

## توزیع ژئوفورکتالی سیلیس و ارتباط آن با کانه زایی طلا در محدوده نیکویه (منطقه طارم، استان قزوین)

ربابه توکل

دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

سید رضا مهرنیا

گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور قزوین

نیما نظامتی

گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

جمال شیخ ذکریابی

گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۸

Dr\_r\_tavakol@yahoo.com

### چکیده

محدوده انتخابی نیکویه، واقع در ۲۰ کیلومتری شمال تاکستان (منطقه طارم از توابع استان قزوین) دارای رگه های کوارتز با قابلیت کانه زایی طلا میباشد. شواهد صحرایی و بررسی نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، نوع کانی سازی در این رگه ها را اپی ترمال با سولفیداسیون کم نشان میدهد. بیشترین مقدار طلا در نمونه های سطحی ۴/۶ گرم در تن بوده که می تواند در عمق رگه ها افزایش یابد. پس از تعیین تیپ کانی سازی، جهت پیشنهاد یک الگوی اکتشافی دقیق و در عین حال کم هزینه برای سایر رگه های کوارتزی که پراکندگی چشمگیری در منطقه طارم دارند، توزیع فرکتالی سیلیس در هاله های دگرسانی اطراف رگه ها با تغییرات عیار طلا و بافت کوارتز در داخل رگه ها، مقایسه شدند. بررسی نتایج نشان دهنده یک رابطه مستقیم بین توزیع غیر خطی سیلیس و تغییرات عیار طلا و نیز تطابق آن با منطقه بندی بافتی درون رگه های کوارتز کانه دار میباشد. هنگامی که تعداد اجزاء متناظر در جوامع فرکتالی توزیع سیلیس بالا می رود، کوارتز با بافت قلوه ای-نواری ظاهر شده و عیار طلا در رگه افزایش می یابد که می توان از این نتیجه در اکتشاف عناصر ارزشمند در سایر رگه های مشابه پراکنده در منطقه طارم استفاده کرد.

**کلمات کلیدی:** نیکویه، فرکتال، طلا، اپی ترمال

### مقدمه

اغلب مطالعاتی که در منطقه طارم صورت گرفته است با هدف دستیابی به ذخایر زاج، خاک صنعتی و فلزات پایه بوده، در حالی که سابقه اکتشافی و مطالعاتی مدون و اصولی مبنی بر تعیین ژنز و پتانسیل اقتصادی این رگه ها که پراکندگی قابل توجهی در منطقه طارم دارند، موجود نمی باشد. تنها سابقه مطالعاتی بر روی این رگه ها، در محدوده انتخابی نیکویه و با عنوان برداشتهای ژئوفیزیکی به منظور بررسی پتانسیل رگه ها در عمق بوده که توسط شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران در سال ۱۳۹۰ انجام گرفته است. لذا هدف از این پژوهش در درجه اول تعیین تیپ کانه زایی رگه ها و بررسی پتانسیل اقتصادی آنها در منطقه و در ادامه پیشنهاد یک الگوی اکتشافی برای دستیابی به ذخایر احتمالی طلا در سایر رگه های مشابه پراکنده در منطقه طارم می باشد.

طراحی الگوی اکتشافی بر اساس ارتباط بین توزیع غیر خطی سیلیس در هاله های دگرسانی اطراف رگه ها و تغییرات عیار عناصر ارزشمند در داخل رگه های اپی ترمال صورت می گیرد که برای بررسی توزیع غیر خطی سیلیس از روشهای مبتنی بر هندسه فرکتال (شرح آن در ادامه خواهد آمد) استفاده می شود.

امروزه، در سرتاسر دنیا حجم عظیمی از طلا و فلزات پایه از رگه های کوارتز با منشأ گرمایی استخراج می شوند. این گونه ذخایر به دلیل داشتن پارا ژنز ساده و امکان بهره برداری آسان از اهمیت خاصی برخوردارند. کوارتز در این رگه ها از انواع مختلف سیالات با خصوصیات متفاوت در شکستگی های سنگ میزبان ته نشین میگردد و تحت شرایط فیزیکی شیمیایی مناسب فلزات پایه و ارزشمند راته نشین می کند (Pirajno, 2009). محدوده ای که در این پژوهش مورد مطالعه قرار می گیرد، در بخش غربی نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تاکستان و ۱ کیلومتری جنوب روستای نیکویه به وسعت تقریبی ۳ کیلومتر مربع و مختصات ۳۷۰۷۷۱ تا ۳۷۳۴۵۳ درجه شرقی و ۴۰۱۴۴۵۳ تا ۴۰۱۴۹۵۸ درجه شمالی واقع شده است که دارای رگه های ستر کوارتز با قابلیت کانه زایی فلزات پایه و گرانبه می باشد. محدوده مورد نظر در بخش ابتدایی ارتفاعات طارم از توابع استان قزوین واقع شده که به لحاظ برخورداری از حجم زیاد منابع معدنی از نواحی پر پتانسیل کشور به حساب می آید (حاج\_علیلو ۱۳۸۲).

## روش کار

## دگرسانی های اطراف رگه ها

در اطراف رگه های کوارتزی محدوده، دگرسانی های گرمایی پدید آمده که با ضخیم تر شدن رگه ها گسترش آنها نیز افزایش می یابد. این دگرسانی ها به صورت متقارن در دو طرف رگه ها گسترش یافته اند وضخامت آنها از چند متر تجاوز نمی کند (شکل ۲). توالی دگرسانی گرمایی به گونه ای است که در مرکز کانی سازی، رگه کوارتزی با میان لایه هایی از کربنات وجود دارد که به سمت طرفین و در سنگ میزبان که ترکیب مونوزودیوریتی دارد ابتدا شاهد وقوع پدیده سیلیسی شدن به شکل رگه ورگچه های سیلیس، اپال، کلسدونی و چرت هستیم که محدود به سنگهای بلافضل رگه ها بوده و تاحدودی در زون دگرسانی سریسیتی کشیده شده است. (شکل ۳-الف). با افزایش شعاع تاثیر هاله دگرسانی سریسیت (شکل ۳-ب) بوجود آمده که در آنالیز XRD (جدول ۱) شامل کانی های سریسیت، آدولاریا، پیریت، کائولینیت و ایلیت بوده و به تدریج تبدیل به دگرسانی آرژلیک متوسط میشود (شکل ۳-ج) که با استناد به نتایج آنالیز XRD شامل کانیهای کائولینیت، مونتموریونیت و ارتوکلاز بوده و با دور شدن از رگه به دگرسانی پروپلیتیک باکانی های مشخصه کلریت، کلسیت و آلپیت تبدیل می گردد. دگرسانیهای برونزاد شامل اکسیداسیون و کربناتیزاسیون متاثر از عوامل جوی که بارزترین شکل آنها اکسید شدن کانیهای آهن و تشکیل لیمونیت و گوتیت و تبدیل سولفیدهای مس به مالاکیت و آزوریت میباشد در نواحی سطحی رگه ها دیده می شود (شکل ۳-د).

## کانی زایی و توالی پاراژنی

در مطالعه مقاطع صیقلی تحت سامانه نورانعکاسی، دونوع کانی سازی هیپوزن و سوپوزن قابل تشخیص میباشد. کانه های هیپوزن شامل کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، تتراهدريت، اسپیکولاریت، پیریت و بورنیت بوده و کانه های ثانویه سوپرن شامل کولیت، مالاکیت، آزوریت، همتایت، گوتیت و لیمونیت می باشند که توالی پاراژنی آنها در (جدول ۲) نشان داده شده است. اسفالریت به صورت دانه ای و توده ای و به شکل همشریدی با گالن دیده میشود (شکل ۴-الف). گالن به صورت بلورهای درشت و پراکنده با اشکال مثلثی و در اغلب موارد با حاشیه ای از کانی تتراهدريت که در حال تبدیل به کانی ثانویه کولیت میباشد، وجود دارد (شکل ۴-ب). کالکوپیریت و بورنیت غالباً به اشکال نیمه خود شکل و به صورت پراکنده در مقاطع دیده می شوند (شکل ۴-ج). سوزن های اسپیکولاریت در متن سیلیس، عموماً به شکل جهت یافته وجود دارند (شکل ۴-د). پیریت به صورت ذرات ریز و با فراوانی کم در متن سیلیس پراکنده است و در اغلب موارد به کانیهای ثانویه تجزیه شده است (شکل ۴-ه).

مجموع کانیهای سولفیدی در مقاطع از ۳۰٪ تجاوز نمی کند و کانی های باطله غالباً کوارتز و کلسیت می باشند (شکل ۴-ی) که کانی های سولفیدی به صورت پراکنده در آن دیده می شوند و با ظهور آثار بافت های نواربندی و قلوه ای در کوارتز، همچنین در حضور کانی آدولاریا، تراکم آنها افزایش می آید (شکل ۴-ع). بررسی این مقاطع بوسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) موید بیشترین حضور طلا در حاشیه بافت نواربندی و قلوه ای کوارتز بوده و تجمع طلا به دو صورت رخ داده است، یکی درون کانی های دیگر مانند کالکوپیریت (شکل ۴-ر) و دیگری به صورت آزاد و در متن سیلیس همراه با اسپیکولاریت (شکل ۴-ط). در طی کانه زایی تزریق محلولهای پساماگمایی طی چند مرحله صورت گرفته است که شواهد آن وجود شکستگی در کانه ها که با سیلیس آهندار پر شده اند (شکل ۴-ج) و نیز پیدایش سوزنهای اسپیکولاریت جهت دار در متن سیلیس میباشد (Pirajno., 2009) و (Poliquin., 2011).

روش علمی تحقیق با تشکیل پایگاه اطلاعات مکانی در سامانه نرم افزاری ArcGIS آغاز گردیده و با درج سوابق اکتشاف ژئوفیزیکی جهت پیش دآوری و نمونه برداری از مناطق امیدبخش ادامه یافت. در ابتدا تعداد ۳۰ مقطع نازک از سنگهای محدوده جهت مطالعات سنگ شناسی و تهیه نقشه زمین شناسی ۱/۵۰۰/۱ آماده و مطالعه شد، سپس جهت نمونه برداری از رگه، سنگهای در برگیرنده و دگرسانی ها، تعداد ۲۲ ترانسه به عمق ۳ تا ۵ متر در جهت عمود بر رگه ها حفر گردید. تعداد ۲۱۰ نمونه (توسط شرکت تهیه و تولید مواد معدنی) جهت تعیین عبار فلزات پایه و ارزشمند به روش ICP-MS و AAS (در آزمایشگاههای زر آزما) تجزیه شدند. با تهیه ۳۵ مقطع نازک، ۱۹ مقطع صیقلی و ۷ مقطع دوبار صیقل از مواد معدنی و باطله داخل رگه کوارتز کانه دار، مطالعات میکروسکوپی شامل کانی شناسی، ساخت و بافت (آزمایشگاه میکروسکوپی دانشگاه پیام نور قزوین و دانشگاه علوم و تحقیقات تهران) و میکرو ترمومتری سیالات درگیر (در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور) بر روی رگه های سیلیسی انجام شد. تعداد ۱۴ نمونه از دگرسانیها و ۵ نمونه از ماده معدنی و باطله به روش XRD (در شرکت کانساران بینالود) تجزیه و مطالعه شد. علاوه بر این تعداد ۲۷ نقطه از ۶ کانی مختلف بوسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در مرکز پژوهش های کاربردی سازمان زمین شناسی) عکسبرداری و جهت بررسی تمرکز طلا آنالیز نقطه ای (EDX) گردیدند. در نهایت ۹۲ نمونه برداشت شده به طریقه سیستماتیک از هاله دگرسانی اطراف رگه های کوارتز به روش XRF (در آزمایشگاه های دانشگاه علوم و تحقیقات تهران) تجزیه و مقادیر SiO<sub>2</sub> موجود در آن برای بررسی رفتار ژئو فکنتالی سیلیس مورد استفاده قرار گرفت.

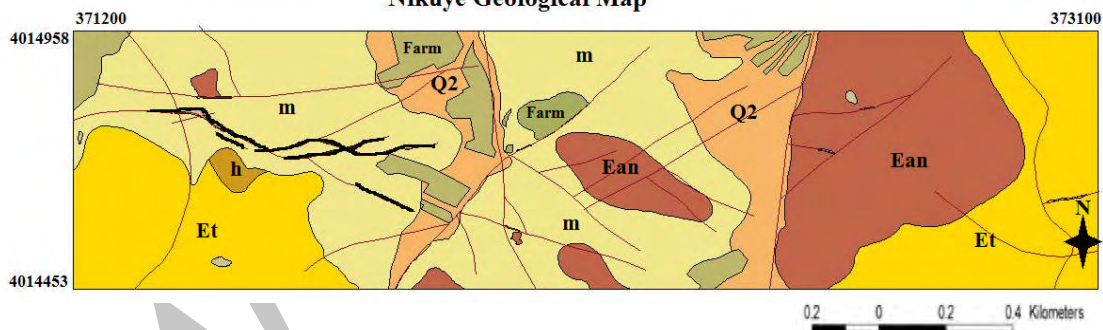
## زمین شناسی محدوده انتخابی نیکویه

منطقه طارم در قسمت غربی زون البرز مرکزی ( Guestet al., 2007) قرار داشته و شامل سنگهای آتشفشانی ائوسن باستبرای زیاد و نهشته های قاره ای نئوژن میباشد. در اواخر ائوسن و اوایل الیگوسن منطقه تحت تاثیر جنبش های کوهزایی هم ارز پیرنه قرار گرفته و فعالیت های آذرین از نوع نیمه عمیق و عمیق نهشته های ائوسن را بریده اند. شکستگی ها و گسلهای منطقه دو روند عمده شمال غرب-جنوب شرق و شرقی-غربی را نشان می دهند. در رشته کوههای طارم توده های نفوذی گرانو دیوریتی فراوانی وجود دارند که همگی از روند این رشته کوه تبعیت می کنند. خصوصیت بارز و عمده این توده ها ایجاد دگرسانی های متنوع در سنگهای ائوسن و تشکیل سیستم های گرمایی و در نتیجه نهشته شدن عناصری مانند Au, Pb, Zn, Cu و نیز تشکیل خاکهای صنعتی در وسعتی چشمگیر می باشد (آقاباتانی، ۱۳۸۳؛ حاج علیچو، ۱۳۸۲). محدوده انتخابی نیکویه که در این پژوهش مورد مطالعه قرار می گیرد در قسمت ابتدایی منطقه طارم واقع شده است. لیتولوژی عمده محدوده شامل مونوزودیوریت، آندزیت پورفیری و توف ریولیتی به سن ائوسن بالایی، به همراه رگه ورگچه های کوارتز کانه دار میباشد. این رگه ها به طور عمده در واحد مونوزودیوریت و در شکستگیهای شرقی-غربی با شیبی بین ۳۲-۱۵ درجه که در بعضی موارد با گسلهای شمالی جنوبی قطع میشوند تشکیل شده اند. رگه کوارتزی اصلی در محدوده نیکویه، دارای طول تقریبی ۵۰۰ متر و ضخامتی بین ۳/۷۵ تا ۳/۸ متر می باشد که در غرب نقشه ۱/۵۰۰/۱۸ خنمون دارد. تعدادی رگچه کوچک تر نیز در محدوده به چشم می خورد که از روند رگه اصلی پیروی می کنند (شکل ۱).

جدول ۱. نتایج آنالیز XRD برای ۱۴ نمونه برداشت شده از دگرسانیهای اطراف رگه کانه دار (مرجع آنالیز، شرکت کانساران بینالود)

Row	Sample No	XRD									
		Major Phase						Minor Phase			
1	ZTR-1-13	Montmorillonite	Chlorite	Orthoclase	Albite	Quartz	Calcite	Hematite			
2	ZTR-2-7	Calcite	Quartz	Anorthite	Montmorillonite			Orthoclase	Hematite	Kaolinite	
3	ZTR-4-20	Quartz	Orthoclase	Calcite				Chlorite	Hematite	Montmorillonite	
4	ZTR-5-5	Quartz	Calcite	Montmorillonite				Kaolinite	Orthoclase		
5	ZTR-6-7	Montmorillonite	Quartz	Orthoclase	Calcite			Gypsum	Chlorite		
6	ZTR-8-1	Montmorillonite	Anorthite	Quartz	Calcite	Orthoclase		Kaolinite	Hematite		
7	ZTR-8-12	Quartz	Calcite	Orthoclase				Kaolinite	Hematite	Illite	
8	ZTR-9-10	Montmorillonite	Quartz	Albite	Calcite	Orthoclase		Hematite	Kaolinite		
9	ZTR-12-2	Quartz	Muscovite	Pyrite	Kaolinite			Hematite	Adularia	Calcite	
10	ZTR-12-8	Quartz	Calcite	Montmorillonite				Hematite	Orthoclase	Kaolinite	Anorthite
11	ZTR-13-3	Quartz	Muscovite	Kaolinite	Illite			Pyrite	Orthoclase	Calcite	Adularia
12	ZTR-14-4	Quartz	Calcite	Kaolinite				Geothite	Orthoclase		
13	ZTR-15-4	Albite	Quartz	Calcite	Orthoclase			Kaolinite	Montmorillonite		
14	ZTR-23-1	Quartz	Calcite	Albite	Orthoclase			Kaolinite	Montmorillonite		

Nikuye Geological Map



Fault

**LEGEND**

Farm

Q2 : alluvial and recent alluvium

Silica vein with mineralization Au,Cu,Pb,Zn

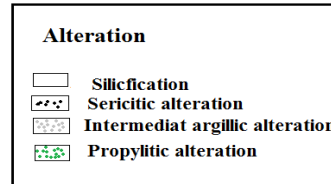
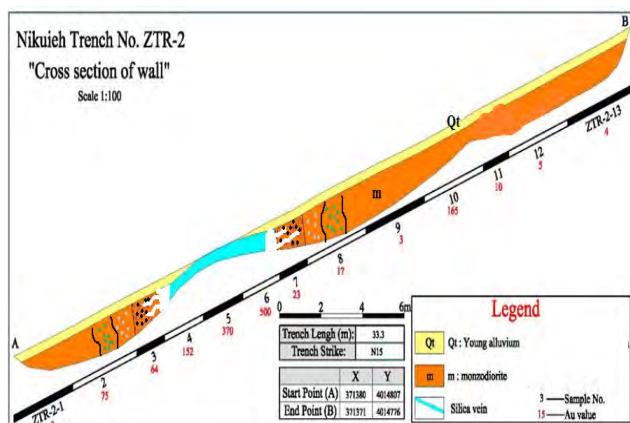
Ean : andesite, porphyry quartz andesite

 UPPER EOCENE  
 Et : Rhyolitic tuff

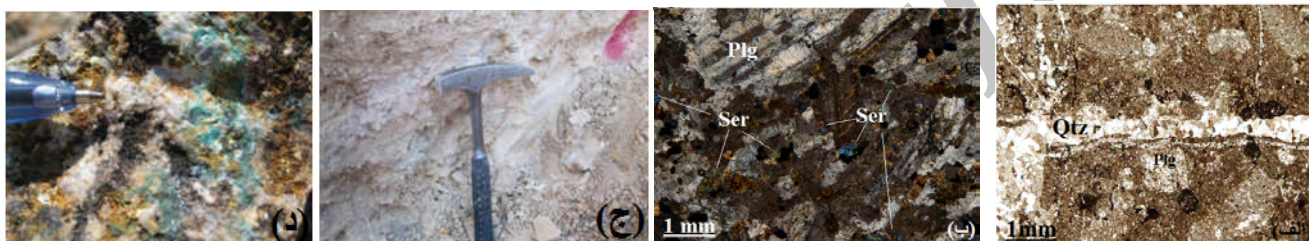
h : hornfels

m : monzodiorite - quartz monzodiorite

شکل ۱. نقشه زمین شناسی ۱/۵۰۰۰ محدوده اکتشافی نیکویه



شکل ۲. ترانشه حفر شده روی رگه اصلی (دید به سمت شمال) که در طرح شماتیک آن موقعیت دگرسانی های گرمایی ایجاد شده در اطراف رگه نشان داده شده است.

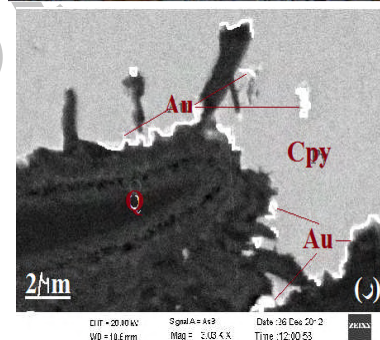
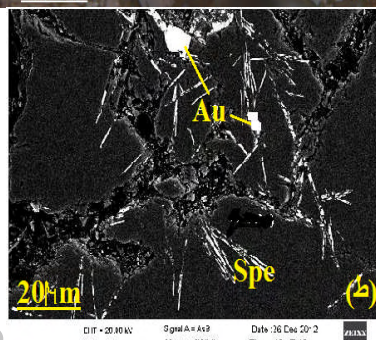
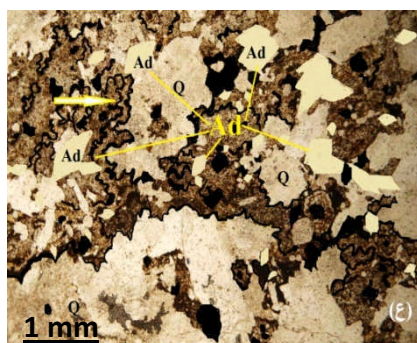
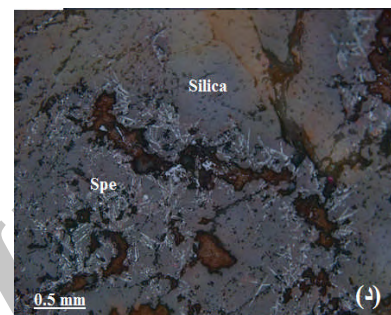
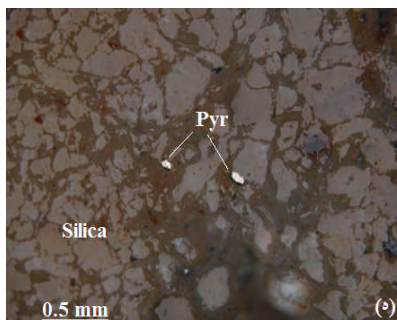
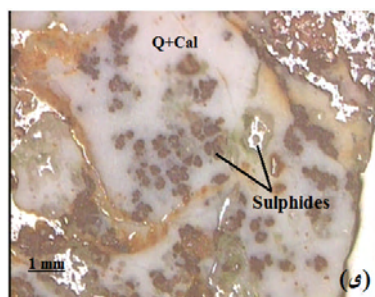
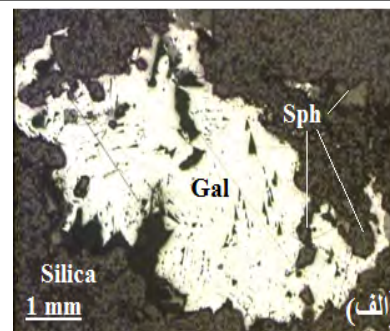
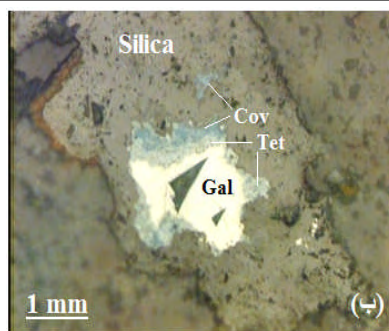
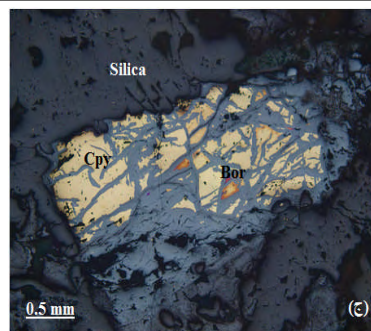


شکل ۳. دگرسانی های ایجاد شده در اطراف رگه های کوارتز کانه دار (الف) دگرسانی سیلیسی. رگچه سیلیس و سیلیسی شدن پلاژیوکلازها - نورعبوری قطبیده (ب) سرسیتی شدن پلاژیوکلازها - نورعبوری قطبیده (ج) دگرسانی آرژیلیک متوسط و تشکیل کانی های رسی (د) اکسیداسیون و کربناتیزاسیون و تشکیل آزوریت، لیمونیت و گوتیت.

جدول ۲. توالی پاراژنتیکی و کانه های تشکیل شده در طی مراحل کانه زایی هیپوزن و سوپرژن در رگه های کانه دار نیکویه

Minerals	Hydrothermal			Supergen
	early	main	Late	
Quartz	—————			
Calcite	—————			
Barite	—————			
Gold	—————			
Sphalerite	—————			
Galena	—————			
Chalcopyrite	—————			
Pyrite	—————			
Tetrahedrite	—————			
Bornite	—————			
Covelite	—————			
Fe-Oxides	—————			—————
Azurite	—————			—————
Malachite	—————			—————





شکل ۴. کانیهای موجود در رگه کانه دار نیکوبه (الف). گالن (Gal) و اسفالریت (Sph) هم رشد. نورانعکاسی عادی. ب) گالن با حاشیه تراهدریت (Tet) و کوولیت (Cov) نورانعکاسی عادی. ج) کالکوپیریت (Cpy) و بورنیت (Bor) در متن سیلیس نورانعکاسی عادی. د) سوزنهای اسپیکولاریت (Spe) در متن سیلیس نورانعکاسی عادی. ه) پیریت (Pyr) پراکنده در سیلیس نورانعکاسی عادی. ی) کانه های سولفیدی پراکنده در باطله سیلیس و کلسیت (Cal). ر) تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) تجمع طلا (Au) در حاشیه کوارتز قلوه ای درون کانی کالکوپیریت. ط) تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) ذره طلا همراه با اسپیکولاریت. ع) در حضور کانی آدولاریت (Ad) پدیدایش بافت قلوه ای که با فلش نشان داده شده است، تمرکز کانی های سولفیدی بیشتر میشود. نور عبوری عادی

### تعیین تیپ کانی سازی

Sillito, (1993) کانسارهای اپی ترمال فلزات قیمتی را به دو گروه ۱- سولفیداسیون بالا (اسید-سولفات) و ۲- سولفیداسیون پایین (آدولاریت-سرسیت) تقسیم نمود. اساس این تقسیم بندی، نوع دگرسانی و کانی شناسی کانسارها می باشد. در مقایسه نتایج حاصل از مطالعات دگرسانی، کانی شناسی، ژئوشیمی و سیالات درگیر انجام شده در محدوده نیکوبه با انواع کانسارهای اپی ترمال، شباهت زیادی مابین این رگه ها و کانسارهای سولفیداسیون پایین مشاهده می گردد که در (جدول ۳) ارائه گردیده است. کانی سازی به شکل پراکنده فضای خالی، وجود دگرسانی های سرسیتی و آرژلیک متوسط، آثاری از کانی شاخص آدولاریت، کانی های سولفیدی با نسبت گوگرد به فلز پایین، مقادیر شوری و دمای سیالات درگیر و پدیده جوش همگی از شواهدی هستند که تیپ رگه های کوارتز کانه دار نیکوبه را به کانسارهای اپی ترمال سولفیداسیون پایین نزدیک می سازند. بنا به نظر Hedenquist, 2004 و Pirajno, 2009 سیالات مولد چنین رگه هایی از اختلاط آبهای ماگمایی ناشی از توده های نیمه عمیق و آبهای زیرزمینی و جوی حاصل شده اند که در اعماق کمتر از ۱ کیلومتر (شکل ۶). با توجه به مطالعات انجام شده روی رگه های کانه دار، همچنین وجود شکستگی ها و گسلهای فراوان منطقه و نیز وجود توده های نیمه عمیق

### ریز دماسنجی سیالات درگیر

تعداد ۴۵ سیال درگیر اولیه و ثانویه کاذب، درون کانی های کوارتز و کلسیت در نمونه های پر عیار و کم عیار مطالعه شدند که نتایج آن در (جدول ۳) آمده است. در حضور بافت قلوه ای و نوار، فرایند جوشش در سیالات کانه دار، به شکل وجود میانبارهای حاوی حباب هوای بزرگ که در دمای همسان شدن به حالت بخار در می آیند (حاج علیلو، ۱۳۸۷) و نیز میانبارهای تک فازگازی که دچار ترکیبگی میشوند، قابل مشاهده است (شکل ۵-الف). محدوده دمای همگنی ۱۲۹ تا ۳۷۴ درجه سانتیگراد و بیشترین فراوانی آن در محدوده ۲۷۷ تا ۲۹۷ درجه سانتیگراد قرار دارد. محدوده شوری سیالات درگیر در نمونه ها معادل ۰/۱۳ تا ۰/۱۲ و زنی نمک طعام و بیشترین فراوانی آن معادل ۴/۳ تا ۶/۳ وزنی نمک طعام می باشد (شکل ۵-ب و ج). دیانگرم شوری- دما، تهیه شده برای داده ها (شکل ۵-د) در مقایسه با نمودار تیپ های کانی سازی، مبین شرایط اپی ترمال با شوری کم سیالات بوده که طبق نظر Wilkinson, (2001) و حاج علیلو (۱۳۸۷)، نقش اساسی آبهای جوی در شکل گیری این سیستم رانمایان میسازد (شکل ۵-د).

۱ کیلومتری و درون شکستگیهای سنگ میزبان، تحت شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب دچار پدیده جوشش شده و فلزات ارزشمند را ته نشین می

دهد(شکل ۷-الف) که این نقاط نمایانگر تغییر از زمینه به بی هنجاری های درجات مختلف و پیرو آن تغییرات در شرایط زمین شناسی بویژه کانی سازی است(Goncalves,2001). مطالعات بعدی نشان داد که به طور کلی داده های زمین شیمیایی رفتار چند فرکتالی دارند که نشانگر تغییرات در شرایط زمین شناسی، ژئوشیمیایی، دگرسانی، کانی سازی و هوازدگی و به دنبال آن یک پدیده خاص مانند غنی شدگی یک عنصر است. با تحلیل رفتار فرکتالی داده های ژئوشیمیایی می توان به تغییرات شرایط حاکم در محیط پی برد که روشهای آمار کلاسیک در بررسی های ژئوشیمیایی قادر به تشخیص و تفکیک آنها نیستند(Goncalves, 2001).

### تحلیل رفتار ژئوفرکتال سیلیس در دگرسانی ها

بر اساس نظر Hedenquist.(2004) با توجه به اینکه پایداری یک سامانه اپی ترمال مرهون برقراری تعادل شیمیایی و ترمودینامیکی بین سیال کانه دار و محیط مهاجرت میباشد، در مراحل نهایی تفریق ماگما، رفتار سیلیس به عنوان معیار ژئوشیمیایی موثر بر رفتار کمپلکس های فلزی (پایداری - ناپایداری) حائز اهمیت بوده و به عقیده مهرنیا.(۱۳۸۸) تحلیل رفتار فرکتالی سیلیس در رخساره های دگرسانی اطراف رگه های اپی ترمال، احتمال دستیابی به ذخایر طلا در رگه های کوارتز کانه دار را افزایش میدهد. از طرفی بر طبق نظر Morison.(2002) و Guoyi.(2008) وجود منطقه بندی بافتی در یک رگه اپی ترمال و ظهور بافت نواری-قلوه ای در حضور کانی آدولاریا نشانگر بلوغ و باروری سیستم بوده که میتواند منجر به تشکیل ذخایر ارزشمند گردد. به عقیده Hedenquist.(2004) بافت قلوه ای و نواری زمانی ایجاد میشود که سیستم اپی ترمال به پایداری رسیده باشد. از سوی دیگر بنابه نظر Turcotte.(2007) در یک جامعه فرکتالی کثرت اجزاء متناظر (نقاطی روی منحنی عیار-مساحت جمعی که هم استقامت هستند) مبین برقراری شرایط مناسب و پایداری متعاقب آن ایجاد نوع خاصی از گونه های بافتی است که با ظهور مولفه های نامتجانس (تغییر شیب منحنی در نقاط شکست) تغییر در گونه بافتی رخ میدهد. با استناد به نظریات فوق، اگر منحنی عیار - مساحت جمعی برای سیلیس در هاله دگرسانی اطراف رگه های اپی ترمال که باروش فرکتال ترسیم شده به بخشهای زمینه، آستانه و بی هنجاری تفکیک شود، کثرت اجزاء هم استقامت در هر یک از جوامع آستانه بای هنجاری میتواند نشانگر پایداری سیستم اپی ترمال و تشکیل بافت قلوه ای-نواری باشد و احتمال شکل گیری ذخایر طلا را افزایش دهد. بنابراین این برای دستیابی به یک الگوی اکتشافی نوین که بتوان آنرا برای اکتشاف طلا و عناصر همراه در رگه های کوارتز مشابه پراکنده در منطقه طارم و سایر مناطق مستعد به کار گرفت، میتوان از نتایج حاصل از تحلیل رفتار ژئوفرکتالی سیلیس در هاله های دگرسانی اطراف رگه های کانه دار و مقایسه آن با تغییرات بافتی و عیار عناصر ارزشمند داخل رگه هابه خوبی استفاده نمود. این الگوسازی منوط به اثبات نظریات فوق در محدوده انتخابی نیکویه میباشد. مطالعات انجام گرفته وجود ناحیه بندی بافتی موثر در رگه های کانه دار و رابطه آن با تغییر عیار عناصر ارزشمند را به اثبات رسانده است. برای بررسی توزیع فرکتالی سیلیس، درصد سیلیس موجود در ۹۲ نمونه برداشت شده، به شیوه سیستماتیک، از دگرسانیهای اطراف رگه کانه دار، استخراج و با استفاده از ابزار Spatial Analysis درونیایی لازم بر روی داده ها انجام شده و تمرکز سطحی سیلیس مشخص گردید(شکل ۸). سپس برای تحلیل رفتار ژئوفرکتالی آن منحنی لگاریتمی عیار-مساحت جمعی برای سیلیس طبق رابطه زیر رسم گردید.

$$\text{LogA}(\text{SiO}_2) = \beta \text{LogC}(\text{SiO}_2)$$

متعددی که در ارتفاعات طارم نفوذ کرده اند (پيروان، ۱۳۷۱)، و مسبب ایجاد دگرسانی ها و کانی سازی های گسترده ای در منطقه طارم هستند(Bazargani et al,2008). میتوان یک چنین مدل ژنتیکی را برای رگه های کانه دار نیکویه پیشنهاد کرد.

### بررسی تحولات بافتی و تغییرات عیار عناصر

طبق نظریه Morison, 2002 و بر اساس مطالعات انجام شده در ذخایر طلای اپی ترمال کوئینزلند، ویژگی یک رگه اپی ترمال با رور، بر خورداری از الگوی ناحیه بندی بافتی به عنوان معیاری برای تجمع عناصر تیپومورفیک(طلا، نقره، سرب، روی، مس) در هر مرحله از کانی سازی است. از این رو پیدایش اشکال مختلف سیلیس شامل انواع کلسدون، اپال، آگات، آمتیست، کوارتز قلوه ای، کوارتز نواری، کوارتز دانه شکری و بلورین به همراه تغییر عیار فلزات نقش مهمی در پی جویی ذخایر اپی ترمال دارند (جدول ۴). همچنین به عقیده Guoyi,2008 در یک منطقه بندی بافتی مناسب با روند غنی شدگی موثر، حضور کوارتز قلوه ای و نواری به همراه پیدایش کانی آدولاریا برای شکل گیری ذخیره احتمالی طلا در امتداد محور طولی سامانه اپی ترمال ضروری است. و فور کوارتز توده ای و کلسدونی در سطح رخسارهها نشانه امید بخشی است که با فرض منظم بودن توالی می تواند به پیدایش بافت قلوه ای بیانجامد. در محدوده نیکویه، بر اساس نمونه برداری در طول رگه اصلی و بررسی بافت نمونه ها و اندازه گیری عیار عناصر ارزشمند در هر بافت، ارتباط بین تحولات بافتی و عیار عناصر بدست آمده که در(جدول ۵) ارائه گردیده است. نتیجه بدست آمده گویای وجود منطقه بندی بافتی و ارتباط آن با تغییرات عیار طلا و عناصر همراه است. با تغییرات بافت سیلیس از توده ای به بلورین و در نهایت قلوه ای-نواری، میانگین عیار طلا افزایش یافته، از ۴۰۰ میلیگرم در تن به ۴۶۰۰ گرم در تن می رسد. میزان عیار فلزات پایه نیز با عیار طلا رابطه مستقیم دارد به گونه ای که بیشترین عیار روی ۳/۱٪، سرب ۲/۸٪، مس ۱/۹٪ و در حضور بافت قلوه ای-نواری کوارتز و کانی آدولاریا می باشد. بنابراین تحولات بافتی و تغییرات عیار تا حدود زیادی مطابق با آنچه در ذخایر طلای اپی ترمال کوئینزلند استرالیا رخ داده است بوده که طبق نظر Guoyi, 2008 و Morison,2002 می تواند گویای بارور بودن رگه های کوارتزی منطقه باشد.

### روش های مبتنی بر هندسه فرکتال

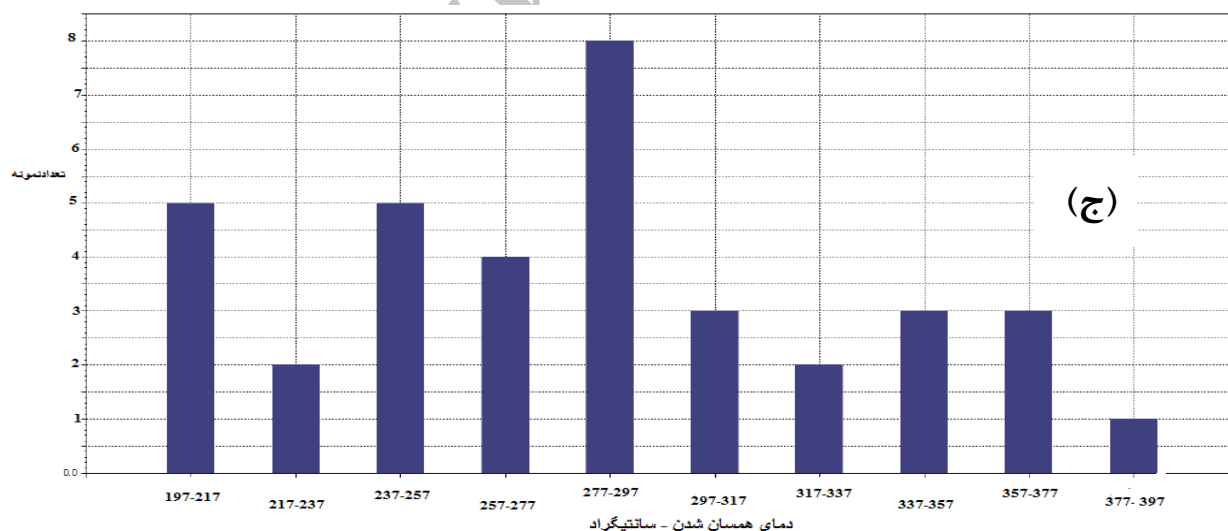
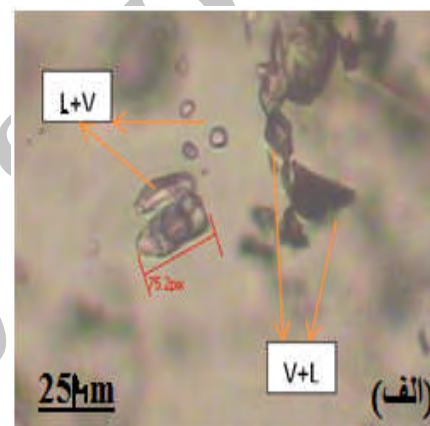
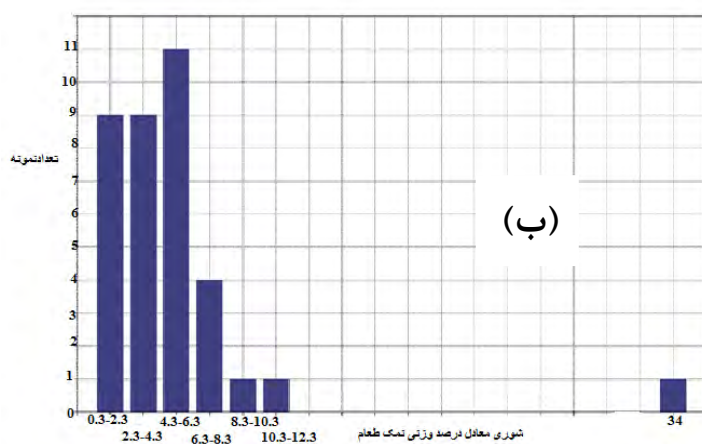
متداول ترین روش برای بررسی پتانسیل های کانه زایی، استفاده از روشهای مستقیم معمول، شامل حفاری، نمونه برداری دقیق از تمام بخش ها، مطالعات میکروسکوپی و آنالیزهای دستگاهی میباشد که بسیار وقت گیر و پرهزینه بوده و نیاز به دقت و تجربه بالایی دارد، ولی با توجه به اینکه امروزه تحلیل های ریاضی نقش اساسی در پژوهش های زمین شناسی یافته اند، میتوانند جایگزین روشهای متداول سنتی شوند. یکی از کارآمدترین روشها، هندسه فرکتالی می باشد(افضل وهمکاران، ۱۳۸۹). هندسه فرکتال توصیف گر طبیعت است آنگونه که طبیعت اعمال می کند نه آنگونه که بشر می خواهد و این امتیاز بزرگی است(Mandelbrot,2002). در هندسه فرکتال هر شکل و پیچیدگی های آن در قالب اعداد نشان داده می شوند، همانطور که در هندسه اقلیدسی مفهوم های زاویه، طول، مساحت و فضاهای یک تاسه بعدی به کار می روند، در هندسه فرکتال بعدهای فرکتالی وجود دارند که به طور معمول اعداد نیستند و برای بیان پیچیدگی یک شکل می توان از آن استفاده کرد(افضل وهمکاران، ۱۳۸۹). روش عیار-مساحت جمعی که در سال ۱۹۹۴ توسط Cheng بر روی داده های لیتو ژئوشیمیایی در دگرسانی های کانسار مس پورفیری ارائه گردید، بر پایه تغییرات عیار و مساحت در برگیرنده آن عیار و عیارهای بالاتر از آن مبتنی است و کاربرد وسیعی در زمین شناسی پیدا کرده است. نمودار لگاریتمی عیار در برابر مساحت جمعی در نقاطی می شکند یا به عبارتی تغییر شیب می

جدول ۲. نتایج مطالعه سیالات درگیر در نمونه های کانه دار رگه های نیکویه.

شماره	فازها	نوع میانبار	چگالی D	درجه پرشدگی F	دمای ذوب یخ Tm ice سانتیگراد	دمای همسان شدن Th سانتیگراد	شوری EqW%NaCl
۱	L+V	P	۰/۸۵	-۰/۹۱	-۴/۵	۲۵۳	۷/۱
۲	L+V	P	۰/۸۴	-۰/۸۳		۲۱۴	
۳	CO2	PS	۰/۸	-۰/۹۱	-۳/۸	۲۷۸	۶
۴	L+V	P	۰/۸۵	-۰/۸۹	-۲/۳	۲۲۸	۳/۷
۵	L+V	P	۰/۷۸	-۰/۸۳	-۳/۶	۲۹۴	۸/۷
۶	L+V	P	۰/۹	۰/۸	-۳/۵	۲۰۶	۵/۶
۷	L+V	P	۰/۹	-۰/۸۳	-۳/۲	۱۹۷	۵/۱
۸	L+V	PS	۰/۹۴	-۰/۹۱	-۲/۶	۱۲۸	۲/۶
۹	L+V	PS	۰/۸۷	-۰/۸۲	-۱/۶	۲۰۸	۱/۱
۱۰	L+V	P	۰/۹۲	-۰/۸۵	۲/۸	۱۴۶	
۱۱	L+V	P	۰/۷۱	-۰/۷۲	۳/۸	۲۹۲	
۱۲	L+V	P	۰/۷۷	-۰/۹۳	-۴/۸	۳۱۰	۷/۵
۱۳	L+V	P	۰/۶۲	-۰/۹۱	-۲/۶	۳۶۵	۴/۲
۱۴	L+V	PS	۰/۷۶	-۰/۹۱	-۱/۸	۲۸۳	۲/۹
۱۵	L+V	PS	۰/۶۶	-۰/۸۴	-۰/۹	۳۲۸	۱/۴
۱۶	V	P	۰/۷۱	-۰/۵۱	-۳/۳	۳۳۰	۵/۳
۱۷	V	P	۰/۶	-۰/۵۷	-۳/۷	۳۸۹	۵/۹
۱۸	L+V	P	۰/۷۳	-۰/۸۷	-۱/۴	۲۹۶	۲/۳
۱۹	L+V	P	۰/۵۶	-۰/۷۵	-۰/۸	۳۷۰	۱/۳
۲۰	L+V	PS	۰/۸۹	-۰/۸۸	-۳/۱	۲۰۷	۵
۲۱	L+V	PS	۰/۸۷	-۰/۹۱	۷/۶	۱۹۵	
۲۲	V	P	۰/۷۶	-۰/۶۵	-۲/۲	۲۹۲	۳/۶
۲۳	V	P	۰/۶۲	-۰/۵۲	-۱/۶	۳۵۲	۲/۶
۲۴	L+V	P	۰/۸۶	-۰/۸۷	۴/۵	۲۰۵	
۲۵	L+V	P	۰/۷۳	-۰/۷۸	-۱/۵	۲۹۸	۲/۴
۲۶	L+V	P	۰/۸۵	-۰/۹۴	-۰/۲	۲۱۱	۰/۳
۲۷	L+V	PS	۰/۶۷	-۰/۸۹	-۲/۹	۳۴۳	۴/۷
۲۸	L+V	PS	۰/۸۶	-۰/۸۳	-۷/۲	۲۷۵	۱۰/۷
۲۹	L+V	P	۰/۸۷	-۰/۸۱	-۳/۸	۲۳۰	۶
۳۰	L+V	P	۰/۸۴	۰/۸	-۴/۴	۲۵۷	۶/۹
۳۱	L+V	P	۰/۶۴	-۰/۵۹	-۳/۴	۳۶۶	۵/۴
۳۲	L+V	P	۰/۸۶	-۰/۸۲	-۲/۹	۲۸۴	۴/۷
۳۳	L+V	PS	۰/۸۴	-۰/۸۵	۷/۱	۱۳۴	
۳۴	L+V	PS	۰/۶۴	-۰/۸۴	-۰/۴	۲۴۷	۰/۶
۳۵	L+V	PS	۰/۷۸	-۰/۸۸	-۵/۸	۲۳۸	۸/۹
۳۶	L+V	PS	۰/۹۳	-۰/۸۹	-۴/۳	۲۵۲	۶/۸
۳۷	L+V	PS	۰/۸	-۰/۸۸	۳	۱۶۵	
۳۸	L+V	PS	۰/۸۹	-۰/۷۸	۷	۱۲۸	
۳۹	L+V	PS	۰/۸۵	-۰/۷۹	-۰/۴	۲۹۵	۰/۶
۴۰	L+V	PS	۰/۹	-۰/۷۳	-۰/۸	۳۵۶	۱/۳
۴۱	L+V	PS	۰/۹۴	-۰/۹۱	-۱/۳	۳۰۴	۲/۱
۴۲	L+V	PS	۰/۷۱	۰/۸	-۱/۲	۲۸۰	۱/۹
۴۳	L+V	P	۰/۵۹	-۰/۹۵	-۱/۶	۲۶۷	۲/۶
۴۴	L+V+S	P	۱/۱	-۰/۵۲		۲۴۱	۳۵
۴۵	L+V	P	۰/۸	-۰/۷۴	-۱/۸	۲۵۷	۲/۹

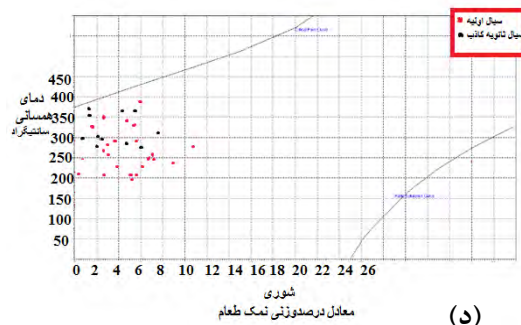
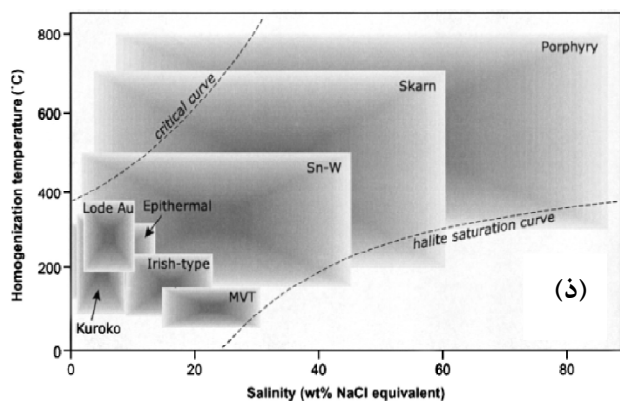
جدول ۳. مقایسه خصوصیات ذخایر طلای اپی ترمال سولفیداسیون پایین نقل از (Sillito, 1993) اورگه های کانه دار نیکویه.

مورد مقایسه	طلای اپی ترمال سولفیداسیون کم	رگه های کوارتز کانه دار نیکویه
کانی های سولفیدی کلیدی	اسفالریت، گالن، تتراهدریت، مس بیشتر به صورت کالکوپیریت، آرزانتیت	اسفالریت، گالن، تتراهدریت، کالکوپیریت
کانی های دگرسانی کلیدی	سریسیت، آدولاریا، رزکولیت، گاهی کلریت	سریسیت، آدولاریا، کلریت
میانگین دمای تشکیل	۱۰۰ تا ۳۰۰ درجه	۲۵۱ درجه
میانگین شوری سیال کانه ساز	کمتر از ۱۳٪ وزنی نمک طعام	۵/۳٪ وزنی نمک طعام
اسیدبته سیال کانه ساز	خنثی	باتوجه به وجود کانی های آدولاریا و ایلیت، خنثی می باشد
منشأ آب	عمدتاً " آبهای جوی	باتوجه به درصد شوری سیال درگیر عمدتاً " آبهای جوی
گسترش دگرسانی ها	گسترش کم و محدود	گسترش محدود به چندمتری اطراف رگه
سنگهای همراه	آندزیت، دیوریت ریبوداسیت	مونزو دیوریت
کوارتز	کلسدونی، نواری، قلوه ای، کوکاد، شکافه پرکن	توده ای، نواری، قلوه ای، شکافه پرکن
منگنز	در قسمتهای سطحی جمع میشود	دندریت های منگنز در کوارتز توده ای در قسمتهای سطحی رگه هافراوان است
باطله ها	عمدتاً " کلسیت است. باریت و فلوریت کمیابند	کلسیت درشت بلور فراوان. باریت کمیاب است

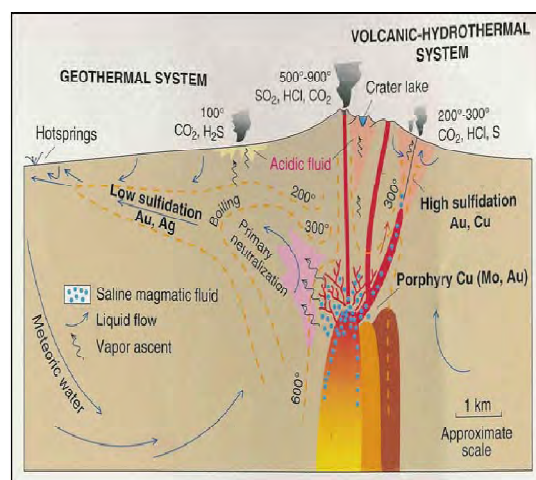
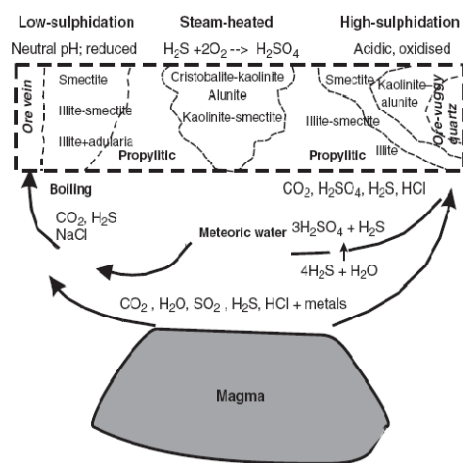


شکل ۵. الف) وجود میانبارهای حاوی حباب هوای بزرگ (تیره رنگ) به همراه میانبارهای حاوی فاز سیال در کوارتز نشانگر پدیده جوشش سیال کانه ساز است. ب) نمودارهای فراوانی شوری و دمای همسانی ج) نمودار شوری در مقابل دمای همسانی برای داده های نیکویه. د) نمودار شوری در مقابل دما (د) نمودار تیپ های مختلف کانه زایی بر اساس دما و شوری





ادامه شکل ۵



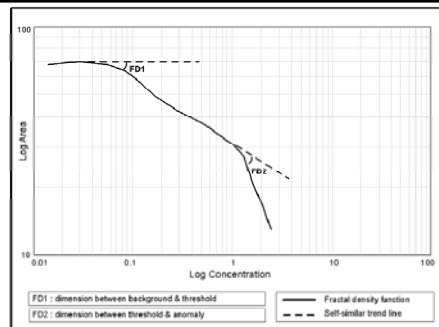
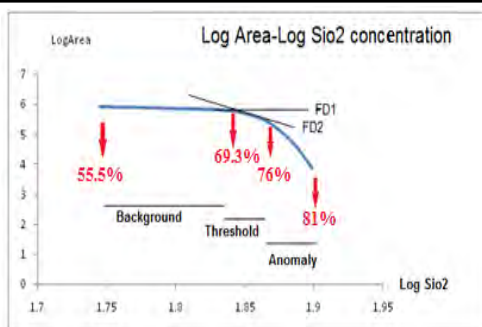
شکل ۶. (راست) شرایط عمق ودما برای تشکیل ذخایر اپی ترمال سولفیداسیون کم و سولفیداسیون زیاد (Hedenquist, 2004). (چپ) شرایط pH, Eh, وکانی های دگرسانی کلیدی در سیستم های اپی ترمال سولفیداسیون کم و سولفیداسیون زیاد. (Pirajno., 2009)

جدول ۴. منطقه بندی بافتی دررگه های کوارتزپلادار اپی ترمال بارور (Morison, 2002)

بلورین	نورای-قلوه ای	کلسدونی	زون اصلی
کوارتز دانه شکر-شانه ای	کوارتز نورای وقلوه ای	کوارتز توده ای	بافت
آدولاریا-سولفید، کلسیت بلورین	آدولاریا-سولفید-کربنات	آگات، آمیتست، چرت، اکسید آهن	کانی همراه
ناچیز	زیاد	ناچیز تا متوسط	عیار طلا
متغیر	متوسط تا زیاد	ناچیز	عیار فلزات پایه

جدول ۵. مقایسه بافت کوارتز و عیار عناصر ارزشمند همراه در تعدادی از نمونه های رگه کانه دار نیکوبه

شماره نمونه	مختصات (UTM)		مقدار کمی عناصر				بافت کوارتز
	شرقی E	شمالی N	Au(ppb)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	Cu(ppm)	
ZN-1	۳۷۱۸۴۳	۴۰۱۴۶۱۰	۴۰۰	۱۲۳۸۵	۱۶۳۵۹	۱۰۳۴۱	توده ای
ZN-24	۳۷۲۰۲۹	۴۰۱۴۵۷۷	۷۸۰	۱۴۵۱۲	۱۲۶۶۷	۹۴۴۷	ریزپلور
ZN-14	۳۷۳۱۵۵	۴۰۱۴۶۳۵	۵۷۹	۲۱۷۷۴	۱۶۵۹۸	۹۹۳۴	توده ای
ZN-39	۳۷۳۱۱۷	۴۰۱۴۶۳۰	۱۲۳۴	۲۴۹۲۱	۲۱۹۴۳	۱۴۲۳۴	نیمه بلور
ZN-73	۳۷۱۴۶۲	۴۰۱۴۷۶۹	۹۸۸	۱۹۸۵۲	۲۰۱۱۳	۱۵۲۹۸	درشت بلور
ZN-11	۳۷۱۴۵۰	۴۰۱۴۷۸۰	۲۸۹۷	۲۷۱۳۹	۲۷۴۹۲	۱۶۶۶۲	نورای
ZN-16	۳۷۱۴۳۳	۴۰۱۴۷۹۸	۴۶۰۲	۳۰۴۰۴	۲۸۰۳۲	۱۹۳۸۹	قلوه ای
ZN-84	۳۷۱۴۲۸	۴۰۱۴۷۹۹	۱۳۱۲	۳۱۸۳۶	۲۴۰۷۸	۱۷۵۳۷	درشت بلور
ZN-9	۳۷۱۴۲۸	۴۰۱۴۷۹۹	۸۶۳	۱۷۸۳۲	۱۱۰۵۶	۱۳۰۱۱	توده ای
ZN-44	۳۷۱۳۹۸	۴۰۱۴۹۶	۵۱۲	۱۴۷۳۳	۱۹۳۷۶	۸۰۴۶	دانه شکر



ب) نمودار لگاریتمی عیار-مساحت تجمعی برای توزیع ژئوفرکتالی سیلیس. منحنی به ۳ بخش با ضریب زاویه های متفاوت تقسیم می شود که مقادیر متناظر با نقاط تغییر شیب منحنی، حدود زمینه، آستانه و بی هنجاری سیلیس را مشخص می کنند

الف) نمونه ای از تابع فرکتال در الگوی لگاریتمی Are-Concentration نقل از Mandelbrot 2002، در این الگو توزیع کمیت مورد نظر Concentration دارای رابطه نمایی باسطوح درونیایی شده از همان توزیع Area بوده و در مختصات لگاریتمی به صورت توابع چندفرکتالی مشاهده می شود مقادیر FD1, FD2 به ترتیب دیمانسیون فرکتال بین جوامع زمینه-آستانه و آستانه-بی هنجاری می باشند.

شکل ۷. الف نمونه ای از تابع عیار مساحت تجمعی (ب) نمودار رسم شده برای داده های نیکوبه

حدود زمینه و آستانه برای توزیع فرکتالی سیلیس میباشد، رگه های کوارتز از عمق و کانی زایی قابل ملاحظه های برخوردار نیستند.

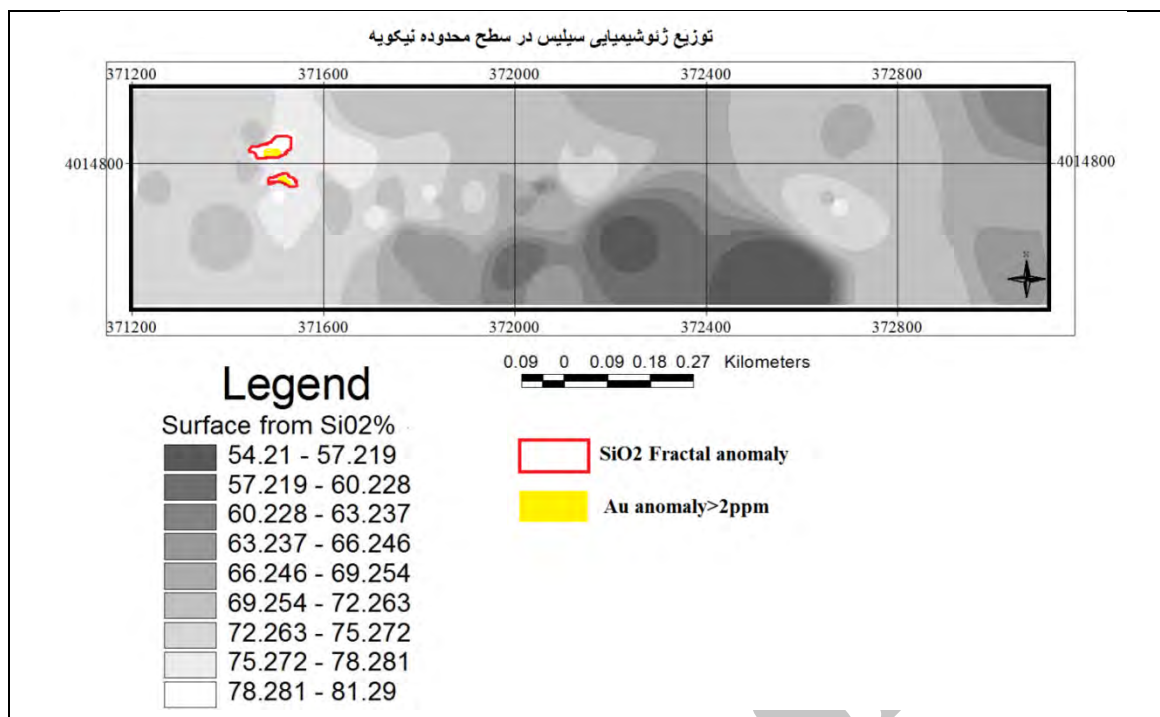
### نتیجه گیری

باتوجه به مطالعات انجام شده در محدوده نیکوبه دنتیجه حاصل شده است. ۱- وجود پتانسیل کانی زایی طلا و فلزات پایه در نوع اپی ترمال سولفیداسیون کم در رگه های کوارتزی منطقه. بررسیهای سطحی که تا عمق ۵ متری صورت گرفته عیار ۴/۶ گرم در تن طلا را نشان میدهد که با توجه به شواهد موجود از قبیل کاوشهای ژئوفیزیکی احتمال افزایش عیار در عمق رخساره های دگرسانی و دستیابی به ذخایر ارزشمند طلا و فلزات پایه همراه بسیار بالاست. با وجود مشابهت های زیاد مابین رگه های محدوده نیکوبه و سایر رگه های پراکنده در منطقه طارم، این تحقیق میتواند زمینه ساز توجه و آغاز طرح های اکتشافی در منطقه باشد. ۲- برای دستیابی به یک رهیافت نوین جهت ارزیابی پتانسیل کانه زایی رگه های اپی ترمال کوارتز طلا دار الگویی بر مبنای روشهای زمین ریاضی مبتنی بر هندسه فرکتال ارائه شده که دود هدف راهمزمان و با کمترین هزینه و در عین حال با سرعت و دقت بالایی دنبال میکند به گونه ای که میتوان به نتیجه ای بسیار نزدیک به واقعیت دست یافت. هدف اول ارزیابی بارور بودن رگه ها و هدف دوم تعیین مکان دقیق بی هنجاری طلا و عناصر همراه است. اگر منحنی توزیع غیرخطی سیلیس در دگرسانی های اطراف رگه ها که به روش عیار-مساحت تجمعی ترسیم شده به جوامع چندفرکتالی تقسیم شود نشانه تغییر و تحول در شرایط حاکم بر تشکیل رگه و ایجاد بافت های گوناگون در کوارتز داخل آن خواهد بود (Turcotte, 2007) که بنا به نظر Morisson (2002) شرط لازم برای بارور بودن رگه ها و ایجاد ذخایر اپی ترمال می باشد، در عین حال وجود مولفه های تکرار پذیر (نقاط هم استقامت روی منحنی) در هر یک از جوامع آستانه یا بی هنجاری نشان دهنده پایداری شرایط حاکم در آن جامعه بوده (Turcotte, 2007) که به عقیده Hedenquist (2004) لازم ایجاد ذخایر اپی ترمال است چرا که ظهور بافت قلوه ای و ته نشست طلا تنها زمانی اتفاق می افتد که شرایط فیزیکوشیمیایی پایدار باشد. بنابراین موقعیت مکانی مولفه های تکرار پذیر منطبق با ظهور بافت قلوه ای-نواری کوارتز و تجمع طلا خواهد بود که تنها با نمونه برداری سیستماتیک از هاله دگرسانی یک رگه کوارتزی و آنالیز عناصر اصلی و بارسم تابع لگاریتمی عیار-مساحت تجمعی مشخص خواهد شد، بدون اینکه نیازی به حفاری، مطالعات آزمایشگاهی دقیق و وقت گیر و آنالیزهای گران قیمت باشد.

منحنی دارای ۳ مولفه غلظت  $C(SiO_2)$ ، سطح محصور متناسب با تغییرات غلظت  $A(SiO_2)$  و ضریب  $\beta$  که بیانگر رابطه بین غلظت و سطح محصور متناسب با آن است، میباشد. تغییر در شرایط طبیعی باعث افزایش یا کاهش ضریب  $\beta$  و تغییر ناگهانی شیب منحنی (بعد فرکتال) و تفکیک جوامع فرکتال به زیر گروه های زمینه، آستانه و بی هنجاری میگردد (Mandelbrot, 2002). منحنی رسم شده برای داده های نیکوبه، به ۳ جامعه فرکتالی زمینه، آستانه و بی هنجاری تفکیک شده (شکل ۷-ب) و تغییرات ابعاد فرکتال برای هر جامعه محاسبه شد (جدول ۶). نتایج بدست آمده نشان دهنده افزایش اجزاء هم استقامت در جامعه بی هنجاری (عیار  $SiO_2$  بیشتر از ۷۶٪) بوده که انطباق خوبی با محدوده ظهور بافت قلوه ای-نواری و متعاقب آن افزایش عیار طلا دارد. محدوده بی هنجاری فرکتالی سیلیس و نیز آنومالی طلا به کمک امکان map query در (شکل ۸) مشخص گردیده اند. نتایج حاصل از مطالعات فوق به خوبی نمایان میسازد که تمرکز طلا در رگه، کاملاً منطبق بر محدوده بی هنجاری توزیع فرکتالی سیلیس در هاله دگرسانی (با وجود نقاط هم استقامت در جامعه بی هنجاری) بوده که همزمان با آن ظهور کوارتز با بافت قلوه ای-نواری، ناشی از فرایند جوشش سیال کانه دار و نیز پیدایش آثار کانی شاخص آدولاریا اتفاق افتاده است (شکل ۷). بنا بر این نظریات فوق الذکر در محدوده انتخابی نیکوبه صادق می باشند و میتوان از تلفیق آنها برای ارائه یک الگوی اکتشافی استفاده کرد.

### مطالعات ژئوفیزیکی

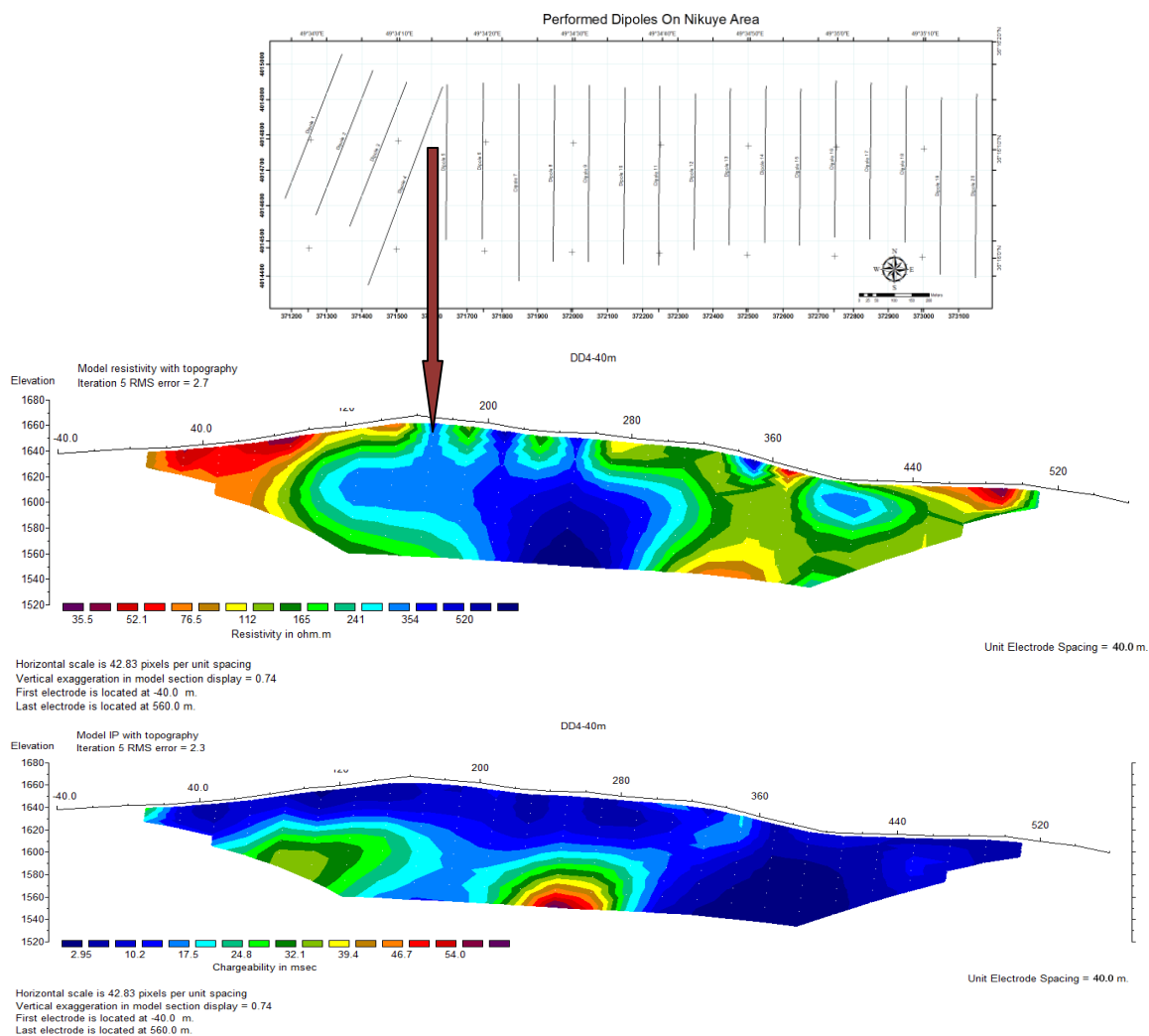
برای تعیین صحت نتایج بدست آمده از تحلیل های سطحی و حصول اطمینان از اعتبار الگوی پیشنهادی، تعداد ۲۰ پروفیل که برای برداشتهای مقاومت الکتریکی (RS) و پتانسیل القایی (IP) در منطقه زده شده بررسی شد (شکل ۹). مدل های دو بعدی ساخته شده توسط نرم افزار RES2DINV ریشه دار بودن رگه کوارتز و فلزات پراکنده درون آن را، در نواحی دارای بی هنجاری فرکتالی سیلیس به اثبات میرساند. در شکل (۱۱) دو محدوده بی هنجاری فرکتالی سیلیس در غرب نقشه دیده میشود که در آنها بافت قلوه ای-نواری در عمق حدود ۴ متری ترانشه ها دیده شده و مقطع شبیه سازی شده، ریشه دار بودن رگه کوارتز و کانه سازی درون آن را در عمق تأیید میکند. این نتایج میتواند دال بر صحت الگوی پیشنهادی باشد. (میزان RS بالا نشانگر وجود رگه کوارتز با مقاومت الکتریکی بالا و IP بالا نمایانگر فراوانی فلزات پراکنده در آن میباشد). در مدل های دو بعدی تهیه شده از نواحی که در سطح زمین، دارای



شکل ۸. توزیع ژئوشیمیایی سیلیس در محدوده نیکویه. سطوح درونیابی شده به روش کریجینگ و توزیع سیلیس به صورت خطی-پیوسته بوده و تفکیک جوامع براساس روشهای آماری معمول صورت گرفته است. محدوده بی هنجاری ژئوفرنکالی سیلیس به کمک مقادیر استخراج شده از نمودار عیار-مساحت تجمعی مشخص گردیده که بسیار کوچک تر از هاله بی هنجاری ژئوشیمیایی سیلیس بوده و موقعیت بی هنجاری طلا(عیار بالاتر از ۲ppm) درست منطبق بر آن می باشد.

جدول ۶. توزیع فرکتالی سیلیس و تغییرات بعد فرکتال در هر جامعه و نیز گونه بافتی مرتبط با آن جامعه

درصد سیلیس	تغییرات بعد فرکتال	جامعه فرکتالی	بافت مشاهده شده	عیار طلا
54.58	0.275	زمینه	کلسدونی توده ای ریزبلور	400ppb-950ppb
56.83	0.394			
57.95	0.612			
59.63	0.503			
60.79	0.662			
62.49	0.769			
64.02	0.671			
65.58	0.853			
66.96	0.937			
68.58	1.016			
69.93	1.382	آستانه	ریزبلور	950ppb-2ppm
71.55	1.405		درشت بلور	
73	1.501			
74.31	1.573			
76.03	1.749	بی هنجاری	درشت بلور	2ppm-4.6ppm
77.45	1.911			
78.77	1.913			
80.73	1.919			



شکل ۹. الف) پروفیل های برداشت RS, IP در محدوده اکتشافی نیکویه. ب) مقطع مدل سازی شده شماره ۴ که دقیقاً از محل تطابق بی هنجاری سیلیس و طلا برداشت شده؛ میزان RS بالا نشانگر افزایش مقاومت الکتریکی سنگهاست که خود به سبب وجود رگه کوارتزی میباشد. در عین حال میزان IP نیز بالا بوده که حاکی از کانی سازی سولفیدی غیر منسجم در رگه کوارتزی میباشد. (داده ها از شرکت تحقیقات و توسعه مواد معدنی ایران)

### قدر دانی

در این مجال از ریاست و مهندسین محترم شرکت تحقیقات و توسعه مواد معدنی ایران به جهت حمایت در انجام این پژوهش، کمال تشکر را می نمایم.

### منابع

- افضل، پ.، ۱۳۸۹- استفاده از روش فرکتالی عیار-حجم در جدایش زون هادر کانسارهای پورفیری. فصلنامه علوم زمین، سال بیستم، شماره ۷۸، صفحه ۱۶۷ تا ۱۷۲
- آقاباتی، س. علی، ۱۳۸۵- زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۱۱، ۵۸۶ صفحه.
- پیروان، ح.، ۱۳۷۱- بررسی پتروگرافی و پترولوژی و ژئوشیمی سنگ های آذرین درونی شمال ابهر و ارتباط پلوتونیسم منطقه باکانی سازیهای انجام شده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- حاج علیلو، ب.، ۱۳۸۷- ژئوترمومتری میانبارهای سیال. دانشگاه پیام نور، ۳۰۷ صفحه.
- حاج علیلو، ب.، ۱۳۸۲- بررسی خصوصیات متالورژیکی زون ساختاری البرز غربی و معرفی آثار کانی سازی طلا در دگرسانی های گرمابی این مناطق، بیست و دومین همایش سازمان زمین شناسی.
- شرکت تحقیقات و توسعه مواد معدنی ایران، ۱۳۹۰- گزارش اکتشافات ژئوفیزیکی نیکویه، استان قزوین.
- مهرنیاس، ر.، ۱۳۸۹- توزیع پذیری غیرخطی سیلیس، روش نوینی برای شناسایی الگوی ناحیه بندی بافتی در اندیس های طلا دار استان آذربایجان شرقی. مجله علوم دانشگاه تهران، جلد سی و ششم، ۱، صفحه ۶۹-۸۱.

Bazargani-Guilani, K., Parchekani, M. & Nekouvaght Tak, M. A., 2008-Mineralization in the Taroum mountains, view to Barik-Ab Pb-Zn-Cu deposit, Western Central Alborz, Iran. WSEAS conferences, Cambrig, London, 1, pp. 55-63



- Goncalves, M. A., 2001-Characterization of geochemical distributions using Multifractal models, *Math. Geol*, 33:41-61
- Guest, B., Guest, A. & Axen, G., 2007-the Tertiary tectonic evolution of northern Iran: A case for simple crustal folding.
- Guoyi, D., 2008-Epithermal gold deposit researches. Reported in: AMIRA project, Queensland. 245p.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A., Izawa, E., Whit, N. C., 2004-Epithermal gold deposits, styles, characteristic and exploration. Society of Resource Geology, Special Publication 1, 2 sheet poster: 70.
- New Edition Mandelbrot, B. B., 2002-The Fractal Geometry of Nature, W. H. Freeman, San Francisco, 468p.
- Morison, G., Guoyi, D., 2002-Textural zoning in Epithermal Quartz veins, J.C, Univ., Queensland.
- Poliquin, M., 2011-Low-Sulphidation Epithermal quartz-adularia gold silver veins, Almaden Minerals Ltd, 24:17-29
- Pirajno, F., 2009-Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer. 1273p.
- Sillito, R. H., 1993- Epithermal models: Genetic types, geometrical controls and shallow features. Mineral deposit modeling, GAC Special Paper 40, 798p.
- Turcotte, D. L., 2007-Fractals in geology and geophysics. Cambridge Univ. press, New York. New Edition.
- Wilkinson, J. J., 2001- Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits. ELSEVIER, 104:229-272.

Archive of SID