تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۱

ارزیابی تاثیر صنایع آلاینده بر میزان فلزات سنگین در خاک‌های اطراف آن (مطالعه موردی: کارخانه سیمان ایلام)

بتول نوروزی
دانشجوی کارشناسی ارشد بیابانزدایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
نورالدین رستمی*، محسن توکلی
استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاوزی، دانشگاه ایلام
محمود رستمی‌نیا
استادیار گروه آب، دانشکده کشاوزی، دانشگاه ایلام

چکیده:
امروزه آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین به مسئله‌ای جهانی تبدیل شده است. فلزات سنگین می‌توانند از طریق منابع انسانی و طبیعی وارد محیط زیست شوند. خاک می‌تواند آلودگی‌های زیست محیطی را در خود نگه دارد و از طریق آنالیز شیمیایی خاک می‌توان به این آلودگی‌ها پی برد. هدف از این تحقیق میدانی، بررسی میزان آلودگی خاک‌های اطراف کارخانه سیمان ایلام به فلزات سنگین و سمی می‌باشد. در این راستا تعداد ۲۰ نمونه خاک در جهات مختلف برداشت و غلظت عناصر روی، کبالت، منگنز، مولیبدن، کادمیوم، مس، سرب، کروم و نیکل در نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه جذب اتم اندازه‌گیری شد. به منظور درک بهتر چگونگی پراکنش فلزات مورد مطالعه از روش‌های زمین انباشت، فاکتور آلودگی، درجه آلودگی اصلاح شده و شاخص بار آلودگی استفاده شد. نتایج نشان داد که هرچند منطقه مورد مطالعه نسبت به همه فلزات سنگین غیر آلوده بوده است اما ضریب همبستگی عناصر در جهات مختلف نشان می‌دهد که بیشترین ضریب همبستگی برای عناصر به طرف شمال غرب منطقه و همسو با باد غالب منطقه می‌باشد. بنابراین جهت وزش باد در پراکنش عناصر مؤثر بوده و در اکثر نقاط با دور شدن از کارخانه غلظت عناصر کاهش یافته است.

کلمات کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، کارخانه سیمان ایلام، شاخص زمین انباشت

نویسنده مسئول: نورالدین رستمی، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاوزی، دانشگاه ایلام، n.rostami@ilam.ac.ir

۱- مقدمه

تلاش برای صنعتی شدن و اشتغال‌زایی در کشورهای در حال توسعه، به تلاش‌های گسترده‌ای برای جذب صنایع سنگین با پتانسیل آلودگی بالا منجر شده است (Abimbola et al.,2007). آلودگی هوا به واسطه فعالیت واحدهای صنعتی امری ثابت شده در کل دنیا است. متأسفانه صنایع سیمان یکی از آلوده‌ترین صنایع موجود در کل دنیا است(Isikli et al, 2003). تحقیقات اخیر اثرات زیست محیطی نامطلوب کارخانه‌های سیمان بر محیط اطراف را نشان داده است که مهمترین اثر سوء کارخانه سیمان بر محیط اطراف آن انتشار گرد و غبار و گازهای آلاینده است(Bilen, 2010). در واقع کارخانه‌های سیمان، ابتدا هوا را آلوده کرده و سپس این آلودگی از طریق هوا به خاک و رسوب منتقل شده و در مراحل بعدی حتی می‌تواند به پیکره گیاهان، جانوران و نهایتاً انسان‌ها وارد شود (Al-Khashman et al 2006; Isikli et al., 2003). فرایند تولید سیمان به علت ماهیت آن و استفاده انبوه از مواد معدنی و سوخت‌های فسیلی به عنوان یکی از منابع مهم آلودگی محیط زیست شناخته می‌شود. گازهای خروجی از کوره کارخانه سیمان، افزون بر دی اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و دی اکسید کربن، حاوی فلزات سنگین نیز هست و غلظت موجود در آنها برای محیط زیست خطرناک است (امیرحسینی و همکاران، ۱۳۸۹). اثرات کارخانه سیمان بر محیط زیست به صورت منطقه‌ای است که اغلب تا فاصله ۱۰ کیلومتری اطراف آن محدود می‌گردد زیرا جریانات جرمی ناشی از دودکش بلند کارخانجات سیمان تا حدودی کم هستند و همینطور این کارخانجات بسیار پراکنده هستند، در نتیجه باید میزان بالایی از آلاینده، جهت آلودگی هوای منطقه منتشر شود تا سهم مؤثری در آلودگی هوای منطقه داشته باشد (کرباسی و همکاران، ۱۳۹۱). از آنجا که فلزات سنگین تأثیر قابل توجهی بر کیفیت محیط زیست دارند به عنوان یکی از منابع اصلی آلاینده محیط زیست به شمار می‌روند. فعالیت‌های مختلف موجب پراکنده شدن فلزات سنگین در اتمسفر شده و در نتیجه به صورت گرد و غبار آلوده در خاک‌های سطحی انباشته می‌شوند، در همین حال، خاک‌های آلوده به فلزات سنگین در صورت وزش باد، تولید گرد و غبار می‌کنند و بر کیفیت هوا اثر می‌گذارند Binchen et al., 2005; Chen et al., 1997; Gray et al., 2003). بنابراین اندازه‌گیری فلزات سنگین در خاک، گرد و غبار و گیاهان می‌تواند در تعیین روش مناسب کنترل آلودگی محیط زیست بسیار مهم باشد (Al-Khashman et al, 2006). Lafta و همکاران (۲۰۱۳)، توزیع فلزات سنگین و تنوع خواص خاک اطراف کارخانه سیمان در عراق را بررسی کردند و دریافتند که خاک منطقه مورد مطالعه آهکی است و نمونه‌های خاک به شدت با Cd، Co و Ni آلوده شده‌اند، در حالی که آن‌ها به دیگر فلزات سنگین آلوده نبوده و بیشترین آلودگی در فاصله ۰ تا ۳ کیلومتری از کارخانه سیمان رخ داده است. در پژوهشی دیگر Ogunkunle, 2014، با بررسی آلودگی و توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی اطراف کارخانه سیمان مگا میزان آلودگی خاک سطحی به وسیله‌ی سرب، کروم، مس، کادمیوم و روی و توزیع فضایی این فلزات را مورد مطالعه قرار داد و به این نتیجه رسیدند که دامنه‌ی آلودگی کادمیوم زیاد، در حالی که سطح سرب و مس در خاک در حوزه‌های شدید و متوسط آلودگی بود و به دلیل پایین بودن سطح روی و کروم این فلزات هیچ خطر زیست محیطی را مطرح نکردند. همچنین توزیع مکانی فلزات سنگین نشان داد که وجود سرب و مس نه تنها وابسته به فعالیت‌های سیمان بلکه وابسته به فعالیت‌های مرتبط با وسایل نقلیه نیز بوده است.

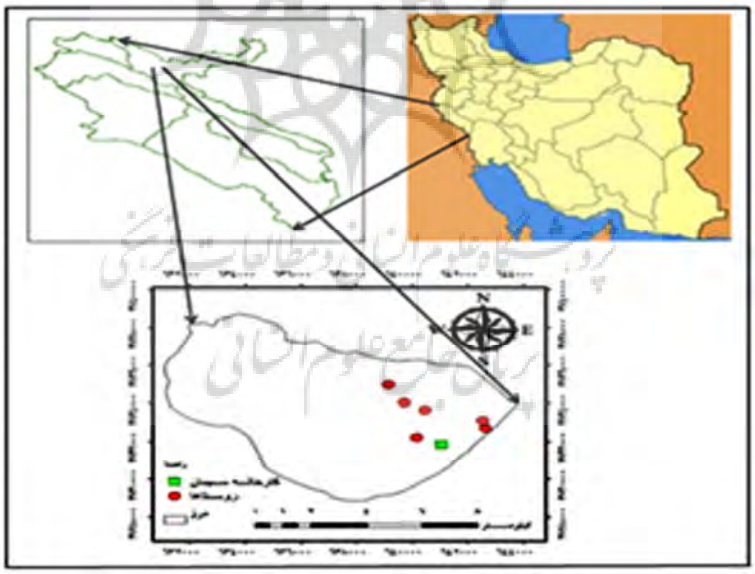
مسلم‌پور و همکاران (۱۳۹۱)، آلودگی فلزات سنگین در اطراف کارخانه سیمان خاش را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که علیرغم حدود بیست سال فعالیت کارخانه سیمان، منطقه مورد مطالعه نسبت به هشتاد درصد فلزات سمی مورد مطالعه (ارسنیک، کروم، سرب، روی، مولیبدن، کبالت و منگنز) غیر آلوده بوده و فقط نسبت به بیست درصد فلزات سمی (کادمیوم و نیکل) آلودگی متوسط نشان داد. در تحقیقی دیگر باسمنجی و همکاران (۱۳۹۲)، ذرات

معلق خروجی از دودکش‌ها در کارخانه سیمان کاوان بوکان را مورد ارزیابی قرار دادند و دریافتند که با توجه به پایش و کنترل منظم کلیه آلاینده‌ها از جمله ذرات معلق، در اکثر موارد، میزان ذرات در بخش‌های مختلف کارخانه کمتر از مقادیر استاندارد می‌باشد. در موارد نادر هم چنانچه غلظت مواد معلق یک دودکش بالاتر از حد استاندارد بوده است با انجام اقدامات اصلاحی، کاهش یافته و در محدوده استاندارد قرار گرفته است. از طرف دیگر، نورپور و همکاران (۱۳۹۳) با مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های هوای خروجی از دودکش کارخانه سیمان ایلام دریافتند که مقدار آلودگی در هوای منطقه ناشی از خروجی‌های دودکش کارخانه بسیار پایین‌تر از حد استاندارد هوای پاک می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از این تحقیق، بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین و سمی در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان ایلام است تا مشخص گردد که آیا غلظت این فلزات در حدی است که موجب تخریب اراضی شود. روان‌خواه و همکاران (۱۳۹۴)، شاخص‌های زمین‌انباشتگی و فاکتورهای آلودگی را در برآورد آلودگی خاک مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که غلظت میانگین کل کادمیوم، نیکل، مس، سرب و روی بالاتر از غلظت زمینه بود. الگوی مکانی این شاخص‌ها نشان داد که بیشترین انباشت فلزات کادمیوم، سرب و روی در محدوده‌ی شهرک‌های صنعتی، کوره‌های آجرپزی و مناطق شهری اتفاق افتاده است و برای دو فلز مس و نیکل انباشت بیشتر در مناطق شهری و زمین‌های کشاورزی روی داده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

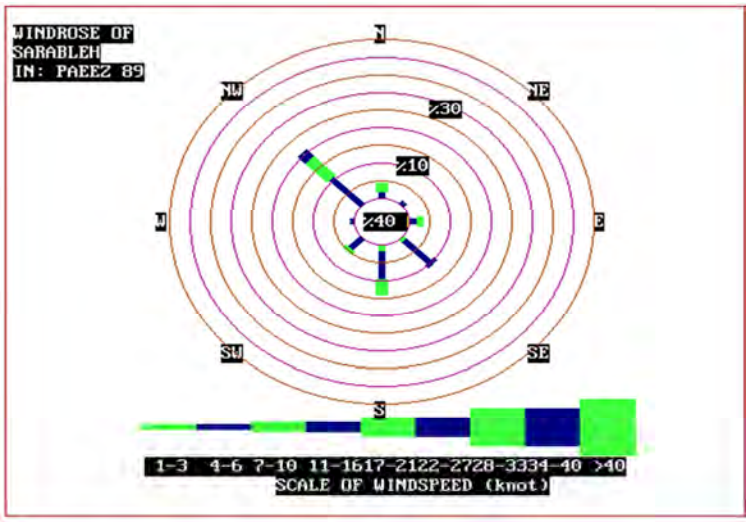
منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و در بخشی از شهرستان سیروان با مساحت ۷۴ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی "۱۰ '۴۴ °۳۴ تا "۲۰ '۴۵ °۳۳ عرض شمالی و "۷ '۳۳ °۴۶ تا "۵۳ '۳۴ °۴۶ طول شرقی می‌باشد (شکل ۱). آب و هوای منطقه نسبتاً معتدل و نیمه مرطوب می‌باشد و بر اساس آمار و اطلاعات ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک سرابله میانگین دمای سالانه ۱۸/۵ °C و میانگین بارندگی ۴۱۰/۸ میلی‌متر می‌باشد.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان ایلام

۱-۲-۱- باد

بر اساس آمار و اطلاعات به دست آمده از نزدیکترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک به منطقه مورد مطالعه (ایستگاه هواشناسی سرابله) و تحلیل میزان فراوانی باد و تعیین جهت باد غالب گلباد منطقه تهیه گردید (شکل ۲) که طبق آن جهت باد غالب به سمت شمال غرب می‌باشد.



شکل (۲): نمایی از گلباد منطقه

۲-۲- روش تحقیق

در این مطالعه به منظور ارزیابی اثرات فلزات سنگین در اطراف کارخانه سیمان ایلام، ابتدا اقدام به ایجاد و طراحی شبکه نمونه‌برداری سیستماتیک منظم و به صورت شعاعی و به مرکزیت کارخانه سیمان نموده تا نمونه‌ها نماینده کاملی از کل منطقه نمونه‌برداری باشند، سپس نمونه‌برداری خاک صورت گرفت. به این منظور تعداد ۲۰ نمونه خاک در جهات مختلف تا جایی که احتمال وجود اثر آلودگی کارخانه سیمان می‌رود برداشت شد. سپس تعداد ۱۲ نمونه خاک از بین نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب گردید که معرف حوزه مورد مطالعه باشند و از هر جهت تعداد ۳ نمونه در فاصله نزدیک، متوسط و دور از کارخانه انتخاب و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از تهیه عصاره، غلظت هر یک از عناصر روی، کبالت، منگنز، مولیبدن، کادمیوم، مس، سرب و نیکل در نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه جذب اتم اندازه‌گیری شد. در پایان، شاخص زمین انباشت، ضریب آلودگی، درجه آلودگی اصلاح شده و شاخص بار آلودگی جهت تعیین میزان آلودگی منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند.

۳-۲- روش‌های تعیین شاخص‌های آلودگی

در این مطالعه از معیارهای مختلف جهت بررسی میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین استفاده شد. روش‌های مختلفی برای تشخیص تجمع غیرعادی آلاینده‌ها گزارش شده است که در این روش‌ها، آلاینده‌ها با عنصر مرجع مقایسه می‌گردد (Abrahim et al, 2008). از جمله روش‌هایی که نتایج آن به صورت عددی است و در آن امکان مقایسه مقادیر آلاینده‌های موجود در نمونه‌های مورد مطالعه با مقادیر زمینه وجود دارد، روش‌های تعیین شاخص آلودگی است (Christophoridis et al, 2009).

۳-۲-۱- شاخص زمین‌انباشت

شاخص زمین‌انباشت (Geoaccumulation Index) شاخصی است که می‌تواند درجه آلایندگی خاک را تعیین کند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Igeo = \log_2\left(\frac{Cn}{1.5\ Bn}\right) \qquad \text{رابطه ۱}$$

که در آن: Igeo، زمین‌انباشت مولر Cn، غلظت در رسوب و خاک و Bn غلظت زمینه می‌باشد (Muller et al., 1969). مولر ۶ کلاس برای شاخص زمین‌انباشت در نظر گرفته است (جدول ۱).

جدول (۱): درجه‌بندی سطح آلودگی خاک بر منبای شاخص Igeo

شدت آلودگی	مقادیر شاخص زمین انباشت
آلودگی بسیار شدید	>۵
آلودگی بسیار شدید تا شدید	۵-۴
آلودگی شدید	۴-۳
آلودگی شدید تا متوسط	۳-۲
آلودگی متوسط	۲-۱
غیر آلوده تا آلودگی متوسط	۱-۰
کاملاً غیرآلوده	<۰

۵-۲- فاکتور آلودگی

برای بیان وضعیت آلودگی (Contamination Factor) محیط به یک فلز خاص می‌توان از فاکتور آلودگی نیز استفاده کرد(Andy and Khaled, 2009) . این فاکتور از طریق رابطه زیر به دست می‌آید (Satyanarayan et al., 1994).

رابطه۲ $$Cf = \frac{Co}{Cn}$$

که در این رابطه Cf برابر با فاکتور آلودگی، Co، غلظت فلز در خاک یا رسوب و Cn، غلظت همان فلز در ماده مرجع (میانگین شیل) می‌باشد. چهار کلاس برای فاکتور آلودگی در نظر گرفته شده است (جدول ۲). نتایج این فاکتور در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول (۲): توصیف مقادیر فاکتور آلودگی(Satyanarayan et al., 1994)

شدت آلودگی	مقادیر ضریب آلودگی
آلودگی اندک	کمتر از ۱
آلودگی متوسط	بین ۱ تا ۳
آلودگی قابل توجه	بین ۳ تا ۶
آلودگی بسیار زیاد	بیشتر از ۶

٦-۲- درجه آلودگی اصلاح شده (mC_d)

رابطه۳ $$Cd = \sum_{i=1}^{n} Cf$$

درجه آلودگی (C_d)، نیز برای ارزیابی شدت آلودگی کلی محیط به کار می‌رود و از مجموع فاکتورهای آلودگی تمام فلزات، به شرح ذیل حاصل می‌شود(Hakanson, 1980):

با توجه به محدودیت‌های رابطه ۳، Abrahim (2005) درجه آلودگی اصلاح شده (modified Contamination Degree) را به شرح ذیل معرفی کرده است:

رابطه ۴ $$mCd = \frac{\sum_{i=0}^{i=n} Cf}{n}$$

که در این رابطه mC_d درجه آلودگی تصحیح شده، Cf فاکتور آلودگی عنصر i و n تعداد عناصر تجزیه شده مورد بررسی می‌باشد. برای این شاخص ۷ کلاس در نظر گرفته شده است (جدول ۳).

جدول (۳): توصیف آلودگی محیط بر اساس مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده(Abrahim, 2005)

کیفیت محیط مورد بررسی	مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده
غیر آلوده تا آلودگی بسیار اندک	درجه آلودگی کمتر از ۱/۵
آلودگی اندک	درجه آلودگی بین ۱/۵ تا ۲
آلودگی متوسط	درجه آلودگی بین تا ۲ تا ۴
آلودگی زیاد	درجه آلودگی بین ۴ تا ۸
آلودگی بسیار زیاد	درجه آلودگی بین ۸ تا ۱۶
آلودگی فوق‌العاده زیاد	درجه آلودگی بین ۱۶ تا ۳۲
آلودگی بی‌نهایت زیاد	درجه آلودگی بیشتر از ۳۲

۷-۲- شاخص بار آلودگی

شاخص بار آلودگی (Pollution Load Index) معیاری جهت تعیین بار آلودگی در خاک منطقه است (Thmilson et al., 1980)، که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۵ $PLI = (Cf1 \times Cf2 \times \dots Cfn)^{\frac{1}{n}}$

که در آن n، تعداد فلز مورد مطالعه و Cf فاکتور آلودگی محاسبه شده است. برای این شاخص سه کلاس در نظر گرفته شده است (جدول۴).

جدول (۴): توصیف آلودگی محیط بر اساس مقادیر شاخص بار آلودگی

کیفیت محیط مورد بررسی	مقادیر شاخص بار آلودگی
کیفیت خوب خاک منطقه	PLI < 1
آلودگی نزدیک به زمینه	PLI=1
کیفیت نامناسب خاک منطقه	PLI>1

۳- یافته‌های تحقیق

مقدار متوسط عناصر سنگین موجود در نمونه‌های خاک، بیشینه، کمینه، انحراف معیار و غلظت عناصر در میانگین شیل در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول (۵): محتوای فلزات سنگین در نمونه‌های خاک و میانگین شیل (PPM)

عناصر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	میانگین شیل
مولیبدن	۱/۸	۴/۶	۲/۹۴	۰/۸۳	2/6
روی	۱/۳۶	۳/۴	۲/۳	۰/۹	۹۵
منگنز	۰/۰۳۶	۲/۰۲	۰/۸	۰/۶۲	۸۵۰
مس	۰/۳	۳/۲۸	۲/۰۲	۰/۹۶	۴۵
آهن	۰/۱۶	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۱۸	۴۷۲۰۰
کادمیوم	۰/۱۴	۱/۳	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳
سرب	۰	۹/۲۴	۱/۳۸	۲/۵۸	۲۰
نیکل	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۰۱۸	۶۸
کروم	۰/۰۱۸	۰/۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۲۲	۹۰
کبالت	۰	۰	۰	۰	۱۹

نتایج نشان داد که حد متوسط محتوای فلزات سنگین از روند زیر تبعیت می‌کند:

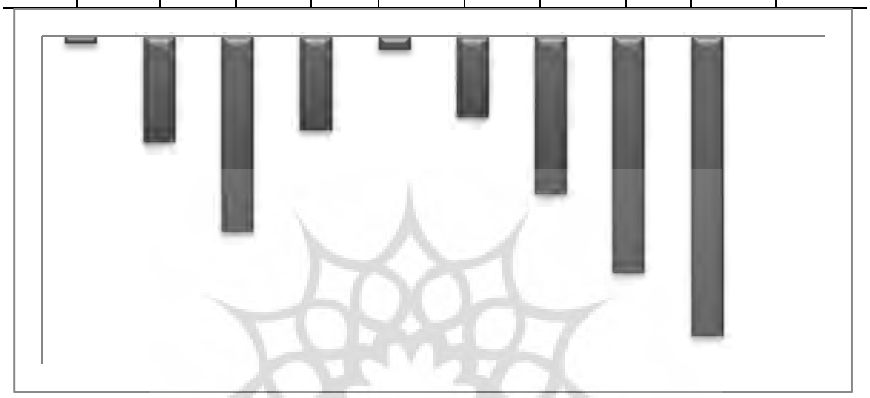
Mo > Zn > Cu > Pb > Mn >Fe > Cd > Ni > Cr > Co

۱-۳- نتایج مربوط به شاخص‌های ارزیابی آلودگی

در این مطالعه ابتدا تمام فلزات به وسیله شاخص زمین‌انباشت مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن در جدول ۶ و شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول (۶): نتایج مقادیر شاخص Igeo

عناصر	مولیبدن	روی	مس	سرب	منگنز	آهن	کادمیوم	نیکل	کروم	کبالت
Igeo	-۰/۴۱	-۵/۹۸	-۵/۱۲	-۴/۴	-۱۰/۶۹	-۱۶/۴	-۰/۶۹	-۸/۶	-۱۲/۹۵	-0/41۰



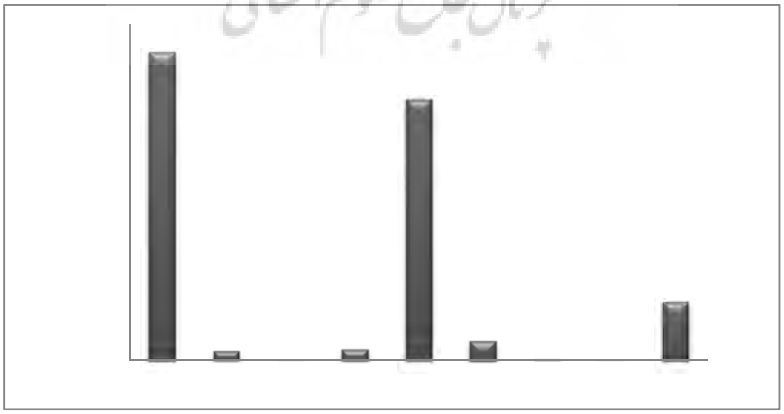
شکل (۳): مقادیر شاخص Igeo

بر اساس محاسبات انجام گرفته با استفاده از شاخص Igeo تمام عناصر فاقد آلودگی هستند.

نتایج مقادیر شاخص Cf مربوط به عناصر مورد نظر در جدول ۷ و شکل ۴ نشان داده شده است

جدول (۷): نتایج مقادیر شاخص Cf

عناصر	مولیبدن	روی	مس	سرب	منگنز	آهن	کادمیوم	نیکل	کروم	کبالت
Cf	۱/۱	۰/۰۳۲	۰/۰۴	۰/۰۶۹	۰/۰۰۰۹۴	۰/۲۱	۰/۹۳	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۲	-0/41۰



شکل (۴): مقادیر شاخص Cf

بر اساس این شاخص تمام عناصر به جزمولیبدن در رده غیرآلوده تا آلودگی بسیار اندک و فقط مولیبدن دارای آلودگی متوسط است قرار دارند.

نتیجه مربوط به شاخص mC_d نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه از نظر کیفیت زیست محیطی، با داشتن درجه آلودگی تصحیح شده ۰/۲۱ طبق تقسیم بندی Abrahim (۲۰۰۵) در زمره مناطق غیر آلوده تا آلودگی بسیار اندک طبقه‌بندی می‌شود. با توجه به محاسبات انجام شده مقدار شاخص بار آلودگی برابر صفر است که مطابق با جدول ۴ خاک منطقه دارای کیفیت خوبی است و غیر آلوده می‌باشد.

۲-۳- بررسی ضریب همبستگی میزان عناصر سنگین با فاصله از کارخانه

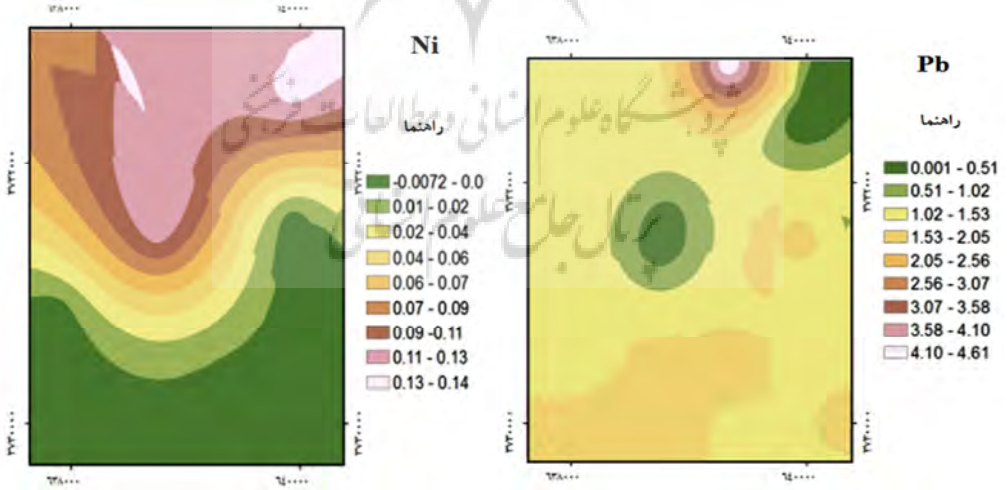
به منظور بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین در جهات و فواصل مختلف ضریب همبستگی بین نمونه‌ها به دست آمده که نتایج آن در جدول ۸ آمده است.

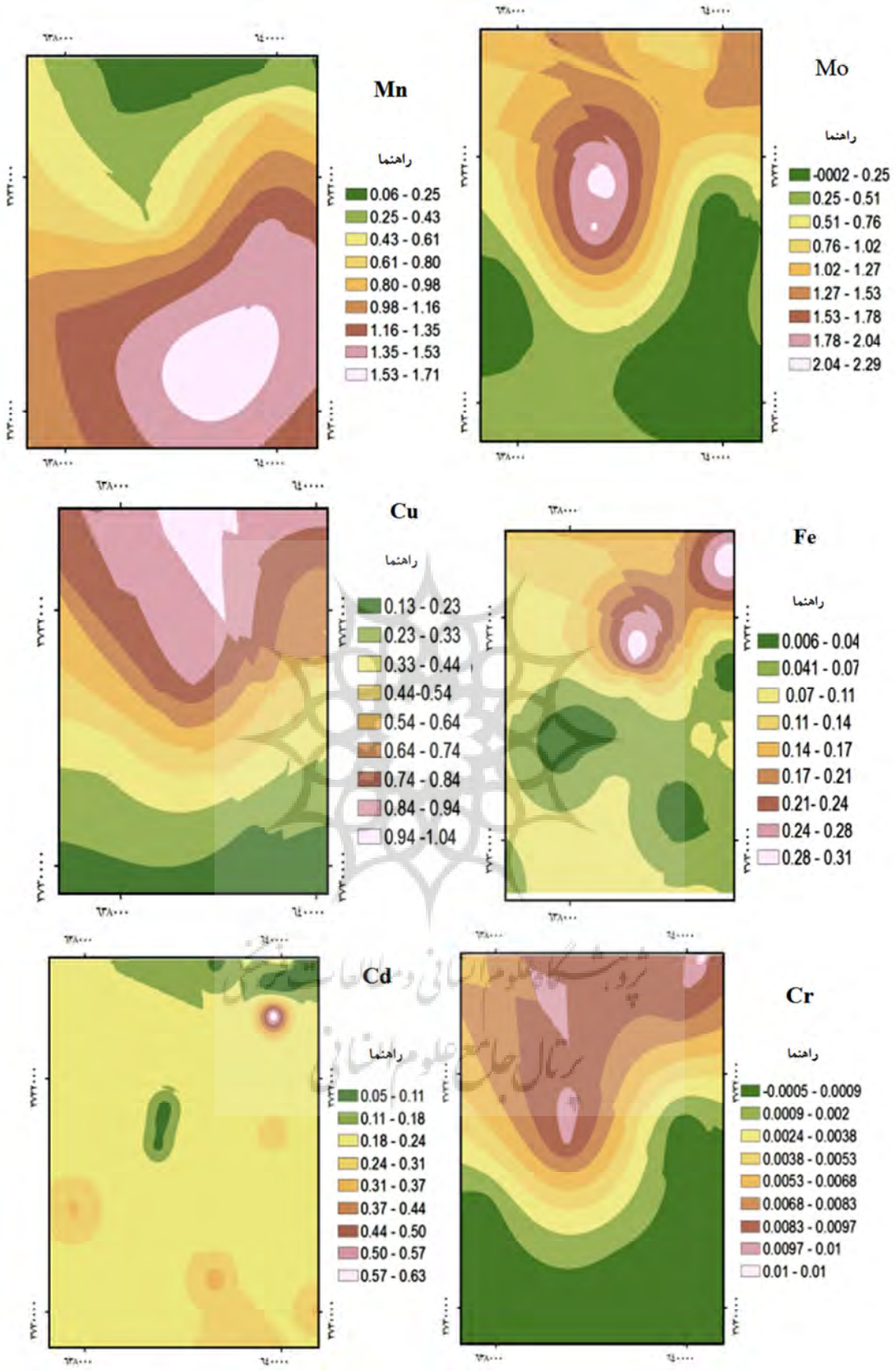
جدول (۸): نتایج ضریب همبستگی عناصر سنگین

ضریب R^2 / جهات مختلف	مولیبدن	روی	منگنز	مس	آهن	کادمیوم	سرب	نیکل	کروم
به طرف شمال کارخانه	۰/۶	۰/۱۲	۰/۷	۰/۱	۰/۹	۰/۶	۰/۹۹	۰/۹۷	۰
به طرف جنوب کارخانه	–	۰/۱۸	۰/۹۴	–	–	۰/۰۸	۰/۰۰۳۸	–	–
به طرف شرق کارخانه	۰/۳	۰/۰۰۳۸	۰/۶۷	۰/۱۴	۰/۶۶	۰/۳۵	۰/۶۴	۰/۶۶	۰
به طرف غرب کارخانه	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰	۰/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰
در تمام جهات	۰/۴	۰/۰۲	۰/۷	۰/۱۳	۰/۰۰۱۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۲۹	۰/۰۱۵۹

۳-۳- بررسی روند آلودگی با استفاده از روش کریجینگ

برای پیش‌بینی روند آلودگی خاک معمولاً از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی استفاده می‌شود. در این تحقیق نیز از این روش به منظور بررسی بررسی میزان پراکنش فلزات در خاک اطراف کارخانه سیمان استفاده شده است که نتایج آن در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل‌های بالا نمایان است در اکثر فلزات بیشترین میزان پراکنش به طرف شمال غرب است.





شکل (۵): پراکنش مکانی فلزات مختلف در اطراف کارخانه سیمان ایلام

٤- تجزیه وتحلیل

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد علیرغم اینکه بیش از بیست سال از تأسیس کارخانه سیمان در این منطقه می‌گذرد، خوشبختانه منطقه مورد مطالعه نسبت به تمام فلزات سنگین ارزیابی شده غیرآلوده است. Lafta و همکاران (۲۰۱۳)، نیز در تحقیقات خود بیان کردند که منطقه مورد مطالعه در عراق تنها برای سه فلز کبالت، کادمیوم و نیکل آلوده بوده در حالی که برای سایر فلزات نیز غیرآلوده بوده و تا حدودی مشابه تحقیق حاضر است. از طرف دیگر Ogunkunle, 2014، نشان داد با وجود اینکه سرب و مس در منطقه مورد مطالعه در مگا در حوزه زیاد و متوسط آلودگی قرار دارند. در جایی دیگر مسلم‌پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز در تحقیقات خود به نتایج تقریباً مشابهی دست یافتند و نشان دادند که خاک‌های اطراف کارخانه سیمان خاش نسبت به عناصر ارسنیک، کبالت، مس، کروم، منگنز، مولیبدن، سرب و روی غیر آلوده بوده‌اند و فقط در مورد عناصر نیکل و کادمیوم آلودگی در حد متوسط است. در همین راستا نورپور و همکاران (۱۳۹۳)، آلاینده‌های خروجی از دودکش کارخانه سیمان ایلام را مدل‌سازی کردند و دریافتند که حتی با وجود فعال بودن تمامی منابع این کارخانه، مقادیر غلظت بیشینه برای متوسط‌های زمانی ۲۴ ساعته و ۱ ساله بسیار پایین‌تر از حد استاندارد هوای پاک می‌باشد و با نشان دادن تصاویر ماهواره‌ای بیان کردند که مناطق سرابله، ایلام و چوار کمتر تحت تاثیر ذرات معلق خروجی از منابع کارخانه سیمان قرار می‌گیرند و منطقه ایوان نیز که بیشتر از بقیه مناطق، از آلاینده این منابع متأثر می‌شود، با حد مجاز پیشنهادی توسط سازمان حفاظت از محیط زیست فاصله بسیار قابل قبولی دارد. نتایج نشان از وجود منابع موثر دیگری غیر از کارخانه سیمان بر آلایندگی ذرات معلق در منطقه دارد و بیان داشتند که مهمترین دلیل برای مشاهده میزان قابل ملاحظه ذرات معلق در هوای منطقه را باید ریزگردها دانست و سهم آلایندگی کارخانه سیمان را تنها ۱۱ درصد اعلام کرد و این تحقیق به گونه‌ای مؤید تحقیق باسمنجی و همکاران (۱۳۹۲) است که آنها نیز نشان دادند در اکثر موارد، میزان فلزات در بخش‌های مختلف کارخانه کمتر از مقادیر استاندارد است. در این راستا می‌توان اعلام کرد با توجه به مطالعات نورپور و همکاران (۱۳۹۳) در منطقه، این میزان غلظت اندازه‌گیری شده برای فلزات سنگین قابل قبول بوده و خاک‌های منطقه نسبت به فلزات سنگین غیرآلوده هستند. از طرفی مقایسه‌ی ضریب همبستگی عناصر در جهات مختلف نشان می‌دهد که بیشترین ضریب همبستگی برای عناصر به طرف شمال کارخانه (شمال غرب منطقه) می‌باشد و از آنجایی که جهت باد غالب منطقه به طرف شمال غرب می‌باشد و گلباد منطقه نیز این موضوع را تایید می‌نماید، این امکان وجود دارد که جهت وزش باد در پراکنش عناصر مؤثر بوده است و با توجه به اینکه در اکثر نقاط با دور شدن از کارخانه غلظت عناصر کاهش یافته است می‌توان چنین بیان کرد که کارخانه به عنوان منبع آلودگی می‌باشد و این امکان نیز وجود دارد که این عناصر پس از سال‌ها در خاک انباشته شده و باعث آلودگی خاک‌های منطقه شوند.

٥- نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به توسعه بیش از پیش کارخانجات سیمان، برای تولید سیمان مورد نیاز کشور و نیز اهمیت روزافزون رعایت مسائل زیست محیطی در صنایع مختلف به خصوص صنایع سیمان، نیاز به استفاده از تکنولوژی‌های بهتر و کارآمدتر جهت کنترل آلاینده‌ها و ضایعات حاصل از فعالیت کارخانه سیمان بیش از پیش شده است. صنعت سیمان یکی از صنایعی محسوب می‌شود که همواره از آن به عنوان آلاینده محیط زیست یاد می‌شود. این صنعت اگرچه در سال‌های اخیر با نوسازی تجهیزات و ماشین آلات خود سعی کرده استانداردهای زیست‌محیطی لازم را کسب کند، اما باز هم به عنوان یکی از مهمترین عوامل آلودگی هوا محسوب می‌شود (Deja et al., 2010). در این مطالعه از شاخص‌های آلودگی مختلف (شاخص زمین انباشت، فاکتور آلودگی، درجه آلودگی اصلاح شده و شاخص بار آلودگی) برای ارزیابی فلزات سنگین اطراف کارخانه سیمان استفاده شد. نتایج حاکی

از آن است که در حال حاضر خاک‌های منطقه نسبت به فلزات سنگین غیرآلوده است. اما از آنجایی که با در نظر گرفتن ضریب همبستگی، بیشترین غلظت فلزات به طرف شمال غرب منطقه (در جهت باد غالب) می‌باشد می‌توان نتیجه‌گیری کرد که وزش باد در پراکنش این فلزات مؤثر بوده است و این امکان وجود دارد که عناصر خروجی از دودکش کارخانه سیمان در آینده در خاک انباشته شده و باعث آلودگی خاک‌ها شوند. بنابراین در این راستا باید اقدامات لازم صورت گیرد.

منابع

۱. امیرحسینی، ا، مهرابی، ب، مسعودی، ف (۱۳۸۹)، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کارخانه سیمان زرند ساوه برخاک مناطق اطراف آن، مجموعه مقالات چهاردهمین همایش انجمن زمین-شناسی ایران، دانشگاه ارومیه، ۲۵صفحه.

۲. باسمنجی، بابک، سردار شهید، علیرضا، رضایی، ال ناز (۱۳۹۲)، ارزیابی و مدیریت ذرات معلق خروجی از دودکش‌ها در کارخانه سیمان کاوان بوکان، سومین کنفرانس بین‌المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.

۳. روان خواه، ندا، میرزایی، روح اله، معصوم، سعید (۱۳۹۴)، ارزیابی شاخص‌های زمین انباشتگی و فاکتور آلودگی و تحلیل مولفه‌های اصلی در برآورد آلودگی خاک، مجله سلامت و محیط - زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره ۳، صص ۳۴۵ تا ۳۵۶.

٤. کرباسی، عبدالرضا، خادم بروجردی، حمیدرضا، صمدی، رضا (۱۳۹۱)، اثرات زیست محیطی کارخانه سیمان آبیک، اولین کنفرانس بین‌المللی صنعت سیمان، انرژی و محیط‌زیست.

۵. نورپور، علیرضا، کاظمی شهابی، نیما (۱۳۹۳)، مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های هوا خروجی از دودکش کارخانه سیمان ایلام، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۴۴، شماره۱، صفحه ۱۰۸-۱۱۶.

٦. مسلم‌پور، محمدالیاس، شهدادی، سارا، نعیمی، راضیه (۱۳۹۱). ارزیابی آلودگی فلزات سمی در اطراف کارخانه سیمان خاش، جنوب‌شرق ایران، اولین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست.

7. Abimbola, A.F., Kehinde-Phillip, O.O., and Olatunji, A.S. (2007). The Sagamu cement factory, SW Nigeria: Is the dust generated a potential health hazard?. Environ Geochem Health, 29:163-167.

8. Abrahim, G.M.S.(2005). Holocene sediments of Tamaki Estuary: Characterization and impact of recent human activity on an urban estuary in Auckland, New Zealand, Ph.D. thesis, University of Auckland, Auckland, New Zealand,361 p.

9. Abrahim, G.M.S. and Parker, R.J. (2008). Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand, Estuar. Coast. Shelf. Sci, 136: 227–238.

10. Ahdy, H. and Khaled, A. (2009). Heavy Metals Contamination in Sediments of the Western Part of Egyptian Mediterranean Sea. Australian Journal of Basic and Applied Sciences,3(4): 3330-3336

11. Al-Khashman, O.A. and Shawabkeh, R.A. (2006). Metal distribution in soils around the cement factory in Southern Jordan. Environmental Pollution. 140:387-394.

12. Bilen, S. (2010). Effect of cement dust pollution on microbial properties and enzyme activities in cultivated and no-till soils. African Journal of Microbiology Research. 4 (22): 2418-2425.

13. BinChen, T., Ming Zheng, Y., Lei, M., Chun Huang, Z., Tao Wu, H. and Chen, H. (2005). Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing. Chemosphere. 60: 542-551

14. Chen, T.B., Wong, W.J.C., Zhou, H.Y. and Wong, M.H. (1977). Assessment of trace metal distribution and contamination insurface soil of Hong Kong. Environmental Pollution. 96: 61-68.

15. Christophoridis, C., Dedepsidis, D. and Fytianos, K. (2009). Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. Assessment using pollution indicators. Journal of Hazardous Materials. 168: 1082-1091.

16. Deja, J., Uliasz-Bochenczyk, A. and Mokrzycki, E. (2010). CO_2 emissions from

Polish cement industry. International Journal of Greenhouse Gas Control. 4(4):583-588.
17. Gray, C.W., McLaren, R.G. and Roberts, A.H.C. (2003). Atmospheric accessions of heavy metals to some New Zealand Pastoral Soils. The Science of the Total Environment. 305: 105-115.
18. Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approaches. Water Research. 14: 975–1001.
19. Isikli, B. and Demir, T.A. (2003). Ürer SM, Berber A, Akar T, Kalyoncu C. Effects of Chromium exposure from a cement factory. Environmental research. 91:113-118.
20. Lafta, J.G., Fadhil, H.S. and Hussein, A.A. (2013). Heavy Metals Distribution and the Variation of Soil Properties around Alqaim Cement Factory in Anbar Governorate – Iraq. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). 3(1):289-291.
21. Müller, G. (1969). Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. Geojournal. 2: 108–118.
Satyanarayana D, Panigrahy PK, Sahu SD. (1994). Metal pollution in Harborand coastal sediments of visakhpatnam, est of India. Indian journal of marine science. 23:52-54.
22. Ogunkunle, c.o. (2014). Contamination and spatial distribution of heavy metals in topsoil surrounding a mega cement factory. Atmospheric Pollution Research, 5(2):270-282.
23. Thomilson, D.C., Wilson, D.J., Harris, C.R., Jeffrey, D.W. (1980). Problem in heavy metals in estuaries and the formation of pollution index. Helgol. Wiss. Meeresunlter. 33(1–4): 566–575.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی