

بررسی آلودگی فلزات سنگین و منشاء آن‌ها در شرق شهرستان ازنا، استان لرستان

امین جمشیدی^{۱*}، رامین ساریخانی^۲، گلناز کرمی^۳ و آرتیمس قاسمی‌دهنوی^۴

۱، ۲، ۳ و ۴- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

نویسنده مسئول: jamshidi.am@lu.ac.ir *

نوع مقاله: کاربردی

پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۷

دریافت: ۹۸/۱۱/۲۳

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی آلودگی فلزات سنگین و منشاء آن‌ها در شرق شهرستان ازنا در استان لرستان انجام شده است. به همین منظور، فلزات سنگین ۱۱۳ نمونه خاک سطحی (عمق ۵-۱۵ متر) در بخش شرقی شهرستان ازنا با دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی شعله‌ای AAS آنالیز شدند. شاخص‌های منشاء‌یابی و تعیین درجه آلودگی شامل فاکتور غنی‌سازی (E_f) و درصد آن، زمین‌انباشت (I_{geo})، فاکتور آلودگی (C_f) برای ارزیابی آلودگی خاک محاسبه شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، میانگین غلظت فلزات سنگین شامل $Zn, Y, V, Sn, Sr, Sc, Pb, Ni, Cu, Cr, Cd, B, Br$ به ترتیب ۳۹۳، ۱۰۲، ۰/۷، ۲۲/۹، ۳۴، ۶۵/۴، ۳۲/۶، ۲۶، ۱۶۰، ۱۴/۵، ۱۶۱، ۵۱ و ۸۶/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که باریم بیش‌ترین و کادمیوم کمترین میانگین را دارند. مقادیر حداکثر و حداقل فاکتور غنی‌سازی نیز به ترتیب مربوط به کادمیوم و باریم هستند. نتایج نشان داد که منطقه بررسی شده آلودگی کلی نسبت به فلزات سنگین ندارد ولی غلظت برخی از فلزات به صورت نقطه‌ای در برخی از نقاط بسیار بالاست و در صورت منشاء طبیعی آلودگی (سنگ و خاک)، می‌توان از این نقاط به عنوان نقاط دارای پتانسیل معدنکاری و منبع اقتصادی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، آلودگی، خاک، شهرستان ازنا

۱- پیشگفتار

معدنی از جمله عواملی هستند که باعث ورود این عناصر به چرخه طبیعت می‌شوند. فلزات سنگین می‌توانند از منابع زمین‌زاد یا انسان‌زاد وارد محیط‌زیست شوند. منابع طبیعی این عناصر را می‌توان سنگ‌های آتشفشانی، رسوبی، دگرگونی و هوازدگی تشکیلات خاک در نظر گرفت. مقادیر بالای این عناصر نتیجه فعالیت‌های انسانی شامل استفاده از مواد شیمیایی، اصلاح‌کننده‌های آلی، کودهای حیوانی، بهسازهای معدنی، لجن فاضلاب و ضایعات حاصل از صنایع آهن و فولاد، معدنکاری، حمل و نقل جاده‌ای و غیره هستند (برادی، ۲۰۰۵). آثار آلاینده‌های منتشر شده از فعالیت‌های معدنکاری به‌عنوان یکی از پیامدهای محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های انسانی، عامل محدودکننده مهمی برای توسعه پایدار بخصوص در صنایع تولیدی به شمار می‌رود. بررسی مطالعات صورت گرفته در رابطه با فلزات سنگین در ایران نشان می‌دهد که عموماً توجه کمتری به تأثیر مواد مادری و نقش پیدایش و تشکیل خاک و فرآیندهایی که باعث غنی شدن و یا تهی شدن فلزات سنگین از خاک می‌گردد، شده است. در این مطالعات اغلب خاک سطحی

خاک نقش مهمی در محیط بازی کرده و به عنوان محوری برای تبادل ماده و انرژی در بین مناطق جو، هیدروسفر، بیوسفر، لیتوسفر عمل می‌نماید. پس از ورود آلاینده‌ها در خاک، آن‌ها می‌توانند به سایر محفظه‌های اکوسیستم آب‌های زیرزمینی یا محصولات زراعی منتقل شوند و در نتیجه ممکن است از طریق شبکه آبرسانی و غذا به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر سلامت انسان تأثیر بگذارد (طاهری و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های خاک که می‌تواند تأثیر زیادی را بر سلامت موجودات زنده و مهم‌تر از همه انسان‌ها داشته باشد فلزات سنگین و عناصر کمیاب هستند. عناصر کمیاب یا جزئی موجود در خاک عناصری هستند که در غلظت‌های کمتر از 100 mg/kg وجود دارند. عناصر جزئی مهم در محیط‌زیست شامل فلزات ($Hg-Cr-Zn-Pb-Cd$)، شبه فلزات ($B-Sb-As$)، غیرفلزات (Se)، اکتینوئیدها (U)، و هالوژن‌ها ($F-I$) می‌باشد. این عناصر با عناوین مختلفی همچون فلزات سمی، فلزات جزئی یا کمیاب و فلزات سنگین خوانده می‌شوند (هدا، ۲۰۱۶). فعالیت‌های

همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای دیگر خاک مناطق اطراف معدن سرب و روی انگوران مورد بررسی قرار گرفت در این بررسی مشخص شد که میزان آلودگی خاک منطقه مورد مطالعه بسیار بالا بوده که این آلودگی متأثر از فعالیت‌های معدنی بوده و رابطه معکوس بین کانسار و میزان آلودگی مشاهده می‌شود (قدیمی و مقیمی، ۱۳۹۰). ارزیابی زیست‌محیطی که بر روی آلودگی فلزات در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان بهبهان انجام شد نشان داد که غلظت فلزات در برخی از نقاط بیش‌تر از مقدار عنصر در پوسته زمین می‌باشد که دلیل آن فعالیت‌های کارخانه سیمان همراه با فعالیت‌های کشاورزی و انتشارات ترافیکی مشخص گردید به گونه‌ای که بالاترین غلظت فلزات در نزدیک کارخانه یافت شدند (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۵). در بررسی که برای یافتن منشأ عناصر سنگین در خاک ارتفاعات شمال غرب تهران انجام گرفت با مقایسه میانگین غلظت سرب و روی در منطقه با مقدار آن در پوسته زمین مشاهده شد که غلظت این عناصر بالا بوده که علت آن آلودگی هوا و حضور ترکیبات حاصل از سوخت‌های فسیلی در فاضلاب منطقه می‌باشد که باعث آلودگی خاک گردیده است (کرباسی و همکاران، ۱۳۸۶). در بررسی آلودگی فلزات سنگین بر روی خاک‌های مجاور صنایع فولاد کرمان صورت گرفت نتایج آنالیز و بررسی شاخص‌های آلودگی خاک نشان داد که ۹۰ درصد نمونه‌ها دارای آلودگی متوسط تا قابل‌توجه با عنصر سرب هستند. همچنین مشخص گردید که غلظت بالای سرب و کادمیوم تحت تاثیر مجتمع‌های فولاد بوده و غلظت سایر عناصر تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشد (سیستانی و همکاران، ۱۳۹۶). در روش‌های گوناگونی برای مشخص کردن آلودگی خاک وجود دارد که در این روش‌ها تلاش بر این است که براساس تجزیه و تحلیل‌های آماری و با استفاده از غلظت مرجع و مقایسه مناطق با هم آلودگی خاک منطقه مورد نظر بررسی شود. در یکی از این روش‌های ارزیابی، خاک منطقه در دو گروه منفرد و ترکیبی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در روش‌های ارزیابی منفرد مانند فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشتگی، فاکتور ارزیابی خطر، فاکتور آلودگی هر فلز را جداگانه بررسی می‌کنند. ولی در روش‌های ترکیبی از جمله شاخص آلودگی

مورد مطالعه قرار گرفته است و کل نیم‌رخ خاک در نظر گرفته نشده است. همچنین در این مطالعات تغییرات طبیعی عناصر سنگین که به خاطر اثرات سنگ مادر و تکامل خاک رخ می‌دهد، نادیده گرفته شده است. از این رو، استفاده از شاخص‌هایی که بتواند آثار ژئوپدولوژیک را در توزیع فلزات سنگین در خاک‌های مختلف لحاظ نماید، می‌تواند جنبه‌های تازه‌تری از رفتار این عناصر را توضیح دهد. فرآیندهای پدولوژیکی و زمین‌شناختی بر فراوانی، توزیع و رفتار عناصر در محیط خاک‌های طبیعی تأثیر مهمی دارند. تجمع عناصر سنگین در خاک‌های درجا بیش‌تر وابسته به نوع سنگ بستر، خاک‌های مشتق شده از مواد مادری و فاکتورهای خاک سازی فعال در آن‌ها می‌باشد (نائل، ۲۰۰۹). مطالعات زیادی در ارتباط با ورود فلزات سنگین به محیط خاک در مناطق مختلف و بیش‌تر در مناطق کانه‌زایی و معدنکاری کانسارهای فلزی انجام گرفته است. برای نمونه در ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مرکزی استان زنجان مشاهده شد که غلظت بالای برخی از فلزات سنگین و میانگین بالاتر از مقدار زمینه نشان‌دهنده تاثیرپذیری از فعالیت‌های انسانی در منطقه می‌باشد که از بین عناصر مورد بررسی سرب، روی، مس و کادمیوم دارای چنین شرایطی بودند (افشاری و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه آلودگی عناصر سنگین معدنی در منطقه کوه زر که در شمال شرق ایران بر روی خاک‌های کشاورزی و منطقه معدنی صورت گرفت، نتایج نشان دادند که شاخص تجمع جغرافیایی برای کادمیوم در همه نمونه‌ها بسیار بالا و فاکتور غنی‌شدگی نیز مقدار بسیار بالایی را نشان داد که در اثر فعالیت‌های معدنی معدن طلا در منطقه می‌باشد (طهماسبی، ۲۰۱۹). بررسی غلظت عناصر سنگین در خاک‌های متأثر شده از معدن متروکه سرب و روی در جنوب شرقی تکاب نشان‌دهنده آلودگی شدید خاک حاصله از باطله‌ها نسبت به فلزات Pb ، Zn ، Cd ، Cu می‌باشد و نسبت به عناصر سرب، روی، آرسنیک و نقره نیز غنی‌شدگی بی‌نهایت دارند (دهر آزما و همکاران، ۱۳۹۳). در بررسی تاثیرات زیست‌محیطی معدن سرب و روی زه‌آباد قزوین و مقایسه نتایج حاصله از آنالیز خاک و مقایسه آن با استانداردهای جهانی چنین استنباط می‌شود که میزان عناصر سنگین سرب و روی در خاک آن منطقه بسیار بالاتر از حد مجاز می‌باشد (ستوهیان و

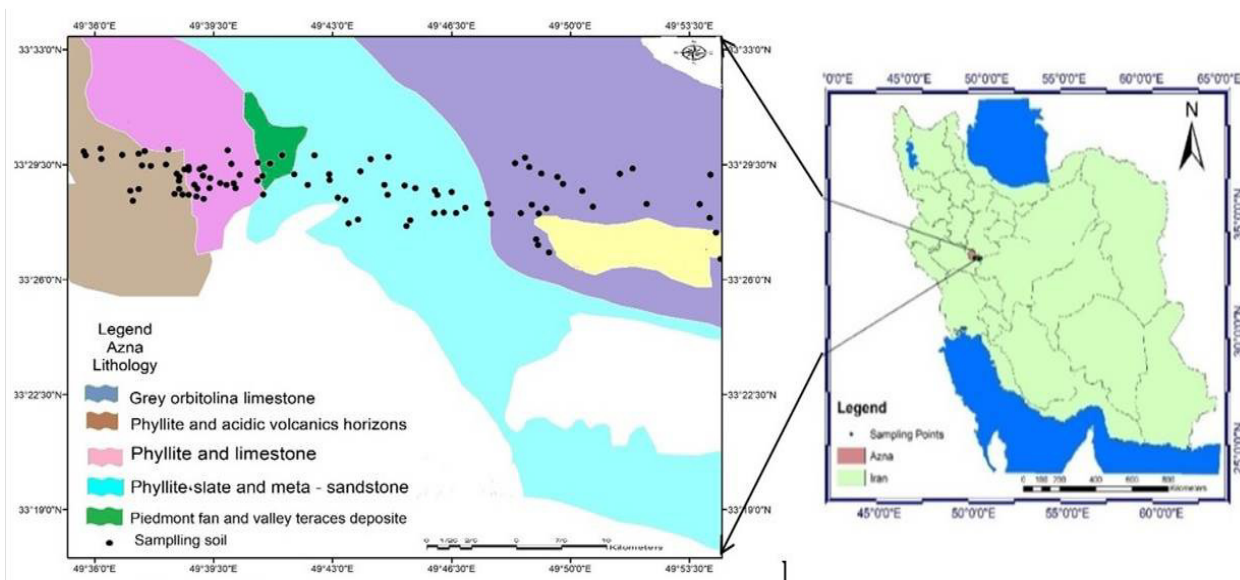
معدنی فلزی شهرستان ازنا مس، تنگستن می‌باشد و منابع غیرفلزی شامل سنگ چینی، توده‌های گرانیتوئیدی، سیلیس، فلدسپات، خاک رس، کربنات کلسیم، سنگ لاشه، آندالوزیت، تالک و پیروفیلیت شاه پسند هستند (قربانی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶).

در این پژوهش ۱۱۳ نمونه خاک (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری) در پلات‌های $100m \times 100m$ با استفاده از کیسه‌های پلاستیکی جمع‌آوری و بعد از شماره‌گذاری برای انجام آنالیزهای مربوطه به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل گردیدند. شکل ۱ نقاط نمونه‌برداری را نمایش می‌دهد. به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین مورد نظر از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل، از نرم‌افزار *IBM Spss* و *Statistis 23* استفاده شد جهت ارزیابی آثار محیط‌زیستی عناصر سنگین، غلظت عناصر با استانداردهای بین‌المللی مقایسه شد. برای این مقایسه از میانگین غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین به عنوان استاندارد درجه آلودگی و از فلز اسکاندیون به عنوان عنصر مرجع استفاده شده است (جدول ۱).

میانگین وزنی و شاخص‌های مربوط به اثر تجمع دو فلز با هم در منطقه بررسی می‌شود.

۲- زمین‌شناسی منطقه و مواد و روش‌ها

شهرستان ازنا با جمعیت ۴۷/۴۸۹ نفر (سال ۱۳۹۵) و مساحت ۱۱۲ کیلومترمربع در مختصات جغرافیایی $33^{\circ}45'57''$ شمالی و $49^{\circ}45'55''$ شرقی، در بخش شرقی استان لرستان و در همسایگی شهرستان الیگودرز و استان مرکزی قرار گرفته است (شکل ۱). از نظر زمین‌ریخت‌شناسی، بخشی از شهرستان که دارای معادن سنگ است در زون آذرین- دگرگونی سندانج- سیرجان و ناحیه جنوبی شهرستان در زون رسوبی زاگرس واقع شده است. زون سندانج - سیرجان در این ناحیه شامل سنگ‌های گرانیتوئیدی می‌باشد که در درون سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای مانند اسلیت، فیلیت و شیست تزریق شده‌اند. این زون به صورت نواری با روند شمال‌غربی- جنوب‌شرقی ادامه دارد. زون زاگرس در این ناحیه شامل سازندهای رسوبی سنوزوئیک و مزوزوئیک می‌باشد که به صورت ارتفاعات و قله‌های بلند دیده می‌شوند. منابع



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

جدول ۱. میانگین غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین (mg/kg) (میترا و کبکوس، ۱۹۹۷)

عناصر	Ba	B	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sc	Sr	v	y	Zn	Sn
میانگین پوسته زمین	۵۸	۱۰۰	۰/۳	۹۰	۴۵	۶۸	۱۴	۱۳	۱۷۰	۱۳۰	۳۰	۹۵	۳

۳-۳- شاخص زمین انباشت^۲

روش متداول دیگر برای ارزیابی آلودگی خاک‌ها با فلزات سنگین، مقایسه غلظت اندازه‌گیری شده هر فلز سنگین در نمونه با غلظت پس زمینه ژئوشیمیایی آن در خاک با استفاده از شاخص *Igeo* است که توسط مولر (۱۹۷۹) به صورت رابطه زیر پیشنهاد شده است:

$$Igeo = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right) \quad (۳)$$

در این معادله *Igeo* شاخص زمین‌انباشت یا شاخص شدت آلودگی، C_n غلظت فلز سنگین در خاک و B_n غلظت پس زمینه فلز سنگین مورد نظر در پوسته زمین است. ضریب ثابت ۱/۵ به منظور به حداقل رساندن اثر تغییرات احتمالی در غلظت‌های پس زمینه است که معمولاً این اختلافات به دلیل تغییرات سنگ‌شناسی خاک‌ها است. درجه‌بندی آلودگی خاک‌ها براساس این شاخص به وسیله فورستر (۱۹۹۰) انجام شد (جدول ۴). نتیجه بررسی‌های شاخص زمین‌انباشت منطقه مورد مطالعه در جدول (۵) ارائه شده‌اند.

۳-۴- شاخص آلودگی^۳

شاخص آلودگی در سال ۱۹۸۰ توسط هاگان سون به عنوان روشی برای محاسبه شاخص کلی آلودگی بر مبنای ۷ فلز سنگین (سرب، جیوه، آرسنیک، کروم، روی، مس، کادمیوم) معرفی شد. برای محاسبه شاخص آلودگی (C_f) غلظت میانگین فلز در نمونه های خاک با سطح پس زمینه در پوسته زمین مطابق با رابطه ۴ مقایسه می‌گردد.

$$C_f = C_x / C_b \quad (۴)$$

در این معادله، C_x و C_b به ترتیب میانگین غلظت فلز در خاک و پوسته زمین هستند. طبقه‌بندی شدت آلودگی بر اساس شاخص آلودگی به صورت جدول (۶) است. با توجه به جایگزینی غلظت عناصر مورد مطالعه در منطقه متوسط درجه آلودگی عناصر به صورت جدول (۷) می‌باشد.

۳- شاخص‌های مورد نظر برای بررسی آلودگی خاک منطقه مورد مطالعه

۳-۱- شاخص غنی‌شدگی^۱ (E_f)

اساس این روش بر مبنای مقایسه غلظت فلز مورد نظر در نمونه‌ها با غلظت همان فلز در ناحیه غیر آلوده است. این غلظت‌ها بر اساس غلظت عنصر مرجع که در این محث اسکاندیم می‌باشد، نرمال می‌شوند. انتخاب فلز اسکاندیم به عنوان فلز مرجع به این دلیل است که غلظت این فلز تحت تاثیر بقیه عناصر نیست. رابطه ۱ چگونگی محاسبه شاخص غنی‌سازی را نشان می‌دهد:

$$E_f = \frac{(C_m/C_s)x}{(C_m/C_s)c} \quad (۱)$$

در این معادله، C_m غلظت واقعی فلز سنگین مورد نظر در C_s غلظت عنصر مرجع زمینی (mg/kg) در خاک، c و x به ترتیب غلظت عناصر مورد نظر در نمونه و پوسته زمین هستند. سوترلند (۲۰۰۰) درجه سطوح آلودگی خاک‌ها را بر مبنای این شاخص انجام داده است (جدول ۲). این غلظت‌ها می‌تواند بر اساس غلظت عنصر مرجع که می‌تواند آهن، اسکاندیم، تیتان، منگنز یا آلومینیوم بهنجار می‌کند که در این پژوهش عنصر اسکاندیم به عنوان عنصر مرجع در نظر گرفته شده است (دیلی و همکاران، ۱۹۹۴). نتایج محاسبات میانگین میزان غنی‌شدگی فلزات سنگین منطقه مورد نظر به صورت جدول (۳) می‌باشد.

۳-۲- درصد شاخص غنی‌شدگی (E_f)

شاخص غنی‌شدگی (E_f) بر روی تمایز منشاء انسانی از منشاء طبیعی تمرکز دارد. اساساً هنگامی که میزان (E_f) افزایش می‌یابد، سهم منابع غیر پوسته‌ای هم افزایش می‌یابد. بنابراین، آلودگی خاک با استفاده از شاخص درصد فاکتور غنی‌شدگی ارزیابی می‌گردد (رابطه ۲):

$$\%E_f = \frac{C - C_{min}}{C_{mau} - C_{min}} \times 100 \quad (۲)$$

در این معادله، C میانگین غلظت کل فلز در خاک، C_{min} حداقل غلظت و C_{mau} حداکثر غلظت فلز در خاک است (زونتا و لوسکا، ۲۰۰۳).

^۲ Geoaccumulation Index, *Igeo*^۳ Contamination Factor^۱ Enrichment Factor

جدول ۲. رده‌بندی میزان غنی‌شدگی فلزات سنگین در خاک (سوترلند، ۲۰۰۰)

E_f	سطح آلودگی
$E_f < 2$	عدم وجود آلودگی یا درجه غنای حداقل
$2 \leq E_f < 5$	درجه غنای متوسط
$5 \leq E_f < 20$	غنای قابل توجه
$20 \leq E_f < 40$	غنای شدید
$E_f \geq 40$	غنای بسیار شدید

جدول ۳. نتایج شاخص غنی‌شدگی عناصر سنگین در خاک منطقه

عناصر	Ba	B	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	V	y	Zn
شاخص غنی‌شدگی	۰/۳۰	۰/۰۳	۱/۵۹	۱/۳۹	۰/۴۷	۱/۶۱	۱/۰۶	۱	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۶۹	۰/۰۶	۰/۵۷

جدول ۴. شاخص زمین‌انباشت برای ارزیابی آلودگی خاک به فلزات سنگین (فورستر، ۱۹۹۰)

محدود	شدت آلودگی
$I_{geo} < 0$	نسبتاً غیر آلوده
$0 \leq I_{geo} < 1$	غیر آلوده تا آلودگی متوسط
$1 \leq I_{geo} < 2$	آلودگی متوسط
$2 \leq I_{geo} < 3$	آلودگی متوسط تا شدید
$3 \leq I_{geo} < 4$	آلودگی شدید
$4 \leq I_{geo} < 5$	آلودگی شدید تا بسیار شدید
$I_{geo} > 5$	آلودگی بسیار شدید

جدول ۵. میانگین شاخص زمین‌انباشت عناصر سنگین منطقه مورد مطالعه

عناصر	Ba	B	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	V	Y	Zn
شاخص زمین‌انباشت	-۱/۲۲	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۶۳	۱/۰۴	۰/۶۸	۰/۰۲	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۶۳	۰/۳۴	۰/۰۰۹	۰/۲۲

جدول ۶. محدوده‌های فاکتور آلودگی (هاکانسون، ۱۹۸۰)

C_f	درجه آلودگی
$C_f < 1$	آلودگی پایین
$1 \leq C_f < 3$	آلودگی متوسط
$3 \leq C_f < 6$	آلودگی قابل توجه
$C_f \geq 6$	آلودگی بسیار بالا

جدول ۷. نتایج شاخص آلودگی برای عناصر منطقه مورد مطالعه

عناصر	Ba	B	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	V	Y	Zn
شاخص آلودگی	۰/۶۷	۱/۰۲	۲/۶۱	۲/۵۵	۰/۷۵	۰/۹۶	۱/۶۳	۲/۰۳	۴/۸۵	۰/۹۴	۱/۲۴	۱/۷۰	۰/۹۱

۴- بحث

۴-۱- نتایج آماری

در جدول ۸، محدوده E_f و I_{geo} و محاسبه شده در خاک‌های نمونه‌برداری شده به صورت حداقل، حداکثر و میانگین نمایش داده شده است. با توجه به جدول (۸) محدوده E_f و I_{geo} و محاسبه شده در خاک‌های نمونه‌برداری شده به صورت حداقل، حداکثر و میانگین نمایش داده شده است. با توجه به جدول (۸) مشخص شد

که متوسط میزان E_f مورد سنجش به صورت زیر افزایش یافت:

$Cd > Cr > Pb > Sc > V > Ni > Zn > Cu > Sn > Y > B > Sr > Ba$
 به عبارتی می‌توان گفت بالاترین میزان غنی‌شدگی خاک با فلزات بر اساس شاخص E_f مربوط به کادمیوم و پایین‌ترین نیز مربوط به فلز باریم است. متوسط میزان I_{geo} نیز دارای روند نزولی زیر بود:
 $Ba < Cu < B < Sr < Ni < V < Zn < Y < Pb < Sn < Sc < Cr < Cd$
 طوری که شاخص I_{geo} نیز نشان داد که بالاترین و

و $cv \leq 50\%$ تغییرپذیری بالا است، در حالی که ضرایب تغییر بالاتر از ۱۰۰ درصد نشان‌دهنده تغییرپذیری بی‌نهایت بالا است. ضرایب تغییرات غلظت فلزات در خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب کروم (۴۳۰ درصد)، بور (۱۰۴ درصد)، اسکاندیم (۸۰ درصد)، ایتیریم (۵۵/۴ درصد)، مس (۴۶/۱ درصد)، سرب (۴۳/۵ درصد)، کادمیوم (۴۲/۸ درصد)، استرانسیم (۴۲/۶ درصد)، باریوم (۳۲/۵ درصد)، وانادیم (۳۱/۸ درصد)، روی (۲۵/۸ درصد) و نیکل (۲۴ درصد) می‌باشد. مقادیر بالای ضرایب تغییرات برای فلزات کروم، بور، اسکاندیم و ایتیریم نشان دهنده این است که غلظت این فلزات به طور قابل توجهی در مکان‌های مختلف نمونه‌برداری متفاوت است و همچنین نمایانگر توزیع ناهمگن آن‌ها به دلیل فعالیت‌های انسانی است. ضرایب تغییرات برای بقیه فلزات تغییرپذیری متوسطی را نشان داد که بازتاب کننده توزیع نسبتاً غیرهمگن این عناصر در خاک‌های منطقه مورد مطالعه است. انحراف استاندارد غلظت فلزات در خاک‌های منطقه مورد مطالعه با روند نزولی باریوم < بور < کروم < استرانسیم < وانادیم < ایتیریم < روی < اسکاندیم < نیکل < سرب < مس < کادمیوم کاهش یافت. مقادیر زیاد انحراف استاندارد نشان‌دهنده گستره تغییراتی وسیع غلظت‌های فلزی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه است که این موضوع برای عناصر باریوم، بور، کروم، استرانسیم و وانادیم نشان داده شد. میزان چولگی همه فلزات مثبت بود که نمایانگر این است که این فلزات چولگی مثبتی به سمت غلظت‌های پایین‌تر دارند. میزان کشیدگی در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است.

۴-۲- توزیع مکانی آلودگی

برای تهیه توزیع مکانی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. از آنجا که روش‌های کریجینگ (معمولی، ساده و گسسته) دارای پتانسیل بالایی برای تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین خاک هستند؛ لذا به عنوان روش‌هایی مناسب برای درون‌یابی و تهیه نقشه آلاینده‌ها پیشنهاد شده‌اند (کریمی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۳).

۴-۳- پهنه‌بندی آلودگی فلزات سنگین

توزیع مکانی غلظت فلزات سنگین در محدوده مورد مطالعه در شکل‌های ۵ تا ۱۷ نشان داده شده است.

پایین‌ترین میزان غنی‌شدگی خاک با فلزات مورد نظر مربوط به کادمیوم و باریوم است. متوسط میزان C_f نیز به صورت زیر خود را نشان داد:

$Sr > Ni > Sr > Zn > Cu > Ba$ با توجه به میزان C_f فلزات بالاترین درجه آلودگی مربوط به فلز قلع و پایین‌ترین مربوط به فلز باریوم بود. توزیع طبقه‌بندی شاخص‌های I_{geo} , E_p , C_f برای فلزات سنگین براساس روش‌های طبقه‌بندی بیان شده شاخص‌های مد نظر انجام گرفته است. نتایج نشان داد که مقادیر شاخص I_{geo} برای عناصر سنگین باریوم، بور، مس، نیکل، استرانسیم، وانادیم و روی در تمام نقطه‌های بررسی شده منفی است که عدم آلودگی با این هفت فلز را نشان می‌دهد. مقدار شاخص زمین‌انباشت فلزات کادمیوم، کروم، اسکاندیم، استانیوم، سرب و وانادیم آلودگی متوسط منطقه را نسبت به فلزات زیر نشان داد. نتایج درصد فاکتور غنی‌شدگی (E_f) نیز برای نیکل (۴۵ درصد) را نشان داد که بالاتر از سایر فلزات سنگین مورد مطالعه بود. باریوم (۴۰ درصد)، استرانسیم (۳۳/۹ درصد)، وانادیم (۳۸/۸ درصد)، اسکاندیم (۳۲ درصد)، روی (۳۱ درصد)، ایتیریم (۲۶ درصد) می‌باشد. علت درصد بالای آلودگی ممکن است تغییرات محیط‌زیست همراه با فعالیت انسانی باشد. درصد پایین فاکتور غنی‌شدگی برای کروم (۶ درصد)، بور (۷ درصد)، مس (۷ درصد)، سرب (۱۶ درصد) و کادمیوم (۱۱ درصد) نشانه طبیعی بودن منشاء این فلزات است.

آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین خاک منطقه مورد مطالعه به صورت حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف استاندارد، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی در جدول شماره ۹ خلاصه شده است. با توجه به جدول (۹) در بین فلزات سنگین مورد سنجش بالاترین میانگین غلظت فلزات در خاک محدوده مورد مطالعه مربوط به فلز باریوم ($X=393$) و پایین‌ترین غلظت فلزات مربوط به کادمیوم ($X=0.7$) می‌باشد و میانگین بقیه عناصر به ترتیب زیر می‌باشد:

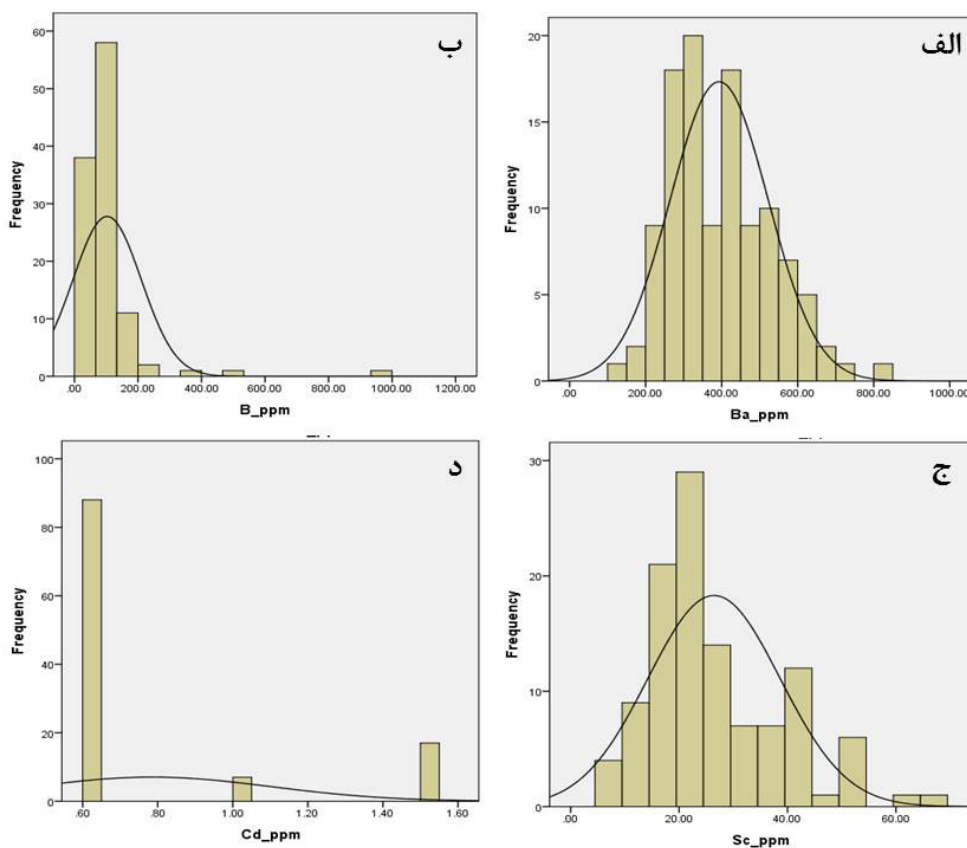
باریوم < وانادیم < استرانسیم < بور < روی < نیکل < ایتیریم < مس < سرب < اسکاندیم < کروم < قلع < کادمیوم و نیز ضریب تغییرات (cv)، درجه تغییرپذیری غلظت‌های یک فلز را در خاک نشان می‌دهد. اگر $cv \leq 20\%$ باشد، نشان‌دهنده تغییرپذیری اندک: $21\% \leq cv < 50\%$ تغییرپذیری متوسط

جدول ۸. مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه شاخص غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشت و شاخص آلودگی

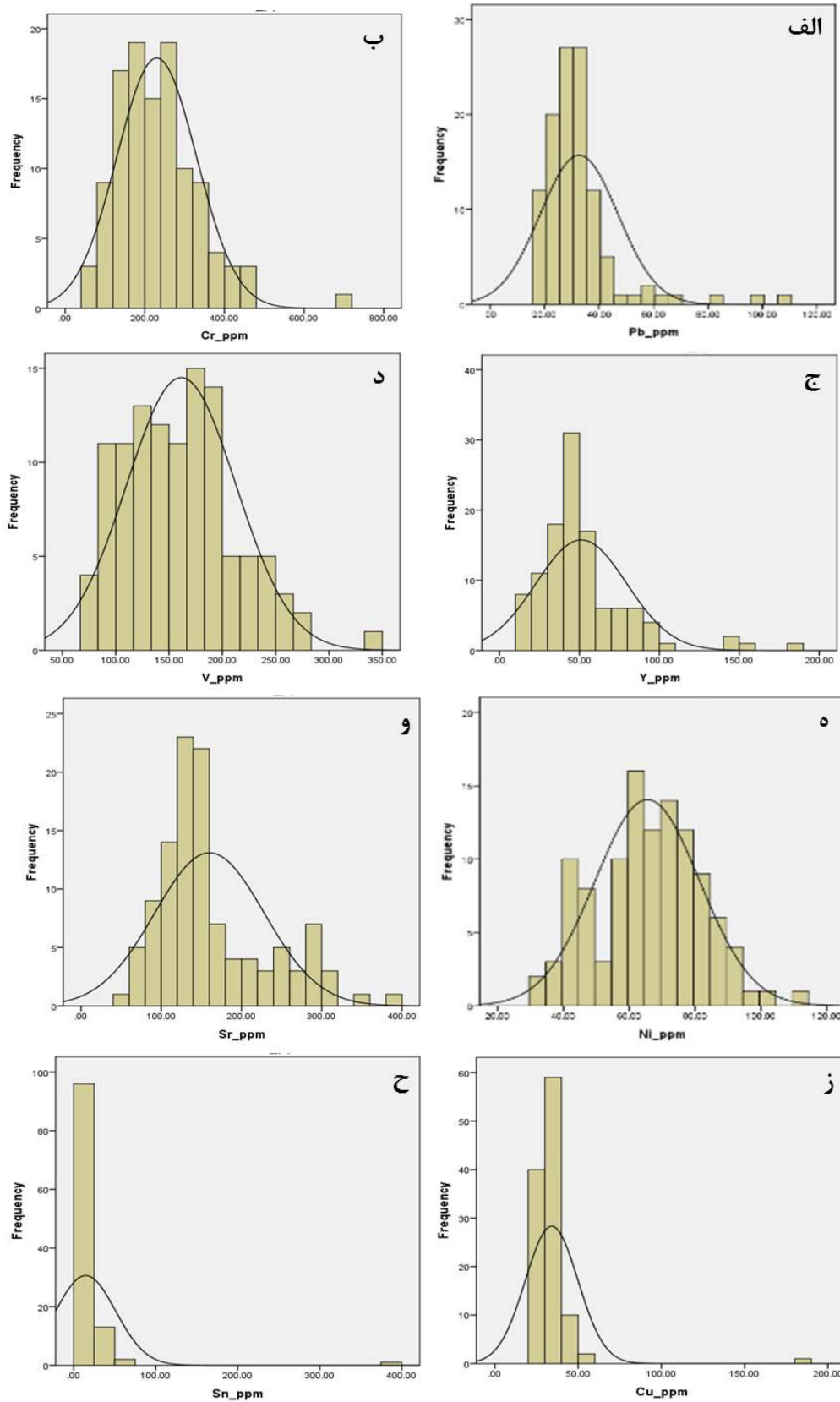
Sn	Zn	Y	V	Sr	Sc	Pb	Ni	Cu	Cr	Cd	B	Ba	شاخص‌ها
۰/۵۷	۰/۰۶	۰/۶۹	۰/۰۴	۰/۲۲	۱	۱/۰۶	۰/۶۱	۰/۴۷	۱/۳۹	۱/۵۹	۰/۰۴	۰/۰۳	میانگین
۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۱	۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	حداکثر
۲/۱۲	۰/۱۵	۱/۳	۰/۱۱	۶/۷۴	۱	۹/۹۰	۲/۴۱	۳	۳/۷۰	۸/۱۵	۰/۵۵	۰/۰۶	حداقل
۰/۲۲	۰/۰۰۹	۰/۳۴	۰/۰۷	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۱۶۸	۰/۰۴	۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۰۸	۰/۱۲	میانگین
۰/۴۷	۰/۰۹	۰/۴۷	۰/۲۴۳	۰/۱۵	۰/۴۷	۰/۰۷۳	۰/۱۶۷	۰/۱۶۱	۰/۱۱۲	۰/۴۸	۰/۲۶۴	۰/۲۸۵	حداکثر
۰/۰۷	۲/۰۳	۰/۸	۰/۵۷	۱/۹۲	۱/۷۳	۱/۸۲	۰/۱	۱/۴۶	۲/۳۷	۱/۷۳	۲/۷۳	۰/۱۲	حداقل
۰/۹۱	۱/۷۰	۱/۲۴	۰/۹۴	۲/۸۵	۲/۰۳	۱/۶۳	۰/۹۶	۰/۷۵	۲/۵۵	۲/۶۱	۱/۰۲	۰/۶۷	میانگین
۰/۵	۰/۴	۰/۵۳	۰/۲۷	۱/۰۵	۰/۵۳	۰/۹	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۲/۰۹	۰/۲۴	۰/۲	حداکثر
۱/۸	۶/۱۶	۲/۶۱	۲/۲۳	۱۲۶	۵	۵/۳	۱/۶۱	۴/۱۳	۷/۸	۵	۱۰	۱/۳۷	حداقل

جدول ۹. آماره‌های توصیفی غلظت فلزات سنگین خاک منطقه مورد مطالعه

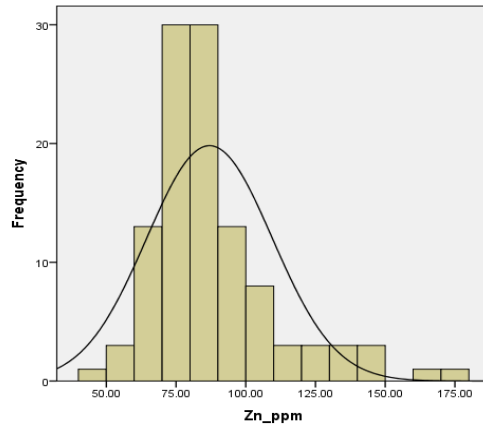
Sn	Zn	Y	V	Sr	Sc	Pb	Ni	Cu	Cr	Cd	B	Ba	آماره - عناصر
۴۸	۱۲	۷۰	۱۸/۳	۴۷	۷	۱۸	۳۲	۲۲	۶۲	۰/۶	۲۴	۱۲۰	حداقل
۱۷۱	۱۵۸	۳۴۰	۳۸۰	۳۸۰	۶۵	۱۰۶	۱۱۰	۱۸۶	۷۰۰	۱/۵	۱۰۰۰	۸۰۰	حداکثر
۸۶/۹	۵۱	۱۶۱	۱۴/۵	۱۶۰	۲۶	۳۲/۶	۶۵/۴	۳۴	۲۲/۹	۰/۷	۱۰۲	۳۹۳	میانگین
۲۲/۵	۲۸/۳	۵۱/۳	۳۶/۵	۶۸/۲	۲۱	۱۴/۲	۱۵/۸	۱۵/۷	۹۹	۰/۳	۱۰۷	۱۲۸	انحراف
۱/۵	۲	۰/۵	۹/۲	۰/۹	۱۲/۲	۲/۷	۰/۲	۸	۱/۱	۱/۷	۶	۰/۵	چولگی
۲/۷	۵/۹	۰/۲۸	۹۲	۰/۴	۰/۹	۱۰/۱	۰/۳	۷۸	۳/۳	۱/۱	۴۶	۰/۳	کشیدگی
۲۵/۸	۵۵/۴	۳۱/۸	۲۵۱	۴۲/۶	۸۰	۴۲/۵	۲۴	۴۶/۱	۴۳۰	۴۲/۸	۱۰۴	۳۲/۵	درصدتغییرات



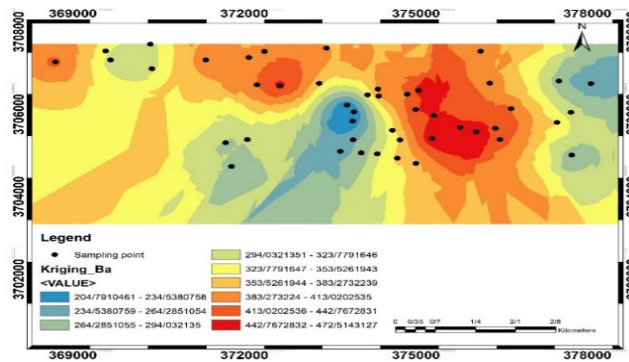
شکل ۲. الف) توزیع باریم، ب) توزیع بور، ج) توزیع اسکاندیم و د) توزیع کادمیوم در نمونه خاک مورد مطالعه



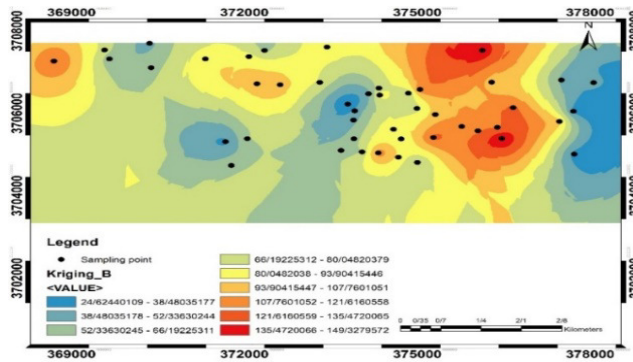
شکل ۳. الف) توزیع سرب، ب) توزیع کروم، ج) توزیع ایتیریم، د) توزیع وانادیم، ه) توزیع نیکل، و) توزیع استرانسیم، ز) توزیع مس و ح) توزیع قلع در خاک مورد مطالعه.



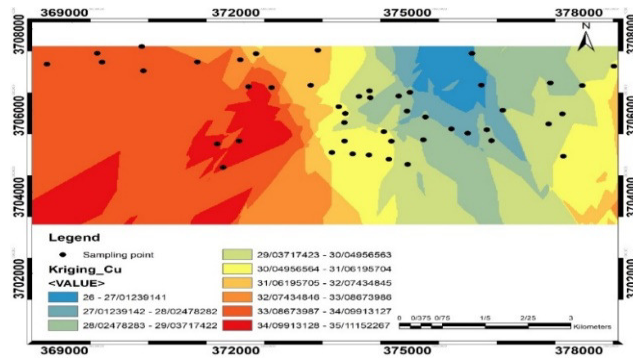
شکل ۴. توزیع روی در نمونه خاک مورد مطالعه



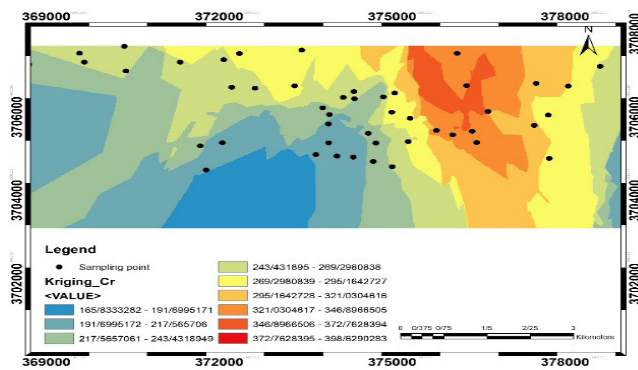
شکل ۵. توزیع مکانی باریم



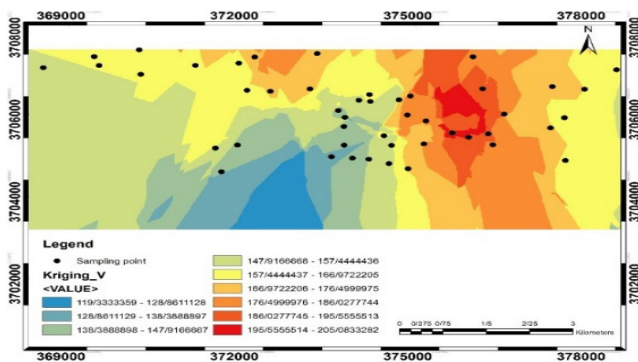
شکل ۶. توزیع مکانی بور



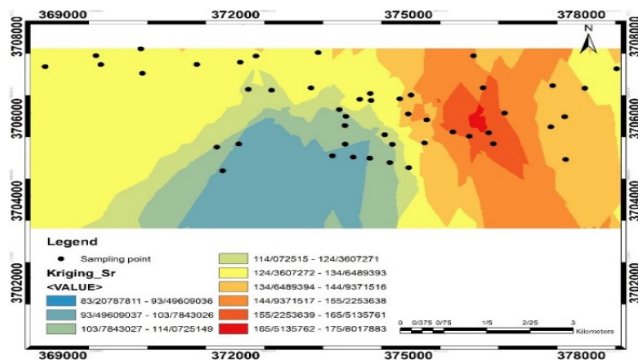
شکل ۷. توزیع مکانی مس



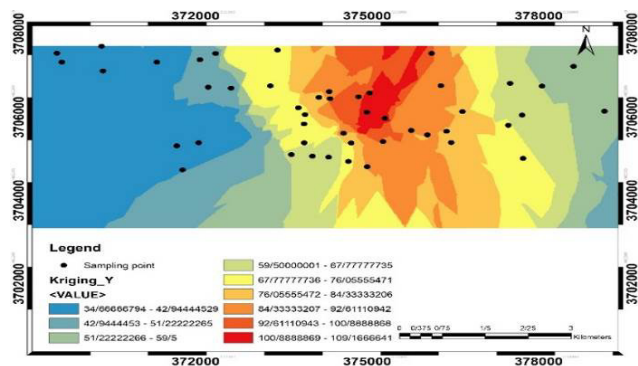
شکل ۸. توزیع مکانی کروم



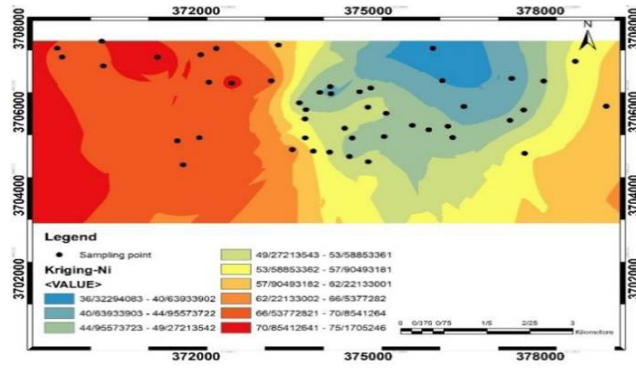
شکل ۹. توزیع مکانی وانادیوم



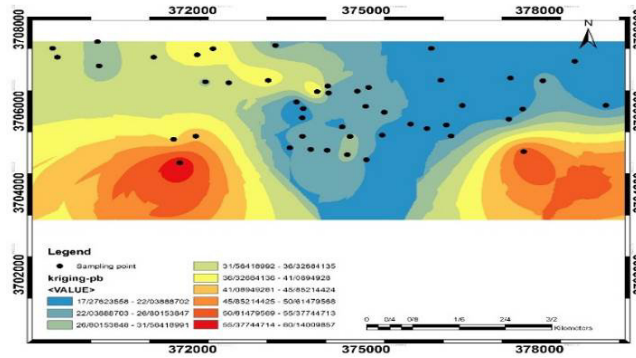
شکل ۱۰. توزیع مکانی استرانسیوم



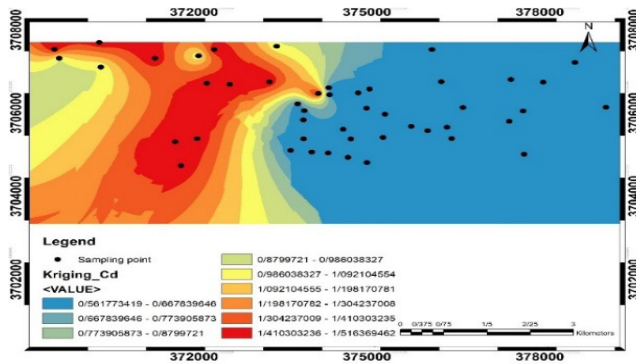
شکل ۱۱. توزیع مکانی یتربوم



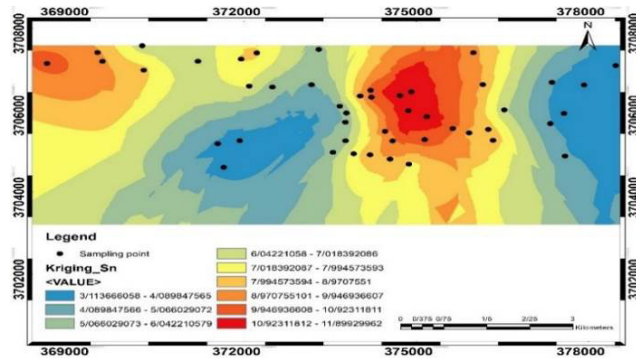
شکل ۱۲. توزیع مکانی نیکل



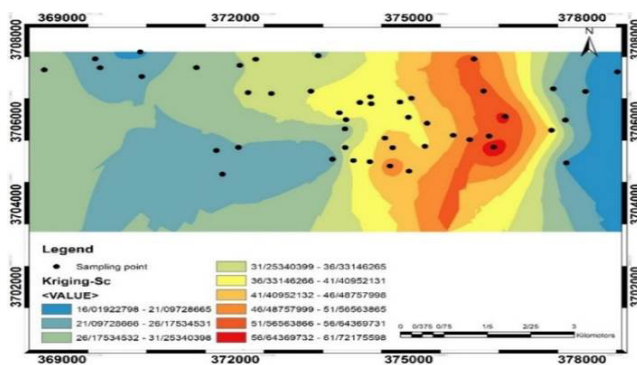
شکل ۱۳. توزیع مکانی سرب



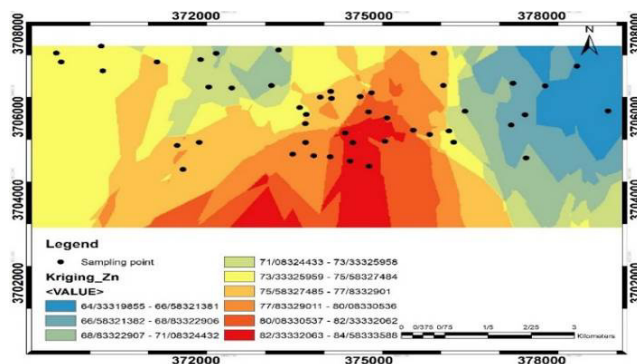
شکل ۱۴. توزیع مکانی کادمیوم



شکل ۱۵. توزیع مکانی قلع



شکل ۱۶. توزیع مکانی اسکاندیم



شکل ۱۷. توزیع مکانی روی

Sc و Pb و Cu می‌باشند. در تحلیل ساده‌ی نمودار Sc و Cu دارای بیش‌ترین تشابه و کمترین فاصله هستند و در یک شاخه قرار می‌گیرند و کم‌ترین ارتباط بین Cu و Ba است و Ba کمترین همبستگی را با بقیه عناصر نشان می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

۱- منشاء فلزات در منطقه وابستگی خاصی به عوامل انسانی از خود نشان نمی‌دهد و بیش‌تر تحت تاثیر نوع سنگ و خاک منطقه است. با توجه به اینکه منشا سنگ‌های دگرگونی منطقه (فیلیت، اسلیت و...)، شیل می‌باشد بنابراین خاک رس ناشی از هوازدگی و فرسایش شیل می‌تواند یکی از دلایل مهم جذب کاتیون‌های فلزی مثل سرب و روی و... باشد.

۲- درصد فاکتور غنی‌شدگی منطقه بررسی شده وابستگی غلظت بالای وانادیم و برخی از عناصر را به عوامل انسانی نشان می‌دهد. کانسارهای وانادیم نادر هستند و منبع اصلی عنصر وانادیم در خاک‌های سطحی عموماً نفت خام است. با توجه به بررسی‌های *Google Earth* بیش‌ترین غلظت وانادیم مناطق مسکونی بود که

۴-۴- ضریب همبستگی پیرسون

در مباحث آماری، ضریب همبستگی پیرسون یا ضریب همبستگی حاصلضرب- گشتاور پیرسون میزان همبستگی بین دو متغیر تصادفی را می‌سنجد. مقدار این ضریب بین ۱- تا ۱ تغییر می‌کند که «۱» به معنای همبستگی مثبت کامل، «۰» به معنی نبود همبستگی و «-۱» به معنی همبستگی منفی کامل است. این ضریب که کاربرد فراوانی در آمار دارد، توسط کارل پیرسون براساس ایده اول فرانسویس گالتون تدوین شد (باقری، ۱۳۹۱). ضریب همبستگی هر متغیر با خودش «۱» است و ضریب بین (۰ تا ۰/۲) نشانه همبستگی ضعیف، ضریب بین (۰/۲ تا ۰/۶۹) همبستگی متوسط و ضریب (۰/۷ تا ۱) همبستگی قوی می‌باشد (گولر، ۲۰۰۲). برخی از عناصر ضریب همبستگی بالایی با هم دارند. (استرانسیم و باریوم)، (قلع و بور)، (بور و ایتیریم) (کادمیوم و کروم)، (کادمیوم و روی) طبق جدول ۱۰ دارای همبستگی خوبی هستند.

همان‌طور که در شکل ۱۸ مشاهده می‌شود عناصر در ۸ خوشه قرار می‌گیرند. خوشه اول Ba ، خوشه دوم Cr ، خوشه سوم V و Sr ، خوشه چهارم B ، خوشه پنجم Ni و Zn ، خوشه ششم Y ، خوشه هفتم Sn و Cd ، خوشه هشتم

۵- منطقه دارای پتانسیل معدنی برخی کانسارهای فلزی مانند قلع و کادمیوم و کروم است.

۶- حضور برخی از عناصر در کنار هم نشان‌دهنده منشاء مشترک آن‌هاست.

۷- از آن جایی که شرایط زمین‌شناسی ته‌نشینی برخی از کانی کاملاً متفاوت است، غلظت برخی از عناصر رابطه عکس با هم داشت. به عنوان مثال شرایط ته‌نشینی گالن (سنگ مادر سرب) با باریت (سنگ باریت) کاملاً متفاوت است.

می‌توان نتیجه گرفت بالا بودن غلظت وانادیم مربوط به فعالیت‌های نفتی انسان است مثل پمپ بنزین‌ها، جاده، استفاده منازل و... می‌باشد.

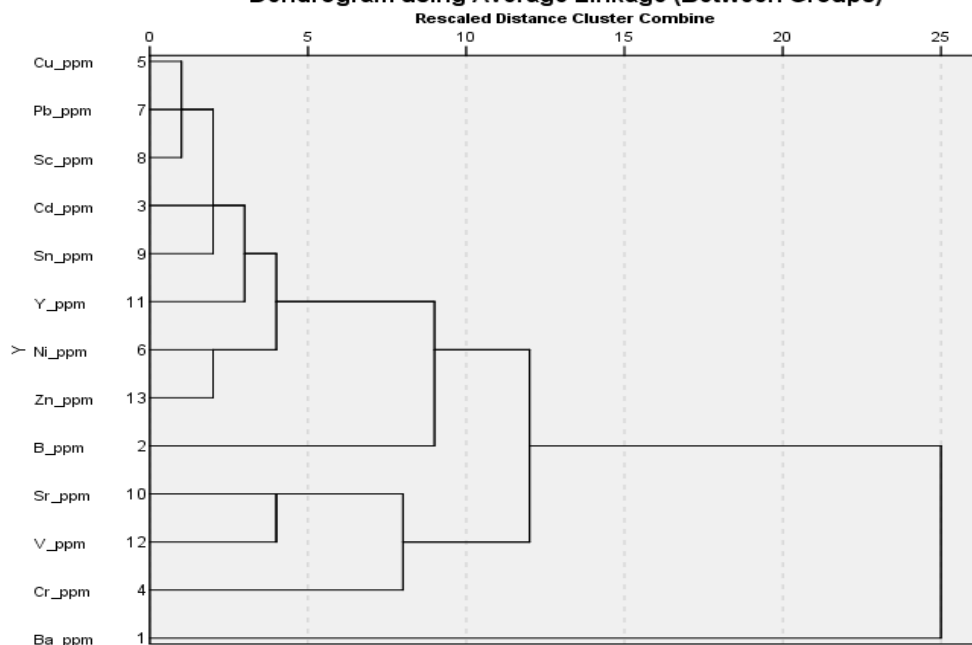
۳- هر چند منطقه نسبت به عنصر نیکل از خود آلودگی نشان نمی‌دهد ولی درصد بالای فاکتور غنی‌شدگی حاکی از تاثیر عوامل انسانی بر مقدار نیکل است. وجود معادن استخراج سنگ شهرستان الیگودرز که در نزدیک منطقه قرار دارند، می‌تواند در این مورد دخیل باشد.

۴- منطقه مورد نظر دارای غلظت بالایی از فلزات قلع، کادمیوم، کروم و ایتیریم می‌باشد.

جدول ۱۰. ضریب همبستگی پیرسون عناصر مورد مطالعه

	Ba	B	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sc	Sn	Sr	V	Y	Zn
Ba	۱												
B	۰/۲۹	۱											
Cd	۰/۰۲	۰/۱۵	۱										
Cr	۰/۴۱	۰/۱۳	۰/۸۳	۱									
Cu	۰/۰۸	۰/۴۰	۰/۲۳	۰/۹۹	۱								
Ni	۰/۳۴	۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۵۲	۰/۹۰	۱							
Pb	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۱۵	۱						
Sc	۰/۱۹	۰/۰۵	۰	۰	۰/۱۹	۰/۵۶	۰/۳۱	۱					
Sn	۰/۱۷	۰/۸۶	۲۴۰	۰/۰۱	۰/۹	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۷۶	۱				
Sr	۰/۷	۰/۴۰	۰/۰۵	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۴۰	۱			
V	۰/۶۹	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۷	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۴۵	۰/۰۳	۰/۴۲	۱		
Y	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۴۳	۰/۰۵	۰/۵۱	۰/۲۲	۰/۶۱	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۳۶	۱	
Zn	۰/۴	۰/۲	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۱۳	۰/۱۱	۱

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



شکل ۱۸. نمودار خوشه‌های عناصر مورد بررسی

منابع

- Deely, J. M., Fergusson, J. E (2017) Heavy metal and organic matter concentration and distributions in dated sediment of small adjacent to a small urban area. *Science of the Total Environment*, 153: 97-111.
- Hakanson, L (1980) Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. *Water Research*, 14:975-1001.
- Heling, D. Rothe., P. Förstner., U. Stoffers., P (1990) *Sediments and Environmental Geochemistry*. Berlin: Springer.
- Hooda, P. S (2016) *Trace elements in soil*, Blackwell Publishing Ltd, London, 618 pp.
- Karimi Nezhad, M. T., Tabatabaie, S. M., Gholami, A (2015) Geochemical assessment of steel smelter-impacted urban soils, Ahvaz, Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 152: 91-109.
- Mitra, S., Kebbekus, B. B (1997) *Environmental chemical Analysis*. Newyork: CRC Press.
- Muller, G (1979) Index of geoaccumulation Sediments of the Rhine River. *Geo Journal*, 2: 108-119.
- Niencheski, L. F. H., Baraj, B., Franca, R. G., Mirlean, N (2002) Lithium as a normalizer for the assessment of an thropogenic metal contamination of sediment of the southern area of patos lagoon. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 5: 473-483.
- Loska, K., Wiechula, D (2003) Application of principal component analysis of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. *Chemosphere*, 51(8): 723-733.
- Sutherland, R (2000) Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39 (6): 611-627.
- Taheri, M., Mehrzad, J., Mahmudy Gharai, M. H., Afshari, R., Dadsetan, A., Hami, S (2016) High soil and groundwater arsenic level induce high body arsenic loads, health risk and potential anemia for inhabitants of northeastern Iran. *Environmental Geochemistry and Health*, 38: 469-482.
- Tahmasebi, P., MahmudyGharai, M. H., Ghasemzadeh, F., Karimi Karouyeh, A (2015) A survey on heavy metals pollution in water resources of Kouhe Zar Mining area (The West of Torbat Heydarieh, Iran). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 7(3): 244-253.
- Wang, Y. Q., Zhang, X. Y., Arimoto, R., Cao, J. J., Shen, Z. X (2005) Characteristics of carbonate content and carbon and oxygen isotopic composition of northern china soil and dust aerosol and its application to tracing dust sources. *Atmospheric Environment*, 39: 2631-2645.
- افشاری، ع، خادمی، ح، حجتی، س (۱۳۹۴) ارزیابی پتانسیل خطرپذیری آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مرکزی استان زنجان بر اساس انواع شاخص‌های آلودگی، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۶، سال دهم، ص ۲۱-۴۰.
- باقری، ه (۱۳۹۱) نمونه‌برداری و تجزیه دستگاهی نمونه‌های معدنی و زیست‌محیطی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان، ۳۴۲ ص.
- پورخباز، ح، جوانمردی، س، یوسف‌نیا، ح، اسلامی، م، مکرونی، س، اقدر، ح (۱۳۹۵) ارزیابی زیست‌محیطی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف کارخانه سیمان بهبهان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳، سال ۲۷، ص ۱۰۳-۸۸.
- دهرآزما، ب، آذرپیکان، آ، مدبری، سروش، سیاره، ع (۱۳۹۳) ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک منطقه معدن متروکه سرب - روی آی قلعه سی، جنوب خاور تکاب، مجله زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست، شماره ۹۴، سال بیست و چهارم، ص ۱۳۸-۲۹.
- ستوهیان، ف، حجتی، لیلا، شریفی، س (۱۳۹۳) تاثیرات محیط زیستی سرب و روی زه‌آباد قزوین، فصلنامه انسان و محیط‌زیست، شماره بیست و هشتم، ص ۲۹-۱۸.
- سیستانی، ن، معین‌الدینی، م، خراسانی، ن، حمیدیان، ا، طالشی، م، عظیمی، ر (۱۳۹۶) آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های مجاور صنایع فولاد کرمان، مجله سلامت و محیط زیست، شماره ۱، سال دهم، ص ۷۵-۸۶.
- قدیمی، س، مقیمی، ه (۱۳۹۰) مطالعه زیست‌محیطی معدن روی و سرب انگوران زنجان، پنجمین همایش تخصصی زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور مرکز ابهر.
- قربانی‌نژاد، س، دانش‌فر، م، رحمتی، آ، فلاح، ف، حقی‌زاده، ع، طهماسبی‌پور، ن (۱۳۹۶) پتانسیل‌یابی منابع آب‌های زیرزمینی دشت ازنا- الیگودرز با استفاده از میانبرهای طبیعی، مجله سنجش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، شماره ۲۰، سال هشتم، ص ۶۲-۷۸.
- کرباسی، ع، نبی‌بیدهندی، غ، معطر، ف، برزگری، ز (۱۳۸۶) بررسی منشأ و دسترسی بیولوژیکی عناصر سنگین در خاک ارتفاعات شمال غرب تهران، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۳، سال یازدهم، ص ۳۰-۴۱.
- Alloway, B. J (1990) *Heavy metals in soils*. Blackie and Sons. Ltd. Glasgow and London.
- Bradl, H. B (2005) *Heavy elements in environment*, Elsevier Ltd, 283 pp.

- Weber, J., karczewska, A. (2004) *Biogeochemical processes and cycling of elements in the environment. Geoderma, 122: 2-4.*
- Webster, R. T., Burges, M. (2002) *Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties III-changing drift and universal kriging. Journal of Soil Science, 31: 505-524.*
- Zonta, R., Botter, M., Cassin, D., Zaggia, L (2007) *Sediment chemical contamination of shallow water area close to the industrial zone of Porto Mar - ghera (Venice Lagoon, Italy). Marine Pollution Bulletin, 55: 529-542.*
- Loska, K., Wiechula, D. (2003) *Application of principal component analysis of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. Chemosphere, 51(8): 723-733.*

***Investigation of heavy metal contamination and their origin in eastern Azna city,
Lorestan province***

A. Jamshidi*¹, R. Sarikhani², G. Karami³ and A. Ghasemi Dehnavi⁴

1, 2, 3, 4- Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad

** jamshidi.am@lu.ac.ir*

Recieved: 2020/2/12 Accepted: 2020/3/7

Abstract

This study was conducted to investigate the heavy metal contamination and their origin in eastern Azna city in Lorestan province. For this purpose, heavy metals of surface soil samples 113 (5-15 m) were analyzed in the eastern Azna city by AAS flame atomic absorption spectrometry. Origin indices and degree of contamination including enrichment factor (E_f) and its percentage, Geoaccumulation Index (I_{geo}), contamination factor (C_f) were calculated to evaluate soil contamination. Based on the results, the mean concentrations of heavy metals including Zn, Y, V, Sn, Sr, Sc, Pb, Ni, Cu, Cr, Cd, B, Br were 86.9, 51, 161, 14.5, 160, 26, 32.6, 65.4, 34, 22.9, 0.7, 102, 393 mg/kg, respectively, which Br has the highest and Cd the least. Maximum and minimum enrichment factors are also Cd and Br, respectively. The results showed that the studied area is not heavily contaminated with heavy metals but the concentration of some metals is very high in some places and in the case of a natural source of contamination (rock and soil), these sites can be used as potential mining and resource sources.

Keywords: Heavy metals, pollution, soil, Azna city