بررسی زمین‌شناسی زیست‌محیطی برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیاهکل (بر اساس مطالعه نمونه‌های ژئوشیمیایی)

عسل فرهادی[1*]، محمدرضا جعفری[1] و سیدمحمدحسین رضوی[2]

[1] گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.
[2] گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۳۰/ ۰۵/ ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: ۱۱/ ۱۲/ ۱۳۸۹

چکیده

منطقه سیاهکل (۱۵ کیلومتری جنوب باختر لاهیجان)، در بخش جنوب خاوری برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رشت واقع است. با توجه به نمونه‌های ژئوشیمیایی که در این برگه برداشت شد، غلظت برخی عناصر مانند منگنز، کبالت، نیکل و سرب بالاتر از حد استاندارد بود و وقتی غلظت این عناصر افزایش می‌یابد، عوارض و آلودگی‌های زیست محیطی ایجاد می‌کند. مثلاً می‌تواند منجر به ایجاد ناهنجاری‌هایی در گیاهان شود (کم شدن قطر ریشه و ساقه، کوتاه شدن قد و یا تغییر در رنگ برگ و ساقه گیاهان و درختان) که در واقع نشانه‌هایی از مسمومیت گیاه هستند. از بیماری‌های ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی در انسان می‌توان به حساسیت‌های پوستی و تنفسی و حتی سرطان اشاره کرد. در بررسی‌های برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیاهکل و نقشه‌های تهیه شده، در برخی مناطق از جمله حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالا و پایین، بعضی عناصر مانند منگنز، کبالت، نیکل و سرب دارای غلظت بالاتر از حد استاندارد توصیه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی هستند که پیشنهاد می‌شود مورد بررسی‌های دقیق‌تری قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: گیلان، سیاهکل، محیط زیست، ژئوشیمی.

***نویسنده مسئول:** عسل فرهادی
E-mail: as.farhadi@hotmail.com

۱- مقدمه

همه عناصر در طبیعت موجود و بیشتر آنها برای گیاهان، جانوران و انسان‌ها ضروری هستند. از این میان، عناصر ضروری اصلی برای انسان‌ها و جانوران شامل: کلسیم، کلر، منیزیم، فسفر، پتاسیم، سدیم و گوگرد است. عناصر دیگر که به مقدار کمتری لازمند شامل کروم، کبالت، مس، فلوئور، ید، آهن، منگنز، مولیبدن، سلنیم و روی هستند. عناصری که نقش زیست‌شناختی شناخته شده‌ای ندارند، جزو عناصر غیرضروری و اغلب مضر هستند مانند: کادمیم، آرسنیک، جیوه و سرب. عناصر بسیاری همچون آرسنیک، بور، کروم، مس، فلوئور، مولیبدن، نیکل و روی در سمی بودن محیط زیست دخالت دارند. در صورت افزایش بیش از حد مجاز این عناصر در بدن انسان، سامانه تعادلی موجود در سلول‌های بدن، مختل و منجر به بیماری می‌شود. در واقع وجود عناصر سمی در خاک و سنگ، چه بر اثر واکنش‌های ژئوشیمیایی طبیعی و چه بر اثر فعالیت‌های انسانی، معمولاً به طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامتی انسان اثر می‌گذارند (حاج‌علیلو و وثوق، ۱۳۸۸).

در پژوهش حاضر سعی شده است تا با توجه به نتایج تجزیه ۷۴ نمونه ژئوشیمیایی برداشت شده (جدول ۴)، سیمای کلی منطقه سیاهکل از نظر زمین‌شناسی زیست‌محیطی مورد بررسی قرار گیرد، که منجر به تهیه ۹ نقشه سه بعدی پراکندگی غلظت عناصر، به همراه منحنی میزان پراکندگی آنها، با توجه به حدود آستانه استاندارد زیست‌محیطی شد که در ادامه به بررسی آن پرداخته می‌شود.

۲- مطالعات ژئوشیمیایی (نمونه‌برداری و پردازش داده‌ها)

منطقه سیاهکل (۱۵ کیلومتری جنوب باختر لاهیجان) (شکل ۱)، در بخش جنوب خاوری برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رشت (شکل ۲) واقع شده است. در مطالعات ژئوشیمیایی انجام شده در برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیاهکل ۷۴ نمونه ژئوشیمی آبراهه‌ای برداشت شد، افزون بر آن، ۱۰ نمونه تکراری برای کنترل خطای تجزیه دستگاهی تهیه شد. این نمونه‌ها پس از آماده‌سازی، برای تجزیه به آزمایشگاه AMDEL استرالیا ارسال شد. پردازش داده‌ها طی مراحلی پی‌درپی از فایل‌بندی داده‌های خام، شناسایی و جایگزینی داده‌های خارج از حد تشخیص دستگاه تا مطالعات آماری تک‌متغیره انجام شد.

۲-۱. مطالعات آماری تک متغیره

در مطالعات آماری تک متغیره پردازش روی مقادیر یک متغیر بدون در نظر گرفتن بقیه متغیرها صورت می‌گیرد. این مطالعات شامل محاسبه متغیرهای آماری، بهنجارسازی، رسم نمودارها، تهیه جداول مقادیرحد زمینه و حد آستانه برای داده‌ها و حذف مقادیر خارج از رده است.

– **داده‌های خارج از حد تشخیص دستگاه (Senssored) و نحوه جایگزینی آنها :** در تجزیه شیمیایی نمونه‌های محدوده مطالعاتی سیاهکل هیچ کدام از عناصر، دارای داده‌های خارج از حد تشخیص دستگاه نبودند. حد تشخیص دستگاه، داده‌های خارج از حد تشخیص دستگاه عناصر مختلف و مقادیر جایگزین شده آنها در جدول ۱ آمده است.

– **جدایش مقادیر خارج از رده (Outliers):** در محدوده اکتشافی سیاهکل برای تعیین و جدایش مقادیر خارج از رده از روش‌های تجربی و نمودار احتمال استفاده شد و مقادیری که بیشترین فاصله را از جامعه داده‌ها داشتند و یا خارج کردن آنها جامعه داده‌ها را تا حدودی به جامعه استاندارد یا لاگ استاندارد نزدیک می‌کرد، به عنوان مقادیر خارج از رده حساب شده‌اند (Yusta et al., 1998).

– **بهنجارسازی داده‌های خام و بررسی متغیرهای آماری داده‌های نرمال :** با توجه به نتایج بهنجارسازی داده‌های محدوده اکتشافی سیاهکل می‌توان گفت عناصر مس، آرسنیک و مولیبدن تقریباً توزیع نرمال و بقیه عناصر تقریباً توزیع لاگ نرمال دارند. متغیرهای آماری داده‌های بهنجار شده و داده‌های خام در جدول‌های ۲ و۳ ارائه شده است. همچنین نمودارهای رسم شده برای داده‌های خام و بهنجار شده این عناصر به ترتیب از شکل‌های ۱۲ تا ۲۰ در پایان مقاله پیوست شده است.

۳- مطالعات زیست‌محیطی

۳-۱. آرسنیک

آرسنیک، از عناصر تشکیل‌دهنده بیش از ۲۰۰ گونه کانی است و در بسیاری از کانی‌های سولفیدی و ترکیبات دیگر وجود دارد. آرسینوپیریت و اریپمنت از کانی‌های اصلی هستند که این عنصر در آنها یافت می‌شود، اما در پیریت، کالکوپیریت، گالن و اسفالریت نیز وجود دارد. تجزیه شیمیایی سنگ‌ها موجب انحلال و تحرک آرسنیک

به صورت نمک‌های اسیدی می‌شود. ترکیبات غیرآلی آرسنیک توسط موجودات میکروسکوپی، گیاهان و انسان به گونه‌های متیلی آرسنیک تبدیل می‌شوند.

آرسنیک عنصری سمی است و یک دهم گرم تری‌اکسید آرسنیک، موجب مرگ انسان می‌شود. سرطان پوست و بسیاری از سرطان‌های اعضای داخلی همچون سرطان مثانه یا ریه و کلیه به علت آثار آرسنیک در محیط است. میزان سمی بودن آرسنیک، به شکل شیمیایی آن و یا به عبارت دیگر، به درجه اکسایش و شکل‌های آلی و غیر آلی آن بستگی دارد. آرسنیک به حالت کاهیده بسیار خطرناک‌تر از حالت‌های دیگر آن از جمله حالت اکسایشی است. میزان ورود آرسنیک به بدن انسان از راه غذا بسیار بیشتر از آب آشامیدنی است، با این حال آرسنیک موجود در ماهی چون به صورت آلی است، کمتر سمی است. بنابراین آب آشامیدنی چنانچه آرسنیک داشته باشد، خطری جدی برای انسان به شمار می‌آید (آب آشامیدنی معمولاً به طور محلی تأمین می‌شود و به ژئوشیمی محلی وابسته است) (غضبان، ۱۳۸۱).

– حد مجاز آرسنیک با توجه به مرجع استاندارد

آب آشامیدنی: ۱۰ میکروگرم بر لیتر (سازمان جهانی بهداشت)

هوا: ۰/۰۱ میلی‌گرم بر متر مکعب (OSHA)

خاک: ۵ppm (NIOSH) و ۳۰ppm (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس نژاد (۱۳۸۴))

– بررسی زیست‌محیطی آرسنیک در سیاهکل: با توجه به نمونه‌های ژئوشیمیایی در برگه سیاهکل، میزان غلظت این عنصر در محدوده جنوب و جنوب خاوری برگه سیاهکل، به بیشتر از بالاترین حد مجاز این عنصر (۵۰ppm (2000) Gerrard در عباس نژاد (۱۳۸۴)) رسیده است، به گونه‌ای که در محدوده حوضه‌های ۵۷ و۶۳، از ناحیه روستای بالارود کلنده به سمت جنوب در مسیر رودخانه شمرود، غلظت به ۵۶/۲ ppm می‌رسد. شکل ۳ نقشه سه بعدی پراکندگی غلظت آرسنیک را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن با توجه به نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت شده در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، غلظت تقریباً بالای این عنصر در بخش جنوب و جنوب خاوری برگه به رنگ سبز نمایش داده شده است (گفتنی است که در نقشه‌های ژئوشیمیایی این نوشتار، رنگ آبی برای مقادیر غلظت در حد مجاز، رنگ سبز برای مقادیر غلظت در حد آستانه خطر و رنگ سرخ برای مقادیر غلظت بالاتر از حد آستانه خطر به کار رفته است).

به طور کلی می‌توان منطقه سیاهکل را از نظر آلودگی به آرسنیک محدوده استاندارد اعلام کرد که البته در برخی نواحی، همچون حوالی روستای بالارود کلنده نیاز به مطالعات دقیق‌تری دارد.

۳-۲. روی

روی از عناصر فلزی سنگین است که به نظر می‌رسد نقش حساس و مهمی در تغذیه داشته باشد. کمبود روی موجب بروز عوارضی می‌شود که به شکل‌های گوناگون همچون کوتاه‌قدی (Dwarfism)، بیماری‌های پوستی، از دست دادن حس چشایی و تأخیر در التیام زخم‌ها، ظاهر می‌شود. بر پایه مطالعات سازمان بهداشت جهانی، میزان بهینه استفاده از روی ۵ تا ۴۰ میلی گرم در روز است. مصرف بیش از ۱۵۰ میلی گرم در روزموجب ایجاد کم‌خونی می‌شود و مصارف بسیار بالا (در حدود ۶۰۰۰ میلی گرم در روز) برای انسان کشنده است (غضبان، ۱۳۸۱). تا به حال هیچ‌گونه تطابق ناحیه‌ای میان زمین‌شناسی (تمرکز در آب و خاک) و بروز کمبود روی به دست نیامده است. با این حال، نگرانی‌هایی در مورد گسترش کمبودها در آینده وجود دارد. انسان برای تأمین روی در بدن، نیازمند گیاهان است. این مسئله در تغییرات روی به طور ناحیه‌ای مشخص است. یک گونه منفرد گیاهی، ممکن است از نظر میزان روی، گستره‌ای از چند ppm در خاک‌های فقیر از روی، تا چندین هزار ppm در خاک‌های غنی از روی در جای دیگر نشان بدهد. افزودن روی به خاک‌هایی که کمبود روی دارند، موجب شده است که بازدهی و رشد بسیار مناسبی در محصولات کشاورزی و گیاهان مشاهده شود. افزایش روی موجب بهبود و افزایش سلامت دام‌ها نیز می‌شود.

– حد مجاز روی با توجه به مرجع استاندارد

بخار دی اکسید روی: TWA: ۱۰ mg/m^3, ACGIH: ۵ mg/m^3

غبار اکسید روی: SHA: ۱۰ mg/m^3 , ACGIH: ۱۰ mg/m^3

بخار کلرید روی: TWA: ۲ mg/m^3, ACGIH: ۱ mg/m^3

خاک: ۵۰۰ppm (NIOSH) و۳۰۰–۵۰۰ppm (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

حد مجاز مصرف روزانه: ۴۰ میلی گرم در روز

– بررسی زیست‌محیطی روی در سیاهکل: با توجه به نمونه‌های ژئوشیمیایی که از برگه سیاهکل برداشت شد، بالاترین میزان غلظت این عنصر در بخش‌های جنوب (روستای لونک به سمت جنوب) و خاور (حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر و روستاهای اطراف آنها) محدوده و به مقدار ppm ۲۰۰ تا ۲۳۴ است که پایین‌تر از حد استاندارد توصیه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی است. شکل ۴ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت روی را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد که به دلیل پایین‌تر بودن غلظت این عنصر از حد استاندارد، رنگ سبز و سرخ در نقشه دیده نمی‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، غلظت این عنصر در بخش جنوب و خاور برگه، از نواحی دیگر بالاتر است، اما در تمام نمونه‌های برداشت شده، غلظت آن از حد آستانه استاندارد پایین‌تر است.

با مقایسه و تطبیق نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمی، نه تنها امکان آلودگی روی در هیچ‌کدام از مناطقی که مورد نمونه‌برداری قرار گرفت، وجود ندارد، بلکه پیشنهاد می‌شود به خاک مناطق کشاورزی و دامپروری این منطقه کودهای دارای روی اضافه شود تا موجب بازدهی و رشد بسیار مناسب محصولات کشاورزی و گیاهان شود. افزایش روی موجب بهبود و افزایش سلامت دام‌ها در این منطقه نیز می‌شود.

۳-۳. سرب

سرب که به طور طبیعی در سنگ‌ها با غلظت‌های متفاوت وجود دارد، طی هوازدگی و فرسایش شیمیایی کانی‌ها وارد خاک، آب و هوا می‌شود و با ورود به گیاهان به زنجیره غذایی راه می‌یابد. با این حال، چون سرب برای بیشتر گیاهان سمی است تمرکز آن در گیاهان پایین است. در بسیاری از موارد گیاهان توسط سربی که بر اثر فعالیت‌های معدن‌کاری به محیط رها شده است، ذرات موجود در هوا و استفاده از بنزین سرب‌دار در اتومبیل‌ها آلوده می‌شوند. میزان سربی که از منابع طبیعی وارد محیط می‌شود، در مقایسه با منابع صنعتی و تولید شده توسط انسان بسیار ناچیز است. سربی که خاک را آلوده می‌سازد، بیشتر از منابع انسان‌زاد حاصل می‌شود. در شهرها، سرب در غبار هوا وجود دارد. گرچه میزان سرب وارد شده به دستگاه گوارش انسان از راه غذا و آب بسیار بیشتر از سرب تنفس شده از هوای شهرهاست، اما سرب وارد شده به دستگاه تنفسی آسان‌تر جذب می‌شود. سرب در حیوانات و انسان به طور عمده همراه با کلسیم و استرانسیم، در استخوان‌ها تجمع و در بلوغ طبیعی در مغز استخوان دخالت می‌کند. همچنین از سنتز هموگلوبین در سلول‌ها جلوگیری به عمل می‌آورد. در طول عمر انسان، بیشتر سرب ورودی به بدن در استخوان‌ها تجمع می‌یابد. با توجه به سن افراد، بافت‌ها و اندام‌های نرم بدن مانند جگر، کلیه‌ها و لوزالمعده، تمرکزهای متفاوتی از سرب (اما بسیار کمتر از استخوان‌ها) دارند. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که افزایش سرب از مصونیت بدن می‌کاهد و در فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها دخالت می‌کند (غضبان، ۱۳۸۱).

– حد مجاز سرب با توجه به مرجع استاندارد

آب: ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر (سازمان جهانی بهداشت WHO)

خون: ۱۰ میکروگرم بر دسی لیتر (مرکز کنترل و جلوگیری از بیماری‌ها CDC)

خاک: ppm ۱۰۰ (NIOSH) و ppm ۱۵۰ (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

– **بررسی زیست‌محیطی سرب در سیاهکل:** در نمونه‌های ژئوشیمیایی که از برگه سیاهکل برداشت شد، بالاترین غلظت این عنصر در بخش‌های جنوب (پس از رستوران در جاده لونک) و خاور محدوده (حوالی آبادی شمیدیم) و به مقدار ppm ۱۱۳ تا ۱۹۱ و بالاتر از حد استاندارد آن (ppm۱۰۰) است و در درازمدت، می‌تواند باعث عوارض زیست‌محیطی در این منطقه شود و خطراتی را برای سلامتی ساکنان این مناطق سبب شود. شکل ۵ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت سرب را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، غلظت بالای این عنصر در بخش جنوب و جنوب خاوری برگه به رنگ سبز تا سرخ نمایش داده شده است.

با توجه به اینکه در نمونه‌های ژئوشیمی برداشت شده، غلظت سرب در برخی نواحی بیشتر از حد مجاز است، پیشنهاد می‌شود مطالعات دقیق‌تری در مورد این عنصر انجام شود.

۳–۴. کبالت

کبالت عنصری فلزی است که موارد مصرف متعددی در صنایع هوایی، تولید سرامیک و شیشه دارد. تا کنون بیش از ۳۰ نوع کانی کبالت‌دار شناسایی شده است که از آن میان می‌توان به کوبانیت، رامل‌زبرژیت، اسکوتروديت و غیره اشاره کرد. تأثیرات زیستی عنصر کبالت برای اولین بار توسط Vernadsky (1924)، مورد بررسی قرار گرفت. کبالت در کشاورزی و سلامتی بشر نقش بسزایی دارد. کبالت در مقادیر جزیی، یکی از عناصر لازم و ضروری برای واکنش‌های تثبیت نیتروژن در خاک است، اما تمرکز زیاد آن باعث مسمومیت خاک و نابودی گیاهان می‌شود (ارزانی، ۱۳۸۲) و در صورت افزایش میزان آن در آب‌های آشامیدنی و یا هر نوع جذب بیش از حد مجاز آن توسط بدن انسان، قابلیت تبدیل به یک عامل بیماری‌زا را دارد. تأثیرات مخربی که مسمومیت با کبالت بر بافت‌ها و عملکرد قلب و کبد دارد، از جمله این عوارض هستند (Atabey, 2005). همچنین ورود مقادیر بالای کبالت به بدن می‌تواند باعث بروز برونشیت حاد بشود. تماس پوستی با محلول و غبارهای دارای کبالت، باعث بروز پاره‌ای از ناراحتی‌های پوستی می‌شود. مؤسسات معتبری از سراسر جهان که در رابطه با سرطان مطالعه می‌کنند، فلز کبالت را به عنوان یکی از عوامل سرطان‌زای احتمالی معرفی کرده‌اند (شهاب‌پور، ۱۳۸۴).

– حد مجاز کبالت با توجه به مرجع استاندارد

هوا: کروم VI (OSHA: ۰/۱ mg/m^3)

خاک: ppm۲۰ (NIOSH) و ppm۵۰ (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

– **بررسی زیست‌محیطی کبالت در سیاهکل:** در مطالعاتی که بر روی نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت شده در برگه سیاهکل انجام شد، بالاترین غلظت این عنصر در بخش‌های خاور(حوالی روستای پایین‌گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالا و پایین) و جنوب خاوری محدوده (روستای واجارگاه و آبادی‌های اطراف) و ppm ۴۰/۸ تا ۵۰/۵ است که البته در برخی نواحی به صورت پراکنده، غلظتی کمی بالاتر از حد استاندارد دارد. شکل ۶ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت کبالت را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، غلظت این عنصر در بخش جنوب و خاور برگه، از نواحی دیگر بالاتر است.

پیشنهاد می‌شود دست کم در نواحی نزدیک به روستاها و آبادی‌ها، غلظت این عنصر توسط عواملی همچون اصلاح‌کننده خاک (Soil amendment) مورد کنترل قرار گیرد که در درازمدت، از عوارض احتمالی این عنصر بر سلامت افراد ساکن در منطقه کاسته شود.

۳–۵. کروم

کروم در صنایع متالورژی و تولید آلیاژهای فروکروم، کاربرد فراوانی دارد. کلارک کروم ppm ۱۰۰ است. این عنصر از نظر ژئوشیمیایی عنصری سنگ‌دوست است. تنها کانی اقتصادی کروم که از خانواده اسپینل است (کرومیت)، معمولاً در ارتباط با سنگ‌های نفوذی اولترامافیک مانند دونیت، پریدوتیت و پیروکسنیت به وجود می‌آید (حاج‌علیلو و وثوق، ۱۳۸۸).

تاکنون هیچ مدرکی مبنی بر اینکه کروم ۳ ظرفیتی باعث ایجاد اثرات منفی در کارگران و مردم عادی واقع در محدوده‌های دارای کروم بشود، به دست نیامده است. کروم ۶ ظرفیتی نیز در تهیه داروهای ضد سرطان ریه و نیز درمان حساسیت‌های پوستی به کار گرفته می‌شود. پژوهش‌های نو نشان می‌دهد که مقدار متعادلی از کروم در رژیم غذایی حیوانات باعث افزایش طول عمر آنها شده است (شهاب‌پور،۱۳۸۴). کروم موجود در کرومیت‌ها از نوع ۳ ظرفیتی است و این کروم قابلیت انحلال و حمل در آب را ندارد. بنابراین تأثیرات منفی آب‌های کروم دار، در اطراف مناطق با ذخایر بالای کرومیت قابل تشخیص نیست (Atabey, 2005). سوختگی در پوست، حساسیت‌های پوستی، آثار مخرب بر سامانه تنفسی، نابودی تدریجی کلیه‌ها، کبد، معده، روده (سامانه گوارش) و انواع سرطان ریه از نشانه‌های بارز مسمومیت بدن انسان با کروم است.

– حد مجاز کروم با توجه به مرجع استاندارد

هوا: کروم VI (OSHA: ۵ $\mu g/m^3$)

خاک: ppm۲۵۰ (NIOSH) و ppm۲۵۰ (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

– **بررسی زیست‌محیطی کروم در سیاهکل:** در نمونه‌برداری که در این برگه، انجام شد، بالاترین میزان غلظت عنصر کروم در بخش خاور برگه (حوالی روستای پایین‌گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالا و پایین) و نیز در نواحی جنوب خاوری و باختری برگه با مقادیری بین ۳۵۶ تا ۶۰۴ است که بالاتر از حد استاندارد آن (ppm۲۵۰) است، و در درازمدت می‌تواند باعث ایجاد عوارض زیست‌محیطی در این منطقه شود. شکل ۷ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت کروم را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود، غلظت بالای این عنصر در بخش خاور و جنوب خاوری، و با غلظت کمتر در جنوب باختری برگه به رنگ سبز تا سرخ نمایش داده شده است.

با توجه به اینکه در نمونه‌های ژئوشیمی برداشت شده، غلظت کروم در برخی مناطق بیشتر از حد مجاز است، پیشنهاد می‌شود مطالعات دقیق‌تری در مورد این عنصر انجام شود.

۳–۶. مس

مس از دوران بسیار کهن برای بشر شناخته شده است. این فلز سرخ‌رنگ در میان مواد رسانا یکی از بهترین قابلیت‌های رسانش گرما و الکتریسیته را دارد. بیش از ۲۰۰ نوع کانی مس‌دار شناخته شده‌اند که مهم‌ترین آنها عبارتند از: کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت، کوولیت، کوپریت، مالاکیت و مس خالص. مهم‌ترین کانسارهای مس، کانسارهای رسوبی، اسکارنی، پورفیری و گرمابی هستند که در این میان کانسارهای مس پورفیری اهمیت بسزایی دارند. در بدن هر انسان بالغ در حدود ppm ۱۵۰–۱۰۰ مس موجود است که از این میان حدود ۱۰٪ در کبد و مغز، و پس از آن در خون قرار دارد. مس موجود در خون، هم در ترکیب پلاسما و هم در ترکیب گلبول‌های سرخ خون نقش مؤثری در کنار آهن بر عهده دارد (حاج‌علیلو و وثوق، ۱۳۸۸). افزون بر این، مس در ترکیبات بسیاری از جمله ساختار آنزیم‌ها حضور دارد و از عوامل مؤثر در جوش‌خوردگی و ترمیم سریع شکستگی‌های استخوانی و تنظیم ضربان قلب است. نیاز روزانه به مس ۱/۵ تا ۳ میلی‌گرم است و بدن انسان به سختی آن را جذب می‌کند. تنها حدود ۵٪ از مس موجود در مواد غذایی جذب بدن می‌شود. کمبود و یا

غلظت بیش از حد معمول مس، باعث اختلال در عملکرد ویتامین C و آنزیم‌های بدن می‌شود. غلظت بالای مس می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در ابتلا به آب مروارید باشد. مس از جمله عناصری است که در اسکلت انسان تجمع می‌یابد و یکی از بیشترین تأثیرات را بر آن دارد. افزایش میزان مس در بدن می‌تواند منجر به افزایش میزان کلسترول خون، سبزشدن موها و در حالات شدیدتر حتی مرگ ناشی از مسمومیت شود (شهاب‌پور، ۱۳۸۴).

– حد مجاز مس با توجه به مرجع استاندارد

خاک: ppm ۱۰۰ (NIOSH) و ppm ۱۰۰ (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

– بررسی زیست‌محیطی مس در سیاهکل: با توجه به نمونه‌های ژئوشیمی برداشت شده از برگه سیاهکل، بالاترین غلظت مس در بخش‌های جنوب خاوری (روستاهای واجارگاه، لطفعلی گوابر و آبادی‌های اطراف) و خاور محدوده (حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالاو پایین) و حدود ppm ۱۰۶ است که تقریباً نزدیک به حد استاندارد توصیه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی است و نمی‌تواند منجر به ایجاد بیماری خاصی در این مناطق شود، با این وجود پیشنهاد می‌شود در برخی مناطق از جمله خاور و جنوب خاوری محدوده، مطالعات بیشتری انجام شود. شکل ۸ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت مس را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، غلظت این عنصر در بخش جنوب، جنوب خاوری و خاور برگه بالاتر از نواحی دیگر است.

۳–۷. منگنز

بیش از ۱۵۰ نوع کانی منگنزدار شناسایی شده است که مهم‌ترین آنها عبارتند از: پیرولوزیت، منگنایت، پسیلوملان، ورنادیت، براونیت. منگنز در کانسارهای رسوبی، آتشفشانی- رسوبی، گرمابی، برجای‌مانده و دگرگونی تشکیل می‌شود (بابازاده، ۱۳۸۳، شهاب‌پور، ۱۳۸۴ و پژمان، ۱۳۸۴).

منگنز عنصری لازم برای حیات و شناخته شده‌ترین نمود آن، فتوسنتز است. آنزیمی که آب را به O_2 تبدیل می‌کند، خوشه‌ای از چهار اتم منگنز دارد (زائری و مر، ۱۳۸۲). نیاز روزانه بدن به منگنز در حدود ۲ تا ۵ میلی‌گرم است و در کنار کمک به افزایش رشد و تکامل دستگاه اسکلت بدن، یکی از عوامل موثر در سوخت‌وساز مفید چربی‌ها در بدن است. افزایش بیش از حد منگنز در رژیم غذایی موجب ابتلا به آلزایمر(Atabey, 2005) و پارکینسون (غضبان، ۱۳۸۱) می‌شود.

منگنز عمدتاً از راه آب، غذا و تنفس بخارهای منگنز و غبارهای دارای ذرات معلق منگنز وارد بدن می‌شود. مشکلات مهم ناشی از منگنز در برخی از معادن و به طور رایج‌تر در واحدهای فرومنگنز (کارخانه‌ها تولید فولاد) مشاهده می‌شود. نیمه عمر زیستی منگنز در بدن، حدود ۱۲ روز و در کارگران معادن منگنز بیش از ۴۰ روز است. مغز و ریه بافت‌های اصلی آسیب‌پذیر توسط منگنز هستند. مطالعات بوجاری و گودرزی (۱۳۷۹) بر روی تأثیرات منگنز بر کارگران معادن منگنز استان قم، نشان می‌دهد که غلظت این فلز در ادرار کارگران معدن بسیار بیشتر از افراد عادی است. همچنین مصرف آب‌های دارای یون‌های محلول منگنز یکی از راه‌های ورود میزان غیرعادی و غیرمجاز آن به بدن است که اثراتی همچون افزایش کلسترول خون و کم‌خونی را در پی دارد.

– حد مجاز منگنز با توجه به مرجع استاندارد

خاک: ppm ۵۰۰ (NIOSH) و ppm ۵۰۰ (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

– بررسی زیست‌محیطی منگنز در سیاهکل: در بررسی نمونه‌های ژئوشیمیایی برگه سیاهکل، بالاترین غلظت منگنز در بخش‌های خاور(حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالا و پایین) و جنوب برگه (حوالی روستای اسفندیارسرا) و جنوب باختری منطقه (حوالی منطقه ییلاقی گیاه‌سرا) و ppm ۱۷۰۰ تا ۲۵۷۰ است. اما به طور کلی غلظت این عنصر در بیشتر مناطق نمونه‌برداری شده بسیار بالاتر از حد استاندارد توصیه شده است و به همین دلیل بیشتر منطقه به رنگ سبز و سرخ نمایش داده شده است. وجود این عنصر با غلظت بالا می‌تواند در درازمدت برای ساکنین این مناطق و روستاها خطرناک باشد و منجر به بیماری شود. شکل ۹ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت منگنز را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد.

۳–۸. مولیبدن

مولیبدن بیشتر در صنایع متالورژی به ویژه فولاد و آلیاژهای مقاوم به عنوان عامل افزایش‌دهنده مقاومت به کار می‌رود. از آلیاژهای آن با وانادیم، تنگستن، مس، نیکل و کبالت و نیز از کاربیدهای آن در تولید ابزارآلات مختلف استفاده می‌شود. افزون بر موارد بالا، این فلز در صنایع هسته‌ای و شیمیایی نیز کاربرد دارد.

عنصر مولیبدن، عنصری گوگرددوست (کالکوفیل) و تا حدی آهن‌دوست (سیدروفیل) است که با کلارک ناچیز ppm ۱/۵، جزو عناصر جزئی طبیعت به شمار می‌آید. ترکیبات کمپلکس مولیبدن تنها در شرایط فشار و دمای بالا پایدار هستند. تنها کانی اقتصادی مولیبدن، مولیبدنیت است که در کانسارهای مولیبدن پورفیری و اسکارن مس- مولیبدن و نیز به صورت آغشتگی در شیست‌های زغال‌دار قابل مشاهده است (حاج‌علیلو و وثوق، ۱۳۸۸).

حضور میزان بالایی از مولیبدن در خاک (بیش از ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک) باعث بروز مجموعه ناراحتی‌هایی در چارپایان می‌شود که به مولیبدنوسیس (Molybdenosis) معروف است. این بیماری موجب کم‌اشتهایی، اسهال، درد مفاصل و گاهی مرگ می‌شود. بیشتر موارد بیماری مولیبدنوسیس، در مناطق با مولیبدن بالا و یا در پایین‌دست رودخانه‌ها و زهکشی اراضی دارای مولیبدن بالا مشاهده می‌شود (غضبان، ۱۳۸۱). بدن دام‌هایی که از علوفه دارای میزان بالای مولیبدن تغذیه کرده‌اند، نمی‌تواند مس را جذب کند و در نتیجه، کمبود مس می‌تواند مشکلات مربوط به رشد و یا تولید مثل را در حیوانات و حتی انسان‌هایی که از گیاهان دارای میزان بالای مولیبدن و یا گوش حیوانات مبتلا به مولیبدنوسیس تغذیه کرده‌اند ایجاد کند (Bowman et al., 2003). می‌توان گفت که کمبود مس و عوارضی که فقر این عنصر در سوخت‌وساز انسانی می‌گذارد، یکی از علایم بیماری مولیبدنوسیس است. کم‌خونی، کاهش رشد، نازایی، ناراحتی‌های گوارشی، حرکتی و مفصلی، ناراحتی‌های مشترکی هستند که مولیبدنوسیس و فقر مس عامل آنها هستند.

– حد مجاز مولیبدن با توجه به مرجع استاندارد

خاک: ppm ۱۰ (NIOSH) و ppm ۴۰ (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

– بررسی زیست‌محیطی مولیبدن در سیاهکل: در نمونه‌برداری انجام شده در این برگه، بالاترین غلظت مولیبدن در بخش باختر روستای چالشم (حوالی آبادی‌های آقاسیدعادل و آقاسیدکریم)، در حدود ppm ۳/۵ و پایین‌تر از حد استاندارد آن است. شکل ۱۰ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت مولیبدن را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تمام نقشه به رنگ آبی است و علت آن غلظت بسیار پایین این عنصر در منطقه سیاهکل است.

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمی، امکان آلودگی مولیبدن در هیچ‌کدام از مناطقی که مورد نمونه‌برداری قرار گرفت، وجود ندارد.

۳–۹. نیکل

نیکل فلزی است که به دلیل مقاومت شیمیایی، مکانیکی و گرمایی، کاربردهای گسترده‌ای در زندگی روزمره انسان دارد. این فلز به علت شباهت یونی خود

با منیزیم (پژمان، ۱۳۸۴)، می‌تواند در کانی‌های اولیوین، پیروکسن و آمفیبول جانشین و در شرایط برونزاد نیز به شکل بی‌کربنات نیکل ($Ni(HCO_3)_2$) از ترکیب آنها خارج شود و پس از حمل توسط آب‌های زیرزمینی، به صورت سیلیکات‌های آبدار نیکل تجمع یابد. نیکل از جمله عناصر مؤثر در رشد گیاهان است، اما میزان بالای آن در خاک می‌تواند موجب مسمومیت گیاه شود (ارزانی، ۱۳۸۲). در حالت کلی، ترکیبات نیکل در آب حل نمی‌شوند، اما نمک‌های کلریدی، نیتراتی و سولفاتی نیکل قابلیت انحلال در آب را دارند. نیکل توانایی آن را دارد که در سامانه‌های زیستی، به صورت کمپلکس با ترکیب‌هایی مانند آذنوزین‌تری‌فسفات‌ها، اسیدهای آمینه و ... حضور یابد. حضور آن در پروتئین‌ها نیز تأیید شده است (حاج‌علیلو و وثوق، ۱۳۸۸). یکی از راه‌های ورود نیکل به بدن، تنفس هوای آلوده به غبارهای نیکل است که باعث بروز ناراحتی‌های حاد در دستگاه تنفسی و مخاط بافت‌های مربوط به آن و ایجاد سوزش‌های شدید در ناحیه نای و مجرای تنفسی می‌شود. ورود نیکل از طریق تنفس، انواع سرطان‌های حلق، بینی و ریه را در پی خواهد داشت. ورود نیکل به دستگاه گردش خون از راه تنفس و یا مصرف آب‌های زیرزمینی دارای مقادیر بالای نیکل (مانند آب چاه‌های حفرشده در مناطق حاره و زمین‌های لاتریتی و غیره)، افزون بر تخریب اندام‌های درونی بدن، موجب اختلال در سامانه دفاعی بدن می‌شود. این اختلال هم به صورت کم‌کاری و ضعف بدن در مبارزه با عوامل بیماری‌زای بیرونی و هم به صورت افزایش تعداد سلول‌های میکروب‌خوار بروز می‌کند. در نتیجه این اختلالات، راه ابتلا به انواع سرطان‌های خون، مغز و استخوان، عفونت‌های موضعی، التهاب و مرگ هموار می‌شود (حاج‌علیلو و وثوق، ۱۳۸۸). البته به همان اندازه که ورود نیکل به بدن عوارض جبران‌ناپذیری را به دنبال دارد، تماس پوستی با این فلز نیز می‌تواند باعث بروز حساسیت‌های شدید پوستی، سوزش، خارش و یا بیماری‌های پوستی شود. اما متأسفانه به علت ناآگاهی عمومی در مورد اثرات منفی فلز نیکل، کمتر کسی توصیه‌های ایمنی را برای پرهیز از خطرات این فلز رعایت می‌کند (شهاب‌پور، ۱۳۸۴).

– حد مجاز نیکل با توجه به مرجع استاندارد

نیکل فلزی و ترکیبات انحلال‌ناپذیر: OSHA Permissible Exposure Limits (PEL) - ۱ mg/m^3

نیکل عنصری/ فلزی: ACGIH Threshold Limit Value (TLV) - ۱/۵ mg/m^3

ترکیبات انحلال‌ناپذیر نیکل: ACGIH Threshold Limit Value (TLV) - ۰/۲ mg/m^3

خاک: ۱۰ ppm (NIOSH) و ۷۵ ppm (استاندارد توصیه شده در هلند، Gerrard (2000) در عباس‌نژاد (۱۳۸۴))

– بررسی زیست‌محیطی نیکل در سیاهکل

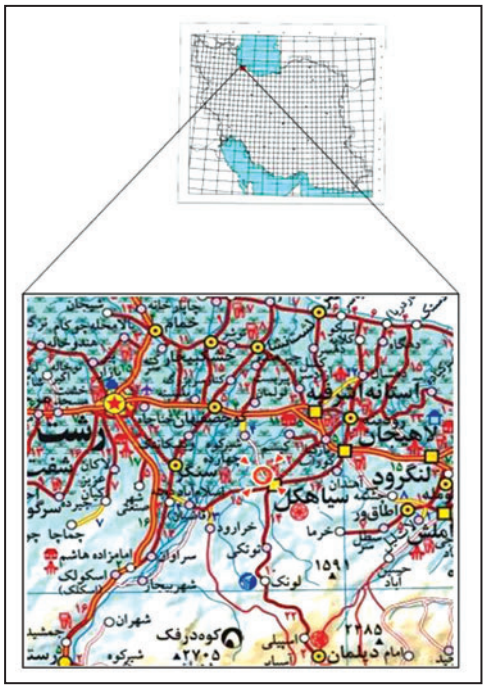
با توجه به نمونه‌های ژئوشیمیایی برداشت شده در برگه سیاهکل، بالاترین غلظت نیکل در بخش‌های خاوری برگه (حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالاو پایین) در حدود ۱۴۰ ppm و بالاتر از حد استاندارد بین‌المللی توصیه شده برای آن است که در درازمدت، می‌تواند باعث عوارض زیست‌محیطی در این منطقه شود. شکل ۱۱ نقشه سه‌بعدی پراکندگی غلظت نیکل را به همراه منحنی میزان پراکندگی آن در محدوده برگه سیاهکل نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، غلظت این عنصر در بخش جنوب و خاور برگه بالاتر از مناطق دیگر است. با توجه به اینکه در نمونه‌های ژئوشیمی برداشت شده، غلظت نیکل در برخی مناطق بیشتر از حد مجاز است، پیشنهاد می‌شود مطالعات دقیق‌تری در مورد این عنصر انجام شود.

۴– نتیجه‌گیری

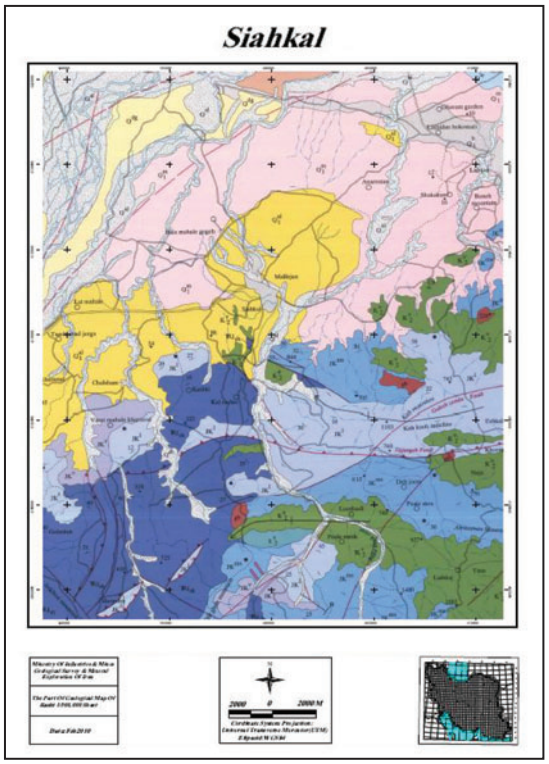
با بررسی نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های ژئوشیمی برداشت شده در برگه سیاهکل، می‌توان عنوان کرد که برخی عناصر مانند منگنز (حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالاو پایین، حوالی روستای اسفندیارسرا و منطقه ییلاقی گیاه‌سرا)، کبالت (حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالاو پایین، روستای واجارگاه و آبادی‌های اطراف)، نیکل (حوالی روستای پایین گوابر، جیرگوابر، زرکوتی بالاو پایین) و سرب (پس از رستوران در جاده لونک و حوالی آبادی شمیدیم) در این محدوده غلظتی بالاتر از حد استاندارد توصیه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی دارند که می‌تواند در درازمدت باعث ایجاد بیماری‌های پوستی، تنفسی و حتی سرطان در ساکنان این مناطق شود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مناطق نامبرده بررسی‌های دقیق‌تری انجام شود. در صورت لزوم می‌توان از اصلاح‌کننده خاک (Soil amendment) در این مناطق استفاده کرد.

سپاسگزاری

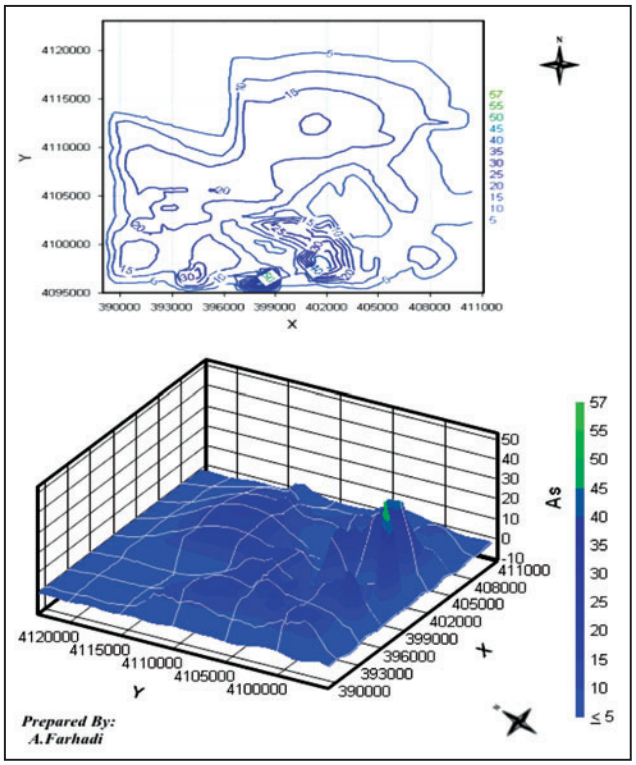
نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از جناب آقایان دکتر افشین اکبرپور و مهندس حسن سبحانی (از مسئولان و کارشناسان بخش اکتشافات ژئوشیمیایی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) که ما را در تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی یاری دادند، تشکر کنند.



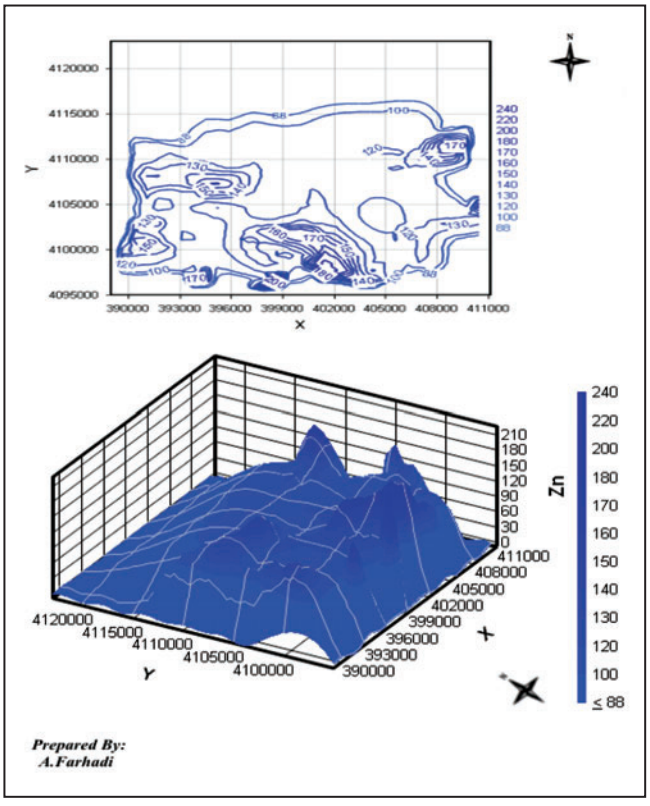
شکل ۱– نقشه راه‌های دسترسی به منطقه.



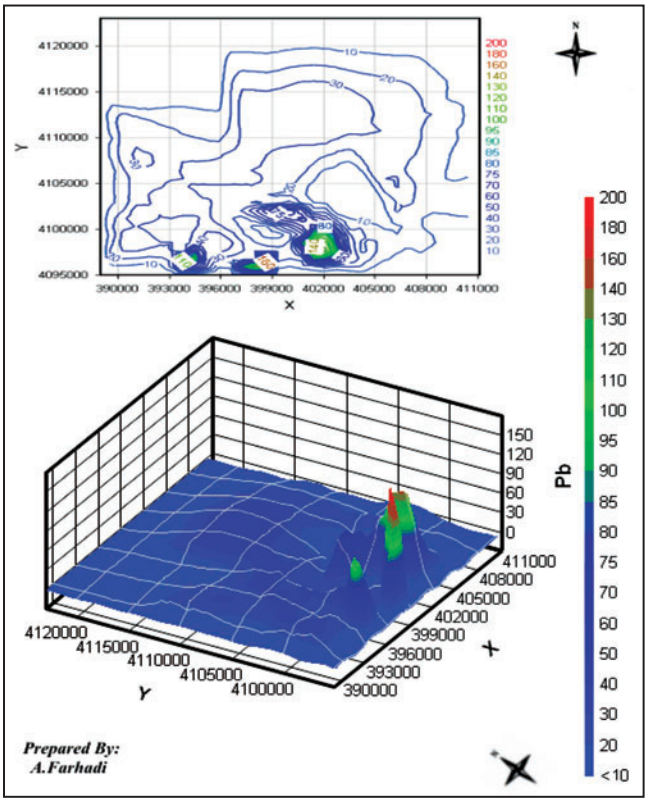
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیاهکل.



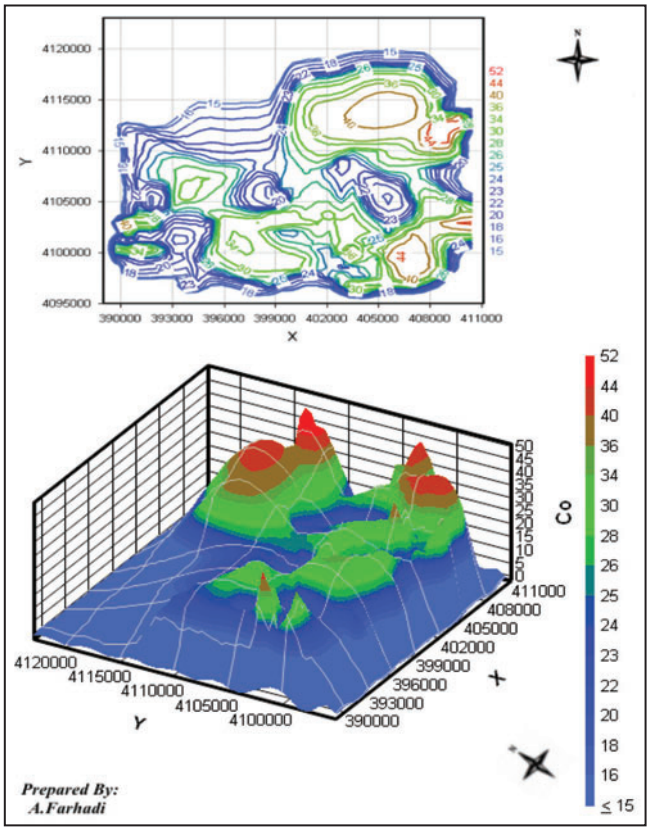
شکل ۳- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت آرسنیک.



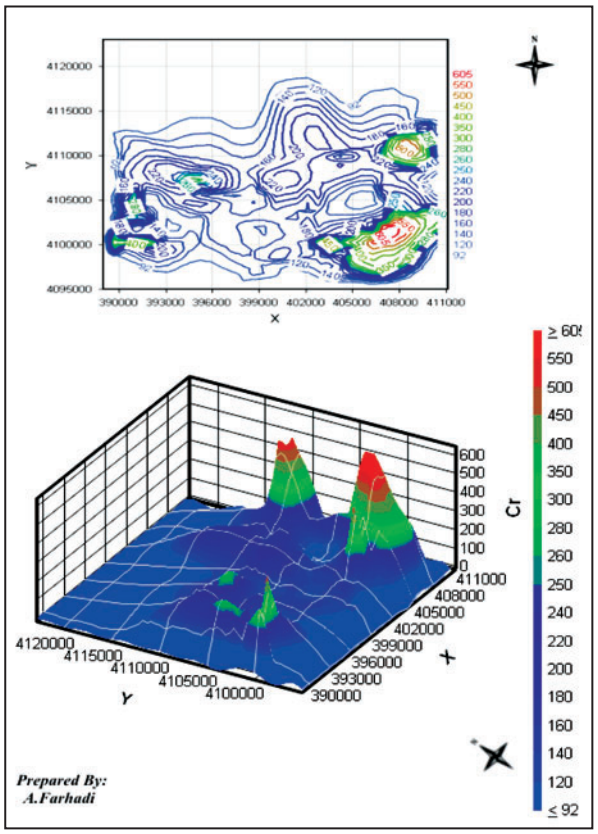
شکل ۴- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت روی.



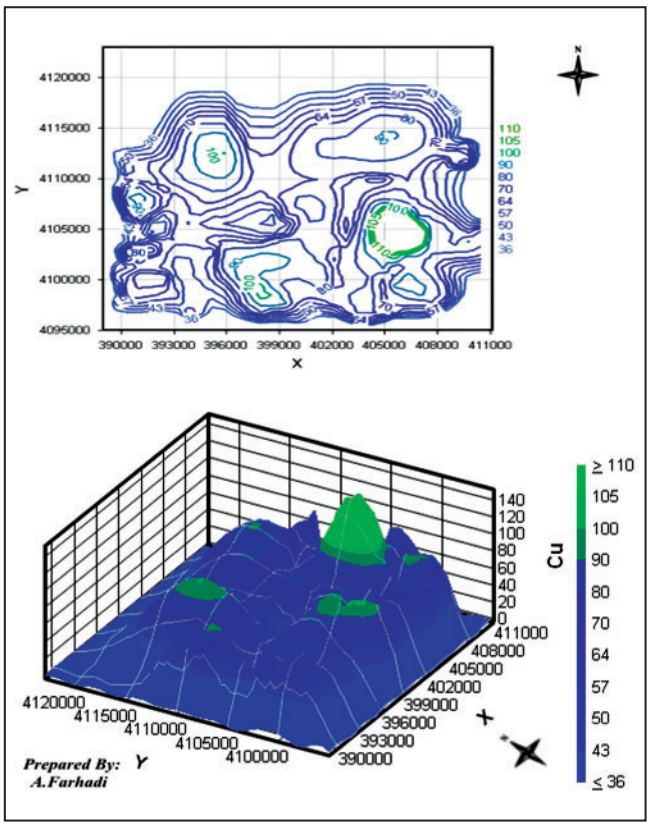
شکل ۵- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت سرب.



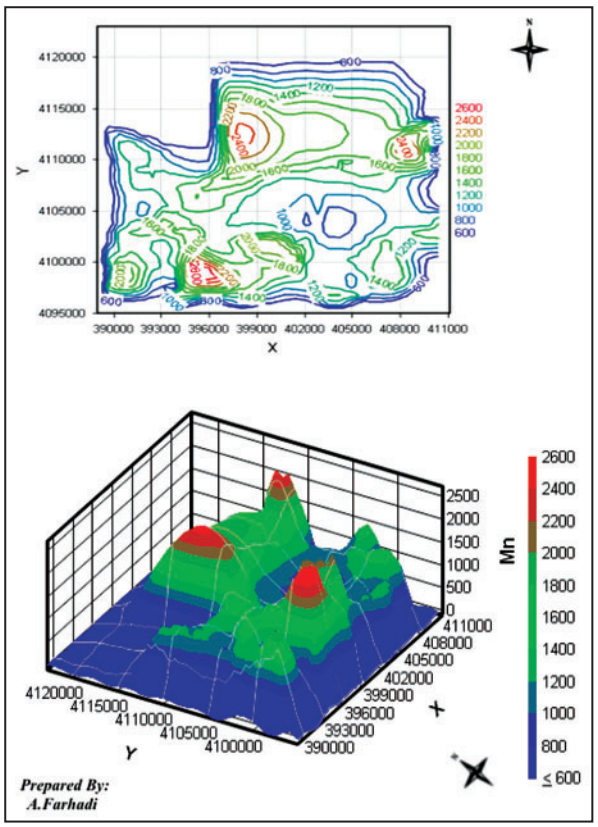
شکل ۶- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت کبالت.



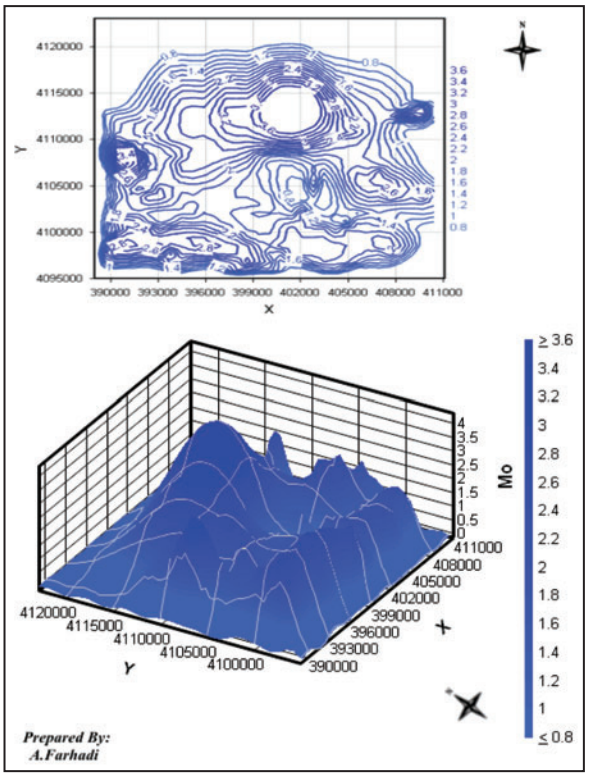
شکل ۷- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت کروم



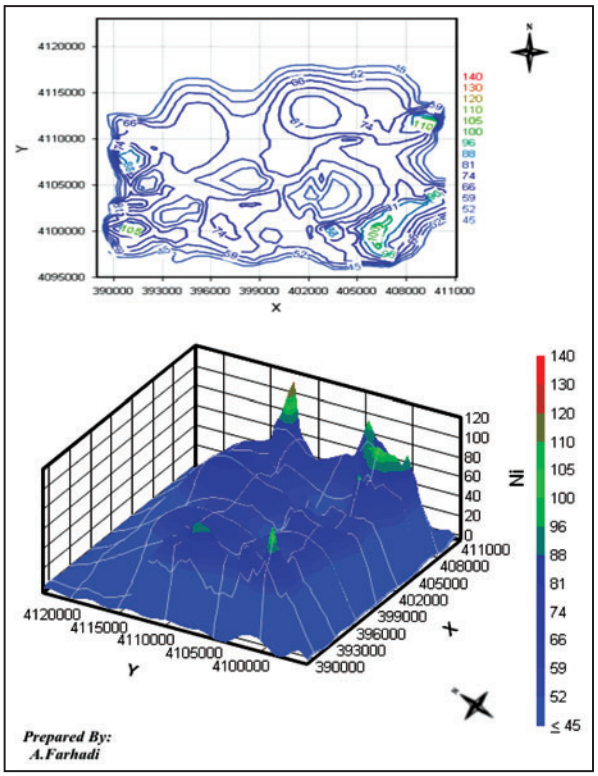
شکل ۸- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت مس.



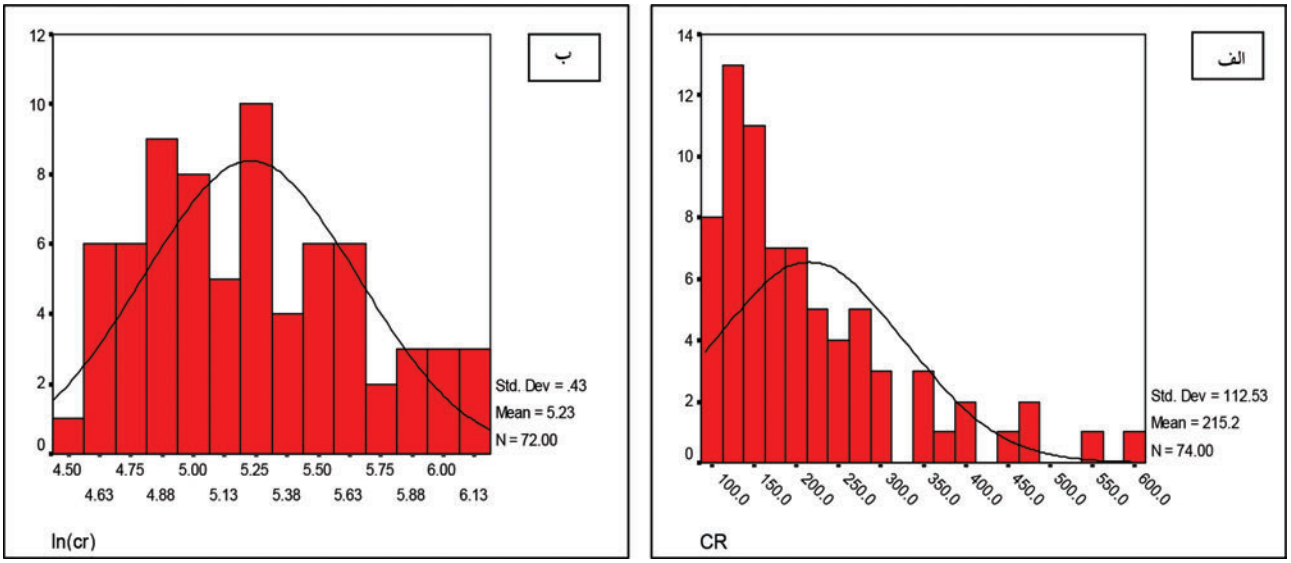
شکل ۹- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت منگنز.



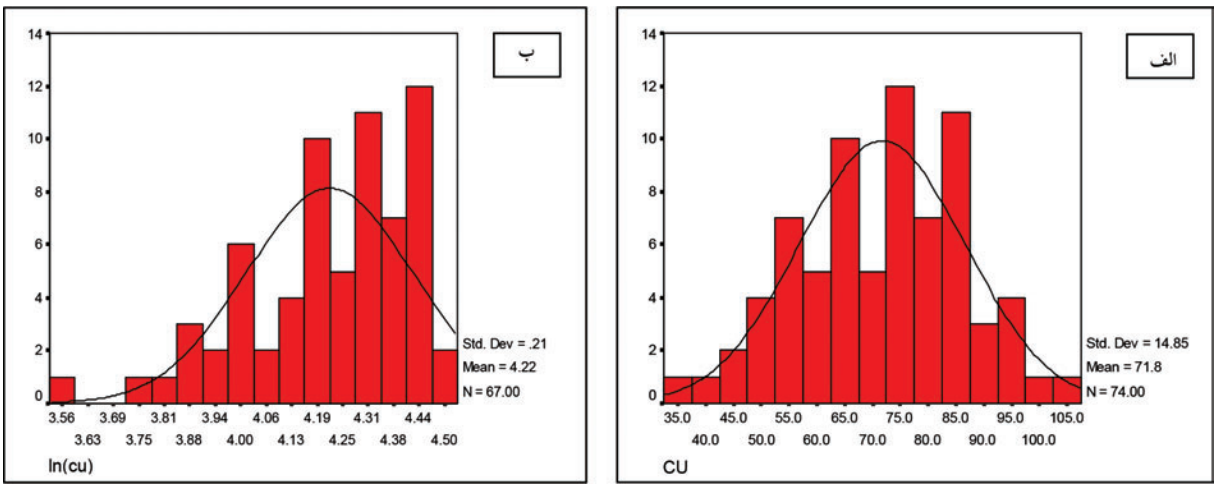
شکل ۱۰- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت مولیبدن.



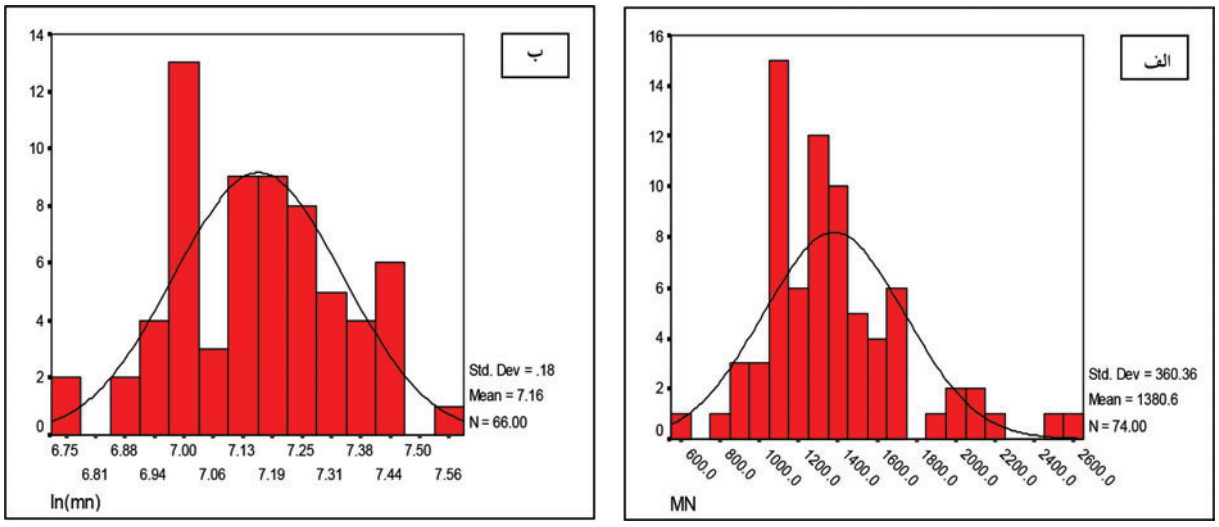
شکل ۱۱- نقشه سه‌بعدی نمادین پراکندگی غلظت نیکل.



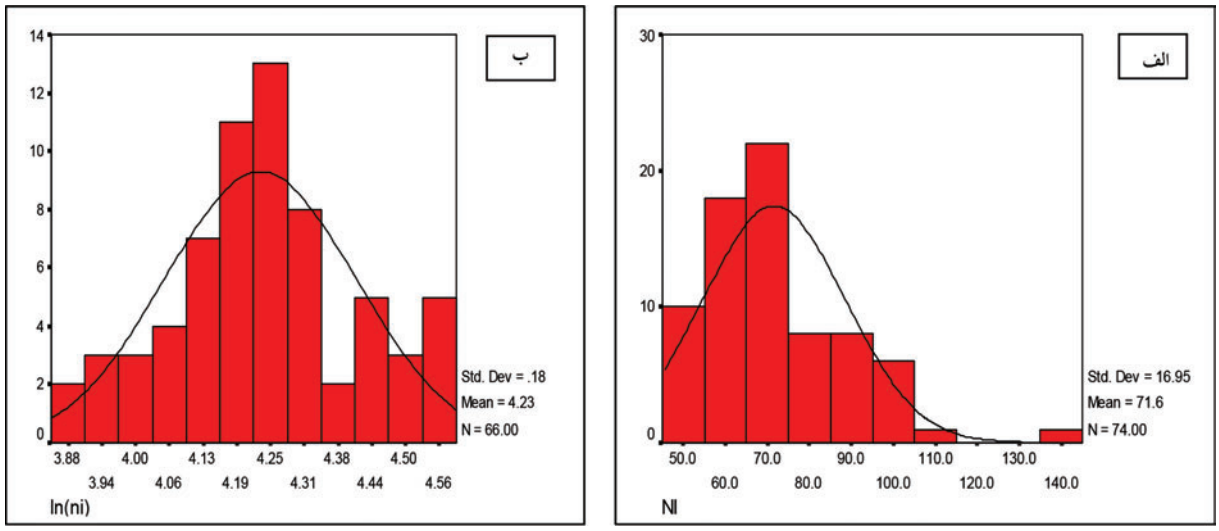
شکل ۱۲ - الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (کروم) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (کروم).



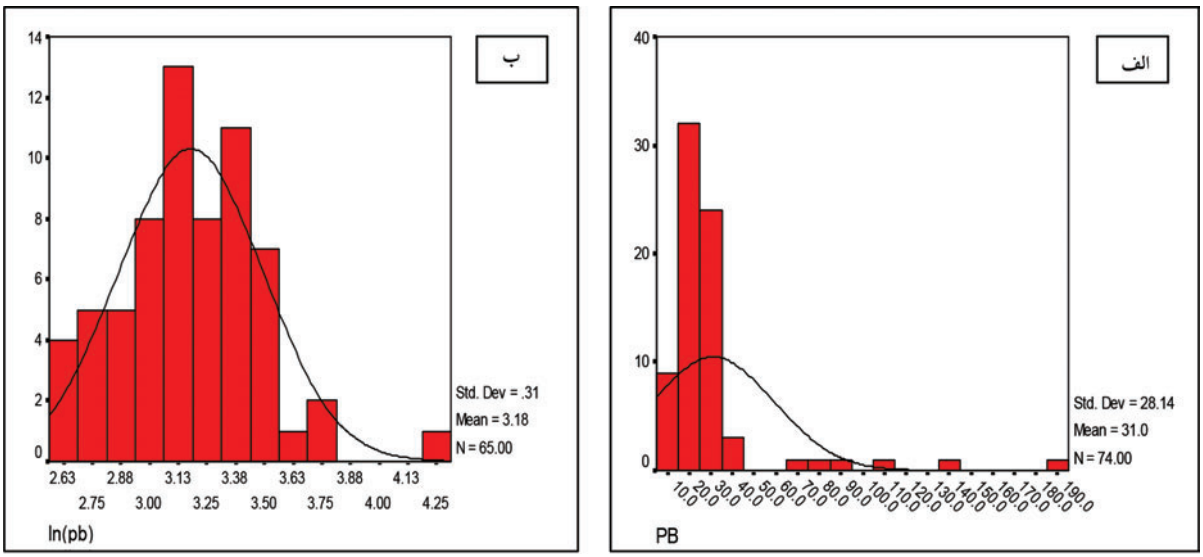
شکل ۱۳- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (مس) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (مس).



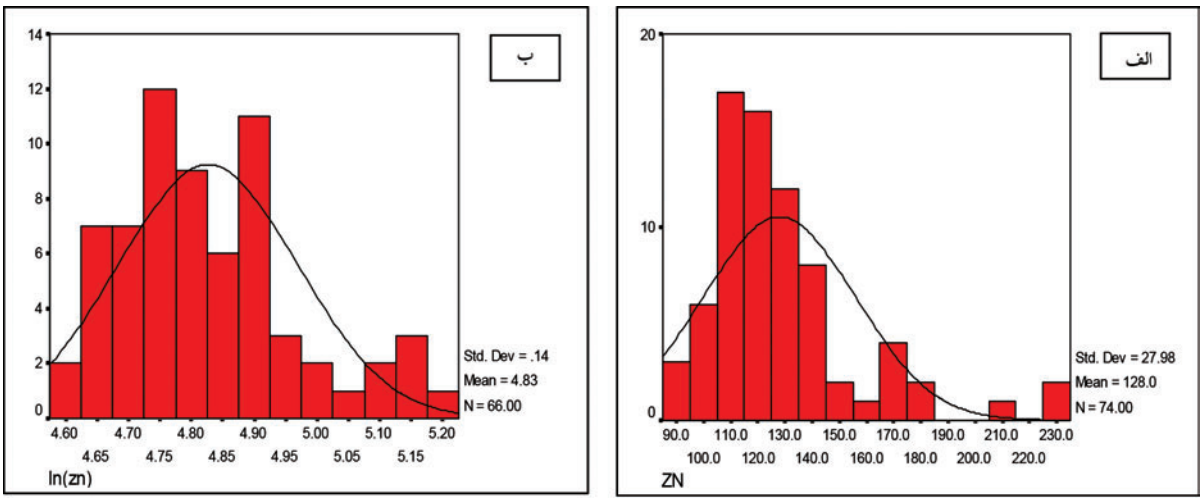
شکل ۱۴- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (منگنز) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (منگنز).



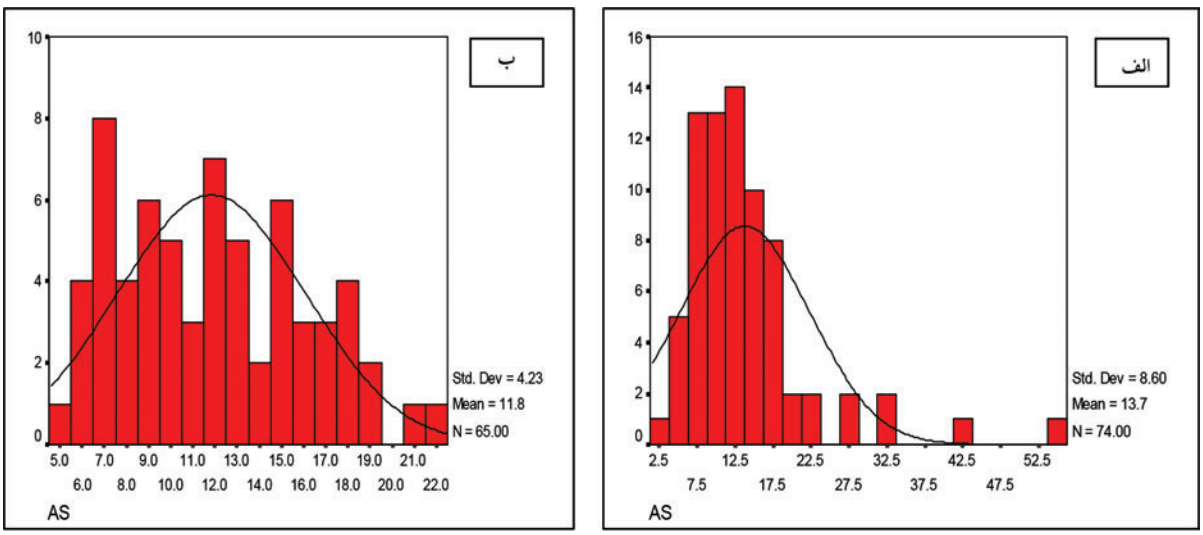
شکل ۱۵- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (نیکل) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (نیکل).



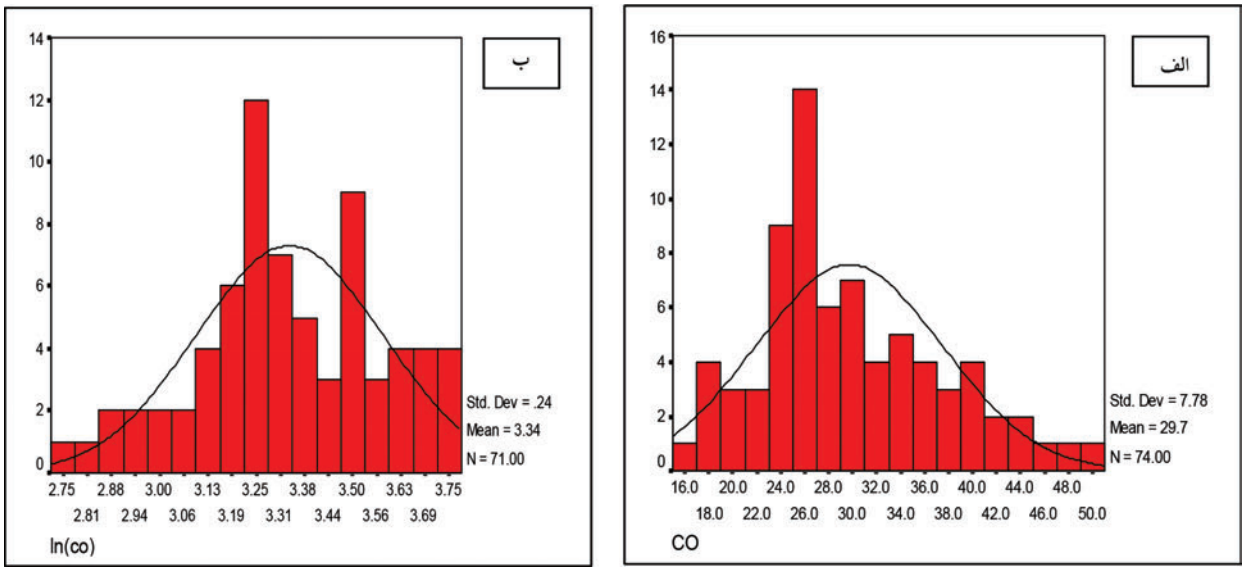
شکل ۱۶- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (سرب) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (سرب).



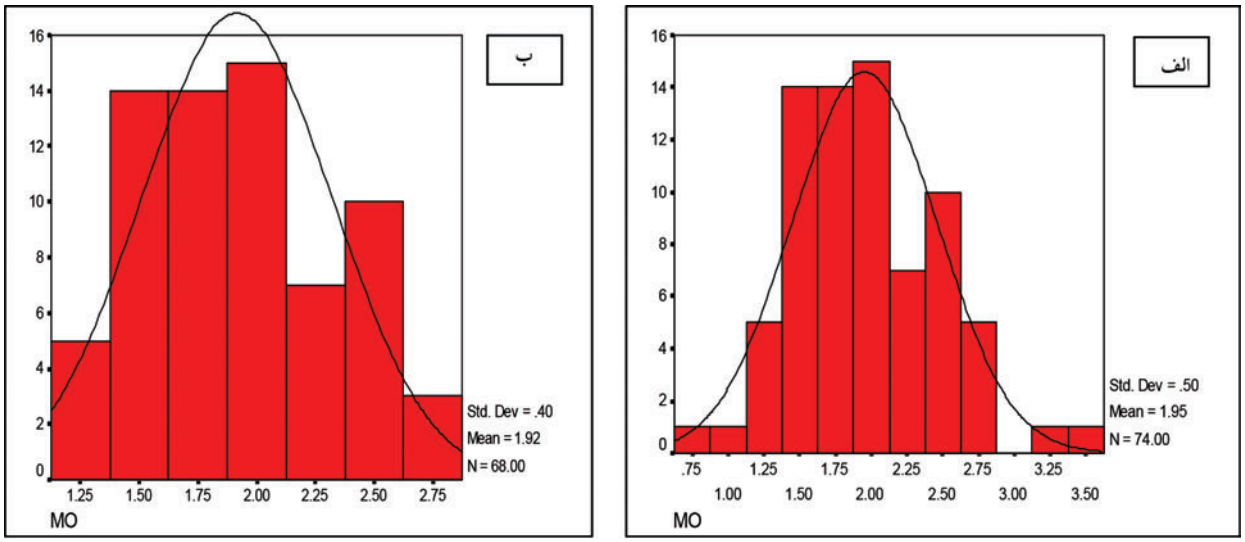
شکل ۱۷- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (روی) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (روی).



شکل ۱۸- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (آرسنیک) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (آرسنیک).



شکل ۱۹- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (کبالت) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (کبالت).



شکل ۲۰- الف) نمودار داده‌های خام منطقه سیاهکل (مولیبدن) و ب) نمودار داده‌های عادی منطقه سیاهکل (مولیبدن).

جدول ۱- تعداد داده‌های خارج از حد تشخیص دستگاه (سنسورد) عناصر مختلف و مقادیر جایگزین شده آنها در برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیاهکل.

Variable	Mo	Mn	Ni	As	Pb
	(ppm)				
Detection Limit	<0.1	<5	<2	<0.5	<0.2
Number Of Censord	.....	……..	…….	……	……
Number Of Uncensord Sample	74	74	74	74	74
Number Of Total Sample	74	0.00%	0.00%	74	0.00%
Censord Data Percent	0.00%	74	74	0.00%	74
Replacement Value	.....	…….	…….	.....	…….
Variable	**Co**	**Cr**	**Cu**	**Zn**	
	(ppm)				
Detection Limit	<0.2	<2	<0.2	<0.2	
Number Of Censord	……..	……..	……..	……..	
Number Of Uncensord Sample	74	74	74	74	
Censord Data Percent	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Number Of Total Sample	74	74	74	74	
Replacement Value	…….	…….	…….	…….	

جدول ۲- متغیرهای آماری داده‌های خام عناصر در برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیاهکل.

Element	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb
N	74	74	74	74	74
Mean	215.22	71.76	1380.58	71.57	31.02
Median	181.50	73.85	1315.00	69.00	24.10
Std. Deviation	112.53	14.85	360.36	16.95	28.14
Variance	12662.09	220.57	129857.07	287.40	791.99
Skewness	1.48	-0.16	1.13	1.14	3.88
Kurtosis	2.00	-0.48	1.72	2.52	17.12
Minimum	92.00	36.20	649.00	45.00	9.40
Maximum	604.00	106.00	2570.00	140.00	191.00
Element	As	Co	Mo	Zn	
N	74	74	74	74	
Mean	13.75	29.71	1.95	127.97	
Median	11.75	27.95	1.90	119.00	
Std. Deviation	8.60	7.78	0.51	27.98	
Variance	73.97	60.56	0.26	782.66	
Skewness	2.51	0.59	0.47	1.88	
Kurtosis	8.88	-0.13	0.43	4.32	
Minimum	2.60	15.00	0.80	89.00	
Maximum	56.20	51.00	3.50	234.00	

جدول ۳- متغیرهای آماری داده‌های عادی عناصر در برگه ۱:۵۰۰۰۰ سیاهکل.

Element	Ln(Cr)	Ln(Cu)	Ln(Mn)	Ln(Ni)	Ln(Pb)
N	72	67	66	66	65
Mean	5.23	4.22	7.16	4.23	3.18
Median	5.20	4.26	7.16	4.23	3.18
Std. Deviation	0.43	0.21	0.18	0.18	0.31
Variance	0.18	0.04	0.03	0.03	0.10
Skewness	0.43	-0.84	-0.09	0.07	0.38
Kurtosis	-0.66	0.25	-0.38	-0.46	0.97
Minimum	4.52	3.59	6.72	3.87	2.58
Maximum	6.17	4.50	7.55	4.56	4.24
Element	Ln(As)	Ln(Co)	Ln(Mo)	Ln(Zn)	
N	65	71	68	66	
Mean	11.84	3.34	1.92	4.83	
Median	11.60	3.31	1.90	4.78	
Std. Deviation	4.23	0.24	0.40	0.14	
Variance	17.89	0.06	0.16	0.02	
Skewness	0.37	-0.17	0.23	0.81	
Kurtosis	-0.76	-0.36	-0.78	0.08	
Minimum	5.20	2.73	1.20	4.62	
Maximum	22.10	3.77	2.70	5.18	

جدول ۴- نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت شده در برگه سیاهکل.

No.	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Co	Mo
1	232	83.7	1110	69	16.1	117	7	27	1.2
2	139	80.6	1280	83	25.3	127	9.5	33.3	1.5
3	604	83.9	1440	96	14.8	134	6.6	39.8	1.4
4	190	106	1050	68	22.1	107	9.3	26.1	1.7
5	266	80.2	1110	75	14.2	110	6.7	30.8	2
6	289	89.8	1080	103	15.1	117	6.9	36.5	2.1
7	238	79.4	1090	72	12.2	114	6	30.9	1.9
8	202	74.5	1140	80	16.5	102	7	37.6	1.8

ادامه جدول ۴

No.	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Co	Mo
9	234	93.2	1040	91	20.1	229	8.8	32.8	1.6
10	359	84.2	1580	85	16.8	134	6.3	46.2	1.6
11	129	82.3	1340	60	15.1	105	5.2	30.1	1.2
12	163	77.9	1120	54	21.8	134	7.4	30.3	1.3
13	157	73.6	1130	53	20.9	135	8.2	30	1.2
14	143	86.7	2060	64	76.1	168	28.1	24.8	1.4
15	269	79.2	1350	89	18.6	135	10.1	43	1.8
16	151	85.8	1240	74	20.5	124	9.3	32.6	1.6
17	152	86.3	1250	73	21.4	126	9.4	33.6	1.8
18	105	56	1740	50	33.9	109	15.1	21.9	1.5
19	106	49.1	1100	51	30.2	102	14.9	18.4	1.5
20	283	55.3	1210	66	24.4	117	15	25	1.9
21	98	51.9	1290	56	34.7	119	22.1	22.9	1.6
22	283	94.3	1430	86	25.3	137	11.5	37.3	1.8
23	97	36.2	942	45	25.1	92.8	13.1	18.2	1.5
24	120	60.3	1650	71	37.4	114	20.8	25.8	2.4
25	199	60.1	1340	64	28.3	131	16.2	27.4	1.9
26	280	65.6	1540	68	31.2	158	18.1	29.9	2.5
27	174	64.1	1270	64	30.3	107	14.6	33.1	1.9
28	188	94.7	1180	94	30.6	137	18	23.7	3.5
29	238	61.9	1280	65	28.9	139	17.2	28.4	1.7
30	118	41.8	1080	45	29.6	103	16.7	17.1	1.5
31	213	68.2	1030	65	24	115	11.6	25.1	1.3
32	228	83.5	1090	71	21.3	119	11.2	25.7	1
33	191	69.3	1460	73	24.1	119	9.5	29.2	1.8
34	308	86.4	2160	96	26.6	138	12	41.4	2.2
35	388	99.5	1700	140	20.2	175	4.4	43.4	1.5
36	558	53.5	2490	87	17.4	171	2.6	48	0.8
37	182	76.3	1640	72	24.1	113	12	38	1.8
38	260	74.1	2040	89	17.8	134	9.8	50.5	2.5
39	205	74.7	1740	78	29.3	123	16.8	35	2.4
40	137	53.4	1400	57	28.3	103	14.8	28	2.3
41	181	60.6	1440	64	22.5	110	13.1	23.4	2.4
42	213	71	1700	75	34.1	114	18	32.9	3.2
43	145	65.1	2030	63	34.2	119	17.5	23.7	2.7
44	158	86.7	829	71	20	117	8.8	23.3	2.5
45	132	53.5	1190	63	25.3	100	13.7	20.1	1.5
46	142	56.8	1340	75	32.5	147	13.3	21.3	2.3
47	407	67.3	1550	95	26.2	134	16.2	35.1	1.8
48	470	76.8	1490	110	30.2	151	15.1	36.2	2.4
49	135	68	1900	72	34.5	130	18.9	23	2.6
50	156	45.5	1080	71	20.9	107	13.2	19.1	2.7
51	135	58.8	947	48	30.6	109	12.5	18	2.8
52	254	76.6	1320	70	24.1	129	14.3	26.7	2.6

ادامه جدول ۴

No.	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Co	Mo
53	102	47.5	2570	61	43.6	108	18.7	25.3	2.8
54	99	47	649	45	21.6	94	11.3	15.3	1.7
55	92	55.4	1600	52	113	177	31.3	24.4	2.2
56	117	66	1020	48	24.2	113	11.6	20	2.3
57	129	64.8	1440	57	191	234	56.2	25.2	2.7
58	116	93.3	1430	61	24.8	120	10.3	26.2	2.4
59	111	77.1	1410	65	20.4	119	7.8	26.3	1.5
60	135	75.6	1310	61	139	209	43.6	26	2.2
61	182	72.8	1460	60	23.8	129	8.9	32.1	1.8
62	156	88.5	2060	64	69.6	169	27.4	25.4	2.1
63	124	66.8	1220	57	87	165	32.2	24.1	1.9
64	122	49.8	1670	57	42.5	108	22.2	28	2.3
65	162	79.4	1390	64	23.9	137	11.7	34.1	1.9
66	189	64.8	1350	65	30.1	138	16.2	27.9	1.9
67	174	83.8	1100	68	17.6	118	7.9	24.6	2.1
68	310	67.1	866	74	22.7	121	10.6	26.8	2
69	181	65.2	1120	69	13.8	101	7	25.9	1.9
70	440	91.9	1280	98	13.4	109	7	40.8	1.9
71	356	86.9	1520	76	12.7	115	11.8	40.9	2.1
72	385	75.3	1310	99	9.4	89	5.5	42.9	1.7
73	479	75.5	1130	94	12.6	129	5.6	40.8	1.8
74	361	71.8	1230	82	13.2	107	8.2	33.7	1.8

کتابنگاری

ارزانی، ن.، ۱۳۸۲- خاک‌شناسی، چاپ اول، انتشارات پیام نور، تهران، ۱۵۱ صفحه.

بابازاده، و.، ۱۳۸۳- کانسارهای معدنی فلزی و غیرفلزی، ترجمه قدیرزاده، ا. و عاصم اصل، ر.، چاپ اول، ناشر مترجم، تبریز، ۵۳۵ صفحه.

بوجاری، م.، گودرزی، ف.، ۱۳۷۹- بررسی اثر جایگزینی آب چاه منگنز بر تعدادی از شاخص‌های بیوشیمیایی کارگران معدن منگنز، سومین همایش کشوری بهداشت محیط (۱۰ تا ۱۲ بهمن)، کتاب مجموعه مقالات، جلد دوم، صفحات ۱۹-۲۹.

پژمان، ل.، ۱۳۸۴- شناخت و پیدایش کانسارها و منابع معدنی از دیدگاه و مبانی ژئوشیمیایی، چاپ اول، نشر مهرگل، تهران، ۴۴۲ صفحه.

حاج‌علیلو، ب. و وثوق، ب.، ۱۳۸۸- زمین‌شناسی پزشکی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، تهران، ۲۵۵ صفحه.

شهاب‌پور، ج.، ۱۳۸۴- زمین‌شناسی اقتصادی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۵۴۳ صفحه.

عباس‌نژاد، ا.، ۱۳۸۴- خاک‌شناسی (برای زمین‌شناسان)، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۵۳۵ صفحه.

غضبان، ف.، ۱۳۸۱- زمین‌شناسی زیست‌محیطی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۶ صفحه.

زائری، خ.، و مر، ف.، ۱۳۸۲- عناصر زمین، چاپ اول، (ترجمه کتاب کاکس، ا. پ.) انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۱۴ صفحه.

References

Atabey, E., 2005- Medical geology, Tmmob geology muhendisler odasi publisher, Anakara,194p.

Bowman, Ch., Bobrowsky, P. & Selinus, O., 2003- Medical Geology, New relevance in the earth science, Vol 26, No 4, pp 270-278 Vernadsky, V., 1924- Geochemistry, published in Russia.

Yusta, I., Velasco, F. & Herrero, J. M.,1998- Anomaly Threshold Estimation and Data Normalization using E.D.A statistics (Application to Lithogeochemical exploration in lower Cretaceous Zn-Pb carbonate hosted deposits), Applied geochemistry, Vol 13.