مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

پایش وضعیت آلودگی فلزات سرب و کادمیوم حوضه جنوبی دریای خزر به واسطه ماهی کفال طلایی با استفاده از سیستم GIS

مصطفی باقری توانی[1*]، مهرنوش نوروزی[2]

[1] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تنکابن

[2] گروه شیلات و بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، تنکابن

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۴/۰۷/۰۲
اصلاح: ۹۴/۱۲/۲۱
پذیرش: ۹۵/۰۱/۱۸

کلمات کلیدی:
تجمع زیستی
دریای خزر
فلز سنگین
کفال طلایی

چکیده

بررسی حاضر با هدف پایش وضعیت آلودگی فلزات سنگین و سمی (سرب و کادمیوم) حوضه جنوبی دریای خزر به واسطه ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS می‌باشد. نمونه‌برداری از بافت آبشش ماهیان بالغ کفال، از ۱۰ ایستگاه درکل نوار ساحلی جنوب دریای خزر در دو فصل بهار و پاییز انجام گرفت. جهت ارزیابی فضایی توزیع، تراکم، پهنه بندی و الگوی پراکنش فلزات از روش درون‌یابی، تابع تراکم کندی، آزمون موران و شاخص *Gi در سیستم GIS استفاده شد. میزان جذب فلزات سنگین سرب و کادمیوم در فصل بهار به ترتیب ۱/۸۸ و۱/۲۳ میکروگرم برگرم و در فصل پاییز به ترتیب ۱/۴۲ و ۰/۷۹ میکروگرم برگرم بود. تجزیه و تحلیل نقشه‌های GIS نشان داد که روند تراکم و تمرکز هر دو فلز از سمت شرق به غرب به صورت نزولی می باشد. الگوی پراکنش فلزات با توجه به آزمون موران و شاخص*Gi به صورت خوشه‌ای قوی و داغ است که نشان دهنده تجمع و نزدیکی مناطق آلوده دارای تراکم بالا در مجاورت یکدیگر می‌باشد. در نهایت می‌توان این طور بیان نمود که میزان آلودگی مناطق شرقی دریای خزر (بندرترکمن و خواجه‌نفس) بسیار بالا بود و در مقایسه با استانداردهای بین المللی بالاتر از حد مجاز می‌باشد.

مقدمــه

فلزات سنگین در بین آلاینده‌هایی که وارد اکوسیستم آبی می‌شود، بـه علـت اثـرات سـمی و ایجـاد تجمـع زیسـتی یکـی از خطرناکترین آلاینده‌ها محسوب می‌شوند (De Mora *et al.*, 2004). منابع عمدهٔ ورود آلودگی فلـزات؛ احتـراق سـوخت هـای فسیلی، معدن کاوی، ضایعات شهری و صنعتی، فاضلاب، کودهـا و آفـت کـش هـا بـه شـمار مـی‌رونـد (Dietz *et al.*, 2000). دریاچهٔ خزر، بزرگترین دریاچهٔ جهان متأسفانه طی سالهای اخیر به دلیل اسـتخراج نفـت و نشـت احتمـالی آن، حـوادث غیـر مترقبه و فرآیندهای تکنولوژیک صنایع فعال در پهنه آبی و ساحلی، تخلیه آب تـوازن کشـتی، عـدم کنتـرل ورود پسـاب‌هـای صنعتی، کشـاورزی، شـهری و پیشـروی غیـر اصـولی خشـکی در دریـا، در معـرض آلـودگی شـدید مـی‌باشـد (Pakbaz and Purvakhshroudi, 1995). به دنبال انتقال آلاینده‌های ذکر شده به محیط های دریایی ممکن است مقداری از فلزات سـنگین از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب توسط ماهی جذب شود (Amini Ranjbar and Sotudehnia, 2005).

برای تعیین تأثیر آلودگی، منابع و غلظت آلاینده ها در محیط های آبی نیاز به ارزیابی و پایش محیط اسـت. میـزان آلـودگی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mostafa.bagheri@hotmail.com
mostafa.bagheri@toniau.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

محیط‌های آبی به آلاینده ها می تواند توسط آنالیز آب، رسوبات و موجودات دریایی تعیین شود (Hamed and Emara, 2006; Veerasingam *et al.*, 2010). ماهی‌ها به آلودگی‌های موجود در آب نسبت به انسان حساس‌تر می‌باشند. از این رو، الگوی روند انباشت و تجمع عناصر در بافت های ماهی می‌تواند به عنوان یک بیواندیکاتور زیستی نسبت به تغییـرات در محـیط‌هـای آبـی استفاده شود (Vinodhini, 2008; Tekin-Özan, 2008; Agah *et al.*, 2009). جذب سطحی فلزات در سطح آبشش، به عنـوان نخستین نشانگر آلودگی آب، محسوب می‌شود (Hemens and Connell, 1975). از این رو براساس استانداردهای جهانی جهت سنجش وضعیت آلودگی دریا از بافت آبشش ماهی به عنوان شاخص زیستی (بیواندیکاتور) استفاده می‌شود.

برای ارزیابی کیفیت محیط زیست و اینکه چگونه محیط زیست در طول زمان تغییر می‌کند از آبزیان استفاده می‌شود. فلزات سنگین و سمی سرب و کادمیوم که مورد نیاز فعالیت‌های زیستی نیستند، با تجمع در بدن آبزیان خاصیت سمی پیدا می‌کنند و با ورود به چرخه غذایی انسان می‌توانند سلامت مصرف کنندگان را تهدید کنند. برای ارزیابی وضعیت آلـودگی خـاک، آب و رسوبات به فلزات سنگین و تعیین مناطق آلوده، نمونه‌برداری امری ضروری است؛ اما به دلیل وسعت مکانی و مشکلات مرتبط با نمونه‌های جمع آوری شده برای تعیین مناطق آلوده و مناطق در معرض آلـودگی، اسـتفاده از سـامانه اطلاعـات جغرافیـایی (GIS) و روش‌های زمین آمار[1] بسیار مفید است (Sengupt, 2002). سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجموعه‌ای از ابـزار قدرتمنـد برای ذخیره و بازیابی اطلاعات درآینده، تبدیل و نمایش داده‌های فضایی از جهان واقعی است. در واقع این سیسـتم بـه جهـت قدرت مدل‌سازی بالا، توانایی و قابلیت زیاد در پیشگویی بسیاری از مشکلات نیازمند استفاده از ابزارهایی مانند نقشه برداری را دارد (Makhdoum *et al.*, 2013). هدف نهایی یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، پشتیبانی جهت تصـمیم گیـری پایـه گـذاری شده براساس داده های مکانی می‌باشد و عملکرد اساسی آن به دست آوردن اطلاعاتی است کـه از ترکیـب لایـه‌هـای متفـاوت داده‌ها با روش‌های مختلف و با دیدگاه های گوناگون به دست می‌آیند (Fazelnia *et al.*, 2012). این روش برای تعیین توزیـع مکانی فلزات سنگین در خاک، آب، رسوبات و جانوران توان بالایی دارد و همچنین به عنوان روش مناسب بـرای درون‌یـابی و تهیه‌ی نقشه‌های پراکنش آلاینده‌ها پیشنهاد شده است (Juang *et al.*, 2001; Webster and Burges, 2002).

مطالعات متعددی برای استفاده از درون‌یابی و زمین آمار در سیستم GIS، برای توزیع غلظت فلزات سنگین در آب و رسـوبات انجام شده است. از جمله می‌توان مطالعـات Jamshidi zanjani و Saeadi (۲۰۱۳)، Shahbazi و همکـاران (۲۰۱۲)، Hosseini و همکـاران (۲۰۱۱)، Tavakoli mohamadi و همکـاران (۲۰۱۱)، Akhoundi و همکـاران (۲۰۱۰)، Saeadi و همکـاران (۲۰۱۰)، در داخـل کشـور و مطالعـات Selvam و همکـاران (۲۰۱۵)، Chandrasekaran و همکـاران (۲۰۱۳)، Balakrishnan و همکـاران (۲۰۱۳)، Raj chandar و Rejeesh kumar (۲۰۱۲) در خارج کشور را نام برد.

خانواده کفال ماهیان[2] مشتمل بر ۱۵ جنس و حدود ۱۰۰ گونه هستند. ماهی کفال طلایی از جمله ۱۳۳ گونه ماهی (CEP, 2002) ساکن در دریای خزر می‌باشد که نخستین بار طی سال‌های ۱۳۰۹ تا ۱۳۱۳ به همراه گونه کفال پوزه باریک[3] از دریای سیاه به دریای خزر معرفی شده است (Aslan Parviz, 1991). این ماهی به دلیل وجود ارزش تغذیه ای بالا در بین ماهیان شیلاتی شمال کشور رقم صید نسبتاً بالایی دارد (Khosrawwi, 1992).

با وجود منابع آلاینده مختلف در سواحل جنوبی دریای خزر و به طور کلی فعالیت‌های انسانی در ساحل دریا، احتمال بالا بودن میزان عناصر سنگین در سواحل جنوبی دریای خزر و جذب و تجمع آنها در قسمت‌های مختلف بدن آبزیان، از جمله ماهیان تجاری مانند ماهی کفال وجود دارد. این روش‌ها امکان کمی نمودن توزیع مکانی غلظت عناصر را فراهم می‌کند. نقشه‌های مناطق آلوده به فلزات سنگین و یا در معرض خطر آلودگی می‌تواند اطلاعات مهمی را در زمینه انتخاب و یافتن مناطق مناسب جهت کاربری‌های استفاده از ساحل یا پاکسازی مناطق در اختیار برنامه‌ریزی آن قرار دهد. بررسی حاضر با هدف ارزیابی پهنه بندی، تخمین تراکم و الگوی پراکنش دو فلز سنگین و سمی سرب و کادمیوم در حوضه جنوبی دریای خزر با کمک بافت آبشش ماهی کفال طلایی به عنوان بیواندیکاتور با استفاده از مدل‌های درون‌یابی توسط سیستم اطلاعات

[1] Geostatistic
[2] Mugilidae
[3] *Mugil Saliens*

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

جغرافیایی GIS انجام گردید. در نهایت مقایسه مقادیر حاصله از تجمع فلزات با استانداردهای NHMRC[4]، FAO[1],WHO[2], EC[3] مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دریای خزر بزرگترین پیکرهٔ آبی محصور دنیا با وسعتی در حدود ۴۳۶۰۰۰ کیلومترمربع به درازای ۱۲۰۰ کیلومتر و پهنای ۲۲۰ تا ۵۵۰ کیلومتر بین عرض های شمالی ´۷ و °۴۷ تا ´۳۳ و °۳۶ و طول شرقی ´۴۳ و °۴۶ تا ´۵۰ و °۵۴ قرار دارد. طول خطوط ساحلی سراسری این دریا ۶۳۷۹ کیلومتر است که در حدود ۹۹۱ کیلومتر آن مربوط به خطوط ساحلی ایران است.

ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ابتدا جهت تعیین ایستگاه‌های مطالعاتی نقشه رقومی ۱/۲۵۰۰۰ دریای خزر از سازمان نقشه برداری تهیه شد و بر اساس منابع آلودگی مورد ارزیابی و کنترل قرار گرفت. سپس براساس اهداف این تحقیق با توجه به پراکنش ماهی کفال طلایی در دریای خزر، ۱۰ ایستگاه شامل آستارا، تالش، انزلی، رودسر در استان گیلان، تنکابن، نوشهر، فریدونکنار، بهشهر در استان مازندران، بندر ترکمن، خواجه نفس در استان گلستان در سواحل ایرانی دریای خزر به طول تقریبی ۷۰۰ کیلومتر در نظر گرفته شد (شکل ۱). سپس با کمک دستگاه GPS مدل OREGON 550 موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها ثبت گشت. در مجموع ۶۰ عدد ماهی کفال طلایی بالغ، در دو فصل پاییز (تولیدمثل) و فصل بهار (غیر تولید مثل) از ۱۰ شرکت پره از ایستگاه‌های مورد نظر تهیه و به حالت انجماد توسط یخ (۱:۱) به آزمایشگاه تحقیقات شیلات دانشگاه آزاد اسلامی تنکابن منتقل گردید. سپس اطلاعات زیست سنجی ماهیان شامل وزن (گرم) و طول کل (سانتی‌متر) ثبت شد.

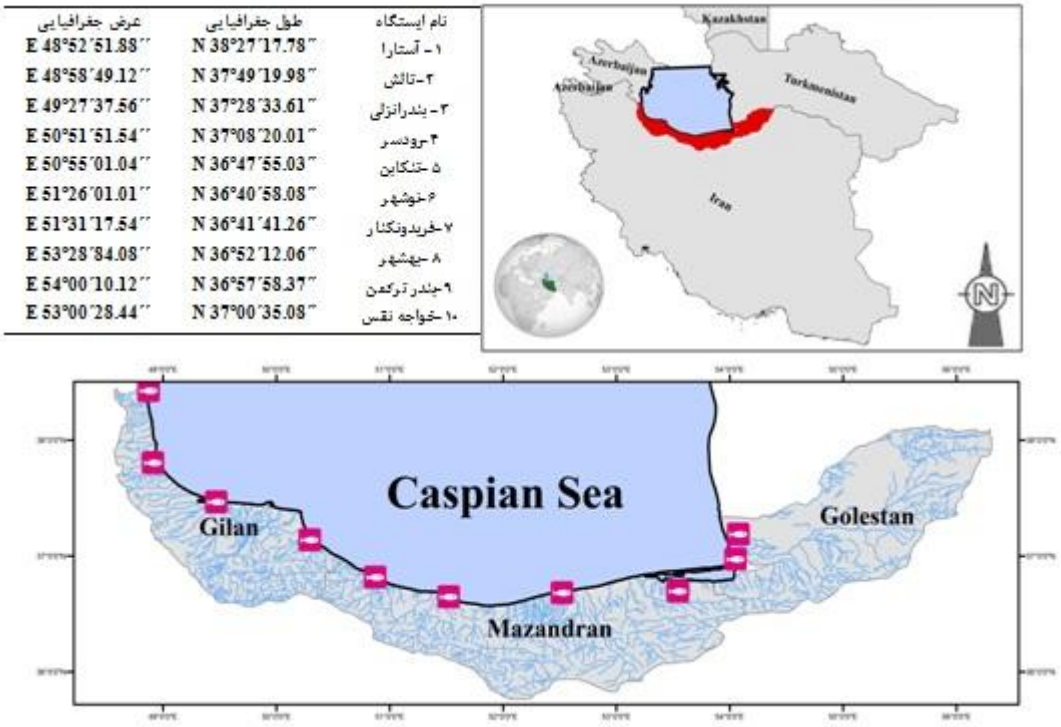
سنجش فلزات سنگین

ابتدا نمونه‌های ماهی به منظور پاکسازی آلودگی های سطحی و پوستی با آب مورد شستشو قرار گرفت. سپس توسط ابزار تشریح (اسکالپل، قیچی و پنس)، مقدار ۱۰ گرم از بافت آبشش ماهی کفال طلایی جدا شد و توسط ترازوی دیجیتال توزین گردید. برای هضم بافت آبشش جهت خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای $^{\circ}C$ ۱۰۵ قرار داده شد. به منظور انجام عمل هضم شیمیایی، ۱۰ گرم بافت آبشش خشک شده به داخل تیوپ‌های هضم جداگانه ریخته شد و سپس ۶۰ میلی‌لیتر محلول اسید نیتریک به نسبت ۱ به ۶ به محتوی لوله‌ها اضافه گردید. پس از صرف حداقل زمان ۳ ساعت جهت انجام عمل هضم مقدماتی در دمای اتاق، نمونه ها به مدت ۵ ساعت در دمای حداکثر $^{\circ}C$۱۴۰ درون دستگاه Heater Digest قرار داده شدند (Roger, 1994). به موازات آماده سازی نمونه ها جهت انجام عمل هضم شیمیایی؛ محلول حاصل از هضم هر یک از نمونه‌ها پس از عبور با کاغذ فیلتر واتمن شماره ۴۲ به بالن های حجم سنجی ۲۵ میلی لیتری منتقل و سپس با آب مقطر به حجم رسانده شد (Moopam, 1983). جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم) از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل Germany AAS4 Zeiss استفاده شد. تمام محلول‌های استاندارد مصرفی بسته به نوع فلز مورد آنالیز، از استاندارد مادر (Merck) با غلظت ۱۰۰۰ ppm تهیه شد (Standard methods USA, 2005).

[1] Food and Agriculture Organisation
[2] World Health Organization
[3] European Commision Regulation
[4] National Health and Medical Research Council

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱ - آستارا	N 38°27′17.78″	E 48°52′51.88″
۲-تالش	N 37°49′19.98″	E 48°58′49.12″
۳- بندرانزلی	N 37°28′33.61″	E 49°27′37.56″
۴-رودسر	N 37°08′20.01″	E 50°51′51.54″
۵ -تنکابن	N 36°47′55.03″	E 50°55′01.04″
۶-خوشهر	N 36°40′58.08″	E 51°26′01.01″
۷-خریدونکنار	N 36°41′41.26″	E 51°31′17.54″
۸ -بهشهر	N 36°52′12.06″	E 53°28′84.08″
۹-جندر ترکمن	N 36°57′58.37″	E 54°00′10.12″
۱۰-خواجه نفس	N 37°00′35.08″	E 53°00′28.44″



شکل ۱. مختصات جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری ماهیان در حوضه جنوبی دریای خزر

آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون پـارامتری t مسـتقل، (t-test) و آزمـون واریـانس یـک طرفـه ANOVA و مقایسـه بـین میانگین‌ها با آزمون دانکن به کمک نرم افزار SPSS 18 در سطح اطمینان ۹۵ ٪ استفاده گردید.

ارزیابی سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS

جهت ارزیابی تجمع فلزات سنگین از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS با کمک نرم افزار Arc GIS 10 بروی نقشه پایه رقـومی دریای خزر توسط دو روش درونیابی[1] معادله (۱) و روش وزن‌دهی عکس فاصله[2] مدل زمین آمار- کریجینـگ[3] (IDW) معادلـه (۲) استفاده شد (Asakere, 2008; Kang Tssung, 2004).

$$f(q) = \sum_{i=1}^{n} W_i f(S_i)$$ معادله (۱)

در این رابطه w_i وزن‌های si است. این رویه تعیین ارزش کمی برای نقاط نامعلوم به نام میانگین وزنی (موزون[4]) موسـوم اسـت (Balaji and Upmanu, 1998).

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i Z(S_i)$$ معادله (۲)

در این رابطه z (si) مقدار اندازه گیری شده در موقعیت i^{th} است و λi وزن مقدار اندازه گیـری شـده در موقعیـت i^{th} اسـت. S_0 موقعیت پیش‌بینی و N تعداد نقاط اندازه‌گیری شده یا معلوم و λi تابعی از فاصلهٔ بین آنهـا مـی‌باشـد (Fazelnia *et al.*, 2012). جهت تهیه نقشه تراکم نیاز به تبدیل نقشه رستری به وکتوری است که با استفاده از فنون تبدیل نزدیک به ۳۰ هـزار پیکسـل

[1] Interpolation
[2] Inverse Distance Wighted (IDW)
[3] Kriging
[4] Weighted average interpolation

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

در نقشه پهنه‌بندی فلزات به نقطه تبدیل گردید تا بتوان ضمن تهیه نقشه تراکم، به واکاوی فضایی توزیع مکانی این فلزات اقدام گردد. جهت ترسیم نقشه تخمین تراکم فلزات سنگین از آزمون تراکم کرنل (Kalantari *et al.*, 2009) و جهت واکاوی فضایی و الگوی پراکنش (خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی) توزیع فلزات سنگین از شاخص موران و شاخص خود همبستگی فضایی *Gi (جی استار) یا لکه‌های داغ[1] استفاده گردید. شاخص موران معادله (۳) به شرح زیر است.

$$I = \frac{n\sum\sum w_{ij(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}}{w\sum(X_i-\bar{X})^2}$$ معادله (۳)

I = ضریب متغیر فاصله‌ای یا نسبی در واحدهای ناحیه ای؛ n = تعداد واحدهای ناحیه‌ای، وزن (شامل میزان غلظت فلزات). ضریب موران بین ۱- (تعامل فضایی منفی) تا ۱ (تعامل فضایی مثبت) و (عدم تعادل) متغیر است. شاخص *Gi براساس جدول (۱) و با توجه به نمره استاندارد (z-score) به دست آمده از آزمون موران میزان تمرکز فلزات را در نقاط مختلف با توجه به الگوی پراکنش مشخص می‌کند و به صورت معادله (۴) قابل ارزیابی است (Fazelnia *et al.*, 2012).

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n}\omega_{i,j}X_j - \bar{X}\sum_{j=1}^{n}\omega_{i,j}}{S\sqrt{\frac{n\sum_{j=1}^{n}\omega_{i,j}^2-\left(\sum_{j=1}^{n}\omega_{i,j}\right)}{n-1}}}$$ معادله (۴)

در این رابطه Xj مقدار خصیصه برای عارضه j ijW+ وزن فضایی بین عارضه i و j و n برابر با تعداد کل عارضه ها می‌باشد.

جدول ۱. طبقه بندی نمره استاندارد در تحلیل نوع پراکنش داده های مکان محور

نمره استاندارد (z-score)	سطح معناداری (p-value)	نوع الگوی پراکنش فضایی
< - ۲/۵۸	۰/۰۱	خوشه ای قوی- سرد- سرد
-۲/۵۸ - (-۱/۹۶)	۰/۰۵	خوشه ای متوسط- سرد- سرد
-۱/۹۶ - (-۱/۶۵)	۰/۱۰	خوشه ای ضعیف- سرد- سرد
-۱/۶۵ - ۱/۶۵	-	تصادفی- توزیع ناموزون
۱/۶۵ -۱/۹۶	۰/۱۰	خوشه ای ضعیف- داغ- داغ
۱/۹۶ - ۲/۵۸	۰/۰۵	خوشه ای متوسط- داغ- داغ
> ۲/۵۸	۰/۰۱	خوشه ای قوی- داغ- داغ

نتایج

توصیف آماری داده‌ها

نتایج بررسی شاخص زیست‌سنجی بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داد که میانگین بیشترین و کمترین وزن و طول کل در فصل بهار به ترتیب بندرانزلی (۱۰۷۱/۶۶ گرم و ۵۳/۶۶ سانتی‌متر) و خواجه‌نفس (۵۷۴/۱۹۶ گرم و ۴۲/۳۳ سانتی‌متر) بود و در فصل پاییز به ترتیب بهشهر (۱۳۳۵/۳۳ گرم و ۵۶/۶۳ سانتی‌متر) و آستارا (۴۲۷/۳۳ گرم و ۳۹/۸۳ سانتی‌متر) بود. براساس نتایج آزمون ANOVA در بین ایستگاه‌های مطالعاتی شاخص‌های وزن و طول کل بین ایستگاه های مختلف معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

نتایج بررسی غلظت فلز سرب و کادمیوم در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری (جدول ۲) نشان داد که میزان جذب فلز سنگین سرب در بافت آبشش ماهی کفال طلایی در فصل بهار ، بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب در منطقه بندرترکمن و بندرانزلی و در فصل پاییز در منطقه بندرترکمن و رودسر بود. همچنین میزان جذب فلز سنگین کادمیوم نیز در فصل بهار بیشترین و کمترین مقدار در منطقه بندرترکمن و منطقه آستارا و نوشهر بود. در فصل پاییز نیز بیشترین و کمترین میزان در منطقه

[1] hotspot

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

بندرترکمن و منطقه آستارا بود. که براساس نتایج آزمون ANOVA این اختلاف بین ایستگاه‌های نمونـه‌بـرداری معنـی‌دار بـود (P<۰/۰۵). طی بررسی میانگین غلظت دو فلز سرب و کادمیوم در فصول مختلف نتایج آزمـون t-test نشـان داد کـه بیشـترین میزان غلظت هر دو فلز در فصل بهار دیده شد و این اختلاف نیز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵).

جدول۲. میانگین (± انحراف معیار) تجمع فلزات سرب و کادمیوم (میکروگرم برگرم) بین ایستگاه‌های مطالعاتی

	فصل بهار		فصل پاییز	
ایستگاه	سرب	کادمیوم	سرب	کادمیوم
آستارا	۱/۵۹^{g*}±۰/۰۲	۰/۸۳^{f}±۰/۰۶	۱/۳۶^{d}±۰/۰۲	۰/۴۵^{d}±۰/۰۵
تالش	۱/۵۳^{h}±۰/۰۱	۱/۲۱^{de}۰/۰۹	۱/۲۳^{ef}±۰/۱۵	۰/۹۱^{ab}±۰/۰۳
بندرانزلی	۱/۴۷^{i}±۰/۰۲	۱/۱۴^{e}±۰/۰۵	۱/۲۰^{ef}±۰/۰۱	۰/۷۵^{c}±۰/۰۹
رودسر	۱/۹۵^{d}±۰/۰۲	۱/۳۴^{bc}±۰/۰۵	۱/۱۱^{g}±۰/۰۱	۰/۷۴^{c}±۰/۰۹
تنکابن	۱/۷۴^{f}±۰/۰۳	۱/۲۷^{cd}±۰/۰۷	۱/۴۵^{c}±۰/۰۲	۰/۹۳^{ab}±۰/۰۷
نوشهر	۱/۶۲^{g}±۰/۰۱	۰/۸۴^{f}±۰/۰۵	۱/۳۱^{de}±۰/۰۲	۰/۸۱^{bc}±۰/۰۷
فریدونکنار	۱/۸۸^{e}±۰/۰۱	۱/۲^{de}±۰/۰۹	۱/۴۵^{c}±۰/۰۳	۰/۷۵^{c}±۰/۰۵
بهشهر	۲/۱۹^{b}±۰/۰۳	۱/۴۶^{ab}±۰/۰۶	۱/۶۶^{b}±۰/۰۴	۰/۶۹^{c}±۰/۰۴
بندرترکمن	۲/۶۸^{b}±۰/۰۳	۱/۵۵^{a}±۰/۰۶	۱/۸۱^{a}±۰/۰۲	۰/۹۵^{a}±۰/۰۵
خواجه‌نفس	۲/۱۲^{c}±۰/۰۲	۱/۴۵^{ab}±۰/۰۸	۱/۶۷^{b}±۰/۰۳	۰/۹۳^{ab}±۰/۰۷
کل	۱/۸۸±۰/۳۶	۱/۲۳±۰/۲۴	۱/۴۲±۰/۲۲	۰/۷۹±۰/۱۵
Sig.	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

*) متفاوت بودن حروف نشان از معنی‌دار بودن بین میانگین‌ها می‌باشد.

نتایـج نقشه‌های پهنه بندی فلزات سنگین

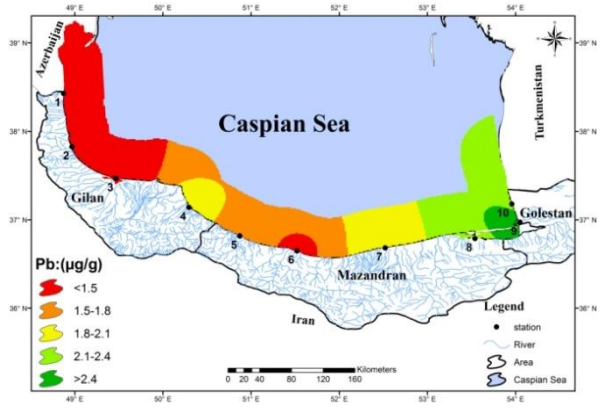
پس از تجزیه و تحلیل نتایج آماری فلزات، داده ها وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید و در نهایت در قالب نقشه‌های GIS ترسیم شد. نقشه پهنه‌بندی فلز سرب در دو فصل بهار و پاییز در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. طبق نقشه‌های پهنه‌بندی ترسیم شده، فلز سرب در دو فصل بهار و پاییز بیشترین تجمع فلز سرب در شرقی‌ترین قسمت دریای خزر حوالی ایستگاه بندرترکمن بود که از شدت مقدار آن به سمت غرب دریای خزر کاسته می‌شود به طوری که در حوالی ایستگاه رودسر به کمترین حد خود می‌رسد. همچنین طبق بررسی نقشه‌های پهنه بندی ترسیم شده فلز کادمیوم در فصل بهار بیشترین تجمع فلز کادمیوم حوالی ایستگاه بندرترکمن و کمترین تجمع حوالی ایستگاه آستارا و نوشهر بود. در فصل پاییز بیشترین تجمع حوالی ایستگاه تنکابن و بندرترکمن و حد فاصل ایستگاه تنکابن تا نوشهر و کمترین تجمع حوالی ایستگاه آستارا بود. بیشترین مقدار تجمع در پهنه ۰/۷ تا ۰/۸ میکروگرم بر گرم منطقه را تحت پوشش قرار داده است که در این رابطه روند شرقی یا غربی تأثیری در کاهش یا افزایش تجمع فلز کادمیم نداشته است. شکل‌های ۴ و ۵ نقشه‌های پهنه بندی فلز کادمیوم در دو فصل بهار و پاییز نشان داده است.

نتایج نقشه های تخمین تراکم فلزات سنگین

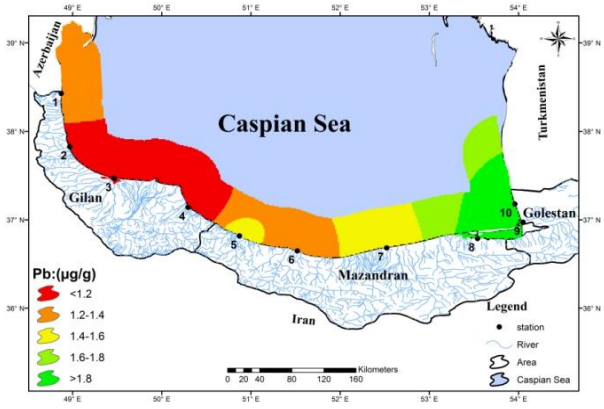
بررسی نقشه‌های تخمین تراکم ترسیم شده برای فلز سرب در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داد که بیشترین تخمین تراکم فلز سرب در فصل پاییز در شرقی ترین نوار جنوبی دریای خزر با ۱۸۰۰ واحد در واحد سطح در منطقه بندر ترکمن تخمین زده شد. همچنین در محدوده ای کوچک در حوالی ایستگاه تنکابن و حد فاصل ایستگاه رودسر تا تالش کمترین مقدار، ۱۴۰۰ واحد در واحد سطح متراکم بود. بیشترین تراکم در فصل بهار در شرقی‌ترین نوار جنوبی دریای خزر و کمترین تراکم در غربی ترین نوار جنوبی دریای خزر تخمین زده شد. بررسی نقشه های تخمین تراکم ترسیم شده برای فلز کادمیوم شکل‌های ۸ و ۹ نشان داد که در فصل بهار، شرقی‌ترین قسمت نوار جنوبی دریای خزر حد فاصل ایستگاه بهشهر تا خواجه‌نفس بیشترین تراکم و حوالی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

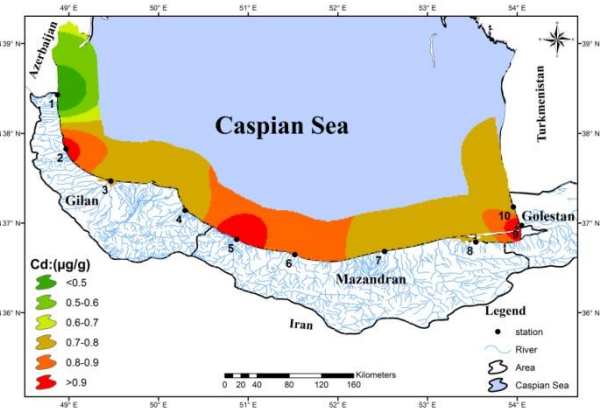
ایستگاه نوشهر و آستارا کمترین تراکم فلز تخمین زده شد. این امر حاکی از افزایش تراکم کادمیم از سمت غرب به شرق نوار جنوبی دریای خزر می‌باشد. در فصل پاییز بیشترین تراکم در ایستگاه بندرترکمن و کمترین مقدار تراکم در حوالی ایستگاه آستارا دیده شده است.



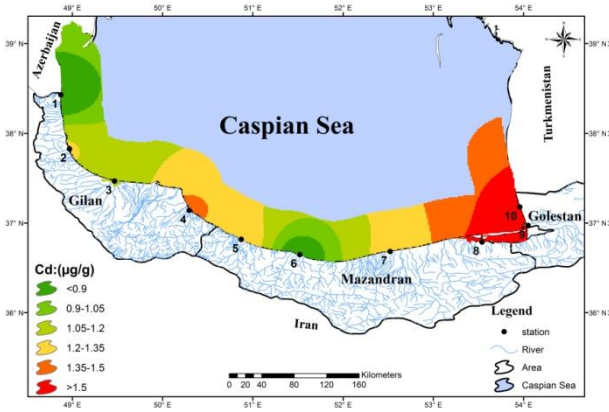
شکل ۲. نقشه پهنه بندی فلز سرب در فصل بهار



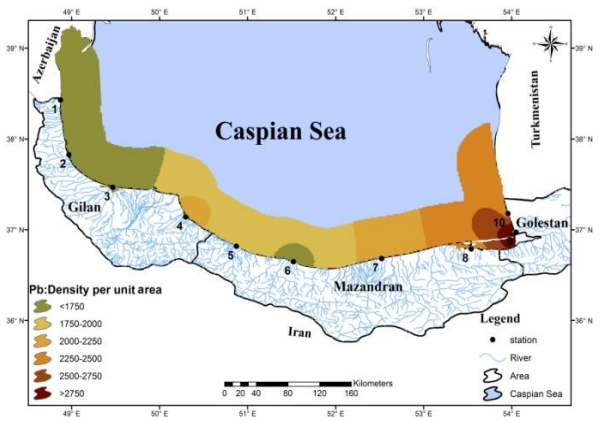
شکل ۳. نقشه پهنه بندی فلز سرب در فصل پاییز



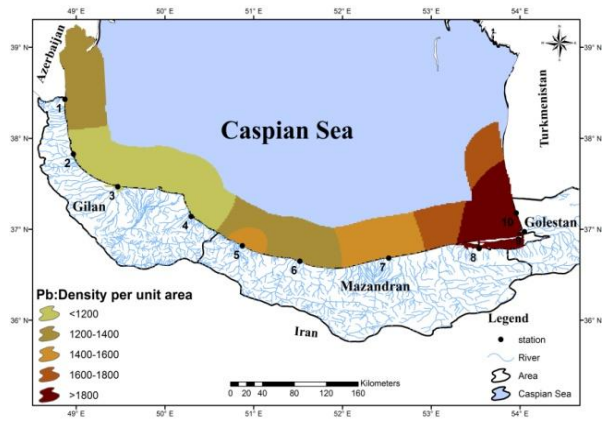
شکل ۴. نقشه پهنه بندی فلز کادمیوم در فصل بهار



شکل ۵. نقشه پهنه بندی فلز کادمیوم در فصل پاییز

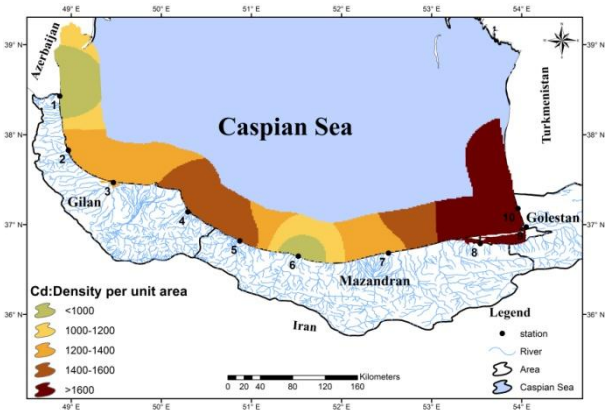


شکل ۶. نقشه تخمین تراکم فلز سرب در فصل بهار

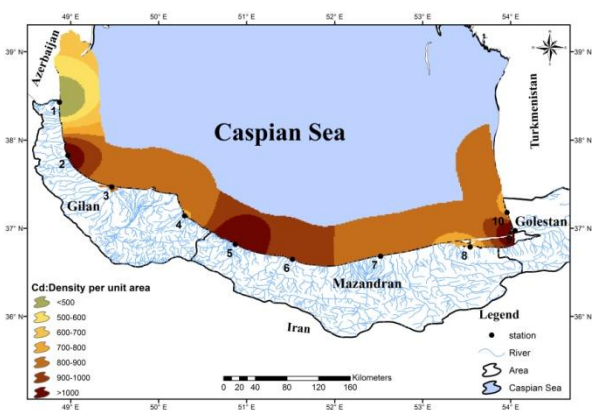


شکل ۷. نقشه تخمین تراکم فلز سرب در فصل پاییز

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]



شکل ۸. نقشه تخمین تراکم فلز کادمیوم در فصل بهار



شکل ۹. نقشه تخمین تراکم فلز کادمیوم در فصل پاییز

نتایج نقشه های الگوی پراکنش فلزات سنگین

نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در خصوص توزیع فضایی توزیع فضایی فلز سرب در هر دو فصل بهار و پاییز (جدول ۳) در خصوص ضریب شاخص موران ۱ و نمره استاندارد (Z-Score) به ترتیب ۱۲۹/۳۹ و ۲۱۹/۱۶ بود. با توجه به مقدار نمره استاندارد محاسبه شده (سطح اطمینان sig.=۰/۰۱) بزرگتر از مقدار مورد انتظار (E_I=۲/۵۸) بود و در مقایسه در نتیجه با الگوی خوشه‌ای و ضریب موران (جدول۱) تأیید می‌شود. با توجه به الگوی پراکنش خوشه‌ای، نواحی دارای تمرکز در مجاورت یکدیگر قرار دارند و همسایه می‌باشند و بالعکس؛ نواحی دارای تمرکز پایین فلز به صورت پراکنده می‌باشند. زیرا هر چه ضریب به سمت عدد ۱ تمایل داشته باشد نشان از تمرکز بالاتر دارد. از طرف دیگر چنانچه ضریب موران ۱ باشد بر توزیع کاملاً معنادار مکانی و فضایی دلالت دارد. هرچه از عدد ۱ به سمت صفر پیش می رود از درجهٔ معنادار بودن آن کاسته می‌شود و به سمت تصادفی سوق می‌یابد. در عدد ۱- به صورت کاملاً ناموزون و پراکنده می‌باشد. با مقایسهٔ این وضعیت با ضریب موران می‌توان گفت که توزیع فضایی فلز، معنادار و خوشه‌ای است. نقشه الگوی پراکنش فضایی فلز سرب در دو فصل در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ و شاخص موران نیز در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده‌شده است. نتایج به کارگیری آزمون Gi* در ارزیابی توزیع فضایی فلز سرب در فصل پاییز نشان داد که شرقی‌ترین مناطق نوار جنوبی دریای خزر حد فاصل ایستگاه‌های خواجه‌نفس تا بهشهر دارای توزیع خوشه‌ای قوی و داغ (تمرکز بالای سرب) بوده است. حد فاصل ایستگاه تالش تا بندرانزلی دارای توزیع خوشه‌ای قوی و سرد (تمرکز پایین سرب) می‌باشد. در مناطق رودسر تا فریدونکنار نیز توزیع تصادفی بود، که نشان دهنده پراکنش فضایی ناموزون می‌باشد. ایستگاه نوشهر که در حد فاصل این دو ایستگاه قرار دارد از این توزیع تصادفی پیروی نمی‌کند و توزیع در آنجا از روند خوشه‌ای متوسط سرد (تمرکز پایین سرب) پیروی می‌کند.

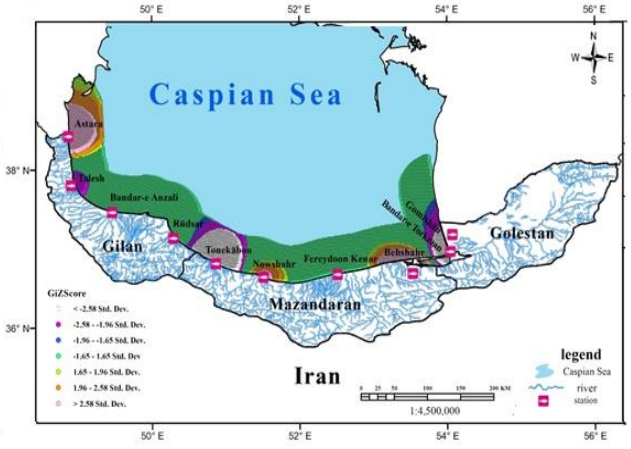
نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در خصوص توزیع فضایی فلز کادمیم در دو فصل بهار و پاییز (جدول ۳) در خصوص ضریب شاخص موران به ترتیب ۱ و ۰/۹۹ و نمره استاندارد (Z-Score) به ترتیب ۲۱۸/۷۷ و ۲۱۸/۱۳ بود. با توجه به مقدار نمره استاندارد محاسبه شده (سطح اطمینان sig.=۰/۰۱) بزرگتر از مقدار مورد انتظار (E_I=۲/۵۸) بود که در نتیجه الگوی خوشه‌ای و ضریب موران (جدول۱) تأیید می شود. با توجه به الگوی پراکنش خوشه‌ای، نواحی دارای تمرکز در مجاورت یکدیگر قرار دارند و همسایه می‌باشند و بالعکس؛ نواحی دارای تمرکز پایین فلز به صورت پراکنده می‌باشند. نقشه الگوی پراکنش فضایی فلز کادمیوم در دو فصل در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ و شاخص موران نیز در شکل‌های ۱۶ و ۱۷نشان داده شده است. آزمون Gi* در ارزیابی توزیع فضایی فلز کادمیوم نشان داد که در فصل بهار حد فاصل ایستگاه بهشهر تا خواجه نفس دارای توزیع خوشه‌ای قوی و داغ (تمرکز بالای کادمیوم) و حوالی ایستگاه نوشهر و آستارا دارای توزیع خوشه‌ای قوی و سرد (تمرکز پایین کادمیوم) می‌باشد. در ایستگاه‌های تالش تا تنکابن و حوالی فریدونکنار نیز توزیع تصادفی بوده که نشان دهنده پراکنش فضایی ناموزون می‌باشد. در فصل پاییز زمان تولید مثل کفال ماهیان حوالی ایستگاه های تالش، تنکابن و بندرترکمن دارای توزیع خوشه‌ای قوی و داغ (تمرکز بالای کادمیم) و حوالی ایستگاه آستارا دارای توزیع خوشه‌ای قوی و سرد (تمرکز

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

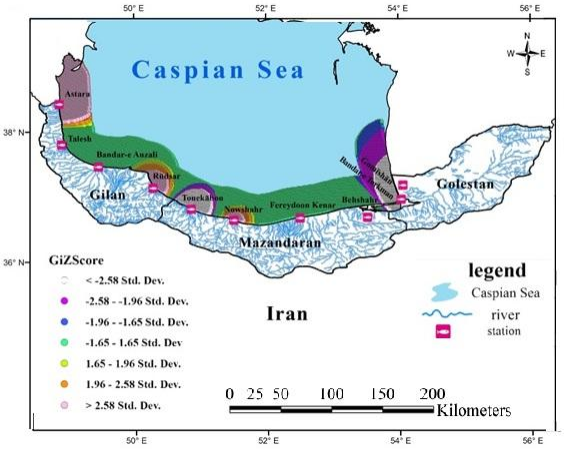
پایین کادمیوم) می‌باشد و در مناطق وسیعی از نوار جنوبی دریای خزر و حد فاصل ایستگاه بندر انزلی تا رودسر و نوشهر تا بهشهر نیز توزیع تصادفی بوده است که نشان دهنده پراکنش فضایی ناموزون می‌باشد.

جدول ۳. نتایج کلی آزمون شاخص موران دو فلز سرب و کادمیوم بین دو فصل در دریای خزر

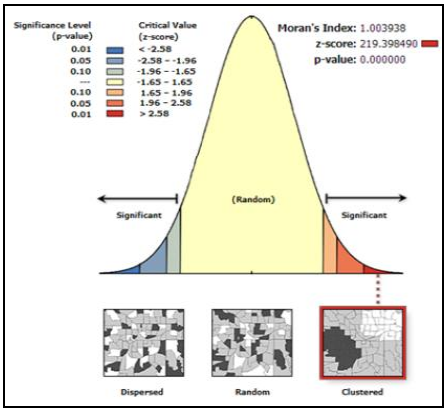
	بهار		پاییز	
	سرب	کادمیوم	سرب	کادمیوم
Moran's Index	۱	۱	۱	۰/۹۹
Z-Score	۲۱۹/۳۹	۲۱۸/۷۷	۲۱۹/۱۶	۲۱۸/۱۳
p-value	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
الگوی پراکنش	خوشه ای	خوشه ای	خوشه ای	خوشه ای
نوع الگو	قوی- داغ- داغ	قوی- داغ- داغ	قوی- داغ- داغ	قوی- داغ- داغ



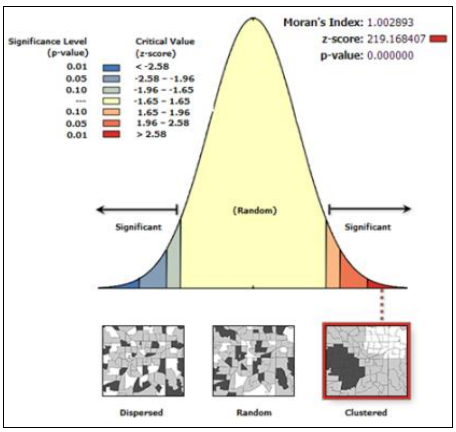
شکل ۱۰. نقشه پراکنش خوشه‌ای فلز سرب در فصل بهار



شکل ۱۱. نقشه پراکنش خوشه‌ای فلز سرب در فصل پاییز

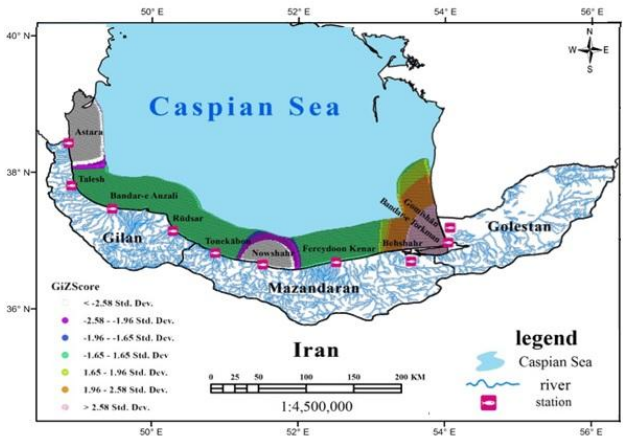


شکل ۱۲. شاخص موران فلز سرب در فصل بهار

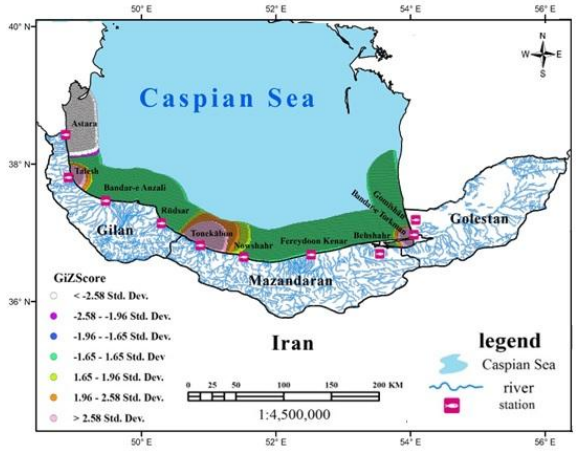


شکل ۱۳. شاخص موران فلز سرب در فصل پاییز

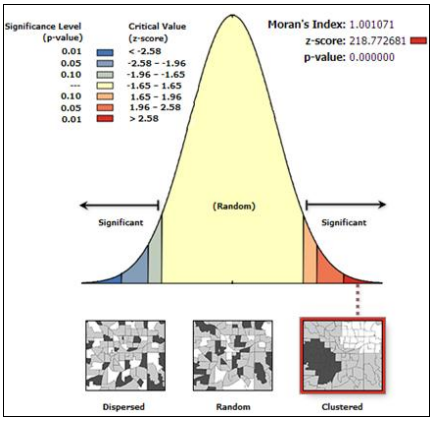
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]



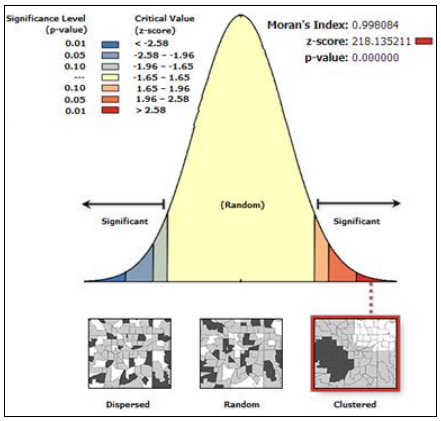
شکل ۱۴. نقشه پراکنش خوشه‌ای فلز کادمیوم در فصل بهار



شکل ۱۵. نقشه پراکنش خوشه‌ای فلز کادمیوم در فصل پاییز



شکل ۱۶. شاخص موران فلز کادمیوم در فصل بهار



شکل ۱۷. شاخص موران فلز کادمیوم در فصل پاییز

بحث

هنگامی که ماهیان در معرض سطوح بالایی از فلز در محیط آبی قرار می‌گیرند تمایل دارند که آنرا به صورت مستقیم از محیط جذب کنند. فلزات از راه آبشش‌ها و پوست یا از راه مواد غذایی خورده شده یا آب نوشیده شده وارد بدن ماهی می‌شوند (Kotze *et al.*, 1997) از طرف دیگر مقدار انباشت زیستی یک فلز تحت تاثیر عوامل محیطی، زیستی و ژنتیکی منجر به تفاوت در انباشت زیستی فلز بین افراد مختلف، نوع بافت‌ها، فصل‌ها و مناطق می‌شود (Kotze *et al.*, 1999). وجود میزان بالای فلزات سنگین در آبشش‌ها ناشی از اختلاط عناصر با مخاط آبشش و عدم جابجایی کامل از لاملاها می‌باشد (Khalil and Faragallah, 2008).

براساس نتایج مطالعه حاضر، و بررسی نقشه‌های پهنه بندی، تخمین تراکم و الگوی پراکنش ترسیم شده در سیستم GIS در دو فصل بهار و پاییز میزان غلظت دو فلز سنگین سرب و کادمیوم در ماهیان جنوب شرقی دریای خزر (بندرترکمن) بالاتر از قسمتهای جنوب مرکز و جنوب غربی دریای خزر (رودسر، آستارا) می‌باشد. این تجمع زیاد عناصر سنگین به طور قطع آلودگی بالای آب دریای خزر را نسبت به عناصر فوق به وضوح نشان می‌دهد.

طبق تحقیقات Zangane و Lakan (۲۰۰۷) برروی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سواحل دریای خزر، دفع مستقیم فاضلاب صنایع مختلف به خصوص صنایع چرم گامیش تپه و همچنین مراکز صنعتی بندرترکمن را به عنوان منابع اصلی آلاینده فلز سرب در نواحی شرقی دریای خزر اعلام کردند. همچنین طبق تحقیقات Bazrafshan (۱۹۹۴)، در مطالعه فلزات سنگین در آب و بستر سواحل جنوب شرقی دریای خزر (آب‌های ساحلی مقابل نکا تا صیدگاه خواجه نفس)، اعلام کردند بیشترین درصد بار آلودگی فلزی در این مناطق از راه‌های رودخانه ها، فاضلاب شهرها و صنایع وارد می شوند. حضور منابع آلوده کننده فلزی در این مناطق، ورود هیدروکربنهای نفتی (TPH) از سمت کشور آذربایجان، کاهش سرعت جریان مخالف جهت عقربه های

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

ساعت آب دریا و عدم پخش آلاینده ها می‌تواند دلایلی بر شدت بالای آلودگی در مناطق شرقی دریای خزر باشد (Stephen, 2002). Amini Ranjbar و Sotudehnia (۲۰۰۵)، طی مطالعه‌ای برروی کفال ماهیان، علت بالا بودن غلظت فلز سرب در مناطق شرقی دریای خزر (فریدونکنار) را ناشی از ساختار زمین شناسی منطقه یا وجود منابع آلاینده حاصل از فعالیت‌های انسانی نظیر تخلیه فاضلابهای شهری، صنعتی و کشاورزی از ساحل به دریا، تردد قایق های صیادی، تفریحی و تجاری و همچنین ورود مواد آلی و معدنی از سواحل شمالی به سمت سواحل جنوبی دریای خزر اعلام کردند. ورود فلز سرب به دریای خزر می‌تواند ناشی از ترکیبات نفتی، تردد، نشت و تخلیه آب توازن نفتکش‌ها، فاظلاب های صنعتی و شهری، کودهای شیمیایی و حیوانی، صنایع آبکاری و تجهیزات الکترونیکی، روغن های مستعمل و سوخته شناورها، صنایع غذایی و رهاسازی سرب از رنگ بدنه کشتی‌ها و شناورها باشد. در این میان، وجود صنایع مختلف مخصوصاً صنایع دریایی در سواحل جنوبی دریای خزر و تخلیه پساب های صنعتی حاوی انواع فلزات سنگین را می توان به عنوان مهمترین دلایل آلودگی با فلز سرب برشمرد (Esmaili Sari, 2002; Sardashti, 2012).

از آنجایی که مناطق مورد مطالعه، دارای اهمیت کشاورزی هستند استفاده از کودهای شیمیایی، قارچکش‌ها و علف‌کش‌ها در مزارع بسیار بالا می باشد. نشت پساب‌های کشاورزی غالباً پس از مصرف کود به وسیله وزش باد و شستشوی خاک مزارع در اثر بارش باران وارد رودخانه ها می شوند و در نتیجه به آلوده نمودن آب دریا و در پی آن ماهیان منجر می‌گردد. با توجه به استفاده وسیع از کادمیوم در انواع کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی می‌توان غلظت بالای کادمیوم در ماهیان مورد نظر را به این امر نسبت داد (Elsagh, 2010). نتایج بررسی حاضر نشان داد، نسبت غلظت فلزات سنگین در ماهیان مورد مطالعه در سواحل استان گلستان (بخش شرقی دریای خزر) و سواحل استان مازندران و گیلان (بخش غربی دریای خزر) در نوسان است. علت این تفاوت ها را می توان وجود منابع آلاینده، ورود مقادیر متفاوت از فاضلاب شهری، صنعتی و به ویژه کشاورزی (به دلیل کشت پراکنده برنج و تولید فاضلاب‌های آلوده به سموم و کود شیمیایی) از ساحل به دریا، تردد متفاوت و پراکنده نفتکش ها، کشتی های تجاری و قایق های تفریحی و همچنین تفاوت ورود مواد آلی و معدنی به مناطق مختلف سواحل جنوبی دریای خزر دانست.

به طور کلی مقدار جذب فلز سنگین سرب و کادمیوم در آبشش ماهی کفال طلایی در حوضه جنوبی دریای خزر به ترتیب ۱/۶۵، ۱/۰۱ میکروگرم برگرم بود. نتایج مقایسه مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام شده بر روی گونه‌های مختلف ماهیان و همچنین با استانداردهای جهانی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتیجه مقایسه مطالعه حاضر نشان داد که میزان آلودگی کفال ماهیان به عناصر سنگین کادمیوم و سرب بسیار قابل توجه و بیشتر از سطح استاندارد سازمان بهداشت جهانی است. همچنین نتیجه مقایسه کفال ماهیان با ماهیان سایر مناطق دیگر نشان داد که میزان تجمع این عناصر در کفال ماهیان نسبت به ماهیان: بیاه، زمین کن و شورت، کپور معمولی و ماهی سفید، سیاه ماهی، کفال خاکستری، شانک زرد باله، *Solea lascaris* بالاتر و نسبت به ماهیان: *Scomberesox saurus*، *Sardina pilchardus*، *Trigla cuculus*، *Atherina hepsetus*، *Sparus auratus*، کفال خاکستری و کفال طلایی پایین‌تر بوده است.

یافته‌های پژوهش حاضر اطلاعات مناسبی را در مورد توزیع و تجمع غلظت فلزات سنگین و سمی کادمیوم و سرب در کل نوار ساحلی جنوبی دریای خزر ارائه می‌کند که می‌تواند در فرآیندهای ارزیابی و پایش آلودگی فلزات سنگین ماهی کفال طلایی در آبهای جنوبی دریای خزر مفید باشد. نتایج پژوهش کنونی نشان می‌دهد که عواملی نظیر فصل، چرخه تولید مثلی، منابع آلوده کننده، بر روی میزان تجمع دو فلز سنگین و سمی سرب و کادمیوم مؤثر بوده است. با توجه به تجزیه و تحلیل نقشه‌های GIS روند تراکم و تمرکز هر دو فلز از سمت شرق به غرب به صورت نزولی بوده است به طوری که از شدت مقدار آن به سمت غرب دریای خزر کاسته می‌شود و این مناطق در مجاورت یکدیگر قرار گرفته اند. در نهایت می‌توان این طور بیان نمود میزان آلودگی مناطق شرقی دریای خزر (بندرترکمن و خواجه نفس) بسیار بالا بوده، و در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی بالاتر از حد مجاز می‌باشد. استفاده بی رویه از فاضلاب های تصفیه نشده صنایع در بخش کشاورزی و رهاسازی زهاب های کشاورزی به رودخانه های منتهی به دریای خزر و از همه مهم‌تر طرح های گردشگری موجب می‌گردد تا در درازمدت، مقدار این عناصر در آب این بخش از دریا افزایش یافته و در نتیجه در بافت ماهیان این منطقه تجمیع یابد و سلامت مردم را مورد تهدید جدی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

قرار دهد. پیشنهاد می‌شود علاوه بر پایش سالانه فلزات سنگین و سموم کشاورزی در زیست بوم دریای خزر و مشخص نمودن روند و نوع آلودگی در این حوضه؛ اصلی‌ترین منابع آلوده کننده حوضه آبریز دریای خزر نیز شناسایی گردد و با همکاری درون و برون سازمانی ارگان‌هایی نظیر محیط زیست، شیلات، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مرکز اقیانوس شناسی دریای خزر و آزمایشگاه تحقیقات شیلات تمامی منابع را تحت نظارت قرار دهند تا میزان آلودگی به حد مجاز کاهش یابد.

جدول ۴. مقایسه مقدار جذب فلز سنگین سرب و کادمیوم (میکروگرم بر گرم) در بافت آبشش بین گونه‌های مختلف

ماهی	منطقه مورد مطالعه	سرب	کادمیوم	منبع
ماهی بیاه[1]	رودخانه دز	۰/۰۲۶*	۰/۱۲۸*	Velaayatzade *et al.*, (2014)
ماهی بیاه	رودخانه کارون	۰/۰۲۸*	۰/۰۳۷*	
ماهی زمین کن[2]	منطقه حفاظت شده حرا	۰/۱۵	۰/۱۵	Mohamad nabizade and Purkhabaz, (2013)
ماهی شورت[3]		۰/۰۵	۰/۰۷	
ماهی سفید[4]	شرق دریای خزر	۱/۳۱	۰/۳	Elsagh, (2010)
ماهی کپور معمولی[5]		۰/۲	۰/۴	
سیاه ماهی[6]	قنات بیرجند	-	۰/۱۷	Mansoori *et al.*, (2010)
کفال خاکستری[7]	دریای سیاه	۰/۰۸*	۰/۰۳۱*	Stancheva *et al.*, (2013)
کفال طلایی	دریای خزر (مازندران)	۳/۶۱	۰/۹	Taghavi jelodar *et al.*, (2011)
شانک زردباله[8]	خلیج فارس	۰/۶۱	۰/۱۹	Husseini Khezri *et al.*, (2010)
Solea lascaris	اسکندریه - ترکیه	۲/۹۸	۰/۳۹	Yılmaz *et al.*, (2010)
کفال خاکستری	ترکیه	۳/۱۲	۰/۰۲	Dural *et al.*, (2007)
Sparus auratus	شمال شرق مدیترانه	۱۳/۳۱	۱/۷۹	Canli and Atli, (2003)
Atherina hepsetus		۱۲/۳۷	۱/۸۵	
کفال خاکستری		۸/۹۵	۲/۰۸	
Trigla cuculus		۱۲/۸۱	۲/۲۵	
Sardina pilchardus		۸/۹۹	۱/۵۶	
Scomberesox saurus		۱۶/۲۵	۲/۵۵	
کفال طلایی	حوضه جنوبی دریا خزر	۱/۶۵	۱/۰۱	مطالعه حاضر
WHO	-	۰/۵	۰/۱	WHO, (1987)
FAO	-	۰/۵	۰/۵	FAO, (1983)
EC	-	۰/۲-۰/۴	۰/۰۵-۰/۱	EC, (2001)
NHMRC	-	۰/۰۲	۰/۰۲	NHMRC, (1987)
U.K(MAFF)	-	۰/۲	۰/۰۲	Collings *et al.*, (1996)

*) بر حسب میلی‌گرم برکیلوگرم. -) اطلاعات در دسترس نسیت.

تشکر و قدردانی

این پژوهش در آزمایشگاه تحقیقات شیلات و با حمایت مالی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگـان دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد تنکابن انجام پذیرفت. از تمامی عزیزان که در انجام این پژوهش به ویژه خانم مهندس شقایق قدرتی و خانم مهندس آمنه امیر جنتی تشکر و قدردانی می‌گردد.

[1] *Liza abu*
[2] *Platycephalus indicus*
[3] *Sillago sihama*
[4] *Rutilusfresii kutum*
[5] *Cyprinus carpio*
[6] *Capoeta fusca*
[7] *Mugil cephalus*
[8] *Acanthopagrus latus*

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

منابـع

Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, M.R., Baeyens, W. 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment. 157(1-4): 499-514.

Akhoundi, L., Nazari, A., Nagha'ea, M. 2010. Qualitative zoning of the Ghomroud River using geographic information system (GIS). National conference on water with the approach of clean water at the University of Water and Power Industry (Shahid Abbaspour), 11-12 March. 8. (in Persian)

Amini Ranjbar, Gh., Sotudehnia, F. 2005. Investigation of heavy metals accumulation in muscle tissue of (*Mugil auratus*) in relation to standard length weight age and sex. Iranian Scientific Fisheries Journal. 14: 1-18. (in Persian)

Asakere, H. 2008. The application of Kriging method in interpolating rainfall; case study: interpolation of rainfall on December 17 1996, Iran Zamin. Iranian Journal of Geography and Development. 12: 25-42. (in Persian)

Aslan Parviz, H. 1991. The Caspian Sea Mullet, Aquatic scientific-research monthly. 14: 15-26. (in Persian)

Balaji, R.O., Upmanu, L. 1998. Locally weighted polynomial estimation of spatial precipitation. Journal of Geographic Information and Decision Analysis. 2(2): 44-51.

Balakrishnan, A., Ramu, A., Murugesan, A. 2013. Spatial distribution of heavy metal concentration in groundwater in and around palk strait sea shore area using gis techniques. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2(12): 7650-7656.

Bazrafshan, A. 1994. Exploring physical and chemical parameters and oil pollution in the eastern part of the Caspian Sea (prior to oil well drilling), MSc. thesis. Islamic Azad University, North Tehran Branch. (in Persian)

Canli, M., Atli, G. 2003. The Relationships between heavy metals (Cd, Cr, Fe, Pb, Zn) level and the six of Mediterranean fish species. Environmental Pollution. 121(1): 129-136.

CEP (Caspian Environment Program). 2002.

Chandrasekaran, A., Mukesh, M.V., Anantharaman, P., Tamilselvi, M., Muthukumarasamy, R., Manivel, T., Rajmohan, R. 2013. Trace Metal Concentration in Sediments of Tamirabarani River in relationships with physico chemical characteristics -a study using gis application. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 3(2): 9-15.

Collings, S.E., Johnson, M.S., Llouh, R.T. 1996. Metal Contamination of angler-caugh fish from the Mersey Estuary. Marine Environmental Research. (3): 281-297.

Dietz, R., Riget, F., Cleeman, M., Aarkrog, A., Johansen, P., Hansen, J.C. 2000. Comparison of contaminants from different trophic levels and ecosystems. The Science of the Total Environment. (245): 221-231.

De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S., Cassi, R. 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediment of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin. (48): 61-77.

Dural, M., Göksu, M.Z.L., Özak, A.A. 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry. 102: 415-421.

EC. European Commision Regulation. 2001. Official Journal of the European Communities. 1.77/1, No 466/2001.

Elsagh, A. 2010. Determination of some heavy metals in (*Rutilus frisii kutum*) and (*Cyprinus carpio*) fillet from south Caspian Sea. Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 89: 33-44. (in Persian)

Esmaili Sari, A. 2002. Pollution Health and environmental standards. University Press, Tarbiat Modares. pp. 174-176, 235-355. (in Persian)

FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. Food and Agriculture Organisation (FAO) Fishery Circular. (464): 5-100.

Fazelnia, Gh., Hakimdoost, Y., Belyani, Y. 2012. Comprehensive Manual for GIS Use Model in urban, rural and environmental planning. Azadpeyma Publication. 251 p. (in Persian).

Hamed. H.A., Emera, A.M. 2006. Marine molluscs as biomonitors for heavy metal levels in the Gulf of suez, Red Sea. Journal Mar Syst. (60): 220-234.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

Hemens, J., Connell, A.D. 1975. Richards Bay: Southern bay conservation area. CSIR/ NIWR Progress Report No. 29 CSIR, Durban, South Africa.

Hosseini, S.M., Mirghaffari, N., Mahboobi soofiani, N., Khodakarami, L. 2011. Evaluation of mercury contamination in the caspian sea's sediment by gis and geostatistic. Journal of Natural Environment. 64(2): 169-183. (in Persian)

Husseini Khezri, P., Tashkhorian, J., Kavianiu, A. 2012. The relationship between heavy metals (pb, Cd, Hg) and size of fishing four fish specimen caught in the Persian Gulf (Boushehr's waters). Conference on Health and Safety of Food Stuff. (in Persian).

Jamshidi Zanjani, A., Saeadi, M. 2013. Assessing pollution and qualitative zoning of surface sediments of Anzali lagoon based on indices for measuring heavy metal pollution. Ecology. 4: 157-170. (in Persian)

Juang, K.W., Lee, D.Y., Ellsworth, T.R. 2001. Using rank-order geostatistics for spatial interpolation of highly skewed data in heavy metal contaminated site. Journal of Environmental Quality. 30: 894-903.

Kalantari, M., Ghezelbash, S., Jabari, K. 2009. Spatial analysis of urban delinquency using Kernel density estimation model; case study: offences of mischief and conflicts in the city of Zanjan. Journal of Security and Social Order Strategic Studies. 3: 73-100. (in Persian)

Kang Tssung, C. 2004. Introduction to geographic information system. 2nd edition, McGraw Hill. 109 p.

Khalil, M., Faragallah, H. 2008. The distribution of some leachable and total heavy metals in core sediments of Manzala lagoon. Egyptian Journal of Aquatic Research. 34(1): 1-11.34.

Khosrawwi Rad, S. 1992. Co-culture of Chinese Carp fish with Mullet, Organization of Researches and Education Publication Mazandaran Province. 50 p. (in Persian)

Kotze, P.J. 1997. Aspects of water quality, metal contamination of sediment and fish in the Olifants River, Mpumalanga', Rand Afrikaans University, South Africa. 157 p.

Kotze, P.J., Du Preez, H.H., Vuren van, J.H.J. 1999. Bioaccumulation of Copper and Zinc in (*Oreochromis mossamicus*) and (*Clarias gariepinus*), from the Olifants River, Mpumalanga, South Africa. 12 p.

Makhdoum, M., Darvish Sefat, A.A., Jafarzade, H. Makhdoum, A. 2013. Assessing and planning of the environment by GIS. University of Tehran's Publication, 204 p. (in Persian)

Mansoori, B., Ebrahimpur, M. Baba'ea, H. 2010. Determining level of heavy metals in various (*Capoeta fusca*) tissues in the central part of the aqueduct of Birjand. Journal of Veterinary. 89: 46-52. (in Persian)

Mohamad Nabizade, S., Purkhabaz, A. 2013. Biological detection of heavy metals in the tissues of (*Sillago sihama*) and (*Platycephalus indicus*) in the Mangrove Biosphere Reserve. Journal of Iranian Veterinary. 9(1): 64-75. (in Persian)

Moopam. 1983. Manual of oceanographic observation and pollution analysis. Regeonal Organization for the Protection of Marine Environment (ROPME). Mormede.

NHMRC, National Health and Medical Research Council. 1987. National food standard A12: Metals and contaminants in food. Canberra, Australia Australian Government Publishing Services.

Pakbaz, M., Purvakhshroudi, S.Z. 1995. Protecting the Caspian Sea environment, sustainable development and productivity, Aquatic Scientific-Research Monthly. 9: 20-26. (in Persian)

Raj chandar, P., Rejeesh kumar, P. 2012. Mapping and analysis of marine pollution in tuticorin coastal area using remote sensing and GIS. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS. 1(1): 34-48.

Roger, N.R. 1994. Environmental Analysis. John Wiley and Sons, New York, USA. 263 p.

Saeadi, M., Abesi, A., Jamshidi, A. 2010. Heavy metal pollution and oil pollutants in surface sediments in the eastern part of the Caspian Sea using available indicators. Ecology. 53: 21-38. (in Persian)

Sardashti, H. 2012. Environment Analytical Chemistry. University of Tehran Publictaion. 304 p. (in Persian)

Selvam, S., Venkatramanan, S., Singaraja, C. 2015. A GIS-based assessment of water quality pollution indices for heavy metal contamination in Tuticorin Corporation, Tamilnadu, India. Arabian Journal of Geosciences. 8(12): 10611-10623.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

Sengupta, A.K. 2002. Environmental separation of heavy metals. engineered processes. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 400 p.

Stancheva, M., Makedonski, L., Petrova, E. 2013. Determination of heavy metals (pb, Cd, As, Hg) in black sea grey mullet (*mugil cephalus*). Bulgarian Journal of Agricultural Science. 19(1): 30-34.

Standard methods for the examination of water and waste water. USA 2005. 100-200 p.

Stephen, M., Sheikholeslami, M. 2002. Final report: interpretation of Caspian Sea sediment data. Suez, Red Sea. Journal of Marine Systems. (60): 220-234.

Tavakoli Mohamadi, M., Khodadadi, A., Partani, S., Marzban, M. 2011. Examining heavy metal sources of contamination in Zanjan Province using GIS, Conference on Earth sciences. 30, (in Persian)

Tekin-Özan, S., Kir, I. 2008. Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). Environmental Monitoring and Assessment. 138(1): 201-206.

Taghavi jelodar, H., Sharifzadeh Baei, M., Najafpour, Sh., Fazli, H. 2011. The Comparison of Heavy Metals Concentrations in Different Organs of (*Liza aurata*) Inhabiting in Southern Part of Caspian Sea. World Applied Science Journal. (14): 96-100.

Veerasingam, S., Raja, P., Venkatachalapathy, R., Mohan, R. Sutharsan, P. 2010. Distribution of petroleum hydrocarbon concentration in coastal sediment along Tamilnadu Coast, India. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 5(2): 5-8.

Velaayatzade, M., Asgari Sari, A., Khodadadi, M., Kazemina, M., Beheshti, M. 2014. Measurement and comparison of density of mercury, lead and cadmium in *Liza abu* in Karoon and Dez rivers in Khuzestan province. Journal of Environmental Sciences and Technology. 3: 51-61. (in Persian).

Vinodhini, R., Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish (*Cyprinus carpio*) Common carp. International Journal of Environmental Science and Technology. (5): 179-182.

Webster, R., Burges, T.M. 2002. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties iiichanging drift and universal kriging. Journal of Soil Science. (31): 505-524.

WHO/FAO expert consultation. 1987. Setting environmental standards guidelines for decision making. Geneva.

Yilmaz, A.B., Sangun, M.K., Yagclyogclu, D., Turan, C. 2010. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal species from Iskenderun Bay, Turkey. Food Chemistry. 123: 410-415.

Zangane, P., Lakan, K. 2007. The concentration of heavy metals in surface sediments of the Caspian Sea in Iran. Journal of Water and Wastewater. 63: 1-12. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]