

# تعیین میزان انسان ساخت عناصر سنگین در یک رسوب مغزی از سواحل بوشهر در خلیج فارس

♦ عبدالرضا کرباسی [Karbassi@iranenergy.org.ir](mailto:Karbassi@iranenergy.org.ir)

استادیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

♦ مریم اشقلی فراهانی [M\\_farahani\\_5@yahoo.com](mailto:M_farahani_5@yahoo.com)

دانشجوی دکتری علوم و محیط زیست دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد رودهن

## چکیده

منطقه به جز Fe به سایر عناصر آلوده می‌باشد. از آنجائیکه بخش قابل ملاحظه‌ای از این آلودگی‌ها مربوط به پیوندهای سولفیدی است که موید وجود شرایط احیاء در منطقه می‌باشد و همچنین پیوندهای سست است که قادرند به راحتی از رسوب جدا شده و آب را آلوده نمایند، لذا بعنوان یک زنگ خطر برای منطقه مطرح می‌باشند.

## واژه‌های کلیدی:

آلودگی، عناصر سنگین، رسوب مغزی

## مقدمه

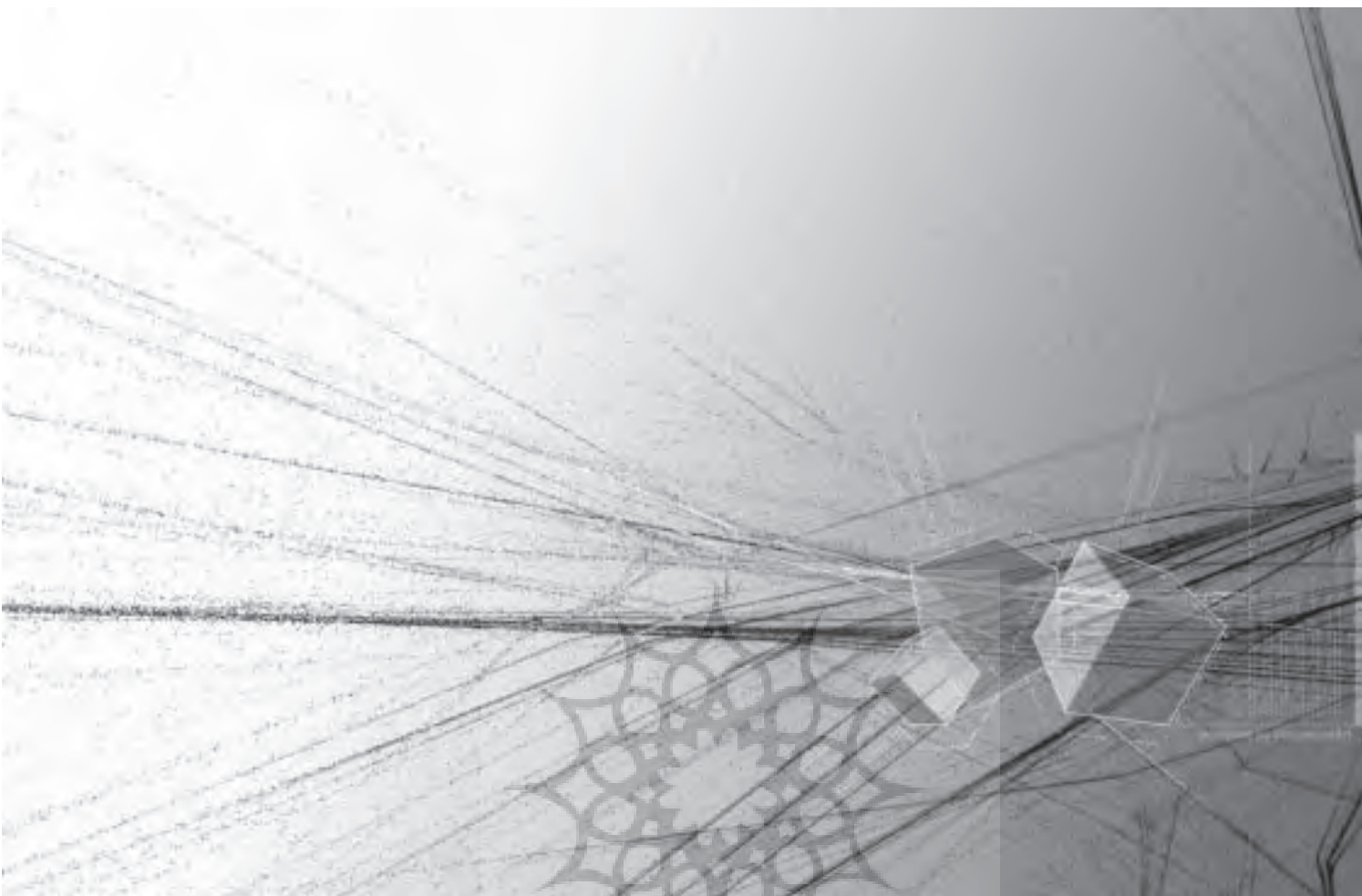
خلیج فارس از دیر زمان و از دیدگاه‌های گوناگونی مورد بررسی قرار گرفته است. جای گیری میدان و پایانه‌های نفتی بسیار در این پیکره آبی، که صدور بیش از نیمی از نفت جهان را بر دوش دارد بر اهمیت آن افزوده است. استخراج نفت و صدور آن در کنار درآمدهای اقتصادی که به همراه دارد، اثرات زیانبار زیست محیطی نیز به همراه دارد.

رسوبات به عنوان حامل و پتانسیل آلودگی در اکوسیستم‌های آبی عمل نموده و مواد آلاینده موجود در آن‌ها لزوماً به طور دائم در رسوبات تثبیت نمی‌یابند و امکان دارد از طریق عوامل شیمیایی و بیولوژیک موجود در رسوبات و حتی ستون آب به گردش درآمده و با ورود به زنجیره غذایی حیات موجودات دریایی و نهایتاً انسان را تهدید نمایند. با عنایت به این مطالب تحقیق حاضر جهت تعیین میزان آلودگی رسوبات خلیج فارس به عناصر سنگین Zn, Pb, Cu, Fe, Mn, Ni صورت پذیرفت و با استفاده از آزمایش تفکیک شیمیایی چهار مرحله‌ای میزان عناصر سنگین در بخش انسان ساخت به تفکیک فازهای متفاوت رسوب مشخص شد و نتایج زیر بدست آمد:

بخش انسان ساخت عناصر در رسوب به ترتیب زیر است

$Mn(0.55/33) > Pb(0.45/11) > Cu(0.27/95) > Zn(0.17/4) > Ni(0.13/68) > Fe(0.2/82)$

رسوبات منطقه نسبت به Fe آلودگی نشان نداده و این عنصر کاملاً منشأ زمینی دارد و از آنجائیکه بیش از ۱۰٪ غلظت سایر عناصر در فاز انسان ساخت قرار دارد، لذا رسوبات



کشورهای ایران از سوی شمال و شبه جزیره عربستان از سوی جنوب محصور شده است. این خلیج در رده آب‌های گرم و شور دسته‌بندی می‌شود و از سوی جنوب هیچ رودخانه‌ای به آن فرو نمی‌ریزد و همه آب شیرین ورودی از شمال و شمال غرب به آن سرازیر می‌شود [۴].

خلیج فارس بسیار کم عمق است و عمق متوسط آن ۳۰ تا ۳۵ متر و ماکزیمم آن در قسمت تنگه هرمز، در مدخل اقیانوس هند می‌باشد که ۱۰۰ متر است [۵].

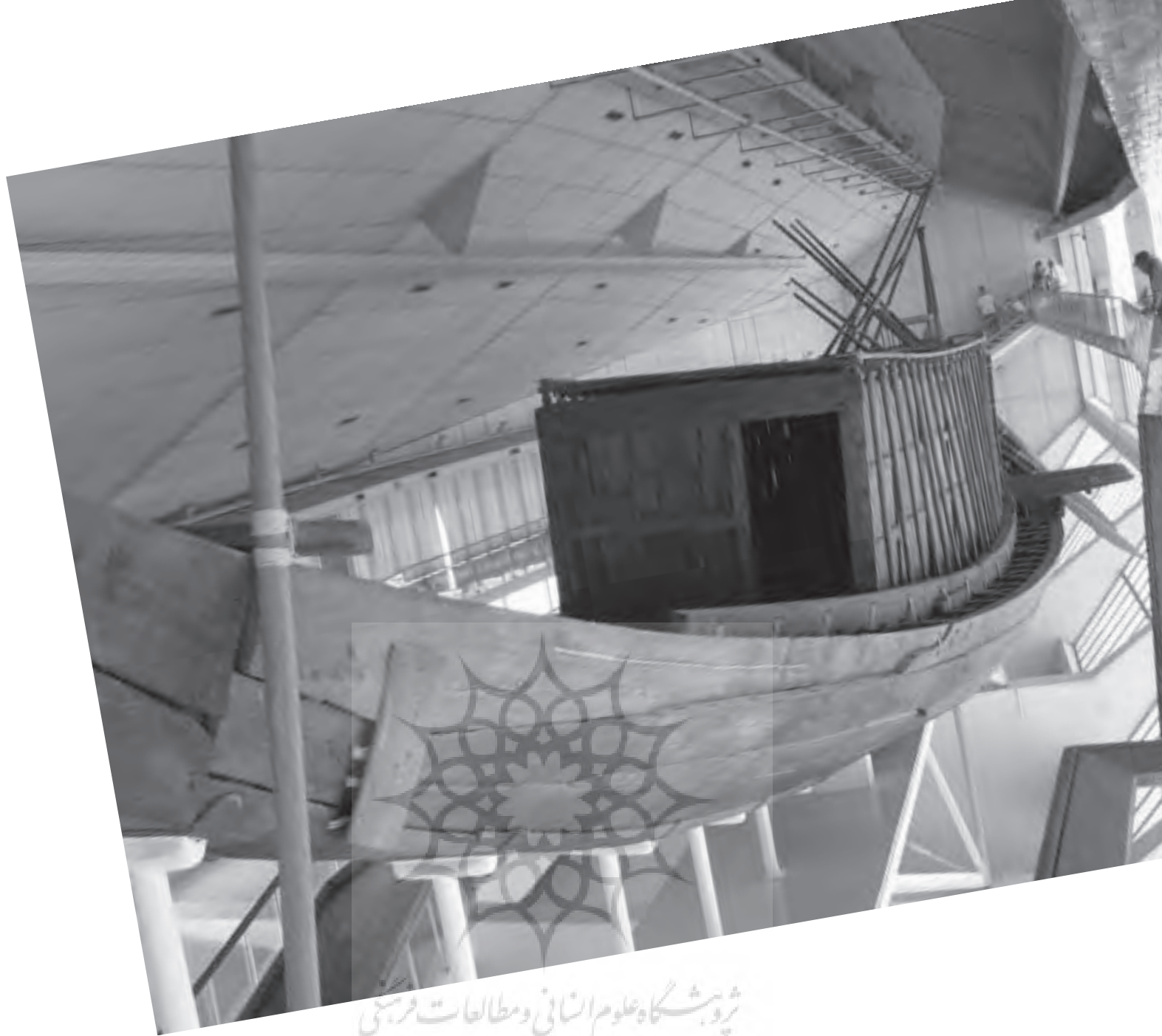
### مواد و روش‌ها ۱- نمونه برداری

عملیات نمونه برداری توسط کارشناسان محیط زیست بوشهر در آذرماه ۱۳۷۹ صورت گرفته است. برای نمونه‌برداری از نمونه‌برداری مغزی استفاده شده و یک نمونه رسوب به طول ۵۴ سانتی متر از موقعیت جغرافیایی شرقی از سواحل بوشهر در خلیج فارس تهیه گردیده است.

افزون بر آلودگی‌های نفتی، صنایع، زمین‌های کشاورزی و شهرهای پیرامون سواحل نیز پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری خود را به این زیست بوم سرازیر می‌سازند [۱]. بخشی از مواد نفتی و سایر آلاینده‌ها در بستر ته‌نشین شده و رسوبات را آلوده می‌نمایند. حضور این آلاینده‌ها در رسوبات نه تنها زندگی موجودات کفزی را تهدید می‌نماید، بلکه توانایی آن را دارد که با تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب آزاد شده و مجدداً وارد آب گردیده و با ورود به زنجیره غذایی حیات تمامی موجودات آبی و نهایتاً انسان را تهدید نماید [۲].

در پی این نکته تحقیق حاضر به هدف تعیین درصد عناصر سنگین در پیوندهای متفاوت رسوب و تعیین درصد آلودگی و طبیعی این عناصر در رسوبات سواحل بوشهر خلیج فارس، صورت گرفته است. خلیج فارس بین ۲۴ درجه تا ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه تا ۵۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرق از نصف النهار گرینویچ واقع [۳] و گستره آن ۲۳۹۰۰۰ کیلومتر مربع گزارش شده است.

این دریای نیمه بسته که تنها از طریق تنگه هرمز با دریاهای آزاد پیوند دارد در میان



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

تعیین درصد این عناصر در فازهای متفاوت رسوب و مشخص کردن درصد آلودگی و طبیعی آن‌ها، آزمایش تفکیک شیمیایی ۴ مرحله ای به روش کرباسی [۶] به قرار زیر انجام گرفت.

#### مرحله اول:

در این مرحله با استفاده از اسید استیک ۲۵٪ و انجام آزمایش محلولی که پس از صاف کردن بدست می‌آید حاوی عناصری است که با رسوب پیوند سست برقرار کرده بوده اند. این میزان از نظر آلودگی حائز اهمیت می باشد، زیرا نشان دهنده آن است که این عناصر به راحتی با تغییر جزئی در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب‌ها قادرند از رسوب جدا شده و محیط زیست را مورد تهدید قرار دهند.

#### ۲- آماده سازی نمونه‌ها و اندازه گیری درصد عناصر سنگین در فازهای گوناگون رسوب:

در آزمایشگاه نمونه رسوب توسط کاردک‌های پلاستیکی لایه بندی شد، سپس در داخل ظروف پلاستیکی قرار داده شد و تا قبل از شروع آزمایش در یخچال نگهداری گردید. بعد از انتخاب ۵ نمونه از رسوب فوق از اعماق متفاوت، عملیات زیر بر روی آن‌ها انجام شد. برای جدا کردن ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون از روش الک کردن استفاده شد و سپس مقدار شخصی از رسوب بعد از خشک شدن در اون، وزن شده و توسط اسیدهای  $HNO_3, HCl, HClO_4$  هضم گردیده و غلظت عناصر سنگین  $Cu, Mn, Fe, Ni, Zn, Pb$  و  $Ca, Al$  در آن‌ها توسط دستگاه جذب اتمی مشخص شد. اعدادی که به این ترتیب بدست می‌آید نمایانگر غلظت کلی عناصر رسوب است. در ادامه برای

### مرحله دوم:

دارای ۲٪ مواد آلی می باشند و اگر مواد آلی در رسوب بیشتر از ۲٪ باشد نشان دهنده ورود آن ها بصورت آلودگی در منطقه است.

در این مرحله با بکارگیری مخلوطی از هیدروکسید آمین هیدروکلراید و اسید استیک محلولی که پس از صاف کردن بدست می آید نمایانگر مقدار عناصری است که دارای پیوندهای سولفیدی می باشند.

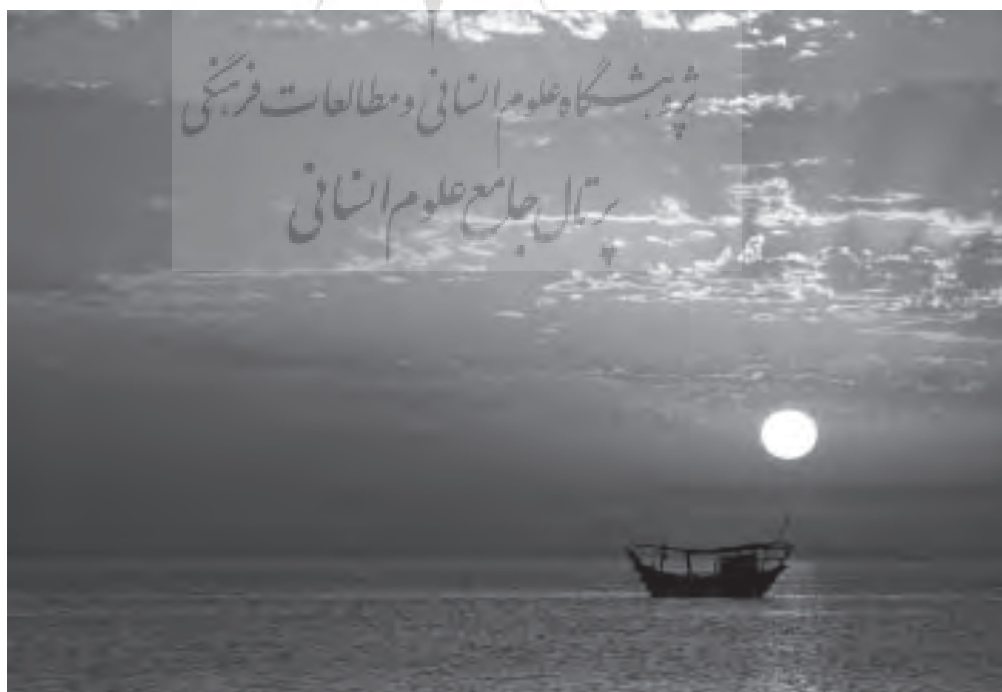
چنین ترکیباتی نشان دهنده وجود شرایط احیاء و آلودگی در منطقه می باشند. زیرا در چنین شرایطی اکسیژن شدیداً کاهش می یابد که سبب مرگ و میر آبزیان می گردد و نیز در اثر پیدایش شرایط احیا عناصر سنگینی که دارای پیوند سست با رسوب می باشند آزاد شده و وارد آب می گردند. در این مرحله Fe و Mn از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

عنصر	سست	سولفید	آلی	جمع	جمع طبیعی	تفکیک کامل
Cu	۳,۲۷	۰,۸	۱,۴۱	۴,۴۷	۱۴,۵۱	۲۱,۹۸
Pb	۲۲,۵۳	۲,۹۲	۲,۶۲	۲۸,۰۷	۳۳,۸۲	۳۲,۲۸
Zn	۲,۵۵	۲,۰۴	۱,۸۳	۶,۴۲	۲۱,۰۴	۲۵,۲۲
Ni	۰,۲	۸,۲۲	۵,۴۵	۱۳,۹۲	۸۶,۳۱	۱۰۴,۲۳
Mn	۱۵۰,۹۱	۲۲,۳۲	۲۰,۲۵	۲۹۳,۴۸	۲۴۰,۵۱	۴۳۳,۹۹
Fe	۱۱۰,۲۸	۱۰,۲۴	۱۰,۲۲	۱۳۰,۷۴	۹۷,۳۶	۲۰۸,۰۲

جدول (۱) میانگین تفکیک شیمیایی برای کلیه عناصر سنگین

### مرحله سوم:

در این مرحله توسط آب اکسیژنه ۳۰٪ و اسید نیتریک ۰/۰۰۲ مول آزمایش انجام شده و محلولی که پس از صاف کردن بدست می آید نشان دهنده وجود عناصری است که پیوند آلی با رسوب دارند. معمولاً رسوبات بطور طبیعی



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
 رتال جامع علوم انسانی

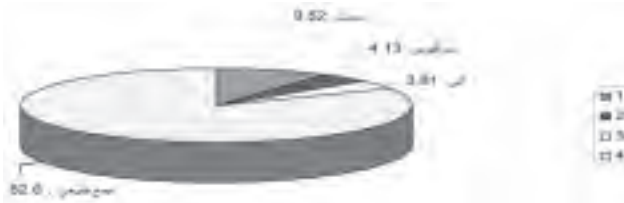
## مرحله چهارم:

با استفاده از اسید کلریدریک ۵۰٪ گرم محلولی که پس از صاف کردن بدست می‌آید نشان دهنده میزان عناصر سنگینی است که درون رسوبات از منشاء زمینی برخوردار هستند و هیچگونه آلودگی ندارند. لازم به ذکر است که اگر مجموع اعدادی را که در این ۴ مرحله بدست می‌آید از نتایج تجزیه عنصری کم نماییم. میزان اختلاف نشان دهنده آن دسته از عناصر است که بصورت میان بطنی با رسوب پیوند داشته‌اند.

و اگر از HF استفاده می‌کردیم، رسوب باقی مانده در مرحله چهارم حل شده و این عدد مستقیماً قابل اندازه‌گیری بود. (البته میزان این پیوند با عناصر، تنها کمتر از ۱٪ از کل غلظت عناصر می‌باشد.) لازم به ذکر است، تعیین مقدار عناصر سنگین در کلیه نمونه‌ها و شاهد با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل AAS-۶۸۰ ساخت شیماتسو ژاپن صورت گرفته است.

## نتایج

با انجام آزمایش تفکیک شیمیایی ۴ مرحله‌ای میزان عناصر سنگین در فازهای متفاوت رسوب برای کلیه نمونه‌ها بدست آمد که مقادیر میانگین آن‌ها در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است. لازم به ذکر است در هر خانه از این جدول میزان عناصر بر حسب ppm و همچنین بصورت درصدی از کل غلظت آن عنصر در نمونه گزارش شده است. ضمناً برای درک بهتر این مقادیر میزان انسان ساخت و طبیعی این عناصر در شکل‌های شماره (۱) تا (۶) به تفکیک فازهای متفاوت آلودگی در قالب نمودارهای pie نشان داده شده است.



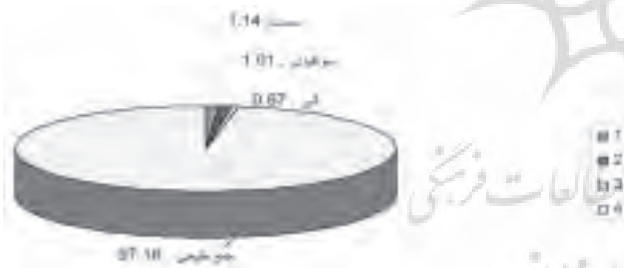
شکل (۳) میزان آلودگی عنصر سنگین Zn (پیوندهای سست، سولفیدی، آلی) و جمع طبیعی آن‌ها بر حسب درصد



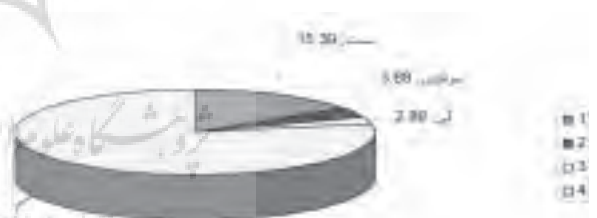
شکل (۴) میزان آلودگی عنصر سنگین Ni (پیوندهای سست، سولفیدی، آلی) و جمع طبیعی آن‌ها بر حسب درصد



شکل (۵) میزان آلودگی عنصر سنگین Mn (پیوندهای سست، سولفیدی، آلی) و جمع طبیعی آن‌ها بر حسب درصد



شکل (۶) میزان آلودگی عنصر سنگین Fe (پیوندهای سست، سولفیدی، آلی) و جمع طبیعی آن‌ها بر حسب درصد

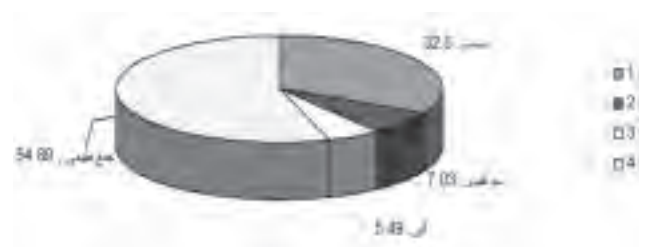


شکل (۱) میزان آلودگی عنصر سنگین Cu (پیوندهای سست، سولفیدی، آلی) و جمع طبیعی آن‌ها بر حسب درصد

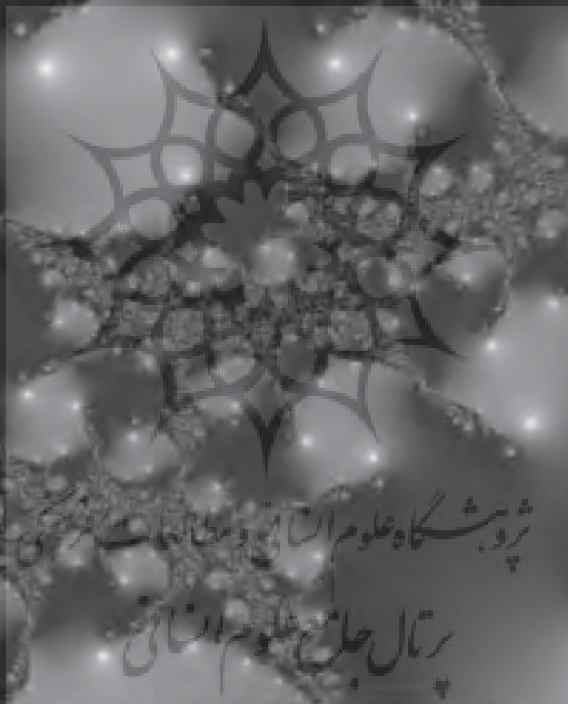
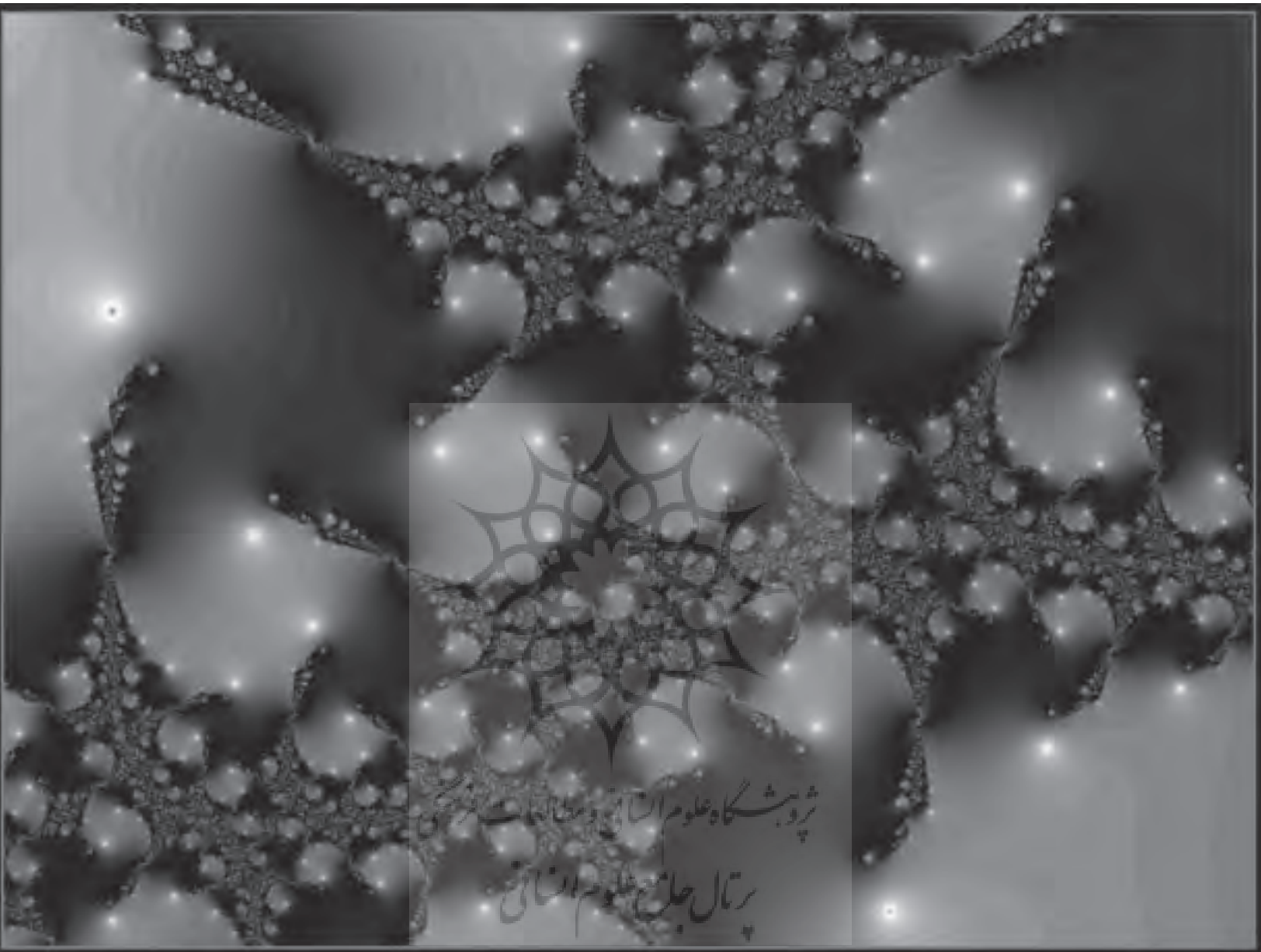
## بحث

با توجه به اعداد موجود در جدول شماره (۱) می‌توان چنین نتیجه گرفت که:

- در مورد عنصر مس، ۷۸٪/۰۵ مسی که در رسوبات خلیج فارس وجود دارد منشاء طبیعی دارد و آلودگی رسوبات منطقه به این عنصر ۲۱٪/۹۵ می‌باشد، که قسمت اعظم آن یعنی ۱۵٪/۳۹ مربوط به پیوندهای سست می‌باشد، که قادرند به راحتی از رسوب جدا شده و وارد آب گردند. میزان مسی که در پیوندهای سولفیدی و آلی وجود دارد قابل



شکل (۲) میزان آلودگی عنصر سنگین Pb (پیوندهای سست، سولفیدی، آلی) و جمع طبیعی آن‌ها بر حسب درصد



سولفیدی آن تشکیل می دهند که سبب می گردد، Pb به راحتی از رسوب جدا شده و وارد آب گردد و سلامت آبزیان منطقه را تهدید نماید.

در مورد Zn میزان ۸۲/۶٪ روی که در رسوبات خلیج فارس مشاهده شده است، منشأ طبیعی دارد و ۱۷/۴٪ آن آلودگی می باشد. لازم به تذکر است از جمع آلودگی این عنصر، ۹/۵۲٪ مربوط به پیوندهای سست و ۴/۱۳٪ مربوط به پیوندهای سولفیدی و ۳/۸۱٪ مربوط به پیوندهای آلی آن بوده است که نمایانگر وجود سولفورهای روی در رسوب و توانایی برقرار نمودن کمپلکس های آلی آن می باشد.

توجه نمی باشد اگرچه میزان مس در نمونه کمتر از غلظت مس در رسوبات جهانی و پوسته زمین است رسوبات منطقه آلوده بوده و می توان نتیجه گیری نمود که بطور طبیعی غلظت مس نسبت به رسوبات جهانی و پوسته زمین کمتر است.

در مورد Pb، درصد طبیعی آن ۵۴/۸۹ می باشد و مابقی یعنی ۴۵/۱٪ آلودگی نشان داده شده است و بدلیل بیشتر بودن میزان غلظت سرب در نمونه نسبت به غلظت آن در رسوبات جهانی و پوسته زمین رسوبات خلیج فارس آلوده به این عنصر خطرناک می باشد. از این میزان آلودگی ۳۲/۶٪ را پیوندهای سست و ۷/۰۳٪ را پیوندهای

سست و سولفیدی آهن می‌باشد و مجدداً در مورد Fe نیز نظیر Mn چون سولفورهای آهن در شرایط احیاء تشکیل می‌گردد می‌توان بعنوان تبدیل تدریجی شرایط اکسایش به احیاء در منطقه تلقی شود.

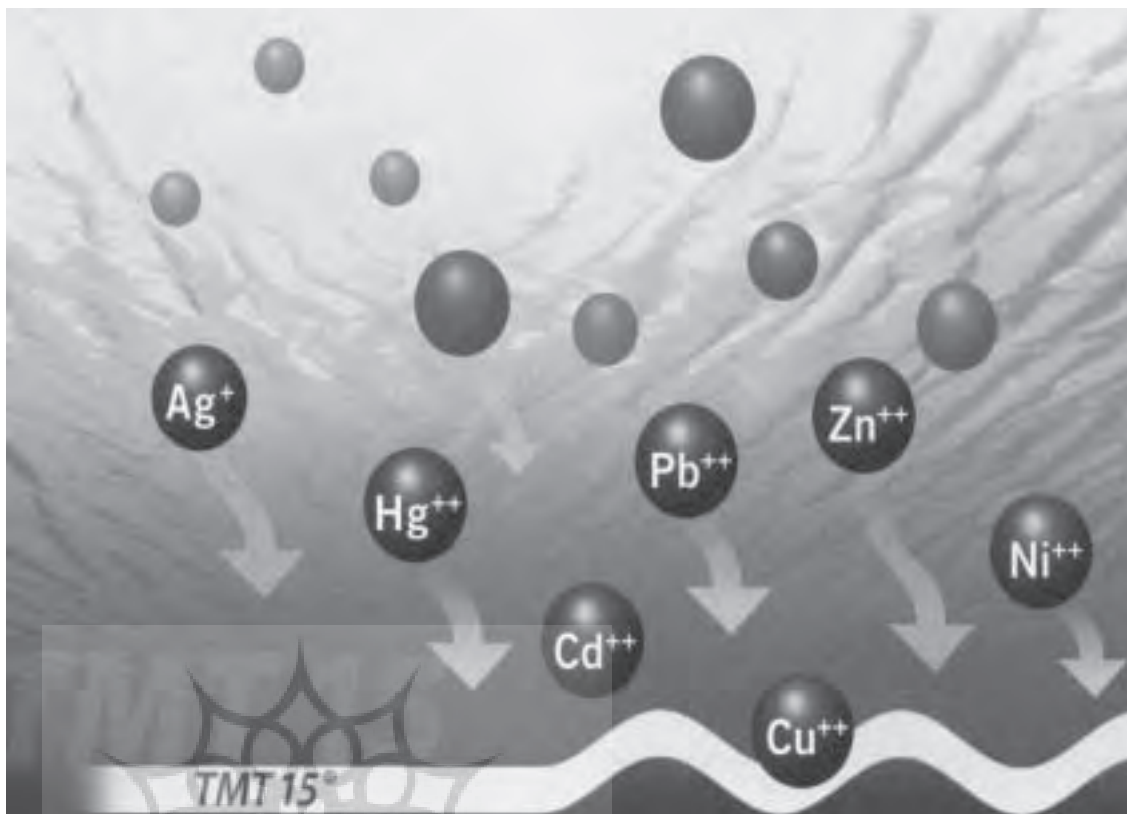
### نتیجه‌گیری

با بررسی نتایج حاصل از تفکیک شیمیایی ۴ مرحله‌ای می‌توان نتیجه گرفت که در مورد عنصر Fe، از آنجائیکه درصد آلودگی آن تنها، ۲/۸۲٪ می‌باشد این عنصر کاملاً منشاء زمینی داشته و رسوبات منطقه نسبت به آن آلودگی نشان نداده است. در مورد سایر عناصر به جز Fe، چون درصد آلودگی آن‌ها بیش از ۱۰٪ می‌باشد، نشان دهنده آلودگی رسوبات منطقه به این عناصر خطرناک می‌باشد و این در حالی است که در اکثر

پژوهش‌های دیگر زمانی که تنها نتایج حاصل از تجزیه کامل با رسوبات جهانی و پوسته زمین مقایسه گردیده‌اند، به جزء ۲ عنصر Pb و Ni سایر عناصر غلظت کمتری نسبت به رسوبات جهانی داشته، لذا چنین نتیجه‌گیری شده است که منطقه نسبت به سایر عناصر آلودگی نشان نداده است. بنابراین ضرورت دارد در تمامی پژوهش‌هایی که به جهت تعیین باز آلودگی رسوبات اقیانوسی صورت می‌پذیرد، تنها به نتایج حاصل از تجزیه کامل اکتفا نکرده و با انجام تفکیک شیمیایی، بخشی از غلظت عنصر را که در فاز انسان ساخت قرار دارد دقیقاً مشخص نمود و در صورت مغایرت این نتایج، استانداردهای جدیدی برای منطقه تهیه گردد.

### منابع

- [۱] ورزقانی، نوذر - صدیقی، امید (۱۳۷۹). ژئوشیمی فلزات سنگین کادمیوم، مس، جیوه، سرب و وانادیوم در رسوبات سطحی و زیر سطحی خلیج فارس فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست.
- [۲] کرباسی، عبدالرضا - شانکر، راباشخارا (۱۹۷۹). تشخیص آلودگی دریایی توسط جداسازی شیمیایی.
- [۳] مجتهدزاده، پیروز (۱۳۶۷). شیخ نشین‌های خلیج فارس - چاپخانه محمد علی علمی.
- [۴] رحیمی نسترن (۱۳۷۲). خواص شیمیایی آب‌های خلیج فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- [۵] کوچکیان انوشه (۱۳۶۸). ماهی و شیلات ایران - تهران.
- [۶] حافظ نیا، محمد رضا (۱۳۷۱). خلیج فارس و نقش استراتژیک تنگه هرمز - انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب انسانی دانشگاه‌ها



در مورد Ni، بخشی از نیکل که منشاء زمینی داشته است، ۸۶/۳۲٪ اندازه‌گیری شده است. که با توجه به اینکه میزان این عنصر در نمونه بیشتر از رسوبات جهانی و پوسته زمین بوده است و رسوبات منطقه نسبت به آن آلودگی نشان داده‌اند چنین نتیجه می‌گیریم که قسمت اعظم آن منشاء طبیعی دارد و روشی برای جلوگیری از آن نمی‌توان پیش بینی نمود، و تنها ۱۳/۶۸٪ مربوط به قسمت انسان ساخت آن است. بیشتر آن هم مربوط به پیوندهای سولفیدی و آلی آن می‌باشد.

در مورد Mn ۴۴/۷۸٪ منشاء طبیعی و ۵۵/۲۲٪ انسان ساخت مشاهده شده است که میزان آلودگی آن رقم بالایی بوده است و از جمع ۵۵/۲۲٪ انسان ساخت، ۳۳/۸۶٪ آن مربوط به پیوندهای سست منگنز با رسوب بوده است که با توجه به این خصلت Mn که عنصر سیاری است و به راحتی می‌تواند از رسوبات جدا شده و وارد آب گردد مطابقت دارد. و ۱۴/۴۵٪ آن نیز مربوط به پیوندهای سولفیدی منگنز است که بعنوان یک زنگ خطر برای منطقه مطرح می‌شود. زیرا حضور سولفیدهای منگنز حاکی از شرایط احیاء است.

در مورد Fe، از آنچه از غلظت این عنصر در رسوبات خلیج فارس اندازه‌گیری شده است ۹۷/۱۸٪ منشاء طبیعی داشته است، که مربوط به ساختار رسوبات منطقه می‌باشد و تنها ۲/۸۲٪ آلودگی نشان داده شده است، که بیشتر آن مربوط به پیوندهای