

مطالعه آلاینده‌گی و اثرات زیست‌محیطی فلزات سنگین و ارتباط بین پراکنش این عناصر با متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در رسوبات فلات قاره دریای عمان، ناحیه چابهار

فرشته قاسم‌زاده^{*}، رضا موسوی حرمی^۲، مجید پورکرمان^۳، صدیقه امجدی^۴، حمید علیزاده کتک لاهیجانی^۵

۱- عضو هیئت علمی گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و مرکز پژوهشی آب و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، پست الکترونیکی: fghasemzd@yahoo.com

۲- دکتری، عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، پست الکترونیکی: harami2004@yahoo.com

۳- کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه تربیت معلم، تهران، پست الکترونیکی: pourkerman@yahoo.com

۴- کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه فردوسی، مشهد، پست الکترونیکی: se.am412@gmail.com

۵- دانشیار، موسسه ملی اقیانوس‌شناسی ایران، تهران، پست الکترونیکی: hamidaki@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۵

* نویسنده مسؤل

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۸

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۱، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی الگوی پراکنش فلزات سنگین و تاثیرات احتمالی زیست‌محیطی آن بر روی زنجیره‌ی غذایی انسان، با استفاده از تحلیل آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در رسوبات فلات قاره دریای عمان در، ناحیه چابهار است. مطالعه داده‌های حاصل از تحلیل تفکیکی نمونه‌های مورد مطالعه، نشان‌دهنده‌ی الگوی جریان غربی-شرقی آب در منطقه است که حاکی از تنشت عناصر از رسوبات زون مکران در فلات قاره دریای عمان است. توزیع و پراکنده‌گی عناصر در رسوبات منطقه‌ی مورد مطالعه به نوع عنصر، فراوانی کانی‌های رسی، مواد ارگانیکی و میزان کربنات بستگی دارد. فراوانی بیش از حد As ، Cr و Rb در رسوبات دریایی مورد مطالعه می‌تواند عاملی برای آلودگی محیط زیست دریا و وارد شدن این عناصر از طریق زنجیره‌ی غذایی به بدن انسان شود. Cr (سه برابر حد استاندارد) در رسوبات دریایی نزدیک ساحل در منطقه مورد مطالعه فراوانی بالایی دارد و همچنین با توجه به اینکه در نواحی نزدیک ساحل کربنات کلسیم بالاست، بنابراین باعث شده مقدار بالایی از Rb (چهار برابر حد استاندارد) تحت فعالیت‌های شیمیایی، به‌صورت یون محلول وارد زنجیره غذایی و آب آشامیدنی (آب شیرین‌کن‌های موجود در منطقه) شود. As به‌دلیل عدم همبستگی متغیرهای فیزیکی و شیمیایی به‌عنوان یک فاز مستقل از فرآیندهای زمین‌شناسی تعیین شده است، بنابراین می‌تواند میزان افزایش آن تحت تاثیر فعالیت‌های بشری در منطقه باشد.

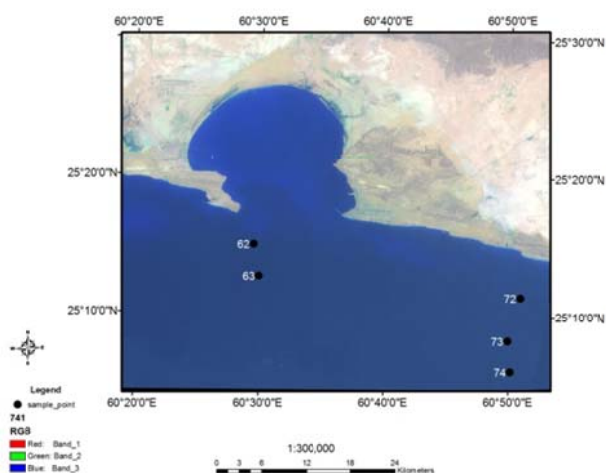
کلمات کلیدی: متغیرهای فیزیکی و شیمیایی، تحلیل تفکیکی، الگوی توزیع و پراکنش عناصر، زنجیره غذایی.

۱. مقدمه

یکی از اصلی‌ترین خطرات آلودگی فلزات سنگین داشتن اثر سمی بر روی انسان است که از طریق زنجیره‌ی غذایی می‌تواند به میزان زیادی، انسان را تحت تاثیر قرار دهد. این فلزات سنگین از طریق موجودات دریایی می‌توانند وارد زنجیره غذایی شوند. رفع آلودگی حاصل از فلزات سنگین اغلب مسئله‌ی بزرگی است. رسوبات دریایی، مخزنی از عناصر سنگین را تشکیل می‌دهند که می‌تواند در دسترس موجودات زنده قرار بگیرند. تاثیرات این فلزات فقط به فراوانی آنها بستگی ندارد، بلکه به فرایندهای فیزیوشیمیایی که بین آنها اتفاق می‌افتد نیز بستگی دارد (Davidson et al., 1994). پراکنندگی و توزیع عناصر سنگین در رسوبات بیشتر به صورت یون‌های تبادل‌ی، جذب سطحی توسط کانی‌های رسی، شرکت در ساختمان کانی‌های رسی و ته‌نشست به‌صورت خرده‌های رسوبی در اندازه سیلت است (Yuan et al., 2004). پایداری این فلزات در داخل رسوبات، تحت تغییر شرایط محیطی، از قبیل اسیدی شدن، پتانسیل کاهش و اکسایش و وجود توده‌های لیگاند ارگانیکی تغییر می‌کند که باعث تحرک و جابجایی این فلزات به‌صورت محلول یا نامحلول و باعث آلودگی آب و رسوبات دریایی می‌شود و از طریق موجودات دریایی می‌تواند وارد زنجیره غذایی گردد (Yuan et al., 2004). بنابراین مطالعه فراوانی و الگوی توزیع و پراکنندگی این عناصر در رسوبات جهت مطالعه اثرات زیست‌محیطی آنها ضروری است. مطالعاتی که توسط Jaffar و همکاران در سال ۱۹۹۵ در محدوده‌ی دریای عمان، پاکستان بر روی ماهی‌های بومی منطقه انجام شده است نشان دهنده این است که کروم و آرسنیک بیشترین تاثیر آلودگی را بر روی ماهی حلوا سفید داشتند. مطالعات پیشین در مورد پراکنندگی و توزیع عناصر در رسوبات، بیشتر براساس بررسی و تفسیر یک ردیاب (خصوصیت) منفرد متکی بوده است. ولی در سال‌های اخیر با پی بردن به این مسئله که استفاده از یک ردیاب می‌تواند نتایج غیر واقعی و گمراه کننده بدهد، این نتیجه حاصل شده است که استفاده از ترکیبی از خصوصیات در مطالعه توزیع و پراکنندگی عناصر در رسوبات، ضروری است (Yu and Oldfield, 1993; Peart and Walling, 1988; Walling and Woodward, 1997; Walden et al., 2001; Collins et al., 1995). ترکیبی از خصوصیات یک گروه یا ترکیبی از خصوصیات دو یا چند گروه می‌تواند دقت نتایج را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. همزمان

با این پیشرفت، روش‌های کمی نیز توسعه یافته است. امروزه، از میان روش‌های کمی، مطالعات آماری در توانایی ردیاب‌های مورد نظر در تفکیک توزیع عناصر در رسوب و استفاده از مدل‌های ترکیبی چند متغیره برای تعیین سهم نسبی هر یک از الگوها در توزیع عناصر موجود در رسوب، بیش از سایر روش‌ها مورد توجه است (Walling et al., 1999; Collins et al., 2001; Owens et al., 2000; Bottrill et al., 2000).

در روش‌های تجزیه خوشه‌ای و تجزیه‌ی عاملی از قدرت تفکیک و جداکنندگی ترکیبی از خصوصیات در طبقه‌بندی الگوی پراکنش عناصر در رسوب استفاده می‌شود (Collins and Walling, 2002). اگر ردیاب‌ها قادر به طبقه‌بندی و تفکیک صحیح تمام الگوی توزیع عناصر رسوب باشند، توان و کارایی تمام خصوصیات تأیید می‌شود و در غیر این صورت کارایی هیچ کدام از آنها تأیید نمی‌شود (Collins and Walling, 2002). همان‌طور که گفته شد نقض آزمون‌ها در مقایسه میانگین‌ها این است که قادر به نشان دادن توان و کارایی جمعی یا ترکیبی خصوصیات نیستند و برعکس روش‌های تجزیه خوشه‌ای و تجزیه‌ی عاملی قادر به نشان دادن توان یکایک خصوصیات نمی‌باشند. از این‌رو استفاده از تلفیقی از آزمون‌های مقایسه میانگین‌ها و روش‌های تجزیه عاملی و تجزیه خوشه‌ای در تعیین ترکیب مناسبی از ردیاب‌ها که دارای توان جداسازی دقیق الگوی توزیع و پراکنش عناصر در رسوب باشند می‌تواند مفید باشد. Walling and Woodward (1995) از تلفیقی از آزمون تجزیه‌ی واریانس و تجزیه‌ی خوشه‌ای برای این منظور استفاده کرده‌اند. چون در روش تلفیقی مذکور ممکن است تعداد خصوصیات ترکیب انتخابی زیاد باشد و از سوی دیگر در بررسی الگوی توزیع و پراکنش عناصر در رسوب، بهتر است برای کاهش تعداد متغیرهایی که در مرحله بعد (یعنی تعیین الگوی توزیع و پراکنش عناصر در رسوب با استفاده از مدل‌های ترکیبی چند متغیره) تعیین می‌شوند باید تعداد خصوصیات ترکیب انتخابی کاهش یابد (Rowan et al., 2000; Foster and Lees, 2000). لذا، در این مطالعات بهتر است از روش‌هایی استفاده شود که امکان تعیین ترکیب بهینه را از نظر تعداد و توان جداکنندگی گروهی و انفرادی خصوصیات انتخابی فراهم کند. روش تابع تشخیص، روشی مناسب برای برآورده کردن این هدف است (Rowan et al., 2000). در روش تابع تشخیص برای رسیدن به کوچکترین ترکیبی که بیشترین توان تفکیکی را داشته باشد از الگوریتم



شکل ۱- موقعیت ناحیه‌ی مورد مطالعه و محل برداشت مغزه‌های رسوبی از فلات قاره دریای عمان

۱-۲. تحلیل تفکیکی

تحلیل تفکیکی^۱ یک مدل پیشگوکننده برای اعضای یک گروه ایجاد می‌کند. این مدل دارای عملکردی توصیفی بر پایه ترکیب متغیرهای پیشگوکننده است که توصیف قابل قبولی بین گروه‌ها ایجاد می‌کند. این روش برای اندازه‌گیری موردهایی که قابل اندازه‌گیری هستند و قابلیت پیشگویی دارند، اما روابط بین گروه‌ها ناشناخته است، کاربرد دارد (Norusis, 2004).

۱-۱-۲. روش قدم به قدم

هنگامی که تعداد داده‌های پیشگوکننده زیاد باشد، روش قدم به قدم^۲ می‌تواند بهترین متغیرها را برای استفاده از این روش به صورت خودکار انتخاب نماید (Norusis, 2004).

۳. نتایج

نتایج تحلیل دانه‌سنجی، تعیین درصد کربنات، مواد آلی و فراوانی عناصر (V, Al, As, Li, Rb, Nb, Cr, Zr, Sc, Pr, Nd, Sn) مغزه‌های رسوبی فلات قاره دریای عمان در جدول ۲ ارائه شده است. فراوانی ذرات در حد سیلت در نمونه‌های مختلف

انتخاب گام به گام استفاده می‌شود. الگوریتم یاد شده برای رسیدن به این خواسته از عملیات حداقل کردن آماره ویکس لامدا (Wilks Lambda) یا حداکثر کردن فاصله ماهالانوبیس (Mahalanobis) بهره می‌گیرد. در این روش ردیاب‌ها یکی یکی و به ترتیب توان تفکیکی یا جدا کنندگی خود انتخاب می‌شوند. عملیات انتخاب موقعی متوقف می‌شود که هیچ یک از خصوصیات باقیمانده هیچ توان تفکیکی به ترکیب قبلی اضافه نکند. در واقع ردیابی انتخاب می‌شود که توان تفکیکی ترکیب را بالا ببرد. Lambda برابر با یک، وقتی است که میانگین‌های تمام الگوی توزیع عناصر در رسوب با هم برابر باشند و مقادیر Lambda نزدیک به صفر نشان دهنده‌ی فزونی تغییرات بین الگوی توزیع عناصر در رسوب بر تغییرات درونی هر یک از الگوهای پراکنش است (Collins and Walling, 2002). هدف از این پژوهش، بررسی الگوی پراکنش فلزات سنگین و تاثیرات احتمالی زیست‌محیطی آن بر روی انسان و موجودات دریایی با استفاده از متغیرهای فیزیکی و شیمیایی رسوبات و تاثیرات احتمالی این عناصر بر روی زنجیره غذایی انسان، در رسوبات فلات قاره دریای عمان، ناحیه چابهار، با استفاده از تحلیل‌های آماری است. منطقه‌ی مورد مطالعه در جنوب ایران و در پهنه مکران ساحلی واقع شده است. رودخانه‌های موجود در منطقه فصلی است و این منطقه دارای آب و هوای نیمه بیابانی، گرم و خشک است (افشار، ۱۳۷۲).

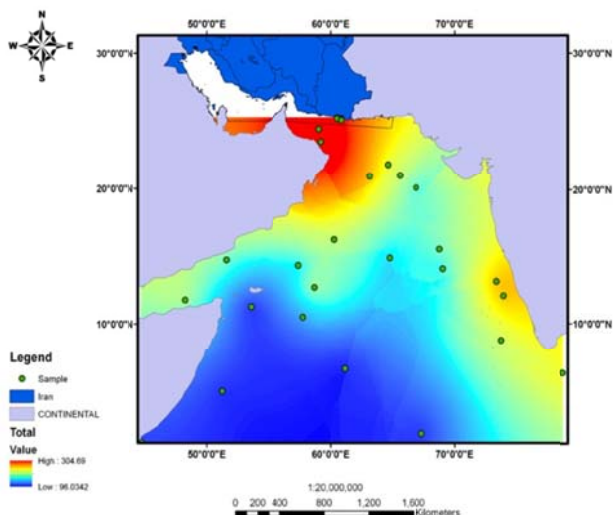
۲. روش مطالعه

نمونه‌برداری با شیوه مغزه گیروزنی (Gravity core) توسط موسسه ملی اقیانوس شناسی انجام شده است. تعداد ۱۵ نمونه از پنج مغزه (شکل ۱) به شماره‌های ۶۲، ۶۳، ۷۲، ۷۳ و ۷۴ جهت آنالیز ICP-MS (در آزمایشگاه ALS-Chemex کانادا) انتخاب شده است. مشخصات مغزه‌های برداشت شده در جدول ۱ ارائه شده است. دانه‌سنجی نمونه‌ها به روش لیزری با استفاده از دستگاه Laser particle analyzer در آزمایشگاه موسسه ملی اقیانوس شناسی در تهران انجام شد. درصد کربنات با استفاده از کلسی متر برنارد اندازه‌گیری شده است. سرانجام برای شناسایی ارتباط بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی با پراکنش عناصر در رسوبات مورد مطالعه از آنالیز تفکیکی به روش قدم به قدم و نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

¹ Discriminant Analysis

² Stepwise method

با استفاده از درون‌یابی به روش Kriging در محیط Arcmap گسترش عناصر در دریای عمان شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفته است (شکل ۲).



شکل ۲- الگوی گسترش مجموع عناصری که در زون مکران دارای فراوانی بالا هستند. محاسبه با استفاده از روش Kriging صورت گرفته است (اقتباس با تغییراتی از Sirocho et al., 2000).

۴-۱. تجزیه و تحلیل‌های آماری

در این مطالعه برای انتخاب متغیرهای مستقل از روش مربع فاصله ماهالانویس استفاده شده است. سطح معنی‌دار آماره F برای ورود و حذف متغیر نیز به ترتیب برابر با ۰/۰۵ و ۰/۱ در نظر گرفته شد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که سطح معنی‌دار است و متغیرهای ورودی در مدل بر اساس آزمون Wilks' Lambda استوار است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود متغیرهای انتخابی دارای بیشترین توان تفکیک متغیرهای مطالعاتی هستند.

در مرحله‌ی بعد با توجه به سطح همبستگی متغیرهای مختلف مدل، ۴ تابع تفکیک تعیین می‌شود. جدول ۴ نشان دهنده ضرایب هریک از متغیرهای انتخابی در توابع تعیین شده در مدل است.

با استفاده از همبستگی داخلی بین متغیرهای مورد مطالعه و نتایج جدول ۵، میزان همبستگی هریک از متغیرها با توابع تفکیکی مشخص می‌شود و آن‌ها بر اساس سطح همبستگی مرتب می‌شوند. سپس متغیرهایی که دارای همبستگی مطلق در سطح بالا با توابع تفکیکی هستند، علامت‌گذاری می‌شوند (جدول ۵).

از ۴۰ تا ۶۶ درصد در تغییر است، درحالی‌که ذرات در اندازه‌ی رس مقادیری از ۱۷ تا ۴۵ درصد را نشان می‌دهند (جدول ۲). فراوانی مواد آلی در نمونه‌های مختلف ۱ تا ۱۵،۵ درصد است، فراوانی کربنات ۱۲ تا ۱۷ درصد در تغییر است (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات مغزه‌های برداشت شده در ناحیه‌ی چابهار

شماره مغزه	طول و عرض جغرافیایی	فاصله از ساحل (km)	طول مغزه ها (cm)	عمق برداشت مغزه ها از سطح آب (m)
۶۲	۲۵° ۱۵' N ۶۰° ۲۹,۹۳' E	۴,۴۶	۳۰	۲۰
۶۳	۲۵° ۱۲,۷۱' N ۶۰° ۲۹,۹۵' E	۸,۲۱	۱۰,۵	۵۰
۷۲	۲۵° ۱۱,۳۵' N ۶۰° ۵۰,۲۳' E	۵,۷۷	۹۰	۵۰
۷۳	۲۵° ۸,۳' N ۶۰° ۴۹,۹۵' E	۱۳,۱۱	۱۴۱	۱۰۰
۷۴	۲۵° ۵,۹۷' N ۶۰° ۵۰,۱۸' E	۱۶,۷۶	۳۰	۱۹۰

جدول ۲- میانگین فراوانی عناصر و نتایج آنالیز دانه سنجی، کلیمتری و مواد عالی در نمونه‌های رسوبی فلات قاره دریای عمان ناحیه چابهار

	Sample				
	۶۲	۶۳	۷۲	۷۳	۷۴
	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
V(ppm)	۶۸,۶۷	۱۱۶	۱۰۳,۳۳	۱۰۸,۶۷	۱۱۸
Al(%)	۴,۸	۶,۵۵	۶,۱۴	۶,۳۳	۶,۸۱
As(ppm)	۵	۴,۶	۴,۰۲	۴,۳۳	۴,۴۳
Li(ppm)	۱۹,۱۳	۲۴,۸۷	۲۵,۷۰	۲۷,۵۳	۲۴,۶
Rb(ppm)	۴۷,۲	۱۲۳,۲۳	۱۰۸,۹۷	۱۱۹,۵۷	۱۳۲,۵۷
Nb(ppm)	۸,۵۹	۱۲,۳۸	۱۱,۵	۱۱,۸۹	۸,۹
Cr(ppm)	۱۱۹	۱۲۰,۶۷	۱۲۰	۱۱۶	۱۱۲,۶۷
Zr(ppm)	۴۱,۹۷	۵۷,۲۰	۵۰,۱۷	۵۰,۶۳	۵۳,۲۰
Sc(ppm)	۸,۱	۱۴,۷۳	۱۲,۷۳	۱۳	۱۵,۱۷
Pr(ppm)	۲,۹	۴,۲	۴,۳۷	۴,۶	۴,۹
Nd(ppm)	۱۰,۳۰	۱۴,۷	۱۵,۸۳	۱۶,۳	۱۶,۸۷
Sn(ppm)	۱,۴۷	۲,۳۳	۲,۳	۲,۳۳	۲,۸۰
Sand(%)	۱,۶۲	۰,۲	۲۷,۰۶	۶,۸۴	۰,۳۸
Silt(%)	۶۶,۲۳	۵۵,۸۹	۳۸,۳۸	۶۲,۳۷	۶۰,۱۰
Clay(%)	۳۲,۱۵	۴۳,۹۱	۱۷,۹	۳۰,۵۸	۳۹,۵۲
OM(%)	۱,۴	۱,۵	۱,۰۸	۱,۰۸	۱,۲۵
CaCO3(%)	۱۶,۳۴	۱۲,۴۷	۱۶,۵۶	۱۶,۱۳	۱۳,۴۴

۴. بحث

نتایج به‌دست آمده از تحلیل عنصری نمونه‌های برداشت شده از ناحیه‌ی چابهار با نمونه‌های مطالعاتی دریای عمان توسط Sirocho et al, (2000) مورد مقایسه قرار گرفت و عناصری که دارای بیشترین فراوانی در ناحیه مطالعاتی هستند شناسایی شده‌اند. بر این اساس عناصر V, Pr, Nd, Sn و V دارای بیشترین گسترش در زون مکران هستند.

جدول ۳- آزمون Wilks' Lambda برای سطح معنی دار گروه‌های انتخاب شده

Step	Variables	Lambda	df1	df2	df3	Exact F			Approximate F				
						Statistic	df1	df2	Sig.	Statistic	df1	df2	Sig.
۱	Clay	۰.۰۶۴	۱	۴	۱۰	۳۶.۸۱	۴	۱۰	۰.۰۰۰				
۲	Sn	۰.۰۰۹	۲	۴	۱۰	۲۱.۸۳	۸	۱۸	۰.۰۰۰				
۳	V	۰.۰۰۲	۳	۴	۱۰					۱۶.۰۵	۱۲	۲۱.۴۵	۰.۰۰۰
۴	Silt	۰.۰۰۱	۴	۴	۱۰					۱۴.۴۶	۱۶	۲۲.۰۲	۰.۰۰۰
۵	OM	۰.۰۰۰	۵	۴	۱۰					۱۶.۸۷	۲۰	۲۰.۸۵	۰.۰۰۰

Core No. ۱=۶۱, ۲=۶۳, ۳=۷۲, ۴=۷۳, ۵=۷۴

جدول ۴- ضرایب تابع تفکیکی استاندارد شده

	Function			
	۱	۲	۳	۴
V	-۰.۳۷۳	-۱.۱۱۴	۲.۴۹۱	۰.۶۳۱
Sn	-۲.۷۷۲	۱.۸۱۶	-۱.۷۹۳	-۰.۴۴۶
Silt	۳.۸۳۳	-۰.۱۶۱	-۰.۵۹۶	۶.۲۰
Clay	۳.۶۸۵	-۰.۳۱۶	-۰.۰۱۶	-۰.۰۴
OM	-۲.۴۳۴	۰.۰۰۱	۰.۳۹۷	-۰.۷۴۸

جدول ۵- ضرایب متغیرهای استفاده شده در ماتریس ساختاری

	Function			
	۱	۲	۳	۴
Asa	۰.۶۴۴*	-۰.۲	-۰.۲۵۴	۰.۱۴۴
Sn	-۰.۰۴۸	۰.۷۹۳*	۰.۲۰۱	۰.۵۱۴
Ala	-۰.۱۲۵	۰.۷۱۴*	۰.۵۰۶	۰.۲۱۲
Pra	-۰.۱۱۹	۰.۶۴۹*	۰.۳۵۸	۰.۵۱۵
Clay	۰.۲۰۵	۰.۶۴۴*	۰.۴۶۸	-۰.۵۵۳
Lia	۰.۴۱۶	۰.۶۰۱*	۰.۳۱۹	۰.۱۰۱
Sanda	-۰.۱۹۹	-۰.۴۷۶*	-۰.۲	-۰.۳۰۸
Nba	۰.۳۵۸	۰.۳۷۱*	۰.۰۲۷	-۰.۲۸۰
Rba	-۰.۲۲۴	۰.۳۳۹	-۰.۶۲۳*	-۰.۰۲۱
CaCO3a	-۰.۳۱۷	-۰.۰۰۲	-۰.۵۰۸*	۰.۲۱۶
Cra	۰.۴۲۵	۰.۰۳۹	-۰.۱۸۶	-۰.۷۲۰*
Nda	-۰.۱۳۰	۰.۶۰۱	۰.۲۴۶	۰.۶۵۵*
OM	۰.۰۳۶	-۰.۰۲۴	۰.۱۱۲	-۰.۶۵۳*
Sca	۰.۱۲۱	۰.۶۰۵	۰.۳۶۰	۰.۶۰۶*
V	-۰.۰۲۷	۰.۵۷۸	۰.۴۷۸	۰.۶۰۳*
Silt	۰.۰۴۹	-۰.۰۰۵	-۰.۱۸۶	۰.۵۴۷*
Zra	-۰.۰۶۲	-۰.۰۶۲	۰.۳۹۵	۰.۴۹۳*

a. This variable not used in the analysis.

تابع است که تابع اول بر روی محور عمودی نمایش داده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، گروه ۳ به صورت کامل تفکیک شده است. تابع دوم نمودار بر روی محور افقی نمایش داده می‌شود. در این تابع گروه ۱ و ۲ به صورت کامل تفکیک شده‌اند. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود گروه ۱ فاقد ارتباط با گروه ۳ و ۵ و از طرف دیگر گروه ۲ هیچ‌گونه ارتباطی با گروه‌های ۴ و ۳ ندارد. با توجه به فاصله‌ی کانونی گروه ۳ با گروه ۱، این نتیجه حاصل می‌گردد که شرایط رسوبگذاری و منابع آن متفاوت بوده است. با توجه به اینکه فاصله‌ی کانونی گروه‌های ۲، ۳ و ۴ به گروه ۱ نزدیک تر است، بنابراین سه گروه مزبور تحت تاثیر منبع تامین رسوب گروه ۱ هستند.

عامل اصلی ارتباط این متغیرها با یکدیگر الگوی ویژه گردش آب در منطقه و همچنین رودخانه‌های ورودی در منطقه است. شکل ۴ با استفاده از باندهایی با طول موج کوتاه تصاویر لندست تهیه شده است.

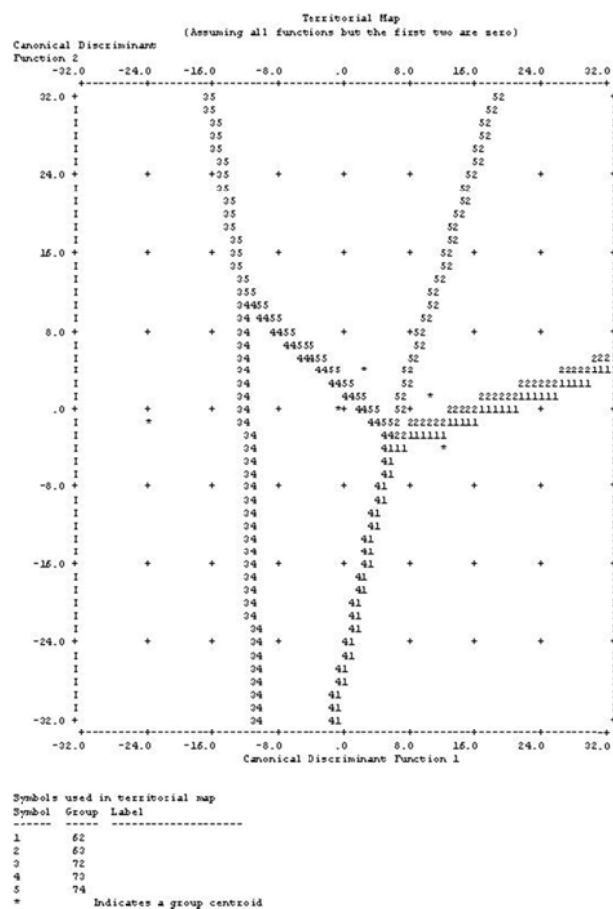
با توجه به شکل ۴ و ارتباطات نمودار Territorial Map مشاهده می‌شود که مغزه‌های ۶۲ و ۶۳ در یک راستا قرار دارند و هر دو این مغزه‌ها دارای منشا مشترک هستند و از طرف دیگر در اثر جریان‌های غربی- شرقی آب در منطقه، میزانی از رسوبات به سمت مغزه‌های ۷۲، ۷۳ و ۷۴ جابجا می‌گردد. با توجه به ارتباط مغزه ۶۲ و ۷۳ و همچنین ۷۳، ۶۳ و ۷۴ و عدم ارتباط مغزه‌های ۶۲، ۷۲ و ۷۴ می‌توان الگوی دور شونده جریان را از ساحل مشاهده کرد. از طرفی، ارتباط گروه‌های ۷۲، ۷۳ و ۷۴ بدلیل هم‌راستا بودن این گروه‌ها است که نشان‌دهنده آن است که قسمتی از این رسوبات از مناطق ساحلی منطقه تامین می‌گردد. اما با توجه به فاصله نزدیک مغزه ۳ به ساحل، این مغزه کمترین تاثیر

در مرحله‌ی آخر به منظور شناسایی ارتباط مغزه‌ها با یکدیگر از نمودار Territorial Map استفاده گردید (شکل ۳). در واقع این نمودار با استفاده از نتایج ماتریس همبستگی منجر به تفسیری گرافیکی ایجاد می‌شود که رابطه‌ی بین متغیرها و گروه‌های مطالعاتی را نمایش می‌دهد. این نمودار دارای دو

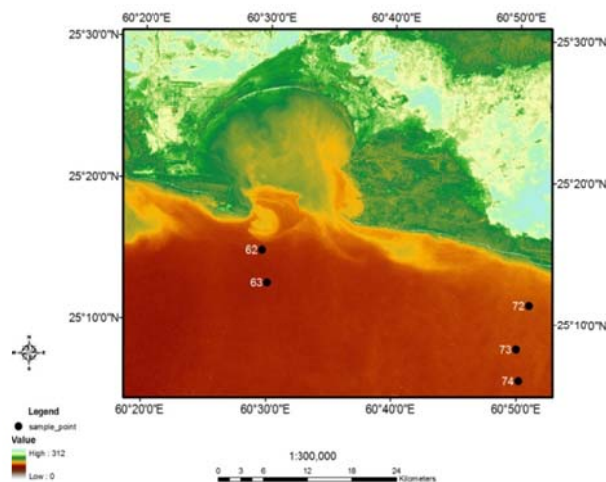
۴-۱. بررسی ارتباط متغیرهای شیمیایی و فیزیکی بر گسترش عناصر شیمیایی

در این بخش ارتباط متغیرهای فیزیکی (رس، سیلت و ماسه) و شیمیایی (مواد آلی و کربنات کلسیم) با عناصر مورد مطالعه بررسی می‌گردد. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود عناصر بر اساس همبستگی با توابع انتخابی توسط مدل مرتب شده‌اند. در تابع ۲ رس با متغیرهای Sn, Al, Pr, Li, Nb دارای ارتباط مستقیم و با ماسه دارای ارتباط معکوسی است. این عناصر می‌توانند، جذب سطحی کانی‌های رسی شوند یا در ساختمان کانی‌های رسی شرکت کنند (Yuan et al., 2004)، بنابراین در نمونه‌های مورد مطالعه با افزایش فاصله از ساحل به طرف دریا میزان رس افزایش و مقدار جذب این عناصر نیز افزایش می‌یابند. در تابع ۳، $CaCO_3$ دارای ارتباط معکوسی با Rb است (جدول ۵). این موضوع به دلیل این است که در رسوبات کربناته این عنصر ناپایدار و محلول است و از رسوبات جدا شده و به صورت یون محلول وارد آب می‌شود. مقدار زیاد این فلزات در رسوبات نماینده آلودگی است (Forstner and Wittmann, 1979). در نمونه‌های مورد مطالعه، مغزه‌هایی که نزدیک به ساحل هستند، بخاطر بالا بودن درصد کربنات، مقدار Rb کاهش می‌یابد و بالعکس با افزایش فاصله از ساحل به طرف دریا با کاهش کربنات مقدار Rb افزایش می‌یابد (جدول ۶). در تابع ۴ (جدول ۵) عناصر Nd, Sc, V, Zr با ذرات در اندازه سیلت ارتباط مستقیمی را نشان می‌دهند. بنابراین با توجه به جدول ۶، در نمونه‌های مورد مطالعه با افزایش فاصله از ساحل که درصد سیلت افزایش می‌یابد، مقدار این عناصر (Nd, Sc, V, Zr) نیز افزایش می‌یابد. در همین تابع، Cr با متغیرهای عناصر Nd, Sc, V, Zr و سیلت دارای ارتباط معکوسی است، و با مواد آلی (OM) دارای ارتباط مستقیمی است. وجود مواد آلی در رسوبات می‌تواند باعث تمرکز Cr در اطراف آن‌ها گردد (Yujun et al., 2008). در نمونه‌های مورد مطالعه با افزایش فاصله از ساحل، میزان مواد آلی کاهش می‌یابد که با کاهش مواد آلی، تمرکز Cr در رسوب نیز کاهش یافته است (جدول ۶). همان‌طور که مشاهده می‌شود Cr تنها عنصری است که میزان آن با کاهش فاصله از ساحل به‌طور معنی‌داری میزان آن افزایش می‌یابد (جدول ۶). عنصر As تنها با تابع ۱ دارای ارتباط است، زیرا این عنصر در نمونه‌های مورد مطالعه با متغیرهای فیزیکی و شیمیایی، هیچ نوع همبستگی را

را از جریان‌ها و اختلاط رسوب را تحمل کرده و بیشترین میزان رسوب را از ساحل دریافت نموده است.



شکل ۳- نمودار Territorial map، شناسایی ارتباط بین مغزه‌ها با استفاده از جدول ماتریکس ساختاری



شکل ۴- الگوی پراکنش رسوبات منطقه مورد مطالعه با استفاده از باند ۲ و ماهواره لندست ETM⁷

استاندارد است (جدول ۲). مقدار استاندارد این عنصر در رسوبات دریایی برابر با ۲۹/۳ mg/Kg است (Obhodas and Valkovic, 2010). فراوانی این عنصر در نمونه‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین برابر ۱۰۶ mg/Kg است که چهار برابر حد استاندارد را نشان می‌دهد. در نواحی نزدیک ساحل کربنات کلسیم فراوانی بالایی دارد، بنابراین باعث می‌شود مقدار بالایی از روییدیم تحت فعالیت‌های شیمیایی، به‌صورت یون محلول وارد زنجیره غذایی و آب آشامیدنی (آب شیرین‌کن‌های موجود در منطقه که از آب دریا تغذیه می‌شوند) گردد. فراوانی عنصر As در نمونه‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین برابر ۴/۵ mg/Kg است. استاندارد این عنصر در رسوبات دریایی برابر با ۶/۹ mg/Kg است (Obhodas and Valkovic, 2010). همان‌طور که گفته‌شد فراوانی As در منطقه مورد مطالعه مستقل از فرایندهای زمین‌شناسی است. بنابراین طی عواملی از قبیل فعالیت‌های بشری امکان افزایش فراوانی این عنصر بالاتر از حد استاندارد در رسوبات دریای عمان وجود دارد. در نتیجه از لحاظ زیست محیطی، بررسی دقیق هر سه عنصر (As, Rb, Cr) در منطقه چابهار ضروری است.

نشان نمی‌دهد بنابراین می‌توان گفت که فراوانی آن مستقل از فرایندهای زمین‌شناختی است. نتایج فوق با جدول میانگین مورد مقایسه و تأیید قرار گرفته است.

نتایج Sirocho and et al., 2000 در مطالعه پراکندگی عناصر در رسوبات دریای عمان نشان دهنده‌ی این موضوع است که تراکم بالای Rb و Cr در رسوبات دریای عمان، از طرف ایران (زون ساحلی مکران) حاصل شده است که نتایج این مطالعه در ناحیه چابهار نیز انطباق دارد.

فراوانی عنصر Cr در نمونه‌های مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد است (جدول ۲). استاندارد فراوانی این عنصر در رسوبات دریایی برابر ۳۵ mg/Kg است (Obhodas and Valkovic, 2010). فراوانی این عنصر در نمونه‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین برابر ۱۱۷ mg/Kg است که سه و نیم برابر حد استاندارد را نشان می‌دهد. بنابراین فراوانی بیش از حد Cr در رسوبات دریایی می‌تواند عاملی برای آلاینده‌ی زیست محیطی دریا و وارد شدن این عناصر از طریق زنجیره‌ی غذایی به بدن انسان شود. مقدار Rb نیز در نمونه‌های مورد مطالعه بالاتر از حد

جدول ۶ - ارتباط تغییرات پراکنش عناصر با افزایش فاصله از ساحل به طرف دریا

	Cr	Al	Sand	OM	As	Sn	Sc	Pr	V	Silt	Clay	Li	Zr	Nd	Nb	Rb
length	-.۵۳۴*	-.۶۷۲**	-.۳۵۴	-.۱۷۰	-.۱۷۴	-.۳۹۷**	-.۵۷۵*	-.۷۰۰**	-.۶۱۲*	-.۱۹۹	-.۴۰۲	-.۴۴۸	-.۴۴۱	-.۶۴۲**	-.۱۰۴۵	-.۶۱۵*

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

فراوانی بیش از حد Cr و Rb در رسوبات دریایی می‌تواند عاملی برای آلودگی محیط زیست دریا و وارد شدن این عناصر از طریق زنجیره‌ی غذایی به بدن انسان شود. کروم در رسوبات دریایی نزدیک ساحل در منطقه‌ی مورد مطالعه فراوانی بالایی (سه برابر استاندارد) دارد و همچنین با توجه به این‌که مقدار کربنات کلسیم در نواحی نزدیک ساحل بالاست، بنابراین مقدار بالایی از روییدیم (چهار برابر استاندارد) تحت تأثیر فعالیت‌های شیمیایی و به‌صورت یون محلول وارد زنجیره غذایی شده‌است.

As به‌دلیل عدم همبستگی متغیرهای فیزیکی و شیمیایی به‌عنوان یک فاز مستقل از فرایندهای زمین‌شناختی تعیین شده است که میزان افزایش آن می‌تواند به‌دلیل تأثیر فعالیت‌های بشری در منطقه باشد.

۵. نتیجه‌گیری

با بررسی توزیع و پراکنش عناصر در رسوبات دریایی منطقه چابهار می‌توان گفت که عناصر تحت تأثیر چهار عامل (۱) جذب توسط سطح کانی‌های رسی (۲) ترکیب با مواد ارگانیکی (۳) ته نشست به‌صورت خرده یا ذرات رسوبی (۳) میزان کربنات (۴) تحت الگوی جریان‌ات آب، داخل رسوبات حفظ می‌شوند. با توجه به تحلیل شیمیایی نمونه‌های رسوبی مورد مطالعه و بررسی متغیرهای شیمیایی و فیزیکی و ارتباط این متغیرها با پراکنش عناصر، با استفاده از تحلیل تفکیکی و همچنین مطالعه‌ی الگوی جهت جریان آب در رسوبات مغزه‌ها، می‌توان چنین نتیجه گرفت که عناصر با آنومالی بالا، از رسوبات ساحلی زون مکران وارد رسوبات دریا شده‌اند.

- River Tweed, Scotland, using composite fingerprints and a numerical mixing model. In: Foster, I. D. L. (Ed.), *Tracers in geomorphology*, Jon Wiley, Chichester, 291-308.
- Norusis, M., 2004. *SPSS 13.0 Statistical Procedures Companion*.
- Obhodas, J.; Valkovic, V., 2010. Contamination of the coastal sea sediments by heavy metals. *Applied Radiation and Isotopes*, 68: 807-811.
- Peart, M. R.; Walling, D.E., 1988. Techniques for establishing suspended sediment sources in two drainage basins in Devon, UK: a comparative assessment. In Bordas, M. P., and Walling, D. E., *Sediment budgets*, Wallingford, IAHS Publication, No. 174: 269-279.
- Rowan, J.S.; Goodwill, P.; Franks, S.W., 2000. Uncertainty estimation in fingerprinting suspended sediment sources. In: Foster, I.D.L. (Ed.), *Tracers in Geomorphology*, John Wiley, Chichester, 279-290.
- Sirocko, F.; Garbe-Schonberg, D.; Devey, C., 2000. Processes controlling trace element geochemistry of Arabian sea sediments during the last 25,000 years. *Global and Planetary Change*, 26: 217-303.
- Walling, D. E.; Woodward, J.C., 1995. Tracing sources of suspended sediment in river basins: a case study of the River Culm, Devon, UK. *Marine and Freshwater Research*, 46: 327-336.
- Walling, D.E.; Owens, P.N.; Leeks, G.J.L., 1999. Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire, UK. *Hydrological Processes*, 13: 955-975.
- Walden, J.; Slattery, M.C.; Burt, T.P., 1997. Use of mineral magnetic measurements to fingerprint suspended sediment sources: approaches and techniques for data analysis. *Journal of Hydrology*, 202: 353-372.
- Yujun, Y.; Zhaoyin, W.; Kang, Z.; Guoan, Y.; Xuehua, D., 2008. Sediment pollution and its effect on fish through food chain in the Yangtze River. *International Journal of Sediment Research*, 23: 338-347.
- بنابراین با توجه به فراوانی سه عنصر Rb, Cr و As در نمونه‌های مورد مطالعه انجام مطالعات دقیق زیست محیطی در منطقه چابهار در فلات قاره دریای عمان ضروری است.
- منابع**
- افشار، ا.، ۱۳۷۲. چابهار و دریای پارس. انتشارات صدیقی، چاپ اول، ۳۰-۱۰۵ صفحه.
- Bottrill, L.J.; Walling, D.E.; Leeks, G.J.L., 2000. Using recent overbank deposits to investigate contemporary sediment sources in larger river basins. In: Foster, I.D.L. (Ed.), *Tracers in Geomorphology*, Wiley, Chichester, 369-387.
- Collins, A.L.; Walling, D.E., 2002. Selecting fingerprint properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins. *Journal of Hydrology*, 261: 218-244.
- Collins, A.L.; Walling, D.E.; Sickingabula, H.M.; Leeks, G.J.L., 2001. Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment and some management implications. *Applied Geography*, 21: 387-412.
- Davidson, C.M.; Thomas, R.P., McVey, S.E.; Perala, R.; Littlejohn, D.; Ure, A.M., 1994. Evaluation of a sequential extraction procedure for the speciation of heavy metals in sediments. *Analytica Chimica Acta*, 291: 277-86.
- Forstner, U.; Wittmann, G.T.W., 1979. *Metal pollution in the aquatic environment*. Berlin: Springer-Verlag, p. 486.
- Foster, I.D.L.; Lees, J.A., 2000. *Tracers in geomorphology*. In: Foster, I.D.L. (Ed.), *Tracers in Geomorphology*. Wiley, Chichester, 3-20.
- Jaffar, M.; Ashraf, M.; Tariq, J., 1995. Assessment of current trace metal pollution status of the South-east Arabian Sea of Pakistan Through Fish analysis. *Jour. Chem. Soc. Pak.* 17: 204-207.
- Owens, P. N.; Walling, D. E.; Leeks, G.J.L., 2000. Tracing fluvial suspended sediment sources in the catchment of the

Yu, L.; and Oldfield, F., 1993. Quantitative sediment source ascription using magnetic measurements in a reservoir system near Nijar, S.E. Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 441-454.

Yuan, C.; Shi, J.; He, B.; Liu, J.; Liang, L.; Jiang, G., 2004. Speciation of heavy metals in marine sediments from the East China Sea by ICP-MS with sequential extraction. *Environment International*, 30: 769– 783.