



زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی در منطقه اکتسافی سیمرغ، جنوب غرب نهبندان، خراسان جنوبی

رضا برآبادی، سید احمد مظاہری*، محمدحسن کریم‌پور

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

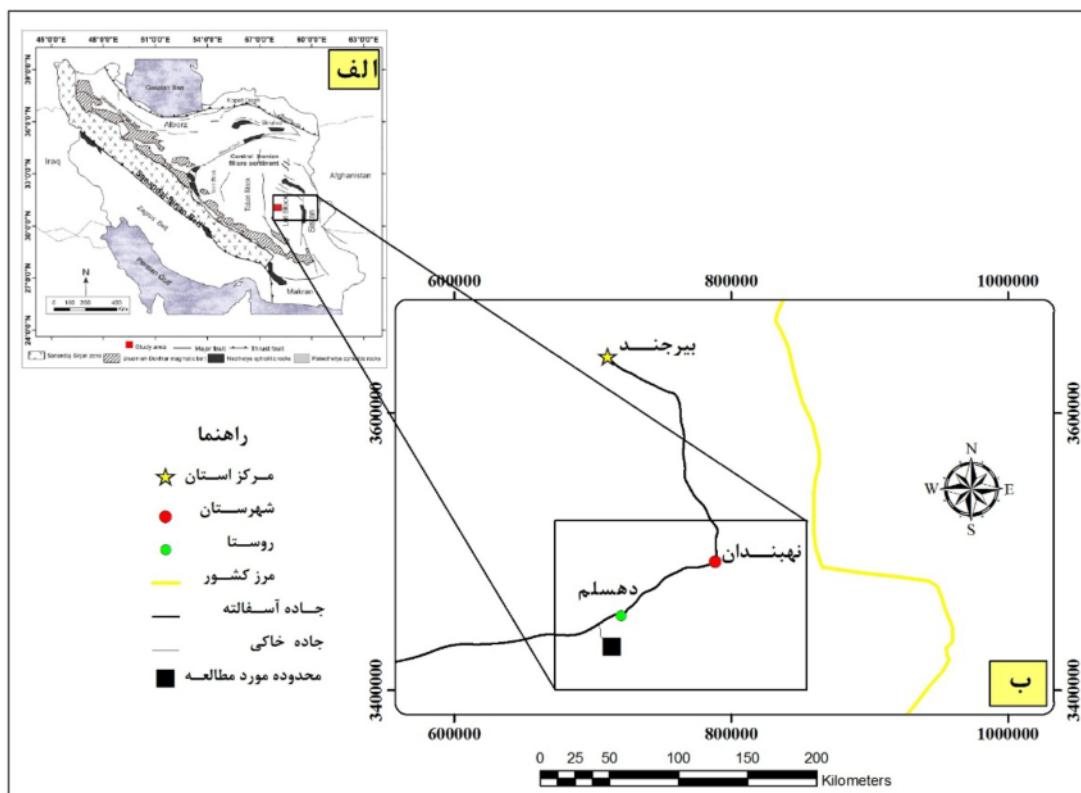
(دریافت مقاله: ۹۳/۷/۲۲، نسخه نهایی: ۹۳/۱۰/۱۸)

چکیده: منطقه‌ی سیمرغ در ۱۱۳ کیلومتری جنوب غربی نهبندان قرار دارد. پی‌جویی اولیه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده آستر به روش نقشه برداری زاویه‌ی طیفی، برای مشخص کردن منطقه‌های احتمالی دگرسانی و مقایسه‌ی آن با مشاهدات صحرابی، نتایج رضایت‌بخشی را فراهم کرد. این گستره شامل برونزدهای ایوسن است که واحدهای متعدد نیمه عمیق در آن‌ها نفوذ کرده‌اند. دگرسانی‌های اصلی عبارتند از پروپیلیتیک، آرزیلیک، سیلیسی و سرسیتیک. کانی‌سازی پیریت در سطح به صورت افسان و برش‌های گرمابی مشاهده می‌شود. بیشترین مقدار طلا ۹۳ میلی گرم در تن، آرسنیک ۳۵ گرم در تن و مولیبدن ۳۳ گرم در تن برآورد شدند. کانی‌سازی پراکنده و همراه با برش‌های گرمابی، گسترش دگرسانی‌ها و نیز ارتباط آن‌ها با سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی ساختاری، نشانه‌ی حضور یک کانسار نوع طلای اپی‌ترمال با میزان برشی است.

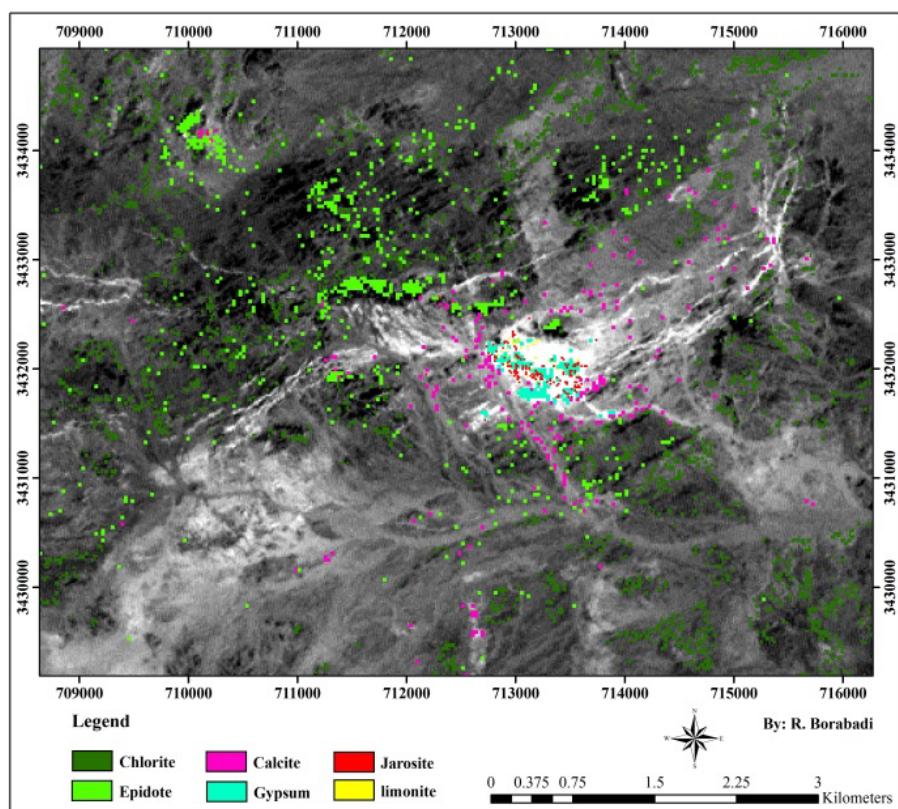
واژه‌های کلیدی: برش گرمابی؛ دگرسانی سرسیتیک؛ طلای اپی‌ترمال؛ سیمرغ.

(شکل ۲). در این بلوک کانی‌سازی طلای و راگرما در منطقه‌ی خونیک گزارش شده است [۸-۵]. همچنین کانی‌زایی مس پورفیری در بلوک لوت به اثبات رسیده است [۹-۱۲]. برمبنای سال‌سنگی‌های صورت گرفته بدروش U-Pb، روی کانی زیرکن توده‌های نفوذی نیمه عمیق مختلف در بلوک لوت، سن این توده‌های از ۴۳/۳ میلیون سال در کیبرکوه در شمال، تا ۳۳/۳ میلیون سال در چاه شلجمی در جنوب کاهش می‌یابد [۱۲]. متأسفانه به دلیل دور افتاده بودن منطقه و نبودن راههای دسترسی مناسب، بدی شرایط آب و هوا و نا امنی، کار زیادی در منطقه انجام نشد، ولی نقشه‌ی زمین‌شناسی و دگرسانی منطقه در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ تهیه شده است [۱۴]. هدف این مقاله، ارائه‌ی نقشه‌های زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰ برای معرفی گستره‌ی پی‌جویی سیمرغ به عنوان یک گستره‌ی مستعد برای پی‌جویی کانی‌سازی طلای و راگرما با میزان برشی است.

مقدمه منطقه‌ی مورد بررسی با وسعت ۴۰ کیلومتر مربع در ۱۱۳ کیلومتری جنوب غربی شهرستان نهبندان (شکل ۱ الف و ب)، در بخش جنوبی نقشه‌ی ۱:۲۵۰۰۰ در سلم [۱] و در شمال برگه‌ی ۱:۲۵۰۰۰ نخلیل آباد (آبسرد) [۲] در گستره‌ای بین طول‌های جغرافیایی ۵۹° ۱۱' ۰۰" تا ۵۹° ۱۵' ۵۶" شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۱° ۳۰' ۴۳" ۵۸" تا ۳۷° ۵۰' ۰۱" شمالی قرار دارد. بلندترین ارتفاع منطقه، وابسته به برونزد توده‌ی گرانیتوئیدی شاهکوه و به ارتفاع ۲۷۲۲ متر است (اکرمی و نادری، ۱۳۸۴) [۳]. روستای ده‌سلم تنها آبادی نزدیک به منطقه است. اگر از روستای ده سلم ۱۵ کیلومتر در جاده آسفالت به سمت غرب و سپس ۲۵ کیلومتر در جاده‌ی خاکی به سمت جنوب حرکت کنیم به محدوده‌ی سیمرغ می‌رسیم. این منطقه از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین ساختاری، در بخش مرکزی ایالت زمین‌ساختاری بلوک لوت واقع شده است [۴]



شکل ۱ موقعیت منطقه‌ی مورد بررسی الف) در بلوک لوت. با تغییرات از [۷-۵] ب) و راه دسترسی به آن.



شکل ۲ پردازش تصاویر سنجنده آستر برای کانی‌های کلریت، اپیدوت، کلسیت، زیپس، ژاروسمیت و لیمونیت.

کانی‌سازی را انتخاب کرد. تفاوت طیفی سنگ‌های دگرسان و نادگرسان، مهم‌ترین راه تشخیص نواحی با سنگ‌های دگرسان و به دنبال آن پی‌جوبی کانسارها با پردازش تصاویر ماهواره‌های بوده‌اند. منطقه‌ی پی‌جوبی سیمرغ جزء مناطق خشک و کویری کشور است و به علت نداشتن پوشش گیاهی، برای پردازش تصاویر ماهواره‌های و شناسایی مناطق دگرسان احتمالی، با صرف زمان کم مناسب است. بررسی‌های دورستنجی در این منطقه با استفاده از داده‌های ماهواره‌های ASTER انجام گرفت. برای پردازش این تصاویر از روش جدایشی نقشه برداری زاویه‌ی طیفی (Spectral Angel Mapper) SAM استفاده شد. کانی‌های شناسایی شده از نتایج این بررسی‌ها عبارتند از سیلیس، دیکیت، ایلیت، کائولینیت، پیروفلیت، مونتموریونیت، کلریت و اپیدوت، کلسیت لیمونیت و ژاروسیت. شدت و گسترش پراکندگی این کانی‌ها منجر به شناسایی و جدایش دگرسانی‌های مختلفی شده است. دگرسانی آرژیلیک (کانی‌های دیکیت، ایلیت، کائولینیت) در بخش مرکزی تصویر گسترش یافته است (شکل ۲). دگرسانی سیلیسی در مرکز گستره قابل شناسایی است. که با توجه به گسترش نسبتاً زیاد، از نظر پی‌جوبی از اهمیت بالایی برخوردار است. دگرسانی پروپیلیتیک (کانی‌های اپیدوت، کلریت، کربنات) در سرتاسر منطقه مشاهده می‌شوند (شکل ۳). حضور این کانی‌های دگرسان با بررسی‌های دقیق صحرایی نیز به اثبات رسیده است.

زمین‌شناسی

گستره‌ی پی‌جوبی سیمرغ از نظر زمین‌شناسی ناحیه‌ای در بخش جنوبی پهنه‌ی ۱:۲۵۰۰۰ ده سلم [۱] و بخش شمالی پهنه‌ی ۱:۲۵۰۰۰ نخل آباد (آبرسد) [۲] قرار گرفته است. بنابراین نقشه‌ها بخش بیشتر منطقه شامل گذاره‌های آندزیتی و معادل‌های نیمه عمیق، توف‌های سیز و خاکستری با ترکیب اسیدی تا حد واسطه با سن ائوسن است.

براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده، واحدهای زمین‌شناسی شناسایی شده در گستره‌ی پی‌جوبی سیمرغ را می‌توان به پنج بخش تقسیم کرد: ۱- سنگ‌های آتشفسانی (هورنبلند کوارتز لاتیت و هورنبلند آندزیت) و پیروکلاستیک ائوسن (شکل ۳ و ۴) که بخش زیادی از سطح منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. ۲- توده‌های نیمه عمیق با ترکیب دیوریت پورفیری با سن نسبی پسا ائوسن که با شدت‌های مختلف دگرسان شده‌اند. ۳- دایک‌های سفید با عرض کم (۱ تا ۱۰ متر) و طول زیاد (۱۰۰ تا ۳ کیلومتر) با روند تقریباً

روش بررسی

کارهای زیر برای بررسی منطقه صورت گرفته‌اند:

۱- پردازش تصاویر ماهواره‌های ASTER به منظور جدایش منطقه‌های دگرسان و شدت و پراکندگی آن‌ها با استفاده از نرم افزار ENVI 4.2

۲- برداشت ۲۷۸ نمونه از منطقه و تهیه و بررسی ۲۵۰ مقطع نازک در راستای سنگ‌شناسی و چگونگی دگرسانی.

۳- تهیه و بررسی ۲۵ مقطع نازک صیقلی برای آگاهی از چگونگی کانی‌سازی.

۴- تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ از گستره‌ی مورد نظر به وسعت حدود ۴۰ کیلومتر مربع.

۵- تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ از گستره‌ای به گستردگی حدود ۱/۵ کیلومتر مربع

۶- تهیه نقشه دگرسانی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ از گستره‌ی مورد نظر به وسعت حدود ۴۰ کیلومتر مربع

۷- تهیه نقشه دگرسانی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ از گستره‌ای به گستردگی حدود ۱/۵ کیلومتر مربع.

۸- برداشت، آماده‌سازی و تجزیه ۲۰ نمونه ژئوشیمیایی سنگی به روش خرد سنجی با دستگاه ICP-MS به روش ACME 1EX برای عنصر، در آزمایشگاه کانادا

۹- برداشت، آماده‌سازی و تجزیه ۲۵ نمونه ژئوشیمیایی سنگی به روش خرد سنجی با دستگاه ICP-OES به روش ME-02 برای ۳۳ عنصر، و نیز روش عیارسنجی آذرین برای عنصر طلا در آزمایشگاه زر آزمایشگاه.

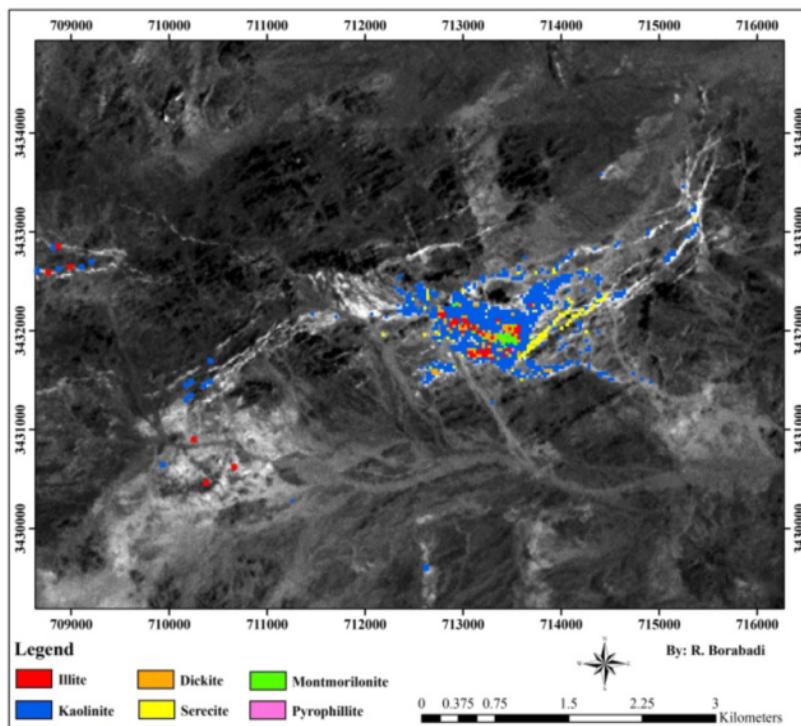
۱۰- ارسال ۱۰ نمونه از برش‌های گرمابی برای آنالیز XRD به آزمایشگاه کانسساران بینالود برای تعیین و شناسایی نوع کانی‌های رسی.

بررسی‌های دورستنجی

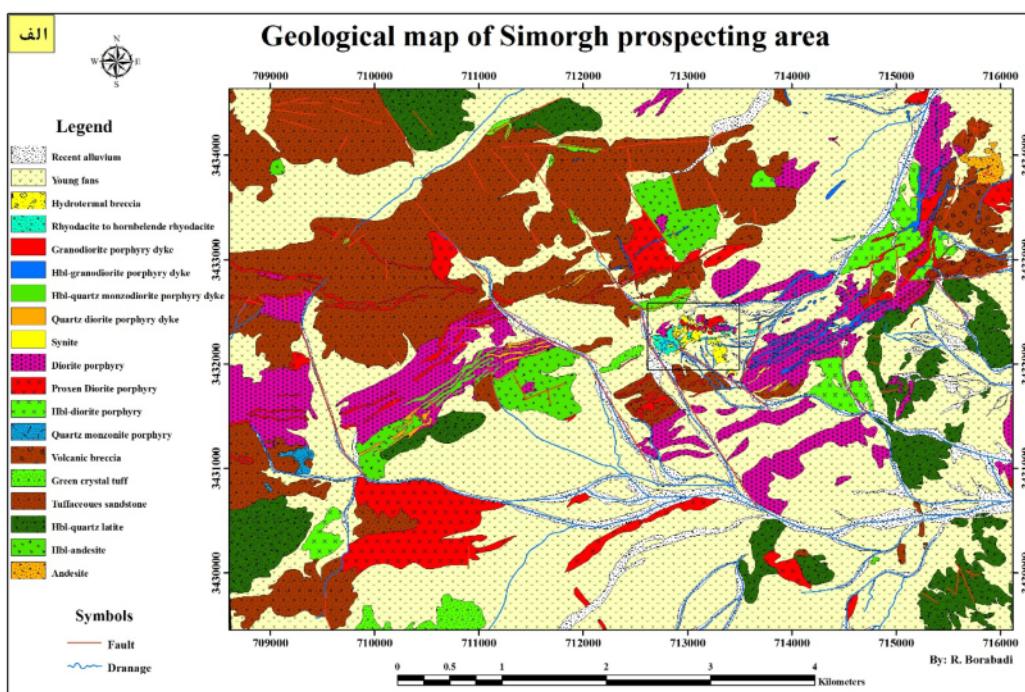
در دهه‌های اخیر با بررسی‌های حاصل از دورستنجی و به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای برای آشنایی با منطقه‌های دگرسان، مورد توجه خاصی قرار گرفته‌اند [۱۵، ۱۶]. روش‌های نوین پردازش تصاویر ماهواره‌ای در بررسی‌های اکتشافی و زمین‌شناسی مورد استفاده بسیاری از قرار گرفته شده است [۱۷، ۱۸]. داده‌های چند طیفی ASTER از سال ۲۰۰۰ برای بررسی زمین‌شناسی و کانی‌سازی مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱۹]. با پردازش داده‌های ماهواره‌های ASTER به منظور تهیه نقشه‌های معرف منطقه‌های دگرسان و کانی‌سازی، می‌توان با کمترین هزینه و صرف کمترین زمان، مکان‌های مناسب

کانی‌سازی پیریت (در مرکز منطقه) ۵- انواع مختلف برش‌های گرمابی که در مرکز منطقه رخنمون دارند. ۵- رسوب‌ها و تهنشست‌های کواترنری.

شمال شرقی- جنوب غربی با ترکیب اسیدی تا حد واسط در حد سینیت پورفیری تا گرانودیبوریت پورفیری که در داخل دو واحد قبلي نفوذ کرده‌اند. ۴- سنگ‌های آتش‌شانی جوان با سن پسا ائوسن با ترکیب ریوداسیت تا هورنبلند ریوداسیت دارای



شکل ۳ پردازش تصاویر سنجنده آستر برای کانی‌های ایلیت، کائولینیت، دیکیت، سرسیت، مونتموریونیت و پیروفیلیت.



شکل ۴ نقشه‌ی زمین‌شناسی گستره‌ی پی جویی سیمرغ (الف) با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ (ب) با مقیاس ۱:۱۰۰۰

توده‌های نفوذی نمیه عمیق نوع I

- دیوریت پورفیری که بیشترین گسترش را در شرق، مرکز و غرب منطقه دارد (شکل ۴). دارای بافت سنگ پورفیری است. درشت بلورهای تشکیل دهنده سنگ شامل ۳۰ تا ۳۵ درصد پلازیوکلاز و ۲ تا ۴ درصد فلدسپات پتاسیم است. زمینه سنگ نیز عبارتند از کانی‌های یاد شده، کربنات و کلریت هستند و بلورهای پلازیوکلاز نیز به سرسیت تبدیل شده‌اند. دگرسانی این واحد کربناتی + کلریتی + سرسیتی است. ۴ تا ۵ درصد بلورهای مگنتیت در زمینه قابل رویت‌اند.

- پیروکسن دیوریت پورفیری که بیشتر در جنوب غرب و شمال منطقه گسترش یافته است. این واحد بسیار شبیه به واحد قبلی است با این تفاوت که حدود ۵ تا ۱۰ درصد پیروکسن نوع اوژیت و کمتر دیوپسید در آن مشاهده می‌شود.

- هورنبلند دیوریت پورفیری در شرق منطقه رخمنون دارد. این توده شبیه به واحد دیوریت پورفیری است، ولی حدود ۳ تا ۵ درصد هورنبلند در آن قابل رویت است.

- کوارتز مونزونیت پورفیری در غرب منطقه (شکل ۴) رخمنون دارد. بافت سنگ پورفیری است. درشت بلورهای تشکیل دهنده سنگ شامل ۲۵ تا ۲۰ درصد پلازیوکلاز، ۱۰ تا ۱۲ درصد فلدسپات پتاسیم و ۳ تا ۵ درصد هورنبلند است. زمینه‌ی سنگ نیز شامل کانی‌های یاد شده همراه با دگرسانی کربناتی+کلریتی + سرسیتی است. در این واحد زمینه‌ی سنگ دارای کربنات و کلریت است و بلورهای درشت پلازیوکلاز تا ۵۰ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. علاوه بر این حدود ۴ تا ۵ درصد بلورهای شکل‌دار کدر (مگنتیت) در زمینه قابل رویت‌اند.

در این پژوهش دو مجموعه توده‌ی نفوذی نمیه عمیق با دو سن مختلف شناسایی شده‌اند. دسته‌ی اول، چهار توده‌ی نفوذی نمیه عمیق که به‌دلیل داشتن رنگ سبز در صحراء از دسته‌ی دوم تمیز داده می‌شوند. این توده‌ها عبارتند از دیوریت پورفیری، پیروکسن دیوریت پورفیری، هورنبلند دیوریت پورفیری، کوارتز مونزونیت پورفیری. در تمام این توده‌ها مگنتیت به میزان ۳ تا ۵ درصد در زمینه‌ی سنگ موجود است و پذیرفتاری مغناطیسی آن‌ها نیز بین 136×10^{-5} SI تا 6132×10^{-5} SI متغیر است. بنابراین این توده‌ها از نوع گرانیت-های نوع I خواهند بود [۲۰]. دسته دوم، پنج نوع توده‌ی نفوذی نمیه عمیق به شکل آب بنده‌ای سفید رنگی هستند که با عرض حدود ۱ تا ۱۰ متر و طول بین ۱۰۰ متر تا ۳ کیلومتر در سطح منطقه دیده می‌شوند (شکل ۵) که تمام واحدهای قبلی را قطع می‌کنند، بنابراین از نظر سنی از آن‌ها جوانترند. تعداد این آب‌بندها در سطح منطقه به حدود ۶۰ آب‌بند می‌رسد. از نظر ترکیب این آب‌بندها شامل گرانو دیوریت پورفیری، هورنبلند گرانو دیوریت پورفیری، هورنبلند کوارتز مونزون دیوریت پورفیری، کوارتز دیوریت پورفیری و سینیت هستند. در زمینه‌ی این توده‌ها مگنتیت دیده نشد و میزان پذیرفتاری مغناطیسی آن‌ها نیز بین 1×10^{-5} SI تا 15×10^{-5} در تغییر نشان می‌دهند [۲۰]. در زیر به بررسی سنگنگاری واحدهای نمیه عمیق منطقه می‌پردازم:



شکل ۵ نمایی از دایک‌های موجود در منطقه‌ی الف. دایک هورنبلند گرانو دیوریت پورفیری که در واحد کریستال توف نفوذ کرده است. ب. هورنبلند کوارتز مونزون دیوریت پورفیری که در واحد دیوریت پورفیری توف نفوذ کرده است.

می‌شوند.

أنواع برش‌های موجود در منطقه

گستره‌ی پی‌جویی سیمرغ به دلیل داشتن شرایط زمین‌شناسی و زمین‌ساختی فعال دارای سه نوع برش است، که به ترتیب به بررسی و تفسیر هر کدام خواهیم پرداخت.

۱- توفهای برشی: بیشترهای موجود در منطقه ماسه سنگ‌های توفی با لایه‌بندی کاملاً مشخص هستند که در صحراء با رنگ قهوه‌ای تیره دیده می‌شوند. در برخی نقاط این ماسه سنگ‌های توفی به رنگ سبز تغییر رنگ داده‌اند و برشی شده‌اند (شکل ۶ الف). کوارتز، پلازیوکلاز و فلدسپات قلیایی هستند که در این سنگ‌های برش یافته را تشکیل می‌دهند و سیمان سیلیسی-اپیدوتی فضای خالی بین این بلورها را پر کرده است. اپیدوت به وفور (۱۰ تا ۱۵ درصد) و مقادیر کمتری از کلریت و کربنات در زمینه‌بین برش‌ها دیده می‌شود. این برش‌ها به دلیل داشتن اپیدوت فراوان (شکل ۶ ب) و به رنگ سبز روشن در صحراء راحتی قابل شناسایی هستند.

۲- برش‌های آتش‌فشانی: این واحد با ریخت‌شناسی پست و رنگ قهوه‌ای در صحراء و در نمونه دستی قابل تشخیص است (شکل ۶ پ). بیشترین گستردگی این واحد در شرق و جنوب شرقی گستره دیده می‌شود. این برش‌ها دارای ۱۰ تا ۱۲ درصد کوارتز با بافت خلیجی هستند. فلدسپات قلیایی نیز بین ۲۵ تا ۳۰ درصد در آن‌ها دیده می‌شود. قطعاتی از سنگ‌های بیگانه با ترکیب آندزیت و قطعاتی از برش‌های از قبل موجود (شکل ۶ ت)، نیز درون این برش‌ها قابل رویت‌اند.

۳- برش‌های گرمابی: از برش‌های گرمابی در بسیاری از نقاط ایران و جهان کانی‌سازی طلا و نقره پورفیری-وراگرما [۲۱-۲۳] و نقره - طلای وراگرما با میزبان برشی [۲۴] و مولیبدن پورفیری نوع کلایمکس [۲۵] گزارش شده است. برش‌های گرمابی در این منطقه با وسعتی حدود 700×750 متر مربع در بخش میانی منطقه رخمنون دارند. این واحد با ریخت‌شناسی تپه ماهوری و به رنگ سفید کامل در صحراء قابل شناسایی است. برش‌های گرمابی این منطقه بین ۰/۵ تا ۵ درصد پیریت دارند. این پیریت‌ها در اکثر موارد کاملاً شکل‌دار و در بعضی موارد نیمه شکل‌دار هستند و با رنگ زرد کم رنگ در نمونه دستی کاملاً قابل رویت هستند. اندازه‌ی این پیریت‌ها از ۱/۱ میلیمتر تا ۲ میلیمتر در تغییر است. کانی‌سازی پیرت به سه شکل افشار در زمینه، افشار در قطعات سنگی موجود درون برش و به صورت رگچه‌ای در این برش‌ها تشکیل شده‌اند.

دایک‌های سفید

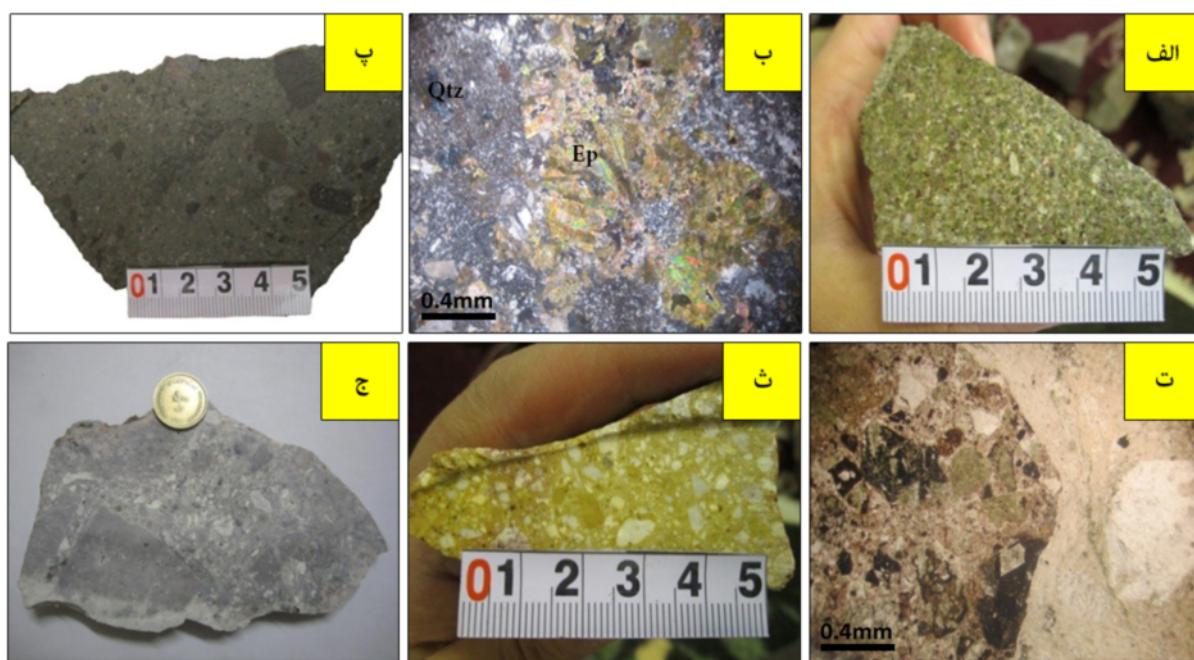
- گرانودیبوریت پورفیری که بیشتر به صورت آب‌بندهای سفید در غرب و شمال شرق منطقه گسترش یافته است (شکل ۵ الف). بافت این واحد پورفیری با زمینه‌ی میان دانه‌ی تا ریزدانه است. کانی‌های درشت مهمن این واحد شامل، پلازیوکلاز ۵ تا ۱۰ درصد، فلدسپات پتاسیم ۱ تا ۲ درصد و در زمینه سنگ کوارتز اولیه به صورت ریز دانه به فراوانی (۳۰ تا ۳۵ درصد) دیده می‌شوند. درشت بلورهای پلازیوکلاز نیز حدود ۵ تا ۱۰ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. در زمینه نیز حدود ۴ تا ۵ درصد بلورهای کوارتز ثانویه دیده می‌شوند.

- هورنبلند گرانودیبوریت پورفیری به صورت دسته آب‌بندهای سفید در مرکز، شمال و شمال شرق منطقه گسترش یافته است. این توده شبیه به واحد دیبوریت پورفیری است، ولی حدود ۲ تا ۴ درصد هورنبلند در آن قابل رویت است.

- هورنبلند کوارتز مونزودیبوریت پورفیری به صورت دسته آب‌بندهای سفید با روند شمال شرقی-جنوب غربی در غرب منطقه گسترش یافته است (شکل ۵ ب). بافت این واحد پورفیری و گلومروپورفیری با زمینه دانه متوسط تا دانه ریز است. کانی‌های درشت شامل، کوارتز ۵ تا ۷ درصد، پلازیوکلاز ۱۰ تا ۱۵ درصد، فلدسپات قلیایی ۵ درصد، ۳ تا ۴ درصد هورنبلند. درشت بلورهای پلازیوکلاز نیز حدود ۵ تا ۸ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. در زمینه نیز حدود ۳ تا ۵ درصد بلورهای اکسید شده پیریت دیده می‌شوند.

- کوارتز دیبوریت پورفیری به صورت چند دسته دایک با روند شمال شرقی-جنوب غربی در غرب منطقه قابل مشاهده هستند (شکل ۴). بافت این واحد پورفیری با زمینه میان دانه تا ریزدانه است. کانی‌های درشت شامل، کوارتز ۶ تا ۸ درصد، پلازیوکلاز ۱۰ تا ۱۵ درصد، فلدسپات قلیایی ۱ تا ۲ درصد. درشت بلورهای پلازیوکلاز نیز حدود ۵ تا ۱۰ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. در زمینه نیز حدود ۳ تا ۴ درصد بلورهای اکسید شده پیریت دیده می‌شوند.

- سینیت پورفیری به صورت چند آب‌بند کوچک در مرکز محدوده با روند شمال شرقی-جنوب غربی رخمنون دارند. بافت این توده پورفیری با زمینه‌ی درشت دانه است. کانی‌های تشکیل دهنده‌ی این سنگ شامل کوارتز ۲ درصد، فلدسپات قلیایی ۵۰ درصد، پلازیوکلاز ۲۰ درصد. در این واحد فلدسپات‌ها تا حدود ۵۰ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. در زمینه نیز حدود ۳ تا ۴ درصد بلورهای اکسید شده پیریت دیده



شکل ۶ الف. نمونه‌ی دستی توف برشی ب. مقطع میکروسکوپی توف برشی، نور PPL پ. نمونه‌ی دستی برش آتشفشاری ت. قطعه‌ی برشی درون آن، نور PPL ث. نمونه دستی برش گرمابی منومکتیک با سیمان سیلیسی و ژاروسیت ج. نمونه‌ی دستی برش گرمابی پلی مکتیک با سیمان سیلیسی. Ep: اپیدوت، Qtz: کوارتز.

محدوده‌ای در داخل برخی رگچه‌های سیلیسی قابل رویت است. کربنات نیز به صورت ثانویه در متن سنگ تا حدود ۵ تا ۱۰ درصد دیده شد.

منطقه‌ی دگرسانی سرستیک متوسط در مرکز گستره و در چند دایک سینیت پورفیری دیده شدند. کوارتز، سرسیت و پیریت مهم‌ترین کانی‌های این دگرسانی هستند (شکل ۸ ب). پلازیوکلازها و فلدسپات‌های قلیایی بین ۳۵ تا ۴۰ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. پیریت به صورت اکسید نیز به صورت پراکنده تا ۳ درصد در زمینه‌ی سنگ وجود دارد.

دگرсанی غالب در منطقه‌ی مورد بررسی، دگرسانی پروپیلیتیک است که بخش بزرگی از واحدهای سنگی را تحت تاثیر قرار داده است. این نوع دگرسانی بیشتر در بخش‌های شمال‌غرب، غرب و شرق منطقه قابل رویت است بیشتر واحدهای به شدت فشرده، ماسه سنگ‌های توفی، هورنبلند کوارتز لاتیت و هورنبلند آندزیت تحت تاثیر این نوع دگرسانی قرار گرفته‌اند (شکل ۸ ب و ت). شدت این نوع دگرسانی در نقاط مختلف متفاوت است که بهدلیل محدودیت در نشان دادن آن در نقشه شدت‌های متوسط و شدید را با هم نشان داده‌ایم.

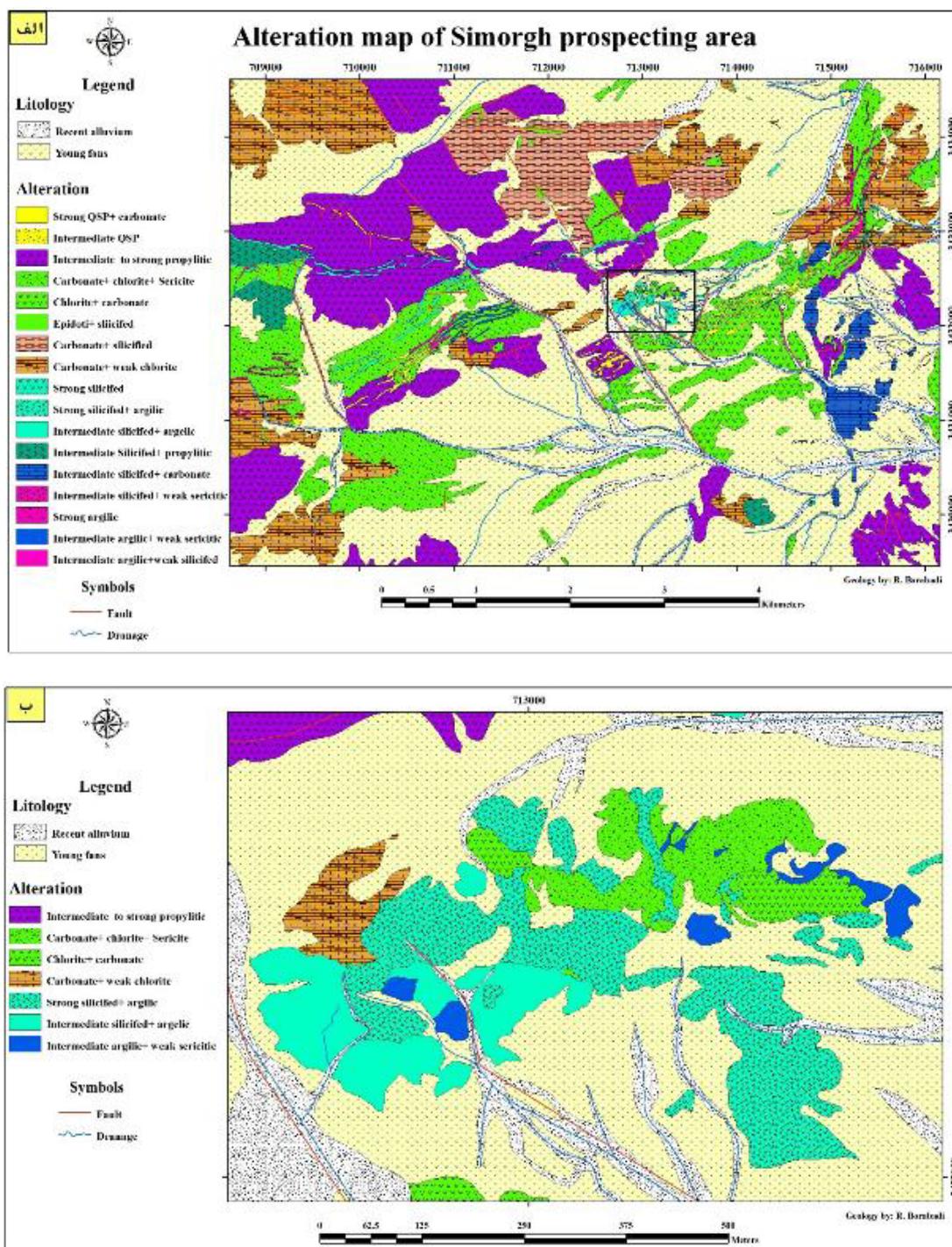
دگرسانی

براساس مشاهدات صحرایی و آزمایشگاهی چهار نوع دگرسانی اصلی در سطح شناسایی شدند که عبارتند از پروپیلیتیک، آرژیلیک، سرسیتیک و سیلیسی. این چهار نوع دگرسانی براساس فراوانی کانی‌های حاصل از دگرسانی به هفده زون منطقه تقسیم شده و در نقشه‌های دگرسانی (شکل ۷ الف و ب) نشان داده شده‌اند. این منطقه‌بندی تا حدودی شبیه به منطقه بندی دگرسانی تعریف شده برای کانسارهای طلای و راگرما توسط [۸، ۲۶] است. در زیر به توضیح چند منطقه‌ی دگرسان مهم موجود در منطقه می‌پردازیم.

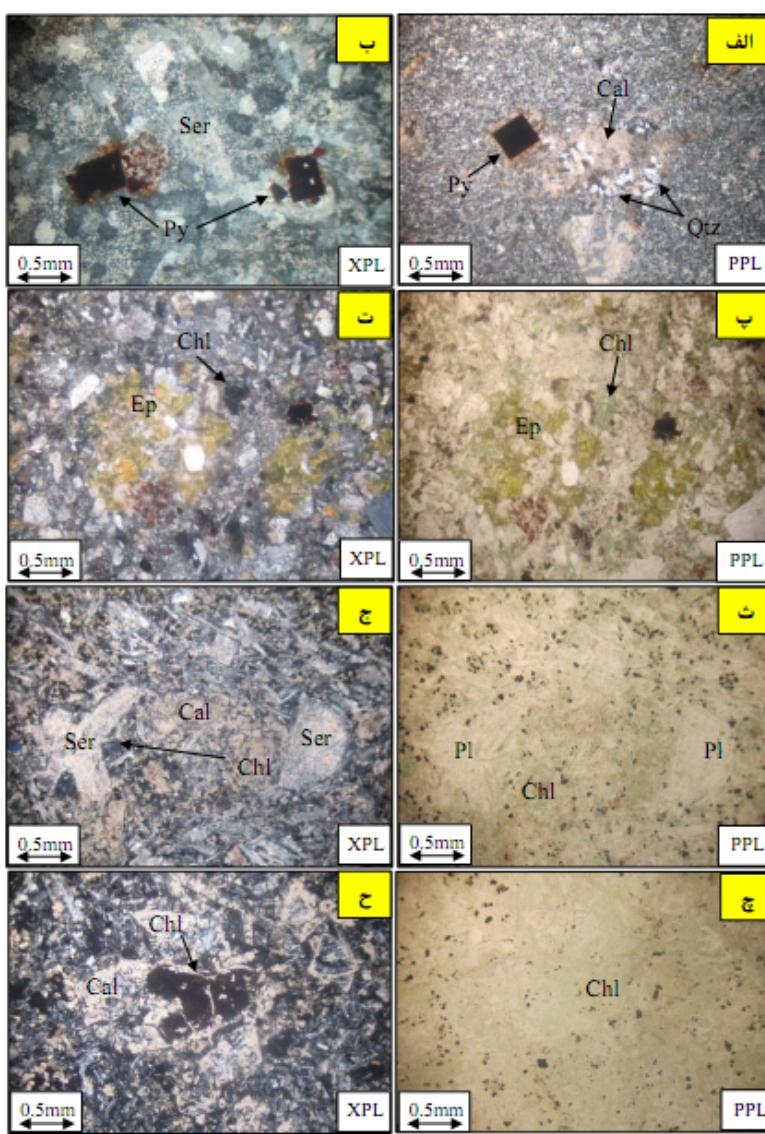
زون دگرسانی سرستیک شدید + کربناتی در چند دایک هورنبلند گرانوودیوریت پورفیری واقع در مرکز گستره قابل شناسایی هستند. مهم‌ترین کانی‌های این دگرسانی عبارتند از کوارتز + سرسیت + پیریت + کربنات (شکل ۸ الف). در این منطقه پلازیوکلازها و کمتر فلدسپات‌های قلیایی حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد به سرسیت تبدیل شده‌اند. کوارتز ثانویه نیز به صورت پراکنده و به صورت رگچه‌ای نیز در متن سنگ دیده شد. پیریت به صورت اکسید شده نیز به صورت پراکنده تا ۳ درصد و

کانی‌ها حاصل دگرسان شدن کانی‌های آهن و منیزیم‌دار و پلاژیوکلارهاست. کانی‌سازی پیریت به صورت افshan در این منطقه تا حدود ۱۰ درصد دیده می‌شود.

مهم‌ترین کانی‌های این دگرسانی اپیدوت، کلریت و کربنات و مقادیر کمتری کانی‌های رسی و سیلیس است. مقادیر این کانی‌ها در نقاط مختلف متفاوت است. مقدار اپیدوت بین ۳ تا ۵ درصد، کلریت بین ۲۰ تا ۳۰ درصد تغییر می‌کند. اغلب این



شکل ۷ نقشه‌ی دگرسانی گستره‌ی پی جویی سیمرغ (الف) با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ (ب) با مقیاس ۱:۱۰۰۰



شکل ۸ الف. دگرسانی کوارتز + سرسیت + پیریت + کربنات در دایک هورنبلند گرانودیوریت پورفیری، ب. دگرسانی کوارتز + سرسیت + پیریت در دایک سینیت پورفیری، پ و ت. دگرسانی پروپلیتیک شدید در واحد توف برشی، ث. دگرسانی کربنات + کلریت + سرسیت در توده دیوریت پورفیری و ج. دگرسانی کربنات + کلریتدر توده دیوریت پورفیری. Cal: کلسیت، Ep: اپیدوت، Chl: چلریت، Qtz: کوارتز، Ser: سرسیت.

کانی‌زایی

کانی‌زایی در سطح، به صورت افshan و برش گرمابی دیده می‌شود. کانی‌سازی افshan و رگچه‌های شامل پیریت (۱۰ تا ۱۰ درصد) در زمینه تمام دایک‌های سفید (شکل ۹ الف و ب) و ریودادسیت‌ها (شکل ۹ پ و ت) منطقه و کانی‌سازی مگنتیت (۲ تا ۶ درصد) درون توده‌های دیوریت پورفیری و پیروکسن و هورنبلند دیوریت پورفیری تشکیل شده‌اند. بیشتر پراکندگی کانی‌سازی افshan پیریت در منطقه‌های سیلیسی و سیلیسی + آرژیلیک مشاهده می‌شود. نوع دیگر کانی‌سازی در این منطقه برش گرمابی است. منطقه‌یی برش گرمابی در مرکز گستره، گستره‌ای به اندازه‌ی ۷۵۰×۷۰۰ متر مربع را به خود اختصاص

منطقه‌یی دگرسانی کربنات + کلریت + سرسیت و کربنات + کلریت بیشتر در غرب، شرق و مرکز منطقه دیده می‌شود. دیوریت پورفیری و پیروکسن دیوریت پورفیری واحدهای سنگی هستند که تحت تاثیر این نوع دگرسانی قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین کانی‌های این دگرسانی عبارتند از کربنات‌های ثانویه، کلریت و سرسیت (شکل ۸ ث تا ح). کربنات‌ها و کلریت به صورت پراکنده در زمینه‌ی سنگ و رگچه‌ای قابل مشاهده هستند. هر سه نوع کلریت سبز، آبی و قهوه‌ای در این نوع دگرسانی در سنگ‌های مختلف رویت شده‌اند. بلورهای درشت پلاژیوکلاز در این سنگ‌ها به شدت سرسیتی شده‌اند و روی آن‌ها سرسیت به‌طور کامل پوشانده است.

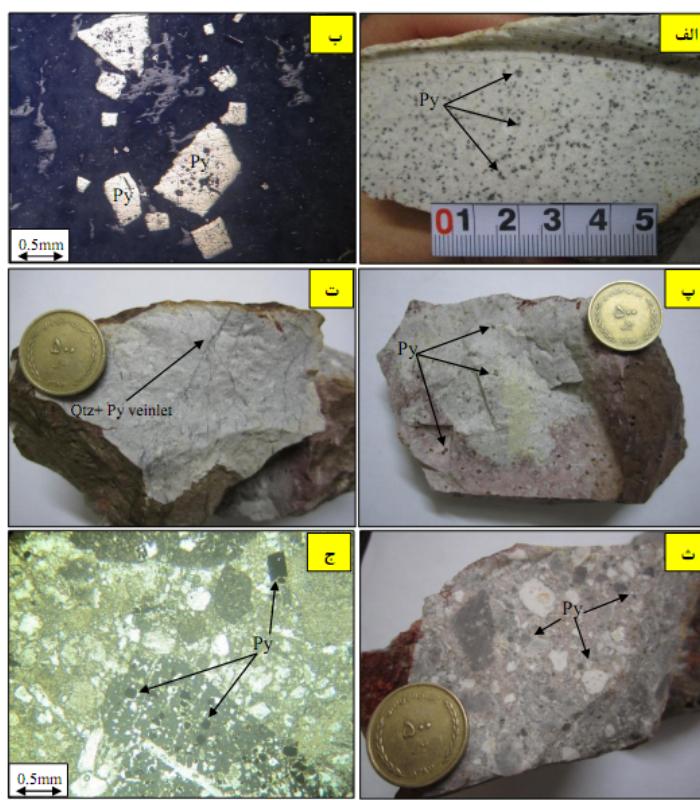
در برخی نمونه‌ها تا ۵ میلیمتر هم می‌رسد.

ژئوشیمی

روش‌های ژئوشیمیابی نقش مهمی در شناسایی بیهنجاری‌های واپسنه به کانسارهای دارای رخنمون و فاقد رخنمون دارند [۲۸]. یکی از هدف‌های پی‌جویی ژئوشیمیابی، دستیابی به تمرکز غیر عادی عنصری است که به کانی‌سازی وابسته‌اند. توزیع آماری عناصر اصلی در طبیعت عادی است. در شرایطی که سنگ‌ها تحت تاثیر دگرسانی و کانی‌سازی قرار بگیرند، این توزیع از حالت عادی خارج شده و به شکل غیر عادی در می‌آید [۲۹].

به دلیل ریخت‌شناسی پست منطقه‌ی مورد بررسی وجود ماسه و رسوب‌های بادی در آبراهه‌های منطقه از برداشت نمونه‌های رسوب آبراهها به عنوان نمونه‌برداری از هاله ژئوشیمیابی ثانویه صرف نظر شد و بررسی‌های ژئوشیمیابی تنها بر روی هاله‌ی لیتو ژئوشیمیابی اولیه متتمرکز شدند. در بررسی ژئوشیمیابی بر مبنای سنگ، داده‌های حاصل از ۴۵ نمونه که توسط صاحب محدوده و شرکت در کاو انجام گرفت، مورد بررسی قرار گرفتند.

داده است. این منطقه دارای قطعات ریز و درشت زاویه‌دار از ۱ میلیمتر تا ۱۰ سانتیمترند (شکل ۶ و ج)، بافت مشاهده شده در این برش‌ها از نوع موzaییکی است. در این بافت شکستگی‌ها اندکی گسترش می‌یابند و فاصله‌ی بین قطعات افزایش یافته است. این پدیده در اثر فشار شاره‌های کانی‌ساز می‌تواند ایجاد شود [۲۷]. برش‌های موجود در این منطقه حداقل به دو نوع قابل تقسیم هستند. دسته‌ی اول برش‌های گرمابی پلی مکتیک که دارای قطعات متنوعی از توف، آنذریت و ریوداسیت هستند و دسته‌ی دوم برش‌های گرمابی منو مکتیک که قطعات آن تنها ریوداسیت یا هورنبلند ریوداسیت‌هایی هستند که برشی شده‌اند. در نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰ (شکل ۴، ب) برش‌های منو مکتیک بیشتر در بخش مغرب محدوده گسترش دارند و برش‌های پلی‌مکتیک بیشتر در بخش شرق محدوده دیده می‌شوند. تمامی این برش‌ها با یک سیمان سیلیسی و کلریتی ساخت شده‌اند. کانی‌سازی پیریت در برش‌های گرمابی (شکل ۹ و ج) در برخی قطعات ریوداسیتی و هورنبلند ریوداسیتی، در سیمان و رگچه‌های کلریتی و بدندرت درون رگچه‌های سیلیسی دیده می‌شود. اندازه بلورهای پیریت



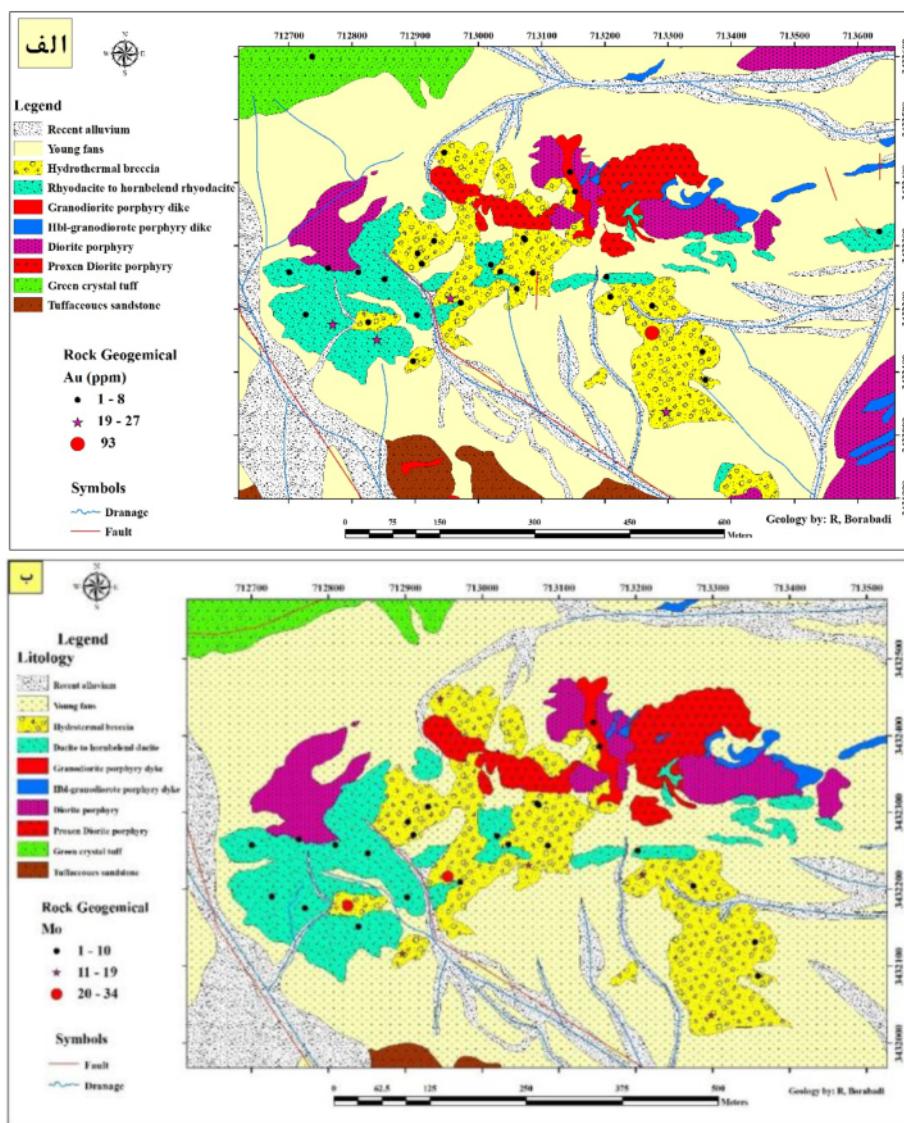
شکل ۹. نمونه‌ی دستی دایک گرانودیوریت پورفیری دارای کانی‌سازی پیریت به صورت پراکنده و ب. مقطع میکروسکوپی دایک گرانودیوریت پورفیری (نور بازتابی)، پ. ریوداسیت دارای کانی‌سازی پیریت به صورت پراکنده، ت. ریوداسیت دارای رگچه کوارتز + پیریت، ث. نمونه‌ی دستی از برش گرمابی پلی مکتیک دارای کانی‌سازی پیریت هم در زمینه هم در قطعات، ج: مقطع میکروسکوپی از تصویر ث (نور XPL). Py: پیریت.

(شکل ۱۰ الف). بالاترین میزان نقره $0.4\text{ g}\text{m}^{-2}$ در تن در واحد ریوداستیتی، حداقل پراکنده‌گی مولیبیدن $34\text{ g}\text{m}^{-2}$ در تن (شکل ۱۰ ب). آرسنیک $50\text{ mg}\text{m}^{-2}$ در تن، مس $16\text{ g}\text{m}^{-2}$ در تن، سرب $51\text{ g}\text{m}^{-2}$ در تن و روی $118\text{ g}\text{m}^{-2}$ در تن بودند. بهنجاری عنصر آرسنیک و تا حدود کمتر در چند مورد بهنجاری عنصر آنتیموان در منطقه دیده می‌شود. این عناصر به عنوان عناصر ردیاب فوق کانساری همراه با کانسارهای طلای و راگ‌ما یافت می‌شوند و گاه خود تشکیل یک ذخیره‌ی اقتصادی را می‌دهند [۳۰].

برداشت این نمونه‌ها از منطقه‌های دگرسان و از محلهای کانی‌سازی پیریت صورت گرفت. آنالیز نمونه‌های ژئوشیمی برای ۲۰ نمونه به روش ۴ اسید (روش 1EX) و اندازه‌گیری با ICP-MS در آزمایشگاه ACME کشور کانادا و برای ۲۵ نمونه برای طلا به روش FireAssay و برای ۳۴ عنصر به روش ICP-OES (روش انحلال ۴ اسید) توسط ME-02 در آزمایشگاه زر آزمایشگاه شد (جدول ۱). بالاترین مقدار طلا $93\text{ mg}\text{m}^{-2}$ در تن در واحد برش گرمایی پلی مکتیک با دگرسانی سیلیسی شدید + آرژیلیکی در مرکز محدوده دیده می‌شود.

جدول ۱ نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های خردہ سنگی. تمام نمونه‌هایی که میزان طلای آن‌ها کمتر از $1\text{ mg}\text{m}^{-2}$ در تن است در آزمایشگاه کانادا با دستگاه ICP-MS و با روش 1DX آنالیز شده‌اند و سایر نمونه‌ها در آزمایشگاه زر آزمایشگاه شده‌اند. Fair assye و برای سایر عناصر با دستگاه ICP-OES و به روش ME-02 آنالیز شده‌اند.

Sample	X	Y	Au(ppb)	Ag(ppm)	As(ppm)	Mo(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Sb(ppm)
S-C-۳	۷۱۵۳۴۵	۳۴۳۳۴۸	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۴	۷۱۵۳۲۲	۳۴۳۳۲۲۷	<۰.۱ ppm	۰.۴	۳۲	۴.۸	۱۵.۹	۱۵.۹	۷	۱۴.۶
S-C-۸	۷۱۲۴۴۲	۳۴۳۲۹۷۴	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۱۰	۷۱۲۵۲۹	۳۴۳۲۶۴۰	<۰.۱ ppm	۰.۲	۸	۴.۶	۵	۱۷.۶	۳	۱.۲
S-C-۱۱	۷۱۲۵۱۱	۳۴۳۲۷۳۸	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۳۱	۸	۸.۷	۱۳.۹	۲	۱.۳
S-C-۱۲	۷۱۲۳۵۹	۳۴۳۲۸۰۲	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۱۵	۷۱۰۷۰۵	۳۴۳۱۸۲۶	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۱۹	۷۱۲۷۰۱	۳۴۳۲۲۵۸	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۲۷	۳.۳	۴.۱	۱۴.۵	۵	۱.۷
S-C-۲۰	۷۱۲۷۶۲	۳۴۳۲۲۶۵	۵	<۰.۱	۱۹	۴.۲	۴.۹	۱۹.۲	۵	۱.۱
S-C-۲۱	۷۱۲۷۷۰	۳۴۳۲۱۷۶	۲۵	<۰.۱	۲۵	۴.۵	۵	۱۹.۷	۵	۱.۷
S-C-۲۲	۷۱۴۵۵۵	۳۴۳۲۲۴۰	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۲۳	۷۱۴۲۹۶	۳۴۳۲۲۴۰	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۲۴	۷۱۴۱۸۰	۳۴۳۲۲۹۸	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۲۵	۷۱۲۸۱۰	۳۴۳۲۲۵۸	۶	<۰.۱	۲۶	۴.۲	۵.۳	۲۰.۴	۳	۱
S-C-۲۶	۷۱۲۸۵۲	۳۴۳۲۲۴۷	۷	<۰.۱	۱۹	۳.۵	۳.۹	۱۱.۲	۳	۱.۴
S-C-۲۸	۷۱۲۸۴۰	۳۴۳۲۱۵۲	۲۶	۰.۳	۳۵	۵.۹	۷.۶	۱۸.۱	۸	۱.۹
S-C-۲۹	۷۱۲۹۰۳	۳۴۳۲۱۹	۵	۰.۲۶	۱۳۳	۷.۵	۱۳	۴۱	۱۵	۱.۱۱
S-C-۳۰	۷۱۲۹۷۲	۳۴۳۲۲۱	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۲۰	۸.۶	۴.۱	۱۸.۱	۴	۱.۵
S-C-۳۲	۷۱۲۰۲۰	۳۴۳۲۲۷	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۵	۴.۹	۷.۵	۳۰.۹	۴	۱.۳
S-C-۳۳	۷۱۲۹۳۰	۳۴۳۲۲۰۸	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۱۱	۵	۶	۲۰.۴	۵	۱.۳
S-C-۳۶	۷۱۳۰۷۲	۳۴۳۲۲۱۲	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۵	۸.۴	۴.۵	۱۰.۵	۵	۱.۴
S-C-۳۸	۷۱۳۱۰۹	۳۴۳۲۲۱۶	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۳۹	۷۱۳۱۴۵	۳۴۳۲۲۱۷	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۱۵	۷.۴	۳.۹	۱۵.۵	۴	۱.۲
S-C-۴۰	۷۱۳۱۵۳	۳۴۳۲۲۳۸۶	<۰.۱ ppm	۰.۴	۵	۸.۸	۹.۴	۲۲.۴	۲	۱.۳
S-C-۴۱	۷۱۳۲۰۳	۳۴۳۲۲۵۱	۵	۰.۳	۷	۹.۵	۵.۶	۱۹.۲	۴	۱.۶
S-C-۴۲	۷۱۳۲۰۹	۳۴۳۲۲۱۹	۸	۰.۳	۸	۱۹.۲	۶.۳	۱۳.۱	۴	۱.۴
S-C-۴۳	۷۱۳۲۷۵	۳۴۳۲۲۱۶۲	۹۲	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۴۴	۷۱۳۲۹۸	۳۴۳۲۰۳۷	۱۹	<۰.۱	۵۰	۱۹.۲	۱۰.۶	۲۲.۲	۱۱	۱.۹
S-C-۴۵	۷۱۳۵۹۰	۳۴۳۱۸۲۵	۵	-	-	-	-	-	-	-
S-C-۴۶	۷۱۳۶۳۵	۳۴۳۲۲۲۳	۸	۰.۲	۴	۱۳.۱	۶.۸	۳۰.۷	۱۰	۱.۳
S-C-۴۷	۷۱۳۷۳۷	۳۴۳۲۶۰۰	<۰.۱ ppm	<۰.۱	۲۲	۰.۸	۱۴.۸	۴۱.۹	۱۱۳	۲.۴
S-C-۴۸	۷۱۳۷۷۷	۳۴۳۲۱۹۱	۶	۰.۲۱	۲۵.۷	۱.۳۷	۴	۳۶	۱۴	۱.۰۹
S-C-۴۹	۷۱۳۸۹۷	۳۴۳۲۱۱۷	۵	۰.۲۱	۱۸.۸	۱۳.۱	۴	۵۱	۱۱	۱.۰۸
S-C-۵۰	۷۱۳۹۵۶	۳۴۳۲۲۱۷	۱۹	۰.۳۶	۲۸.۲	۳۱.۸	۷	۳۹	۱۳	۱.۱
S-C-۵۱	۷۱۳۰۶۱	۳۴۳۲۲۳۲	۵	۰.۲۸	۱۴	۱۲	۵	۳۸	۱۶	۱.۱۶
S-C-۵۲	۷۱۳۰۳۵	۳۴۳۲۲۵۹	۵	۰.۲	۱۹.۷	۹.۸	۳	۳۴	۱۰	۱.۱
S-C-۵۳	۷۱۳۰۷۴	۳۴۳۲۲۳۱	۵	۰.۲۱	۶.۵	۶.۱	۲	۳۲	۹	۱.۰۷



شکل ۱۰ موقعیت و میزان عنصر طلا (الف) و مولیبدن (ب) که بر روی نقشه زمین شناسی نشان داده شده‌اند.

آرژیلیک و سرسیتیک‌اند. کانی‌سازی به دو صورت برون‌زاد و درون‌زاد قابل مشاهده‌اند. کانی‌سازی درون‌زاد در درون توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق و دیوریتی به صورت کانی مگنتیت به شکل پراکنده و در درون دایک‌های سفید، واحد ریوداسیت تا هورنبلند ریوداسیت و برش گرمابی به صورت کانی‌سازی پیرت پراکنده و رگچه‌ای مشاهده می‌شود. کانی‌های برون‌زاد بیشتر شامل اکسیدهای آهن ناشی از اکسید شده پیریت هستند. برش گرمابی یکی از میزبانان کانی‌سازی پیریت در سطح منطقه است. این واحد در بخش مرکزی محدوده وسعت قابل توجهی را به خود اختصاص داده است.

برداشت

منطقه پی‌جویی سیمیرغ از سنگ‌های آتشفسانی، آذرآواری و توده‌های نیمه عمیق نفوذی تشکیل شده است. واحدهای نیمه‌عمیق به دو شکل توده‌های دیوریت سبز رنگ و دایک‌هایی سفید گرانو دیوریتی با راستای شمال شرقی جنوب غربی در سرتاسر منطقه گسترش دارند. سنگ‌های آتشفسانی دارای گسترش زیادی در سطح منطقه هستند و واحدهای دارای کانی‌سازی پیریت در مرکز گستره رخنمون شدند. بر اساس پردازش تصاوی ماهواره‌ای و شواهد صحرایی، دگرسانی قابل توجهی در سطح منطقه قابل رویت است. منطقه‌های اصلی دگرسانی شامل پروپیلیتیک، کربنات + کلریت، سیلیسی،

- [۷] Alavi M., "Tectonic map of the Middle East", scale 1:2.900.000, Geological Survey of Iran(1991).
- [۸] سمیعی س، کریمپور م.ح، قادری م، حیدریان شهری م.ر، "زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی محدوده‌ی خونیک، جنوب بیرجند"، مجله بلور شناسی و کانی شناسی ایران، شماره ۳، جلد ۲۱، (۱۳۹۱)، ص ۴۸۷-۴۹۸.
- [۹] Hedenquist J.W., Arribas A., Gonzales-Urien E., "Exploration for epithermal gold deposits", Reviews in Economic Geology 13(2000) 245-277.
- [۱۰] ملک‌زاده شفارودی آ، "زمین‌شناسی، کانی‌سازی، دگرسانی، ژئوشیمی، تفسیرداده‌های ژئوفیزیکی، میکروترموترمتری، مطالعات ایزوتوبی و تعیین منشاء کانی‌سازی مناطق اکتشافی ماهرا آباد و خوییک، استان خراسان جنوبی"، پایان نامه دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۸)، ۶۰۰ صفحه.
- [۱۱] ارجمندزاده ر، "مطالعات کانی‌سازی، ژئوشیمی، سن-سنجدی و تعیین جایگاه تکتونوماگماتی تودهای نفوذی در انديس معدنی دهسلم و چاه شلغمنی، بلوک لوت، شرق ايران، پایان نامه دکتری، (۱۳۹۰) ۳۶۹ صفحه.
- [۱۲] میری بیدختی ر، کریم پور م.ح، مظاهري س.ا، "مطالعه کانی زایی طلا، مس و روی در منطقه بالازرد، غرب شهرستان نهبندان، چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند (۱۳۹۱) ص ۱۵۰-۱۵۵.
- [۱۳] عبدالی م، کریمپور م.ح، "زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی، پتروژئنز، سن سنجدی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک هوابرد منطقه اکتشافی کوه شاه، جنوب غرب بیرجند"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی ایران، شماره ۱، جلد ۴، (۱۳۹۱)، ص ۷۷-۱۰۷.
- [۱۴] کریمپور م.ح، ملک‌زاده شفارودی آ، فارمر لنگ، استرن چاک، "پتروژئنتر گرانیت‌های، سن سنجدی زیرکن به روش U-Pb ژئوشیمی ایزوتوب‌های Sr-Nd و رخداد مهم کانی‌سازی ترشیاری در بلوک لوت، شرق ایران"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی ایران، شماره ۱، جلد ۴ (۱۳۹۱) صفحه ۱-۲۷.
- [۱۵] برآبادی ر، مظاهري س.ا، ابراهيمی خ، "زمین‌شناسی، دگرسانی و اکتشافات ژئوشیمیایی در منطقه اکتشافی سیمرغ، جنوب غرب شهرستان نهبندان، استان خراسان جنوبی،

نمونه‌برداری ژئوشیمیایی از واحدهای سنگی منطقه بالاترین بهنجاری عنصر طلا را به همین برش گرمابی با دگرسانی سیلیسی شدید + آرژیلیک نشان می‌دهد. بقیه عناصر مثل مس، سرب، روی، نقره بی‌هنچاری شاخصی نشان نمی‌دهند. مولیبدن و آنتیموان در برخی نمونه‌ها دارای بی‌هنچاری هستند. بالاترین میزان مولیبدن و آنتیموان به ترتیب ۳۳ و ۱۴ گرم در تن است. وجود سنگ‌های آتشفشاری مثل داسیت، توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق، وجود دگرسانی‌های وسیع و گستره (آرژیلیک، پروپلیتیک، سیلیسی و سرسیتی)، حضور کانی‌سازی سولفیدی به صورت پراکنده و رگچه‌ای، وجود برش‌های گرمابی دارای پیریت و داده‌های ژئوشیمیایی که بیانگر بی‌هنچاری طلا هستند و حضور بهنجاری‌های طلا در منطقه‌ی ده سلم و منطقه‌ی بالا زرد (۴۰ کیلومتری شمال غرب منطقه‌ی مورد بررسی) [۱۱] به عنوان مهم‌ترین کلیدهای پی‌جویی، می‌توانند ارتباط این منطقه را با کانی‌سازی طلای و راگرما با میزبان برشی نشان دهند.

مراجع

- [۱] حسينی ض، افشاریان زاده م، چایچی ز، "نقشه زمین-شناسی ۱:۲۵۰۰۰ ده سلم (چاه وک)"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، (۱۳۷۱).
- [۲] بایاخانی ع.ر، خلقی م.ح، زاده کبیر ح، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ نخلیل آب (آب سرد)"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، (۱۳۶۷).
- [۳] اکرمی م.ع، نادری میقانی، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ ده سلم"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی (۱۳۸۴).
- [۴] آقاباتی ع، "زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۳)، ۶۰۶ صفحه.
- [۵] Ruttner A., Stocklin J., "Geological map of Iran", scale 1:1000.000, Geological Survey of Iran (1967).
- [۶] Berberian M., King G. C. P., "Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran", Canadian Journal of Earth Sciences 18 (1981) 210-265.

deposits in a laramide hydrothermal system, Sombrero Butte, Pinal county, Arizona", a Manuscript Submitted to the Faculty of the department of geosciences in partial fulfillment of the requirements for the Degree of master of sciences in the graduate the university of Arizona (2007) 120.

[24] Kouhestani H., Ghaderi M., Zaw Kh., Meffre S., Emami M. H., "Geological setting and timing of the Chah Zard breccia-hosted epithermal gold-silver deposit in the Tethyan belt of Iran", Miner Deposita, 47 (2011) 425–440.

[25] Rowe A., "Fluid evolution of the magmatic hydrothermal breccia of the Goat Hill orefield, Questa Climax-type porphyry molybdenum system, New Mexico- a fluid inclusion study", unpublished thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science in Geology (2005) 145.

[26] Hedenquist J.W., Arribas A., Gonzales-Urion E., "Exploration for epithermal gold deposits", Reviews in Economic Geology 13 (2000) 245-277.

[27] Laznicka P., "Breccias and ore. Part 1: History, organization and petrography of breccias", Ore Geology Rev. (1989) 314-344.

[28] Robert F., Brommecker R., Bourne B.T., Dobak P.J., McEwan, C.J., "Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration", Ore Deposits and Exploration Technology, Paper 48 (2007) 691-711.

[29] Rose A.W., Burt D.M., "Hydrothermal alteration in Barnes, H.L., ed,"Geochemistry of hydrothermal ore deposits", New York, USA, John Wiley and Sons (1979) 173-235.

[۳۰] کریمپور م.ح، ملکزاده شفارودی آ، حیدریان شهری م.ح، "اکتشافات ذخایر معدنی (مدل‌های زمین‌شناسی، رئوژیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیک)"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۸۴) ۶۳۲ صفحه.

پنجمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۹۲)، ص ۴۳-۴۸

[15] Rowan L.C., Schmidt R.G., Mars J.C., "Distribution of hydrothermally altered rocks in the Reko Diq, Pakistan mineralized area based on spectral analysis of ASTER data", Remote Sensing of Environment 104 (2006) 74–87.

[16] Robert F., Brommecker R., Bourne B.T., Dobak P.J., McEwan C.J., "Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration", Ore Deposits and Exploration Technology Paper 48(2007) 691-711.

[17] Pérez D.J., Crósta A.P., Souza Filho C.R., Marín G., "Mineral mapping exploration using hyperspectral AVIRIS data in Los Menudos area, Río Negro province (67°51'W- 40°53'S), Argentina" (2000) 99-672.

[۱۸] معصومی ف، رنجبر ح، "مقایسه بین داده‌های تصحیح شده سنجنده ASTER با روش‌های نرم‌الیزه شده، میانگین بازتاب داخلی نسبی و لگاریتم باقیمانده جهت نقشه‌برداری از کانی‌های مناطق دگرسان شده"، سیزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ص ۳۱۲-۳۱۵

[19] Zhonghai He., Binbin He., Cui Ying, "Hydrothermal alteration mapping using Asterdata in east Kunlun mountain, China", Sci. & Technol. of China, Chengdu, China (2010) 4514-4517.

[20] Ishihara S., "The granitoid series and mineralization", ECONOMIC GEOLOGY, 75th Annive. (1981) 458- 484.

[21] Laurentiu Nadasan, Floarea Nadasan, "Gold mineralisation in hydrothermal-breccia from South Eastern part of Frasin deposit", Bucium district, Apuseni Mountains, Romania, Geochemistry, Mineralogy and Petrology 43 (2005) 133-137.

[22] Arato R., Kiss G., Molnar F., "Mineralogy and petrology and origin of a hydrothermal breccia in the Recsk porphyry - epithermal ore complex, Ilona Valley, Parad, (NE-Hungary)", Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series, Szeged, 7 (2012) 6.

[23] Amy B. Eichenlaub, "Exploration of genetic links between breccia pipes and porphyry copper