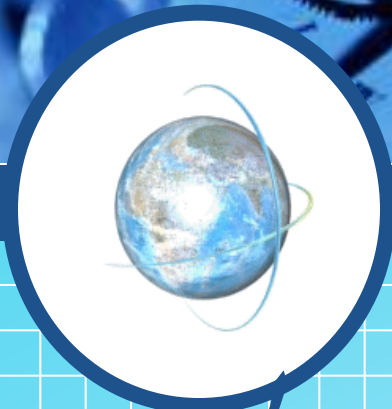




LOGO



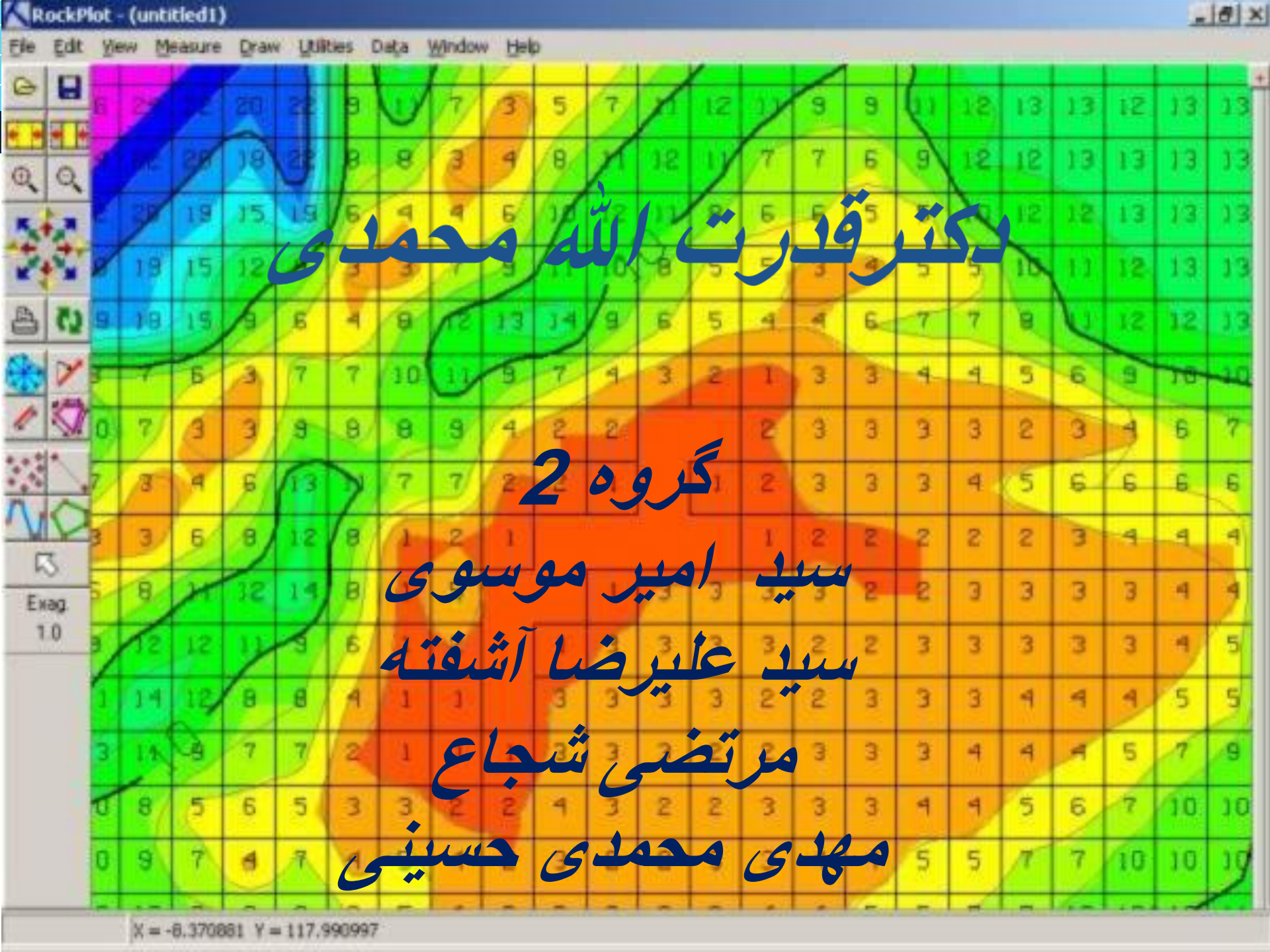
Designing Geochemical projects

طراحی پروژه های ژئوشیمیایی

ژئوشیمی محیطی

Environmental Geochemistry

Ap6669me@yahoo.com



دکتر قدرت الله محمدی

گروه 2

سید امیر موسوی

سید علیرضا آشفته

مرتضی شجاع

مهدی محمدی حسینی



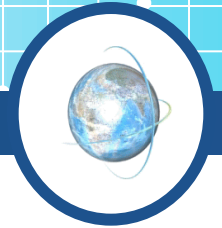
❖ در یک تعریف ساده، ژئوشیمی عبارت است از مطالعه توزیع و مقدار فراوانی عناصر موجود در سطح زمین می باشد.

❖ این علم خود دارای شاخه های متعددی است که از آن می توان به ژئوشیمی نظری ، کاربردی ، اکتشافی ، هسته ای ، آلی و محیطی اشاره نمود.

❖ ژئوشیمی محیطی اولین بار در حدود سال ۱۹۶۰ با واژه ژئوشیمی آبی در دما پایین که خود شاخه ای از این علم است معرفی گردید .

❖ پیشرفت این علم با شناخت نفوذ و مهاجرت آلوده کننده ها به آب های زیرزمینی صورت پذیرفت و در طی دو دهه اخیر جهت جلوگیری از ورود و مهاجرت مواد آلوده کننده به درون خاک یا آب های زیرزمینی با ارائه تکنولوژی های لازم کامل شده است.

❖ ژئوشیمی محیطی به مطالعه اتمِسفر ، هیدروسفر و لیتوسفر و واکنش آنها با سنگ های سطحی و رسوبات خاک می پردازد و در حقیقت رابط بین ترکیبات شیمیایی و فرآیندهای است که به طور مستقیم و غیرمستقیم با سلامتی گیاهان ، حیوانات و انسان ها در ارتباط است.



❖ ژئوشیمی محیطی کاربرد علم ژئوشیمی بر روی محیط زیست است و در ارتباط با ژئوشیمی نظری، آلی، کاربردی، عناصر کمیاب است. ژئوشیمی زیست محیطی علمی است که به مطالعه منابع عناصر شیمیایی زمین زاد اعم از اصلی و کمیاب پراکندگی و توزیع جغرافیایی آن ها در لایه های اتمسفر، لیتوسفر، هیدروسفر و بیوسفر می پردازد و ارتباط بین آنها را مشخص می کند. این شاخه همچنین به مطالعه فرآیند های ژئوشیمیایی که بر روی سرنوشت و حمل و نقل آلوده کننده های آلی و غیرآلی در محیط زیست تاثیر دارند می پردازد.

❖ این شاخه تحت عناوین مختلفی مثل ژئوشیمی دما پایین، ژئوشیمی آبی و با ژئوشیمی زیست محیطی شناخته شده است. این علم همچنین به مطالعه خصوصیات زیست محیطی، آلوده کننده ها می پردازد.

❖ به طور کلی آلوده کننده ها اولین بار در هوا و سپس در آب های سطحی شناخته شدند. بعد از آن شناسایی آلودگی های آب های زیرزمینی و خاک ها نیز میسر شد. بررسی های بعدی حاصل از خصوصیات شناخته شده مواد شیمیایی دید وسیعی را در مورد رفتار آن ها ارائه داد. ژئوشیمی محیطی در جواب نیاز به درک رفتار مواد شیمیایی در آب های سطحی و زیرزمینی و خاک توسعه یافت.

❖ در نهایت ژئوشیمی محیط زیست عبارت از برنامه ریزی پیشرفته و آنالیز تکنیک های طیف سنجی ، برای تعریف انواع آلاینده های شیمیایی و اثر متقابل آلاینده و فلزات سمی ناشی از زباله های هسته ای در داخل محیط زیست و همچنین تعیین منبع اولیه آلوده کننده محیط زیست می باشد.

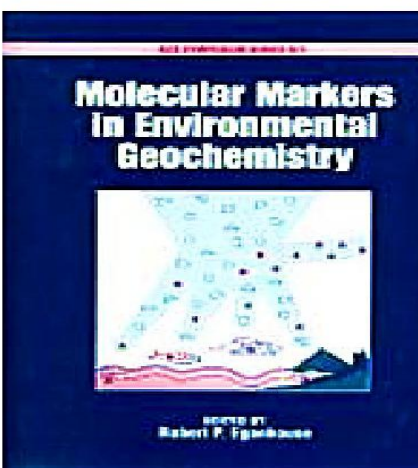
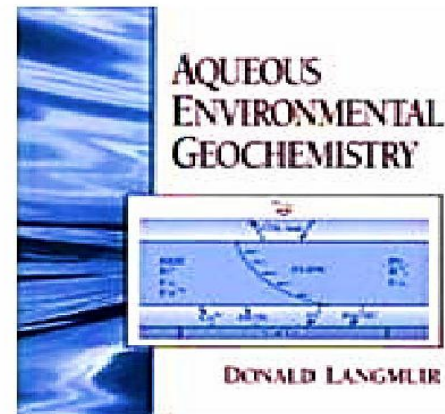
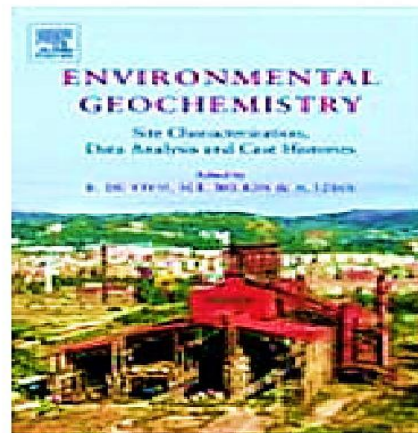
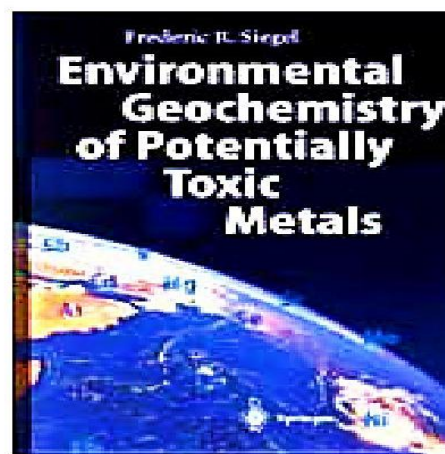
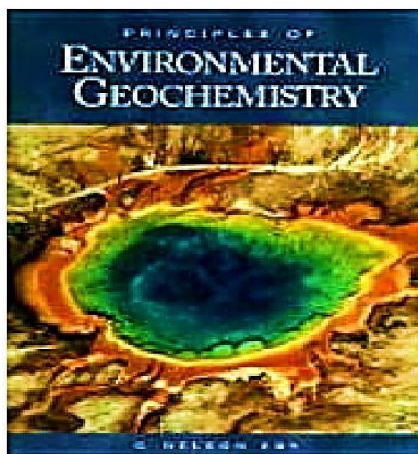
❖ همچنین تغییر در ویژگی های اجزای تشکیل دهنده محیط به طوری که عملکرد طبیعی و تعادل زیستی مختل گردد و به طور مستقیم یا غیر مستقیم منافع و حیات موجودات زنده را به مخاطره بیندازد بخشی از کارکردهای ژئوشیمی زیست محیطی است.

❖ مهمترین آلاینده های خاک شامل فلزات سنگین و مواد سمی و انتقال آن ها به وسیله بارش اسیدی می باشند.

❖ تغییرات مکانی محتویات فلزات سنگین در خاک سطحی کشاورزی ممکن است تحت تاثیر مواد خاک مادری و منابع انسانی باشد، به عبارت دیگر این فلزات به طور طبیعی در خاک وجود دارند. اما در اثر فعالیت های انسانی هم به خاک افزوده میشوند. در حقیقت فعالیت های انسانی ممکن است منجر به تجمع بیشتر فلزات سنگین در خاک بشوند. آلودگی فلزات سنگین در خاک های کشاورزی ممکن است منجر به بی نظمی در ساختار خاک ، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی گردد.



- ❖ ژئوشیمی محیط زیست ارتباط بین شاخه های تازه علم ژئوشیمی است. ژئوشیمی مدرن برای نشان دادن سیکل‌های طبیعی از عناصر شیمیایی در زمین است.
- ❖ ژئوشیمی محیط زیست مطالعه فرآیندهایی است، که به طور مستقیم و غیر مستقیم با موجودات زنده در ارتباط است، ژئوشیمی محیط زیست دارای زیر مجموعه های مختلفی است شامل توزیع و پراکندگی عناصر شیمیایی در لایه های اتمسفر، لیتوسفر، هیدروسفر و بیوسفر می باشد.
- ❖ ژئوشیمی محیط زیست از شاخه هایی از ژئوشیمی که برای تعیین کمیت سیکل ژئوشیمی طبیعی عناصر سطح زمین و تاثیر فعالیت انسانی روی محیط زیست می باشد.
- ❖ ژئوشیمی محیط زیست با کنترل توزیع فرایندهای طبیعی عناصر در نزدیکی سطح زمین و راههای فعالیت انسانها در تغییر این فرایندها در ارتباط است. این علم به درک فرایندهای ژئوشیمی و بیوژئوشیمی کمک می کند.





Assessment of soil contamination around an abandoned mine in a semi-arid environment using geochemistry and geostatistics: Pre-work of geochemical process modeling with numerical models

A. Khalil ^{a,*}, L. Hanich ^a, A. Bannari ^b, L. Zouhri ^c, O. Pourret ^c, R. Hakkou ^d

ارزیابی مدل آلودگی خاک در اطراف یک معدن متروکه در محیط نیمه خشک با استفاده از ژئوشیمی و زمین آمار
(قبل از کار ژئوشیمیایی پردازش داده ها با استفاده از مدل های عددی)

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 July 2012

Accepted 30 November 2012

Available online 20 December 2012

Keywords:

Geochemical mapping

Soil contamination

Geochemical background

Kettara abandoned mine

GIS

Simple kriging

ABSTRACT

One of the most serious environmental issues related to mining industry in Morocco and elsewhere around the world, is the pollution from abandoned mine sites. Mine wastes cause obvious sources of soil contaminations. Climatic effects such as heavy rainfall engender metal dispersion in semi-arid areas, since soils are typically and scarcely vegetated. In this study, extension and magnitude of soil contaminations with toxic elements from abandoned Kettara mine, in Morocco, are assessed using geochemical analysis and geostatistics for mapping. Soils and mine wastes are sampled and analyzed for 41 chemical elements (Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Au, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, Al, Na, K, W, Zr, Ce, Sn, Y, Nb, Ta, Be, Sc, Li, S, Rb and Hf). Based on enrichment factor (EF), only five elements of interest (Cu, Pb, Zn, As, and Fe) were selected in this research. Geochemical background is determined with exploratory data analysis and geochemical maps were elaborated using geostatistics in Geographic Information System (GIS) environment.

The obtained results show that Kettara soils are contaminated with metals and metalloid that exceed the established geochemical background values (Cu \approx 43.8 mg/kg, Pb \approx 21.8 mg/kg, Zn \approx 102.6 mg/kg, As \approx 13.9 mg/kg and Fe \approx 56,978 mg/kg). Geochemical maps show that the deposited mine wastes are responsible for soil contaminations with released metals and metalloid that have been dispersed downstream from the mine waste mainly, through water after rainfall. For sustainable development and environmental planning, the current study is expected to serve as a reference for politicians, managers, and decision makers to assess soil contaminations in abandoned mine sites in Morocco.

چکیده :

❖ یکی از جدی ترین مسائلی که در مورد صنعت معدن کاری در سراسر جهان مطرح است آلودگی های زیست محیطی ناشی از مناطق معدنی متروکه و رها شده است. باطله های معدنکاری موجب پدید آمدن منابع جدید از آلودگی های خاک می شوند.

اثرات آب و هوایی مانند بارش باران های سنگین به پراکندگی و گسترش فلزات در این مناطق نیمه خشک به خصوص در خاک و به ندرت در پوشش گیاهی دامن می زند.

در این مطالعه، گسترش و بزرگی آلودگی خاک به عناصر سمی در معدن کیتارا در کشور مراکش مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل ژئوشیمیایی و زمین آمار قرار گرفته است.

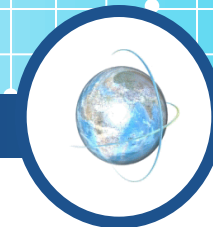
باطله های خاک معدن برای ۴۱ عنصر شیمیایی از قبیل

❖ (Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Au, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, Al, Na, K, W, Zr, Ce, Sn, Y, Nb, Ta, B, Sc, Li, S, Rb and Hf).

❖ مورد نمونه برداری و آنالیز قرار گرفت. بر اساس فاکتور غنی سازی (EF) تنها ۵ عنصر مورد علاقه (Fe, As, ZN, PB, CU) در این پژوهش انتخاب شده اند



- ❖ زمینه ژئوشیمیایی اکتشافی تعیین شده و همچنین نقشه ژئوشیمیایی با استفاده از زمین آمار در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد بررسی قرار گرفته است.
- ❖ نتایج بدست آمده نشان می دهد که خاک نمونه های معدن کیتارا آلوده به مواد فلزی و شبه فلزی هستند که از مقدار حد زمینه های ژئوشیمیایی تجاوز کرده اند .
- ❖ نقشه های ژئوشیمیایی نشان می دهند که باطله های معدنی عامل آلودگی خاک اطراف منطقه هستند و با آزاد شدن فلزات و شبه فلزات در قسمت پایین باطله های معدنی به وسیله آب باران پراکنده گردیده اند.
- ❖ انتظار می رود مطالعه حاضر به منظور توسعه، پایداری و همچنین برنامه ریزی محیط زیستی به عنوان یک مرجع برای سیاستمداران، مدیران و تصمیم گیران برای ارزیابی آلودگی خاک در قسمت معادن متروکه مورد استفاده قرار گیرد.



❖ در مناطقی که معدن کاری انجام شده است، پدیده زهکشی اسیدی معدن اتفاق بیفتد (Acid Mine Drainage=AMD) که از باطله های معدنی و آلوده شدن آب و خاک به وسیله آن به عنوان مشکلات عمده زیست محیطی در نظر گرفته شود. این پدیده (زهکشی اسیدی) از اکسایش کانی های سولفیدی به عنوان مثال پیریت و پیروتیت به وجود می آید. در نتیجه اسیدی شدن، انحلال فلزات سمی از باطله معادن (روباز و زیرزمینی) افزایش می یابد. بنابراین موجب آلودگی زیست محیطی خاک می شود. بدیهی است نفوذ آب بارندگی به خاک و سنگ در زیرزمین موجب ایجاد جریان آب در منافذ فضاهاى خالی بین خاک و سنگ می شود. جهت و نوع منافذ بستگی به شرایط زمین شناسی منطقه دارد.

❖ از آنجایی که حل شدن فلزات سنگین در خاک و سنگ به وسیله نفوذ آب در منافذ املاح باعث پراکندگی آلودگی در محیط اطراف می شود. علاوه بر این از لحاظ نظری حل شدن فلز در خاک یا سنگ باعث ایجاد ناپایداری در محیط می شود که این یک مشکل علمی شناخته شده است که به عنوان آلودگی سایت معدنی که تمرکز این مطالعه بر روی آن است.

❖ علاوه بر این از نظر علمی نقشه های ژئوشیمیایی معادن می تواند ابزاری موثر برای برنامه ریزی محیط زیست باشد. این نقشه ها نشان دهنده اطلاعات مفیدی از قبیل میزان توزیع و فراوانی غلظت و محل منبع عناصر ژئوشیمیایی باشند که این نقشه های ژئوشیمیایی شامل غلظت عناصر شیمیایی و مقدار زمینه ژئوشیمیایی هستند.

❖ مقدار حد زمینه ژئوشیمیایی Geochemical background (GB) تعریف می شود به صورت میزان و درصد فراوانی یک عنصر در سطح زمین و این مقدار یک پارامتر مهم در مطالعات زیست محیطی است.

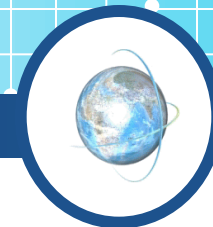
❖ ابزار داده کاوی به نام EDA Exploratory Data Analysis (روش تحلیل داده های اکتشافی) به عنوان یک ابزار موثر برای تعیین مقدار حد زمینه به کار گرفته می شود.

❖ و در نهایت سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS بر اساس تجزیه و تحلیل آماری خود یکی از مهمترین ابزارها برای بررسی مشکلات ژئوشیمیایی محیطی است. این یک ابزار موثر برای بررسی تنوع مکانی آلاینده ها و آلودگی هاست. روش زمین آماری از روش های پیشرفته ای است که سبب تسهیل ویژگی های فضایی و پارامتری خاک می شود. به همین دلیل از روش های تجزیه تحلیل زمین آماری کریجینگ در محیط GIS جهت تهیه نقشه های ژئوشیمیایی محیطی برای عناصر آلوده و سمی در منطقه مورد مطالعه استفاده شود.



هدف از این مطالعه به شرح زیر است:

- ۱- تعیین خصوصیات ژئوشیمیایی خاک و باطله در معدن کیتارا
- ۲- تعیین مقدار حد زمینه ژئوشیمیایی از عناصر انتخاب شده در خاک کیتارا
- ۳- تهیه نقشه های ژئوشیمیایی در مورد عناصر مشکوک به سمی بودن و مقایسه نتایج با مقدار زمینه بدست آمده ژئوشیمیایی که این مسائل نشان دهنده میزان آلودگی منطقه معدنکاری کیتارا و خاک اطراف این معدن و بررسی خطرات زیست محیطی و بهداشتی در این منطقه می پردازد.



منطقه مورد مطالعه

معدن متروکه کیتارا در روستای کیتارا تقریباً در حوالی ۳۵ کیلومتری شمال غربی مراکش واقع شده است که در قسمت مرکزی کوههای JEBILET قرار دارد.

با توجه به سرشماری های دولتی که در سال ۲۰۰۴ انجام شد. جمعیت این روستا در حدود ۲۰۰۰ نفر است آب و هوای این منطقه به عنوان محیط نیمه خشک با حداقل دمای ۱۲ درجه سانتیگراد در ژانویه و حداکثر ۲۹ درجه سانتیگراد در ماه جولای ثبت شده است. همچنین متوسط بارندگی در سال ۲۵۰ میلیمتر و نرخ تبخیر سالیانه ۴۵۰ میلیمتر در سال گزارش شده است. جهت جریان باد غالب در سایت مورد نظر از سمت شمال شرق-جنوب غرب است. جریان آب و رودخانه دائم وجود ندارد و آب های سطحی شامل نهرها زودگذر و موقتی هستند که تنها در زمان بارش بارندگی جاری میشود.

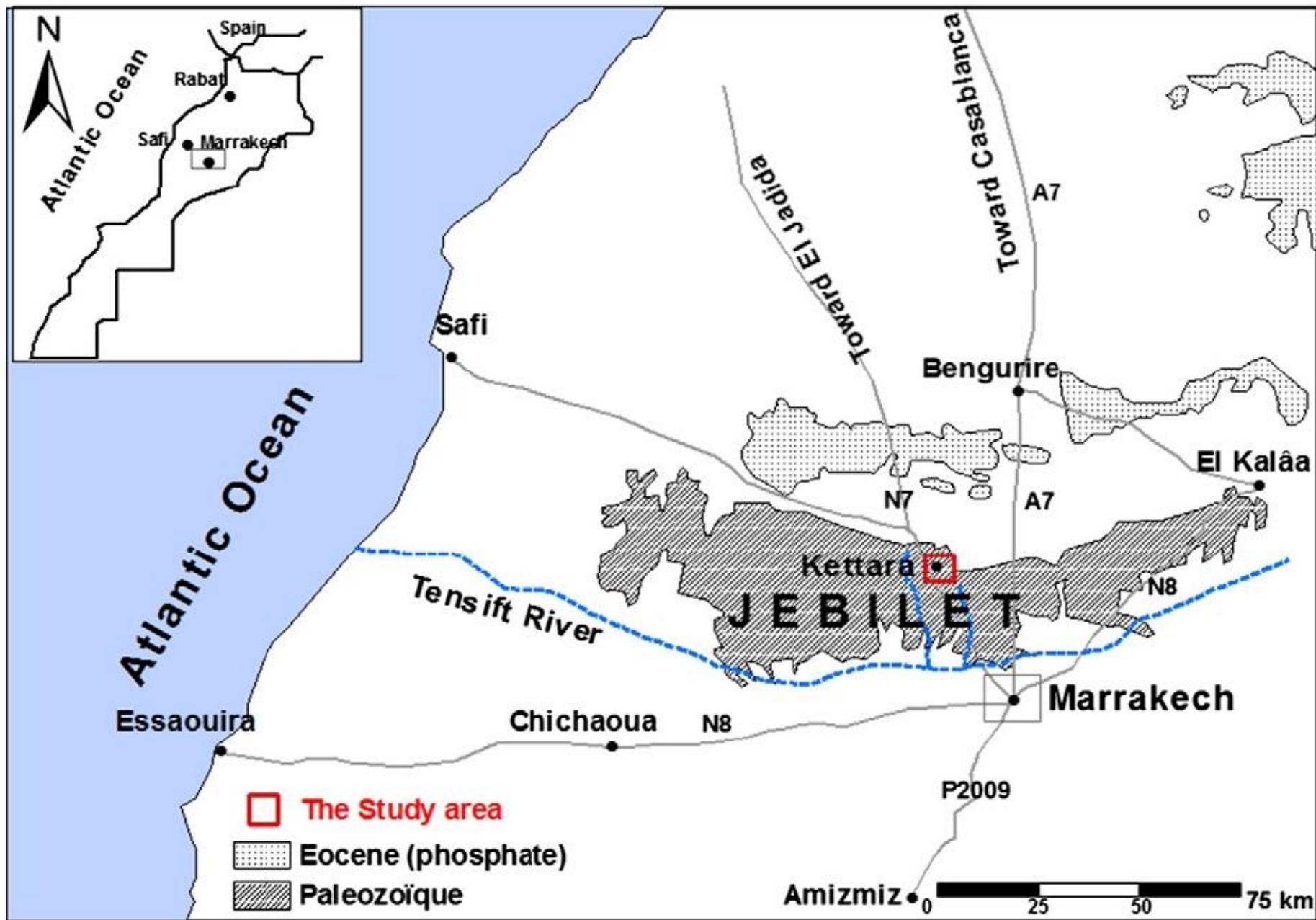


Fig. 1. Geographical location of the study site.

معدن کیتارا در ۳ فاز یا دوره مورد بهره برداری قرار گرفته بود که :

مرحله اول بین سالهای ۱۹۳۸ تا ۱۹۶۲ که از بخش کلاhek آهنی (Gossans) اکسید آهن استخراج شد که برای تهیه اکسید آهن قرمز (هماتیت) در صنعت رنگ سازی استفاده شد.

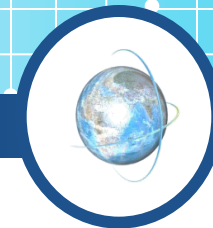
مرحله دوم در بین سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۶۶ برای استخراج پیریت به میزان ۱۸۰ هزار تن سولفید که طی این دو مرحله سنگ معدن در حالت خام خود و بدون در نظر گرفتن هیچگونه کانی شناسی مورد بهره قرار گرفت و مواد باطله معدنی که حدود یک میلیون تن از مواد زائد و باطله دیو شد.

در مرحله سوم که بین سالهای ۱۹۶۴ تا ۱۹۸۱ انجام شد که معدن با تولید ۲/۵ هزار تن پروتیت با درصد عیار سولفید انجام شد. در این مرحله سنگ پیریت استخراج شده از کانی اصلی به وسیله قسمت کانه آرای و روش جداسازی ثقل سنجی (جیک) در قسمت کانه آرای مورد استفاده قرار می گیرد روش جداسازی ثقلی (پرعیارسازی ثقلی) برای جداسازی مواد از جمله فلزات سولفیدی دارای وزن مخصوص به کار می رود در طول این دوره بیش از ۳ میلیون تن ضایعات معدن در یک منطقه حدود ۳۰ هکتاری ذخیره شده در تصویر ۲ مشاهده می شود.

باطله های معدن کیتارا بیشتر شامل کانی های سولفیدی مانند پیروتیت، پیریت و کالکو پیریت گالن و اسفالریت است و این باطله های معدن تولید مقادیر قابل توجهی از AMD (زهکشی اسیدی معدن) می کنند. مطالعات قبلی روی نمونه های نشان می دهد که آب منطقه دارای $PH=2.9-4.2$ و غلظت بالای سولفات (5000 تا 47 میلی گرم بر لیتر) و آهن (12000 تا 1 میلی گرم بر لیتر) و غلظت مس و روی (58 تا 47 میلی گرم بر لیتر) رسیده بود. در سایت معدنی کیتارا برخی از مواد معدنی ثانویه در سطح زمین مشاهده شد (مانند گوتیت، ژادوسیت، آلونیت، گچ) که وجود این مواد معدنی در مقادیر زیاد نشان دهنده وجود AMD بسیار فعال در منطقه است.

کانسار سولفیدی کیتارا از نوع رسوبات دگرگونی است که سنگ میزبان آن از نوع آتشفشانی است. نوع کانی سازی متشکل از پیروتیت های عظیم با مقدار کمی اسفالریت، گالن، کالکو پیریت و پیریت در فاز کوهزایی مربوط به دوره دگرگونی هر سنین است. در قسمت های زیرین کیتارا لایه شیل دگرسانی وجود دارد که امکان تسهیل نفوذ AMD را فراهم می آورد علاوه بر آن در جدول آب های زیرزمینی که در اطراف این سازند وجود دارد عمق آب ها بین ۱۰ تا ۲۰ متر است

نمونه برداری و آماده سازی نمونه



برای این کار باید با توجه به معیارهای مناسب نقاط نمونه برداری را انتخاب کرد. پس از بررسی نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی و با توجه به مطالعات قبلی انجام شده در معدن متروکه کیتارا نمونه برداری از خاک در ۳ نقطه متفاوت براساس موقعیت مکانی باطله های معدن صورت گرفت. طراحی نقاط نمونه برداری باید با توجه به شیب منطقه ، غلظت عناصر و قابلیت تحرک عناصر صورت پذیرد. فاصله بین نقاط نمونه برداری متفاوت بوده و از ۱۵۰ متر تا ۳۵۰ متر متغیر است. ۴ گروه از نمونه های خاک جمع آوری شده عبارتند از :

۱-نمونه هایی که در بالادست معدن از ضایعات معدن گرفته شده است(حدود ۱۳ نمونه)

۲-نمونه هایی در نزدیکی باطله معدنی(۲۷ نمونه)

۳-نمونه هایی در پایین دست سایت معدنی(۲۲ نمونه)

۴-نمونه گیری از باطله های معدن کیتارا(۱۲ نمونه)

در نهایت 620 نمونه از خاک (شماره های s1 تا s62) و 12 نمونه از زباله های معدنی (r1 تا r12) در سایت و اطراف منطقه که در حدود 6 کیلومتر مربع است جمع آوری شد.

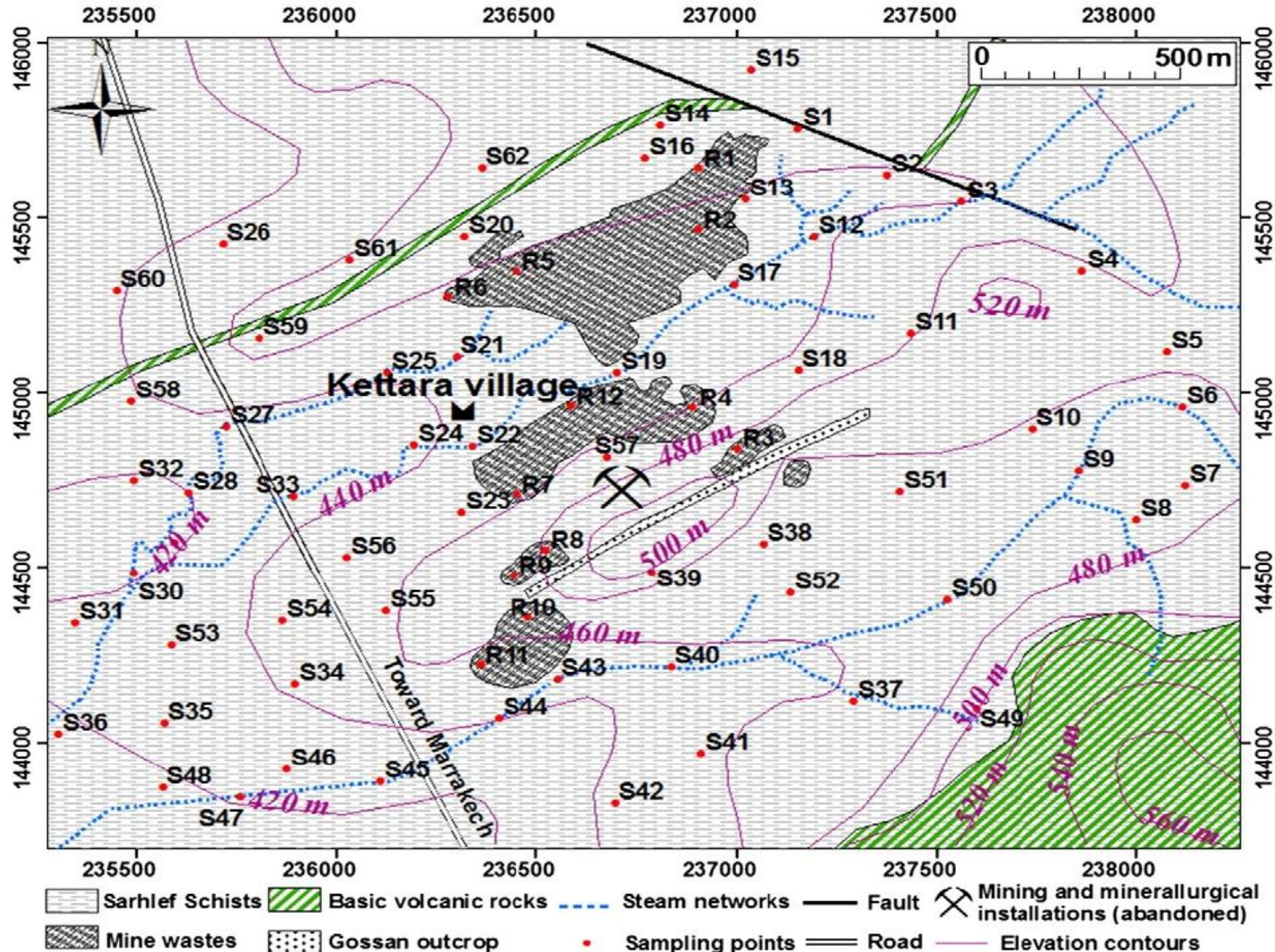


Fig. 2. Geological map of the study site and sampling point locations.

مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری به وسیله سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) و با دقت ± 5 متر و در سیستم تصویر لامبرت شمال مراکش طرح ریزی و در نقشه مورد نظر اجرا شده است. نمونه ها از ۲۰ سانتیمتر خاک و با استفاده از یک بیل فولادی ضد زنگ گرفته شده برای به حداقل رساندن خطاها در نمونه گیری هر نمونه به ۴ بخش تقسیم می شود و پس از آن در کیسه هایی از جنس پلی اتیلن ذخیره می گردد. پس از این مرحله هر نمونه در دمایی حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد در آوون قرار گرفته و سپس از طریق یک مش ۲ میلیمتر الک و سرنده می شود. تجزیه و تحلیل شیمیایی عناصر در آزمایشگاه ACME ANALYTICAL (در کشور کانادا شهر ونکوور) که دارای لیسانس ISO 9002 است انجام می شود.

نمونه های محلول شده به وسیله روش دستگاهی طیف سنجی جرمی توسط پلاسمای جفت شده القایی ICP-MS مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. برای تایید کیفیت و اطمینان از صحت آزمایش با استفاده از داده های تکراری دقت آزمایش را تعیین می کنیم. همچنین برای تعیین صحت آزمایش نیز با استفاده از نمونه استاندارد می سنجیم. در این جا براساس نمونه استاندارد OREAS 45C که این نمونه استاندارد از خاک منطقه ای در جنوب غرب استرالیا تهیه شده میزان خطای آزمایش $\pm 5\%$ برآورد شده است.

دقت = داده های تکراری = تصادفی = Precision

صحت = نمونه استاندارد = سیستماتیک = Accuracy



❖ آمار توصیفی :

پارامترهای آماری مشاهده شده در زیر از تجزیه و تحلیل ۴۱ عنصر مشخص شد و شامل پارامترهای : حداقل، حداکثر داده ها، میانگین، میانه، انحراف معیار، واریانس، چولگی، کشیدگی، آزمون K-S است که در جداول ۱ و ۲ مشاهده می شود. این پارامترها و همچنین خلاصه نتایج بدست آمده از آن ها جهت مقایسه داده ها و همچنین تفسیر نتایج مفید خواهد بود.

Table 1Descriptive statistics, Clarke values (a) and enrichment factors of the chemical elements of the examined Kettara soils.

Elements	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD	VC	Skewness	Kurtosis	K-S test	Upper Continental Crust Clarke values ^a	Enrichment factor (Upper Continental Crust)
Mo	0.3	4.7	1.13	0.8	0.86	0.76	2.31	5.81	0.000	1.50	0.86
Cu	20.6	1687	203.38	62.3	308.32	1.52	2.82	9.25	0.000	25	9.22
Pb	7.6	207.8	41.44	32.9	32.57	0.79	3.25	12.97	0.000	17	2.76
Zn	62	449	135.95	116.5	62.96	0.46	2.51	9.22	0.000	71	2.17
Ag	0.1	0.9	0.13	0.1	0.14	1.06	3.46	16.40	0.000	0.05	2.93
Ni	4	246.3	56.23	46.2	36.19	0.64	3.13	12.85	0.000	44	1.45
Co	13.6	64.2	27.47	24.2	9.80	0.36	1.80	4.54	0.003	17	1.83
Mn	134	2170	911.90	886	338	0.37	0.76	2.18	0.200	600	1.72
Fe	43,300	374,900	76,974	59,800	53,268	0.69	3.62	16.21	0.000	35,000	2.49
As	6	124	33.31	25	26.13	0.78	1.87	3.19	0.000	1.5	25.17
U	0.5	2.3	1.53	1.6	0.37	0.24	-0.35	0.21	0.029	2.8	0.62
Au	0.1	0.6	0.11	0.1	0.07	0.67	6.60	46.62	0.000	0.0018	70.09
Th	2.2	15.8	10.86	11.4	2.99	0.28	-1.00	0.83	0.035	10.70	1.15
Sr	8	156	79.15	76.0	23.29	0.29	0.27	1.81	0.200	350	0.26
Cd	0.1	0.8	0.32	0.3	0.13	0.40	1.13	2.93	0.000	0.10	3.66
Sb	0.5	5.3	1.57	1.1	1.13	0.72	1.74	2.45	0.000	0.20	8.92
Bi	0.05	30.4	2.58	0.5	5.41	2.10	3.48	13.52	0.000	0.13	23.06
V	44	281	140.40	135.5	34.71	0.25	1.34	4.94	0.002	107	1.49
Ca	1300	73,700	13,813	10,300	13,295	0.96	2.23	6.41	0.000	30,000	0.52
P	220	1450	752.58	725	207.77	0.28	0.69	2.06	0.017	700	1.22
La	8	48.4	33.82	35.7	8.27	0.24	-0.80	0.80	0.069	30	1.28
Cr	25	1081	134.97	91.0	145.19	1.08	5.09	30.66	0.000	83	1.84
Mg	2800	43,800	15,944	13,300	7857	0.49	1.94	4.09	0.000	13,300	1.36
Ba	65	652	407.55	436.0	116.22	0.29	-0.89	0.92	0.000	550	0.84
Ti	610	18,340	5512	4920	2403	0.44	2.53	12.57	0.001	4100	1.52
Al	11,600	89,900	70,923	72,850	10,617	0.15	-3.10	15.48	0.000	80,400	1.00
Na	530	14,140	5725	5505	2153	0.38	1.75	6.12	0.000	28,900	0.22
K	2800	24,700	18,140	19,450	4899	0.27	-1.10	0.85	0.003	28,000	0.73
W	0.4	2.7	1.44	1.4	0.45	0.31	0.79	1.10	0.000	2	0.82
Zr	22.4	108.5	87.32	92.6	16.17	0.19	-1.39	2.95	0.003	190	0.52
Ce	17	102	72.52	76.5	18.11	0.25	-0.78	0.53	0.067	64	1.28
Sn	1.5	6.6	3.10	2.9	0.75	0.24	1.98	7.23	0.000	6	0.64
Y	2.8	49.1	20.26	19.6	6.74	0.33	1.05	4.74	0.200	22	1.04
Nb	2.4	21.8	12.64	13.4	3.62	0.29	-0.46	0.16	0.200	12	1.19
Ta	0.1	1.5	0.85	0.9	0.25	0.30	-0.42	0.36	0.004	1	0.96
Be	1	3	1.98	2.0	0.68	0.34	-0.35	0.11	0.000	3	0.74
Sc	3	30	15.76	15.0	4.44	0.28	0.92	2.56	0.000	14	1.31
Li	4.7	66.9	42.45	41.1	10.08	0.24	-0.30	2.77	0.070	20	2.41
S	1000	53,000	4073	1000	9742	2.39	3.50	13.07	0.000	*	*
Rb	13.9	118.4	80.94	85.7	23.36	0.29	-0.73	-0.12	0.017	112	0.82
Hf	0.7	3.6	2.58	2.7	0.50	0.20	-1.06	1.99	0.000	5.80	0.50

^a Clarke values = mean concentrations of the chemical elements in the upper continental crust (UCC) given by McLennan (2001); Geochemical data are expressed in mg/kg; VC = variation coefficient; SD = standard deviation.

عوامل غنی سازی



به منظور تعیین محل عناصر شیمیایی دارای غنی شدگی که در خاک کیتارا وجود دارد از عامل غنی سازی **EF Enrichment Factors** استفاده می کنیم.

مفهوم EF (عامل غنی سازی) در اوایل دهه ۷۰ برای پیدا کردن و استخراج منشاء عناصر در جو بارش یا در آب به کار گرفته شد. اما به تدریج برای مواد دیگر زیست محیطی مانند خاک رسوبات دریاچه ای مورد استفاده قرار گرفت و در حال حاضر به طور گسترده استفاده شد. برای شناسایی منبع آلودگی عناصر فلزی موجود در سطح زمین براساس EF، 5 دسته آلودگی شناسایی شده است.

1. $EF < 2$ غنی سازی حداقل این منطقه نیاز به غنی سازی دارد.

2. $2 \leq EF < 5$ غنی سازی متوسط

3. $5 \leq EF < 20$ غنی سازی قابل توجه

4. $20 \leq EF < 40$ غنی سازی بسیار بالا

5. $EF > 40$ غنی سازی فوق العاده بالا



❖ EF، عامل غنی سازی برای عناصر شیمیایی با استفاده از معادله زیر قابل محاسبه است و تعمیم داده می شود

$$EF_{El} = \frac{[El]_{\text{sample}}/[X]_{\text{sample}}}{[El]_{\text{crust}}/[X]_{\text{crust}}}$$

❖ EL: عنصر مورد نظر ما که تحت بررسی قرار می دهیم و مقادیر داخل گروه نشان دهنده غلظت عنصر است.

❖ X: عنصر انتخابی مرجع است که اشاره به غلظت متوسط نمونه یا پوسته دارد.

❖ مقادیر موجود در پوسته فوقانی قاره UCC و همچنین کلارک (نسبت تمرکز عناصر شیمیایی در پوسته) در جدول شماره ۱ نیز مقدار این ۲ مقدار آورده شده است که برای مقایسه نتایج مفید است.

Table 2
Descriptive statistics of chemical elements of the examined Kettara mine wastes.

Elements	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD	VC	Skewness	Kurtosis
Mo	1	13.70	4.14	2.80	3.52	0.85	2.24	5.05
Cu	879	6971	2428	1508	1974	0.81	1.76	2.02
Pb	7	778	156	81	217	1.39	2.53	6.79
Zn	79	361	176	153	83	0.47	1.22	1.11
Ag	0.10	13.10	1.67	0.65	3.62	2.16	3.40	11.70
Ni	2.50	48.90	14.32	9.30	14.53	1.01	1.50	1.78
Co	14	313	67	36	85	1.27	2.63	7.41
Mn	132	879	377	282	255	0.68	0.99	-0.33
Fe	90,200	413,600	294,825	307,650	91,925	0.31	-0.98	1.00
As	13	715	200	109	212	1.06	1.78	2.47
U	0.60	4.70	2	1.35	1.47	0.72	1.00	-0.69
Au	0.10	0.70	0.24	0.20	0.17	0.71	1.72	4.55
Th	0.60	17.80	7.18	6.45	5.65	0.79	0.89	-0.05
Sr	1.00	468.00	73.42	23.00	132.62	1.81	2.84	8.42
Cd	0.10	1.10	0.30	0.20	0.30	1.02	1.98	4.39
Sb	0.40	24.30	5.43	1.65	8.47	1.56	1.95	2.42
Bi	3.20	104.60	33	22.40	34.02	1.03	1.82	2.14
V	18.00	147	83	85.50	46.05	0.55	0.00	-1.36
Ca	700	21,000	3333	1550	5635	1.69	3.31	11.21
P	50	1280	470.83	395	351.14	0.75	1.21	1.51
La	2.60	60.60	19.57	16	14.74	0.75	2.13	5.81
Cr	4.00	153.00	57.25	51	42.00	0.73	1.02	1.12
Mg	1200	28,900	11,500	10,450	9718	0.85	0.55	-0.97
Ba	6	382	109	95	106	0.97	1.80	3.49
Ti	140	3340	1593	1570	981	0.62	0.35	-0.82
Al	2300	85,300	35,617	35,550	27,911	0.78	0.43	-1.02
Na	80	3150	1051	725	902	0.86	1.45	1.62
K	200	18,500	3383	1700	4934	1.46	3.05	9.92
W	0.40	6.60	4.23	4.95	2.15	0.51	-0.66	-1.13
Zr	4.90	110.40	59.33	52.30	37.33	0.63	0.06	-1.50
Ce	5	118	41	36	28.84	0.71	1.85	4.70
Sn	0.80	7.60	4.29	4.55	1.99	0.46	-0.16	-0.38
Y	1	8.60	5	4.70	2.47	0.49	0.04	-1.18
Nb	0.50	11.60	5.13	5.35	3.03	0.59	0.51	0.66
Ta	0.05	0.80	0.35	0.40	0.21	0.60	0.35	0.43
Be	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		
Sc	0.50	13.00	6.96	7.50	4.69	0.67	-0.03	-1.84
Li	4.10	44	17.18	11.40	13.03	0.76	0.90	-0.15
S	2000	96,000	41,167	30,000	29,905	0.73	0.52	-0.50
Rb	0.70	43.90	11.13	7.35	11.89	1.07	2.08	5.32
Hf	0.10	3.30	1.67	1.45	1.08	0.65	0.31	-1.13

VC= variation coefficient; SD= standard deviation (geochemical data are expressed in mg/kg).



روش تجزیه و تحلیل اکتشافی داده ها (EDA) :

علاوه بر روش های تجزیه و تحلیل و عامل غنی سازی روش EDA هم به دلیل اینکه یک روش مناسب برای تجزیه و تحلیل داده ها است. مورد مطالعه قرار گرفت.

روش EDA برای تعیین مقدار زمینه خاک مورد استفاده قرار می گیرد و آن را به عنوان یک مرجع برای ارزیابی آلودگی خاک توسط عناصر سمی به کار می برند.

این روش شامل نمودارها و منحنی های هیستوگرام، جعبه ای، $Q - Q$ و غیره است که به تعیین فواصل مختلف از غلظت سمی دلالت دارد. علاوه بر EDA مشاهده بهتر از فراوانی را نمایش می دهد.

❖ استفاده از GIS تهیه در انالیز نقشه های ژئوشیمیایی :

- ❖ مختصات نقاط نمونه برداری و مقادیر غلظت عناصر شیمیایی انتخاب شده در یک پایگاه داده در GIS با هم ادغام شد. درون یابی نقاط و فضاها برای عناصر مورد مطالعه در نقشه GIS با استفاده از روش زمین آمار انجام شده است که شامل روش کریجینگ و واریوگرام برای عناصر مورد مطالعه (مس، سرب، روی، آرسنیک و آهن) در نظر گرفته شده است. مدل بهینه سازی شده دارای RMSE (خطای جذر میانگین مربعات) نزدیک به ۱ باشد. RMSE تفاوت میان مقدار پیش بینی توسط برآورد کننده آماری و مقدار واقعی می باشد و همچنین نتایج در جدول ۳ خلاصه شده است. روش تجزیه و تحلیل چند متغیره (MCA) با استفاده از GIS بکار گرفته شد به منظور بررسی نقشه های ژئوشیمیایی و گسترش نقشه خطر آلودگی خاک. این نقشه ها با استفاده از تحلیل گر فضایی SPATIAL ANALYST نرم افزار ARCGIS که دارای قدرت پرسش گری در نقشه های ژئوشیمی برای هر عنصر مورد نظر می باشد وجود دارد. نرم افزار ARCGIS متعلق به شرکت ESRI است.
- ❖ و در نهایت مناطق خاصی که دارای خطر آلودگی بالاتری هستند علامتگذاری شده تا برای سیاستمداران و تصمیم گیرندگان مفید است.



تجزیه و تحلیل آماری :

تجزیه و تحلیل EF، عامل غنی شدگی، ۵ کلاس مختلف را نشان می دهد :

الف-کلاس اول : عناصری که غنی شدگی حداقل و شامل عناصر

Mo- Ni- Co- MN -U -Th -Sr -V -Ca -P -La -Cr- Mg- Ba- Ti- Al- Na- K- W- Zn
-Ce- Sn- Y- N- Ta- Be- Sc- Rb- Hf

ب-کلاس دوم : عناصری با غنی شدگی متوسط شامل عناصر

Pb- Zn- Ag- Fe- Cd- Li

ج-کلاس سوم : عناصری با غنی شدگی قابل توجه

Sb- Cu

د-کلاس چهارم : عناصری با غنی شدگی بالا

As- Bi

ه-کلاس پنجم : عناصری با غنی شدگی بسیار بالا فقط شامل Au

اگر چه عناصر Ag- Au- Cd- Bi- Li -Sb دارای مقادیر EF بین ۲.۹۳ تا ۷۰.۰۹ هستند اما میانگین غلظت آنها در خاک کیتارا پایین است و به ترتیب شامل مقادیر زیر هستند.

$$\text{Ag} = 0.13$$

$$\text{Cd} = 0.32$$

$$2.52 = \text{Bi}$$

$$\text{Sb} = 1.57$$

$$\text{Li} = 42.45$$

$$\text{Au} = 0.11$$

همانطور که مشاهده میشود مقادیر این غلظت کم است و نمی تواند هیچ اثرات مضر روی انسان و حیوانات منطقه بگذارد. با این حال عناصر Cu- Pb- Zn -As- Fe دارای میانگین مقادیر EF بین ۲.۱۷ تا ۲۵.۱۷ هستند. اما دارای میانگین غلظت به شرح پایین هستند که در جدول ۱ نیز مشاهده می شود.

$$\text{Cu} = 203.38$$

$$\text{Pb} = 41.44$$

$$\text{Zn} = 135.95$$

$$\text{As} = 33.31$$

$$\text{Fe} = 769.78 \text{ میلی گرم بر کیلوگرم}$$

عناصر انتخابی مورد علاقه در بین همه عناصر مورد بررسی مس، سرب، روی، آرسنیک و آهن بودند که در غلظت های بالا امکان خطرناک و سمی بودن آنها وجود دارد و مطابق جدول ۱ دارای محدوده غلظت های زیر است.

$$\text{Cu}: \text{بین } ۲۰.۶ \text{ تا } ۱۶۸۷ \text{ میلی گرم بر کیلوگرم}$$

$$\text{Pb}: \text{بین } ۷.۶ \text{ تا } ۲۰۷.۸$$

$$\text{Zn}: \text{بین } ۶۲ \text{ تا } ۴۴۹$$

$$\text{As}: \text{بین } ۶ \text{ تا } ۱۲۴$$

$$\text{Fe}: \text{بین } ۴۳.۳ \text{ تا } ۳۷۴.۹۰۰$$



به منظور نشان دادن هر چه بهتر این موضوع شکل های ۳ و ۴ تهیه شده است که نمودارهای مختلف هیستوگرام و جعبه ایی را شامل می شود. که براساس پراکندگی عناصر انتخاب شده و مطابق EDA بدست آمده است.

شکل ۳ (بخش های a تا e) نشان دهنده نمودارهای هیستوگرام نامتقارن است و دارای چولگی راست (چولگی مثبت) هستند. چولگی معیاری برای سنجش عدم تقارن در تابع توزیع در اطراف میانگین می باشد. ویژگی های چولگی نشان داده شده برای عناصر مورد نظر نشان دهنده به سمت راست متمایل است..

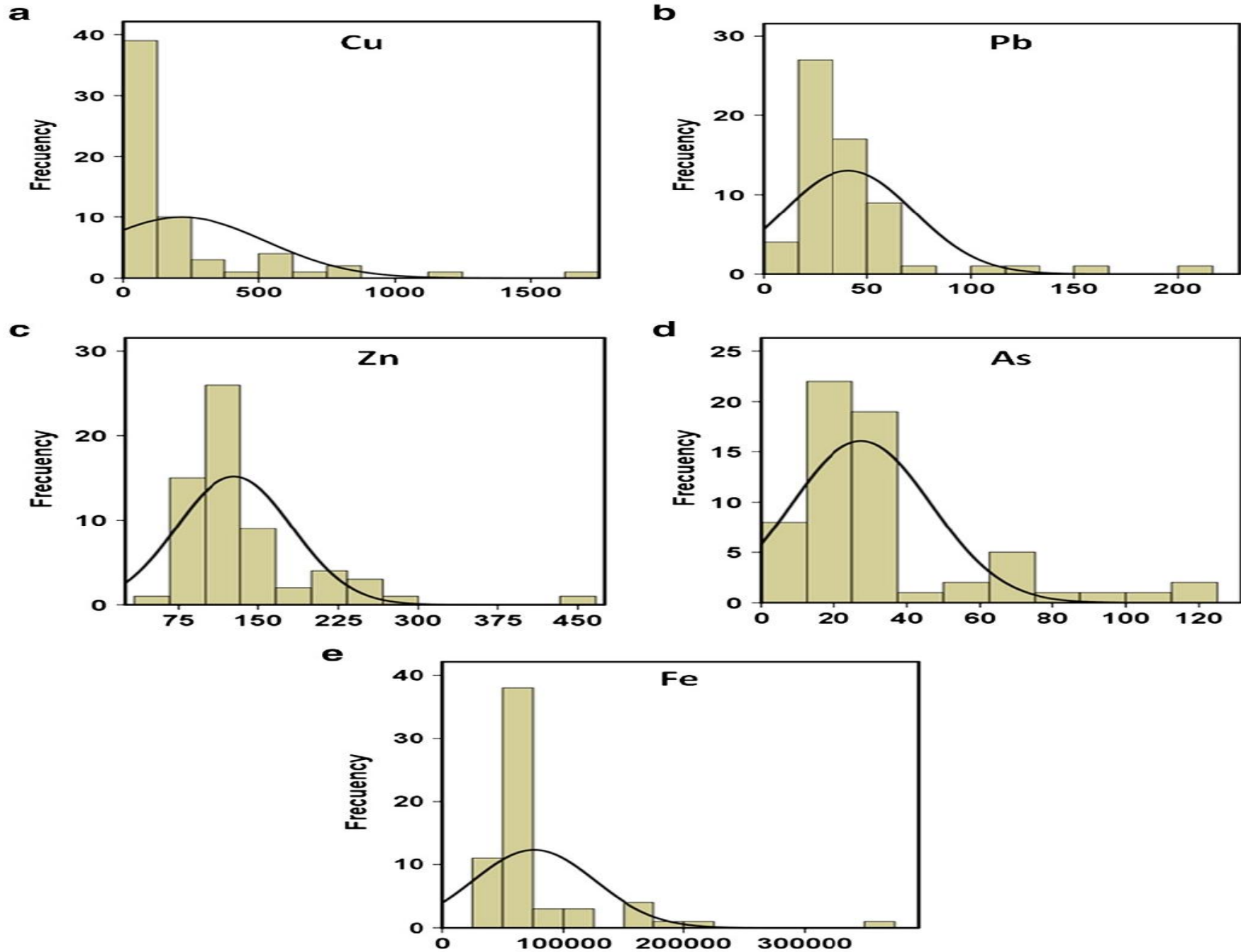


Fig. 3. Histograms and cumulative frequency curves for the selected elements in soil (concentrations are in mg/kg).



شکل ۴ (بخش های a تا e) نشان دهنده نمایش جعبه ای است تمام جعبه ها به سمت مقادیر حداقل غلظت جابجا شده اند.

ما در این مسئله نشان دهنده توزیع غلظت عناصر انتخابی به صورت نامتقارن است. خطی که جعبه را به دو قسمت تقسیم میکند نشان دهنده میانه است در انتهای ریشه ها داده های پرت (خارج از ردیف) با علامت دایره و به همراه شماره آن ارائه شده است. مقادیر خارج از ردیف شاخصی از فرآیند غیرمعمول هستند که در بحث آماری به مقادیری که به طور معنی دار نسبت به سایر مقادیر اختلاف دارند، مقادیر خارج از ردیف گفته می شود. این مقادیر معمولاً در منطقه آلوده وجود دارند. با توجه به شکل های ۲ تا ۴ مقادیر خارج از ردیف عناصر انتخابی واقع شده در نزدیکی و پایین دست باطله های معدنی به احتمال زیاد دارای محتوای غیر عادی فلز یا شبه فلز هستند

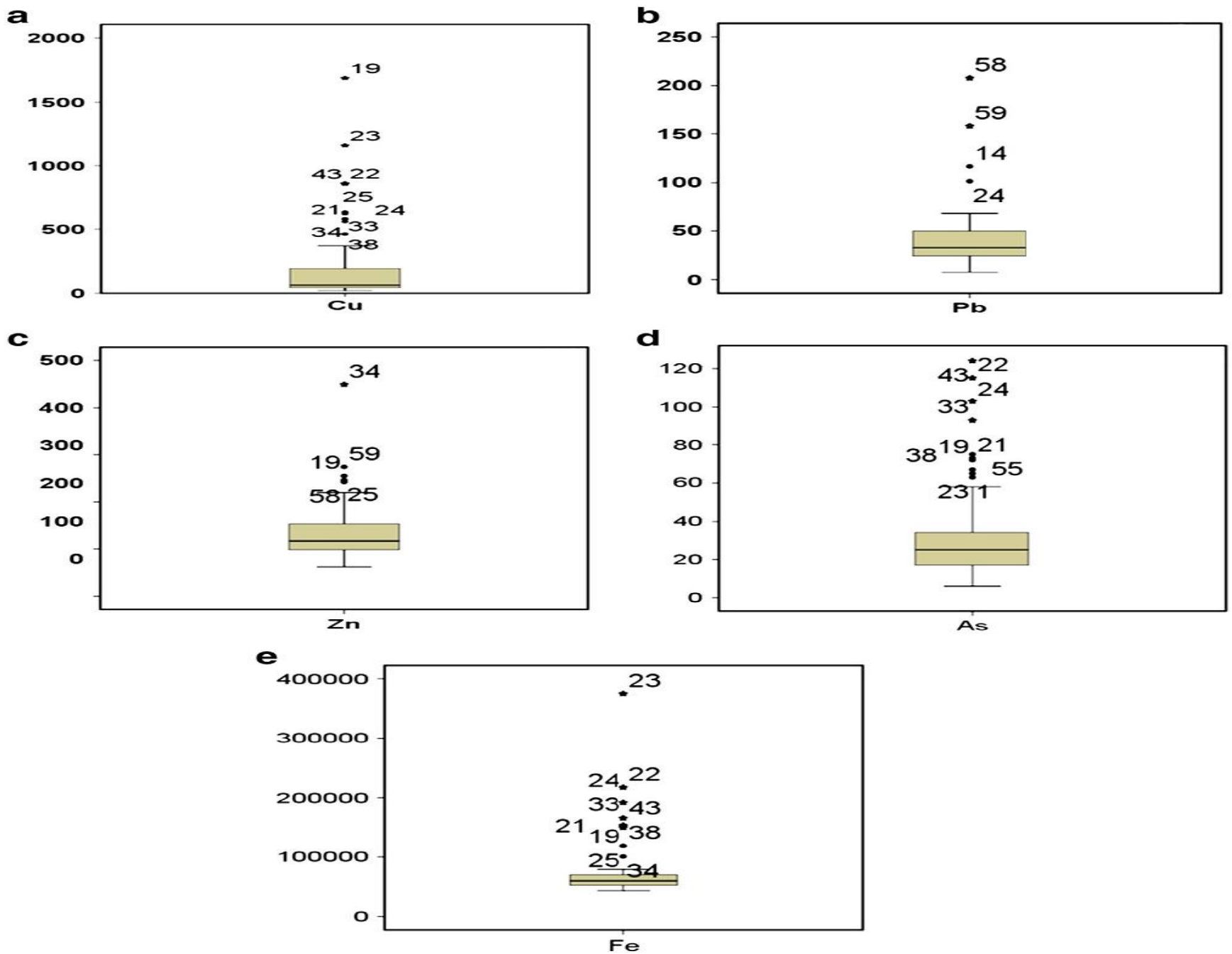
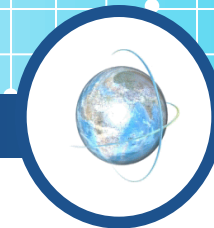


Fig. 4. Box plots for the concentration of selected elements in soil (concentrations are in mg/kg).



با توجه به نتایج EDA و محاسبه پارامترهای آماری در خاک منطقه کیتارا شامل فواصل مختلف از غلظت ها است که حاکی از وجود جوامع متعددی از غنی سازی ها است و همچنین مطابق جدول ۲ حدود غلظت متوسط شامل

Cu: ۸۷۹ تا ۶۹۷۱	، ۲۴۲۸
Pb: ۷ تا ۷۷۸	، ۱۵۶
Zn: ۷۹ تا ۳۶۱	، ۱۷۶
As: ۱۳ تا ۷۱۵	، ۲۰۰
Fe: ۹۰.۲۰۰ تا ۴۱۳.۶۰۰	، ۲۹۴.۸۲۵

است که این مقادیر و غلظت و مقایسه آن با مقادیر کلارک نشان دهنده آن است که ، باطله های معدن کیتارا دارای عناصر سمی در خود هستند و به احتمال زیاد مواد باطله معدن عامل اصلی آلودگی خاک در منطقه هستند.

بررسی ژئوشیمیایی مقادیر زمینه خاک و تعیین انومالی



مقدار زمینه خاک براساس منحنی نرمال تعیین می شود که تجسم خوبی از توزیع داده های تجربی ارائه می دهد منحنی نمودارهای مس، سرب، روی، آرسنیک و آهن (شکل ۵ eta) تحت تاثیر یک نقطه عطف واقع شده اند و وجود مقادیر غیرعادی را نشان می دهد. تعیین نقاط عطف و تعیین مقادیر میانگین و میانه می تواند به ما برای پیدا کردن مقادیر زمینه و انومالی کمک کند مقادیر خالص انومالی را می توان از کم کردن مقدار زمینه از مقدار انومالی استنباط کرد. در جدول ۴ مقدار زمینه خاک GB مقادیر انومالی و مقادیر خالص انومالی گزارش شد.

Table 4

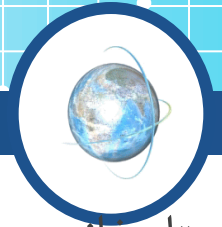
Geochemical background values, anomalous and net anomalous values obtained for Kettara soils.

Elements	Kettara soils (Saghef schists)			Geochemical background of Kettara soils (first population)			Anomalous content of Kettara soils (second and third populations)			Net anomalous values (b - a)	Canadian soils quality guidelines ^a	World ranges in non-polluted soils ^b
	N	Mean	Median	N	Mean (a)	Median	N	Mean (b)	Median			
Cu	62	203.4	62.3	34	43.8	43.05	28	397.2	222.2	353.4	63	6-60
Pb	62	41.4	32.9	26	21.8	22.45	36	55.6	44.4	33.8	70	10-70
Zn	62	136.0	116.5	40	102.6	105	22	196.5	172.5	93.9	200	17-125
As	62	33.3	25	20	13.9	13.5	42	42.6	30	28.7	12	1-15
Fe	62	76,974	59,800	49	56,978	55,800	13	152,346	150,000	95,368	-	-

N is number of samples (all concentrations are expressed in mg/kg).

^a Canadian soil quality guidelines (CCME, 2006).

^b Kabata-Pendias and Pendias (1992).



متأسفانه در کشور مغرب هیچ استاندارد مشخصی برای حداکثر غلظت مجاز فلزات و غیرفلزات وجود در خاک برای جلوگیری از خطرات آلودگی محیط زیست وجود ندارد بنابراین ارزش بدست آمده در این مطالعه در مقایسه با دستورالعمل ها و استانداردهای تصویب شده در کشور کانادا و اتحادیه اروپا خواهد بود.

نتایج بدست آمده برای مقادیر زمینه به شرح ذیل است و با استفاده از جدول شماره ۴ در حالیکه مقدار زمینه برای آرسنیک کمی بیش از استاندارد کانادا است که مقدار آن باید برابر ۱۲ می باشد.

Cu: 43.8

Pb: ۲۱.۸

Zn: ۱۰۲.۶

As: ۱۳.۹

Fe: ۵۶.۹۷۸

❖ با توجه به نتایج حاصل شده مقادیر طبیعی عناصر مورد بررسی در خاک منطقه هیچ گونه عوارض نامطلوب بهداشتی ندارد با این حال محاسبه مقادیر آنومالی عناصر نشان می دهد سهم فعالیت های انسانی در آلوده شدن منطقه کیتارا تا چه اندازه بوده است.

نقشه های ژئوشیمیایی و معیارهای تجزیه و تحلیل



- ❖ نمایش توزیع فضایی فلزات و شبه فلزات در خاک کیتارا با استفاده از نقشه های GIS و براساس نقشه های زمین آمار(کریجینگ) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.
- ❖ نقشه های بدست آمده ژئوشیمیایی با دیگر نقشه های موضوعی از قبیل: مسیر جریان های آب و نقشه محل باطله های معدن مورد تلفیق واقع شده است. با توجه به نقشه های ژئوشیمیایی در شکل ۶ غلظت های بالا برای عناصر Cu- Pb- Zn- As- Fe در اطراف و به ویژه در پایین دست باطله های معدنی قابل مشاهده است و این غلظت ها با افزایش فاصله از معدن و محل دفن باطله های معدنی کاهش می یابد. به طور کلی مواد پایین دست که دارای مواد باطله بیشتری هستند نسبت به مواد بالادست دارای غلظت های بالاتری هستند.

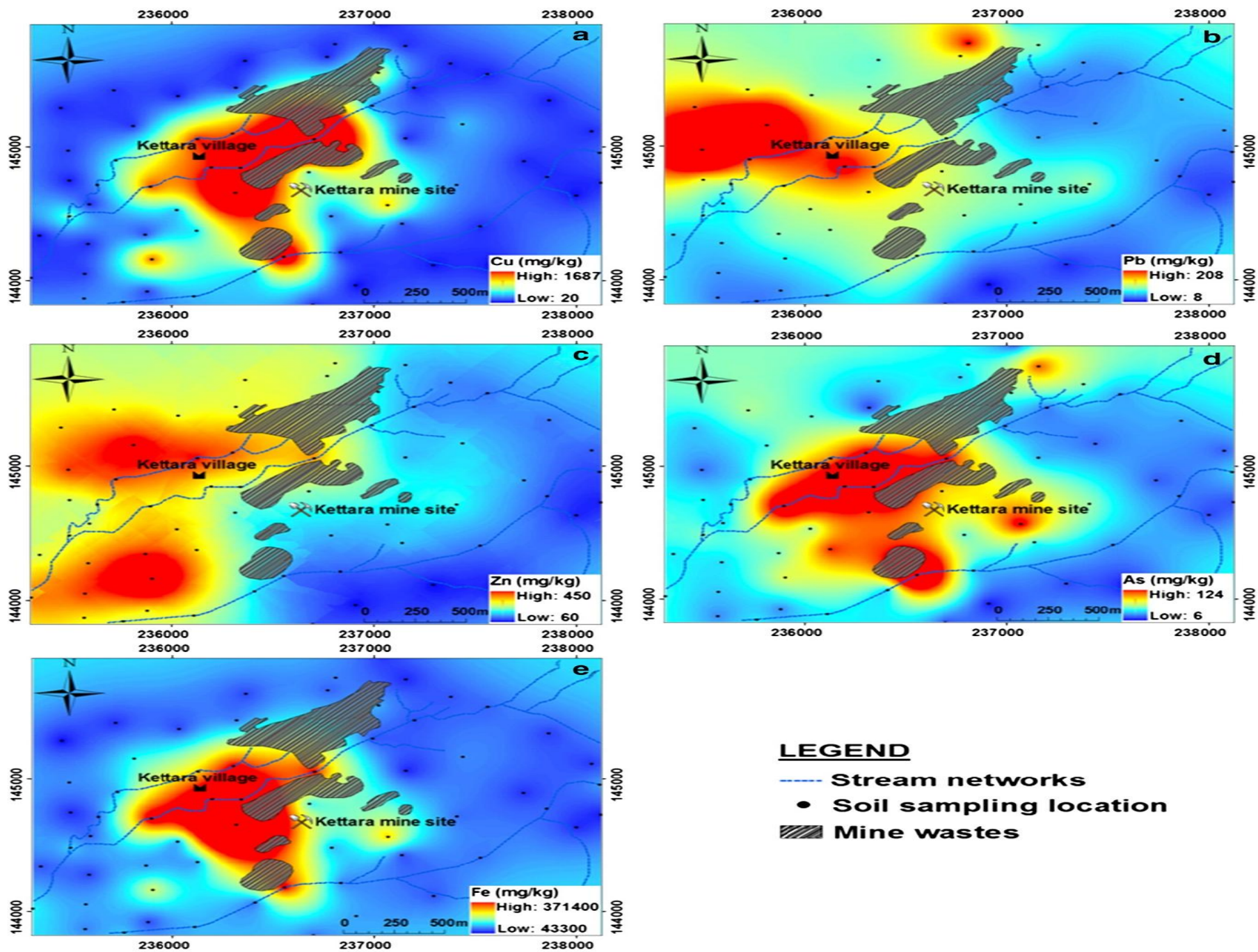


Fig. 6. Geochemical maps of selected elements.



بطور کلی نقشه های ژئوشیمیایی نشان می دهد که غلظت با فاصله از باطله های معدنی کاهش می یابد.

با توجه به مطالب گفته شده، نقشه نهایی از خطر آلودگی خاک در منطقه کیتارا (شکل ۷) با استفاده از تحلیل گر فضایی نرم افزار ARCGIS تهیه شد که شامل تلفیق و نقشه های ژئوشیمیایی گرفته شده (شکل ۶) (مس، سرب، روی، آرسنیک و آهن) و نقشه های موضوعی مورد مطالعه از قبیل نقشه های زمین شناسی، شبکه جریان آب، محل باطله های معدنی است. در شکل ۷ به روشنی مشخص است که در مناطق پایین دست باطله های معدن دارای سطح بالای غلظت است.



❖ با توجه به نتایج بدست آمده در شکل ۷ مشاهده می شود که در قسمت مرکزی روستای کیتارا که اکثریت جمعیت در آن قرار دارد، شدت آلودگی اتفاق افتاده و غلظت فلزات و شبه فلزات مجاز آن در محدوده خطرناک واقع شده اند (مطابق دستورالعمل استاندارد ارایه شده توسط اتحادیه اروپا و کانادا). بنابراین ممکن است اثرات منفی بر سلامت مردم به خصوص کودکان و خردسالان بگذارد که امکان جذب مقادیر بالایی از فلزات و شبه فلزات در سیستم هضم غذای ساکنین به وجود آورد. مطالعات در گذشته نشان داده است که انسان ها با قرار گرفتن در معرض غلظت های بالای این عناصر امکان مبتلا به بیماری سرطان و بیماری های پوستی و گوارشی را دارد. همچنین تجمع مس در بافت های انسان، امکان ابتلا به بیماری های مغزی، اختلال در کبد و سیستم کلی بدن و همچنین سرب موجب پدید آمدن بیماری های خونی و اختلال در دستگاه گوارش، وجود روی سقط جنین و مرگ نوزاد و وجود آهن سبب آسیب شدید به بافت ها و ریه ها می شود.

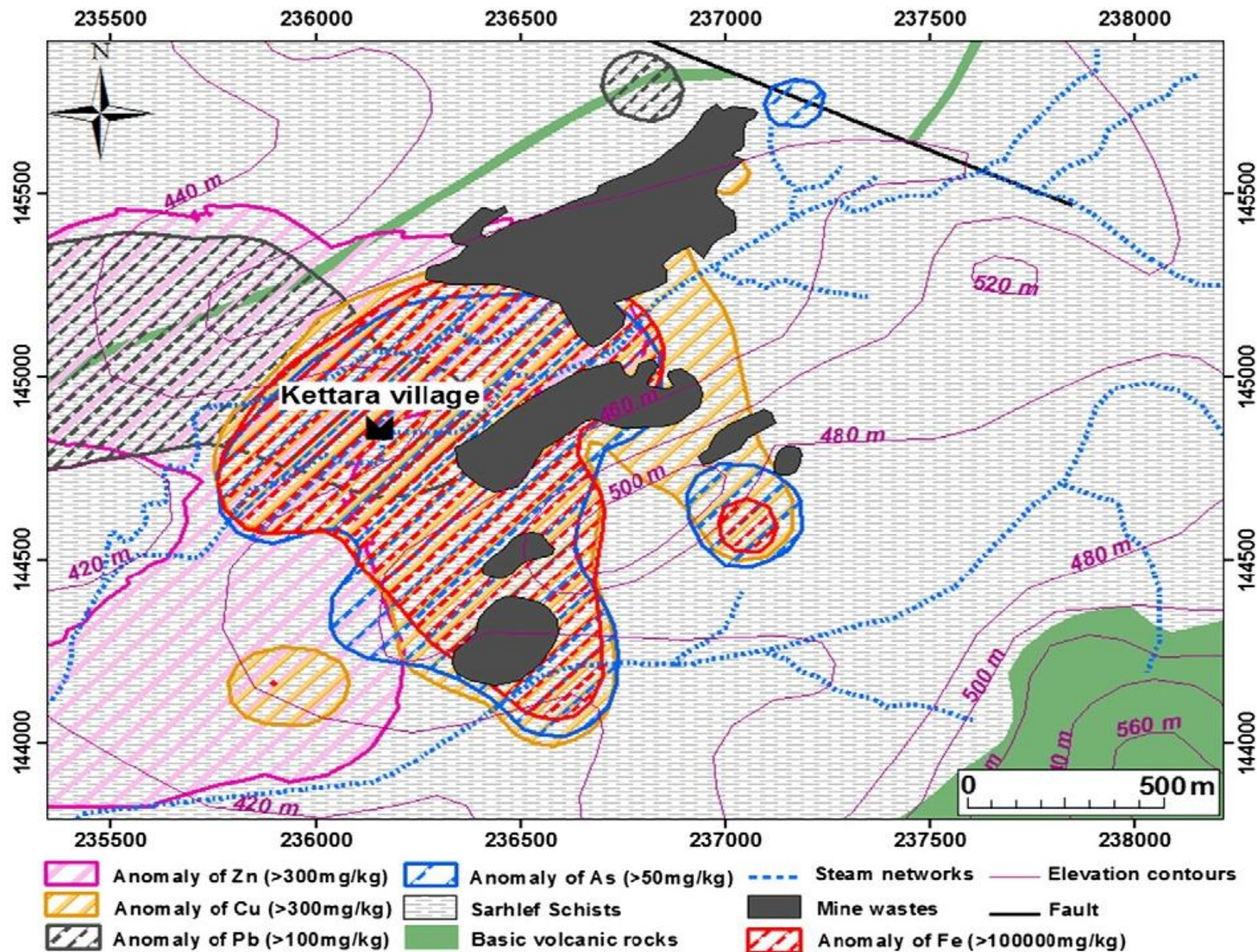


Fig. 7. Risk map of soil contamination with Cu, Pb, Zn, As, and Fe.

نتیجه گیری



هدف از این مطالعه، بررسی و ارزیابی میزان و شدت آلودگی خاک با عناصر رها شده در باطله های معدنی کیتارا بود که با انجام نمونه برداری و تجزیه و تحلیل ۴۱ عنصر از مواد اطراف باطله های معدن بود، در نهایت آلودگی خاک در عناصر (مس، سرب، روی، آرسنیک، آهن) تمرکز پیدا کرد و مورد ارزیابی های زیر قرار گرفت: عامل غنی شدگی، مقدار حد زمینه ژئوشیمیایی و روش تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی بر پایه علم زمین آمار به وسیله GIS انجام شد.

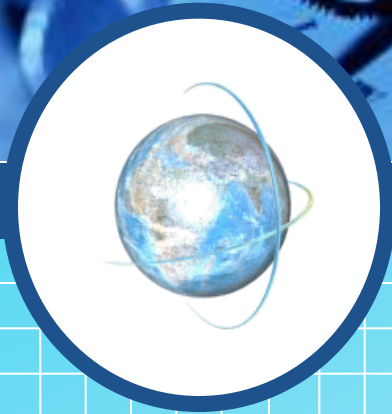
نتایج بدست آمده نشان می دهد که روش های آماری مورد استفاده در پردازش داده های ژئوشیمیایی در GIS و زمین آمار برای تهیه پراکندگی، غلظت و بی هنجاری و گسترش آلودگی ها و نظارت بر آلودگی خاک استفاده شد و در نهایت جزئیات نقشه نهایی از مناطقی که خطر آلودگی خاک در آن ها بیشتر بود به وسیله نرم افزار GIS و تجزیه و تحلیل مکانی داده ها انجام شد.



غلظت عناصر مس، آرسنیک، آهن در خاک کیتارا بیش از حد زمینه ژئوشیمیایی استاندارد که بر اساس دستورالعمل هایی کیفیت خاک کانادا و اروپا است. بنابراین نقشه های ژئوشیمیایی بدست آمده نشان می دهد که :

- ۱- در مناطق پایین دست معدن، جریان باطله های معدنی دارای غلظت بالاتری هستند.
 - ۲- باطله های معدن کیتارا توسط اسید محل زهکشی AMD در خاک اطراف منتشر شده است.
 - ۳- الگوی پراکندگی آلودگی، جریانهای سطحی است که به وسیله بارش باران و حرکت جریان های آب بوجود می آید.
- مطالعه حاضر به منظور ارزیابی آلودگی خاک ناشی از فعالیت های انسانی معدنکاری در یک منطقه محدود و کنترل شده انجام گرفت. بررسی کامل نیاز به زمان و هزینه های سرمایه گذاری بالا دارد اما کارهای انجام شده در این مطالعه می تواند به عنوان پایه و اساس برای مطالعه ژئوشیمیایی زیست محیطی به کار رود .

LOGO



Thank You !

Ap6669me@yahoo.com