

# جدایش بی‌هنجاری‌های عناصر، بر پایه داده‌های ژئوشیمی سطحی خاک در کانسار مس پورفیری کهنک - شمال خاوری اصفهان

حمید هراتی<sup>۱\*</sup>، احمد خاکزاد<sup>۲</sup>، نعمت‌اله رشیدزاد عمران<sup>۳</sup>، هوشنگ اسدی هارونی<sup>۴</sup>، سیدجواد مقدسی<sup>۵</sup>، پیمان افضل<sup>۶</sup>، رضا اصفهانی پور<sup>۷</sup> و سیمین هراتی<sup>۸</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

<sup>۳</sup> استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۴</sup> استادیار، دانشکده معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

<sup>۵</sup> استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

<sup>۶</sup> استادیار، گروه مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

<sup>۷</sup> کارشناسی ارشد، شرکت صنایع ملی مس ایران، تهران، ایران

<sup>۸</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۶

## چکیده

کانسار مس پورفیری کهنک در کمان ماگمایی ارومیه- دختر، در شمال خاوری اصفهان قرار دارد. در پیرامون کانسار، سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن با دامنه‌ای از ترکیب بازالتی، تراکی آندزیتی تا داسیتی برنزد دارند. توده‌های نیمه‌ژرف و نیمه‌آتشفشانی گرانیتویدی، عامل دگرسانی و کانی‌سازی، در چند ضرابان ماگمایی از الیگوسن تا میوسن، در مجموعه سنگ‌های ائوسن جایگزین شده‌اند. این توده‌ها ترکیب مونوزدیوریت، کوارتزدیوریت، گرانودیوریت تا گرانیت و بافت پورفیریویدی دارند. پهنه‌های دگرسانی و کانی‌سازی، به‌صورت کلاسیک در این کانسار گسترش دارند. نمونه‌برداری سطحی از خاک، به‌طور سیستماتیک با شبکه‌بندی منظم در نیم‌رخ‌هایی به فاصله ۵۰ متر و نمونه‌برداری در طول نیم‌رخ‌هایی به فاصله ۲۵ متر صورت پذیرفت. ۲۵۶۴ نمونه به روش ICP-OES تجزیه ۴۳ عنصری شدند. در نقشه‌های بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عملکرد همزمان گسل‌ها به همراه دیگر ساختارهای زمین‌ساختی، شرایط آب‌وهوایی، دگرسانی و فرسایش در ظهور این بی‌هنجاری‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. همچون بی‌هنجاری‌های لیئوژئوشیمیایی در این پژوهش نیز، بیشترین مقدار پراکندگی مس در خاور و مرکز منطقه، طلا در باختر و مرکز منطقه و مولیبدنیم در هر سه بخش منطقه به چشم می‌خورد که بازتابی از دقت نمونه‌برداری از خاک برجا و درستی و دقت تجزیه دستگاهی در انطباق با پهنه‌های دگرسانی و کانی‌سازی در این کانسار است. در نمودارهای همبستگی عناصر، همبستگی مناسبی میان دو عنصر مس و طلا دیده می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی، توزیع فراوانی، نقشه‌های بی‌هنجاری، کانسار مس پورفیری کهنک، شمال خاوری اصفهان

Email: Hamid.harati437@yahoo.com

\*نویسنده مسئول: حمید هراتی

## ۱- پیش‌گفتار

در ساپردازه کار مطالعات را با حفر نزدیک به ۲۰ حلقه گمانه با ژرفای میانگین حدود ۲۰۰ متر ادامه داد (اسدی‌هارونی، ۱۳۸۵). از سال ۱۳۸۹ این محدوده به شرکت ملی صنایع مس ایران واگذار شد. هم‌اکنون محدوده این کانسار در حال حفاری و مطالعات تفصیلی است. تاکنون دو مورد رساله دکتری با موضوع‌های دورسنجی و ژئوشیمی (فرمهبنی‌فراهانی، ۱۳۸۷) و مطالعه مدل‌های جداسازی زون‌های گوناگون با روش‌های فرکتالی (افضل، ۱۳۸۹) در این محدوده به انجام رسیده است. هدف از این پژوهش، بررسی داده‌های ژئوشیمیایی حاصل از تجزیه نمونه‌های خاک برجای سطحی و جدایش بی‌هنجاری‌های عناصر در کانسار مس پورفیری کهنک است.

## ۲- زمین‌شناسی و کانه‌زایی

کانسار مس پورفیری کهنک، از دید زمین‌شناسی، در پهنه آتشفشانی ارومیه- دختر (Schroder, 1944) یا مجموعه ماگمایی ارومیه- دختر (Alavi, 2004) قرار گرفته است. این مجموعه ماگمایی در ارتباط با فرورانش سنگ‌کره نوع آند توصیف شده است که از ژوراسیک پایانی تا عهد حاضر فعال بوده است (Berberian & King, 1981; Berberian et al., 1982). این کمان ماگمایی بخشی از کمربند آلپ- هیمالیا بوده و با راستای شمال باختری- جنوب خاوری بزرگ‌ترین کمربند مس ایران را در خود جای داده است (Alavi, 1994). به‌گونه‌ای که کانسارهای مهم مس از جمله سرچشمه کرمان و سونگون اهر بر روی آن قرار گرفته‌اند

کانسار مس پورفیری کهنک در ۷۳ کیلومتری شمال خاوری اصفهان و ۱۰ کیلومتری خاور دهستان زفره قرار دارد (شکل ۱). این کانسار بخشی از کمان ماگمایی ارومیه- دختر در ایران مرکزی است که به‌صورت خطی و مجموعه‌ای از توده‌های نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی، به عرض ۵۰ تا ۱۵۰ و به طول ۱۷۰۰ کیلومتر، به موازات نوار کوهزایی زاگرس و در تمام طول آن کشیده شده است. این کمان ماگمایی از واحدهای سنگ‌شناسی متفاوتی شامل توده‌های نفوذی کوچک و بزرگ از گرانیت، دیوریت، گابرو، گدازه‌های بازالتی، تراکی‌بازالت، (به‌طور محلی شوشونیتی)، تراکیت، آندزیت، داسیت، آذرآواری‌ها (بیشتر توف و آگلومرا)، ایگنمبریت و توده‌های ژرف تا نیمه‌آتشفشانی اسیدی- حدواسط است. جوان‌ترین سنگ‌ها (بیشتر جریان‌های گدازه‌ای و آذرآواری) مربوط به مخروط‌های آتشفشانی پلیوسن- کواترنری، با ماهیت آلکالن و کالک‌آلکالن هستند (Arvin et al., 2003). در طول کمان ماگمایی ارومیه- دختر کانسارهای مس پورفیری بزرگی قرار دارند (شکل ۲) که از مهم‌ترین آنها می‌توان به کانسار سرچشمه، میدوک، دره‌زرشک و سونگون اشاره کرد (Forster, 1978; shahabpour, 1994). کانسار مس پورفیری کهنک اولین بار، در سال ۱۳۸۱ توسط شرکت RioTinto شناسایی و مطالعات مقدماتی روی آن انجام شد. در طول این مطالعات حدود ۱۵۰ نمونه ژئوشیمیایی خاک به‌طور سیستماتیک و ۵۰ نمونه سنگ از رخنمون‌ها برداشت شد. سپس نقشه زمین‌شناسی و دگرسانی این محدوده تهیه شد. از سال ۱۳۸۳ به بعد شرکت

دریافت عناصری مانند طلا توسط دستگاه حذف شد. در ادامه، با استفاده از نرم‌افزار RockWorks نمودارهای توزیع فراوانی عناصر اصلی شامل مس، طلا، مولیبدیم، آرسنیک و نقره رسم شد (شکل ۱۰) و برپایه این نمودارها نقشه‌های بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی برای این عناصر تهیه شد (شکل ۱۱).

#### ۴- توزیع فراوانی عناصر

در اینجا به بررسی و تحلیل نمودارهای توزیع عناصر Au، Cu، Mo، Ag، As پرداخته شده است. بر این اساس توزیع مس در نمونه‌ها عادی نیست و میانگینی برابر با ۱۲۳/۷ ppm را نشان می‌دهد (شکل ۱۰). بیشترین عیار مس در خاک‌های سطحی، به حدود ۰/۱ درصد می‌رسد. حد آستانه‌ای مس، با توجه به توزیع غیرعادی، برابر حد میانه و ۸۸ ppm است (Davis, 2002). توزیع طلا، با توجه به اینکه فراوانی کم عیار آن بالا و تعداد با عیار به نسبت بالا، کم است، از الگوی L پیروی می‌کند. میانگین عیار طلا در نمونه‌های سطحی خاک برابر با ۸ ppb است و بیشترین عیار طلا در این نمونه‌ها به حدود ۱۸ ppb می‌رسد. با این حال، چون توزیع طلا از توزیع عادی پیروی نمی‌کند، حد آستانه‌ای برابر با حد میانه ۵ ppb است. توزیع مولیبدیم نیز از توزیع پواسون پیروی می‌کند. میانگین مولیبدیم در خاک ۱/۹ ppm است. حد میانه و آستانه‌ای مولیبدیم در خاک ۰/۹۲ ppm است و بیشترین عیار آن به ۵۷ ppm می‌رسد. برای آرسنیک نیز الگوی L دیده می‌شود. میانگین این عنصر برابر با ۱۶/۱ ppm و برای محیط زیست بیشتر از حد مجاز است (Adriano, 1986). حد آستانه‌ای و میانه آن برابر با ۱۵ ppm است. عنصر نقره توزیع پواسون دارد و میانگین آن برابر با ۰/۲۳ ppm است. بی‌هنجاری این عنصر تا حدودی مشابه با بی‌هنجاری طلا است.

#### ۵- نقشه‌های بی‌هنجاری

با استفاده از نمودارهای توزیع عناصر و در محیط RockWorks، نقشه‌های بی‌هنجاری عناصر تهیه شد (شکل ۱۱). برای برآورد توزیع عیار از روش مجذور عکس فاصله و شبکه‌بندی منطقه به سلول‌هایی در ابعاد ۵ در ۱۰ متر در دو سوی X و Y پیروی شده است. این ابعاد، با توجه به ابعاد شبکه برداشت نمونه‌های خاکی تعیین شده است. برپایه نقشه‌های رسم شده، بیشترین بی‌هنجاری مس در خاور و مرکز محدوده و در محل برخورد گسل‌ها یا نزدیک به آنها قرار دارد. این عنصر بیشتر در دگرسانی‌های پتاسیک و فلیک و در واحدهای سنگی مونوزودیوریتی قرار دارد و عیار آن در نمونه‌های سطحی خاک به ۰/۱ درصد هم می‌رسد. با توجه به بالا رفتن میزان آهن در نمونه‌های مس‌دار در بخش‌هایی از کانسار، به نظر می‌رسد در این مناطق مس به دلیل تحرک پذیری بیشتر نسبت به آهن تهی شده است. هر چند نقشه‌های بی‌هنجاری عنصر طلا پراکندگی آن را در هر سه بخش نشان می‌دهد، ولی بیشترین آن در بخش مرکزی و در همراهی با مس متمرکز است و عیار آن در این بخش به ۱۸۸ ppb در نمونه‌های سطحی خاک می‌رسد. بی‌هنجاری‌های عیار بالای طلا در حاشیه گسل‌ها یا در تقاطع آنها قرار دارند. مولیبدیم در هر سه بخش کانسار بی‌هنجاری نشان می‌دهد، ولی بهترین بی‌هنجاری آن در باختر منطقه و در نقطه تقاطع چندین گسل قرار دارد. در این نقطه، عیار آن در خاک‌های سطحی منطقه به بالای ۵۷ ppm می‌رسد. بی‌هنجاری‌های نقره در محلی دور از گسل‌ها قرار دارند و در سه بخش پراکنده‌اند. عیار نقره دست کم در خاک‌های سطحی جالب نیست و به‌ندرت به ۲/۶۷ ppm می‌رسد. عنصر آرسنیک که میانگین آن کمی بیشتر از استانداردهای محیط زیست است، به صورت دو لکه بی‌هنجاری یکی در پایانه شمال خاوری و دیگری در باختر کانسار نمایان شده است. با توجه فرار بودن آرسنیک، بی‌هنجاری‌های بالا از این عنصر در نمونه‌های خاک‌های سطحی دور از انتظار است، ولی در دو نقطه در بلافضل توده‌های سنگی اولیه دیده می‌شود. بیشترین عیار آرسنیک در این دو نقطه به بالای ۱۲۲ ppm می‌رسد و مربوط به نمونه‌هایی است

(آقباتی، ۱۳۸۵). کمر بند ارومیه - دختر را سنگ‌های آذرین بیرونی با ترکیب کالک‌آلکانل تا توده‌های آلکانل غنی از پتاسیم و ترکیب میانه (به‌طور چیره آندزیتی) و به‌طور محلی توده‌های آذرین درونی (گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز مونوزونیت، دیوریت و تونالیت) و نیمه‌ژرف (بیشتر داسیت و آندزیت پورفیری) تشکیل داده‌اند (Berberian & King, 1981).

در محدوده کانسار کهنک از دید سنگ‌شناسی، بیشتر سنگ‌های نفوذی و نیمه‌ژرف را گرانیت، گرانودیوریت تا مونوزودیوریت و کوارتزیدیوریت تشکیل داده‌اند. بخش مهمی از سنگ‌های بیرونی ترکیب اسیدی و بازیک از داسیت تا ریوداسیت، بازالت و آندزیت تا تراکی آندزیت دارند. شدت دگرسانی و هوازدگی سنگ‌های منطقه (شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶)، به‌ویژه در بخش مرکزی، سبب ایجاد سیمای تپه‌ماهوری شده که بیشتر سنگ‌های بازیک با ترکیب چیره بازالت و آندزیت، به وسیله ارتفاعات حاشیه، دربر گرفته شده‌اند. خاک‌های حاصل از سنگ‌های یادشده و به‌ویژه مونوزونیت‌ها، داسیت‌پورفیرها و آندزیت‌ها بخش‌های زیادی از منطقه را پوشانده‌اند. شواهد دگرسانی در بخش‌های گسترده‌ای از منطقه دیده می‌شود. رگه‌های کوارتزی و داربستی کوارتز-مگنتیت در بخش خاوری رخنمون‌های سنگی دیده می‌شود. دگرسانی‌های اصلی پتاسیک (شکل‌های ۷ و ۸)، فلیک، آرژیلیک درجه ضعیف تا متوسط، کلریتی و پروپلیتیک در منطقه وجود دارد (طباطبایی و اسدی‌هارونی، ۱۳۸۵؛ افضل، ۱۳۸۹ و هراتی، ۱۳۹۰). همچنین، دگرسانی‌های کوچکی از کانه‌های آهن‌دار، آلونیتی و کوارتز-جاروسیت (شکل ۵) در بخش‌های باختری منطقه دیده می‌شود. با توجه به کانی‌شناسی در کانسارهای پورفیری نوع کلاسیک (Roberts and Sheahan, 1988) که در آنها کانی‌سازی در استوک‌های نیمه‌ژرف تراز بالا و یا بخشی در سنگ‌های پیرامونی میزبان قرار دارد، منطقه‌بندی از مرکز به حاشیه سیستم بدین صورت است: ۱) در مرکز سیستم یک زون عقیم یا ضعیف با کمی کالکوپیریت و مولیبدینیت و به‌ندرت بورنیت که در آن پیریت عموماً کمتر از ۰/۲ است. ۲) غنی‌شدگی ابتدا از مولیبدینیت شروع می‌شود و سپس با کالکوپیریت و پیریت پایان می‌یابد. ۳) پیریت ۱۰ تا ۱۵ درصد غنی‌شده با مقدار کمی کالکوپیریت و مولیبدینیت و ۴) رگچه‌هایی از فلزات پایه همراه با طلا و نقره که به‌طور معمول در شکستگی‌های شعاعی پیرامون هاله پیریتی دیده می‌شوند. افزون بر آن، کانی‌سازی درون‌زاد به‌صورت افشان و رگه و رگچه‌های کوارتزی یا کوارتز-مانیتیت مرکب است و مقادیر متغیری از پیریت، کالکوپیریت، بورنیت و مولیبدینیت را به همراه دارد. در سیستم‌های مس پورفیری، مس فراوان‌ترین کانه سولفیدی است. کانه‌زایی مس در کانسار کهنک به‌طور چیره در دگرسانی‌های پتاسیک (شکل‌های ۶ و ۷)، فلیک و در سنگ‌های مونوزونیتی رخ داده است (هراتی، ۱۳۹۰ و Afzal et al., 2010b). همان‌گونه که در شکل‌های ۳، ۴ و ۶ آورده شده است، گسلش و زمین‌ساخت دست‌کم با سه دوره زمانی مختلف، سبب گسترش بالای دگرسانی و کانه‌سازی در این محدوده شده است. همچنین، تأثیر گسل‌ها و دیگر عوامل زمین‌ساختی به همراه شرایط آب‌وهوایی، دگرسانی، هوازدگی و فرسایش در نقشه‌های بی‌هنجاری عناصر بازتاب دارد.

#### ۳- روش پژوهش

پیش از این پژوهش، نمونه‌برداری از خاک سطحی در محدوده‌ای به گستره ۱۲ کیلومتر مربع محدود بود و به‌طور سیستماتیک صورت نگرفته بود. در این پژوهش، نمونه‌برداری ژئوشیمی سطحی خاک در کل محدوده کانسار انجام شد. این نمونه‌برداری، در امتداد نیم‌رخ‌هایی با روند شمال باختری - جنوب خاوری و به فاصله ۵۰ متر از یکدیگر صورت گرفت. فاصله نمونه‌ها از یکدیگر ۲۵ متر بوده است (شکل ۹). به این ترتیب تعداد ۲۵۶۴ نمونه برداشت شد. این نمونه‌ها با روش ICP-OES تجزیه ۴۳ عنصری شدند. هنگام مطالعه و پردازش این داده‌ها، عیارهای کمتر از حد

برخورد گسل‌ها قرار دارند. این بی‌هنجاری‌ها برای عنصر مس در خاور و مرکز محدوده و برای عنصر طلا در مرکز محدوده قرار می‌گیرند.

- بی‌هنجاری مولیبدنیم در هر سه بخش کانسار پراکندگی دارد، ولی بی‌هنجاری شدید آن در نقطه‌ای واقع در باختر محدوده و در محل برخورد چندین گسل اصلی قرار دارد.

- عنصر نقره عیار خیلی بالایی ندارد و بیشترین مقدار آن بندرت به ۲/۶۷ ppm می‌رسد. این بی‌هنجاری‌ها دور از گسل‌ها و در نقاط محدودی از هر سه بخش کانسار قرار دارند. عیار آرسنیک نیز کمی بیشتر از میانگین استاندارد زیست محیطی است و تنها در دو منطقه شمال خاوری و باختر منطقه به چشم می‌خورد و مربوط به خاک‌هایی است که نزدیک سنگ منشأ هستند و مراحل خاک‌شدگی را به خوبی نگذرانده‌اند.

- در مطالعه منحنی‌های همبستگی عناصر، بهترین همبستگی به دو عنصر مس و طلا مربوط بوده و میزان آن برابر ۰/۳۳+ است. برای بقیه عناصر، دست کم درباره نمونه‌های سطحی خاک، همبستگی‌های خوبی به دست نیامده است.

- پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بی‌هنجاری‌های عناصر در نمونه‌های خاک سطحی و برجا همخوانی خوبی با پهنه‌های دگرسانی دارند.

### سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از همه عزیزانی که در مطالعه و ارائه اطلاعات ما را یاری کردند، سپاسگزاری کنند. از جناب آقای مهندس قاسمی مدیر محترم امور تحقیق و توسعه صنایع ملی مس ایران، سر کار خانم مرضیه حسینی کارشناس امور تحقیق و توسعه شرکت صنایع ملی مس ایران، مهندس حسین مردی از کارشناسان دورسنجی سازمان زمین‌شناسی، آقای مهندس اسلام طلب از شرکت پارس اولنگ و آقای محسن زادصالح سپاسگزاری می‌شود.

که مراحل خاک‌شدگی را هنوز به‌طور کامل نگذرانده‌اند. در نقشه‌های بی‌هنجاری ژئوشیمیایی، عملکرد همزمان گسل‌ها به همراه دیگر ساختارهای زمین‌ساختی، شرایط آب‌وهوایی، دگرسانی و فرسایش در پیدایش این بی‌هنجاری‌ها به چشم می‌خورد. بیشترین مقدار پراکندگی مس در خاور و مرکز، طلا در باختر و مرکز و مولیبدنیم در هر سه بخش کانسار دیده می‌شود.

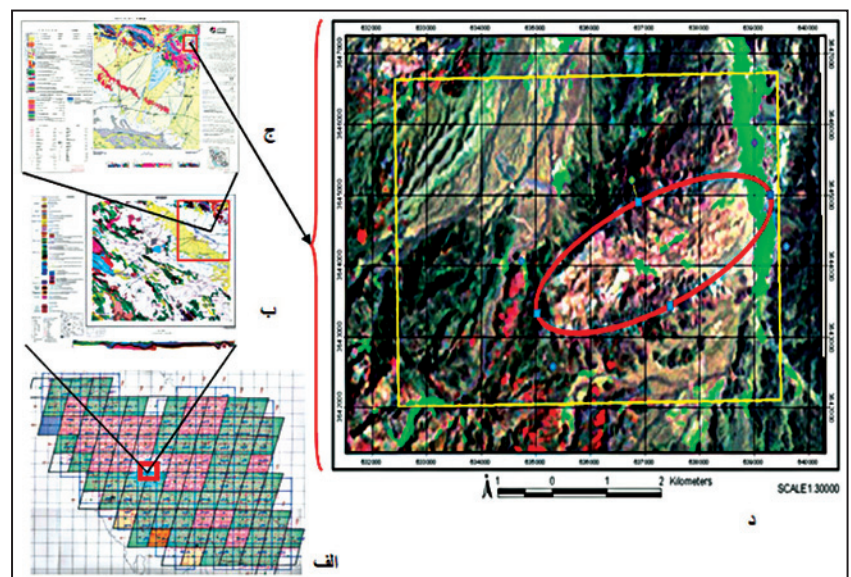
### ۶- نمودارهای همبستگی

در نمودارهای همبستگی (شکل ۱۲)، با توجه به اینکه عیارهای کمتر از حد تشخیص دستگاه برای طلا از مجموع نتایج حذف شده است، ضریب همبستگی بین مس و طلا ۰/۳۳ است. ضریب همبستگی مس و مولیبدنیم در نمونه‌های سطحی خاک برابر با ۰/۲۵ است که نشان از یک همبستگی مثبت و ضعیف میان این دو عنصر دارد. همبستگی میان طلا و آرسنیک ۰/۱۷ مثبت ولی ضعیف است. هر چند این همبستگی، با توجه به مهاجرت سریع آرسنیک از محیط، خیلی قابل اعتماد نیست، ولی در نمونه‌های سنگ بهتر نتیجه می‌دهد. در هر صورت در نقشه‌های بی‌هنجاری، این دو بی‌هنجاری یکدیگر را پوشش می‌دهند و بر هم منطبق هستند. نمودار همبستگی دو عنصر طلا و نقره نیز ۰/۱۴ است که یک همبستگی ضعیف را نشان می‌دهد و چنانچه پیش‌تر اشاره شد با توجه به حذف شدن بی‌هنجاری‌های کمتر از حد آستانه طلا شاید این نمودار نتواند واقعیت را بازتاب دهد.

### ۷- نتیجه‌گیری

با مطالعه و تحلیل داده‌های حاصل از ۲۵۶۴ نمونه سطحی خاک نتایج زیر به دست می‌آید:

- بی‌هنجاری‌های شدید عناصر مس و طلا به ترتیب بر دگرسانی‌های پتاسیک و فلیک منطبق هستند و در واحدهای مونزونیتی تا مونزودیوریتی در حاشیه یا محل



شکل ۲- کمر بند ماگمایی ارومیه- دختر و ذخایر بزرگ مس پورفیری ایران (Forster, 1978 & Shahabpour, 1994).

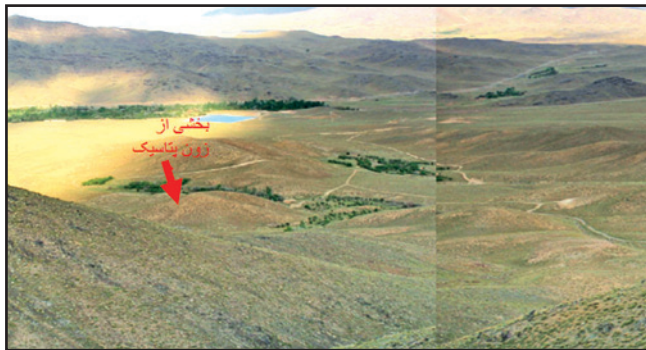
شکل ۱- نمایش موقعیت کانسار الف) محل نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ اصفهان در نقشه ایران، ب) موقعیت نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کوهپایه در برگه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ اصفهان، ج) موقعیت تصویر ماهواره‌ای کانسار کهنگ در برگه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کوهپایه و د) موقعیت کانسار کهنگ با استفاده از تصویر سنجنده ETM ماهواره لندست با ترکیب باندهای ۲ و ۴ و ۷ در محیط RGB با مقیاس ۱/۳۰۰۰۰.



شکل ۴- گسلش در زمان‌های مختلف به همراه دگرسانی شدید، زوج درزه‌ها توسط درزه‌های بزرگ‌تری قطع شده‌اند (باختر کانسار، دید به سمت شمال).



شکل ۳- توده نیمه‌آتشفشانی گنبدی شکل و دگرسانی و هوازدگی (آرژیلی و اکسید آهن) در بخش میانی کانسار کهنک (دید به سمت شمال خاوری).



شکل ۶- نمایش بخش مرکزی و خاوری کانسار به صورت تپه‌ماهورهایی محصور در ارتفاعات منطقه (دید به سمت جنوب خاوری).



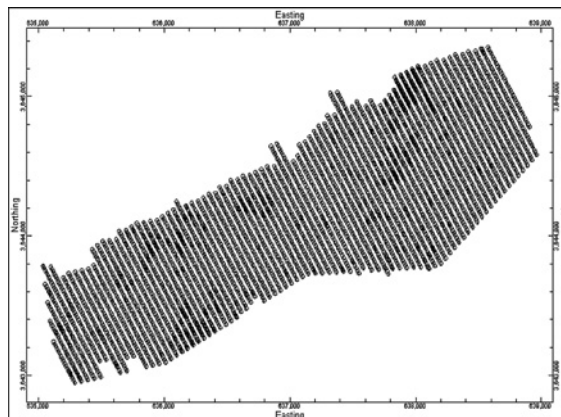
شکل ۵- نمونه‌ای از دگرسانی کانه‌های آهن‌دار و کوارتز- جاروسیت در باختر محدوده کانسار



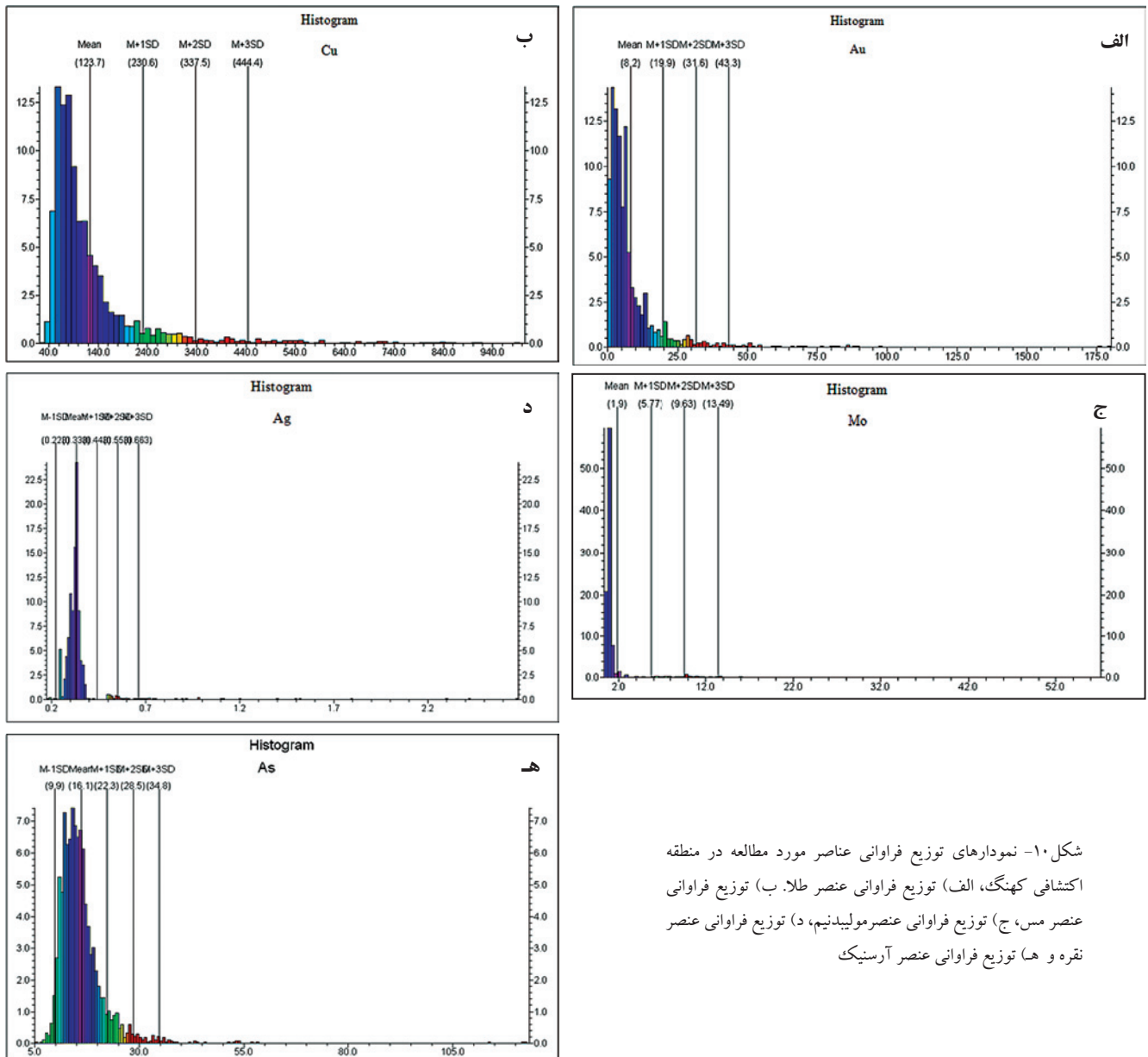
شکل ۸- ذرات مالاکیت به همراه بیوتیت‌های سالم ثانویه در زون پتاسیک، نمونه دستی از رخنمون شکل ۷



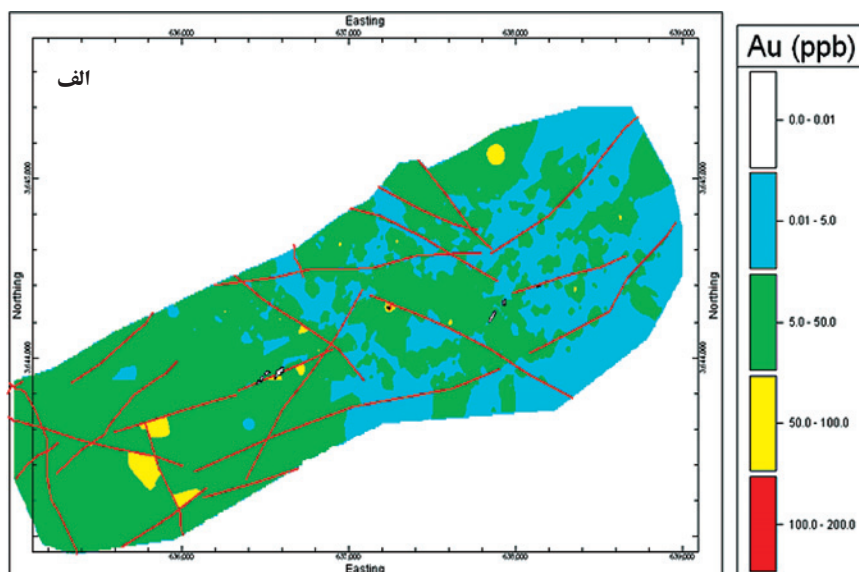
شکل ۷- ذرات مالاکیت در بخش‌های میانی کانسار، منطبق بر زون پتاسیک به همراه بیوتیت ثانویه و اکسیدهای آهن



شکل ۹- نقشه شبکه نمونه‌برداری

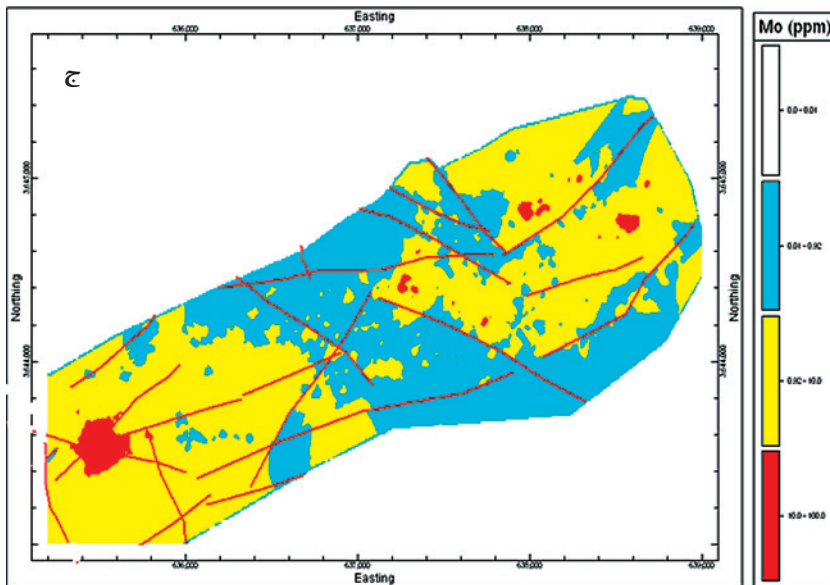
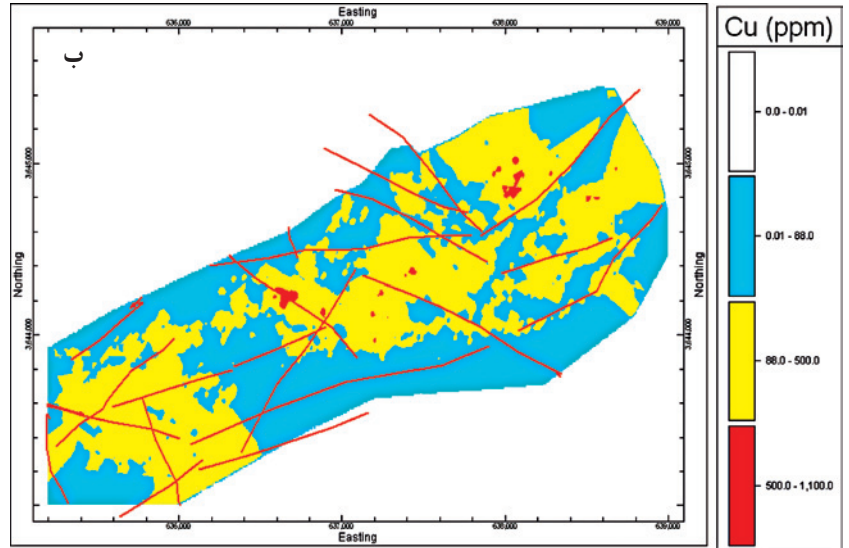


شکل ۱۰- نمودارهای توزیع فراوانی عناصر مورد مطالعه در منطقه اکتشافی کهنک، الف) توزیع فراوانی عنصر طلا، ب) توزیع فراوانی عنصر مس، ج) توزیع فراوانی عنصر مولیبدنیم، د) توزیع فراوانی عنصر نقره و ه) توزیع فراوانی عنصر آرسنیک



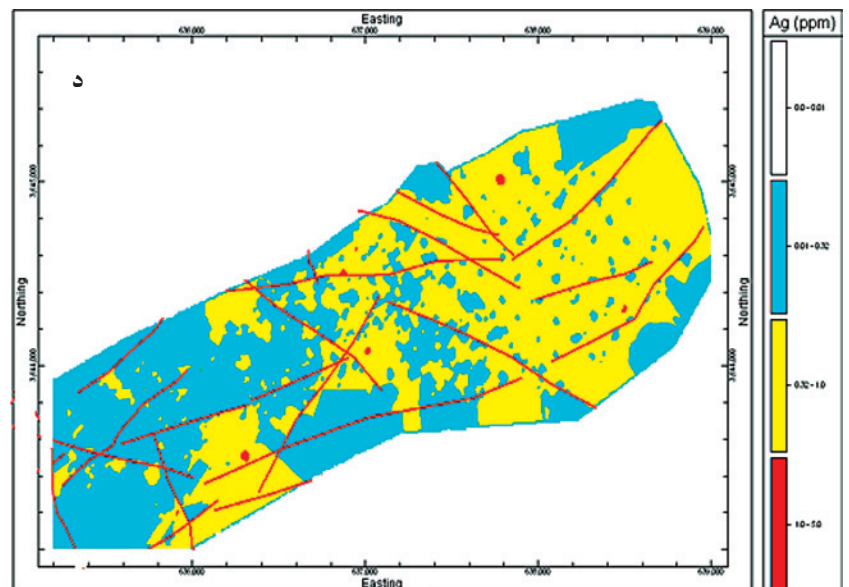
شکل ۱۱- نقشه های بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه در منطقه اکتشافی کهنک، الف) نقشه بی‌هنجاری عنصر طلا.

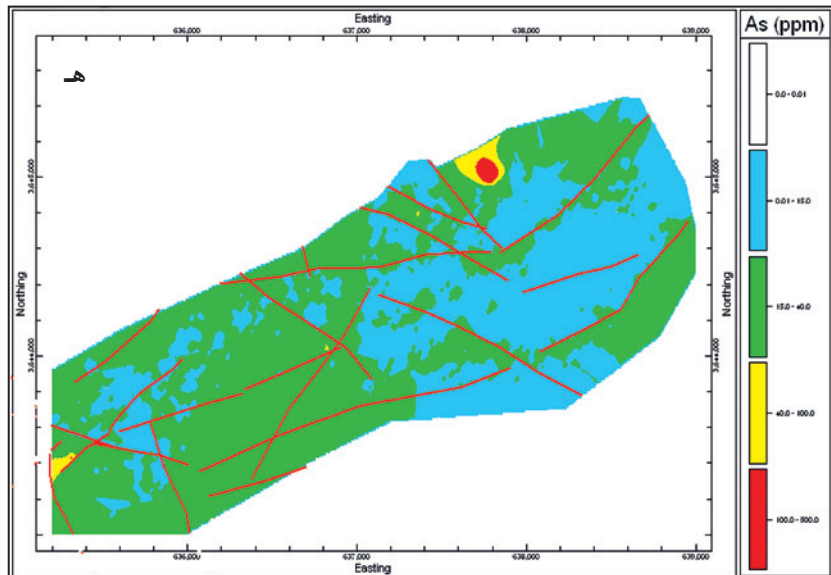
شکل ۱۱- نقشه‌های بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه در منطقه اکتشافی کهنک، (ب) نقشه بی‌هنجاری عنصر مس.



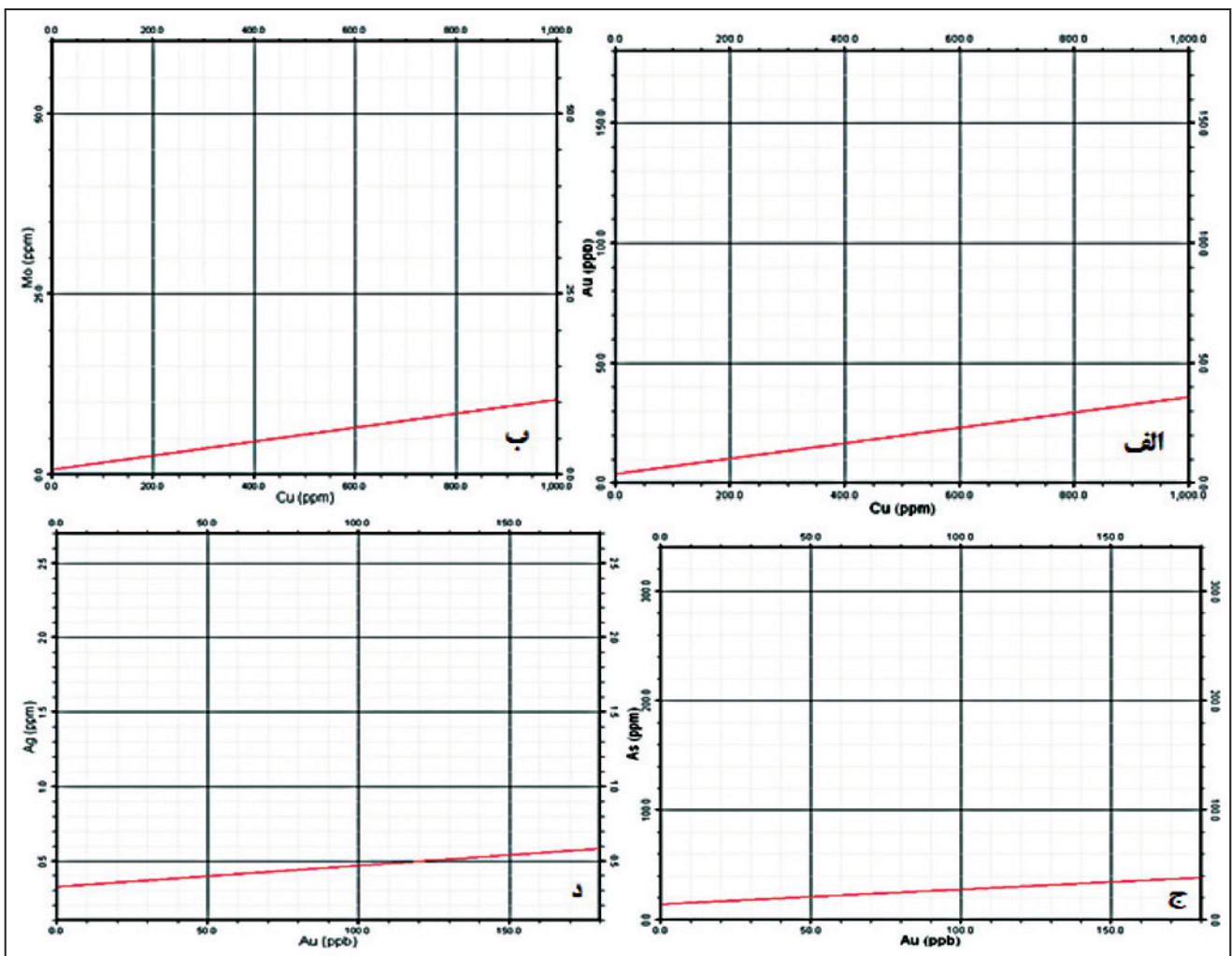
شکل ۱۱- نقشه‌های بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه در منطقه اکتشافی کهنک، (ج) نقشه بی‌هنجاری مولیبدیم.

شکل ۱۱- نقشه‌های بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه در منطقه اکتشافی کهنک، (د) نقشه بی‌هنجاری عنصر نقره.





شکل ۱۱- نقشه‌های بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه در منطقه اکتشافی کهنک، ها نقشه بی‌هنجاری عنصر آرسنیک



شکل ۱۲- نمایش همبستگی عناصر. الف) نمودار همبستگی بین عناصر طلا و مس، ب) نمودار همبستگی میان عناصر مس و مولیبدنیم، ج) نمودار همبستگی میان عناصر آرسنیک و طلا، د) نمودار همبستگی میان عناصر طلا و نقره.

## کتابنگاری

- آقانیاتی، ع.، ۱۳۸۵- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، ص ۵۲۶-۴۳۴.
- اسدی‌هارونی، ه.، ۱۳۸۵- گزارش کار ارائه شده توسط شرکت مهندسی درسپردازه در مورد منطقه اکتشافی کهننگ.
- افضل، پ.، ۱۳۸۹- رایه مدل جداسازی زون‌های گوناگون کانسارهای پورفیری با روش‌های فرکتال سه‌بعدی، مطالعه موردی کانسار مس پورفیری کهننگ اصفهان، رساله دکتری رشته زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- افضل، پ.، فداکار القلندیس، ی.، خاکزاد، ا.، معارف‌وند، پ.، رشیدنژاد عمران، ن. ا. و اسدی‌هارونی، ه.، ۱۳۸۸- جدایش آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه با استفاده از روش طیف توان- مساحت، مطالعه موردی: کانسار پورفیری مس- مولیبدن کهننگ اصفهان، فصلنامه علمی- پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال دوم، شماره اول.
- طباطبایی، س. ح. و اسدی‌هارونی، ه.، ۱۳۸۵- مشخصات ژئوشیمیایی سیستم پورفیری مس و مولیبدن گرگر، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی کشور، ص ۶۰-۶۳.
- فرهینی‌فراهانی، م.، ۱۳۸۷- مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی و کانی‌شناسی محدوده اکتشافی کهننگ، رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- هراتی، ح.، ۱۳۹۰- بررسی زمین‌شناسی، آلتراسیون، کانی‌شناسی و ژئوشیمی توده کانسار مس پورفیری کهننگ، (شمال شرق اصفهان) رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

## References

- Adriano, D. C., 1986- Elements in the environment. Springer-verlag, New York, 553p.
- Afzal, P., Fadaakar Alghalandis, Y., Khakzad, A., Moarefvand, P. & Rashidnejad Omran, N., 2010b- Application Of Power Spectrum-Area Fractal Model To Separate Anomalies From Background In Kahang Cu-Mo Porphyry Deposit, Central Iran, Arch. Min. Sci., Vol. 55 (2010), No 2, 391-403.
- Alavi, M., 1994- Tectonic of Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. Tectonophysics 229, 211-238.
- Alavi, M., 2004- Regional stratigraphy of the Zagros folded-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. American Journal of Science 304, 1-20.
- Arvin, M., Dargahi, S. & Babaei, A. A., 2003- Petrogenesis And Origin Of The Chenar Granitoid Stock, Nw Of Kerman, Iran: Evidence Of Neotethys Subduction Related Arc Magmatism, Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran 14 (4): 341-350, University of Tehran, ISSN 1016-1104.
- Berberian, F., Muir, I. D., Pankhurst, R. J. & Berberian, M., 1982- Late Cretaceous and Early Miocene Andean-type plutonic activity in northern Makran and Central Iran. Journal of the Geological Society of London 139, 605-614.
- Berberian, M. & King, G. C., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran, Canadian Journal of Earth Science (18) 210-265.
- Davis, J. C., 2002- Statistics and Data Analysis in Geology, 3th ed. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Forster, H., 1978- Mesozoic-Cenozoic metallogenesis in Iran. J. Geol. Soc. London, 135, 443-455.
- Schroder, J. W., 1944- Essai sur la structure de l'Iran. Eclogae Geologicae Helvetiae 37 37-81.
- Shahabpour, J., 1994- Post-mineral breccia dyke from the Sar-Cheshmeh porphyry copper deposit, Kerman, Iran. Exploration and Mining Geology 3, 39-43.



## Anomaly Separation of Elements, Based on the Surface Soil Geochemical Data in Kahang Porphyry Copper – NW of Esfahan

H. Harati <sup>1\*</sup>, A. Khakzad <sup>2</sup>, N. Rashidnejad Omran <sup>3</sup>, H. Asadi Harouni <sup>4</sup>, S. J. Moghaddassi <sup>5</sup>, P. Afzal <sup>6</sup>,  
R. Esfahanipour <sup>7</sup> & S. Harati <sup>8</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Mining, Esfahan Industrial University, Esfahan, Iran

<sup>5</sup> Assistant Professor, Department of Geology, Tehran Payam-e-noor University, Tehran, Iran

<sup>6</sup> Assistant Professor, Department of Mining Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran

<sup>7</sup> M.Sc., National Iranian Copper Industries Co, Tehran, Iran

<sup>8</sup> M.Sc. Student, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Received: 2011 May 08

Accepted: 2011 August 17

### Abstract

The Kahang Copper porphyry deposit on Urumieh-Dokhtar magmatic arc, is located in NE of Esfahan. Around of this deposit, Eocene volcanics and pyroclastic rocks ranging in composition from basaltic trachy-andesitic to dacitic are exposed. Granitoids subvolcanic and volcanoplutonic, the causes of alteration and mineralization, replacement in Eocene rocks assemblage in a few pulses from Oligocene to Miocene. This plutons ranging in composition from monzodiorite quartzdiorite granodiorite to granite with porphyroidal texture. Alteration and mineralization is classically developed in this deposit. Samples from surface soil were collected in 50m profiles gridding which the distance samplings in along the profile are 25m. The total numbers of samples are 2564 which are analyzed by ICP-OES method for 43 elements. In geochemical anomaly maps, activating of faults with another tectonic factors, environmental conditions alteration and erosion in moving and concentration this anomaly are illustrated. Same as the litho geochemical anomalies the most amount distribution of Cu in the eastern and center of the region, Au in the west and center and Mo in all three region are depicted. In elemental correlation graphs suitable correlation is for Copper and Gold.

**Keywords:** Geochemical anomalies, Frequency distribution, Anomaly maps, Kahang copper porphyry deposit, NE of Esfahan.

For Persian Version see pages 67 to 74

\*Corresponding author: H. Harati; E-mail: [Hamid.harati437@yahoo.com](mailto:Hamid.harati437@yahoo.com)