ارزیابی و پهنه بندی آلودگی خاک به سرب در اراضی زراعی جنوب تهران با استفاده از شاخصهای آلودگی

یوسف رضا باقری[۱]، فاطمه مسکینی ویشکایی[۲]، رسول میرخانی[۳]
[۳،۱] موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، [۲] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

چکیده

حجم عظیم فاضلاب‌های تولیدی و لزوم دفع مناسب آنها، ضرورت بهره‌گیری از فاضلاب را در بخش کشاورزی افزایش داده است. شاخصهای آلودگی امکان مقایسه بین آلودگی ناشی از فلزات سنگین مختلف ناشی از فعالیتهای انسانی را فراهم می نمایند. این تحقیق به منظور بررسی میزان آلودگی خاک اراضی زراعی جنوب تهران به سرب و پهنه بندی منطقه با استفاده از شاخص های آلودگی صورت گرفت. در این تحقیق از حدود ۲۰۰۰ هکتار از اراضی زراعی جنوب تهران، تعداد ۱۷۵ نمونه خاک با فواصل ۳۰۰ متر انتخاب گردید. جهت پهنه بندی منطقه از وزن‌دهی عکس فاصله و شاخص های زمین انباشت و فاکتور آلودگی استفاده شد. براساس استاندارد پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳درصد نمونه های خاک آلوده به سرب بود. براساس نتایج پهنه بندی هر دو شاخص، در دو درصد از سطح اراضی زراعی (۲۱ هکتار) مقدار آلودگی خاک به سرب به طور قابل ملاحظه ای بیش از سایر مناطق بوده و در کلاس آلودگی بالاتری قرار گرفت.

واژه های کلیدی: آلاینده‌های خاک، شاخص زمین انباشت، شاخص فاکتور آلودگی، وزن دهی عکس فاصله

مقدمه

کاربرد نادرست برخی از نهاده‌های مهم کشاورزی (آب، کود و سم) ممکن است مشکلات زیست‌محیطی زیادی به دنبال داشته باشد. با ورود برخی فلزات سنگین به زنجیره غذایی و آب‌های زیرزمینی سلامت انسان و دیگر موجودات زنده به خطر می‌افتد (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). بنابراین برای جلوگیری از ورود این فلزات به زنجیره غذایی و گسترش آلودگی، شناسایی مکان‌های آلوده به این عناصر امری ضروری است. سرب از جمله آلاینده‌هایی است که از منابع گوناگون به آب و خاک، گیاه و نهایتاً به زنجیره غذایی انسان و حیوانات راه می‌یابد و عواقب و امراضی را در پی داشته و خسارتهایی جدّی به بار می‌آورد. از جمله عوامل اصلی این افزایش غلظت فلزات سنگین مصرف مواد حاصلخیزکننده، اصلاح‌کننده، آفت‌کشها و فاضلاب‌ها در اراضی کشاورزی می‌باشد که در میان آنها لجن، کمپوست و فاضلاب و در بین عناصر سرب، روی و کادمیم سهم بسزایی داشته‌اند (Sheila, 1996).

ترابیان و بغوری (۱۳۷۶) نیزغلظت کل و قابل دسترس فلزات کادمیم، روی، مس، سرب، کرم و نیکل را در بخشی از اراضی تحت آبیاری با فاضلاب در جنوب تهران را بررسی و نتیجه گرفتند که بطور کلی غلظت این فلزات در خاک‌های این اراضی بیش از حد معمول در خاکهای شاهد است. مردانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در بررسی آلودگی خاک های منطقه جنوب تهران میانگین غلظت کل عناصر سرب، کادمیوم، روی، مس و نیکل را به ترتیب ۷۶/۴۰، ۲/۶۲، ۱۷۲/۰۵، ۶۹/۸۵ و ۳۷/۴۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک اعلام نموده و نتیجه گرفتند که غلظت عناصر سنگین در منطقه جنوب تهران رو به افزایش است.

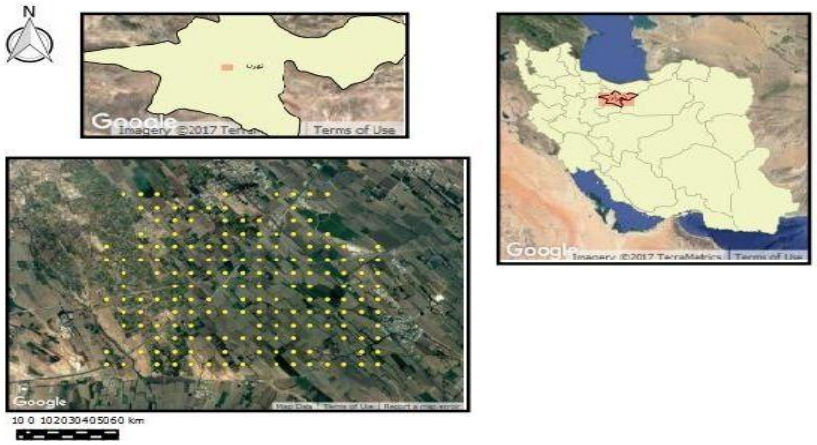
نظر به پیوستگی تغییرات مکانی مواد مادری خاک و تمرکز فعالیت های بشری مخرب محیط زیست در مکان های خاص و محدود، بی شک نسبت اثرگذاری عوامل طبیعی و انسانی بر غلظت فلزات سنگین در خاک در بعد مکان، تغییرات قابل ملاحظه ای دارد. یکی از مشکلات اصلی بررسی الگوی توزیع مکانی آلودگی به فلزات سنگین، ناممکن بودن نمونه برداری از تمامی نقاط در منطقه مورد مطالعه است. به منظور بررسی آلودگی ناشی از غلظت فلزات سنگین، شاخص های متفاوتی همچون شاخص آلودگی، شاخص زمین انباشتگی و فاکتور آلودگی پیشنهاد شده است. نتایج مطالعه روان‌خواه و همکاران (روانخواه و همکاران، ۱۳۹۴) نشان دهنده روند نزولی میانگین شاخص زمین انباشتگی و فاکتور آلودگی در منطقه آران و بیدگل به ترتیب

برای مس، کادمیوم، نیکل، روی و سرب بود. الگوی مکانی این شاخص ها نشان داد که بیشترین انباشت فلزات کادمیوم، سرب و روی در محدوده شهرک‌های صنعتی، کوره های آجرپزی و مناطق شهری اتفاق افتاده است.

با توجه به محدودیت منابع آب‌های شیرین و افزایش روز افزون جمعیت، کشاورزان اراضی جنوب تهران از فاضلاب‌های شهری انتقال یافته جهت تامین آب مورد نیاز اراضی زراعی خود استفاده می‌نمایند. این پژوهش به منظور ارزیابی و پهنه‌بندی میزان آلودگی خاک‌های زراعی جنوب تهران به عنصر سرب در سطح مناطق مورد مطالعه (حوالی نهر فیروزآباد) منطقه انجام شد.

مواد و روش ها

تعداد ۱۷۵ نمونه خاک از مناطق کشاورزی مشروب از کانال فیروزآباد و انشعابات آن واقع در جنوب تهران، حدود ۲۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی جهت مطالعه انتخاب شد (شکل ۱). نمونه برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی متری انجام و غلظت سرب با استفاده از دستگاه ماکروویو، روش هضم و دستگاه ICP تعیین گردید.



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه و پراکنش مکانی نقاط نمونه برداری خاک در اراضی زراعی اطراف نهر فیروزآباد.

شاخص زمین انباشتگی: این شاخص به منظور مشخص کردن درجه آلودگی و میزان تاثیر عوامل انسانی از عوامل طبیعی در محیط خاک و رسوب استفاده می شود (Anagnostou *et al.*, 1997) و از طریق رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$I_{geo} = Log_2\left(\frac{C_n}{1.5 \times B_n}\right) \quad (۱)$$

در این معادله I_{geo}: شاخص زمین انباشتگی یا شاخص شدت آلودگی، C_n: غلظت فلزات سنگین و سمی در خاک منطقه مورد مطالعه و B_n: غلظت فلزات سنگین در شیل یا غلظت زمینه عنصر مورد نظر است. ضریب ۱/۵ به‌دلیل احتمال اختلاف در غلظت اولیه تحت تأثیر عوامل محیطی در معادله گنجانده شده است. براساس این شاخص خاک‌ها از نظر درجه آلودگی به هفت کلاس (غیر آلوده: کمتر صفر، غیر آلوده تا کمی آلوده: ۱- ۰، کمی آلوده: ۲-۱، کمی آلوده تا خیلی آلوده:۳-۲، خیلی آلوده: ۴-۳، خیلی آلوده تا به شدت آلوده: ۵-۴، به شدت آلوده: بیشتر از ۵) طبقه‌بندی می‌شوند (Ji et al., 2008).

فاکتور آلودگی: بر اساس این فاکتور می‌توان مقدار عناصر را نسبت به مقدار طبیعی خود سنجید و میزان آلودگی خاک را تعیین کرد. فاکتور آلودگی طبق رابطه (۲) برای عناصر مورد بررسی محاسبه شد:

$$CF_{metal}=C_{metal}/C_{background} \quad (۲)$$

که در آن CF_{metal} عامل آلودگی هر فلز دلخواه، $C_{background}$ و C_{metal} به ترتیب، غلظت فلز مورد نظر در خاک سطحی و در زمینه خاک می باشند. براساس این شاخص خاک‌ها از نظر درجه آلودگی به چهار کلاس (آلودگی کم: کمتر از ۱، آلودگی متوسط: ۳-۱، آلودگی زیاد: ۶-۳ و آلودگی خیلی زیاد: بیشتر یا مساوی ۶) طبقه‌بندی می‌شوند (Hakanson, 1980).

در این مطالعه از غلظت ۱۴ میلی‌گرم در کیلو گرم (غلظت سرب در پوسته زمین) برای عنصر سرب به عنوان غلظت زمینه در محاسبه شاخص های آلودگی استفاده شد (Karbassi *et al.*, 2005).

پس از اتمام اندازه گیری ویژگی های مورد نظر، آماره های توصیفی آنها با استفاده از نرم افزار Minitab 17 مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین بهترین مدل تغییر نما از نرم افزار GS^+ 5.2 استفاده شد. پهنه‌بندی شاخص های آلودگی سرب با استفاده از روش وزن دهی عکس فاصله (IDW) و نرم افزار ArcGIS 9.3 انجام شد.

نتایج و بحث

غلظت سرب کل در نمونه ها در دامنه ۳۵ تا ۱۲۵ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده گردید. میانگین غلظت سرب کل نمونه ها ۵۹/۸۹ میلی گرم در کیلوگرم و ۵۰ درصد نمونه ها دارای سرب کل کمتر از ۵۷ میلی گرم بودند. با توجه به استاندارد پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای حد استاندارد سرب(۷۵ میلی گرم در کیلوگرم) ۱۳ درصد نمونه های خاک آلوده به سرب می باشند.

آماره های توصیفی شاخص های آلودگی مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. علاوه بر این، نتایج شاخص I_{geo} برای سرب نشان داد که حدود ۸۶ درصد نمونه های خاک در گروه کمی آلوده و ۹ درصد نمونه های خاک در گروه کمی آلوده تا خیلی آلوده قرار داشتند. مقدار فاکتور آلودگی در منطقه مورد مطالعه برای عنصر سرب نشان داد که بخش عمده نمونه های خاک در گروه آلودگی زیاد (۸۶ درصد) و حدود ۹ درصد نمونه های خاک در گروه آلودگی خیلی زیاد قرار گرفتند.

جدول ۱- آماره های توصیفی شاخص های آلودگی محاسبه شده

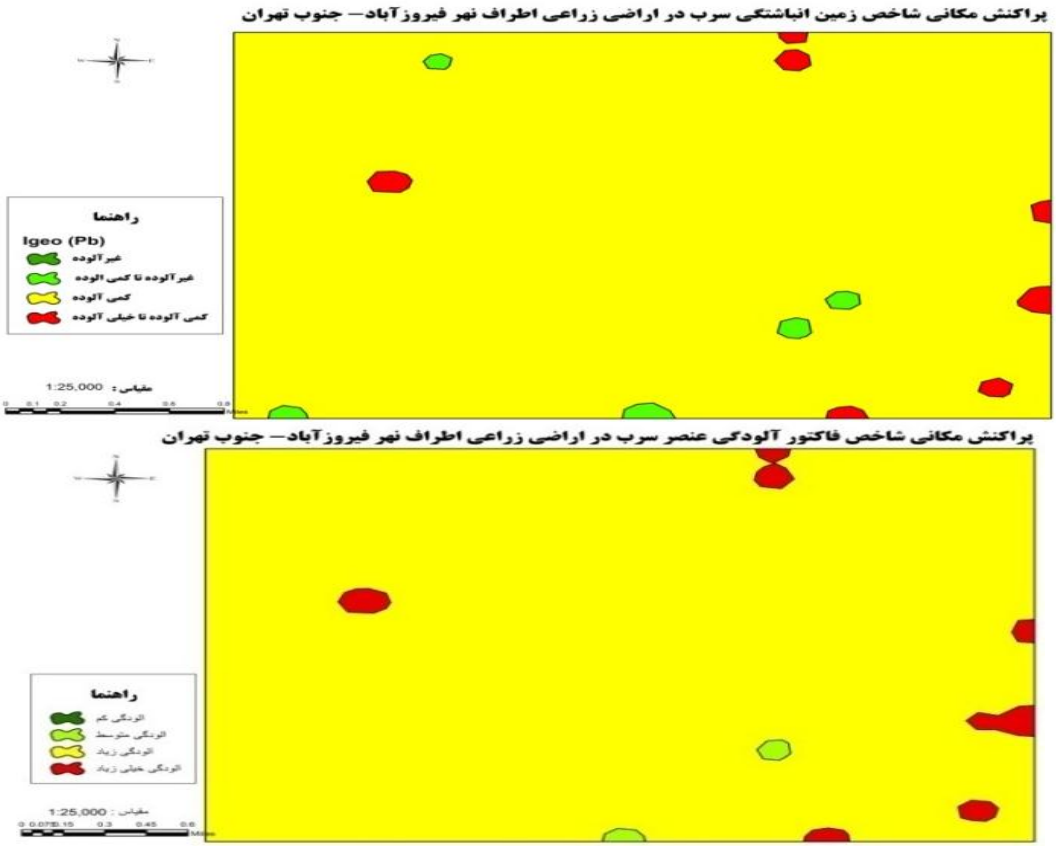
شاخص	میانگین	میانه	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
I_{geo}	۱/۴۷	۱/۴۴	۰/۷۴	۲/۵۷	۰/۷۷	۰/۷۹	۲۲/۹
CF	۴/۲۸	۴/۰۷	۲/۵	۸/۹	۱/۵۸	۳/۲۳	۲۶/۱

نتایج آزمون کولموگراف-اسمیونف (جدول ۱) نشان داد که مقادیر هر دو شاخص مورد مطالعه از تابع توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. با توجه به اینکه نرمال‌بودن داده‌ها در تجزیه و تحلیل‌های زمین آماری نتایج مطلوب‌تری را در پی خواهد داشت. اقدام به نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از تبدیل‌گرهای لگاریتمی گردید.

جدول ۳- مولفه‌های مدل‌های برازش داده شده بر نیم تغییرنمای تجربی شاخص‌های آلودگی مورد مطالعه

متغیر	نوع مدل	اثر قطعه ای	حدآستانه	دامنه تاثیر (متر)	نسبت اثر قطعه ای به حد آستانه	R^2	RSS
I_{geo}	خطی	۰/۰۳۶۷	-	-	-	۰/۹۷۹	۱/۹× ۱۰$^{-۳}$
CF	خطی	۰/۰۳۹	-	-	-	۰/۹۶۵	۲/۲۵× ۱۰$^{-۳}$

شکل ۲ نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های آلودگی مورد مطالعه را به روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۲. پراکنش مکانی شاخص های I_{geo} و CF برای عنصر سرب به روش IDW در خاکهای اراضی زراعی اطراف نهر فیروزآباد در جنوب تهران.

براساس نتایج پهنه بندی شاخص زمین انباشت برای عنصر سرب، حدود ۹۸ درصد از سطح اراضی زراعی منطقه (۱۸۵۵ هکتار) در کلاس کمی آلوده و تنها دو درصد از سطح منطقه معادل ۲۱ هکتار در کلاس کمی آلوده تا خیلی آلوده قرار گرفتند. در حالیکه نتایج شاخص فاکتور آلودگی برای عنصر سرب مبین قرار گرفتن بیش از ۹۸ درصد از سطح اراضی منطقه در کلاس آلودگی زیاد و حدود ۱ درصد از سطح منطقه در کلاس آلودگی خیلی زیاد می باشد. قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه از لحاظ شاخص های I_{geo} و CF از لحاظ عنصر سرب آلوده بود. در خاک‌های کشاورزی منابع آلودگی فلزات سنگین می‌تواند ناشی از نزدیکی به مراکز استخراج معدن، کارخانجات صنعتی، نزدیکی به بزرگراه ها (Harrison *et al.*, 1981)، استفاده زیاد از کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب و آفت‌کشها (Wei and Linsheng, 2010) باشد. الگوی مکانی پراکنش فاکتور آلودگی تاحد زیادی شبیه الگوی مکانی شاخص زمین انباشت است. با این تفاوت که طبق این شاخص، شدت آلودگی بیشتر برآورد گردیده است (شکل ۲) که این موضوع می تواند به دلیل ضریبی باشد که در محاسبه آلودگی خاک توسط شاخص زمین انباشت استفاده می شود. به عبارت دیگر شاخص زمین انباشت در برآورد آلودگی خاک محتاط تر عمل می کند (Wu *et al.*, 2014).

منابع

ترابیان، ع. و بغوری، ا. ۱۳۷۶. بررسی آلودگیهای ناشی از کاربرد پسابهای شهری و صنعتی در اراضی کشاورزی جنوب تهران. مجله محیط شناسی، شماره ۱۸ انتشارات دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

روان خواه ،ن ، میرزایی، ر.ا. ، معصوم، س. ۱۳۹۴، ارزیابی شاخص های زمین انباشتگی و فاکتور آلودگی و تحلیل مؤلفه های اصلی در برآورد آلودگی خاک، مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران دوره هشتم، شماره سوم، پاییز۱۳۹۴ ، صفحات ۳۴۵ تا ۳۵۶.

مردانی، گ.، صادقی، م. و آهنکوب، م. ۱۳۸۹. بررسی آلودگی خاکهای منطقه جنوب تهران در مسیر روانابهای سطحی به فلزات سنگین. مجله علمی پژوهشی آب و فاضلاب، شماره سوم، ۱۰۸-۱۱۳.

Anagnostou, C., Kaberi, H., Karageorgis, A. 1997. Environmental impact on the surface sediments of the bay and the gulf of Thessaloniki (Greece) according to the geoaccumulation index classification. International Conference on Water Pollution, Slovenia.

Hakanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sediment logical approach. Water Research, 8: 975-1001.

Harrison, R.M., Laxen, D.P.H., Wilson S.J. 1981. Chemical associations of lead, cadmium, copper, and zinc in street dusts and roadside soils. Environmental Science & Technology, 15: 1378–1383.

Ji, Y.Q., Feng, Y.C., Wu, J.H., Zhu, T., Bai, Z.P., Duan, C.Q. 2008. Using geo-accumulation index to study source profiles of soil dust in China. Journal of Environmental Sciences, 20: 571-578.

Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B. 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Karbassi, A.R., Nabi-Bidhendi, Gh.R., Bayati I. 2005. Environmental geochemistry of heavy metals in a sediment core off Bushehr, Persian Gulf, Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 2(4): 225-260.

Shiela. M,R. 1996. Toxic metals in soil – Plant System John Wily & Sons, Inc. new York.

Wei, B., Linsheng, Y. 2010. A review of heavy metal contamination in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. Microchemical Journal, 94: 99-107.

Wu, J., Teng, Y., Lu, S., Wang, Y., Jiao, X. 2014. Evaluation of soil contamination indices in a mining area of Jiangxi, China. PLoS One, 9(11): e112917.

Evaluating and mapping the pollution of lead in the Tehran south farms using contamination indices

Y. R. Bagheri [1], F. Meskini-Vishkaee [2], R. Mirkhani [3]

[1, 3] Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.

[2] Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran.

Abstract:

The huge amount of sullage produced in cities and the necessity for proper disposal of them, increased the urgency (necessity) of using wastes in order to farming. Contamination indices made it possible to compare between the contaminations made by different heavy metals due to human activities. This Study was performed to evaluate the amount of soil contamination to lead in the south Tehran farms and mapping the studied area using contamination indices. From the 2000 hectares of the agricultural farms in Tehran south, 175 soil samples were selected with 300 meters intervals. Inverse distance weighting method was used to map in terms of geoaccumulation Index, contamination factor. According to the standards proposed by the environmental protection Agency of Iran, 13 % of soil samples are contaminated to total lead. The maps of both indices illustrated that soil contamination in about %2 of studied land area (21 hectares) were significantly more than others and were in higher pollution class.

Key words: Soil pollutants, Geoaccumulation index, Contamination factor, Inverse distance weighting