Investigation of soil heavy metals concentrations (Pb, Cd, Zn and Cu) in different areas of Isfahan in 1396

Mohammad Reza Atabaki
* M.Sc. in Pollution Environmental Science, Faculty of Natural Resource, Isfahan University of Technology (Corresponding Author)

Ali Lotfi
Assistant Prof., Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology Isfahan

Received: 2018/02/12
Accepted: 2018/03/18

ABSTRACT

Background and Objective: Heavy metals contamination of soils is one of the main environmental problems. Heavy metals are considered as one most dangerous groups of pollutants because of their toxicity and stability. The biological and ecological importance of heavy metals is due to their characteristics of polluting, their toxicity, persistence and bioaccumulation.. The aim of this study was to investigate the spatial distribution of heavy metals in the different north areas of Isfahan.

Materials and Methods: In the present study, 30 soil samples (0-20 cm depth) were randomly collected and the total concentration of Pb, Cd, Zn and Cu were measured using Perkin Elmer's atomic absorption device. Also, some other soil properties including pH, EC, organic carbon, soil texture and organic matter proportions were measured. The inverse distance weighting (IDW) method was used for interpolation and mapping of the heavy metals concentration.

Results: The results showed that the average concentrations of Pb, Cd, Zn and Cu in the study area were 47/16, 2/26, 57/35 and 22/31 mg/kg respectively. Also the results of statistical analysis showed that the standard deviations of Pb, Cd, Zn and Cu in the study area were 7.13, 0.51, 5.56 and 2.84 respectively.

Conclusion: The results indicate that the average concentrations of Pb and Cd in the soil of study area were higher than the global standard and Cu and Zn were lower than the global standard.

Document Type: Research article
Keywords: "Soil pollution", "Heavy metal", "distance weighting", "Spatial distribution".

▶ **Citation:** Atabaki MR, Lotfi A. Investigation of heavy metal soil concentration (Pb, Cd, Zn and Cu) in different areas of Isfahan in 1396 . *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2018;4 (1) : 21-30 .

بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در خاک مناطق مختلف اصفهان در سال ۱۳۹۶

محمدرضا اتابکی
* کارشناس ارشد آلودگی‌های محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. (مسئول مکاتبات).
atabak89@gmail.com

علی لطفی
استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلودگی خاک به فلزات سنگین، به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها محسوب می‌شود و از نظر سمیت و پایداری، جزء خطرناک‌ترین گروه طبقه‌بندی شده‌اند و به دلیل خصوصیات آلایندگی‌شان در خاک، سمی بودن، زمان ماندگاری بالا و تجمع آن‌ها در بافت جانداران، از اهمیت اکولوژیکی و بیولوژیکی زیادی برخوردارند. مطالعه حاضر با هدف بررسی نحوه پراکنش و توزیع فلزات سنگین در خاک مناطق مختلف شمال اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق تعداد ۳۰ نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ cm به‌صورت تصادفی و مرکب جمع‌آوری گردید و غلظت کل عناصر سرب، کادمیم، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی پرکین المر اندازه‌گیری شد. برخی از ویژگی‌های خاک شامل pH، هدایت الکتریکی، درصد کربن و ماده آلی، درصد آهک و بافت خاک نیز در نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. جهت درون‌یابی غلظت کل فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین نشان داد که میانگین غلظت سرب، کادمیم، روی و مس در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۴۷/۱۶، ۲/۲۶، ۵۷/۳۵ و ۲۲/۳۱ kg/mg می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج حاصل از آنالیز آماری، انحراف معیار فلزات سرب، کادمیم، روی و مس در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۷/۱۳، ۰/۵۱، ۵/۵۶ و ۲/۸۴ بود.

نتیجه‌گیری: غلظت فلزات سرب و کادمیم در خاک‌های منطقه نسبت به میانگین استاندارد جهانی بالاتر و غلظت فلزات روی و مس نسبت به میانگین استاندارد جهانی پایین‌تر است.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی
کلید واژه‌ها: آلودگی خاک، توزیع مکانی، فلزات سنگین، وزن‌دهی فاصله

◀ **استناد:** اتابکی م، لطفی ع. بررسی غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در خاک مناطق مختلف اصفهان در سال ۱۳۹۶. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۷؛۴ (۱): ۲۱-۳۰.

مقدمه

امروزه آلودگی‌های زیست محیطی به یک معضل مهم در سطح جهان تبدیل شده و سلامت منابع طبیعی و در نتیجه امنیت غذایی جوامع را تهدید می‌کند که توسعه صنایع و فعالیت‌های انسانی عامل اصلی این مشکلات می‌باشد (۱). فعالیت‌های انسانی مانند صنعتی شدن، شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی و تغییر در سیستم مدیریت اراضی، اثرات عمیقی بر تغییرپذیری خصوصیات خاک دارد که به عنوان تغییرات غیر طبیعی یا به عبارتی آلودگی خاک مطرح می‌گردد (۲).

در بین انواع آلاینده‌های خاک، فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن در طبیعت و طول عمر زیستی بالا، به عنوان یک آلاینده بسیار مهم محیط زیست محسوب می‌شوند. فلزات سنگین موجود در خاک نه تنها توسط گیاهان جذب و وارد زنجیره غذایی می‌شوند، بلکه ممکن است با ورود به آب‌های سطحی و زیرزمینی، سلامتی موجودات زنده را به خطر بیاندازند (۳). مهم‌ترین فلزات سنگین که از دیدگاه خطرات زیست محیطی در محیط‌های آبی و خاکی دارای اهمیت می‌باشند شامل: کادمیم (Cd)، آرسنیک (As)، کبالت (Co)، وانادیم (V)، روی (Zn)، جیوه (Hg)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، کروم (Cr) و مس (Cu) می‌باشد (۴). تاکنون مطالعات متعددی در زمینه پراکنش فلزات سنگین موجود در خاک‌های مختلف از قبیل شهری، صنعتی، کشاورزی و غیره صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به چندین مورد زیر اشاره کرد:

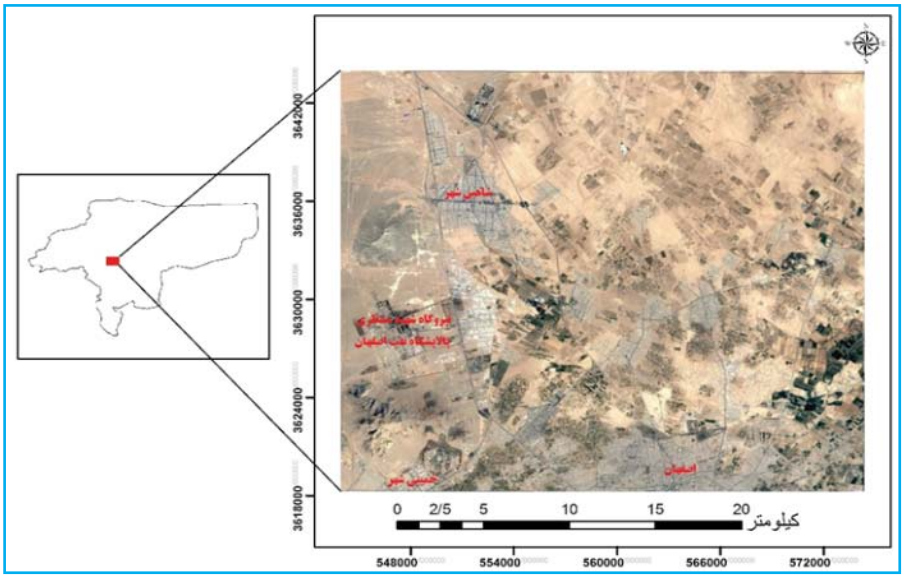
Mihailović و همکاران (۲۰۱۵) توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک‌های شهری نووی ساد صربستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از روش‌های آماری چند متغیره نشان داد فلزات آرسنیک، کبالت، کروم، منگنز و نیکل منشأ طبیعی دارند، در حالی که فلزات مس، سرب و روی دارای منشأ انسانی می‌باشند (۵).Lou و همکاران (۲۰۱۵) توزیع مکانی فلزات سنگین و منابع آنها را در شهرستان ساحلی مگا در جنوب شرقی کشور چین مورد شناسایی و بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که در حال حاضر منابع انسانی اصلی برای فلزات سنگین در خاک شهرستان مگای چین، رسوب اتمسفری حاصل از احتراق زغال‌سنگ به جای اگزوز خودروها است (۶). Malekzadeh (۲۰۱۴) توزیع مکانی سرب، کادمیم و نیکل در خاک‌های محدوده بختیاردشت اصفهان را مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات سنگین با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران نشان داد که غلظت نیکل بیشتر و غلظت سرب و کادمیم کمتر از حد مجاز است (۷).

در کشور ما با توجه به کاربری‌های مختلف در اراضی از جمله کاربری‌های کشاورزی، صنعتی، شهری و غیره و عدم توجه کافی در این کاربری‌ها نسبت به مسائل زیست محیطی و همچنین خسارت‌های زیاد حاصل از عناصر سنگین، تعیین توزیع مکانی و حذف آن‌ها از محیط زیست یک فاکتور اساسی است، بنابراین بررسی فلزات سنگین و ارزیابی آلودگی خاک‌ها در این کاربری‌ها ضروری می‌باشد. منطقه شمال شهر اصفهان به دلیل تنوع کاربری‌ها، خصوصاً تمرکز بسیاری از صنایع عمده استان از قبیل پالایشگاه و پتروشیمی، استقرار بسیاری از کارگاه‌های ریخته‌گری، وجود شاه‌راه‌های ارتباطی ملی، گستردگی فعالیت‌های کشاورزی و همچنین وجود مراکز شهری بزرگ از جمله اصفهان، خمینی‌شهر و شاهین شهر، منطقه‌ای پیچیده و حساس می‌باشد که در معرض آلودگی‌های مختلف قرار دارد، بنابراین با در نظر داشتن اثرات جبران‌ناپذیر تجمع فلزات سنگین بر سلامتی انسان و سایر موجودات زنده، مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین و گستردگی آن‌ها در خاک‌های اطراف منطقه مورد مطالعه انجام شد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۷۸۳ km^2 در محدوده شمال شهرستان اصفهان تا پلیس راه شاهین‌شهر می‌باشد که از لحاظ جغرافیایی بین ′۲۸ °۵۱ تا ′۴۷ °۵۱ طول شرقی و ′۴۲ °۳۲ تا ′۵۵ °۳۲ عرض شمالی قرار دارد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

اطلاعات و ابزارهای مورد استفاده

در این تحقیق برای نیل به اهداف مطالعه از داده، از نقشه‌ها و نرم‌افزارهای: بازدید میدانی و نمونه‌برداری خاک در منطقه مورد مطالعه، نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی و از نرم‌افزارهای Google Earth، Arc GIS ۱۰/۱ و SPSS، ورژن ۱۷ استفاده شد.

روش نمونه‌برداری

در این مطالعه به دلیل صرفه‌جویی در وقت و هزینه، تعداد ۳۰ نمونه از خاک‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ۱۰/۱ به‌صورت تصادفی برداشت شد و مختصات جغرافیایی این نقاط با استفاده از دستگاه GPS ذخیره و ثبت گردید. نمونه‌برداری از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری به صورت مرکب انجام شد؛ به‌طوری‌که در فاصله ۵ m در جهات اصلی جغرافیایی نقطه اصلی، ۴ زیر نمونه خاک برداشت گردید (۷). نمونه‌های خاک مخلوط و داخل یک پلاستیک تمیز ریخته شد. شکل ۲ موقعیت نقاط نمونه‌برداری را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

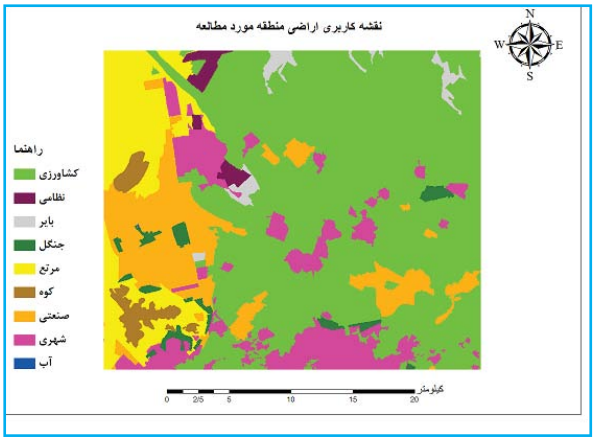
شکل ۲. موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده در منطقه مورد مطالعه

تهیه نقشه کاربری اراضی

برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی از نقشه کاربری اراضی سازمان جنگل‌ها و مراتع استان اصفهان (۱۳۸۶) استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Google Earth، نقشه کاربری اراضی به روزرسانی گردید. مشخصات نقشه کاربری اراضی تهیه شده در جدول ۱ ارائه شده است. کاربری‌های عمده در منطقه مورد مطالعه، کاربری کشاورزی، شهری و صنعتی می‌باشد. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

انواع کاربری	کد کاربری	مساحت (هکتار)	درصد	تعداد نمونه‌های برداشت شده
شهری	۱	۸۹۷۵/۲	۱۱/۴۶	۸
کشاورزی	۲	۴۶۱۱۲	۵۸/۸۷	۱۴
صنعتی	۳	۵۹۸۴	۱۲/۵۷	۱
نظامی	۴	۹۴۰	۱/۲۰	۱
مرتع	۵	۸۵۲۳	۱۰/۸۸	۰
کوه	۶	۱۵۶۸	۲	۰
آب	۷	۴/۵۵	۰/۰۱	۰
بایر	۸	۱۱۰۷/۴	۱/۴۱	۴
جنگل (دست کاشت)	۹	۱۲۵۳/۵	۱/۶۰	۲



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

ویژگی‌های خاک شامل بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتری، درصد کربن و مواد آلی به روش تیتراسیون با استفاده از فروسولفات آمونیوم و دی کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ (روش والکی- بلاک) (۸)، pH و EC (هدایت الکتریکی) به روش محلول اشباع (نسبت ۲/۵:۱ خاک به آب) و با استفاده از دستگاه pH متر و EC متر و آهک معادل (روش تیتراسیون اسید و باز) اندازه‌گیری گردید (۹).

اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین کل در نمونه‌های خاک

نمونه‌های خاک حاصل از مرحله نمونه‌برداری بعد از هوادهی به مدت یک هفته با استفاده از پتک چوبی کوبانده شدند. در مرحله بعد نمونه‌های کوبانده شده از الک ۲ mm عبور داده و در آون در درجه حرارت ۱۱۰ ^{o}C به مدت یک شبانه‌روز قرار داده شد. جهت شروع کار ۲ g از نمونه‌های خاک خشک با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ g توزین و در بالن ۵۰ mL ریخته شد و ۱۰ mL تیزاب که مخلوطی از ۱۰۰ mL اسید نیتریک و ۳۰۰ mL اسید کلریدریک بود، با نسبت ۱:۳ به آرامی به نمونه‌ها اضافه گردید. در مرحله بعد نمونه‌ها روی دستگاه گرم‌کن (هیتر) ابتدا به مدت یک ساعت در دمای ۹۰ ^{o}C و بعد به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ ^{o}C گذاشته شد. با احتیاط قبل از به جوش آمدن، نمونه‌ها برداشته و با استفاده از آب مقطر به حجم رسانده شد. در نهایت نمونه‌ها به قوطی‌های مخصوص ۸۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و جهت تعیین غلظت کل فلزات سنگین سرب، کادمیم و روی از دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ۷۰۰ استفاده گردید (۱۰).

پس از انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی، اطلاعات حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، ورژن ۱۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این پژوهش جهت توصیف داده‌ها از شاخص‌های تمایل مرکزی مانند میانگین و شاخص‌های پراکندگی همچون دامنه، انحراف معیار و ضریب تغییرات و همچنین از شاخص‌های چولگی، کشیدگی، حداقل و حداکثر استفاده گردید. به منظور

نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov–Smirnov استفاده شد (۱۱).

درون‌یابی و انتخاب روش مناسب

انتخاب روش مناسب جهت پهنه‌بندی و درون‌یابی غلظت فلزات سنگین از اهمیت بسیار زیادی در کسب نتایج رضایت‌بخش برخوردار است، لذا با توجه به هدف مطالعه و همچنین مساحت منطقه مطالعاتی و تعداد نمونه‌های کم از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) استفاده گردید. روش معکوس وزنی فاصله، یکی از روش‌های درون‌یابی کلاسیک می‌باشد که در مطالعات جغرافیایی از آن زیاد استفاده می‌شود. فرض اساسی این روش بر آن است که با افزایش فاصله، میزان تأثیر پارامترها در برآورد سطح کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در این روش وزن نقاط نمونه بر روی نقطه مجهول بر اساس فاصله بین نقاط معلوم و نقطه مجهول محاسبه می‌شود. از این روش برای پیش‌بینی در مکان‌هایی که داده‌های آن‌ها اندازه‌گیری نشده است، از مقادیر اندازه‌گیری شده پیرامون محل استفاده می‌شود. در پیش‌بینی، عامل وزن بر اساس فاصله نقاط از یکدیگر تعیین می‌شود. به نقاط نزدیک محل نمونه وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتر اختصاص می‌یابد (۱۲).

یافته‌ها

توصیف متغیرهای خاک

خلاصه‌ای از وضعیت آماری متغیرهای خاک در جدول ۲ آمده است. حداقل و حداکثر pH خاک در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۷/۹۰ در کاربری شهری (شهر اصفهان) و ۸/۷۷ در کاربری صنعتی (کنار جاده) با میانگین ۸/۲۵ بود. محدوده تغییرات pH بین ۸ تا ۸/۵۰ بود که می‌توان نتیجه گرفت pH خاک در منطقه همگن است. حداقل و حداکثر EC به ترتیب ۰/۲۱ dS/m در کاربری صنعتی (زمین‌های بایر پتروشیمی نفت اصفهان) و ۱۸/۹۰ dS/m در کاربری کشاورزی (کنار جاده- شهرستان گز) به‌دست آمد. محدوده تغییرات EC در منطقه بسیار زیاد بود که می‌توان نتیجه گرفت پارامتر فوق در کل منطقه ناهمگن می‌باشد. حداقل و حداکثر آهک ($CaCo_3$) به ترتیب ۲۲/۵۰ درصد در کاربری کشاورزی و ۵۷/۵۰ درصد در کاربری شهری (دانشگاه صنعتی اصفهان) بود. محدوده تغییرات آهک در کل منطقه بین ۲۲ تا ۵۸ درصد و بیانگر همگن بودن میزان آهک خاک در منطقه بود. حداقل و حداکثر کربن و ماده آلی به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۲۲ درصد در کاربری شهری (شهرستان خمینی شهر) و ۲/۰۷ و ۳/۵۶ درصد در کاربری کشاورزی (کنار اتوبان چمران) بود. محدوده تغییرات کربن آلی بین ۰/۱ تا ۲/۱ درصد و محدوده تغییرات ماده آلی بین ۰/۲ تا ۳/۵۰ درصد بود. در بین متغیرهای خاک، pH با ضریب تغییرات ۲/۸۸، کمترین و EC با ضریب تغییرات ۱۳۱/۷۳، بیشترین ضریب تغییرات را در منطقه مورد مطالعه داشتند. همچنین با توجه به درصد رس، سیلت و شن مشخص گردید که بافت خاک لومی رسی (میانه بافت) می‌باشد.

جدول ۲. خلاصه آماری متغیرهای خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	واحد	تعداد نمونه	میانگین	دامنه	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی	حداقل	حداکثر
pH	-	۳۰	۸/۲۵	۰/۸۷	۲۳	۲/۸۸	۰/۱۵	-۰/۸۶	۷/۹۰	۸/۷۷
EC	ds/m	۳۰	۳/۳۶	۱۸/۶۸	۴/۴۳	۱۳۱/۷۳	۲/۳۸	۵/۵۹	۰/۲۱	۱۸/۹۰
آهک	درصد	۳۰	۴۱/۹۳	۳۵	۸/۸۹	۲۱/۲۱	-۰/۳۱	-۰/۶۵	۲۲/۵۰	۵۷/۵۰
کربن آلی	درصد	۳۰	۰/۸۶	۱/۹۴	۰/۴۸	۵۵/۹۷	۰/۷۳	۰/۱۲	۰/۱۳	۲/۰۷
ماده آلی	درصد	۳۰	۱/۴۸	۳/۳۴	۰/۸۳	۵۶/۱۱	۰/۷۳	۰/۱۱	۰/۲۲	۳/۵۶
رس	درصد	۳۰	۲۹/۹۸	۴۴/۵۹	۱۳/۷۵	۴۵/۸۶	۰/۲۷	-۱/۴۳	۱۰/۸۳	۵۵/۴۲
سیلت	درصد	۳۰	۳۷/۸۳	۴۰	۱۰/۰۴	۲۶/۵۴	-۰/۲۸	-۰/۴۰	۱۷/۵۰	۵۷/۵۰
شن	درصد	۳۰	۳۲/۱۸	۵۸/۳۳	۱۶/۷۷	۵۲/۱۱	-۰/۵۸	-۰/۶۸	۹/۱۷	۶۷/۵۰

pH: لگاریتم تغییرات غلظت H مثبت، EC: هدایت الکتریکی

مطابق با جدول ۲ به جز پارامتر EC و درصد رس، بقیه خصوصیات شیمیایی خاک توزیع نرمال داشتند. داده‌های غیر نرمال با روش‌های تبدیل داده مانند تبدیل لگاریتمی نرمال شدند. خلاصه آماری غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. حداقل و حداکثر سرب در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۳۲/۹۸ kg/mg در کاربری کشاورزی رها شده (در کنار سایت موشکی شهدای شاپورآباد و سین) و ۶۲ kg/mg در کاربری شهری (شهرستان شاهین شهر-نبش خیابان) با میانگین ۴۷/۱۶ kg/mg می‌باشد. بدین‌ترتیب اغلب خاک‌های منطقه مورد مطالعه دارای غلظت سرب بالاتر از میانگین اولیه جهانی (۱۲ kg/mg) می‌باشد. حداقل و حداکثر کادمیم به ترتیب ۱/۴۷ kg/mg در کاربری کشاورزی (شهرستان دولت‌آباد) و ۳/۵۲ kg/mg در کاربری شهری (شهرستان شاهین شهر- نبش خیابان) با میانگین ۲/۲۶ kg/mg می‌باشد. دامنه غلظت کادمیم در خاک بین ۰/۰۷-۰/۰۱ kg/mg می‌باشد. بدین‌ترتیب اغلب خاک‌های منطقه مورد مطالعه دارای غلظت بالای کادمیم می‌باشد (۱۴). حداقل و حداکثر روی به ترتیب ۴۸/۰۲ kg/mg در کاربری شهری (شهرستان اصفهان) و ۶۹/۶۳ kg/mg در کاربری کشاورزی با میانگین ۵۷/۳۵ kg/mg می‌باشد. حداقل و حداکثر مس به ترتیب ۱۷/۸۰ kg/mg در زمین‌های زیتون کاری دانشگاه صنعتی اصفهان و ۳۱/۲۲ kg/mg در کاربری کشاورزی با میانگین ۲۲/۳۱ kg/mg می‌باشد. میانگین جهانی غلظت روی و مس به ترتیب ۹۰ و ۳۰ kg/mg می‌باشد که با توجه به این امر، اغلب خاک‌های منطقه مورد مطالعه دارای غلظت کم روی و مس می‌باشد (۱۳).

جدول ۳. خلاصه آماری غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه (kg/mg)

عنصر	تعداد نمونه	میانگین	دامنه	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی	حداقل	حداکثر
سرب	۳۰	۴۷/۱۶	۲۹/۰۲	۷/۱۳	۱۵/۱۱	۰/۳۵	-۰/۲۶	۳۲/۹۸	۶۲
کادمیم	۳۰	۲/۲۶	۲/۰۵	۰/۵۱	۲۲/۸۰	۰/۸۱	۰/۶۱	۱/۴۷	۳/۵۲
روی	۳۰	۵۷/۳۵	۲۱/۶۰	۵/۵۶	۹/۶۹	۰/۲۳	۰/۳۲	۴۸/۰۲	۶۹/۶۳
مس	۳۰	۲۲/۳۱	۱۳/۴۲	۲/۸۴	۱۲/۷۳	۱/۰۵	۲/۱۷	۱۷/۸۰	۳۱/۲۲

مطابق با جدول ۳ در بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده، روی با ضریب تغییرات ۹/۶۹ کمترین و کادمیم با ضریب تغییرات ۲۲/۸۰، بیشترین ضریب تغییرات را در منطقه مورد مطالعه داشتند. همچنین هر چهار عنصر اندازه‌گیری شده دارای توزیع نرمال بودند.

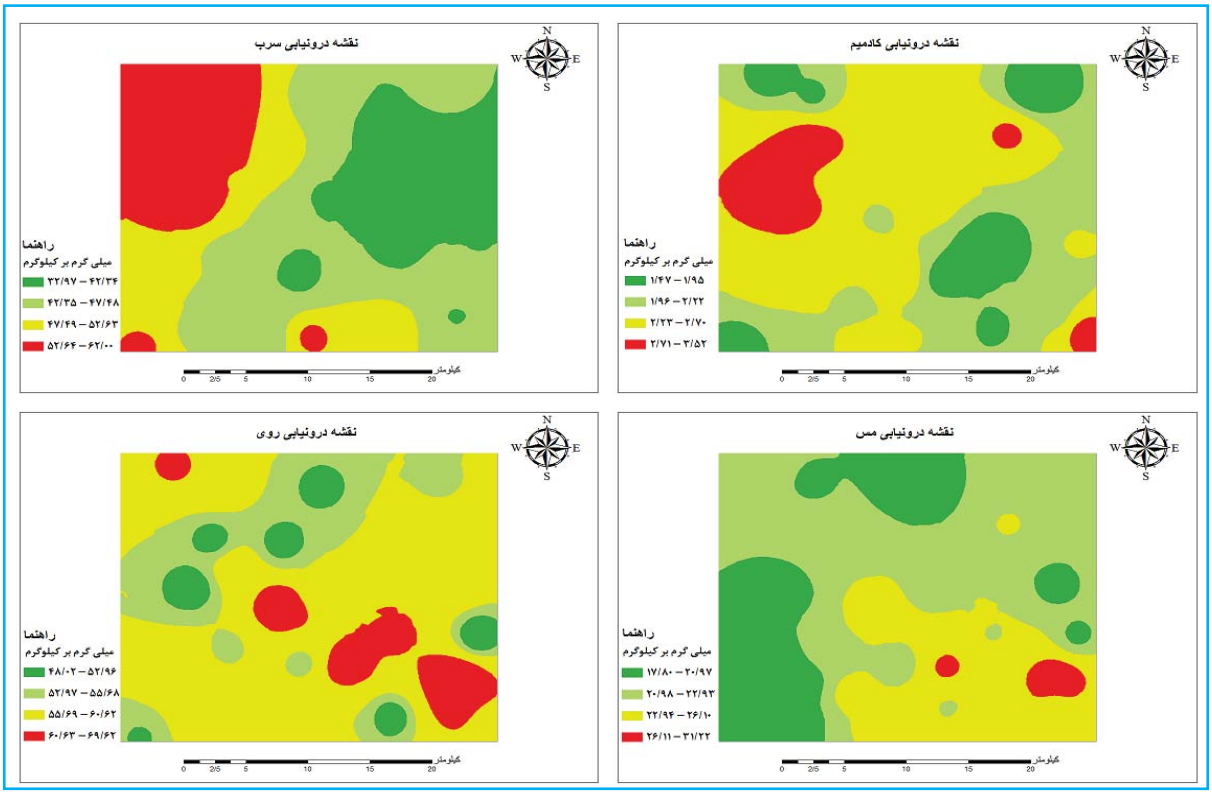
توزیع مکانی غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه

همانطور که قبلاً اشاره شد، به دلیل تعداد نمونه‌های کم (۳۰ نمونه) از روش وزن‌دهی عکس فاصله جهت پهنه‌بندی و درون‌یابی غلظت فلزات سنگین استفاده گردید. در شکل ۴ به‌ترتیب نقشه توزیع مکانی غلظت فلزات سنگین سرب کل، کادمیم کل، روی کل و مس کل نشان داده شده است. مطابق با شکل ۴، غلظت سرب کل در قسمت‌های شمال غرب، غرب و جنوب غربی منطقه مطالعاتی، غلظت کادمیم کل در قسمت‌های غربی، مرکزی و جنوب شرقی منطقه مطالعاتی، غلظت روی کل در قسمت‌های شمال غربی، شمال شرقی، مرکزی و جنوبی منطقه مطالعاتی و غلظت مس کل در قسمت‌های مرکزی و جنوب شرقی منطقه مطالعاتی بالا است.

بحث

مقایسه غلظت فلزات سنگین خاک در منطقه مورد مطالعه با استانداردها

میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در برخی مناطق کشور و در جهان در جدول (۴) ارائه شده است. مطابق با جدول، میانگین غلظت سرب و کادمیم در منطقه مورد مطالعه از میانگین غلظت جهانی بیشتر و میانگین غلظت روی و مس در منطقه مورد مطالعه از میانگین غلظت جهانی کمتر می‌باشد. Khosravi



شکل۴. نقشه درون‌یابی فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس

جدول ۴. میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در برخی مناطق کشور و جهان بر حسب kg/mg

عنصر	منطقه مورد مطالعه	اصفهان (۱۴)	همدان (۱۵)	زنجان (۱۶)	مازندران (۱۷)	خاک‌های جهان (۱۳)
سرب	۴۷/۱۶	۲۵/۶۰	۲۳/۹۰	۸۹/۶۰	۵۴/۵۰	۳۵
کادمیم	۲/۲۶	۱/۷۰	۱/۲۰	۰/۹۷	۰/۳۵	۰/۳۵
روی	۵۷/۳۵	۴۳/۴۰	۷۱/۴۰	۱۸۷	۴۸/۲۰	۹۰
مس	۲۲/۳۱	۱۶/۷۰	۳۶/۵۰	۴۰/۳۰	۳۰/۶۰	۳۰

(۲۰۰۷) نیز توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی، شهری و صنعتی اصفهان را مورد بررسی قرار داد که به همین نتایج رسید (۱۴).

همانگونه که اشاره شد از روش وزن‌دهی عکس فاصله جهت پهنه‌بندی و درون‌یابی غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. مطالعات Habashi و همکاران (۲۰۰۷) و Hosseinalizadeh و همکاران (۲۰۰۷) نیز جهت ارزیابی دقت و صحت روش‌های مختلف درون‌یابی نشان داد که برای نمونه‌های کم، درون‌یابی به روش وزن‌دهی عکس فاصله، دقیق‌ترین روش می‌باشد (۱۸)، (۱۹).

در قسمت توزیع مکانی فلزات سنگین، اشاره شد که میزان سرب به دلیل وجود دو صنعت بزرگ نیروگاه شهید منتظری و پالایشگاه نفت اصفهان و حمل‌ونقل زیاد وسایل نقلیه (حجم ترافیکی بالا) در منطقه مورد نظر بالا است. Malekzadeh (۲۰۱۴) نیز در پایان‌نامه خود تحت عنوان توزیع مکانی فلزات سرب، کادمیم و نیکل در خاک‌های محدوده بختیار دشت اصفهان به همین نتیجه رسید (۷). قابل ذکر است که یکی از منابع اصلی انتشار سرب، احتراق بنزین توسط وسایل نقلیه است. Rahmani

و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیق خود، رابطه مستقیم میزان سرب وارد شده به محیط زیست با حجم ترافیک را نشان دادند (۲۰).

در منطقه مورد مطالعه غلظت کادمیم در جاهایی که کاربری‌های صنعتی و شهری وجود داشت، بالا بود. Matkan و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود که در اصفهان جهت برآورد مقدار کادمیم موجود در خاک این منطقه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که کاربری‌ها تأثیر مهمی در مقدار کادمیم موجود در خاک دارد؛ به‌طوری‌که کاربری صنعتی و شهری، بیشترین میزان کادمیم را نسبت به سایر کاربری‌ها داشتند (۲۱).

غلظت روی و مس نیز در مناطق شهری و فعالیت‌های کشاورزی بالا بود. Azimzadeh (۲۰۱۲) در مطالعه خود به این نتیجه رسید که فعالیت‌های انسانی در کاربری کشاورزی و همچنین حمل‌ونقل و فعالیت‌های شهری در مناطق شهری، باعث افزایش غلظت عنصر مس و روی در این دو کاربری شده است (۱۷). همچنین مطالعه Taghipour (۲۰۰۹) در بخش‌هایی از استان همدان نشان داد که با توجه به غلظت بالای مس در کاربری شهری، فعالیت‌های انسانی از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده غلظت مس در منطقه مورد مطالعه است (۱۵).

پیشنهادات

- جهت تکمیل این تحقیق توزیع مکانی سایر فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه نیز مورد بررسی قرار گیرد.
- جهت پیشگیری، کنترل و کاهش آلودگی خاک به فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه به خصوص در کاربری‌های شهری، صنعتی و کشاورزی راه‌های مؤثر و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی مناسب و کارآمدتر ارائه گردد

نتیجه‌گیری

با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه و تنوع کاربری‌ها در منطقه به‌خصوص وجود کاربری‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، بدیهی است که این منطقه در معرض آلودگی‌های مختلف از جمله آلودگی خاک به فلزات سنگین قرار گیرد، بنابراین تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین و ارائه راه‌های مؤثر و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی مناسب و کارآمدتر جهت پیشگیری، کنترل و کاهش آلودگی خاک به فلزات سنگین امری ضروری است. وضعیت آلودگی فلزات سنگین سرب، کادمیم، روی و مس در منطقه مطالعاتی نشان داد که میانگین غلظت سرب و کادمیم بالاتر از میانگین غلظت جهانی و میانگین غلظت روی و مس کل کمتر از میانگین غلظت جهانی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته محیط زیست دانشگاه صنعتی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از تمامی کسانی که ما را در انجام این مطالعه یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References:

1. Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in the biological environment. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa. 1979:122-78.
2. Zhao Y, Wang Z, Sun W, Huang B, Shi X, Ji J. Spatial interrelations and multi-scale sources of soil heavy metal variability in a typical urban–rural transition area in Yangtze River Delta region of China. Geoderma. 2010;156(3):216-27.
3. Wu C, Zhang L. Heavy metal concentrations and their possible sources in paddy soils of a modern agricultural zone, southeastern China. Environmental Earth Sciences. 2010;60(1):45-56.
4. Kishe M, Machiwa J. Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. Environment International. 2003;28(7):619-25.
5. Mihailović A, Budinski-Petković L, Popov S, Ninkov J, Vasin J, Ralević N, et al. Spatial distribution of metals in urban soil of Novi Sad, Serbia: GIS based approach. Journal of Geochemical Exploration. 2015;150:104-14.
6. Luo X-S, Xue Y, Wang Y-L, Cang L, Xu B, Ding J. Source identification and apportionment of heavy metals in urban soil profiles. Chemosphere. 2015;127:152-57.
7. Malekzadeh Z. Distribution of lead, cadmium and nickel in Bakhtiar range of Isfahan plain [dissertation]. Isfahan University of Technology 2014 (in Persian).
8. Yang Z, Zhang S, Liao Y, Li Q, Wu B, Wu R. Remediation of heavy metal contamination in calcareous soil by washing with reagents: A column washing. Procedia Environmental Sciences. 2012;16:778-85.

9. Yu S, Li X-d. The mobility, bioavailability, and human bioaccessibility of trace metals in urban soils of Hong Kong. Applied Geochemistry. 2012;27(5):995-1004.
10. Chand V, Prasad S. ICP-OES assessment of heavy metal contamination in tropical marine sediments: a comparative study of two digestion techniques. Microchemical Journal. 2013;111:53-61.
11. Talei A. Concepts and uses of statistics: Tehran University Publishers; 2002 (in Persian).
12. Hasanipak A. Geostatistics. Tehran: Tehran University 1998 (in Persian).
13. Bowen HJM. Environmental chemistry of the elements: Academic Press.; 1979.
14. Khosravi A. Spatial Distribution of Heavy Metals in Isfahan Agricultural, Urban and Industrial Soils [dissertation]. Isfahan University of Technology 2007 (in Persian).
15. Taghipour M. Spatial variation of Selected heavy metals in Some surface soils of Hamedan province [dissertation]. Isfahan University of Technology 2009 (in Persian).
16. Afshari A. Factors Affecting the Spatial Distribution of Some Heavy Elements of Surface Soils around Zanjan and its Prophylactic Changes [dissertation]. Isfahan University of Technology 2012 (in Persian).
17. Azimzadeh EB. Analysis and site monitoring of some heavy metals in the surface soil of a part of Mazandaran province [dissertation]. Isfahan University of Technology 2012 (in Persian).
18. Habashi H, Hosseini M, Shatai Sh, J M. Assessment of the accuracy of interpolation methods for estimating the total nitrogen content using GIS. Third Space Information System Conference; Tarbiat Modares University2006 (in Persian).
19. Hosseinalizadeh M, Ayoubi Sh, Sh S. Comparison of Different Interpolation Methods in Estimating Some Surface Soil Properties (Case Study: Mehr Watershed, Sabzevar) Agricultural Sciences and Natural Resources. 2006;5:152-62 (in Persian).
20. Rahmani H, Kalbasi M, Hajrasuliha S. Lead-Polluted Soil along Some Iranian Highways. Journal of Water and Soil Science. 2001;4(4):31-42 (in Persian).
21. Matkan A, Kazemi A, Gilly M, Ashourloo D. Using RS and GIS for Considering Cadmium Distribution and Polluted Vegetation in Esfahan Province Environmental Sciences. 2009;6(2):65-67 (in Persian).