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

چکیدہ

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 غنی شدگی و نیز کانیسازی عناصر گوناگون در منطقه باشد که به تعیین این رفتار در عناصر، مدلسازی مولتی فرکتالی گویند. در این پژوهش هدف اصلی جدا کردن مناطق آنومال عناصر سرب، روی و مس در محدوده کانسار چند فلزی ایپک واقع در استان تهران است. با توجه به نزدیکی این محدوده به یک معدن متروکه سرب و نیز شواهد زمین شناسی این محدوده مورد توجه قرار گرفت. نخست ۷۵ نمونه در منطقه شبکهبندی و تخمین عیار صورت گرفته است. در مرحله بعد با تربیم منحن لکاریتمی عیار- مساحت با توجه به نزدیکی در منطقه شبکهبندی و تخمین عیار صورت گرفته است. در مرحله بعد با ترسیم منحنی لکاریتمی عیار- مساحت جوامع زمینه و آنومالیها برای عناصر مورد نظر در منطقه مورد مطالعه از یکدیگر جدا شدند. با استفاده از نتایج حاصل برای عناصر ذکر شده آنومالیها برای عناصر مورد نظر در منطقه مورد مطالعه از یکدیگر جدا شدند. با استفاده از نتایج حاصل برای مولتی فرکتالی نشاندهنده امکان وجود حداقل دو مرحله کانیزایی در محدوده کانساری مورد مطالعه است. در فتار مولتی فرکتالی عناصر آنومالیها برای عناصر مورد نظر در منطقه مورد مطالعه از یکدیگر جدا شدند. با استفاده از نتایج حاصل برای مناصر خونه و نقره های توزید این مولتی مولتی فرکتالی عناصر نشاندهنده امکان وجود حداقل دو مرحله کانیزایی در محدوده کانساری مورد مطالعه است. در نها مولتی فرکتالی عناصر نشاندهنده امکان وجود حداقل دو مرحله کانیزایی در محدوده کانساری مورد موجه قرار گرفت. مهمترین محدوده آنومالی در با دادههای زمینشناسی اقتصادی و نیز گسام صحت نتایج بیش از پیش مورد توجه قرار گرفت. مهمترین محدوده آنومالی در

واژگان کلیدی: سرب، روی، مس، مدلسازی مولتی فرکتالی، روش فرکتالی عیار - مساحت، ایپک.

۱– مقدمه

امروزه اکتشاف ژئوشیمیایی نقش مهمی را در یافتن مناطق امید بخش جهت اکتشافهای تفصیلی تر ایفا می کند. 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). نتایج حاصل از روشهای سنتی مبتنی بر آمار کلاسیک تا مدتی مدید به عنوان تنها روشهای تحلیل دادهها مورد استفاده قرار می گرفتند که دارای نقایصی از قبیل شرط تبعیت از توزیع نرمال، حذف تعدادی از دادهها به عنوان حارج از ردیف، عدم توجه به تحلیل شرط تبعیت از توزیع نرمال، حذف معدادی از دادهها به عنوان کارج 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 زمین شناسی 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 "۳۵ و "۵۰ "۳۷ ۵۳۵ طول جغرافیایی و با عرض جغرافیایی "۴۳ '۱۹ ۵۰۰ 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- زمین شناسی 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

جداسازی آنومالیهای ژئوشیمیایی از زمینه با استفاده از مدلسازی ...

فعالیتها در محیطی قارهای تا دریایی انجام گرفته که با دورههای آرامشی نیز همراه بوده است. منطقـه مـورد مطالعـه تحت تاثیر این فعالیتها شکل گرفته است.

از نظر چینهشناسی در این منطقه سنگهای قدیمی تر از ائوسن دیده نمی شود به عبارت دیگر سنگهای ائوسن زیرین در منطقه وجود ندارند. این منطقه تحت تاثیر راندگیهای تازه تشکیل و جوان زون البرز میباشد. علاوه بـر ایـن 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، رخنمون دارد. سنگهای آتشفشانی محدوده عمدتاً شامل آندزیت، آندزیت بازالت و توف میباشد (یوسفی و همکاران،

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 رگ 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 N100E) میباشد. این گسل از بخش غربی محدوده وارد و از بخش شرقی آن خارج شده و تمام طول محدوده را طی میکند. نقشه زمین شده ایس

از بخش غربی محدوده وارد و از بخش شرقی آن خارج شده و تمام طول محدوده را طی میکند. نقشه زمین شناسی 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 بخش های جنوبی و انتهای شرقی محدوده و دگرسانی

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 ایـن قـرن صحت این نظریه بیش از پیش مشخص شده است. امروزه ریاضی به عنوان ابـزاری قـوی در اختیـار طبیعـیدانـان بـه خصوص زمین شناسان برای توصیف فرایندهای مربوط به طبیعت قرار گرفته است. با توجه به اینکه هندسـه اقلیدسـی توانایی بیان بیشتر پیچیدگیهای موجود در طبیعت را ندارد، دانشمندان به دنبال هندسهای بودند که بتواند توصیف گر کلیه فرایندهای موجود در طبیعت باشد. پروفسور ماندلبروت (۱۹۸۳) برای نخستین بار هندسـه فرکتـال را بـه عنـوان ابزاری مناسب برای این کار معرفی کرد. به گفته ایشان «هندسه فرکتال توصیفگر طبیعت اسـت آنگونـه کـه 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 می شوند، همان طور که در هندسه اقلیدسی مفهومهای زاویه، طول، مساحت و فضاهای یک بعدی تا سه بعدی به کار می روند. در هندسه فرکتال بعدهای فرکتالی وجود دارند که به طور معمول اعداد صحیح نیستند و بعدهای فرکتالی نامیده می شوند که برای بیان پیچیدگی یک شکل می توان از آن استفاده نمود. بر این اساس در دهههای ۸۰ و ۹۰ میلادی روش های گوناگون آنالیز فرکتالی همچون عیار – مساحت، عیار – فاصله، عیار – محیط و طیف توان ارائه شدند که در میان آن ها 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 یاب 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 (1994).

$$A_{(>\rho)} \propto \rho^{-D}$$
 (1)

مقدار D در حقیقت نمایانگر بعد فرکتالی مربوط به دامنههای متفاوت p را نشان می دهد. با ترسیم تغییرات مساحت در برابر عیار در نموداری لگاریتمی می توان 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 می توان آنومالیهای ممکن، احتمالی و قطعی یک عنصر و حتی در برخی موارد کانیسازی های 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 می شود که نیازی به حذف مقادیر خارج از ردیف نباشد زیرا به دلیل ماهیت فرکتالی دادهها به طور خودکار این دادهها به کنار که نیازی به حذف مقادیر خارج از ردیف نباشد زیرا به دلیل ماهیت فرکتالی دادهها به طور خودکار این دادهها به کنار که نیازی به حذف مقادیر خارج از ردیف نباشد زیرا به دلیل ماهیت فرکتالی دادهها به طور خودکار این دادهها به کنار 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 مدل سازی چند فرکتالی یا مولتی فرکتالی 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 و 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 و 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 و نیز پراکندگیهای می دورت یک تابع توانی است یعنی اینکه در نمودار لگاریتمی عیار - مساحت حالتی پلکانی دیده میشود (2001) معاد می توانی این این مرحله های غنی شدگی عناصر و به تبع آن تعداد مراحل کانیزایی و نیز پراکندگیهای می دهده میتواند نمایانگر تعداد مرحلههای غنی شدگی عناصر و به تبع آن تعداد مراحل کانیزایی و نیز پراکندگیهای میده می در منطقه مورد مطالعه نشان دهد (عیش ندگی عناصر و به تبع آن تعداد مراحل کانیزایی و نیز پراکندگیهای می در مندگیهای در منطقه مورد عران داده از این امر میتوان بیش از پیش به وضعیت کانهزایی در منطقه پی برد. بی تردید با مدل سازی مولی در منطقه پی برد. بی تردید با مدل سازی مولی می منوز پراکندژی مودار در میتری با دادههای زمین شناسی می میتوان به تفسیری ایده آل 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 این که 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 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 غنی شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی فرکتالی آن مشاهده نمود (شکل ۳). بر این اساس حد آستانهای عنصر سرب در ppm ۵۱۳ 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 می شود عیار سرب به حدود ۱۵۶۶ درصد می رسد که میتوان گفت عیار سرب تا این مرحله حاصل کانی زایی اولیه یا پراکندگی ثانویه است. آخرین نقطه شکست که در عیار حدود ۱۸۹ درصد است نمایانگر حد آنومالی قطعی این عنصر است زیرا بعد از آن شیب نمودار به حالت نزدیک به قائم می رسد و میتوان گفت از این عیار به بالاتر آنومالی قطعی سرب در این کانسار است (است (است (است) معان می می می می میتوان گفت از این عیار می می مود این می را د در نقشه توزیع عنصر سرب می توان مشاهده نمود که مناطق آنومال سرب در دو بخش غرب و مرکز آن قرار دارند و نیز کانی سازی اصلی سرب که از ۱۵۶ درصد به بالا آغاز می شود در دو بخش کوچک 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 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 خداقل دو مرحله غنی شدگی این عنصر در کانسار را به دلیل رفتار مولتی فرکتالی آن مشاهده نمود (شکل ۵). در این شکل مشاهده می شود که این عنصر دارای رفتار مولتی فرکتالی پیچیده ای 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 ۲۵/۰ درصد) تنها یک پراکندگی ثانویه است. بر این اساس حد آستانه ی عنصر روی در ۳۵۴۸ ppm می باشد. 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 می رسد میتوان گفت آغاز مرحله اصلی کانی سازی روی از این عیار به بالا بوده است. آخرین نقطه شکست که در عیار حدود ۲۸ درصد است نمایانگر حد آنومالی قطعی این عنصر است زیرا بعد از آن شیب نمودار به حالت نزدیک به قائم می رسد و میتوان گفت از این عیار به بالاتر آنومالی قطعی روی در این کانسار است که البته میتوان آن از این میزان رولی وون یک حالت پلکانی و مولتی فرکتالی در آن دیده میشود بهتر است که این حدود در ۲۸ درصد در نظر گرفت ولی (ا ین عیار به بالاتر آنومالی قطعی روی در آن دیده میشود بهتر است که این حدود در ۲۸ درصد در نظر گرفته شود وون یک حالت پلکانی و مولتی فرکتالی در آن دیده میشود بهتر است که این حد در ۲/۵ درصد در نظر گرفته شود (Cheng and et al, 1994). 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 بخش کوچکی 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 ۶: نقشه توزیع جوامع ژئوشیمیایی روی در محدوده کانسار ایپک

۵–۳– مس

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

بر این اساس حد آستانهای عنصر مس در ۹۵۷ ppm 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 ۱۰٫۱۴ 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 ۱۴/۰ 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. محدوده کوچکتر در بخش جنوبی در محدوده طول جغرافیایی ۴۴۰۳۸۰ تا ۴۴۰۵۲۰ و و عرض جغرافیایی ۳۹۴۲۶۳۰ تا ۳۹۴۲۷۲۰ قرار دارد (شکل ۸).



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، زمین شناسی اقتصادی و تکتونیک این محدوده نیز امید بخش می باشد. این محدوده بر محدوده آنومالی درجه پایین روی نیز منطبق است بنابراین این بخش میتواند برای سـرب و روی امید بخش باشد. آنومالی جنوبی مس در همسایگی اثرهای زمینی کانیسازی و دگرسانیها است و این میتوانـد بـرای عنصر مس امید بخش باشد.



شکل ۹: تلفیق لایه های 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 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 زمین شناسی اقتصادی که شامل محل رگه، دگرسانیها و کانیسازیهای درجه گوناگون است، مشخص شد که نتایج حاصل از مدل سازی مولتی فرکتالی با شواهد زمین شناسی و تکتونیکی انطباق کامل دارد. به گونهای که مناطق آنومال ذکر شده منطبق بر کانی سازی 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

- بختیاری، س.، ۱۳۸۷، اطلس راههای ایران، انتشارات موسسه کارتوگرافی و گیتاشناسی، ۳۰۶ صفحه.
- ۲. پوسفی، م.؛ امامی، م. ه.؛ علوی، م. و عروج نیا، پ.، ۱۳۷۹، نقشه و گزارش نقشه زمینشناسی ۱/۱۰۰۰۰ 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 separation 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.
- 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.
- 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.