

## اکتشاف مقدماتی در محدوده اندیس مس چاه اشکفت اردستان با استفاده از داده های ماهواره ای ETM و مطالعات ژئوشیمیایی به منظور تعیین نقاط امید بخش

فروغ السادات قریشی<sup>\*۱</sup>

### چکیده:

منطقه مورد مطالعه روی نوار ولکانیکی ارومیه - دختر و در فاصله حدود ۱۶۶ کیلومتری شرق اصفهان و حدود ۴۳ کیلومتری جنوب شرق اردستان قرار گرفته است. با توجه به اینکه نوار ولکانیکی ارومیه - دختر دارای پتانسیل بالایی از ذخایر مس می باشد، می توان در این منطقه نیز به شناسایی زون های کانی سازی احتمالی و یا هاله های آلتراسیون در رابطه با کانی سازی مذکور اقدام نمود. در این تحقیق، پس از پی جویی و بازدیدهای اولیه از منطقه و از محدوده کانسار و دیوهای انباشته شده از حفريات قدیمی نمونه برداری های اولیه به عمل آمد و جهت شناخت کلی از منطقه با استفاده از داده های ماهواره ای ETM و مطالعات میدانی، نقشه زمین شناسی و توپوگرافی و نیز نقشه آلتراسیون با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از محدوده موردنظر تهیه گردید. در ادامه جهت شناخت مناطق مستعد کانی سازی حدود ۱۲۰ نمونه ژئوشیمی از رسوبات آبراهه ای برداشت و مورد آنالیز ۴۴ عنصری قرار گرفت که از این تعداد نمونه، حدود ۲۰ درصد آنها عیار بین ۵۰ تا ۲۰۰ PPM را داشتند و در نهایت نقشه ژئوشیمی محدوده مورد نظر تهیه گردید. به منظور تعیین قابلیت کانه زایی و ارتباط زایش فلزات مختلف با مس، نمونه برداری از رخنمون های سنگی بر حسب قابلیت دسترسی و وضعیت رخنمونها انجام شد که در مجموع حدود ۱۰ نمونه برداشت و مورد آنالیز XRD و نیز مطالعات پتروگرافی (تهیه و مطالعه مقاطع نازک و صیقلی) قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی و XRD، کانی های غالب در منطقه عبارتند از: پرهنیت و پومپلی ایت، مالاکیت، آزوریت، کلسیت، کوارتز، همتایت، اپیدوت، سرسیت و کلریت و نیز کانی سازی در سنگ های بازالت، الیوین بازالت حفره دار، آندزیت و تراکی آندزیت شکل

### واژه های کلیدی:

ارومیه دختر گرفته است. در مجموع نتایج به دست آمده بیانگر پتانسیل مس قابل توجهی در منطقه می باشد. داده های ماهواره ای ETM، آلتراسیون، ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای، مطالعات پتروگرافی، نقاط امید بخش.

### ۱- مقدمه

وجود ذخائر با ارزش و متنوع مواد معدنی مخصوصاً فلزات یکی از مواهب الهی است، که به این کشور ارزانی شده و از آن می توان به صور مختلف در صنایع استفاده کرد. در این راستا پتانسیل های فلزی موجود می تواند در صورت شناسائی و اکتشاف در زمره بهترین مواد فلزی قلمداد شود، که از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از این پتانسیل ها منطقه چاه اشکفت اردستان می باشد که در گذشته های دور در این منطقه عملیات معدنی محدود و پراکنده و عمدتاً سطحی و بعضاً نیز عمقی صورت گرفته که به علت عدم

<sup>۱</sup> - کارشناس سازمان نظام مهندسی معدن استان اصفهان، لیسانس مهندسی معدن با گرایش اکتشاف از دانشگاه صنعتی اصفهان، [foroughhoreishi@gmail.com](mailto:foroughhoreishi@gmail.com)

رعایت مسائل کارشناسی و پارامترهای علمی، نتایج چندان مثبتی را در بر نداشته و در همان بدو کار متوقف گردیده است. لذا هدف این تحقیق انجام اکتشاف سیستماتیک با استفاده از آخرین متدها، جهت دسترسی به ذخائر قابل قبول از نظر کمی و کیفی می باشد. تعدادی چاه استخراج در امتداد گسلها و شکستگی ها در گذشته حفر و اقدام به استخراج کانسار و حمل آن شده است. همچنین وجود سرباره در این محدوده نشان از ذوب سنگ مس در گذشته می باشد. به نظر می رسد افرادی که در گذشته در محدوده اقدام به عملیات معدنی نموده اند، قصد استخراج را داشته اند. البته در اثر گذشت زمان و عوامل طبیعی مانند سیل و غیره بعضی از این چاه ها پر شده اند.

## ۲- زمین شناسی منطقه ای

قدیمی ترین رخنمون در منطقه مورد مطالعه مربوط به رسوبات و سنگهای آتشفشانی دوره کرتاسه بالایی می باشد که بخشهای شرقی و جنوب شرقی منطقه را می پوشاند. این گروه از سنگها شامل اولترابازیک ها (مخلوط رنگین)، آمفیبولیت ها، نوریت و هارزبرژیت سرپانتینی شده، رودنگیت و دایک های مربوط به آن، آهک های رادیولازیت دار تغییر ساختار یافته، برش های آتشفشانی، بازالت و دیاباز و آهک های گلوبوترونکانا و چرت دار می باشند. بر روی این رسوبات، نهشته های سنوزوئیک متشکل از ائوسن، اولیگوسن، میوسن و بالاخره پلئوسن قرار می گیرند. سنگهای اولیگوسن نیز متشکل اند از گدازه های آندزیتی-بازالتی همراه دیاباز و مارن و ماسه سنگ و کنگلومرا و آهک های تخریبی که بیشتر بخش جنوبی منطقه را در بر می گیرد. ماسه سنگ و مارن های قرمز رنگ همراه کنگلومرا و توف و داسیت نیز مشاهده می گردد که به میوسن تعلق دارند و بخش میانی منطقه را با روند تقریباً شرقی- غربی پوشش می دهند. در پایان نیز سنگهای پلیوسن متشکل از مارن های زرد رنگ ماسه دار و ترکیبات داسیتی بشکل گنبد و نهایتاً کنگلومرا و ماسه سنگهای صورتی رنگ، این سری از پلیوسن را پایان می دهد.

## ۳- عملیات پی جویی و بررسی زمین شناسی محدوده و خصوصیات کانسنگ

محدوده مورد نظر را کلاً سنگهای آتشفشانی شامل توف و گدازه های آندزیتی و دیاباز و ندرتا دیوریت می پوشاند که از نظر سنی به ائوسن تعلق دارند. در قسمت های شرقی محدوده ماسه سنگ قرمز رنگ و کنگلومراهای خاکستری و صورتی رنگ نیز مشاهده می گردد. امتداد طبقات شرقی - غربی تا شمال شرقی - جنوب غربی با شیب کم است.

تعدادی گسل و شکستگی که اکثراً روندی مشابه روند سنگها را دارند (گسل و شکستگیهای طولی)، به طور عمودی عمل کرده اند. کانی سازی و تجمع کانسار مس احتمالاً با عملکرد این پدیده ها در ارتباط بوده است. بررسی های اجمالی نشان داد که کانی غالب در محدوده مالاکیت می باشد (البته در سطح) که به طور پراکنده حتی در واریزه ها و رسوبات آلوویم و در دره ها و آبراهه ها پخش گردیده است. یک نمونه صحرایی که به طور مخلوط و پراکنده در مسیر گسل ها و سنگهای همبر برداشت و آنالیز گردید، درصد کانی مس را ۱/۵۵٪ نشان داد.

## ۴- مطالعات دورسنجی

## ۴-۱- مقدمه

سنجش از دور<sup>۱</sup> تکنیکی است که توانایی اندازه گیری انرژی الکترومغناطیس را در باندهای طول موجهای مختلف امکان پذیر می سازد. امروزه از تکنیک های دور سنجی در جهان استفاده های فراوانی می شود که یکی از کاربردهای مهم آن در اکتشاف ذخایر معدنی می باشد. تکنیک های دور سنجی پی جوئی یک محدوده وسیع را با دقت و سرعت بالا و هزینه کم امکان پذیر می سازد. به کلیه تغییرات شیمیایی و کانی شناسی که تحت تأثیر آبهای ماگمایی و یا گرمایی در سنگها ایجاد می شود آلتراسیون می گویند. دگرسانی هیدروترمال نیز عبارت است از، یک سری فرآیندهای بسیار پیچیده که شامل تغییرات مینرالوژیکی، شیمیایی و بافتی می شود و تحت شرایط فیزیکو شیمیایی خاص، در اثر واکنش بین سیالات گرمایی با سنگهایی که در مسیر این سیالات می باشد، روی می دهد. عوامل اصلی کنترل کننده این فرآیند عبارتند از: طبیعت سنگ دیواره، ترکیبات سیالات، غلظت، شدت فعالیت و پتانسیل شیمیایی اجزای موجود در سیال مانند دی اکسید کربن، اکسیژن، گوگرد و یونهای پتاسیم، هیدروژن و غیره.

## ۴-۲- تشخیص آلتراسیون های احتمالی با استفاده از داده های ماهواره ای ETM

بر روی داده های فوق ابتدا تصحیحات هندسی به روش تصویر به تصویر با استفاده از نقشه اسکن شده و مکان مرجع شده توپوگرافی و زمین شناسی و موقعیت GPS چند نقطه بر روی زمین در سیستم تصویر UTM و سپس تصحیحات توپوگرافی و رادیومتریک، صورت گرفت.

پس از انجام پیش پردازش های فوق، پردازش داده های ETM برای تشخیص محدوده های آلتراسیون (از نوع کانی های رسی دارای بنیان OH) و همین طور اکسید های آهن محدوده چاه اشکفت با استفاده از روش تقسیم باندها و ترکیب رنگی مجازی صورت گرفت. در روش تقسیم باندها با توجه به اطلاعات موجود در باندهای مختلف باندهایی که مناسب شناخته می شوند، بر هم تقسیم می شوند. این نسبت باید باعث ایجاد تمایز برای بدست آوردن نتیجه دلخواه شود در غیر این صورت نمی تواند جهت بدست آوردن آن اطلاعات خاص مفید واقع شود. جهت تشخیص هر آلتراسیون چندین نسبت باندی مناسب و نیز ترکیبات رنگی مختلف گرفته شد و از تلفیق همه این نسبت ها مناطق مشکوک به دست آمد. حاصل این پردازش ها تفکیک چند زون مشکوک بود که این زون های مشکوک عبارتند از: زون آلتره آرزیلیکی، زون هیدروترمال، زون آلتره، رس ها و سنگ های غنی از آهن (شکل شماره ۱).

## ۵- پی جویی و برداشت زمین شناسی و تهیه نقشه زمین شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰

در این مرحله با استفاده از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شهراب و نیز با پردازش و تفسیر داده های ماهواره ای منطقه و ساخت ترکیب رنگی مجازی ۷-۴-۱ (شکل شماره ۲)، خصوصیات زمین شناسی محدوده اکتشافی چاه اشکفت مورد بررسی قرار گرفت که ضمن شناخت بهتر از منطقه تعدادی از واحد های لیتولوژیکی و ساختارهای خطی خاص تشخیص داده شدند. سپس با توجه به نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه، زمین شناسی منطقه ای، تصاویر ماهواره ای و عملیات صحرایی محدوده اکتشافی، نقشه زمین

<sup>۱</sup> RemoteSensing

شناسی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده اکتشافی چاه اشکفت در سیستم تصویر متریک (UTM) تهیه گردید (شکل شماره ۳)

سپس به کمک این نقشه اقدام به برداشت زمین شناسی در منطقه گردید که ماحصل این برداشت ها در شکل های شماره ۵ و ۶ و ۷ آمده است.

#### ۶- ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای

##### ۶-۱- نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای<sup>۱</sup>

به منظور برداشت نمونه از رسوبات آبراهه ای ابتدا شبکه نمونه برداری سیستماتیک از آبراهه ها با توجه به موقعیت آبراهه ها و مطالعات زمین شناسی انجام گرفته، تهیه گردید. سپس نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای انجام شد، نمونه برداری به این صورت انجام شد که پس از برداشتن حدود ۳۰-۲۰ سانتی متر از خاک روی سطح، حدود ۱ کیلوگرم از خاک زیرین با الک معمولی الک شده، سپس از الک ۸۰ مش نیز عبور داده شدند و حدود یک چهارم خاک عبور داده شده از الک ۸۰ مش (حدود ۲۰۰ گرم) در کیسه نمونه ریخته شده و جهت آنالیز ۴۴ عنصری به روش ICP-MS به کشور استرالیا ارسال گردید.

##### ۶-۲- تهیه نقشه ژئوشیمیایی و آنومالی های بدست آمده از نتایج آنالیز

پس از نمونه برداری و آنالیز رسوبات آبراهه ای و انجام مطالعات آماری و دسته بندی عیارها، نتایج نهایی به همراه مناطق آنومالی روی نقشه آبراهه ها پیاده گردید (شکل شماره ۴). بر اساس نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه ها، حدود ۲۰ درصد نمونه ها دارای عیار مس بین ۵۰ تا ۲۰۰ PPM بودند که مناطق آنومالوس را تشکیل می دادند و حدود ۴۰ درصد نمونه ها نیز دارای عیار مس بین ۴۰ تا ۵۰ PPM بودند که مناطق دارای آنومالی ضعیف را شامل می شدند و بقیه نمونه ها نیز زمینه را تشکیل می دادند. در جدول شماره ۱ نتایج آنالیز مس تعدادی از نمونه های ژئوشیمیایی مناطق آنومالی آمده است.

#### ۷- مطالعات پتروگرافی

به منظور انجام مطالعات جامع پترولوژی و پتروگرافی در محدوده اکتشافی، نمونه های متعددی از واحدهای سنگی گوناگون، سنگ های همبر (کمر بالا و کمر پائین زون های حاوی ماده معدنی)، زون کانی ساز و رگه های معدنی مس به طور سیستماتیک و اصولی برداشت و به آزمایشگاه های معتبر ارسال شد. که پس از انجام آزمایشات و تست های مورد نظر، نتایج به دست آمده، به صورت گزارش های جداگانه آزمایشگاهی برای هر نمونه، تهیه گردید. روش بررسی و مطالعه پتروگرافی نمونه ها بدین صورت بوده که از نمونه های برداشتی ابتدا مقاطع نازک و صیقلی تهیه و سپس از طریق میکروسکوپی بافت، ریخت، شکل و پاره ای خصوصیات فیزیکی نمونه و میکروسکوپی با پرتو پلاریزان نور انعکاسی، انواع کانی های فلزی و غیر فلزی در نمونه، درصد، تعداد، تغییرات و تبدیل یک کانی به کانی دیگر و ژنز و پاراژنز و بالاخره کانی اصلی و کانی های فرعی نمونه تعیین گشته است. ماحصل نتایج این مطالعات به این صورت بود که کانی سازی در سنگهای بازالت، الیوین بازالت حفره دار، آندزیت و تراکی آندزیت صورت گرفته، بافت عمده سنگ های منطقه عبارتند از بافت پورفیری، پورفیروبلاستیک، گلومروفیری و تراکیتی. کانی های اوپاک در نمونه ها

<sup>1</sup>Stream Sediment

عبارتند از: اکسید و هیدروکسید آهن و کانی های مس به صورت ملاکیت و آزوریت. در ضمن کانی های اوپاک در اثر دو فرآیند تشکیل شده اند: الف) به عنوان جزئی از تبلور کانی های ماگمایی و ب) در اثر دگرسانی.

علاوه بر مطالعه مقاطع نازک و صیقلی، تعدادی نمونه نیز از مناطق کانی سازی جهت مطالعات کانی شناسی به روش XRD ارسال گردید. ماحصل نتایج این مطالعات و تلفیق آنها با نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی (مقاطع نازک و صیقلی)، وجود کانیهای ذیل را در منطقه نشان داد:

پلاژیوکلاز، پیروکسن، کلریت، اپیدوت، آنالسیم، کلسیت، پرهنیت  $(Ca_2Al_2Si_3O_{10}[OH]_2)$ ، پومپلی ایت  $(Ca_2Al_3Si_3O_{11}[OH]_3)$ ، کوارتز، آلبیت، ملاکیت، آزوریت، ارتوکلاز، میکا، اپلیت و هماتیت.

#### ۸- تلفیق کلیه اطلاعات و نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات دورسنجی، عملیات میدانی، نقشه های تهیه شده، نمونه برداری ها و نیز مطالعات پتروگرافی و کانی شناسی در محدوده مورد نظر، در مورد تیپ کانسار دو نظریه می تواند وجود داشته باشد:

۱- تیپ مس بازالتی<sup>۱</sup>: به دلیل مشاهده کانی سازی در توده بازالتی در جنوب غرب کنده کاری های قدیمی و مطالعات پتروگرافی و نیز به دلیل مشاهده کانی های پرهنیت و پومپلی ایت در نمونه های حاوی کانی سازی مس که وجود این کانی ها می تواند ردیاب خوبی برای این تیپ کانی سازی مس باشد.

کانی پرهنیت به رنگ سفید، خاکستری و سبز مایل به زرد می باشد. گاهاً نور از آن عبور می کند. دارای جلای شیشه ای و سختی ۶/۵ بوده و معمولاً کمتر دارای شکستگی است. وزن مخصوص آن ۲/۸ تا ۳ می باشد. این کانی معمولاً در سنگ های بازیک آلتزه شده هیدروترمالی یافت می شود (مانند گابرو و دیاباز و بازالت) و نیز از پلاژیوکلاز های بازیک مشتق می گردد. این تیپ مس در درجه حرارت پایین و فشار بالا تشکیل می شود و کانی سازی مس در حفره های بازالت و به صورت پرکننده درزه ها و شکاف ها دیده می شود.

۲- تیپ مس پورفیری<sup>۲</sup>: به دلیل وجود کانی سازی در سنگ های آندزیت پورفیری در بعضی از نمونه های گرفته شده و وجود فعالیت های ماگمایی که به صورت دایک در اطراف محل ذخیره در سطح زمین ظاهر شده اند، می تواند حاکی از وجود کانی سازی تیپ مس پورفیری باشد.

لازم به ذکر است جهت دستیابی به اطلاعات بیشتر در مورد تیپ کانی سازی بایستی مطالعات بیشتری روی محدوده مذکور انجام گیرد.

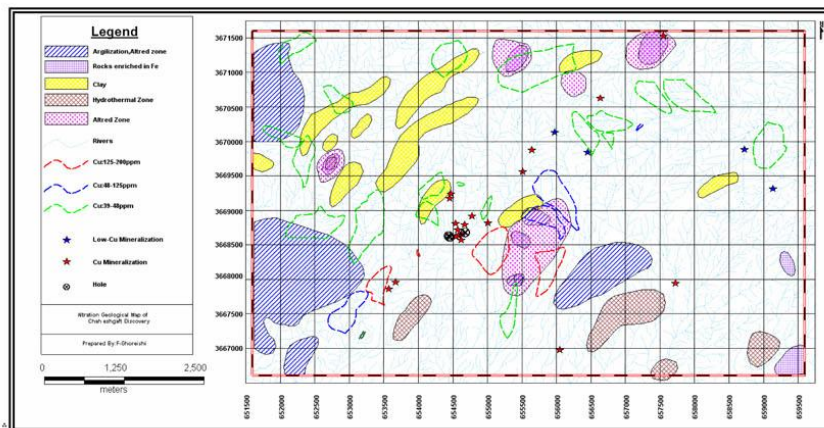
<sup>1</sup>- Basaltic Copper Type  
<sup>2</sup>- Porphyric Copper Type

## منابع:

- ۱- برداشت های صحرائی نگارنده.
  - ۲- پایگاه ملی داده های علوم زمین ایران ([Http://www.ngdir.com](http://www.ngdir.com)).
  - ۳- پل ام میذر، ترجمه نجفی دیسفانی، پردازش کامپیوتری تصاویر سنجنش از دور، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها، ۱۳۷۷.
  - ۴- حسنی پاک، علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۲.
  - ۵- حسنی پاک، علی اصغر، شرف الدین، محمد، تحلیل داده های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.
  - ۶- زمین شناسی اقتصادی (ECONOMIC GEOLOGY)، کانسار فلزات سنگین، نگارش دکتر حسین عرفانی، ۱۳۴۸.
  - ۷- شناخت سنگها (روشهای شناخت کانی ها) جلد ۲، دکتر عبدالکریم قریب، ۱۳۸۲.
  - ۸- شیمی آلی، تألیف HOLLEMAN-WIBERG، چاپ ۵۶-۴۷، ۱۹۶۰.
  - ۹- علیزاده ربیعی، ح، سنجنش از دور (اصول و کاربرد)، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها.
  - ۱۰- کانسارهای مس در ایران، تألیف ناصر خوئی، منصور قربانی و پیمان تاجبخش، ۱۳۷۸.
  - ۱۱- لگ، کریستوفر، ترجمه فرهنگ جاه، دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی نیروهای مسلح.
  - ۱۲- مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن، آبانماه ۱۳۸۵، دانشگاه صنعتی اصفهان.
  - ۱۳- مجموعه مقالات کنفرانس مهندسی معدن ایران، ۱۳۸۳ (جلد اول)، ۱۲-۱۴ بهمن ماه ۱۳۸۳، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.
  - ۱۴- نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ شیت انارک.
  - ۱۵- نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ شیت شهرآب، سازمان زمین شناسی کشور و اکتشافات معدنی کشور، تهیه شده توسط ع. بحروری، م. فنودی، ع. ر. باباخانی.
  - ۱۶- ورقه ۱:۱۰۰،۰۰۰ ژئوشیمیایی زواره، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- 17 - Vincent, R. K. 1997. Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing Bowling Green State University.

ردیف	کد نمونه	عیار مس بر حسب PPM	ردیف	کد نمونه	عیار مس بر حسب PPM
۱	86-CH-21	۵۰	۱۱	86-CH-91	۱۹۵
۲	86-CH-82	۱۷۰	۱۲	86-CH-82	۱۴۲
۳	86-CH-53	۱۸۰	۱۳	86-CH-15	۸۵
۴	86-CH-119	۱۳۰	۱۴	86-CH-04	۵۰
۵	86-CH-59	۵۰	۱۵	86-CH-45	۹۳
۶	86-CH-117	۱۳۰	۱۶	86-CH-120	۱۰۲
۷	86-CH-27	۷۰	۱۷	86-CH-77	۹۷
۸	86-CH-07	۶۰	۱۸	86-CH-18	۸۶
۹	86-CH-109	۱۶۳	۱۹	86-CH-90	۱۶۴
۱۰	86-CH-01	۱۵۰	۲۰	86-CH-62	۱۸۰

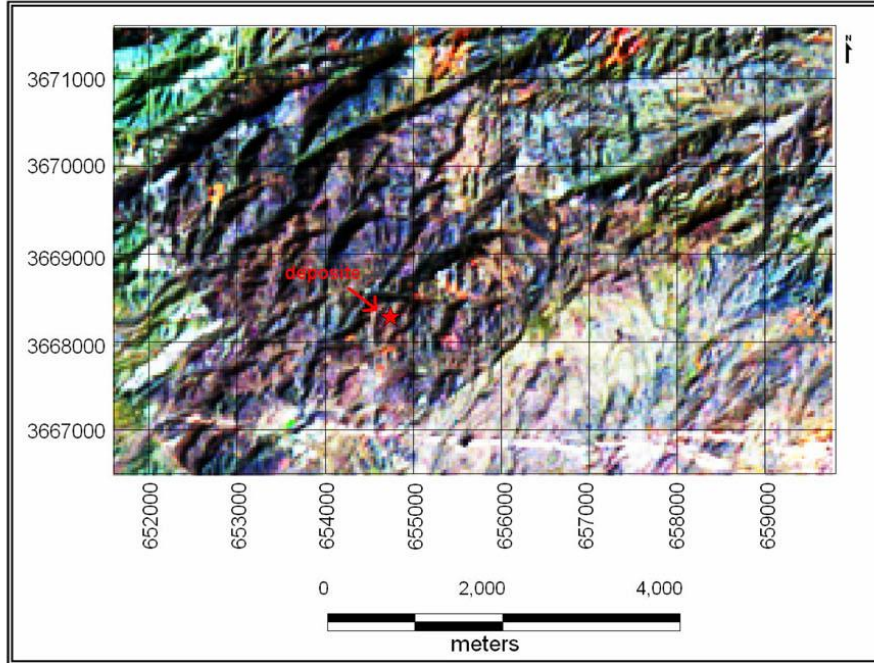
جدول شماره ۱- نتایج آنالیز عنصر مس در تعدادی از نمونه های ژئوشیمیایی



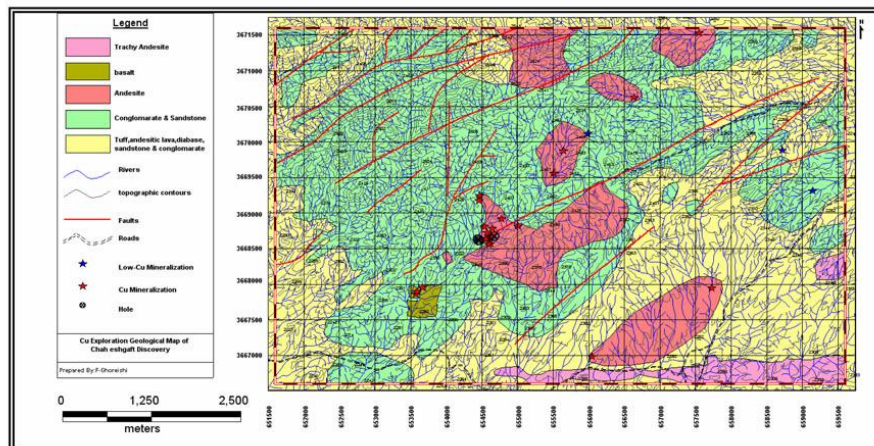
شکل

شماره ۱- نقشه آلتراسیون های منطقه



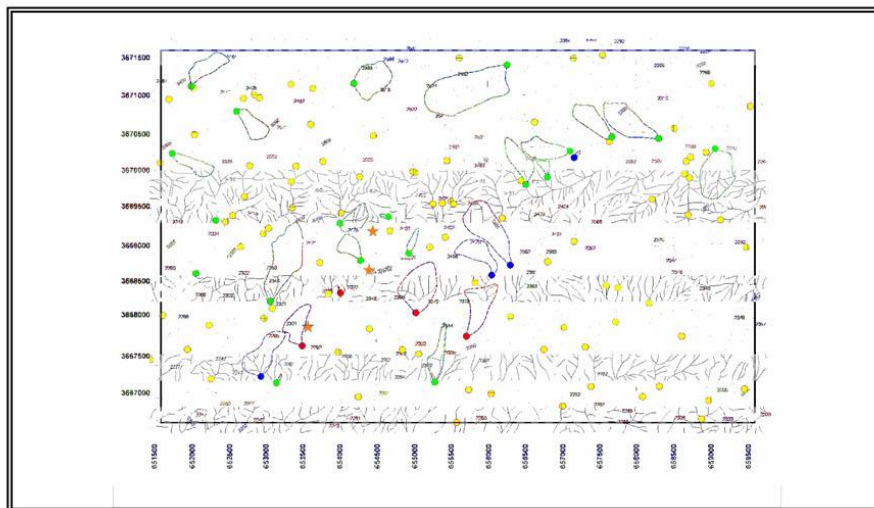


شکل شماره ۲- ترکیب رنگی مجازی ۱-۴-۷

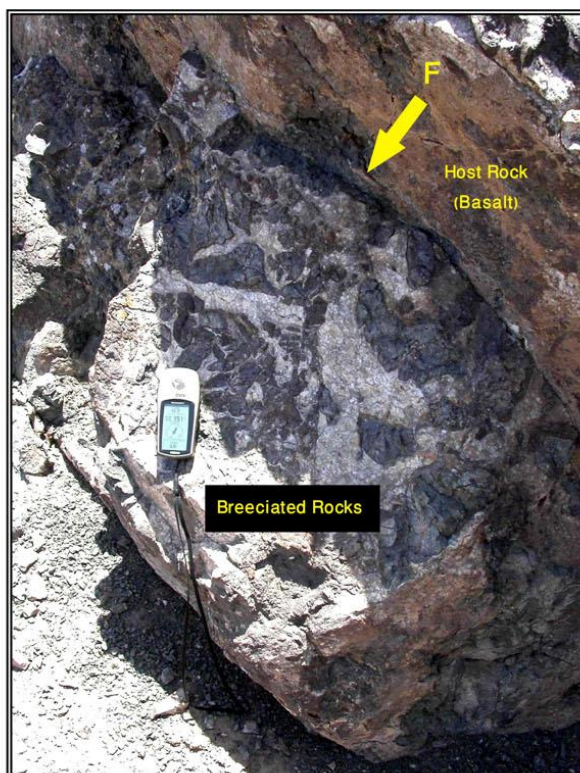


شکل شماره ۳- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰





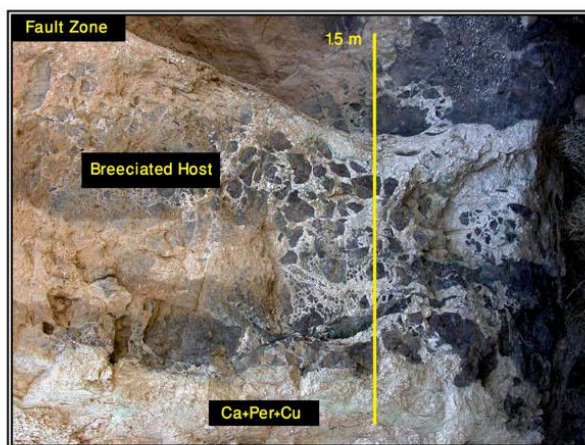
شکل شماره ۴- نقشه آنومالی ژئوشیمیایی منطقه



شکل شماره ۵- نمایی از سنگ میزبان برشی در بازالتی و سنگهای منطقه



شکل شماره ۶- رگه های پرهنیت و کلسیت و نیز کانی سازی مس در سنگ میزبان بازالتی



شکل شماره ۷- زون گسله دارای سنگ میزبان خرد شده به همراه کانی سازی مس و نیز پرهنیت و کلسیت