نقش توزیع فرکتالی سیلیس در تغییرات بافتی سامانه های اپی ترمال (مقایسه کانه زایی آرموداغ با ذخایر طلای کوئینزلند)

سید رضا مهرنیا

استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور ، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱/۲۷

r_mehrnia@pnu.ac.ir

چکیده

شواهد اکتشافی بدست آمده از ناحیه آرموداغ ، بیانگر فعالیت های پساماگمایی سنوزوئیک در یک سامانه اپی ترمال است که بر اساس سوابق زمین شیمیایی و مطالعه سیالات درگیر با شکل گیری رخساره آدولاریایی در ارتباط می باشد. مطالعه تغییرات بافتی در مناطق کانه دار آرموداغ موید الگوی ناحیه بندی منظم و در عین حال منحصر بفردی است که در مطابقت با سازوکار تحولات بافتی شناخته شده در ذخایر کوئینزلند است. با توجه به نمونه های کوارتزی بدست آمده از ناحیه آرموداغ، توزیع پذیری غیر خطی سیلیس توسط توابع فرکتال بررسی و متعاقبا رابطه پیدایش بافت کلوفرم با فرآیند کانه زایی طلا استنتاج گردیده است. در عمل پس از نمونه برداری از رگه های طلادار این منطقه، تحولات خاص کانیایی با هدف شناسایی الگوی توزیع نمایی سیلیس و شکل گیری کمیت های متناظر بافتی بررسی شده اند. بدین ترتیب برخی از تحلیل های بافتی مرتبط با رخنمون های طلا دار آرموداغ با نتایج به دست آمده از تحولات بافتی کوئینزلند مقایسه گردیده و معیار جدیدی برای پی جویی ذخایر پنهان و احتمالی طلا در آذربایجان شرقی ایران معرفی شده است.

کلمات کلیدی: *اکتشاف طلا، ، توزیع سیلیس ، سامانه اپی ترمال ، فرکتال، ناحیه بندی بافتی.*

مقدمه

ناحیه آرموداغ بخشی از گستره زمین شناختی شمال غرب ایران با مختصات طولی ۷۰۷۰۰۰ - ۷۰۱۰۰۰ و تغییرات عرضی ۴۱۷۴۰۰۰ - ۴۱۷۱۵۰۰ در سامانه متریک (UTM) می باشد که با توجه به شکل(۱)، از تنوع رخساره های ماگمایی و تحولات زمین ساختی جوان برخوردار بوده و یکی از چند اثر معدنی طلا در چهارگوشه میانه (شماره سریال NJ3812) است. فعالیت های اکتشافی استان آذربایجان شرقی در اوایل دهه ۵۰ خورشیدی آغاز گردیده (Lescuyer,1978) و نتایج پی جویی طلا در گزارشات بدست آمده از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (اواخر دهه ۷۰ خورشیدی) ملاحظه می گردد (Aleaster, 2001). همچنین در خلال سال های ۱۳۸۳ – ۱۳۸۱ خورشیدی ، مطالعات زمین شناسی اقتصادی با استفاده از روش های دورسنجی و تشکیل پایگاه داده های مکانی (GIS) منجر به شناسایی آثار معدنی طلا با منشاء گرمابی شده که با توجه به نتایج تحلیل های دستگاهی ، با فرآیند کانه زایی اپی ترمال در رخساره سرسیت آدولاریایی ارتباط دارد (مهرنیا، ۱۳۸۳). در این میان رگه های طلادار آرموداغ به دلیل وسعت هاله دگرسانی و همبود کانیایی سیلیس با ترکیبات سولفو- آرسنیدی (پیریت و آرسنوپیریت) ، مورد توجه بیشتری بوده و مطالعه تحولات بافتی آن به دلیل حفر ترانشه های متعدد و دستیابی آسان به رخنمون های کانه دار منطقه میسر شده است. از دیدگاه نظری، رهیافت استفاده از الگوی تغییرات بافتی ذخایر اپی اترمال توسط موریسون و همکاران ایشان ارائه گردیده (Morrison et al, 2001) و متعاقب آن بخش وسیعی از ذخایر طلای کوئینزلند ارزیابی شده اند (AMIRA Project, 2000 – 2002). نتایج این تحقیقات موید ارتباط تحولات بافتی کوارتز با افزایش عیار طلا در عمق رخساره های دگرسانی است. به بیان دیگر، ظهور بافت های خاص (Individual Textures) نظیر کلوفرمی شدن سیلیس، با مکان هندسی ناحیه جوشش سیالات گرمابی مطابقت داشته و عیار طلا در مجاورت این بافت و با حضور کانی آدولاریا افزایش چشمگیری نشان میدهد. بنابراین با پذیرش فرض ارتباط بافتی سیلیس با تغییرات عیار طلای اپی ترمال، روش جدیدی برای شناسایی نواحی امید بخش معدنی ارائه می گردد که مبنای آن استفاده از توزیع ژئوشیمیایی سیلیس و شناخت کمیت های متناظر توسط معادلات فرکتال (Fractal Equations) است. از دیدگاه زمین ریاضی، توابع نمایی (Power Law Functions) دارای برد موثری از متغیرهای طبیعی هستند که در مقایسه با توابع خطی (Linear Functions) ، شرایط بهتری را برای بررسی سازوکارهای مرتبط با پدیده های علوم زمین فراهم می نمایند (Mandelbrote, 2010). بدین ترتیب استفاده از هندسه فرکتال (Fractal Geometry) ، راهکار موثری برای تشخیص الگوهای متناظر بافتی است و این مهم ، بیانگر رابطه ژئوشیمیایی سیلیس با پیدایش بافت های ویژه شده ای است که اغلب آنها در اشکال متناظر نظیر بافت کلوفرمی ، قشری و دانه شکری ظاهر می شوند و محل تبلور آنها (در سامانه های اپی ترمال) با فرایند غنی شدگی اولیه طلا (Hypogenic Au-Enrichments) مطابقت دارد. این تحقیق با استناد بر سوابق اکتشافی منطقه آرموداغ ، خصوصیات بافتی واحدهای کانه دار را با تحولات بافتی ذخایر کوئینزلند مقایسه نموده که به موجب آن ، الگوی ناحیه بندی مناسبی در رخساره کانیایی کوارتز- پیریت- آرسنوپیریت مشاهده شده است. بر این اساس، الگوی ناحیه بندی بافتی آرموداغ از نظم قابل پیش بینی برخوردار است که این مهم با سازوکار پیدایش طلا در سامانه های اپی ترمال مطابقت دارد.

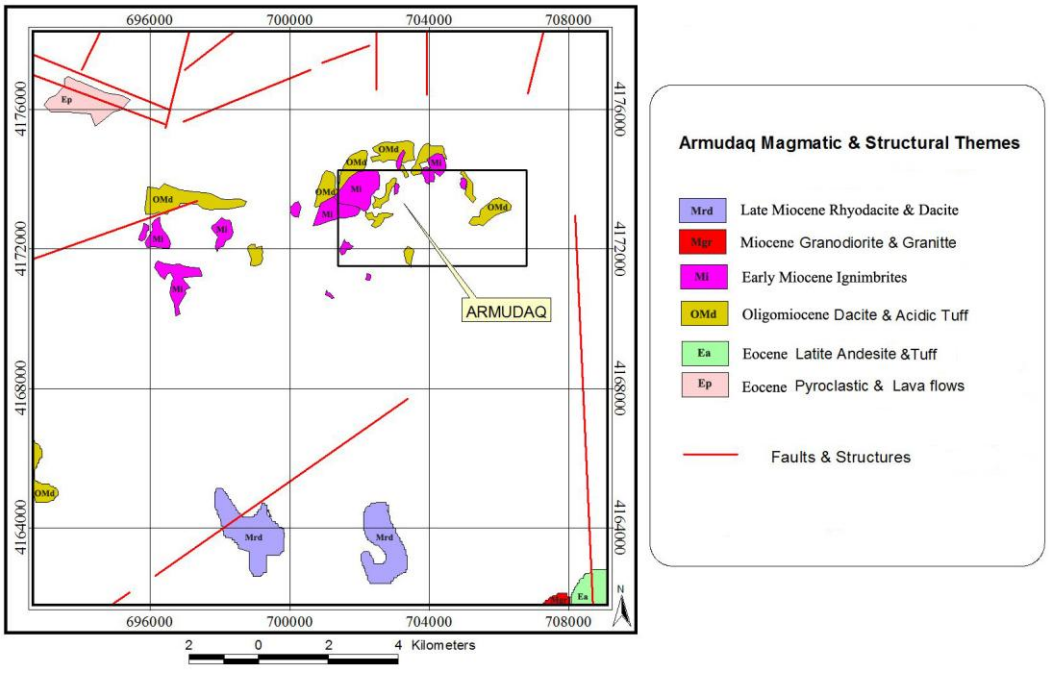
Archive of SID

www.SID.ir

با در نظر گرفتن روند تحولات بافتی منطقه، امکان حل معادله حاصل از توزیع نمائی سیلیس (رابطه فرکتالی عیار- مساحت) فراهم گردیده و الگوی تغییرات بافتی درارتباط با نوسانات عیار طلا بدست آمده است. بازنگری در موقعیت مکانی رخساره کانه دار و مطالعه روند تغییرات دگرسانی از نقطه نظر بافتی، در زمره اهداف این تحقیق برای دستیابی به ملاک های اکتشافی نوین و مبتنی بر توزیع غیر خطی سیلیس در ذخایر اپی ترمال است.

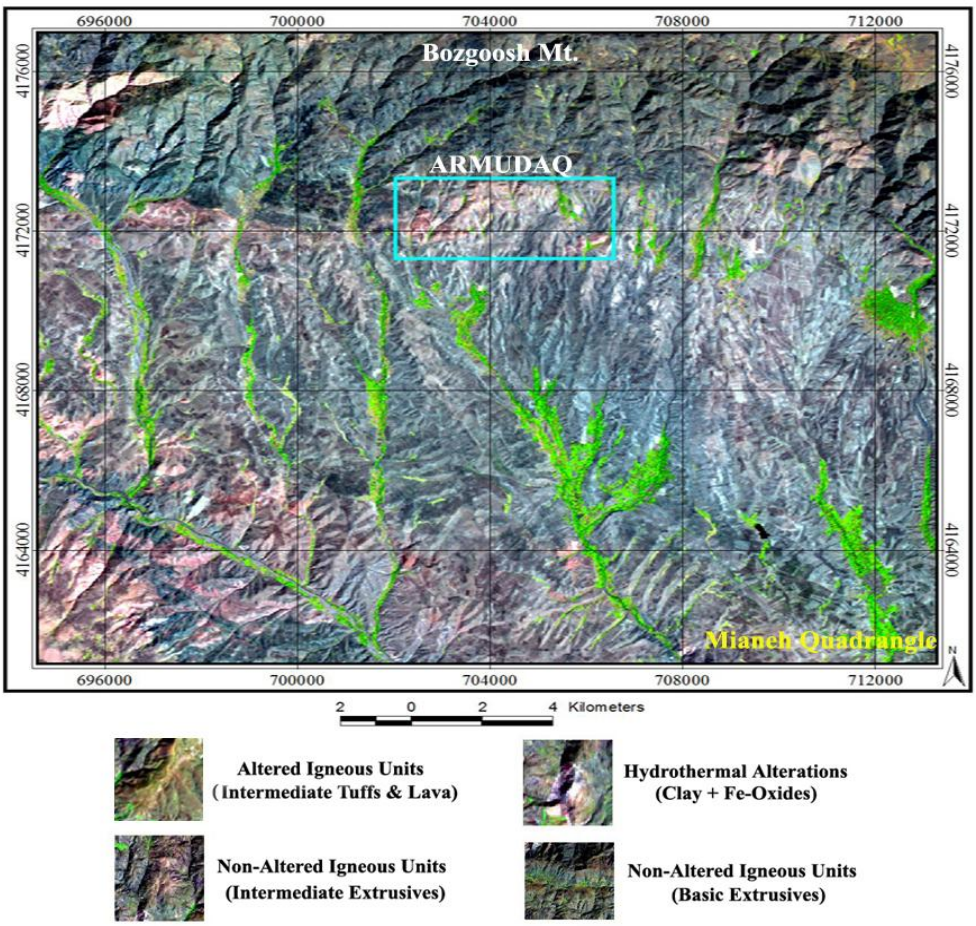
زمین ساخت، زمین شناسی و کانی زایی آرمونداغ

با توجه به مندرجات شکل (۱)، زمین ساخت منطقه متاثر از حرکات کوهزائی اوایل نئوژن بوده و با روند اصلی گسل آناتولی (شمال غربی– جنوب شرقی) در ارتباط است (Lescuyer,1978). توالی حرکات کششی- فشارشی (Taphrogenic) با ظهور و پایش فراز و نشیب های ساختمانی (Horst and Graben) همراه بوده و فعالیت های نو زمین ساختی سنوزوئیک، موجب تفریق ماگمایی وسیع از قطب ریولیت تا داسیت و ایگنمبریت شده است (Lescuyer,1978). در این میان، حرکات کششی گسل تبریز از عوامل موثر در پیدایش فعالیت‌های پساماگمایی آرمونداغ است. لذا با ظهور رخساره ماگمایی حدواسط (تونالیت– داسیت)، چشم انداز اکتشافی مناسبی برای شناسایی هاله های دگرسانی و پی جوئی ذخایر ماگمایی- گرمابی (Hydrothermal) بوجود آمده است (Aleaster,2001). از دیدگاه زمین شناسی، سنگ های آذرین منطقه شامل توف های اسیدی با ترکیب داسیتی و ریوداسیتی است که بطور مشخص با سری ماگمای آلکالن در الیگومیوسن ارتباط دارند. رخنمون های آذرین منطقه بصورت مخروط های آتشفشانی کوچک یافت می شوند و در اغلب آنها شرایط پیدایش دگرسانی گرمابی فراهم شده است (Aleaster,2001). از دیدگاه کانی زایی ، همیافتی دگرسانی های رسی- اکسید های آهن در درون سنگ های ایگنمبریتی و پیدایش رگه های سیلیسی در اطراف مخروط های داسیتی، مهمترین رویدادهای زمین شیمیایی در منطقه آرمونداغ می باشند که بر اساس شواهد موجود ، با تعدد رگه ها و رگچه های معدنی (پیریت و آرسنوپیریت) در محل تغییرات بافتی سیلیس (تبدیل کواتز کلسدونی به کواتز کلوفرمی) در ارتباط است (مهرنیا، ۱۳۸۳). به دلیل گستردگی و تنوع رخساره های دگرسانی، شناسایی و تفکیک هاله ها توسط روش های دورسنجی و با بهره گیری از طیف الکترومغناطیسی سنجنده ETM (ماهواره لندست۷) میسر گردیده است (مهرنیا، ۱۳۸۳). نقشه تفصیلی واحدهای دگرسانی نیازمند نمونه برداری و کنترل دقیق پدیده های زمین شناختی است ؛ لذا عکس نقشه آرمونداغ (Armudaq Photomap) تنها مرجع قابل استناد برای شناسایی رخساره اپی ترمال است. مطابق شکل (۲) ، رخنمون های دگرسان شده این منطقه توسط روش نسبی ترکیبی-FCC: 74 3/5 و پس از اعمال فیلتر کیفی IHS بارزسازی شده اند. بخش عمده دگرسانی ها دارای ترکیب متغیری از کانی های رسی و اکسیدهای آهن است که با نزدیک شدن به مرکز سامانه ، از محتوای کانی های رسی کاسته شده و بر درجه تبلور سیلیس اضافه می گردد. بدین ترتیب طبق مندرجات شکل (۳) ، شرایط شکل گیری سه نوع رگه کانه دار با همبود کانیایی کوارتز پیریت (نوع اول)، کوارتز پیریت آرسنوپیریت (نوع دوم) و کوارتز هماتیت (نوع سوم) در واحدهای سطحی تا عمیق دگرسانی بوجود آمده است. همچنین بر اساس شواهد دورسنجی، هاله پروپیلیتیک آرمونداغ گسترش چندانی نداشته و به صورت رگچه های دولومیتی و با مرزبندی تدریجی در زمینه کانی های سیلیس مشاهده می گردند (مهرنیا، ۱۳۸۳).

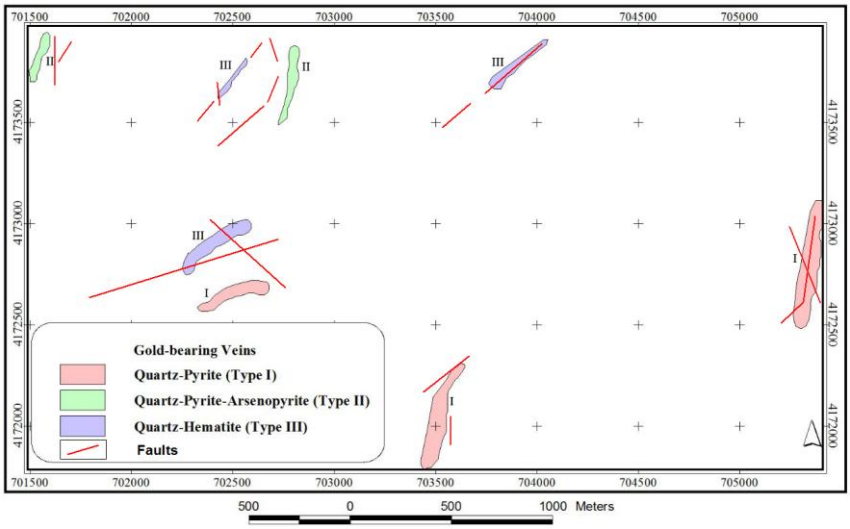


شکل ۱. نقشه سازندهای ماگمایی و سامانه های گسلی ناحیه آرمونداغ ، استان آذربایجان شرقی، تقریق ماگمایی سنوزوئیک به همراه فعالیت های زمین ساختی منسوب به این دوره ، موجب پیدایش رخساره های حدواسط با ترکیبی از توف های ایگنمبریتی و مخروط های داسیتی گردیده و طی مراحل پساماگمایی ، شرایط گسترش هاله دگرسانی و ظهور رگه های کانه دار فراهم شده است (مرجع : نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور)

www.SID.ir



شکل ۲. عکس نقشه سنجنده ETM از رخنمون های ماگمایی- دگرسانی اندیس آرمودا‌غ (FCC : 74-3/5 , Filter : IHS)، سنگ میزبان رگه های سیلیسی کانه دار (قهوه ای روشن) به همراه دگرسانی گرمابی کانی های رسی و اکسیدهای آهن (سفید مایل به زرد) ، موجب توسعه مناطق دگرسانی در سازندهای ماگمایی (قرمز) منطقه شده است. (مرجع تصویر : ماهواره لندست ۷ ، سنجنده ETM ، ۲۰۰۲).



شکل۳ . الگوی ساختمانی و توزیع جغرافیایی رگه های طلادار آرمودا‌غ، رگه ها بر حسب تنوع کانه ها در سه نوع اول ، دوم و سوم رده بندی شده و با گسل های شمال شرقی- جنوب غربی و شمالی- جنوبی در ارتباط می باشند. رگه های نوع اول و دوم از میزبان داسیتی و نوع سوم از میزبان ایگنمبریتی برخوردارند. عیار طلا در رگه های نوع دوم بیشتر از انواع دیگر بوده و رخنمون های اصلی آن در شمال و شمال غربی منطقه می باشد.

www.SID.ir

الگوی ناحیه بندی بافتی در ذخایر طلای کوئینزلند

ویژگی ذخایر اپی ترمال کوئینزلند، برخورداری از الگوی ناحیه بندی بافتی کوارتز به عنوان ملاکی برای تجمع کانه های فلزی است. در این ذخایر ، اشکال مختلف سیلیس شامل کلسدون، اپال، آگات، آمتیست، کوارتز کلوفرمی، کوارتز نواری، کوارتز دانه شکری و بلورین یافت گردیده و همزمان با تغییرات بافتی کوارتز، عیار فلزات پایه و گرانبها تغییر می نماید که این مهم نقش موثری در ارائه الگوی اکتشافی کوئینزلند داشته است (Morrison et al, 2001).در جدول(۱)، ناحیه بندی ذخایر کوئینزلند بر حسب شاخص تحولات بافتی سیلیس و رابطه آن با تغییر عیار فلزات پایه و گرانبها درج گردیده است. چنانچه ملاحظه می‌گردد، در ناحیه بندی منجر به غنی شدگی اولیه عناصر شاخص (تیپومورفیک) ، پیدایش کوارتز کلوفرمی در کنار کانی آدولاریا برای افزایش عیار طلا ضرورت دارد (Gouyi , 2002). فراوانی کلسدونی در سطح فرسایش ذخایر اپی ترمال، نشانه خوبی است که با فرض منظم بودن توالی‌های بافتی، احتمال دستیابی به رخساره کلوفرمی را (بعنوان بافت میزبان طلا) افزایش می دهد. با ادامه تحولات بافتی و گذار از ناحیه جوشش سیالات کانه دار، احتمال تبلور کوارتز دانه شکری افزایش می یابد که این پدیده در مطالعات موردی کوئینزلند، با کاهش عیار طلا و تمرکز قابل توجه فلزات پایه (سرب ، روی و مس) همراه بوده است (Gouyi , 2002). تحقیقات موریسون و همکاران ایشان نشان داد که اگر نوسان عیار طلا در سطح فرسایش سامانه اپی ترمال (رخساره کلسدونی) بین ۱۰۰ تا ۳۵۰ میلیگرم در تن می باشد، احتمال دستیابی به مناطق پر عیار واقع در عمق هاله های دگرسانی (ظهور بافت کلوفرمی) افزایش می‌یابد. بنابراین در یک الگوی مستعد جهت کانه زایی طلای اپی ترمال، فرآیند شکل‌گیری رگه‌ها با پیدایش کوارتز کلسدونی آغاز و با ظهور بافت کلوفرمی (در عمق رخساره سرسیت آدولاریائی) خاتمه می یابد. پیدایش کانی آدولاریا (با بافت خزه ای) از ویژگی ذخایر اپی اترمال با درجه غنی شدگی بالاست. لذا مناطق عقیم فاقد تحولات بافتی کوارتز، تبلور کوارتز کلوفرمی و کانی آدولاریا هستند (Morrison , 2003).

رابطه توزیع فرکتالی سیلیس با تغییرات عیار طلای اپی ترمال

در یک سامانه اپی ترمال، پیدایش کانی های سیلیس ناشی از شستشوی اسیدی محلول‌های گرمابی و اشباع شدن تدریجی سیال از ترکیبات سیلیکایی با فرمول عمومی SiO_2 می باشد؛ که به دلیل تغییرات فشار و دمای سامانه ، موجب گوناگونی اشکال سیلیس گردیده و به صورت رگه و رگچه مشاهده می گردند (Hedenquist et al, 2008). در تحلیل خطی داده های اکتشافی، رابطه معنا داری بین توزیع زمین شیمیائی سیلیس و تحولات بافتی رگه‌های کانه دار مشاهده نمی گردد؛ در حالیکه با استفاده از خواص توزیع پذیری ذاتی و جایگزینی معادله خط همبستگی (رگرسیون) توسط توابع غیر خطی، امکان تعیین شاخص توزیع پذیری سیلیس به کمک روابط نسبی– نمائی (Power law relationships) فراهم گردیده و در پی آن ناحیه بندی بافتی مناطق کانه دار بر حسب تغییرات تابع چگالی فرکتال استنتاج می گردد. بدین ترتیب با اندازه گیری سیلیس موجود در رخنمون های دگرسانی ، روش نوینی برای ارزیابی تحولات بافتی ذخایر اپی ترمال ابداع گردیده که اساس کار آن مبتنی بر تغییرات بعد فرکتال است (مهرنیا، ۱۳۸۹). در هندسه فرکتال، پدیده های زمین شناختی دارای خواص متناظری بوده و پیچیدگی آنها ناشی از تکرار پذیری مولفه ذاتی (Initial Condition) است. لذا دستیابی به اجزاء سازنده پدیده ها توسط روش های اقلیدسی (نظیر مشتق گیری از توابع اولیه) امکان پذیر نبوده و نیازمند بهره گیری از معادلات غیرخطی مبتنی بر نظریه آشوب است (Mandelbrote, 2010). بطور مثال در شکل گیری یک سامانه اپی ترمال عوامل متعددی دخیل هستند که در این میان نقش کمیت های زمین شیمیایی در پیدایش ذخایر معدنی محرز گردیده است. از آنجا که ظهور و عدم ظهور یک عنصر (یا ترکیب شیمیایی) با پایداری و بی ثباتی مولفه های ذاتی آنها در ارتباط است؛ لذا رفتار طبیعی سامانه در فرآیند توزیع پذیری کمیت ها اثر نموده و روش فرکتال برای تحلیل کیفی و کمی سازوکارهای غیرخطی پیشنهاد می گردد. این روش در مقایسه با تحلیل های خطی، از آماره های معتبری برخوردار است که در مطابقت با الگوی کمیت های متناظر (تکرار پذیر) در محیط های آشوبناک است. در این تحقیق از قابلیت توزیع نسبی دو متغیر نظیر تغییرات عیار معدنی و گوناگونی سطح محصور عیار جهت تشکیل معادله لگاریتمی عیار- مساحت (Concentration-Area, C-A) استفاده شده است. مطابق رابطه(۱)، توزیع نسبی- نمائی سیلیس، دارای سه مولفه عیار $C(SiO_2)$، سطح محصور متناسب با تغییرات عیار $A(SiO_2)$ و شاخص نمائی β است که بعد از تبدیلات لگاریتمی در رابطه (۲)، معادله خط C-A طبق نمودار شکل (۴) ارائه می‌گردد (Mandelbrote, 2010).

$$A(SiO_2) \propto C(SiO_2)^{-\beta} \qquad (۱)$$

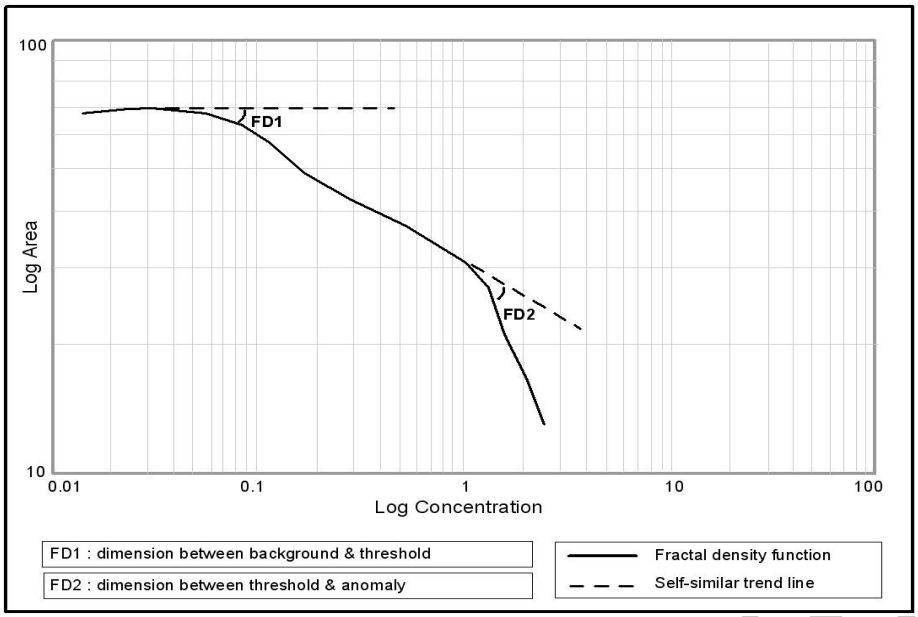
$$\mathrm{Log}A(SiO_2) = \beta \mathrm{Log}C(SiO_2) \qquad (۲)$$

در این نمودار، رابطه تغییرات عیار با سطح محصور حاصل از این تغییرات از نوع نمائی بوده و در مقیاس لگاریتمی به معادله خط فرکتال با ضریب زاویه β تبدیل می شود. مفهوم خاصیت خود تشابهی (Self similarity) در تابع چگالی فرکتال (Fractal Density Function) ، معادل مفهوم کمیت های متناظر و خاصیت تکرار پذیری آنها در محیط های آشوبناک هستند که چنانچه ذکر گردید جزء لاینفک پدیده های علوم زمین بوده و توسط روش های اقلیدسی قابل استنتاج نمی باشد. از نظر ریاضی، فرآیند خودتشابهی بیانگر وجود نقاط هم استقامتی است که با ظهور کمیت های حدی (نقطه عطف تابع) و تغییرات بعد فرکتال (ضریب β)، امکان تفیک جامعه را به زیرگروه‌های زمینه‌ای (Background) ، آستانه‌ای (Threshold) و بی-هنجاری(Anomaly) فراهم می نماید (Mandelbrote, 2010).

جدول ۱. الگوی ناحیه بندی بافتی در ذخایر اپی ترمال کوئینزلند (نقل از موریسون،۲۰۰۳) تغییرات بافتی سیلیس منجر به شکل گیری رخساره کلوفرمی و پیدایش آدولاریا با بافت خزه ای گردیده و این تحولات با فرآیند غنی شدگی طلا در ناحیه جوشش سیال گرمابی مطابقت دارد.

زون اصلی	کلسدونی			کراستیفرم - کلوفرم		بلورین	
زون فرعی	کربنات (هوازده)	کربناتی - کلسدونی	ماسیو کالسدونی	کلسدونی - کوارتزی	کوارتزی - کلسدونی	کوارتزی	کوارتز - کربناتی
بافت اولیه	توده ای ،نواری	نواری (در بالا)	توده ای (غالب)	کلوفرم - نواری	نواری - متبلور	خانه شکری	شانه ای
بافت ثانویه	جانشینی	تبغه ای (در پائین)	پندرت تبغه ای	تبلور دوباره (خزه ای)	تبلور دوباره (سوزنی)	متغیر	متغیر
کانی همراه	کلسیت ، آگات	آمتیست	چرت و اکسید آهن	آدولاریا ، سولفید و کربنات	آدولاریا و سولفید فلزی	آدولاریا و سولفیدها	کلسیت بلورین
عیار طلا	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	متوسط تا کم	ناچیز	
عیار فلزات پایه	ناچیز	ناچیز	ناچیز	کم	زیاد	متغیر	

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۴. رسم تابع فرکتال در الگوی لگاریتمی Area - Concentration (نقل از مندلبروت، ۲۰۰۵)، در این الگو : توزیع کمی مولفه مورد نظر (concentration) از رابطه نمائی (غیرخطی) با سطوح درون یابی شده از همان توزیع (area) برخوردار بوده و در مختصات لگاریتمی به صورت توابع چند فرکتالی مشاهده می گردد

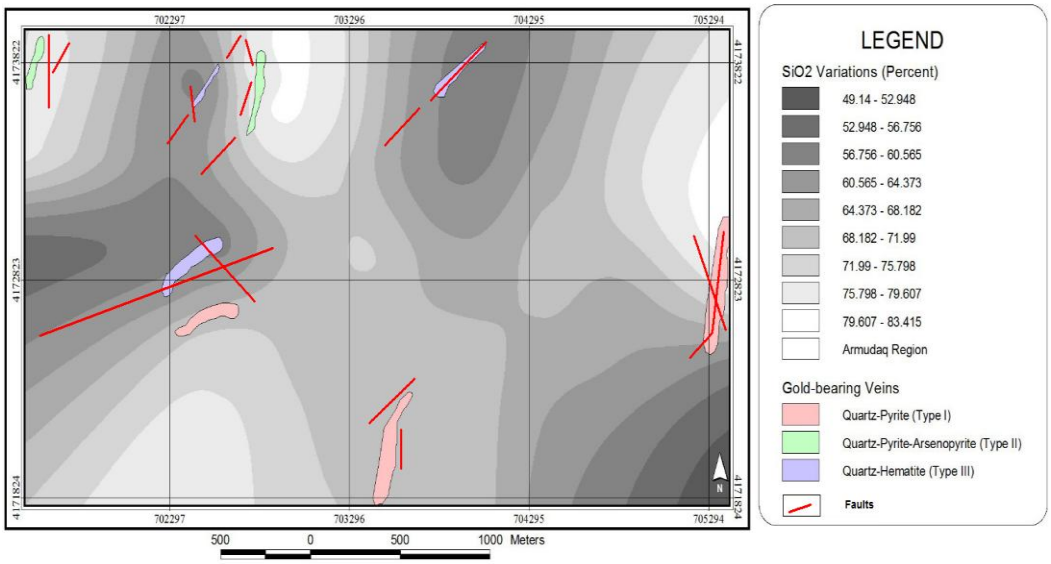
روش مطالعه

روش عملی تحقیق، با تشکیل پایگاه اطلاعات زمین شناسی (در محیط GIS) آغاز گردیده و با درج سوابق اکتشافی طلا (برداشت های زمین شیمیایی، مهرنیا، ۱۳۸۳) به منظور تحلیل مکانی داده ها و بازنگری در مناطق امید بخش معدنی ادامه یافته است. در خلال سنجش کمی نمونه های کانه دار ، تعداد ۲۰ نمونه جهت ارسال به آزمایشگاه تحقیقاتیAmdel و انجام بررسی های دستگاهی به روش طیف سنجی جرمی (ICP-Mass) انتخاب گردیده اند. مطابق جدول (۲) ، همبستگی تغییرات سیلیس (SiO_2 %) با نوسان عیار فلزات پایه و گرانبها در مناطق کانه دار آرموداغ معنی دار است. با توجه به مطابقت مکانی رگه های طلادار با رخنمون های ایگنمبریتی و توف های داسیتی منطقه (Felsic Facies)، از تغییرات زمین شیمیایی سیلیس و نحوه توزیع آن در نقشه های هم شدت (Contoured Maps) به عنوان ملاک مناسبی برای مکان یابی رگه های کوارتزی (حاوی طلا) استفاده شده است. از آنجا که دستیابی به تابع توزیع سیلیس نیازمند درون یابی کمیت ها و ایجاد همبستگی فضایی بین نقاط بی هنجاری است؛ لذا مطابق شکل(۵) با بهره گیری از ابزار تحلیلگر مکانی (Spatial Analyst, SA)، تغییرات کمی سیلیس توسط روش های زمین آماری (وزن دهی در فواصل معکوس ، IDW) درون یابی شده است. طی این فرآیند، شبکه ای از متغیرهای تصادفی پیوسته جایگزین نقاط بی هنجاری با برد تصادفی گسسته شده و در ادامه، احتمال توزیع سیلیس توسط تابع لگاریتمی A-C (رابطه۲) بررسی گردیده است. پس از تفکیک اجزاء متناظر ، خواص خود تشابهی جوامع بی هنجاری با استفاده از بسته نرم افزاری SA بازبینی و نتایج آن مطابق شکل (۶) ارائه گردیده است. در شکل های (۵) و(۶)، علاوه بر الگوی پراکندگی سیلیس، تغییرات عیار طلا بعنوان مولفه کمی- مکانی (Topological) متناظر با موقعیت بی هنجاری های زمین شیمیائی مشاهده می گردد. در مقام مقایسه، همبستگی مکانی سیلیس با الگوی پراکندگی رگه های کانه دار پس از بکارگیری معادلات فرکتالی افزایش می یابد ؛ که این امر نشان دهنده حاکم بودن رفتارهای آشوبناک بر فرآیند توزیع زمین شیمیایی عناصر سازنده (شبکه های سیلیکاتی و عناصر درگیر شبکه) در خلال فعالیت های پساماگمایی است. از دیدگاه ساختمانی، موقعیت سامانه های گسلی منطقه در مطابقت مکانی با تغییرات بی هنجاری سیلیس بوده و در غالب موارد از روند شمال شرقی- جنوب غربی یا شمالی- جنوبی تبعیت مینمایند. در درون یابی با روش های خطی و غیر خطی ، جهت یافتگی (Fabric) ساختمان های گسلی آرموداغ با مرز تغییرات بی هنجاری در نقاط بیشینه و کمینه سیلیس مطابقت دارد. به بیان دیگر، توزیع زمین شیمیایی کانی های سیلیس متاثر از پدیده های ساختمانی منطقه بوده و در خلال فرآیندهای پساماگمایی بصورت جانشینی و پرکننده فضای خالی بوجود آمده است. همزمان با درون یابی مولفه‌های زمین شیمیائی، تحولات بافتی نمونه‌ها در مقاطع میکروسکوپی (نازک و صیقلی هر کدام ۲۰ نمونه) مطالعه و نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است. طبقه بندی کانیایی نمونه‌ها موید وجود زمینه شیشه ای با تبلور تدریجی کلسدونی است که بصورت رگچه های باریک در مجاورت کوارتزهای بلورین (کلوفرم و شانه ای) مشاهده می گردند. در اغلب نمونه ها ، همیافتی سیلیس بی شکل (اپال و کلسدونی) با اشکال متبلور سیلیس قابل توجه بوده و پیدایش بافت بلورین بصورت ثانویه و جانشینی در رگه کلسدونی مشاهده می گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

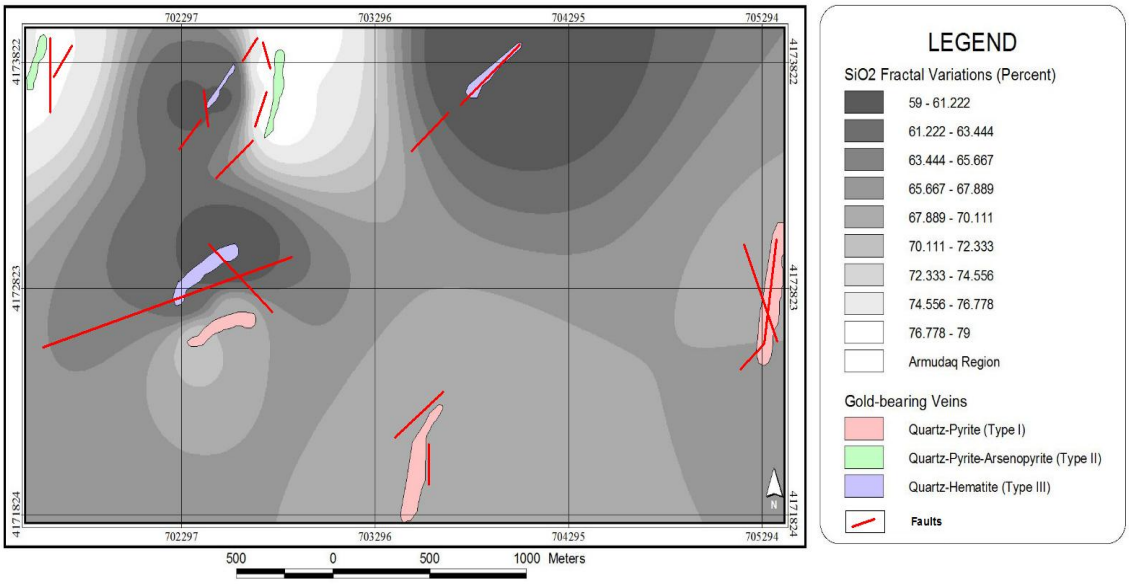
جدول ۲. نتایج سنجش کمی فلزات پایه و گرانبها به همراه تغییرات کانی شناسی سیلیس و دگرسانی سنگ میزبان در نمونه های بدست آمده از اندیس آرمونداغ (مرجع آنالیزهای دستگاهی: موسسه تحقیقاتی Amdel ، استرالیا)

مشخصات نمونه				سنجش دستگاهی (ICP)				رگه میزبان							
		مختصات (UTM)		Au	Cu	Pb	As	دگرسانی			اشکال سیلیس				
رگه کانه دار	کد نمونه	رویه شرق	رویه شمال	(ppb)	(ppm)			سیلیسی شدن	اکسید آهن	رس زایی	شیشه	کلسدونی	اپال	کلوفرمی	
(نوع اول)	۰۰۱-۸۹	۷۰۳۵۰۰	۴۱۷۲۰۰۰	۱۲۰	۴۴	۱۴	۱۲	×			×				
	۰۰۶-۸۹	۷۰۳۵۰۰	۴۱۷۲۰۱۰	۱۳۵	۸۰	۷	۱۷	×	×		×		×		
	۰۰۷-۸۹	۷۰۵۴۵۸	۴۱۷۲۵۵۰	۱۸۹	۳۸	۷	۹	×		×	×				
	۰۰۹-۸۹	۷۰۵۴۲۰	۴۱۷۲۵۰۰	۳۱۰	nd	nd	۱۱	×		×	×			×	
	۰۱۵-۸۹	۷۰۲۶۲۰	۴۱۷۲۵۹۸	۲۴۰	۲۵	۱۱	۱	×	×		×	×			
	۰۱۶-۸۹	۷۰۲۵۰۰	۴۱۷۲۵۸۰	۲۲۱	nd	۱۹	۸	×		×	×				
(نوع دوم)	۰۲۰-۸۹	۷۰۲۷۳۰	۴۱۷۲۵۸۰	۸۰	nd	nd	۴۱	×	×	×	×				
	۰۲۹-۸۹	۷۰۲۷۴۲	۴۱۷۲۵۹۵	۲۲۹	nd	۲۱	۳۸	×			×		×		
	۰۳۵-۸۹	۷۰۲۷۴۲	۴۱۷۲۶۴۱	۲۲۰	nd	۱۰	۱۹۸	×	×	×		×			
	۰۳۶-۸۹	۷۰۲۷۴۲	۴۱۷۲۶۴۸	۲۰۹	۵۲	۱۸	۲۳۱	×		×	×				
	۰۴۲-۸۹	۷۰۲۸۱۹	۴۱۷۲۷۲۵	۲۲۷	nd	nd	۱۰۰	×		×				×	
	۰۴۴-۸۹	۷۰۱۵۲۰	۴۱۷۲۷۵۵	۵۹۲	۲۸	۱۰	۶۸۸	×			×	×		×	
	۰۴۷-۸۹	۷۰۱۵۴۲	۴۱۷۲۷۶۴	۲۸۸	۲۵	۸	۲۲۰	×		×				×	
	۰۴۹-۸۹	۷۰۱۵۸۰	۴۱۷۲۹۱۱	۲۹۲	nd	nd	۱۸۶	×		×	×				
(نوع سوم)	۰۶۶-۸۹	۷۰۲۵۰۰	۴۱۷۲۰۰۰	۸	nd	nd	nd	×	×				×		
	۰۶۷-۸۹	۷۰۲۵۰۰	۴۱۷۲۹۵۰	۲۰	nd	nd	nd	×	×		×		×		
	۰۶۸-۸۹	۷۰۲۵۵۰	۴۱۷۲۹۳۵	۱۵	nd	۵	۵	×			×	×			
	۰۷۳-۸۹	۷۰۲۵۰۰	۴۱۷۲۷۲۵	۱۵	۱۸	۱۰	nd	×	×		×		×		
	۰۷۷-۸۹	۷۰۲۵۸۰	۴۱۷۲۷۲۰	۱۰	۲۲	۷	nd	×	×	×		×			
	۰۸۴-۸۹	۷۰۴۰۹۰	۴۱۷۲۸۱۰	۱۰	nd	nd	nd	×	×		×		×		



شکل ۵. رابطه توزیع زمین شیمیائی سیلیس (پیوسته) با تعدد رگه ها و تنوع ساختمان های گسلی آرمونداغ گرادیان سطوح درون یابی شده منطبق بر مکان رگه ها بوده و با محل تلاقی سامانه های گسلی در ارتباط می باشد.(مشخصات درون یابی شبکه : روش IDW ، ابعاد ایزومتریک ۵ متر ، ردیف ۴۴۰ ، ستون ۸۳۰ ، نقاط همسایگی ۲۰)

www.SID.ir



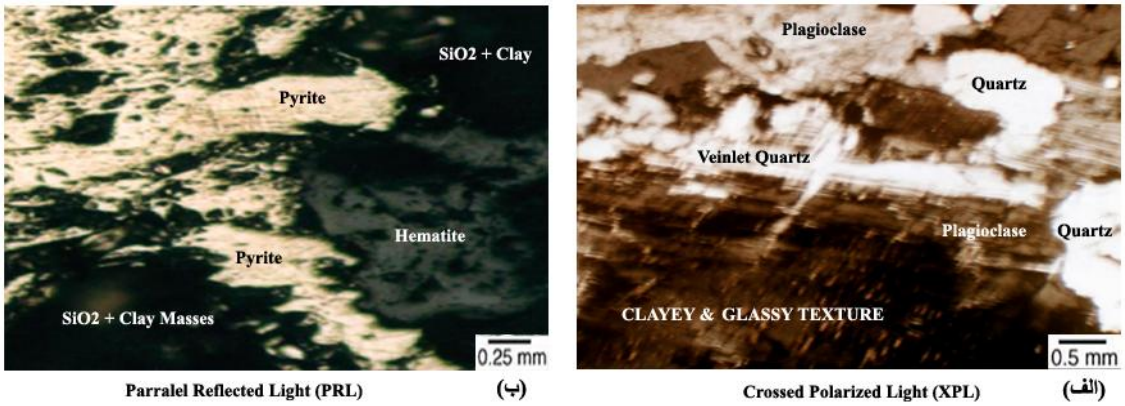
شکل ۶. رابطه توزیع فرکتالی سیلیس با موقعیت رگه ها و ساختمان های گسلی آرموداغ، درون یابی فرکتالی سیلیس موجب تغییر دامنه پیوستگی داده ها شده به طوریکه رگه های نوع سوم در بخش زمینه ای و رگه های نوع اول و دوم به ترتیب در حدود آستانه و بیشینه بی هنجاری قرار گرفته اند. (مشخصات درون یابی شبکه : روش IDW ، ابعاد شبکه ۵ متر ، ردیف ۴۴۰ ، ستون ۸۳۰ ، نقاط همسایگی ۲۰)

بررسی تحولات بافتی اندیس آرموداغ

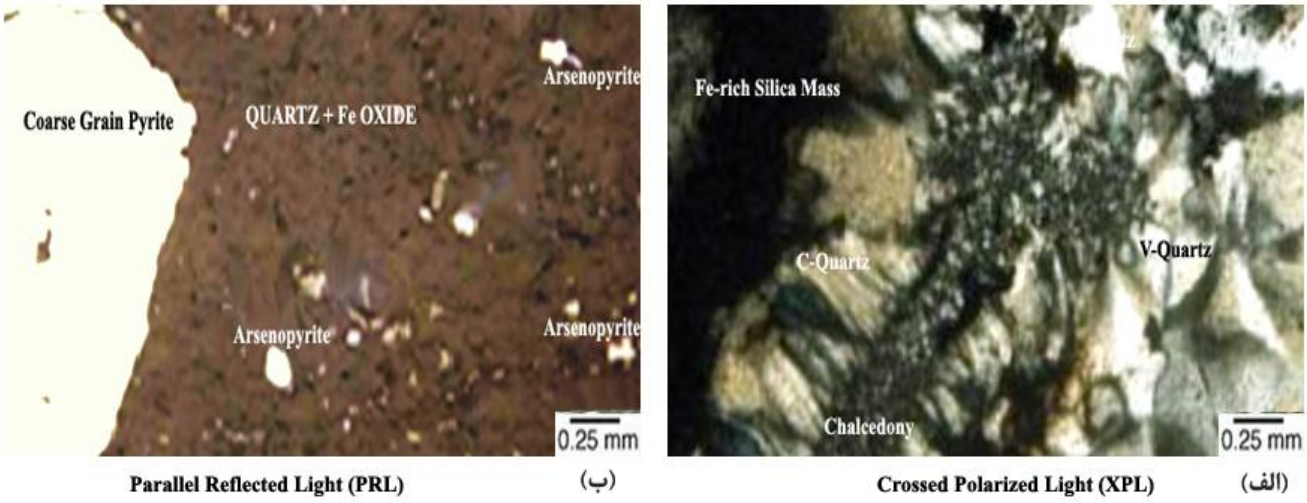
با توجه به عدم تغییرات سنگ میزبان و یکسان بودن رخساره های دگرسانی در مناطق کانه دار آرموداغ، تغییرات بافتی رگه ها با در نظر گرفتن همیافتی گونه های مختلف سیلیس و تنوع کانه های فلزی در سه نوع به شرح ذیل بررسی می گردد. رگه های نوع اول : تحولات بافتی در رگه های کوارتز- پیریتی مطابق شکل ۷ بررسی شده است. سنگ میزبان واحد کانه دار از نوع توف های داسیتی سرشار از شیشه سیلیسی بوده و کوارتز ریز بلور بصورت پراکنده و شناور در زمینه شیشه ای مشاهده می گردد (شکل ۷- الف). عیار طلا در رگه های حاوی پیریت (شکل۷ – ب) بالغ بر ۳۱۰ میلیگرم در تن می باشد. نوسان عیار طلا تابعی از تغییرات بافتی کوارتز بوده بطوریکه با ظهور بافت کلوفرمی (در حد ناچیز مشاهده گردید) ، مقدار آن تا ۳۶۰ میلیگرم در تن افرایش می یابد. از آنجا که رگه های کوارتز- پیریتی فراوان ترین رخنمون کانه دار در منطقه آرموداغ هستند؛ لذا از توسعه مکانی و هاله دگرسانی وسیع با ترکیب غالب رسی- اکسید آهن برخوردارند (Aleaster, 2001). رگه های نوع دوم : تحولات بافتی رگه های کوارتز پیریت آرسنوپیریتی در شکل ۸ بررسی شده است. سنگ میزبان واحد کانه دار از نوع گدازه داسیتی با رگه ها و رگچه های پراکنده (سیلیس با تبلور نامحسوس تا ریز بلور) بوده و به لحاظ مکانی در قاعده مخروط های آتشفشانی قرار دارد (مهرنیا، ۱۳۸۳). همیافتی کوارتز در دو نوع کلسدونی و کلوفرمی مشاهده می گردد (شکل ۸ – الف). نوسان عیار طلا تابعی از تحولات بافتی کوارتز بوده و بیشنه آن (۵۹۲ میلیگرم در تن) در رگچه های کلوفرمی و در حضور کانه آرسنوپیریت (شکل ۸ – ب) یافت می گردد. این رگه ها در مقایسه با انواع کوارتز پیریتی (نوع اول) از فراوانی کمتری برخوردارند و بصورت محدود در قاعده مخروط های داسیتی و توف های ایگنمبریتی مشاهده می گردند. هاله محاطی رگه های آرسنوپیریتی از نوع رسی (آرژیلیک پیشرفته) بوده و درصد اکسیدهای آهن کمتر از رگه های پیریتی است (مهرنیا، ۱۳۸۳) .رگه های نوع سوم: گوناگونی بافتی در رگه های کوارتز هماتیتی مطابق شکل ۹ می باشد. سنگ میزبان این رگه ها از نوع توف ایگنمبریتی بوده و نسبت به رگه های نوع اول و دوم در بخش سطحی هاله های دگرسانی و فواصل دور از مرکز سامانه اپی ترمال قرار گرفته اند(Ale aster, 2001)و (مهرنیا، ۱۳۸۳). اشکال بلورین سیلیس کمیاب بوده و زمینه سیلیسی دارای بافت غالب شیشه ای است (شکل ۹ – الف). نوسان عیار طلا در رگه هماتیتی ناچیز بوده و میانگین آن کمتر از ۲۰ میلیگرم در تن است. از نظر کانه شناختی ، این رگه ها متشکل از اکسید هاو هیدروکسیدهای آهن بوده (شکل ۹ – ب) که به شکل ریز دانه در زمینه سیلیسی پراکنده شده اند. رگه های هماتیتی آرموداغ بدلیل فقدان پیریت و آرسنوپیریت کم عیار یا عقیم اند؛ لذا فاقد معیارهای بافتی متناسب برای شکل گیری ذخایر اپی ترمال می باشند (Aleaster, 2001). بر اساس ملاحظات فوق، نوسان عیار طلا در اندیس طلای آرموداغ، تابعی از الگوی ناحیه بندی بافتی در رخنمون های سیلیسی منطقه است. لذا با استفاده از روش ارائه شده در این تحقیق، از شاخص تغییرات کمی سیلیس به عنوان معیار زمین شیمیائی مرتبط با فرآیند دگرسانی و با هدف دستیابی به موقعیت مکانی رگه های کانه دار استفاده شده است. بدین ترتیب با بررسی توزیع فرکتالی سیلیس، امکان پیش بینی نواحی امیدبخش با توجه به الگوی ناحیه بندی بافتی آرموداغ فراهم شده است (مهرنیا، ۱۳۸۹).

Archive of SID

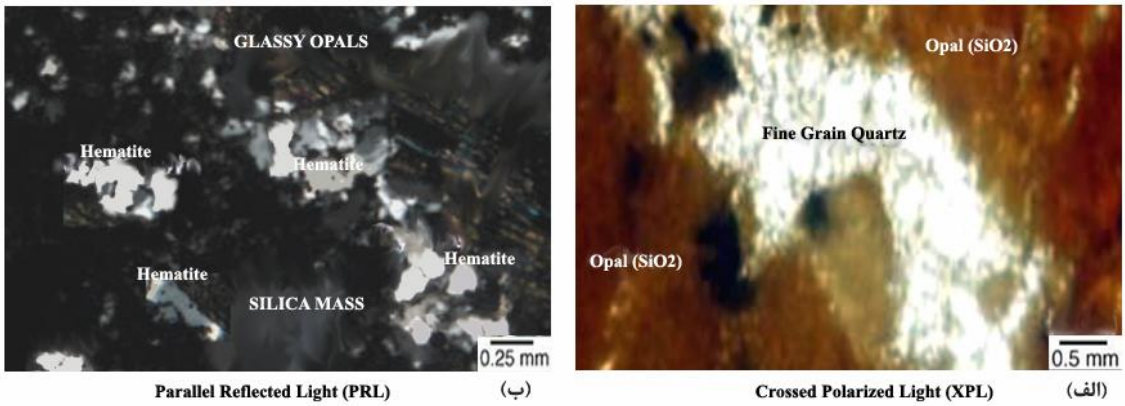
www.SID.ir



شکل۷. مقطع میکروسکوپی رگه کوارتز پیریتی (نوع اول) در اندیس طلای آرموداغ (نمونه ۸۹-۰۰۹ ، جدول ۲)- الف : میدان دید نور عبوری از کانی های کوارتز (ریز دانه ، پرکننده رگچه) و پلاژیوکلاز در زمینه رسی با بافت شیشه ای- ب : میدان دید نور انعکاسی از کانه زایی پیریت ، هماتیت با عیار طلای ۳۱۰ ppb



شکل۸. مقطع میکروسکوپی رگه پیریت و آرسنوپیریت دار (نوع دوم) در اندیس طلای آرموداغ (نمونه ۸۹-۰۴۴ ، جدول ۲)- الف : میدان دید نور عبوری از کانی زایی کوارتز کلوفرمی (C-Quartz) ، کوارتز ولکانیکی (V-Quartz) و کلسدونی در زمینه سیلیسی سرشار از اکسیدهای آهن. ب : میدان دید نور انعکاسی از همیافتی پیریت و آرسنوپیریت با عیار طلا ۵۹۲ ppb

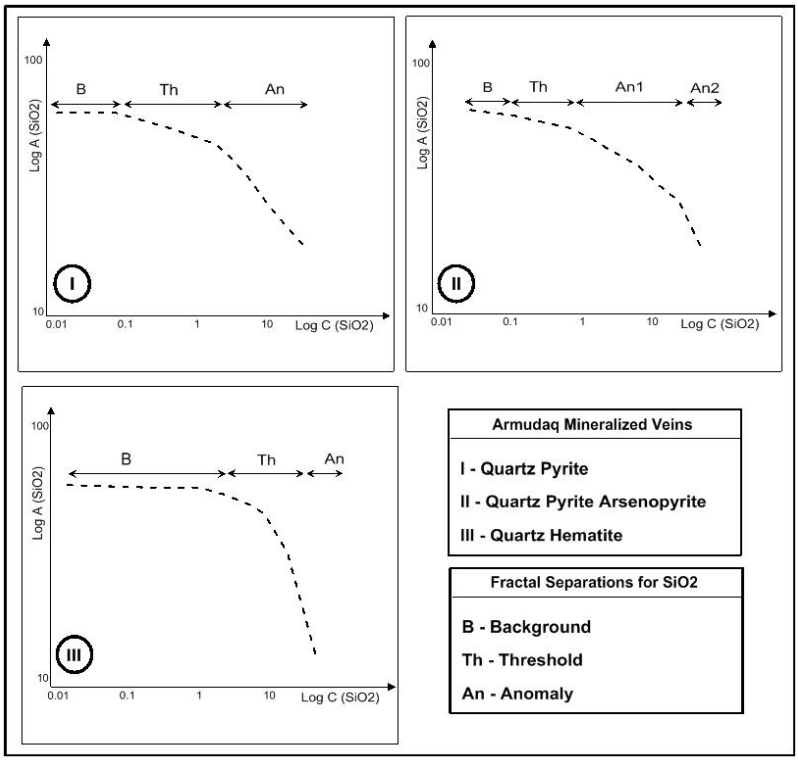


شکل۹. مقطع میکروسکوپی رگه کوارتز هماتیتی (نوع سوم) در اندیس طلای آرموداغ (نمونه ۸۹-۰۶۷ ، جدول ۲)-الف : میدان دید نور عبوری از کانی های اپال و کوارتز ریز دانه در زمینه سرشار اکسیدهای آهن- ب : میدان دید نور انعکاسی از کانه هماتیت ، بدون حضور کانه پیریت با عیار طلای ناچیز (۲۰ ppb)

www.SID.ir

رابطه توزیع فرکتالی سیلیس با تنوع رگه های کانه دار

شکل(۱۰) ، بیانگر توزیع غیرخطی سیلیس در معادله نمایی C-A بوده و بطور جداگانه برای رگه های نوع اول تا سوم محاسبه گردیده است. مطابق شکل، تفکیک جوامع بی هنجاری از حدود آستانه و مقادیر زمینه، مبتنی بر تغییرات بعد فرکتال(Fractal Dimensions) بوده و متناسب با ضرایب خط معادله در مقیاس لگاریتمی است (Mehrnia, 2012). در جدول(۳)، افزایش بعد فرکتالی سیلیس، با پیدایش رگه‌های نوع دوم مطابقت داشته و عیار طلا به دلیل تعدد خواص خودتشابهی سیلیس (تبدیل کلسدونی به کوارتز کلوفرم) افزایش یافته است (شکل ۸). در مقام مقایسه، الگوی ناحیه بندی بافتی رگه-های آرسنوپیریتی از وضعیت مطلوبی برخوردار بوده و رگه های پیریتی دارای اولویت کمتری هستند. از این رو توزیع سیلیس در رگه های نوع دوم با تحولات غیرخطی در محیط های آشوبناک مطابقت بیشتری داشته و نقاط عطف تابع چگالی سیلیس در رگه های کوارتز پیریت آرسنوپیریتی منطبق بر مکان هندسی کمیت‌های خودتمایل است. به بیان دیگر، وفور نسبی اجزاء متناظر در هر یک از جوامع بی هنجاری، نشانه برقراری شرایط مناسب برای پایداری نوع مشخصی از گونه‌های بافتی است که متعاقبا با ظهور کمیت های نامتجانس (تغییر شیب خط به همراه گسیختگی در نقاط هم استقامت) ، احتمال بروز تغییرات بافتی را در الگوی ناحیه بندی مناطق کانه دار افزایش می یابد (Hedenquist et al, 2008). از آنجا که پایداری سامانه های اپی ترمال، مرهون برقراری تعادل شیمیائی و حرارتی میان سیال کانه‌دار و محیط مهاجرت آن است؛ لذا در مناطق متاثر از تفریق های پساماگمایی، بررسی تحولات بافتی سیلیس به عنوان معیار زمین شیمیائی موثر بر رفتار ترکیبات فلزی حائز اهمیت بوده و تشخیص الگوی تحولات بافتی با استفاده از روش های فرکتالی، احتمال دستیابی به ذخایر طلا را افزایش می‌دهد. برخلاف رگه های نوع اول و دوم ، در رخنمون های کوارتز هماتیتی آرمودغ ، با کاهش شدت دگرسانی و ناپایداری عناصر شاخص (تیپومورفیک) مواجه هستیم؛ که ظاهرا با افزایش فاصله از مرکز سامانه (دور شدن از سنگ میزبان) بر تعداد رگه های هماتیتی افزوده و از انواع دیگر (پیریت و آرسنوپیریت) کاسته می شود. همچنین افزایش محسوسی در محتوای کانی های اکسید آهن و ترکیبات کربناتی مشاهده می گردد؛ که عمدتا در ارتباط با فرآیند دگرسانی پسرونده در محیط هوازده (Supergene Environment) است. از دیدگاه فرکتال، تغییرات بافتی رگه های نوع سوم با کاهش اجزاء متناظر در ارتباط بوده و تابع چگالی سیلیس در مقایسه با گونه های حاوی پیریت و آرسنوپیریت ، از تغییرات بعد کمتری برخوردار است. کمبود نقاط هم استقامت (معیاری برای تشخیص خاصیت خود تشابهی ، جدول ۳) ، موجب ضعف الگوی ناحیه بندی بافتی شده و احتمال باروری (پیدایش سولفید ها و سولفوآرسنیدهای طلا) را کاهش می دهد. کاهش محتوای سیلیس و تغییردر کمیت های فشار و حرارت سامانه اپی ترمال از عوامل موثر بر عقیم شدن رگه های نوع سوم است که معمولا در فواصل دور از مخروط ها و در نزدیکی سازندهای رسوبی-آتشفشانی نئوژن قرار مشاهده می گردند (Aleaster, 2001).



شکل۱۰. تابع توزیع سیلیس به تفکیک همیافتی کانی ها در رخنمون های کانه دار آرمودغ (معادله فرکتالی C-A)- I- رگه های نوع اول دارای زمینه محدود اما حدود آستانه و بی هنجاری توسعه یافته هستند. I I- رگه های نوع دوم دارای حدود زمینه و آستانه محدود اما بی هنجاری کاملا توسعه یافته هستند. I I I- رگه های نوع سوم دارای حدود زمینه ای توسعه یافته اما حدود آستانه ای و بی هنجاری محدود و متغیراند

www.SID.ir

نتیجه گیری و پیشنهادات

این تحقیق با استفاده از خواص توزیع پذیری غیرخطی سیلیس و ارتباط آن با ناحیه بندی بافتی رگه های کانه دار، روشی جدیدی را برای پی جویی و سنجش تغییرات عیار طلا در سامانه های اپی ترمال ارائه نموده که از نقطه نظر آماری با تغییرات بعد فرکتالی سیلیس نسبت مستقیم دارد. با توجه به ظهور رخساره سرسیت آدولاریایی در رخنمون های کانه دار آرموداغ، تحولات بافتی این منطقه با الگوی ناحیه بندی ذخایر کوئینزلند مقایسه گردیده و مبنای تصمیم گیری این تحقیق در مقوله شناسایی اولویت های اکتشافی بوده است. بدین ترتیب با نمونه برداری از رگه های سیلیسی طلادار آرموداغ و سنجش تغییرات زمین شیمیایی SiO_2 ، عملیات درون یابی داده‌ها با استفاده از روش-های زمین آماری و به منظور محاسبه تابع چگالی تغییرات سیلیس به عمل آمده که در پی آن امکان دستیابی به برد متغیرهای تصادفی پیوسته فراهم شده است. در نقشه هم عیار سیلیس (شکل ۵)، موقعیت رخنمون های دگرسانی در مطابقت با بی هنجاری بیشینه نبوده که پس از بازنویسی مولفه های توزیع (در معادله عیار- مساحت)، نقشه هم عیار فرکتالی رسم گردیده است (شکل۶). در این نقشه علاوه بر مطابقت رگه های کانه دار با تغییرات عیار سیلیس، مقادیر بدست آمده از بعد فرکتال به عنوان شاخص نمائی مرتبط با کمیت های متناظر منظور گردیده است. بدین ترتیب درون یابی متناسب با کمیت های فرکتالی ، ضمن افزایش دقت مکانی بی هنجاری ها ، موجب تشخیص رابطه تحولات بافتی کوارتز با تغییرات عیار طلا شده و کمیت های منحصر به فرد جدول (۳) بوجود آمده اند. با توجه به مندرجات جدول (۳)، نتایج این تحقیق به منظور شناسایی اولویت های اکتشافی آرموداغ به شرح ذیل بیان می گردد.

۱- الگوی ناحیه بندی بافتی در رگه های نوع اول با شکل گیری محدود مولفه‌های متناظر در ارتباط بوده که در خلال تبدیل بافت شیشه ای به انواع متبلور، شرایط پیدایش پیریت را فراهم نموده است. بدین ترتیب با استفاده از شاخص توزیع غیر خطی سیلیس ، سازوکار پیدایش رگه های کوارتز پیریتی بررسی گردیده و با فرآیند افزایش نسبی عیار طلا (نظیر آنچه که در ذخایر کوئینزلند مشاهده می گردد) مقایسه خواهد شد.

۲- الگوی ناحیه بندی بافتی در رگه های نوع دوم دارای وضعیت مطلوبیست. در این الگو، پیدایش مولفه های متناظر بدلیل افزایش خواص خود تشابهی در کانی های سیلیس است. تظاهرات فیزیکی اجزاء متناظر به صورت پیدایش بافت کلوفرمی بوده که در ناحیه جوشش سیالات کانه دار، با افزایش محسوس در محتوای کانیایی رگه ها همراه می گردد. بدین ترتیب بر اساس شواهد فرکتالی، رگه های آرسنوپیریتی آرموداغ از بیشینه عیار طلا برخوردارند و با افزایش عمق دگرسانی تحت تاثیر تحولات بافت کلوفرمی خواهند بود.

۳- الگوی ناحیه بندی بافتی در رگه های نوع سوم از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. تحولات بافتی سیلیس بسیار ضعیف بوده و در پی آن نوسانات عیار طلا کاهش می یابد. تعدد رگه های هماتیتی در بخش عقیم سامانه اپی ترمال بیشتر از نواحی بارور است؛ لذا در مقایسه با وضعیت ذخایر کوئینزلند، آثار معدنی آرموداغ از وسعت کمتری برخوردار بوده و تغییرات جانبی رگه های کانه دار به سرعت اتفاق افتاده است. از دیدگاه فرکتالی، ضعف الگوی ناحیه بندی در رگه‌های کوارتز هماتیتی به دلیل کمبود یا عدم وجود کمیت های متناظر است. این بدان معناست که با توزیع جزئی کانی های سیلیس ، شرایط شکل گیری بافت کلوفرمی فراهم نشده (جدول ۳) و در غیاب بافت کلوفرمی احتمال پیدایش ترکیبات سولفوآرسنیدی (پیریت و آرسنوپیریت) کاهش می یابد. لذا شرایط لازم برای میزبانی طلا در رگه های نوع سوم بوجود نیامده است.

۴- بر اساس نتایج این تحقیق، توسعه مناطق دگرسانی آرموداغ متاثر از نوع رگه های کانه دار و ترکیبات سیلیسی آن است. بطوریکه در محل رخنمون های کوارتز پیریت آرسنوپیریتی (رگه نوع دوم) شعاع اثر هاله های رسی با رخساره غالب کائولینیتی افزایش یافته و شستشوی اسیدی موثر توسط سیالات گرمابی اتفاق افتاده است.

۵- مطابق جدول (۳)، افزایش عیار طلا با ظهور و کثرت اجزاء متناظر (در تابع چگالی سیلیس) ارتباط دارد. بنابراین همبود کوارتز کلسدونی با انواع کلوفرمی (در رگه های نوع اول و دوم) ، موید الگوی تحولات بافتی مناسب و منطبق با شرایط حاکم بر ذخایر کوئینزلند بوده و احتمال دستیابی به نواحی پرعیار عمقی را افزایش می دهد.

۶- با توجه به اینکه روند تحولات بافتی در رگه های نوع اول و دوم از وضعیت مطلوبی برخوردارند، ادامه فعالیت های اکتشافی با گمانه زنی در عمق رگه های آرسنوپیریتی (نوع دوم) پیشنهاد می گردد. عمق تجسس مناسب برای دستیابی به مناطق پرعیار ، توسط مغزه گیری از سازندهای زیرزمینی و مشاهده رخساره آدولاریایی مشخص می گردد. در محدوده رگه های کوارتز پیریتی (نوع اول) به دلیل تغییرات محدودتر در ابعاد فرکتالی سیلیس، پیشنهاد حفر ترانشه های اکتشافی مناسب تر از عملیات گمانه زنی است. زیرا در هاله اثر رگه های نوع اول، ناحیه بندی بافتی سیلیس دارای بی نظمی هایی است که احتمال شکل گیری اجزاء متناظر را کاهش داده است. بدین ترتیب شانس دستیابی به رخساره سرسیت آدولاریایی در عمق رگه های پیریتی کمتر از رگه های آرسنوپیریتی می باشد.

۷- اولویت اکتشاف طلای آرموداغ ، تابعی از تغییرات بعد فرکتالی است که به نوبه خود متاثر از افزایش یا کاهش خواص خودتشابهی (Self-similarities) در توزیع غیرخطی سیلیس است. با توجه به مندرجات جدول (۳)، بهترین تغییرات در محدوده رگه های آرسنوپیریتی و ضعیف ترین آنها در رگه های کوارتز هماتیتی مشاهده می گردد که به ترتیب با بیشترین و کمترین اولویت جهت ادامه فعالیت های اکتشافی پیشنهاد می گردند.

۸- پس از شناسایی مناطق امیدبخش و قبل از شروع عملیات گمانه زنی، نمونه برداری منظم با گام های نزدیک و شبکه بندی متراکم ضرورت دارد.زیرا با سنجش دستگاهی نمونه ها و بررسی تغییرات بعد فرکتالی آنها در مقیاس تفصیلی، امکان تصمیم گیری در خصوص ادامه با توقف فازهای اکتشافی فراهم می گردد. لذا بازنگری در توزیع زمین شیمیایی عناصر شاخص و استفاده از معادلات فرکتال برای تشخیص روند احتمالی در توزیع غیر خطی متغیرها قویا توصیه می گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. رابطه توزیع فرکتالی سیلیس با تغییر بافت کانی ها و نوسان عیار طلا در نمونه های بدست آمده از اندیس آرمودلغ ،پیدایش اجزاء متناظر با تغییرات عیار طلا نسبت مستقیم داشته و موید الگوی ناحیه بندی موثر در رگه های نوع دوم است. رگه های نوع اول در اولویت بعدی قرار داشته و رگه نوع سوم فاقد الگوی ناحیه بندی متناسب با ذخایر اپی ترمال است

طلا (ppb)	بافت کانی ها			بعد فرکتال			سیلیس ٪	نمونه	نوع رگه
	اکسید آهن	فلدسپات	کوارتز	تکراریذیری	جزئی	کلی			
۱۲۰	اولیژیست ریزدانه	ریز بلور و پراکنده	کلسدونی - ریز بلور	کم	۱/۱۵۷	۱/۲۰۹	۷۴/۰۰	۰۰۱-۸۹	(نوع اول)
۱۳۵					۱/۱۹۲		۷۳/۴۵	۰۰۶-۸۹	
۱۸۹					۱/۲۸۱		۷۱/۵۵	۰۰۷-۸۹	
۳۱۰					۱/۲۳۱		۷۴/۳۰	۰۰۹-۸۹	
۲۴۰					۱/۱۹۸		۷۱/۸۰	۰۱۵-۸۹	
۲۲۱					۱/۱۹۵		۷۲/۲۰	۰۱۶-۸۹	
۸۰	مشاهده نگردید	مشاهده نگردید	کوارتز باورین - کلوفرم	زیاد	۱/۲۴۵	۱/۲۸۵	۷۷/۵۰	۰۲۰-۸۹	(نوع دوم)
۲۳۹					۱/۲۹۸		۷۳/۲۵	۰۲۹-۸۹	
۲۲۰					۱/۲۶۰		۷۵/۰۰	۰۳۵-۸۹	
۳۰۹					۱/۲۷۵		۷۸/۱۵	۰۳۶-۸۹	
۳۳۷					۱/۳۱۱		۷۳/۳۵	۰۴۲-۸۹	
۵۹۳					۱/۳۰۸		۷۶/۶۰	۰۴۴-۸۹	
۳۸۸					۱/۳۰۰		۷۹/۴۰	۰۴۷-۸۹	
۲۹۲					۱/۲۹۰		۷۹/۰۰	۰۴۹-۸۹	
۸	هماتیت سوزنی	مشاهده نگردید	سیلیس آمورف	ضعیف	۱/۰۵۵	۱/۰۶۸	۶۳/۴۰	۰۶۶-۸۹	(نوع سوم)
۲۰					۱/۰۴۹		۶۷/۰۰	۰۶۷-۸۹	
۱۵					۱/۰۷۳		۶۵/۲۵	۰۶۸-۸۹	
۱۵					۱/۰۳۴		۶۹/۵۵	۰۷۳-۸۹	
۱۰					۱/۰۸۸		۶۷/۴۰	۰۷۷-۸۹	
۱۰					۱/۱۱۲		۶۹/۱۵	۰۸۴-۸۹	

منابع

مهرنیا ، س. ر. ، ۱۳۸۳، نحوه پیدایش طلا و ترکیبات وابسته به آن در ماگماتیسم سنوزوئیک چهارگوشه میانه - استان آذربایجان شرقی، پایان نامه دوره دکترای تخصصی ، دانشگاه شهید .بهشتی، دانشکده علوم زمین ، ۲۰۰ص.

مهرنیا ، س. ر. ، ۱۳۸۹، توزیع پذیری غیرخطی سیلیس ، روش نوینی برای شناسایی الگوی ناحیه بندی بافتی در اندیس های طلادار استان آذربایجان شرقی ، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۶، شماره ۱، ص۸۲-۶۹.

Lescuyer J., 1978, Petrology & petrography of Cenozoic volcanism in Mianeh area, Ph.D Thesis, Submitted to GSI, 420 p.

Aleaster M., 2001, Armudaq license Report within Mianeh quadrangle prosspects, Eastern Azerbaijan, Iran, Report for Karand Co. ltd. 40 p.

Morrison G., Guoyi D., 2001, AMIRA Project, Preliminary Report: Textural Zoning in Epithermal Quartz veins, J.C Univ., Queensland, 129 p.

Morison G, , 2003, AMIRA Project, Revised version : Evaluating of Gold Mineralization Potentials in Queensland Epithermal Systems, Queensland J.C Univ. press, Queensland, Australia, 249 p.

Guoyi, D., 2002, AMIRA Project, Final Report: Epithermal gold deposit in Queensland, J.C Univ. Queensland, Australia, 245 p.

Hedenquist J. W. and White N.C., 2008, Epithermal gold deposits and Characteristics for Exploration Guides, Society of Resource Geology, 62 p.

Mandelbrote B., 2010, Fractal Geometry of Nature, 23st Edition (Revised & Updated), W.H Freeman & Company, New York: 433 p.

Mehrnia S. R., 2012, Using Multifractal Peculiarities of ETM Spectrums for Realizing Gold Mineralization Potentials in Eastern Azerbaijan, NW of Iran, 6th SASTECH Int. Conference, Kuala lumpur, Malaysia, Paper ref. code: 6-13-11-0135, p147 – 155.

www.SID.ir