اکتشافات ژئوشیمیایی

نیمه تفصیلی به روش خاک برجا و زمین شناسی محدوده‌ی تل مسی کوهستان کفوت جنوب غرب دشت لوت

کاظم قلی‌زاده[۱]، ایرج ربیع[۲]

چکیده

محدوده‌ی تل مسی کوهستان کفوت بم از لحاظ سنگ شناسی دارای سنگ های آتشفشانی مانند ریولیت، آندزیت و آندزی بازالت است. تا قبل از این، وجود ریولیت ها در این محدوده مشخص نشده بود، ولی پس از یک سلسله مطالعات دقیق پتروگرافی و آنالیزهای XRF، نوع اکثر سنگ های منطقه ریولیت تشخیص داده شد و با توجه به رخنمون آن ها در منطقه، ریولیت های قرمزرنگ و خاکستری رنگ نامگذاری شدند. آندزیت ها به صورت توده های کوچک و آپوفیزمانند، و هم چنین دایک در منطقه دیده شده اند که با ریولیت ها در کنتاکت هستند. از کانه سازی هایی که در منطقه دیده می شوند، معمولاً مالاکیت، آزوریت، و کریزوکولا در نمونه‌ی دستی، و کانه های کالکوپیریت، کالکوسیت، کوپریت، کوولیت و دیژنیت در مقاطع میکروسکوپی قابل مشاهده هستند در بعضی جاها کانه سازی ها مشخص هستند و در مناطق پوشیده نیز احتمال کانی سازی وجود دارد.

به منظور شناخت پتانسیل کانه سازی و تعیین مناسب ترین نقاط برای انجام عملیات حفاری، اکتشافات ژئوشیمیایی به روش خاک برجا و در محدوده‌ای به وسعت پنج کیلومتر مربع انجام شد. این روش مطالعه سه مرحله‌ی اصلی را در برمی گرفت: ۱. طراحی شبکه‌ی نمونه برداری؛ ۲. آماده سازی و تجزیه‌ی نمونه ها؛ ۳. پردازش، تجزیه و تحلیل. پس از انجام مراحل مذکور، مناطقی به عنوان آنومالی درجه یک (شمال غرب و جنوب شرق) مربوط به عناصر Zn، Pb، Cu و Ag برای انجام مطالعات بعدی معرفی شدند. هم چنین، وجود کانه سازی مس در سنگ های ریولیتی این منطقه که در مطالعات پیشین اشاره‌ای به آن نشده بود، می تواند در اکتشاف منابع جدید راهگشا باشد.

مقدمه

محدوده‌ی تل مسی کوهستان کفوت در ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان بم در استان کرمان قرار دارد. طول جغرافیایی آن ′۳۰ ″۱۰ °۵۸ و عرض آن ′۵۰ ″۱۷ °۲۹ است. همچنین، از لحاظ ساختاری در جنوب غرب بلوک لوت، و شرق گسل نای بند قرار می گیرد. هدف از انجام اکتشافات ژئوشیمیایی نیمه تفصیلی در این محدوده، بررسی هاله های ژئوشیمیایی ثانویه به منظور شناخت پتانسیل کانه سازی، بررسی ارتباط عناصر با همدیگر، و تعیین مناسب ترین نقاط برای انجام عملیات حفاری بوده است. برای تشخیص نوع کانه سازی در مقیاس میکروسکوپی و همچنین ارتباط آن ها با آلتراسیون و گسل، مطالعاتی نیز روی رگه های دارای کانه سازی صورت گرفت. مطالعات، وسعتی در حدود ۲٫۵ کیلومتر مربع را دربر می گرفت که بیشتر محدوده‌ی کوه تل مسی در کوهستان کفوت را شامل می شد.

مطالعات ژئوشیمیایی با استفاده از منطق فازی

سیستم‌های هوشمند به عنوان ابزار قدرتمند مدل‌سازی و تخمین در شاخه‌های گوناگون علوم و مهندسی به‌کار گرفته شده‌اند. میان روش‌های مدل‌سازی نوین، سیستم‌های فازی جایگاه ویژه‌ای را کسب کرده‌اند [Cuddy,2000]. در سال‌های اخیر، تکنیک‌های ریاضی فازی در حل برخی از مسائل زمین‌شناسی به‌کار گرفته شده‌اند. **کودی و هامبالک** از منطق فازی در تطابق‌های زمین‌شناختی و ساخت مدل‌های سه‌بعدی زمین‌شناسی بهره گرفته‌اند [Cuddy,1997]. امروزه، اکتشافات ژئوشیمیایی به عنوان یکی از لایه‌های مهم اطلاعاتی در اکتشافات مواد معدنی در جهان شناخته شده است. گستره‌ی میدان آنالیزهای ژئوشیمیایی، امکان آنالیز متغیرهای گوناگون ژئوشیمیایی، روش‌های متنوع در پردازش داده‌ها، نرم‌افزارهای مناسب و کارا، و غیره دست‌افزارهایی هستند که ژئوشیمیست‌های نوین، در نیل به هدف‌های اکتشافی به آن‌ها تکیه می‌کنند و از آن‌ها بهره می‌برند [Sollovov,1987].

۱. طراحی شبکه‌ی نمونه برداری

شبکه‌ی نمونه‌برداری با وسعتی حدود $۲/۵Km^۲$ با سلول‌های مربعی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر مورد پوشش قرار گرفت. این شبکه روی عکس هوایی منطقه با مقیاس تقریبی ۱/۵۰۰۰ پیاده و سپس چهارگوشه طراحی شده است، و مختصات چهارگوشه به‌وسیله‌ی GPS برداشت شده و امتداد شبکه‌ی نمونه‌برداری N۵۰W با ۲۴۰ نمونه است.

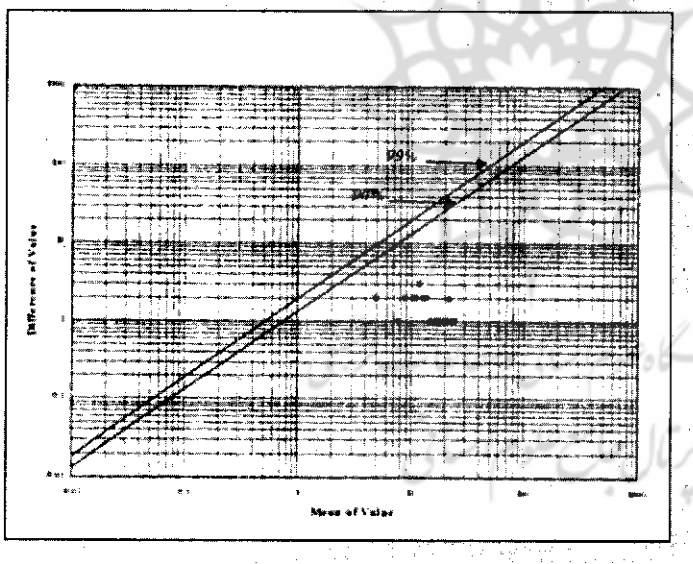
۲. روش نمونه برداری

چنان‌که گفتیم، نقاط نمونه‌برداری و شبکه‌ی نمونه‌برداری روی عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰ مشخص شده‌اند و نمونه‌ها از مراکز هر سلول و در شعاع حدود ۱۵-۵ متر از خاک‌های منطقه برداشت شدند. اندازه‌ی جزء نمونه‌ها بین ۱۰۰+ و ۸۰-مش و وزن آن‌ها حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم بود که در کیسه‌های مناسب و دو لایه ریخته شدند و شماره‌ی آن‌ها به صورت برچسب روی نمونه‌ها ثبت شد.

۳. آماده سازی، آنالیز شیمیایی و دقت آنالیز نمونه‌ها

۲۴۰ نمونه برای آنالیز به آزمایشگاه اهر، وابسته به «شرکت صنایع ملی مس» فرستاده شدند و کلیه‌ی نمونه‌ها برای عناصر Pb، Cu، Zn، Co، Ni، Ag، Fe و Mo توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. حد تشخیص دستگاه برای عناصر Cu معادل ۵ppm، Pb، Co، Zn، Ni و Ag معادل ۱ppm و Mo معادل ۱۰ppm بوده است. لازم به‌ذکر است که علت انتخاب هشت عنصر برای آنالیز در اکتشافات ژئوشیمیایی ۱/۲۰۰۰۰ آبراهه‌ای در این منطقه بوده است. همچنین، یکی از فاکتورهای مهم در اخذ نتایج بهینه از عملیات اکتشاف ژئوشیمیایی، تجزیه‌ی دقیق نمونه‌های برداشت شده است. برای حصول اطمینان از دقت اندازه‌گیری و تجزیه‌ی نمونه‌ها، از ۲۵ نمونه‌ی تکراری استفاده شد.

برای به‌دست آوردن میزان دقت تجزیه‌ی نمونه‌های ژئوشیمیایی، از «روش تامپسون» (۱۹۷۶) استفاده کردیم. در دیاگرام کنترلی تامپسون، در صورتی که ۹۰ درصد داده‌ها زیر خط معادل ۱۰ درصد و ۹۹ درصد داده‌ها زیر خط معادل ۱ درصد قرار گیرند، خطای آنالیز در حدود ۱۰ درصد خواهد بود. شکل ۱ به‌عنوان نمونه، از دیاگرام‌های تامپسون که برای همه‌ی عناصر رسم شده‌اند، آورده شده است. بدین ترتیب، بر اساس دیاگرام‌های کنترلی برای عناصر، داده‌های آنالیز شده قابل اطمینان هستند.



شکل ۱. دیاگرام کنترلی تامپسون برای عنصر Ni

۴. پردازش داده‌ها

آمار و ریاضی یکی از مهم‌ترین ابزار تعبیر و تفسیر اطلاعات است که از طریق آن، نتایج به صورت جدول، نمودار، شکل و... ارائه می‌شوند تا درک و فهم آن‌ها بسیار راحت شود.

۴-۱. داده‌های سنسورد و نحوه‌ی جایگزینی آن‌ها

داده‌های سنسورد به داده‌هایی گفته می‌شوند که نماد کوچک‌تر (<) یا بزرگ‌تر (>) دارند. داده‌های مذکور معرف عدم تشخیص

دستگاه‌ها و به‌عبارت دیگر، حساسیت دستگاه مورد استفاده هستند. این گونه مقادیر که در داده‌پردازی معنی‌دار نیستند و باید به طرق گوناگون جایگزین شوند، عبارتند از:

الف) بیشترین درستنمایی کوهن

ب) نصف مقدار سنسورد برای داده‌های با نماد کوچک‌تر و ۱/۵ برابر برای داده‌های با نماد بزرگ‌تر

ج) ۳/۴ مقدار سنسورد برای داده‌های با نماد کوچک‌تر و ۴/۳ برای داده‌های با نماد بزرگ‌تر

در این تحقیق، برای عناصر Zn و Cu از روش سوم و برای عناصر Mo، Ag، Ni و Co از روش اول استفاده کردیم که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

۴-۲. حذف اثر سنگ بستر

در پروژه‌های اکتشافی و نمونه‌برداری‌های ژئوشیمیایی، از محیط‌های بسیار ناهمگنی نمونه‌برداری می‌شود. بنابراین، یکی از اساسی‌ترین مسائل در پردازش داده‌های ژئوشیمیایی و رسم نقشه‌ها، تعیین مقادیر زمینه، آستانه و تعیین حد بین مقادیر زمینه و آنومالی است. برای درک صحیح مقادیر زمینه، حد آستانه و آنومالی‌ها، باید اثر سنگ بستر را در مقدار زمینه حذف کرد. اما در این پروژه، حذف اثر سنگ بستر به دلایل زیر صورت نگرفت:

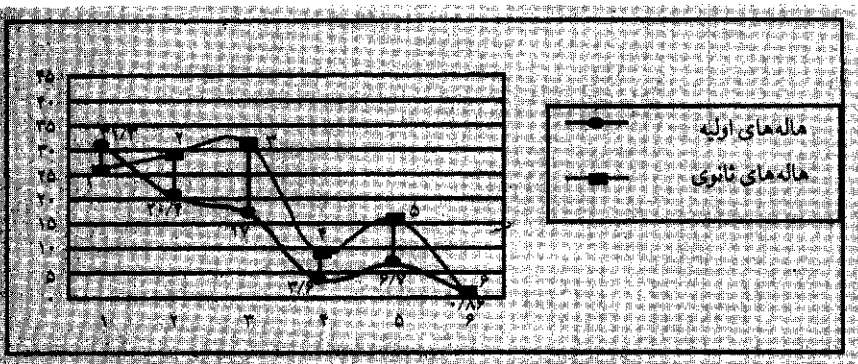
۱. نبود تنوع شدید سنگی در محدوده (تل مسی)

۲. نبود اختلاف شدید بین هاله‌های اولیه و ثانویه (شکل ۲)

جدول ۱. تخمین مقادیر سنسورد

عنصر	Cu	Zn	Co	Ni	Ag	Mo
N_t	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰
N_u	۲۳۷	۲۳۹	۲۱۷	۲۱۳	۲۱۱	۱۲۴
N_c	۳	۱	۲۳	۲۷	۲۹	۸۳
Logx	–	–	۱/۰۱	۱/۲۵	۰/۱۵۵	۱/۲
X_0	–	–	۵	۵	۱	۱۰
V log x	–	–	۰/۸۵۳۱	۰/۰۲۶	۰/۰۱۷	۳/۹۳
H	–	–	۰/۰۹۵	۰/۰۱۱	۰/۱۲	۰/۳۴
γ	–	–	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۴۸	۰/۹۷
λ	–	–	۳/۷۷	۰/۱۶	۰/۸۷	۰/۶۶
X_r	۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۶۱	۳/۱	۰/۸۱	۷/۹

عنصر	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Ag
هاله‌های اولیه	۳۱/۳	۲۰/۴	۱۷	۳/۶	۶/۷	۰/۸۶
هاله‌های ثانوی	۲۶	۲۹	۳۱	۹	۱۶	۱/۲



شکل ۲. نمودار مقایسه‌ای هاله‌های اولیه و ثانویه

۴-۳ . مطالعات آماری تک‌متغیره

الف) پارامترهای آماری : اولین و مهم‌ترین گام در پردازش داده‌ها، به‌دست آوردن پارامترهای آماری و نحوه‌ی توزیع آن‌هاست، بنابراین جدول پارامترهای آماری داده‌های خام برای ۲۴۰ نمونه رسم شد (جدول۲) . در این جدول، سه گروه قابل تشخیص هستند :

- در گروه اول مقادیر میانه، مد و میانگین حضور داشتند که می‌توان چگونگی تمایل داده‌ها به سمت مرکز آن‌ها و نیز میزان تمایل را به‌دست آورد .
- در گروه دوم، انحراف معیار و واریانس قرار می‌گیرد و معرف میزان پراکندگی داده‌ها حول مقدار میانگین است .
- گروه سوم شامل چولگی و کشیدگی است و انحراف داده‌ها را از حالت نرمال بیان می‌کند .

ب) رسم هیستوگرام و نمودار : برای مشخص کردن تابع توزیع مربوط به یک عنصر می‌توان از هیستوگرام استفاده کرد . در هر هیستوگرام در محور افقی تعداد کلاس‌ها، و در محور عمودی تعداد نمونه‌های موجود در هر کلاس مشخص شده است [Tedesco,1995] . هیستوگرام‌های فراوانی در مقیاس عددی و لگاریتمی، و منحنی فراوانی تجمعی عناصر مورد مطالعه رسم شده‌اند که نمودار مربوط به عنصر سرب به‌عنوان نمونه آورده شده است :

جدول۲ . پارامترهای آماری مربوط به داده‌های خام عناصر گوناگون

			Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Ag	Fe	Mo
--	معتبر	--	۲۴۰	۲۴۰	۲۳۹	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰
		--	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
--	میانگین		۸۱٫۴۳	۱۰۷٫۲	۶۱٫۳	۹٫۷۷	۱۷٫۱	۱٫۴	۲۲۰۳۸	۱۱٫۹
--	میانه		۳۳	۲۸	۵۳	۱۰	۱۸	۱٫۳	۲۳۰۰۰	۱۰
--	نوع		۲۵	۲۴	۴۷	۱۱	۳٫۱	۱٫۳	۲۲۰۰۰	۷٫۹
--	برگشت استاندارد		۲۹۱٫۵	۴۳۸٫۸	۴۹٫۳	۲٫۹۷	۷٫۵	۰٫۴۵	۷۰۱۱٫۲	۹٫۶۱
--	متغیر		۸۴۹۷۵	2E+05	۲۴۲۸	۸٫۸۲	۵۶٫۳	۰٫۲۱	5E+07	۹۲٫۳
--	چولگی		۱۲٫۸۴	۱۱٫۰۸	۳٫۱۶	۰٫۴۳	-۰٫۴۱	۱٫۳۹	-۰٫۱۰۹	۱٫۸۷
--	کشیدگی		۱۸۲٫۱	۱۴۲٫۸	۱۳	۶٫۹۲	-۰٫۵۳	۳٫۲۷	۱٫۶۸۷۷	۵٫۳۶
--	حداقل		۳٫۷۵	۷	۵	۳٫۶	۳٫۱	۰٫۸۱	۴۰۰۰	۰
--	حداکثر		۴۲۷۹	۶۰۴۰	۳۶۸	۲۹	۳۴	۳٫۷	۵۳۰۰۰	۶۵

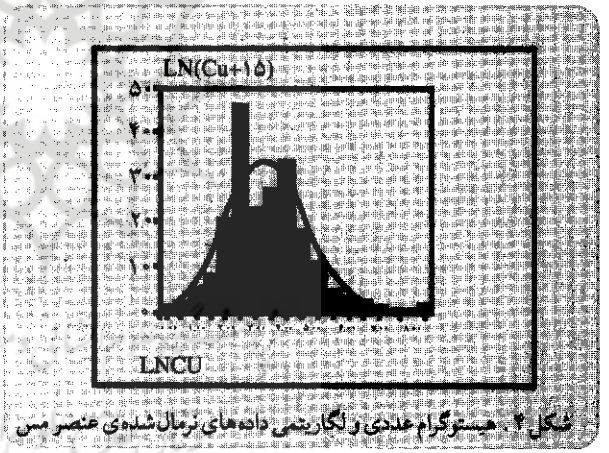
شکل ۳ . هیستوگرام عددی و لگاریتمی داده‌های خام عنصر Pb

در هیستوگرام مربوط به عنصر Pb (شکل ۳) چنانچه مشاهده می‌شود توزیع لاگ، نرمال است، و به سمت چولگی با مقادیر مثبت میل می‌کند. در این هیستوگرام، فاصله‌های گروه‌ها ۱ppm و تعداد کلاس‌ها ۱۳ است. در مجموع، بررسی‌های روی نمودارها و هیستوگرام‌های مربوط به عناصر مورد مطالعه در این تحقیق نشان می‌دهد، جوامع آماری گوناگون در این جا می‌توان مشاهده کرد که در مورد عنصر سرب سه جامعه‌ی آماری دیده می‌شود. البته این مسأله را می‌توان در ساده‌ترین حالت به صورت دو جامعه‌ی آنومالی و غیر آنومالی تلقی کرد.

۴-۴. تبدیل لگاریتمی سه پارامتری

در مواردی که با تبدیل لگاریتمی ساده نتوان داده‌ها را به توزیع نرمال نزدیک کرد، ممکن است با افزودن یا کاستن یک مقدار ثابت از تمام داده‌ها و محاسبه‌ی تبدیل لگاریتمی آن‌ها بتوان، توزیع داده‌ها را به توزیع نرمال نزدیک کرد. تبدیل لگاریتمی به صورت زیر تعریف می‌شود:

b یک مقدار ثابت است و a مقداری است متغیر که با سعی و خطا بدست می‌آید، $z = Ln(bx+a)$. در این جا به عنوان نمونه، مقادیر حساب شده برای عنصر مس آورده شده است (شکل ۴).



شکل ۴. هیستوگرام عددی و لگاریتمی داده‌های نرمال شده‌ی عنصر مس

۵-۴. محاسبه و رسم ضرایب همبستگی عناصر

مقدار وابستگی عناصر گوناگون را می‌توان به صورت یک عدد بیان کرد، ولی در محاسبه‌ی ضریب همبستگی بین نسبت‌های عناصر، با یک مشکل مواجه هستیم: با تقسیم متغیرها بر متغیر دیگر، همبستگی به طور کاذب افزایش می‌یابد و درنتیجه، مشکل مجموع ثابت شدیدتر می‌شود. برای حل این مشکل راه‌حل‌های متفاوتی ارائه شده‌اند که بهترین آن‌ها راه‌حل **اتکینسون** (۱۹۸۶) است [Rolinson, 1993]. برای بررسی همبستگی‌های آماری بین متغیرهای گوناگون، بین عناصر ماتریس همبستگی تشکیل می‌شود. به این منظور، فایل حاوی داده‌های نرمال شده را به محیط نرم‌افزار SPSS/Win انتقال دادیم و در آن‌جا ضرایب همبستگی را به همراه سطح معنی‌دار بودن وابسته به آن‌ها محاسبه کردیم (جدول ۳). مثلاً برای عنصر مس، ارتباط این عنصر با عناصر Ni و Ag بی‌معنی است، در صورتی که با عناصر Zn و Pb دارای ضریب همبستگی مثبت و مقدار آن به ترتیب ۰/۴۰۲ و ۰/۴۳۰ در سطح اعتماد ۹۹ درصد است. (جدول ۳ صفحه ۳۶)

۷-۴. تعیین آنومالی‌های ژئوشیمیایی

روش‌های آماری متفاوتی برای تعیین مقادیر حد آستانه‌ای و آنومالی وجود دارند که با مقایسه‌ی نتایج حاصل از هر روش، آنومالی‌های نهایی انتخاب خواهند شد. این روش‌ها عبارتند از:

الف) روش حد آستانه‌ای $(\overline{X}+2S)$ ب) روش PN ج) روش انفصال آماری

در این پروژه، برای تعیین آنومالی‌ها از روش اول استفاده شده است.

روش حد آستانه‌ای $(\overline{X}+2S)$: معمول‌ترین روش آماری برای تعیین مقدار حد آستانه‌ای، برابر قرار دادن آن با مقدار میانگین یا میانه (یا لگاریتم آن‌ها) به اضافه‌ی یک، دو یا سه برابر انحراف معیار است [Rolinson, 1993]. در این تحقیق، مقدار حد آستانه‌ای برابر مقدار میانگین به اضافه‌ی دو برابر انحراف معیار در نظر گرفته شده است. در این روش، برای تمایز بین آنومالی‌های درجه دو: آنومالی‌های درجه یک، از حد آستانه‌ای به اضافه‌ی انحراف معیار هر متغیر استفاده می‌شود. بدین ترتیب، برای هر متغیر چهار گروه کاملاً متمایز مشخص می‌شود که به صورت زیر است:

مقادیر حد زمینه $\overline{X}+S$

مقادیر حد آستانه‌ای $\overline{X}+2S$

مقادیر آنومالی درجه دو $< \overline{X}+3S$ $> \overline{X}+2S$

مقادیر آنومالی درجه یک $< \overline{X}+4S$ $> \overline{X}+3S$

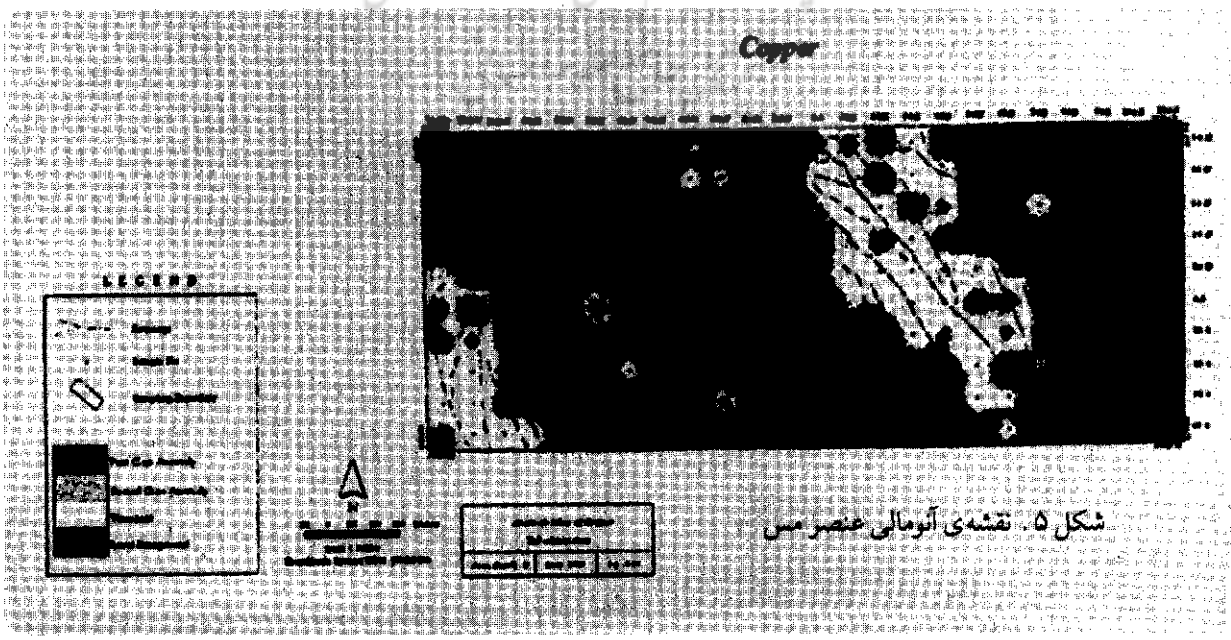
۸-۴. ترسیم نقشه‌های آنومالی حاصل از روش حد آستانه‌ای به اضافه‌ی مقادیری از انحراف معیار

برای نشان دادن نتایج حاصل از روش حد آستانه‌ای که برای جدا کردن جوامع آنومال و غیر آنومال در جامعه‌ی کلی نمونه‌ها به‌کار برده شد، و مقایسه‌ی این نتایج با یکدیگر به منظور رسیدن به امیدبخش‌ترین نواحی برای انجام کارهای تکمیلی و حفاری در مقیاس کوچک، برای هریک از متغیرهای ژئوشیمیایی مورد بررسی نقشه‌ی نمادی رسم کردیم. به‌علاوه، نقشه‌های آنومالی حاصل از روش حد آستانه‌ای به اضافه‌ی مقادیری از انحراف معیار نیز ترسیم شد. این نقشه‌ها که دربرگیرنده‌ی نمونه‌های حد آستانه‌ای، آنومالی درجه دو و آنومالی درجه یک هستند، برای

جدول ۳. محاسبه‌ی ضریب همبستگی برای داده‌های نرمال شده

			Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Ag	Mo
--									
--	Cu	--	۱/۰۰۰	۰/۴۰۲	۰/۴۳۰	۰/۲۴۷	۰/۰۸۵	۰/۰۶۳	۰/۱۳۹
		--	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۱۹	۰/۳۶۰	۰/۰۶۰
		N	۲۱۱	۲۰۱	۲۱۱	۲۱۱	۲۱۱	۲۱۱	۱۸۵
	Pb		۰/۴۰۲	۱/۰۰۰	۰/۶۰۶	۰/۲۱۱	۰/۰۲۰	۰/۱۵۱	۰/۱۱۷
			۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۷۶۳	۰/۰۲۵	۰/۰۹۹
		N	۲۰۱	۲۲۱	۲۲۱	۲۲۱	۲۲۱	۲۲۱	۲۰۱
	Zn		۰/۴۳۰	۰/۶۰۶	۱/۰۰۰	۰/۶۴۶	۰/۴۶۱	۰/۲۴۷	۰/۱۲۶
			۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۷۰
		N	۲۱۱	۲۲۱	۲۳۹	۲۳۹	۲۳۹	۲۳۹	۲۰۷
	Co		۰/۲۴۷	۰/۲۱۱	۰/۶۴۶	۱/۰۰۰	۰/۶۹۵	۰/۳۲۴	۰/۰۰۳
			۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۶۴
		N	۲۱۱	۲۲۱	۲۳۹	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۰۷
	Ni		۰/۰۸۵	۰/۰۲۰	۰/۴۶۱	۰/۶۹۵	۱/۰۰۰	۰/۲۶۵	-۰/۱۱۹
			۰/۲۱۹	۰/۷۶۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۰۰	۰/۰۸۷
		N	۲۱۱	۲۲۱	۲۳۹	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۰۷
	Ag		۰/۰۶۳	۰/۱۵۱	۰/۲۴۷	۰/۳۲۴	۰/۲۶۵	۱/۰۰۰	-۰/۱۶۰
			۰/۳۶۰	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰	۰/۰۲۱
		N	۲۱۱	۲۲۱	۲۳۹	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۰۷
	Mo		۰/۱۳۹	۰/۱۱۷	۰/۱۲۶	۰/۰۰۳	-۰/۱۱۹	-۰/۱۶۰	۱/۰۰۰
			۰/۰۶۰	۰/۰۹۹	۰/۰۷۰	۰/۹۶۴	۰/۰۸۷	۰/۰۲۱	۰
			۱۸۵	۲۰۱	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷	۲۰۷

هریک از عناصر Cu، Pb، Zn، Co، Ni، Ag و Mo جداگانه تهیه شدند. رنگ‌های آبی، زرد، ارغوانی و قرمز، به‌ترتیب نمونه‌های در حد زمینه، آستانه، آنومالی درجه دو و آنومالی درجه یک را نمایش می‌دهند (شکل ۵). برای نمونه، نقشه‌ی آنومالی عنصر مس آورده شده است که با توجه به شکل، در مناطق جنوب شرق و شمال غرب منطقه، آنومالی درجه یک مشاهده می‌شود.



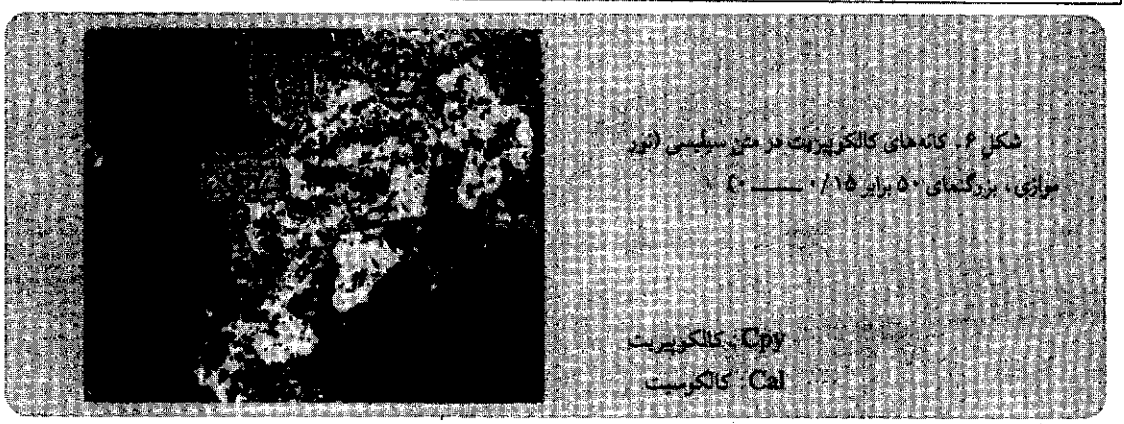
شکل ۵. نقشه‌ی آنومالی عنصر مس

مطالعات مینرالوگرافی و زمین شناسی رگه ها

مطالعات زمین شناسی اقتصادی به نقاط کانه‌سازی معطوف هستند که بیشتر به صورت رگه‌های کوچک و بزرگ در منطقه خود را نمایان می سازند. در قسمت شمال غرب و جنوب شرق منطقه، رگه‌های متعددی به چشم می خورند؛ به‌خصوص در محل‌های کنتاکت آندزیت‌ها با ریولیت‌ها که این رگه‌ها تشکیل شده‌اند. اندازه‌ی رگه‌ها متغیر و به عرض چند سانتی متر (۱۰ تا ۸۰ سانتی متر) و طول چند متر (۰/۵ تا ۵۰ متر) است. در موارد استثنایی، طول به ۳۰۰ متر و ضخامت تا ۱ متر نیز می‌رسد. روند اغلب رگه‌ها شمالی- جنوبی است که بیشتر از روند رگه‌های اصلی منطقه تبعیت می‌کند. کانه‌های اصلی بیشتر مرتبط با مس بوده و شامل مالاکیت، آزوریت و کریزوکولا هستند که در نمونه‌ی دستی نیز قابل مشاهده‌اند. ولی کانه‌های کالکوپیریت، کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، دیژنیت و کوپریت را فقط در مقاطع میکروسکوپی می‌توان مشاهده کرد. دو کانی اول اولیه‌اند و دارای بافت شکافه‌پرکن و گاه قشرگونه‌اند و کانه‌های دیگر از تجزیه‌ی آن‌ها حاصل شده‌اند (شکل ۶). نتایج آنالیز نقطه‌ای باردار از رگه‌ها، نشانگر بالا بودن مقدار عناصر Ag، Zn، Pb و Cu از میانگین طبیعی است. از کانی‌های گانگ همراه با کانه‌ساری نیز می‌توان به سیلیس که بخش اعظم رگه‌ها را تشکیل می‌دهد (تا ۹۰ درصد) و هم‌چنین باریت و اکسیدهای آهن (هماتیت و گوتیت) اشاره کرد. مجموعه کانی‌های تشکیل شده در محدوده، شامل کانی‌های متفاوتی است که در چندین مرحله تشکیل شده‌اند. براساس مطالعات مینرالوگرافی و میکروسکوپی، توالی پاراژنز کانی‌ها در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴. توالی پاراژنز کانی‌ها

کانی	هیدروترمال		سوپرژن	اکسیداسیون
	اولیه	اصلی		
کوارتز - ژاسپروئید	----	----		
هماتیت	----			
سانیدین	----			
سریسیت - کائولینیت	----			
کالکوپیریت		----		
(۱) کالکوسیت		----		
باریت		----	----	
بورنیت			----	
کوولیت			----	
(۲) کالکوسیت			----	
دیژنیت			----	
اکسیدهای آهن	----	----	----	----
کریزوکولا				----
مالاکیت				----
آزوریت				----
کوپریت				----



شکل ۶. کانه‌های کالکوپیریت در متن سیلیسی (نور بازتابی، بزرگنمای ۵۰ برابر ۰/۱۵ ــــ ۰)

Cpy: کالکوپیریت
Cal: کالکوسیت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتیجه‌گیری

۱ . نتایج مطالعات ژئوشیمی نشانگر وجود آنومالی های درجه یک در بخش جنوب شرق و شمال غرب منطقه است .

۲ . با توجه به نتایج مطالعات، پتروگرافی سنگ های منطقه شامل آندزیت و ریولیت است .

۳ . مقدار عناصر Zn، Pb، Cu و Ag در رگه ها از حد میانگین طبیعی بالاتر است .

۴ . با توجه به تقسیم‌بندی **تقی‌زاده** در مورد کانسارهای مس بلوک لوت، رگه های موجود در تل مسی را می توان از نوع اول در نظر گرفت .

۵ . مطالعات خصوصیات رگه های تل مسی نشان می دهد، رگه های منطقه با توجه به داده های موجود، از نوع اپی ترمال سولفید پایین هستند .

پیشنهادات

۱ . مطالعات ژئوفیزیکی (IP) در مقیاس ۱/۱۰۰۰ برای مناطق دارای اولویت؛

۲ . تجزیه‌ی عناصر Au، Ag، Zn، Pb و Cu؛

۳ . نقشه‌ی زمین‌شناسی در مقیاس ۱/۱۰۰۰ همراه با تعیین دقیق مناطق آلتراسیون؛

۴ . انجام مطالعات فلوئید اینکلوژن و ایزوتوپی برای تعیین دقیق نوع تیپ کانی‌سازی و سطح فرسایش؛

۵ . ادامه‌ی فعالیت های اکتشافی روی سنگ های ریولیتی در بلوک لوت که تاکنون گزارش نشده است .

* کارشناسان شرکت زرناب اکتشاف

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱ . اشرف‌پور، ا. (۱۳۸۰). اکتشافات ژئوشیمیایی ورقه‌ی ۱/۵۰۰۰۰ خلخال . رساله‌ی کارشناسی ارشد . دانشگاه شهید بهشتی .

۲ . آمارپردازان (۱۳۷۷) . راهنمای SPSS . انتشارات فارس .

۳ . بهزادی و همکاران (۱۳۷۹) . گزارش زمین‌شناسی و ژئوشیمی شمال غرب بم . شرکت مهندسین مشاور تهران پادیر .

۴ . حسنی پاک، ع . (۱۳۶۲) . اصول اکتشافات ژئوشیمیایی . مرکز نشر دانشگاهی .

۵ . یزدی، م . (۱۳۸۱) . روش های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی . انتشارات دانشگاه شهید بهشتی تهران .

6. Cuddy, S. J. (2000), Litho-faces and Permeability Prediction from Electrical Logs using fuzzy logic, SPE Paper 65411.

7. Cuddy, S. J. (1997) The Application of fuzzy logic to petrophysics, the 38 Annual Logging symposium of the society of professional well log analysts.

8. Foldvary, Maria, 1976, Theory and Practice of regional geochemical exploration, Vogl, Academia, klado, Budapest.

9. Govett, G. L. S., 1994, Hand book of exploration geochemistry, vol. 6, Elsevier.

10. Gubac, J., 1990. Mineral resource evaluation on basis of soil metallometry, Journal of geochemical exploration, vol: 37.

11. Nancy Hambalk, Reinaldo Gozalez, (2003) Fuzzy logic Applied to lihtofaces and permeability forecasting, SPE Paper 81078.

12. Rollinson, H., 1993., Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation, Longman scientific & technical.

13. Sandfoted, R. Fard et al, 1993, an objective replacement method for censored geochemical data, Mathematical. Geology, V. 25, No 1.

14. Shelly, D., 1993, Igneous and Metamorphic Rocks under the microscope, Dep. Geology, University of Canterbury New Zealand, Chapman and Hall-London.

15. Tedesco, S, A., 1995, Surface geochemistry im petroleum exploration, Chapman & Hall, 207P.

16. Zhany. C. & O. selinus. 1998. Statistics and GIS in environmental geochemistry-Some problems and solutions. Journal of geochemical exploration, vol. 64. Vo. 1-3.