

پهنه‌بندی غلظت سلنیم در خاک سطحی بخش‌هایی از اراضی استان اصفهان با استفاده از کوکریجینگ

سمیه صدر

عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور استان کرمان

چکیده

آلودگی سلنیم یک پدیده جهانی است و به طیف وسیعی از فعالیت‌های انسانی مربوط می‌شود. با توجه به اهمیت استان اصفهان از نظر فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و با تکیه بر جمعیت زیاد ساکن در این استان، در مطالعه حاضر به بررسی توزیع عنصر سلنیم در خاک‌های سطحی استان و ارائه نقشه پراکنش این عنصر در خاک، با استفاده از تکنیک کوکریجینگ پرداخته شد. نقشه حاصل از پهنه‌بندی این عنصر نشان می‌دهد که در این مناطق آلودگی سلنیم مشاهده نمی‌گردد اما بالاترین غلظت سلنیم، در شهرستان مبارکه وجود دارد که می‌تواند مربوط به فعالیت صنعتی مجتمع فولاد در این ناحیه باشد.

واژه‌های کلیدی: کوکریجینگ، سلنیم، اصفهان

مقدمه

سلنیم عنصری ضروری و نادر برای حیوان و انسان به شمار می‌رود (Vrise et al., 2002). سلنیم معدنی در چهار حالت اکسایش سلنید (Se^{-2})، سلنیوم عنصری (Se^0)، سلنیت (Se^{+4}) و سلنات (Se^{+6}) وجود دارد. در خاک شکل معدنی این عنصر غالب است اما گیاهان و میکروارگانیسم‌ها سلنیم را به شکل آلی در آورده که تنها منبع غذایی سالم برای انسان به شمار می‌رود (Markers, 2000; Bajaj et al., 2011). هر چند سلنات (SeO_4^{-2}) و سلنیت (SeO_3^{-2}) گونه‌های غالب سلنیم در آب و خاک هستند اما آنچه برای گیاه قابل استفاده است گونه سلنات است. گیاهان در خاک‌های قلیایی کمتر با کمبود سلنیم رو به رو می‌شوند زیرا در این خاک‌ها سلنیم به فرم سلنات (SeO_4^{-2}) است (Adriano, 1986).

دامنه تغییرات غلظت سلنیم از ۰/۱ تا ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم با میانگین غلظت ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Lindsay, 1979). مقدار متوسط این عنصر در پوسته زمین ۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در سنگ‌های آتشفشانی ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد زغال‌ها، شیل‌ها و خاک‌های آلی مثل خاک پیت دارای سطوح بالای سلنیم هستند (Reilly, 1996). فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی موثر در جذب سلنیم توسط خاک را می‌توان شامل پ‌هاش، بافت و مینرالوژی، مواد آلی، کربن، آهن، ظرفیت تبادل کاتیونی، شوری و قلیانیت و آنیون‌های رقابتی دانست (Renha, 1983).

آلودگی سلنیم یک پدیده جهانی است و به طیف وسیعی از فعالیت‌های انسانی مربوط می‌شود و می‌توان از مواد و بقایای حاصل از معدن‌کاری، کشاورزی، پتروشیمی، صنعتی وارد محیط شود (Iemy, 2004). کانسارهای فلزی اغلب حاوی مقداری سلنیوم هستند. بنابراین فعالیت‌هایی که برای استخراج فلز از کانسنگ انجام می‌شود سلنیم را وارد محیط می‌کند. دمای ذوب برخی فلزات مانند مس، نیکل و روی آنقدر بالا است که در آن دما سلنیم به صورت بخار وارد اتمسفر می‌شود این سلنیم پس از سرد شدن متراکم شده و یا به گرد و غبار موجود در اتمسفر پیوند می‌خورد و با فرودنشست در اکوسیستم‌های آبی و خاکی باعث آلودگی آن می‌شود. حد مجاز غلظت سلنیم در دنیا ۱ mg/kg گزارش شده است (Pais and Jones, 2000).

در علوم خاک تخمین مقادیر متغیرها در مکان و زمان با استفاده از داده‌های همان متغیر (کریجینگ) و یا بکار بردن اطلاعات متغیرهای دیگر (کوکریجینگ) معمول است. در زمین‌آمار با استفاده از تخمین‌گر کوکریجینگ و بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به همبستگی دوجانبه‌ی بین متغیرها، می‌توان تخمین مناسب و دقیق‌تری از متغیر موردنظر (متغیر اصلی) با بهره‌گیری از مقادیر دیگر متغیرها (متغیر ثانویه) به دست آورد (محمدی، ۱۳۷۸).

۲- بررسی آماری

آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک با نرم افزار SPSS تعیین شد. برای بررسی همبستگی داده‌ها روش پیرسون به کار رفت. توزیع نرمال داده‌ها به کمک آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد و داده‌هایی که توزیع نرمال نداشتند با تبدیل‌های مناسب به توزیع نرمال تبدیل شدند.

۳- تجزیه و تحلیل ساختار تغییرات مکانی

در روش کوکریجینگ علاوه بر تغییرنمای متغیرهای اولیه و ثانویه به‌طور جداگانه، تغییرنمای عرضی یا متقابل بین دو متغیر نیز بایستی محاسبه گردد. برای محاسبه یک واریوگرام دو جانبه به تعداد قابل توجهی نقاط نمونه‌برداری شده مشترک نیاز داریم. از سوی دیگر چنانچه همبستگی بین دو متغیر ضعیف باشد واریوگرام دو جانبه محاسبه شده فاقد ساختار مناسب جهت تجزیه و تحلیل بعدی خواهد بود (محمدی، ۱۳۷۸).

۴- تخمین و میان‌یابی

در بعضی مواقع ممکن است از یک متغیر به دلایلی، مانند مشکل بودن نمونه‌برداری و گران بودن اندازه‌گیری آزمایشگاهی، به اندازه کافی اطلاعات در دست نباشد و بر اساس آن نتوان برآورد آماری را با دقت مورد نظر انجام داد. در چنین مواردی می‌توان با در نظر گرفتن همبستگی مکانی بین این متغیر و متغیر دیگر که از آن اطلاعات کافی در دست است، تخمین را اصلاح و دقت آن را بالا برد. تئوری کوکریجینگ که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورت کامل و عمیق توسط مایرز ارائه شده است (محمدی، ۱۳۷۸). این تخمین‌گر را می‌توان به صورت زیر نشان داد (معادله ۱):

$$\hat{Z}_1(x_0) = \sum_{i=1}^{N_1} \lambda_{1i} Z_1(x_i) + \sum_{j=1}^{N_2} \lambda_{2j} Z_2(x_j) \quad \text{معادله (۱)}$$

در معادله بالا N_1 و N_2 به ترتیب بیانگر تعداد نمونه‌های متغیر اولیه و ثانویه است که در تخمین متغیر اولیه در موقعیت x_0 واقع شده است و λ_{1i} و λ_{2j} عبارت از وزن‌های آماری اختصاصی به این داده‌ها است. تخمین‌گر کوکریجینگ به منظور بهبود تخمین در مورد غلظت سلنیم خاک، به کار گرفته شد. به این منظور نیز از نرم افزار GEOPACK (Yates et.al, 1990) استفاده شد.

۵- پهنه‌بندی

نقشه‌های توزیع سلنیم در منطقه و نقشه‌های واریانس تخمین توسط نرم افزار Surfer تهیه شد. تکمیل نقشه‌ها و تهیه نقشه‌های تقسیمات شهری توسط نرم افزار ILWIS صورت گرفت.

نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی ویژگی‌های نمونه‌های خاک مطالعه شده، در جدول ۱ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، میانگین غلظت سلنیم در منطقه مطالعاتی ۰/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم با حداقل و حداکثر ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. با توجه به نمودار فراوانی‌نما و تست کلموگروف-اسمیرنوف توزیع سلنیم، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و درصد ماده آلی از توزیع نرمال پیروی نکرد در این مطالعه با توجه به اعداد چولگی از تبدیل لگاریتمی جهت نرمال کردن متغیرهای غیر نرمال استفاده شد. در جدول (۲) ضرایب همبستگی میان غلظت سلنیم نقاط نمونه‌برداری شده و خصوصیات خاک همان نقاط ارائه شده است. هدف از محاسبه ضریب همبستگی آن است که بتوان به نوعی با در دست داشتن یکی از متغیرها دیگری را پیش‌بینی کرد. بر اساس نتایج خروجی از نرم افزار SPSS، بیشترین همبستگی غلظت سلنیم با هدایت الکتریکی خاک مشاهده شد که این همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار بود لذا از EC به منظور کاهش خطای تخمین سلنیم توسط ابزار کوکریجینگ استفاده شد.

جدول ۱- وضعیت آماری پارامترهای مورد مطالعه

آماره	تعداد	میانگین	واریانس	حداکثر	حداقل	چولگی
سولنیم mg/kg	۷۲	۰/۶۳	۰/۰۶	۱/۵	۰/۵	۱/۶۳

پس از رسم و تعیین مدل تغییرنماهای سولنیم، EC و تغییرنمای متقابل این دو متغیر، صحت الگوی برازش داده شده بررسی گردید. به این منظور از میانگین مجذور خطای کاهش یافته (MSE) استفاده شد به این ترتیب که از میان تمامی تغییرنماهای رسم شده در تمامی جهات، تغییرنمای معتبر که MSE آن در نزدیکترین مقدار به یک بود برای انجام کوکریجینگ انتخاب گردید. اطلاعات تغییرنماهای منتخب جهت انجام کوکریجینگ، در جدول ۳ ارائه شده است. در مطالعه حاضر بهترین تغییرنمای سولنیم، به صورت همه جهته (تغییرات مکانی در این متغیر به صورت همسانگرد بود) و بهترین تغییر نمای EC به صورت جهتی و در زاویه ۴۵ درجه مشاهده شد همچنین بهترین مدل تجربی برازش شده برای متغیر اصلی و کمکی، مدل کروی بوده است.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین متغیرهای مورد مطالعه

	pH	EC	OM	Clay	Silt	Sand
Se	۰/۲	۰/۴۴۳**	-۰/۰۶۲	۰/۱۵۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۶۴

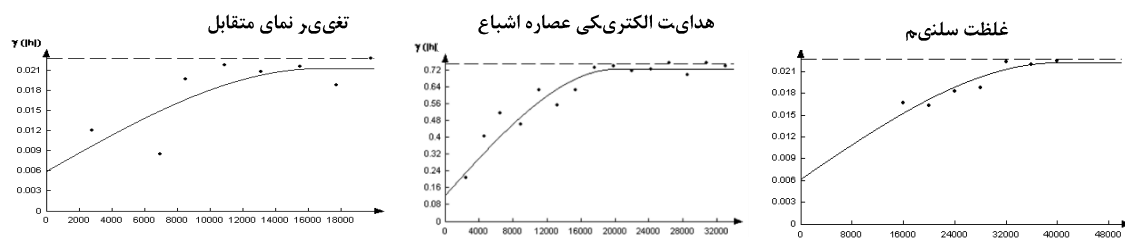
** - در سطح ۰/۰۱ درصد معنی دار است.

شدت و درجه وابستگی مکانی یک متغیر ناحیه‌ای را می‌توان از تقسیم واریانس اثر قطعه‌ای به واریانس کل (حد آستانه) بدست آورد (Amini et. al., 2005). در مطالعه حاضر توزیع سولنیم در منطقه دارای وابستگی مکانی متوسط و توزیع EC دارای وابستگی مکانی قوی تعیین می‌گردد. شکل ۲ تغییرنمای مربوط به متغیرهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد و نقشه برآورد توزیع سولنیم در منطقه با استفاده از روش کوکریجینگ در شکل ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- ویژگی ساختاری تغییر نماهای منتخب برای انجام کوکریجینگ

مدل	ناهمسانگردی	دامنه تاثیر	حد آستانه	اثر قطعه‌ای	وابستگی مکانی *	MSE
سولنیم کروی	۰	۴۰۰۰۰	۰/۰۱۶	۰/۰۶۳	۳۹	۰/۷
EC کروی	۴۵	۲۱۰۰۰	۰/۶	۰/۱۲۷	۲۱	۰/۱۶۷
متقابل		۱۶۶۰۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۶	۶۰	۰/۷

* نسبت واریانس اثر قطعه‌ای به واریانس حد آستانه (Sill / C0)

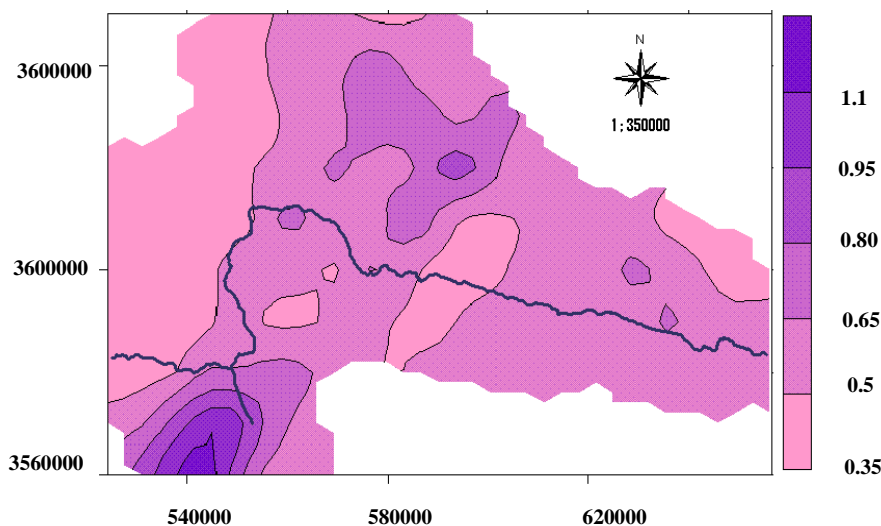


بر اساس نقشه حاصل، بخش‌های وسیعی از منطقه مطالعاتی را غلظت ۰/۵ تا ۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم سولنیم پوشش می‌دهد که از حد مجاز سولنیم کمتر است. حدود ۱۲/۵ درصد از نقاط دارای غلظت اندکی بیش از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم (حد

مجاز غلظت سلنیم در خاک‌های غیرآلوده) است. با انطباق نقشه تقسیمات شهری (شکل ۱) و نقشه پراکندگی غلظت سلنیم (شکل ۳) بالاترین غلظت‌های سلنیم در شهرستان مبارکه مشاهده می‌شود. از آنجا که استان اصفهان جایگاه صنایع وسیعی از جمله مجتمع فولاد مبارکه است می‌توان صنایع عظیم موجود در این شهرستان را عاملی در جهت ورود سلنیم به اتمسفر و در نهایت خاک دانست لذا در صورت عدم توجه به این مسئله و به تعویق انداختن اقدامات پیشگیرانه در جهت حذف این آلاینده زیست محیطی، در سالهای آینده شاهد افزایش غلظت این عنصر در خاک این مناطق و همچنین انتقال این آلاینده به مناطق شمال و شمال شرق منطقه به واسطه جهت باد غالب منطقه خواهیم بود که این امر چرخه غذایی دام‌ها و انسان‌های ساکن در این مناطق را تهدید خواهد کرد. برای کنترل افزایش این آلودگی و جلوگیری از گسترش آن پیشنهاد می‌گردد مطالعات محیط زیستی در خاک و محصولات کشاورزی منطقه به طور مستمر انجام گرفته و غلظت این عنصر در خاک و محصولات کشاورزی به‌طور سالانه تعیین گردد. همچنین خروجی‌های مجتمع فولاد مبارکه به طور مستمر و دقیق اندازه‌گیری شده و حضور این عنصر در آنها تا حد امکان کاهش داده شود.

جمع بندی کلی

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، در بخش‌های مرکزی ایران که در محدوده مطالعاتی این پژوهش قرار می‌گیرد غلظت سلنیم از حد مجاز فراتر نرفته است و آلودگی سلنیم مشاهده نمی‌گردد اما محدوده‌های فعالیت‌های صنعتی بخصوص صنایع ذوب فلزات، اراضی مستعد برای آلودگی به سلنیم هستند و بالاترین غلظت‌های این عنصر را دارا هستند.



0.95

شکل ۳ - نقشه حاصل از کوکریچینگ نقطه‌ای غلظت سلنیم (میلی گرم بر کیلوگرم)

منابع

- جمشیدی زنجانی، ا و سعیدی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی آلودگی و پهنه بندی کیفی رسوبات سطحی تالاب انزلی بر اساس نتایج شاخص‌های سنجش آلودگی فلزات سنگین. محیط شناسی، جلد ۳۹، شماره ۴، صفحه‌های ۱۵۷ تا ۱۷۰.
- حسینی پاک، ع. ۱۳۷۷، ۱. زمین آمار (ژئواستاتستیک)، انتشارات دانشگاه تهران.
- شایسته فر، م. ر. و رضایی، ع. ۱۳۹۲. بررسی رفتار زیست محیطی و مطالعه توزیع عناصر سنگین در خاکهای محدوده معدن مس سرچشمه کرمان. نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن". جلد ۸، شماره ۱۸، صفحه‌های ۱۳ تا ۲۱.
- صدر، س.، افیونی، م. و فتحیانپور، ن. ۱۳۸۸. تغییرات مکانی آرسنیک در اراضی با کاربردهای مختلف در استان اصفهان. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، جلد ۱۳، شماره ۵۰، صفحه‌های ۶۵ تا ۷۵.



محمدی، ج. ۱۳۷۸. مطالعه تغییرات شوری خاک در منطقه رامهرمز خوزستان با استفاده از نظریه ژئواستاتستیک ۲- کوکریجینگ. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۳، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۸.
نورزاده حداد، م.، مهدیان، م.ج. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۹۲. مقایسه کارایی برخی روشهای زمین آماری به منظور بررسی پراکنش مکانی عناصر ریزمغذی در اراضی کشاورزی، مطالعه موردی: استان همدان. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه‌های ۷۱ تا ۸۱.

Adriano D.C. 1986. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Spring- Verlag, New York.

Amini M., Afyuni M., Khademi H., Abbaspour K.C. and Schulin R. 2005. Mapping risk of cadmium and lead contamination to human health in soils of Central Iran. Science of Total Environment, 347: 64-77.

Bajaj M., Eiche E., Neumann T., Winter J. and Gallert C. 2011. Hazardous concentrations of selenium in soil and groundwater in North-West India. Journal of Hazardous Materials, 189: 640-646.

Chen T., Chang Q., Liu J., Clevers J.G.P.W. and Kooistra L. 2016. Identification of soil heavy metal sources and improvement in spatial mapping based on soil spectral information: A case study in northwest China. Science of the Total Environment. 565: 155-164.

Dennis Lemly A. 2004. Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue. Ecotoxicol. Environ. Safety, 59: 44-56.

Lark R.M., Ander E.L., Cave M.R., Knights K.V., Glennon M.M. and Scanlon R.P. 2014. Mapping trace element deficiency by co-kriging from regional geochemical soil data: A case study on cobalt for grazing sheep in Ireland. Geoderma, 226-227: 64-78

Lemly A.D. 2004. Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue. Ecotoxicol. Environ. Safety. 59: 44-56.

Lindsay W.L. 1979. Chemical Equation in Soils. John Wiley & Sons, INC., New York

Yates S.R. and Yates M.V. 1990. Geopack version 1.0.

Murkers J.P. 2000. Abiotic and Biotic Processes in the resource and control of selenium in the western phosphate resource area, A thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Graduate Studies Uni. of Idaho.

Pais I. and J.B. Jones 2000. The Hand Book of Trace Elements. St. Lucie press Reilly, C., 1996. Selenium in Food and Health, 1th ed., Blackie Academic and Professional on import of Chapman and Hall.

Renha S.P. 1983. Clay dispersion in relation to changes in the electrolyte composition of dialyzed red- brown earths. J. Soil Sci. 34:723-732.

Vrise W., Romkens P.F.A.M., Vanleeuwen T. and Bronswijk J.J.B. 2002. Heavy metals. PP. 108-130. In. P. M. Haygarth and S. C. Jervis (Eds). CAB International. London.UK

Spatial distribution of selenium concentration in topsoils of some lands of Isfahan

Province using co-kriging

Abstract

Selenium contamination is a global phenomenon and relates to a wide range of human activities. Considering the importance of Isfahan province in terms of industrial and agricultural activities and relying on the large population living in this province, in this study, the distribution of selenium element in the surface soils of the province and presenting the map of distribution of this element in the soil, using the co-kriging technique. Results shows that selenium pollution is not observed in these areas, but the highest concentration of selenium is in Mobarakeh city, which is due to the industrial activity of the steel complex in this area.

Key words: Co-kriging, Selenium, Isfahan.