



ارزیابی آلودگی فلزات سنگین خاک های سطحی شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز - جنوب غربی ایران

قدرت اله رستمی پاپیدار^۱، جعفر رهنما راد^۲، امد نظریپور^{۱*}

۱) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، گروه زمین شناسی، اهواز، ایران، Ahad.nazarpour@gmail.com

۲) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، گروه زمین شناسی، زاهدان، ایران

(* عهده دار مکاتبات)

دریافت: ۹۲/۱۰/۵؛ دریافت اصلاح شده: ۹۳/۲/۱۲؛ پذیرش: ۹۳/۲/۲۹؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۸/۳۰

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی وضعیت آلودگی خاک های سطحی شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز، از نظر فلزات سنگین مس، سرب، روی، منگنز، آرسنیک و باریم می باشد. این شهرک دارای واحدهای صنعتی متفاوتی از قبیل واحدهای شیمیایی، الکتریکی، نساجی، رنگ سازی و دیگر صنایع می باشد. در این پژوهش، تعداد ۳۶ نمونه خاک از عمق ۵-۲۰ سانتی متری (پس از خارج کردن آلودگی های سطحی) برداشت شدند. غلظت فلزات سنگین با استفاده از روش پلاسما جفتیده القایی (ICP-OES) تعیین شد. نتایج نشان داد که غلظت همه عناصر در منطقه مورد مطالعه بیشتر از مقدار زمینه است. مقادیر غلظت عناصر برای مس (۹/۵ تا ۸۹۱ با مقدار میانگین، ۸۶/۳۹ mg/kg)، سرب (۲۵ تا ۷۶۹۰ با مقدار میانگین، ۲۲۰ mg/kg)، روی (۳۶/۵۹ تا ۹۸۶۰ با مقدار میانگین، ۵۹۰ mg/kg)، منگنز (۲۵۰ تا ۷۹۵۰ با مقدار میانگین، ۱۷۴۰ mg/kg) آرسنیک (۱/۵ تا ۶۲/۵ با مقدار میانگین، ۹/۵۳ mg/kg)، کروم (۱۵ تا ۱۲۳۰ با مقدار میانگین، ۱۲۳ mg/kg)، باریم (۶۵۰ تا ۹۵۰۰ با مقدار میانگین، ۴۸۹۰ mg/kg) می باشد. ارزیابی آلودگی خاک های منطقه بر اساس شاخص زمین انباشتی، فاکتور غنی شدگی، فاکتور آلودگی و درجه آلودگی صورت گرفت. ضریب جامع آلودگی نشان دهنده آن است که نمونه های موجود نسبت به میانگین پوسته فوقانی، سطح آلودگی بالاتری از فلزات سنگین دارند. بر اساس نتایج آزمون همبستگی، تحلیل خوشه ای و فاکتوری، فلزات سنگین دارای منشأ مشترک بوده و از فعالیت های صنعتی نشأت گرفته اند.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز، آلودگی خاک، فعالیت های صنعتی

۱- مقدمه

عوارضی را در مقیاس محلی، منطقه ای و حتی جهانی به همراه داشته است (تائیبی و اسحاق ۱۳۸۰). آلودگی محیط زیست از جمله آلودگی های خاک یکی از عوامل مهم بر هم خوردن تعادل و توازن طبیعت می باشد. از جمله مهمترین آلاینده های خاک می توان به فلزات

طی سال های اخیر در نتیجه اجرای برخی از برنامه های توسعه اقتصادی، صنعتی، کشاورزی و خدماتی در مناطق مختلف جهان، تعادل و توازن طبیعت در مواردی به هم خورده است که این مسأله

غلظت فلزات سنگین در شهرها و مراکز صنعتی صورت گرفته است (Madrid et al. 2002; Suthar et al. 2009; Rastmenesh et al. 2010; Abanuz. 2011; Shakeri et al. 2009). از این مناطق صنعتی شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز واقع در شمال شهرستان اهواز می باشد. این شهرک به دلیل حضور صنایع و کارخانجات صنعتی مختلف، به عنوان هدف جهت تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین سرب، روی، مس، منگنز، آرسنیک، کروم و باریم مد نظر قرار گرفت. در این پژوهش از معیارهای شاخص زمین انباشتگی، فاکتور غنی شدگی، فاکتور آلودگی، درجه آلودگی و ضریب جامع آلودگی در خاک های سطحی منطقه مورد مطالعه استفاده شد. همچنین لازم به ذکر است که در بسیاری از مطالعات برای تعیین سطح آلودگی از این شاخص ها استفاده شده است (Lim et al. 2008; Wei 2010; Yang 2011; Xia et al. 2013)

۲- منطقه مورد مطالعه

شهرستان اهواز مرکز استان خوزستان در جنوب غرب ایران، بر روی میدان نفتی اهواز که یکی از مهمترین و بزرگترین میدانی نفتی ایران است، واقع شده است (تصویر ۱). این منطقه یکی از مهمترین و بزرگترین مناطق صنعتی ایران می باشد که با رشد بی رویه جمعیت و همچنین صنعتی شدن مواجه بوده و به دلیل کمبود منابع طبیعی، همواره در معرض خطرات زیست محیطی بوده است. شهرک صنعتی اهواز در سال ۱۳۵۹ در ۱۰ کیلومتری جاده اهواز-اندیمشک احداث گردید. در این شهرک ۱۰۹ واحد صنعتی مختلف از جمله صنایع سلولزی، برق و الکترونیک، نساجی، صنایع، شیمیایی، غذایی، فلزی و کانی غیر فلزی در حال بهره برداری می باشند که عمدتاً ایجاد آلودگی نموده و بر خاک ها و گیاهان تاثیر گذار می باشند. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۲۴۶ میلی متر در سال و متوسط تبخیر سالانه ۳۴۵/۲ میلی متر می باشد. از لحاظ زمین شناسی، شهرستان اهواز بر روی رسوبات دلتایی مصب رودخانه کارون (مربوط به دوران چهارم زمین شناسی) قرار دارد. این دلتا دارای توپوگرافی هموار بوده و مهمترین رخنمون زمین شناسی آن سازند آجاجاری است که در نتیجه عملکرد گسل اهواز می باشد. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در محدوده مورد مطالعه شامل درصد هر کدام از اجزاء تشکیل دهنده و پارامترهای شیمیایی آن در جدول (۱) ارائه شده است.

سنگین، بارش های اسیدی و مواد آلی اشاره نمود. از این میان فلزات سنگین به واسطه غیر قابل تجزیه بودن، سمیت زیاد، اثرات تجمعی و سرطان زایی بیشتر مورد توجه می باشند (Marjorie 2008). فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع از منابع طبیعی و انسان زاد وارد محیط زیست می شوند (Bermudez et al. 2012). میزان ورود این فلزات به داخل محیط زیست بسیار فراتر از مقداری است که به وسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می شود. فلزات سنگین فلزاتی با وزن اتمی بالا می باشند که تجمع آنها در موجودات زنده به ویژه انسان باعث ایجاد بیماری های خطرناکی می گردد (Yang 2011). در مباحث حفاظت محیط زیست و بهداشت و سلامت انسان ها، فلزاتی مانند سرب، روی، آرسنیک، باریت، مس، نیکل، کروم، باریم و ... جزء گروه فلزات سنگین بوده که این عناصر و بسیاری از ترکیبات آن ها به لحاظ اثرات سوء و زیانبارشان بر سلامت انسان و محیط زیست جزو سموم پرخطر پیرامون ما محسوب می گردند (Poggio 2008; Miguel et al. 1998; Lim et al. 2008). از سوی دیگر، خاصیت سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات سنگین در گیاهان و جانوران و ورود آن ها به زنجیره غذایی، خطرات ناشی از آنها را دو چندان ساخته و به طور مستقیم و غیر مستقیم منافع و حیات موجودات زنده را به خطر انداخته است (افیونی ۱۳۷۸). این فلزات به محض ورود به خاک جزئی از چرخه می گردند که این چرخه خود حیات را تحت تاثیر قرار می دهد (کلانتری و همکاران ۱۳۹۰). یکی از اصلی ترین اهداف قانون تاسیس شرکت ها و کارخانجات صنعتی در دنیا حفظ محیط زیست و جلوگیری از انتشار آلودگی آن تعیین شده است. بر این اساس کارخانجات و مراکز صنعتی می بایست دقت مضاعفی را در خصوص جلوگیری از تخریب و تهدید محیط زیست، بعمل آورند، در غیر این صورت با برخورد های شدیدی از طرف سازمان محیط زیست روبرو خواهند شد. همچنین، تجمع صنایع و کارخانجات در شهرک های صنعتی و حجم آلودگی های تولید شده در این مراکز که اغلب در مجاورت شهرها هستند، سبب شده تا ملاحظات زیست محیطی در این مراکز از اهمیت و حساسیت بیشتری برخوردار باشد (Lim et al. 2008; Abanuz 2011). لذا با توجه به موارد ذکر شده ضروری است تا میزان و تجمع فلزات سنگین در خاک شهرک های صنعتی مورد بحث و بررسی قرار بگیرند، به طوری که در سال های اخیر مطالعات گسترده ای در زمینه

۴- مواد و روش ها

در مطالعات زیست محیطی به ویژه زمانی که توزیع ژئوشیمیایی عناصر در محیط های حاصل از ترکیب عوامل انسانی و طبیعی می باشد، باید روند تغییرات با استفاده از شاخص های آلودگی ارزیابی شوند. فاکتور غنی شدگی، شاخص زمین انباشتگی، ضریب درجه آلودگی و ضریب جامع آلودگی از معیارهایی هستند که با در نظر گرفتن غلظت عناصر در نمونه زمینه، روند آلودگی را نشان می دهند.

۴-۱- شاخص زمین انباشت (Index of geoaccumulation, Igeo)

این شاخص برای اولین بار توسط مولر (Muller 1996) برای غلظت فلزات در ذرات کوچکتر از ۲ میکرون بیان شد. شاخص زمین انباشت می تواند درجه آلودگی خاک را تعیین کند که از رابطه ۱ محاسبه می شود.

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1.5 B_n) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه C_n غلظت عنصر در نمونه مورد مطالعه و B_n غلظت عنصر زمینه می باشند. عدد ۱.۵ به دلیل احتمالاً اختلاف در غلظت اولیه رسوبات به دلیل تاثیر عوامل زمینی و برای حذف تاثیر لیتولوژی های مختلف در منطقه، در رابطه ۱ گنجانده شده است. مولر (Muller 1996) شاخص زمین انباشت را در ۷ کلاس طبقه بندی نمود.

با توجه به رابطه (۱) و جدول (۲)، شاخص زمین انباشت برای نمونه خاک های مورد مطالعه محاسبه گردیده و نتایج حاصله برای هر عنصر در جدول (۳) ارائه شده است.

این نوع بافت خاک در محدوده شهر اهواز مربوط به رسوبات عهد حاضر و سازند آغاچاری می باشد که لایه ضمیمی از مارن سرخ رنگ در تناوب با لایه های نازک سیلت سنگ و ماسه سنگ ریز دانه است. این رسوبات امکان نفوذ مواد زائد و فاسد را به حداقل ممکن می رساند.

۳- نمونه برداری و آنالیز

به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین و ارزیابی آلودگی آنها در منطقه مورد نظر، ۳۶ نمونه خاک سطحی که پیش از نمونه برداری موقعیت آنها با دستگاه موقعیت یاب جی پی اس (GPS) تعریف شده بود (تصویر ۱)، از عمق ۵ تا ۲۰ سانتیمتری (بعد از خارج کردن آلودگی های سطحی) برداشت و جهت آماده سازی اولیه و خشک شدن به آزمایشگاه ارسال گردیدند. از آنجایی که کانی های رسی و ذرات ریزدانه توانایی زیادی در جذب عناصر سنگین دارند، لذا پس از اطمینان از خشک شدن نمونه ها و همگن سازی و پس از عبور از مش ۲ میلیمتر، الک شده و سپس جهت آنالیز غلظت عناصر سنگین به روش ICP-OES به آزمایشگاه ژئوشیمی سازمان زمین شناسی ارسال شدند.

جدول ۱- ویژگی خاک ها در محدوده شهر اهواز (۰ تا ۲۰ سانتی متری، تعداد ۸ نمونه)

	رس (%)	سیلت (%)	ماسه (%)	EC (%)	PH (%)	CaCO ₃ (%)
کمیته	۳۱/۲۱	۵	۶۳/۸	۳	۷/۳	۱۷
بیشینه	۳۳/۴	۷	۷۲/۶	۴	۸/۱	۳۴
میانگین	۲۴/۵۸	۱۰	۶۵/۳	۳/۸	۷/۴۵	۱۸/۶



تصویر ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره ای نسبت به شهرستان اهواز و محل نقاط نمونه برداری

۴-۲- ضریب غنی شدگی (Enrichment factor)

در تحلیل های زیست محیطی، یکی از عوامل مهم ارزیابی میزان تمرکز عناصر تحت تاثیر عوامل انسان زاد و طبیعی می باشد. ضریب غنی شدگی با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می شود (Lu et al. 2009). به دلیل

$$EF = \frac{[C_x/C_{ref}]_{sample}}{[C_x/C_{ref}]_{background}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

توزیع یکنواخت و تغییر پذیری و تحرک کم عنصر استرانسیم (Sr) در منطقه مورد مطالعه، این عنصر به عنوان عنصر مرجع در این تحقیق، انتخاب گردید.

در این فرمول EF فاکتور غنی شدگی، CX غلظت فلز اندازه گیری شده در نمونه خاک و Cref غلظت فلز مرجع است. فلز مرجع اغلب عنصری است که دارای کمترین تحرک و تغییر پذیری باشد (Suarand Juste 1994; Romić & Romić 2003). مهمترین عناصری که به عنوان مرجع مورد استفاده قرار

می گیرند شامل آهن، تیتانیم، استرانسیم، آلومینیم و پتاسیم می باشند (Brumsacls 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 می کنند، که در این مطالعه نیز فاکتور غنی شدگی بر اساس مقادیر زمینه پوسته فوقانی محاسبه شده است. بر اساس فاکتور غنی شدگی اگر $EF < 1$ باشد، عنصر مورد نظر دارای غنی شدگی نمی باشد، در صورتی که $EF > 1$ باشد عنصر مورد نظر به نسبت در محیط دارای غنی شدگی می باشد. جدول (۴) رابطه میزان EF و درجه آلودگی را نشان می دهد (Sutherland 2000). میزان فاکتور غنی شدگی عناصر مورد نظر در جدول (۵) ارائه شده است.

۴-۳- فاکتور آلودگی، درجه آلودگی، ضریب جامع آلودگی

به منظور دستیابی به مقدار آلودگی فلزات سنگین در محیط خاک، فاکتور آلودگی (Cf) و درجه آلودگی (Cdeg) مورد استفاده قرار می گیرند (Rastmanesh et al. 2010). فاکتور غنی شدگی از

جدول ۲- رابطه بین میزان شاخص زمین انباشت و میزان آلودگی

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

جدول ۳- مقدار پارامتر تجمع انباشتگی (Igeo) محاسبه شده نمونه های

برداشت شده از منطقه مورد مطالعه

Igeo	مینیمم	ماکزیمم	میانگین
As		۴/۷۷	۰/۵۶
Cu	-۰/۶۲	۳/۸۲	۰/۵۶
Pb	-۰/۰۲	۸/۲۳	۳/۱
Zn	-۰/۴۵	۶/۶۱	۲/۵۵
Mn	-۰/۷۹	۳/۱۹	۲
Cr	-۲/۷۸	۳/۵۷	۰/۲۴
Ba	۰/۷	۳/۱۷	۰/۱۲

جدول ۴- رابطه میان EF و درجه غنی شدگی (Sutherland 2000)

درجه غنی شدگی	میزان EF
حداقل غنی شدگی	$2 <$
غنی شدگی متوسط	۲-۵
غنی شدگی زیاد	۵-۲۰
غنی شدگی زیاد	۲۰-۴۰
غنی شدگی فوق العاده زیاد	> 40

جدول ۵- ضریب غنی شدگی محاسبه شده برای نمونه های برداشت شده از

منطقه مورد مطالعه

EF	min	max	max
As	۰/۹۳	۳۹/۰۶	۵/۹۵
Cu	۰/۲۴	۲۱/۲۵	۲/۲۱
Pb	۱/۴۷	۴۵۲/۳۵	۱۲/۹۴
Zn	۳۶/۵۹	۱۴۷/۱۶	۲۳
Mn	۰/۴۳	۱۳/۷	۳
Cr	۰/۲۱	۱۷/۸۲	۱/۷۸
Ba	۰/۹۲	۱۳/۵۷	۶/۴۸

رابطه (۳) محاسبه می گردد.

$$CF = \frac{C_m}{C_B} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، فاکتور آلودگی فلز مورد نظر و غلظت عنصر مورد نظر در نمونه زمینه است که در این مطالعه از میانگین پوسته فوقانی استفاده شده است (Taylor & Maclennan 1995). هکانسون (Hakanson 1980) فاکتور آلودگی را در چهار کلاس طبقه بندی نمود (جدول ۶).

فاکتور آلودگی نشان دهنده میزان آلودگی یک عنصر می باشد. درجه آلودگی مجموع فاکتور آلودگی همه فلزات است که از رابطه (۴) محاسبه می گردد. جدول (۷) طبقه بندی درجه آلودگی را که به وسیله هکانسون (Hakanson 1980) ارائه شده است را نشان می دهد. نتایج محاسبه شده از فاکتور آلودگی و درجه آلودگی در جدول (۸) ارائه شده است.

$$C_d = \sum C_f \quad \text{رابطه (۴)}$$

به منظور بررسی بیشتر و دقیق تر و آگاهی از پتانسیل آلودگی در منطقه از شاخص آلودگی (IPI) استفاده شد. IPI مقدار میانگین فاکتور آلودگی برای هر نمونه می باشد. بر اساس این شاخص کیفی، خاک در چهار سطح طبقه بندی می شود (جدول ۹).

۵- بحث و نتیجه گیری

۵-۱- غلظت فلزات سنگین در نمونه های خاک

نتایج حاصل از آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی خاک سطحی در منطقه

جدول ۶- طبقه بندی فاکتور آلودگی (Hakanson 1980)

مقدار Cf	میزان آلودگی
۱ >	بدون آلودگی
۱-۳	آلودگی متوسط
۳-۶	آلودگی قوی تا خیلی قوی
۶ <	آلودگی خیلی قوی

جدول ۷- طبقه بندی درجه آلودگی (Hakanson 1980)

مقدار Cdeg	مقدار درجه آلودگی
۸ >	درجه آلودگی پایین
۸-۱۶	درجه آلودگی متوسط
۱۶-۳۲	درجه آلودگی قابل ملاحظه
>۳۲	درجه آلودگی بسیار شدید

جدول ۸- فاکتور آلودگی و درجه آلودگی محاسبه شده فلزات سنگین برای نمونه های برداشت شده از منطقه مورد مطالعه

عنصر	مینیمم	ماکزیمم	میانگین
As	۰/۳۲	۱۶/۷۹	۲/۲۱
Cu	۱/۰۲	۳۲۲	۱۲/۹۴
Pb	۰/۵۸	۱۴۸	۸/۸
Zn	۰/۴۴	۱۹/۵۹	۳
Mn	۱/۰۳	۳۹	۵/۹۵
Cr	۰/۱۹	۱۷/۲۸	۱/۷۸
Ba	۰/۲۵	۳۴/۰۹	۶/۴۸
contamination degree (Cdef)	۳/۸۳	۵۹۶/۷۲	۴/۱۱۹

جدول ۹- طبقه بندی درجه آلودگی (Wei 2010)

مقدار IPI	سطح آلودگی
۱ ≥	آلودگی پایین
۱-۲	آلودگی متوسط
۲-۵	آلودگی بالا
۵ ≥	آلودگی خیلی بالا

مورد مطالعه بسیار متغیر است و گستره آن برای عناصر مس، سرب، روی، منگنز، آرسنیک، کروم، باریم و میانگین غلظت فلزات مذکور در پوسته فوقانی به همراه پارامترهای آماری در جدول (۱۰) آمده است. با توجه به پارامترهای آماری بدست آمده چنین برداشت می شود که بیشتر عناصر دارای دامنه تغییرات گسترده ای بوده و مقایر آنها بیشتر از مقادیر میانگین پوسته می باشد. همچنین به دلیل عدم اطلاعات معتبر در مورد غلظت فلزات سنگین در خاک های منطقه مورد مطالعه و ایران، در این مطالعه غلظت و میانگین غلظت فلزات سنگین با سایر نقاط دنیا مقایسه شده است.

باریم

باریم در طی ساختن مواد شیمیایی حاوی باریم در صنعت وارد هوای منطقه می گردد (A.T.S.D.R., 2007). همچنین به دلیل وجود میدان نفتی اهواز در هسته مرکزی شهر و وجود حوضچه های حفاری در منطقه، غلظت این عنصر در خاک های محدوده ی مورد مطالعه قابل ملاحظه می باشد (نظریور ۱۳۸۸). دامنه تغییرات باریم در خاک های مورد مطالعه، ۶۵۰ تا ۹۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم با میانگین

جدول ۱۰- پارامترهای آمار غلظت فلزات سنگین (mg/kg) و مقادیر میانگین پوسته زمین (Taylor & McLennan 1995)

عنصر	میانگین پوسته فوقانی	میانگین	دامنه	چولگی	کشیدگی
As	۳۹	۸۶/۳۹	۸۲۹-۹/۵۱	۲/۹۱	۸/۰۴
Cu	۱۷	۲۲۰	۷۶۹۰-۲۵	۷/۴۵	۴۹/۳۷
Pb	۶۷	۵۹۰	۹۸۶۰-۳۶/۵۹	۴/۸۷	۲۶/۵۱
Zn	۵۸۰	۱۴۷۰	۷۹۵۰-۲۵۰	۲/۸۴	۶/۸۴
Mn	۱/۶	۶/۵۳	۱/۵-۶۲/۵	۴/۲۶	۲۴/۱۱
Cr	۶۹	۱۲۳	۱۲۳۰-۱۵	۴/۱۵	۱۱/۲۸
Ba	۷۰۰	۴۸۹۰	۹۵۰۰-۶۵۰	۱۰/۲۲	۴۸/۵۲

۴۸۹۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (جدول ۱۰). دامنه تغییرات شاخص زمین انباشت Igeo از ۰/۷ تا ۳/۱۷ با مقدار میانگین ۲/۲۱ (جدول ۳)، آلودگی های متوسط تا شدید را در خاک های منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. مقادیر EF از ۰/۹۲ تا ۱۳/۵۷ و مقدار میانگین ۶/۴۸ (جدول ۵) متغیر است که نشان دهنده غنی شدگی بالای منطقه مورد مطالعه از این فلز می باشد. باریم به راحتی جایگزین دیگر فلزات قلیایی پوسته و برخی از اکسیدها مانند منگنز و تیتانیم می شود. در خاک های مربوط به مناطق مرطوب، باریم توسط اکسیدهای آهن برجا مانده و غیر متحرک می شود (Abanuz 2011).

مس

مس عنصری کمیاب و ضروری است که به طور وسیع در محیط زیست توزیع شده است. مس به صورت عنصری، قابل تجزیه نبوده و می تواند به صورت ترکیبات مختلف در آب و خاک وارد شود. مهمترین عوامل آلودگی این فلز در مناطق صنعتی مربوط به استفاده آن در صنایعی همچون صنایع فلزی، کوره های ذوب آهن، اسپری ها، کودها و پساب های صنایع کشاورزی می باشد. در مقیاس کوچک و محلی منشاء آلودگی مس در خاک، از خوردگی مصالح ساختمانی و یا آلیاژهای مورد استفاده زیاد مانند کابل های برق می باشد. مقدار غلظت مس در نمونه های خاک در محدوده بین ۹/۵۱ تا ۸۲۹ و میانگین ۸۶/۳۶ mg/kg می باشد (جدول ۱۰). مقدار میانگین این فلز در خاک شهرهای صنعتی آسیا و اروپا به طور متوسط ۳۸/۶ mg/kg گزارش شده است (Kelly et al. 1996). دامنه تغییرات شاخص زمین انباشت Igeo ۲/۶۲- تا ۳/۸۲ با میانگین ۰/۵۶ می باشد (جدول ۳). مقدار مینیمم Igeo نشان دهنده عدم آلودگی برخی از نمونه ها است. در حالی که مقادیر بالاتر، آلودگی شدید نمونه ها را نشان می دهد. مقادیر EF از ۰/۲۴ تا ۲۷۲۵ و مقدار میانگین ۲/۲۱ (جدول ۵) متغیر می باشد که

نشان دهنده غنی شدگی متوسط خاک های منطقه مورد مطالعه است. سرب

بر اساس داده های آژانس حفاظت محیط زیست (Environmental Protection Agency, EPA)، سرب مهمترین فلز آلاینده در محیط زیست می باشد. گونه های سرب به طرز قابل توجهی همراه با نوع خاک تغییر کرده و عمدتاً تمایل زیادی به جذب شدن روی کانی های رسی، اکسیدهای منگنز، هیدروکسیدهای آهن و مواد آلی دارند (کرباسی ۱۳۸۶ و کرستن ۱۳۸۵). سرب کم تحرک ترین فلز سنگین در خاک است، که ابتدا در سطح خاک تجمع یافته و با افزایش عمق غلظت آن کاهش می یابد. سرب همراه با زنجیره غذایی و گرد و غبارهای موجود وارد متابولیسم انسان ها و دیگر جانداران شده و در نتیجه مشکلات فراوانی را بدنبال خواهد داشت (به ویژه در کودکان مستعد ابتلا به افزایش میزان سرب در خون). بنزین های حاوی سرب که هنوز در ایران مورد استفاده قرار می گیرند، یکی از مهمترین منابع سرب در محیط های شهری می باشند. از جمله مهمترین منابع سرب در مناطق صنعتی می توان به صنایع رنگ سازی، باتری سازی و تعمیر و بازیابی باتری های فرسوده، صنایع فولاد و نیروگاه های حرارتی اشاره نمود. میزان غلظت فلز سرب در خاک های سطح شهرک صنعتی ۲ اهواز بین ۲۵ تا ۷۹۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (جدول ۱۰) که این مقدار بیشتر از میزان ارائه شده در گزارشات است. غلظت سرب گزارش شده توسط کولجونن (Koljonen 1992) در خاک های غیر آلوده فنلاند، ۱۷ mg/kg می باشد. شکلت و همکاران (Shacklette et al. 1971) در مطالعات خود حد بالایی غلظت سرب را در خاک های غیر آلوده ۵۰ mg/kg گزارش کرده اند. دامنه تغییرات شاخص زمین انباشت Igeo از ۰/۰۲ تا ۸/۲۳ با مقدار میانگین ۳/۱ می باشد (جدول ۳). بر اساس مقادیر میانگین و ماکزیمم موجود، این شاخص نشان دهنده آلودگی شدید تا بینهایت شدید نمونه های مورد مطالعه است. مقادیر EF (جدول ۵) غنی شدگی شدید نمونه ها را نشان می دهد، بنابراین مقادیر سرب در نمونه های برداشت شده دارای منشاء انسان زاد بوده که مربوط به فعالیت های صنعتی می باشد.

روی

روی عنصری ضروری برای رشد انسان، جانداران و گیاهان است که غلظت زیاد آن برای بیوسفر مضر می باشد (غضبان ۱۳۸۵). مهمترین

میکروارگانیزم ها دارد یک آلاینده به شمار می آید. کروم VI بسیار در آب محلول بوده و تحرک زیادی دارد (Abanuz 2011). با توجه به حجم بالای مصرف کروم در مراحل مختلف چرم سازی، سباب تولیدی کارخانجات مختلف چرم سازی مستقر در شهرک های صنعتی نیز حاوی مقدار زیادی کروم می باشد که در صورت عدم تصفیه مناسب می تواند صدمات جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد کند. محدوده غلظت کروم در منطقه مورد مطالعه بین ۱۵ تا ۱۲۳۰ mg/kg با مقدار میانگین ۱۲۳ mg/kg می باشد (جدول ۱۰). در حالی که مقدار غلظت کروم در اکثر شهرهای صنعتی اروپایی و آسیایی بین ۲۵ تا ۵۰ می باشد (Markus & McBratney and 1996) مقادیر شاخص زمین انباشت Igeo از ۶/۷۸ - تا ۳/۷۵ با مقدار میانگین ۰/۲۴ متغیر می باشد (جدول ۳). کم ترین مقدار این شاخص نشان دهنده عدم آلودگی خاک های موجود و بیشترین مقدار نشان دهنده خاک های شدیداً آلوده شده است. مقدار EF بدست آمده برای کروم ۰/۱۲ تا ۱۷/۸۲ mg/kg می باشد (جدول ۵). در نمونه های مورد مطالعه، کمترین مقدار EF و میانگین این پارامتر غنی شدگی بسیار پایینی را نشان می دهند در حالی که بالاترین مقادیر EF غنی شدگی زیاد را نشان می دهند.

آرسنیک

محدوده غلظت کروم در منطقه مورد مطالعه بین ۷۵ تا ۶۲/۵ mg/kg با مقدار میانگین ۹/۵۳ mg/kg می باشد (جدول ۱۰) بیشترین غلظت آرسنیک در خاک های آلوده اطراف کارخانه ذوب فلزات آرسنیک و سرب و روی به ترتیب ۲۰۰ و ۴۵ mg/kg گزارش شده است (Kelly et al. 1996). غلظت بالای این فلز نسبت به میانگین پوسته فوقانی، ناشی از فعالیت های صنعتی در منطقه می باشد. مهمترین منبع انسان زاد آرسنیک مربوط به صنایعی از قبیل متالورژی، صنایع شیمیایی و اسپری های حاوی آرسنیک می باشد. شاخص زمین انباشت Igeo از ۰/۶۸ تا ۴/۷۷ با مقدار میانگین ۰/۲۴ متغیر است (جدول ۳). مقدار میانگین این شاخص نشان دهنده عدم آلودگی خاک های موجود است در صورتی که مقادیر بالاتر نشان دهنده خاک های آلوده تا شدیداً آلوده شده می باشد. مقدار EF بدست آمده برای کروم ۲/۳ تا ۱۷۳ mg/kg می باشد (جدول ۵)، کمترین مقدار این پارامتر نشان دهنده ی غنی شدگی متوسط بوده در حالی که بالاترین مقادیر EF غنی شدگی زیاد را نشان می دهند.

منبع آلودگی مربوط به صنایع وابسته به کودهای مایع و مواد شیمیایی و حشره کش ها و اسپری ها می باشد. دامنه تغییرات غلظت روی از ۳۶/۵۹ تا ۹۸۶۰ mg/kg است (جدول ۱۰) که بیشتر از غلظت گزارش شده در مقالات (۴۵،۱۹۱،۶۲/۴۷) mg/kg برای خاک های غیر آلوده می باشد (Loska et al. 2004). مقادیر شاخص زمین انباشت Igeo از ۱/۴۵ تا ۶/۶۱ متغیر است (جدول ۳). بر این اساس، نمونه های مورد مطالعه در محدوده خاک های غیر آلوده و بینهایت آلوده قرار گرفته و مقدار میانگین غلظت نمونه های همراه با آلودگی متوسط تا شدید را نشان می دهند. مقدار میانگین پارامتر EF (جدول ۵) غنی شدگی بسیار شدید این عنصر را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

منگنز

منگنز یکی از عناصر رایج در پوسته زمین است. مقدار منگنز در نمونه های مورد مطالعه از ۲۵۰ تا ۷۹۵۰ با مقدار میانگین ۱۷۴۰ mg/kg متغیر می باشد (جدول ۱۰) مقدار میانگین در خاک های غیر آلوده شمال ترکیه ۶۰۰ mg/kg گزارش شده است (Abanuz 2011). مقادیر شاخص زمین انباشت Igeo از ۱/۷۹ - تا ۳/۱۹ متغیر می باشد (جدول ۳). مقدار مینیمم Igeo نشان دهنده عدم آلودگی برخی نمونه ها بوده در حالی مقادیر بالاتر نشان دهنده آلودگی شدید نمونه های برداشت شده است (Muller 1996). مقادیر EF از ۰/۲۴ تا ۲۷۲۵ و مقدار میانگین ۲۷/۲ (جدول ۵) متغیر بوده که غنی شدگی متوسط خاک های منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. بالاترین مقدار پارامتر EF میانگین نمونه ها ۳ بوده که نشان دهنده غنی شدگی متوسط است. همچنین بالاترین مقدار پارامتر EF ۱۳/۷ (جدول ۴) می باشد که نشان دهنده غنی شدگی زیاد عنصر منگنز است.

کروم

به علت استفاده وسیع از فلز کروم در صنایع گوناگون مانند صنایع چرم سازی، نساجی، ذوب، فلزکاری، رنگ سازی، معدن، صنایع هسته ای و بسیاری از صنایع دیگر، مقدار زیادی از این فلز به محیط زیست وارد شده و سبب آلودگی آب و خاک می شود. کروم بیشتر با ظرفیت های III و VI در آب و خاک های آلوده یافت می شود. این دو شکل کروم می توانند اثرات شیمیایی، بیولوژیکی و زیست محیطی متفاوتی داشته باشند (Abanuz 2011) کروم III به طور نسبی غیر محلول بوده و اثرات سمی آن هنوز گزارش نشده است، در حالی که کروم VI به علت سمیتی که برای بشر، حیوانات، گیاهان و

۵-۲- همبستگی بین عناصر

به منظور نشان دادن رابطه درون عنصری در نمونه های برداشت شده، ضریب همبستگی پیرسون بین عناصر محاسبه و در جدول (۱۱) به صورت ماتریس همبستگی ارائه شده است. این ماتریس نشان دهنده همبستگی قوی بین فلزات سنگین ($R^2 > 0/01$) میان عناصر مس، سرب، روی، باریت و منگنز می باشد در صورتی که آرسنیک همبستگی کمتری را نشان می دهد. همبستگی بالای بین فلزات نشان دهنده یکسان بودن منبع آلودگی بوده که از فعالیت های صنعتی منشاء گرفته اند. همچنین همراهی این فلزات در کنار یکدیگر و همبستگی بالا، نشان دهنده کم بودن نقش عوامل زمین زاد در منطقه مورد مطالعه می باشد.

۵-۳- تحلیل مولفه های اصلی و تحلیل خوشه ای

مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات می تواند گام موثری برای یافتن منشاء رسوبات، الگوی پراکنش عناصر و ارزشیابی زیست محیطی وضعیت موجود در یک منطقه باشد (Shajan 2001). در صورت نبود دسترسی به امکانات لازم، می توان از علم آنالیز خوشه ای برای منشاء یابی فلزات سنگین در رسوبات استفاده نمود (Davis 1986). آنالیز خوشه ای، یک روش آماری چند متغیره است که در این مطالعه جهت منشاء یابی آماری عناصر و به وسیله نرم افزار SPSS21 استفاده شده است. در این تحلیل از ضریب همبستگی تهیه شده توسط نرم افزار برای دستیابی به ضرایب تشابه و رسم دندوگرام استفاده می شود. درخت خوشه ای، گزینه های هم وزن را به هم متصل می کند تا خوشه ای بزرگتر ایجاد شود و تشابهات ما بین نمونه ها را سنجش و ارزیابی نماید (Davis 1986). نتایج آنالیز خوشه ای انجام شده بر

روی غلظت فلزات سنگین نمونه های خاک سطحی در شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز در تصویر ۳ آمده است. در روش آنالیز خوشه ای تصویر ۳، عناصر به دو گروه عمده تقسیم می شوند: گروه اول که خود به دو زیرگروه جداگانه تقسیم می شود. زیرگروه اول شامل فلزات مس، سرب، روی و باریم و زیر گروه دوم شامل فلزات منگنز و کروم می باشد. گروه دوم شامل فلز آرسنیک است. نتایج بدست آمده از روش تحلیل خوشه ای به طور واضح نشان دهنده منشاء مشترک فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه می باشد. تحلیل عاملی یا آنالیز فاکتوری روشی برای بررسی و مطالعه هم زمان تغییرات متغیرهای مورد بررسی در یک نقطه و انعکاس نحوه تغییرات آنهاست. مهمترین مسئله در آنالیز فاکتوری، اصل بیان همبستگی بین مقادیر غلظت عناصر به منظور نمایش الگوی تغییرات همزمان آنها در یک مکان است. بدین منظور ابتدا باید میزان اعتبار آنالیز فاکتوری روی غلظت فلزات سنگین بررسی شود.

در این مرحله از آزمون Bartlett KMO استفاده می شود. در این پژوهش مقدار KMO معادل ۰/۷۰۶ محاسبه شد که انجام آنالیز فاکتوری را تأیید می کند. در آنالیز فاکتوری به روش مولفه های اصلی (PCA) برآورد ماتریس ضرایب همبستگی به دست می آید. با محاسبه مقادیر ویژه این ماتریس مقادیر بزرگتر از یکدیگر جدا شده و برای آنها بردارهای ویژه محاسبه می گردد. در جدول (۱۲) مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس متناظر با عوامل محاسبه شده و سپس مقادیر بزرگتر از یک استخراج و دوران داده شده اند. با توجه به جدول ماتریس دوران یافته (جدول ۱۱) و میزان بار فاکتوری که نرم افزار برای هر عامل محاسبه می کند، سه فاکتور اصلی ایجاد می شود.

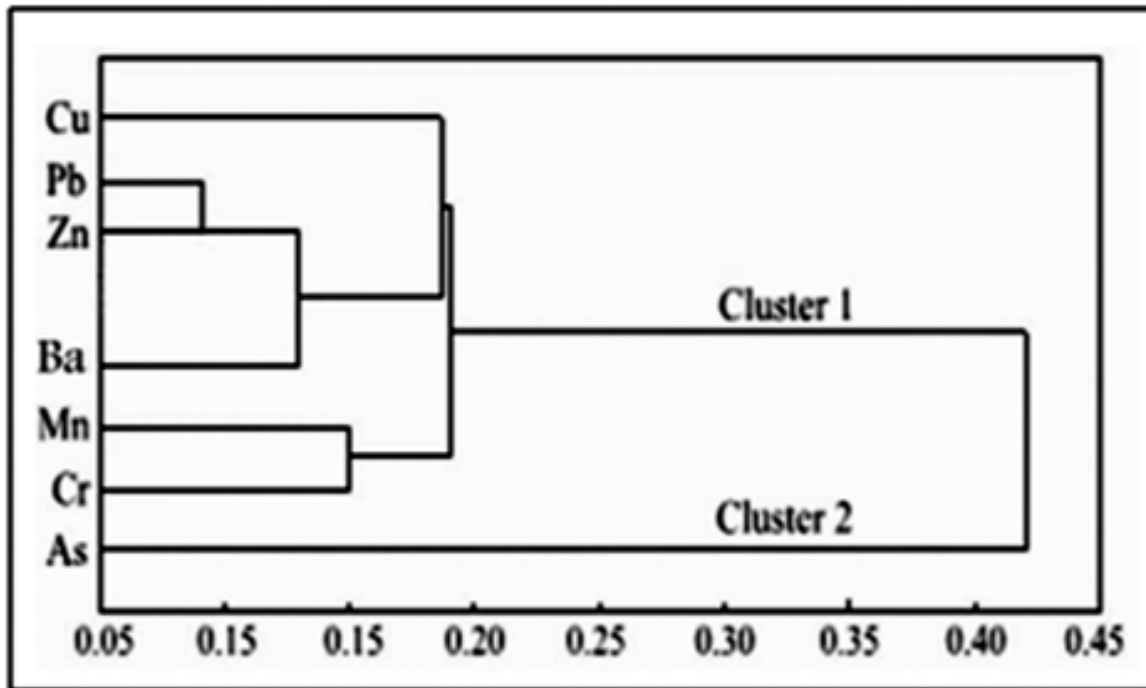
فاکتور اول: شامل فلزات مس، سرب، روی و باریم است که ۷۵ درصد بار فاکتوری را شامل می شود.

فاکتور دوم: این فاکتور بیشتر تحت تاثیر فلزات سنگین کروم و منگنز است. این دو عنصر احتمالاً محصول پساب های صنایع فلزی و نساجی می باشند.

فاکتور سوم: ۱۰ درصد بار فاکتوری را شامل می شود که نشان دهنده غنی شدگی آرسنیک در خاک های منطقه است. بیشترین غلظت آلودگی آرسنیک در منطقه مربوط به نمونه هایی است که در نزدیک صنایعی از قبیل رنگ سازی برداشت شده اند.

جدول ۱۱- ضریب همبستگی فلزات سنگین در نمونه های خاک منطقه مورد مطالعه

	Cu						
Cu	۱	Pb					
Pb	۰/۶۸	۱	Zn				
Zn	۰/۷۹	۰/۷۸	۱	Mn			
Mn	۰/۶۹	۰/۸۶	۰/۷۲	۱	As		
As	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۴۹	۱	Cr	
Cr	۰/۸۱	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۸۵	۰/۴۹	۱	Ba
Ba	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۴۵	۰/۷۷	۱



تصویر ۲- دندروگرام آنالیز خوشه‌ای فلزات سنگین در نمونه خاک های منطقه مورد مطالعه

۶- ارزیابی آلودگی در شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز

فاکتور آلودگی (Cf) و درجه آلودگی (Cdeg)، برای هر کدام از فلزات محاسبه و نتایج آن در جدول (۸) نشان داده شده است. نتایج نشان دهنده آلودگی متوسط برای مس و کروم، آلودگی قوی برای منگنز و آرسنیک و آلودگی خیلی قوی برای سرب، روی و باریم می باشد. همچنین درجه آلودگی (Cdeg) نمونه های مورد مطالعه نیز در جدول (۸) ارائه شده است که نشان دهنده آلودگی درجه بسیار شدید می باشند. سهم هر کدام از عناصر در برآورد درجه آلودگی نمونه های خاک شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز به این ترتیب می باشد:

سرب ۳۷/۴۲ درصد، روی ۲۷/۳۸ درصد، باریم ۱۵/۷۴ درصد، آرسنیک ۴/۴۶ درصد، منگنز ۷/۲۸ درصد، مس ۵/۳۸ درصد و کروم ۴/۳۲ درصد.

بر اساس نتایج مقادیر بدست آمده از IPI، ۲۵/۷۵ درصد از نمونه ها دارای آلودگی بسیار شدید، ۲۳ درصد دارای آلودگی شدید، ۳۶/۸۷ درصد دارای آلودگی متوسط و بقیه دارای آلودگی کمتری می باشند. این نتایج نشان دهنده آن است که در نتیجه فعالیت های صنعتی، خاک های منطقه مورد مطالعه به شدت تحت تاثیر آلودگی فلزات سنگین قرار گرفته اند.

جدول ۱۲- ماتریس دوران عوامل در نمونه های خاک منطقه مورد مطالعه

فلز سنگین	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳
Cu	۰/۶۵۴	۰/۳۲۱	۰/۳۵۷
Pb	۰/۷۶۲	۰/۴۲۱	۰/۲۱۲
Zn	۰/۷۰۱	۰/۲۶۴	۰/۸۹۱
Mn	۰/۴۱۲	۰/۷۸۴	۰/۲۴۱
As	۰/۱۵۱	۰/۱۶۹	۰/۹۷۲
Cr	۰/۳۶۲	۰/۷۵۲	۰/۲۵۹
Ba	۰/۶۸۴	۰/۲۹	۰/۲۱۹

۷- نتیجه گیری

در این پژوهش از شاخص های آلودگی مختلف از جمله فاکتور غنی شدگی، شاخص زمین انباشتگی، ضریب آلودگی و شاخص بار آلودگی، برای تعیین و ارزیابی فلزات سنگین سرب، روی، مس، نیکل، باریم، آرسنیک و کبالت در خاک های سطحی شهرک صنعتی شماره ۲ اهواز استفاده شد. نتایج بیانگر آن است که در نتیجه فعالیت های صنعتی، نمونه های مورد مطالعه از این فلزات غنی شده اند. بر اساس مقادیر محاسبه شده شاخص زمین انباشت (Igeo)

Davis, J.C.1986. Statistics and data analysis in Geology, Wiley International, New York, 646p.

Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. *water research, Vol, 14, 975-1001.*

Koljonen,T., 1992. The Geochemical Atlas Finland, Part:2, Till Geo, *Survey of Finland, Espoo*

Kelly, J., Thornoton, 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 non-industrial areas of Britian. *Apply Geochemistry, Vol. 11, 363-370 .*

Lim, H., Lee, J., Chon, H., Sager, M., 2008. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au-Ag mine in Korea. *Journal of Geochemical Exploration, Vol. 96, 223-230.*

Loska, K., wiechula, D., Korus,I., 2004. Metal contamination of farming soils affected by industry. *Environmental International, Vol. 30, 159-165.*

Lu, X., Wang, L., Lei, K., Huang, J., Zhai, Y., 2009. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China. *J. Hazard. Mater. 161, 1058-1062.*

Markus, J.A.,McBratney. 1996. An urban soil study: heavy metals in Glebe, Australia. *Australian journal of soil research, Vol. 34, 353-465.*

Madrid, L., Díaz-Barrientos, E., Madrid, F., 2002. Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville. *Chemosphere, Vol. 49, 1301-1308.*

Marjorie, C. A., 2008. Metal concentrations in rural topsoil in South Carolina: potential for human health impact. *Science of the Total Environment, Vol. 402, 149-156.*

Markus, J. A., McBratney, A.B., 1996. An urban soil study: heavy metals in Glebe, Australia. *Australian Journal of Soil Research, Vol.34, 453-465.*

Miguel, E. De., Grado, M.J. de., Llamas, J.F., Mart?n-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, Vol. 21, 113-122.*

Muller, G., 1996. Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal 2, 108-118.*

Poggio, L. V., 2008. Introducing a method of human health risk evaluation for planning and soil quality management of heavy metal-polluted soils-an example from Grugliasco (Italy). *Landscape and Urban Planning, Vol. 88, 64-76.*

Rastmenesh, F., Moore, F., Keshavarzi, B., 2010. Heavy metal enrichment of soil in sarcheshmeh copper complex, Kerman Iran. *Journal of Environmental and Earth Science, Vol. 62, 329-336.*

Romic, M., Romic, D., 2003. Heavy metal distribution in agricultural top soils in urban area. *Environmental Geology, Vol. 43, 795-805.*

Shakeri, A., Moore, F., Modabberi, S., 2009. Heavy metal contamination and distribution in the Shiraz industrial complex zone soil, south Shiraz, Iran. *world Applied Science Journal 6, 413-425.*

و فاکتور غنی شدگی (EF)، خاک های منطقه مورد مطالعه به وسیله فلزات سنگین آلوده شده اند. ضریب آلودگی برای فلزات سنگین بیشتر از یک بوده که نشان دهنده تاثیر عوامل انسان زاد (فعالیت های صنعتی) بر غلظت بالای این فلزات می باشد. نتایج ضریب همبستگی مثبت، تحلیل خوشه ای و فاکتوری دارای انطباق کامل بوده و نشان دهنده منشاء مشترک صنعتی این فلزات می باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز انجام شده است.

مراجع

افیونی، م.، ۱۳۷۸. آلودگی محیط زیست، آب، خاک و هوا. انتشارات ارکان دانش. ۳۱۸ صفحه.

تائبی، آ.، اسحاقی، ر.، ۱۳۸۰. نگرشی بر وضعیت محیط زیست و استقرار صنایع در محدوده اصفهان بزرگ. نخستین کنفرانس بهسازی زمین، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

کرباسی، غ.، ر. بیاتی، آ.، ۱۳۸۶. ژئوشیمی زیست محیطی. انتشارات کاوش قلم. ۲۵۷ صفحه.

کرستن، م.، ۱۳۸۵. زمین شناسی زیست محیطی. ترجمه دکتر محمد بهرامی. انتشارات دانشگاه پیام نور. ۲۹۴ صفحه.

کلانتری، ن.، سجادی، ز.، مکوندی، م.، کشاورزی، م.، ۱۳۹۰. خصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه، با تاکید بر آلودگی فلزات سنگین. فصلنامه زمین شناسی کاربردی، شماره ۴: ۳۳۳-۳۴۲.

غضبان، ف.، ۱۳۸۵. زمین شناسی زیست محیطی، انتشارات دانشگاه تهران. ۴۴۰ صفحه.

نظریور، الف.، ۱۳۸۸. بررسی میزان غلظت فلزات سنگین ناشی از عملیات حفاری در محدوده شهر اهواز، اولین همایش ملی زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیهان.

A.T.S.D.R., 2007. Toxicological profile for Barium. U.S. Department of health and human services G.A,Atlanta.

Abanuz. G.Y., 2011, Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey. *Microchemical Journal, Vol 99 (2), 82-92.*

Bermudez, G.M.A., Jasan, R., Pl, R., Pignata, M.L., 2012. Heavy metals and trace elements in tmospheric fall-out: their relationship with topsoil and wheat element composition. *Journal of Hazardous Materials, Vol. 213, 447-456.*

Brumsack, H., 2006. The trace metal content of organic carbon reach sediments: implication for cretaceous black shale formation. *Palaeoclimatol. palaeoocol , 232, 344-361.*

- Shajan, K.P. 2001.** Geochemistry of Bottom sediments from a River- Estuary- Shelf Mixing Zone on the tropical Southwest Coast of India. Bull". *Geol. Surv. Japan Vol.52, No. 8, 371-382.*
- Shacklette, H.T. Hamilton, J.C. Boerngen, J.G. Bowles, J.M. 1971.** Elemental composition of superficial materials in the conterminous United States, U.S. *Geol. Surv. Prof. Pap. 574.*
- Suar, E., Juste, C., 1994.** Enrichment of trace elements from long-range aerosol transport in sandy podzolic soils of southwest France. *Water Air pollut journal, Vol. 73, 235-246.*
- Suthar, S., Nema, A.K., Chabukdhara, M., Gupta, S.K., 2009.** Assessment of metals in water and sediments of Hindon River, India: impact of industrial and urban discharges. *Hazardous Materials 171, 1088-1095.*
- Sutherland, A.R., 2000.** Bed sediment associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawai. *Environmental geology, Vol. 39, 611-627.*
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1995.** The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics, Vol. 33, 165-241.*
- Wei, B. Y., 2010.** A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microbial journal, Vol. 94, 99-107.*
- Yang, Z. L., 2011.** Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Changchun City, China. *Journal of Geochemical Exploration, Vol. 108, 27-38.*
- Xia, X., Yang, Z., Cui, Y., Li, Y., Hou, Q, 2013.** Soil heavy metal concentrations and their typical input and output fluxes on the southern Song-nen Plain, Heilongjiang Province, China. *Journal of Geochemical Exploration, In press.*