



شاهد

فصلنامه علوم محیطی، دوره یازدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲

۶۷-۷۸

بررسی تغییرات مکانی و پهنه بندی مقادیر کل عناصر آهن، روی، مس و منگنز با استفاده از روش زمین‌آمار در خاک‌های جنوب تهران

فاطمه یزدانی نژاد^۱، حسین ترابی گل سفیدی^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد

^۲ استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد

تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۶

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۲۴

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی کارایی تخمین‌گرهای زمین‌آماري کریجینگ و وزن دهی عکس فاصله (IDW) در برآورد تغییرات مکانی و تهیه نقشه پهنه‌بندی مقادیر کل عناصر سنگین آهن، روی، مس و منگنز در ۱۹۶ نقطه با فواصل طولی ۱۰۰۰ متر در ۲۰۰۰۰ هکتار از خاک سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) اراضی جنوب تهران انجام گردید. بهترین مدل واریوگرام برازش داده شده برای آهن و منگنز، مدل نمایی و برای روی و مس مدل کروی بود. میزان دقت تخمین‌گرها، با استفاده از تکنیک جک نایف، میانگین خطا (ME) و ریشه میانگین مربعات خطای تخمین (RMSE) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در IDW از پارامترهای توان ۱ تا ۵ استفاده گردید. با توجه به واریانس تخمین دو روش مورد استفاده، تخمین‌گر کریجینگ برای چهار عنصر دارای میانگین خطا و ریشه میانگین مربعات خطای کمتری نسبت به تخمین‌گر IDW بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط مقدار کل آهن ۳۷/۲۹ گرم در کیلوگرم و متوسط عناصر روی، مس و منگنز به ترتیب ۲/۱۳۱، ۱/۴۶ و ۶/۶۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. آلودگی منگنز و روی به صورت گسترده در خاک‌های منطقه وجود دارند. مقادیر آهن و مس کمتر از محدوده مجاز بوده است. تطابق نقشه کاربری اراضی با نقشه‌های پیوسته عناصر آهن، روی، مس و منگنز نشان دهنده تأثیرپذیری کم تا بسیار زیاد نوع کاربری، دوری و نزدیکی به بزرگراه‌ها، مناطق صنعتی، مسکونی و آبیاری با فاضلاب بر مقادیر هر یک از عناصر بیان شده می‌باشد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، خاک‌های اراضی جنوب تهران، عکس فاصله وزنی، کریجینگ.

Spatial Variability and Mapping of the Total Concentration of Iron, Zinc, Copper and Manganese by Using Geostatistical Method in Southern Tehran Soils

Fatemeh Yazdani nejad¹, Hossein Torabi^{2*}

¹M.Sc. Student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran.

²Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran.

Abstract

This study was conducted to evaluate the performance of kriging and inverse distance weighting (IDW) estimators for determination of spatial variability and mapping of iron, zinc, copper and manganese heavy metals in 196 points of surface soil (0-30cm) with a distance of 1000 m in 20,000 hectares of Southern area of Tehran. The best models for iron and manganese were exponential and spherical for zinc and copper. For determining the accuracy of estimator, Jack Knife technique, the mean error (ME) and root mean square error of prediction (RMSE) were evaluated. For estimating the inverse distance weighting (IDW) the powers of 1 to 5 were used. The contents of ME and RMSE in kriging were less than the IDW for four elements. The results showed that the total average concentrations of iron, zinc, copper and manganese, respectively were 29.37 g.kg⁻¹, 131.2 mg.kg⁻¹, 46.1 mg.kg⁻¹ and 682.6 mg.kg⁻¹. Manganese and zinc pollution in soils were widespread. Iron and copper levels were below the critical limit. Comparison of the land use map with continuous map of iron, zinc, copper and manganese showed the land use, distance and proximity to the highways, industrial and residential areas and irrigation with waste water had significant effect on the contents of heavy metals to different extent.

Keywords: Mapping, Southern Area of Tehran, IDW, Kriging.

* Corresponding author. E-mail Address: htorabi@shahed.ac.ir

۱- مقدمه

در سال های اخیر ورود آب و فاضلاب های با کیفیت پایین، گسترش روز افزون مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی به سمت اراضی کشاورزی جنوب تهران، خاک های این مناطق و به دنبال آن محصولات کشاورزی این مناطق را تحت تاثیر قرار داده است. یکی از مباحث بسیار مهم جهان امروز تامین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد جهان با توجه به محدود بودن منابع زمین به نحوی که کمترین تاثیر را بر محیط زیست انسان بگذارد، می باشد. چرا که افزایش فعالیت های صنعتی توأم با تولید آلاینده ها از جمله فلزات سنگین یکی از مشکلات جدی و در حال گسترش پیش روی انسان عصر حاضر است [۱۲]. انجام مطالعات زیست محیطی قبل از احداث واحدهای مختلف صنعتی جهت حصول اطمینان از عدم تاثیر نامطلوب آن بر شرایط زیست محیطی یکی از ضروریات لازم می باشد [۱]. زمین آمار شاخه ای از علم آمار کاربردی است که با استفاده از داده های کسب شده از نقاط نمونه برداری شده، قادر به ارائه مجموعه وسیعی از تخمین گره های آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در نقاطی است که نمونه برداری نشده باشند. اغلب ویژگی های محیطی دارای پراکنشی پیوسته در مکان بوده و از سوی دیگر نمونه برداری و اندازه گیری آنها در تمامی نقاط واقع در محدوده مطالعاتی غیر ممکن است. ابزار مطالعات زمین آماری، واریوگرام (تغییرنما) است که امکان تجزیه و تحلیل ساختار، مقیاس و شدت تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه ای را فراهم می آورد. چنانچه واریوگرام به درستی تعیین گردد از آن نه تنها جهت تخمین آماری بلکه به منظور طراحی و اصلاح شبکه نمونه برداری نیز می توان استفاده کرد. به طور کلی کریجینگ یک تخمین گر ممتاز محسوب می گردد، زیرا نه تنها منجر به تخمین نا اریب می شود بلکه برآوردی از حداقل خطای تخمین نیز ارائه می دهد [۸ و ۱۳]. در صورتی که تعداد داده های حاصل از نمونه برداری مناسب و کافی باشند استفاده از روش کریجینگ نسبت به روش های وزن دهی عکس فاصله^۱ و تابع پایه شعاعی^۲ تخمین بهتری را ارائه می دهند [۱۱].

پهنه بندی آهن، منگنز، مس و روی با استفاده از ۳۰۲ نمونه خاک سطحی استان سی چون^۳ چین به مساحت ۲۶۵۰ کیلومتر مربع نشان داد که مقادیر قابل

دسترس عناصر فوق به ترتیب ۳۷، ۲/۹، ۳/۵ و ۱۴/۸ میلی گرم بر کیلوگرم خاک بوده که سطح آن در حد زیاد و متوسط می باشد [۲۱]. افزایش مقدار کل عناصر آهن، روی و مس در خاک سطحی چهار منطقه در راولپندی پاکستان گزارش گردید، بررسی ها نشان داد که آبیاری با آب فاضلاب و پساب کارخانه عامل افزایش عناصر فوق در این خاک ها بوده است [۱۵]. نتایج یک تحقیق در بخشی از اراضی کشاورزی جنوب تهران نشان داد که غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی این مناطق در حال افزایش بوده و علت افزایش این عناصر آبیاری با آب فاضلاب خانگی و صنعتی و استفاده از انواع کودها و سموم دفع آفات نباتی و علف کش ها در چند دهه اخیر گزارش گردید [۷].

اندازه گیری غلظت آهن و روی در خاک و محصول تولیدی ۲۵ واحد گلخانه در هشت منطقه از استان اصفهان نشان داد که مقدار روی در دو گلخانه از گلخانه های مورد مطالعه بیش از حد معمول بوده (۶۰ و ۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) و علت بالا بودن غلظت روی در این گلخانه ها مربوط به موقعیت مکانی (نزدیک به معدن سرب و روی) آنها بوده است [۲]. در مطالعه اراضی کشاورزی استان همدان و نمونه برداری از ۲۰۹ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۱۰۰ سانتی متری و پهنه بندی عنصر روی به منظور مدیریت بهینه کودی با استفاده از روش های زمین آماری و مقایسه دو روش کریجینگ و IDW نشان داده شد که پهنه-

بندی صورت گرفته با روش کریجینگ نسبت به IDW برتری دارد [۱۴]. جهت بررسی تغییرات مکانی غلظت سرب و روی در خاک های سطحی استان همدان ۲۶۳ نمونه خاک را از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی متری از منطقه ای به وسعت ۱۶۰۰ کیلومتر مربع مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج این تحقیق نشان داد که مدل کروی بهترین مدل برازش داده شده بر مقدار کل سرب و روی بوده است، دامنه تاثیر برای سرب ۹۷۵۰ متر و برای روی ۱۱۵۵۰ متر تخمین زده شد. بر اساس نقشه های پراکنش سرب و روی عامل موثر بر غلظت افزایشی این عناصر، نوع کاربری اراضی و نوع مواد مادری معرفی گردید [۱۹]. مشابه این مطالعه در بزرگراه مشهد- چناران نشان داد که بهترین مدل تغییرنما برای سرب و روی کل، مدل کروی بود و دامنه تاثیر سرب ۱۹۲۰۰ و روی ۱۴۲۴۰ متر تخمین زده شد [۱۸]. در بررسی توزیع مکانی روی در خاک سطحی جنوب اصفهان،

و جنوب رشته کوههای البرز واقع شده است. متوسط بارش سالانه طی ۵۵ سال گذشته ۲۳۳ میلی متر با میانگین درجه حرارت ۱۷/۲ درجه سانتی گراد می باشد. منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود ۲۰۰۰۰ هکتار از اراضی در جنوب تهران واقع شده است. این منطقه در جنوب تهران و در حد فاصل بزرگراه های آزادگان، ساوه-تهران و تهران-قم قرار گرفته است (شکل ۱). در این مطالعه به منظور نمونه برداری خاک، محدوده‌ای به عرض حدود ۱۵ کیلومتر به موازات بزرگراه آزادگان در جهت غربی-شرقی و طول ۱۵ کیلومتر در جهت شمال-جنوب انتخاب شد و از روش شبکه بندی منظم با فواصل ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متر تعداد ۱۹۶ نمونه خاک از تقاطع بین خطوط و عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری برداشته شد. به منظور افزایش دقت نمونه برداری، نمونه‌ها در ۴ جهت متفاوت از نقطه اصلی و با فاصله حدود ۲۰ متر از مرکز نقطه به صورت مرکب برداشت شدند (شکل ۱).

نمونه‌های خاک پس از نمونه برداری، به آزمایشگاه منتقل و هوا خشک شدند. برای استخراج مقادیر کل آهن، روی، مس و منگنز خاک از روش هضم با چهار اسید [۹] استفاده شد. بدین صورت که ۱ گرم خاک خشک را درون ظروف تفلون ریخته، ابتدا ۱۰ میلی لیتر آب اکسیژنه اضافه

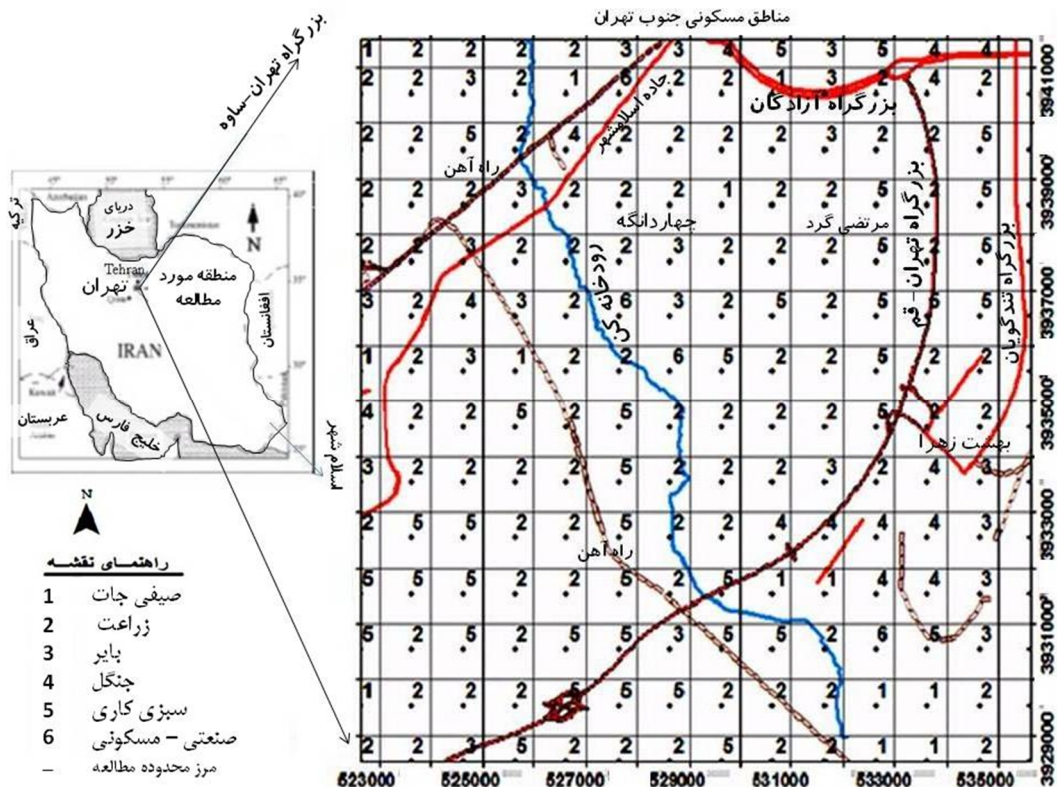
میانگین غلظت روی کل ۱۰/۱۹ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است [۴]. تغییرات مکانی مقدار کل مس در خاک‌های اطراف همدان نشان داد که عامل موثر بر روند افزایشی مس، علاوه بر کاربری های منطقه نوع مواد مادری بوده است [۱۱].

مهم ترین اهداف و جنبه نوآوری این تحقیق عبارتند از: (۱) تعیین پراکنش و بررسی تغییرات مکانی مقدار کل عناصر آهن، روی، مس و منگنز در خاک های اراضی کشاورزی جنوب تهران، (۲) بررسی تاثیر ترافیک شهری، فعالیت‌های صنعتی و فاضلاب شهری و صنعتی روی غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز در خاک و (۳) پهنه بندی عناصر آهن، روی، مس و منگنز با استفاده از تخمین‌گرایی مثل کریجینگ و وزن دهی عکس فاصله (IDW).

۲- مواد و روش ها

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

استان تهران با مساحتی نزدیک به ۱۹۰۰۰ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیائی ۵۱ الی ۵۳ درجه طول شرقی و ۳۵ درجه الی ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. از نظر موقعیت نسبی این استان در غرب دشت کویر



شکل ۱- محدوده مطالعاتی و نوع کاربری اراضی

اصلی از محاسبه واریوگرام این است که بتوان تغییر پذیری متغیر را نسبت به فاصله مکانی یا زمانی شناخت که برای این کار لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله معلوم h از یکدیگر قرار دارند، محاسبه و در مقابل h رسم نمود [۱۲ و ۱۳]. برای پی بردن به قدرت ساختار (وابستگی) مکانی متغیر از رابطه‌ی $C_0/(C+C_0)$ استفاده شد که در آن، C_0 واریانس قطعه‌ای و $C+C_0$ آستانه نیم واریانس می‌باشد. نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه، سهم واریانس قطعه‌ای از کل تغییرات را نشان می‌دهد. با کمک این نسبت می‌توان میزان نسبی اثر واریانس قطعه‌ای را در بین صفات مختلف مقایسه کرد [۱۲]. دقت دو روش زمین‌آماري کریجینگ و میانگین متحرک وزن دار برای پهنه بندی عناصر فوق بررسی گردید و جهت ارزیابی میزان دقت روش‌ها و انتخاب روش مناسب‌تر، با استفاده از تکنیک جک نایف و معیارهای میانگین خطا (ME) و ریشه میانگین مربعات خطای تخمین (RMSE) مورد ارزیابی قرار گرفت. در تئوری کریجینگ معمولی با فرض اینکه مقادیر متغیر Z در n نقطه اندازه‌گیری شده باشد، به صورت رابطه (۲) بیان می‌گردد:

$$Z = (Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_n)) \quad (2)$$

تخمین مقدار Z در نقطه x_0 توسط تخمین‌گر کریجینگ به شکل زیر بیان می‌شود (رابطه ۳):

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (3)$$

مهم‌ترین بخش معادله کریجینگ، تعیین وزن‌های آماري λ_i می‌باشد که برای نارایب بودن تخمین‌ها این اوزان باید به گونه‌ای تعیین گردد که مجموع آنها برابر ۱ باشد ($\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$). برای دقیق بودن تخمین‌ها، باید واریانس تخمین حداقل باشد، به عبارت دیگر:

$$Var[Z^*(x_0)] = E[(Z^*(x_0) - Z(x_0))^2] = \min \quad (4)$$

اما در روش وزن دهی عکس فاصله مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم، با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم بدست می‌آید. به عبارت دیگر، در این روش، ارزش یک متغیر براساس میانگین همسایه‌ها در محدوده‌های معین محاسبه می‌شود.

کرده و در دمای ۸۰ تا ۹۰ درجه سلیسیوس حرارت داده تا خشک شود، این عمل را دو بار تکرار و سپس ۱۰ میلی لیتر فلئوئوریک اسید اضافه و در دمای ۱۵۰ تا ۱۶۰ درجه سلیسیوس حرارت داده تا خشک شود این عمل را نیز دو بار تکرار و آنگاه ۱۵ میلی لیتر نیتریک اسید و ۵ میلی لیتر پرکلریک اسید اضافه و در دمای ۱۸۰ تا ۱۹۰ درجه سلیسیوس حرارت قرار داده تا خشک شود. در مرحله آخر ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱۰٪ اضافه کرده و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت حرارت داده و سپس با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. غلظت عناصر با دستگاه جذب اتمی مدل Analytikjena ContraAA 330 اندازه‌گیری شد.

۲-۲- روش آماری و زمین آماری

برخی شاخص‌های آماری نمونه‌ها شامل آمار توصیفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید. در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار (Version 5.1) GS⁺ نیم واریانس مربوط به متغیرهای مورد مطالعه محاسبه و برای ارزیابی بهترین برازش مدل‌های تئوری (خطی، نمایی و کروی) بر نیم واریانس تجربی از آماره‌های مجموع مربعات باقیمانده (RSS) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد. نیم واریانس، یک تابع آماری برای تجزیه و تحلیل ساختار مکانی متغیرهای ناحیه‌ای است [۱۳]. روش معمول برای مقایسه دو کمیت $Z(x_i)$ و $Z(x_i+h)$ در دو نقطه یکی به مختصات x_i و دیگری x_i+h که به فاصله h از هم قرار دارند، این است که اختلاف آنها بررسی و برای تمام موقعیت‌ها توان دوم این اختلاف به عنوان نیم واریانس با رابطه (۱) محاسبه گردد و از آنجایی که متوسط این کمیت، صفر یا نزدیک به صفر است در عمل مجذور اختلاف را در نظر می‌گیرند.

$$\gamma_i(h) = \frac{1}{2N_i(h)} \sum_{j=1}^{N_i(h)} [Z_i(x_j) - Z_i(x_j+h)]^2 \quad (1)$$

$N(h)$: تعداد زوج نمونه‌های به کار رفته در محاسبه نیم واریانس به ازای فاصله h است و معمولاً هرچه h افزایش یابد تعداد جفت نقاط کم می‌شود. $Z(x_i)$: مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در نقطه i و $Z(x_i+h)$ مقدار متغیر اندازه‌گیری شده در موقعیت مکانی $i+h$ است و $\gamma(h)$ را نیم واریانس می‌نامند. واریوگرام تمام متغیرها توسط برنامه نرم افزاری (Version 5.1) GS⁺ محاسبه و ترسیم شد. هدف

زیاد است. براساس نتایج آماری، میانگین روی کل اراضی کشاورزی جنوب تهران ۱۳۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم بوده است که با توجه به حد بحرانی سمیت روی کل در خاکها (۱۵۰-۱۲۵ میلی گرم در کیلوگرم) اراضی کشاورزی جنوب تهران از نظر غلظت کل روی در محدوده بحرانی قرار دارند. میانگین مس کل در اراضی جنوب تهران ۴۶/۱ میلی گرم در کیلوگرم بود. حد بحرانی سمیت مس براساس منابع و تحقیقات انجام شده ۱۵۰-۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم و به طور متوسط ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. میانگین غلظت منگنز کل در منطقه مورد مطالعه ۶۸۲/۵۸ میلی - گرم در کیلوگرم بود که نسبت به متوسط حد سمیت ۱/۲۵ درصد بالاتر بوده است. از آنجایی که میانگین غلظت، پارامتر خوبی برای بیان آلودگی و یا عدم آلودگی عناصر بیان شده در خاک نیست، بنابراین نقشه پراکنش هر یک از عناصر در هر یک از ۱۹۶ نقطه مورد مطالعه و نقشه پیوسته آن برای شناسایی نقاط آلوده از نقاط غیر آلوده و مساحت آن ها لازم و ضروری است.

۳-۲- توصیف زمین آماری

جهت بررسی و مطالعه ساختار مکانی عناصر مورد مطالعه بر اساس مقادیر کل، با در نظر گرفتن متوسط فاصله $h=1000$ متر و با توجه به اینکه توزیع فراوانی این عناصر نرمال بوده است، از داده های اصلی جهت ترسیم واریوگرام استفاده گردید. شکل (۲) واریوگرام های تجربی و مدل های نظری برازش داده شده مقادیر کل عناصر روی، آهن، مس، منگنز را نشان می دهند. همان طور که مشاهده می شود، با افزایش فاصله h مقدار واریوگرام نیز به تدریج تا فاصله معینی زیاد شده و از آن به بعد به حد ثابتی می رسد که نشانگر حد آستانه^۶ می باشد. در این فاصله مقدار واریوگرام به مقدار واریانس مشاهدات نزدیک می شود. فاصله ای که میزان واریوگرام به حد ثابتی می رسد، دامنه تاثیر^۷ نامیده می شود. دامنه تاثیر، فاصله ای است که در ماورای آن، نمونه ها برهم تاثیری نداشته و آنها را می توان مستقل از یکدیگر محسوب نمود. این فاصله اطلاعاتی در رابطه با حد مجاز فاصله نمونه برداری ارائه می دهد. معمولاً مقدار واریوگرام در مبداء صفر نبوده و واریوگرام ها از مرکز مختصات محور واریوگرام عبور نمی کند، این مقدار را اصطلاحاً اثر قطعه ای^۸ می نامند. اثر قطعه ای ناشی از عواملی

به این ترتیب که معکوس فواصل از نقاط مجهول وزن دهی می شود. هرچه فاصله نقطه مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد، وزن ارزش آن نقاط افزایش می یابد و نقاطی که ارزش آن نامعلوم است با استفاده از نقاط اطراف در یک شعاع مشخص برآورد می شود در روش وزن دهی عکس فاصله از توان های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ استفاده می شود و معمولاً از توان دوم معکوس فواصل استفاده می شود و برای افزایش وزن فواصل، مقدار توان افزایش می یابد. هرچه فاصله داده معلوم از نقطه مجهول افزایش یابد، وزن ها براساس فاصله کاهش می یابند. هنگامی که توان صفر است نقش فاصله از بین می رود و مقدار نامعلوم از میانگین نقاط همسایه بدست می آید و اگر توان افزایش یابد، نقش فاصله افزایش و فاصله های نزدیک تر، وزن بالاتری می یابند [۶]. رابطه (۵) بیان آماری وزن دهی عکس فاصله می باشد.

$$\hat{Z}(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d^{\alpha_i}} Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d^{\alpha_i}}} \quad (5)$$

di: فاصله بین نقطه تخمین تا هر کدام از نمونه های واقع در همسایگی آن، $\hat{Z}(x_i)$: مقدار تخمینی خاصیت مورد نظر در نقطه x_i ، $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده خاصیت مورد نظر در نقطه x_i و α : توان عکس فاصله می باشد. RMSE صحت تخمین را نشان می دهد و هر روشی که RMSE آن کوچک باشد صحت آن بیشتر خواهد بود [۱۲ و ۱۶]. پهنه بندی مقادیر کل عناصر آهن، روی، مس و منگنز با کمک نرم افزار ArcGIS, 10 انجام گرفت. مقادیر دو معیار ME و RMSE از روابط زیر محاسبه شدند.

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{Z}(x_i) - Z(x_i)] \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{Z}(x_i) - Z(x_i)]^2} \quad (7)$$

۳- نتایج و بحث

۳-۱- توصیف آماری

میانگین آهن کل در خاک های منطقه مورد مطالعه ۲۹/۳۷ گرم بر کیلوگرم است (جدول ۱)، هر چند حد مجاز مشخصی برای آهن کل در منابع بیان نشده است، اما مقدار این عنصر در بیشتر خاک های مورد مطالعه زیاد تا بسیار

جدول ۱- توصیف آماری غلظت کل عناصر آهن، روی، مس و منگنز در منطقه مورد مطالعه (mg kg^{-1})

متغیر	تعداد نمونه	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
آهن کل	۱۹۶	۲۹/۳۷	۲۷/۵۵	۱۷۰/۲	۰/۲۵	۱۸/۸	۴/۴۱	۲۷/۷	۰/۶۴
روی کل	۱۹۶	۱۳۱/۱۶	۱۱۹/۲۵	۶۳۲	۰/۱	۶۳/۴۸۱	۳/۵۵	۲۱/۹۹	۰/۴۸
مس کل	۱۹۶	۴۶/۱۱	۴۳/۷۷	۱۸۸	۱	۱۶/۳۸	۴/۳۹	۳۳/۰۲	۰/۳۵
منگنز کل	۱۹۶	۶۸۲/۵۹	۶۷۷/۵۰	۱۲۵۱	۲۱۰	۱۹۵/۶۰۸	۰/۱۱۶	-۰/۵۵	۰/۲۸

مانند تغییرات خصوصیت مورد بررسی در فواصل کمتر از کوتاه‌ترین فاصله نمونه‌برداری، خطاهای اندازه‌گیری و آزمایشگاهی و دیگر تغییرات غیرقابل پیش بینی می‌باشد [۴، ۸ و ۲۰]. بهترین مدل برازش داده شده برای آهن و منگنز کل، مدل نمایی و برای روی و مس کل مدل کروی به دست آمده است. پارامترهای مربوط به این مدل‌ها در جدول (۲) آورده شده است. مدل کروی مشابه مدل سه بعدی مدور است که تابع واریوگرام آن به صورت رابطه (۸) است، در این مدل شیب در مبداء برابر $3c/2a$ است. در حالی که در مدل نمایی تابع واریوگرام به صورت رابطه (۹) است، مجانب شدن تابع نمایی و رسیدن به حد آستانه، بسیار آهسته و بطئی صورت می‌گیرد. در نتیجه مدل نمایی فاقد دامنه‌ی معین و قطعی است. بنابراین، جهت به کارگیری این مدل در تخمین، اقدام به تعیین دامنه تاثیر یا دامنه کارپردی می‌گردد. دامنه تاثیر عبارت از فاصله ای است که مقدار تابع واریوگرام، برابر ۹۵ درصد واریانس آستانه است. این فاصله معمولاً 3τ تقریب زده می‌شود. در این مدل، شیب در مبداء برابر c/τ است.

نتایج ارزیابی دو روش درون‌یابی کریجینگ و وزن دهی عکس فاصله (IDW) یادشده در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌گونه که قبلاً بیان گردید هرچه مقادیر دو معیار ارائه شده در جدول، کوچک‌تر باشد بیانگر این مطلب است که تفاوت میان مقدار واقعی و مقدار پیش‌بینی شده کمتر و دقت آن روش در برآورد مقادیر کل عناصر آهن، روی، مس و منگنز بیشتر می‌باشد. نتایج آماره‌های ارزیابی نشان داد که تخمین‌گر کریجینگ برای چهار متغیر آهن، روی، مس و منگنز میانگین خطا و ریشه میانگین مربعات خطای کمتری نسبت به تخمین‌گر عکس فاصله (IDW) با توان متفاوت نشان می‌دهد، بنابراین بر اساس روش کریجینگ پهنه‌بندی مقادیر کل عناصر مورد مطالعه صورت گرفت. در یک تحقیق با هدف مقایسه روش کریجینگ معمولی و لاگ نرمال و تخمین عکس فاصله با توان‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ جهت پهنه‌بندی کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری گزارش گردید که تخمین‌گر کریجینگ نسبت به عکس فاصله میانگین خطا و ریشه میانگین مربعات خطای کمتری را نشان می‌دهد [۱۹]. برای مدیریت بهینه کودی و پهنه بندی عنصر روی از روش‌های زمین آماری کریجینگ و عکس فاصله وزنی استفاده و به دلیل عدم تفاوت زیاد از نظر معیارهای آماری، روش کریجینگ نسبت به روش عکس فاصله وزنی تخمین‌گر بهتری معرفی گردید [۱۰].

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left\{ \frac{3h}{2a} + \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right\} & \text{for } h \leq a \\ c & \text{for } h > a \end{cases} \quad (8)$$

$$\gamma(h) = c \left\{ 1 - \exp \left(- \frac{h}{\tau} \right) \right\} \quad (9)$$

در روابط (۸) و (۹)، پارامترهای c ، a ، τ و h به ترتیب عبارت از حد آستانه، دامنه، فاکتور فاصله و گام می‌باشند [۱۳]. بیشترین دامنه تاثیر مربوط به عنصر آهن (۱۳۸۰ متر) و کمترین دامنه تاثیر مربوط به عنصر روی (۱۱۹۰ متر) می‌باشد. بیشترین اثر قطعه‌ای متعلق به عنصر آهن (۰/۲۷) و کمترین اثر قطعه‌ای متعلق به عنصر منگنز (۰/۰۰۱) می‌باشد. استحکام ساختار فضایی متغیرها با کمک نسبت

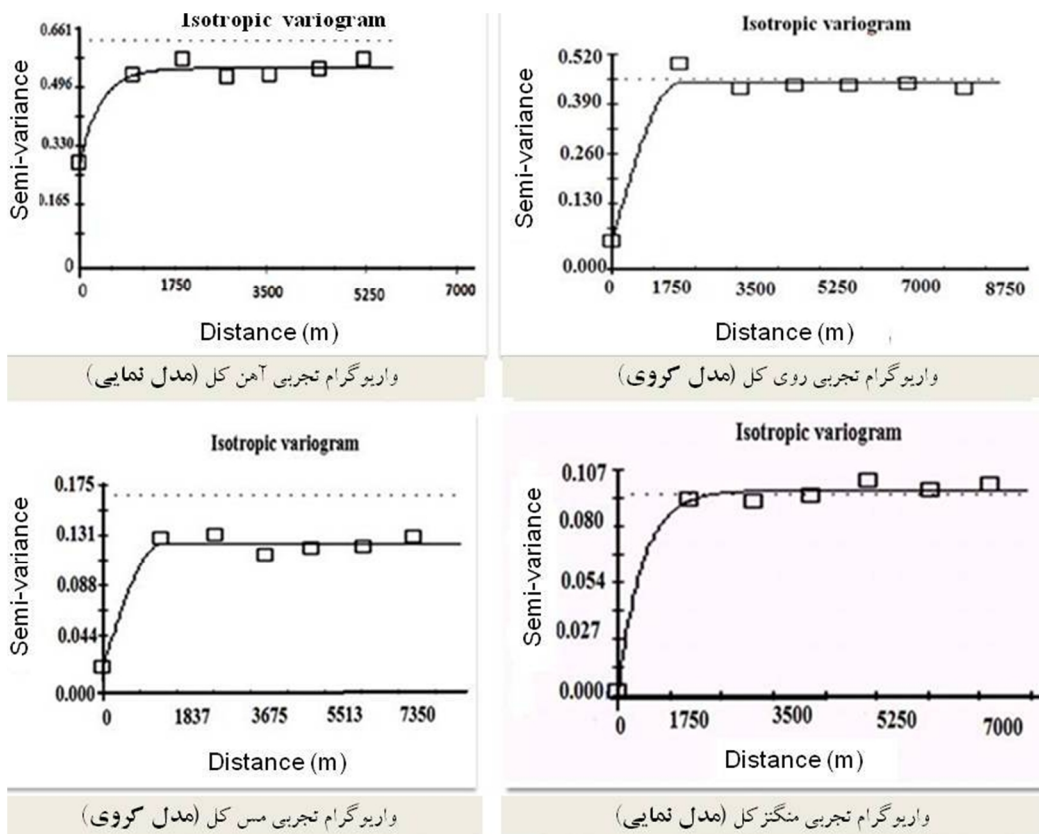
جدول ۲- ضرایب مدل‌های برازش داده شده بر واریوگرام تجربی عناصر و مقادیر کنترل اعتبار برای تخمین کریجینگ

نوع متغیر	تعداد نمونه	کلاس همبستگی مکانی	معیار وابستگی مکانی $C_0/(C+C_0)$	دامنه تاثیر (m)	سقف $(C+C_0)$	اثر قطعه‌ای (C_0)	مدل برازش داده شده	R^2	RSS
آهن کل	۱۹۶	متوسط	۰/۵۰	۱۳۸۰	۰/۵۴	۰/۲۷	نمایی	۰/۹۶	۲/۲۵
روی کل	۱۹۶	قوی	۰/۰۷	۱۱۹۰	۰/۴۴	۰/۰۳	کروی	۰/۹۷	۳/۲۴
مس کل	۱۹۶	قوی	۰/۰۸	۱۲۰۰	۰/۱۲	۰/۰۱	کروی	۰/۹۷	۲/۴۲
منگنز کل	۱۹۶	قوی	۰/۰۱	۱۲۳۰	۰/۰۹	۰/۰۰۱	نمایی	۰/۹۹	۶/۴

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های زمین آماری کریجینگ و وزن دهی عکس فاصله (IDW) (واحد: $mg.kg^{-1}$)

متغیر	آماره‌های ارزشیابی	کریجینگ	عکس فاصله (IDW)				
			۱*	۲*	۳*	۴*	۵*
آهن کل	ME	۱/۲۵	۱/۲۴	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۶	۱/۲۵
	RMSE	۲/۱۴	۴/۸۴	۴/۸۶	۴/۸۵	۴/۸۴	۴/۸۵
روی کل	ME	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۶
	RMSE	۹/۶۴	۸۸/۷۲	۸۸/۶۹	۸۸/۷۱	۸۸/۷۲	۸۸/۷۰
مس کل	ME	-۰/۰۴۷	-۰/۰۹۷	-۰/۰۹۷	-۰/۰۹۸	-۰/۰۹۶	-۰/۰۹۸
	RMSE	۱۲/۹۲	۱۶/۹۹	۱۷/۹۲	۱۷/۹۰	۱۷/۹۲	۱۷/۹۰
منگنز کل	ME	-۱/۷۶	-۳/۰۷	-۳/۰۸	-۳/۰۸	-۳/۰۷	-۳/۰۸
	RMSE	۰/۰۲۴	۲۲۰/۷۲	۲۲۰/۷۰	۲۲۰/۷۲	۲۲۰/۷۱	۲۲۰/۷۰

ME: میانگین خطا، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطای تخمین، * پارامتر توان



شکل ۲- واریوگرام تجربی آهن، روی، مس و منگنز به همراه مدل برازش داده شده

۳-۳ - پهنه بندی به روش کریجینگ

بیش از ۹۲ درصد از کل منطقه مورد مطالعه دارای ۲۰ تا ۴۰ گرم آهن کل در هر کیلوگرم خاک و ۲ درصد نیز دارای بیشتر از ۴۰ گرم آهن کل بر کیلوگرم خاک هستند. با توجه به نقشه‌های تهیه شده و نوع کاربری منطقه بیشترین مقدار آهن کل در اطراف اتوبان تهران-قم و نزدیک مراکز صنعتی (لوله سازی و ایران خودرو دیزل) و مسکونی (چهار دانگه) متمرکز می‌باشد، پس می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر مواد مادری خاک نوع کاربری منطقه نیز مؤثر است (جدول ۴ و شکل ۳). در همین راستا مشتاق و سیفاله خان^۹ [۱۵] افزایش مقدار کل آهن از ۷۵۰۰ تا ۳۰۵۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک را پس از آبیاری به مدت بیش از ۱۰ سال با فاضلاب و پساب کارخانه در منطقه راولپندی پاکستان گزارش کردند. خداکرمی و همکاران [۱۱] جهت توزیع مکانی فلزات سنگین از جمله آهن، با بررسی ۲۸۶ نمونه خاک در استان همدان عامل مؤثر بر تجمع فلزات سنگین را ساختار زمین‌شناسی دانسته اما فعالیت‌های کشاورزی نیز به دلیل مصرف بالای کودهای شیمیایی تاثیرگذار گزارش شده است. براساس نقشه پهنه‌بندی کریجینگ (شکل ۳ و جدول ۴)، مشخص گردید که ۱۰/۵ درصد (۲۰۹۲ هکتار) از اراضی منطقه دارای بیشترین مقدار روی (بیشتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در مجاور کارخانجات صنعتی، حواشی رودخانه کن، در محل‌های دفع نخاله، مجاور دامداری‌ها و اراضی متاثر از آبیاری با آب فاضلاب قرار دارند، ۸۸/۲ درصد (۱۷۶۴۰ هکتار) از اراضی دارای ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم خاک هستند که در محدوده بحرانی مجاز (۱۲۵ تا ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) قرار دارند و ۱/۴ درصد (۲۶۸ هکتار) از اراضی منطقه دارای مقدار روی کل کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند. با توجه به نقشه پهنه‌بندی مس کل، در ۸۲/۰۲ درصد (۱۶۴۰۴ هکتار) از منطقه مورد مطالعه مقدار مس کل کمتر از ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حدود ۱۷/۸ درصد (۳۵۶۸ هکتار) دارای مقدار ۵۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است که البته با توجه به به حد مجاز فعلاً مشکل حادی نداشته اما بایستی مورد توجه قرار گیرند تا غلظت مس کل در این اراضی به حد سمیت نرسد. ۲۸ هکتار از اراضی مورد مطالعه دارای غلظت بیشتر از ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بوده و جزء خاک‌های آلوده محسوب می‌شوند (جدول ۴). با توجه به یکنواختی

مقدار مس کل در نقشه پهنه‌بندی (شکل ۳) و دامنه تاثیر مس و ضریب تغییرات مس، بالا بودن مقدار مس را می‌توان به نوع ماده مادری خاک و خصوصیات ذاتی خاک مربوط دانست. در همین راستا تقی‌پور و همکاران [۱۹] تغییرات مکانی مقدار کل مس در خاک‌های سطحی اطراف همدان را مورد بررسی قرار داده و بیان کردند که عامل مؤثر بر روند افزایشی مس کل علاوه بر کاربری‌های منطقه، نوع مواد مادری می‌باشد. در همین راستا مشتاق و سیفاله خان [۱۵] افزایش مقدار کل روی و مس به ترتیب از ۱۳/۹ تا ۱۹۷ و ۲/۲ تا ۷۴/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک را پس از آبیاری به مدت بیش از ۱۰ سال با فاضلاب و پساب کارخانه در منطقه راولپندی پاکستان گزارش کردند. نتایج بررسی این محققین نشان داد که علیرغم افزایش غلظت عناصر فوق، مقدار آنها هنوز کمتر از حدود استاندارد کمیسیون اتحادیه اروپاست [۳].

با توجه به نقشه کریجینگ (شکل ۳ و جدول ۴)، ۱۳/۳ درصد (۲۶۶۰ هکتار) از اراضی جنوب تهران دارای غلظت منگنز بیشتر از ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند که عمدتاً در مسیر اتوبان تهران-قم، نزدیک رودخانه کن، مناطق صنعتی و مسکونی مانند کارخانجات پارچه بافی و تحت تاثیر فعالیت‌های صنعتی، مسکونی و ضایعات استخراجی این صنایع از طریق رودخانه کن و انتقال از طریق خطوط حمل و نقل شهری و بین شهری می‌باشند. ۴۷ درصد (۹۴۰۰ هکتار) از اراضی دارای مقدار کل منگنز بیشتر از ۶۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و جزء خاک‌های آلوده به منگنز می‌باشند. ۵۳ درصد (۱۰۶۰۰ هکتار) دارای غلظت منگنز کل ۶۸۲-۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشند و بیشترین سطح منطقه را در بر می‌گیرند (جدول ۴). با توجه به اینکه حد مجاز سمیت منگنز ۶۸۲ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک گزارش شده است، حدود نیمی از اراضی محدوده مورد مطالعه از نظر مقدار منگنز آلوده می‌باشند و در این آلودگی فعالیت‌های صنعتی، مسکونی، حمل و نقل جاده‌ای به همراه نوع مواد مادری خاک‌های منطقه نیز می‌تواند مؤثر باشد.

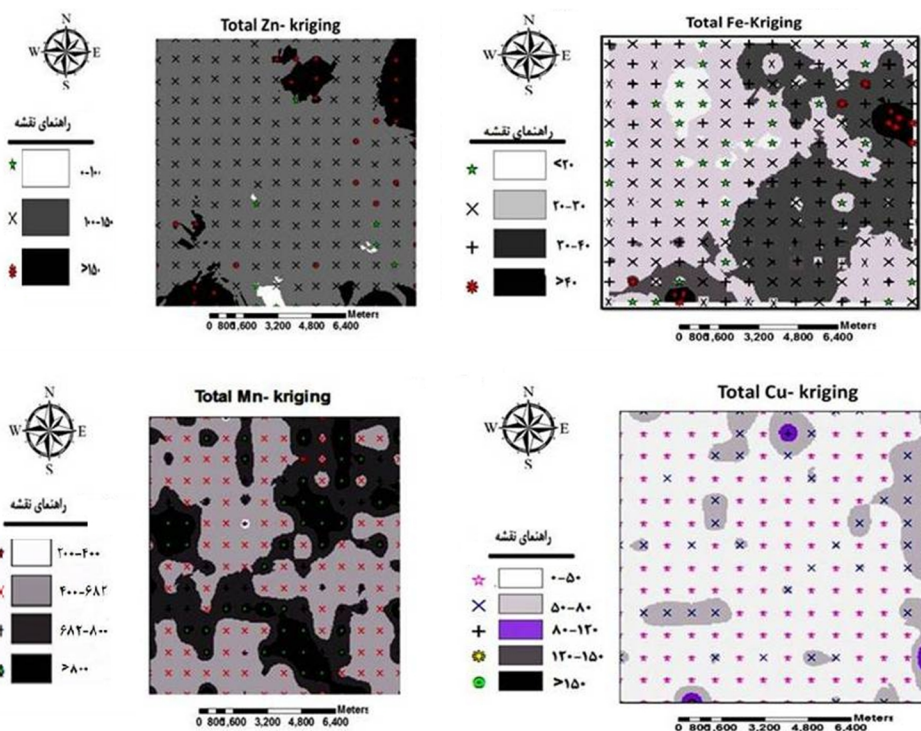
یی و همکاران^{۱۰} [۲۱] در تحقیقات خود گزارش کردند که پستی و بلندی، مواد مادری، آب آبیاری، نوع بهره‌برداری از زمین، مقدار pH و کربن آلی خاک تاثیر معنی داری بر مقدار قابلیت دسترس عناصر آهن، منگنز، روی و مس دارد.

خطر آلودگی هستند [۷]. ازه و همکاران^{۱۱} [۵] گزارش کردند که بهره‌برداری از معادن کوچک باعث آلودگی اراضی کشاورزی اطراف آن به عناصر سنگین شده است، به طوری که میانگین مقدار کل عنصر روی خاک سطحی از ۹۰ به ۱۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار آن در برخی خاک‌ها به ۱۴۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسیده است.

هانی و پذیرا [۷] در بررسی توزیع مکانی برخی عناصر سنگین در اراضی جنوب تهران با استفاده از زمین آمار گزارش کردند که افزایش مقادیر کل عناصر مس، روی و سرب ناشی از فعالیت‌های انسانی بوده در حالی که عناصر کرم، کبالت و نیکل ناشی از ماهیت خاک بوده است. نتایج این محققین نشان داد که خاک‌های منطقه مورد مطالعه از نظر افزایش مقدار کل مس و روی در معرض

جدول ۴- مساحت و درصد اراضی با مقادیر مختلف آهن، روی، مس و منگنز کل

نوع متغیر	حد مجاز (mg.kg ⁻¹)	مساحت (هکتار)	روش ترسیم نقشه	مساحت (درصد)	مقادیر کل عناصر (mg.kg ⁻¹)
آهن کل	-	۶	کریجینگ معمولی	۱۲۰۰	۰-۲۰۰۰۰
		۶۱		۱۲۲۰۰	۲۰۰۰۰-۳۰۰۰۰
		۳۱		۶۲۰۰	۳۰۰۰۰-۴۰۰۰۰
روی کل	۱۲۵-۱۵۰	۲	کریجینگ معمولی	۴۰۰	>۴۰۰۰۰
		۱۷۳		۲۶۸	۰-۱۰۰
		۸۸/۲		۱۷۶۴۰	۱۰۰-۱۵۰
مس کل	۱۲۰	۱۰/۵	کریجینگ معمولی	۲۰۹۲	> ۱۵۰
		۸۲/۰۲		۱۶۴۰۴	۰-۵۰
		۱۷/۰۷		۳۴۱۴	۵۰-۸۰
منگنز کل	۶۸۲	۰/۷۷	کریجینگ معمولی	۱۵۴	۸۰-۱۲۰
		۰/۱۱		۲۲	۱۲۰-۱۵۰
		۰/۰۳		۶	>۱۵۰
		۰	کریجینگ معمولی	۰	۲۰۰-۴۰۰
		۵۲		۱۰۶۰۰	۴۰۰-۶۸۲
		۳۳/۷		۶۷۴۰	۶۸۲-۸۰۰
		۱۳/۳		۲۶۶۰	>۸۰۰



شکل ۳- پهنه بندی مقادیر کل عناصر آهن (g.kg⁻¹), روی، مس و منگنز (mg.kg⁻¹) در منطقه مورد مطالعه

۴- نتیجه گیری

ممنوع شده است، اما عدم نظارت کافی و تغییر کاربری زمین از زراعی به سبزی و صیفی کاری باعث افزایش خطر آلودگی محصولات کشاورزی در زمین های مذکور خواهد شد. ضمن اینکه جلوگیری از آلودگی بیشتر مناطقی که غلظت عناصر در آنها در حال حاضر کمتر از حد مجاز است، اما غلظت آنها به اندازه ای بالاست که ادامه شرایط فعلی ممکن است در آینده ای نه چندان دور این اراضی را هم به جمع خاک های آلوده اضافه نماید، باید مورد توجه قرار گیرد.

پی نوشت ها

- ¹ Inverse Distance Weighting (IDW)
- ² Radial Basis Function (RBF)
- ³ Sichuan
- ⁴ Mean Error (ME)
- ⁵ Root Mean Square Estimation Error (RMSE)
- ⁶ Sill
- ⁷ Range
- ⁸ Nugget Effect
- ⁹ Moshtaq and Saifollah Khan
- ¹⁰ Yi, et al.
- ¹¹ Ezeh et al.

منابع

- [1] Abdinejad P. Study of pollution industry sources subterranean water plain zanzan by GIS. National congress Geomatic; 2009; 89. [In Persian]
- [2] Aghili F, Khoshgoftarmanesh A, Mobli M. Concentrations of iron, zinc, cadmium in soil and productive greenhouses in Isfahan Province. Iranian Congress of Soil Science Gorgan; 2009; 1105-1106. [In Persian]
- [3] Council of the European Communities (ECC). Council directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in Agriculture. Official. J. Eur. Comm. L.; 1986; 181:6-12.
- [4] Dayani M, Naderi M, Mohammadi J. Statistical evaluation of the spatial distribution of Zn in the surface soil of the Southern Esfahan. Proceedings of the Eleventh Congress of Soil Science, Gorgan; 2010; 1498-1499. [In Persian]
- [5] Ezeh H, N, Chukwu E. Small scale mining and heavy metals pollution of agricultural soils: The case of Ishiagu mining district, South Eastern Nigeria. Journal of Geology and Mining Research; 2011; 3(4) : 87-104.
- [6] Ghahroudi tali M. Geographic information system in the 3- Dimensional Environment

نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط غلظت کل عنصر آهن در ۱۹۶ نقطه مورد مطالعه در ۲۰۰۰۰ هکتار اراضی جنوب تهران ۲۹/۳۷ گرم در کیلوگرم خاک و متوسط غلظت کل عناصر روی، مس و منگنز به ترتیب ۱/۳۱، ۱/۴۶ و ۶/۸۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد. توزیع جغرافیایی مقادیر کل عناصر و پهنه بندی آنها نشان داد که آلودگی خاک به منگنز و روی به صورت گسترده در خاک های منطقه وجود دارد. تطابق نقشه کاربری اراضی با نقشه های پیوسته عناصر آهن، روی، مس و منگنز نشان دهنده تاثیر پذیری کم تا بسیار زیاد نوع کاربری بر مقادیر هر یک از عناصر بیان شده می باشد. هر چند مقدار کل مس از محدوده مجاز کمتر می باشد، اما بررسی مقادیر مس نشان می دهد که غلظت آن در اغلب نقاط مطالعه نزدیک محدوده مجاز بوده است، که نیازمند دقت و کنترل بیشتر عوامل افزایش این عنصر به خاک منطقه مورد مطالعه می باشد. نتایج حاصل از تجزیه آهن کل نشان داد که مقدار آن در خاک های منطقه مورد مطالعه به صورت قابل توجهی افزایش یافته و محدوده ای افزایش شدید در حاشیه اتوبان تهران-قم و اطراف صنایع مرتبط با آهن و فولاد و همچنین مناطق مسکونی است. چنین افزایشی می تواند تایید کننده نقش عوامل آلوده کننده بیان شده در محدوده مورد مطالعه باشد. نتایج حاصل از مقایسه دو روش کریجینگ معمولی و وزن دهی عکس فاصله در تهیه نقشه های پیوسته (پهنه بندی) بیانگر بهتر بودن روش کریجینگ نسبت به وزن دهی عکس فاصله بوده است. با استناد به دستاوردهای این تحقیق و کاربرد ارزشمند تکنیک زمین آمار در تهیه نقشه های پیوسته، پیشنهاد می گردد، مراجع ذیصلاح هر چه سریع تر نسبت به تهیه چنین نقشه هایی برای تمامی فلزات سنگین در کل اراضی جنوب تهران اقدام نمایند، چون این روش ضمن کاهش هزینه ها در شناسایی مناطق آلوده بسیار موثر است. پیشنهاد می گردد اقدام عملی جهت اعمال مدیریت خاص از قبیل ممانعت از ورود مستقیم فاضلاب شهری و صنعتی به اراضی کشاورزی و رودخانه کن صورت گیرد. در حال حاضر نهرهای بزرگ و متعددی از فاضلاب ها با رنگ کاملاً تیره به طور مسقیم در اراضی زراعی استفاده می گردد، هر چند استفاده از این آب برای سبزی کاری

- urban highways of Mashhad Chenaran, M.Sc, thesis Soil Science, Faculty of Agriculture ,Ferdowsi Mashhad; **2008**. [In Persian]
- [19] Taghipour M, Ayoubi Sh, Khademi H. Spatial analysis of the total concentration of nickel and copper in the surface soils of Hamadan geostatistical methods. *Journal of Soil and Water Conservation*; **2011**; 17: 69-86. [In Persian]
- [20] Trangmar B, B, Yost R, S, Uehara G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advanced Agri*; **1985**; 38: 45-94.
- [21] Yi Z, Yan C, Chang-quan W, Guo-xiang X. Characters and influencing factors of the distribution of cultivated available soil Fe, Mn, Cu and Zn in Xichang city, Sichuan Province, China. *Journal of Geography and Geology*; **2012**; 4(2): 115-123.
- [22] Yongfeng W, Congqiang L, Chenglong T. Distribution and sequential extraction of some heavy metals in urban soils of Guiyang City, China. *Chin. J. Geoche.* ; **2009**; 27:401-406.
- (ArcGIS 3-D). University Jihad, Univ. Tarbiat Moallem Press; **2005**; p. 273. [In Persian]
- [7] Hani A, Pazira E. Heavy metals assessment and identification of their sources in agricultural soils of Southern Tehran, Iran. *Environ Monit Assess*; **2011**; 176:677-691
- [8] Hasanipak A. Geostatistics. Tehran Univ. Press; **1998**; P. 314. [In Persian]
- [9] Hossner L, R. Dissolution for total elemental analysis. In: D. L. Sparks et al.(Ed) methods of soil analysis. **1996**. Part 3, 3rd ed. ASA. SSSA. Madison, WI.
- [10] Jalali Gh, Malakoti M, J, Tehrani M, M, Ghasemi Dehkordi V, R. Determining spatial distribution of critical levels for soybean in eastern province Mazandaran. *Soil Research (Soil and Water Sciences)*; **2011**; 25:176-186. [In Persian]
- [11] Khodakarami L, Soffianian A, R, Mohamadi Towfigh E, Mirghafari N, A. Study of heavy metals concentration Copper, Zinc and Arsenic of soil, using GIS and RS techniques (Case study: Kaboudarahang, Razan and Khonjin-Talkhab catchment in Hamedan province) . *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science*; **2011**; 2: 79-88. [In Persian]
- [12] Mohammadi J. Review on fundamentals of geostatistics and its application to soil science. *J. of Soil and Water Sci*; **2001**; 15(1): 99-121. [In Persian]
- [13] Mohammadi J. Spatial statistics (Geo statistics-part 2). Pelk Pub. Tehran; **2006**; p. 453.
- [14] Norzadeh haddad M, Mahdian M, H, Khavazi K, -Malakoti M, J. Mapping zinc fertilizer in order to optimize the management methods of geostatistics. *Proceeding of 11th Conference of Soil Science, Gorgan*; **2009**; 1042-1044.
- [15] Mushtaq, N., Saifullah Khan, K. Heavy metals contamination of soils in response to wastewater irrigation in Rawalpindi region. *Pak. J. Agri. Sci.*; **2010**; 47(3): 215-224.
- [16] Robinson T, P, Metternicht G. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. Elsevier B.V. All rights reserved. doi; **2005**; 10.1016/j. compag.
- [17] Shakouri M, Shabanpour M, Asadi H, Davatgar N, Babazadeh Sh. Evaluation efficiency spatial interpolation techniques in mapping organic carbon and bulk density paddy soils of Guilan. *Journal of Water and Soil Conservation*; **2011**; 18(2): 195-209. [In Persian]
- [18] Shirani M. Spatial zinc, lead, cadmium, and nickel in soil, some agriculture, industrial and



