جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه با استفاده از مدلسازی مولتی‌فرکتالی در کانسار چند فلزی اپیک (اشتهارد)

پیمان افضل[۱]، افشین قلی‌زاده کلاکی*[۲]، احمد خاکزاد[۳]

۱- عضو هیات علمی گروه مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

۲- کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی، زمین شناس مستقل

۳- عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

(عهده‌دار مکاتبات - afshin_gholizadeh@yahoo.com)*

چکیده

جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه برای عناصر گوناگون از مهمترین بخش‌های یک مطالعه اکتشافی است. امروزه روش‌های مبتنی بر هندسه فرکتال با توجه به امتیازاتی چون توجه به توزیع سطحی و فضایی داده‌ها و نیز شکل هندسی آنومالی‌ها کاربرد زیادی در این امر یافته‌اند. رایجترین روش در میان این‌ها روش عیار- مساحت است که مبتنی بر تغییرات مساحت، دربرگیرنده عیارهای گوناگون است. یکی از مهمترین مزیت‌های این روش مشخص نمودن رفتار چند فرکتالی یا مولتی فرکتالی توزیع داده‌های ژئوشیمیایی در یک منطقه است. این رفتارها می‌تواند مشخص کننده مراحل غنی‌شدگی و نیز کانی‌سازی عناصر گوناگون در منطقه باشد که به تعیین این رفتار در عناصر، مدلسازی مولتی‌فرکتالی گویند. در این پژوهش هدف اصلی جدا کردن مناطق آنومال عناصر سرب، روی و مس در محدوده کانسار چند فلزی اپیک واقع در استان تهران است. با توجه به نزدیکی این محدوده به یک معدن متروکه سرب و نیز شواهد زمین‌شناسی این محدوده مورد توجه قرارگرفت. نخست ۷۵ نمونه لیتوژئوشیمیایی از محدوده برداشت شده و مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفتند. سپس بر اساس نتایج حاصل برای عناصر ذکر شده در منطقه شبکه‌بندی و تخمین عیار صورت گرفته است. در مرحله بعد با ترسیم منحنی لگاریتمی عیار- مساحت جوامع زمینه و آنومالی‌ها برای عناصر مورد نظر در منطقه مورد مطالعه از یکدیگر جدا شدند. با استفاده از نتایج حاصل از مدلسازی مولتی‌فرکتالی نقشه‌های توزیع این عناصر در این محدوده ترسیم و جوامع آنومالی به‌تفکیک مشخص شدند. رفتار مولتی‌فرکتالی عناصر نشان‌دهنده امکان وجود حداقل دو مرحله کانی‌زایی در محدوده کانساری مورد مطالعه است. در نهایت با تلفیق نقشه‌های حاصله با داده‌های زمین‌شناسی اقتصادی و نیز گسل‌ها صحت نتایج بیش از پیش مورد توجه قرار گرفت. مهمترین محدوده آنومالی در بخش مرکزی محدوده قرار دارد و یک محدوده با اولویت پایین‌تر در غرب محدوده برای این عناصر مشاهده می‌شود.

واژگان کلیدی: *سرب، روی، مس، مدلسازی مولتی‌فرکتالی، روش فرکتالی عیار- مساحت، اپیک.*

۱- مقدمه

امروزه اکتشاف ژئوشیمیایی نقش مهمی را در یافتن مناطق امید بخش جهت اکتشاف‌های تفصیلی‌تر ایفا می‌کند. شاید بتوان گفت که مهمترین نتایج حاصل از تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی جدایش جوامع گوناگون آنومالی (ممکن، احتمالی و قطعی) از یکدیگر و نیز تعیین زمینه برای هر عنصر در منطقه مورد اکتشاف می‌باشد. به عبارتی در صورت عدم تعیین درست زمینه هر عنصر در هر منطقه میزان آنومالی‌ها در آن منطقه دچار نوسان شده و سبب خطاهای اساسی در برآورد محدوده‌های امید بخش برای ادامه عملیات اکتشافی می‌شود (Moon and et al, 2006).

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج حاصل از روش‌های سنتی مبتنی بر آمار کلاسیک تا مدتی مدید به عنوان تنها روش‌های تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفتند که دارای نقایصی از قبیل شرط تبعیت از توزیع نرمال، حذف تعدادی از داده‌ها به عنوان خارج از ردیف، عدم توجه به توزیع فضایی داده‌ها و نیز عدم توجه به شکل هندسی آنومالی‌ها می‌باشد (Davis, 2002). این مساله سبب شده که روش‌های دیگری برای تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی و به خصوص برای جدایش جوامع ژئوشیمیایی به کار گرفته شوند. یکی از مهمترین این روش‌ها، روش‌های فرکتالی هستند که مورد بحث قرار خواهند گرفت.

در این مطالعات ۷۵ نمونه لیتوژئوشیمیایی برداشت شده و برای آزمایشگاه Als Chemex در کانادا ارسال و مورد آنالیز شیمیایی ۳۳ عنصره به روش ICP-MS قرار گرفته است. در این نوشتار در مورد عناصر سرب، روی و مس بحث صورت گرفته است. سپس در مورد هندسه فرکتال و روش عیار- مساحت و طبیعت مولتی‌فرکتالی موجود در این روش صحبت گردیده است. بعد از آن با استفاده از این روش جوامع زمینه و آنومالی‌ها برای عناصر ذکر شده از یکدیگر جدا و نقشه آن‌ها به تفکیک ترسیم شده‌اند. در نهایت با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی اقتصادی و تکتونیک با لایه حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی وضعیت آنومالی‌های به دست آمده مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- موقعیت جغرافیایی و پیشینه مطالعاتی کانسار ایپک

کانسار ایپک در استان تهران در فاصله ۱۲ کیلومتری جنوب - جنوب شرقی شهرستان اشتهارد با مختصات جغرافیایی "۳۲ '۳۷ °۳۵ و "۵۰ '۳۷ °۳۵ طول جغرافیایی و با عرض جغرافیایی "۴۳ '۱۹ °۵۰ و "۰۷ '۲۱ °۵۰ در ارتفاع ۱۷۴۳ متری از سطح دریا واقع شده است.

این کانسار یکی از کانسارهای چند فلزی موجود در کوه‌های جارو می‌باشد که از دیرباز مورد توجه معدنکاران بوده است. کانسار ایپک تا قبل از زلزله شهریور ۱۳۴۱ بوئین‌زهرا فعال بوده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. پس از آن این کانسار به صورت متروکه باقیمانده و آثار معدنکاری گذشته در آن به صورت تونل بهره‌برداری، چاه و ترانشه قابل مشاهده می‌باشد.

شکل ۱: موقعیت کانسار ایپک نسبت به شهرها و روستاهای اطراف آن که با چهارگوش زرد رنگ مشخص شده است (بختیاری، ۱۳۸۷)

۳- زمین‌شناسی کانسار مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در زون ایران مرکزی در نوار آتشفشانی ارومیه دختر واقع شده است. در دوره ائوسن به واسطه فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر صفحه ایران مرکزی مهمترین و شدیدترین فعالیت آتشفشانی در ایران مرکزی به وقوع پیوسته که نمود ویژه این فعالیت‌ها کمربند ولکانیکی ارومیه دختر با روند شمال غرب - جنوب شرق است. این

Archive of SID

www.SID.ir

فعالیت‌ها در محیطی قاره‌ای تا دریایی انجام گرفته که با دوره‌های آرامشی نیز همراه بوده است. منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر این فعالیت‌ها شکل گرفته است.

از نظر چینه‌شناسی در این منطقه سنگ‌های قدیمی‌تر از ائوسن دیده نمی‌شود به عبارت دیگر سنگ‌های ائوسن زیرین در منطقه وجود ندارند. این منطقه تحت تاثیر راندگی‌های تازه تشکیل و جوان زون البرز می‌باشد. علاوه بر این تاثیر نیروهای برشی در منطقه موجب ایجاد و حرکت گسل‌های امتداد لغز شده است.

از دیدگاه پترولوژی رخنمون‌های عمده منطقه را سنگ‌های آذرین به ویژه سنگ‌های آتشفشانی دوران سوم تشکیل داده‌اند. فعالیت‌های ولکانیکی گسترده ائوسن موجب تشکیل تناوب ضخیمی از طبقات گدازه و آذرآواری‌ها شده است. به دنبال آن در الیگوسن تا پلیوسن فعالیت‌های پلوتونیکی موجب نفوذ واحدهای نیمه عمیق در میان این طبقات شده که عامل آن را تبدیل رژیم کششی به فشارشی عنوان می‌کنند. نفوذ این توده‌ها در کانی‌سازی فلزات پایه نقش به سزایی ایفا کرده است. از نظر زمانی واحدهای ولکانیکی موجود در ناحیه مربوط به ائوسن بالایی و توده‌های نفوذی مربوط به الیگومیوسن هستند. سکانس ولکانیک از طبقات گدازه و آذرآواری‌های وابسته به آن تشکیل شده است. در این سکانس ولکانیکی به طور عمده آندزیت، لاتیت یا تراکیت آندزیت، داسیت، ریوداسیت، ریولیت، ایگنیمبریت و توف دیده می‌شود. محدوده کانسار به وسیله سنگ‌های آتشفشانی ائوسن پوشیده شده است. سن عمومی واحدهای منطقه به جز آبرفت‌های کواترنر مربوط به ائوسن بوده و تنها یک توده نفوذی به سن الیگومیوسن در انتهای شرقی محدوده رخنمون دارد. سنگ‌های آتشفشانی محدوده عمدتاً شامل آندزیت، آندزیت بازالت و توف می‌باشد (یوسفی و همکاران، ۱۳۷۹).

کانسار ایپک به شکل رگه‌ای در مجموعه سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی، بازالتی و توف‌های سبز جایگزین شده است. امتداد رگه تقریباً شرقی - غربی و شیب آن از ۶۰ تا ۸۰ درجه به سمت شمال تا شمال شرق در تغییر است. طول رگه حدود ۱۰۰۰ متر و ضخامت متوسط آن حدود ۱ متر است. احتمالاً این کانسار تحت تاثیر نفوذ محلول‌های گرمابی با دمای پایین یا اپی‌ترمال حاصل از توده نفوذی الیگومیوسن در سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری منطقه و در امتداد شکستگی‌های حاصل از گسل ایپک تشکیل شده است.

طبق مشاهدات صحرایی در محل حفاری‌های قدیمی و امتداد رگه پاراژنز کانیایی شامل گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، پیریت، اکسیدهای مس، اکسیدهای آهن و منگنز همراه با باریت و کلسیت می‌باشد. کانی‌سازی سرب به صورت گالن و سروزیت، روی به صورت اسفالریت و اسمیت زونیت و مس به صورت کالکوپیریت در سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری‌ها دیده می‌شود. بافت ماده معدنی در مقیاس نمونه دستی به صورت شکافه پرکن و پرشدگی رگه و رگچه‌های موجود در سنگ میزبان می‌باشد که شکستگی‌ها و مناطق خرد شده را پر کرده است. به لحاظ گذر گسل ایپک از داخل این محدوده، تکتونیک آن تحت تاثیر حرکات این گسل و شاخه‌های فرعی آن می‌باشد. گسل فشاری و فعال ایپک دارای روندی تقریباً شرقی- غربی تا شمال غربی- جنوب شرقی (N100E تا N90E) می‌باشد. این گسل از بخش غربی محدوده وارد و از بخش شرقی آن خارج شده و تمام طول محدوده را طی می‌کند. نقشه زمین‌شناسی محدوده کانسار در شکل ۲ آورده شده است.

با استفاده از دورسنجی و مطالعات صحرایی دگرسانی‌های پتاسیک با گسترش محدود و منحصر به قسمت‌هایی از توده نفوذی در بخش‌های مرکزی، شرقی و شمال شرقی محدوده کانسار، دگرسانی سریسیتیک در بخش شرقی محدوده در روند گسلش اصلی، دگرسانی آرژیلیک در بخش‌های جنوبی و انتهای شرقی محدوده و دگرسانی پروپیلیتیکی در بخش‌های غربی محدوده و دگرسانی سیلیسی در بخش‌های مرکزی کانسار دیده شده است.

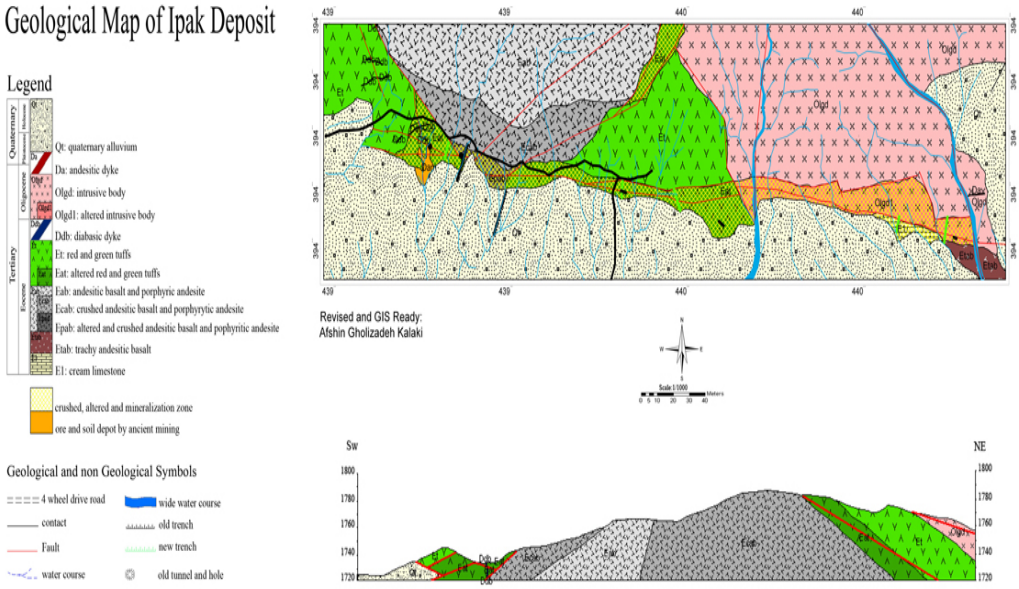
Archive of SID

www.SID.ir

۴- هندسه فرکتال و روش عیار- مساحت

فیثاغورث ریاضی‌دان یونانی در ۲۵۰۰ سال پیش نظریه‌ای داد مبنی بر اینکه عملکرد طبیعت بر پایه دانش ریاضی می‌باشد. تا قرن بیستم این نظریه مورد قبول بیشتر دانشمندان نبود ولی با پیشرفت سریع دانش در این قرن صحت این نظریه بیش از پیش مشخص شده است. امروزه ریاضی به عنوان ابزاری قوی در اختیار طبیعی‌دانان به خصوص زمین شناسان برای توصیف فرایندهای مربوط به طبیعت قرار گرفته است. با توجه به اینکه هندسه اقلیدسی توانایی بیان بیشتر پیچیدگی‌های موجود در طبیعت را ندارد، دانشمندان به دنبال هندسه‌ای بودند که بتواند توصیف‌گر کلیه فرایندهای موجود در طبیعت باشد. پروفسور ماندلبروت (۱۹۸۳) برای نخستین بار هندسه فرکتال را به عنوان ابزاری مناسب برای این کار معرفی کرد. به گفته ایشان «هندسه فرکتال توصیف‌گر طبیعت است آنگونه که طبیعت اعمال می‌کند نه آنگونه که بشر می‌خواهد و این امتیاز بسیار بزرگی محسوب می‌شود».

در هندسه فرکتال هر شکل و پیچیدگی‌های آن در قالب اعداد نشان داده می‌شوند، همان‌طور که در هندسه اقلیدسی مفهوم‌های زاویه، طول، مساحت و فضاهای یک بعدی تا سه بعدی به کار می‌روند. در هندسه فرکتال بعدهای فرکتالی وجود دارند که به طور معمول اعداد صحیح نیستند و بعدهای فرکتالی نامیده می‌شوند که برای بیان پیچیدگی یک شکل می‌توان از آن استفاده نمود. بر این اساس در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی روش‌های گوناگون آنالیز فرکتالی همچون عیار- مساحت، عیار- فاصله، عیار- محیط و طیف توان ارائه شدند که در میان آن‌ها روش عیار- مساحت در علوم زمین کاربردی بسیار یافته است (Rafiee, 2005).



شکل ۲: نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰ کانسار ایپک

روش عیار- مساحت که توسط دکتر چنگ چینی (۱۹۹۴) ارائه شد مبتنی بر میزان مساحتی است که هر عیار خاص در منطقه مورد مطالعه اشغال نموده است. هر چه عیار عنصر افزایش یابد میزان مساحت اشغالی توسط آن کاهش می‌یابد. امروزه یکی از مرسوم‌ترین روش‌ها برای نمایش توزیع عیار یک عنصر در یک منطقه ترسیم نقشه کنتوری (منحنی میزان) هم عیار عنصر مربوطه در منطقه مورد مطالعه است. اگر مقدار هر کنتور عیاری ρ در نظر گرفته شود، می‌توان یک معادله توانی برای تمرکز مواد با خواص فرکتالی ارایه نمود (Cheng and et al, 1994).

$$A_{(>\rho)} \propto \rho^{-D} \quad (۱)$$

www.SID.ir

مقدار D در حقیقت نمایانگر بعد فرکتالی مربوط به دامنه‌های متفاوت ρ را نشان می‌دهد. با ترسیم تغییرات مساحت در برابر عیار در نموداری لگاریتمی می‌توان بعد هر جامعه را از طریق شیب خط برازش شده به آن حساب نمود. نقاط شکست (تغییر شیب خط برازش شده) در این نمودار بیانگر تغییر جامعه‌ای به جامعه دیگر است، به گونه‌ای که علاوه بر جدا کردن زمینه می‌توان آنومالی‌های ممکن، احتمالی و قطعی یک عنصر و حتی در برخی موارد کانی‌سازی‌های اصلی و فرعی مربوط به آن عنصر را از یکدیگر جدا نمود (Li and et al, 2003).

به عبارتی تغییر از جامعه‌ای به جامعه‌ای دیگر نشانگر تغییر شرایط زمین شناسی، ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی می‌باشد. این توانایی منحصر به فرد به خاطر ماهیت فرکتالی توزیع عناصر در طبیعت است. این مساله سبب می‌شود که نیازی به حذف مقادیر خارج از ردیف نباشد زیرا به دلیل ماهیت فرکتالی داده‌ها به طور خودکار این داده‌ها به کنار گذاشته می‌شوند (Agterberg and et al, 1996; Turcotte, 1997; Goncalves, 2001). نظریه مدل‌سازی چند فرکتالی یا مولتی‌فرکتالی ناشی از طبیعت توزیع فرکتالی عناصر و نیز نوع ارتباط عیار با مساحت دربرگیرنده آن به صورت یک تابع توانی است یعنی اینکه در نمودار لگاریتمی عیار- مساحت حالتی پلکانی دیده می‌شود (Agterberg and et al, 1996; Goncalves, 2001). این حالت پلکانی که تعداد تکرار نمودار در اندازه‌های مختلف را نشان می‌دهد می‌تواند نمایانگر تعداد مرحله‌های غنی‌شدگی عناصر و به تبع آن تعداد مراحل کانی‌زایی و نیز پراکندگی‌های ثانویه را در منطقه مورد مطالعه نشان دهد (Agterberg and et al, 1996; Turcotte, 1997; Goncalves, 2001). با استفاده از این امر می‌توان بیش از پیش به وضعیت کانه‌زایی در منطقه پی برد. بی تردید با مدل‌سازی مولتی‌فرکتالی و نیز تلفیق نتایج آن با داده‌های زمین‌شناسی می‌توان به تفسیری ایده‌آل از کانه‌زایی منطقه مورد مطالعه پرداخت.

۵- جداسازی جوامع ژئوشیمیایی در عناصر ذکر شده با استفاده از روش فرکتالی عیار- مساحت

نخستین کاری که در این مرحله صورت پذیرفت، شبکه‌بندی محدوده مورد مطالعه بود که بر اساس آن محدوده اکتشافی به ۳۴۲ سلول با ابعاد ۵۰×۵۰ متر تقسیم‌بندی شد. سپس با روش مجذور عکس فاصله (IDS) دو بعدی میزان عیار برای هر یک از عناصر سرب، مس و روی در هر سلول با استفاده از نرم‌افزار RockWorks 2006 مورد تخمین قرار گرفت. با توجه به این‌که مساحت هر سلول معلوم و برابر ۲۵۰۰ متر مربع و نیز مقدار عیار هر عنصر برای هر سلول محاسبه شده است، پس ترسیم منحنی لگاریتمی عیار- مساحت برای هر عنصر کاری آسان می‌باشد (Cheng and et al, 1994). بر این اساس منحنی‌های لگاریتمی عیار- مساحت برای این ۳ عنصر در محدوده مورد مطالعه ترسیم شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

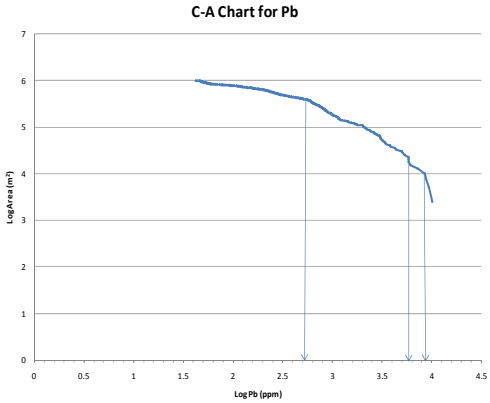
۵-۱- سرب

در نمودار لگاریتمی عیار - مساحت این عنصر می‌توان ۳ نقطه شکست شاخص و دو مرحله غنی‌شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی‌فرکتالی آن مشاهده نمود (شکل ۳). بر این اساس حد آستانه‌ای عنصر سرب در ۵۱۳ ppm یعنی جایی است که در آن شیب خط با افق اختلاف قابل ملاحظه‌ای دارد. بر این اساس کمتر از این میزان سرب در محدوده زمینه و بیش از این آنومالی است. در نقطه دوم که منحنی نخست به پایان رسیده و منحنی دوم شروع می‌شود عیار سرب به حدود ۰/۵۶ درصد می‌رسد که می‌توان گفت عیار سرب تا این مرحله حاصل کانی‌زایی اولیه یا پراکندگی ثانویه است. آخرین نقطه شکست که در عیار حدود ۰/۸۹ درصد است نمایانگر حد آنومالی قطعی این عنصر است زیرا بعد از آن شیب نمودار به حالت نزدیک به قائم می‌رسد و می‌توان گفت از این عیار به بالاتر آنومالی قطعی سرب در این کانسار است (Cheng and et al, 1994).

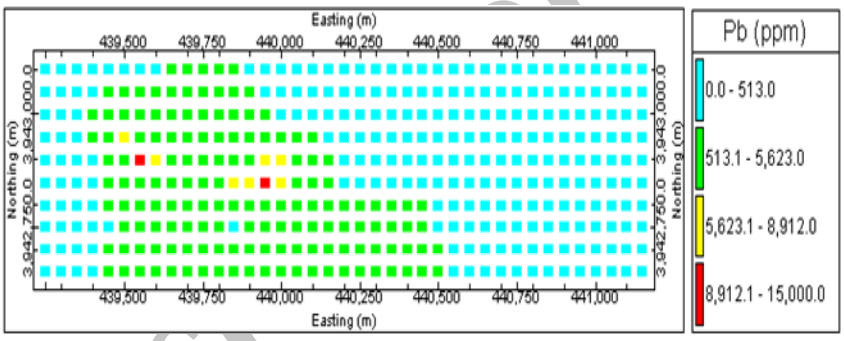
Archive of SID

www.SID.ir

در نقشه توزیع عنصر سرب می‌توان مشاهده نمود که مناطق آنومال سرب در دو بخش غرب و مرکز آن قرار دارند و نیز کانی‌سازی اصلی سرب که از ۰/۵۶ درصد به بالا آغاز می‌شود در دو بخش‌کوچک از مرکز و غرب محدوده کانسار قرار دارد. محدوده اصلی در بخش مرکزی و در محدوده طول جغرافیایی ۴۳۹۸۲۰ تا ۴۴۰۰۰۰ سیستم متریک و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۸۳۰ تا ۳۹۴۲۹۳۰ سیستم متریک و محدوده کوچکتر در محدوده طول جغرافیایی ۴۳۹۴۸۰ تا ۴۳۹۶۲۰ سیستم متریک و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۸۸۰ تا ۳۹۴۲۹۶۰ سیستم متریک قرار دارد (شکل ۴).



شکل ۳: نمودار لگاریتمی عیار- مساحت برای عنصر سرب



شکل ۴: نقشه توزیع جوامع ژئوشیمیایی سرب در محدوده کانسار ایپک

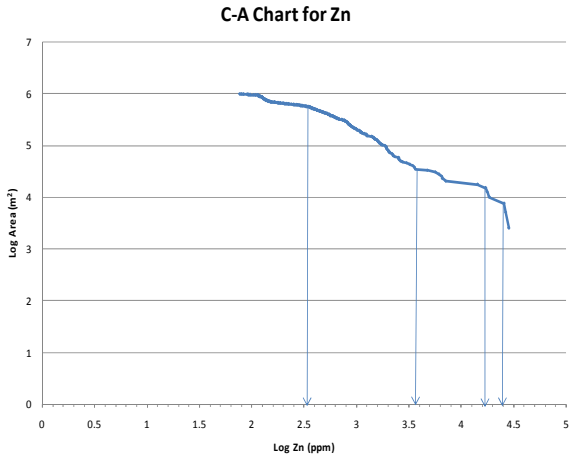
۵-۲- روی

در نمودار لگاریتمی عیار - مساحت این عنصر می‌توان ۴ نقطه شکست شاخص و حداقل دو مرحله غنی‌شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی‌فرکتالی آن مشاهده نمود (شکل ۵). در این شکل مشاهده می‌شود که این عنصر دارای رفتار مولتی‌فرکتالی پیچیده‌ای است و می‌توان گفت که در این محدوده بیش از ۲ مرحله غنی شدگی روی را مشاهده نمود. ولی می‌توان گفت که دو جامعه سمت چپ (تا عیار کمتر از ۰/۳۵ درصد) تنها یک پراکندگی ثانویه است. بر این اساس حد آستانه‌ای عنصر روی در ۳۵۴۸ ppm می‌باشد. بر این اساس کمتر از این میزان روی در محدوده زمینه و بیش از این آنومالی است. در نقطه سوم که عیار روی به حدود ۱/۵ درصد می‌رسد می‌توان گفت آغاز مرحله اصلی کانی‌سازی روی از این عیار به بالا بوده است. آخرین نقطه شکست که در عیار حدود ۲/۵ درصد است نمایانگر حد آنومالی قطعی این عنصر است زیرا بعد از آن شیب نمودار به حالت نزدیک به قائم می‌رسد و می‌توان گفت از این عیار به بالاتر آنومالی قطعی روی در این کانسار است که البته می‌توان آن‌را در ۱/۵ درصد نیز در نظر گرفت ولی چون یک حالت پلکانی و مولتی‌فرکتالی در آن دیده می‌شود بهتر است که این حد در ۲/۵ درصد در نظر گرفته شود (Cheng and et al, 1994).

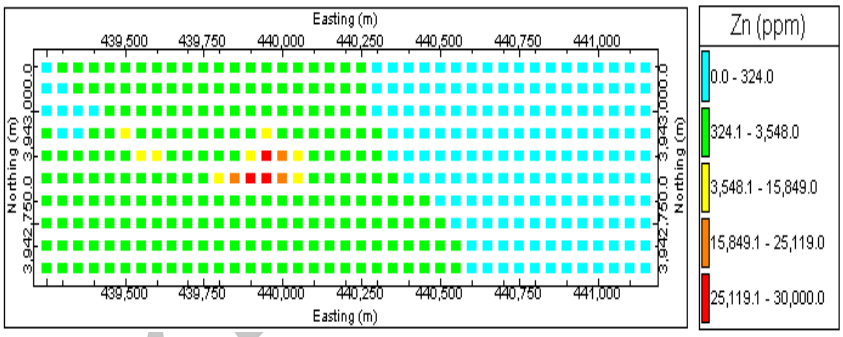
Archive of SID

www.SID.ir

در نقشه توزیع عنصر روی می‌توان مشاهده نمود که آنومالی‌های روی در نیمه غربی محدوده قرار دارند و نیز کانی‌سازی اصلی روی که از ۱/۵ درصد به بالا آغاز می‌شود در بخش‌کوچکی از مرکز محدوده کانسار و در محدوده طول جغرافیایی ۴۳۹۸۲۰ تا ۴۴۰۰۰۰ و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۸۳۰ تا ۳۹۴۲۹۳۰ قرار دارد که درست منطبق بر محدوده اصلی کانی‌زایی سرب است (شکل ۶).



شکل ۵: نمودار لگاریتمی عیار- مساحت برای عنصر روی



شکل ۶: نقشه توزیع جوامع ژئوشیمیایی روی در محدوده کانسار اپیک

۵-۳- مس

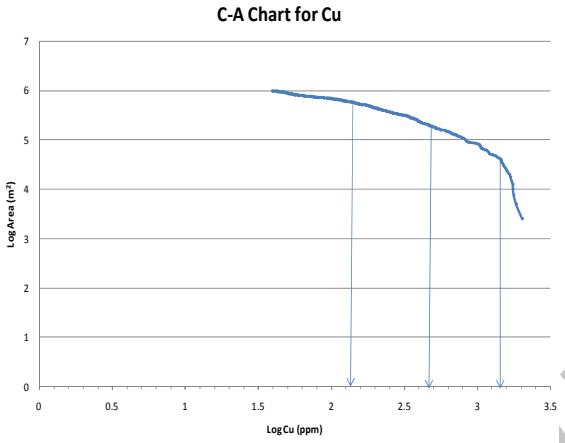
در نمودار لگاریتمی عیار- مساحت این عنصر می‌توان ۳ نقطه شکست شاخص و دو مرحله غنی‌شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی‌فرکتالی آن مشاهده نمود (شکل ۷).

بر این اساس حد آستانه‌ای عنصر مس در ppm ۴۵۷ یعنی جایی است که در آن شیب خط با افق اختلاف قابل ملاحظه‌ای دارد. بر این اساس کمتر از این میزان مس در محدوده زمینه و بیش از این آنومالی است. آخرین نقطه شکست که در عیار حدود ۰/۱۴ درصد است نمایانگر حد آنومالی قطعی این عنصر است زیرا بعد از آن شیب نمودار به حالت نزدیک به قائم می‌رسد و می‌توان گفت از این عیار به بالاتر آنومالی قطعی مس در این کانسار است (Cheng and et al, 1994).

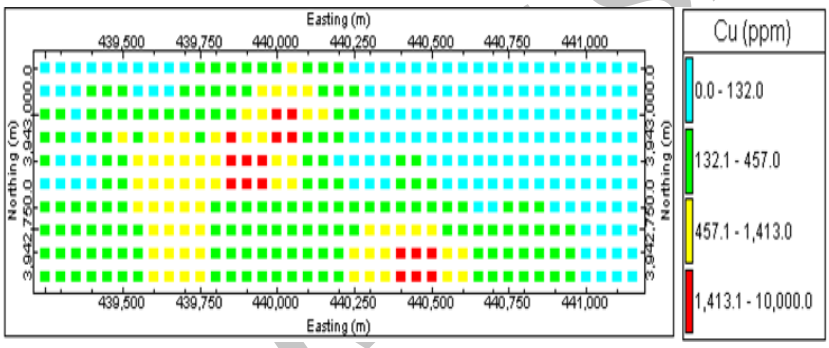
در نقشه توزیع عنصر مس می‌توان مشاهده نمود که مناطق آنومال مس در بخش‌های غربی، مرکزی و جنوب آن قرار دارند و نیز کانی‌سازی اصلی مس که از ۰/۱۴ درصد به بالا آغاز می‌شود در دو بخش به نسبت کوچک از مرکزی متمایل به غرب و جنوب محدوده کانسار قرار دارد. محدوده اصلی در بخش مرکزی و در محدوده طول جغرافیایی ۴۳۹۸۲۰ تا ۴۴۰۰۰۰ و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۸۳۰ تا ۳۹۴۳۰۰۰ منطبق بر دو محدوده کانی‌زایی سرب و روی است.

www.SID.ir

محدوده کوچکتر در بخش جنوبی در محدوده طول جغرافیایی ۴۴۰۳۸۰ تا ۴۴۰۵۲۰ و و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۶۳۰ تا ۳۹۴۲۷۲۰ قرار دارد (شکل ۸).



شکل ۷: نمودار لگاریتمی عیار- مساحت برای عنصر مس



شکل ۸: نقشه توزیع جوامع ژئوشیمیایی مس در محدوده کانسار اپیک

۶- انطباق لایه ژئوشیمیایی با لایه‌های زمین‌شناسی اقتصادی و تکتونیک

در این مرحله نقشه‌های ژئوشیمیایی حاصل از مدل‌سازی مولتی‌فرکتالی با داده‌های حاصل از زمین‌شناسی و تکتونیک تلفیق شدند. همان‌طور که بخش زمین‌شناسی آورده شد، در این کانسار یک رگه با روند شرقی- غربی وجود دارد. همچنین گسل‌ها در این کانسار عموماً دارای روندی شرقی- غربی هستند که در بخش‌های غربی از پیچیدگی بیشتری برخوردار می‌باشند و یکدیگر را قطع می‌کنند.

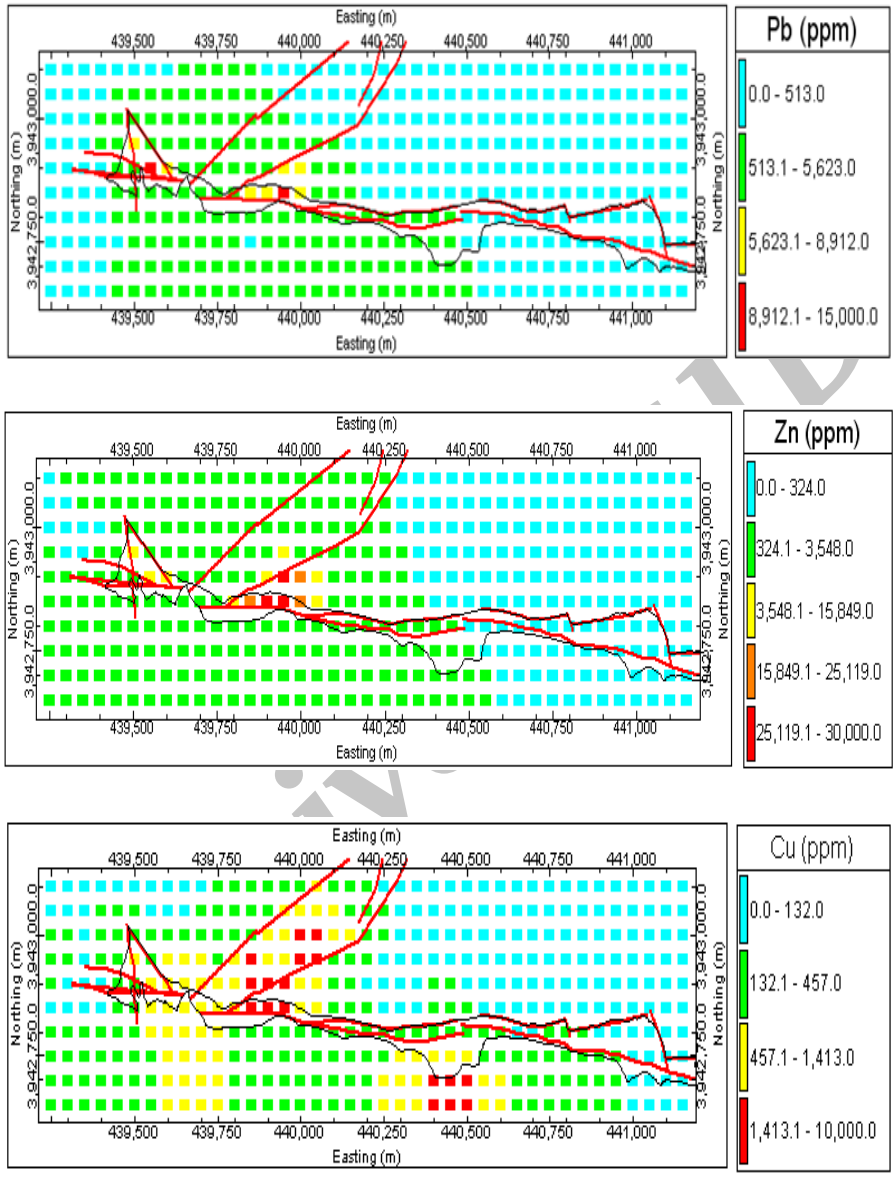
با تلفیق این‌ها مشخص شد که منطقه مشترک و مهم در بخش مرکزی کانسار در محدوده طول جغرافیایی ۴۳۹۸۲۰ تا ۴۴۰۰۰۰ و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۸۳۰ تا ۳۹۴۳۰۰۰ که شامل آنومالی‌های قطعی سرب، روی و مس همراه با هم می‌باشند که هم در محل تقاطع گسل‌ها و هم در محدوده کانی‌سازی‌ها و دگرسانی‌های سطحی مشاهده می‌شود (شکل ۹).

محدوده کوچکتر آنومال سرب در غرب محدوده کانسار در محدوده طول جغرافیایی ۴۳۹۴۸۰ تا ۴۳۹۶۲۰ و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۸۸۰ تا ۳۹۴۲۹۶۰ نیز دارای این شرایط است و با توجه به انطباق سه لایه ژئوشیمیایی، زمین‌شناسی اقتصادی و تکتونیک این محدوده نیز امید بخش می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

این محدوده بر محدوده آنومالی درجه پایین روی نیز منطبق است بنابراین این بخش می‌تواند برای سرب و روی امید بخش باشد. آنومالی جنوبی مس در همسایگی اثرهای زمینی کانی‌سازی و دگرسانی‌ها است و این می‌تواند برای عنصر مس امید بخش باشد.



شکل ۹: تلفیق لایه‌های ژئوشیمیایی، زمین شناسی اقتصادی و تکتونیک در محدوده کانسار ایپک

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعات نشانگر توانایی بالای روش‌های فرکتالی و به خصوص مدلسازی‌های مولتی‌فرکتالی در جدایش جوامع ژئوشیمیایی و نیز تعیین تعداد مراحل غنی‌شدگی عناصر در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. به یقین تلفیق نتایج حاصل از آن با شواهد زمین‌شناسی می‌تواند دید بسیار بهتری از مراحل کانی‌زایی هر عنصر و نیز پراکندگی‌های ثانویه آن‌را نشان دهد. مطالعات نشان داد که پراکندگی عناصر سرب، روی و مس از رفتار مولتی‌فرکتالی تبعیت می‌نماید به گونه‌ای که نشانگر حداقل دو مرحله غنی‌شدگی این عناصر در محدوده مورد نظر است. مهمترین آنومالی قطعی این سه عنصر همراه با هم در بخش مرکزی محدوده کانسار و در بین طول جغرافیایی ۴۳۹۸۲۰ تا ۴۴۰۰۰۰ و عرض

www.SID.ir

جغرافیایی ۳۹۴۲۸۳۰ تا ۳۹۴۲۹۳۰ قرار دارد. یک محدوده کوچکتر برای آنومالی‌های شدید سرب و روی و درجه پایین مس در غرب محدوده و در بین طول جغرافیایی ۴۴۰۳۸۰ تا ۴۴۰۵۲۰ و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۶۳۰ تا ۳۹۴۲۷۲۰ قرار دارد. با تلفیق لایه تکتونیکی و لایه زمین‌شناسی اقتصادی که شامل محل رگه، دگرسانی‌ها و کانی‌سازی‌های درجه گوناگون است، مشخص شد که نتایج حاصل از مدل‌سازی مولتی‌فرکتالی با شواهد زمین‌شناسی و تکتونیکی انطباق کامل دارد. به گونه‌ای که مناطق آنومال ذکر شده منطبق بر کانی‌سازی مشاهده شده سطحی و نیز در محل برخورد گسل‌ها است.

با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود که تمرکز اکتشافات مراحل بعدی در بخش مرکزی و در حد فاصل طول جغرافیایی ۴۴۰۳۸۰ تا ۴۴۰۵۲۰ و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۶۳۰ تا ۳۹۴۲۷۲۰ باشد چون در این محدوده با مطالعه صورت گرفته مشخص شده که بیشترین میزان غنی‌شدگی هر سه عنصر سرب، روی و مس و نیز کانی‌سازی اصلی آن‌ها قرار دارد. برای اولویت بعدی منطقه آنومال موجود در بخش غربی در حد فاصل طول جغرافیایی ۴۴۰۳۸۰ تا ۴۴۰۵۲۰ و و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۶۳۰ تا ۳۹۴۲۷۲۰ مورد نظر قرار بگیرد.

۸- منابع

۱. بختیاری، س.، ۱۳۸۷، اطلس راه‌های ایران، انتشارات موسسه کارتوگرافی و گیتاشناسی، ۳۰۶ صفحه.

۲. یوسفی، م.؛ امامی، م. ه.؛ علوی، م. و عروج نیا، پ.، ۱۳۷۹، نقشه و گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ اشتهارد، چاپ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

3. Agterberg, F.P.; Cheng, Q.; Brown, A. and Good, D., 1996. Multifractal modeling of fractures in the Lac du Bonnet batholith, Manitoba, Comput. Geosci. 22 (5), pp. 497-507.
4. Cheng, Q.; Agterberg, F. P. and Ballantyne, S. B., 1994, The separartion of geochemical anomalies from background by fractal methods, Journal of Geochemical Exploration, vol. 51, p.p. 109–130.
5. Cheng, Q. and Agterberg, F.P., 1996. Multifractal modeling and spatial statistics. Math. Geol. 28 (1), pp. 1-16.
6. Davis, J.C., 2002, Statistics and data analysis in Geology (3th ed.), John Wiley & Sons Inc., New York, p.p. 342-353.
7. Goncalves, M.A., 2001. Characterization of geochemical distributions using multifractal models. Math. Geol. 33 (1), pp. 41-61.
8. Li, C.; Ma, T. and Shi, J., 2003, Application of a fractal method relating concentrations and distances for separation of geochemical anomalies from background, Journal of Geochemical Exploration, vol. 77, p.p. 167–175.
9. Mandelbrot, B.B., 1983, The Fractal Geometry of Nature, W. H. Freeman, San Fransisco, 468 pp.
10. Moon, C. J., Whateley, M. K. G. and Evans, A. M., 2006, Introduction to Mineral Exploration, Blackwell, Oxford, 481pp.
11. Rafiee, A, 2005, Separating geochemical anomalies in stream sediment media by applying combination of fractal concentration-area model and multivariate analysis (Case study: Jebal-e-Barez 1:100,000 Sheet, Iran), 20th World Mining Congress Proceeding, National Geosciences Database of Iran, p.p. 461 -470.
12. Turcotte, D.L., 1997. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge.

Archive of SID

www.SID.ir