

پهنه بندی سرب، کروم، کبالت، مس و نیکل در خاک سطحی شهرستان همدان با استفاده از GIS و زمین آمار

پریسا فرزانه^{۱*}

parifarzaneh@yahoo.com

علیرضا سفیانیان^۲

فرامرز معطر^۳

چکیده

یکی از مهم ترین آلاینده های خاک، فلزات سنگین می باشند. افزایش سطوح آن با توجه به پایداری آن ها در محیط زیست، منجر به جلب توجه محققان در دهه های اخیر شده است. سه هدف از این مطالعه، تعیین توزیع مکانی سرب، کروم، کبالت، مس و نیکل در خاک سطحی شهرستان همدان می باشد.

بدین منظور با استفاده از روش نمونه برداری سیستماتیک، نمونه های خاک سطحی از عمق (۰ - ۲۰ cm) برداشت گردید و غلظت فلزات سنگین و برخی پارامترهای خاک از جمله pH و درصد شن، سیلت و رس در نمونه های خاک آنالیز شد. برای پهنه بندی غلظت فلزات سنگین از روش های زمین آماری استفاده گردید و با کمک آنالیز همبستگی مکانی عناصر مختلف از طریق روش های توابع شعاعی پایه، کریجینگ معمولی و روش معکوس وزنی فاصله پهنه بندی شدند. دقت روش ها با استفاده از خطای قدر مطلق میانگین و خطای بایاس میانگین مقایسه شد و روشی که دارای بالاترین میزان دقت بود برای تهیه نقشه فلزات سنگین خاک مورد استفاده قرار گرفت.

نقشه های توزیع کروم، کبالت و سرب با استفاده از توابع پایه شعاعی، مس با استفاده از روش معکوس وزنی فاصله، نیکل با استفاده از کریجینگ معمولی با مدل نمایی تهیه شدند. مطابقت نقشه های به دست آمده در مناطقی با بیشترین میزان غلظت عناصر کروم، کبالت و نیکل با سنگ بستر آذرین و دگرگونی نشان داد زمین شناسی از مهمترین فاکتور مؤثر بر غلظت این عناصر می باشد. بیشترین غلظت سرب در محدوده شهر همدان که از روی هم گذاری نقشه کاربری اراضی و توزیع غلظت سرب مشخص شد، سرب در منطقه توسط ساختار زمین شناسی، فعالیت های کشاورزی و همچنین آلودگی شهری کنترل می شود. در حالی که عنصر مس از سنگ بستر نشات می گیرد، اما مصرف بی رویه کودهای شیمیایی در فعالیت های کشاورزی نیز می تواند موجب افزایش مقدار این عنصر در خاک گردد.

کلمات کلیدی: توزیع مکانی، زمین آمار، فلزات سنگین، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شهرستان همدان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی های محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران* (نویسنده مسئول)

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استاد گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

مقدمه

یکی از مهم ترین آلاینده های خاک، فلزات سنگین می باشند. افزایش سطوح آن با توجه به پایداری آن ها در محیط زیست، منجر به جلب توجه محققان در دهه های اخیر شده است (۱-۳).

فعالیت های انسانی به طور مستقیم و گاهی غیرمستقیم بر کیفیت و عملکرد محیط زیست تاثیرگذار است. برای فراهم کردن یک محیط زیست پایدار جنبه های مختلفی شامل خاک مناسب و عاری از آلودگی فلزات سنگین، باید مورد ملاحظه و بررسی قرار گیرد (۴).

در دهه های اخیر، فلزات سنگین به دلایل خصوصیت آلاینده گی ویژه آن ها بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. برخی از این ویژگی ها عبارتند از:

۱. آن ها مانند بسیاری از رادیو نوکلئیدها و مواد آلی در طول زمان تجزیه نمی شوند.
۲. ورود آن ها در خاک می تواند با هوازدگی سنگ های مادری و پدوژنزی ارتباط داشته باشد.
۳. اغلب به صورت کاتیون ها هستند. در نتیجه تغییر شرایط زیست محیطی در اثر فعالیت های انسان (تغییر کاربری زمین، کشاورزی و تغییرات اقلیمی) یا از طریق اشیاع شدن بیش از ظرفیت بافری خاک می توانند تحرک پیدا کرده که در چنین وضعیتی بسیار خطرناک خواهند بود (۵).

آلودگی فلزات سنگین نه تنها به طور مستقیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فعالیت بیولوژیکی و کاهش دستیابی زیستی مواد مغذی در خاک تأثیر می گذارند، بلکه خطر جدی برای سلامتی انسان با ورود به زنجیره غذایی و همچنین امنیت زیست محیطی از طریق نفوذ در آب های زیرزمینی محسوب می شوند (۵).

در تجزیه و تحلیل و ارزیابی آلودگی های زیست محیطی، برنامه ریزان نیازمند اطلاعاتی در زمینه موقعیت، مقدار و پراکنش آلودگی در منطقه معین می باشند (۶).

اغلب مطالعات در مورد آلودگی فلزات سنگین مانند ارزیابی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین با تعیین توزیع

مکانی آن ها آغاز می شود (۷). بدلیل واریانس بالای داده های زیست محیطی بسیاری از محققان با مسائل مربوط به ارزیابی و تفسیر بهتر این داده ها مواجه اند. در این زمینه لزوم بکارگیری روش های پیشرفته آماری ضرورت دارد. علم زمین آمار از دقیق ترین روش هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات مکانی و زمانی داده ها قادر به تهیه نقشه های کمی توزیع آلودگی با حداقل واریانس ممکن می باشد (۸). نقشه های مشخص کننده مناطق آلوده به فلزات سنگین و یا در معرض خطر آلودگی می تواند اطلاعات مهمی را در زمینه انتخاب و یافتن مناطق مناسب جهت کاربری های استفاده از سرزمین یا پاکسازی خاک در اختیار تصمیم گیران قرار دهد (۹). در بسیاری از مطالعات جهت ارزیابی میزان فلزات سنگین در خاک ها به بررسی توزیع مکانی با استفاده از روش زمین آمار پرداخته شده است. فاک چینلی و همکاران (۲۰۰۱) (۵)، کوتو و جولین (۲۰۰۱) (۱۰)، کریشنا و گوپل (۲۰۰۵) (۱۱) و مارتین و همکاران (۲۰۰۶) (۱۲) مطالعات گسترده ای را در زمینه کاربرد زمین آمار در بررسی تغییرات مکانی فلزات سنگین انجام داده اند. به دلیل برخورداری منطقه مورد مطالعه (شهرستان همدان)، از پتانسیل بالا برای تولیدات کشاورزی و متعاقباً تأثیر فعالیت های کشاورزی، نظیر استفاده از کودهای شیمیایی مختلف بر روی کیفیت خاک، گیاه و نهایتاً سلامت انسان لزوم انجام این پژوهش برای بررسی توزیع مکانی فلزات سنگین به عنوان یکی از آلاینده های مهم ناشی از این گونه فعالیت ها در خاک سطحی را، بیش از پیش آشکار می سازد. با توجه به این مهم، این تحقیق با هدف تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین سرب، کروم، کبالت، نیکل و مس در خاک سطحی شهرستان همدان با استفاده از روش های زمین آماری صورت گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

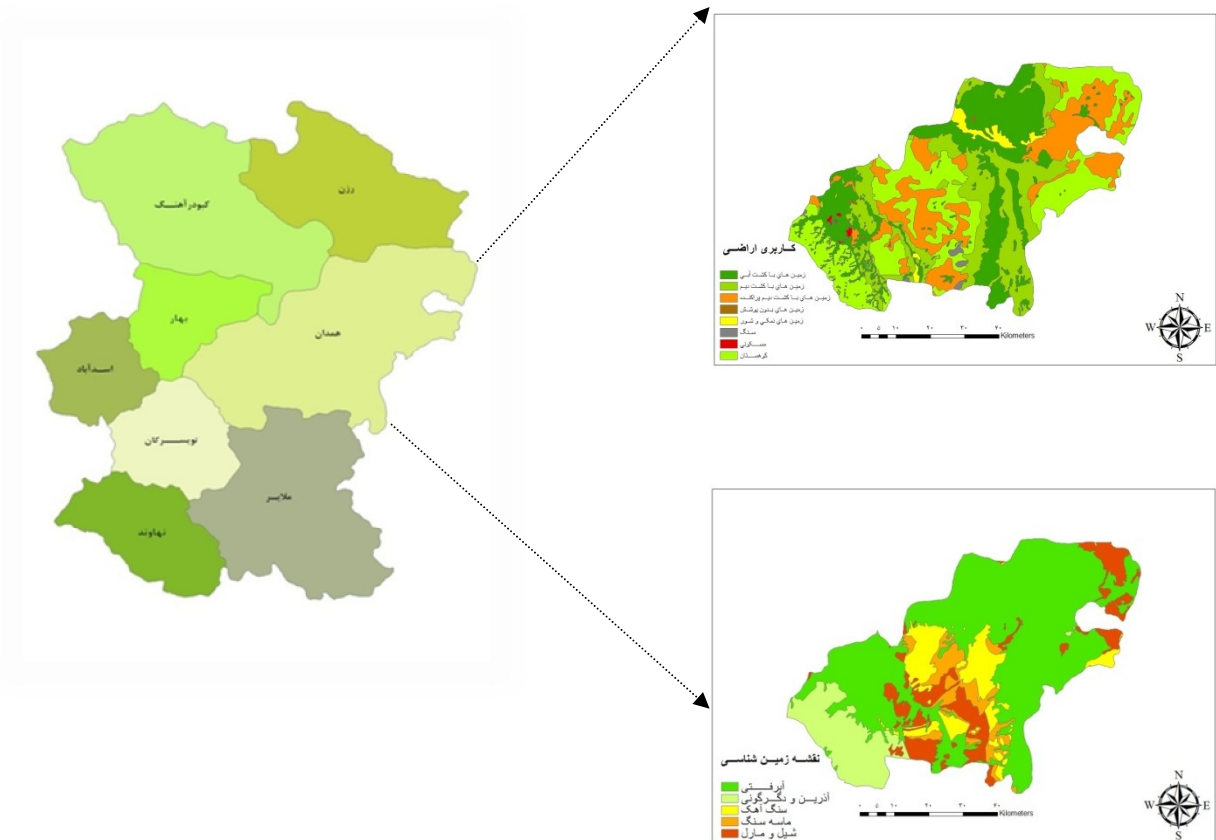
شهرستان همدان به وسعت ۴۱۱۸ کیلومتر مربع بر اساس آخرین تقسیمات جغرافیایی سال ۱۳۸۴ شهرستان همدان دارای پنج شهر که شامل همدان، جورقان، مریانج،

می‌شود و کشت‌های آبی شامل سیب زمینی، یونجه، سبزیجات و باغات است.

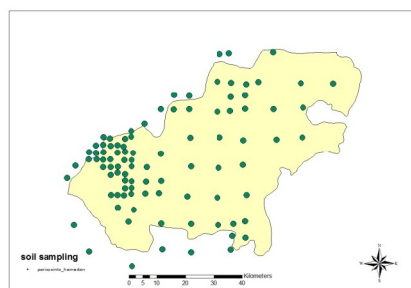
تشکیلات زمین شناسی غالب در منطقه شامل تشکیلات آبرفتی که بیشترین وسعت منطقه را در بر گرفته و سایر قسمت های منطقه شامل سنگ آهک، آذرین و دگرگونی، شیل و مارل و ماسه سنگ می‌باشد.

قهاوند، فامنین و ۱۲ دهستان که شامل ابرو، الوند کوه غربی، الوند کوه شرقی، سنگستان، گنبد، هگمتانه، جیهون دشت، چاه دشت، پیشخور، خرم دشت و مفتح می باشد (۱۳).

کاربری اراضی شهرستان همدان بیشتر شامل کشت آبی و کشت دیم می‌باشد که در بخش‌های مرکزی و غربی شهرستان دیده می‌شود. در اطراف شهر همدان کشت دیم گندم انجام



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقشه زمین شناسی و کاربری اراضی شهرستان همدان



شکل ۲- موقعیت نمونه برداری از خاک شهرستان همدان

۲-۳ آنالیز شیمیایی

نمونه‌های خاک هواخشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. عصاره‌گیری برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین خاک نیز با استفاده از HCL و HNO₃ صورت گرفت (۱۵). غلظت فلزات سرب، کروم، کبالت، مس و نیکل خاک با استفاده از دستگاه ICP-AES در آزمایشگاه شیمی مؤسسه تحقیقات فرآوری پیشرفته مواد معدنی ایران اندازه‌گیری شد. pH نمونه‌ها در گل اشباع خاک با استفاده از pH متر مدل ۷۷۴ و درصد شن، سیلت و رس نیز برای تمامی نمونه‌ها به روش هیدرومتری اندازه‌گیری گردید (۱۶).

۲-۴ توصیف آماری

آمار توصیفی داده‌ها به منظور بررسی چگونگی توزیع آن‌ها و دستیابی به خلاصه‌ای از اطلاعات آماری داده‌های مورد نظر صورت گرفت. توزیع فراوانی داده‌ها به لحاظ تأثیری که روی تخمین به روش‌های زمین آماری دارد دارای اهمیت زیادی است. در این مطالعه، توزیع فراوانی با شاخص‌های میانگین^۱، میانه^۲، انحراف معیار^۳، ضریب تغییرات^۴، چولگی^۵ و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور انجام تحلیل‌های زمین آماری بایستی نمونه‌ها از توزیع نرمال تبعیت کنند. به این ترتیب آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها انجام شد. برای آنالیز همبستگی بین فلزات سنگین و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در خاک سطحی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

۲-۵ آنالیز زمین آماری

بر خلاف روش‌های آمار کلاسیک، روش‌های زمین آماری از نظر گرفتن موقعیت مکانی نقاط و ارتباط بین آن‌ها از کارایی بیشتری برای تجزیه و تحلیل توزیع فلزات سنگین برخوردار می‌باشند. این روش‌ها قادر به مدل سازی

مناسب زمانی و مکانی جهت توصیف متغیر ناحیه‌ای، با در نظر گرفتن مؤلفه‌های تغییرپذیری ساختاری و تصادفی هستند. اساس این روش‌ها تخمین مقدار نامعلوم متغیر مکانی Z به عنوان یک عدد تصادفی با یک توزیع احتمالاتی مشخص در نقطه‌ای دلخواه از منطقه مورد مطالعه است. در زمین آمار، تجزیه و تحلیل ساختار تغییرات مکانی متغیرها با استفاده از تغییر نما صورت می‌گیرد. تغییرنما، تغییرات فاصله‌ای یا ساختار تغییر پذیری یک متغیر خاص را نشان داده و از ابزارهای اساسی زمین آمار جهت بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک می‌باشد. محاسبه تغییر نما به صورت معادله ۱ خواهد بود (۱۷).

معادله ۱

$$\gamma_i(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

: سمی واریوگرام $\gamma_i(h)$

$N(h)$: تعداد زوج نمونه‌هایی که به فاصله h از هم جدا می‌شوند.

$z(x_i)$: نقطه Z در موقعیت x

$z(x_i + h)$: موقعیت نقطه Z در فاصله h

آنالیز همبستگی مکانی بر اساس ساختار تغییرنماها که وجود وابستگی مکانی را در بین متغیرهای خاک تعیین می‌کنند، صورت می‌گیرد. تغییرنماها برای تعیین درجه همبستگی و دامنه وابستگی مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر تغییرنما (واریوگرام) می‌تواند با سه پارامتر اثر قطعه‌ای، سقف و دامنه توصیف شود (۱۸).

برای پهنه‌بندی فلزات سنگین به روش‌های زمین آماری از نرم افزار ArcGIS ۹.۲ استفاده شد. کریجینگ، تکنیک درون یابی خطی است، که معادله آن در زیر آمده است (۱۹).

$$Z^*(x) = \sum \lambda_i Z(x_i) \quad \text{معادله ۲}$$

یکی از راهکارهای تصحیح شیوه وزن‌دهی یکسان به نمونه‌ها، عبارت از توجه وزن‌دهی بیشتر به نزدیکترین نمونه و اختصاص وزن کوچکتر به نمونه‌هایی است که دارای فاصله

-
- ۱- Mean
 - ۲- Median
 - ۳- Standard Deviation
 - ۴- Coefficient of Variation
 - ۵- Skewness

(جدول ۱). میانگین غلظت این عنصر در خاک های جهان ۷/۹ میلی گرم بر کیلوگرم برآورد شده است (۲۱). به این ترتیب میانگین غلظت کبالت در منطقه مورد مطالعه بالاتر از مقدار جهانی آن و پایین تر از استاندارد کیفی خاک کانادا (۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم) به دست آمد (۲۲). دامنه حداکثر غلظت قابل قبول کبالت در خاک های کشاورزی ۵۰-۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (۲۳). غلظت کبالت با حدود اطمینان ۹۵٪ بین ۱۶/۷۶ تا ۱۸/۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و در دامنه حداکثر غلظت قابل قبول برای زمین های کشاورزی قرار می گیرد.

میانگین غلظت کروم در خاک شهرستان همدان ۸۶/۶۴ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و دامنه تغییرات آن ۱۰۰ و با حداکثر ۱۲۰ و حداقل ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (جدول ۱). با توجه به اینکه مقدار جهانی این فلز در خاک ها ۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم برآورد شده است (۲۱). میانگین غلظت کروم در منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی داری در سطح خطای ۵٪ با غلظت کروم در خاک های جهان (۵۴ mg/kg) دارد. غلظت کروم با حدود اطمینان ۹۵٪ در دامنه ۸۲/۵۳-۹۰/۷۶ میلی گرم بر کیلوگرم قرار می گیرد. دامنه حداکثر غلظت قابل قبول کروم در خاک های کشاورزی ۲۰۰-۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (۲۱). این میزان به دست آمده برای منطقه در دامنه حداکثر غلظت قابل قبول برای زمین های کشاورزی قرار می گیرد.

میانگین غلظت نیکل در منطقه مورد مطالعه ۵۸/۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و دامنه تغییرات آن ۷۲ و با حداکثر غلظت ۹۹ و حداقل ۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (جدول ۱). میانگین غلظت نیکل در شهرستان همدان در مقایسه با غلظت نیکل در استان اصفهان (۵۵/۷) (۲۴)، مشهد (۵۴/۷) (۲۵) و استان قم با میانگین ۹/۶ میلی گرم بر کیلوگرم (۲۶) نسبت به میانگین قم و اصفهان بالاتر بوده و همچنین میانگین این عنصر در شهرستان همدان بیشتر از میانگین غلظت نیکل در خاک های جهان (۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم) می باشد (۲۱).

دامنه حداکثر غلظت قابل قبول نیکل در خاک های کشاورزی ۶۰-۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (۲۲). همچنین

بیشتری از محل تخمین هستند. بیان آماری چنین رویکردی وزن دهی عبارت از وزن دهی بر اساس معکوس فاصله تا نقطه تخمین معادله این روش به صورت زیر می باشد.

$$Z^*(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}} \quad \text{معادله ۳}$$

d_i عبارت از فاصله بین نقطه تخمین تا هر کدام از نمونه های واقع در همسایگی آن است.

$Z(x_i)$ ، عبارت از مقادیر نمونه های واقع در همسایگی محل تخمین می باشند.

روش های توابع پایه شعاعی یکسری از تکنیک های دقیق درون یابی هستند، و از روش های غیر پارامتریک می باشند. معادله روش تابع پایه شعاعی به صورت زیر می باشد.

$$Z_* = \text{Mean} \sum_{i=1}^N W_i \times \varphi_i \quad \text{معادله ۴}$$

φ_i = مقدار ارزش متغیر در نقطه i

W_i = وزن نمونه در نقطه i

دقت روش ها با استفاده از میانگین مطلق خطا (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ |z^*(X_i) - Z(X_i)| \right\}$$

بایاس میانگین (MBE)

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ z^*(X_i) - Z(X_i) \right\}$$

شد. [۲۰].

در معادلات فوق:

$Z^*(x_i)$: مقدار تخمین کمیت در نقطه مجهول x_i .

W_i : وزن یا اهمیت نمونه i

$Z(x_i)$: مقدار کمیت در نمونه i

۳- نتایج و بحث

۳-۱ آمار توصیفی

خلاصه آمار توصیفی فلزات سنگین و پارامترهای مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

میانگین غلظت کبالت در منطقه مورد مطالعه ۱۷/۴۹ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و دامنه تغییرات آن با حداکثر غلظت ۲۹ و حداقل ۸/۹، ۲۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد

(جدول ۱). در حالی که میانگین غلظت سرب در سپاهان شهر ۱۰۱/۸۷ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (۲۷). میانگین غلظت مس در منطقه مورد مطالعه ۳۲/۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و دامنه تغییرات آن با حداکثر غلظت ۵۴ و حداقل ۱۲/۳، ۴۱/۷ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (جدول ۱). غلظت مس با حدود اطمینان ۹۵٪ بین ۳۱ تا ۳۴/۴۴ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد.

غلظت کل نیکل در منطقه مورد مطالعه با حدود اطمینان ۹۵٪ در دامنه ۶۱/۴۶-۵۵/۷۶ میلی گرم بر کیلوگرم قرار گرفته که این میزان در دامنه حداکثر غلظت مجاز برای زمین های کشاورزی می باشد. میانگین غلظت سرب در منطقه مورد مطالعه ۲۵/۹۷ میلی گرم بر کیلوگرم بوده و دامنه تغییرات آن با حداکثر غلظت ۴۸/۵ و حداقل ۱۵، ۳۳/۵ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد.

جدول ۱- آمار توصیفی فلزات سنگین و پارامترهای خاک

فاکتور خاک	حداکثر	حداقل	میانگین	میان	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)	دامنه	چولگی	کشیدگی
نیکل (mg/kg)	۹۹	۲۷	۵۸/۶۱	۵۷/۵	۱۳/۹۲	۲۳/۷۵	۷۲	۰/۴۶۱	۰/۰۵۵
سرب (mg/kg)	۴۸/۵	۱۵	۲۶	۲۶	۵/۶۶	۲۱/۷۹	۳۳/۵	۱/۲۹۶	۳/۵۹۶
کروم (mg/kg)	۱۳۰	۳۰	۸۶/۶۴	۸۷/۵	۲۰/۰۷	۲۳/۱۶	۱۰۰	-۰/۰۶۷	-۰/۲۲۹
مس (mg/kg)	۵۴	۱۲/۳	۳۲/۶۷	۳۲	۸/۶۲	۲۶/۳۸	۴۱/۷	۰/۳۳۸	-۰/۱۶
کبالت (mg/kg)	۲۹	۸/۹	۱۷/۴۹	۱۷	۳/۵۵	۲۰/۲۹	۲۰/۱	۰/۳۱۵	۰/۸۸۶
اسیدیته	۸/۳۷	۶/۷	۷/۷	۷/۷۸	۰/۲۷	۳/۵	۱/۶۷	-۰/۷۲	۱/۶۵
شن (%)	۷۰/۶۱	۴/۱	۳۴/۰۷	۳۴/۸۴	۱۵/۱	۴۴/۳۲	۶۶/۵۱	-۰/۴۷	-۰/۱۶۵۲
سیلت (%)	۶۵/۳۲	۱۸/۴۶	۴۱/۷۶	۴۱/۷۵	۱۱/۰۳	۲۶/۴۱	۴۶/۸۵	۰/۰۰۱	-۰/۷۵۸
رس (%)	۴۸/۳۴	۷/۶۸	۲۴/۱۵	۲۳/۱	۸/۶۶	۳۵/۸۶	۴۰/۶۶	۰/۶۹۴	۰/۵۷۲

حاکی از منشأ مشترک آن ها می باشد (۵، ۲۸ و ۲۹). همچنین همبستگی بالای بین نیکل و کروم به شباهت آن ها در انتقال، تجمع این فلزات نیز اشاره دارد (۳۰).

pH خاک منطقه همبستگی معنی داری با فلزات مورد مطالعه نداشت. با توجه به دامنه تغییرات کم **pH** تاثیر ناچیز آن بر غلظت عناصر سنگین قابل توجه است. در نتیجه تأثیر کمی بر روی رفتار غلظت کل عناصر خاک داشته و **pH** خاک بیشتر در ارتباط با غلظت قابل جذب عناصر می باشد. در مطالعاتی که توسط مانتا و همکاران (۲۰۰۲) (۳۱) و رودریگوئز مارتین و همکاران (۲۰۰۶) (۳۲). صورت گرفت نیز رابطه معنی داری بین **pH** و غلظت عناصر مورد بررسی مشاهده نشد.

pH خاک منطقه مورد مطالعه با میانگین ۷/۷۳ و دامنه تغییرات آن از ۶/۷ تا ۸/۳۷ بوده و کمترین ضریب تغییرات را در بین پارامترهای دیگر دارد. خاک منطقه از نظر **pH** خنثی تا کمی قلیایی است. میانگین درصد رس در خاک ۲۴/۱۵، میانگین درصد سیلت ۴۱/۷۶ و میانگین درصد شن ۳۴/۰۷ می باشد.

برای بررسی همبستگی بین عناصر مورد مطالعه و همچنین همبستگی فلزات سنگین با پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک (**pH**، سیلت، ماسه و رس) از آنالیز همبستگی پیرسون استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. نتایج آنالیز همبستگی پیرسون نشان داد که هر سه فلز (کروم، کبالت و نیکل) در سطح معنی دار ۹۹٪ با هم همبستگی بالایی دارند. در بسیاری از مطالعات همبستگی معنی دار بین این سه فلز

جدول ۲- نتایج آزمون معنی داری کولموگروف- اسمیرنوف برای فلزات سنگین

فلزات سنگین	کبالت	کروم	مس	نیکل	سرب
k-sp	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۲۵

ذرات خاک سطحی با توجه به دانه بندی آن ها، کنترل کننده فرآیند جذب فلزات سنگین هستند. عموماً این ذرات همراه با ماده آلی مسئول جذب اغلب فلزات در خاک می باشند (۲۸).

درصد رس خاک ارتباط مثبت و معنی داری با مس ($I=0/3$ و $p<0/01$) دارد و نشان دهنده تأثیر ذرات رس خاک بر جذب فلز مس می باشد. در تحقیقاتی که توسط رودریگوئز-مارتین (۲۰۰۶) در اسپانیا بر روی منابع فلزات سنگین صورت گرفته، نیکل همبستگی معنی داری با رس داشت، در حالیکه کروم با کربنات خاک همبستگی داشت (۳۲). مطالعات چن و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد مقدار رس در خاک از عوامل مهم کنترل کننده توزیع و غلظت عناصر سنگین می باشد (۲۸).

همبستگی مثبت معنی داری بین فلزات سنگین نیکل ($I=0/324$ و $p<0/01$) و مس ($I=0/244$ و $p<0/05$) با درصد سیلت خاک وجود داشت. خواص جذب سطحی در کانی های مختلف خاک اصولاً در ارتباط با ذرات رس و سیلت خاک می باشد (۲۱).

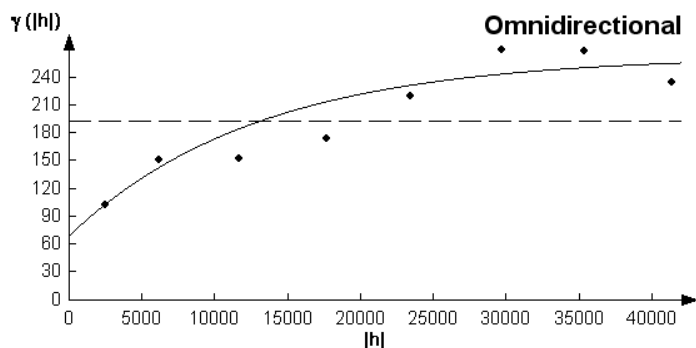
همبستگی منفی و معنی دار بین فلزات نیکل ($I=-0/34$) و مس ($I=-0/35$ و $p<0/01$) با درصد شن خاک سطحی را می توان به نداشتن بار سطحی و سطوح تبدالی و عدم توانایی ذرات شن برای جذب و نگه داری عناصر خاک نسبت داد (۳۳). در مطالعه آکوستا و همکاران (۲۰۰۹) نیکل و کروم همبستگی منفی معنی داری با درصد شن و همبستگی مثبت با درصد سیلت داشتند (۳۰).

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین عناصر سنگین و برخی پارامترهای خاک

	Co	Pb	Ni	Cu	Cr	PH	Clay	Sand	Silt
Co	۱								
Pb	۰/۴۰۹**	۱							
Ni	۰/۶۹۵**	۰/۲۳۷*	۱						
Cu	۰/۱۹۳	-۰/۰۱۳	۰/۳۲۳**	۱					
Cr	۰/۸۳۸**	۰/۳۴۹**	۰/۸۵**	۰/۲۴*	۱				
PH	-۰/۱۹	-۰/۱۵۹	-۰/۰۲	۰/۱۱۸	-۰/۰۹۹	۱			
Clay	-۰/۰۶۵	-۰/۰۲۹	۰/۱۸۴	۰/۳**	۰/۰۴	۰/۳۰۱**	۱		
Sand	۰/۰۷۶	-۰/۰۴	-۰/۳۴۲**	-۰/۳۵**	-۰/۱۲۶	-۰/۱۸	-۰/۶۹۴**	۱	
Silt	-۰/۰۵۳	۰/۰۷۷	۰/۳۲۴**	۰/۲۴۴*	۰/۱۴۲	۰/۰۱	۰/۱۶۵	-۰/۸۲۵**	۱

** در سطح ۱٪ معنی دار است.

* در سطح ۵٪ معنی دار است.



شکل ۳- مدل تغییرنمای فلزسنگین نیکل

جدول ۴- آنالیز همبستگی مکانی روش های مختلف زمین آماری با حداقل خطا برای تهیه

نقشه های توزیع فلزات سنگین خاک

دامنه تاثیر (km)	C./ C+C.	(C+C.)	(C.)	MBE	MAE	روش	عناصر
-	-	-	-	۰/۰۷	۳/۸	توابع شعاعی پایه	سرب
-	-	-	-	۰/۰۸	۲/۲	توابع شعاعی پایه	کبالت
-	-	-	-	۰/۱۱	۷/۱	معکوس وزنی فاصله	مس
-	-	-	-	۰/۲۹	۱۳/۴	توابع شعاعی پایه	کروم
۲۵	۰/۳۴	۲۰۹/۳۲	۷۰/۷۸	۰/۲۸	۹/۷	کریجینگ معمولی با مدل نمایی	نیکل

۳-۲ آنالیز زمین آماری

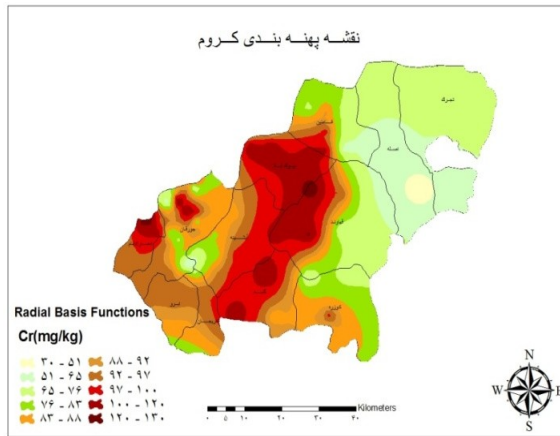
همان گونه که مشاهده می شود حداقل مقدار کبالت که بخش اصله را شامل می شود بر روی سنگ بستر آلوویوم واقع شده است.

بیشترین توزیع غلظت کبالت در محدوده انصارالامام با دامنه غلظت ۲۲-۲۹ میلی گرم بر کیلوگرم بر روی ساختار زمین شناسی، سنگ بستر آذرین و دگرگونی واقع شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، در سنگ بستر آذرین و شیل به طور طبیعی مقدار کبالت بالاست (۳۴).

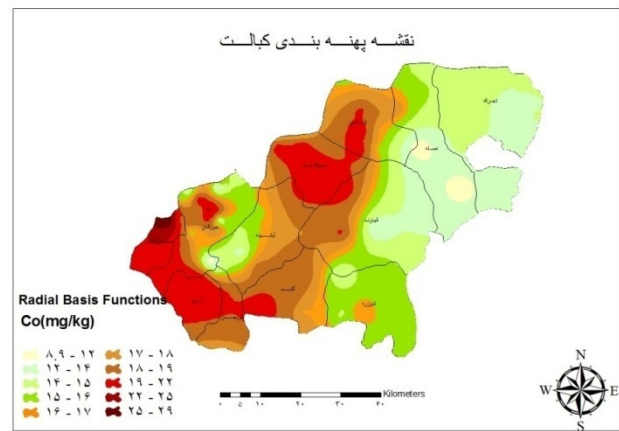
دقت روش های زمین آماری با استفاده از میانگین مطلق خطا (MAE)، خطای بایاس میانگین (MBE) محاسبه شد. با توجه به نتایج جدول ۴ و آنالیز زمین آماری، فلزات سرب، کروم و کبالت در خاک سطحی کمترین مقادیر خطا را در روش توابع پایه شعاعی، مس در خاک سطحی کمترین مقادیر خطا را در روش معکوس وزنی فاصله و نیکل بالاترین دقت را در روش کریجینگ معمولی با مدل نمایی داشتند.

۳-۳ توزیع مکانی غلظت کبالت

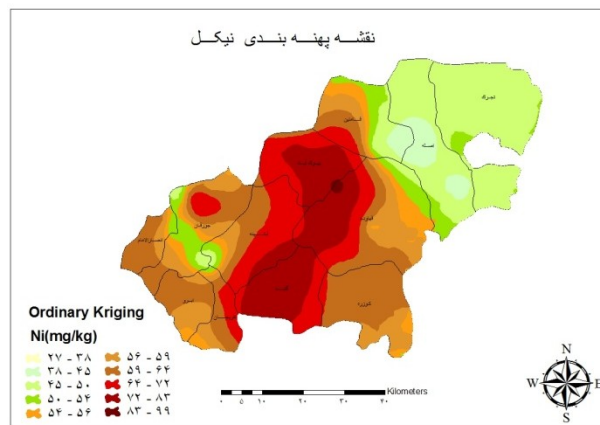
شکل ۴ پراکنش غلظت کبالت با استفاده از روش توابع شعاعی پایه در خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی متری) شهرستان همدان را نشان می دهد.



شکل ۵- نقشه توزیع غلظت کروم



شکل ۴- نقشه توزیع غلظت کبالت



شکل ۶- نقشه توزیع غلظت نیکل

۳-۴ توزیع مکانی غلظت کروم

شکل ۵ پراکنش غلظت کروم با استفاده از روش توابع پایه شعاعی را در در خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی متری) شهرستان همدان را نشان می‌دهد. حداقل مقدار کروم که بخش اصلی را شامل می‌شود بر روی سنگ بستر آلویوم واقع شده است. کاربری اراضی این منطقه کشاورزی آبی، دیم و مرتع می‌باشد.

بیشترین غلظت کروم خاک سطحی با مقدار ۱۳۰-۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت پنج لکه در محدوده قهاوند، بیوک‌آباد، گنبد، جورقان و انصارالامام مشاهده می‌شود. که بر روی ساختار زمین شناسی سنگ بستر ماسه سنگ، سنگ آهک، شیل و مارن و آذرین واقع شده است. بر اساس مطالعات انجام شده در سنگ بستر آذرین، شیل و ماسه سنگ به طور طبیعی مقدار کروم بالاست (۳۴).

۳-۵ توزیع مکانی غلظت نیکل

شکل ۶ پراکنش غلظت نیکل با استفاده از روش کریجینگ معمولی با مدل نمایی در خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی متری) شهرستان همدان را نشان می‌دهد. حداقل مقدار غلظت نیکل در قسمت شرقی شهرستان که (محدوده بخش اصلی) بر روی سنگ بستر آلویوم واقع شده است. کاربری اراضی این منطقه کشاورزی آبی، دیم و مرتع می‌باشد.

حداکثر غلظت نیکل خاک سطحی در دامنه ۷۲-۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت دو لکه در محدوده قهاوند، بیوک‌آباد و گنبد مشاهده می‌شود که بر روی سنگ بستر شیل، ماسه سنگ و سنگ آهک واقع شده است. بر اساس مطالعات انجام شده، در سنگ بسترهای، شیل و ماسه سنگ به طور طبیعی مقدار نیکل بالاست (۳۴).

غلظت این سه عنصر ساختار زمین شناسی می‌باشد. اما مصرف غیر اصولی کود در زمین‌های کشاورزی به دلیل وجود این سه عنصر در ساختار شیمیایی کودهای اوره، فسفات و پتاس که در جدول ۶ مقادیر آن ارایه شده است، می‌تواند باعث افزایش بیشتر غلظت آن‌ها در خاک شده باشد.

با توجه به نقشه‌های ۴، ۵ و ۶، سه عنصر نیکل، کبالت و کروم به دلیل همبستگی بالا از الگوی توزیع مشابهی پیروی می‌کنند. با روی هم گذاری نقشه های زمین شناسی، کاربری اراضی و توزیع کبالت، کروم و نیکل مشخص شد که مناطق دارای غلظت بالای این سه عنصر با ساختار زمین شناسی مطابقت دارد. به طور کلی عامل اصلی موثر بر افزایش

جدول ۵- میانگین غلظت عناصر سرب، کروم، کبالت، مس و نیکل (mg/kg)

در سنگ بسترهای مختلف (۳۴).

فلز	اولترامافیک	بازالت	گرانیت	ماسه سنگ	سنگ آهک	شیل
سرب	۱	-	۱۵-۱۹	۱۰	-	۲۳
کروم	۱۶۰۰	۱۷۰	۴-۲۲	۳۵	۱۱	۹۰
کبالت	۱۵۰	۴۸	۱-۷	۰/۳	۰/۱	۱۹
مس	۴۰	۱۲	-	-	-	۵۰
نیکل	-	۱۳۰	۴/۵-۱۵	۲۰	<۵	۹۰

در مطالعه انجام شده توسط فاکچینلی و همکاران

سنگین در خاک به این نتیجه رسیدند که غلظت کبالت، کروم و نیکل در خاک توسط سنگ بستر کنترل می‌شود (۵ و ۳۵).

(۲۰۰۱) و میکرو و همکاران (۲۰۰۶) برای تعیین منابع فلزات

جدول ۶- دامنه غلظت عناصر سنگین (mg/kg) در کودهای شیمیایی پر مصرف [۳۶].

	سرب	نیکل	مس	کروم	کبالت
اوره	۵/۵-۴۸/۷	۷/۲-۱۰/۲	<۱	۱/۶-۸	۱-۱/۴
فسفات	۷-۲۲۵	۷-۳۲	۱-۳۰۰	۶۶-۶۰۰	۱-۱۲
پتاسیم	۱/۴-۱۷/۴	۱۱-۱۶	۱-۲	۲-۲/۸	۵/۸-۷

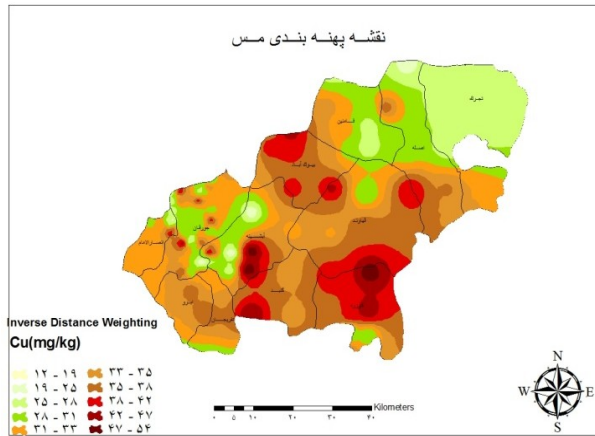
۳-۶ توزیع مکانی غلظت سرب

شکل ۷ پراکنش غلظت سرب با استفاده از روش توابع پایه شعاعی به علت داشتن بالاترین میزان دقت در خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی متری) شهرستان همدان را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، حداقل مقدار سرب در بخش‌هایی از تبرک، اصله و قهاوند بر روی سنگ بستر آلوووم واقع شده است. بیشترین غلظت سرب خاک سطحی با مقدار ۳۳-۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت یک لکه در منطقه جورقان (محدوده شهر همدان) بر روی سنگ بستر آذرین و

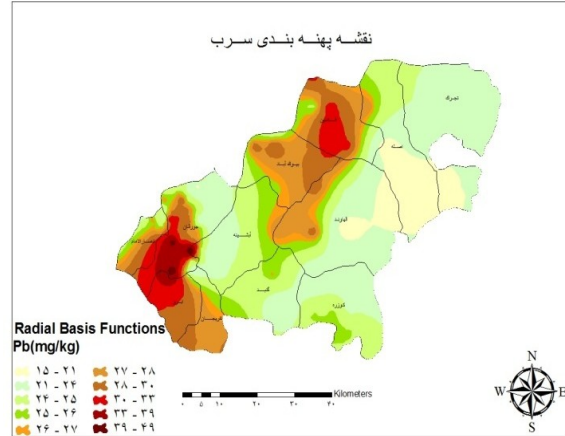
دگرگونی و ماسه سنگ مشاهده می‌شود. کاربری اراضی در این مناطق بیشتر کشاورزی آبی می‌باشد که کود و سموم شیمیایی به صورت غیر اصولی و بی‌رویه مصرف می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده، در سنگ بستر ماسه سنگ به طور طبیعی مقدار غلظت سرب بالاست (۳۴). با روی هم گذاری نقشه کاربری اراضی و توزیع غلظت سرب، مشخص شد که مناطق با غلظت بالای سرب با الگوی کشت مطابقت دارد. به طور کلی می‌توان به این نتیجه رسید که عوامل موثر بر افزایش غلظت سرب در

در خاک به این نتیجه رسیدند که غلظت عنصر سرب توسط منابع انسانی کنترل می‌شود (۵). همچنین مطالعه انجام شده توسط لوئیس و همکاران (۲۰۰۸) بر روی فلزات سنگین در خاک های اروپا نشان داد غلظت عنصر سرب همبستگی بالایی با کشاورزی و سنگ آهک نشان می‌دهد (۳۷).

شهرستان همدان، ساختار زمین شناسی (شیل، ماسه سنگ و سنگ آهک)، فعالیت‌های کشاورزی (مصرف بی رویه کودهای شیمیایی) به دلیل وجود سرب در ساختار شیمیایی کودهای اوره، فسفات و پتاس (در جدول ۶ مقادیر آن ارایه شده است) و آلودگی شهری می‌باشد. در مطالعه انجام شده توسط فاکچینی و همکاران (۲۰۰۱) برای تعیین منابع فلزات سنگین



شکل ۸- نقشه توزیع غلظت مس



شکل ۷- نقشه توزیع غلظت سرب

۳-۷ توزیع مکانی غلظت مس

کشاورزی بالاست و همچنین الگوی توزیع غلظت مس با الگوی کشت منطقه (کاربری اراضی) مطابقت دارد. به طور کلی عامل اصلی غلظت بالای مس عوامل طبیعی از جمله سنگ بستر شیل، آهک و آلومینوم می‌باشد. اما مصرف بالای کودهای شیمیایی به دلیل وجود مس در ساختار شیمیایی کودهای اوره، فسفات و پتاس که در جدول ۶ مقادیر آن ارایه شده است، هم می‌تواند باعث افزایش هر چه بیشتر غلظت مس در زمین‌های کشاورزی باشد. در مطالعه انجام شده توسط لوئیس و همکاران (۲۰۰۸) بر روی توزیع فلزات سنگین در خاک های اروپا به این نتیجه رسیدند که غلظت عنصر مس در خاک همبستگی بالایی با کشاورزی و سنگ آهک نشان می‌دهد (۳۷).

شکل ۸ پراکنش غلظت مس با استفاده از روش معکوس وزنی فاصله (IDW) را در در خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی متری) شهرستان همدان را نشان می‌دهد. مناطق دارای غلظت‌های پایین مس با مقدار ۱۲-۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت لکه‌های کوچکی در آبشینه، تجرک و جورقان مشاهده می‌شود. بیشترین غلظت مس بین ۴۲-۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که به صورت لکه‌هایی در کوزره، مناطق جنوبی آبشینه، گنبد و قهاوند بر روی سنگ بستر شیل دیده می‌شود. در مناطقی که غلظت مس بالاست، مصرف غیر اصولی سموم شیمیایی و کودها در کاربری‌های کشاورزی بالاست.

با روی هم‌گذاری نقشه توزیع غلظت مس با نقشه کاربری اراضی مشخص شد، در مناطقی که غلظت مس بالاست، کودهای کشاورزی به صورت غیر اصولی مصرف می‌شود ولی صرفاً غلظت بالای مس در این مناطق به دلیل مصرف کودهای شیمیایی نیست چون در مناطق دیگر هم مصرف کودهای

منابع

- methods, Journal of Argonomy Monograph, ۹ (۲) : ۵۳-۸۱.
۹. Romic, M., Hengl, T., Romic, D., Husnjak, S., ۲۰۰۷. "Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation scores", Computation Geoscience. Vol. ۳۳, No. ۱۰, pp. ۱۳۱۶-۱۳۲۶.
 ۱۰. Koutev, V., Julien, P., ۲۰۰۱. Spatial variability of total and bioavailable Zn in the Canton of Fribourg Switzerland. Swiss Federal Institute of Technology, PP: ۱۸۹-۱۹۰.
 ۱۱. Krishna, A. K., Goil, P. K., ۲۰۰۵. Heavy metal distribution and contamination in soils of Thane-Belapur industrial development area, Mumbai, Western India, Journal of Environmental Geology. ۴۷ : ۱۰۵۴-۱۰۶۱
 ۱۲. Martin, J. A., Arias, M. L., Grau, C. J. M., ۲۰۰۶. "Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geo-statistical methods to study spatial variations". Environmental Pollution. Vol. ۱۴۴, No. ۳, pp. ۱۰۰۱-۱۰۱۲.
 ۱۳. بی‌نام، ۱۳۸۶، مطالعات مکان یابی محل‌های دفن و دفن پسماندهای ویژه در استان همدان، گزارشات هواشناسی، هیدرولوژی، زمین شناسی، خاک شناسی، تکتونیک- لرزه خیزی، تلفیق و GIS، سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر بررسی آلودگی آب و خاک، معاونت پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی
 ۱۴. حسنی پاک، ۱۳۷۷، زمین آمار (ژئواستاتستیک)، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۶ صفحه.
 ۱۵. Cao, H. F., Change, A. C., A. L., ۱۹۸۴. "Heavy Metal Contents of Sludge-
 ۱. Bowen, H. J. M., ۱۹۷۹, *The environmental chemistry of elements*, Academic press, London, New York.
 ۲. Lame and Leenaers. ۱۹۹۷. *International Ash working group*, EEA, ۱۹۹۹
 ۳. Lindsay, W. L. ۱۹۷۹. *Cemical Equation in soil*. John Wiley & Sons, INC. New York.
 ۴. Romic, M., Hengl, T., Romic, D., Husnjak, S., ۲۰۰۷. "Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation scores", Computation Geoscience. Vol. ۳۳, No. ۱۰, pp. ۱۳۱۶-۱۳۲۶.
 ۵. Facchinelli, A., Sacchi, E. & Mallen, L., ۲۰۰۱. Multivariate statistical and GIS -based approach to identify heavy metal sources in soils, Journal of Environmental Pollution, ۱۱۴: ۳۱۳-۳۲۴
 ۶. محمدی، ج.، ۱۳۸۱، "پهنه بندی و ارزیابی آلودگی خاک با استفاده از نظریه مجموعه های فازی". گزارش سومین همایش مجموعه های فازی و کاربردهای آن، ۱۳۹-۱۳۳.
 ۷. Cattle, J. A, M. A., Minasny, B., ۲۰۰۲. "Kriging method evaluation for assessing the spatial distribution of urban soil lead contamination". Journal of Environmental Quality. Vol. ۳۱, pp. ۱۵۷۶-۱۵۸۸.
 ۸. Wrrick, W., Myers. D. E., Neilson. D. R., ۱۹۸۶. *Geostatistical methods applied to soil science, Method of soil analysis, part ۱, physical and mineralogical*

۲۴. خسروی دهکردی، ا.، ۱۳۸۷، توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک های کشاورزی، شهری و صنعتی اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۸۹ صفحه
۲۵. شیرانی، م.، ۱۳۸۶، تغییرات مکانی سرب، کادمیوم، نیکل و روی در برخی خاک های کشاورزی، صنعتی و شهری محدوده بزرگ مشهد- چناران، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۹۲ صفحه.
۲۶. موحدی‌راد، ز.، ۱۳۸۶، بررسی تغییرات مکانی روی، سرب، نیکل و کادمیوم در خاک های بخشی از استان قم، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشکده صنعتی اصفهان، ۱۷۳ صفحه.
۲۷. دیانی، م.، محمدی، ج. و نادری، م.، ۱۳۸۸، "تجزیه و تحلیل زمین آماری غلظت سرب، روی و کادمیوم در خاک های حومه سپاهان شهر واقع در جنوب اصفهان"، نشریه آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۴، صفحه ۶۷-۷۶.
۲۸. De Temmerman, L., Vanongeval, L., Boon, W., Hoenig, M., Geypens, M., ۲۰۰۳. "Heavy Metal Content of Arable Soils in Northern Belgium". Water, Air, & Soil Pollution. Vol. ۱۴۸, No. ۱, pp. ۶۱-۷۶.
۲۹. Chen, M., Ma, L. Q., Harris, W. G., ۱۹۹۹. "Baseline concentrations of ۱۵ trace elements in Florida surface soils". Journal of Environmental Quality. Vol. ۲۸, No. ۴, pp. ۱۱۷۳-۱۱۸۱.
۳۰. Acosta, J., Faz, A. and Martinez-Martinez, S., ۲۰۱۰. "Identification of heavy metal sources by multivariable analysis in a typical Mediterranean city (SE Spain)". **Environmental Treated Soils as Determined by Three Extraction Procedures**". Environmental Quality. Vol. ۱۳, No. ۴, pp. ۶۳۲-۶۳۴
۱۶. Weaver, R.W., Angle J. S., Bottomley P.S., ۱۹۹۴. Methods of soil analysis, microbiological and biochemical properties, part II, Soil Science of America INC, Wisconsin, USA, ۱۰۹۷ pp
۱۷. مدنی، ح.، ۱۳۷۳، مبانی زمین آمار، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر واحد تفرش، ۶۵۹ صفحه
۱۸. Yang, P., R. Mao, H. Shaom., Y. Gao., ۲۰۰۹. An investigation on the distribution of eight hazardous heavy metals in the suburban farmland of china, Journal of Hazardous Material. ۱۶۷: ۱۲۴۶-۱۲۵۱
۱۹. Goovaerts, P., ۱۹۹۷. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univ. Press, New York, ۵۱۲ pp.
۲۰. Shi, J., Wang, H., Xu, f, Wu, J., Liu, x., Zhu, H. and Yu, c., ۲۰۰۷, "Spatial - distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China", *Environ. Geol.*, Vol. ۵۲, pp. ۱-۱۰.
۲۱. Kabata Pendias, A., Pendias, H, ۲۰۰۱. Trace Elements in Soil and Plants, ۳rd Ed. Boca Raton London, New York Washington, D. C, ۴۰۰ pp
۲۲. بدری، ا. م.، حیدرنیا فتح‌آباد، ز. و کریمی‌نیا، ح. ر.، ۱۳۸۹، بررسی استانداردهای آلودگی خاک در دنیا و ایران، چهارمین همایش مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.
۲۳. Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A. B., ۲۰۰۷, *Trace Elements from Soil to Human*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

- In: Geochemical Atlas of Europe. Part ۱ Background Information, Methodology and Maps, by Salminen, R., ۲۰۰۵. Geological Survey of Finland.[Online] Availability
۳۵. Mico, C., Recatala. L., Peris. M., Sanchez, J., ۲۰۰۶. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis, *Journal of Chemosphere*, ۶۵ : ۸۶۳-۸۷۲.
۳۶. Gregori, J. D., Fuentes, E., Rojas, M., Pinocheta, H. and Potin-Gautier, M., ۲۰۰۳, "Monitoring of copper, arsenic and antimony levels in agricultural soils impacted and non-impacted by mining activities, from three regions in Chile", *Environ. Monit.*, Vol. ۵, pp. ۲۸۷-۲۹۵
۳۷. Luis, R.L., Tomislav, H., Hannes, LR., ۲۰۰۸, "Heavy metal; in European soils: A geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database", *Geoderma*, Vol. ۱۴۸, pp. ۱۸۹-۱۹۹.
- Monitoring Assessment.** Vol. ۱۶۹, No. ۱, pp. ۵۱۹-۵۳۰
۳۱. Manta, D. S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R. and Sprovieri, M., ۲۰۰۲, "Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy", *The Science of The Total Environment*, Vol. ۳۰۰, No. ۱-۳, pp. ۲۲۹-۲۴۳.
۳۲. Rodriguez Martin, J. A., Arias, M. L. and Grau Corbi, J. M., ۲۰۰۶, "Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations", *Environmental Pollution*, Vol. ۱۴۴, No. ۳, pp. ۱۰۰۱-۱۰۱۲.
۳۳. Alloway, B. J., ۱۹۹۰. Heavy Metal in Soils, Blackie and Son, Ltd. Glasgow and London. ۳۳۹ Pages
۳۴. De vos, W., Batista, M. J., Demetriades, A., Duris, M. J., Lexa, J., Lis, J., Sina, K. O., Connor, P. J., Metallogenic Mineral Provinces and World Class Ore Deposits in Europe,

Spatial distribution of (Ni, Cr, Pb, Cu and Co) in the Surface (Superficial) Soil of Hamadan county with Geostatistic & GIS

Parisa Farzaneh^۱

Alireza Soffianian^۲

Faramarz Moattar^۳

Abstract

Introduction:

Heavy metals are one of the most important soil pollutants. The increased level of them in environment in respect to their stability has led to researchers' attraction at recent decades. The principal goal of present study is to determine the spatial distribution of heavy metals (Ni, Cr, Pb, Cu and Co) in surface soil of Hamadan county.

Material and methods:

For this Sampling was carried out based on systematic method from depth ۰-۲۰ cm. heavy metals concentration and soil characteristics including PH, silt, clay and sand percentage were measured. Interpolation for heavy metals levels concentrations were done by geo-statistics methods. Different elements were interpolated through Radial basic function (RBF), Ordinary and Disjunctive Kriging and inverse distance weighting. The method accuracies were compared by using mean absolute error and mean bayas error.

Results:

for heavy metal concentration maps, Cr, Co and Pb, we used (RBF), for Cu inverse distance weighting (IDW), for Ni ordinary kriging with exponential model. Overplaying heavy metals distribution maps with geology and land use maps showed that Cr, Co and Ni have geological origin, The highest levels of Lead concentration is controlled by geological formation, agricultural activities and also urban pollution.

Cu have originated from bed rock. But, excessive consumption of chemical fertilizers according to agricultural activities can increase most of these elements in soil.

۱- MSc Student in environmental Pollution major, Basic Sciences School, Tehran Sciences and researches azad university.

۲- Assistant. Prof.s. Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran

۳- Environment Department Professor, Basic Sciences school, Tehran Sciences and researches azad university.

Key words: Spatial distribution, geostatistics , heavy metals, geographical information system(GIS), Hamadan county.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.