

## توزیع پذیری غیر خطی سیلیس، روش نوینی برای شناسائی الگوی ناحیه بندی بافتی در اندیس های طلا دار استان آذربایجان شرقی

سید رضا مهرنیا

گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور استان قزوین، ایران

\*مستول مکاتبات- آدرس الکترونیکی: r\_mehrmiya@pnu.ac.ir

(دریافت: ۸۸/۶/۸؛ پذیرش: ۸۸/۱۱/۲۸)

### چکیده

پیشینه مطالعات ژئوترمومتری- میکروترمومتری چهارگوشه ۱/۵۰۰۰۰ میانه واقع در استان آذربایجان شرقی، بیانگر حضور ماگماتیسم تاخیری سنوزوئیک با رخساره غالب سریسیت آدولاریائی در واحدهای پیروکلاستیکی و توف های ریولیتی پالئوژن است که به دلیل توسعه و تنوع رخمون های دگرسانی، شرایط پیدایش رگه های کوارتز پیریتی به عنوان میزبان ذخایر طلائی اپی ترمال در نئوژن فراهم گردیده و شواهد بدست آمده از تغییرات بافتی واحدهای مینرالیزه، نظیر آنچه که در الگوی ناحیه بندی بافتی ذخایر کوئینزلند مشاهده می شود، درارتباط مکانی با توزیع ژئوشیمیائی سیلیس است. لذا بر اساس نتایج این تحقیق، در روشی نوین مبتنی بر اصول هندسه فرکتال، توزیع پذیری سیلیس توسط توابع غیرخطی ارزیابی گردیده و تغییرات بافتی رگه مینرالیزه، به منظور پیش دآوری در اندیس های طلا دار غرب شهرستان میانه و در مطابقت با الگوی ناحیه بندی بافتی سامانه های اپی ترمال مطالعه شده است. در عمل پس از دستیابی به سازوکار توزیع غیرخطی سیلیس، تابع نمائی در مختصات لگاریتمی بیان و مولفه های متناظر با تغییرات بافتی رگه ها به دقت بررسی گردیده اند. بدین ترتیب با ارزیابی روند تحولات بافتی و مقایسه آن با الگوی ناحیه بندی بافتی ذخایر اپی ترمال، ملاک جدیدی برای پی جوئی طلا در مناطق امید بخش آقورن، سیه کمر و شیخ دره به ترتیب اولویت اکتشافی آنها معرفی شده است.

واژه های کلیدی: اکتشاف طلا، توزیع غیرخطی، رگه کوارتزی، سامانه اپی ترمال، فرکتال.

### مقدمه

پیریت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت و ندرتا گالن است. (مهرنیا ۱۳۸۳). همچنین آثار معدنی طلا واقع در چهارگوشه میانه بصورت نواحی سه گانه آقورن، سیه کمر و شیخ دره تفکیک گردیده که حدود جغرافیائی آنها به همراه مکان هندسی رخمون های مینرالیزه مطابق شکل ۳ می باشد. واحد مینرالیزه در این اندیس ها شامل رگه ها و رگچه هایی با ترکیب کوارتز- پیریت و کربنات است که معمولا توسط هاله رسی (آرژیلیک) و افق های خاکی منسوب به کواترنر پوشیده شده اند. در شکل ۳، همچین دورنمائی از مناطق دگرسانی آقورن شامل مجموعه ای از واحدهای رسی و پروپیلیتیک به همراه رگه های کوارتز پیریتی حاوی طلا در دو مقیاس ماکروسکوپی و میکروسکوپی نشان داده شده است. متوسط عیار طلائی رگه ها ۶۰۰ - ۳۰۰ میلیگرم در تن بوده و شواهد ایزوتوپی اکسیژن به همراه میکروترمومتری میانبارهای سیال (موجود در کوارتز) موید حضور رخساره سریسیت- آدولاریائی است (مهرنیا ۱۳۸۳).

از دیدگاه نظری، ویژگی یک رگه اپی ترمال، برخورداری از الگوی ناحیه بندی بافتی، به عنوان معیاری برای تجمع عناصر تیپومرفیک

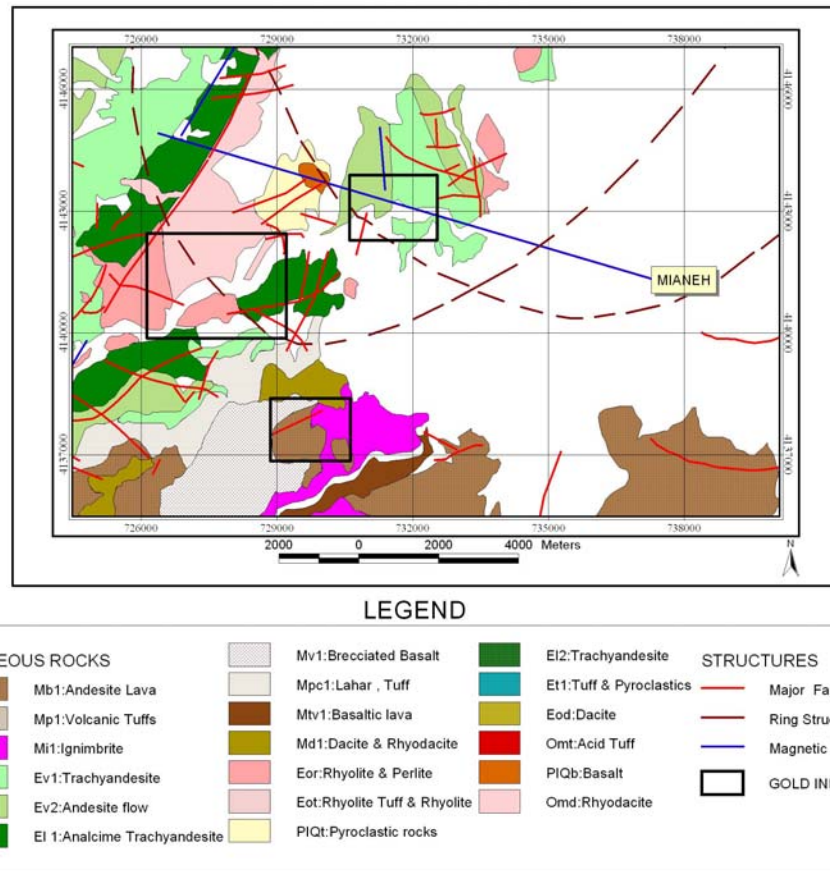
منطقه مورد نظر بخشی از گستره زمین شناختی شمال غرب ایران با مختصات مندرج در شکل ۱ می باشد که پس از مطالعات صحرائی و رده بندی سری ماگمائی منسوب به سنوزوئیک (Lescuyer 1978) به عنوان چهارگوشه زمین شناسی میانه (سریال NJ3812) واقع در استان آذربایجان شرقی معرفی گردیده است. پدیده های زمین ساختی این ناحیه منسوب به فعالیت های کوهزائی جوان (پالئوژن- نئوژن) با ساختمان های تافروژنیک می باشد که به دلیل فراوانی سازند های آذرین متشکل از واحدهای ریولیتی، ریوداسیتی و تراکی آندزیتی، از تفریق ماگمائی گسترده با تغییرات منجر به پیدایش سامانه های ماگمائی- گرمایی برخوردار است (Aleaster 2001). در شکل ۲، مناطق دگرسانی بر اساس شواهد بدست آمده از مطالعات دورسنجی معرفی شده اند، در این شکل، مناطق دگرسانی شامل انواع آرژیلیک (متوسط تا پیشرفته)، پروپیلیتیک (اپیدوت، کلریت، کلسیت) و اکسیدهای آهن بوده و فرآیند کانه زائی در ارتباط نزدیک با رگه های سیلیسی (کوارتز - کربناتی و کوارتز- سریسیتی) و مشخص به حضور

(متشکل از پیریت و آرسنوپیریت طلا دار) و مطابقت آن با توزیع ژئوشیمیائی سیلیس، امکان تشکیل معادله نمائی این توزیع توسط روابط فرکتال فراهم گردیده و متعاقبا الگوی ناحیه بندی وابسته به تغییرات عیار طلا استنتاج گردیده است.

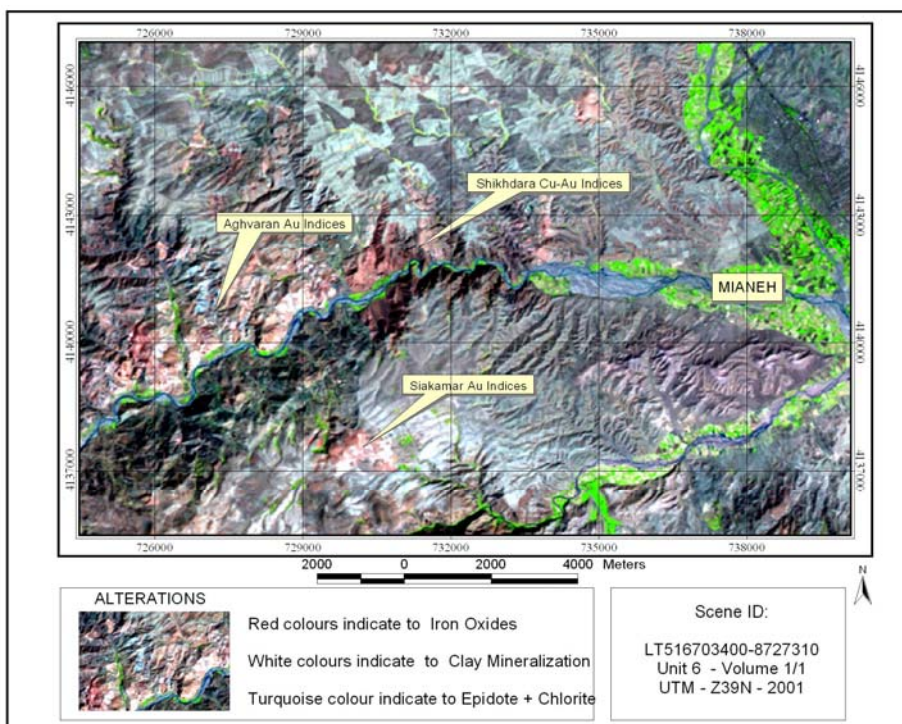
در عمل پس از حفر ترانشه و نمونه برداری از رگه های کوارتز پیریتی واقع در عمق های ۲، ۵، ۷ و ۱۰ متر، نمونه های میکروسکوپی (۴۰ مقطع نازک و صیقلی) به منظور مطالعات پتروگرافی-مینرالوگرافی تهیه گردیده و بطور هم زمان سنجش کمی طلا و آنالیز دستگاهی ۱۵ نمونه به روش های جذب اتمی و Xray توسط موسسه تحقیقاتی Rafter (نیوزیلند) انجام شده است.

(طلا، نقره، سرب، روی و مس) در واحدها و مراحل مختلف دگرسانی است. از این رو، پیدایش اشکال مختلف سیلیس شامل انواع کلسدون، اپال، آگات، آمیتیست، کوارتز کلوفرمی، کوارتز نواری، کوارتز دانه شکر و بلورین به همراه تغییر عیار فلزات در مناطق دگرسانی، نقش مهمی در پی جوئی ذخایر اپی ترمال کوئینزلند داشته است (Morrison *et al.*, 2002).

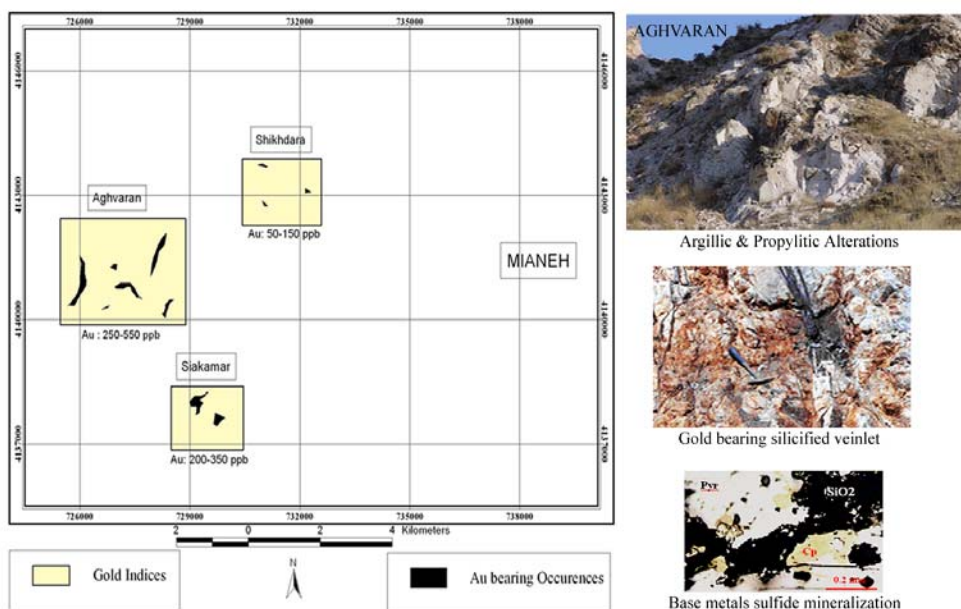
در این تحقیق، ضمن بررسی خصوصیات بافتی سامانه های اپی ترمال و مقایسه آن با آثار معدنی ناحیه مورد مطالعه، شواهدی از ظهور بافت کلوفرمی در رگه های کوارتز پیریتی آقورن بدست آمده که به طور محسوس با افزایش نسبی عیار طلا (بیش از ۳۰۰ میلیگرم در تن) همراه است. بدین ترتیب با استناد بر روند تحولات بافتی رگه مینرالزه



شکل ۱: رخنمون های ماگمائی، پدیده های ساختمانی و آثار معدنی طلا در چهارگوشه میانه (آذربایجان شرقی) تنوع سنگ های آتشفشانی به همراه فعالیت های زمین ساختی منسوب به سنوزوئیک موجب پیدایش هاله های دگرسانی با منشأ ماگمائی-گرمابی (هیدروترمال) گردیده و رخنمون های مینرالیزه متشکل از ترکیبات فلزی پایه و گران بها مشاهده می گردد (مرجع: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سریال: NJ3812)



شکل ۲: تفکیک مناطق دگرسانی در چهارگوشه ۱/۵۰۰۰۰ میانه بر اساس تصویر پردازش شده ماهواره لندست ۷، سنجنده ETM انواع دگرسانی (منسوب به فعالیت ماگمایی سنوزوئیک، توسط رنگ های سفید (آرژیلیک)، قرمز (اکسید آهن) و فیروزه ای (پروپیلیتیک) و با استفاده از الگوریتم تحلیل مولفه های اصلی شناسائی شده اند. همچنین به منظور بهینه سازی کیفیت تصویر و تفکیک مرز لایه های زمین شناسی از واحد های دگرسانی، فیلتر بالا گذر IHS تحت سامانه نرم افزاری ENVI اعمال گردیده است.



شکل ۳ - موقعیت مکانی و تعدد رخنمون های مینرالیزه در اندیس های طلا دار چهارگوشه میانه نواحی امید بخش نظیر آنچه که در اندیس طلای آقورن مشاهده می شود، شامل مناطق وسیع دگرسانی (آرژیلیک- پروپیلیتیک) به همراه رگه ها و رگچه های سیلیسی با رخساره غالب کوارتز پیریت و کوارتز سریستی است که بر اساس شواهد میکروسکوپی و آنالیزهای دستگاهی، دارای ترکیبات فلزی پایه و مقادیر جزئی طلا هستند

## زمین شناسی عمومی ناحیه مورد مطالعه

چهارگوشه میانه با مختصات ۷۴۰۰۰-۷۲۴۵۰۰ شرقی و ۴۱۴۶۸۰۰-۴۱۳۵۷۰۰ شمالی (شکل ۱)، شامل رخنمون های آذرین با ترکیب بازیک، حد واسط تا اسیدی بوده که بر اساس مطالعات لسکویه (Lescuyer 1978) با سری های ماگمایی آکالن در ارتباط می-باشند. حرکات کوه زائی سنوزوئیک میانی، موجب پیدایش ساختمان-های هورست و گرابنی شکل گردیده که در اغلب مقاطع با ماگماتیسم تاخیری منسوب به رخساره های قاره ای پالئوژن همراه است (Lescuyer 1978). فعالیت های تکتونوماگمایی این دوره، موجب تفریق گسترده رخساره های ماگمایی از قطب ریولیت تا پیدایش سنگ های تراکی آندزیت و گدازه های بازالتی گردیده و در آغاز نئوژن، رخساره غالب، شامل توده های نفوذی با ترکیب گابرو، گرانیت و گرانیتوئید است.

نظم ساختمانی خاصی در واحدهای ماگمایی منطقه مشاهده می گردد بطوریکه اکثر سازندهای پیروکلاستیکی و مخروط های آتشفشانی با ترکیب ریولیت - ریوداسیتی در امتداد گسل های شمال غربی- جنوب شرقی (روند آناتولی) یا ساختمان قرینه آن قرار گرفته اند (شکل ۱). مناطق دگرسانی با الگوی زمین ساختی منطقه ارتباط نزدیک داشته و بطور مشخص در زون خرد شده ناشی از برخورد صفحات گسلی مشاهده می گردند (شکل ۲). رژیم تافروژنیک منطقه، به عنوان الگوی ساختمانی متأثر از حرکات کششی (Extensional) سنوزوئیک، عامل پیدایش فعالیت های ماگمایی- گرمایی (Hydrothermal) در واحدهای آتشفشانی و توده های نفوذی منطقه بوده و تعامل پدیده های زمین شناسی با عوامل زمین ساختی، چشم انداز مناسبی را برای پی جوئی ذخایر طلا با منشاء اپی ترمال بوجود آورده است.

## سابقه اکتشاف طلا در نواحی امید بخش میانه

خاستگاه مناطق مینرالیزه در غرب شهرستان میانه، در ارتباط با واحدهای ماگمایی پالئوژن و پدیده های دگرسانی بعد از آن بوده و استنتاج الگوی زایشی طلا (به ویژه در اندیس های آقورن و سیه کمر)، مبتنی بر مطالعه میانبارهای سیال و ژئوترمومتری ایزوتوپ اکسیژن است؛ که پس از درج ملاحظات کانه شناختی، سازوکار پیدایش واحدهای مینرالیزه با استفاده از توابع عضویت فازی (Fuzzy Memberships) و در ارتباط با حضور رخساره آدولاریائی (در محیط اپی ترمال) تعیین شده است (مهرنیا ۱۳۸۳).

بنابراین پیدایش رگه های سیلیسی در هاله محاطی پروپیلیتیک و آرژیلیک، مهمترین رویداد پسا ماگمایی در اندیس های طلا دار چهار گوشه میانه است که اغلب آنها با سنگهای ریوداسیتی (آقورن و سیه کمر) و تراکی آندزیتی (شیخ دره) جوانتر از ائوسن مشاهده می گردند.

بافت موجود در رگه های سیلیسی چهارگوشه میانه شامل پیدایش انواع شیشه (بصورت پرکننده فضای خالی رگه)، تجمع ریز بلورهای کوارتز کلسدونی با درجه تبلور ضعیف (میکروکریستالین) و پیدایش کوارتز بلورین با بافت قلوه ای شکل (کلوفرم) است که معمولا در امتداد ریز شکستگی ها و بصورت پرکننده فضای خالی یا جانیشینی در رگه مشاهده گردیده و مقدار طلای آن با توجه به افزایش نسبی کانه های سولفیدی آهن، مس و سرب افزایش یافته است (مهرنیا ۱۳۸۳). از این رو عیار طلای موجود در رگه های مورد مطالعه به ویژه در رخنمون های مینرالیزه آقورن و سیه کمر (شکل ۳) با درجه تبلور سیلیس آنها ارتباط مستقیم دارد؛ به طوری که در انواع کلسدونی (با بافت غالب شیشه) کمتر از ۱۰۰ میلیگرم در تن و در کوارتز ریزبلور بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیگرم در تن و در رگه کوارتز کلوفرمی بیش از ۳۰۰ میلیگرم در تن است (مهرنیا ۱۳۸۳).

تحلیل میانبارهای سیال اولیه و بررسی رفتار ایزوتوپ اکسیژن در نمونه های بدست آمده از رگه سیلیسی آقورن، موید شرایط محیطی حاکم بر سامانه اپی ترمال با همبودی از کانی های پیریت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت و گالن است (مهرنیا ۱۳۸۳). همچنین نتیجه مطالعات به عمل آمده با میکروسکوپ الکترونی (دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۱)، بیانگر ارتباط زایشی طلا با ترکیبات سولفیدی (پیریت) و سولفوآرسنیدی (آرسنوپیریت) آهن می باشد که در زمینه ای از کانی-های سیلیس (بویژه کوارتز آلفا)، رس و کربنات کلسیم قرار گرفته اند. عیار متوسط طلا در رگه های بارور ۵۰۰ میلی گرم در تن بوده و اغلب در مجاورت سنگ های ریوداسیتی با توف های پیروکلاستیکی ائوسن قرار دارند. واحدهای سیلیسی- مینرالیزه (با بافت شیشه ای، نیمه متبلور یا تمام بلورین) توسط هاله ای از دگرسانی آرژیلیک (نوع متوسط) و پروپیلیتیک (با کلسیت فراوان) احاطه گردیده و امتداد ساختمانی آنها به موازات گسل های شمالشرقی- جنوبغربی و ندرتا موازی با گسل های شرقی - غربی است.

## معرفی الگوی ناحیه بندی بافتی در ذخایر اپی ترمال کوئینزلند

نتایج بدست آمده از تحقیقات موریسون (۲۰۰۲) در قالب پروژه اکتشافی سامانه های اپی ترمال کوئینزلند (Amira Projects 2001)، بیانگر ارتباط زایشی طلا با تغییرات بافتی کوارتز است که به موجب آن رده بندی خاصی با هدف ارزیابی تحولات بافتی در مناطق امیدبخش معدنی (رگه طلا دار) پیشنهاد شده است (Morrison et al. 2002). در جدول ۱، ناحیه بندی بافتی ذخایر کوئینزلند با اولویت تحولات بافتی سیلیس در دو نوع اولیه و ثانویه برحسب تغییرات عیار فلزات پایه و گران بها درج گردیده است. چنانچه مشاهده می گردد، در یک ناحیه بندی مناسب با روند غنی شدگی موثر، حضور کوارتز کلوفرمی به همراه کانی آدولاریا (با بافت خزه ای)، برای شکل گیری ذخیره

معمولا نوسان عیار طلا در رگه کلسدونی (رخنمون ذخیره)، بین ۱۰۰ تا ۳۵۰ میلیگرم در تن است که با مشاهده این تغییرات، احتمال دستیابی به مناطق پر عیار عمقی افزایش می یابد. بنابراین چنانچه در الگوی ناحیه بندی بافتی یک سامانه، فرآیند شکل گیری رگه ها با پیدایش کلسدون آغاز و با تبلور کوارتز کلوفرمی در رخساره سربسیت آدولاریائی ادامه یابد، احتمال غنی شدگی اولیه (هیپوژنیک) فلزات گرانبها بویژه در مجاورت سولفوآرسنیدهای آهن افزایش می یابد (Morrison et al. 2002).

احتمالی طلا در امتداد محور طولی سامانه اپی ترمال ضروری است (Guoyi 2001). وفور کلسدونی در سطح فرسایش رخنمون های مینرالیزه، نشانه خوبی است که با فرض منظم بودن توالی های بافتی، احتمال تبلور کوارتز کلوفرمی بعنوان بافت درونگیر طلا (منطبق بر عمق جوشش سیال کانه دار) افزایش یافته و با ادامه تحولات بافتی (پائین تر از ناحیه جوشش سیال)، شاهد پیدایش کوارتز دانه شکری با بافت شانه ای خواهیم بود که در مطالعات موردی کوئینزلند، با کاهش عیار طلا و تمرکز قابل توجه فلزات پایه (مس و روی) همراه بوده است (Guoyi 2001).

جدول ۱- الگوی ناحیه بندی بافتی سیلیس در ذخایر طلای اپی ترمال (نقل از موریسون، ۲۰۰۲) الگوی ناحیه بندی منجر به غنی شدگی اولیه طلا با پیدایش رخساره کوارتز کلوفرمی و ظهور کانی آدولاریا با بافت خزه ای همراه بوده و منطبق بر مکان تجمع ترکیبات سولفیدی در ناحیه جوشش سیال کانه دار است.

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

غلظت  $A(SiO_2)$  و شاخص نمائی  $\beta$  می باشد که با تبدیل لگاریتمی کمیت ها در رابطه ۲، الگوی خطی  $Area-Concentration (A-C)$  مطابق شکل ۴ حاصل می گردد (مهرنیا ۱۳۸۶).

$$A(SiO_2) \propto C(SiO_2)^{-\beta} \quad (1)$$

$$\text{Log}A(SiO_2) = \beta \text{Log}C(SiO_2) \quad (2)$$

در این شکل، رابطه بین غلظت و سطح محصور متناسب با تغییرات غلظت از نوع نمائی بوده و در مختصات لگاریتمی به معادله خط با ضریب زاویه  $\beta$  تبدیل می شود. مولفه های خود تشابه (Self similar) نقاط هم استقامتی هستند که پس از ظهور کمیت های حدی (عطف تابع)، موجب افزایش یا کاهش ضریب  $\beta$  شده و خاصیت خودتمایلی (Self affine)، باعث تفیک جوامع فرکتال به زیرگروه های زمینه ای، آستانه ای و بی هنجاری می گردد.

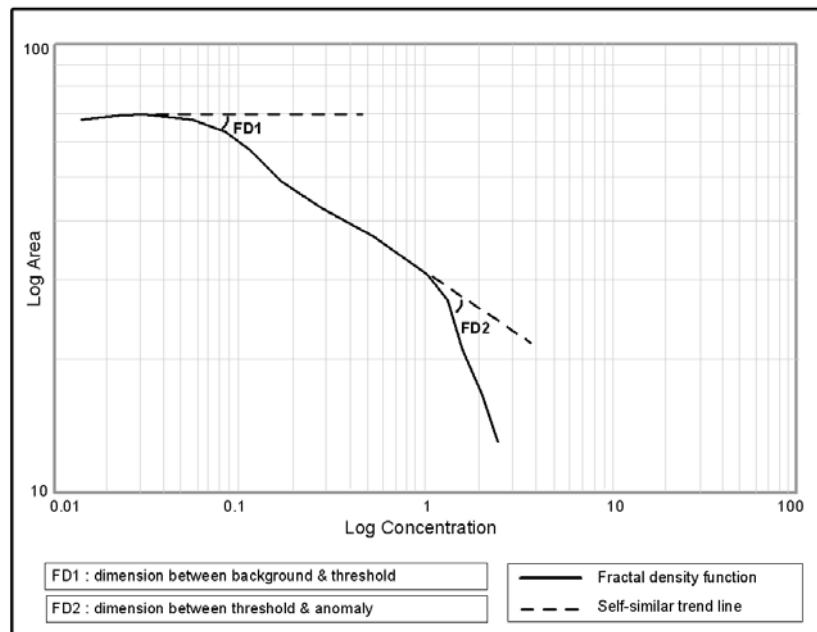
#### روش مطالعه

روش عملی تحقیق، با تشکیل پایگاه اطلاعات مکانی در سامانه نرم افزاری ArcGIS آغاز گردیده و با درج سوابق اکتشافی طلا جهت پیش داوروی و نمونه برداری سیستماتیک از مناطق امید بخش (شکل ۳) ادامه یافته است.

#### توزیع غیرخطی سیلیس در سامانه اپی ترمال

پیدایش سیلیس (متبلور یا بی شکل) در واحدهای سطحی تا نیمه عمیق یک سامانه اپی ترمال، ناشی از شستشوی اسیدی محلول های گرمایی و اشباع شدن تاخیری سیالات مهاجر از ترکیبات حاوی سیلیس با فرمول عمومی  $SiO_2$  می باشد؛ که به دلیل تغییر مولفه های ترمودینامیکی (فشار و حرارت)، امکان پیدایش اشکال مختلف سیلیس در امتداد ساختمان های گسلی (رگه ها) فراهم می گردد.

در اغلب موارد، بین توزیع ژئوشیمیائی سیلیس و تحولات بافتی رگه های مینرالیزه همبستگی معنی داری مشاهده نمی گردد. اما با استفاده از خواص توزیع پذیری ذاتی (Initial Condition) و جایگزینی معادله خط رگرسیون توسط توابع غیر خطی، امکان محاسبه ضرایب همبستگی و تحلیل توزیع پذیری غیر خطی سیلیس توسط روابط نسبی - نمائی (Power law relationships) فراهم شده و متعاقبا ناحیه بندی بافتی رگه مینرالیزه توسط معادله خط فرکتال ارزیابی می گردد (مهرنیا ۱۳۸۶). بنابراین سنجش کمی سیلیس در هاله دگرسانی ذخایر اپی ترمال، رهیافت نوینی است که بطور غیرمستقیم امکان ارزیابی مناطق مینرالیزه و تحولات بافتی آن را بر اساس تغییرات بعد فرکتال فراهم می نماید. مطابق رابطه ۱، توزیع نسبی - نمائی سیلیس، دارای سه مولفه غلظت  $C(SiO_2)$ ، سطح محصور متناسب با تغییرات



شکل ۴: رسم تابع فرکتال در الگوی لگاریتمی Area - Concentration (نقل از مندلبروت، ۲۰۰۲) در این الگو: توزیع کمیت مورد نظر (Concentration) دارای رابطه نمائی با سطوح درون یابی شده از همان توزیع (Area) بوده و در مختصات لگاریتمی به صورت توابع چند فرکتالی مشاهده می گردد. مقادیر FD1 و FD2 به ترتیب دیمانسیون فرکتال بین جوامع زمینه - آستانه ای و آستانه - بی هنجاری هستند که به دلیل برخورداری از خواص خود تشابهی نقاط هم استقامت (Self similar)، قابلیت تفکیک پذیری تابع چگالی (Density Function) را فراهم می نمایند.

احتمال توزیع پذیری سیلیس توسط معادله لگاریتمی A-C (رابطه ۲) بررسی گردیده، که پس از تفکیک اجزاء متناظر، خاصیت خود تشابهی هر جامعه با استفاده از تحلیلگر مکانی SA بازبینی و مطابق شکل ۶ ارائه شده است. بر روی شکل های ۵ و ۶، علاوه بر الگوی پراکندگی سیلیس، تغییرات عیار طلا بعنوان مولفه توپولوژیکی (Topological parameter) متأثر از مکان هندسی گرادیان های ژئوشیمیائی (Geochemical gradients)، درج گردیده است. در مقام مقایسه، همبستگی مکانی طلا با روند توزیع پذیری سیلیس، پس از درج ملاحظات فرکتال بهبود یافته که این امر بازگو کننده تحولات ژئوشیمیائی متناسب با رفتار محیط های آشوبناک (Chaotic environments) در فاز تاخیری ماگماتیسم سنوزوئیک می باشد. به بیان دیگر، شکل ۵ بازگو کننده نحوه توزیع خطی جزء سیلیکا به عنوان مولفه ژئوشیمیائی مرتبط با دگرسانی سیلیس (شامل کلسدونی، کوارتز کلسدونی و کوارتز بلورین با بافت قلوه ای شکل) بوده و سازوکار تفکیک مکانی رگه ها مستقل از تحولات بافتی آنها و تنها تابعی از تغییرات سیلیس موجود در نمونه ها می باشد. لذا به منظور بررسی تحولات بافتی سیلیس و تفکیک آن بر روی نقشه های

نتایج سنجش کمی نمونه ها (Xray و جذب اتمی) با هدف تعیین محتوای سیلیس و بررسی تغییرات عیار فلزات پایه و گران بها (طلا، مس، آهن، سرب و روی) طبق مندرجات جدول ۲ می باشد. در این جدول، موقعیت نمونه های به دست آمده از اندیس های آقورن، سیه کمر و شیخ دره در قالب محتصات متریک (utm) لحاظ گردیده است. با توجه به روند تغییرات عیار طلا و ارتباط آن با پیدایش توده های آذرین اسیدی تا حد واسط ( $SiO_2 > 66\%$ )، از شاخص توزیع پذیری سیلیس به عنوان ملاکی برای تشخیص مکان هندسی رگه های مینرالیزه (کوارتز پیریتی حاوی طلا) استفاده گردیده و ضمن بهره گیری از اصول زمین ریاضی (Geomatical methods) الگوی اکتشافی مورد نظر استنتاج شده است.

از آنجا که دستیابی به تابع توزیع سیلیس نیازمند اعمال روش های درون یابی به منظور ایجاد همبستگی مکانی بین سلول-های شبکه نمونه برداری است؛ لذا با بهره گیری از الگوریتم آماری موجود در ابزار تحلیلگر مکانی (Spatial Analyst)، توزیع ناپیوسته سیلیس، توسط سطوح درون یابی شده (Interpolated Surfaces) جایگزین گردیده و تغییرات ژئوشیمیائی آن (با برد تصادفی پیوسته) مطابق شکل ۵، ترسیم شده است؛ در ادامه،

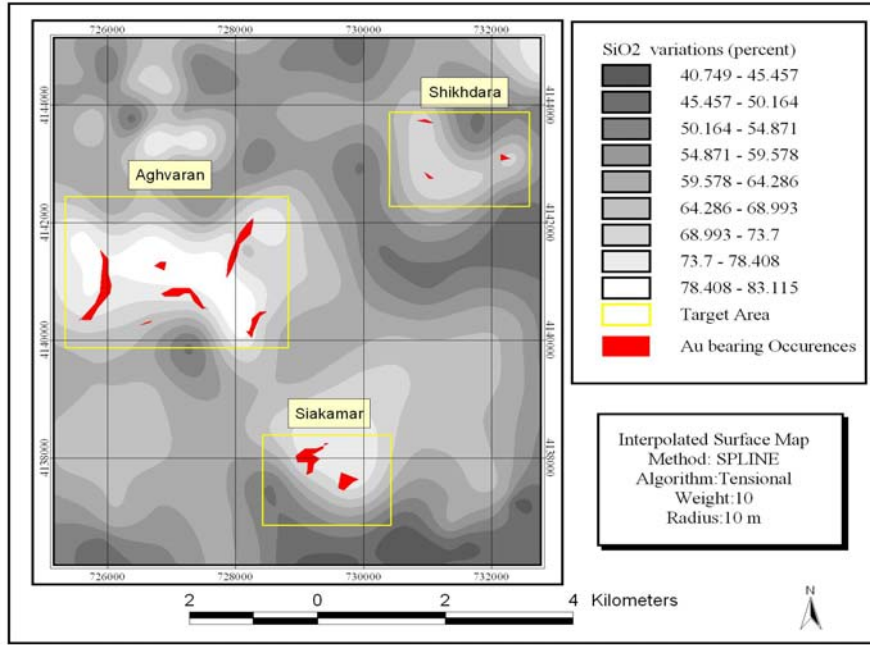
میکروسکوپی (مقاطع نازک و صیقلی) مطالعه و اهم نتایج آن در جدول ۲ درج گردیده است. اغلب نمونه ها، دارای زمینه شیشه ای تا ریز بلور بوده و حاوی کانی های سیلیس و کربنات می باشند. سه نوع تغییر بافت شامل گونه های کوارتز کلسدونی، کوارتز کلوفرمی و کوارتز سوزنی متداول است. همبستگی طلا با رگه های پیریتی آقورن معنی دار بوده و ظهور بافت کلوفرمی در نمونه های بدست آمده از ترانشه های اکتشافی این منطقه (عمق تقریبی ۵ متر با عیار متوسط ۵۰۰ میلیگرم در تن) قابل توجه می باشد.

موضوعی، از معادله A-C برای دستیابی به الگوی توزیع غیرخطی سیلیس استفاده گردیده که طی آن، تغییرات سیلیس در قالب روابط نمائی بازبینی و نتایج آن پس از درون یابی با روش های زمین آماری (نظیر کریجینگ) مطابق شکل ۶ ارائه شده است. بی هنجاری های حاصل از توزیع فرکتالی سیلیس، بیانگر تحولات بافتی رگه ها و ارتباط مکانی این پدیده با افزایش عیار طلا در رخساره کوارتز کلوفرمی است که در مقایسه با روش های خطی، نقشه پیش داوری مناسبی را برای پی جوئی مناطق امید بخش در عمق واحدهای دگرسانی پیش رو نهاده است. همزمان با سنجش مکانی مولفه های ژئوشیمیائی، تحولات بافتی نمونه ها توسط روش های

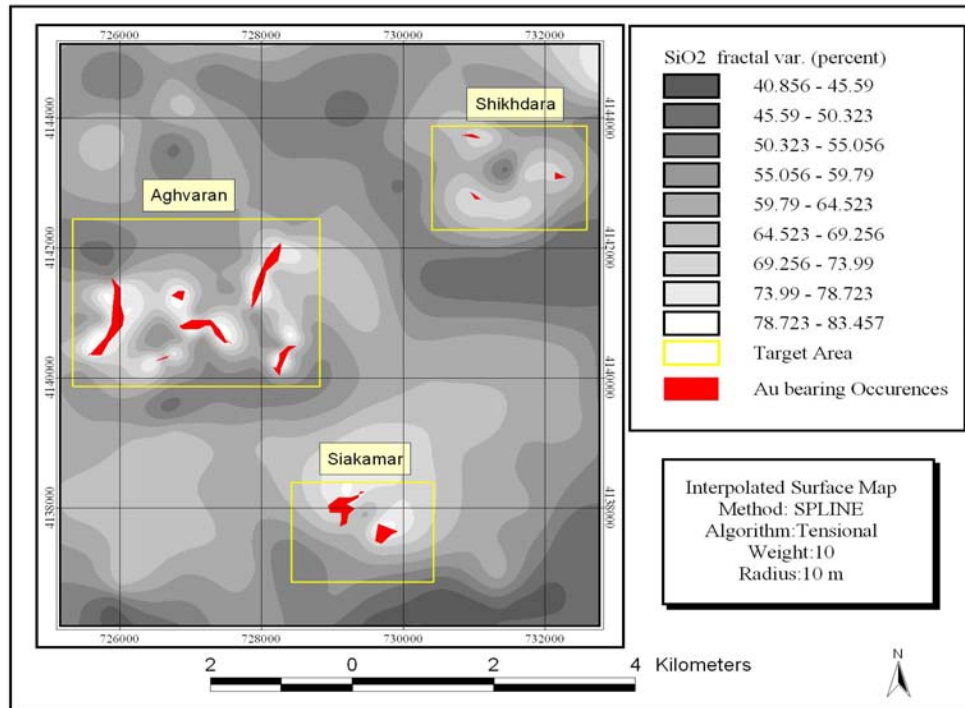
جدول ۲: نتایج سنجش کمی فلزات پایه و گرانبها به همراه روند تحولات بافتی و دگرسانی در نمونه های بدست آمده از مناطق مینرالیزه واقع در چهارگوشه ۱/۵۰۰۰۰ میانه (مرجع آنالیزهای دستگاهی: موسسه تحقیقاتی Rafter، نیوزیلند)

منطقه	کد نمونه	مشخصات نمونه		سنجش کمی عناصر				مشخصات رگه میزان						
		مختصات (UTM)		Au	Cu	Pb	Zn	نوع دگرسانی				تغییرات بافتی		
		Eastng	Northng	(ppb)	(ppm)		سیلیس	کربنات	سرسین	رگ	شیشه	نیمه بلور	تمام بلور	
شیخ دره	۰۵-۸۶	۷۲۱۵۴۵	۴۱۴۲۵۲۱	۱۰۰	۹۳۵	۱۰۶	۴۲	□		□		□		
	۰۹-۸۶	۷۲۱۵۶۷	۴۱۴۲۵۰۶	۱۵۰	۷۴۳	۲۳	۴۳		□	□		□		
	۰۱۱-۸۶	۷۲۱۵۶۹	۴۱۴۲۵۳۴	۱۰۰	۱۰۳۰	۱۴۰	۷۸		□			□		
	۰۱۲-۸۶	۷۲۱۵۷۱	۴۱۴۲۵۳۰	۱۵۰	۹۴۰	۱۶۱	۱۷	□	□			□		
	۰۱۶-۸۶	۷۲۱۵۹۶	۴۱۴۲۵۲۲	۱۵۰	۴۳۹	۸۱۷	۷۱	□	□	□		□		
سیاکمر	۰۳-۸۶	۷۳۰۴۷۸	۴۱۳۸۱۱۹	۲۵۰	۸۲	۲۱	۸۰	□				□	□	□
	۰۱۲-۸۶	۷۳۰۵۲۱	۴۱۳۸۱۱۲	۳۰۰	۲۳	۱۰۱	۱۶	□	□					
	۰۱۹-۸۷	۷۳۰۵۳۳	۴۱۳۸۲۱۹	۲۵۰	۱۲۴	۳۰	۱۴۱		□	□		□		□
	۰۲۲-۸۷	۷۳۰۵۲۴	۴۱۳۸۲۴۱	۵۰۰	۵۶۷	۴۸۴	۹۳۴					□	□	□
	۰۴۰-۸۷	۷۳۰۴۵۳	۴۱۳۸۰۸۸	۱۵۰	۹۸	۲۷۹	۳	□		□				□
آقورن	۰۴۷-۸۷	۷۳۰۴۶۶	۴۱۳۸۱۰۰	۳۵۰	۷۷۲	۴۰	۲۷	□		□				□
	۰۱۳-۸۶	۷۲۷۴۸۸	۴۱۴۱۱۱۳	۳۸۵	۶۳۵	۱۰۶	۴۲	□		□				□
	۰۱۵-۸۶	۷۲۷۴۸۶	۴۱۴۱۰۲۴	۴۰۰	۷۴۳	۲۳	۴۳		□	□			□	
	۰۱۹-۸۶	۷۲۷۵۰۰	۴۱۴۱۰۶۳	۳۲۰	۱۶۱	۱۴۰	۷۸	□		□			□	
	۰۲۰-۸۶	۷۲۷۵۰۸	۴۱۴۱۰۴۶	۵۰۰	۳۱۵	۱۶۱	۱۷	□	□	□			□	
	۰۳۴-۸۷	۷۲۷۵۵۵	۴۱۴۱۰۰۰	۵۰۰	۴۳۹	۸۱۷	۷۱	□	□					□
	۰۳۵-۸۷	۷۲۷۵۵۷	۴۱۴۱۰۱۱	۵۵۰	۸۲	۲۱	۸۰	□						□
	۰۳۸-۸۷	۷۲۷۵۷۹	۴۱۴۱۰۳۳	۶۵۰	۲۳	۱۰۱	۱۶	□		□				□
	۰۳۹-۸۷	۷۲۷۵۸۸	۴۱۴۱۰۳۱	۴۷۰	۱۲۴	۳۰	۱۴۱	□						□
۰۴۳-۸۷	۷۲۷۵۹۱	۴۱۴۱۰۴۸	۶۱۰	۵۶۷	۴۸۴	۹۳۴	□						□	





شکل ۵: رابطه توزیع ژئوشیمیائی سیلیس با تنوع هاله های دگرسانی در مناطق امید بخش میانه گرادیان سطوح درون یابی شده (به روش کریجینگ) منطبق بر مکان هندسی رگه های سیلیسی با عبار طلای بیش از ۱۰۰ میلیگرم در تن است. تابع توزیع سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) از نوع خطی - پیوسته بوده و تفکیک جوامع بی هنجاری مبتنی بر تغییر شاخص های آماری ( میانگین و انحراف معیار) صورت گرفته است



شکل ۶ - رابطه توزیع غیرخطی سیلیس با موقعیت رگه های مینرالیزه در اندیس های طلا دار چهار گوشه میانه درج ملاحظات فرکتال در تابع توزیع سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) ، امکان تفکیک واحدهای دگرسانی را بر حسب شاخص تغییرات خود تشابهی سیلیس در رگه های کوارتز پیریتی آقورن و سیه کمر و نیز رخساره کوارتز سریسیتی شیخ دره فراهم نموده است. در مقایسه با توزیع خطی سیلیس (شکل ۵) ، روش فرکتال نتایج مطلوب تری را برای دستیابی به مناطق مینرالیزه و مشاهده تحولات بافتی آن ها پیش رو نهاده است.



بندی بافتی ذخایر اپی ترمال افزایش می یابد ( Morrison *et al* 2002).

### ملاحظات فرکتال در توزیع سیلیس

شکل ۱۳، بیانگر توزیع نمائی سیلیس در معادله A-C (رابطه ۲) بوده و بطور جداگانه برای آثار معدنی آقورن (۱۳- الف)، سیه کمر (۱۳- ب) و شیخ دره (۱۳- ج) محاسبه گردیده است. مطابق شکل، تفکیک جوامع بی هنجاری (Anomaly) از حدود آستانه (Threshold) و مقادیر زمینه ای (Background)، مبتنی بر تغییرات بعد فرکتال (Fractal Dimensions) و متناسب با ضرایب خط معادله مذکور در مقیاس لگاریتمی است (Mandelbrot 2005). در جدول ۳، افزایش بعد فرکتالی سیلیس، منطبق بر توزیع مکانی رگه های کوارتز پیریتی با عیار طلای ۲۰۰ تا ۴۵۰ میلیگرم در تن بوده و با ظهور مولفه های خود تشابه، تغییرات بافتی موثر بر روند افزایشی طلا مشاهده می گردد (پیدایش کوارتز کلوفرمی در شکل ۷). در مقام مقایسه، ناحیه بندی بافتی رگه ها در مناطق امید بخش آقورن و سیه کمر از وضعیت مطلوبی برخوردار است. بنابراین توزیع ژئوشیمیائی سیلیس در این مناطق، با تغییرات بعد فرکتال به عنوان مولفه نمائی متناسب با پراکنش های غیرخطی همراه بوده و نقاط عطف تابع چگالی (Density Function)، منطبق بر مکان هندسی کمیت های خودتمایل خواهد بود. به بیان دیگر، کثرت اجزاء متناظر در هر یک از جوامع بی هنجاری، موید برقراری شرایط مناسب برای پایداری نوع مشخصی از گونه های بافتی است (Turcotte 1997) که با ظهور مولفه های نامتجانس (تغییر شیب خط توسط اجزاء خودتمایل)، احتمال بروز تغییرات بافتی در الگوی ناحیه بندی مترتب بر ذخایر طلای رگه ای افزایش می یابد.

از آنجا که پایداری یک سامانه اپی ترمال، مرهون برقراری تعادل شیمیائی و ترمودینامیکی بین سیال کانه دار و محیط مهاجرت آن می باشد (Hedenquist 1995)، لذا در مراحل نهائی تفریق های ماگمایی- گرمایی، بررسی تحولات بافتی سیلیس به عنوان معیار ژئوشیمیائی موثر بر رفتار کمپلکس های فلزی (پایداری- عدم پایداری)، حائز اهمیت بوده و تشخیص الگوی تغییرات بافتی با استفاده از تحلیل های ژئوفرکتالی (Geofractal Analysis)، احتمال دستیابی به ذخایر طلا را در رگه های کوارتز پیریتی آقورن و سیه کمر افزایش می دهد.

در خصوص اندیس شیخ دره، بدلیل تغییر فرآیند دگرسانی، تحول شرایط میزبانی (تراکی آندزیت و آندزیت)، افزایش کانی های کربناتی و کاهش محتوای سیلیس در رگه های مینرالیزه، الگوی ناحیه بندی،

### تغییرات بافتی در واحدهای سیلیسی مینرالیزه

بررسی تحولات بافتی سیلیس و ارتباط مکانی آن با افزایش عیار طلا در رگه های کوارتز پیریتی آقورن، سیه کمر و شیخ دره با استفاده از روش های میکروسکوپی (مینرالوگرافی و پتروگرافی) و تحت دو سامانه نور عبوری و انعکاسی مطابق شکل های ۷ تا ۱۲ به عمل آمده است.

در شکل های ۷ و ۸، تغییرات بافتی رگه سیلیسی حاوی پیریت به عنوان واحد مینرالیزه آقورن مشاهده می گردد. عیار طلا در بخش کلسدونی (شکل ۷)، کمتر از ۱۵۰ میلیگرم در تن بوده که با تبلور کوارتز و پیدایش بافت کلوفرم (شکل ۸) به بیش از ۴۰۰ میلیگرم در تن (۳ برابر عیار طلا در کلسدونی) افزایش یافته است. میزبان رگه مینرالیزه، واحد ریوداسیتی پالئوژن با رخنمون های سیلیسی- کربناتی در هاله ای از دگرسانی آرزلیک و پروپیلیتیک می باشد (Aleaster 2001).

شکل های ۹ و ۱۰، تغییرات بافتی رگه مینرالیزه را در ناحیه سیه کمر نشان داده اند. عیار طلا در رگچه حاوی کوارتز ریز دانه (شکل ۹)، حدود ۱۲۵ میلیگرم در تن است که با تبلور کوارتز شیری حاوی ادخال های پیریت و مارکاسیت (شکل ۱۰) به بیش از ۲۵۰ میلیگرم در تن (۲ برابر عیار طلا در بافت میکروکریستالین) افزایش یافته است. میزبان رگه مینرالیزه، واحد آتشفشانی پالئوژن با رخساره غالب ایگنمبریتی است که توسط هاله ای از دگرسانی سیلیسی- کربناتی و آرزلیک احاطه شده است (Mehrnia 2006).

در شکل های ۱۱ و ۱۲، تغییرات بافتی رگچه کوارتز سربستی به عنوان واحد مینرالیزه (مس- طلا دار) شاخص در جنوب شرقی اندیس شیخ دره ملاحظه می گردد. عیار طلا در سطح رگه (شکل ۱۱)، کمتر از ۵۰ میلیگرم در تن است اما با افزایش عمق و ظهور واحد کوارتز پیریتی (شکل ۱۲) به ۱۵۰ میلیگرم در تن (۳ برابر عیار طلا در کلسدونی) افزایش می یابد. میزبان رگه مینرالیزه، تراکی آندزیت های منسوب به اوایل نئوژن بوده و دگرسانی آن شامل انواع سربستیت و پروپیلیتیک به همراه رگچه های پراکنده از سیلیس آمورف است (Mehrnia 2006).

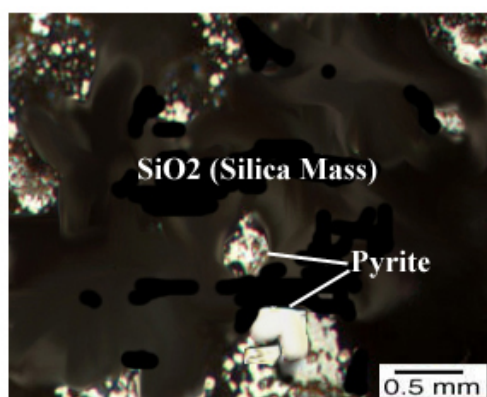
بر اساس ملاحظات فوق، نوسان عیار طلا، تابعی از الگوی ناحیه بندی بافتی در رگه های مینرالیزه غرب شهرستان میانه است. لذا با استناد بر روش مطالعه این تحقیق، از سنجش کمی سیلیس به عنوان شاخص ژئوشیمیائی متناسب با فرایند دگرسانی، برای دستیابی به موقعیت مکانی واحدهای مینرالیزه استفاده شده که با توجه به مطابقت توزیع سیلیس با توابع غیرخطی، احتمال پی جوئی طلا در مطابقت با الگوی ناحیه

احتمال شکل گیری رگه های کوارتز پیریتی (به عنوان میزبان طلا) را در ناحیه مورد نظر کاهش می دهد. لذا پراکنش جزئی سیلیس در سطح فرسایش کنونی و جوان بودن فعالیت های پس ماگمایی در گستره اکتشافی شیخ دره، موید حضور کانی سازی پراکنده با نقص منطقه بندی هیپوژنیک در واحدهای دگرسانی آن است.

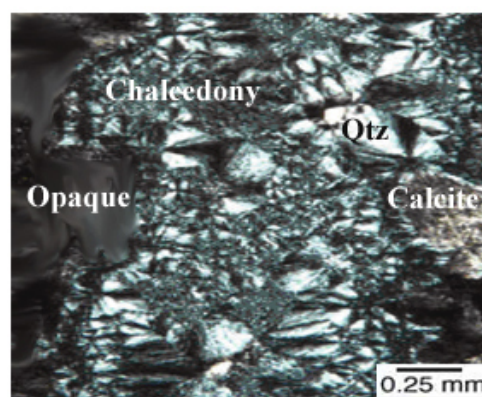
توسط تعداد محدودی از اجزاء خود تشابه (نقاط هم استقامت در شکل ۳ ج) شناسائی می گردد. بنابر این تابع چگالی سیلیس فاقد تغییرات شاخص در ابعاد فرکتالی است و این نقصان بطور مستقیم روی روند شکل گیری مولفه های متناظر (جدول ۳) موثر بوده است. ضعف الگوی ناحیه بندی بافتی در اندیس شیخ دره، ناشی از ساز و کارهای نامناسب در روند تحولات ماگمایی است؛ که در مجموع

جدول ۳: رابطه توزیع فرکتالی سیلیس با تغییر بافت - تغییر عبار طلا در نمونه های بدست آمده از اندیس های میانه افزایش مولفه های متشابه و نظم بوجود آمده در ابعاد فرکتالی سیلیس در دو وضعیت زوجی و تجمعی، با تغییرات عبار طلا نسبت مستقیم داشته و بیانگر ناحیه بندی بافتی مناسب در واحد های مینرالیزه سیه کمر و آقورن است

اندیس	نمونه	درصد سیلیس	تغییر بعد فرکتال			ملاحظات بافتی			طلا (ppb)
			کلی	جزئی	توزیع مولفه ها	کوارز	آدولار	کلسیت	
شیخ دره	۰۰۵-۸۶	۶۷.۲۱	۱.۳۱	۱.۰۱	منفرد - نا متشابه	کلسدونیک	مشاهده نگردید	پلورین - درشت	۱۰۰
	۰۰۹-۸۶	۶۷.۲۲		۱.۳۳					۱۵۰
	۰۱۱-۸۶	۶۹.۲۷		۱.۰۷					۱۰۰
	۰۱۲-۸۶	۷۰.۱۳		۲.۱۱					۱۵۰
	۰۱۶-۸۶	۶۸.۳۲		۱.۰۵					۱۵۰
سیه کمر	۰۰۲-۸۶	۶۷.۲۱	۱.۹۲	۱.۷۹	زوجی - متشابه	کلورم - نواری	مشاهده نگردید	پلورین - درشت	۲۵۰
	۰۱۲-۸۶	۷۴.۶۱		۱.۷۹					۳۰۰
	۰۱۹-۸۷	۶۹.۲۲		۲.۱۱					۳۵۰
	۰۲۲-۸۷	۷۴.۶۹		۲.۱۴					۵۰۰
	۰۴۰-۸۷	۷۴.۳۹		۱.۷۵					۱۵۰
	۰۴۷-۸۷	۷۶.۱۲		۱.۹۵					۳۵۰
آقورن	۰۱۳-۸۶	۶۹.۲۵	۱.۹۸	۲.۲۵	تجمعی - متشابه	کلورم	خره ای (کسیاب)	پلورین - متوسط	۲۸۵
	۰۱۵-۸۶	۸۱.۲۱		۲.۲۱					۴۰۰
	۰۱۹-۸۶	۷۷.۱۵		۱.۹۶					۳۲۰
	۰۲۰-۸۶	۷۳.۸۳		۱.۹۸					۵۰۰
	۰۳۴-۸۷	۷۷.۳۳		۱.۷۱					۵۰۰
	۰۳۵-۸۷	۷۲.۸۸		۱.۶۹					۵۵۰
	۰۳۸-۸۷	۷۸.۵۹		۱.۶۹					۶۵۰
	۰۳۹-۸۷	۷۷.۲۴		۲.۱۵					۴۷۰
	۰۴۳-۸۷	۸۱.۶۹		۲.۱۸					۶۱۰

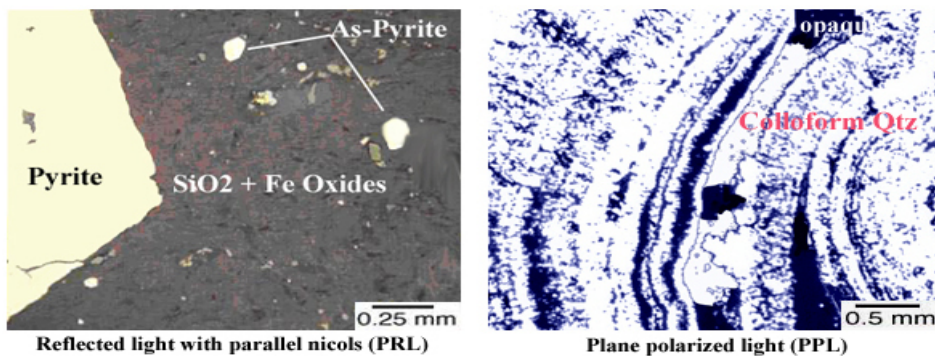


Reflected light with parallel nicols (PRL)

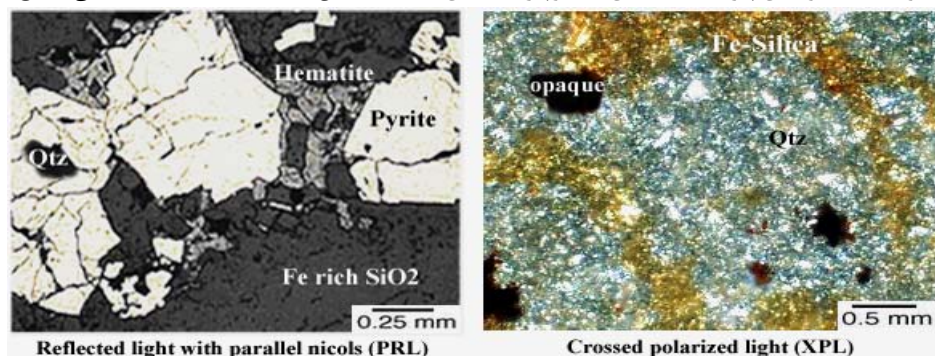


Crossed polarized light (XPL)

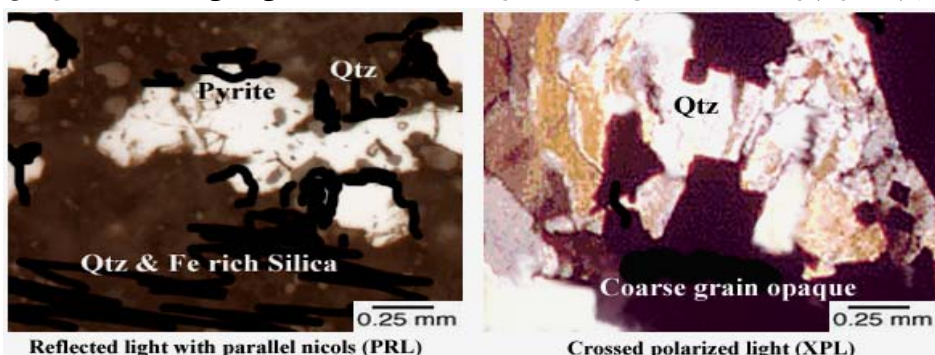
شکل ۷: مقطع میکروسکوپی نمونه مینرالیزه متعلق به اندیس آقورن راست: تبلور کوارتز و کلسیت ریز دانه در زمینه سیلیسی - کلسدونیک همراه با کانه های فلزی (اپک) چپ: پیدایش پیریت های ریز دانه حاوی طلا (عیار متوسط  $150^{ppb}$ ) در زمینه سیلیسی، شیشه ای با بافت متراکم



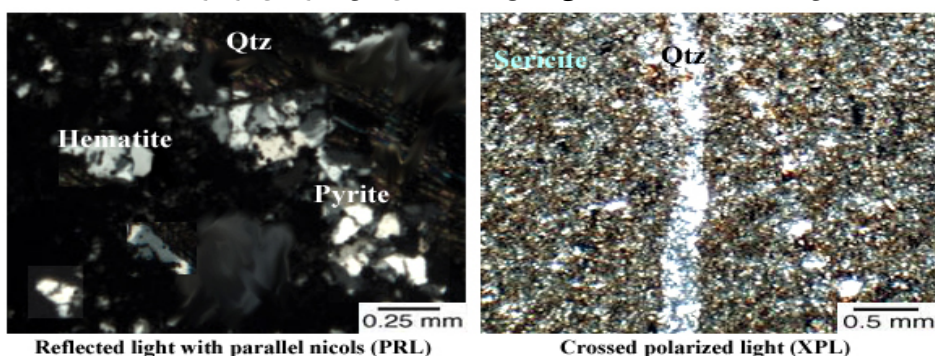
شکل ۸- مقطع میکروسکوپی نمونه مینرالیزه متعلق به اندیس آقورن راست: تبلور کوارتز با بافت قلوه ای شکل (کلوفر) با درز و شکاف های اشباع از کانه های فلزی (اپک) چپ: ظهور درشت بلورهای پیریت و دانه های آرسنوپیریت حاوی طلا (عیار بیش از ۴۰۰<sup>ppb</sup>) در زمینه سیلیسی اشباع از کوارتز



شکل ۹: مقطع میکروسکوپی نمونه مینرالیزه متعلق به اندیس سیه کمر راست: پیدایش رخساره کوارتز کلسدونیک با زمینه سرشار از سیلیس آمورف و اکسیدهای آهن (ژاسپر) چپ: همبود پیریت و هماتیت حاوی طلا (عیار کمتر از ۱۰۰<sup>ppb</sup>) در زمینه سیلیسی، رسی و هیدروکسیدهای آهن

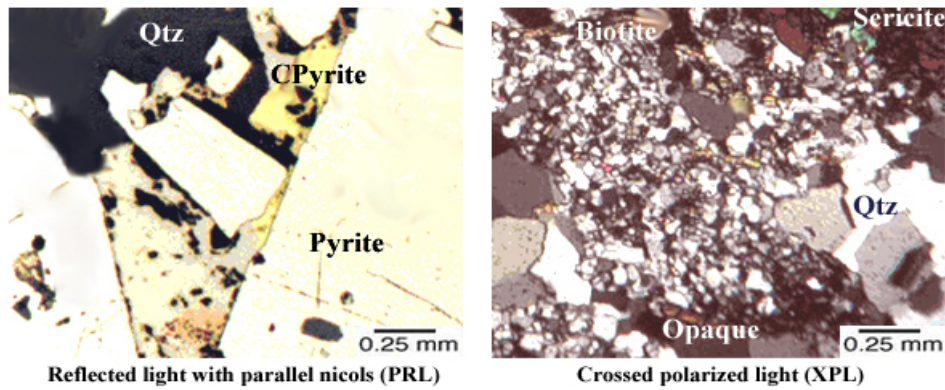


شکل ۱۰: مقطع میکروسکوپی نمونه مینرالیزه متعلق به اندیس سیه کمر راست: پیدایش فنوکریست کوارتز (باز تبلوری) در مجاورت کانه های فلزی (اپک) چپ: پیریت های حاوی طلا (عیار بیش از ۲۵۰<sup>ppb</sup>) در زمینه سیلیسی اشباع از اکسیدهای آهن و بلورهای کوارتز

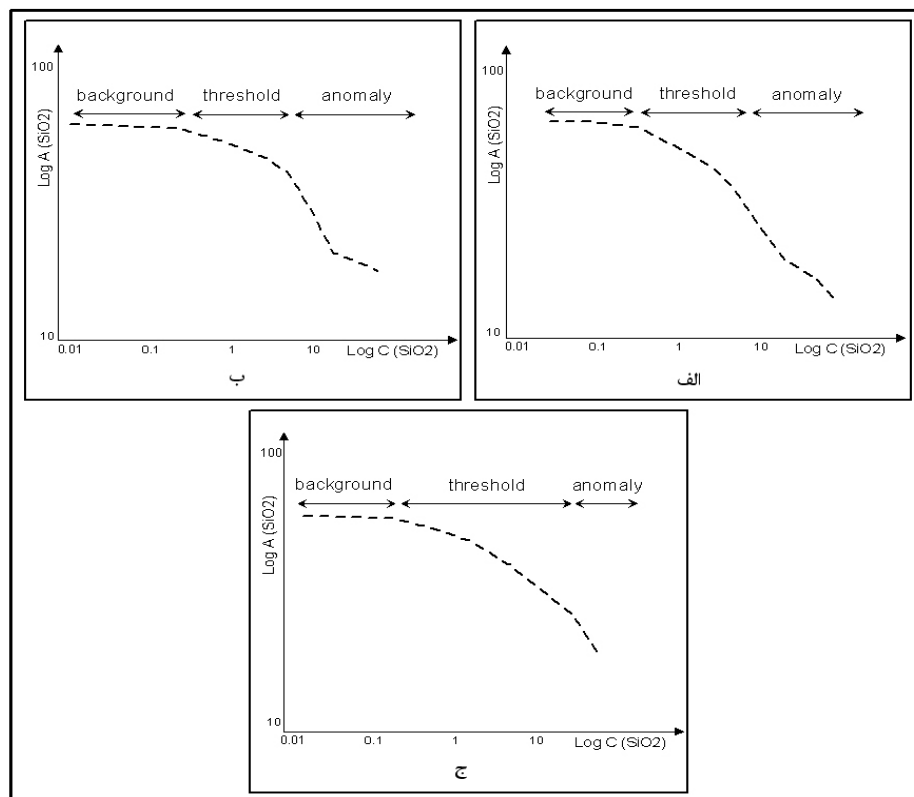


شکل ۱۱- مقطع میکروسکوپی نمونه سیلیسی- مینرالیزه متعلق به اندیس دره شیخ راست: رگه میکروسکوپی حاوی کوارتز در زمینه سربستی اشباع از سیلیس (نیمه متبلور) ، چپ: کانه زائی پیریت و هماتیت حاوی طلا (عیار کمتر از ۵۰<sup>ppb</sup>) در زمینه سیلیس با بافت نیمه متبلور





شکل ۱۲- مقطع میکروسکوپی نمونه سیلیسی- مینرالیزه با میزبان تراکی آندزیت در اندیس شیخ دره راست: رخساره کوارتز، سریسیت حاوی فنوکریست های بیوتیت در زمینه سرشار از سیلیس با بافت کریپتوکریستالین چپ: پیدایش همزمان پیریت و کالکوپیریت حاوی طلا (عیار کمتر از  $50^{ppb}$ ) در زمینه سریستی



شکل ۱۳- مقایسه توابع توزیع فرکتالی سیلیس (مبتنی بر معادله A-C) در مناطق امید بخش چهارگوشه میانه الف: تغییرات سیلیس در مناطق مینرالیزه آقورن با حد زمینه ای محدود، حدود آستانه و بی هنجاری کاملاً توسعه یافته ب: تغییرات سطحی سیلیس در مناطق مینرالیزه سیه کمر با حد آستانه ای محدود و بی هنجاری نسبتاً توسعه یافته ج: تغییرات سیلیس در مناطق مینرالیزه شیخ دره با حد آستانه ای توسعه یافته و بی هنجاری بسیار محدود (Background: حد زمینه ای، Threshold: حد آستانه ای و Anomaly: بی هنجاری سیلیس در سطح پیمایش است)

### نتیجه گیری و پیشنهادات

میانه، مطابق معیارهای بدست آمده از الگوی ناحیه بندی بافتی در ذخایر طلای کوئینزلند بوده است. شواهد بدست آمده از مناطق آقورن، سیه کمر و شیخ دره، بیانگر تحولات بافتی متناسب با تغییرات عیار طلا و رابطه مکانی آن با ظهور رخساره کوارتزکلوفرمی است. لذا ضمن نمونه برداری سیستماتیک و درون یابی داده ها با روش های آماری، تابع چگالی تغییرات سیلیس

در این تحقیق با استفاده از رهیافت توزیع پذیری غیرخطی سیلیس و تعیین مولفه های تکرار پذیر (recursive) در روند تغییرات بافتی رگه های مینرالیزه، روشی نوینی برای محاسبه همبستگی عناصر تیپومرفیک با تغییرات بعد فرکتال ارائه گردیده که نتیجه آن تعیین اولویت اکتشافی اندیس های طلا دار واقع در چهارگوشه  $1/50000$

رگه های کوارتز کلوفرمی با استناد بر الگوی توزیع غیرخطی سیلیس توجیه می گردد.

- در اندیس شیخ دره، کانه زائی کالکوپیریت، کالکوسیت و پیریت به همراه دگرسانی وسیع سریسیتی، پیدایش هاله پروپیلیتیک (رخساره اپیدوت-کلریتی) و تعداد محدودی از رگچه های سیلیسی (کلسدونی) در سنگ میزبان تراکی آندزیتی مشاهده می گردند. الگوی ناحیه بندی بافتی رگه ها ضعیف تر از مناطق آقورن و سیه کمر بوده و کاهش قابل توجه اجزاء متناظر (خاصیت خود تشابهی در توزیع فرکتالی سیلیس - جدول ۳) موبد عدم حضور رخساره کوارتز پیریتی و فقدان شرایط لازم برای تشکیل بافت کلوفرمی به عنوان میزبان طلا در ذخایر اپی ترمال است. طبق شواهد زمین شناسی، واحد مینرالیزه شیخ دره محدود به حاشیه دگرسانی کوارتز سریسیتی بوده و پائین بودن عیار طلا در رگه کلسدونی (۱۰۰ میلیگرم در تن) ، احتمال غنی شدگی اولیه (هیپوژنیک) فلزات گرانبها را در عمق مناطق دگرسانی کاهش می دهد.

بدین ترتیب، اولویت اکتشاف طلا در اندیس های چهار گوشه میانه با در نظر گرفتن تغییرات بعد فرکتال، کثرت مولفه های خودتشابه (Self-similarities)، ظهور کمیت خودتمایل (Self-affine) و مطابقت توزیع سیلیس با تغییرات بافتی رخنمون های مینرالیزه به ترتیب با نواحی آقورن و سیه کمر بوده و اندیس شیخ دره فاقد شرایط بافتی مناسب برای پی جوئی طلا در عمق واحدهای دگرسانی است.

برخلاف تغییرات بافتی مشاهده شده در واحدهای مینرالیزه آقورن و سیه کمر، الگوی ناحیه بندی ذخایر کوئینزلند، با پیدایش آمیتست در رگه کلسدونی آغاز و با ظهور آدولاریا (با بافت خزهای) در رخساره کوارتز کلوفرمی ادامه می یابد. اگرچه تاکنون همبستگی طلا با رگه حاوی آمیتست به اثبات نرسیده، اما با مشاهده آدولاریا، احتمال تجمع طلا، نقره و آنتیموان با توجه به سازوکار حرارتی حاکم بر ناحیه جوش سیال اپی ترمال افزایش یافته و الگوی بافتی منجر به تشکیل ذخیره طلا بهبود می یابد. براین اساس، حفر چاهک های اکتشافی و مطالعه نمونه های پتروگرافی با هدف تشخیص موقعیت رخساره آدولاریائی و مطابقت آن با روند تحولات بافتی کوارتز، همزمان با سنجش کمی عیار طلا (به روش ICP-Mass) در نمونه های کوارتز پیریتی آقورن و سیه کمر به ترتیب اولویت پیش بینی با روش های ژئوفرکتالی توصیه می گردد.

در سطح پیمایش واحدهای دگرسانی محاسبه و پس از تبدیل پارامترهای توزیع به معادله خط A-C، تغییرات بعد فرکتال به عنوان شاخص نمائی مرتبط با مولفه های خودتشابه استنتاج گردیده است.

بدین ترتیب با استناد بر همبستگی معنی دار مولفه های تکرارپذیر با روند تحولات بافتی در نمونه های مینرالیزه (جدول ۳)، روش مناسبی برای تعیین اولویت اکتشافی طلا در سامانه اپی ترمال غرب شهرستان میانه ارائه شده که پس از درج ملاحظات زمین شناسی و تحلیل اطلاعات مکانی، نتایج زیر استنباط می گردد:

- در اندیس آقورن، هاله دگرسانی دارای ارتباط مکانی نزدیک با میزبان ریوداسیتی بوده و متشکل از رگه های سیلیسی با ترکیب کوارتز هماتیت (ژاسپروود)، کوارتز پیریت و کوارتز سریسیت است؛ که به همراه رس های مونتوریلونیتی (آرژیلیک متوسط) در سری کانیاپی منسوب به هاله پروپیلیتیک (اپیدوت، کلریت و کلسیت) جای گرفته اند. از دیدگاه ژئوفرکتالی، افزایش عیار طلا (۵۰۰ میلیگرم در تن)، با توالی مولفه های خود تشابه و تغییرات ضریب خط معادله A-C در ارتباط بوده و فرآیند توزیع ژئوشیمیایی سیلیس، منطبق بر تحولات بافتی منجر به تجمعات کانساری است. از این رو، وفور کلسدونی در واحد مینرالیزه فوقانی (سطح پیمایش) و تغییرات تدریجی آن به کوارتز کلوفرمی در نمونه های بدست آمده از رگه های تحتانی (ترانشه اکتشافی) ، بیانگر مشابهت بافتی اندیس آقورن با الگوی ناحیه بندی مترتب بر ذخایر اپی ترمال است.

- در اندیس سیه کمر، مناطق دگرسانی از وسعت کمتری برخوردار بوده و شامل رگچه های پراکنده سیلیسی (کلسدونی) در هاله ای از کانی های رسی (کائولینیت تا مونتوریلونیت) و اپیدوت است. از دیدگاه فرکتالی، الگوی بافتی رگه مینرالیزه با حضور تعداد محدودی از مولفه های متناظر (زوجی متشابه و جمعی متشابه در جدول ۳) در ارتباط بوده که طی گذار از تحولات بافت کلسدونی (کریپتوکریستالین) به انواع ریزدانه (میکروکریستالین) و متبلور (کریستالین) ، احتمال پیدایش بافت میزبان، توسط تغییرات ضریب زاویه معادله A-C قابل بررسی خواهد بود. درمقایسه با اندیس آقورن، الگوی ناحیه بندی بافتی سیه کمر، مشخص به اجزاء متناظر کمتر و همبستگی ضعیف مولفه های هم بعد (متجانس) در جوامع فرکتال است. لذا باتوجه به میانگین تغییرات عیار طلا (۳۰۰ میلیگرم در تن)، احتمال دستیابی به مناطق امید بخش در عمق رخنمون های دگرسانی کاهش یافته و محدودیت

#### منابع:

مهرنیا س. ر. ۱۳۸۶: بازنگری در الگوی تغییرات بافتی اندیس تکمه داش با هدف پی جوئی طلا در عمق رخساره های دگرسانی، چهاردهمین همایش بلور شناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه بیرجند، ۳۱۷-۳۱۱.

- 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، ۲۰۰.
- Aleaster M., 2001: Aghvaran license Report relevant to Mianeh target area in Eastern Azerbaijan province of Iran, Submitted to Karand Co. Ltd.: 40.
- Guoyi D. 2001: Epithermal gold deposit researches Reported In : AMIRA project, Queensland : 245.
- Hedenquist J. W., Arribas A., Izawa E., White N.C. 1995: Epithermal gold deposits, Styles, characteristics and exploration. *Society of Resource Geology*, Special Publication **1, 2** sheet poster : 70.
- Lescuyer J. 1978: Petrology & petrography of Cenozoic volcanism in Mianeh area, Ph.D. Thesis Subject, University of Paris (Sub. to GSI, French).
- Mandelbrot B. 2005: The Fractal Geometry of Nature, 21<sup>st</sup> Updated Edition, W.H Freeman & Company, New York: 468.
- Mehrnia S. R. 2006: Using fractal filtering technique for processing ETM data as main criteria for evaluating of Au-indexes In: north-west of Iran, submitted to: 13<sup>th</sup> Australian Remote Sensing & Photogrammetry Conference, Canberra, Australia, CD-ROM available.
- Morrison G., Guoyi D. 2002: Textural Zoning in Epithermal Quartz veins, J.C Univ., Queensland.
- Turcotte D. L. 1997: Fractals in geology and geophysics, Cambridge Univ. press, New York.