Geochemistry
Vol.4, No.1 (Spring 2015)

کاربرد روش فراکتال عیار- مساحت برای جداسازی بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی از زمینه در رسوبات آبراهه‌ای منطقه مزایجان، برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان، استان فارس

محمدعلی رجب‌زاده*[۱]، سهیلا یزدانی[۲]، احد نظرپور[۳]، ابوالحسن احمدی[۴]

۱- دانشیار زمین‌شناسی اقتصادی، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوشیمی، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۳- استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

۴- کارشناس معدن، اداره زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استان فارس، شیراز، ایران

* عهده‌دار مکاتبات: rajabzad@susc.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۷، پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴

چکیده

منطقه مزایجان با وسعت تقریبی ۱۷۰ کیلومتر مربع در جنوب شرق سوریان، استان فارس و بین طول جغرافیایی ´۴۵ °۵۳ و ´۵۵ °۵۳ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۰ و ´۲۳ °۳۰ و در زون سنندج- سیرجان قرار دارد. سنگ‌های رسوبی، دگرگونی و به میزان کمتری آذرین با گستره زمانی سیلورین تا کرتاسه پیشین در منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند و توسط نهشته‌های کواترنری پوشیده شده‌اند. کانه‌زایی‌ها اغلب از نوع گرمابی با منشأ مختلف و با کنترل زمین‌شناسی ساختاری از فلزات آهن، مس، منگنز، سرب و روی در منطقه گزارش شده‌اند. استفاده از رسوبات آبراهه‌ای در مرحله پی‌جویی ذخایر فلزی در مقیاس ناحیه‌ای بسیار سودمند و مقرون به صرفه است. برای دستیابی به این موضوع از روش هندسی فراکتال عیار- مساحت که موقعیت فضایی و الگوی توزیع داده‌های ژئوشیمیایی را مدنظر قرار می‌دهد، استفاده شده است. در جوامع ژئوشیمیایی حاصل از تجزیه فلزات مختلف در ۱۹۵ نمونه رسوب آبراهه‌ای، جامعه آماری فلزات مس، آهن و منگنز به شکل بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی دارای پتانسیل لازم و منطبق بر سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی ساختاری منطقه مزایجان هستند. مناطق دارای پتانسیل کانه‌زایی برای عناصر مس- آهن در بخش جنوب شرقی و منگنز- آهن در بخش شمالی منطقه قرار می‌گیرند که از نظر سنگ‌شناسی به‌ترتیب با آهک‌های تخریبی همراه با متاتوف حاوی پیریت- کالکوپیریت و آهک‌های آواری اسپاریتی حاوی عدسی‌های آهن و منگنز مطابقت دارند. شدت بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی در نزدیکی ساختارهای زمین‌ساختی مانند گسل‌ها و مناطق برشی افزایش می‌یابد. کنترل صحرایی نشانگر احتمال بالای وجود ذخایر معدنی در مناطق هدف است.

واژه‌های کلیدی: بی‌هنجاری ژئوشیمیایی، رسوب آبراهه‌ای، فراکتال عیار- مساحت، مزایجان، فارس

۱- مقدمه

تشخیص مناطق دارای بی‌هنجاری ژئوشیمیایی از زمینه، مهم‌ترین هدف در مطالعات ژئوشیمیایی اکتشافی است. در این مورد از روش‌های آمار کلاسیک بسیار استفاده شده است (اصلانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Templ et al., 2008). با وجود موفقیت‌های فراوان در اکتشاف، این روش‌ها دارای نقایصی همچون شرط پیروی از توزیع نرمال، حذف تعدادی از داده‌ها به‌عنوان خارج از رده، عدم توجه به توزیع فضایی داده‌ها و نیز عدم توجه به شکل هندسی بی‌هنجاری هستند. در سال‌های اخیر روش‌های تحلیل آماری فراکتال به‌عنوان ابزاری کارآمد در جداسازی بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی از زمینه بسیار مورد توجه قرارگرفته‌اند. امروزه اکتشافات ژئوشیمیایی بویژه در ایران بر روی محیط رسوبات آبراهه‌ای متمرکز شده‌اند که در اکتشاف‌های تفصیلی نقش مهمی در یافتن مناطق امیدبخش در ابعاد منطقه‌ای دارند. مهم‌ترین نتایج حاصل از تحلیل آماری داده‌های ژئوشیمیایی جدایش جوامع گوناگون بی‌هنجاری از یکدیگر و تعیین میزان زمینه برای هر عنصر در منطقه مورد اکتشاف است. روش‌های فراکتالی برای جدایش جوامع ژئوشیمیایی نخستین‌بار توسط Mandelbrot, (1983) مطرح شد. از سال ۱۹۹۰ به بعد روش‌های گوناگونی برای جدایش جوامع ژئوشیمیایی با استفاده از مدل‌های فراکتال ارائه شدند (افضل و همکاران، ۱۳۸۹؛ افضل و همکاران، ۱۳۹۰؛ نژاد عمران و همکاران، ۱۳۹۳؛ Cheng et al., 1994; Agterberg, 1995; Cheng et al., 1999; Davis, 2002; Mao et al., 2004; Khaled et al., 2007; Nazarpour et al., 2015a; Nazarpour et al., 2015b).

روش فراکتال عیار- مساحت در اکتشافات ژئوشیمیایی برای جدایش جوامع بی‌هنجار از زمینه، نخستین‌بار توسط Cheng et al., (1994); Afzal et al., (2012) بر اساس رفتار فراکتالی توزیع‌های ژئوشیمیایی در طبیعت ارائه شده است. در نمودار لگاریتمی عیار در برابر مساحت، تجمعی از داده‌ها در نقاطی می‌شکنند یا به عبارتی تغییر شیب می‌دهند که این نقاط نمایانگر تغییر از زمینه به بی‌هنجاری درجات مختلف و به پیروی از آن تغییرات در شرایط زمین‌شناسی به‌ویژه کانی‌سازی است. به‌طورکلی داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای رفتار چند فراکتالی دارند که این نشانگر میزان تغییرات در شرایط زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، دگرسانی، هوازدگی

Archive of SID
www.SID.ir

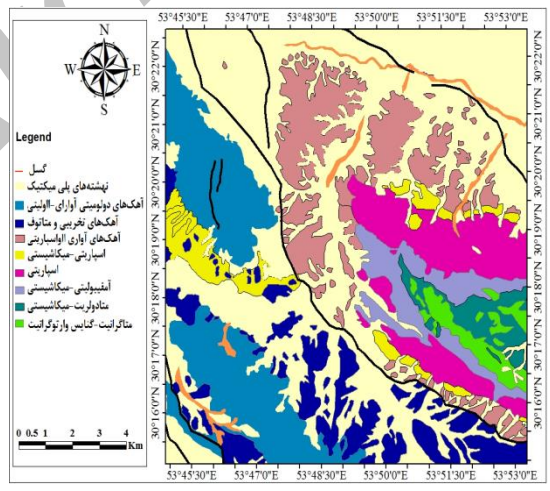
سطحی، کانی‌سازی و به دنبال آن مراحل غنی‌شدگی یک عنصر است (Goncalves et al., 2001; Nazarpour et al., 2015a). بنابراین در انتخاب روشی معین از میان روش‌های مختلف موجود در تعیین بی‌هنجاری‌ها، باید به این نکته توجه کرد که هیچ تضمینی برای آنکه نتایج به‌دست‌آمده برای وضعیت زمین‌شناسی مورد مطالعه معنی‌دار هستند یا نه، وجود ندارد. این بدان معناست که هیچ‌یک از روش‌های موجود در تعیین و شناسایی بی‌هنجاری‌ها، مستقل از زمین‌شناسی نبوده و در هرگونه تفسیری از نتایج به‌دست‌آمده، باید آنها را با دانسته‌های زمین‌شناسی منطبق کرد. در این مقاله، تفکیک جوامع ژئوشیمیایی در تشخیص بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عناصر از زمینه از روش عیار- مساحت برپایه داده‌های برداشت‌شده از رسوبات آبراهه‌ای منطقه مزایجان در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سوریان استفاده و سپس نتایج با کنترل صحرایی ارزیابی شده است.

۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه

منطقه مزایجان در جنوب شرق شهر سوریان در شهرستان بوانات در شمال شرق استان فارس قرار دارد. با توجه به تقسیمات واحدهای ساختاری- رسوبی ایران (Stocklin, 1968) این منطقه با وسعت تقریبی ۱۷۰ کیلومتر مربع در زون سنندج- سیرجان بین طول جغرافیایی ´۴۵ °۵۳ و ´۵۵ °۵۳ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۰ و ´۲۳ °۳۰ قرار دارد. در محدوده مورد مطالعه انواع سنگ‌های رسوبی، دگرگونی و به میزان کمتر آذرین با روند شمال‌غربی- جنوب‌شرقی به موازات امتداد عمومی زون سنندج- سیرجان رخنمون دارند. گستره زمانی واحدهای سنگی محدوده بررسی شده از سیلورین تا کرتاسه پیشین است که در پاره‌ای مناطق توسط نهشته‌های کم‌ستبرای واحدهای کواترنری دیگر پوشیده شده‌اند. رخنمون واحدهای کهن تا نهشته‌های جوان کواترنری در گستره پوششی منطقه مورد مطالعه به قرار زیر است:

در مجموعه توتک واحد متاگرانیت- گنایس و واحد ارتومتاگرانیت به سن سیلورین، واحد متادولریت میکاشیستی به سن سیلورین، واحد آمفیبولیتی- میکاشیستی به سن سیلورین- دونین، واحد اسپاریتی دونین میانی تا پسین، واحد اسپاریتی- میکاشیستی دونین بالایی و واحدهای سنگ‌شناختی آهک‌های آواری اسپاریتی ژوراسیک بالا- کرتاسه رخنمون دارد. آهک‌های تخریبی و متاتوف‌های ژوراسیک- کرتاسه، آهک‌های دولومیتی آواری- ائولیتی با سن کرتاسه پیشین با رسوبات آبرفتی و نهشته‌های جوان پلی‌میکتیکی به سن نئوژن پوشیده می‌شوند. بررسی‌ها در منطقه نشان داده است که همبری توده متاگرانیت- گنایس و همچنین همبری واحد ارتومتاگرانیت مجموعه توتک با واحدهای پیرامون خود فاقد ویژگی‌های معمول دگرسانی است. نبود لکه‌های حرارتی نشانگر وجود شرایط یکسان از دیدگاه دگرگونی برای توده نفوذی و سنگ‌های درون‌گیر در زمان نفوذ است. واحدهای آهک آواری اسپاریتی و آهک‌های تخریبی و متاتوف ژوراسیک- کرتاسه از نظر کانه‌زایی از واحدهای مهم منطقه هستند. همبری واحد آهک آواری اسپاریتی با سازند زیرین خود مرزی فرسایشی است که دربرگیرنده آهک‌های ماسه‌ای و آهک مارنی و گاه ترکیبات آهن است که در قالب نواری قرمزرنگ در مرز دو واحد آهک‌های آواری آشکار شده‌اند.

شواهد صحرایی در برخی نقاط نشانگر حضور رگچه و رگه‌های ترکیبات مس در درون آهک‌های تخریبی و متاتوف‌ها هستند. فراوانی این نهشته‌های گرمابی در فواصل نزدیک به گسل‌های بزرگ منطقه افزایش می‌یابد که نقش گسل‌ها را در کانه‌زایی نشان می‌دهد. از گسل‌های مهم منطقه می‌توان به گسل سوریان در بخش شمالی و همچنین گسل جیان در بخش جنوبی مجموعه توتک با روند شمال غرب - جنوب شرق اشاره کرد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه ساده سنگ‌شناسی منطقه مزایجان تهیه شده در Arc GIS

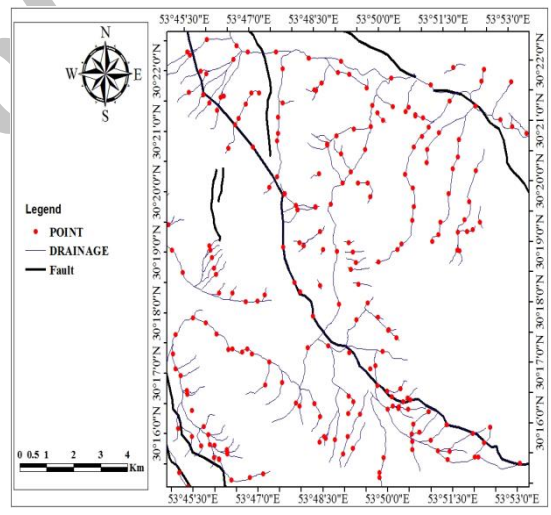
۳- روش مطالعه

در منطقه مزایجان، ۱۹۵ نمونه رسوب آبراهه‌ای با استفاده از روش‌های استاندارد نمونه‌برداری ژئوشیمی اکتشافی برداشت شد. در این نمونه‌برداری سعی بر آن بوده تا نمونه‌های آبراهه‌ای حتی‌المقدور از تمامی سرشاخه‌ها (آبراهه‌های درجه یک و دو) برداشته شود. موقعیت نمونه‌های برداشت‌شده

Archive of SID

www.SID.ir

در شکل ۲ نمایش داده شده است. نمونه‌ها ابتدا سرند شده و از بخش ۸۰-مش آن برای تجزیه استفاده شد. نمونه‌ها پس از یکنواخت‌سازی برای تجزیه با استفاده از روش ICP-OES به مرکز تحقیقات علمی کرج ارسال شد. از نتایج تجزیه نمونه‌های آزمایشگاهی، فایل‌بندی اطلاعات عددی صورت گرفت و پارامترهای آماری مانند میانه، میانگین، انحراف معیار، مقادیر کمینه و بیشینه محاسبه منحنی‌های لگاریتمی فراکتال توزیع جمعیت‌های ژئوشیمیایی با استفاده از نرم‌افزار Excel 10 و SPSS 16 رسم شدند. با در نظر گرفتن توزیع داده‌های مربوط به عناصر فلزی، در جداسازی بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی، عناصر مس، آهن و منگنز که دارای پتانسیل کافی برای بارزسازی بوده و بر سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی ساختاری منطقه منطبق بودند و همچنین شواهد میدانی نیز امکان کانی‌سازی عناصر را تأیید می‌کرد، از روش فراکتالی عیار- تعداد استفاده شد. در تهیه نقشه‌های ژئوشیمیایی و بررسی ارتباط بین حد آستانه و بی‌هنجاری‌ها با ساختارهای منطقه، از نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد. پس از تعیین مناطق با پتانسیل معدنی، به‌منظور انطباق نتایج با شواهد صحرایی، برای هر سه عنصر کنترل نهایی صحرایی انجام گرفت و درستی نتایج به‌دست‌آمده قطعی شد.



شکل ۲- نقشه آبراهه‌های نمونه‌برداری‌شده در منطقه

۴- مدل فراکتال عیار- مساحت

روش‌های مختلفی برای جداسازی و تشخیص مناطق بی‌هنجاری از زمینه وجود دارد که از روش‌های آماری ساده (بر اساس پارامترهای آماری تابع توزیع) تا روش‌های پیچیده فراکتالی (بر اساس ساختار فضایی داده‌ها) تغییر می‌کنند. در داده ژئوشیمیایی با دو گروه داده فراکتالی متصل به هم مواجه هستیم که یک گروه معرف زمینه و گروه دیگر معرف بی‌هنجاری است.

در مدل فراکتال عیار- مساحت (C-A) برای جدایش جامعه بی‌هنجاری سعی می‌شود از غلظت بحرانی که در محدوده آن بُعد فراکتالی تغییر می‌کند (یعنی از بُعد کمتر مربوط به جامعه زمینه با سطح ژئوشیمیایی هموار به بُعد بیشتر مربوط به جامعه بی‌هنجاری با سطح ژئوشیمیایی ناهموار) به‌عنوان حد آستانه‌ای استفاده شود. بنابراین در این روش از توزیع فراوانی عناصر و شکل هندسی بی‌هنجاری به‌طور همزمان برای تشخیص حد آستانه‌ای و جدایش جامعه بی‌هنجار و زمینه استفاده شده است. یکی از کاربردهای عمده هندسه فراکتال در برآورد حد آستانه‌ها و در نتیجه جداسازی جامعه بی‌هنجار از زمینه بر اساس اختلاف بُعد فراکتال آنهاست (Nazarpour et al., 2015b; Nazarpour et al., 2015a). وجود بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی در یک منطقه باعث افزایش بُعد فراکتال متغیرهای ژئوشیمیایی در آن منطقه می‌شود، بر این اساس می‌توان وجود یا عدم وجود بی‌هنجاری را به‌سادگی شناسایی کرد. در روش فراکتالی عیار- مساحت، اساس بر میزان مساحتی است که هر عیار خاص در منطقه مورد مطالعه اشغال کرده است. هرچه عیار عنصر افزایش یابد میزان مساحت اشغالی توسط آن عنصر کاهش می‌یابد (Nazarpour et al., 2015b; Hassanpour and Afzal, 2013).

یکی از مرسوم‌ترین روش‌ها برای نمایش توزیع عیار یک عنصر در یک منطقه رسم نقشه کنتوری هم‌عیار 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 فراکتالی ارائه کرد (افضل و همکاران، ۱۳۸۹؛ Cheng et al., 1994; Agterberg, 1996; Nazarpour et al., 2015a; Nazarpour et al., 2015b):

$$A(\geq \rho) \propto \rho^{-D} \qquad (۱)$$

در این رابطه، ρ عیار عنصر، $A(\geq \rho)$ مساحت با مقادیر بزرگ‌تر یا مساوی ρ، مقدار D نیز بعد فراکتال مربوط به دامنه‌های متفاوت ρ را نشان می‌دهد. از مزایای این روش در نظر گرفتن موقعیت دقیق فضایی نمونه‌ها در تعیین حد جدایش جوامع است که این موضوع در آمار کلاسیک به هیچ‌وجه در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین مساحت نواحی نهایی بی‌هنجار معرفی‌شده توسط این روش به‌مراتب کمتر از روش‌های سنتی تعیین نواحی بی‌هنجار می‌باشد که این امر سبب کاهش قابل ملاحظه هزینه‌های اکتشافی در مراحل آتی می‌شود. اما به‌طور کلی توانایی عمده این روش، در آسانی درک، اجرا و قابلیت محاسبه کمی دقیق مقادیر آستانه بی‌هنجاری است. این روش به‌طور عملی برای تعیین مناطق بی‌هنجار داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای منطقه مزایجان برای ۵۴ عنصر تجزیه شده‌اند. در این روش نمودار عیار- مساحت در دستگاه مختصات تمام لگاریتمی برای داده‌های اکتشافی رسم می‌شوند.

۵- بحث و بررسی

بر اساس مُدل‌های فراکتالی عیار- مساحت، نمودارهای لگاریتمی، چندین جمعیت ژئوشیمیایی برای Fe، Mn و Cu را نشان می‌دهند. هرکدام از جمعیت‌های ژئوشیمیایی، دارای توزیع خاص خود هستند. در نتیجه رفتار غیرهمسان عناصر در محیط‌های ژئوشیمیایی مختلف، محدوده ژئوشیمیایی عناصری که از روش عیار- مساحت به‌دست آمده‌اند، رابطه آنها را با پدیده‌های زمین‌شناسی منطقه مانند واحدهای سنگ‌شناختی، گسل‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

و هاله‌های دگرسانی نشان می‌دهند. این توانایی منحصر به‌فرد به دلیل ماهیت فراکتالی توزیع عناصر در طبیعت است. این موضوع زمینه‌ای را فراهم می‌سازد که در جدایش بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی به روش آماری، نیازی به حذف مقادیر خارج از رده نباشد. زیرا به‌دلیل ماهیت فراکتالی داده‌های ژئوشیمیایی، به‌طور خودکار این داده‌ها کنار گذاشته می‌شوند (Agterberg et al., 1996; Nazarpour et al., 2015b; Goncalves et al., 2001).

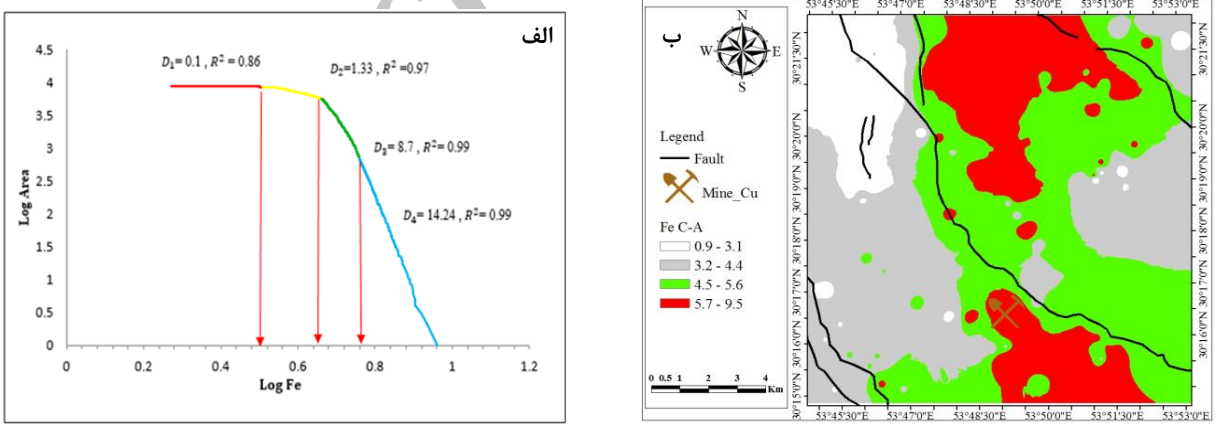
در این مطالعه بعد از مرتب‌سازی داده‌ها به‌ترتیب از زیاد به کم و تعیین فراوانی هر عیار، نمودارهای لگاریتمی فراوانی تجمعی غلظت عناصر در مقابل مساحت رسم شد. سپس با برازش خط‌های مستقیم به سری نقاط و با به‌دست آوردن نقاط شکست این خطوط، حد آستانه هر عنصر برای روش عیار- مساحت تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- حد آستانه عناصر بر اساس روش فراکتال عیار- مساحت مقادیر آهن برحسب درصد و مس و منگنز برحسب ppm هستند

عنصر	حد آستانه	حد بی‌هنجاری متوسط	حد بی‌هنجاری قوی	حد بی‌هنجاری شدید
Cu	≤ ۳۰/۹۰	۳۰/۴۶-۹۰/۷۷	۴۶/۸۹-۷۷/۱۲	≥۸۹/۱۲
Fe	≤ ۳/۰۱	۳/۰۱ -۴/۴۲	۴/۶-۴۲/۳۱	≥ ۶/۳۱
Mn	≤ ۸۷۰/۹۶	۱۱۴۸/۱۵ -۸۷۰/۹۶	۱۱۴۸/۱۵ - ۱۶۲۱/۸۱	≥۱۶۲۱/۸۱

منحنی فراکتال عیار- مساحت برای عنصر آهن چهار جمعیت ژئوشیمیایی را نشان می‌دهد (شکل ۳- الف). جامعه اول که شیبی نزدیک به خط افق دارد، در واقع مقدار زمینه آهن در منطقه است (شکل ۳- ب). بنابراین، می‌توان مقدار زمینه عنصر آهن را ۳/۰۱ درصد در نظر گرفت. آستانه جمعیت دوم غلظتی بین ۳/۰۱ تا ۴/۴۲ درصد را نشان می‌دهد. و جمعیت سوم و چهارم نیز به‌ترتیب با غلظت‌های ۴/۴۲ تا ۶/۳۱ و بیشتر از ۶/۳۱ درصد مشخص شده‌اند. بُعد فراکتال از جمعیت اول به چهارمین جمعیت ژئوشیمیایی افزایش می‌یابد که نشانگر افزایش عیار در مناطق هدف شناسایی‌شده نسبت به مناطق دیگر است (Deng et al., 2010). جوامع ژئوشیمیایی تعیین‌شده با عیار بالا در این روش، در دو بخش جنوب‌شرقی و شمال منطقه مورد مطالعه دارای انطباق بسیار خوبی با واحد سنگ‌شناختی آهک تخریبی و متاتوف حاوی پیریت- کالکوپیریت و آهک‌های آواری با دارای عدسی‌های بزرگ ترکیبات آهن و منگنز فراوان است که در حاشیه گسل قرار می‌گیرند. این وضعیت نشانگر نقش مهم ساختارهای گسلی در تمرکز این عناصر است.

منحنی لگاریتمی فراکتال عیار- مساحت چهار جمعیت ژئوشیمیایی را نیز برای عنصر مس نشان می‌دهد (شکل ۴- الف). با وجود واحدهای سنگ‌شناختی متغیر در منطقه، وجود چند آستانه و چند جمعیت ژئوشیمیایی با رفتار توزیع چندفراکتالی این عنصر توضیح داده می‌شود. جامعه اول که شیب خط برازش نزدیک به خط افق دارد، بیانگر مقدار زمینه مس است. حد آستانه مس در این محدوده ۳۰/۹۰ ppm است که در نقشه توزیع ژئوشیمیایی عنصر مس نشان داده شده است (شکل ۴- ب). جامعه دوم در محدوده عیاری از ۴۶/۷۷ تا ۳۰/۹۰ ppm قرار دارد که در نقشه توزیع عیار عنصر مس با رنگ خاکستری نشان داده شده است. جامعه ژئوشیمیایی سوم نشانگر نمونه‌های با عیار ۸۹/۱۲ تا ۴۶/۷۷ ppm و جامعه چهارم نمونه‌های با عیار بالاتر از ۸۹/۱۲ ppm را نشان می‌دهد. جوامع ژئوشیمیایی تعیین‌شده با این روش دارای انطباق بسیار خوبی با واحد سنگ‌شناختی آهک‌های تخریبی و متاتوف و واحد آهک‌های آواری موجود در منطقه مورد مطالعه هستند.



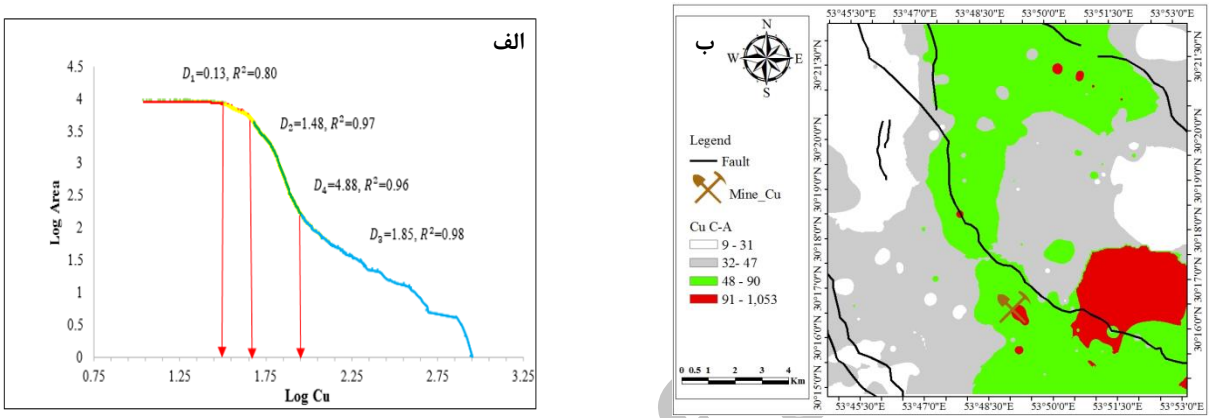
شکل ۳- الف) منحنی فراکتال عیار- مساحت عنصر آهن، ب) جوامع ژئوشیمیایی چهارگانه آهن در منطقه مزایجان

مشاهدات میدانی نشانگر وجود رگچه و رگه‌هایی از ترکیبات ثانویه مس در آهک‌های تخریبی و متاتوف‌های منطقه است که فراوانی این‌گونه انباشته‌های گرمابی در فواصل نزدیک به گسل‌های بزرگ منطقه آهنگی افزاینده دارد. تطبیق بی‌هنجاری حاصل با تنها پتانسیل معدنی معنادار شناخته‌شده در منطقه که در حال حاضر به‌عنوان معدن مس در حال بهره‌برداری است از نکات قابل‌توجه می‌باشد (شکل ۴- ب). در این مُدل، قسمت جنوب شرقی منطقه به‌عنوان منطقه جدید با پتانسیل کانه‌زایی مس قابل معرفی است و توان روش فراکتالی عیار- مساحت را در بارزسازی مناطق پنهان نشان می‌دهد. واحد آهک‌های آواری دربرگیرنده آهک‌های ماسه‌ای و آهک‌های مارنی و گاه با ترکیبات آهن است که در قالب مناطق

Archive of SID
www.SID.ir

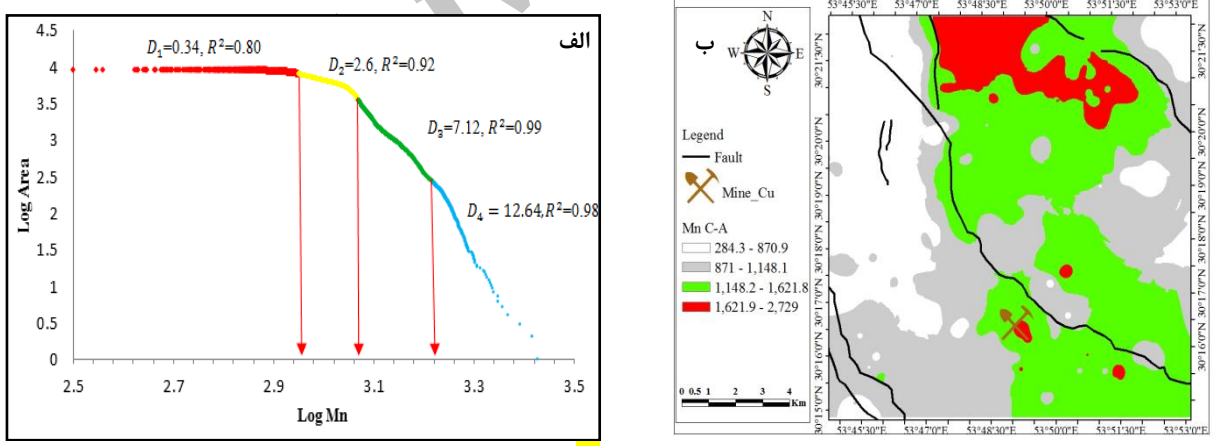
دارای نوارهای قرمزرنگ آشکار می‌شود. بدین‌صورت بی‌هنجاری ژئوشیمیایی آهن و مس در منطقه معرفی شده دارای همپوشانی هستند.

در منحنی فراکتال عیار- مساحت برای عنصر منگنز چهار جمعیت ژئوشیمیایی قابل مشاهده است (شکل ۵- الف) جمعیت اول ژئوشیمیایی، دارای شیب تقریباً نزدیک به افق است که دارای عیار کمتر از ppm ۶۳۰/۹۵ بوده و در نقشه توزیع ژئوشیمیایی منگنز در شکل ۵- ب نشان داده شده است. جمعیت دوم داده‌های ژئوشیمیایی، که در محدوده عیار بین ۸۷۰/۹۶ تا ppm ۱۱۴۸/۱۵ است و تقریباً گسترش بیشتری در منطقه مورد مطالعه دارد و جزء نخستین بی‌هنجاری‌های منگنز، در مُدل عیار- مساحت در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۴- الف) منحنی فراکتال عیار- مساحت عنصر مس، ب) جوامع ژئوشیمیایی چهارگانه مس در منطقه مزایجان

جمعیت ژئوشیمیایی سوم، دارای عیار بین ppm ۱۶۲۱/۸۱ تا ppm ۱۱۴۸/۱۵ بوده و با رنگ سبز در نقشه توزیع ژئوشیمیایی نمایش داده شده است. در نهایت جمعیت چهارم، در محدوده عیار بالاتر از ppm ۱۶۲۱/۸۱ است که با رنگ قرمز نشان داده است. جوامع ژئوشیمیایی تعیین‌شده با استفاده از روش عیار- مساحت دارای همپوشانی و انطباق بسیار خوبی با واحد سنگ‌شناختی آهک‌های آواری اسپاریتی حاوی تشکیلات عدسی‌شکل آهن و منگنزدار موجود در منطقه هستند. بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر آهن و منگنز در بخش شمالی دارای همپوشانی هستند.



شکل ۵- الف) منحنی فرکتال عیار- مساحت عنصر منگنز، ب) جوامع ژئوشیمیایی چهارگانه منگنز در منطقه مزایجان

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه انجام اکتشافات تکمیلی در مقیاس منطقه‌ای مستلزم صرف وقت و هزینه هنگفت است، کاهش سطح محدوده مناطق هدف و افزایش قدرت تفکیک بی‌هنجاری‌ها از زمینه در مرحله اکتشافات ژئوشیمیایی مقدماتی اهمیت ویژه‌ای می‌یابند. در بارزسازی بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی با استفاده از روش فراکتالی عیار- مساحت نسبت سطح اشغالی با میزان غلظت عنصر دارای رابطه معکوس است که منجر به محدودشدن مناطق هدف و به فراخور آن بهینه‌شدن تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی در جدایش جوامع مختلف داده‌ها می‌شود. مناطق تعیین‌شده در این پژوهش دارای انطباق بسیار قوی بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی عناصر آهن- مس و آهن- منگنز به‌ترتیب با مجموعه آهک‌های تخریبی همراه با متاتوف دارای کانی‌های پیریت- کالکوپیریت و آهک‌های آواری اسپاریتی همراه با عدسی‌های سنگی آهن و منگنزدار هستند. شدت بی‌هنجاری‌ها در نزدیکی

Archive of SID

www.SID.ir

ساختارهای گسلی و مناطق برشی افزایش می‌یابد که نشانگر نقش ساختارهای زمین‌شناسی در کانه‌زایی است. شواهد صحرایی تطبیق بی‌هنجاری‌ها با اندیس‌ها و معادن موجود در منطقه را نشان می‌دهند.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله مؤلفان مقاله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز به دلیل حمایت‌های معنوی در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند. همچنین برخود لازم می‌دانند از آقای مهندس یوسفی رئیس محترم اداره زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استان فارس به علت فراهم نمودن امکان دسترسی به اطلاعات و نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های ژئوشیمیایی منطقه مزایجان قدردانی کنند.

مراجع

اصلانی، ا، بحرودی، ع، قاسمی سمسکنده، ق.، بهار ۱۳۹۳، "شناسایی نواحی پتانسیل‌دار مس در منطقه پاریز با استفاده از مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای" مجله ژئوشیمی، سال سوم، شماره ۱، صفحات ۳۷۱-۳۸۲.

افضل، پ، خاکزاد، ا، معارف‌وند، پ، رشیدنژاد عمران، ن، اسدی هارونی، ه.، ۱۳۹۰، "جداسازی زون‌های کانی‌سازی در کانسار مس پورفیری کهنگ اصفهان با استفاده از روش نوین فرکتالی عیار- حجم" مجله علمی- پژوهشی علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات (JSIAU)، سال ۲۱، شماره ۸۱، صفحات ۹۵-۱۱۲.

افضل، پ، خاکزاد، ا، معارف‌وند، پ، رشیدنژاد عمران، ن، فداکار القلندیس، ی.، ۱۳۸۹، "استفاده از روش فرکتالی عیار- حجم در جدایش زون‌ها در کانسارهای پورفیری" فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۸، صفحات ۱۶۸-۱۷۲.

نژاد عمران، ن، رستمی پایدار، ق، نظرپور، ا، محرابی نژاد.، ۱۳۹۳، "الگوی توزیع ژئوشیمیایی عمقی عیار طلا با استفاده از روش‌های فرکتالی به منظور پهنه‌بندی اهداف اکتشافی ناحیه‌ای در کانسار طلای زرشوران، تکاب، شمال غرب ایران" مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۲، صفحات ۵۲-۶۲.

A.,fzal, p., Zarifi, A.Z., Farhadi, S., Wetherelt, A. and Yasrebi., 2012, "Separation of Uranium anomalies based on geophysical airborne analysis by using concentration-Area (C-A) fractal model", *Mahneshan 1:50000 sheet, NW Iran. Journal of Mining and Metallurgy, 48(1), P.1-12.*

Agterberg, F.P., 1995, "Multifractal modeling of the sizes and grades of giant and supergiant deposits", *International Geology Review, 37(1), P.1-8.*

Agterberg, F.P., Cheng, Q., Brown, A. and Good, D., 1996, "Multifractal modeling of fractures in the Lac du Bonnet batholith, Manitoba. Computers and Geosciences", *22(5), P.497-507.*

Cheng, Q.M., 1999, "Spatial and scaling modeling for geochemical anomaly separation. Journal of Geochemical Exploration", *65(3), P.175-194.*

Cheng, Q.M., Agterberg, F.P. and Ballantyne, S.B., 1994, "The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods", *Journal of Geochemical Exploration, 51(2), P.109-130.*

Davis, J.C., 2002, "Statistics and data analysis in Geology", *Wiley, New York, P.638.*

Deng, J., Wang, Q., Yang, L., Wang, Y., Gong, Q., Liu, H., 2010, "Delineation and explanation of geochemical anomalies using fractal models in the Heqing area, Yunnan Province, China", *Journal of Geochemical Exploration, 105(3), P.95-105.*

Goncalves, M.A., Mateus, A. and Oliveira, V., 2001, "Geochemical anomaly separation by multifractal modeling", *Journal of Geochemical Exploration, 72(2), P.91-114.*

Hassanpour, S. and Afzal, P., 2013, "Application of concentration-number (C-N) multifractal modeling for geochemical anomaly separation in Haftcheshmeh porphyry system NW Iran", *Arabian Journal of Geosciences, 6(3), P.957-970.*

Khaled, A., Qiuming, C. and Chen, Z., 2007, "Multifractal power spectrum and singularity analysis for modelling stream sediment geochemical distribution patterns to identify anomalies related to gold mineralization in Yunnan Province, South China", *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 7(4), P. 293-301.*

Mandelbrot, B.B., 1983, "The Fractal Geometry of Nature", *Freeman, San Fransisco, P.468.*

Mao, Z., Peng, S., Lai, J., Shao, Y. and Yang, B., 2004, "Fractal study of geochemical prospecting data in south area of Fenghuanshan copper deposit, Tongling Anhui", *Journal of Earth Sciences and Environment, 26 (4), P.11-14.*

Nazarpour, A., Sadeghi, B. and Sadeghi, M., 2015a, "Application of fractal models to characterization and evaluation of vertical distribution of geochemical data in Zarshuran gold deposit, NW Iran", *Journal of Geochemical Exploration, 148(148), P.60-70.*

Nazarpour, A., Omran, N.R. and Paydar, G.R., 2015b, "Application of multifractal models to identify geochemical anomalies in Zarshuran Au deposit", *NW Iran. Arabian Journal of Geosciences, 8(2), P.877-889.*

Stocklin, J. 1968, "Structural history and tectonics of Iran; a review", *AAPG. Bull., 52, P.1229-1258.*

Tempel, M., Filzmoser, P., Reimann, C., 2008, "Cluster analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities", *Applied Geochemistry, 23, P.2198-2213.*

Archive of SID

■

www.SID.ir