

اکتشافات زمین‌شیمیایی و بررسی گسترش هاله‌های ترکیبی عناصر در نمونه‌های خاک منطقه مسجدداغی جلفا

نوشته: افشین اکبرپور*، نجات غلامی* و عبدالسمیع سعیدی*

* سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

Geochemical Exploration and Study on Combined Haloes of Elements in Soil Samples of Masjeddaghi Jolfa Area

By: A.Akbarpour*, N.Gholami* & A.Saiedi*

*Geological survey of Iran, Tehran, Iran

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۸/۰۵

چکیده

این محدوده با وسعت ۸/۵ کیلومترمربع در ۳۵ کیلومتری خاور جلفا به سمت سیهرود واقع است. اکتشافات زمین‌شیمیایی به صورت نمونه خاک در مسجدداغی در سال ۸۲ آغاز شد و دلیل انتخاب این روش شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی و آب‌وهوایی محدوده بوده است. شبکه نمونه‌برداری $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ و $200\text{ m} \times 100\text{ m}$ است و نمونه‌ها برای ۱۳ عنصر تجزیه شدند.

بررسی‌های زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه نشان‌دهنده مجموعه‌ای از فلیش‌های ائوسن، سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت - تراکی آندزیت)، کوارتز مونزونیت و آگلومرا (الیگومیوسن) است. رگه‌های سیلیسی - باریتی برشی و کانی‌سازی‌هایی از نوع سولفیدهای مس، سرب، روی و انواع پیریت در محدوده شناسایی شده است.

داده‌های حاصل از نمونه‌ها پس از کنترل خطای آزمایشگاهی به وسیله نمونه‌های تکراری داده‌پردازی شدند. داده‌پردازی تک متغیره نشان‌دهنده توزیع نرمال عناصر Ni, Be, Mn است و بقیه عناصر تابع توزیع لگاریتمی دارند. داده‌پردازی چندمتغیره نشان‌دهنده انطباق دو روش تحلیل عاملی (آنالیز فاکتوری) و همبستگی عناصر (با استفاده از استانداردسازی داده‌ها $\left(\frac{x-\bar{x}}{s}\right)$) در ایجاد هاله‌های مرکب با یکدیگر است. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان‌دهنده تمرکز بی‌هنجاریهای طلا و نقره و باریم در بخش خاور محدوده و گسترش بی‌هنجاری‌های مس و مولیبدن در بخش باختر دره آرپاچای است. توجه به سنگ‌شناسی و انطباق آن با بی‌هنجاری‌های زمین‌شیمیایی محدوده نیز احتمال وجود کانی‌سازی مس از نوع پورفیری در سمت خاور و وجود کانی‌سازی طلا را در رگه‌های سیلیسی - باریتی به صورت اپی‌ترمال با سولفید بالا را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: مسجد داغی، اکتشافات زمین‌شیمیایی، داده‌پردازی، هاله‌های مرکب.

Abstract

The masjeddaghi area with 8.5 km² extent is located in 35 km for east of jolfa. The geological exploration started in this area in 2003 and soil sample method was chosen due to the geological situation topography and weathering, The sampling network was 100m*100m and 100m*200m and all samples were analyzed for 13 elements .including Au,Cr,Co,Ba,Cu,Pb,Zn,Ag,Be,Mo,Sn,Mn. The geological studies shows that the oldest rock unit outcropped is Eocene flysh widely distributed in southern and north eastern part of the area .Another outcrops are mainly volcanic ,subvolcanic complex of andesite and trachyandesite ,quartz monzonite and agglomerate(oligomiocene).

In this area brecciated veins of barite – silicious and Cu,Pb,Zn sulfids and various pyrite type of mineralization have been identified. data processing have been carried out for analytical results(comparing main and duplicated samples data),and indicate

normal distribution for Ni, Be, Mn log distribution for other elements. That these two analysis methods, factor analysis and correlation matrix analysis (using standardizing the data $(x-\bar{x})/s$) have been consistent.

Regarding The composite haloes, the result of studies indicate Au, Ag, Be anomalies in eastern part of the area and Cu, Mo anomalies in western part of ARPACHAI valley. considering the lithology and its relation to geochemical anomalies of the area, probable presence of porphyric Cu mineralization in eastern part and epithermal high sulfide Au mineralization in quartz-barite veins are identified.

Key words: Masjeddaghi, Geochemical exploration, Data processing, Composite halos .

مقدمه

دارای ابعاد $۲/۵ \times ۳/۵$ کیلومتر و مساحت $۸/۵$ کیلومتر مربع است. راه دسترسی به آن از طریق جاده آسفالت تبریز - جلفا - سیه‌رود است (نقشه ۱ و ۲).

۲- زمین‌شناسی و کانه‌زایی

بررسی‌های زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه نشان‌دهنده مجموعه‌ای از فلش‌های ائوسن، سنگ‌های آتشفشانی (آندزیت- تراکی آندزیت) و کوارتز مونزونیت و آگلومرا (الیگومیوسن) است (امینی فضل، ۱۳۷۳). عملکرد سیال‌های ناشی از توده کوارتز مونزونیتی، سبب دگرسانی مجموعه تراکی آندزیت در محدوده شده است و دگرسانی‌های فیلیک و فیلیک کربناتی را در محدوده نشان می‌دهد. کانی‌سازی‌ها به طور عمده در مجموعه آتشفشانی به صورت رگه‌های سیلیسی - باریتی و به صورت پراکنده (dissiminate) و همچنین در رگه‌های استوک ورک مس‌دار نمود یافته است (حاج علی لو، ۱۳۷۸). رگه سیلیسی - باریتی، برشی بوده و کانی‌سازی‌ها از نوع سولفیدهای مس، سرب، روی و انواع پیریت است. کانی‌سازی مس به صورت ملاکیت، آزوریت و کالکوپیریت و کالکوپیریت در رخنمون آپوفیزهای کوچک کوارتز - مونزونیتی محدوده نمایان است (اکبرپور و همکاران، ۱۳۸۴).

۳- نمونه‌برداری

نمونه‌ها از محدوده به تعداد ۹۳ نمونه از زیر الک ۸۰ مش برداشت شده است. شبکه‌بندی در محدوده مورد مطالعه $۱۰۰^m \times ۱۰۰^m$ و $۲۰۰^m \times ۱۰۰^m$ بوده که تراکم نمونه‌برداری براساس سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی در محدوده مورد مطالعه تغییر کرده است. مناطقی که دارای دگرسانی فیلیک و یا پتاسیک بوده شبکه‌بندی متراکم‌تر و بخش‌های دیگر دارای شبکه‌بندی بازتر بوده‌اند. نمونه‌های برداشت شده پس از بسته‌بندی و شماره‌گذاری جهت خریداری و نمایش در حد ۲۰۰ مش به آزمایشگاه ارسال شده‌اند. تا پس از جدایش نمونه‌های تکراری خط‌گیری به انجام برسد (Salpeteur et al., 1989).

اکتشافات زمین‌شیمیایی (ژئوشیمی) با نمونه‌های خاک در محدوده مورد مطالعه مسجداغی جلفا در سال ۸۲ آغاز شد. دلیل انتخاب روش نمونه‌برداری از خاک (Soil Sample) چند نکته زیر بوده است.

- عدم وجود شیب توپوگرافی و وجود تپه‌های کم شیب در محدوده و انتقال کم خاک حاصل از فرسایش.

- فرسایش و هوازدگی نسبتاً زیاد با توجه به شرایط آب و هوایی در محدوده مورد مطالعه و تغییرات و تفاوت دما و میزان رطوبت در زمستان و تابستان.

- عدم وجود رخنمون‌های سنگی اولیه در محدوده مورد مطالعه.

- تأثیر شدید دگرسانی ناشی از عملکرد توده‌های نفوذی در محدوده مورد مطالعه.

- کانه‌سازی طلا به صورت اپی‌ژنتیک و شناسایی نحوه پراکندگی آن در محدوده مورد مطالعه با توجه به تحرک پذیری و خواص شیمیایی و فیزیکی حاکم در منطقه.

- احتمال حضور و همراهی طلا با خاک‌های برجای ناشی از عملکرد فرسایش در محدوده مورد مطالعه (Clifton et al., 1969; Harris, 1982).

- امکان برداشت نمونه‌های حجیم و معرف از خاک

- نمونه‌های برداشت شده در مقیاس $۱۰۰/۰۰۰$ با الک ۸۰ مش (Salpeteur & sabir, 1989; Xie & wang, 1991; Wang et al., 1995)

نقشه‌های تک عنصر و چندعنصری همراه با نقشه‌های عاملی در منطقه در پیوست مقاله آورده شده است که نقشه‌های نسبت ترکیبی عناصر نشان‌دهنده روند گسترش هاله‌های زمین‌شیمیایی در محدوده مورد مطالعه است.

۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مسجداغی جلفا در ورقه زمین‌شناسی با مقیاس $۱:۱۰۰/۰۰۰$ جلفا با مختصات ۰۳° ۵۶° - ۴۵° ۲۸° ۵۸° ۴۵° طول‌خاوری و ۰۳° ۵۶° تا ۴۵° ۲۸° ۵۸° عرض شمالی قرار دارد. این محدوده

۴- تجزیه نمونه‌ها

به استانداردهای موجود مقدار بزرگ‌تر از $\bar{x} + 2S$ به عنوان بی‌هنجاری شناخته می‌شود. در مقادیر $\bar{x} + S$ و $\bar{x} + 2S$ زمینه و حد آستانه با توجه به نقشه‌های زمین‌شیمیایی در منطقه روند گسترش بی‌هنجاری‌های طلا در دو بخش از محدوده قابل مشاهده است در سمت خاور محدوده نمونه بی‌هنجار با مقدار بالاتر از 810 ppb دیده می‌شود که دارای روندی به تقریب شمال باختر - جنوب خاور است. در سمت باختر محدوده نیز بی‌هنجاری‌هایی از طلا در حد ۲۰۰-۸۱۰ میلی‌گرم در تن قابل مشاهده است که روند خاوری - باختری و شمال باختری - جنوب خاوری دارند توجه به هاله بی‌هنجاری‌ها در این منطقه نشان‌دهنده پیروی آنها از روند شکستگی‌های محدوده و تغییرات روند بی‌هنجاری‌ها در منطقه باختر با توجه به گسل خوردگی بزرگ محدوده (شمال باختر - جنوب خاور) است (نقشه ۲).

بررسی شکل‌های ۲ تا ۴ نشان‌دهنده پیروی بی‌هنجاری‌های زمین‌شیمی نقره و طلا از یکدیگر است و همچنین این ارتباط را می‌توان در ارتباط با بی‌هنجاری‌های سرب و روی با یکدیگر مشاهده نمود. بی‌هنجاری‌های درجه اول و دوم مس و مولیبدن نیز تا حد بسیار زیادی بر یکدیگر منطبق است. - مطالعات آماری چند متغیره:

بیشتر روش‌های چندمتغیره در اصل، بسط و توسعه تحلیل‌های تک متغیره و دو متغیره هستند. شناخت همبستگی‌های زایشی که در میان عناصر وجود دارد. اطلاعات لازم را در راستای تفسیر هرچه صحیح‌تر داده‌های زمین‌شیمیایی در اختیار می‌گذارد. با استفاده از دو روش سعی شده است تا چگونگی گسترش هاله‌های مرکب زمین‌شیمیایی با یکدیگر مقایسه و بررسی شوند. روش اول استفاده از تحلیل عاملی و روش دوم توجه به ارتباط عناصر براساس ضریب همبستگی آنها بوده است (Reis et al., 2001) هاله‌های مرکب ارتباط میان عناصر را بهتر نشان داده و همچنین به وسیله آن می‌توان خطاهای تصادفی، تعداد داده‌ها و نقشه‌ها را به حداقل رساند (حسنی پاک، ۱۳۸۲).

جدول ۲ نشان‌دهنده همبستگی بین عناصر مختلف در محدوده مورد مطالعه است. بالاترین همبستگی را طلا با عنصر نقره دارد و با عناصر Ba, Zn, Pb, Cu, Mo همبستگی نسبتاً ضعیفی را نشان می‌دهد. با توجه به این وضعیت رابطه خطی بین عنصر Cu با عناصر Be, Mu, Zn, Mo را می‌توان مشاهده نمود. با توجه به نتایج حاصل از ضریب همبستگی عناصر و استاندارد سازی داده‌ها (با استفاده از رابطه ترکیب‌های خطی عناصر همبسته به صورت $Cu+Mo, Zn+Pb+Cu, Au+Ag+Ba$ برای نشان دادن چگونگی توسعه و گسترش هاله‌های زمین‌شیمیایی این عناصر در خاک انتخاب شده‌اند و شکل مربوطه (شکل ۵) رسم شده است.

برای بررسی بیشتر و کنترل نتایج شکل ۵، بررسی‌های تحلیل عاملی انجام

۹۳ نمونه برداشت شده برای ۱۳ عنصر، Ag, Au, Pb, Mo, Cu, Sn, Ba, Zn, W, Be, Ni, Co, Mn با استفاده از روش طیف‌سنجی نشری تجزیه شده‌اند و تعدادی از نمونه‌ها به وسیله جذب اتمی کنترل شده‌اند (Ward et al., 1969). برای کنترل نتایج تجزیه و دقت آزمایشگاه ویژه برای طلا ۲۰ نمونه تکراری تهیه شده و تجزیه شدند. با استفاده از نمودار Govett نتایج حاصل نشان‌دهنده قابل قبول بودن دقت داده‌های حاصل از تجزیه بوده است (Govett, 1973). نتایج تجزیه، خطا برای عناصر مختلف از جمله باریوم، منگنز و کروم و دیگر عناصر را در حد قابل قبول زیر ۱۰ درصد نشان می‌دهد ولی پراکنش خطا برای عناصری مانند باریوم، منگنز و کروم زیاد و برای روی، سرب، قلع کم بوده و عناصری همچون نقره و طلا از پراکنش حدواسطی برخوردارند.

۵- داده‌پردازی آماری

یکی از مهم‌ترین راه‌های دسترسی به اهداف اکتشافی، گذر از مسیر داده‌پردازی اطلاعات زمین‌شیمیایی است که با استفاده از روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد.

- مطالعات آماری تک متغیره

در این نوع مطالعات هر عنصر به تنهایی پردازش می‌شود و نوع تابع توزیع، پارامترهای آماری، مقادیر زمینه و آستانه، برای آن محاسبه می‌شود. بر همین اساس در جدول ۱ پارامترهای آماری عناصر مختلف به صورت خام و لگاریتمی محاسبه شده است. با توجه به پارامترهایی چون چولگی و کشیدگی داده‌ها و مقایسه با هیستوگرام و نمودار احتمال مقادیر لگاریتمی داده‌ها در شکل ۱ می‌توان گفت عناصر Ni, Be, Mn دارای تابع توزیع نرمال و توزیع بقیه عناصر (عنصر Ba با صرف نظر از کمترین مقدار آن که به صورت خارج از رده ظاهر شده است) از تابع توزیع لگاریتمی پیروی می‌کنند (Reis et al., 2001). نقشه‌های زمین‌شیمیایی را می‌توان در شکل‌های ۲ تا ۴ مشاهده کرد. نقشه‌ها طیفی و کنتوری هستند.

درجه و شدت بی‌هنجاری‌ها با توجه به تعداد نمونه‌های بی‌هنجار در محدوده بی‌هنجاری و قرارگیری عیار نمونه در دامنه‌های زیر:

$$(1) \text{بزرگ‌تر از } \bar{x} + 2S \text{ (P97.5\%)} >$$

$$(2) \bar{x} + S - \bar{x} + 2S \text{ (P97.5\% - P84\%)}$$

$$(3) \bar{x} - \bar{x} + S \text{ (P50\% - 84\%)}$$

$$(4) \text{کوچک‌تر از } \bar{x} \text{ می‌باشند.}$$

به دلیل تأثیر زیاد مقادیر خارج از رده (احتمالاً بی‌هنجار) در محاسبه \bar{x} و S از P84, P50 و P97.5 استفاده شده است (Reis et al., 2001). با توجه

گرفته است. با توجه به جدول ۳ سه عامل در نظر گرفته شده شامل عامل اول (Au, Ba, Ag)، عامل دوم (Cu, Mo, Sn) و عامل سوم (Pb, Zn) است. شکل ۶ نشان‌دهنده انطباق کامل با شکل ۵ است. عامل دوم و سوم با نقشه‌های شکل ۵ و انطباق کامل دارند که نشان‌دهنده روند درست در تفسیر داده‌های حاصل است.

در زیر روابط بین عامل‌ها و عناصر را می‌توان به صورت زیر نوشت که نقشه‌های عاملی را می‌توان در نقشه‌های شکل ۶ مشاهده کرد.

$$F1 = 0.39 Au + 0.41 Ag + 0.39 Ba$$

$$F2 = 0.47 Mo + 0.49 Cu + 0.28 Sn$$

$$F3 = 0.73 Pb + 0.44 Zn$$

هاله‌های مرکب ایجاد شده در روش چند متغیره و ضرایب محاسبه شده در نقشه‌های شکل‌های ۵ تا ۶ منطبق برسیمای ساختاری گسل خورده و شکسته شده محدوده و تا حدودی معرف ماهیت زایشی نهشته‌های کانساری است.

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده در محدوده مسجداغی به چند نکته می‌توان اشاره کرد.

الف) روش نمونه‌برداری خاک با توجه به وضعیت و شرایط آب و هوایی و توپوگرافی در زمین‌شناسی محدوده و اکتشافات زمین‌شیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰ روش مناسبی به نظر می‌رسد.

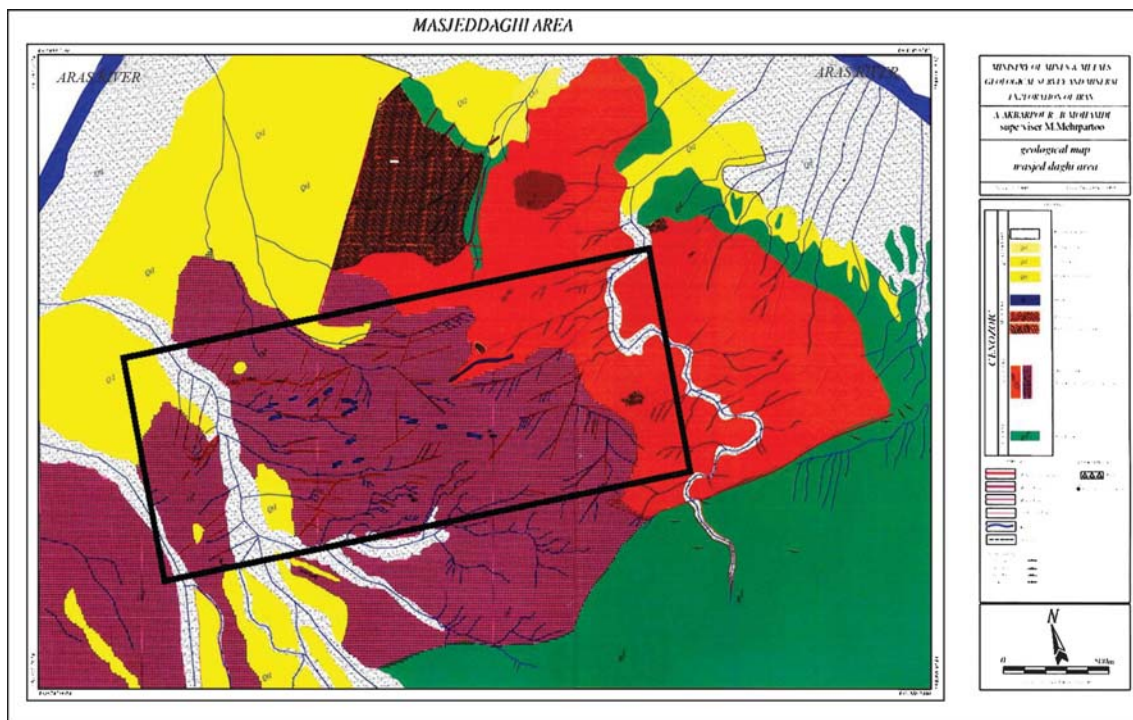
ب) عناصر Ni, Be, Mn تابع توزیع نرمال و بقیه عناصر توزیع لگاریتمی دارند.

ج) رسم نقشه‌های زمین‌شیمیایی تک عنصره نشان‌دهنده تمرکز بی‌هنجاری‌ها در دو بخش است در سمت خاور محدوده روند شمال باختر - جنوب خاور را نشان داده و در سمت باختر محدوده دارای روند خاوری - باختری و شمال باختری - جنوب خاوری هستند توجه به هاله بی‌هنجاری‌ها در این منطقه نشان‌دهنده پیروی آنها از روند شکستگی‌های محدوده و تغییرات روند بی‌هنجاری‌ها در منطقه باختر با توجه به گسل خوردگی محدوده (شمال باختر - جنوب خاور) است. همچنین بررسی نقشه‌های زمین‌شیمی محدوده نشان‌دهنده ارتباط بی‌هنجاری‌های زمین‌شیمی نقره و طلا، مس و مولیبدن و سرب و روی است که می‌تواند از نظر زمین‌شناسی و زایشی نیز منطقی به نظر برسد.

د) مطالعات آماری چند متغیره در بررسی هاله‌های مرکب به کار گرفته می‌شود. هاله‌های مرکب به دو صورت در محدوده به کار گرفته شدند. ابتدا با استفاده از تحلیل عاملی و دوم با استفاده از ارتباط عناصر براساس ضریب همبستگی استفاده از تحلیل عاملی نشان‌دهنده وجود سه عامل شامل



نقشه ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه



نقشه ۲- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (مسجد داغی)

جدول ۲- ماتریس ضرایب همبستگی اسپیرمن عناصر مختلف در محدوده مسجد داغی

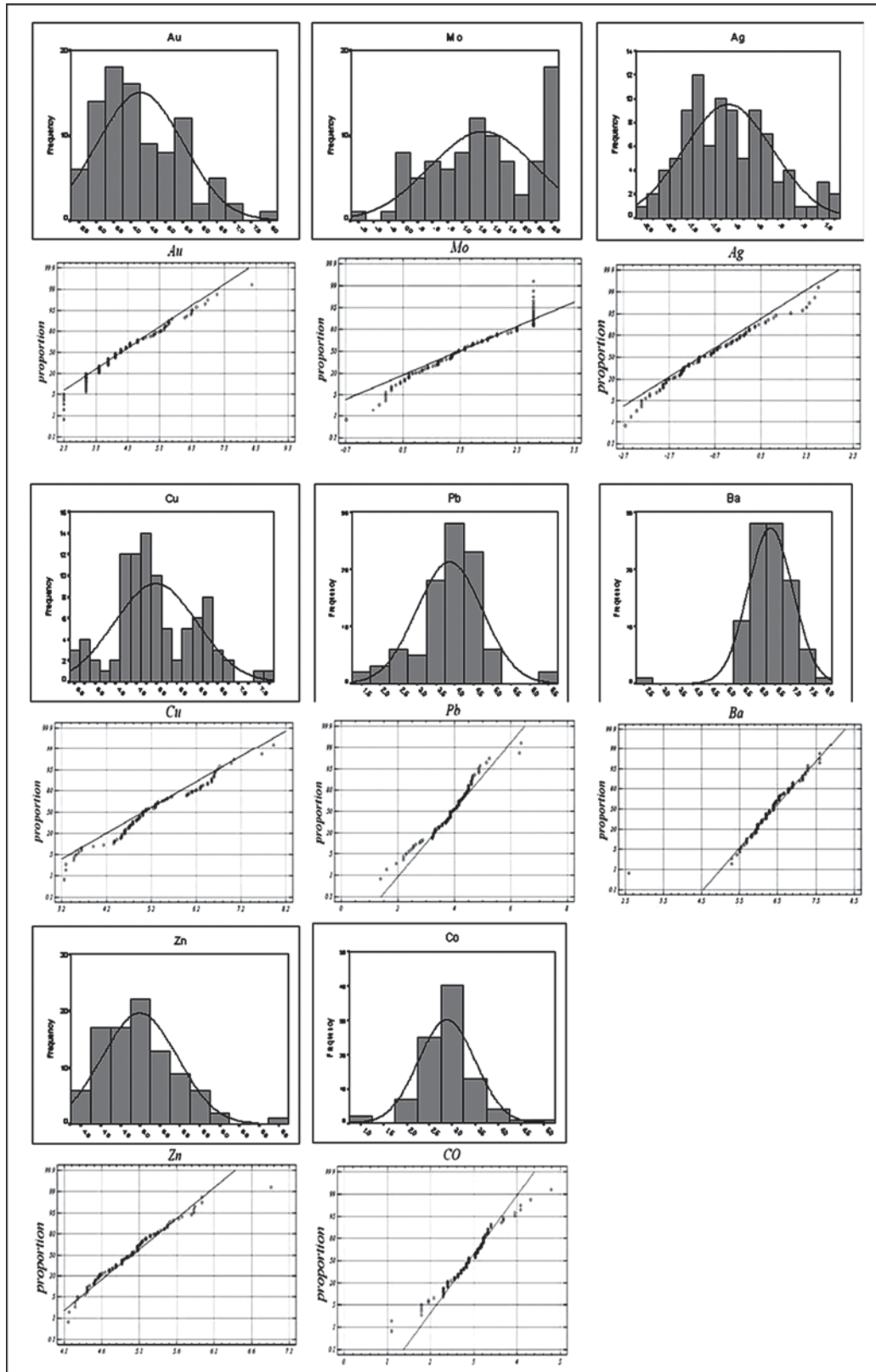
Au	1																			
Mo	0.34	1																		
Cu	0.27	0.63	1																	
Pb	0.34	0.28	0.16	1																
Sn	0.17	0.43	0.20	0.30	1															
Ag	0.71	0.23	0.19	0.49	0.03	1														
Zn	0.29	0.18	0.19	0.43	0.24	0.35	1													
Cr	-0.07	0.23	0.09	0.21	0.43	-0.11	-0.01	1												
Mn	0.03	0.11	0.26	0.15	0.16	0.14	0.20	0.08	1											
Ba	0.38	0.30	0.09	0.40	0.20	0.52	0.07	0.14	0.16	1										
Be	0.14	0.24	0.24	0.32	0.30	0.19	0.10	0.21	0.44	0.34	1									
Ni	0.03	0.09	0.12	0.32	0.25	0.01	0.08	0.43	0.18	0.21	0.54	1								
Co	0.04	0.01	0.29	0.29	0.05	0.11	0.28	0.20	0.66	0.18	0.23	0.28	1							
	Au	Mo	Cu	Pb	Sn	Ag	Zn	Cr	Mn	Ba	Be	Ni	Co							

جدول ۱- پارامترهای آماری محاسبه شده عناصر مختلف در محدوده مسجد داغی (مقدار طلا بر حسب میلی گرم در تن و مقادیر سایر عناصر بر حسب گرم در تن است)

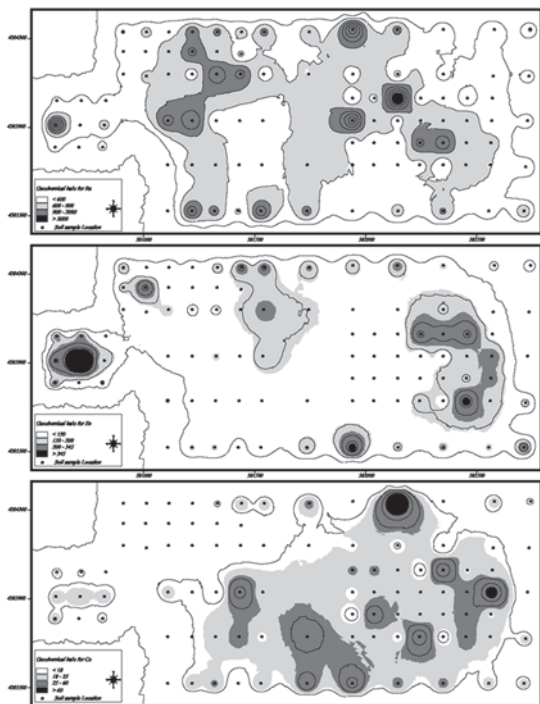
	Au	Mo	Cu	Pb	Sn	Ag	Zn	Cr	Mn	Ba	Be	Ni	Co
Mean	177	5.5	316	69	2.4	0.72	168	58	672	706	1.5	32	22
SD	407	4.472	411	83	0.7	0.93	110	39	423	458	0.6	16	16
Skewness	6.5	0.8	3.8	4.8	2.7	2.8	4.3	1.0	0.6	1.8	0.3	0.1	3.3
Kurtosis	54.4	2.2	20.2	30.3	11.4	11.0	30.6	3.2	2.5	6.9	2.4	2.3	19.0
Mean(log)	4.27	1.35	5.23	3.86	0.82	-0.84	4.99	3.81	6.26	6.37	0.34	3.29	2.88
SD(log)	1.23	0.89	1.00	0.87	0.24	0.97	0.47	0.75	0.80	0.68	0.41	0.67	0.61
Skewness(log)	0.63	-0.06	0.24	-0.31	1.99	0.46	0.76	-0.58	-0.96	-1.59	-0.54	-1.03	-0.09
Kurtosis(log)	3.10	1.96	2.86	4.12	6.44	2.78	4.54	3.50	4.03	12.31	2.85	3.44	4.41

جدول ۳- ماتریس مقادیر چرخش یافته و ضرایب مقادیر چرخش یافته عناصر مختلف در محدوده مسجد داغی

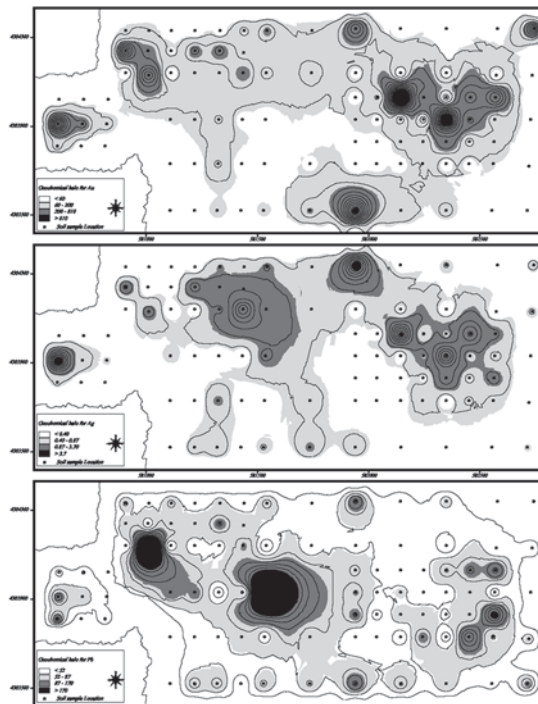
	Rotated Component			Component Score Coefficient		
	Component			Component		
	1	2	3	1	2	3
Au	0.83	0.15	-0.04	0.39	0.03	-0.11
MO	0.16	0.83	0.13	0.00	0.47	-0.07
Cu	0.09	0.77	-0.09	-0.02	0.49	-0.24
Pb	0.15	-0.10	0.82	0.04	-0.24	0.73
Sn	0.00	0.60	0.45	-0.07	0.28	0.27
Ag	0.87	0.06	0.16	0.41	-0.07	0.08
Zn	-0.06	0.37	0.58	-0.09	0.11	0.44
Ba	0.81	0.03	0.01	0.39	-0.05	-0.04



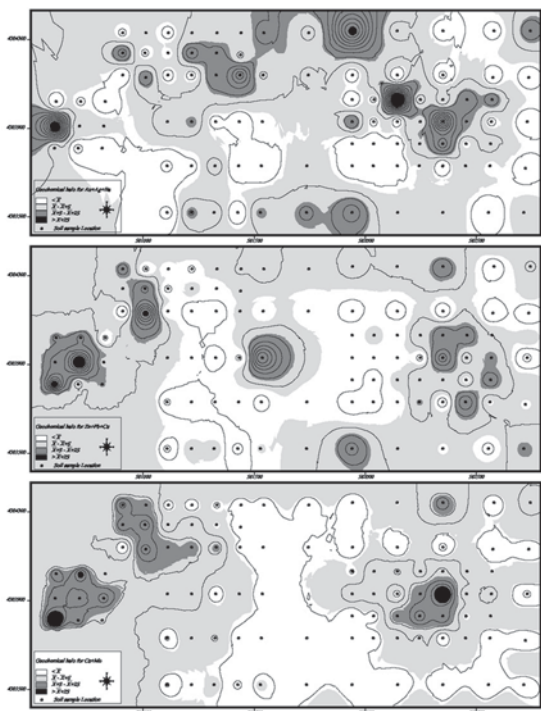
شکل ۱- نمودارهای فراوانی و احتمال عناصر مختلف



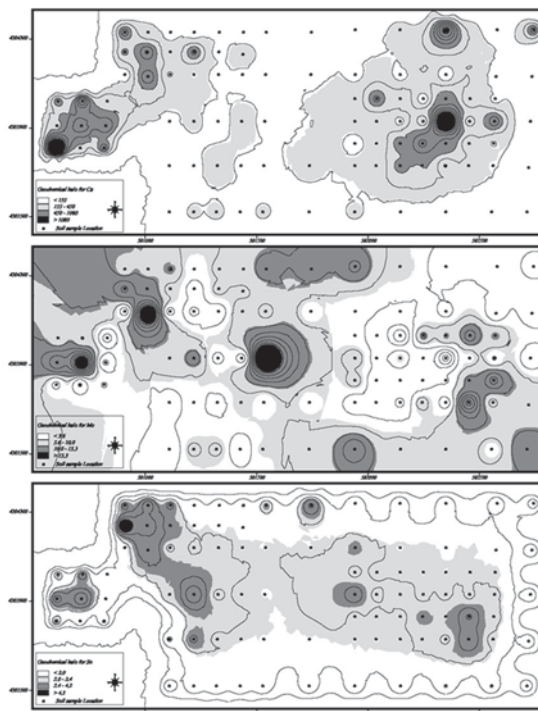
شکل ۳- هاله ژئوشیمیایی عناصر روی، باریم و کبالت در محدوده مسجدداغی



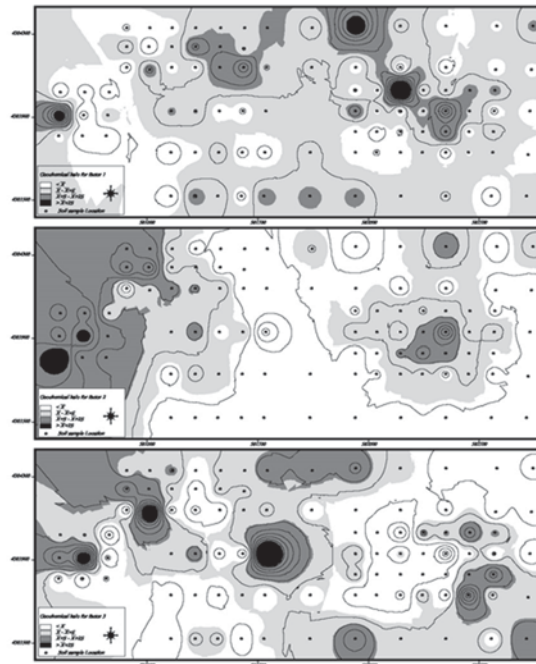
شکل ۲- هاله ژئوشیمیایی عناصر طلا، نقره و سرب در محدوده مسجدداغی



شکل ۵- هاله ژئوشیمیایی ترکیبی عناصر مس و مولیبدن در محدوده مسجدداغی



شکل ۴- هاله ژئوشیمیایی عناصر مس، مولیبدن و قلع در محدوده مسجدداغی



شکل ۶- هاله ژئوشیمیایی ترکیبی عامل‌های اصلی در محدوده مسجدداغی

کتابنگاری

- امینی فضل، ع.، ۱۳۷۳- مطالعات زمین‌شناسی، کانی‌سازی، پترولوژی و زمین‌شیمیایی توده‌های نفوذی اردوباد، آکادمی علوم آذربایجان شوروی .
اکبرپور، ا. و همکاران، ۱۳۸۴- بررسی کانه زایی طلا و مس در محدوده مسجدداغی جلغا، رساله دکتری، دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات.
حاجی علی لو، ب.، ۱۳۷۸- متالوژی ترشیری در البرز باختری - آذربایجان (میانه - سیه رود)، با نگرشی خاص به منطقه هسجین، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی ۱۳۷۸
حسینی پاک، ا.ع.، ۱۳۸۲- تحلیل و پردازش داده‌های آماری، دانشگاه تهران.
نوی، م.ح.، ۱۳۵۵- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور

References

- Clifton, H. E. et al., 1969- Sample size and meaningful gold analysis. Us. Geol. Surv. Pap. 625-c 17pp.
Eftekhar - Nezhad, J., 1975- Brief history and structural development of Azarbaijan, G, S, I, Internal rep, N, 8.
Govett, R. G., 1973- The determination of sampling and analytical errors in exploration geochemistry a reply. Econ. Geol. 68, 282-283.
Harris, J. F., 1982- Sampling and analytical requirement for effective use of geochemistry in exploration for gold. In: The Association of exploration Geochemists(Ed.). Precious Metals in the Northern Cordillera, vol. 10. pp. 53-67.
Reis, A.P., Sousa, A.J., Cardoso Fonseca, E., 2001- Soil geochemical prospecting for gold at Marrancos, J. Geochemical of exploration. v 73, p-1-10
Salpeteur, I., Sabir, H., 1989- Orientation studies for gold in the central piedplain of the Saudia Arabian Shield. J. Geochem. Explor. 34. 189-215
Wang, X., Xie, X., Ye, S., 1995- Concepts for geochemical gold exploration based on the abundance and distribution of ultrafine gold. J. Geochem. Explor. 55(1-3), 93-102.
Ward, F.N., Nakagawa, H.M., Harms, T.F., Van Sickle, G.H., 1969- Atomic absorption method of analysis used in geochemical exploration. Geol. Surv. Bull. 1289, 45.
Xie, X. & Wang, X., 1991- Geochemical exploration for gold: a new approach to an old problem. J. Geochem. Explor. 40, 25-48.