

زمین شناسی، دگرسانی، کانی سازی و مطالعات ژئوشیمیایی در منطقه کلاته تیمور، شمال شرق ایران

زهرا اعلمی نیا^۱، محمدحسن کریم پور، محمدرضا حیدریان شهری

گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۱۳، نسخه نهایی ۱۳۸۹/۳/۲۰

چکیده

منطقه کلاته تیمور در ۲۰ کیلومتری شمال غرب کاشمر و ۴ کیلومتری روستای کلاته تیمور در استان خراسان رضوی قرار دارد. این منطقه جزئی از کمربند آتشفشانی- درونی شمال گسل درونه است و از نظر ساختاری در جنوب زون سبزوار، حد فاصل گسلهای درونه و تکنار واقع شده است. سنگهای منطقه شامل دو واحد اصلی مجموعه سنگهای آذرآواری- آتشفشانی با سن ائوسن زیرین تا میانی و سنگهای نیمه عمیق می باشد. سنگهای آتشفشانی با طیف ترکیبی آندزیت بازلت، آندزیت، لاتیت، تراکیت، داسیت و ریوداسیت به صورت گدازه، توف، لاپیلی توف و آگلومرا دیده می شود. بر اساس پیمایشهای صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی، چندین توده نفوذی در منطقه برای اولین بار شناسایی شد. توده های نفوذی با رخنمون کوچکی به شکل استوک دیده می شوند. نفوذیها شامل کوارتز هورنبلند بیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتز بیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتز دیوریت پورفیری و میکرودیوریت می شود. بارزسازی هاله های دگرسانی در محدوده مورد نظر با استفاده از طول موجهای VNIR و SWIR مربوط به تصاویر سنجنده های ETM⁺7 و استر انجام گرفت. آلتراسیون در منطقه، گستردگی خطی دارد و شامل انواع پروپیلیتیک، سرسیتیک، آرژیلیک و سیلیسی است. با وجود وسعت زیاد آلتراسیون در منطقه، وسعت کانی سازی در سطح محدود است. فراوانی کانی سازی سولفیدی کمتر از ۳٪ و بیشتر به شکلهای افشان، استوک ورک و پرکننده فضای خالی دیده می شود. در منطقه چشمه نقره، آثار فعالیت های معدن کاری قدیمی مشاهده می شود که بیانگر اهمیت معدنی این منطقه در زمانهای گذشته است. اکتشافات ژئوشیمیایی باعث کشف ناهنجاریهایی از عناصر طلا، مس، سرب، روی، نقره، آرسنیک، آنتیمون، جیوه و بیسموت گردیده است. بررسیهای ژئوشیمی سنگی در نواحی آلتراسیون، نشان دهنده همبستگی طلا با عناصر مس، سرب، روی و نقره می باشد. با توجه به الگوی آلتراسیون، توزیع غیریکنواخت کانی سازی و درصد پایین کانی زایی سولفیدی، مطالعات بیشتر می تواند بر روی سیستم منطقه در تیپ کانسار طلا- مس گرمایی از نوع کم سولفید صورت گیرد.

واژه های کلیدی: پردازش تصاویر ماهواره، آلتراسیون، کانی زایی، ژئوشیمی سنگی.

مقدمه

قدیمی به صورت گودال و ترانشه در مناطق چشمه نقره، باغ قاضی و سرتخت معدن دیده می شود که به نظر می رسد جهت استحصال مس، طلا و نقره بهره بردای می شده است [۳]. مطالعات قبلی در این محدوده شامل تهیه نقشه های زمین- شناسی ۱:۲۰۰۰۰، ۱:۵۰۰۰۰، مطالعات ژئوشیمیایی نیمه تفصیلی به روش رسوبات آبراهه ای و حفر ترانشه است [۴]، [۳]. در این پژوهش به علت وسعت و اهمیت زیاد دگرسانی در

منطقه کلاته تیمور در بخش جنوبی استان خراسان رضوی و بیست کیلومتری شمال غربی کاشمر قرار دارد که طی سالهای ۱۳۷۵-۱۳۷۰ در راستای اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای محور سمنان- تربت حیدریه توسط سازمان زمین شناسی کشور با همکاری کارشناسان چینی به عنوان یکی از پتانسیلهای طلا معرفی شد [۱، ۲]. در محدوده نام برده کارهای معدن کاری

منطقه، عمده مطالعات بر روی نواحی دگرسانی منطقه انجام شده است.

روش مطالعه

- پردازش داده‌های ماهواره لندست ETM⁺ و استر منطقه با نرم افزار ER Mapper 6.3 جهت بارسازی زونهای دگرسانی

- تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، کانی‌سازی و آلتراسیون با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ در وسعت ۵ کیلومتر مربع

- برداشت ۱۰۶ نمونه سطحی به منظور بررسیهای سنگ‌شناسی و تفکیک توده‌های نفوذی و ۸۰ نمونه آلتراسیونی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای استر به منظور بررسی نوع و تغییرات آلتراسیون

- مطالعه میکروسکوپی ۷۲ مقطع نازک و بلوک نازک صیقلی و صیقلی برای بررسیهای پتروگرافی و کانی‌سازی

- برداشت ۲۴ نمونه سنگی از زونهای آلتراسیون و کانی‌سازی شده برای بررسیهای ژئوشیمیایی به روش خرده سنگی

- تجزیه نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروگراف نشری برای عناصر کانه‌ساز Cu, Au, Ag, Pb, Zn و کنترل مجدد مقادیر بالا با دستگاه جذب اتمی و برای عناصر Sb, As, Hg, Bi استفاده از فلورسانس اتمی در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

- تعبیر و تفسیر نتایج حاصل و نتیجه‌گیری

زمین‌شناسی عمومی

با توجه به تقسیم‌بندی رسوبی ساختاری عمده ایران محدوده در حاشیه شمالی ایران مرکزی جای می‌گیرد [۵]. از نگاه زمین‌ساخت و زیر پهنه‌های ایران مرکزی محدوده در بخش جنوبی زون سبزواری در میان دوگسل بزرگ کویر (درونه) و گسل تکنار (ریوش) قرار دارد که برخی از زمین‌شناسان از آن به‌عنوان زون تکنار نام می‌برند. جنبشهای تکتونیکی در طول سنوزوئیک، موجب در هم ریختگی سیستم گسلی تکنار به ویژه در قسمت شرقی شده است و به همین دلیل مرز شرقی زون تکنار با ابهام روبه‌روست ولی حد غربی آن محل برخورد گسل

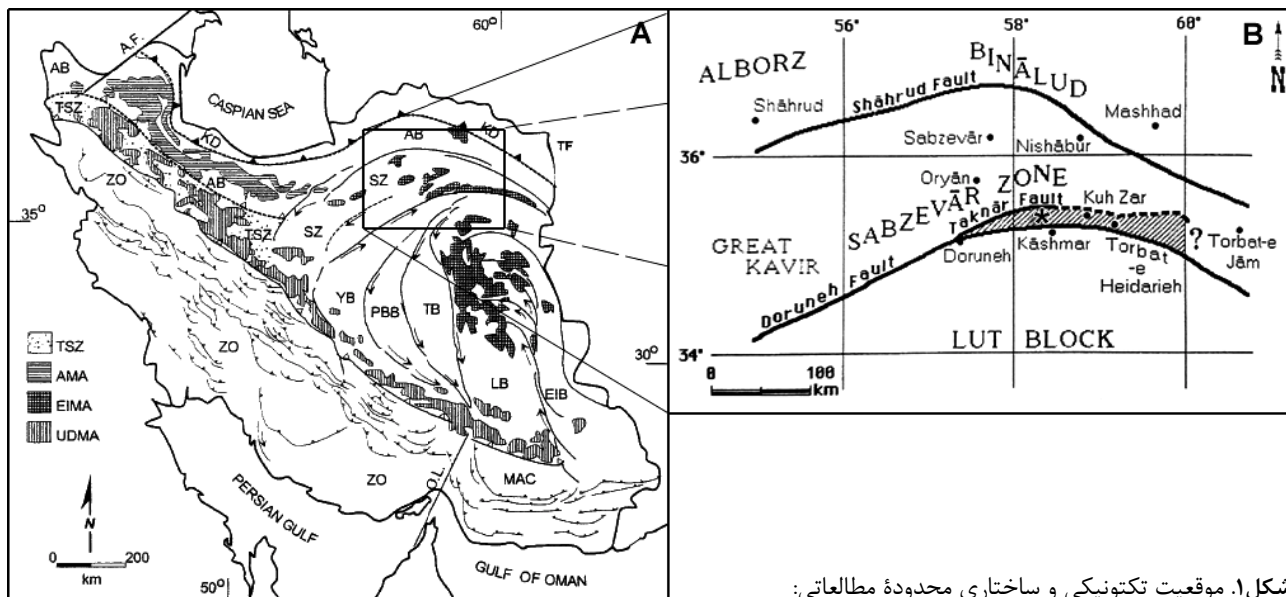
ریوش با گسل درونه است و با پنجره فرسایشی تکنار مشخص می‌شود (شکل ۱) [۶]. مولر و والتر ساختار درونی پنجره فرسایشی تکنار را به صورت یک تاقدیس شکنجی معرفی کرده‌اند که تاقدیس‌ها و ناودیس‌های آن در برخی از قسمت‌ها به وسیله سیستم‌های گسلی عادی و معکوس درهم ریخته‌اند. دگرشکلی فشارشی سنگهای پرکامبرین و پالئوزوئیک آن را به واقعه کیمبرین پیشین نسبت داده‌اند [۷]. به عقیده لیندنبرگ و جاکوبس هاگن دگرشکلی کوه‌زایی پیش از پالئوسن به احتمال زیاد چندان مهم نبوده و حوادث تکتونیکی نخستین احتمالاً از نوع گسلس بلوکی و بالآمدگی منطقه‌ای بوده‌اند [۸].

سنگهای آتشفشانی و آتشفشانی رسوبی بخش مرکزی زون تکنار، توسط مجموعه‌ای نفوذی (گرانیتوئید بورنورد) مورد نفوذ قرار گرفته است.

بر اساس نوشته اسماعیلی و همکاران، گرانیت بورنورد در یک محیط تکتونیکی از نوع بالآمدگی خشکی‌زایی قاره‌ای (CEUG) تشکیل شده و در رده گرانیت‌های غیرکوه‌زایی نوع A قرار می‌گیرد. این گرانیت‌ها در یک محیط ریفت درون قاره‌ای (WPG) تشکیل شده که هرگز به مرحله اقیانوسی‌زایی نرسیده و از ذوب بخشی سنگهای پوسته قاره‌ای به‌وجود آمده‌اند [۱۰].

به عقیده سلطانی وجود مقادیر بالای $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ اولیه (۰/۷۵۰۰۸ - ۰/۷۰۷۵۷) و مقادیر منفی ENd (۵/۲۰ -) تا ۱/۴۱-) بیانگر آن است که ماگمای تولید کننده بورنورد به طور وسیعی با ^{87}Sr مشتق شده از سنگهای مافیک قدیمی‌تر پوسته قاره‌ای آلوده شده یا ماگما به وسیله ذوب بخشی از خود سنگ فلسیک قدیمی پوسته قاره‌ای تولید شده است. او بورنورد را گرانیت نوع I می‌داند [۱۱].

آنچه که به عنوان گرانیت بورنورد معرفی می‌شود در واقع مجموعه‌ای از سنگهای مختلف اسیدی و حدواسط در حد گرانیتی - گرانودیوریتی - تونالیتی، گابرودیوریتی است [۱۲]. گرانیت‌ها رنگ کاملاً روشن داشته و متوسط تا درشت بلور هستند. درحالی‌که دیوریت‌های تیره‌تر، دانه متوسط تا دانه‌ریز می‌باشند. به گفته رزاق منش گرانیت‌ها از نوع آلکالی گرانیت و دیوریت‌ها از نوع هورنبلند دیوریت است.



شکل ۱. موقعیت تکتونیکی و ساختاری محدوده مطالعاتی:

(A) نقشه راهنمای عناصر اصلی تکتونیکی ایران (با تغییراتی پس از علوی، ۱۹۹۷): SZ: زون ساوه- تبریز، AMA: کمربند ماگمایی البرز، EIMA: کمربند ماگمایی شرق ایران، UDMD: کمان ماگمایی ارومیه- دختر؛ محدوده مطالعاتی در ناحیه EIMA قرار دارد [۹].
(B) محدوده کلاته تیمور با علامت ستاره در زون تکنار (شمال غرب کاشمر) مشخص شده است [۸].

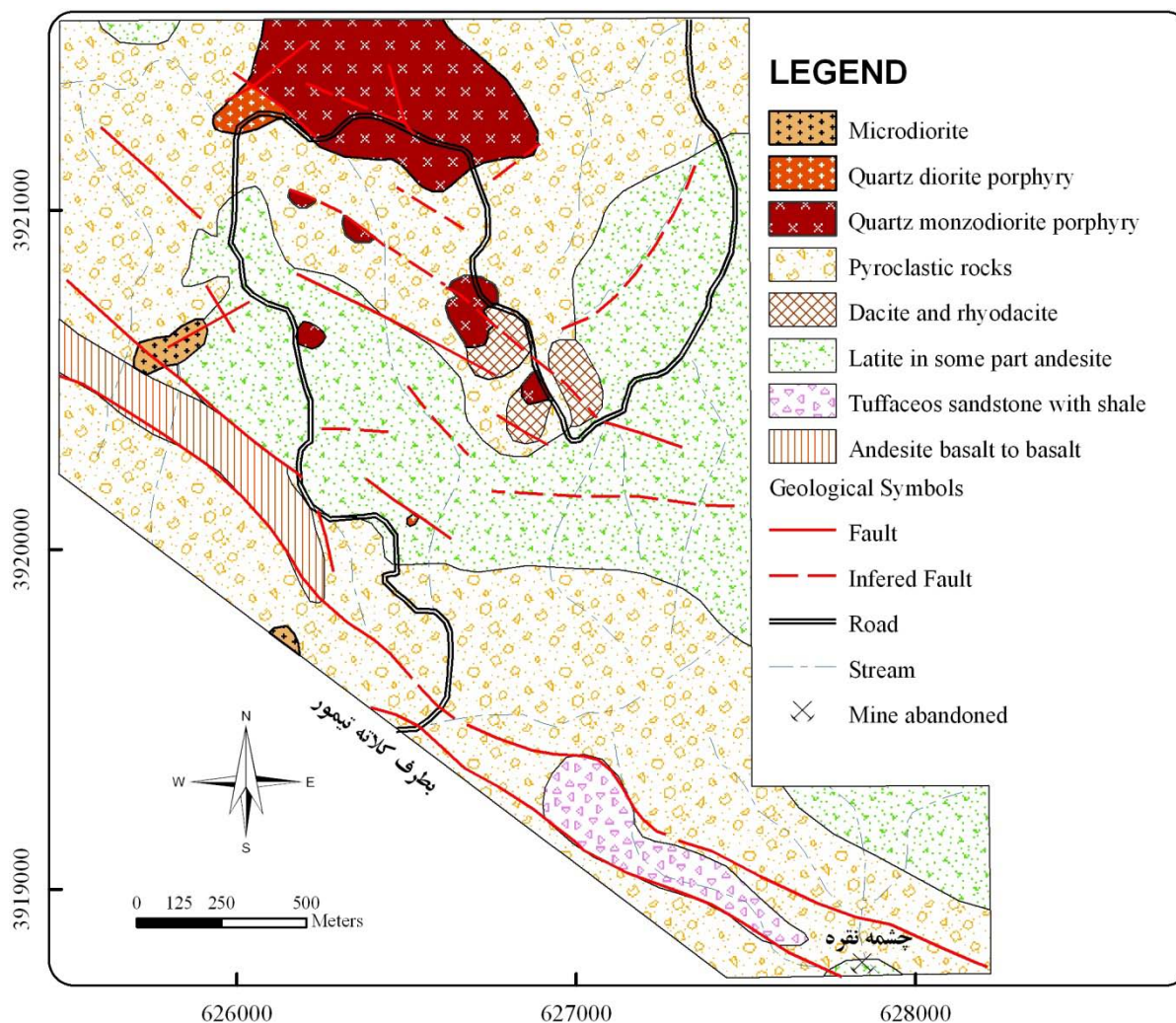
زمین‌شناسی منطقه‌ای

آن شمال غرب- جنوب شرق است. این سنگها بافت پورفیری- ارتوفیری و درحد ۳۰-۲۵٪ فنوکریست دارند. درشت بلورها شامل پلاژیوکلاز ۲۰٪، آلکالی فلدسپات کمتر از ۷٪، پیروکسن ۵-۱۰٪. سنگهای آندزیت، لاتیت و تراکیت به صورت متناوب بیشترین برون زد را در مرکز منطقه دارند (شکل ۲). این سنگها بافت پورفیری و گلوپورفیری داشته و به طور متوسط ۷-۱۵٪ فنوکریست دارند. اندازه درشت بلورها از ۰/۵ تا ۲ میلی‌متر متغیر است. درشت بلورها اغلب شامل پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپات، هورنبلند و به میزان کمتر پیروکسن دیده می‌شود [۱۴].

داسیت‌ها و ریوداسیت‌ها رخنمون کمتری دارند و در شمال شرق مشاهده می‌شوند (شکل ۲). بافت آنها پورفیری- ویتروفیری است. در حدود ۹-۷٪ فنوکریست دارند. اندازه متوسط فنوکریست در آنها ۱-۰/۱۵ میلی‌متر است [۱۵]. سنگهای آذرآواری: سنگهای آذرآواری با بافتهای پیروکلاستیک، پورفیری و شیشه‌ای دیده می‌شوند. در ناحیه شرقی منطقه، اندازه قطعات لیتیک داخل توف‌های کریستالی لیتیک، گاه به ۳۰ میلی‌متر می‌رسد. این توف‌ها به صورت توده‌ای هستند. توف‌های سبز لابه‌ای در ناحیه شمالی دیده می‌شود.

محدوده مطالعاتی در کمربند آتشفشانی نفوذی شمال گسل خواف درونه قرار دارد. به استناد نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر، لیتولوژی منطقه جوان بوده، و شامل مجموعه سنگهای آتشفشانی- آذرآواری با ترکیب حدواسط تا اسیدی است [۱۳]. قدیمی‌ترین لیتولوژی منطقه، مربوط به اوایل ائوسن زیرین است. مجموعه سنگهای آتشفشانی ترشیاری بیشترین رخنمون را در منطقه دارند. سنگهای آتشفشانی با ترکیب آندزیت بازالت، آندزیت، لاتیت، تراکیت، داسیت و ریوداسیت به صورت گدازه، توف، لاپیلی توف و آگلومرا دیده می‌شود. بر اساس پیمایشهای صحرائی و مطالعات آزمایشگاهی چندین توده نفوذی شناسایی شد. توده‌های نفوذی رخنمون کوچکی در سطح زمین دارند و به شکل استوک دیده می‌شوند. نفوذیها شامل کوارتز هورنبلندیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتزبیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتزدیوریت پورفیری و میکرودیوریت می‌باشد [۱۴].

سنگهای آتشفشانی: آندزیت بازالت‌ها قدیمی‌ترین سنگهای منطقه هستند و در غرب محدوده دیده می‌شوند و به صورت نواری باریک و پیوسته با مرزهای گسلی دیده می‌شوند (شکل ۲). روند



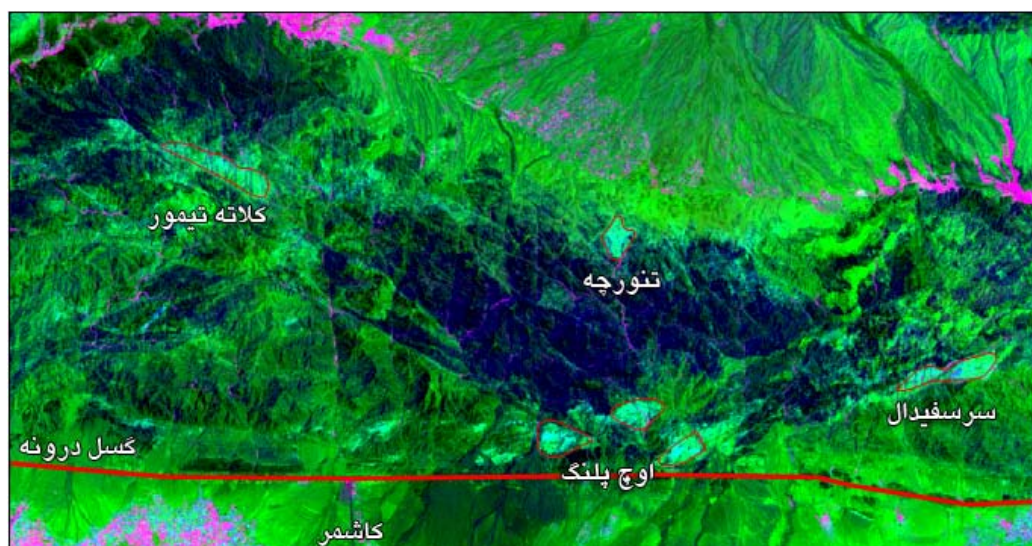
شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی [۱۴].

فونوکریست‌ها کوچکتر می‌شود. درصد کانیه‌های اپک (پیریت) که به شکل افشان در سطح سنگ دیده می‌شود، به ۲ تا ۳ درصد می‌رسد. رخنمون‌های توده ساب ولکانیک کوارتز دیوریت پورفیری در غرب منطقه دیده می‌شود (شکل ۲). زمینه آن افتیک و درصد فونوکریست‌ها بیشتر بوده و در حد ۳۵-۲۵٪ است. فونوکریست‌ها با اندازه متوسط ۲/۵-۱/۲ میلی‌متر دیده می‌شود [۱۴].

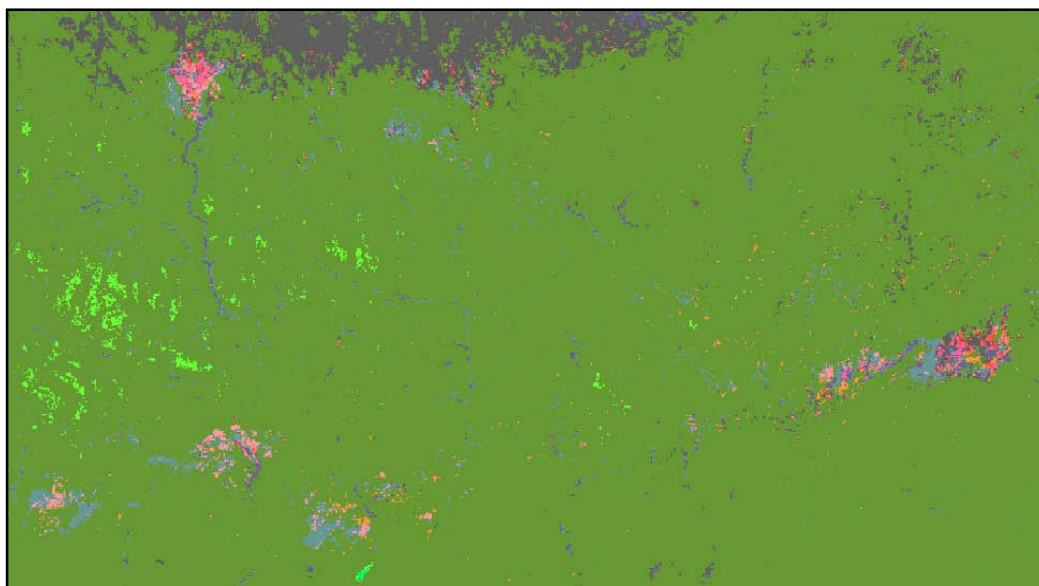
توده نفوذی میکرودیوریت در امتداد زون گسلی چند رخنمون کوچک دارد (شکل ۲). بافت آن گرانولار است. اندازه متوسط پلاژیوکلازها در حد ۰/۳ میلی‌متر است. فراوانی آنها در حد ۲۰ تا ۳۰ درصد دیده می‌شود. کانی مافیک از نوع کلینوپیروکسن و آمفیبول با فراوانی ۲ تا ۳ درصد وجود دارد.

توفیت‌ها در جنوب غرب معدن متروکه چشمه نقره، به صورت تناوبی از شیل و ماسه‌سنگ با گدازه‌های آندزیتی که دارای لایه‌بندی و شیب کم حدود ۱۷/۵ درجه با امتداد شمال غرب-جنوب شرق است، مشاهده می‌شود [۱۵].

سنگهای نفوذی: بیشترین رخنمون از توده ساب ولکانیک کوارتز هورنبلند بیوتیت مونزودیوریت پورفیری در شمال محدوده دیده می‌شود که توپوگرافی ملایمی دارد (شکل ۲). دارای ۲۰-۲۵٪ فونوکریست در زمینه آپلیتی است. اندازه فونوکریست‌ها بین ۰/۳ - ۷ میلی‌متر متغیر است. در مرکز توده فونوکریست‌های هورنبلند گاه بیشتر از ۷ میلی‌متر رشد دارند و در حاشیه غربی توده به کوارتز بیوتیت مونزودیوریت پورفیری تبدیل می‌شود که میزان هورنبلند کمتر از بیوتیت است و اندازه



شکل ۳. در نسبت جدید (4/3) R و (5) G و (5/7) B مرز مناطق دگرسانی شمال گسل درونه قابل تمیز از واحدهای دیگر هستند.



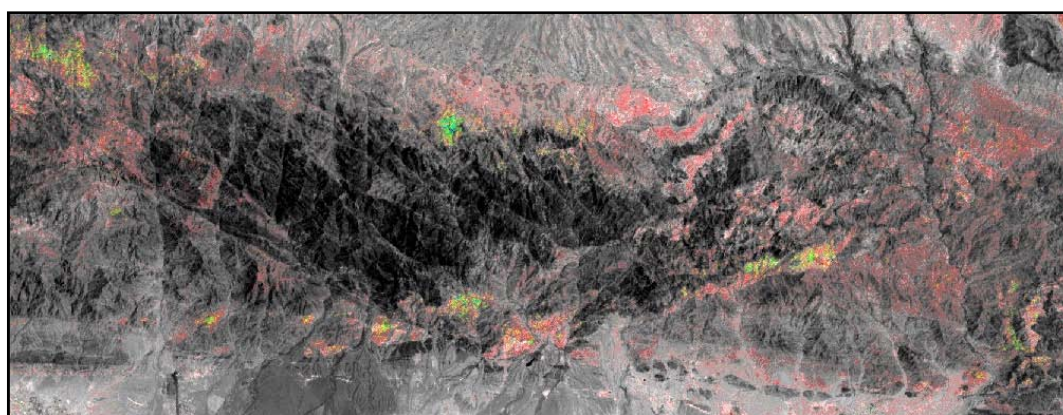
شکل ۴. در نسبت جدید (5/2) R و (1/4) G و (5/7) B مناطق دگرسانی با رنگهای صورتی، آبی، ارغوانی، نخودی دیده می‌شود.

ماتریس همبستگی، بیشترین و کمترین همبستگی بین باندها تعیین می‌شود و در انتخاب تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از آنها استفاده می‌شود. بیشترین همبستگی در باندهای ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۷ دیده می‌شود [۱۷]. به عبارتی این باندها در قسمت مرئی طیف بیشترین همبستگی را نشان می‌دهند و کمترین همبستگی میان باندهای ۱ و ۴ و ۵ و ۷ مشاهده می‌شود (جدول ۳). لذا جهت باررسانی بیشتر در فضای نمایشی اشباع جلا شدت (HSI) از نسبت $[PC1(۵,۴,۱) - PC2(۵,۴,۱) - PC3(۵,۱,۷)]$ استفاده گردید (شکل ۵).

- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی
غالباً داده‌های باندهای سنجنده‌های چند طیفی به‌خاطر تشابه بازتاب پدیده‌ها و همپوشانی حساسیت طیفی باندها، همبستگی بالایی دارند. این همبستگی بالا، نوعی تکرار اطلاعات بوده و با متراکم کردن اطلاعات در تصویر به تفسیر بهتر داده‌های ماهواره‌ای کمک خواهد کرد، به عبارتی روش PCA در جهت فشردگی و متراکم کردن داده‌ها، حذف اطلاعات اضافی و تکراری طیفی عمل می‌کند و سپس با متمرکز کردن عمده اطلاعات چند باندهای که باهم همبستگی بالایی دارند و قرار دادن آنها در یک باند با واریانس بالا به‌کار می‌رود [۱۹]؛ پس با اندازه‌گیری

جدول ۳. محاسبه ماتریکس همبستگی بین باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷ از سنجنده ETM⁺7 [۱۷].

Correlation Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
Band1	۱/۰۰					
Band2	۰/۹۹۰	۱/۰۰				
Band3	۰/۹۶۲	۰/۹۸۴	۱/۰۰			
Band4	۰/۹۲۲	۰/۹۴۰	۰/۹۴۵	۱/۰۰		
Band5	۰/۹۳۲	۰/۹۶۱	۰/۹۶۶	۰/۹۴۳	۱/۰۰	
Band7	۰/۹۲۲	۰/۹۵۲	۰/۹۶۹	۰/۹۱۵	۰/۹۸۵	۱/۰۰



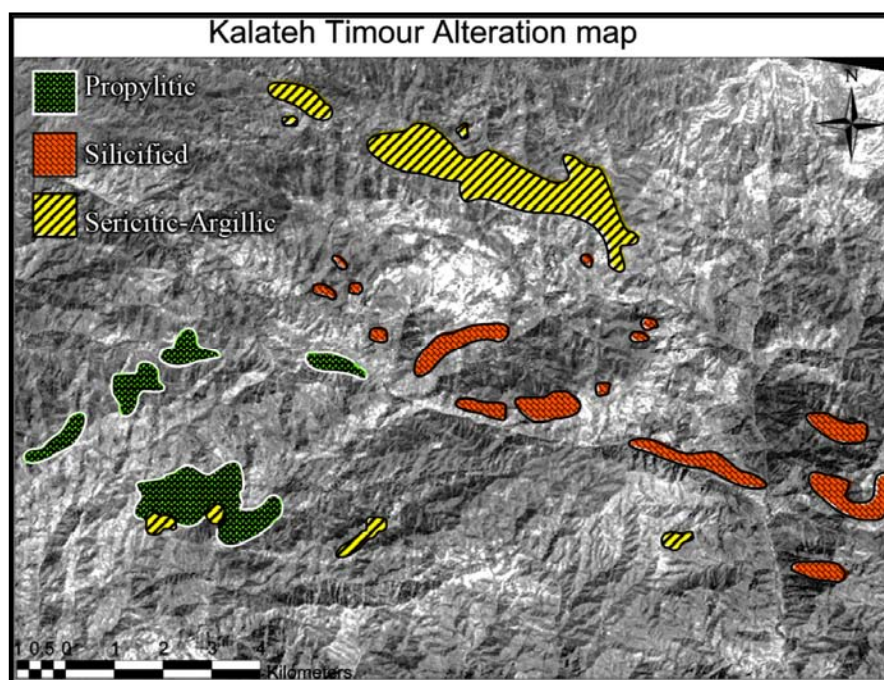
شکل ۵. روش $[PC3(۵,۱,۷) - PC2(۵,۴,۱) - PC1(۵,۴,۱)]$ HIS [۱۷].

دگرسانی و کانی‌سازی

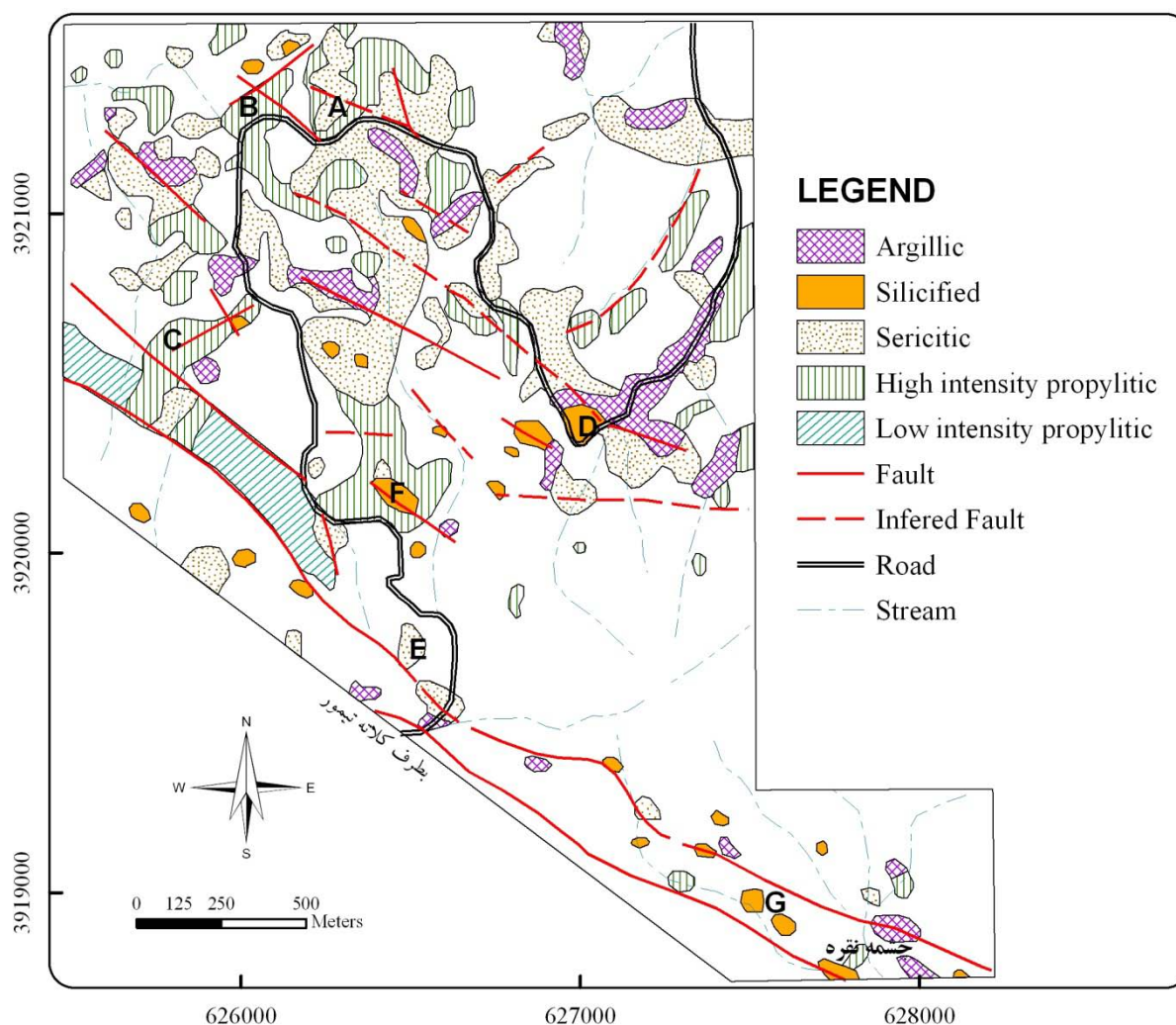
در تصاویر پردازش شده لندست⁺ ETM⁺، نواحی دگرسانی گسترش وسیعی در محدوده مطالعاتی دارند. گسترده‌ی دگرسانی منطقه راستای شمال‌غرب- جنوب‌شرق دارد (شکل ۶). به منظور تفکیک کانیهای موجود در زون‌های دگرسانی، داده‌های ماهواره استر با روش ویژه پردازش شد و کانیهای ژاروسیت، کلریت، سرسیت، کائولینیت، کوارتز، اکسیدهای آهن ثانویه شناسایی شدند. انواع زون‌های سرسیتیک، آرژیلیک، پروپلیتیک و سیلیسی مشاهده می‌شود.

بیشترین رخمون زون پروپلیتیک در شمال و غرب منطقه مطالعاتی دیده می‌شود. وسعت رخمون آن در منطقه مورد بررسی به ۰/۳ کیلومتر مربع می‌رسد. کانیهایی که در این زون دیده می‌شود بیشتر از نوع اپیدوت، کلریت، زونزیت و به مقدار کمتر آلبیت و کربنات می‌باشد. اپیدوت و کلریت به دو صورت

پراکنده در متن سنگ و پراکنده فضای خالی دیده می‌شود. رگه‌های موجود در این زون شامل کوارتز + کلریت، کوارتز + اپیدوت + کلسیت است که کوارتز با بافت شانه‌ای در حاشیه و کلریت و اپیدوت در وسط رگه دیده می‌شود. شدت دگرسانی این زون در واحد قدیمی آندزیت‌بازالت ائوسن زیرین که در غرب منطقه رخمون دارد؛ کم بوده و در کل سنگ به صورت اپیدوت (۷ تا ۱۰٪) + زونزیت (کمتر از ۲٪) + کلسیت (۲ تا ۵٪) + رس دیده می‌شود و فاقد کانی‌زایی است. زون پروپلیتیک در سنگهای ساب ولکانیک کوارتز هورنبلند بیوتیت مونزودیوریت پورفیری و کوارتز دیوریت پورفیری که در شمال منطقه است؛ به صورت اپیدوت (۳ تا ۱۵٪) + کلریت (۲ تا ۱۰٪) + زونزیت (کمتر از ۵٪) دیده می‌شود که همراه با کانی‌زایی سولفیدی از نوع پیریت به صورت افشان و استوک‌ورک دیده می‌شود (شکل ۷).



شکل ۶. تفکیک زون‌های آلتراسیونی در تصویر ماهواره‌ای استر؛ نواحی دگرسانی در منطقه مطالعاتی در بخش شمالی تصویر با روند شمال غرب- جنوب شرق دیده می‌شود [۱۴].



شکل ۷. نقشه آلتراسیون محدوده مطالعاتی؛ نقاط A,B,C,D,E,F,G نقاط کانی‌زایی هستند [۱۴].

بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار پیریت را به‌جای گذاشته است. اغلب این بلورهای سولفیدی اکسید شده در اندازه‌های کوچک از ۰/۰۳ تا ۰/۲ میلی‌متر دیده می‌شود. میزان اکسیدهای ثانویه حاصل سولفید در خود سنگ به حدود ۱/۵٪ می‌رسد. تعداد رگه‌ها در سنگ زیاد بوده و گاه عرض رگه‌ها به ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر می‌رسد. در میان رگه‌ها قطعاتی از سنگ میزبان که سرسیتی شده است؛ به چشم می‌خورد. کوارتز در زمینه نیز به دو شکل اجتماع بلورهای ریزدانه کوارتز با حاشیه‌های کنگره‌دار و دیگری به‌شکل تبلور مجدد در زمینه سنگ دیده می‌شود. زون سرسیتیک با برون‌زد تقریبی ۰/۴۵

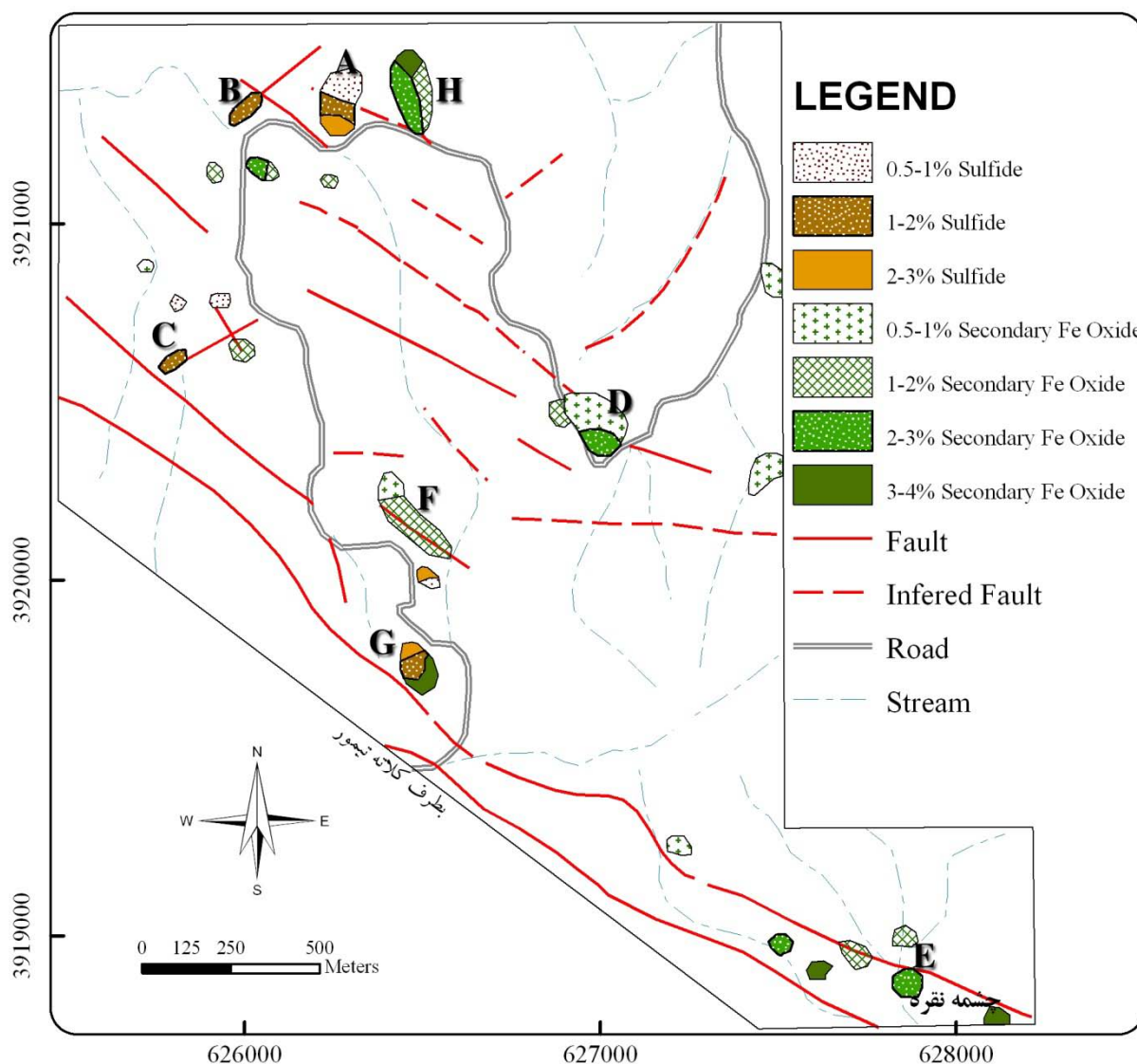
زون سیلیسی با الگوی مشخص در اطراف زون‌های گسلی دیده می‌شود و رخنمون آن به وسعت تقریبی ۰/۰۵ کیلومتر مربع می‌رسد. بیشترین رخنمون آن در منطقه چشمه نقره و در میان سنگهای آذرآواری است (شکل ۷). مهمترین کانی اصلی این زون کوارتز بوده که به دو شکل رگه (پرکننده فضای خالی) و پراکنده (اجتماع بلورهای کوارتز ثانویه در متن) سنگ دیده می‌شود. مقدار این کانی در رگه از ۳۵ تا ۵۰ درصد متغیر است. در کانی‌سازی پرکننده فضای خالی محلول سیلیسی به شکل بلورهای کوارتز دانه درشت تا متوسط با بافت موزائیکی در میان رگه رشد کرده و سپس محلول سولفیدی با عبور از داخل رگه

واقع در جنوب منطقه، دانه‌های کوارتز در حاشیه و پیریت‌ها به صورت خودشکل در مرکز دیده می‌شود. کانی‌سازی در زون اکسیدان بیشتر شامل اکسیدهای آهن، کربنات مس (مالاکیت، آزوریت) به صورت ثانویه در سطح زمین می‌باشد. سولفید اولیه که کمتر اکسید شده، در چهار منطقه شمالی (A)، شمال‌غربی (B)، غربی (C) و جنوب‌غربی (G) تا ۳ درصد به صورت پراکنده در سنگ، استوک‌ورک و پرکننده فضای خالی مشاهده می‌شود (شکل ۸). در بخش A کانی‌سازی اولیه به همراه توده‌های کوارتز هورنبلند بیوتیت مونزودیوریت پورفیری دیده می‌شود (شکل ۸). درصد پیریت‌های اولیه سنگ در حد ۱ تا ۳ درصد است. اندازه پیریت‌ها به‌طور متوسط از ۰/۰۲ تا ۲/۳ میلی‌متر متغیر است. پیریت‌ها به دو شکل دانه درشت و دانه‌ریز با بافت دانه‌ای و پراکنده در متن سنگ دیده می‌شود. پیریت‌های دانه درشت خودشکل بوده و گاهی اندازه آنها به حداکثر ۰/۴ میلی‌متر می‌رسد و بیشتر در اطراف رگه‌ها پراکنده‌اند. رگه‌های کانی‌سازی بسیار نازک از جنس سیلیس کریپتوکریستالین و محلول آهن‌دار در متن سنگ دیده می‌شود. عرض این رگه‌ها به‌طور متوسط ۰/۰۳ میلی‌متری دیده می‌شود. گاهی رگه‌ها اکسیده شده‌اند. کانی‌سازی در بخش B به همراه توده ساب و لکانیک کوارتز دیوریت پورفیری و در زون گسلی دیده می‌شود (شکل ۸). دانه‌های پیریت خودشکل در حد ۱/۵ درصد به شکل افشان در متن سنگ دیده می‌شود. پیریت‌ها در اندازه ۰/۰۱ تا ۰/۲ میلی‌متر متغیر است. دانه‌های پیریت با قطر متوسط ۰/۰۴ میلی‌متر، در متن سنگ دیده می‌شود. کانی‌سازی به شکل رگه‌های استوک‌ورک دیده می‌شود. عرض رگه‌ها به‌طور متوسط در حد ۰/۴ میلی‌متر دیده می‌شود. در بخش C کانی‌سازی در توده میکرودیوریت در حد ۱/۵ درصد و به صورت پیریت‌زایی بوده است. پیریت‌ها به شکل افشان در متن سنگ دیده می‌شود. به‌ندرت رگه در متن سنگ دیده می‌شود. رگه‌ها از جنس اپیدوت هستند. در بخش G کانی‌سازی در این بخش متفاوت بوده است به طوری که عمده کانی‌سازی در قطعات بیگانه داخل توف‌های منطقه دیده می‌شود (شکل ۸).

کیلومترمربع بیشترین وسعت را در منطقه داشته و شامل سرسیت، کوارتز، پیریت و کانی رسی می‌باشد (شکل ۷). در زون سرسیتیک بخش شمالی محدوده، فلدسپات‌ها در حد ۵ تا ۲۰ درصد به سرسیت تبدیل شده است و گاه میزان سرسیت تا ۳۰٪ در متن سنگ گسترش دارد. کوارتز ثانویه در حدود ۷ تا ۱۰ درصد است. رگه‌های کوارتز به ندرت دیده می‌شود. در حد کمتر از ۰/۵٪ کانی‌سازی سولفیدی اکسید شده در رگه‌ها وجود دارد. کانیهای اپک در متن سنگ پراکنده و اکسید شده است و در حد ۰/۵ تا کمتر از ۱٪ متغیر است. در زون سرسیتیک بخش جنوب غربی، کانی‌سازی به صورت پراکنده و پرکننده فضای خالی در میان توف‌های برشی دیده می‌شود و با توجه به مطالعات میکروسکوپی به نظر می‌رسد که کانی‌سازی موجود در قطعات سرسیتی به آلتراسیون خود سنگ ارتباطی نداشته باشد.

زون آرژیلیک نسبت به زون سرسیتیک گسترش کمتری دارد و بیشتر در شمال و غرب منطقه دیده می‌شود (شکل ۷). وسعت این زون در محدوده به ۰/۱۵ کیلومتر مربع می‌رسد. این زون به صورت کانی رس + کربنات + جزئی سرسیت در منطقه گسترش داشته و کوارتزهای ثانویه در غالب رگه‌های کوچک در زمینه مشاهده می‌شود. میزان اکسیدهای ثانویه موجود در این زون اغلب کمتر از ۰/۱٪ می‌رسد.

کانی‌سازی: در نواحی دگرسانی، کانی‌سازی از نوع سین‌ژنتیک مشاهده نشد و توزیع کانی‌سازی در زون‌های دگرسانی سیلیسی و پروپلیتیک بیشتر است. پیریت مهمترین و فراوانترین سولفید اولیه شناسایی شده است. درصد و فراوانی کانی‌سازی سولفیدی در منطقه محدود است و توزیع آن ناپیوسته است. میزان سولفید اولیه کمتر از ۳ درصد است. دانه‌های پیریت به دو شکل دانه درشت و دانه‌ریز به صورت استوک‌ورک، پرکننده فضای درزه‌ها و افشان در زمینه سنگ تشکیل شده است. اندازه پیریت‌ها از ۰/۰۲ تا ۲/۳ میلی‌متر متغیر است. عرض رگه‌ها از ۰/۰۱ تا متوسط ۰/۵ میلی‌متر می‌رسد. شدت اکسیداسیون در منطقه زیاد بوده و پیریت‌ها گاه بخشی و گاه به‌طور کامل اکسید شده‌اند. رگه‌ها از جنس کوارتز + پیریت + اکسید آهن + کربنات، کوارتز + کلریت + پیریت، کوارتز کریپتوکریستالین + اکسید آهن، کوارتز + کلریت، کوارتز + اپیدوت و اپیدوت دیده می‌شود. در رگه‌های کوارتز + پیریت

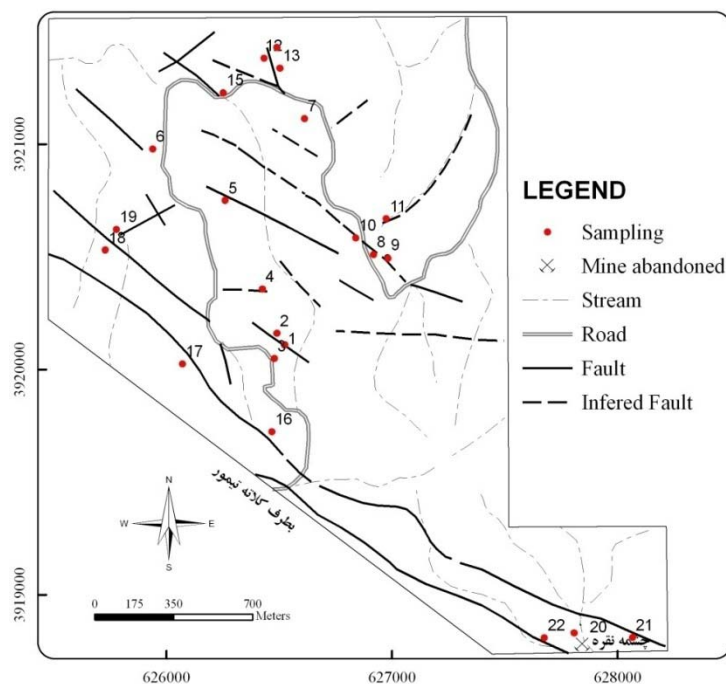


شکل ۸. نقشه کانی‌زایی، زون‌های A,B,C,G کانی‌سازی اولیه و زون‌های D,E,F,H کانی‌سازی در زون گوسان هستند [۱۴].

ژئوشیمی سنگی در منطقه مطالعاتی

بر اساس شواهد صحرایی از زون‌های دگرسانی و کانی‌سازی، تعداد ۲۲ نمونه سنگی به روش خرده‌سنگی به منظور پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی برداشت شد (شکل ۹). نمونه‌ها پس از خردایش و نمایش در سازمان زمین‌شناسی مشهد، به منظور اندازه‌گیری عناصر طلا، مس، نقره، سرب، روی، آرسنیک، آنتیمون، بیسموت و جیوه به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور فرستاده شد. عناصر طلا، مس، سرب و

روی با اسپکتروگراف نشری تجزیه و مقادیر بالا با دستگاه جذب اتمی کنترل شده‌اند. تجزیه عناصر جیوه، آرسنیک، آنتیمون و بیسموت با دستگاه فلورسانس اتمی اندازه‌گیری شده است. به منظور بررسی دقت نتایج تجزیه، ۲ نمونه از نمونه‌های آماده‌سازی شده به صورت تکراری انتخاب و در قالب ۲۴ نمونه، هرکدام از نمونه‌ها به وزن ۱۰ تا ۱۵ گرم جهت تجزیه به آزمایشگاه فرستاده شد (جدول ۴).



شکل ۹. محل برداشت نمونه‌های ژئوشیمی سنگی.

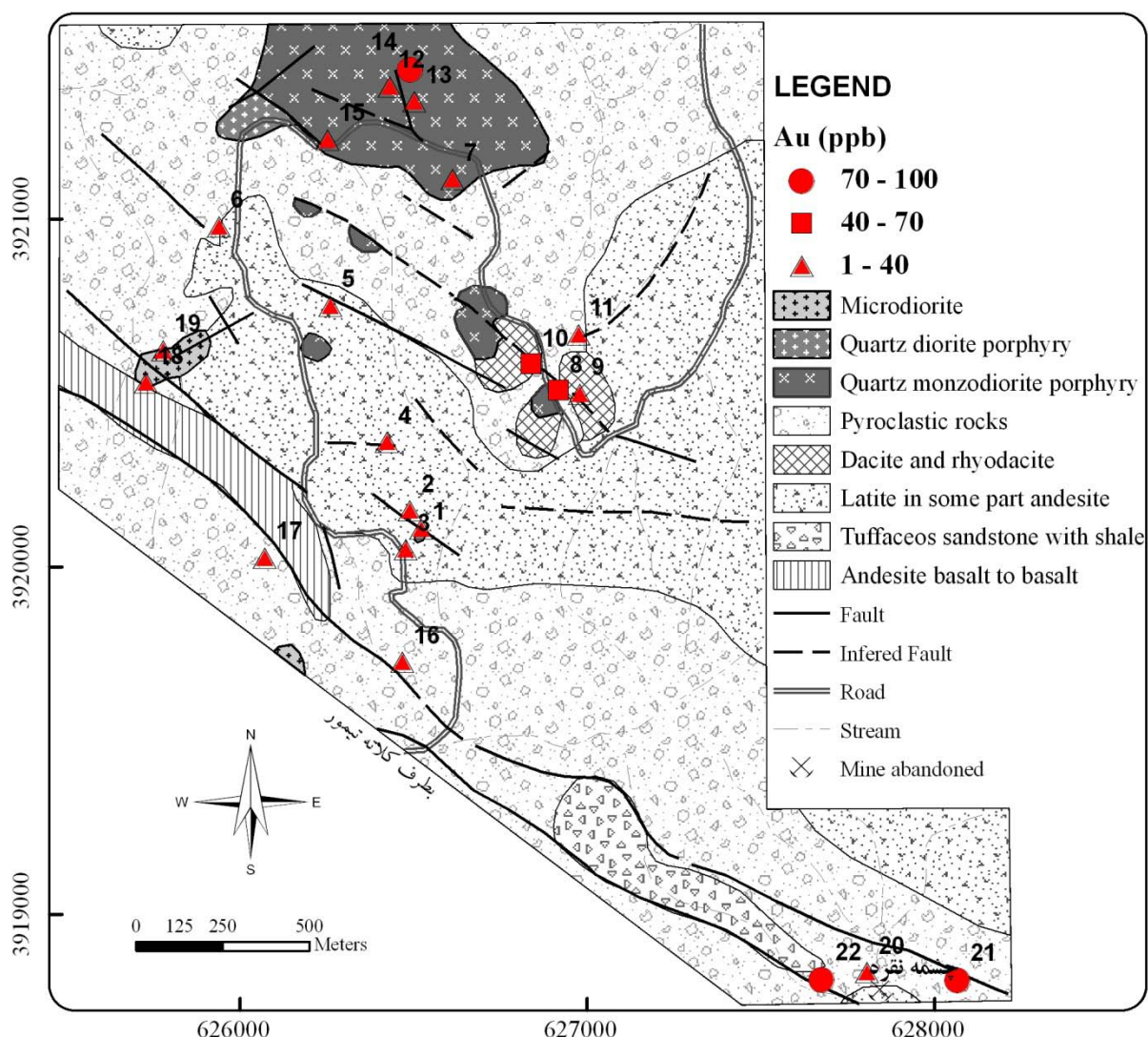
جدول ۴. نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های سنگی منطقه کلاته تیمور.

Sample	Au (ppb)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn(ppm)	Ag(ppm)	Hg (ppm)	As (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)
83A.Kt-01	۳/۶	۶/۸	۱۵	۸۵	۰/۶	<۰/۰۵	۱۸/۴	۰/۷۳	۰/۱۲
83A.Kt-02	۳/۶	۲۵	۲۳	۱۱۰	۰/۲۱	<۰/۰۵	۱۹/۸	۰/۵۳	۰/۲۶
83A.Kt-03	۵/۶	۴۰	۱۶	۹۵	۰/۲۲	<۰/۰۵	۱۲/۲	۰/۶۴	۰/۲
83A.Kt-04	۲۵	۱۴	۹	۷۵	۰/۳۸	<۰/۰۵	۲۱	۲/۴۲	<۰/۱
83A.Kt-05	۳۲	۲۳	۹۵	۱۱۰	۰/۷۲	<۰/۰۵	۲۴/۲	۰/۵۴	۰/۳۳
83A.Kt-06	۵/۴	۱۶	۲۳	۴۵	۰/۱	<۰/۰۵	۱۴/۹	<۰/۵	۰/۳۷
83A.Kt-07	۷	۲۷	۸۰	<۳۰	۰/۱	<۰/۰۵	۲۶/۳	۰/۵۹	۰/۴۹
83A.Kt-08	۶۴	۳۵	۱۳	۱۰۰	۰/۵۴	۰/۰۵	۴/۳	<۰/۵	۱/۰۳
83A.Kt-09	۲۷	۲۹	۳۹۲	۳۰۰	۱/۰۳	۰/۰۶	۶۲/۵	۱/۲۸	۰/۷۴
83A.Kt-10	۴۴	۵۰	۷۰۰	<۳۰	۰/۳	<۰/۰۵	۶	۰/۶	<۰/۱
83A.Kt-11	۱/۹	۳۰	۱۱	۸۵	۰/۱۴	<۰/۰۵	۹/۱	<۰/۵	۰/۱۲
83A.Kt-12	۲۹	۲۸	۹۰	۶۵	۷/۶۵	<۰/۰۵	۱۰۳/۷	۱/۶	۰/۴۱
83A.Kt-13	۳۸	۵۴	۹۰	۱۱۵	۰/۳	<۰/۰۵	۸۱/۳	۶/۳	۵/۸
83A.Kt-14	۹۲	۳۴	۱۵	۱۴۵۰	۰/۱۸	<۰/۰۵	۱۶	۴/۸۳	<۰/۱
83A.Kt-15	۳/۸	۲۸	۷/۲	۹۰	۰/۱۶	<۰/۰۵	۲۹/۱	۰/۷۷	<۰/۱
83A.Kt-16	۶/۸	۶/۸	۷	۴۰	۰/۱۵	<۰/۰۵	۴/۷	<۰/۵	<۰/۱
83A.Kt-17	۲۳	۶	۳۰	۴۰	۰/۱۵	۰/۰۷۶	۳۷	۱/۵۵	<۰/۱
83A.Kt-18	۴/۷	۲۷	۹۲	۲۹۰	۰/۸۵	<۰/۰۵	۱۲/۳	۱/۹۱	۰/۵۳
83A.Kt-19	۴/۵	۳۰	۷	۲۵۰	۰/۳۵	<۰/۰۵	۶/۳	۲/۷	۰/۱۲
83A.Kt-20	۶/۶	۲۳	۴۶	۲۶۰	۳/۶۵	۰/۴۳	۴۴/۳	۵/۵	<۰/۱
83A.Kt-21	۷۲	۴۰۵۵	۳۵	۲۰۰	۱/۷۵	۰/۰۵۵	۲۲۱	۱۵/۷	۰/۱۱
83A.Kt-22	۷۹	۵۵۵	۵۰۰	۲۷۰۵	۳/۸	۰/۱۷	۶/۶	۲/۴	<۰/۱
Repetitious	۳۸	۲۱	۶۱	۱۶۰	۰/۶۵	<۰/۰۵	۶۳/۱	۱/۳۷	۰/۷۴
Repetitious	۵۷	۵۵۰	۴۵۰	۲۸۸۵	۲/۶	۰/۱۵	۵/۷	۲/۷	<۰/۱

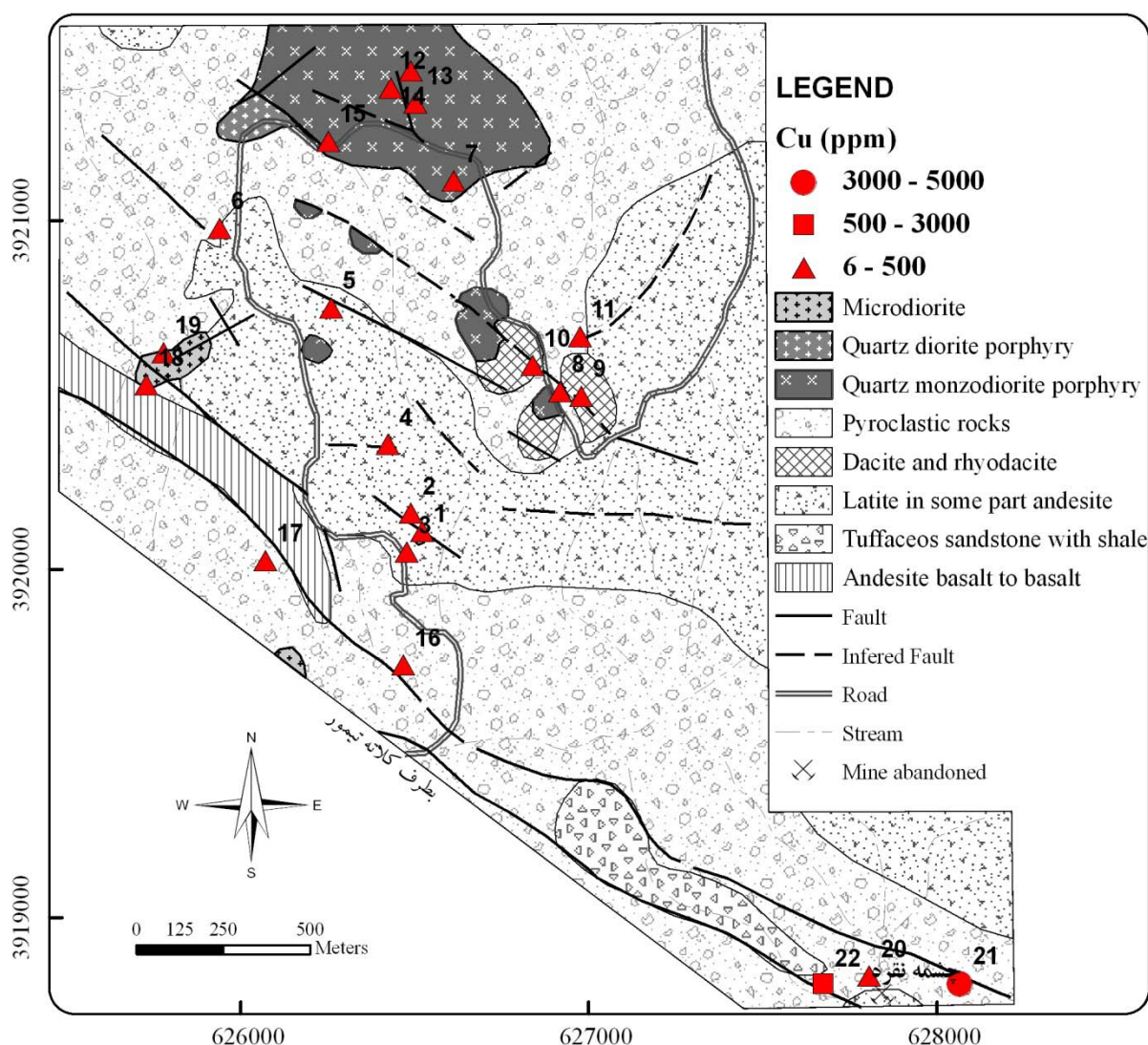
نمونه‌های ۲، ۱۱ و ۱۵ واقع در نواحی با آلتراسیون سرسیتی دیده می‌شود.

در الگوی ژئوشیمی مس، میزان مس از ۶ ppm تا ۴۰۵۵ ppm تغییرات نشان می‌دهد (شکل ۱۱). بیشترین مقادیر مس در جنوب شرقی منطقه و کمترین مقادیر مس در جنوب غرب منطقه است. بیشترین مقادیر مس مربوط به نمونه‌های شماره ۲۱ و ۲۲ واقع در زون کانی‌سازی چشمه نقره می‌باشد. کمترین مقادیر مس در نمونه‌های ۱، ۱۶ و ۱۷ دیده می‌شود (شکل ۱۱).

الگوی پراکندگی ژئوشیمی طلا نشان می‌دهد که بیشترین مقدار طلا در شمال و جنوب شرقی منطقه پراکنده شده است. میزان اندازه‌گیری طلا بین ۳/۶ ppb تا ۹۲ ppb تغییر می‌کند (شکل ۱۰). نتایج تجزیه طلا با زون‌های دگرسانی کانی‌سازی و توده نفوذی مطابقت خوبی دارد. بیشترین میزان طلا در توده ساب ولکانیک کوارتز هورنبلند بیوتیت مونزونیت پورفیری دیده شده است که در زون پروپلیتیک واقع شده است و حاوی ۲ تا ۳ درصد پیریت می‌باشد. نمونه دیگر نیز مربوط به زون کانی‌سازی چشمه نقره می‌باشد [۲۰]. کمترین میزان طلا در



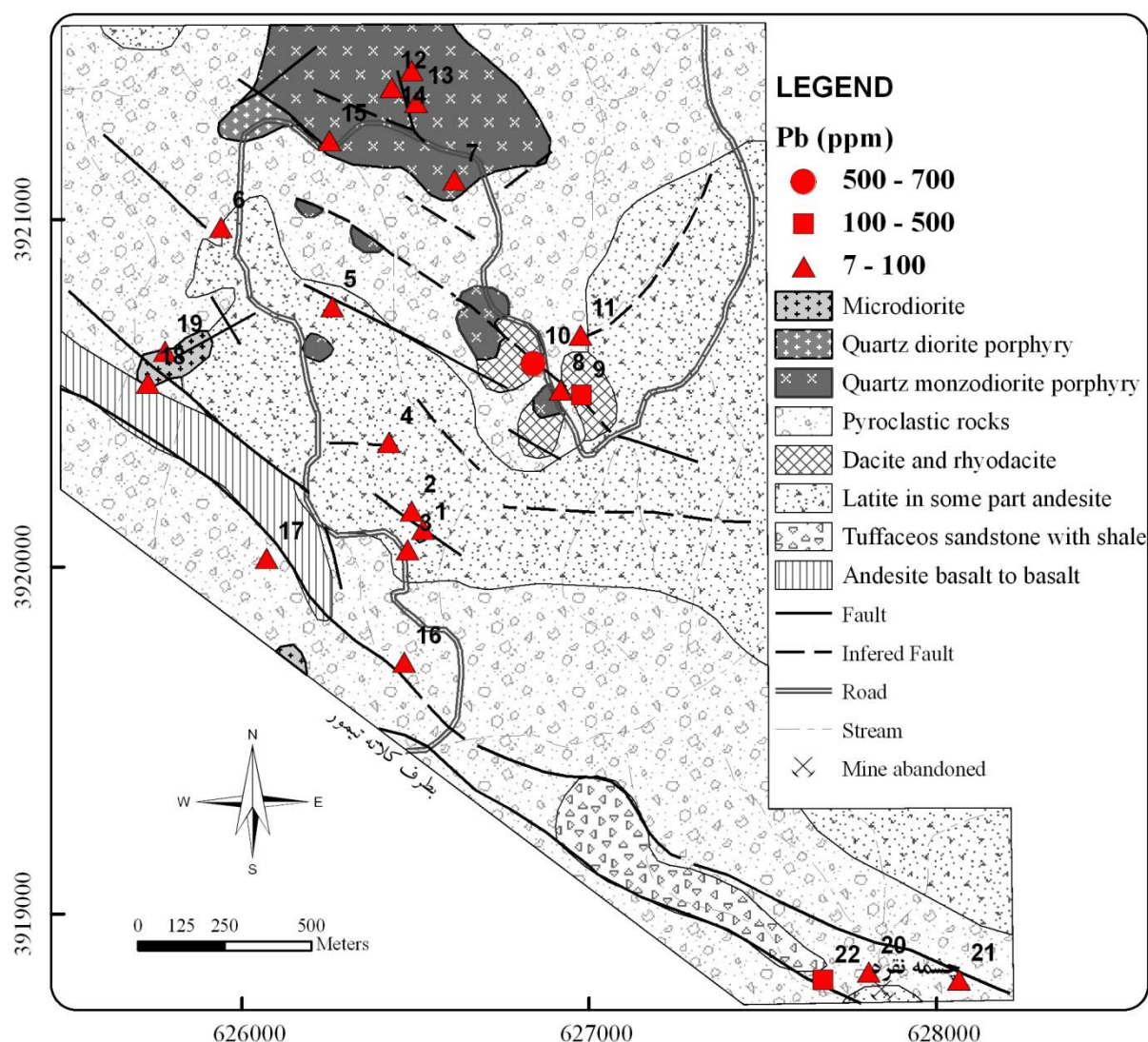
شکل ۱۰. الگوی پراکندگی میزان طلا در نمونه‌های سنگی برداشت شده.



شکل ۱۱. الگوی پراکنندگی میزان مس در نمونه‌های سنگی برداشت شده.

فراوانی نقره در منطقه از ۰/۱ ppm تا ۷/۶۵ ppm متغیر است (شکل ۱۳). بیشترین مقدار نقره در نمونه شماره ۱۲ در توده ساب ولکانیک کوارتز هورنبلند بیوتیت مونزودیوریت شمال منطقه و نمونه شماره ۲۰ که از توف‌های سیلیس چشمه نقره می‌باشد؛ دیده شده است. کمترین مقادیر نقره در نمونه شماره ۶ وجود دارد.

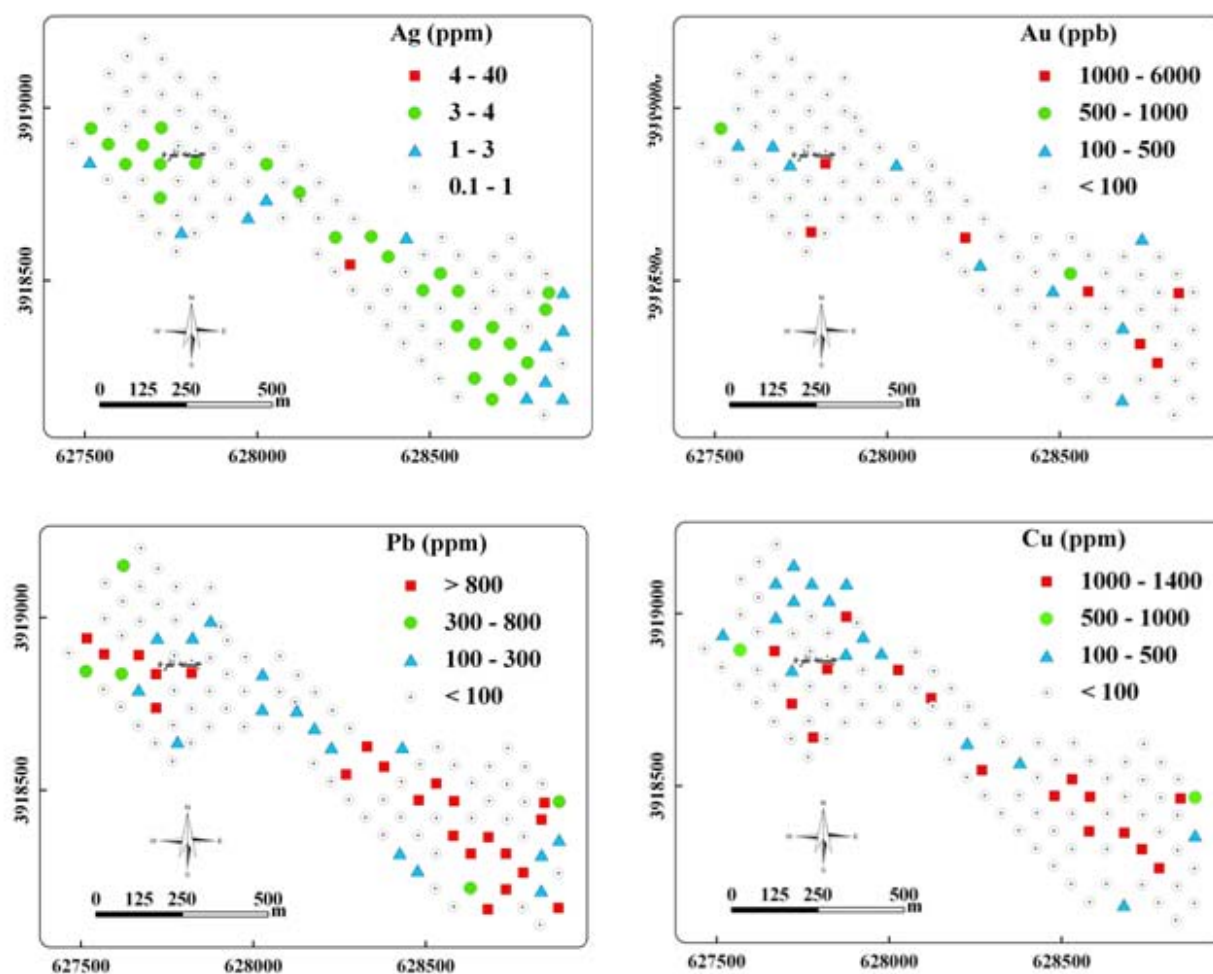
مقادیر سرب بین ۷ ppm تا ۷۰۰ ppm تغییر می‌کند. بیشترین میزان سرب در نمونه‌های ۹، ۱۰ از زون سیلیسی واقع در بخش شمالی منطقه که در زون گوسان قرار دارد و نیز در نمونه ۲۲ که در زون کانی‌سازی چشمه نقره قرار دارد؛ دیده شده است [۲۰]. کمترین میزان سرب در نمونه‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۹ می‌باشد (شکل ۱۲). در نمونه‌های مربوط به چشمه‌نقره کانی‌زایی گالن به صورت جزئی دیده می‌شود.



شکل ۱۲. الگوی پراکنش سرب در نمونه‌های سنگی برداشت شده.

می‌تواند معرف تفاوت در نوع محلول کانه‌دار در منطقه باشد. نابهنجاری اول مربوط به شمال و مرکز منطقه است که طلا با مس همخوانی ندارد و نابهنجاری دوم ژئوشیمی در جنوب شرق منطقه در زون کانی‌سازی چشمه نقره می‌باشد و طلا با مس همخوانی دارد (شکل ۹). در نابهنجاری دوم، نمونه‌برداری لیتوژئوشیمی با تعداد نمونه بیشتری توسط سازمان زمین‌شناسی کشور صورت گرفته است که تفسیر نتایج آن در ادامه آمده است.

با توجه به شکل‌های شماره ۱۰، ۱۱ و ۱۲ در سه ناحیه دارای کانی‌زایی A، D و E نابهنجاری ژئوشیمی دیده می‌شود (شکل ۸). در نواحی آلتراسیونی مرکز و شمال منطقه، فراوانی عنصر طلا با عنصر نقره، سرب و روی همبستگی داشته و طلا با عنصر مس همخوانی ندارد. اما در منطقه چشمه‌نقره با کانی‌زایی E، طلا با مس، نقره، سرب، روی، آرسنیک، آنتیمون و جیوه رابطه مستقیم دارد. همخوانی مقادیر پایین عناصر با مقادیر پایین طلا دیده می‌شود. در منطقه مطالعاتی میان نابهنجاری طلا با عنصر بیسموت کمترین همخوانی دیده می‌شود. با توجه به نتایج ژئوشیمی انجام گرفته از نمونه‌های سنگی دو نابهنجاری ژئوشیمی در منطقه دیده می‌شود که این



شکل ۱۳. توزیع عناصر طلا، نقره، مس و سرب در نمونه‌های سنگی چشمه‌نقره.

است. میزان طلا در ۷ نمونه بیش از ۱ ppm می‌باشد. کمترین میزان نقره ۰/۰۷ ppm و بالاترین میزان اندازه‌گیری آن ۴۰ ppm است. فراوانی نقره تنها در یک نمونه بیش از ۴ ppm را نشان می‌دهد. کمترین میزان مس ۶۰ ppm و بیشترین میزان آن بالاتر از ۱۳۰۰ ppm می‌باشد. کمترین میزان سرب ۲/۵ ppm و بیشترین میزان اندازه‌گیری سرب بیش از ۸۰۰ ppm است (شکل ۱۳).

نتیجه‌گیری

بر اساس پیمایش‌های زمینی صورت گرفته برای اولین بار توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق در منطقه شناسایی و معرفی شده است که شامل کوارتز هورنبلند بیوتیت مونزودیوریت پورفیری، کوارتز بیوتیت مونزو دیوریت پورفیری، کوارتز دیوریت پورفیری شمال غرب منطقه می‌باشد.

ژئوشیمی سنگی در چشمه‌نقره

به منظور بررسی ژئوشیمی عناصر کانه‌ساز، تعداد ۱۲۳ نمونه سنگی از منطقه چشمه‌نقره (ناهنجاری A) به روش شبکه‌بندی منظم و با فواصل ۱۰۰ متر برداشت شده است [۴]. نمونه‌برداری در امتداد گسل و به طول ۲ کیلومتر انجام شده است. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی به منظور اندازه‌گیری عناصر طلا، مس، نقره، سرب، روی، مولیبدن، آرسنیک، آنتیمون، جیوه و بیسموت به روش جذب اتمی تجزیه شده است [۴]. برای هرکدام از عناصر با استفاده از داده‌های تجزیه‌های لیتوژئوشیمیایی و موقعیت جغرافیایی هر نقطه در شبکه، نقاط هم‌غلظت ترسیم و نتایج بررسی شد (شکل ۱۳) [۱۴]. تغییرات عیاری طلا در ناهنجاری چشمه‌نقره، ۱ ppb تا ۵۸۹۰ ppb می‌باشد. بیشترین مقادیر با علامت مربع نشان داده شده و میکرودیوریت می‌باشد که عمده رخنمون آنها در شمال و

قدردانی

لازم می‌دانیم از کارشناس محترم اکتشاف سازمان زمین‌شناسی شمال شرق کشور جناب آقای مهندس عسکری، ریاست محترم آزمایشگاه زرکاوان البرز جناب آقای مهندس شمسا به خاطر همکاری در آنالیز نمونه‌های ژئوشیمی و کارشناس محترم شرکت علوم زمین جناب آقای مهندس زمردیان تشکر نماییم.

مراجع

- [۱] "گزارش عملیات اکتشافی چهارگوش ۱۰۰۰۰۰: ۱ نقشه کاشمر"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت اکتشافات ژئوشیمیایی جیانگ‌شی چین، (۱۳۷۳).
- [2] Dezhong H., Delian L., Shuigen X., "Explanatory Text of Geochemical Map of Kashmar (7660)", Stream Sediment Survey, R. No. 20 (1995).
- [۳] عسکری ع.، "پروژه پی جویی و اکتشاف در ناحیه امید بخش کلاته تیمور"، طرح اکتشاف سراسری ذخایر معدنی (طرح طلا)، (۱۳۸۳).
- [۴] "برداشت رسوبات رودخانه‌ای و نمونه‌های سنگی از آنومالی A در منطقه چشمه نقره"، طرح طلا وابسته به سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۱).
- [۵] آقانباتی ع.، "زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۳) ۵۸۶ صفحه.
- [6] Alavi M., "Tectonic Map of the Middle East. Geological Survey of Iran", Scale 1:5,000,000, 1 Sheet (1991).
- [7] Muller R., and Walter R., "Geology of the Precambrian- Paleozoic taknar inlier northwest of kashmar", khorasan province, NE Iran, GSI. Rep. No. 51(1983) p165-183.
- [8] Lindenberg H.G. and Jacobshagen V., " Post Paleozoic geology of the taknar zone and adjacent area", NE Iran, Khorasan, GSI. Rep. No. 51, (1983) 145-163.
- [9] Alavi M., Vaziri H., Seyed-Emami K., Lasemi Y., "Triassic and associated rocks of the Nakhlak and Aghdarband areas in central and northeastern Iran as remnants of the southern Turanian active continental margin", Geological Society of America Bulletin 109, (1997) 1563-1575.

روش جدید پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM⁺۷ جهت آشکارسازی بهتر هاله‌های آلتراسیونی در کمربند خواف - درونه ارائه شده است. جهت شناسایی مناطق آلتراسیون در محدوده مطالعاتی، پس از انجام تبدیلات آماری و یکنواختی هیستوگرام‌ها، ترکیبات نسبتی زیر پیشنهاد شد:

$$ISH = [PC_1 (5.4, 1) - PC_2 (5.4, 1) - PC_3 (5.1, 7)]$$

$$RGB = (4/3 - 5 - 5/7) \text{ و } (5/7 - 4/3 - 4/7) \text{ و } (5/2 - 1/4 - 5/7)$$

پس از بازسازی تصاویر تنوع و گسترش آلتراسیون در منطقه کلاته تیمور مشاهده شد که پیمایشهای زمینی آن را تأیید می‌کند. پردازش تصاویر ماهواره‌ای استر نقش گسلها را در کانی‌سازی تأیید نمود. روند اصلی گسلهای مهم جنوب شرقی - شمال غربی است.

درجه و شدت زون‌های مختلف آلتراسیونی شناسایی، الگوی پراکندگی آنها در منطقه تعیین شده است. بر این اساس تنوع آلتراسیونی در منطقه زیاد بوده و شامل آلتراسیون پروپلیتیک، سیلیسی، سرسیتی و آرژیلیک می‌باشد. عمده رخنمون آلتراسیون پروپلیتیک در شمال منطقه و آلتراسیون سیلیسی در شمال و جنوب شرق منطقه است که همراه با کانی‌سازی سولفیدی می‌باشد. شواهد مطالعات میکروسکوپی از رگه‌های نواحی آلتراسیونی گویای آن است که منطقه بیش از دو بار تحت تأثیر محلولهای کانی‌ساز قرار گرفته است که با فاصله زمانی همراه بوده است.

با وجود وسعت زیاد آلتراسیون در منطقه، وسعت کانی‌سازی محدود است. درصد و فراوانی کانی‌سازی سولفیدی در محدوده مطالعاتی محدود و بیشتر به شکلهای افشان، استوک‌ورک و پرکننده فضای خالی است.

بین فراوانی طلا با عناصر مس، سرب، روی و نقره همخوانی یکنواختی دیده نمی‌شود که می‌تواند بازگو کننده ترکیب محلول کانه‌دار باشد. کمترین همخوانی میان طلا و بیسموت است. بیشترین مقدار طلای اندازه‌گیری شده از منطقه چشمه - نقره به میزان ۵/۸۹ ppm می‌باشد.

با توجه به الگوی آلتراسیون، توزیع غیر یکنواخت کانی‌سازی و درصد پایین کانی‌زایی سولفیدی، می‌تواند مطالعات بیشتر بر روی سیستم منطقه در تیپ کانسار طلا مس گرمایی از نوع کم سولفید صورت گیرد.

- کلاته تیمور (خراسان رضوی)، چهاردهمین کنگره بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران (۱۳۸۵).
- [16] Rencz A.N., "Remote sensing for the earth science", Manual of Remote sensing, 3 th edition, v. 3, John Wiley and sons, Publisher (1999) 707 p.
- [۱۷] کریم‌پور م. ح.، اعلمی‌نیا ز.، "ارائه روش جدید پردازش داده‌های ماهواره لندست ۷ در بارزسازی بهتر هاله‌های آلتراسیون در کمربند خواف- درونه"، مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز (۱۳۸۳) ص ۳۵۱.
- [18] Crosta A. P., and Moore., "Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW minais Gerais State", Brazil, A Prospecting case history in Greenstone belt terrain, Proceeding of the 7 th ERIM thematic conference, remote sensing for exploration geology(1989) p. 1173-1187.
- [19] Robert K. Vincent, "Geological and Environmental Remote sensing", Prentice Hall Series in Geographic information science (1997) 365 p.
- [۲۰] اعلمی‌نیا ز.، کریم‌پور، م. ح.، حیدریان شهری م.ر.، "مطالعه ژئوشیمی و آلتراسیون به کمک تصاویر ماهواره ASTER در محدوده اکتشافی کلاته تیمور"، مجموعه مقالات سیزدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۸۴) صفحه ۱.
- [۱۰] اسماعیلی د.؛ کنعانیان ع. و ولی‌زاده م.، "جایگاه تکتونیکی گرانیت بوزنورد (تکنار) شمال غرب کاشمر"، چکیده مقالات دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، مشهد، (۱۳۷۷) ص ۴۶-۴۹.
- [۱۱] سلطانی الف، "جدایش رستایت و واکنش نرمال ماگمایی در گرانیتویید کاشمر به عنوان یک نمونه برجسته از انواع گرانیت های نوع I در حرارت پایین"، چکیده مقالات بیستمین گردهمایی علوم زمین، (۱۳۸۰) ۱۲۸ صفحه.
- [۱۲] سپاهی گرو ع. ا.، "رده بندی و نامگذاری سنگ‌ها (آذرین و دگرگونی و رسوبی)"، انتشارات نور علم، (۱۳۷۹) ۱۷۴ صفحه.
- [13] Taheri J., Shaanian GH., Shjai Kaveh N., Bahremand M., Amirrazavi M., "Geological Map of Kashmar, 1:100000" (1377).
- [۱۴] اعلمی‌نیا ز.، کریم‌پور م. ح.، حیدریان شهری، م. ر.، "اجرای تکنیک RS و GIS در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر به منظور انتخاب مناطق مناسب جهت مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافات ژئوشیمیایی"، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۵) ۲۲۹ صفحه.
- [۱۵] اعلمی‌نیا ز.، کریم‌پور م. ح.، حیدریان شهری، م. ر.، "زمین‌شناسی، آلتراسیون و کانی‌سازی در محدوده اکتشافی