

ارزیابی زیست محیطی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی بندر امام و دیلم،

شمال خلیج فارس، ایران

قدرت الله رستمی پایدار^۱ و هومن مرادپور^{۲*}

۱-استادیار گروه زمین شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران moradpourhooman@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۱

چکیده

ارزیابی غلظت فلزات سنگین جهت پایش آلودگی خاک، حفظ کیفیت محیط زیست و سلامت انسان ضروری است. این مقاله با هدف ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رسوبات ساحلی بندر امام و دیلم انجام گرفته است. جمع آوری داده‌های این مطالعه طی سال ۱۳۹۴ در ۲۰ ایستگاه نمونه برداری و تعداد ۴۲ نمونه برداشت شده از رسوبات ساحلی انجام شد و فلزات سنگین با روش ICP-MS و جذب اتمی مورد تجزیه قرار گرفت. سپس متغیرهای آماری و شاخص‌های مهم زیست محیطی از قبیل شاخص زمین انباشت (Igeo)، ضریب غنی‌شدگی (EF)، فاکتور آلودگی (Cf)، درجه آلودگی (Cd)، شاخص بار آلودگی (Pli) و شاخص ریسک اکولوژیکی (Er) و روش های درون یابی از وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) و روش تابع شعاعی پایه (RBF) با پنج زیر شاخه آن، روش چند جمله ای محلی (LP) و همگانی (GP) برای بررسی بهترین توزیع در منطقه محاسبه گردید. بر مبنای نتایج تجزیه شیمیایی مقدار میانگین این فلزات سنگین برای کروم، جیوه، آرسنیک، سرب و کادمیوم بترتیب ۵۴/۲۷، ۰/۰۷، ۵/۴۹، ۱۰/۱۳ و ۲۵/۰۰۱ mg/kg به دست آمده است. در ادامه غلظت فلزات سنگین به تفکیک منطقه با مطالعات مشابه در جهان تطبیق داده شد. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه دارای صنایع تولیدی سنگین و موقعیت بندرگاهی هستند، آلودگی‌های فلزات سنگین حاکی از عملکرد غالب فعالیت‌های انسان‌زاد (آنتروپوژنیک) در منطقه می‌باشد و بندر امام در مقایسه با خط ساحلی دیلم از ریسک آلودگی بالاتری برخوردار است.

واژگان کلیدی: بندر امام، دیلم، رسوبات ساحلی، شاخص زمین زیست محیطی، روش درون یابی، فلزات سنگین.

مقدمه

به چرخه غذایی باعث اهمیت خطر زیست محیطی می‌شود (Yan et al., 2010; Hua et al., 2012 Aelion et al., 2008; 2009) ۱۲ عنصر فلزات سنگین که در اولویت طبقه‌بندی آلودگی قرار دارد توسط آژانس حمایت زیست محیطی آمریکا معرفی گردیده است شامل آرسنیک، برلیوم، کادمیوم، کروم، سرب، جیوه، نیکل، سلنیوم، نقره، تیتان، وانادیم و روی می‌باشند (Poggio, 2009; Olawoyin et al., 2012). فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی محسوب می‌شوند که از طریق منابع متعدد انسان‌زاد یا طبیعی بصورت مستقیم یا غیرمستقیم وارد پهنه‌های آبی می‌شوند. بخشی از فلزات سنگین پس از ورود به محیط‌های آبی بصورت

شهرهای در حال صنعتی شدن و بندرگاهی یکی از مناطق مستعد برای ته نشینی فلزات سنگین و دیگر آلودگی‌هاست (Mielke et al., 1999) که امروزه خود عامل خطرناکی برای سلامت جوامع انسانی و سایر موجودات شده است (Davydova, 2005; Zahir, 2005). بررسی رسوبات ساحلی بعنوان شاخص مناسبی برای تعیین آلودگی‌های تجمع یافته در سواحل است. تجمع بالای فلزات سنگین در رسوبات ساحلی و سمی بودن آنها همواره باعث خطرات زیادی می‌شود و میزان بیش از حد استاندارد آن به بدن موجودات زنده آسیب می‌رساند. علاوه بر آن پتانسیل تجمع زیستی بالای فلزات سنگین و ورود اجتناب‌ناپذیر آنها

۳۴ اسکله فعال، بزرگ‌ترین بندر فعال ایران است. بندر امام خمینی از نظر تقسیمات کشوری بخشی از شهرستان ماهشهر و در فاصله ۱۵ کیلومتری آن در استان خوزستان قرار دارد و از نظر موقعیت جغرافیایی بندر امام در ۴۹ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و بندر دیلم در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳ دقیقه واقع شده‌اند. بندر دیلم نیز یکی از شهرهای ساحلی استان بوشهر است. این بندر در ۲۳۲ کیلومتری شمال غربی بندر بوشهر در ۷۲ کیلومتری جنوب شهر بهبهان و در ساحل خلیج فارس قرار دارد. موقعیت این دو بندر در شکل ۱ نشان داده شده است. سهم این دو بندر در فعالیت‌های اقتصادی منطقه چشمگیر بوده و با توجه به این موضوع، بررسی آلودگی رسوبات سواحل به فلزات سنگین بعنوان هدف اصلی این پژوهش جالب توجه است. در اولین نگاه، بررسی زمین‌شناسی منطقه می‌تواند در روشن شدن هر چه بهتر فرایند، مقدار و پراکندگی فلزات سنگین مورد مطالعه مفید باشد.

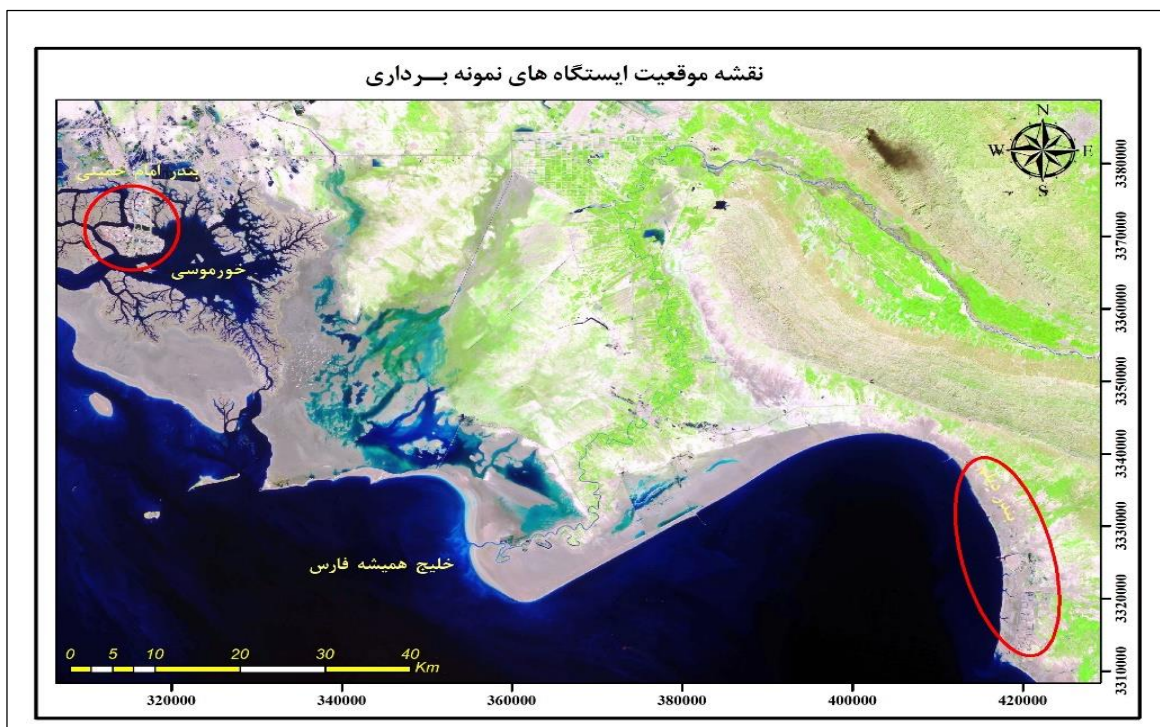
از نگاه زمین‌شناسی در این منطقه رسوبات با سن پالئوژوئیک و بعد از آن روی پی‌سنگ خلیج فارس قرار گرفته است. ساختار امروزی خلیج فارس ناشی از حرکات عمده ساختاری دوره ترشیاری رخ داده است و نقطه عطف آن همگرایی بین صفحات ایرانی و عربی است که از زمان کرتاسه آغاز شده است. این اطلاعات با استفاده از نقشه‌های هم‌ضخامت بر اساس اطلاعات دریافت‌شده از چاه‌های نفت آشکار شده است (Farhoudi, 1977).

پی‌سنگ خلیج فارس از نگاه چینه‌شناسی شامل کمپلکس ماگمایی دیوریت، کوارتز دیوریت و ترونجیت در سنگ‌های آتشفشانی درونی وابسته به جزایر ولکانیکی است. این پی‌سنگ در بسیاری نقاط توسط ماسه‌سنگ و در بعضی مناطق با نمک سری هرمز و سنگ آهک پوشیده شده است. گاه‌ها به طور بخشی توسط نمک‌های سری هرمز به سطح آورده شده‌اند و باعث ایجاد دیاپیرهای نمکی در خلیج فارس شده است (Farhoudi, 1977). جهت بررسی چینه‌شناسی منطقه از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مناطق بندر ماهشهر و بندر امام‌خمینی (تهیه شده توسط شرکت ملی نفت ایران) استفاده شده است. چنانکه در این نقشه‌ها نیز ملاحظه می‌شود رسوبات عصر حاضر اغلب روی سازندهای قدیمی را کاملاً پوشانده است.

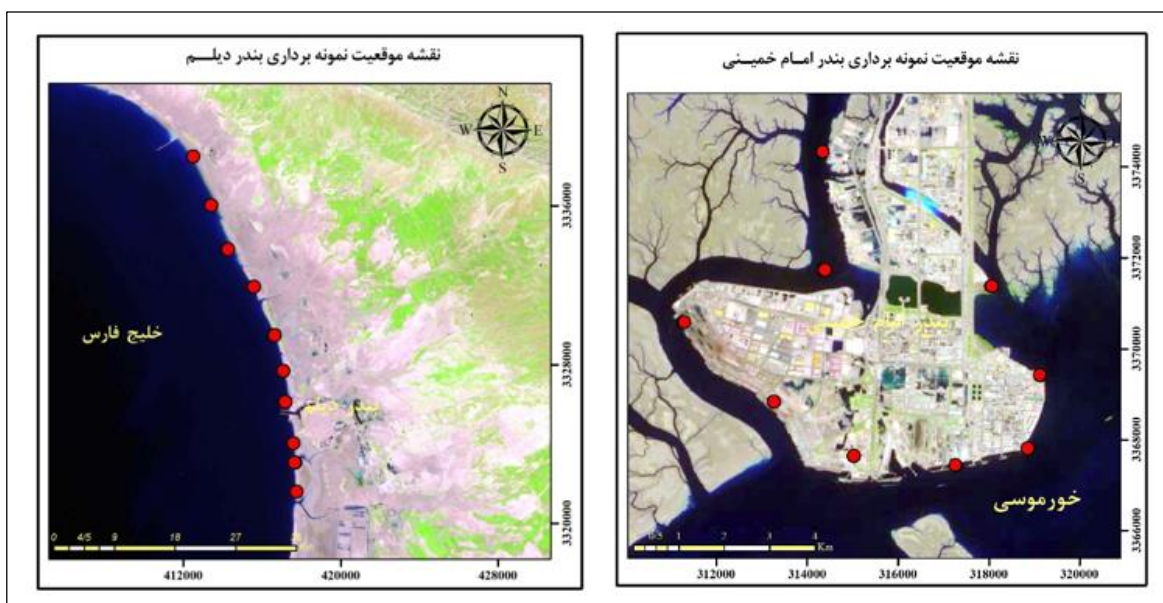
محل در می‌آیند. مقداری از این فلزات نیز توسط پیوندهای سست سولفیدی و یا آلی به ذرات معلق متصل می‌شوند. ذرات معلق حاوی فلزات سنگین در صورت ته‌نشین شدن به مرور در رسوبات تجمع می‌یابند (Zhou, 2007; Pote et al., 2008). میزان تجمع فلزات سنگین به ساختار شیمیایی رسوبات، نوع ترکیبات موجود در آب، نرخ رسوبگذاری فلزات، شرایط فیزیکوشیمیایی آنها (یونی-کمپلکسی) و همچنین ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی آب از نظر Ph، قلیائیت، وجود تجمع‌دهنده‌ها و غلظت اکسیژن محلول بستگی دارد (کرباسی، ۱۳۸۶). بطور کلی منابع انسان‌زاد فلزات سنگین در رسوبات شامل سهم ترافیک (دود آگروز و سایر نقلیه سنگین، پوشش تایرها، ترمز ماشین‌ها)، سهم صنعت (سوخت و صنایع سنگین، کارخانه‌های شیمیایی و غیره) سهم خانگی (هوازدگی ساختمان‌ها، آسفالت‌ها، سنگفرش‌های سطح و ته‌نشت‌های اتمسفری و مانند آن است (Li et al., 2012; Chen et al., 2010; Papa et al., 2010). همچنین مهمترین منابع آلوده‌کننده سواحل نیز شامل دفع و تخلیه فضولات کشتی‌ها، تخلیه آب توازن و مواد نفتی از شناورهای کوچک و بزرگ و فاضلاب ناشی از صنایع منطقه است. بندر امام خمینی و بندر دیلم دو شهر نیمه‌صنعتی و بندرگاهی واقع در جنوب باختری ایران است، که دارای بزرگترین بنادر کشتیرانی و صنایع سنگین (کارخانه پتروشیمی) است و به‌نظر می‌رسد این امر باعث افزایش نرخ تصاعدی آلودگی در این مناطق گردیده است. با در نظر گرفتن نوع فعالیت‌های انجام شده در منطقه مطالعاتی، پنج عنصر کروم، جیوه، آرسنیک، سرب و کادمیم جهت بررسی وضعیت آلودگی رسوبات منطقه به فلزات سنگین انتخاب گردید. اهداف این مطالعه شامل بررسی میزان فلزات سنگین در رسوبات ساحلی و بندرگاهی دیلم و گناوه و ارائه نتایج حاصله و همچنین ارزیابی شاخص‌های مهم زیست‌محیطی در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. در نهایت تحقیق مذکور می‌تواند جهت بررسی و پایش زیست‌محیطی بنادر مذکور از نظر آلودگی فلزات سنگین مفید واقع گردد.

ویژگی‌های عمومی و زمین‌شناسی منطقه

بندر امام خمینی یکی از بنادر مهم و استراتژیک ایران در ساحل شمال باختری خلیج فارس است. این بندر با داشتن



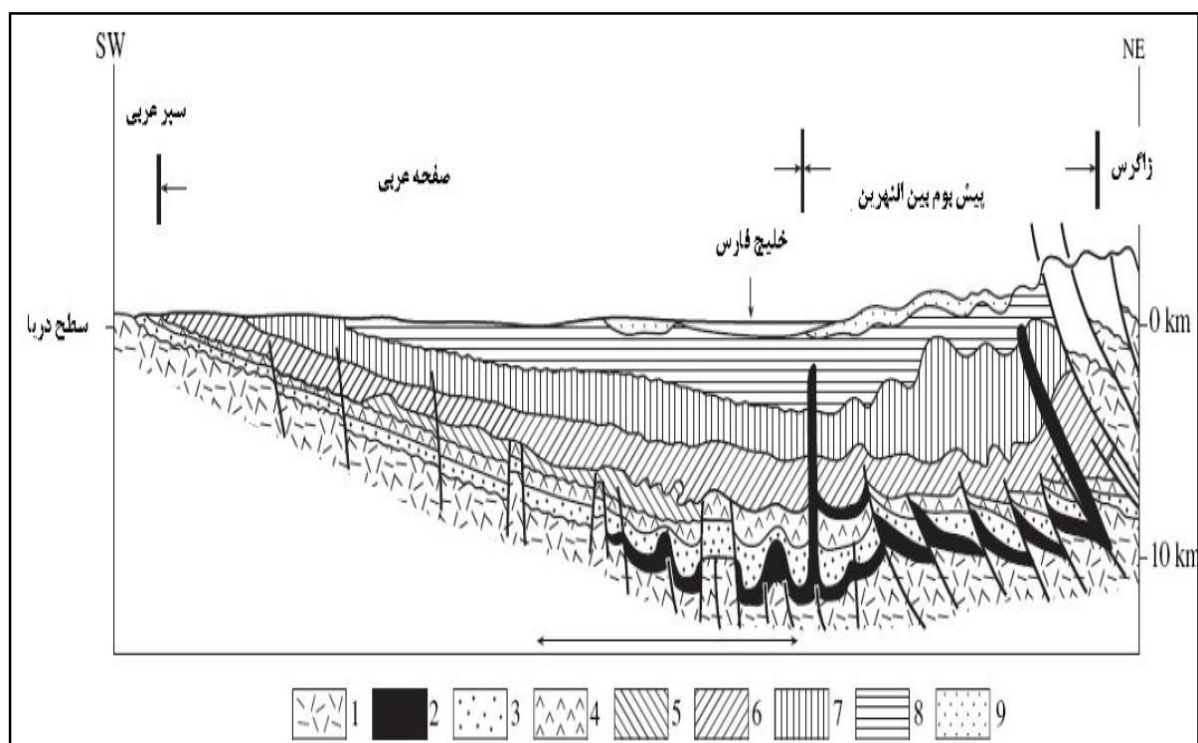
شکل ۱- نقشه موقعیت ایستگاه های نمونه برداری



شکل ۲- نقشه موقعیت نمونه برداری رسوبات ساحلی بندر امام و دیلم

منطقه مورد مطالعه دو عامل اصلی جهت جریان های دریایی و جهت وزش بادهای غالب منطقه جنوب باختری (بادهای قوس و شمال) باعث جابجایی آلاینده ها می شوند (اسلامی اندار، ۱۳۸۷). همچنین طوفان های غبار مقادیر نسبتاً زیادی از مواد تخریبی ریزدانه را از دشتهای ساحلی و بیابان های شمالی، شمال غرب عراق و صحرای عربستان با خود به داخل خلیج می آورند (چنانی و همکاران، ۱۳۸۷).

در زیر رسوبات نرم و پلاژیک خلیج فارس سازندهای آغاچاری، میشان، گچساران، آسماری، جارو، پابده، گورپی، سروک، کژدمی و گروه خامی بترتیب از جدید به قدیم قرار گرفته اند. رسوبات عهد حاضر بخش شمالی سواحل خلیج فارس که مناطق مورد مطالعه را هم شامل می شود، اغلب شامل نهشته های سیلتی و رسی تخریبی رودخانه ای، ماسه های ساحلی، نهشته های زیستی و بادی می باشد. در کلیه سواحل



شکل ۳. ساختار رسوبات موجود در بخش میانی حوضه رسوبی خلیج فارس شامل صفحه عربی و رشته کوه زاگرس (Sharland et al., 2001). ۱) پی سنگ عربی ۲) نمک‌های کامبرین ۳) پالئوزویک زیرین - میانی ۴) پرمین ۵) تریاس ۶) ژوراسیک ۷) کرتاسه ۸) ترشیاری ۹) نهشته‌های کواترنری.

روش تحقیق

پلاستیکی بسته‌بندی شد و جهت تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه ACME کانادا ارسال گردید. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و آسیاب شدن به روش طیف‌سنج جرمی پلاسمای جفتیده القایی (دستگاه ICP-MS مدل Agilent series 4500 USA) مورد تجزیه قرار گرفت. حد تشخیص دستگاه برای آنالیز عناصر در جدول ۲ آمده است. عناصر آرسنیک و جیوه توسط روش جذب اتمی در آزمایشگاه زرآما تهران مورد تجزیه قرار گرفت. پس از دریافت نتایج آزمایشات با توجه به استانداردهای جهانی موجود، نتایج بدست آمده مورد تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر است برای بدست آوردن مقدار غلظت زمینه محلی فلزات سنگین معمولاً چند نمونه از منطقه دور از آلودگی نوار ساحلی برداشت و مخلوط گردید و مقدار میانگین آن برای مقدار غلظت زمینه محلی فلزات سنگین منطقه در نظر گرفته شد. پس از دریافت گزارش نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها،

داده‌های موجود در این مطالعه طی عملیات صحرائی و نمونه‌برداری در تابستان ۱۳۹۴ برداشت شد. در کل تعداد ۴۲ نمونه رسوب از سواحل بندر امام و بندر دیلم برداشت شد (جدول ۱). در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشخص شده است. از جمله محدودیت‌های تحقیق می‌توان به عدم دسترسی به برخی از سایت‌های صنعتی جهت انجام عملیات نمونه برداری اشاره نمود. در بخش ساحلی نمونه‌برداری از هر ایستگاه بصورت دستی توسط بیلچه پلاستیکی و از عمق ۵-۲۰ سانتی متری انجام شد و به صورت خط منبأ در راستی یک خط از لب ساحل به سمت خشکی برداشت گردید. از هر ایستگاه تعداد دو نمونه به وزن تقریبی ۵۰۰ گرم برداشت شد. جنس نمونه‌های برداشت شده اغلب ماسه دانه‌ریز (سیلت) و رس است. نمونه‌ها در ابتدا با الک ۲۳۰ مش (قطر کمتر از ۶۳ میکرون) الک شد. سپس نمونه‌ها کدگذاری و در کیسه‌های

اساس مقادیر زمینه پوسته فوقانی محاسبه شده است. مقدار فاکتور غنی‌شدگی اگر $EF < 1$ باشد، عنصر مورد نظر دارای غنی‌شدگی نمی‌باشد و در صورتیکه $EF > 1$ باشد عنصر مورد نظر در محیط دارای غنی‌شدگی می‌باشد. در جدول ۴ رابطه میزان EF و درجه آلودگی نشان داده شده است.

$$EF = \frac{[\frac{C_x}{C_{ref}}]_{Sample}}{[\frac{C_x}{C_{ref}}]_{background}} \quad (2)$$

فاکتور آلودگی، درجه آلودگی: به منظور دستیابی به مقدار آلودگی فلزات سنگین در محیط رسوب، فاکتور آلودگی (C_f)، درجه آلودگی (C_{deg}) مورد استفاده قرار می‌گیرند (Rastmenesh et al., 2010). فاکتور آلودگی مطابق با رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

$$C_f = \frac{C_m}{C_B} \quad (3)$$

C_f : فاکتور آلودگی فلز مورد نظر،
 C_B : غلظت عنصر مورد نظر در نمونه زمینه است که در این مطالعه از میانگین پوسته فوقانی استفاده شده است (Taylor and McLennan, 1995). فاکتور آلودگی در چهار کلاس در جدول ۵ طبقه‌بندی شده است (Hakanson, 1980). فاکتور آلودگی در واقع نشان‌دهنده میزان آلودگی یک عنصر می‌باشد. درجه آلودگی در واقع مجموع فاکتور آلودگی ($\sum C_f$) مربوط به همه فلزات است که توسط رابطه (۴) محاسبه می‌گردد. در جدول ۵ طبقه‌بندی درجه آلودگی ارائه شده است (Hakanson, 1980).

$$Cd = \sum C_f \quad (4)$$

ریسک اکولوژیکی: جهت محاسبه مقدار ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه از رابطه (۵) استفاده شده است (Hakanson, 1980):

$$E_r = T_r \times C_f \quad (5)$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r$$

موضوع مورد بحث و تحلیل قرار گرفت. در ادامه مهم‌ترین شاخص‌های زمین زیست‌محیطی معرفی شده و وضعیت هر کدام از آنها در منطقه بندر امام و دیلم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شاخص زمین‌انباشتگی: این شاخص برای اولین بار توسط (Muller, 1996) برای غلظت‌های فلزات در ذرات کوچکتر از ۲ میکرون بیان شد و شاخصی است که می‌تواند درجه آلودگی رسوب را تعیین کند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

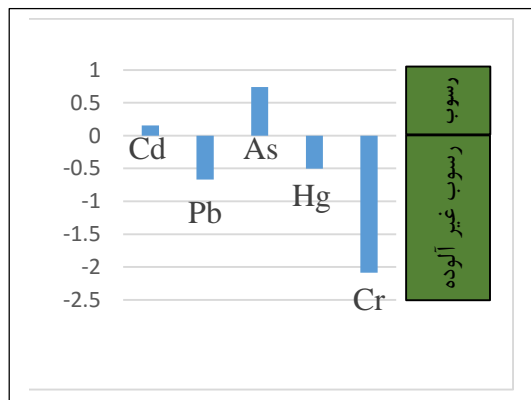
Cn، غلظت عنصر در نمونه مورد مطالعه
 Bn غلظت عنصر زمینه می‌باشند. عدد ۱/۵ در فرمول فوق به دلیل احتمال اختلاف در غلظت اولیه رسوبات به دلیل تاثیر عوامل زمینی و برای حذف تاثیر لیتولوژی‌های مختلف در منطقه، در رابطه فوق گنجانده شده است. شاخص زمین‌انباشتگی در ۷ کلاس طبقه‌بندی شده است (Muller, G., 1996)، که مقادیر آن در جدول ۳ آمده است.

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1.5 B_n) \quad (1)$$

ضریب غنی‌شدگی: در تحلیل‌های زیست‌محیطی یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی میزان تمرکز عناصر تحت تاثیر عوامل انسان‌زاد و طبیعی می‌باشد که توسط ضریب غنی‌شدگی از رابطه (۲) قابل محاسبه است (Lu et al, 2009).

در رابطه (۲) EF فاکتور غنی‌شدگی، C_x غلظت فلز اندازه‌گیری شده در نمونه رسوب، و C_{ref} غلظت فلز مرجع است. فلز مرجع اغلب عنصری است که در دارای کمترین تحرک و تغییرپذیری باشد (Romic, 2003). مهمترین عناصری که به عنوان مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل آهن، تیتانیوم، استرانسیم، آلومینیم و پتاسیم می‌باشند (Brumsacks, 2006). در این مطالعه از عنصر استرانسیم به عنوان مرجع استفاده شده است. بسیاری از محققین از شیل و پوسته فوقانی به عنوان مقدار زمینه استفاده می‌کنند، که در این مطالعه نیز فاکتور غنی‌شدگی بر

کروم (۲/۰۸-) در رسوب و در کلاس غیر آلوده است و فلزات آرسنیک (۰/۷۴) و کادمیم (۰/۱۵) که در کلاس رسوب غیر آلوده تا نسبتاً آلوده قرار دارد. روند تغییرات افزایش شاخص زمین‌انباشت فلزات سنگین در نمونه رسوبات منطقه به ترتیب از کمترین به بیشترین بصورت $Cr < Pb < Hg < Cd < As$ می‌باشد (شکل ۵) در جدول ۴ میزان ضریب و درجه غنی‌شدگی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. بررسی نتایج محاسبه این شاخص در دو منطقه بندر امام و دیلم حاکی از آن است که عنصر کادمیم حداقل غنی‌شدگی، کروم غنی‌شدگی زیاد، سرب غنی‌شدگی بسیار زیاد، جیوه و آرسنیک غنی‌شدگی فوق‌العاده زیاد را نشان می‌دهند (شکل ۶). نتایج بررسی نمونه‌های رسوب از نظر شاخص فاکتور آلودگی در بندر امام و دیلم به منظور دستیابی به مقادیر فلزات سنگین موجود در محیط رسوب نشان‌دهنده آنست که تمامی ۵ فلز سنگین در کلاس آلودگی متوسط قرار می‌گیرند. میزان این شاخص در سه فلز سنگین کادمیم، جیوه و کروم برابر یک است و مقدار $As > Pb$ است که مقادیر آن در جدول ۵ ثبت شده است. نتایج محاسبه شده از فاکتور آلودگی و درجه آلودگی در جدول ۵ ارائه شده است. همانطوریکه ملاحظه می‌شود بر اساس شاخص درجه آلودگی همگی فلزات سنگین مورد مطالعه در طبقه درجه آلودگی بسیار شدید قرار دارند. شاخص ریسک اکولوژی به ترتیب برای کادمیم، سرب، کروم و آرسنیک و جیوه، در شکل ۶ نمایش داده شده است. برای تحلیل مقادیر بدست آمده، در جدول ۶ چهار گروه مختلف تعریف شده اند (Hakanson, 1980).



شکل ۵- مقادیر شاخص زمین‌انباشتگی در بندر امام و دیلم

C_s : غلظت فلز نمونه‌برداری شده

C_n : مقادیر زمینه فلزات را نشان می‌دهد.

E_r : ریسک اکولوژیکی هر عنصر

RI: ریسک اکولوژیکی مجموع عناصر

T_r : شاخص سمی بودن فلزات سنگین نام دارد. شاخص

بار آلودگی (Pollution load index): برای محاسبه شاخص

بار آلودگی PLI از رابطه (۶) استفاده می‌شود (Hakanson, 1980).

(۶)

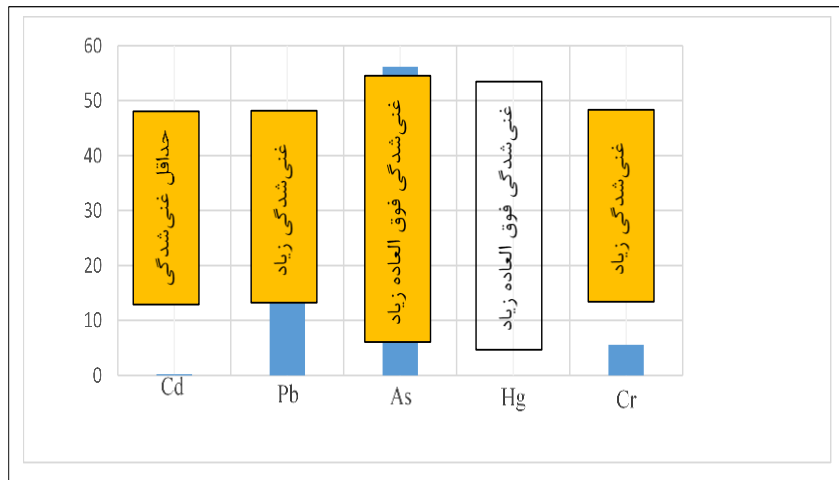
$$Pli = (Cf_1 \times Cf_2 \times Cf_3 \times \dots \times Cf_n)^{1/n}$$

برای شاخص بار آلودگی دو کلاس تعریف شده است که عبارت است از $Pli > 1$ که کلاس آلودگی بالا است و اگر $Pli < 1$ باشد نشانگر کلاس غیر آلوده فلزات سنگین است. در ادامه نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های مهم زمین‌زیست‌محیطی آمده است.

بحث و نتایج

در این بخش نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی رسوبات ساحلی بندر امام و دیلم مورد بحث قرار گرفته است. متغیرهای آماری غلظت فلزات سنگین از قبیل میانگین، بیشینه، کمینه به همراه میانگین پوسته قاره‌ای در جدول ۱ آمده است. مقادیر غلظت فلزات سنگین شامل آرسنیک، کادمیم، کروم، سرب، جیوه و میانگین آن در پوسته فوقانی به همراه شاخص‌های مهم زیست‌محیطی بندر امام و دیلم به تفکیک در جدول ۹ خلاصه شده است. باتوجه به متغیرهای آماری به دست آمده چنین برداشت می‌شود که بیشتر عناصر دارای دامنه تغییرات نسبتاً گسترده‌ای بوده و در برخی از آنها مقادیر، غلظت فلزات سنگین بیشتر از میانگین پوسته فوقانی زمین می‌باشد. در ادامه نیز همچنین غلظت فلزات سنگین رسوبات ساحلی این دو بندر با چند مطالعه مشابه در دنیا مقایسه شده است.

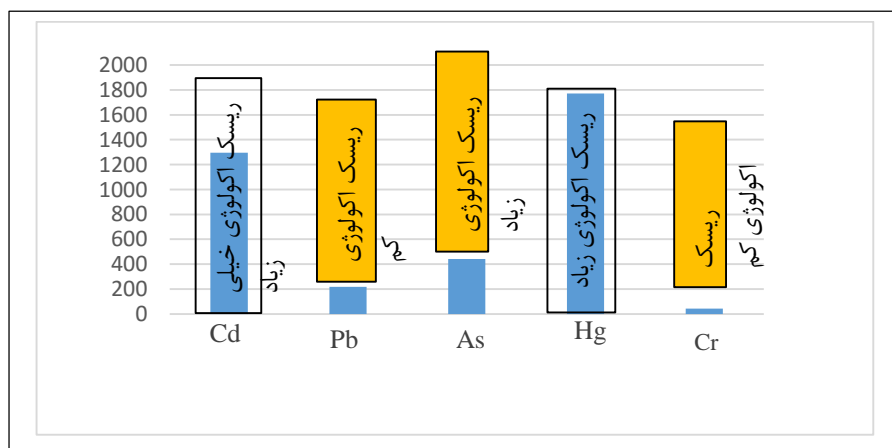
در شکل ۵ نتایج حاصله از مقادیر شاخص زمین‌انباشتگی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی بندر امام و دیلم ارائه شده است. همانطوریکه ملاحظه می‌شود بر اساس جدول ۳، مقدار شاخص زمین‌انباشت جیوه (۰/۵-)، سرب (۰/۶۷-) و



شکل ۶- مقادیر درجه غنی شدگی بندر امام و بندر دیلم

جدول ۱- مقایسه متغیرهای آماری فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه با میران پوسته

Cd	Pb	As	Hg	Cr	فلز سنگین (mg/kg)
۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	تعداد
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۰۵	۰/۵	حد آشکارسازی
۰/۱۵	۱۰	۲/۱	۰/۰۶۷	۱۴۰	پوسته فوقانی
۰/۲۵	۱۰/۱۳	۵/۴۹	۰/۰۷	۵۴/۲۷	میانگین
۰/۲۹	۱۸	۷/۸	۰/۱	۱۱۳	بیشینه
۰/۲۱	۵	۳/۲	۰/۰۴	۲۴	کمینه
۰,۰۱۹	۳,۷۹	۱,۵۹	۰,۰۱۷	۲۲,۷۸	انحراف معیار
۰,۲۷	۶	۷,۶	۰,۰۹۱	۲۶	مد
۰,۲۵	۱۰	۵,۵	۰,۰۸۱	۵۶	میانه
۰,۰۰۰۳۶	۱۳,۷۵۳۸۱	۲,۴۲۹۰۷	۰,۰۰۰۳۰۱	۴۹۵,۷۱۷	واریانس
۱۰,۸	۴۳۶	۲۳۶,۳	۳,۱۴۶	۲۳۳۴	جمع



شکل ۷- مقادیر ریسک اکولوژیک بندر امام و بندر دیلم

جدول ۲- داده‌های فلزات سنگین نمونه‌های رسوبات بندر امام و بندر دلم (mg/kg)

sample no.	X	Y	Cr	Hg	As	Pb	Cd
S1	۴۱۷۷۵۶٫۹۶	۳۳۲۱۶۰۵٫۸	۳۳	۰٫۰۵۱	۷٫۱	۶	۰٫۲۲
S2	۴۱۷۶۷۴٫۶۵	۳۳۲۳۰۶۹٫۲	۴۷	۰٫۰۵۴	۷	۵	۰٫۲۷
S3	۴۱۷۵۸۸٫۴۷	۳۳۲۴۰۴۵٫۷	۱۰۳	۰٫۰۵۳	۵٫۲	۷	۰٫۲۳
S4	۴۱۷۱۷۰٫۵	۳۳۲۶۱۲۶٫۱	۳۷	۰٫۰۵۲	۷٫۶	۷	۰٫۲۵
S5	۴۱۷۰۸۵٫۸۷	۳۳۲۷۶۹۰٫۹	۲۸	۰٫۰۵۵	۶٫۶	۷	۰٫۲۲
S6	۴۱۶۶۰۰٫۱۷	۳۳۲۹۴۸۸٫۶	۲۴	۰٫۰۵۶	۷٫۵	۵	۰٫۲۶
S7	۴۱۵۵۶۳٫۴۵	۳۳۳۱۹۳۶٫۵	۵۸	۰٫۰۵۳	۷٫۵	۶	۰٫۲۷
S8	۴۱۴۲۷۱٫۲۶	۳۳۳۳۸۱۶	۲۶	۰٫۰۵۴	۶٫۸	۵	۰٫۲۷
S9	۴۱۳۳۹۷٫۱۹	۳۳۳۶۰۳۸٫۷	۲۶	۰٫۰۵۵	۶٫۵	۷	۰٫۲۷
S10	۴۱۲۴۹۱٫۵۶	۳۳۳۸۴۸۴٫۷	۲۵	۰٫۰۵۷	۵٫۵	۸	۰٫۲۴
S21	۴۱۷۷۵۹٫۹۸	۳۳۲۱۶۰۵٫۸	۳۵	۰٫۰۴۱	۷٫۸	۵	۰٫۲۱
S22	۴۱۷۶۸۵٫۸۵	۳۳۲۳۰۶۹٫۳	۴۶	۰٫۰۶۴	۷٫۵	۶	۰٫۲۶
S23	۴۱۷۵۹۶٫۴۷	۳۳۲۴۰۳۹٫۷	۱۱۳	۰٫۰۶۳	۵٫۶	۷	۰٫۲۴
S24	۴۱۷۱۸۰٫۵	۳۳۲۶۱۲۶٫۱	۳۸	۰٫۰۶۲	۷٫۶	۶	۰٫۲۳
S25	۴۱۷۰۹۸٫۸۳	۳۳۲۷۶۹۰٫۹	۲۷	۰٫۰۵۲	۶٫۸	۷	۰٫۲۴
S26	۴۱۶۶۵۰٫۱۳	۳۳۲۹۴۸۸٫۶	۲۶	۰٫۰۶۶	۷٫۵	۸	۰٫۲۴
S27	۴۱۵۵۸۳٫۴۸	۳۳۳۱۹۳۶٫۵	۴۵	۰٫۰۵۳	۷٫۶	۶	۰٫۲۸
S28	۴۱۴۲۸۱٫۲۶	۳۳۳۳۸۱۶	۳۲	۰٫۰۶۴	۶٫۸	۱۰	۰٫۲۷
S29	۴۱۳۴۰۷٫۱۷	۳۳۳۶۰۳۸٫۸	۲۸	۰٫۰۶۵	۶٫۸	۹	۰٫۲۸
S30	۴۱۲۵۱۱٫۴۴	۳۳۳۸۴۸۴٫۷	۳۰	۰٫۰۴۷	۵٫۶	۸	۰٫۲۳
S11	۳۱۸۰۵۱٫۷۷	۳۳۷۱۳۷۱٫۲	۸۵	۰٫۰۹۲	۴٫۲	۱۳	۰٫۲۵
S12	۳۱۹۱۲۹٫۵۵	۳۳۶۹۴۱۰٫۴	۵۶	۰٫۰۸۱	۵٫۵	۱۴	۰٫۲۳
S13	۳۱۸۸۶۷٫۱۷	۳۳۶۷۸۰۷	۶۵	۰٫۰۹۱	۳٫۵	۱۶	۰٫۲۴
S14	۳۱۷۲۷۸٫۹۶	۳۳۶۷۴۳۲	۵۸	۰٫۰۹	۳٫۷	۱۱	۰٫۲۵
S15	۳۱۵۰۲۴٫۶۷	۳۳۶۷۶۳۸	۶۴	۰٫۰۸۹	۴٫۱	۱۲	۰٫۲۷
S16	۳۱۳۲۶۲٫۳۶	۳۳۶۸۱۳۸٫۹	۷۴	۰٫۰۸۵	۴٫۴	۱۳	۰٫۲۶
S17	۳۱۱۲۷۱٫۲۷	۳۳۷۰۵۸۰٫۶	۷۶	۰٫۰۸۶	۳٫۸	۱۵	۰٫۲۵
S18	۳۱۴۳۵۴٫۶۲	۳۳۷۱۷۳۴٫۷	۶۸	۰٫۰۸۸	۳٫۲	۱۷	۰٫۲۵
S19	۳۱۴۳۳۰٫۲۵	۳۳۷۴۳۱۵٫۳	۶۹	۰٫۰۹۱	۳٫۷	۱۲	۰٫۲۴
S20	۳۱۵۰۳۱٫۳۹	۳۳۷۵۹۷۸٫۸	۵۶	۰٫۰۹۳	۳٫۵	۱۴	۰٫۲۳
S32	۳۱۹۱۲۰٫۵۵	۳۳۶۹۴۲۰٫۴	۶۲	۰٫۰۹۱	۵٫۸	۱۲	۰٫۲۳
S33	۳۱۸۸۵۵٫۱۷	۳۳۶۷۸۱۷	۶۱	۰٫۰۸۱	۳٫۵	۱۵	۰٫۲۹
S34	۳۱۷۲۶۵٫۶۹	۳۳۶۷۴۴۲٫۱	۵۸	۰٫۰۹۴	۳٫۹	۱۲	۰٫۲۵
S35	۳۱۵۰۲۴٫۶۷	۳۳۶۷۶۴۸٫۲	۶۴	۰٫۰۸۹	۴٫۶	۱۱	۰٫۲۳
S36	۳۱۳۲۷۲٫۳۶	۳۳۶۸۱۳۸٫۷	۷۴	۰٫۰۸۵	۴٫۴	۱۳	۰٫۲۶
S37	۳۱۱۲۹۸٫۲۷	۳۳۷۰۵۸۱٫۷	۷۶	۰٫۰۸۶	۳٫۹	۱۴	۰٫۲۸
S38	۳۱۴۳۹۳٫۶۲	۳۳۷۱۷۳۵٫۷	۶۸	۰٫۰۸۵	۳٫۲	۱۸	۰٫۲۵
S39	۳۱۴۳۴۳٫۲۵	۳۳۷۴۳۲۵٫۳	۶۹	۰٫۰۹۱	۳٫۸	۱۴	۰٫۲۴
S40	۳۱۵۰۴۵٫۳۹	۳۳۷۵۹۷۸٫۸	۵۶	۰٫۰۹۹	۳٫۹	۱۳	۰٫۲۴
S42	۳۱۸۰۶۱٫۷۷	۳۳۷۱۳۷۱٫۲	۸۵	۰٫۰۸۲	۴٫۳	۱۴	۰٫۲۶

جدول ۳- رابطه بین میزان شاخص زمین‌انباشتگی و شاخص آلودگی (Muller, 1996)

شاخص آلودگی	میزان
رسوب غیر آلوده	$0 > I_{geo}$
رسوب غیر آلوده تا نسبتاً آلوده	$0 < I_{geo} < 1$
رسوب نسبتاً آلوده	$1 < I_{geo} < 2$
آلودگی رسوب متوسط تا شدید	$2 < I_{geo} < 3$
رسوب شدیداً آلوده	$3 < I_{geo} < 4$
رسوب بینهایت آلوده تا شدیداً آلوده	$4 < I_{geo} < 5$
رسوب بینهایت آلوده	$5 < I_{geo} < 6$

جدول ۴- رابطه میان EF و درجه غنی‌شدگی (Sutherland, 2000)

درجه غنی‌شدگی	میزان EF	مقادیر به دست آمده بندر امام و دیلم
حداقل غنی‌شدگی	$2 <$	Cd: ۰/۲۰
غنی‌شدگی متوسط	۲-۵	در این کلاس داده ای وجود ندارد
غنی‌شدگی زیاد	۵-۲۰	Cr: ۵/۵۶
غنی‌شدگی بسیار زیاد	۲۰-۴۰	Pb: ۳۰
غنی‌شدگی فوق العاده زیاد	> 40	Hg: ۴۲۲۵/۳۵ As: ۵۶/۱۷

جدول ۵- طبقه‌بندی فاکتور آلودگی (Hakanson, 1980)

میزان آلودگی	مقدار Cf	مقادیر به دست آمده بندر امام و دیلم
بدون آلودگی	$1 >$	در این کلاس داده ای وجود ندارد
آلودگی متوسط	۱-۳	As: ۱/۰۲ Cd: ۱/۰۰ Pb: ۱/۰۱ Hg: ۱/۰۰ Cr: ۰۰/۱
آلودگی قوی تا خیلی قوی	۳-۶	در این کلاس داده ای وجود ندارد
آلودگی خیلی قوی	$6 <$	در این کلاس داده ای وجود ندارد

جدول ۶- طبقه‌بندی درجه آلودگی (Hakanson, 1980)

درجه آلودگی	مقدار درجه آلودگی Cdeg	مقادیر به دست آمده بندر امام و دیلم
درجه آلودگی پایین	$8 >$	در این کلاس داده ای وجود ندارد
درجه آلودگی متوسط	۸-۱۶	در این کلاس داده ای وجود ندارد
درجه آلودگی قابل ملاحظه	۱۶-۳۲	در این کلاس داده ای وجود ندارد
درجه آلودگی بسیار شدید	> 32	pb; ۴۳/۶ Cd; ۴۳/۲ As; ۴۴/۲۵ Cr; ۴۳/۳ Hg; ۴۴/۳۰

جدول ۷- گروه‌های محدوده تغییرات RI میزان ریسک اکولوژیک (Hakanson, 1980)

مقادیر RI	میزان ریسک اکولوژیک	مقادیر به دست آمده بندر امام و دیلم
$RI < 150$	ریسک اکولوژیک کم	Cr: ۴۳,۳۰ ریسک اکولوژی کم
$150 \leq RI < 300$	ریسک اکولوژیک متوسط	pb: ۲۱۸ ریسک اکولوژی متوسط
$300 \leq RI < 600$	ریسک اکولوژیک قابل توجه	Cd: ۱۲۹۶ ریسک اکولوژی خیلی زیاد
$RI \geq 600$	ریسک اکولوژیک خیلی زیاد	As: ۴۴۲,۵۰۹ ریسک اکولوژی خیلی زیاد
		Hg: ۱۷۷۲,۳۹ ریسک اکولوژی خیلی زیاد

در این روش امکان جستجو و محاسبه نقاط مجهول با استفاده از نقاط موجود در همسایگی آنها وجود ندارد. تغییرات سطح در چند جمله ای جامع تدریجی بود و اثرات تغییرات ناگهانی در داده ها کم است. در این روش فقط یک چند جمله ای بر تمامی داده ها برازش داده می شود (صادق نیکبخت، معصومه دلبری، ۱۳۹۲).

توابع شعاعی پایه (RBF): روش درون یابی است که در آن سطح تخمین از مقادیر مشاهده ای عبور می کند. خصوصیتی از این روش که حالتی مشابه شبکه عصبی مصنوعی دارد، این است که مقادیر بیشتر از حداکثر مشاهده ای و یا کمتر از حداقل مشاهده ای در سطح تخمین وجود دارد. روش تابع شعاعی پایه براساس پنج توابع مختلف، درون یابی را انجام می دهد که هسته اصلی توابع، مجموع مقادیر مربعات $(h^2 + R^2)$ است که R عامل هموار کننده و h ترسیم ناهمسانگرد مرتبط بافاصله نقاط هستند (Carlson, RE, and Foley TA, , 1991). روش های درون یابی رایج وزن دهی معکوس فاصله (Idw) و چند جمله ای محلی (Lp) و توابع شعاعی پایه (RBF) شامل اسپلاین کاملاً منظم (CRS)، تابع مالتی کوادراتیک معکوس (IMQ)، تابع مولتی کوادراتیک (MQ)، اسپلاین با کشش (ST) و اسپلاین صفحه نازک (TPS) به منظور ارزیابی آلودگی (اندازه منطقه آلوده و میزان آلودگی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تحلیل اثر متغیر های مدل بر ارزیابی آلودگی توان وزنی ۱-۴ برای روش وزن دهی

روش های درون یابی

وزن دهی معکوس فاصله: براین فرض استوار است که تاثیر پدیده های مورد نظر با افزایش فاصله کاهش پیدا می کند و پدیده پیوسته در نقاط انداگیری نشده بیشترین شباهت را در نزدیک ترین نقاط برداشت شده دارد، برای تعیین نقاط مجهول نمونه های نزدیکتر مشارکت بیشتری نسبت به نمونه دور تر دارند. در این مدل فاصله به عنوان وزن متغیر معلوم در برآورد نقاط مجهول مورد استفاده قرار می گیرد و هر قدر فاصله از نقاط معلوم بیشتر شود وزن آن کاهش پیدا می کند. (منبع: نگارند)

روش چند جمله ای محلی (LP): روش چند جمله ای مکانی یک دامنه کوتاه از تغییرات در داده های ورودی را در نظر گرفت و به فاصله بین نقاط حساس است. از همه نقاط داده ها برای برآورد مقدار نقطه مجهول استفاده نمی شود. در این روش تعداد نقاطی که به کار گرفته می شود محدود است، یا از داده ای استفاده می شود که تا نقطه مورد نظر کمترین فاصله را دارند. در این روش نقاط همسایه براساس تعداد یا فاصله تعریف می شوند، اگر تغییرات مکانی متغیر زیاد باشد، مدل محلی نتیجه بهتری به دست می دهد، با این حال تعداد نقاطی که برای برآورد در یک نقطه معین بکار گرفته می شوند در کیفیت نتایج تاثیر بسیاری خواهند داشت. (Johnston K. et al., 2001)

چند جمله ای همگانی (GP): روش چند جمله ای جهانی یک سطح هموار به تمام داده های نقطه ای اعمال می کند.

سرب نشان می‌دهد. میانگین این فلز سنگین در مطالعه رسوبات رودخانه ژانگمن بای چین 0.07 mg/kg رودخانه شانگنایزی چین 0.1 mg/kg و در رودخانه یانگتزه چین 0.17 mg/kg می‌باشد (جدول ۱۰). بهترین میزان RMSE برای عنصر جیوه با 0.0494 متعلق به روش RFB-IMQ بود و بدترین آن 0.2509 متعلق به LP3 می‌باشد (جدول ۸).

آرسنیک (As): میزان فلز سنگین آرسنیک برای ۴۳ نمونه با دامنه‌ای از $3/2-7/8 \text{ mg/kg}$ متغیر و مقدار میانگین آن برابر $5/49 \text{ mg/kg}$ است. میزان آن در پوسته فوقانی برابر با $2/1 \text{ mg/kg}$ می‌باشد. شاخص ریسک اکولوژی با میزان $442/509$ با ریسک اکولوژی خیلی زیاد قرار دارد. شاخص زمین‌انباشتگی آرسنیک با میزان 0.74 و در ردیف رسوب نسبتاً آلوده دارد. ضریب غنی‌شدگی برای فلز سنگین آرسنیک $56/17$ است که غنی‌شدگی فوق‌العاده زیاد را نشان می‌دهد. فاکتور آلودگی آرسنیک با میزان $1/0.2$ و در طبقه آلودگی متوسط قرار دارد. میزان فاکتور آلودگی برای بندر دیلم به میزان $1/28$ و در بندر امام 0.75 است. شاخص زمین‌انباشتگی فلز آرسنیک در بندر دیلم به میزان $1/11$ و در بندر امام 0.34 است. ضریب غنی‌شدگی در بندر دیلم به میزان $56/17$ و در بندر امام 0.98 است (جدول ۹). همچنین آرسنیک همبستگی خوبی را با کادمیم نشان می‌دهد. (جدول ۱۱) میانگین این فلز سنگین در مطالعه رسوبات رودخانه چانگینگ چین $13/54 \text{ mg/kg}$ و رودخانه یانگتزه چین $16/73 \text{ mg/kg}$ می‌باشد (جدول ۱۰). بهترین میزان RMSE برای عنصر کروم با 0.2012 متعلق به روش LP2 بود و بدترین آن $1/6258$ متعلق به LP3 می‌باشد (جدول ۸).

سرب (Pb): دامنه تغییرات فلز سنگین سرب برای ۴۳ نمونه از $5-18 \text{ mg/kg}$ و میانگین آن $10/13 \text{ mg/kg}$ است. میزان آن در پوسته فوقانی 10 mg/kg می‌باشد. شاخص ریسک اکولوژی محاسبه شده با میزان ۲۱۸ با ریسک اکولوژی متوسط قرار دارد. سرب در شاخص زمین‌انباشتگی با میزان 0.67 و در ردیف رسوب غیرآلوده دارد. ضریب غنی‌شدگی سرب

معکوس فاصله و ضرایب ۱-۴ برای چند جمله ای محلی استفاده شد.

کروم (Cr): میزان فلز سنگین کروم در ۴۳ نمونه با دامنه متغیر از $24-113 \text{ mg/kg}$ و مقدار میانگین $54/27 \text{ mg/kg}$ است و با توجه به اینکه میزان کروم در پوسته فوقانی 140 mg/kg می‌باشد، شاخص ریسک اکولوژی محاسبه شده با میزان $43/30$ با ریسک اکولوژی کم قرار دارد. فلز کروم در شاخص زمین‌انباشتگی با میزان $2/08$ و در کلاس رسوب غیرآلوده قرار دارد. ضریب غنی‌شدگی برای فلز سنگین کروم به میزان $5/56$ محاسبه شده که نشان‌دهنده غنی‌شدگی زیاد است. میزان فاکتور آلودگی فلز کروم برای بندر دیلم 0.75 و بندر امام $1/26$ بدست آمده است. شاخص زمین‌انباشتگی برای این فلز سنگین در بندر دیلم $2/51$ و بندر امام $1/63$ است. همچنین شاخص غنی‌شدگی کروم در بندر دیلم $5/56$ و در بندر امام 0.99 بدست آمده است (جدول ۹). میانگین فلز سنگین کروم در مطالعه رسوبات رودخانه یانگتزه چین $72/54 \text{ mg/kg}$ و رودخانه چین چانگینگ $98/32 \text{ mg/kg}$ می‌باشد (جدول ۱۰). بهترین میزان RMSE برای عنصر کروم با $2/53$ متعلق به روش LP1 بود و بدترین آن $1/63$ متعلق به Gp1 می‌باشد (جدول ۸).

جیوه (Hg): میزان فلز سنگین جیوه برای ۴۳ نمونه با دامنه‌ای از $0.1-0.4 \text{ mg/kg}$ متغیر است و مقدار میانگین آن برابر با 0.07 mg/kg است. میانگین جیوه در پوسته فوقانی 0.67 mg/kg می‌باشد. شاخص ریسک اکولوژی جیوه با میزان $1772/39$ در ریسک اکولوژی خیلی زیاد قرار دارد. ضریب غنی‌شدگی برای این فلز سنگین معادل $5/56$ محاسبه شده است که در کلاس غنی‌شدگی زیاد قرار دارد. میزان فاکتور آلودگی جیوه برای بندر دیلم به میزان 0.81 و بندر امام $1/25$ است. همچنین شاخص زمین‌انباشتگی جیوه در بندر دیلم به میزان 0.81 و بندر امام $5/14$ است. ضریب غنی‌شدگی جیوه در بندر دیلم به میزان $4225/35$ و در بندر امام $1/03$ است (جدول ۹). همچنین بر مبنای جدول ۱۱، جیوه همبستگی خوبی را با

وضعیت آلودگی رسوبات از شاخص‌های پرکاربرد و قابل اعتماد نظیر شاخص غنی‌شدگی، درجه آلودگی و ریسک اکولوژیک استفاده شده است. آلودگی رسوبات این منطقه می‌تواند از طریق موجودات کف‌زی وارد زنجیره غذایی شده و حیات تمامی موجودات آبی و نیز موجوداتی که از جانوران آبی تغذیه می‌کنند (به ویژه انسان) را به خطر اندازد. هدف اصلی این تحقیق کمی‌سازی شدت آلودگی ناشی از فلزات سنگین در رسوبات ساحلی شهر بندر امام و دیلم می‌باشد. نتایج بدست‌آمده از شاخص زمین‌انباشتگی (جدول ۳)، ضریب غنی‌شدگی (جدول ۴)، فاکتور آلودگی (جدول ۵)، درجه آلودگی (جدول ۶) و ریسک اکولوژی (جدول ۷) و مقدار میانگین برای غلظت پنج فلز سنگین Cr, Hg, Ar, Pb, Cd در جدول ۲ از میزان میانگین پوسته فوقانی بالاتر است. در شاخص زمین‌انباشتگی عنصر آرسنیک در رسوب غیرآلوده تا نسبتاً آلوده قرار دارد. از نظر شاخص غنی‌شدگی فلزات سنگین جیوه و آرسنیک در بالاترین سطح این شاخص در منطقه هستند. ریسک اکولوژی سه فلز سنگین کادمیوم، آرسنیک، جیوه در حد بالای خود قرار دارند. این نتایج احتمالاً از تاثیر فعالیت‌های انسانی در آلودگی و انباشت فلزات سنگین در مناطق مورد مطالعه حکایت دارد که ناشی از فعالیت بندرگاهی و صنایع و وسایل نقلیه سنگین می‌باشد. بررسی انجام شده بر روی نمونه‌ها در شاخص بارآلودگی حاکی از آن است که آلودگی فلزات سنگین در شهر بندرامام و دیلم برای کلیه نمونه‌ها بالاست. مقدار این شاخص ۲,۳۶ به دست آمده است و در کلاس آلودگی بالا قرار دارد. شاخص بار آلودگی کوچکتر از یک غلظت طبیعی و مقادیر بزرگتر از یک نشان‌دهنده آلودگی بالاست. روش‌های درون‌یابی نمونه‌ها به چهار روش ذکر شده انجام گردیده و بهترین میزان و بدترین آن در جدول ۸ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست‌آمده می‌توان بیان داشت استفاده از یک شاخص و الگوی خاص به تنهایی برای ارزیابی وضعیت کیفی رسوبات منطقه کافی نیست و استفاده از شاخص‌های کیفی تجمیعی در ارزیابی دقیق‌تر وضعیت

برابر ۳۰ و نشان‌دهنده غنی‌شدگی بسیار زیاد است. شاخص فاکتور آلودگی سرب با میزان ۱/۰۱ در طبقه آلودگی متوسط قرار دارد. میزان فاکتور آلودگی برای بندر دیلم به میزان ۰/۶۸ و بندر امام ۱/۳۶ است. شاخص زمین‌انباشتگی در بندر دیلم به میزان ۱/۱۶- و در بندر امام ۰/۱۵- محاسبه شده است. ضریب غنی‌شدگی در بندر دیلم به میزان ۳۰ و در بندر امام ۱/۰۱ است (جدول ۹). لازم به ذکر است که سرب همبستگی خوبی را با آرسنیک نشان می‌دهد. میانگین این فلز سنگین در رسوبات رودخانه شانگتایزی چین ۶/۸۸ mg/kg در رودخانه یانگتزه چین ۳۹/۳۲ mg/kg و در رودخانه ژانگمن بای چین ۵۲ mg/kg می‌باشد (جدول ۱۰). بهترین میزان RMSE برای عنصر کروم با ۰/۲۳۲۰۱ متعلق به روش IDW4 بود و بدترین آن ۲/۸۱۸ متعلق به Gp4 می‌باشد. (جدول ۸)

کادمیم (Cd): میزان فلز سنگین کادمیوم برای ۴۳ نمونه با دامنه متغیر از ۰/۲۱-۰/۲۹ mg/kg و میانگین ۰/۲۵ mg/kg است. میزان آن در پوسته فوقانی ۰/۱۵ mg/kg قرار دارد. ضریب غنی‌شدگی برای فلز سنگین کادمیوم ۲۰ است که نشان‌دهنده حداقل غنی‌شدگی است. فاکتور آلودگی با میزان ۱ در طبقه آلودگی متوسط قرار دارد. میزان فاکتور آلودگی برای هر دو بندر دیلم و امام برابر ۱ است. شاخص زمین‌انباشتگی فلز سنگین کادمیم در بندر دیلم و امام به میزان ۰/۱۵ است. ضریب غنی‌شدگی در بندر دیلم ۱۲۰۰ و در بندر امام ۰/۹۹ محاسبه شده است (جدول ۹). میانگین این فلز سنگین در مطالعه رسوبات رودخانه شانگتایزی چین ۰/۴۹ mg/kg رودخانه یانگتزه چین ۰/۴ mg/kg و در رودخانه ژانگمن بای چین ۰/۴۳ mg/kg می‌باشد (جدول ۱۰). بهترین میزان RMSE برای عنصر کروم با ۰/۱۸۵۹ متعلق به روش RFB-IMQ بود و بدترین آن ۰/۲۷۰۲۵ متعلق به RBF-TPS می‌باشد. (جدول ۸)

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر جهت پایش آلودگی زیست‌محیطی، غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل بندر امام و دیلم مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. برای سنجش

جدول ۸- نتایج ارزیابی روش های درون یابی در بررسی میزان فلزات سنگین شهرستان بندر امام خمین

	Mean Error(ME)					Root Mean Square Error(RMSE)				
	Cr	Hg	As	Pb	Cd	Cr	Hg	As	Pb	Cd
IDW1	۰.۲۷۲۵۸	۰.۰۰۰۲۳	۰.۱۵۵۲	-۰.۱۰۸۳	۰.۰۰۰۷۰۰۳	۲.۵۹۰۶۳	۰.۰۰۶۳۹۶	۰.۲۳۳۴۸	۰.۲۳۳۴۸	۰.۲۲۸۵۵
IDW2	-۰.۰۰۰۸۷۸	۰.۰۰۰۲۶	-۰.۰۰۲۱۳	-۰.۰۰۲۲۷	-۰.۰۰۰۲۸۵۵	۲.۶۰۲۷۵	۰.۰۰۶۳۱۲	۰.۲۳۲۰۹	۰.۲۳۲۰۹	۰.۲۳۴۵۸
IDW3	-۰.۱۵۶۶۴	۰.۰۰۳۲	-۰.۰۰۳۰۸	-۰.۰۰۳۰۱۹	-۰.۰۰۰۳۹۳۷	۲.۶۱۵۷۱	۰.۰۰۶۲۰۹	۰.۲۳۲۰۵	۰.۲۳۲۰۵	۰.۲۳۵۹۲
IDW4	۰.۱۷۴۳۱۶	۰.۰۰۰۳۵	-۰.۰۰۳۵۷	-۰.۰۰۳۵۲۸	-۰.۰۰۰۴۵۶۸۱	۲.۶۳۱۴۱	۰.۰۰۶۱۶۶	۰.۲۳۲۰۱	۰.۲۳۲۰۱	۰.۲۳۶۹۸
LP1	۰.۰۶۶۲۱	۰.۰۰۰۰۶۷	-۰.۰۰۱۲۴	۰.۰۲۹۰۲	۰.۰۰۰۳۴۸۴	۲.۵۳۴۹	۰.۰۰۶۷۳۲	۰.۲۳۲۰۵	۱.۶۴۱۶	۰.۲۰۳
LP2	-۰.۱۱۱۰۴	۰.۰۰۰۲	-۰.۰۰۵۹۹	-۰.۰۰۳۴۸۴	-۰.۰۰۰۰۸۴۸	۲.۸۳۴۵	۰.۰۰۶۹۹	۰.۲۰۱۲	۲.۰۹۲	۰.۲۴۳۷
LP3	-۰.۲۵۴۷۹	۰.۰۰۰۳۰۰۵	-۰.۰۰۱۱۱	۰.۰۱۳۲۵	-۰.۰۰۰۲۲۶۷	۱۲.۵۶۶	۰.۰۰۲۵۰۹	۱.۶۲۵۸	۲.۴۳۴	۰.۹۶۲۳
LP4	-۱.۲۴۸۳۲	-۰.۰۱۳۷۱	-۰.۰۱۲۴۷	-۰.۰۰۹۰۱۲	-۰.۰۰۰۸۴۳۹	۴.۹۴۴	۰.۰۱۱۴۲	۰.۲۶۶۳	۱.۳۲۹۳	۰.۳۵۳۶
GP1	۱.۶۳۳۵	۰.۰۰۰۲۲	۰.۰۷۴۹۹	۰.۲۵۷۳۳	۰.۰۰۱۰۲	۱۱.۶۳۷۵	۰.۰۰۵۴۵	۰.۶۹۶	۱.۹۹۵	۰.۱۸۸۱
GP2	۰.۴۷۹۳	۰.۰۰۰۱۳	۰.۰۸۰۵۴	۰.۰۴۱۶۹	۰.۰۰۰۵۰۸	۷.۳۲۹۶	۰.۰۰۵۹۷	۰.۶۵۰۷۲	۱.۹۰۱۳	۰.۲۱۷۵
GP3	-۰.۰۱۷۳	-۰.۰۰۰۰۱۲	-۰.۰۰۰۲۷	۰.۰۰۰۷۵۱	۰.۰۰۰۲۴۱	۲.۵۶۹	۰.۰۰۶۱۲	۰.۲۴۲۳۶	۱.۳۳۹۹	۰.۲۲۲۶
GP4	-۰.۱۴۷۳	۰.۰۰۰۲	-۰.۰۰۱۸۴	-۰.۰۱۴۱۴	-۰.۰۰۰۵۰۹	۶.۱۷۲۳	۰.۰۲۰۸۲	۰.۳۰۰۰۳	۲.۸۱۸۴	۰.۳۳۵۱
RBF-CRS	-۰.۲۸۲۸	۰.۰۰۰۵۲۲-	-۰.۰۰۶۴۷	-۰.۰۸۴۷۲	۰.۰۰۰۲۸	۲.۸۴۵۳۱	۰.۰۰۵۰۴	۰.۲۲۹۸	۱.۱۵۵۹	۰.۲۰۷۵
RBF-ST	۰.۱۲۹۶-	۰.۰۰۰۱۰۴	-۰.۰۰۶۲۳	-۰.۰۷۸۶۷	۰.۰۰۰۴۱	۲.۶۳۸۸	۰.۰۰۵۸۴	۰.۲۲۱۶	۱.۱۵۵۲	۰.۲۰۳۵
RBF-MQ	-۰.۰۷۶۹	-۰.۰۰۰۱۴۰	-۰.۰۰۰۷۲۵	-۰.۰۳۱۴۴	۰.۰۰۰۷۳-	۲.۵۴۵۱	۰.۰۰۵۱۵	۰.۲۲۴۶	۱.۱۷۵۴	۰.۲۲۴۹
RFB-IMQ	۰.۳۴۶۵-	۰.۰۰۰۱۱	-۰.۰۰۳۱۸	-۰.۰۹۸۹۷	۰.۰۰۱۷۲	۲.۸۵۴۴	۰.۰۰۴۹۴	۰.۲۳۲۱	۱.۱۷۳۴	۰.۱۸۵۹
RFB-TPS	-۰.۳۱۱۳	-۰.۰۰۰۱۲۱	-۰.۰۰۶۲۷	-۰.۰۴۹۵۳	-۰.۰۰۰۲۲۹	۳.۰۵۹۶	۰.۰۰۶۱۱۶	۰.۲۲۱۶	۱.۱۷۶	۰.۲۷۰۲۵

جدول ۹- شاخص های آماری محاسبه شده نمونه ها به تفکیک منطقه و نوع فلزات سنگین

فلزات سنگین	میانگین پوسسته فوقانی	میانگین (Ave)		دامنه (Range)		فاکتور آلودگی (CF)		زمین انباشتگی (Igeo)		غنی شدگی (EF)	
		بندر دیلم	بندر امام	بندر دیلم	بندر امام	بندر دیلم	بندر امام	بندر دیلم	بندر امام	بندر دیلم	بندر امام
Cd	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۱-۰/۲۸	۰/۲۱-۰/۲۳	۱	۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۱۲۰۰	۰/۹۹
Pb	۱۰	۶/۸	۱۳/۶۱	۵-۱۰	۵-۱۸	۰/۶۸	۱/۳۶	-	۰/۱۵	۳۰	۱/۰۱
As	۲/۱	۶/۸۷	۴/۰۵	۵/۲-۷/۸	۳/۲-۵/۸	۱/۲۸	۰/۷۵	۱/۱۱	۰/۳۴	۵۶/۱۷	۰/۹۸
Hg	۰/۰۶۷	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۴۱-۰/۰۹۴	۰/۰۸۰-۰/۱۰۲	۰/۸۱	۱/۲۵	-	۰/۸۱	۴/۳۵	۱/۰۳
Cr	۱۴۰	۴۰/۹	۶۸/۳	۲۴-۱۱۳	۵۶-۹۰	۰/۷۵	۱/۲۶	-	۰/۶۳	۵/۵۶	۰/۹۹

جدول ۱۰- همبستگی فاکتور عاملی (دو به دو) فلزات سنگین در رسوبات ساحلی بندر امام و دیلم

	Cd	Pb	As	Hg	Cr
Cd	۱				
Pb	۰.۰۵۹۱۱۱	۱			
As	-۰.۰۰۰۵۹	-۰.۸۸۴۲۱	۱		
Hg	۰.۱۲۳۱۳۷	۰.۸۳۶۵۷	-۰.۰۷۷۸۶۴	۱	
Cr	۰.۰۲۸۸۳۹	۰.۵۵۵۸۴۸	-۰.۶۴۵۲۷	۰.۵۶۳۷۸	۱

جدول ۱۱- مقایسه میانگین فلزات سنگین بندر امام و دیلم با مطالعات مشابه در جهان

Regions	سرب (mg/kg)		کادمیوم (mg/kg)		آرسنیک (mg/kg)		جیوه (mg/kg)		کروم (mg/kg)		منابع
	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	
Shuangtai zi River estuary	۴/۳۸۳- ۹/۶۴۹	۶/۸۸	-۰/۷۶ ۰/۲۴	۰/۴۹	N.a	N.a	۰/۰۰۷- ۰/۰۲	۰/۰۱	N.a	N.a	(Chen, et al. 2010)
Xiamen Bay	۲۷-۷۱	۵۲	۰/۴۲- ۱/۹۱	۰/۴۳	N.a	N.a	-۰/۴۴ ۰/۰۰۱	۰/۰۷	N.a	N.a	(Yan, et al. 2010)
South China	۲۵/۶- ۵۶/۵	۴۶/۶	۰/۰۹- ۰/۲۵	۰/۱۸	N.a	N.a	N.a	N.a	N.a	N.a	(Zhang, et al. 2012)
Yangtze River basin	۲۰-۱۱۰	۳۹/۳۲	۰/۰۶- ۰/۷۷	۰/۴	۶-۶۳	۱۶/۷۳	-۰/۵۳ ۰/۰۰۱	۰/۱۷	۴۲-۹۶	۷۲/۵۴	Yujun, et al. 2011
Changjiang River	۱۹/۰۳- ۱۷۳/۲	۵۰/۷۷	-۱۶/۴۵ ۰/۳۵	۲/۸۲	۴/۶۷- ۴۴/۳	۱۳/۵۴	۰/۰۱- ۱/۸۹	۰/۱۶	-۱۲۶/۶۷ ۶۴/۴۷	۹۸/۳۲	(Yinxian, 2011)
بندر امام	۱۱-۱۸	۱۳/۶۱۹	-۰/۲۹ ۰/۲۳	۰/۲۵	۳/۲-۵/۸	۴/۰۵	-۰/۱۰ ۰/۰۸	۰/۰۸	۵۶-۹۰	۶۸/۲۸	مطالعه حاضر
بندر دیلم	۵-۱۰	۶/۸۱	-۰/۲۸ ۰/۲۱	۰/۲۵	۵/۲-۷/۵	۶/۸۷	-۰/۰۹ ۰/۰۴	۰/۰۵	۲۴-۱۱۳	۴۰/۹	مطالعه حاضر

-**Al-khashman, O. & Shawabkeh, R.A., (2006).** "Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan". *Environmental Pollution*, 140(3), 387-394.

-**Anderssona, M., Ottesen, R.T., Langendal, M. (2010).** "Langedal Geochemistry of urban surface soils monitoring in Trondheim", Norway. *Geoderma*, 156, 112-118.

-**Brumsacks. (2006).** "The trace metal content of organic carbon reach sediments: implication for cretaceous. *Palaeocol*", 232, 341-361.

-**Carlson RE, and Foley TA, . (1991).** "The parameter R2 in multiquadric interpolation". *Computers and Matheamtic*, 29-42.

-**Chabukdharan, M., Nema, A.K. (2013).** "Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: Probabilistic health risk approach". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 87, 57-64.

-**Chen, X., Xia, X.H., Zhao, Y., Zhang, P. (2010).** "Heavy metal concentration in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing", China. *Journal of Hazardous materials*, 181, 640-646.

-**Davydova S. (2005).** "Heavy metal as toxicants in big cities. *Microchem*", 79, 133-6.

-**Facchinelli, A., Sacchi, E., Mallen, L. (2000).** "Multivariate statistical and GIS-based approach to identify Heavy metal source in soils". *Environmental Pollution*, 114, 313-324.

-**Farhoudi, G. (1977).** "Makran of iran and pakistan as an active arc seystem". *Geology*, 5, 664-668.

-**Gallagher, F.J., Pechmann, I., Bogden, J.D., Grabosky, J., Weis, P. (2008).** "Soil metal concentration and vegetative assemblage structure in an urban brownfield". *Environmental Pollution*, 153, 351-361.

-**Hakanson, L., (1980).** "An ecological risk index for aquatic pollution control", a sedimentological approach., *water res*, 14, 975-1001.

-**Hua, Z., Zhaofeng, W., Yili, Z., Hu, Z. (2012).** "The effects of the Qinghai-Tibet railway on heavy metals enrichment in soils". *Science of the Total Environment*, 439, 240-248.

-**Johnston K., V. H. (2001).** Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI.Redlands.CA.

-**Kelly, J., Thornton, I., Simpson, P.R. (1996).** "Urban geochemistry: a study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and nonindustrial areas of Britain". *Applied Geochemistry*, 11(1-2), 363-37.

-**Li, G. H. (2013).** "Heavy metals distribution and contamination in surface sediments of the coastal Shandong Peninsula". *Marine Pollution Bulletin*, 76, 420-426.

-**Li, X., Lee, S.-L., Wong, S.-C., Shi, W., Thornton, I. (2004).** "The study of metal contamination in

آلودگی رسوبات نتایج ارزشمندتری به دست خواهد داد. شایان یادآوری است که نتایج همبستگی خوب سرب با جیوه و آرسنیک با کادمیم نشان می‌دهد که احتمالاً منشأ آلاینده‌های آنها یکسان و غیرطبیعی (آنتروپوژنیک) بوده و در نتیجه فعالیت‌های انسان به محیط وارد شده‌اند (جدول ۱۰). سایر فلزات سنگین همبستگی پایین نشان می‌دهند که دلیل احتمالی آن تنوع منابع آلاینده در منطقه است. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده اینست که در مقایسه با بندر دیلم، بندر امام از ریسک آلودگی بالاتری برخوردار است.

منابع

-اسلامی اندار، ط.، (۱۳۸۷). "بررسی تجمع فلزات سنگین (Pb, Cu, Ni) در رسوبات ناحیه بین جذر و مدی سواحل بوشهر"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ص ۹۰

-چرم، م.س. جعفری. (۱۳۸۲). "تثبیت کبالت و کادمیم در خاک های رسی به کمک انرژی حرارتی". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هفتم، شماره دوم، ۸۲-۶۹،

-چنانی، ن. فیاضی، ف. لک، ر. (۱۳۸۷). "بررسی امکان تشکیل ریف در نواحی شمال غربی خلیج فارس به روش مطالعه رسوبات سطحی". دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۷۸۴-۷۷۷،

-صادق نیکبخت، معصومه دلبری. (۱۳۹۲). "برآورد سطح ایستابی آب های زیر زمینی با استفاده از روش های زمین آماری"، آب و توسعه پایدار، ۵۶-۴۹،

-کرباسی، غ.، و. (۱۳۸۶). "ژئوشیمی زیست محیطی". انتشارات کاوش قلم، ص ۲۵۷.

-کرستن، م. (۱۳۸۶). "زمین شناسی زیست محیطی". انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲۹۴.

-**Aelion, C.M., Davis, H.T., McDermott, S., Lawson, A.B. (2008).** "Metal concentrations in rural topsoil on South Carolina: potential for human health impact". *Science of the Total Environment*, 402, 149-156.

-**Aelion, C.M., Davis, H.T., McDermott, S., Lawson, A.B. (2009).** "Soli metal concentrations and toxicity: associations with distances to industrial facilities and implications for human health". *Science of the Total Environment*, 407, 2216-2223.

- R.A. Sutherland, C.A. Tolosa. (2000).** "Multi-element analysis of road-deposited sediment in an urban drainage basin, Honolulu, Hawaii". *Environmental Pollution*, 110, 483-495.
- Rastmenesh, F., Moore F., Keshavarzi, B., (2010).** "Heavy metal enrichment of soil in sarcheshmeh copper complex, Kerman Iran". *Journal of Environmental and Earth Science.*, 62.
- Romic, M., Romic, D., (2003).** "Heavy Metal distribution in agricultural top soils in urban area. *Environ*", 43, 795-805.
- Sharland, P. R., Archer, R., (2001)**"Arabian plate sequence stratigraphy", *GeoArabia special publication*,2, 12-25.
- Shi,G.,Chen,Z.,Xu,S.,Zhang,J.,Wang,L.,Bi,C.,Teng,J. (2008).** Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai,China. *Environmental Pollution*, 156, 251-260.
- Suar, E., Juste, C., (1994).** enrichment of trace element from long-range aerosol transport in sandy podzolic soil of southwest France. *Water Air pollut.*, 73, 235-246.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M. (1995).** "The geochemical evolution of the continental crust". *Reviews in Geophysics*, 33, 241-265.
- Wang,J.L.(2014).**"Spatial variation, environmental assessment and source identification of heavy metals insediments of the Yangtze River Estuary". *Marine Pollution Bulletin*, 87, 364–373.
- Wei, B., Yang, L., (2010).** "A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China". *microbial journal*, 94, 99-107.
- Wei, B.G.,Jiang, F.Q.,Li, X.M. Mu.S.Y. (2010).** "Heavy metal induced ecological risk in the city of Urumqi NW China". *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 33-45.
- Yan, C. L. (2010).** "Mobility and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of Xiamen Bay and its adjacent areas".*China Environ.*, *Earth Science*, 60, 1469-1479.
- Yang, Z., Lu, W., Long, Y., Bao, X., Yang,Q. (2011).** "Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Changchun City", *China. Journal of Geochemical Exploration*, 108, 27-38.
- Yim, W.W.S., Nau, P.S. (1987).** "Distribution of lead, zinc, copper and cadmium in dust from selected urban areas of Hong Kong". *Hong Kong Engineer*, 15, 7-14.
- Yinxian Song, J. J. (2011).** "Geochemical behavior assessment and apportionment of heavy metal contaminants in the bottom sediments of lower reach of Changjiang River. *Catena*", 85, 73-81.
- Yokel, J., Delistraty, D.A. (2003).** "Arsenic, lead , and other trace elements in soil contaminated with pesticide residues at the Hanford Site (USA)". *Environmental Toxicology*, 18, 104-114.
- Yujun Yi a, Z. Y. (2011).** "Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human urban soils of hong kong using a GIS-based approach". *Environmental Pollution*, 129, 113-124.
- Li,X.Y.,Liu,L.J.,Wang,Y.G.,Luo.,G.P.,Chen,X., Yang,X.L.Gao,B.,He,X.Y. (2012).** "Integrated assessment of heavy metal contamination in sediments from a coastal industrial basin", *NE China. PLoS One*, 7(6), e39690.
- Ljung, K., Selinus, O.,Otabbong E., Berglund, M. (2006).** "Metal and arsenic distribution in soil particle sizes relevant to soil ingestion by children". *Environmental Pollution*, 21, 1613-1624.
- Lu Y, Gan HH,Zhang B, Shi ZJ. (2009).** "Concentration and chemical fractionation of heavymetals in soilsof urban green space in Shenzhen City". *Environ Chem*, 28, 284-288.
- Madrid, L., Di az-Barrientos, E., Madrid, F. (2002).** "Distribution of heavy metal contents of urban soils in park of Seville". *Chemosphere*, 49, 1301-1308.
- mass, S., Scheifler, R., Benslama, M., Crinin, N., Lucot, E., Brahmia, Z.,Benyacoub, S.,Giraudoux, P. (2010).** "Spatial distribution of heavy metal concentration in urban, suburban and agricultural soils". 158, 2294-2301.
- Mielke, H.W., Gonzales, C.R., Smith, M.k., Mielke, P.W. (1999).** "The urban environment and children s health: soil as an integrator of lead, zinc, and cadmium in New Orleans, Louisiana, U.S.A". *Environmental Research*, 81(2), 117-129.
- Miguel, E. De., Grado, M.J. de., Liamas, J.F.,Martin-Dorado, A., Mazadiego, L.F. (1998).** "The overlooked contribution of compost application to the trace elements load in the urban soils of madrid(Spain)". *Science of the Total Environment*, 21, 113-122.
- Morton-Bermea, O., Hernandez-Alvarez, E., Gonzalez-Hernandez, G., Romero, F., Lozano, R., Beramendi-Orosco, L.E. (2009).** "Assessment of heavy metal pollution in urban topsoils from the metropolitanarea of Mexico City". *Journal of Geochemical Exploration*.
- Muller,G., (1996).** "Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River". *Geojournal*, 2, 108-118.
- Olawoyin ,R., Oyewole, S.A., Grayson, R.L. (2012).** "potential risk effect from elevated level of soil heavy metals on human health in the niger delta". *Ecotoxicology Environmental Safety*, 85, 120-30.
- Papa, S., Bartoli, G., Pellegrino, A., Fioretto, A. (2010).** "Microbial activities and trace element contents in an urban soil". *Environmental Monitoring and assessment*, 165(1-4), 193-203.
- Poggio, L., Vr s caj, B. (2009).** "A Gis based human health risk assessment for urban green space planningdan example from Grugliasco (italy)". *The Science of the Total Environment*, 407, 5961-5970.

health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin". *Environmental Pollution*, 195, 2575-2585.

-zahir, F. a. (2005). "Low dose mercury toxicity and human health". *Environmental toxicology and pharmacology*, 351-360.

-Zhang, W. L. (2012). "Heavy metal pollution in sediments of a typical mariculture zone in South China". *Marine Pollution Bulletin*, 64, 712-720.

-Zhou, F., Guo, H.C., Hao, Z.J. (2007). "Spatial distribution of heavy metal in Hong Kong's marine sediment and their human impacts: a GIS-based chemometric approach". *Marine Pollution Bulletin*, 54(9), 1372-1384.

Environmental evaluation on heavy metals in coastal sediments of the Bandar-e- Imam and Deylam, North Persian Gulf, Iran

Ghodratollah rostamipaydar¹ & Hooman moradpour^{2*}

1- Department of Geology, Ahvaz Branch , Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2-Student MSc-Remote Sensing and Geographic Information Systems Tabriz University, Tabriz, Iran

Abstract

Evaluation of heavy metals is essential to monitoring of soil pollution, maintain the quality of the environment and human health. The aims of these study to assess concentrations of heavy metals in Bandar-e-Imam and Deylam coastal sediments. The data collected during 2015, in 20 stations, 43 samples were collected from coastal sediments and heavy metals were analyzed by ICP-MS and atomic absorption. Then, statistical parameters and important geoenvironmental index such as geoaccumulation index(Igeo), Enrichment factor (EF), contamination factor(Cf), degree of contamination(Cd), Pollution load index(PlI) and ecological risk index(Er) was calculated and for the best distributoin we used inverse distance weighting interpolation (IDW) and radial basis function (RBF) with five sub-branch of the local polynomial method (LP) and global (GP). Based on the results of chemical analysis the average of the chromium, mercury, arsenic, lead and cadmium is 54.27, 0.07, 5.49, 10.13 and 0.25 mg/kg respectively. As following the concentration of heavy metals is compared with similar studies in the world. The study area has a heavy manufacturing industries and harbor position, so heavy metal pollution showed a dominant performance of anthropogenic activities and in comparison, risk of contamination in the Bandar-e- Imam is higher than the Deylam shoreline.

Keywords: Bandar-e-Imam, Deylam, Coastal sediments, Geo-environmental index, Heavy metals