پهنه‌بندی غلظت فلزات سنگین سرب، روی و نیکل خاک سطحی با استفاده از تکنیک زمین آمار در دشت شهرکرد

صفورا میرباقری[۱]، مهدی نادری[۲]، محمد حسن صالحی[۳]، جهانگرد محمدی[۳]
۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهرکرد

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات مکانی عناصر سنگین سرب، روی و نیکل در دشت شهرکرد صورت گرفت. برای این منظور ۶۰ نمونه خاک سطحی از کاربری‌های مرغزار، مرتع و کشاورزی برداشت گردید. بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها، غلظت کل عناصر توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد غلظت کل عناصر از حداکثر غلظت مجاز اتحادیه اروپا کمتر می‌باشند و مدل کروی بهترین نتیجه را برای توصیف تغییرپذیری مکانی سرب، روی و نیکل داشته است. نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر نشان داد که هر سه عنصر مورد مطالعه از الگوی مشابهی پیروی می‌کنند که نشان‌دهنده منبع مشترک آن‌ها می‌باشد. اما مصرف کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش‌ها می‌تواند باعث افزایش غلظت هر چه بیشتر این عناصر در اراضی کشاورزی شود. با توجه به اینکه انتقال عناصر سنگین از طریق زنجیره‌غذایی تهدیدی برای سلامتی انسان می‌باشد، کنترل منابع انسانی آلاینده در منطقه ضروری است.

واژه های کلیدی: عناصر سنگین، تغییرپذیری مکانی، زنجیره غذایی، منابع انسانی

مقدمه

بشر به منظور تأمین نیازهای روز افزون خود ناچار به استفاده از مواد و ترکیبات مختلف برای استفاده بهینه از زمین‌های قابل کشت می‌باشد. موادی که با هدف ارتقاء کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی وارد خاک می‌شوند در طولانی مدت ممکن است سلامت خاک و محیط زیست را تهدید نماید. صنعتی شدن، شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی و تغییر در سیستم مدیریت اراضی اثرات عمیقی بر تغییرپذیری ویژگی‌های خاک دارد که به عنوان تغییرات غیر طبیعی یا به عبارتی آلودگی خاک مطرح می‌گردد. هنگامی که خاک آلوده می‌شود این آلودگی می‌تواند به سایر اجزای محیط زیست منتقل شده و به طور مستقیم و یا غیر مستقیم سلامت انسان را تهدید نماید. در بین آلاینده‌های خاک و محیط زیست فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌ها می‌باشند و از نظر سمیت و پایداری جزء خطرناک‌ترین گروه و تهدیدی برای امنیت و ایمنی غذایی می‌باشند (۲۰۱۴ Guan and Sun, ؛۲۰۱۶ Rojas et al.,). فلزات سنگین در دهه‌های اخیر مورد توجه محققان مختلفی قرار گرفته‌اند (۲۰۱۶ Chen et al.,).

یکی از راه‌کارهای تجزیه و تحلیل‌های مکانی داده‌های ژئوشیمیایی محیطی استفاده از روش‌های میانیابی برای مطالعه الگوی توزیع مکانی این داده‌ها و تهیه نقشه‌های مورد نیاز است؛ که توسط زمین آمار قابل بررسی می‌باشد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از تکنیک زمین آمار و GIS نقشه آلودگی برخی فلزات سنگین را در اراضی کشاورزی چین تهیه کردند. آن-ها بیان کردند که تغییرات مکانی این عناصر تحت تأثیر عوامل ذاتی خاک (مواد مادری) و عوامل خارجی (شیوه‌های مدیریت اراضی) قرار می‌گیرد. فرهمند (۱۳۹۴) با کمک فناوری‌های زمین آمار به بررسی تغییرات مکانی برخی از فلزات سنگین در خاک‌های شمال غرب اصفهان پرداخت و ۱۰۵ نمونه مرکب از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک جمع‌آوری کرد. نتایج نشان داد غلظت عنصر سرب و روی در خاک کمتر از حد آستانه می‌باشد. با توجه به اینکه مرغزار دشت شهرکرد حساسترین بخش اراضی به فرسایش بادی می‌باشد و نگرانی از امکان انتقال آلودگی فلزات سنگین به سمت مناطق شهری و مسکونی، این مطالعه با هدف پهنه‌بندی غلظت کل فلزات سنگین سرب، روی و نیکل خاک سطحی با استفاده از تکنیک زمین آمار در این مرغزار، اراضی کشاورزی و مرتعی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حدود ۶۰۹۱ هکتار از اراضی جنوب غربی دشت شهرکرد می‌باشد که در حد فاصل طول جغرافیایی ' ۴۶ °۵۰ تا ' ۵۱ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ' ۱۴ °۳۲ تا ' ۳۲°۱۹ شمالی قرار دارد. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۲۰۵۰ متر می‌باشد. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرکرد (سایت اداره‌ی کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری) میانگین بارندگی و دمای سالیانه منطقه در یک دوره‌ی آماری ۶۰ ساله (سالهای ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۳) به ترتیب ۳۲۰ میلیمتر و ۱۲/۵ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی منطقه به ترتیب زریک و مزیک می‌باشد. نمونه‌برداری از خاک سطحی در فصل تابستان از ۶۰ نقطه به صورت تصادفی طبقه‌بندی شده از ۳ کاربری موجود در منطقه انجام گرفت، به این ترتیب که از خاک سطحی مرتع و مرغزار از عمق ۰ تا ۵ سانتیمتر و کشاورزی از عمق ۰ تا ۲۵ سانتیمتر نمونه‌برداری شد. برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین، نمونه‌های خاک با استفاده از اسید نیتریک ۵ نرمال عصاره گیری شدند، سپس مقدار آنها توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. توصیف آماری داده ها با استفاده از نرم افزار Statistica 6 صورت گرفت و نرمال بودن داده‌ها به وسیله هیستوگرام آن‌ها و آزمون کولموگروف- اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل ساختار مکانی داده‌ها از طریق محاسبه ی تغییر نما با نرم افزار Variowin 2.2 صورت گرفت و نقشه‌های پیوسته توسط تخمین‌گر کریجینگ موجود در نرم افزار ArcGIS10 تهیه شد.

نتایج و بحث

خلاصه آماری عناصر سنگین مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. ضریب تغییرات عناصر مورد مطالعه کمتر از ۵۰ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده تغییرات همگن و عدم وجود تغییرات خیلی زیاد در منطقه مورد مطالعه بوده و بیانگر محدود بودن عوامل دخیل در تغییرات آن‌ها است (عظیم‌زاده اسمعیلی کندی، ۱۳۹۱). در بین عناصر مورد مطالعه سرب و نیکل به ترتیب دارای کمترین و بیشترین ضریب تغییرات می‌باشند. اگرچه توزیع نرمال داده‌ها، شرط لازم و ضروری پردازش‌های زمین آماری نمی‌باشد لیکن در صورت نرمال بودن تخمین‌های زمین آماری از دقت بالاتری برخوردار می‌باشند (محمدی، ۱۳۸۵). به همین دلیل نرمال بودن داده‌ها به وسیله هیستوگرام آن‌ها و آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. نتایج نشان داد که عناصر روی و نیکل از توزیع نرمال برخوردارند اما عنصر سرب نرمال نبود که با تبدیل داده‌ها به مقادیر لگاریتمی نرمال شد. دامنه تغییرات سرب کل بین ۸/۰۵ تا ۲۳/۶۰ و میانگین ۱۹/۱۱، روی بین ۲۱/۴ تا ۶۴/۸ و میانگین ۴۵/۶۵ و نیکل بین ۶/۹۰ تا ۶۰ و میانگین ۳۰/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

جدول ۱- خصوصیات آماری متغیرهای عناصر سنگین مورد مطالعه

عنصر	واحد	میانگین	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
سرب	mg/kg	۱۹/۱۱	۸/۰۵	۲۳/۶۰	-۱/۷۷	۲/۴۸	۱۹/۷۷
روی	mg/kg	۴۵/۶۵	۲۱/۴۰	۶۴/۸۰	-۰/۶۱	۰/۰۸۹	۲۲/۲۰
نیکل	mg/kg	۳۰/۹۵	۶/۹۰	۶۰/۰۰	۰/۱۳	-۰/۵۵	۴۳/۱۴

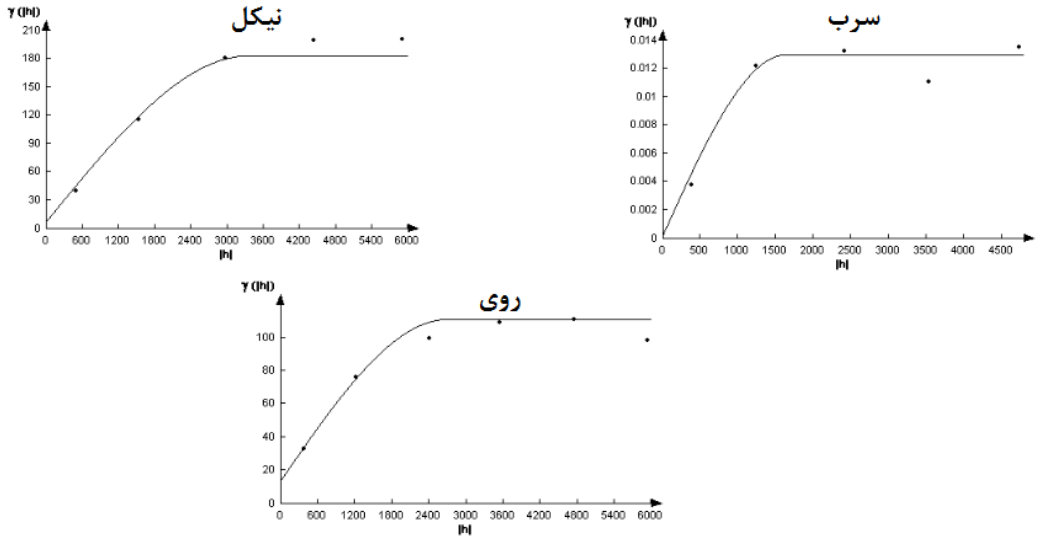
جدول ۲ میانگین مقادیر غلظت عناصر سنگین نمونه‌ها در این مطالعه را همراه با حداکثر غلظت مجاز برخی کشورها و متوسط پوسته زمین نشان می‌دهد.

جدول۲- مقایسه غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه با حداکثر غلظت مجاز بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم

کشور	سرب	روی	نیکل
چین*	۲۷	۷۴	۲۷
اتحادیه اروپا**	۳۰۰	۳۰۰	۷۵
پوسته زمین***	۱۲/۵	۷۰	۷۵
مطالعه حاضر	۱۹/۱۱	۴۵/۶۵	۳۰/۹۵

Taylor, ۱۹۶۴ *** European Union, ۲۰۰۲ ** Jiang et al., ۲۰۱۷ *

بر اساس جدول فوق، غلظت عناصر سرب و روی کمتر و مقدار نیکل بیشتر از حداکثر غلظت مجاز کشور چین می‌باشد در صورتی که غلظت هر سه عنصر مورد مطالعه کمتر از حداکثر غلظت مجاز اتحادیه اروپا می‌باشد. همچنین، مقایسه غلظت عناصر با پوسته زمین نشان می‌دهد که غلظت سرب و نیکل بیشتر و روی کمتر از پوسته زمین می‌باشد. تقی پور و همکاران (۱۳۹۰) نیز با بررسی تغییرات مکانی غلظت کل کادمیم و سرب در دشت شهرکرد نتیجه گرفتند که میزان غلظت سرب کمتر از حداکثر غلظت مجاز کشور چین، اتحادیه اروپا و پوسته زمین می‌باشد اما غلظت کادمیم بیشتر از غلظت مجاز چین و پوسته زمین و کمتر از اتحادیه اروپا می‌باشد. واریوگرام تجربی عناصر سنگین مورد مطالعه نشان دهنده یکسان بودن پیوستگی مقادیر این متغیرها در جهت‌های جغرافیایی مختلف بودند؛ در نتیجه تغییرات مکانی عناصر سنگین، همسانگرد در نظر گرفته شد. در شکل ۱ واریوگرام‌های همه جهته و جدول ۳ پارامترهای واریوگرام عناصر سنگین مورد نظر را نشان می‌دهد.



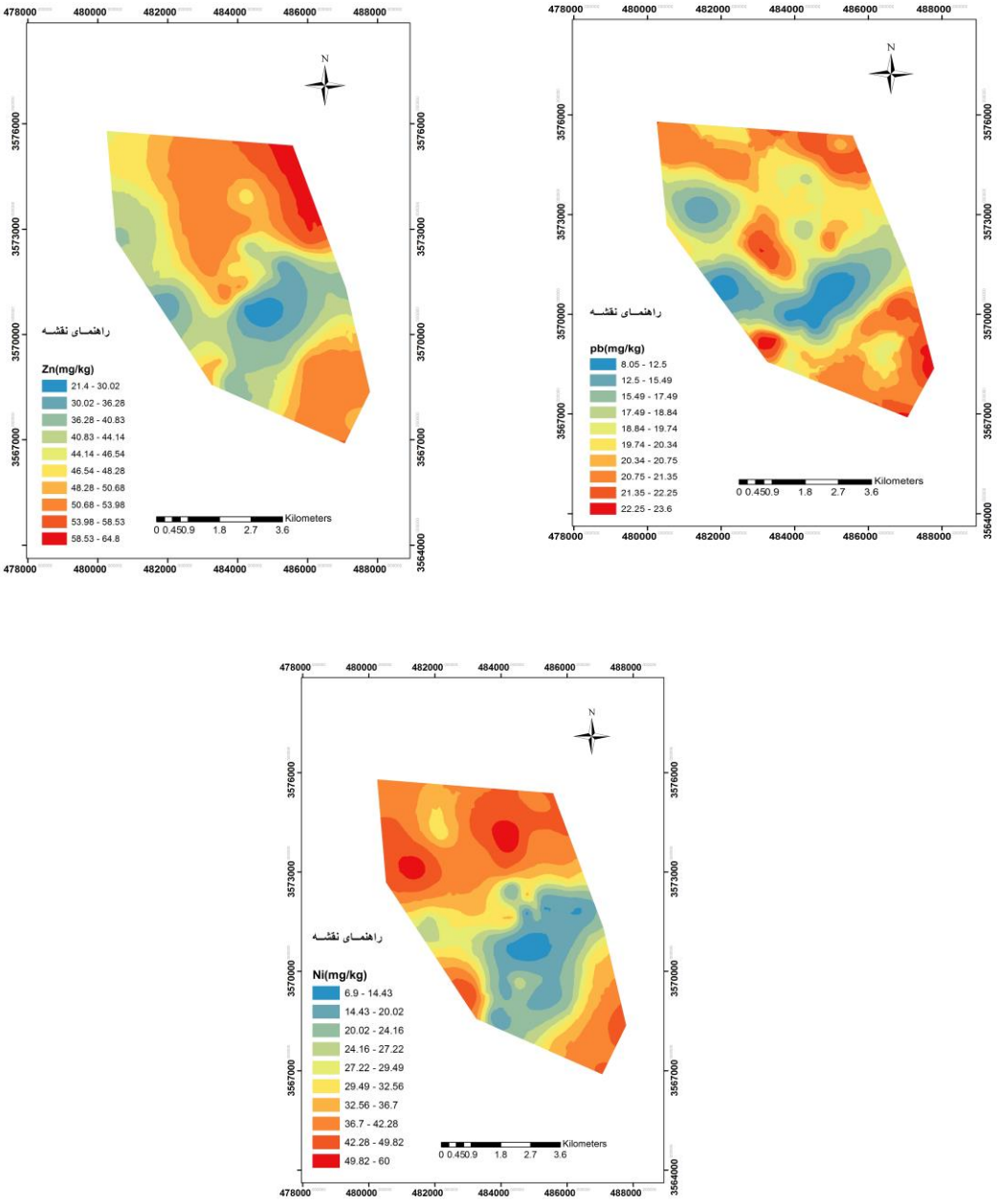
شکل۱- واریوگرام‌های همه جهته عناصر سنگین

جدول ۳- پارامترهای واریوگرام عناصر سنگین

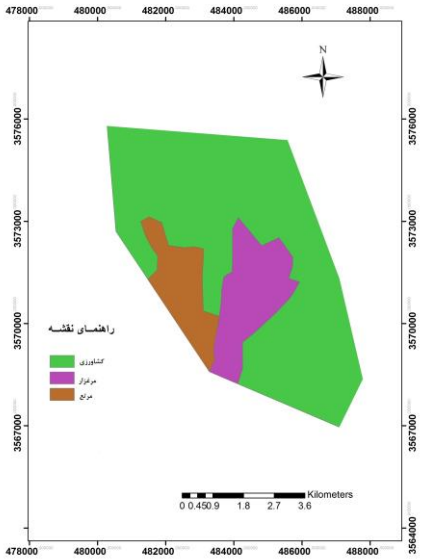
عنصر	واحد	مدل	دامنه (متر)	اثر قطعه‌ای	حد آستانه	درصد وابستگی مکانی	کلاس وابستگی مکانی	ME	RMSE
لگاریتم سرب	mg/kg	کروی	۱۶۳۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۳۲	۱/۵۱	قوی	-۰/۰۳۷	۱/۶۴
روی	mg/kg	کروی	۲۶۹۳	۱۳/۶۰	۱۱۱/۳۴	۱۲/۲۱	قوی	-۰/۰۳۴	۱/۲۶
نیکل	mg/kg	کروی	۳۳۶۰	۷/۲	۱۸۴/۲	۳۹/۰۸	متوسط	-۰/۰۲	۱/۵۶

بر اساس شکل ۱ نمودارهای برازش داده شده بر نیم تغییرنمای تجربی عناصر سنگین نشان داد که عناصر با اثر قطعه‌ای پایین، دامنه تأثیر بالا، و حد آستانه مناسب از ساختار مکانی مناسبی بر خوردار می‌باشند. مدل برازش داده شده برای تمام عناصر سرب، روی و نیکل کروی به دست آمد. یان و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعه‌ای بهترین مدل برازش داده شده بر عناصر سرب و روی را به ترتیب کروی و گوسی به دست آوردند. در این مطالعه، بیشترین دامنه مؤثر نیز مربوط به نیکل و با مقدار ۳۳۶۰ متر و کمترین دامنه مؤثر مربوط به سرب با مقدار ۱۶۳۲ متر مشاهده گردید. دامنه، حد هم‌بستگی مکانی متغیر مورد مطالعه را مشخص می‌کند و اطلاعاتی در رابطه با فاصله مجاز نمونه‌برداری ارائه می‌کند. نسبت هم‌بستگی مکانی (نسبت

واریانس قطعه‌ای به واریانس حد آستانه)، برای سرب دارای بیشترین درصد وابستگی مکانی (۱/۵۱) با کلاس وابستگی قوی و برای نیکل نیز کمترین درصد وابستگی مکانی (۳۹/۸) با کلاس وابستگی متوسط به دست آمد. دنکوب و همکاران (۲۰۱۲) کلاس وابستگی مکانی را برای عناصر سرب و نیکل خاک‌های اصفهان، متوسط تا قوی به دست آوردند. نقشه‌های پهنه‌بندی کریجینگ عناصر سنگین در شکل ۲ و نقشه کاربری اراضی منطقه در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲-نقشه پهنه‌بندی عناصر سنگین مورد مطالعه



شکل ۳-نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

با توجه به شکل ۲، نقشه پهنه‌بندی عناصر سرب، روی و نیکل از الگوی مشابهی پیروی می‌کنند. ژانگ و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه پراکنش مکانی عناصر سنگین نیکل، روی و کروم در اراضی کشاورزی چین الگوی تغییرات مکانی یکسانی گزارش کردند. آن‌ها بیان کردند عناصری که الگوی تغییرات مکانی مشابهی را نشان می‌دهند، به احتمال زیاد دارای منشأ یکسانی هستند. قسمت مرکزی منطقه که مرغزار شهرکرد را شامل می‌شود کمترین غلظت عناصر و در اراضی کشاورزی بیشترین غلظت عناصر مشاهده می‌شود. با توجه به عدم وجود صنایع آلاینده در منطقه به نظر می‌رسد عامل اصلی بالا بودن غلظت عناصر در منطقه، می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش‌ها باشد. میزان ورود آلاینده‌ها از طریق کودهای شیمیایی بستگی به نوع کود مصرفی، میزان مصرف و سابقه کشت و کار دارد. شهبازی و همکاران (۱۳۹۰) نیز با بررسی غلظت برخی عناصر سنگین در خاک سطحی در شهر نهاوند نتیجه گرفتند که عناصر کادمیوم، سرب و مس منشأ زمین‌شناسی دارند اما مصرف بالای کود در کشاورزی نیز، در تجمع این عناصر در خاک بی تأثیر نبوده است. کلپرتزیس (۲۰۱۴) استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی، آفت‌کش، قارچ کش، کودهای فسفره و پتاسمی را عامل اصلی تجمع فلزات سنگین مس، روی، کادمیم، سرب و آرسنیک خاک‌های کشاورزی یونان بیان کردند. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق کنترل منابع انسانی آلوده کننده در منطقه و جلوگیری از انتقال فلزات سنگین به زنجیره غذایی و تهدید سلامتی انسان ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

تقی‌پور، س. محمدی، ج. و نادری، م. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات مکانی غلظت کل کادمیم و سرب در خاک‌های سطحی دشت شهرکرد. صفحه‌های ۱ تا ۱۰. پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران. تهران.

شهبازی، ع. سفیانیان، ع. افراز، ر. و خداکرمی، ل. ۱۳۹۰. بررسی توزیع مکانی فلزات سنگین کادمیم، مس و سرب در خاک و تعیین منشأ این فلزات (مطالعه موردی، شهرستان دماوند). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، جلد دوم، شماره‌ی ۴. صفحه‌های ۹۷ تا ۱۰۹.

عظیم زاده اسمعیلی کندی، ب. ۱۳۹۱. تحلیل و پایش مکانی برخی فلزات سنگین در خاک سطحی بخشی از استان مازندران. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

فرهمند، ز. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی فلزات سنگین (سرب، روی و کادمیوم) در خاک‌های سطحی اطراف پالایشگاه نفت اصفهان. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.

محمدی، ج. ۱۳۸۵- ب. پدومتری: آمار مکانی. انتشارات پلک.

Chen H., Teng Y., Lu S., Wang Y., Wu J. and Wang J. 2016. Source apportionment and health risk assessment of trace metals in surface soils of Beijing metropolitan, China. Chemosphere, 144: 1002-1011.

Dankoub Z., Ayoubi S., Khademi H. and Sheng-Gao L.U. 2012. Spatial distribution of magnetic properties and selected heavy metals in calcareous soils as affected by land use in the Isfahan region, Central Iran. Pedosphere, 22 (1) :33-47.

European Union. 2002. Heavy metals in wastes, European commission on environment.http://www.ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavymetalsreport.pdf

Guan X. and Sun L.N. 2014. Current situation and the harm of soil heavy metal pollution and food safety. Applied Mechanics and Materials, 675: 612-614.

Jiang Y., Chao S., Liu J., Yang Y., Chen Y., Zhang A. and Cao H. 2017. Source apportionment and health risk assessment of heavy metals in soil for a township in Jiangsu Province, China. Chemosphere, 168: 1658-1668.

Kelepertzis E. 2014. Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. Geoderma, 221: 82-90.

Rojas R.V., Achouri M., Maroulis J. and Caon L. 2016. Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security. Environmental Earth Sciences, 75 (3): 1-10.

Taylor S.R. 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. Geochim Cosmochim Acta, 28: 1273–1285.

Yan W., Mahmood Q., Peng D., Fu W., Chen T., Wang Y., Li S., Chen J. and Liu D. 2015. The spatial distribution pattern of heavy metals and risk assessment of moso bamboo forest soil around lead–zinc mine in Southeastern China. Soil and Tillage Research, 153 :120-130.

Zhang J., Wang Y., Liu J., Liu Q. and Zhou Q. 2016. Multivariate and geostatistical analyses of the sources and spatial distribution of heavy metals in agricultural soil in Gongzhuling, Northeast China. Journal of Soils and Sediments, 16 (2): 634-644.

Mapping heavy metals, (Pb, Zn and Ni) concentration in topsoil using geostatistical techniques in Shahrekord Plain (Chaharmahal va Bakhtiari province, Iran)

Safoora Mirbagheri[1], Mehdi Naderi[2], Mohammad hasan Salehi[3], Jahangard Mohammadi[3]

1, 2 and 3- MSc Student, Associated Professor, Professor, Department of Soil Science Engineering, University of Shahrekord

Abstract

This study was conducted to investigate the spatial variability of heavy metals Pb, Zn and Ni in Shahrekord Plain, Chaharmahal va Bakhtiari province, Iran. For this purpose 60 topsoil samples from rangelands, pastures and croplands were collected. After sample preparations, the total concentration of heavy metals were measured by atomic absorption. The results showed that the total concentration is less than the maximum threshold concentration of the European Union. The results also indicated that the best model for spatial variability of Pb, Zn and Ni was spherical. Results showed similar spatial distribution of all three elements which indicating common source for the three elements. Using chemical fertilizers, insecticides and pesticides in croplands could be the main source of heavy metals in the Shahrekord plain. The lowest heavy metal concentration was found in drained Wetland of Shahrekord as a source of dusts in the county.

Keywords: heavy metals, spatial variability, food chain, human resources