

تعیین عوامل گسترش فلزات سنگین در مجاورت مجتمع معدنی ایرانکوه - مطالعه موردی در استان اصفهان

احمد رضا مختاری^{۱*}، محسن سلیمانی^۲، عادل امامی^۱، فرح رحمانی^۳، علی اکبر دهقانزاده بافتی^۴

^۱دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۲دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۳سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۴گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافق، بافق، یزد، ایران

چکیده

غلظت‌های بالای عناصر بالقوه سمی در ذخایر کانساری و گسترش این فلزات در اثر فعالیت‌های معدنی، مشکلات زیست محیطی را به دنبال دارد که تهدیدی جدی برای سلامتی انسان محسوب می‌شود. در این پژوهش مطالعات ژئوشیمیایی به منظور تعیین نحوه گسترش و علل پراکندگی عناصر سنگین در خاک‌های جنوب رشته کوه ایرانکوه، که زمین‌های کشاورزی را نیز شامل می‌شود، انجام شده است. رشته کوه ایرانکوه در ۲۵ کیلومتری جنوب غرب شهر اصفهان واقع شده و در آن فعالیت‌های معدنی برای چندین دهه همراه با استخراج و فرآوری مواد معدنی در حال انجام بوده است. تعداد ۱۳۷ نمونه خاک سطحی از منطقه برداشت گردید و نمونه‌ها بعد از محلول سازی به روش هضم با چهار اسید، مورد عیار سنجی توسط دستگاه ICP-OES قرار گرفتند. به منظور تعیین بیشینه حدود مجاز عناصر در زمین‌های کشاورزی، از استانداردهای کشور کانادا استفاده شد که براساس این استاندارد پنج عنصر آرسنیک، سرب، روی، نیکل و کرم (با ماکزیمم مقادیر به ترتیب ۴۷، ۳۹۲، ۲۴۳۵، ۷۱ و ۱۱۷ ppm) دارای مقادیر بیش از حد مجاز در برخی از نمونه‌ها بودند. تجزیه و تحلیل‌های آماری چند متغیره داده‌ها و تطابق گسترش فضایی در غلظت نمونه‌های دارای غلظت بالا با جهت غالب بادهای منطقه نشان داد که غلظت‌های بالای سرب و روی در اثر عوامل انسان‌زاد و زمین زاد بوده و باد فاکتور اصلی پراکندگی فلزات با غلظت بالا در خاک‌های منطقه بوده است.

کلید واژه‌ها: عناصر سنگین، آلودگی خاک، رشته کوه ایرانکوه، تغییرات مکانی

ar.mokhtari@cc.iut.ac.ir

*نویسنده مسئول: احمد رضا مختاری

۱- مقدمه

(al., 2006; Geras'kin et al., 2011) و در برخی مواقع منجر به بیماری سرطان گردد (Lim et al., 2007). بنابراین درک صحیح از نوع، غلظت و گسترش آلوده کننده‌های محیطی به همراه نحوه توزیع فضایی آن‌ها در مجاورت فعالیت‌های معدنی نه تنها می‌تواند موجب شناسایی خطر موجود برای سلامتی انسان و دیگر موجودات باشد، بلکه در انتخاب گزینه مناسب برای جلوگیری از گسترش آلودگی و درمان آن بسیار اساسی است (Morton-Bermea et al., 2009).

از مناطق مظنون به آلودگی، اراضی کشاورزی جنوب رشته کوه ایرانکوه می‌باشد، جایی که در نزدیکی آن معادن فعال سرب و روی در حال بهره برداری هستند. این منطقه توجه بسیاری از محققین را به منظورهای مختلف به ویژه مسایل محیط زیستی جلب کرده است (صفری سنجانی و شنبه دستجردی، ۱۳۸۴، دیانی و همکاران ۱۳۸۸، Ghaderian et al. 2007). این رشته کوه دارای گسترش غربی-شمال غربی است و ذخایر سرب و روی در این رشته کوه جای گرفته‌اند که فعالیت‌های معدنکاری همراه با فعالیت‌های فرآوری در قسمت‌های مختلف آن متمرکز شده‌اند. منطقه در بین طول‌های جغرافیایی ۵۱° ۵۰' و ۵۱° ۶۰' درجه شرقی و ۳۲° ۴۷' و ۳۲° ۵۴' درجه شمالی واقع شده است و بیشترین ارتفاع آن ۲۳۹۰ متر از سطح دریا قرار دارد. منطقه دارای شرایط نیمه خشک است و متوسط بارش ۱۳۰ میلیمتر در سال است. لذا به منظور آزمون فرض وجود و یا عدم وجود مقادیر قابل

آلودگی ناشی از وجود ذخایر معدنی و شدت یافتن این آلودگی‌ها در اثر فعالیت‌های بشر مانند استخراج این ذخایر، از معضلات زیست محیطی محسوب می‌شود. معدنکاری که به صورت مستقیم ۲۴۰۰۰۰ کیلومتر مربع از سطح زمین را دستخوش تغییر و به همزدگی قرار داده است (Dollhopf, 2006) می‌تواند منتج به مشکلات محیط زیستی مانند فرسایش خاک (به عنوان عامل ثانویه در ایجاد آلودگی)، از بین رفتن تنوع زیستی و همچنین مستقیماً باعث آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی و سطحی گردد (Cappuyns et al., 2006; Navarro et al., 2008; Meza-Figueroa et al., 2009; Geras'kin et al., 2011). فعالیت‌های معدنی به عنوان منبع اصلی و بالقوه آلودگی خاک ناشی از عناصر سنگین به ویژه روی، سرب و کادمیم شناخته شده‌اند که فلزات مذکور نسبت به سایر فلزات بیشترین مقدار زیست دسترس پذیری (Bioavailability) را دارا هستند (Navarro et al., 2008; Prieto, 1998). مطالعات گوناگون در نقاط مختلف دنیا در زمینه آلودگی خاک به ویژه در مناطق نزدیک به معادن متروک یا در حال کار صورت گرفته است. این مسئله در مورد مناطق کشاورزی که به طور مستقیم با سلامت انسان‌ها در ارتباط است، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. آلودگی‌های محیطی ناشی از فعالیت‌های معدنی می‌تواند سلامت موجودات زنده از جمله انسان‌ها و حیوانات را تهدید کرده (Cappuyns et

همچنین به منظور جلوگیری از وارپانسهای بیش از حد ناشی از ناهمگنی های محلی، در هر موقعیت نمونه برداری ۵ نمونه، که یکی در مرکز و دیگری در چهار طرف آن و به فاصله ۵ متری از نمونه مرکزی قرار داشتند، برداشته شد (De Vivo et al., 2008). نمونه ها به پاکتهای کاغذی منتقل شدند و برای مدت دو روز در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد در خشک کن، خشک شدند. در مجموع ۱۵۴ نمونه شامل ۱۳۷ نمونه اصلی از خاک، دو نمونه از دمپ باطله و ۱۵ نمونه تکراری صحرایی برداشت گردید. در ادامه نمونه ها توسط گویهایی از جنس پلی آمید، که درون کاسه ای از همین جنس قرارداشتند، توسط دستگاه همزن به اجزای ریز تبدیل شدند. هدف از این کار جداسازی ذرات خاک از یکدیگر به منظور همگن کردن آن بود. استفاده از گویها و ظروف پلی آمیدی به جای وسایل فلزی به منظور جلوگیری از آلوده کردن نمونه ها به فلزات مختلف در اثر تماس بود. اشکال ۳ و ۴ به ترتیب محدوده نمونه برداری شده و طرح نمونه برداری در هر یک از موقعیتهای را نشان می دهد.

۴- آزمایش های دانه بندی

به منظور انتخاب بخش مناسب از نمونه های خاک برگرفته برای آنالیز نهایی، دانه بندی تعدادی نمونه که از مکان های مختلف منطقه برای این هدف جمع آوری شده بود به روش آنالیز سرندي تر انجام گردید. پنج نمونه از مکان های مختلف منطقه مورد مطالعه برداشت شد و برای انجام آنالیز سرندي تر ابتدا ۳۰۰ گرم از هر نمونه به مدت ۲ روز در ۱ لیتر محلول سدیم پیروفسفات ۵٪ قرار داده شد تا جدایش بین ذرات خاک حاصل شود. لازم به ذکر است که نمونه ها در این مدت به تناوب هم زده شدند. سپس نمونه ها از الکها با دهانه چشمه های ۰.۶۹، ۰.۸۵، ۱.۱۸، ۲.۰۰، ۰.۴۲ و ۰.۲۵ میلی متری عبور و با آب مقطر شستشو داده شدند.

نتایج حاصل از این آنالیز به صورت درصد فراوانی تجمعی عبوری از هر سرندي در شکل ۵ نشان داده شده است. مشاهده می گردد که بیش از ۹۰٪ هر نمونه از الک ۰.۲۵ میلی متر عبور کرده است که گویای ریزدانه بودن خاک منطقه است. برپایه این مطالعه ۳٪ یا کمتر از این مقدار در جزء بیش از ۲ میلی متر سهم دارند. با این وجود باید به این نکته توجه داشت که با نزدیک شدن به ارتفاعات سهم ذرات دانه درشت در خاک افزایش می یابد. از آنجایی که هدف این پژوهش مطالعه عناصر بالقوه سمی در کل خاک می باشد بنابراین انتخاب بخشی از نمونه می تواند اریبی در نتایج بوجود آورد، ولی مطالعه فوق نشان داد که سرندي کردن نمونه و انتخاب بخش دانه ریز با توجه به ناچیز بودن بخش دانه درشت قابل توجهی می باشد. این کار موجب بالا رفتن تعداد ذرات در واحد وزن شده و نمونه مورد آنالیز را شاخص تر می نماید. بنابراین جزء ۶۰ میلی متر (بخش عبوری از الک ۰.۶۰ میلی متر) به عنوان نمونه نهایی انتخاب گردید. با این انتخاب نزدیک به ۹۵٪ از نمونه ها در بخش مورد آنالیز وارد می شوند. در نتیجه نمونه ها توسط آسیای ساخته شده از کاسه و گویهای پلی آمیدی خرد شدند و سپس توسط الک های نایلونی با دهانه ۰.۶۰ میلی متر سرندي و جزء دانه ریز جهت آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد.

۵- تجزیه شیمیایی نمونه ها

نمونه ها جهت آنالیز به سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال شده و به روش هضم با چهار اسید حل گردیدند. ابتدا ۲ گرم از نمونه خشک توزین و سپس اسید نیتریک، اسید پرکلریک و اسید فلوریدریک به ترتیب به مقدار ۴، ۳ و

توجه و آلوده کننده عناصر بالقوه سمی در این منطقه، پژوهش حاضر در جنوب رشته کوه ایرانکوه صورت پذیرفته است. ذخایر معدنی در شمال و جنوب رشته کوه و در دامنه آن واقع شده اند، درحالی که کارخانه فرآوری در جنوب قرار دارد. مناطق مسکونی در شمال با فاصله از این مجتمع قرار گرفته اند ولی زمین های کشاورزی در جنوب از کنار مجتمع معدنی شروع می شوند. برخی از پژوهشگران نشان داده اند که گونه های مختلف گیاهی در این منطقه مقادیر بالایی از سرب و روی را در خود ذخیره می کنند (صلحی ۱۳۸۴). اگرچه گونه های گیاهی مذکور می توانند برای فرآیند گیاه پالایی (Phytoremediation) به منظور اصلاح خاک ها مورد استفاده قرار گیرد، ولی در شرایط طبیعی و در صورت عدم مدیریت صحیح می توانند تهدیدی برای انسان و حیوانات باشد. به منظور داشتن درکی صحیح از میزان و گسترش آلودگی (در صورت وجود)، جهت تعیین غلظت فلزات سنگین، منشأ و عوامل گسترش آن ها، منطقه واقع در جنوب ایرانکوه مورد بررسی قرار گرفت.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه در ۲۵ کیلومتری جنوب غرب استان اصفهان واقع شده است (شکل ۱). زمین های منطقه عمدتاً کاربری کشاورزی دارند و محصولات گلخانه ای به طور عمده در آن ها تولید می شود. از دیدگاه زمین شناسی در زون ساختمانی- رسوبی ایران مرکزی واقع شده و بخش کوچکی از زون ایران مرکزی را شکل می دهد. این محدوده در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اصفهان واقع شده است (شکل ۲).

قدیمی ترین واحد منطقه متعلق به ژوراسیک بوده و شیل های سیاه شامل سیلت استون و ماسه سنگ را شامل می شود. بر روی واحد فوق دولومیت های قهوه ای و آهک دولومیتی واقع شده که دارای لایه بندی واضح بوده و دارای ضخامت ۲۰ تا ۴۰ سانتی متر می باشد. واحدهای فوق توسط آهک اوریتولین دار، که به شکل توده ای و لایه ای است، پوشانده شده اند (قاسمی تودشکچویی ۱۳۷۴، علامه ۱۳۶۹). واحدهای فوق دارای رخنمون بوده و با حرکت از دامنه به بالا مشاهده می شود. محدوده نمونه برداری شده از دامنه کوه آغاز شده و به طرف جنوب با گسترش ۳ کیلومتر ادامه دارد. مشاهدات صحرایی نشان دهنده آن است که خاک دارای قطعات لیتیک بوده ولی ذرات با ابعاد رس و سیلت دارای بیشترین فراوانی هستند. علاوه بر این ذرات و ندول های کرنات مشاهده می شوند که در اثر فرآیند خاکزایی شکل گرفته اند.

۳- نمونه برداری و آماده سازی

برای نمونه برداری و پوشش منطقه براساس گسترش محدوده فعالیت های معدنی، منطقه ای به وسعت سیصد (۳۰×۱۰) کیلومتر مربع تعیین و شبکه نمونه برداری منظم با ابعاد ۵۰×۵۰ متر طراحی گردید. شبکه اولیه در هنگام نمونه برداری با توجه به شرایط موجود در محل نمونه برداری با تغییراتی در موقعیت نمونه ها همراه بوده است. روش های مختلفی برای نمونه برداری و آماده سازی نمونه های ژئوشیمیایی پیشنهاد شده است. در این پژوهش نمونه های خاک از ۳۰ سانتی متری بالای خاک گرفته شده اند، جایی که بیشترین تماس انسان با خاک حاصل می شود و جایی که گیاهان بیشترین تغذیه را از آن دارند. به منظور کاهش خطاهای نمونه برداری و

تعیین اجزای همبسته، آنالیز مولفه های اصلی بر روی تمامی عناصر آنالیز شده اجرا گردیده است.

نمودار پراکندگی PCA که تقابل فاکتورهای اول و دوم را بازگو می کنند در شکل ۹ نمایش داده شده است. مقدارهای عددی بالاتر معرف تاثیر بیشتر متغیر شیمیایی بر مولفه است. عناصر اصلی آلومینیوم، پتاسیم و آهن بار بالایی بر روی مولفه اول دارند که بیانگر غالب بودن خصوصیات لیتولوژیکی - ژئوژنیکی در توزیع عناصر همراه با این فاکتور است. عنصر کلسیم با عناصر مذکور همبستگی منفی دارد که یک دلیل احتمالی آن وجود کربناتهای پدوژنیک در خاک است که می تواند منجر به تثبیت و رسوب فلزات سنگین در خاک گردد (Navarro et al., 2008). تعدادی از فلزات سنگین اندازه گیری شده با عناصر آلومینیوم، آهن و پتاسیم همراه شده اند که علت آن را می توان به وجود این عناصر در ساختار فلدسپارها در خاک ارتباط داد.

همانگونه که از شکل ۹ پیداست، مولفه دوم با توجه به هدف این تحقیق مهمترین مولفه می باشد. در این مولفه فلزات سنگین اشاره شده در بالا همراه با تعدادی دیگری از عناصر به صورت خوشه خود را نمایش داده اند. عناصر پاراژنتیک کانسار سرب و روی مانند باریم، منگنز، کادمیم و نقره به همراه عناصر اصلی موجود در ذخیره (سرب و روی) بار بالایی در فاکتور دوم از خود نشان می دهند که بیانگر تاثیر فرآیندهای ژئوژنیک (طبیعی) و آنتروپوژنیک (مصنوعی) در گسترش این عناصر کانساری در نمونه های خاک است.

به منظور تعیین عامل (یا عوامل) گسترش آلودگی در منطقه، بازدید مجدد از محدوده ای که حاوی نمونه های با غلظت بالای عناصر بود، صورت گرفت. مشاهدات صحرائی نشان داد که مواد تیره رنگ در حد سیلت و ماسه در محدوده آلوده گسترش دارند. این مواد به طور عمده در نزدیکی سد باطله معدن تجمع داشته و گویای آن می باشند که پراکندگی آنها توسط باد صورت گرفته است. لذا جهت بررسی بیشتر این موضوع اطلاعات هواشناسی ایستگاه نزدیک به منطقه (ایستگاه هواشناسی کبوتر آباد) جمع آوری گردیده و نمودار گلباد آن تهیه شده است (شکل ۱۰). این نمودار اطلاعات مربوط به جهت وزش باد و سرعت آن را برای منطقه به تصویر کشیده است. همانگونه که ملاحظه می شود غالب بادهای منطقه دارای جهت شرقی - غربی می باشد که با امتداد ایرانکوه و روند گسترش عیارهای بالای Zn, As, Pb (شکل ۷) همخوانی دارد.

۷- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق که به بررسی وضعیت آلودگی فلزات در منطقه ای وسیع در جنوب رشته کوه ایرانکوه پرداخته است بیانگر غلظتهای بالا در خاکهای منطقه به برخی فلزات با توجه به استاندارد کیفیت خاک کشور کاناداست. دسته اول از عناصر آلوده کننده شامل فلزات آرسنیک، سرب و روی می باشند که عمدتاً در دامنه رشته کوه ایرانکوه و نزدیک به فعالیت مجتمع معدنی قرار دارند. این عناصر بیشترین غلظت را در نزدیکی مجتمع از خود نمایش می دهند و با فاصله گرفتن از دامنه به پایین دست غلظت کاهش پیدا می کند. نمودارهای احتمال رسم شده به وضوح دخالت فرآیند ثانویه در توزیع عیارهای بالای این عناصر را نشان می دهند. دسته دوم فلزات با غلظت بالا در برگیرنده عناصر کروم و نیکل است. این عناصر دارای توزیع نزدیک به نرمال بوده و ظاهراً منشأ اولیه خاک به طور طبیعی باعث

۱۰ میلی لیتر افزوده و در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد بر روی گرمکن قرار داده تا نمونه ها حالت ژله ای بخود پیدا کنند. سپس ۷ میلی لیتر اسید کلریدریک و ۲ میلی لیتر اسید نیتریک به نمونه اضافه و دوباره به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده شد تا کاملاً حل شود. بعد از سرد شدن نمونه، محلول با آب مقطر دیونیزه به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانیده و در نهایت غلظت ۴۵ عنصر در محلول بدست آمده توسط دستگاه ICP-OES تعیین شد.

۶- بحث

غلظت ۴۵ عنصر اندازه گیری شده (به جز نقره) در همه نمونه ها بالاتر از حد ثبت دستگاه بود. خلاصه اطلاعات آماری عناصر در جدول ۱ آمده است. ارزیابی آلودگی فلزات بررسی شده در این تحقیق در منطقه مورد مطالعه با توجه به استانداردهای کیفیت خاک کشور کانادا صورت گرفته است. نتایج بیانگر بالاتر بودن غلظت فلزات آرسنیک، سرب، روی، نیکل و کروم نسبت به این استاندارد برای مناطق کشاورزی می باشد. بر اساس این استاندارد حداکثر مقدار مجاز برای فلزات مذکور به ترتیب ۱۲، ۷۰، ۲۰۰، ۵۰ و ۶۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک است. غلظت کروم تقریباً در همه نمونه ها بیشتر از حد تعیین شده استاندارد برای این فلز بود، در حالی که تنها ۵۰٪ نمونه های نیکل بالاتر از حد بحرانی تعریف شده برای این عنصر قرار داشتند.

به منظور بررسی دقت عملیات صحرائی و آزمایشگاهی نمونه های تکراری صحرائی و آزمایشگاهی اخذ شدند و جهت آنالیز به آزمایشگاه ارسال گردیدند. نتایج حاصل از آنالیز نمونه های تکراری در شکل ۶ به نمایش گذاشته شده اند. این نمودارها که به نمودارهای (Thompson and Howarth, Thompson-Howarth, 1978; Thompson and Howarth, 1976) معروف هستند برای دقت ۱۰٪ رسم گردیده اند. همانگونه که ملاحظه می شود دقت هردو عملیات آزمایشگاهی و صحرائی مناسب بوده ولی واریانس As در نمونه های صحرائی بالا می باشد.

نقشه توزیع غلظت عناصر آرسنیک، سرب، روی و نیکل در شکل ۷ نشان داده شده است. این شکل به وضوح ارتباط فعالیت‌های مجتمع معدنی و غلظت سه عنصر Zn, As, Pb را نشان می دهد. با نزدیک شدن به محدوده مجتمع معدنی، غلظت این سه عنصر روند افزایشی داشته و همبستگی فضایی بالایی بین غلظت و موقعیت مجموعه معدنی آشکار است.

به منظور بررسی رفتار عناصر و نحوه توزیع آماری آنها، نمودار درصد احتمال برای عناصر ذکر شده در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به این نمودارها مشخص می گردد که سه عنصر آرسنیک، سرب و روی دارای جامعه غیر نرمال بوده و وجود برخی پدیده ها موجب انحراف از نرمال جوامع این سه عنصر گشته یا به عبارت دیگر بیش از یک فرآیند در شکل گیری جمعیت های آماری آرسنیک، سرب و روی دخالت داشته اند، درحالی که برای عناصر نیکل و کروم می توان به طور عمده یک فرآیند را دخیل دانست.

برای ارزیابی بهتر و تعیین منشأ آلودگی، آنالیز مولفه های اصلی (PCA) انجام گرفت. استفاده از این روش برای تخمین منشأ آلودگی فلزات سنگین در رسوبات سطحی آبخیز Rybnik واقع در کشور لهستان موفقیت آمیز بوده است (Loska and Wiechula, 2003). معمولاً متغیرها در مطالعات ژئوشیمی همبستگی درونی دارند که به سادگی قابل درک نیست. به منظور کاهش ابعاد داده ها و نیز

مرحله ای و جزء به جزء می تواند سودمند باشد. استفاده از روشهای مذکور در تصمیم گیریها و مدیریت بهتر خاکهای مناطق آلوده و اصلاح آنها کاربردی است.

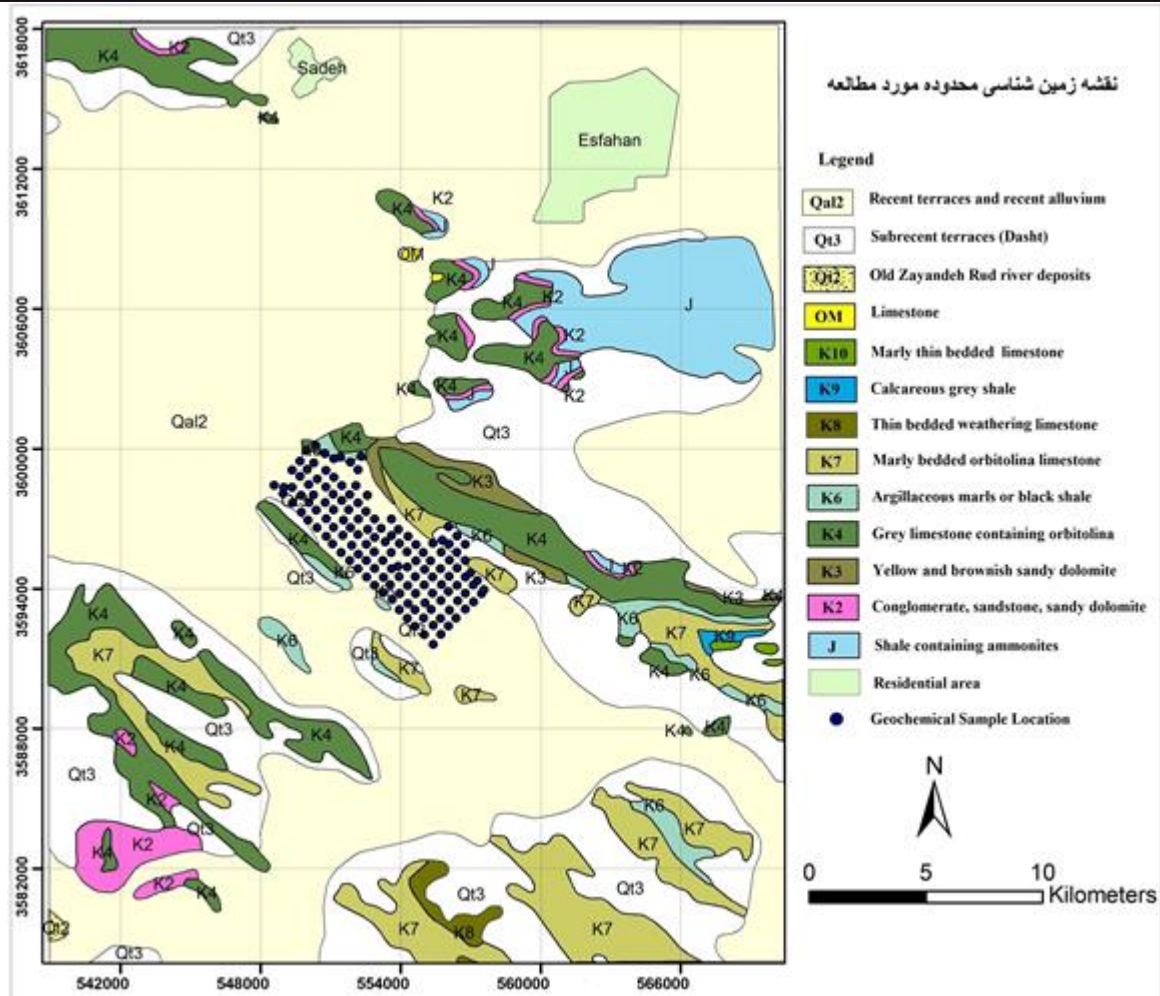
سیاسگذاری

از حمایت‌های دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی اصفهان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و دانشگاه آزاد اسلامی (واحد بافق) که در راستای انجام این پژوهش صورت گرفته سیاسگذاری می شود. از شرکت ioGlobal به خاطر تهیه نرم افزار تقدیر می گردد.

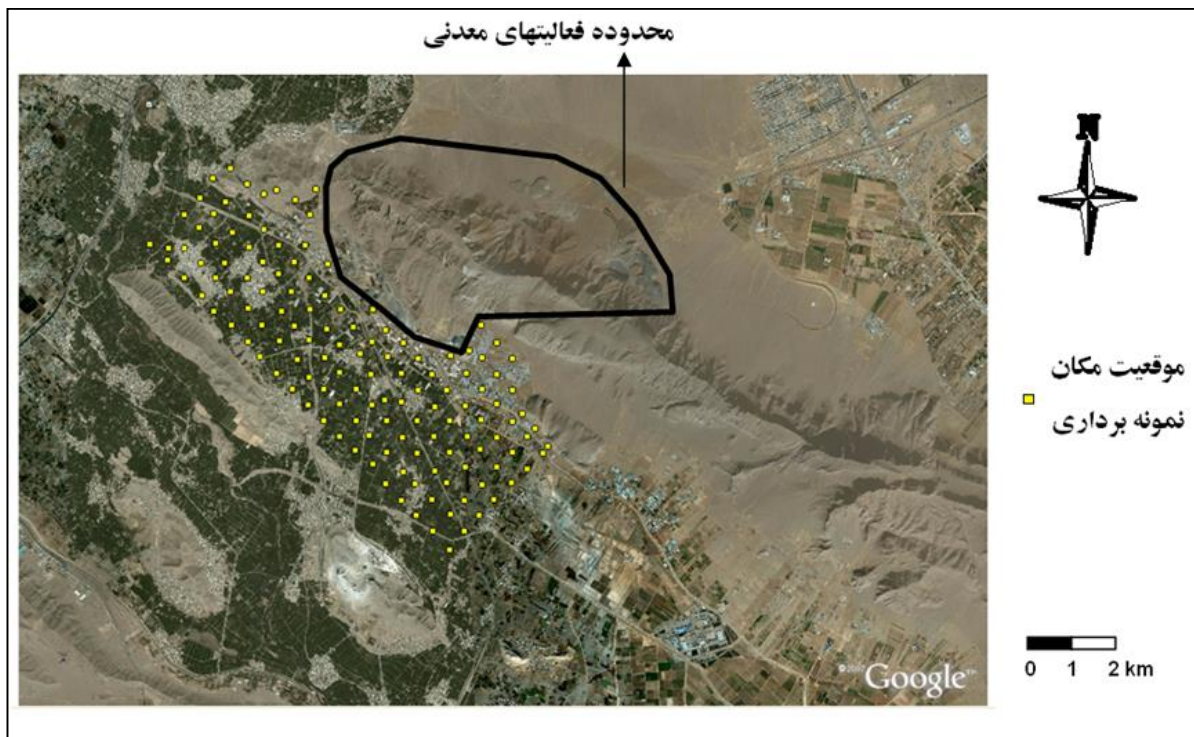
تغییرات غلظت و مقادیر این دو عنصر در منطقه شده است، با این وجود تغییرات محلی این دو عنصر را می توان به صورت جداگانه مورد بررسی بیشتر قرار داد. تجزیه مولفه های اصلی نشان داد که فاکتورهای طبیعی (ژئوژنیک، کانی زایی) و مصنوعی (فعالیت‌های انسانی مانند معدنکاری) بر شکل و توزیع عناصر آرسنیک، سرب و روی در خاک تاثیر گذارند. این آنالیز آماری به خوبی ارتباط این عناصر با عناصر پارژنتیک کانی سازی سرب و روی را نشان می دهد. با توجه به نتایج این پژوهش عامل باد از جمله عوامل اصلی در گسترش فلزات سنگین با مقادیر بیش از حد مجاز در منطقه است. به منظور شناخت بهتر توزیع فلزات در بخشهای مختلف خاک (به ویژه فلزات دارای غلظت بیشتر از حد استاندارد) کاربرد روشهای هضم



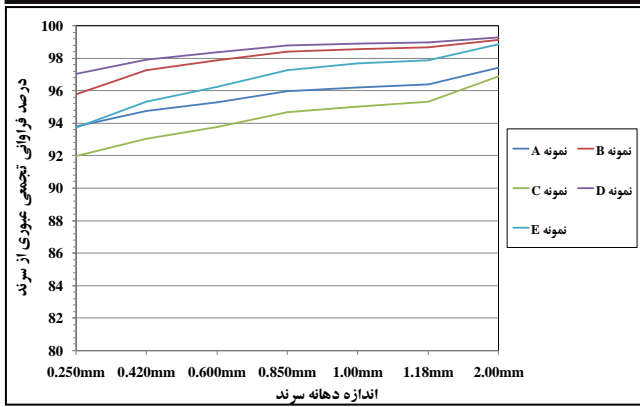
شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان اصفهان



شکل ۲- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه و موقعیت نمونه های گرفته شده (اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، زاهدی، ۱۳۵۷)

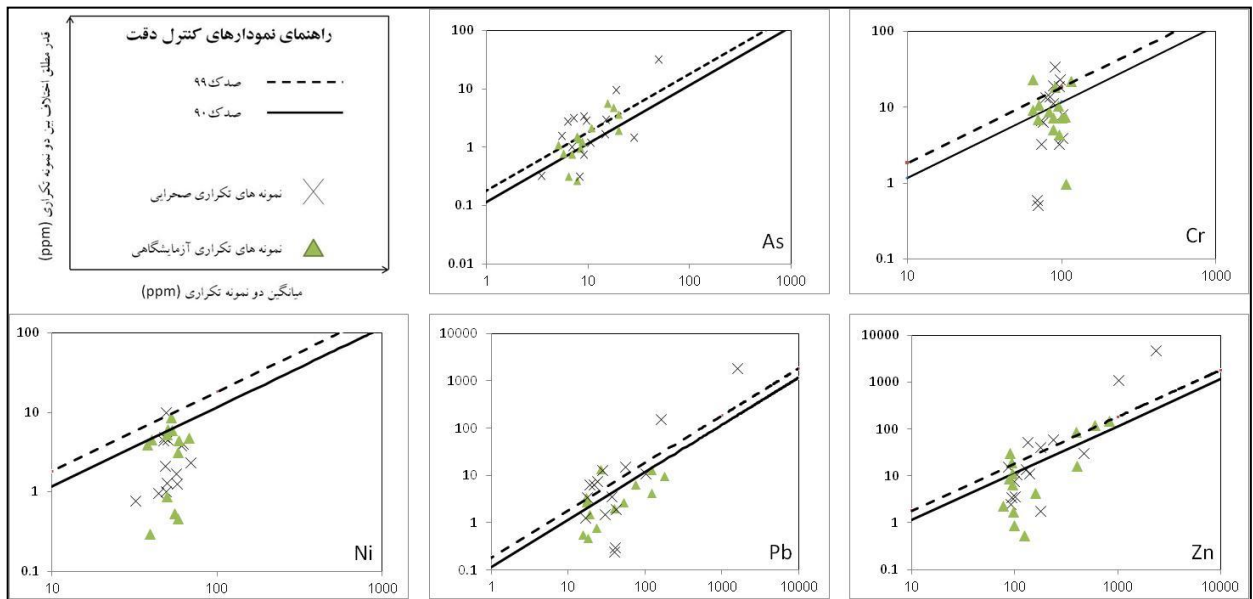


شکل ۳- موقعیت محدوده معدنی و نقاط نمونه برداری شده که با نقطه های زرد رنگ مشخص شده اند

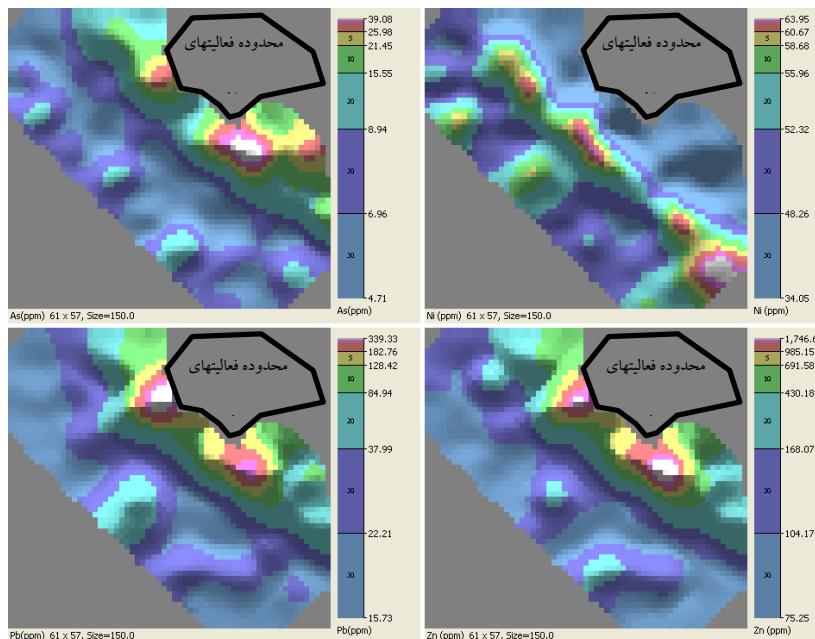


شکل ۴: (A) طرح نمونه برداری خاک در هر نقطه از منطقه مورد مطالعه (B) نمونه تکراری برداشت شده در موقعیت BEP-002

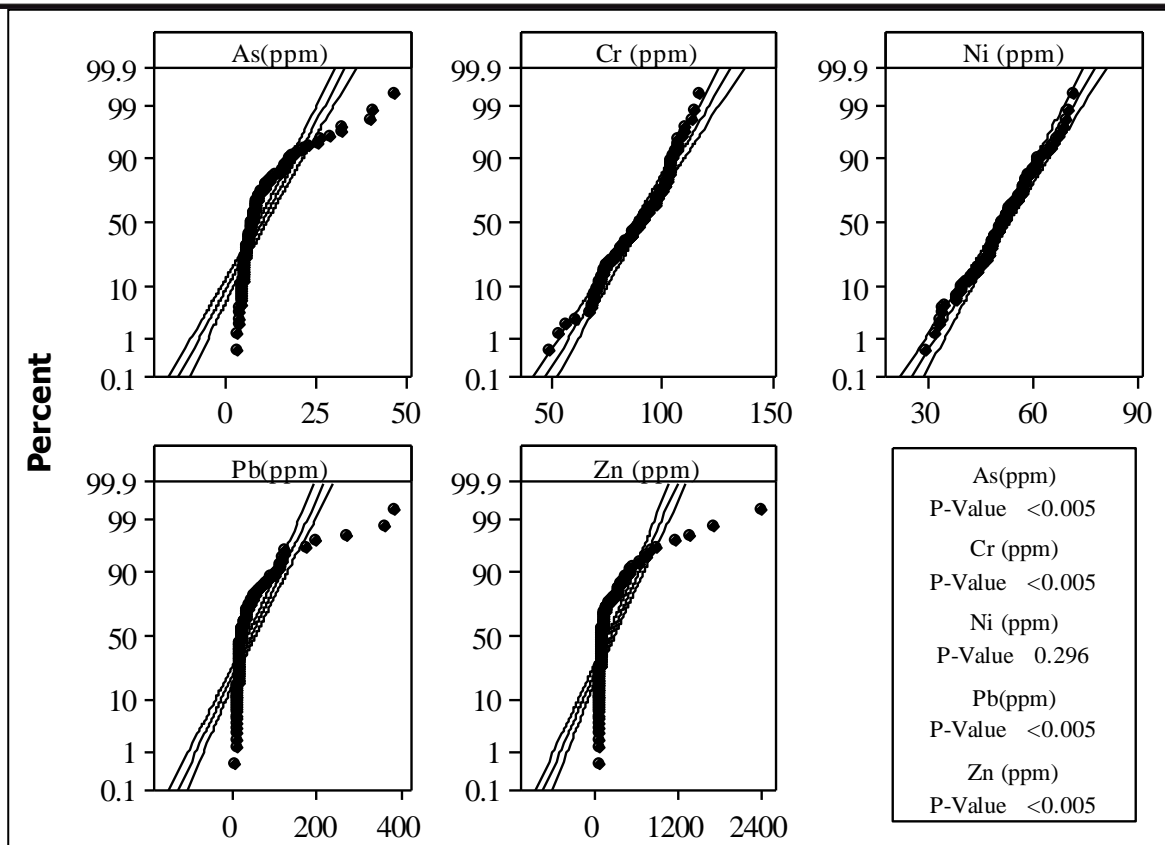
شکل ۵- نمودار فراوانی تجمعی توزیع اندازه ذرات خاک به وسیله آنالیز سرنندی تر



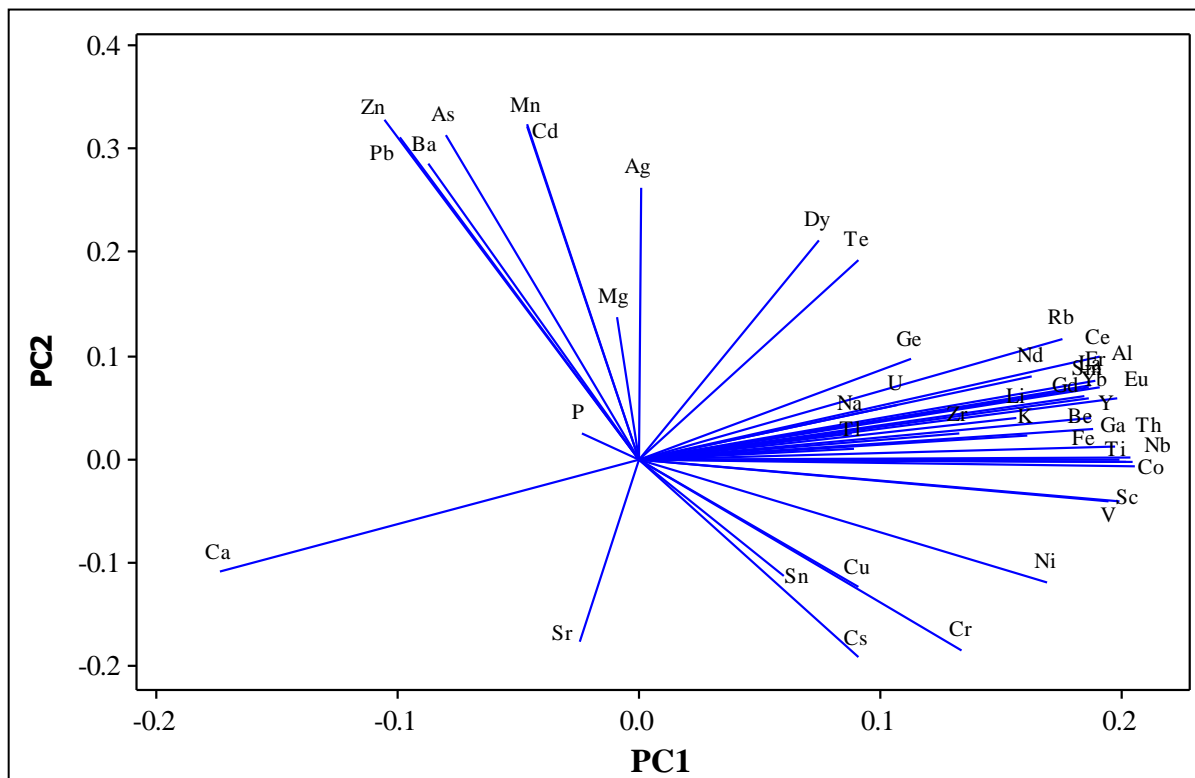
شکل ۶: نمودارهای Thompson-Howarth برای دقت ۱۰٪ برای نمونه های تکراری صحرائی و آزمایشگاهی



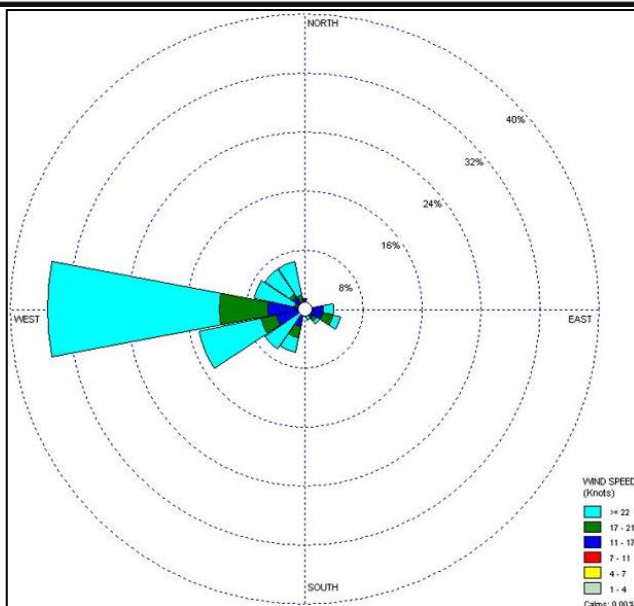
شکل ۷- نقشه های توزیع غلظت عناصر As, Ni, Pb و Zn در نمونه های برداشت شده از منطقه



شکل ۸- نمودار احتمال نرمال عناصر Cr و As, Pb, Zn, Ni



شکل ۹- توزیع عناصر در نمودار پراکنندگی PC1-PC2 پس از تجزیه مولفه‌های اصلی



شکل ۱۰- نمودار گلباد ایستگاه هواشناسی کبوتر آباد که در نزدیکی محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است.

جدول ۱- پارامترهای آماری عناصر آنالیز شده در نمونه‌های خاک (غلظت‌ها بر حسب ppm می‌باشند؛ به جز مواردی که ذکر شده است)

عنصر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	عنصر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
As	3.47	47.14	10.13	7.53	0.74	Mn	420.15	1246.29	618.12	122.47	0.20
(%)Al	3.85	9.36	6.05	0.83	0.14	(%)Na	0.36	1.16	0.68	0.12	0.18
Ba	152.53	1158.73	350.51	152.61	0.44	Nb	5.80	12.24	9.20	1.18	0.13
Be	0.56	1.49	0.94	0.13	0.14	Nd	10.89	26.96	18.57	3.35	0.18
(%)Ca	9.65	25.97	16.69	2.37	0.14	Ni	28.83	71.12	51.30	8.54	0.17
Cd	0.12	5.02	0.68	0.62	0.91	P	259.90	6034.39	1047.51	628.59	0.60
Ce	24.49	59.59	37.73	5.38	0.14	Pb	11.74	392.01	46.53	56.64	1.22
Co	6.75	14.50	10.41	1.52	0.15	Rb	43.42	104.17	64.18	9.33	0.15
Cr	49.09	117.30	89.56	13.69	0.15	Sc	8.67	16.68	13.33	1.51	0.11
Cs	4.07	8.29	6.37	0.92	0.15	Sm	2.07	4.60	3.25	0.47	0.15
Cu	13.39	44.77	29.41	4.85	0.16	Sn	1.34	10.78	3.70	1.61	0.44
Dy	2.36	4.07	3.18	0.37	0.11	Sr	307.21	2455.96	588.45	231.26	0.39
Er	1.03	2.11	1.52	0.21	0.14	Te	0.02	0.10	0.05	0.02	0.40
Eu	0.50	1.14	0.78	0.12	0.15	Th	4.99	9.82	7.39	0.85	0.11
(%)Fe	2.72	5.17	3.89	0.41	0.11	Ti	1945.11	4130.00	2988.74	378.43	0.13
Ga	7.25	17.51	11.41	1.63	0.14	Tl	0.20	1.50	0.67	0.19	0.28
Gd	2.46	4.80	3.54	0.48	0.14	U	1.39	4.30	2.52	0.49	0.19
Ge	0.69	1.84	1.14	0.24	0.21	V	57.46	117.22	85.93	10.93	0.13
(%)K	0.95	2.34	1.41	0.19	0.13	Y	18.22	30.07	24.44	2.20	0.09
La	15.83	33.61	23.24	2.88	0.12	Yb	2.08	3.09	2.68	0.19	0.07
Li	18.59	48.17	28.94	4.71	0.16	Zn	67.04	2435.00	233.53	314.33	1.35
(%)Mg	1.62	2.92	1.90	0.20	0.11	Zr	83.60	384.41	125.68	27.26	0.22

- ۱- دیانی، م.، محمدی، ح.، نادری، م.، ۱۳۸۸، تجزیه و تحلیل زمین آماری غلظت سرب، روی و کادمیم در خاکهای حومه سپاهان شهر واقع در جنوب اصفهان، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 23، شماره ۴، زمستان 1388، ۶۷-۷۶.
- ۲- زاهدی، م.، ۱۳۵۷، نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی اصفهان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۳- صلحی، م.، ۱۳۸۴، گیاه پالایی خاک های آلوده به عناصر سرب و روی و استفاده از رادیو ایزوتوپ روی جهت مطالعه رفتار روی در خاک و گیاه، پایان نامه دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۵۸ص.
- ۴- صفری سنجانی، علی اکبر، و شبنه دستجردی، فرزاد، ۱۳۸۴، فرآینباشتگی کادمیوم در گیاهان بومی رشد یافته بر روی خاکهای آلوده منطقه ایرانکوه اصفهان، ایران. چهارمین همایش ملی بیوتکنولوژی ایران، کرمان.
- ۵- علامه، ا.، ۱۳۶۹، گزارش اکتشافات تپه سرخ، شرکت باما، گزارش داخلی.
- ۶- قاسمی تودشکچویی، ع.، ۱۳۷۴، بررسی زمین شناسی، آنالیز رخساره و ژئوشیمی کانسار سرب و روی کلاه دروازه- گودزدان- خانه گرگی در دامنه جنوبی ایرانکوه (جنوب غربی اصفهان)، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۱۵۵ص.

References

- 7- Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. 2007.
- 8- Cappuyns, V., Swennen, R., Vandamme, A., Niclaes, M. 2006. Environmental impact of the former Pb-Zn mining and smelting in East Belgium. *Journal of Geochemical Exploration* 88: 6-9.
- 9- Carapeto, C. and Purchase, D. 2000. Use of Sequential Extraction Procedures for the Analysis of Cadmium and Lead in Sediment Samples from a Constructed Wetland. *Bull. Environ. Contamination and Toxicology*. 64:51-58.
- 10- De Vivo, B.; Belkin, H.; Lima, A. 2008. *Environmental Geochemistry: Site Characterization, Data Analysis and Case Histories*, Elsevier, Amsterdam.
- 11- Dollhopf, D.J. 2006. Rehabilitation after Open Cut Mines. In: *Encyclopedia of Soil Science*, R. Lal (Ed.), 1(1): 1446-1449.
- 12- Geras'kin, S., Oudalova, A., Michalik, B., Dikareva, N., Dikarev, V. 2011. Geno-toxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas, Poland by means of Allium-test. *Chemosphere*, 83 (8): 1133-1146.
- 13- Ghaderian, S.M., Hemmat, G.R., Reeves, R.D., Baker, A.J.M. 2007. Accumulation of lead and zinc by plants colonizing a metal mining area in Central Iran. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 81(2): 145-150.
- 14- Lim, H.S., Lee, J.S., Chon, H.T., Sager, M. 2008. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au-Ag mine in Korea. *Journal of Geochemical Exploration* 96: 223-230.
- 15- Loska, K., Wiechuh, D. 2003. Application of principal component analysis for the estimation of source of heavy metal contamination in surface sediments from the Rybnik Reservoir. *Chemosphere*, 51(8): 723-733.
- 16- Meza-Figueroa, D., Maier, R.M., de la O-Villanueva, M., Gómez-Alvarez, A., Moreno-Zazueta, A., Rivera, J., et al. 2009. The impact of unconfined mine tailings in residential areas from a mining town in a semi-arid environment: Nacoari, Sonora, Mexico. *Chemosphere*, 77 (1): 140-147.
- 17- Morton-Bermea, O., Hernández-Álvarez, E., González-Hernández, G., Romero, F., Lozano, R., Beramendi-Orosco, L.E., 2009. Assessment of heavy metal pollution in urban topsoils from the metropolitan area of Mexico City. *Journal of Geochemical Exploration* 101: 218-224.
- 18- Navarro M.C., Pérez-Sirvent, C., Martínez-Sánchez, M.J., Vidal, J., Tovar, P.J., Bech, J. 2008. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: A case study in a semi-arid zone. *Journal of Geochemical Exploration* 96: 183-193.
- 19- Prieto, G. 1998. Geochemistry of heavy metals derived from gold-bearing sulphide minerals in the Marmato District (Colombia). *Journal of Geochemical Exploration* 64: 215-222.
- 20- Rao, C.R.M.; Sahuquillo, A. and Lopez Sanchez, J.F. 2008. A Review of the Different Methods Applied in Environmental Geochemistry for Single and Sequential Extraction of Trace Elements in Soils and Related Materials. *Water Air Soil Pollut.* 189: 291-333.
- 21- Thompson, M. and Howarth, R.J., 1976, Duplicate analysis in practice-Part 1. Theoretical approach and estimation of analytical reproducibility. *The Analyst*, 101, 690-698.
- 22- Thompson, M. and Howarth, R.J., 1978, A new approach to the estimation of analytical precision. *Journal of Geochemical Exploration*, 9, 23-30.