شیمی خار باله سینهای بهطور موفقیت آمیزی برای بررسی حرکت و ساختار ذخایر چندگونه از ماهیان خاویاری ; Arai et al. 2002; Jarić et Allen et al. 2009) استفاده شده است .(al. 2011; Phelps et al. 2012; Veinott and Evans 1999 همچنین از تجزیه و تحلیل نسبت عناصر در مقاطع شعاع باله و یا فلس برای بازسازی تاریخجه زندگی گونههای دیگر نظیر Genidens Dentex tumifrons و يا barbus (Avigliano et al. 2020) (Wang et al. 2016) استفاده گردیده است. نتایج به دست آمده در این مطالعات استفاده از این ساختارها را به عنوان شاخصهای زیستی که قابلیت ثبت انتشار آلایندههای محیطی را دارد مطرح و از آنها بهعنوان برچسبهای بیوژئوشیمیایی و نیز شاخصهای زیستی برای

ثبت نوسانات ژئوشیمیایی و انتشار آلایندههای محیطی در زیستگاههای ماهی یاد کردند (.Reis-Santos *et al* 2023; Luque *et al*). 2022).

آبهای این دو منطقه جغرافیایی از چند نظر مثل جریانهای ورودی آب شیرین، گل آلودگی، و کاربری زمینهای مجاور دریا با هم متفاوت بودند که همگی بر عناصر موجود در آب و اثر میزان تغییرات شوری بر دسترسی زیستی عناصر مؤثرند (Surge and Lohmann, 2002; Elsdon and Gillanders, 2006). بەنظر مىرىد بە خاطر کمبود آب شیرین و تبخیر زیاد آب در سمت جنوبی دریای کاسپین، این تغییرات و افزایش محسوس تر است. به طور مثال بالا بودن غلظت سلنیم در آب به دمای محیط بستگی داشته و در مناطقی که دمای بالاتری دارند این دست از آلایندهها که حاصل فعالیتهای انسانی هستند، نمود بیشتری پیدا مینمایند (Förstner and Wittmann 2012) که در مطالعه حاضر نیز چنین نتایجی بهدست آمده است. مقادیر نسبت عناصر کم مقدار به کلسیم در نمونههای جنوبی ناشی از آلودگیهای ناشی از فعالیتهای انسانی است و بروز آنها در نزدیکی پالایشگاه نفتی بیشتر دیده می شود (Zhuang et al., 2017). تولید نفت در نزدیکی دریای کاسپین، و جهت جریان غالب این دریا منجر به در برگرفتن مناطق وسیعی از سواحل جنوبی می شود (Madani et) (al., 2022) که بالاتر بودن مقادیر نسبت عناصر کم مقدار به کلسیم را توضیح میدهد. با این حال، تخلیه فرآوردههای نفتی به رودخانهها نیز می تواند یکی دیگر از منابع مهم آلودگی باشد، زیرا سالانه ۷۵۰۰۰ تن از این فرآوردهها به رودخانههایی که به دریای کاسپین میریزند، ریخته می شود (Ramazanova et al., 2022). در ضمن، همبستگی مثبت و معنیدار برای ترکیبهای مختلف جفتهای فلزی وجود داشت که در مطالعات مشابه نيز ديده شده است (Wang et al., 2016; مطالعات مشابه نيز ديده شده است Avigliano et al., 2021; Reis-Santos et al., 2023, Luque et al., 2022) بنابراین، می توانیم مطمئن باشیم که همزمان با افزایش غلظت یک فلز خاص، غلظت فلز دیگر نیز افزایش می یابد. این روابط مثبت در خار باله سینهای میتواند بهعنوان یک نشانگر زیستی از حضور و در دسترس بودن فلزات هم در محیط آبی و هم در رسوبات مناطق نمونهبرداری شده باشد و توزیعهای مشابهی از آنها را نمایان میکند که عمدتاً بهدلیل ورودیهای خارجی میباشد (Adani et al.) (2022. بنابراین تجزیه و تحلیل خار باله سینهای اوزونبرون می تواند بهعنوان ابزار غیرکشنده و مناسب در دستور کار برنامههای پایشی برای ارزیابیهای محیطی مطرح باشد و میتواند به عنوان آغازی برای پژوهشهایی که به درک چگونگی اثرگذاری عواملی چون استرس، دما در کنار ویژگیهای تبارشناسی، رشد و سایر عوامل موثر بر نحوه رقابت عناصر مختلف به كلسيم و تغييرات آنها در طول جذب و بيومريناليزاسيون مطرح گردد. variation of Persian sturgeon *Acipenser persicus*. Marine Ecology, 39(5): e12516.

- Bakhshalizadeh S., Abdolmalaki S., Bani A. 2012. Aspects of the life history of *Acipenser stellatus* (Acipenseriformes, Acipenseridae), the starry sturgeon, in Iranian waters of the Caspian Sea. Aqua: International Journal of Ichthyology, 18(2): 103-113.
- Bakhshalizadeh S., Bani A., Abdolmalaki S. 2013. Comparative morphology of the pectoral fin spine of the Persian sturgeon *Acipenser persicus*, the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*, and the Starry sturgeon *Acipenser stellatus* in Iranian waters of the Caspian Sea. Acta Zoologica, 94(4): 471-477.
- Bakhshalizadeh S., Bani A., Abdolmalaki S. 2013. Morphometric features in the pectoral fin spine of the great sturgeon (Huso huso) and the ship sturgeon (*Acipenser nudiventris*, Lovetsky, 1828). Journal of Applied Ichthyology, 29(4): 730-732.
- Bakhshalizadeh S., Bani A., Abdolmalaki S. 2015. Growth traits of two sturgeon species, Acipenser gueldenstaedtiiand and Acipenser nudiventris, in the Iranian waters of the Caspian Sea. Aqua, International Journal of Ichthyology, 21: 154-165.
- Bakhshalizadeh S., Bani A., Abdolmalaki S., Nahrevar R., Rastin R. 2011. Age, growth and mortality of the Persian Sturgeon, *Acipenser persicus*, in the Iranian waters of the Caspian Sea. Caspian Journal of Environmental Sciences, 9(2): 159-167.
- Bakhshalizadeh S., Liyafoyi AR., Saoca C., Piccione G., Cecchini S., Fazio F. 2022. Nickel and cadmium tissue bioaccumulation and blood parameters in Chelon auratus and Mugil cephalus from Anzali free zone in the south Caspian Sea (Iran) and Faro Lake (Italy): A comparative analysis. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 72: 126999.
- Bakhshalizadeh S., Nasibulina B.M., Kurochkina T.F., Muhaysin Ali A., Sodagar M., Zykov LA. 2022. Spatial variability in strontium to calcium in the Caspian Sea: Recognition of starry sturgeon stocks from the pectoral fin spine chemistry. Caspian Journal of Environmental Sciences, 20 (1): 101-106.
- Bakhshalizadeh S., Tchaikovsky A., Bani A., Prohaska T., Zitek A. 2021. Using fin ray chemistry to discriminate hatchery reared juvenile age-0 Persian sturgeons by their origin in the Southern Caspian Sea region using split stream ICP-MS/MC ICP-MS. Fisheries Research, 243: 106093.
- Bath G.E., Thorrold S.R., Jones C.M., Campana S.E., McLaren J.W., Lam J.W. 2000. Strontium and barium uptake in aragonitic otoliths of marine fish. Geochimica et Cosmochimica Acta, 64(10): 1705-1714.
- Balazik M.T., McIninch, S.P., Garman, G.C., Fine M.L., Smith CB. 2012. Using Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Microchemistry to Infer Migratory Life History of Atlantic Sturgeon. Environmental Biology of Fishes, 95(2): 191-194.
- Campana S.E. 1999. Chemistry and Composition of Fish

۵ | تشکر و قدردانی

از روابط بین الملل، دفتر ارتباط با صنعت و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه گیلان و دانشگاه آستارا خان روسیه که شرایط لازم برای امکان این پژوهش را فراهم نمودند، نهایت سپاسگزاری و قدردانی را داریم. لازم به ذکر است که این تحقیق با حمایت پژوهشکده حوضه آبی دریای کاسپین دانشگاه گیلان، رشت، ایران (قرارداد مورخ ۸۹۱۲۲ / پیه به شماره ۸۹۱۲۲ / پ۵۱) و با حمایت دانشگاه آستاراخان روسیه (قرارداد 26112020) انجام گرفته است.

يست الكترونيك نويسندگان

sh.bakhshalizadeh@guilan.ac.ir	شيما بخشعلىزاده:
bellanasib@yandex.ru	بوتاگوز نسيبولينا:
shima.ba83@gmail.com	تاتيانا كروچكينا:
atta_mh@yahoo.com	عطاالله على:

REFERENCES

- Adani P., Sawale A.A., Nandhagopal G. 2022. Bioaccumulation of heavy metals in the food components from water and sediments in the coastal waters of Kalpakkam, Southeast coast of India. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 17: 100627.
- Akhtar N., Syakir Ishak M.I., Bhawani S.A., Umar K. 2021. Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. Water, 13(19): 2660.
- Allen P.J., Hobbs, J.A., Cech J.J., Jr., Van Eenennaam J.P., Doroshov S.I. 2009. Using Trace Elements in Pectoral Fin Rays to Assess Life History Movements in Sturgeon: Estimating Age at Initial Seawater Entry in Klamath River Green Sturgeon. Transactions of the American Fisheries Society, 138(2): 240-250.
- Arai T., Levin A., Boltunov A., Miyazaki N. 2002. Migratory History of the Russian Sturgeon Acipenser guldenstadti in the Caspian Sea, as Revealed by Pectoral Fin Spine Sr: Ca Ratios. Marine Biology, 141(2): 315-319.
- Avigliano E., Miller N., de Carvalho B.M., Gironde S.C., Tombari A., Volpedo A.V. 2020. Fin spine metals by LA-ICP-MS as a method for fish stock discrimination of Genidens barbus in anthropized estuaries. Fisheries Research, 230: 105625.
- Avigliano E., Pisonero J., Bouchez J., Pouilly M., Domanico A., Sánchez S., Volpedo A.V. 2021. Otolith Sr/Ca ratio complements Sr isotopes to reveal fish migration in large basins with heterogeneous geochemical landscapes. Environmental Biology of Fishes, 104: 277-292.
- Bakhshalizadeh S., Bani A. 2017. Use of geometric morphometrics to identify ecophenotypic variation of juvenile Persian sturgeon *Acipenser persicus*. Scientia Marina, 81(2): 187-193.
- Bakhshalizadeh S., Bani A. 2018. Morphological analysis of pectoral fin spine for identifying ecophenotypic

Otoliths: Pathways, Mechanisms and Applications. Marine Ecology Progress Series, 188: 263-297.

- Campana S.E., Chouinard G.A., Hanson J.M., Frechet A., Brattey J. 2000. Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. Fisheries Research, 46(1-3): 343-357.
- Carvalho L., Mackay E.B., Cardoso A.C., Baattrup-Pedersen A., Birk S., Blackstock K.L., Borics G., Borja A., Feld C.K., Ferreira M.T., Globevnik L. 2019. Protecting and restoring Europe's waters: An analysis of the future development needs of the Water Framework Directive. Science of the Total Environment, 658: 1228-1238.
- Clarke A., Telmer K., Mark Shrimpton J. 2007. Elemental Analysis of Otoliths, Fin Rays and Scales: A Comparison of Bony Structures to Provide Population and Life History Information for the Arctic Grayling (*Thymallus arcticus*). Ecology of Freshwater Fish, 16(3): 354-361.
- Clarke L.M., Walther B.D., Munch S.B., Thorrold S.R., Conover D.O. 2009. Chemical Signatures in the Otoliths of a Coastal Marine Fish, *Menidia menidia*, from the Northeastern United States: Spatial and Temporal Differences. Marine Ecology Progress Series, 384: 261-271.
- El-Moselhy K.M., Othman A.I., Abd El-Azem H., El-Metwally M.E.A. 2014. Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(2): 97-105.
- Elsdon T.S., Gillanders B.M. 2006. Temporal variability in strontium, calcium, barium, and manganese in estuaries: implications for reconstructing environmental histories of fish from chemicals in calcified structures. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 66(1-2): 147-156.
- Eriksen T.E., Brittain J.E., Søli G., Jacobsen D., Goethals P., Friberg N. 2021. A global perspective on the application of riverine macroinvertebrates as biological indicators in Africa, South-Central America, Mexico and Southern Asia. Ecological Indicators, 126: 107609.
- Feng S., Lu H., Tian P., Xue Y., Lu J., Tang M., Feng W. 2020. Analysis of microplastics in a remote region of the Tibetan Plateau: Implications for natural environmental response to human activities. Science of the Total Environment, 739: 140087.
- Filipović Marijić V., Mijošek T., Dragun Z., Retzmann A., Zitek A., Prohaska T., Erk M. 2022. Application of Calcified Structures in Fish as Indicators of Metal Exposure in Freshwater Ecosystems. Environments, 9(2): 1-14.
- Förstner U., Wittmann G.T. 2012. Metal pollution in the aquatic environment. Springer Science & Business Media.
- Gann G.D., McDonald T., Walder B., Aronson J., Nelson C.R., Jonson J., Hallett J.G., Eisenberg C., Guariguata M.R., Liu J., Hua F. 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Restoration Ecology, 27: (S1: S1-S46).

- Gillanders B. 2001. Trace Metals in Four Structures of Fish and Their Use for Estimates of Stock Structure. Fishery Bulletin, 99(3): 410-419.
- Jarić I., Lenhardt M., Pallon J., Elfman M., Kalauzi A., Suciu R., Cvijanović G., Ebenhard T. 2011. Insight into Danube Sturgeon Life History: Trace Element Assessment in Pectoral Fin Rays. Environmental Biology of Fishes, 90(2): 171-181.
- Lastra Luque P., Artetxe Arrate I., Sakai S., Claverie F., Pécheyran C., Fraile Ugalde I., Arrizabalaga de Mingo H. 2021. Chemical signatures in fin spine edge of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) can serve as habitat markers of geographically distinct marine environments. Heliyon, 8(11): e11757.
- Longmore C., Trueman C.N., Neat F., O'Gorman E.J., Milton J.A., Mariani S. 2011. Otolith geochemistry indicates life-long spatial population structuring in a deep-sea fish, Coryphaenoides rupestris. Marine Ecology Progress Series, 435: 209-224.
- Luque P.L., Artetxe-Arrate I., Bidegain G., Sakai S., Claverie F., Pécheyran C., Arrizabalaga H. 2022. Chemical signatures in fin spine edge of Atlantic bluefin tuna (Thunnus thynnus) can serve as habitat markers of geographically distinct marine environments. Heliyon, 8(11).
- Madani S.A.M., Harami S.R.M., Rezaee P., Naji A. 2022. Distribution, risk assessment, and source identification of trace metal pollution along the Babolsar coastal area, Caspian Sea. Environmental Science and Pollution Research, 29(59): 89121-89131.
- Malhotra N., Hsu H.S., Liang S.T., Roldan M.J.M., Lee J.S., Ger T.R., Hsiao C.D. 2020. An updated review of toxicity effect of the rare earth elements (REEs) on aquatic organisms. Animals, 10(9): 1663.
- Mansouri B., Maleki A., Davari B., Karimi J., Momeneh V. 2016. Bioaccumulation of cadmium, lead, chromium, copper, and zinc in freshwater fish species in Gharasou river in Kermanshah province, Iran, 2014. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 26(137): 150-158.
- Meija J., Coplen T.B., Berglund M., Brand W.A., De Bièvre P., Gröning M., Prohaska T. 2016. Isotopic compositions of the elements 2013 (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 88(3): 293-306.
- Phelps Q.E., Whitledge G.W., Tripp S.J., Smith K.T., Garvey JE., Herzog DP., Ostendorf DE., Ridings JW., Crites JW., Hrabik RA. 2012. Identifying River of Origin for Age-0 Scaphirhynchus Sturgeons in the Missouri and Mississippi Rivers Using Fin Ray Microchemistry. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 69(5): 930-941.
- Ramazanova E., Bahetnur Y., Yessenbayeva K., Lee S.H., Lee W. 2022. Spatiotemporal evaluation of water quality and risk assessment of heavy metals in the northern Caspian Sea bounded by Kazakhstan. Marine Pollution Bulletin, 181: 113879.
- Ranaldi M.M., Gagnon M.M. 2010. Trace metal incorporation in otoliths of pink snapper (*Pagrus auratus*) as an environmental monitor. Comparative

Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 152(3): 248-255.

- Reis-Santos P., Gillanders B.M., Sturrock A.M., Izzo C., Oxman DS., Lueders-Dumont JA., Walther BD. 2023. Reading the biomineralized book of life: expanding otolith biogeochemical research and applications for fisheries and ecosystem-based management. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 33(2): 411-449.
- Smith KT., Whitledge G. 2010. Fin Ray Chemistry as a Potential Natural Tag for Smallmouth Bass in Northern Illinois Rivers. Journal of Freshwater Ecology, 25(4): 627-635.
- Smith KT., Whitledge G. 2011. Trace element and stable isotopic signatures in otoliths and pectoral spines as potential indicators of catfish environmental history. In Catfish 2010: Proceedings of the 2nd International Catfish Symposium.
- Solgi E., Galangashi MM. 2018. Assessing the health of marine and lacustrine wetland using measurement of heavy metals in fish species: Case study from two Iranian international wetland (Gomishan and Zarivar). Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 10: 73-78.
- Søndergaard J., Halden N., Bach L., Gustavson K., Sonne C., Mosbech A. 2015. Otolith chemistry of common sculpins (Myoxocephalus scorpius) in a mining polluted Greenlandic fiord (Black Angel lead-zinc mine, West Greenland). Water, Air, & Soil Pollution, 226: 1-12.
- Sonone SS., Jadhav S., Sankhla MS., Kumar R. 2020. Water contamination by heavy metals and their toxic effect on aquaculture and human health through food Chain. Letters of Appllied Nano BioScience, 10(2): 2148-2166.
- Surge DM., Lohmann KC. 2002. Temporal and spatial differences in salinity and water chemistry in SW Florida estuaries: effects of human-impacted watersheds. Estuaries, 25: 393-408.
- Thorrold SR., Latkoczy C., Swart PK., Jones CM. 2001. Natal Homing in a Marine Fish Metapopulation. Science, 291(5502): 297-299.
- Veinott GI., Evans RD. 1999. An Examination of Elemental Stability in the Fin Ray of the White Sturgeon with Laser Ablation Sampling–Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry (LAS-ICP-MS). Transactions of the American Fisheries Society, 128(2): 352-361.
- Wang T., Lai YC., Chiang CC., Cheng YR., Hsieh YK., Wang CF. 2016. Element distribution over the surface of fish scales and its connection to the geochemical environment of habitats: a potential biogeochemical tag. Environmental monitoring and assessment, 188: 1-12.
- Wells BK., Thorrold SR., Jones CM. 2000. Geographic variation in trace element composition of juvenile weakfish scales. Transactions of the American Fisheries Society, 129(4): 889-900.
- Zhuang M., Zhao J., Li S., Liu D., Wang K., Xiao P., Yu L., Jiang Y., Song J., Zhou J. 2017. Concentrations

and Health Risk Assessment of Rare Earth Elements in Vegetables from Mining Area in Shandong, China. Chemosphere, 168: 578-582.

Zaghloul A., Saber M., Gadow S., Awad F. 2020. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. Bulletin of the National Research Centre, 44(1): 1-11.

نحوه استناد به این مقاله:

بخشعلیزاده ش.، نسیبولینا ب.، کروچکینا ت.، علی ع. کاربرد خار باله سینهای ماهی اوزونبرون بهعنوان شاخص ارزیابی زیستگاهی دریای کاسپین. نشریه پژوهشهای ماهیشناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۲، ۵۰–۳۹ :(۱۱(۱

Bakhshalizadeh S., Nasibulina B.M., Kurochkina T.F., Attaala A. Application of pectoral fin spine of starry sturgeon fish as an indicator of the habitat evaluation in the Caspian Sea. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(1): 39-50.

Application of pectoral fin spine of starry sturgeon fish as an indicator of the habitat evaluation in the Caspian Sea

Bakhshalizadeh S^{1*}., Nasibulina B.M²., Kurochkina T.F³., Attaala A⁴.

¹ Faculty member, Dept. of Marine Science, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran. ² Assistant prof., Faculty of Geology & Geography, Innovative Natural Institute, Astrakhan State University, Astrakhan, Russia.

³ Assistant prof., Faculty of Ichthyology, Dagestan State University, Makhachkala, Russia.

⁴ Independible Researcher, Former Prof., of Hadhramout University, Yemen.

Type:

Original Research Paper https://doi.org/10.22034/jair.11.1.39

Paper History:

Received: 30-04-2023 Accepted: 31-07- 2023

Corresponding author:

Bakhshalizadeh S. Assistant prof., Dept. of Marine Science, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran.

Email: sh.bakhshalizadeh@guilan.ac.ir

Abstract

Although the use of indicator organisms and their different tissues is commonly used to evaluate environmental pollution, there is still a need to identify a non-lethal, reliable and sensitive indicator in aquatic environments. In this research, multivariate indices were used based on habitat accumulation conditions. For this purpose, the ratio of elements of pectoral fin spines of ozone-exposed fish were compared as a non-lethal index to evaluate the habitat of the north and south of the Caspian Sea. For this purpose, multivariate analyzes and non-normal analyzes were used in the required cases to compare the samples of North and South Caspian Sea. The ratios of W: Ca, Tl: Ca, Ta: Ca, Sn: Ca, Se: Ca, Ni: Ca, Nb: Ca were higher in the southern samples than in the northern ones, which probably reflected the difference in the availability of metal absorption compared to calcium. Despite the recorded differences in the proportion of pectoral fin spine elements of ozone-exposed fish between the norths and south of the Caspian Sea, all the multivariate results also reflected this habitat differentiation. These results showed that the pectoral fin spine can be confirmed as a good non-lethal indicator due to its capacity to accumulate pollutants and also as a biological indicator, and therefore it can be used for environmental evaluations, although the importance of continuous monitoring and protective measures is suggested along with continuous evaluations.

Keywords: Anthropogenic impact, heavy metal, calcium structures, pollution, biological assessment.