

اکتشاف اندیس معدنی علی‌آباد تفت یزد و ارزشیابی پتانسیل‌های معدنی آن بر اساس عیار سنجی آماری و تعیین نقاط امیدبخش

مهرداد اسفندیاری

استادیار گروه زمین‌شناسی - دانشکده علوم - دانشگاه تهران

چکیده

بررسی و مطالعه ارائه شده در این مقاله بر اساس مطالعات مقدار غلظت عناصر شیمیائی موجود در سنگهای بیروزرده و قسمت‌های دگرسان شده منطقه علی‌آباد، در ۳۱ کیلومتری جنوب غرب شهرستان تفت است. قسمتی از منطقه که بر اساس مطالعات انجام شده قبلی به صورت پراکنده‌ای به عنوان یک منطقه قابل بررسی و تحقیق بیشتری معرفی شده بود، به صورت یک "اندیس معدنی" که محدوده‌ای به وسعت حدود ۴ کیلومتر مربع را می‌پوشاند مورد بررسی قرار گرفت. دانسته‌های بدست آمده از شبکه نمونه‌برداری مورد تجزیه شیمیائی قرار گرفت و غلظت‌های بدست آمده از چهار عنصر مس، سرب، روی و مولیبدن برای طراحی شبکه بهینه و نهائی مورد استفاده واقع شد. از مجموع ۱۴۸ نمونه شبکه نهائی تعداد ۱۱۸ نمونه به لحاظ داشتن خصلت واقعی یک نمونه زمین آماری انتخاب و محاسبات آماری، و تعیین عیار، و مقادیر زمینه، گذار و نابهنجاری‌ها بر روی این تعداد نمونه انجام شد. در بررسی‌های مختلف به جهت تعیین انواع دگرسانی و حد بالا و پائین تغییرات عیار، در مواقع لزوم تعداد نمونه‌ها به جهت دستیابی به نتیجه واقعی‌تر حذف و در بسیاری از موارد به ۱۰۵ تقلیل یافت. عناصر مس و روی همبستگی چندانی نداشته ولی همبستگی قابل توجهی بین دو عنصر مس و سرب و دو عنصر سرب و روی وجود داشته و قابل تعریف است. ضریب تغییرات و نیز واریانس یا تغییرات دامنه دانسته‌ها برای سه عنصر مس و سرب و روی تعیین گردید. بررسی‌ها و محاسبات زمین آماری بر روی نمونه‌ها و مقادیر حداکثر و حداقل غلظت نمونه و نقاطی که می‌بایست در رسم واریوگرامها حذف شوند از این راه انجام شد. همبستگی دانسته‌های زمین آماری مرتبط با غلظت عناصر مس و سرب و روی با غلظت چهار اکسید سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم که در ۲۶ نمونه برداشت شده از رخنمون‌ها و دگرسانی‌ها بود، مقایسه گردید. با توجه به نوع سنگهای میزبان و دگرسانی‌ها مشاهده و تفسیر شده در منطقه معدنی مورد مطالعه، کانی‌زائی نوع مس پورفیری در سنگ میزبان گرانودیوریتی و مونزونیتی را می‌توان عنوان نمود. دگرسانی‌های سریسیتی و پروپیلیتی و آرژیلیتی در منطقه با استفاده از دانسته‌های ژئوشیمیایی مشخص شدند و با جمع‌بندی سایر دانسته‌های به دست آمده مناطق امید بخشی از نظر کانی‌سازی برای سه عنصر مورد تحقیق و بررسی مشخص شدند.

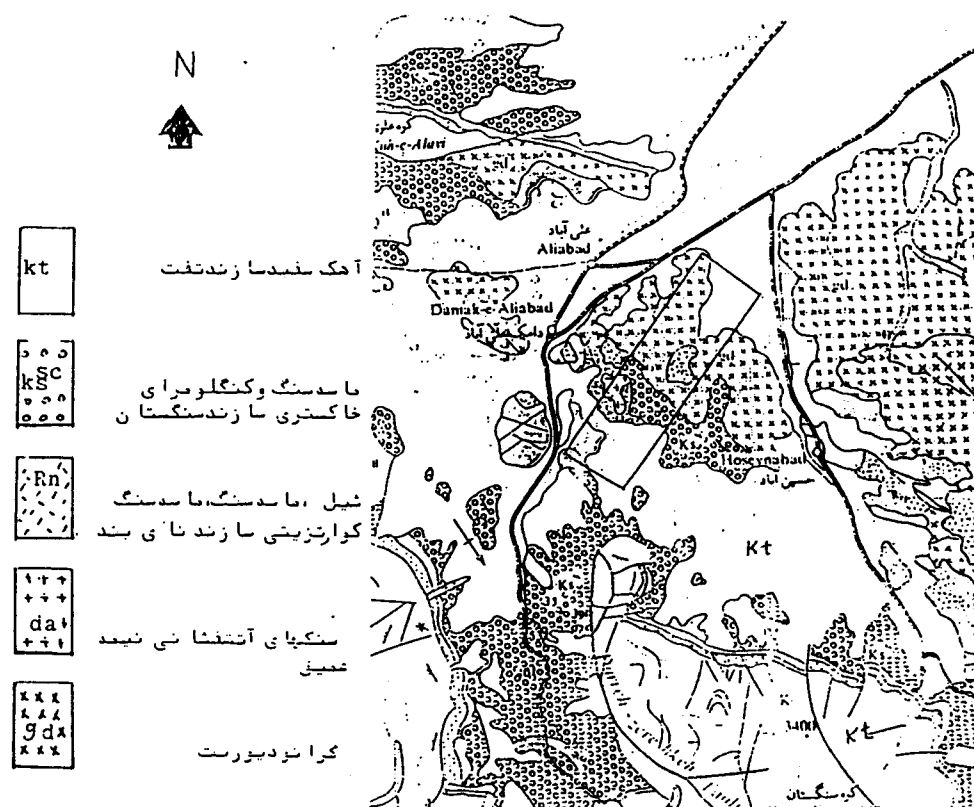
مقدمه و زمین‌شناسی منطقه

از نظر زمین‌شناسی بیشترین سنگهای بیرون زده این منطقه به طور کلی مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی است که سازندهایی به سن تریاس، ژوراسیک و کرتاسه‌اند. سنگهای کرتاسه بیشترین گسترش خود را در بخش جنوبی فرورفتگی یزد - اردکان و کوههای شرقی - غربی و قسمتی از برجستگیهای مرکزی و جنوبی دارد که تقریباً تا عرض ۴۵° ۳۱' ادامه پیدا کرده است. سنگهای

اندیس معدنی و منطقه مورد مطالعه در استان یزد و در جنوب شرق شهرستان تفت بین طولهای جغرافیائی ۱۹° ۵۱' تا ۲۰° ۵۲' و عرضهای جغرافیائی ۲۷° ۳۱' تا ۲۴° ۳۹' واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه حدود ۴ کیلومتر مربع است. پتانسیل معدنی مذکور در کنار جاده اصلی تفت به ابر کوه و در ۳۱ کیلومتری جنوب غرب شهرستان تفت قرار گرفته است.

۱ نشان داده شده است از لحاظ تنوع لیتولوژی، سازندهای گوناگونی را دربرمی‌گیرد. با توجه به وسعت کم این اندیس معدنی، تنوع سنگهای دارای بیرون‌زندگی نسبتاً زیاد و قابل توجه است. سازند سنگستان (KS) از سازندهای اصلی موجود در این منطقه معدنی است و سطح بسیار زیادی را در منطقه یزد می‌پوشاند [۱۵]. این سازند در اواخر دوره ژوراسیک پس از فاز کوهزائی کیمبرین و در اثر پیشروی دریای کرتاسه به وجود آمده است [۱۶]. تناوب ماسه سنگ و کنگلومرای دانه‌ریز، مارنهای قرمز با لایه‌بندی منظم و با ضخامتهای متفاوت به همراه میان لایه‌هایی از آهک و سنگهای نفوذی‌ای مانند کابرو و دیوریت به صورت سیل در این سازند اجزاء اصلی بوده و دیده می‌شوند. در منطقه مورد مطالعه همبری سازند سنگستان و مرز آن به صورت ناپیوستگی آذرین پی بر روی گرانیتهای شیرکوه قرار گرفته است و سن آنرا به کرتاسه زیرین نسبت می‌دهند [۱۵].

ژوراسیک تقریباً از این عرض شروع می‌شود که مجموعه‌ای از سنگهای آذرین، دگرگونی و تبخیری است. در شرق منطقه بیرون‌زدگی سنگهای کرتاسه در محل خرائق قسمتی از سنگهای پالئوژن را از فرورفتگی اردکان - یزد جدا ساخته است که در منتهی الیه شمال منطقه به توده‌های آذرین و دگرگونی پره کامبرین و سنگهای تبخیری پالئوژن و نئوژن در جنوب و شرق سیاه کوه منتهی می‌شود. در غرب منطقه و در جوار منطقه ندوشن بیرون‌زدگی سنگهای کرتاسه و ژوراسیک با سنگ آهک‌هایی به توده‌های آذرین پره کامبرین، ائوسن و یا اینکه به رخنمونهای از نئوژن در غرب سیاه کوه ختم می‌شود. به طور کلی در جنوب یزد بیرون‌زدگی سنگهای کرتاسه به صورت پراکنده بوده و روند شمال غرب - جنوب شرق دارند. گسلهای منطقه دارای روندی مشابه با روند بیرون‌زدگی سنگها دارد که بین چین‌خوردگی و سیستم گسلی ارتباط مستقیمی برقرار است. زمین‌شناسی منطقه علی‌آباد به طوری که در شکل



شکل ۱: محدوده منطقه علی‌آباد و سازندهای زمین‌شناسی آن.

نمونه برداری نهائی طراحی گردید. در گام بعدی ابتدا وزن نمونه کلی و تعداد جزء نمونه‌های لازم برای عملیات نمونه برداری نهائی در شبکه تعیین گردید. به دلیل مناسب بودن شرایط زمین‌شناسی، نوع سنگ میزبان و نوع و نحوه کانی‌زائی اولیه در آن، جهت تحقیق اکتشافی در این اندیس معدنی، عنصر مس بیشترین احتمال وجود را می‌داشت. نمونه‌های برداشت شده برای تعیین مقدار عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی مورد تجزیه شیمیایی مؤید این نظر بود. مجموعاً تعداد ۱۱۸ نمونه از مجموع ۱۴۸ واحد شبکه نمونه برداری طراحی شده در منطقه علی‌آباد برداشت شد که مورد آنالیز شیمیایی برای عناصر ذکر شده قرار گرفت. همچنین تعداد ۲۸ نمونه جهت تعیین مقدار درصد اکسیدهای اصلی شامل: SiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO برای تفسیر دانسته‌های ژئوشیمیایی وابسته به کل ترکیب شیمیایی و نوع سنگ و مقایسه آماری آن با غلظت چهار عنصر مورد تحقیق و تعیین ارتباط بین متغیرهای وابسته آنها مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. چون خصلت عددی بودن دانسته‌های به دست آمده از آزمایشهای شیمیایی و فقدان مدلهای ریاضی لازم برای توصیف چگونگی تمرکز یا نهشته شدن عناصر، بخصوص عناصر کمیاب، ایجاب می‌نماید که دانسته‌ها کاملاً تجزیه و تحلیل شوند، بنابراین پس از دریافت نتایج آزمایشگاهی و بررسی آنها و توجه به اهمیت مطالعات آماری بر روی دانسته‌های خام، بررسی دقیق‌تر آماری بر روی دانسته‌های این پتانسیل معدنی صورت گرفت. همچنین با دانسته‌های به دست آمده بین عناصر شیمیایی مورد نظر و اکسیدهای اصلی با یکدیگر، رسم منحنی‌های هم ارزش ژئوشیمیایی برای عناصر و تعیین مناطق امیدبخش برای هر عنصر، و بالاخره با استفاده از بررسی‌های ژئواستاتستیک روند تغییرپذیری در منطقه و شبکه طراحی شده مورد مطالعه قرار گرفت.

با توجه به اینکه کانی‌سازی در مناطق مشابه این اندیس معدنی به لحاظ موقعیت و ساختار زمین‌شناختی و تشابه گونه‌های سنگی، اغلب

در ناحیه یزد سازند تفت بر روی رسوبات آواری کرتاسه زیرین و بصورت یک واحد سنگ آهک دولومیتی قرار دارد که این واحد بر روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگوش خضرآباد به این نام معرفی شده است. سن سازند تفت نیز کرتاسه است [۱۶]، که سنگ آهکهای تفت با سنگ آهکهای شیلی - سنگ آهک نازک تا میانه لایه آغاز شده و به سمت بالا دارای لایه‌بندی ضخیم می‌شود که ارتفاعات بلند منطقه را بوجود می‌آورد.

در منطقه مورد مطالعه و حوالی آن سنگهای نفوذی شیرکوه در وسعت زیادی مشاهده می‌شود که دارای ترکیب گرانودیوریتی تا گرانیتی است. با توجه به مطالعات انجام شده [۱۱ و ۱۲] به نظر می‌رسد که سنگهای نفوذی شیرکوه با گرانودیوریت‌های بیوتیت‌دار آغاز و سپس در مراحل بعدی دارای ترکیبات اسیدی‌تر شده‌اند. [۱۱ و ۱۲]

بررسی توزیع عناصر و طراحی شبکه نمونه برداری

یکی از هدفهای اکتشاف و تحقیق اندیس معدنی علی‌آباد دستیابی به محدوده کانی‌سازی بود که این امر از طریق چگونگی توزیع عناصر و ترکیبات تجزیه شده آنها و بررسی هاله‌های دگرسانی در سنگهای بیرون زده انجام گرفت. برای دست یافتن به این هدف اول می‌بایست 'بهترین روش اکتشافی' برگزیده شود. کار برداشت نمونه‌ها، تعیین ترکیب شیمیایی عناصر و اکسیدها و تجزیه و تحلیل دانسته‌های به دست آمده مرحله بعدی تحقیق بود. از آنجا که در منطقه مورد مطالعه هیچگونه دانسته‌ی ژئوشیمیایی از مطالعات قبلی وجود نداشت، طراحی شبکه نمونه برداری مقدماتی الزامی بود. پس از طراحی شبکه مزبور، عنصر مس در نمونه‌های برداشت شده عیارسنجی و مقدار آن تعیین شد. سپس پراش آن در دو امتداد شمال شرق - جنوب غرب و شمال غرب - جنوب شرق محاسبه گردید. در مرحله بعد، تعداد نمونه‌های لازم پس از محاسبه چگالی و فواصل نمونه برداری، شبکه

گرفته (بیش از ۱۰۰ ppm) بودند، با استفاده از فرمول لاپلاس تعداد نمونه لازم در سطح اعتماد ۹۰ درصد با فرمول زیر محاسبه گردید:

$$N = \frac{Z^2 \cdot S^2}{\lambda^2}$$

که در این فرمول N تعداد نمونه‌های لازم، S انحراف معیار توزیع، و λ مقدار خطای نسبی موجود در محاسبه میانگین به ازای یک سطح اعتماد خاص، و Z متغیر تابع نرمالیزه شده لاپلاس که مقدار آن به عنوان تابعی از احتمال معین که به ازای آن خطای نسبی مقدار میانگین محاسبه می‌شود در تغییر است. بنابراین تعداد نمونه لازم در سطح اعتماد ۹۰ درصد خواهد بود:

$$N = \frac{(1/64)^2 \times (139/9)^2}{(125 \times 0/1)^2} = 336$$

تعداد ۳۳۶ نمونه، مقداری است که در سطح اعتماد ۹۰ درصد می‌بایست برداشت شود. با توجه به مساحت تقریبی منطقه مورد نمونه‌برداری اولیه یعنی ۲ کیلومتر مربع، مساحت هر واحد شبکه: $2000000 \div 336 = 5952$ متر مربع است. با توجه به نسبت پراش در دو امتداد طول و عرض شبکه نهائی نمونه‌برداری ۱۵۰×۴۰ متر تعیین گردید که با رعایت نسبت پراش در دو امتداد و با حفظ نسبت پراش در هر یک از امتداد، هر چهار شبکه به صورت یک واحد درآمد، و بنابراین طول و عرض شبکه نمونه‌برداری نهایتاً ۲۰۰×۸۰ متر تعیین شد. برداشت نمونه‌ها با استفاده از روش دو بعدی تصادفی انجام گرفت که در آن موقعیت برداشت نمونه‌ها کاملاً تصادفی بوده است. از مجموع ۱۴۸ واحد شبکه نمونه‌برداری به علت قرارگیری ۳۰ سلول شبکه در نهشته‌های کواترنر و زمینهای مزروعی، ۱۱۸ نمونه از رخنمونهای سنگی موجود در منطقه برداشت شد.

بررسی‌های آماری کلاسیک

الف: عنصر مس

دانسته‌های به دست آمده از تجزیه شیمیایی

کانسارهای مس پورفیری است، تعیین محدوده این اندیس و پتانسیل معدنی مذکور و گسترش کانی‌زائی در آن نیاز به کسب اطلاعات اولیه مرتبط با دگرسانی‌های مس پورفیری بود. محققین بسیاری منجمله [۲۰۱] و [۲۰۶] و [۹۰۷] بر این عقیده‌اند که دگرسانی‌های پروپیلیتی، بخش حاشیه‌ای مجموعه دگرسانی‌ها را در کانسارهای مس پورفیری نوع دیوریتی و مونزونیتی تشکیل می‌دهند. این نوع دگرسانی نیز می‌تواند مشخصه مناسبی برای تعیین محدوده کانی‌سازی در این اندیس معدنی باشد. اولین مرحله برای تعیین این محدوده مناطق دگرسانی شده به ویژه منطقه یا 'زون' پروپیلیتی است. منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۴ کیلومتر مربع برای انجام مطالعات توزیع و گسترش و سنجش غلظت عناصر مورد نظر انتخاب شد. طرح اولیه شبکه نمونه‌برداری با در نظر گرفتن پراش در دو جهت شمال شرق - جنوب غرب و شمال غرب - جنوب شرق، و برخی ویژگیهای ذاتی منطقه، از جمله وزن مخصوص کانی‌ها، میزان تغییرپذیری آنها در منطقه، پراش کمیت مورد نظر، درجه آزادی و سایر پارامترهای متنوع انجام شد. چون در طراحی یک شبکه نمونه‌برداری بهینه ملزم به داشتن تعداد و ماهیت تنوع‌های متغیر و پارامترهای وابسته هستیم، با انجام یک مرحله نمونه‌برداری مقدماتی می‌توان تعدادی از پارامترهای مورد نیاز را به دست آورد و بر مبنای اطلاعات کسب شده از این مرحله به طراحی مدل نمونه برداری نهائی پرداخت. شبکه اولیه نمونه‌برداری مساحتی در حدود ۲ کیلومتر مربع را دربرگرفته است. هر سلول شبکه بصورت مربعی به طول هر ضلع ۲۰۰ متر انتخاب شد که در مجموع تعداد ۵۰ سلول شبکه برای اندیس معدنی مورد بحث در نظر گرفته شد.

برای طراحی یک شبکه بهینه با توجه به نتیجه به دست آمده از نمونه‌برداری اولیه و از تجزیه شیمیایی غلظت عنصر مس در نمونه‌های اولیه که غلظت آن به طور میانگین ۱۲۵ ppm و انحراف معیار ۱۴۰ ppm بود تعداد نمونه‌های لازم به این صورت محاسبه گردید: پس از حذف چند دانسته که از میانگین فاصله بسیار

متمرکز شده و فقط تعداد محدودی از آنها در نواحی غربی و جنوبی نیز به چشم می‌خورد. نمونه‌های پرعیار، بین ۷۴ppm تا ۶۱۴ppm در نواحی شمالی و مرکزی منطقه تمرکز بیشتری دارند. یک بررسی تحلیلی با توجه به شبکه‌های فاقد رخنمون در منطقه جهت نمونه‌برداری، روند واضحی را در منطقه نشان نمی‌دهد و تنها می‌توان روند ضعیفی از نمونه‌های پرعیار را در جهت شمالی، جنوبی، از شمال تا نواحی مرکزی مشاهده کرد. کمترین عیار مس که در نمونه‌های اندازه‌گیری شده است حدود ۴ppm است که در غرب منطقه وجود دارد - و بیشترین عیار سنجیده شده ۶۱۴ppm مربوط به بخش‌های شمالی منطقه است. مقدار میانگین حسابی در این توزیع برابر با ۷۸ppm است که مقدار 'میانگین' بزرگتر از 'میانه' بوده و این امر دلیلی بر غیرعادی بودن توزیع و چولگی مثبت آن می‌باشد. علاوه بر پارامترهای فوق، پارامترهای دیگری از جمله 'پراش' یا Variance و 'انحراف معیار' یا Standard deviation را می‌توان نام برد که در آن مقدار انحراف معیار برای عنصر مس در اندیس معدنی مورد مطالعه ۱۲۵ppm است. ضریب تغییرات $C.V. = \text{Coeff. of Variation}$ در توزیع عناصر کمیاب حد استاندارد ضریب تغییرات بین ۲ تا ۲/۵ است [۱۲]. ضریب تغییرات پائین‌تر از این حد را می‌توان اینگونه تفسیر و استنباط کرد که کمیت عنصر مورد بحث بیشتر از مقادیر مورد انتظار بوده و امکان یافتن ناهنجاریهایی از آن عنصر در منطقه وجود دارد. در اندیس مورد بررسی ضریب تغییرات ۱/۵۴ بوده و مبین وجود احتمالی نهشته‌هایی از مس است. از سوی دیگر ضریب تغییرات بیش از ۰/۵ حاکی از وجود چولگی و نداشتن توزیع عادی است. مقدار خطای نسبی برای عیار عنصر مس به ازای سطح اعتماد ۹۰٪ برطبق رابطه قبلی ارائه شده برای محاسبه N، مقدار ۱ برابر ۱۹/۳۴ppm خواهد بود.

نوع تابع توزیع فراوانی که به عنوان اساس مطالعه برروی دانسته‌های ژئوشیمیایی می‌باشد، در منطقه مورد مطالعه نمائی است. با توجه به منحنی توزیع احتمال عنصر مس ویژگی چند گروهی به خوبی

نمونه‌ها پس از بررسی‌های مقدماتی و تعیین دقت آزمایشگاهی با تجزیه و تحلیل نمونه‌های تکراری در نخستین مرحله با ابزار آمار کلاسیک سنجیده می‌شوند [۱۲ و ۱۴]. امر مطالعه آمار کلاسیک در ارتباط با بررسی دانسته‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری ژئوایز (Geoas) و ژئواستات (Geostat) صورت گرفت و پارامترهای مهم آماری، نمودارهای توزیع فراوانی، منحنی‌های توزیع احتمالی رسم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

درخور توجه است که بررسی‌های ابتدائی نتایج تجزیه‌های شیمیایی حاکی از فقدان عنصر مولیبدن در نتایج به دست آمده می‌باشد. نبود عنصر فوق در مطالعات صورت گرفته قبلی توسط [۸ و ۲] در نواحی مختلف دنیا و ایران، فقدان عنصر مولیبدن را به همراه کانی‌سازی مس پورفیری و پاراژنهای مرتبط به آن گزارش شده است. در عین حال در بسیاری از نهشته‌های کانساری مرتبط با کانی‌سازی مس وجود این عنصر به خوبی مشهود و قابل شناخت و تفسیر بوده و حتی مقدار آن می‌تواند به تفسیر و احراز اقتصادی بودن یک کانسار حاوی مس معیار دقیقی باشد [۷].

در مطالعات فعلی نحوه توزیع عناصر کمیاب از مهمترین موارد تعیین یک مقدار مرکزی است که سایر کمیت‌ها براساس اندازه‌ها در حول آن توزیع شده‌اند. این مقدار مرکزی می‌تواند 'میانگین'، 'میانه' یا 'مد' باشد. توزیع عنصر مس در منطقه علی‌آباد که براساس دانسته‌ها و اطلاعات حاصل از آنالیز شیمیایی ۱۰۵ نمونه بوده است. مقدار میانه آن در نمودار توزیع فراوانی برابر با ۲۰ppm است. به عبارتی نیمی از نمونه‌ها دارای عیار کمتر از ۲۰ppm و نیمی دیگر بیش از ۲۰ppm اند. در این توزیع ۲۵ درصد نمونه‌ها عیاری کمتر از ۱۳ppm و ۷۵ درصد آنها عیاری بیش از ۱۳ppm دارند. تنها ۲۵ درصد نمونه‌ها عیاری بیش از ۷۵ppm دارند و ۷۵ درصد آنها عیارشان کمتر از ۷۴ppm است. نمونه‌های کم عیار، به طور عمده در نواحی شرق ناحیه معدنی منطقه

ج: عنصر سرب

سرب یکی دیگر از عناصری است که در اغلب موارد همراه با روی دیده می‌شود. تنها تجمعی که در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود تمرکز نسبی داده‌های کم‌عیار بین ۳ تا ۱۴ ppm در نواحی شمالی است که دقیقاً با نحوه قرارگیری نمونه‌های کم‌عیار عنصر روی مطابقت دارد. به عبارتی دیگر مناطق غنی و فقیر از سرب و روی بر هم منطبق‌اند. بیش از ۹۰٪ دانسته‌ها مربوط به غلظت این عنصر در حد فاصل ۰ تا ۷۵ ppm قرار دارد و ۹۹٪ دانسته‌ها کمتر از ۲۰۰ ppm سرب دارند. میانگین توزیع سرب حدود ۵۲ ppm و میانه آن ۲۴ ppm می‌باشد. پراش توزیع برابر با ۹۹۸۹ و انحراف معیار حدود ۱۰۰ ppm است. ضریب تغییرات حدود ۱/۸۶ می‌باشد که در مقایسه با عناصر مس و روی این توزیع از پراکندگی بیشتری برخوردار است. ۲۵٪ از دانسته‌ها عیار کمتر از ۱۴ ppm و ۷۵٪ دانسته‌ها عیار کمتر از ۴۲ ppm دارند. خصلت چند گروهی بودن در دانسته‌های سرب نیز به چشم می‌خورد. میزان خطای نسبی در محاسبه میانگین برای عنصر سرب به ازای سطح اعتماد ۹۰٪ برابر با ۱۶ ppm است ($\lambda = 16$). توزیع فراوانی سرب دارای مقادیر مثبت و قابل توجهی است.

د: عنصر مولیبدن

مولیبدن نقش عمده‌ای را در افزایش ارزش اقتصادی کانسارهای مس، به ویژه مس پورفیری ایفا می‌کند [۱۰ و ۱۱]. در اندیس معدنی علی‌آباد به علت فقیر بودن منطقه از مولیبدن نتایج تجزیه شیمیایی حاکی از آن است که از مجموع ۱۰۵ نمونه تنها ۱۸ نمونه دارای عیار بیشتر از ۱۰ ppm هستند. نمونه‌هایی از مولیبدن که حاوی عیاری بیش از ۱۰ ppm بودند تمرکزی در نواحی شمالی و شمال غربی منطقه نشان می‌دهند. میانگین نمونه‌های با عیار بالاتر از ۱۰ ppm برابر ۲۲/۶ ppm و میانگین کل داده‌ها در مورد عنصر مولیبدن بسیار پائین‌تر از این مقدار است.

مشخص است. جدول شماره ۱ طرح کلی از اطلاعات هیستوگرام فراوانی توزیع عنصر مس در مورد فاصله بین گروهی، فراوانی دانسته‌ها در هر گروه، فراوانی نسبی، ماکزیمم عیار در هر گروه و میانگین هر گروه را نشان می‌دهد.

ب: عنصر روی

عنصر روی به عنوان یکی از عناصری است که بررسی ویژگی‌های آن در کانسارهای مس حائز اهمیت می‌باشد. دانسته‌های به دست آمده از تجزیه این عنصر نشان دهنده چگونگی قرارگیری نمونه‌های فقیر از روی (بین ۶ تا ۱۳ ppm) و به طور عمده در نواحی شمالی، شمال غربی قرار گرفته‌اند است. قابل توجه است که در مورد مس نمونه‌های غنی شده در این مناطق نیز وجود دارند. بعضی دیگر از نمونه‌ها با غلظت ۹۱ تا ۸۴۱ ppm تقریباً به شکل نواری از شمال شرق تا شمال منطقه واقع شده است، اما در کل هیچگونه روند واضحی از لحاظ عنصر روی به چشم نمی‌خورد. توزیع فراوانی این عنصر و میانگین به دست آمده در حدود ۹۲ ppm است که بزرگتر از مقدار میانه بوده و یکی از مشخصه‌های غیرعادی بودن توزیع فراوانی عنصر روی است. بیشترین تعداد نمونه‌ها، یعنی حدود ۶۹ درصد، عیاری کمتر از ۷۵ ppm داشته و حدود ۱۶ درصد از آنها بین ۷۵ تا ۱۵۰ ppm عیار دارند. مقدار میانه توزیع روی در منطقه مورد مطالعه ۲۹/۵ ppm و ۲۵ درصد از نمونه‌ها عیار کمتر از ۱۳ ppm و تنها ۲۵ درصد از نمونه‌ها دارای عیار بالاتر از ۹۱ ppm است. مقدار پراش برای عنصر روی بالا و در حدود ۲۰۲۹۹ و مقدار انحراف معیار حدود ۱۴۲ ppm است که بیانگر پراکندگی بالای این عنصر در منطقه می‌باشد. ضریب تغییرات آن ۱/۵۵ است که حاکی از غیرعادی بودن توزیع روی است. میزان خطای نسبی در محاسبه میانگین برای عنصر روی در سطح اعتماد ۹۰ درصد برابر ۲۳ ppm است. خصلت دو گروهی بودن دانسته‌های روی همانند عنصر مس به چشم می‌خورد.

همبستگی آماری بین دانسته‌های ژئوشیمیایی

شناخت ارتباط و همبستگی بین دو عنصر یا دو گروه معین از عناصر بعنوان پارامتری در شناخت دقیق تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی به کار گرفته می‌شود. طبیعی است که اگر ارتباط زایشی یا ژنتیکی خاص بین دو عنصر شیمیایی وجود داشته باشد، آن دو همبستگی آماری بالائی را نشان داده و با شناخت این رابطه می‌توان با استفاده از یکی از آنها در شناخت دیگری رهیافتی پیدا کرد. پیدا کردن این ارتباط زایشی و علل حاکم بر نحوه و نوع و شرایط به وجود آمدن یک یا چند کانی خاص در محیط ژئوشیمیایی خاص خود، و ارتباط این متغیرها با شیمی سنگ میزبان راهنمای بسیار خوبی در تفسیر چگونگی بوجود آمدن نهشته‌هایی است که احتمالاً در ناحیه مورد فرآیند کانی‌سازی وجود دارد. در زمانی که ارتباط و همبستگی دو عنصر مشخص شد، می‌توان بنا به ضروریات، تعیین محدوده‌ای مشخص از هاله‌ها را با توجه به هزینه‌های سنگین تجزیه شیمیایی، از یکی از آنها دانسته‌های لازم را به دست آورد. بنابراین مطالعه و بررسی جفت متغیرهای مرتبط با هم، یکی از تکنیک‌های آماری است که در مطالعات ژئوشیمیایی اکتشافی کاربرد دارد.

برای پی بردن به وجود یا عدم وجود همبستگی در بین عناصر مس، سرب و روی در منطقه علی آباد از نمودارهای پراکنش (Scatter Plots) آنها استفاده شد. بررسی‌های آماری انجام شده نشان می‌دهد که دو عنصر مس و روی همبستگی منفی از خود نشان داده‌اند و ضریب همبستگی این دو عنصر $-0/1$ است که نشان دهنده همبستگی ضعیف بین این دو عنصر می‌باشد. گاهی بین دو عنصر مس و سرب همبستگی مثبت و ضعیفی دیده می‌شود، و ضریب همبستگی را $0/15$ نشان می‌دهد. علت پائین بودن ضریب همبستگی مس با سرب و روی را می‌توان مربوط به خصلت چند گروهی دانسته‌ها و همچنین تأثیر فرآیند دگرسانی‌های مختلف در منطقه دانست. بهترین همبستگی را عناصر سرب و روی نشان می‌دهند و

ضریب همبستگی نسبتاً بالای $0/67$ برای این دو عنصر محاسبه شده است.

بررسی‌های ژئواستاتستیک دانسته‌ها

در بررسی‌های آمار کلاسیک با متغیرهای تصادفی روبرو هستیم و موقعیت فضائی نقاط در نظر گرفته نمی‌شود در حالی که در ژئواستاتستیک و بررسی‌های مرتبط به آن موقعیت فضائی نقاط نیز ملحوظ می‌شود و با متغیرهای ناحیه‌ای سروکار داریم.

معمولاً می‌توان عیار را به عنوان یکی از متغیرهای ناحیه‌ای در نظر گرفت و ساختار فضائی آنرا به وسیله واریوگرام نمایش داد [۱۴]. بدین منظور با به‌کارگیری نرم‌افزار کامپیوتری ذکر شده، پارامترهای واریوگرام مانند: سقف مدل پیوسته، اثر قطعه‌ای، شعاع تأثیر (یا Range) را مشخص می‌کنیم. یکی از اهداف اصلی این محاسبات، تعیین شعاع تأثیر هر نمونه و در نهایت تأیید یا تکذیب شبکه طراحی شده است. از طرفی چون در کارهای معدنی بیشتر مدل کروی به کار برده می‌شود، لذا در تمام واریوگرام‌های تهیه شده این مدل را بر نقاط به دست آمده برازش کرده‌ایم. در ضمن چون توزیع دانسته‌ها غیرعادی است و اغلب توزیع لاگ عادی را نشان می‌دهند، مقدار متغیرهای ناحیه‌ای که همان عیار است را بر حسب لگاریتم نپرن به کار برده‌ایم. همانگونه که بررسی‌ها نشان می‌دهد به علت غیرعادی بودن توزیع، واریوگرامی که مقادیر مس را به صورت لگاریتمی نشان می‌دهد دارای اعتبار بیشتری است.

مقدار فاصله تأثیر دو نمونه در واریوگرام‌های غیر جهت‌دار حدود 360 متر است. به عبارتی فاصله‌هایی که در ورای آن تغییر فاصله تأثیری در مقدار پراش کلی ندارد 360 متر می‌باشد، یعنی اینکه دو نمونه‌ای که در ورای این فاصله از هم قرار گرفته‌اند تأثیری در یکدیگر نمی‌گذارند، و در فاصله شعاع تأثیر نمونه‌ها با هم رابطه داشته و در ورای آن فاصله ارتباط قطع می‌شود و نمونه‌ها مستقل از یکدیگر فرض می‌شوند.

نقشه‌های دو بعدی و سه بعدی از عناصر موجود در منطقه مورد مطالعه رسم گردید و در تهیه این نقشه‌ها، تنها از منحنی‌های مربوط به مقادیر $Md+3S$, $Md+2S$, $Md+S$, Md استفاده شد که هیچکدام از نقشه‌ها مناطق $Md+4S$ را نشان ندادند. برای دستیابی به مناطق پر عیار این عناصر نقشه مناطق امیدبخش (Promising Zones) به صورت شکل ۲ رسم شد. به طور نسبی می‌توان مناطق غنی از مس و روی را در شمال و شمال غرب منطقه مشخص کرد ولی انطباقی بین عناصر سرب و روی در آن حد که مورد انتظار بود، به چشم نمی‌خورد. در جنوب غرب منطقه انطباق خوبی از عنصر سرب و مس دیده می‌شود. در این نقشه تمامی محدوده‌های بالاتر از $Md+2S$ عناصر فوق نشان داده شده است.

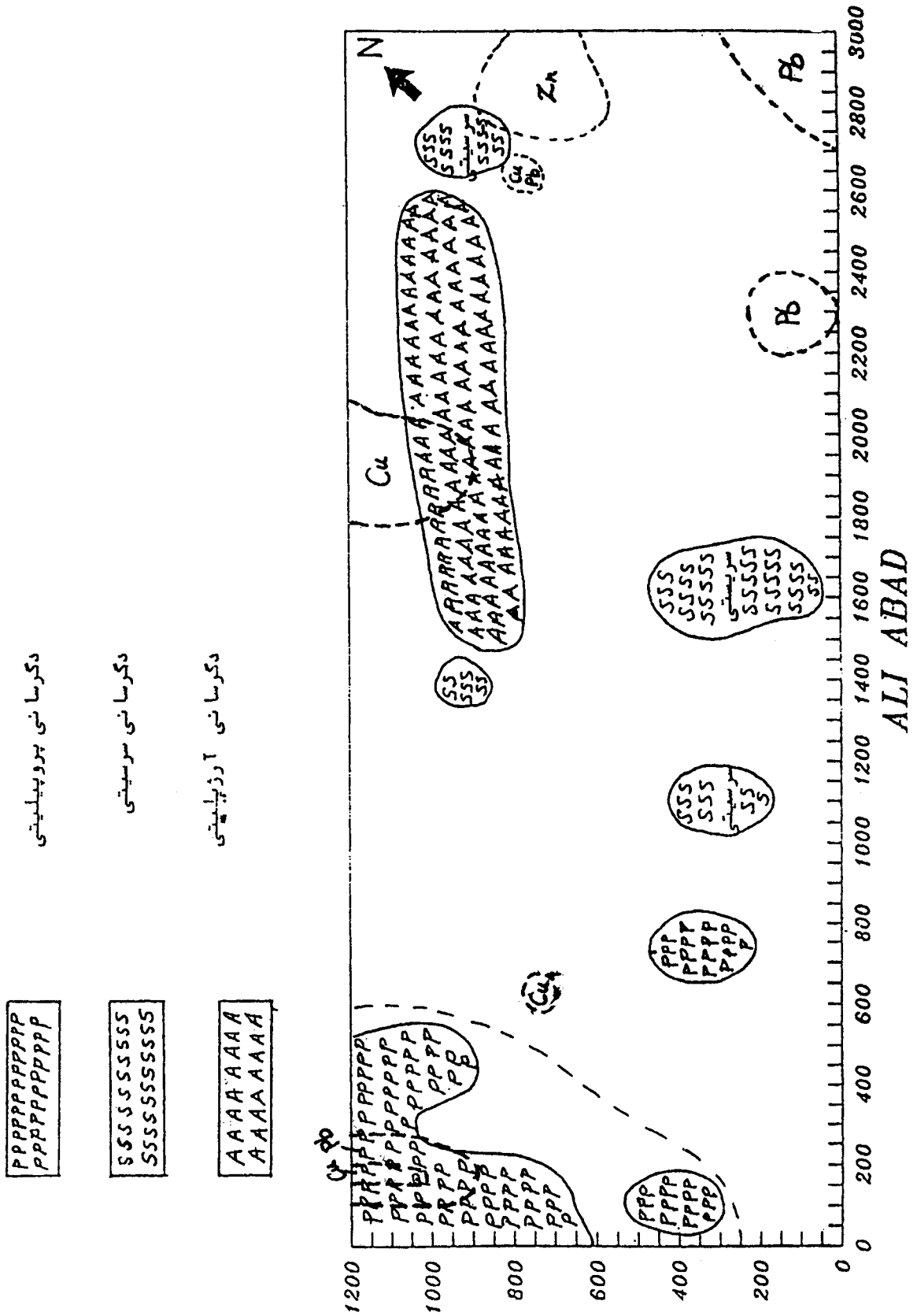
دگرسانی‌ها در منطقه

در این مبحث ابتدا توزیع اکسیدهای اصلی و سپس ارتباط و همبستگی بین اکسیدهای اصلی مورد بررسی قرار گرفته است. این مراحل نیز که بر روی اکسیدهای 'عادی سازی' شده انجام یافته است و در ادامه، تفکیک مناطق دگرسان شده و غیر دگرسان در اندیس معدنی مورد مطالعه صورت گرفت و نوع دگرسانی‌های موجود در منطقه مشخص شدند. از تعداد ۱۱۸ نمونه که برای عناصر مس، سرب، روی، مولیبدن مورد تجزیه شیمیائی قرار گرفتند، ۳۶ نمونه برای تعیین ترکیب شیمیائی اکسیدهای اصلی SiO_2 , Na_2O , K_2O , MgO از ۱۴۸ سلول شبکه طراحی شده انتخاب شد. نتایج حاصل به صورت دو جدول شماره ۱ و ۲ آمده، و مقایسه پارامترهای آماری اکسیدهای اصلی در مقیاس معمولی و مقیاس لگاریتم نپیرین خلاصه شده است. همبستگی بین مقادیر اکسیدهای اصلی و تعیین ارتباط بین آنها بر اساس مقایسه مقدار یک عنصر خاص در سنگهای مختلف که در اثر عوامل ثانویه متحمل تغییرات شیمیایی شده‌اند و در تعیین میزان تأثیر این عوامل، می‌بایست در ابتدا اختلاف ناشی از نوع و ترکیب شیمیایی سنگها را از بین برد.

و به این ترتیب می‌توان منشأ خطاها را جستجو کرد. متغیرهای ناحیه‌ای را برای سهولت می‌توان 'ایزوتروپی' در نظر گرفت ولی در حالاتی که نمونه‌ها به اندازه کافی فراوان باشند و یا در حالتی که انتظار 'غیر ایزوتروپی' زمین‌شناسی آنها می‌رود می‌توان از واریوگرامهای جهت‌دار استفاده کرد. شعاع تأثیر در جهت شمال شرق - جنوب غرب ۲۰۰ متر و در جهت شمال غرب - جنوب شرق ۷۰۰ متر است که تا حدود زیادی شبکه طراحی شده را تأیید می‌کند.

تعیین آماری مقادیر زمینه، حد آستانه و حد آنومالی

برای به دست آوردن مقادیر زمینه، حد آستانه و آنومالی در عملیات اکتشافی که منجر به تعیین ناهنجاریهای ممکن (Possible An.) و ناهنجاریهای احتمالی (Probable An.) می‌شود، مهمترین مسئله تعیین انحراف معیار است. در یک توزیع نرمال $68/26$ درصد دانسته‌ها مقادیرشان بین $X-S$ و $X+S$ ، و $95/44$ درصد دانسته‌ها مقادیرشان بین $X+2S$ و $X-2S$ ، و $99/74$ درصد دانسته‌های بین $X+3S$ و $X-3S$ قرار می‌گیرند. چنانچه بخواهیم این ارقام و مقادیر را در مورد دانسته‌هایی که دارای توزیع لاگ نرمال می‌باشند بکار بریم می‌بایست ابتدا با تغییر مقیاس عددی دانسته‌های به مقیاس لگاریتمی، شکل توزیع لاگ نرمال را به نرمال تبدیل کرده و آنگاه مقادیر زمینه، حد آستانه و آنومالی را تعیین کنیم. برای تعیین پارامترهای زمینه، حد آستانه و آنومالی بجای میانگین از میانه استفاده شده است. همانگونه که اشاره شد به دلیل اینکه توزیع مقادیر فوق از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند، محاسبات به صورت لگاریتم نپیرین انجام شد و سپس از این مقادیر آنتی لگاریتم گرفته شده است. مقدار حد زمینه برای عنصر مس حدود $104ppm$ و حد آستانه $261ppm$ بدست آمده است. مقادیر بیش از $261ppm$ تا $1252ppm$ جزء آنومالی ممکن و مقادیر بیش از $1252ppm$ نیز به عنوان آنومالی احتمالی در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲: هاله‌های دگرسانی در منطقه علی‌آباد به همراه نقاط امیدبخش.

دگرسانی هستند مربوط به سنگهای آذرین اند. جدول شماره ۱ مقادیر اکسیدهای اصلی عادی سازی شده را که برای تعیین و تفکیک مناطق دگرسانی از مناطق دگرسان نشده محاسبه و به کار رفته است را نشان می‌دهد. اعداد صفر، ۱ و ۲ نشان دهنده نحوه به کارگیری منحنی‌های نمودار تجمعی و نسبت غلظت‌های مختلف اکسیدهای اصلی در تفسیر مناطق دگرسان شده و نوع آن هستند که مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نمونه‌هایی که از بالای منحنی توزیع حذف شده‌اند با عدد ۲ و نمونه‌هایی که از پائین منحنی توزیع احتمال حذف شده‌اند با علامت صفر و نمونه‌های مابین این دو محدوده که تغییرات آنها حول میانگین است با علامت ۱ مشخص شده‌اند. همانطوری که قبلاً ذکر شد مناطق غنی از اکسید پتاسیم در نواحی جنوبی گسترده شده است، هر چند که محدوده‌های پراکنده‌ای با غنی شدگی این اکسید در نواحی شمالی و غربی منطقه وجود دارد. عمده‌ترین منطقه فقیر از اکسید پتاسیم در نواحی غربی به چشم می‌خورد. مناطق غنی از سدیم در غرب منطقه و نواحی فقیر از آن در شمال منطقه گسترده شده‌اند. در مورد اکسید کلسیم مناطق فقیر در مرکز و مناطق با عیار بالای کلسیم در جنوب غرب گسترش دارند.

برای تعیین گسترش هاله‌های دگرسانی [۹ و ۷ و ۲] در منطقه معدنی علی‌آباد می‌توان از دانسته‌های به دست آمده از اندازه‌گیری عناصر شیمیایی و تغییرات در مقادیر اکسیدهای اصلی می‌توان بهره گرفت. یکی از ویژگی‌های مناطق دگرسان 'سریسیتی' غنای آن از اکسید پتاسیم است. با مطالعه پراکندگی و غلظت اکسیدها، مناطق غنی از اکسید کلسیم بعنوان مناطق دگرسان شده 'پروپیلیتی' و نواحی فقیر از چهار اکسید فوق را با ویژگی دگرسانی 'آرژیلیتی' منطبق می‌دانیم. با تکیه بر این اطلاعات و تفسیرها سعی شد که این هاله‌ها در قالب شکل ۲ نشان داده شود. تعیین منطقه دگرسانی آرژیلیتی با ضریب اطمینانی پائین‌تر از سایر مناطق رسم شده است. این هاله تقریباً مناطق فقیر از چهار اکسید اصلی را در بر دارد. تا حدودی می‌توان مناطق دگرسانی پروپیلیتی را که در جنوب

برای مثال برای مقایسه یک عنصر در دو نوع سنگ مختلف که تحت تأثیر تغییرات ثانویه، قرار گرفته‌اند، ابتدا باید مقدار این عنصر را نسبت به یک عنصر دیگر که مقدار آن طی همان فرآیند نسبتاً تغییر نکرده است (مثلاً مقدار SiO_2 در خلال عمل دگرسانی) نرمالیزه کرد. بدین ترتیب مقدار اکسید هر نمونه بر مقدار سیلیس همان نمونه تقسیم شد. در این بررسی پس از عادی سازی اکسیدهای اصلی ذکر شده نسبت به سیلیس ابتدا نمودارهای پراکنش آنها ترسیم و پس از تعیین ضرائب همبستگی، ماتریس همبستگی بین اکسیدهای عادی سازی شده مشخص گردید. با بررسی ماتریس همبستگی بین اکسیدهای اصلی در منطقه مورد مطالعه در می‌یابیم که اکسید پتاسیم عادی سازی شده نسبت معکوسی با سایر اکسیدهای اصلی دارد، یعنی با افزایش پتاسیم، کاهش سدیم، منیزیم و کلسیم اتفاق افتاده است. این افزایش اکسید پتاسیم و کاهش سه اکسید دیگر تا حدود زیادی در کانسارهای مس پورفیری وجود داشته و گزارش شده است [۷ و ۴ و ۶ و ۷]، به طوری که با نزدیک شدن به مرکز کانسار مقدار پتاسیم افزایش یافته و سایر اکسیدها کاهش می‌یابند و برعکس در مناطق دور از مرکز کانی‌سازی مقدار کلسیم، منیزیم و سدیم افزایش می‌یابد. بنابراین در این اندیس معدنی چنانچه مناطق غنی از پتاسیم و فقیر از سدیم، منیزیم و کلسیم وجود داشته باشد، این مناطق را می‌توان به عنوان مناطق نزدیک‌تر به کانی‌سازی معرفی کرد.

از بررسی نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌ها بر اساس معیارهای ارائه شده برای تشخیص دگرسانی و محدوده آن، و نتایج ارائه شده در منابع شماره‌های [۱ و ۲ و ۴] می‌توان نتیجه گرفت که ۶۵ درصد نمونه‌های تجزیه شده این اندیس در محدوده دگرسانی قرار گرفته‌اند ولی هیچکدام از نمونه‌ها در منطقه مربوط به دگرسانی آرژیلیک پیشرفته قرار نگرفته‌اند. این امر نشان دهنده این نکته است که در این ناحیه نمونه‌های غیر دگرسان اغلب مربوط به واحدهای رسوبی غیر دگرسان شده می‌باشد. بیش از ۸۵ درصد نمونه‌ها در بخش دگرسانی هیدروترمال قرار دارند و بقیه که غیر

جدول شماره ۱: مقادیر اکسیدهای اصلی نرمالیز (عادی سازی) شده و اعداد ۰ و ۱ و ۲ اختصاص یافته به آنها در منطقه علی آباد.

X (m)	Y (m)	CaO/ SiO2	MgO/ SiO2	Na2O/ SiO2	K2O/ SiO2	CaO	MgO	Na2O	K2O
40.0	300	.2265	.1343E-01	.1845E-01	.2362E-01	1	1	1	0
160.	300	.2750	.1366E-01	.1220E-01	.2987E-01	2	1	1	1
320.	300	.1415	.1717E-01	.2067E-01	.3259E-01	1	2	1	1
480.	300	.5382E-01	.1671E-01	.3640E-01	.3683E-01	1	1	1	1
640.	300	.2561E-01	.7762E-02	.1384E-01	.4036E-01	1	1	1	1
300.	300	1.224	.6176E-01	.2500E-01	.3346E-01	2	2	1	1
960.	300	.6490E-01	.1662E-01	.5444E-01	.3023E-01	1	1	2	1
1120	300	.2705E-01	.3226E-02	.1079E-01	.6849E-01	1	0	1	2
1280	300	.1874E-01	.3614E-02	.3601E-01	.3199E-01	1	1	1	1
1440	300	.2000E-01	.2857E-02	.2117E-01	.4299E-01	1	0	1	1
1600	300	.2851E-01	.8567E-02	.3792E-02	.6081E-01	1	1	1	2
1920	300	.1775E-01	.6130E-02	.3875E-02	.3678E-01	0	1	1	1
2080	300	.2299E-01	.8657E-02	.1164E-01	.4239E-01	1	1	1	1
2240	300	.5703E-01	.8458E-02	.1746E-01	.3574E-01	1	1	1	1
2400	300	.2130E-01	.7540E-02	.4101E-02	.3347E-01	1	1	1	1
2560	300	.6333E-01	.1105E-01	.2032E-01	.3402E-01	1	1	1	1
2720	300	.1906	.1107E-01	.1525E-01	.4918E-01	1	1	1	1
2880	300	.1060	.1252E-01	.4918E-02	.2772E-01	1	1	1	0
160.	900	.3122	.1612E-01	.2333E-01	.2573E-01	2	1	1	0
320.	900	.7233E-01	.1889E-01	.6735E-02	.2796E-01	1	2	1	1
480.	900	.4664	.1282E-01	.2773E-01	.4958E-01	2	1	1	1
640.	900	.3231E-01	.1485E-01	.3185E-01	.4778E-01	1	1	1	1
800.	900	.2732E-01	.5191E-02	.4167E-01	.4645E-01	1	1	2	1
960.	900	.4706E-01	.1044E-01	.5912E-01	.2912E-01	1	1	2	1
1120	900	.2355E-01	.3149E-02	.3023E-01	.5101E-01	1	0	1	1
1280	900	.2122E-01	.3946E-02	.2585E-01	.4449E-01	1	1	1	1
1440	900	.2431E-01	.2747E-02	.4162E-01	.3639E-01	1	0	1	2
1600	900	.4168E-01	.1046E-01	.5979E-01	.2062E-01	1	1	2	0
1760	900	.3129E-01	.7112E-02	.3428E-01	.4225E-01	1	1	1	1
1920	900	.1734E-01	.6713E-02	.5035E-02	.4336E-01	0	1	1	1
2080	900	.1723E-01	.6723E-02	.2661E-02	.4748E-01	0	1	0	1
2240	900	.1972E-01	.7552E-02	.3217E-02	.5189E-01	1	1	0	1
2400	900	.2063E-01	.5738E-02	.2596E-02	.4549E-01	1	1	0	1
2560	900	.1372E-01	.6386E-02	.2446E-02	.4538E-01	0	1	0	1
2720	900	.2592E-01	.1245E-01	.1332E-01	.5564E-01	1	1	1	2
2880	900	.3091E-01	.2102E-01	.1190E-01	.4992E-01	1	2	1	1

سرپستی دیده می‌شود. انتظار یافتن منطقه‌بندی ویژه کانسارهای مس پورفیری در این اندیس به ویژه در سطح چندان برآورد نشده است که این امر چندان دور از انتظار و ذهن نبود.

نتیجه‌گیری

اندیس معدنی علی آباد در جنوب غربی شهرستان تفت واقع شده است. سازند ماسه سنگی سنگستان یکی از عمده‌ترین واحدهای رسوبی در این اندیس معدنی است، که در بعضی از نواحی در اثر نفوذ

غرب وجود دارد، به عنوان هاله‌های مرزی در نظر گرفت. مناطق دگرسانی به طور کلی به علت آسانی تشخیص و وسعت زیاد و ارتباط نزدیک با کانی‌سازی یکی از مهمترین ویژگیهای کانسارهای مس پورفیری‌اند. دگرسانی نوع پروپیلیتی از مهمترین نوع دگرسانی بوده و مانند کیفی سایر مناطق دگرسانی را دربرمی‌گیرد. از دیگر دگرسانی‌های مشاهده شده در منطقه دگرسانی سرپستی است که در نواحی جنوبی و شمالی و شمال شرقی به شکل نواحی پراکنده دیده می‌شود. دگرسانی آرژیلیتی در شمال غرب منطقه در بین دو محدوده کوچک

جدول شماره ۲: مقایسه پارامترهای آماری برای اکسیدهای اصلی مس بمقیاس لگاریتمی.

B A T C H S T A T I S T I C S
(for Natural Log of data)

	SiO ₂ (%)	CaO(%)	MgO(%)	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)
N used :	36	36	36	36	36
N missing :	0	0	0	0	0
N .LE. 0 :	0	0	0	0	0
Mean :	4.206	1.150	-.514	-.024	.372
Variance :	.036	.874	.233	.881	.137
Std. Dev. :	.190	.935	.532	.939	.370
Coef. Var. :	4.520	81.312	103.674	3947.153	36.112
Skewness :	-3.238	1.027	-.252	-.273	-.701
Kurtosis :	15.444	2.912	2.509	2.014	3.513
Minimum :	3.303	.010	-1.639	-1.715	-.094
25th %tile :	4.179	.432	-.755	-.777	.718
Median :	4.255	.727	-.494	.399	1.051
75th %tile :	4.295	1.511	-.174	.732	1.208
Maximum :	4.389	3.506	.519	1.401	1.708

آماري اعداد مربوط به غلظت‌های به دست آمده به خوبی مشخص شد. نتیجه بررسی‌های عنصر روی خصلت دوگروهی بودن دانسته‌های روی را همانند شکار می‌سازد و تمایل بیشتر نوع توزیع به لاگ نرمال است. عنصر سرب توزیع پراکنده‌تری نسبت به دو عنصر مس و روی داشته که نوع توزیع نمایی است. عیار عنصر مولیبدن در منطقه کم است و همبستگی خاصی را نمی‌توان به آن نسبت داد.

نتایج به دست آمده از بررسی‌های زمین‌آماري این امکان را به دست داد که بتوان مقادیر زمینه، حد آستانه‌ای، و آنومالی را برای سه عنصر مس، سرب و روی در این اندیس تعیین نمود که خود قدم مهمی در اکتشاف کانسار در اندیس است. بررسی‌های اولیه احتمال پورفیری بودن کانسار مس را در اندیس مزبور مطرح می‌کند، که بر اساس افزایش اکسید پتاسیم همراه با کاهش اکسیدهای کلسیم و منیزیم و سدیم است. دگرسانی مناطق سرپستی که غنی از اکسید پتاسیم است و دگرسانی پروپیلیتی که غنی از

توده‌های گرانودیوریتی دگرگون شده است. سنگ آهک به رنگ روشن از سازند تفت از دیگر سازندهای رسوبی دارای بیرون‌زدگی در منطقه است. این اندیس بر روی نوار سنگهای آذرین ولکانیک ارومیه - دختر قرار گرفته که این نوار دارای روند شمال غرب - جنوب شرق است.

عملیات نمونه‌برداری بهینه و طراحی شبکه نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل دانسته‌های شیمیایی به دست آمده اولیه پراش دانسته‌ها در دو جهت شمال شرق - جنوب غرب، جنوب شرق به حول محوری که مشخص کننده روند تغییرات ژئوشیمیایی در سنگهای بیرون زده اندیس‌اند را عنوان می‌کند. نتایج مطالعات آمار کلاسیک و بررسی‌های زمین‌آماري ضمن تأیید صحت شبکه طراحی شده نهائی نمونه‌برداری خصلت چند گونه بودن ماهیت دانسته‌های به دست آمده را مطرح می‌کند. نوع تابع توزیع فراوانی عنصر مس نمایی بوده و ویژگی چند گروهی در آن از طریق بررسی نمودارها و محاسبه

دگرسانی پروپلیتی به چشم می‌خورد. ادامه عملیات اکتشافی نیاز به گسترش منطقه مورد مطالعه در بخشهای شرقی و شمالی می‌باشد. در غرب منطقه امکان دستیابی به مناطق غنی از سرب و مس وجود دارد.

اکسید کلسیم است و دگرسانی آرژیلیتی که فقیر از چهار اکسید اصلی است راهنمای خوبی برای پیگیری و گسترش امر اکتشاف می‌باشند. محدوده کانسار و تعیین نقاط امید بخش و تفسیر ماهیت دگرسانی‌های نسطحی با تجزیه و تحلیل دانسته‌های مختلف انجام شد. در گوشه غربی محدوده معدنی، آثاری از

مراجع

- 1 - Baldwin, J. A., and Pearce, J. A. (1982). "Discrimination of Productive and non-productive prohyritic intrusions in the Chilean Andes.", *Econ. Geol.*, 77, pp, 664-674.
- 2 - Battles, D. A., and Barton, M. D. (1995). "Arc-related sodic hydrothermal alterations in the western United States." *Geology*, 23, No. 10, pp. 913-916.
- 3 - Bazin, D., and Hubner, H. (1969). "Copper deposits of Iran." *Geol. Surv. of Iran, Report*. No. 13.
- 4 - Beane, R. E., and Titly, S. R. (1981). "Geologic characteristics, environments and genesis of porphyry copper deposits, part II, Hydrothermal alteration and mineralization." *Econ. Geol. 75th Aniv.*- Vol. pp. 235-262.
- 5 - Carrigan, C. R., and Eichelberger, J. C. (1990). "Zoning of magmas by viscosity in volcanic conduit." *Nature*, 343, pp. 248-251.
- 6 - Etminan, H. (1977). "The porphyry copper of Sarcheshmeh (IRAN): role of fluid phases as the mechanisms of alteration and minerlization." *Sciences de la Terre, Memoire 34, Anna de L'Ecole National superior de Geologic Applique De L' Universite Naecy, France*, 249 p.
- 7 - Feiss, P. G. (1978). "Magmatic sources of copper in porphyry copper deposits." *Econ. Geol.*, 73, pp. 397-405.
- 8 - Gee, J., and Varga, R. Gallet, Y. Staudigel, H. (1993). "Reversed polarity overprint in dikes from the Troodos ophiolite Implication for the timing of alteration and extention." *Geology*, 21, No. 9, pp. 849-852.
- 9 - Gustafson, L. B., and Quiroga, J. (1995). "Patterns of mineralization and alteration below the porphyry copper ore body at El-Salvador, Chile." *Econ. Geol.*, 91, No. 1, pp. 2-19.
- 10 - Lowell, J. D., and Guilbert, J. N. (1970). "Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry ore deposit." *Econ. Geol.*, V. 65, pp. 473-408.

۱۱- گزارش نقشه ۱:۱۰۰/۰۰۰ خضرآباد، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران

۱۲- گزارش نقشه ۱:۲۵۰/۰۰۰ یزد، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران، ایران

۱۳- حسنی پاک، علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۰۸۰، (۱۳۷۰).

۱۴- حسنی پاک، علی اصغر، نمونه‌برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۱۴۰، (۱۳۷۱).

۱۵- خسرو تهرانی، خسرو، چینه‌شناسی ایران و مقاطع تیپ تشکیلات، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۶۷).

۱۶- خسرو تهرانی، خسرو، ۱۹۷۵، زمین‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، (۱۳۷۵).

