



بررسی‌های ژئوشیمی، کانی‌سازی و زمین‌ساختی جنوب‌غربی کریز (کاشمر)

سیده محبوبه علمدار^{*}، سید احمد مظاہری، بهنام رحیمی

گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۹۰/۸/۲۸، نسخه نهایی: ۹۰/۳/۷)

چکیده: منطقه‌ی مورد بررسی در ۳۰ کیلومتری شمال‌غربی شهرستان کاشمر، جنوب‌غربی روتای کریز و در شرق معدن آهن سیاه کوه قرار گرفته است. براساس بررسی‌های صحرایی و کانی‌شناسی صورت گرفته، بیشتر سنگ‌ها را واحدهای عمیق، واحدهای نیمه-عمیق و واحدهای آتشفسانی با سن اؤسن تشکیل می‌دهند که واحد کربناتی با سن پرمین نیز در منطقه به‌طور گسترش دارند. کانی‌سازی در منطقه به شکل رگه‌ای، عدسی، توده‌ای و افshan مشاهده می‌شود. کانی‌سازی رگه‌ای و عدسی در ارتباط با زون گسلی می‌باشد. اغلب کانی‌سازی در منطقه مغنتیت است که بیشتر به اشکال رگه‌ای، عدسی توده‌ای و کمتر به صورت افshan است. کانی‌های دیگر که به مقدار کمتری به صورت رگه‌ای و عدسی در منطقه مشاهده می‌شوند شامل اسپکیولاریت، کالکوپیریت، پیریت، هماتیت، ملاکیت، کوارتز و کربناتند. هوازدگی کانی‌های سولفیدی اولیه سبب تشکیل مقادیر سطحی از کانی‌های ثانویه مانند ملاکیت شده است. از نظر زمین‌ساختی، منطقه حاوی سه نوع گسل از جمله گسل نرمال، گسل راستالغاز و گسل تراستی است که روند اصلی گسل‌ها شمال‌غربی - جنوب‌شرقی است. روند این گسل‌ها با روند کانی‌سازی رگه‌ای همخوانی دارد. گسل‌های راستالغاز در کانی‌سازی نقش موثری داشته و عملکرد این گسل‌ها منجر به ایجاد فضاهای مناسب برای بالا آمدن آبغون و پر کردن فضاهای شده است. مغنتیت در سنگ آهک و در تماس با توده‌های نفوذی - آهک به صورت گرمابی تشکیل شده است. وجود اکسید آهن فراوان از نوع مغنتیت، سنگ‌های گرانیتوئیدی نوع I، به صورت بی‌هنجاری مثبت مس و ارتباط کانی‌سازی با موقعیت گسل‌ها می‌تواند شواهدی در تایید پیدایش کانسار سنگ آهن منطقه به عنوان عضوی از ذخایر نوع Fe-Oxide باشد.

واژه‌های کلیدی: کریز؛ مغنتیت؛ گرماب؛ گسل‌های راستالغاز

مقدمه

کاشمر [۲] و بخش شرقی زون تکنار واقع شده است. زون تکنار یک واحد زمین‌ساختی گوهای است که به وسیله‌ی گسل تکنار (ریوش) از شمال و گسل درونه از جنوب دربر گرفته شده است است [۳]. مجموعه‌ای از سازندهای پالئوزوئیک، مزوژوئیک و ترشیاری در پنجره‌ی زون تکنار رخنمون دارند [۴]. دسترسی به منطقه‌ی مورد بررسی از دو مسیر متفاوت جاده‌ی مشهد - نیشابور - ریوش و جاده مشهد -

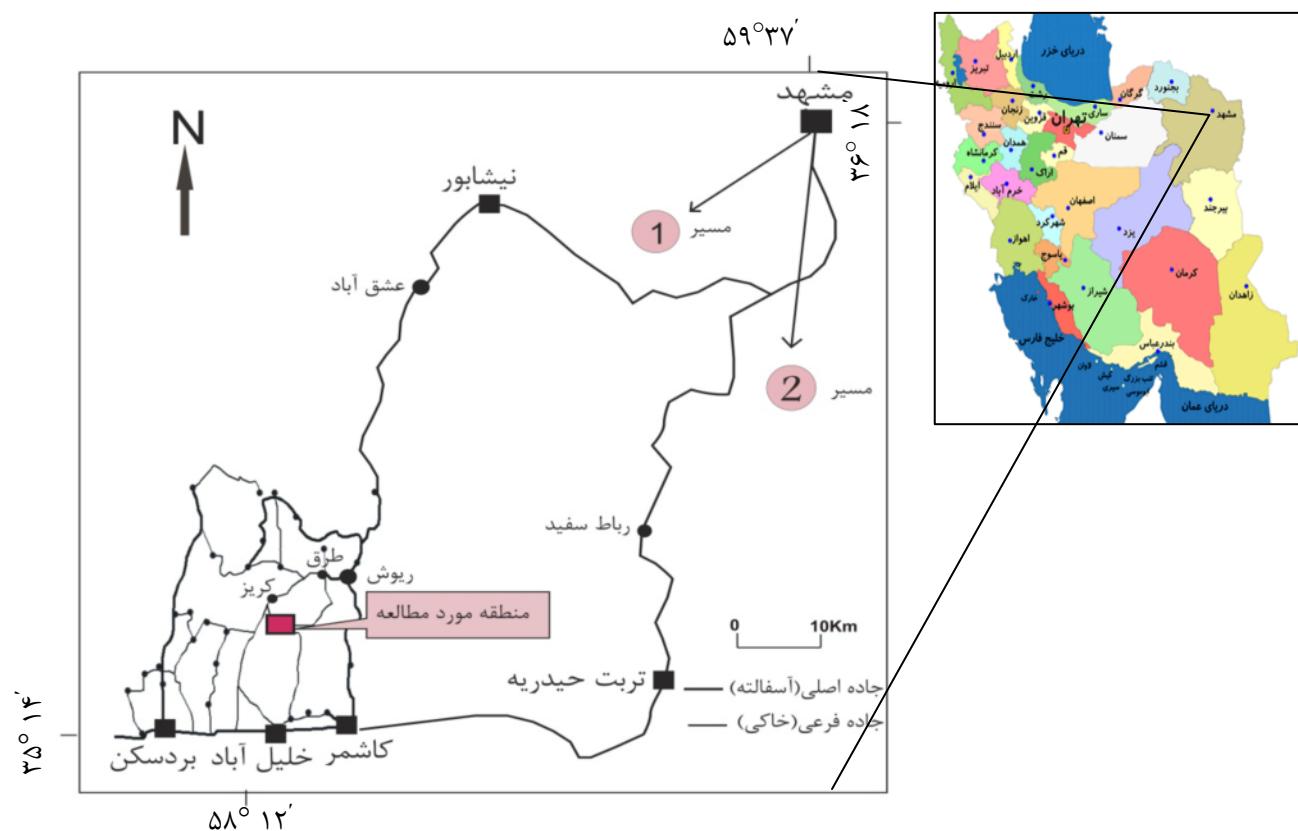
ناحیه‌ی بررسی شده در شرق معدن آهن سیاه کوه و در گستره-ای بین "۱۶°۵۰'-۵۸°۱۷'-۵۴°۲۴' طول‌شرقی و "۳۵°۲۴'-۳۵°۲۴' عرض‌شمالي است. از نظر تقسیمات ساختاری زون ایران مرکزی خود به سه واحد زمین‌ساختی جهان بلوك لوت در جنوب، زون تکنار و زون سبزوار تقسیم می‌شود [۱]. منطقه‌ی مورد بررسی در شمال‌شرقی ورقه‌ی زمین‌شناسی

* نویسنده مسئول، تلفن - نمبر: ۰۵۱۱ (۸۷۶۷۷۷۵)، پست الکترونیکی: mahboobehalamdar@yahoo.com

شده ممکن است حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای کربنات و عناصر P, F, Ba باشند. همچنین ذخایر IOCG می‌توانند حاوی مجموعه‌ای از فلزات فرعی شامل U, Co, Zn, Ag و As باشند. تقریباً در همهٔ ذخایر Iron Oxide ناهنجاری‌هایی از REE‌ها نیز وجود دارند [۱۰].

از ویژگی‌های محلول‌های کانی‌ساز در کانسارهای رده‌ی مگنتیت-آپاتیت، عبارتند از شوری بالا، مقدار کم گوگرد و دمای بیشتر از 250°C است [۱۰]. بر اساس نظریه‌ی بارتون و دیگران (۱۹۹۸) محلول کانه‌دار اشباع از هالبیت به بیش از ۲۰٪ رسیده و خاستگاه آن از رسوب‌های تبخیری است [۱۲]. بررسی شاره‌های درگیر کانسار مس-طلا-نقره‌ی قلعه زری (که از نوع غنی از اسپیکیولاریت است) و طلای کوه‌زیر تربت حیدریه با میزان $13,14\text{ g}\text{Cl}/\text{g}$ نشان داد که محلول NaCl کمتر از ۶ درصد بوده و ضرورت ندارد که محلول کانه‌دار اشباع از املاح باشد. این ادعا نیز توسط سیلیتو (۲۰۰۳) تایید شده است [۱۵].

تربت حیدریه-کاشمر-ریوش ممکن است. راههای دسترسی به منطقه‌ی مورد بررسی در شکل (۱) نشان داده شده است. منطقه مورد بررسی در کمربند آتشفشاری-نفوذی، خوفا-کاشمر-بردسکن قرار گرفته است که این کمربند با روند شرقی-غربی در شمال گسل درونه دیده می‌شود، که موجب شناسایی چند منطقه با کانی‌سازی نوع Fe-Oxides شده است. در بخش شرقی این کمربند کانسار اسکارن مگنتیت سنگان واقع شده است. منطقه مورد بررسی نیز در قسمت غربی این کمربند قرار دارد [۵]. کانسار سنگ آهن خراسان و چند ذخیره دیگر مگنتیت در این کمربند قرار گرفته‌اند [۷,۶]. کانی‌سازی مس و آهن در طول این کمربند در نقشه‌ی توزیع مواد معدنی ایران [۸] نیز گزارش شده است. ذخایر Iron Oxide توسط هیترزم و همکاران [۹] به دو رده مگنتیت-آپاتیت و اکسید آهن-مس-طلا رده‌بندی شده‌اند. بخشی از ویژگی‌های این نوع ذخیره در جدول (۱) نشان داده شده است. این ذخایر با مقادیر فراوان کانی‌های اکسید آهن و کمیاب نسبی سولفیدهای آهن مشخص و متمایز می‌شوند. هر دوردهی یاد



شکل ۱ راههای دسترسی به منطقه [۱۷].

جدول ۱ برخی خصوصیات مهم کانسارهای Iron Oxide برگرفته از Ray [11] و Hitzman [2000]

سن	سنگ‌های همراه	مورفولوژی	محیط تکتونیک
اوایل پروتزوژنیک تا پلیوسن، انواع شناخته شده مربوز به اواسط پروتزوژنیک	گابریو، دیوریت تا گرانودیوریت با ترکیب تولئیتی تا آهکی-قلیابی	استراتیباند تا نیمه‌افقی و کاملاً شبیدار، عدسی، انبانه‌ای شبیدار، رگه-ای، لوله‌ای، برشی و استوک ورک	زون فرورانش حاشیه قاره‌ای، کافت درون قاره‌ای و نقاط داغ

شده‌اند. واحدهای آتشفسانی با ترکیب حدواسط به میزان کمتر در منطقه شناسایی شده‌اند. بیشتر این واحدهای سنگی به صورت استوک و تماسی دیده می‌شوند.

واحدهای سنگی رسوبی - کربناتی: این واحد گستردگی چشمگیری را در غرب به سمت مرکز منطقه دارد. سن این واحد پرمین است (شکل ۲).

واحدهای سنگی آذرین درونی: واحد سینوگرانیت در بخش کوچکی از شمال منطقه مشاهده می‌شود که دارای بافت دانه‌ای است (شکل ۲). کوارتز (۰٪/۲۰)، فلدسپات قلیابی (۶۰٪/۶۵)، پلاژیوکالز (۱۰٪) و بیوتیت و کانی‌های کدر به مقدار جزئی در این سنگ دیده می‌شود. واحد دیوریت به تفکیک شامل هورنبلند دیوریت، هورنبلندپیروکسن دیوریت، هورنبلند کوارتز دیوریت و پیروکسن بیوتیت هورنبلند دیوریت است. واحدهای هورنبلند پیروکسن دیوریت و پیروکسن بیوتیت هورنبلند دیوریت در شمال منطقه، واحد هورنبلند دیوریت در شمال-غربی، جنوب‌غربی، مرکز و شرق منطقه توسعه یافته‌اند و واحد هورنبلند کوارتز دیوریت بخشی از شرق منطقه را تشکیل می‌دهد (شکل ۲). واحدهایی یاد شده غالباً دارای بافت دانه‌ای است که کانی‌های اولیه تشکیل دهنده‌ی پلاژیوکالز (۷۰٪/۷۵-۷۰)، فلدسپات قلیابی (۱۲٪/۱۲-۷)، کوارتز (۷٪/۶-۲) و کانی‌های مافیک هورنبلند و پیروکسن (از نوع اوزیت) حدود ۷-۵٪ است. این کانی‌ها تحت تاثیر دگرسانی حاصل از نفوذ گرمابی‌ها به کانی‌های ثانویه کلریت، اپیدوت، کربنات و ... تبدیل شده‌اند.

واحدهای سنگی آذرین نیمه عمیق: این واحدها که بخش قابل توجهی از منطقه را در بر می‌گیرند، شامل دیوریت پورفیری، هورنبلند دیوریت پورفیری، پیروکسن هورنبلند دیوریت پورفیری، هورنبلند پیروکسن دیوریت پورفیری، بیوتیت هورنبلند دیوریت پورفیری، پیروکسن مونزونیت پورفیری، پیروکسن هورنبلند مونزونیت

واحدهای کربناتی منطقه، قدیمی‌ترین واحدی هستند که سن آن به پرمین می‌رسد [۲]. بررسی‌های انجام شده شامل ورقه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ [۲] و ۱:۲۵۰۰۰ [۱۶] است. توده‌های عمیق، نیمه عمیق شامل واحدهای حدواسط دیوریتی و مونزونیتی با بافت دانه‌ای و پورفیری و توده‌های بیرونی شامل آندزیت، پیروکسن آندزیت و توف که با سن اوسن در منطقه نفوذ کرده‌اند. هدف از این پژوهش بررسی کانی‌سازی، زمین‌ساختی، تشخیص سنگ خاستگاه، و تعیین نوع کانی‌سازی آهن است.

روش بررسی

بررسی‌های صحرائی و آزمایشگاهی در این ناحیه شامل مراحل زیرند:

- نقشه‌ی زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی رقومی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ با استفاده از نرم‌افزار Arc map تهیه شد.
- ۱۱ نمونه از محل‌های دگرسان، ۶ نمونه از کانسنگ آهن به روش خردمندی و ۶ نمونه از رسوب‌های رودخانه‌ای برای

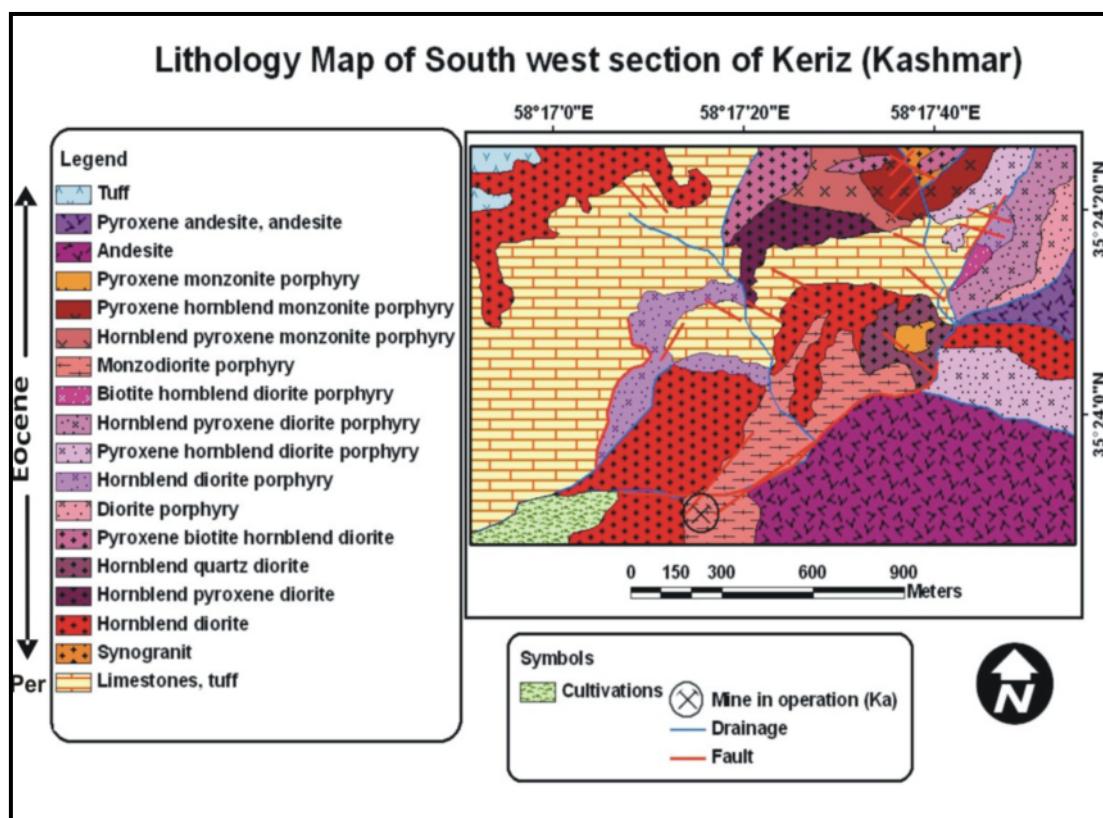
بررسی‌های ژئوشیمیایی برداشت شدند.

- برای بررسی‌های سنگنگاری ۴۰ نمونه از توده‌های نفوذی و برای بررسی‌های کانی نگاری ۱۵ نمونه از زون‌های کانی‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند.

- نمونه‌های مغنتیت با XRF با دقت ۱±۰٪ از سوی شرکت کانسaran بینالود، و تجزیه‌ی نمونه‌های دگرسان و رسوب رودخانه‌ای عنصر... Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Ag... در دانشگاه فردوسی مشهد به روش AAS بررسی شدند.

سنگنگاری

منطقه‌ی با توجه به قرار گرفتن در بخش شرقی زون تکنار، بخشی از کمریند آتشفسانی - پلوتونیکی خواف-کاشمر-بردسکن را تشکیل می‌دهد [۷]. از نظر سنگ‌شناسی، سنگ‌های منطقه از سنگ‌های حدواسط عمیق و نیمه عمیق تشکیل



شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه [۱۷].

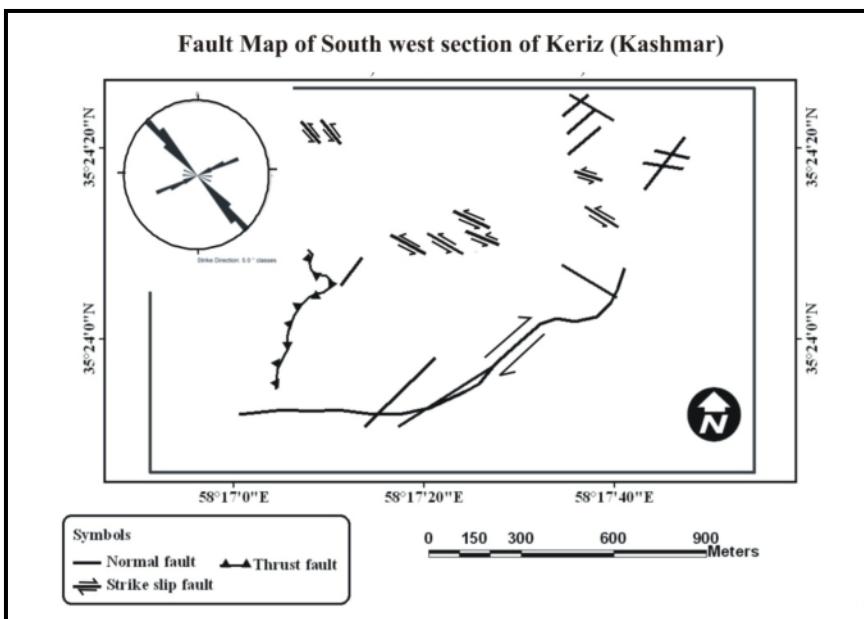
منطقه) به صورت بیرون‌زدگی‌های کوچک و درون گسترهی سنگ‌آهک‌ها قرار دارد (شکل ۲).

زمین‌ساختی

گسترهی مورد بررسی در حد فاصل دو گسل اصلی (گسل درونه و گسل تکنار) و در تماس با دو زون ساختاری بلوک لوت و زون سبزوار قرار گرفته است. از این‌رو روشن است که منطقه‌ی مورد بررسی از تغییرات ساختاری شکننده و شدیدی برخوردار است. تغییر ساختاری در منطقه‌ی مورد بررسی بیشتر شکننده است و از گسل‌های با روندهای مختلف تشکیل شده‌اند. در بررسی‌هایی که روی مجموع شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه صورت گرفته و با استناد به نمودار گل سرخی رسم شده (در گوشی چپ شکل ۳) بیشتر شکستگی‌ها و گسل‌های این منطقه روند شمال‌غربی – جنوب‌شرقی و تعدادی اندکی از آن‌ها روند شمال‌شرقی – جنوب‌غربی دارند. گسل‌های موجود در منطقه‌ی مورد بررسی نسبت به گسل‌های درونه و تکنار از نوع گسل‌های فرعی هستند. این گسل‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

پورفیری، پیروکسن مونزونیت پورفیری هستند. واحدهای مونزونیت پورفیری در شمال منطقه و واحدهای دیوریت پورفیری در شرق و شمال منطقه به سمت مرکز گسترش پافته‌اند (شکل ۲). بافت غالب پورفیری تا گلومروپورفیری است. فنوکریست‌ها بیشتر شامل پلاژیوکلاز (۲۰-۱۰٪)، فلدسپات قلیایی (۱۰٪) و کانی‌های مافیک (از نوع هورنبند و پیروکسن) حدود ۷-۵ درصد و زمینه‌ی ریزدانه تا متوسط متشکل از پلاژیوکلاز و فلدسپات قلیایی و در مواردی ذرات ریز کوارتز است. بیشتر فنوکریست‌ها طی نفوذ گرمابی‌ها به کانی‌های ثانویه از قبیل اپیدوت، کلریت، سیلیس، کانی رسی، کربنات و کمی به سرسیت تبدیل شده‌اند.

واحدهای سنگی آذرین بیرونی: این واحدها غالباً شامل آندزیت که در بخش جنوب-جنوب شرقی و پیروکسن آندزیت که بخش کوچکی در شرق منطقه را به خود اختصاص داده‌اند مشاهده می‌شوند (شکل ۲). بافت پورفیری با زمینه‌ی کاملاً ریزدانه. در پیروکسن آندزیت فنوکریست‌های پیروکسن (۳٪) با شکل کاملاً مشخص دیده می‌شوند که برخی از آن‌ها اتحلال و با کربنات، کلریت و اپیدوت پر شده‌اند. توف آهکی (شمال غربی



شکل ۳ نقشه‌ی گسل‌های منطقه [۱۷].

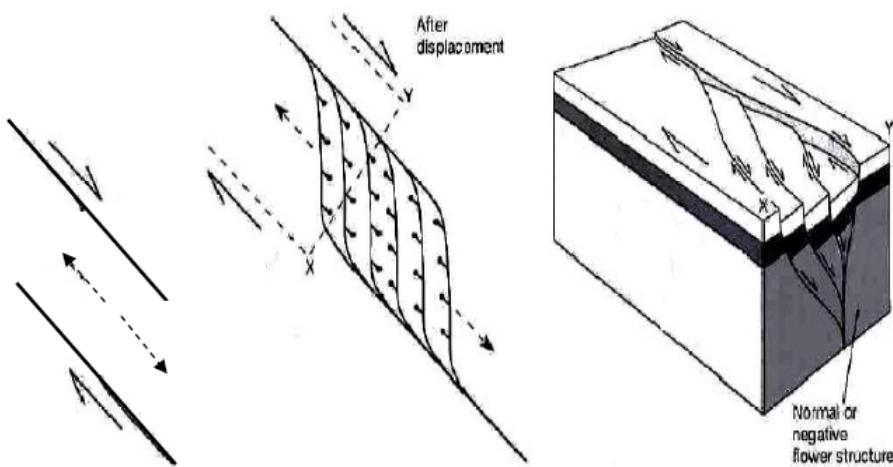
نارند.

گسل رورانشی: این گسل یک نوع گسل وارون است به گونه‌ای که فرادیواره نسبت به فرادیواره به سمت بالا حرکت کرده و باعث راندگی شده است. در این گسل فرادیواره از جنس آهک و فرادیواره از جنس آذرین (هورنبلند دیوریت پورفیری) است. شبیه این گسل به سمت غرب تمایل دارد.

ارتباط سیستم گسلی منطقه با کانی‌سازی منطقه در گسل‌های راستالغز، با توجه به راستای لغزش و نیز آرایش گسل‌ها در یک سیستم گسلی و سمتگیری جابه‌جایی بلوک‌ها، شکستگی‌های کششی یا فشارشی تشکیل می‌شوند. بررسی‌های انجام شده در منطقه نشانگر این است که گسل‌ها آرایش پله‌کانی (En-Echelon) دارند. سمت و سوی حرکت و آرایش به سمت چپ و همانند است. نتیجه‌ی این حرکت تشکیل و گسترش فضاهای کششی است. این فضاهای کششی در یک شرایط پوششی تشکیل می‌شوند که خود منجر به ایجاد شکستگی‌های کششی می‌شود، به طور کلی در منطقه با یک سیستم تراکشن روپرو هستیم (شکل ۴). فضاهای کششی اخیر شرایط مناسبی برای حرکت و نهشت شاره‌ها فراهم می‌کنند، به گونه‌ای که طرفین زون‌های کانی‌سازی به گسل‌های راستالغز ختم شده و کانی‌سازی در حدفاصل آن‌ها قرار می‌گیرد. این چگونگی در مقیاس ناحیه‌ای و منطقه‌ای مشهود است و روند کانی‌سازی با روند گسل‌ها همخوانی دارد.

گسل راستا لغز: این گسل‌ها با دو روند شمال‌غربی-جنوب-شرقی و شرقی-غربی دیده می‌شوند (شکل ۳). سوی لغزش در گسل‌های شرقی-غربی از نوع راست رو است. طول این گسل‌ها بیش از یک کیلومتر است و شبیه تندی را به سوی جنوب نشان می‌دهند. در مسیر این گسل‌ها آبراهه‌ها تشکیل شده‌اند. دسته‌ای دیگر از گسل‌های راستالغز، روندی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی دارند. سمت و سوی حرکت در این دسته چپ‌رو است. این گسل‌ها شبیه تندی به سمت جنوب دارند. طول این دسته از گسل‌های راستالغز تا ۲۰۰ متر می‌رسد و آرایش پله‌کانی (En-Echelon) دارند، سمت آرایش و سوی حرکت همانند است و فضاهای تراکشنی در راستای این دسته از گسل‌ها را سبب شده است. در این فضاهای شاره‌های کانی دار انباسته‌های خوبی را ایجاد کرده‌اند.

گسل بهنچار: این گسل‌ها با دو روند شمال‌شرقی-جنوب‌غربی و شمال‌غربی-جنوب‌شرقی مشاهده می‌شوند (شکل ۳). سمت و سوی حرکت در گسل‌های شمال‌شرقی-جنوب‌غربی از نوع راست‌رو است. طول این گسل‌ها بین ۱۵۰ تا ۴۰۰ متر متغیر است. دسته‌ای دیگر از گسل‌های بهنچار، گسل‌های با روند شمال‌غربی-جنوب‌شرقی هستند. سمت و سوی حرکت این دسته از گسل‌ها چپ‌رو است. این گسل‌ها طولی بیش از ۲۰۰ متر دارند. گسل‌های بهنچار بیشتر باعث جابه‌جایی توده‌های منطقه و ایجاد آبراهه‌ها شده‌اند و در کانی‌سازی نقش چندانی



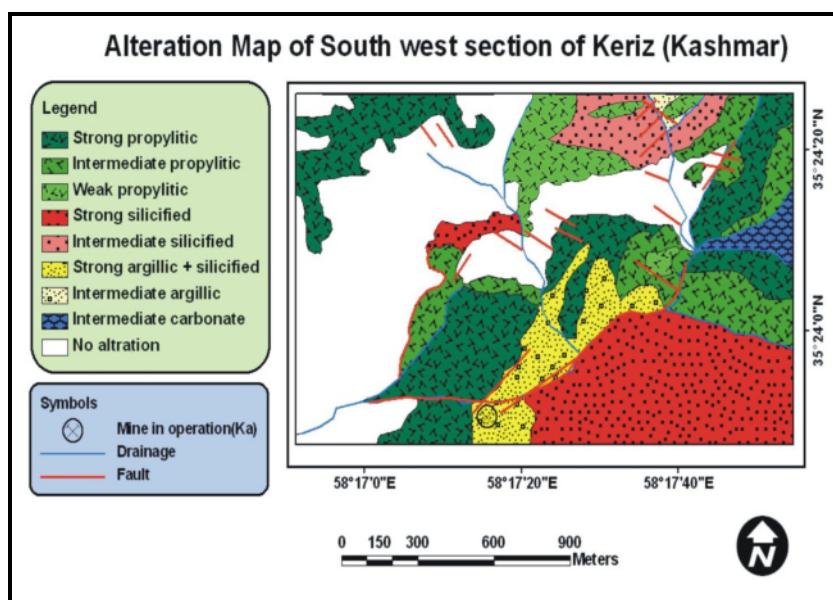
شکل ۴ چگونگی ایجاد شکستگی‌های کششی در گسل‌های راستالفرز که در نهایت منجر به ایجاد فضای مناسب برای صعود و نهشت شاره‌ها شده است [۱۸].

گسترش را در منطقه دارد. زون سیلیسی با شدت متوسط در شمال منطقه مونزونی و با شدت بیشتر در پایانه‌ی جنوبی واحد آندزیت و در مرکز واحد هورنبلنددیوریت پورفیری را تحت تاثیر قرار داده است (شکل ۵). میزان کوارتز ثانویه با شدت متوسط ۱۵ تا ۲۰٪ و با شدت بیشتر به ۳۰ تا ۳۵٪ می‌رسد. این دگرسانی در منطقه‌ی مورد بررسی به صورت حضور سیلیس ریز در متن سنگ و به نیز رگچه‌های سیلیسی دیده می‌شود، و در واحدهای سنگی پلازیوکلاز به کوارتز ثانویه تبدیل شده است. گاهی سیلیس نیز حفره‌های درون سنگ‌های آتشفسانی را پر کرده است. دگرسانی آرژیلیکی در جنوب به سمت مرکز منطقه گسترش یافته است که واحد مونزوندیوریت پورفیری را تحت تاثیر قرار داده است (شکل ۵). این واحد دگرسانی به صورت توده‌های سفید و سست در سطح نمود دارند. کانی‌های رسی با فراوانی ۲۵ تا ۳۰ درصد از دگرسانی پلازیوکلازها و فلدسپات‌های قلیابی تشکیل شده است. دگرسان کربناتی در سنگ‌های منطقه مورد بررسی به صورت محدود دیده می‌شود. کانی‌های کربناتی به صورت پرکننده‌ی حفره‌های و رگچه‌ها و نیز در اثر تبدیل فنوکریست‌های پلازیوکلاز و هورنبلنند به کربنات به صورت پراکننده در زمینه‌ی سنگ‌ها دیده می‌شوند که فراوانی آن‌ها به ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌رسد. این دگرسانی بیشتر به واحد آندزیتی شرق منطقه وابسته است.

دگرسانی

در منطقه‌ی مورد بررسی سیستم گسلی فعال و حجم بالای محلول‌ها در زمان‌های مختلف واحدها را تحت تاثیر قرار داده است. ۴ نوع دگرسانی پروپلیتیک، سیلیسی، آرژیلیکی و زون دگرسانی کربناتی بر اساس فراوانی کانی‌ها در منطقه تشخیص داده شده‌اند.

دگرسانی پروپلیتیک با شدت‌های مختلف به صورت گسترده و فراگیر، سنگ‌های دیوریتی منطقه‌ی شرق شمال و مرکز به سمت جنوب‌غربی را تحت تاثیر قرار داده است (شکل ۵). کانی‌های اصلی این زون دگرسان گرمابی عبارتند از کلریت حاصل دگرسانی کانی‌های فرومیزین نظیر هورنبلنند، پیروکسن و بیوتیت (۲۰-۲٪) و اپیدوت حاصل دگرسانی پلازیوکلازن (۲۵-۲٪) که این دو کانی به صورت رگچه نیز مشاهده می‌شوند. کلریت‌ها از نوع آهن‌دار و منیزیم دارند. ترکیب کلریت در زون پروپلیتیک تا حد زیادی در اثر ترکیب سنگ اولیه کنترل می‌شود چرا که این دگرسانی در شرایط یکسانی از نظر شیمیایی قرار می‌گیرند. کلریت منیزیم دار برخلاف کلریت آهن‌دار در شرایط اکسایش و pH پائین محلول تشکیل می‌شود. در شرایط $\log f_{\text{O}_2}$ بالا پیدایش پیریت مانع ایجاد کلریت آهن‌دار می‌شود [۱۹]. کانی‌های دیگر در این زون عبارتند از کربنات (۵-۱۰٪) و کوارتز ثانویه (۶-۱۵٪). بعد از دگرسانی پروپلیتیک، دگرسانی سیلیسی بیشترین



شکل ۵ نقشه‌ی دگرسانی منطقه [۱۷].

متغیر است. اندازه‌ی بلورهای مگنتیت از ۰/۲ تا حداقل ۲/۳

میلی‌متر متغیر می‌کند. مگنتیتها به شکل‌های متنوع نیمه شکل‌دار (ساب‌هیدرال) و بی‌شکل (انهیدرال) دیده می‌شوند ولی بیشتر بلورها نیمه شکل‌دارند. بافت‌های این کانی‌متراسک و توده‌ای، گاه به صورت پراکنده در متن سنگ و یا دانه دانه‌اند، بافت غالب آن‌ها در بیشتر مقاطع بافت مارتیزی‌اسیون است (شکل ۷ ت). پارازنرهای مهم مگنتیت در این منطقه شامل کانی‌های سولفیدی از جمله پیریت و کالکوپیریت و اکسید آهن (هماتیت) و گانگ‌ها که غالباً شامل کلسیت و کوارتزند.

در بخش‌های کانی‌سازی رگه‌ای منطقه مورد بررسی، کانی سولفیدی پیریت به ندرت و بسیار ریز بلور بین مگنتیتها و اسپیکیولاریت‌ها مشاهده می‌شوند (شکل ۷ الف و ب). مقدار پیریت در نمونه‌های بررسی شده بیشتر از یک درصد نیست. اندازه‌ی بلورهای پیریت از ۰/۱ تا ۰/۷ میلی‌متر متغیر است. پیریت بیشتر به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار دیده می‌شود. کالکوپیریت یکی از کانی‌های سولفیدی دیگر است که به مقدار بسیار اندک همراه با پیریت و مگنتیت مشاهده می‌شود. فراوانی کالکوپیریت بیشتر در حد کمتر از یک درصد یافته می‌شود. بلورهای کالکوپیریت دارای شکل مشخصی نیستند و بیشتر به صورت پرکننده فضای خالی در حاشیه‌ی مگنتیت و یا داخل کانی‌های گانگ حضور دارند.

اسپیکیولاریت به صورت رگه‌ای همراه با مگنتیت و پیریت دیده می‌شود. اسپیکیولاریت پس از مگنتیت دومین کانی

کانی‌سازی

کانی‌سازی در منطقه به دو صورت اولیه (رگه‌ای، عدسی و توهدی و افسان) و ثانویه (اکسیدآهن) مشاهده می‌شود. کانی‌سازی اولیه بیشتر به صورت رگه‌ای و عدسی است که کانی مگنتیت کانی‌سازی مهم آن محسوب می‌شود. در حالت افسان بلورهای پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت در متن سنگ‌های حدواسط مشاهده می‌شوند. آثاری از کانی‌سازی مس به صورت کربنات مس (مالاکیت) دیده شده‌اند. کانی‌های ثانویه از قبیل اکسیدآهن به فراوانی در منطقه به خصوص در بخش‌های سطحی مشاهده می‌شوند. بررسی‌های زمین‌ساختی و زمین‌شناسی بیانگر این است که گسل‌های راستالغز نقش مؤثری در این کانی‌سازی داشته‌اند.

کانی‌سازی رگه‌ای: در کانی‌سازی نوع رگه‌ای منطقه، رگه‌ها با راستای N۱۳۵° و شیب تقریباً ۸۰° به سمت جنوب است و عرض این رگه‌ها به کمتر از یک متر تا ۵ متر می‌رسد. با توجه به بررسی‌های صحراوی و بررسی بلوك‌صیقلی تهیه شده از این رگه‌ها، کانی‌سازی مهم منطقه مگنتیت است که به طور جزئی از پیریت و کالکوپیریت تشکیل است. در این کانی‌سازی همراه با مگنتیت می‌توان اسپیکیولاریت را مشاهده کرد که یا به صورت رگه در منطقه حضور دارد (شکل ۶) یا به صورت رگچه مگنتیت‌ها را قطع کرده است.

مگنتیت مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانه تشکیل دهنده‌ی این کانسار است. مقدار آن در نمونه‌های مختلف از ۵۰ تا ۹۵ درصد

گریزندگی اکسیژن کاهش یافته و باعث اکسید شدن سولفیدهای اولیه نظری کالکوپیریت شده و عنصر مس آزاد شده در این واکنش با کربنات موجود در رگه تشکیل کانی مالاکیت را داده است.

کانی سازی نوع عدسی و توده‌ای: این نوع کانی سازی نیز در منطقه قابل مشاهده است که گسل‌ها در ایجاد نوع عدسی موثر بوده‌اند (شکل ۶). بیشتر کانی سازی مگنتیت است که به همراه مگنتیت می‌توان اسپیکیولاریت را که به صورت رگچه مگنتیت‌ها را قطع کرده مشاهده کرد. در بررسی بلوك صیقلی حضور پیریت و کالکوپیریت مشاهده نشد.

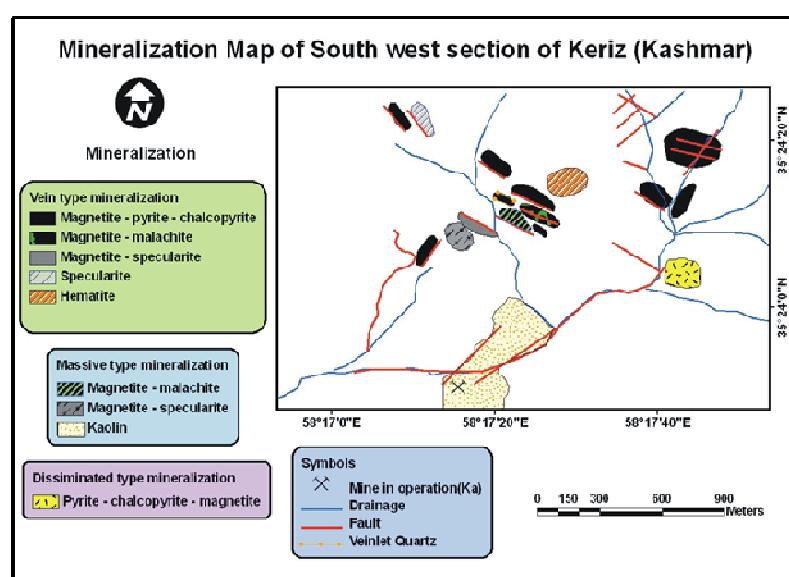
مگنتیت مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانه تشکیل دهنده‌ی این کانسار است. بررسی این کانی سازی نشان می‌دهد که مقدار آن به بیش از ۹۰ درصد می‌رسد. بلورهای مگنتیت از لحاظ اندازه و شکل متنوع‌اند. اندازه‌ی بلورهای مگنتیت به ۰،۸ میلی‌متر می‌رسد. مگنتیتها دارای شکل‌های متنوع نیمه شکل‌دار (ساب‌هیدرال) و بی‌شکل (انهیدرال) است. بافت این کانی نیز متنوع است. به طوری که در مقاطع مختلف بیشتر با بافت متراکم و توده‌ای دیده می‌شود (شکل ۷ پ). بافت غالب آن‌ها بافت مارتیزاسیون است. پاراژنرهای مهم مگنتیت، اکسید آهن (هماتیت) و گانگ‌ها غالباً شامل کلسیت و کوارتزند.

کانی سازی ثانویه در این نوع شامل هماتیت و مالاکیت است. مالاکیت نیز شبیه نوع رگه‌های در بررسی‌های صحرایی روی مگنتیت نوع عدسی مشاهده شد.

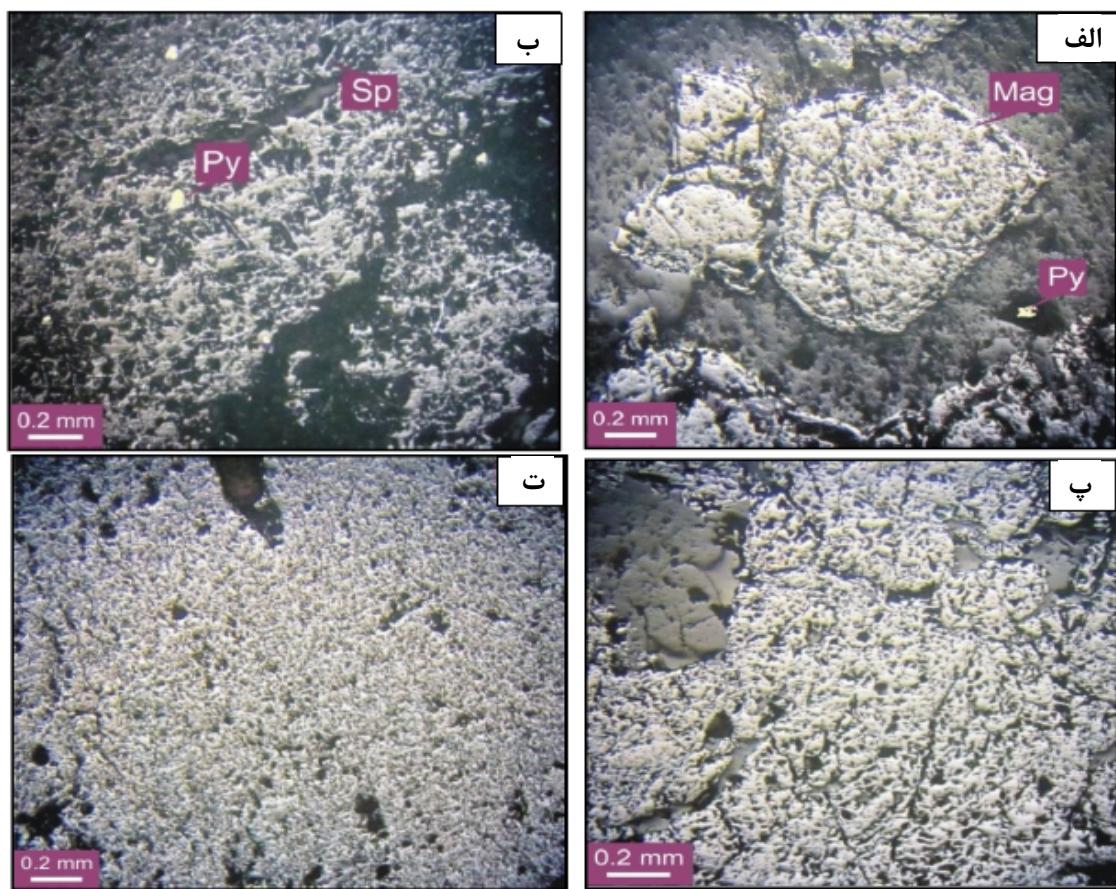
تشکیل شده در مجموعه کانی‌هاست و مقدار آن از بسیار اندک تا ۱۲ درصد تغییر می‌کند. این کانی در بلوك صیقلی به صورت سوزنی شکل با طول ۰،۲۲ میلی‌متر دیده می‌شود (شکل ۷ ب). وجود اسپیکیولاریت نشان می‌دهد که محلول در شرایط اکسایشی‌تری قرار داشته است. این کانی در شرایط برون‌زادی در منطقه دستخوش دگرسانی نشده است. اکسایش سولفیدها تابعی از بالا آمدگی سنگ‌ها، آب و هوای خشک، نیمه خشک، ترکیب سنگ اولیه (به ویژه محتوای پیریت) و ساختار سنگ میزبان (از نظر گسل خوردگی‌ها، شکستگی‌ها) است [۲۰]. کانی سازی ثانویه شامل هماتیت و مالاکیت است. شایان ذکر است که مالاکیت در بعضی از رگه‌ها همراه با مگنتیت دیده شده است.

هماتیت: این کانه محصول فرایندهای برون‌زادی بوده و در اثر دگرسانی مگنتیت به وسیله‌ی آب‌های جوی اکسایشی و طی فرایند مارتیزاسیون حاصل شده است. در اثر این فرایند که پس از سرد شدن توده‌ی نفوذی و همزمان با هجوم شاره‌های با دمای پایین روی می‌دهد، مگنتیت در راستای رخ خود به هماتیت تبدیل می‌شود [۲۱]. در بخش‌های تبدیل شدن مگنتیت به هماتیت به اندازه‌ای می‌رسد که آثار کمی از مگنتیت دیده می‌شود. اکسایش مگنتیت به هماتیت در منطقه‌ی مورد بررسی در بعضی نمونه‌ها بیش از ۵۰ درصد از مگنتیت را تشکیل می‌دهد (شکل ۷ ت).

مالاکیت: با گذشت زمان در محلول گریزندگی گوگرد نسبت به



شکل ۶ نقشه‌ی کانی سازی منطقه [۱۷].



شکل ۷ الف و ب مگنتیت، و اسپیکیولاریت در نوع رگه‌ای، ت. تبدیل مگنتیت به هماتیت از حاشیه.

وجود می‌آورند. با توجه به پاراژنر و روابط بین کانه‌ها، می‌توان گفت که به احتمال زیاد دو مرحله‌ی کانی‌سازی در این منطقه عمل کرده و باعث کانی‌سازی مگنتیت + اسپیکیولاریت + پیریت + کالکوپیریت شده است. (الف) کانی‌سازی اولیه

۱- فاز اول باعث کانی‌سازی مگنتیت + پیریت + کالکوپیریت با نوع رگه‌ای و عدسی، توده‌ای و پراکنده در سنگ آهک‌ها و توده‌های نفوذی شده است (شکل ۸ الف، ب و پ).

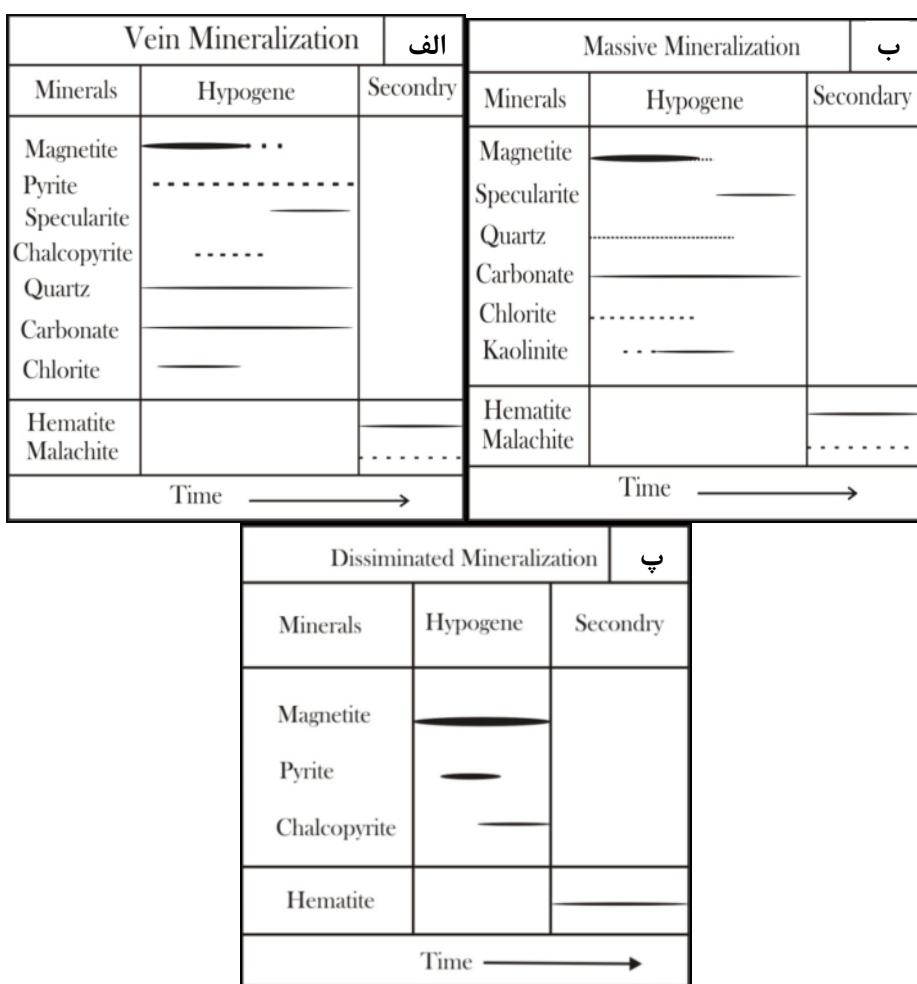
۲- فاز دوم باعث کانی‌سازی اسپیکیولاریت + پیریت در سنگ آهک‌ها و توده‌های نفوذی منطقه به صورت رگه‌ای شده که در این مرحله به دلیل افزایش گریزندگی اکسیژن در محلول، بلورهای اسپیکیولاریت کانه‌های مگنتیت و پیریت را در بر گرفته است (شکل ۸ الف و ب).

(ب) کانی‌سازی ثانویه که در این مرحله در اثر اکسایشی و هوازدگی، مگنتیت به هماتیت تبدیل شده است.

کانی‌سازی نوع افشار: در بررسی‌های صحرایی و نمونه‌های دستی پیریت و کالکوپیریت به صورت بافت افشار در متن سنگ‌های حدواسط حضور دارد. این واحد تحت تاثیر دگرسانی پروپلیتیکی با شدت بالا قرار گرفته است. این کانی‌سازی به صورت اندک در شرق منطقه قابل مشاهده است (شکل ۶). بررسی مقطع نازک صیقلی، حضور مگنتیت را نشان می‌دهد. مهم‌ترین بافت، پیریت دانه‌ای و پراکنده‌اند که در زمینه‌ی سنگ دیده می‌شوند. بافت مگنتیت نیز گاه به صورت پراکنده و با دانه‌بندی شده در متن سنگ دیده می‌شوند.

دنباله‌ی پاراژنری

دنباله‌ی پاراژنری را می‌توان به دو گروه اولیه و ثانویه تقسیم کرد. مگنتیت تنها کانی فلزی است که بیشترین گسترش را در مرحله‌ی کانی‌سازی اولیه و به ترتیب اسپیکیولاریت، پیریت و کالکوپیریت تشکیل شده است. کمی قبل از پایان مرحله‌ی کانی‌سازی اولیه، کانی‌های فلزی تشکیل شده تحت تاثیر عوامل اکسایشی قرار گرفته و در نتیجه کانی‌های اکسایش یافته را به

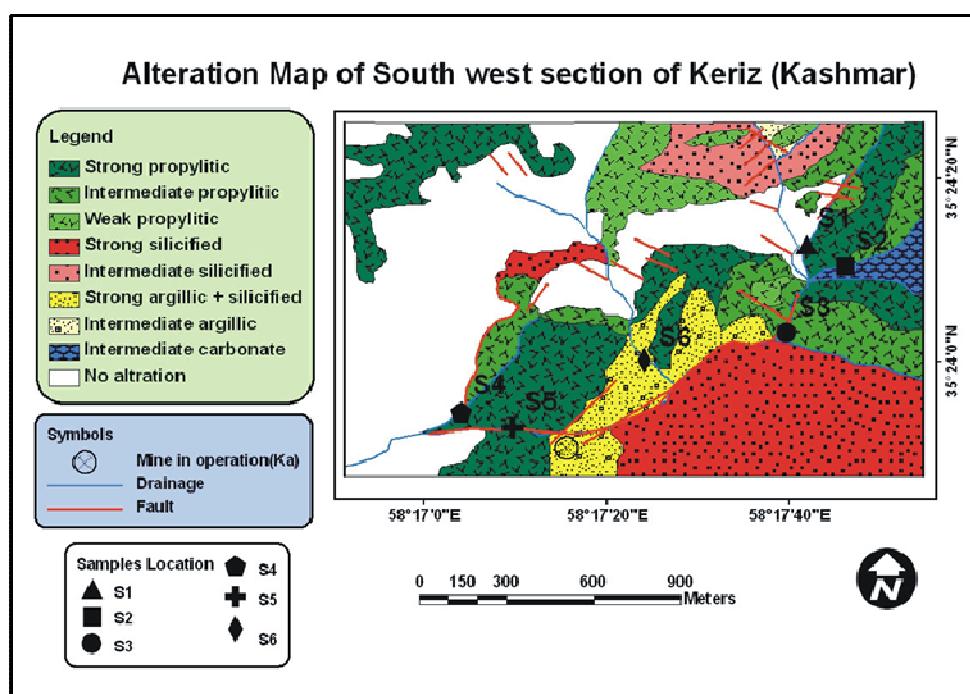


شکل ۸ دنباله‌ی پارازیتی الف. نوع رگه‌ای، ب. نوع توده‌ای، پ. نوع افشار [۱۷].

حاصل از دگرسانی منطقه، بیشترین مقدار آهن به ۵٪ می‌رسد (جدول ۳) که به واحد سنگی هورنبلند دیوریت وابسته است که این واحد سنگی دستخوش دگرسانی پروپلیتیک شده است. **منگنز (Mn):** در مورد رسوب‌های رودخانه‌ای (شکل ۹ و جدول ۲) می‌توان گفت که عنصر منگنز، در بخش مرکزی و جنوب‌غربی منطقه بیشترین بی‌亨جاري را نشان می‌دهد. بیشترین میزان منگنز (۱۲۵۸ ppm) وابسته به آبراهه‌ای واقع در مرکز منطقه است که سنگ‌های بالا دست در این نمونه از نوع حدواتسط با ترکیب هورنبلند دیوریت است. این واحد سنگی دگرسانی پروپلیتیک - کربنات را تحمل کرده است. در نمونه‌های خردمنگی حاصل از دگرسانی منطقه، بیشترین مقدار منگنز به ۳۱۵۶ ppm می‌رسد (جدول ۳) که به واحد سنگی هورنبلند کوارتز دیوریت وابسته است که این واحد سنگی نیز دستخوش دگرسانی پروپلیتیک شده است.

ژئوشیمی با در نظر گرفتن برداشت‌های زمین‌شناسی؛ دگرسانی و کانی‌سازی، نمونه‌های خردمنگی، رسوب رودخانه‌ای و نمونه‌های خردمنگی از کانی‌سازی مگنتیت، تحت خردایش و نرمایش قرار گرفتند. نمونه‌های دگرسانی و رسوب رودخانه‌ای به روش AAS در آزمایشگاه شیمی دانشگاه فردوسی مشهد، و تجزیه‌ی نمونه‌های مگنتیت به روش XRF در شرکت کانسaran بینالود انجام گرفت.

آهن (Fe): در رسوب‌های رودخانه‌ای (شکل ۹ و جدول ۲)، می‌توان گفت که عنصر آهن، در بخش شرق منطقه بیشترین بی‌亨جاري را نشان می‌دهد. بیشترین میزان آهن (۶٪) وابسته به آبراهه‌ای واقع در شمال شرق منطقه است که سنگ‌های بالا دست در این نمونه از نوع حدواتسط با ترکیب هورنبلند پیروکسن دیوریت پورفیری است. این واحد سنگی دگرسانی پروپلیتیک را تحمل کرده است. در نمونه‌های خردمنگی



شکل ۹ موقعیت نمونه‌های رسوب‌های رودخانه‌ای از آبراهه‌ها بر روی نقشه دگرسانی منطقه [۱۷].

جدول ۲ نتایج آنالیز جذب اتمی نمونه‌های رسوب رودخانه‌ای.

Sample No	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	Mn(ppm)	Fe(%)	Ag(ppm)	Mo(ppm)	Sb(ppm)
S-1	۵۲	۱۴۷	۴۹	۱۰۸۱	۶	۱,۳	<۵	<۵
S-2	۶۳	۹۵	۲۶	۱۰۷۹	۲,۵	<۱	<۱	<۵
S-3	۴۴	۷۲	۱۴	۱۰۶۴	۲,۱	<۱	<۱	<۵
S-4	۵۷	۱۰۶	۲۹	۱۰۰۸	۲,۲	<۱	<۱	<۵
S-5	۴۳	۱۶۶	۶۶	۱۲۵۸	۱,۴	<۱	<۱	<۵
S-6	۵۶	۱۲۲	۲۷	۱۲۲۲	۲,۳	<۱	<۱	<۵

جدول ۳ نتایج آنالیز جذب اتمی در نمونه‌های خردمنگی.

Sample No	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	Mn(ppm)	Fe(%)	Ag(ppm)	Mo(ppm)	Sb(ppm)
C - 1	۱۳۶	۴۵	۲۲	۳۵۹	۰,۷	<۱	<۱	<۵
C - 4	۴۸	۴۳۱۰	۲۰	۲۴۸۷	۲,۴	۲,۱	<۱	<۵
C - 7	۲۱	۳۲۵	۳۹	۱۸۰۵	۱,۳	۲,۴	<۱	<۵
C - 10	۷	۸۹	۱۸	۳۱۵۶	۳,۷	۲,۵	<۱	<۵
C - 14	۱۴۰	۱۲۸	۱۶	۱۵۷۵	۳,۵	۲,۹	<۱	<۵
C - 20	۹	۱۱۹	۲۶	۲۶۶۰	۵	۲	<۱	<۵
C - 28	۴	۶۴	۱۷	۱۲۶۰	۱,۱	۲۰	<۱	<۵
C - 32	۴۵	۷۴	۱۶	۱۶۲۵	۲,۵	۲	<۱	<۵
C - 37	۹	۲۸	۳	۱۲۱	۲	۱,۸	<۱	<۵
C - 19	n.d.	n.d.	n.d.	۴۲۱	۰,۲	n.d.	n.d.	n.d.
C - 31	n.d.	n.d.	n.d.	۱۳۴۲	۰,۶	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. : not detected

است که دستخوش دگرسانی پروپلیتیک شده است.

اکسید آهن: بیشترین مقدار آن در نمونه های آنالیز شده به ۷۹,۶۶ درصد و کمترین مقدار آن به ۵۱,۴۶ درصد می رسد (جدول ۴).

گوگرد: میزان گوگرد نیز در نمونه ها پایین بوده است که بیشترین مقدار آن ۰,۱۶ درصد و کمترین آن ۰,۰۵ درصد است. از آنجا که کانی های سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت) در منطقه کم است، پایین بودن مقدار این عنصر نیز بعید به نظر نمی رسد (جدول ۴).

اکسید فسفر: بیشترین میزان P_2O_5 ۰,۴ درصد و کمترین مقدار آن ۰,۰۳ درصد است. که بیشترین مقدار به نمونه ای وابسته است که درصد اکسید آهن آن از همه بالاتر است (جدول ۴) بنابراین مقدار این اکسید در این نمونه ها پایین است. بدین ترتیب نتایج تجزیه ژئوشیمیایی رسوب های رودخانه ای حاکی از بی هنجاری عناصر منگنز، مس، سرب و روی در هاله های ثانویه است. و در نمونه های خرد سنگی توده های نفوذی منطقه، برای عناصر منگنز، مس، سرب و روی در بی هنجاری نشان داده اند که نشانه ای از حضور هاله های ژئوشیمی اولیه در توده های منطقه است. که در هر دو نمونه توده های وابسته با این بی هنجاری ها از نوع حدوات و دیوریتی هستند که دگرسانی پروپلیتیک این توده های را تحت تأثیر قرار داده است.

مس (Cu): در مورد رسوب های رودخانه ای (شکل ۹ و جدول ۲) می توان گفت که عنصر مس، در بخش حاشیه ای شرقی منطقه بیشترین بی هنجاری را نشان می دهد. بیشترین میزان مس (۶۳ ppm) وابسته به آبراهه ای واقع در شمال شرقی منطقه است که سنگ های بالا دست در این نمونه از نوع حدوات با ترکیب دیوریت دانه ای است. این واحد سنگی نیز دستخوش دگرسانی پروپلیتیک - سیلیسی شده است. در نمونه های خرد سنگی حاصل از دگرسانی منطقه، بیشترین مقدار مس به ۱۴۰ پی پی ام می رسد (جدول ۳) که به واحد سنگی هورنبلند پیروکسن دیوریت دانه ای وابسته است و دستخوش دگرسانی پروپلیتیک شده است.

سرب و روی (Pb&Zn): در مورد رسوب های رودخانه ای (شکل ۹ و جدول ۲) می توان گفت که عنصر سرب و روی، به ترتیب در بخش حاشیه ای جنوب غربی و شمال شرقی منطقه بیشترین بی هنجاری را نشان می دهد. بیشترین میزان سرب (۶۶ ppm) و روی (۱۶۶ ppm) وابسته به آبراهه ای واقع در جنوب غرب منطقه است که سنگ های بالا دست در این نمونه از نوع حدوات با ترکیب هورنبلند دیوریت است. این واحد سنگی نیز دستخوش دگرسانی پروپلیتیک - کربناتی شده است. در نمونه های خرد سنگی حاصل از دگرسانی منطقه، بیشترین مقدار سرب و روی به ترتیب به ۳۹ و ۴۳۱۰ ppm می رسد (جدول ۳) که به ترتیب به واحد سنگی هورنبلند دیوریت دانه ای و پیروکسن هورنبلند دیوریت دانه ای وابسته

جدول ۴ نتایج آنالیز XRF در نمونه های خرد سنگی مگنتیت.

SAMPLE NO	15-Kz	22-Kz	23-Kz	24-Kz	27-Kz	36-Kz
SiO ₂ (%)	۲۱,۳۵	۹,۱۱	۸,۵۵	۱۳,۱۶	۲۲,۴۳	۱۸,۰۸
TiO ₂ (%)	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۶	۰,۱	۰,۰۶	n.d.
Al ₂ O ₃ (%)	۱,۹۴	۱,۳۸	۲,۱۲	۱,۱۹	۱,۱۸	۱,۱۹
Fe ₂ O ₃ (t)(%)	۵۱,۴۶	۷۹,۶۶	۷۷,۲۹	۷۲,۰۸	۶۶,۱۶	۶۹,۹
MnO(%)	۰,۸۱	۰,۱۵	۰,۱۶	۰,۱۴	۰,۲۵	۰,۱۴
MgO(%)	۰,۴۵	۲,۲۵	۱,۲۵	۰,۲۸	۰,۳۸	۰,۶۸
CaO(%)	۱۳,۹	۴,۳۷	۵,۳۴	۷,۷۹	۵,۹۷	۶,۱۹
K ₂ O(%)	۰,۰۵	n.d.	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۸	۰,۰۲
P ₂ O ₅ (%)	n.d.	۰,۴	n.d.	۰,۰۶	۰,۰۳	n.d.
S (%)	۰,۲۱	۰,۲۸	۰,۱۱	۰,۳۹	۰,۱۶	۰,۱۵
Cl(%)	۰,۰۴	۰,۰۸	۰,۰۶	۰,۰۵	۰,۰۵	n.d.
L.O.I(1050 °C 1hrs) (%)	۹,۳۹	۲,۴۴	۴,۸۹	۴,۹۳	۲,۱۹	۳,۶۵
ToTal (%)	۹۹,۶۸	۱۰۰,۲۳	۹۹,۸۶	۱۰۰,۲	۹۹,۹۴	۱۰۰

[۲] طاهری ج، شمانیان، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ کاشمر (۱۳۷۷).

[۳] Lindenberg H.G, Jacobshagen V., "Post Paleozoic geology of the Taknar Zone and adjacent area(NE Iran Khorasan)", Geol. Surv.Iran. ISSN 0075-0484, Rep. No.51, (1983),145-163, Freien univ., Berlin inst. Geol., Dtsch.

[۴] Muller R., Walter R., "Geology of the Precamberian- Paleozoic Taknar inlier northwest of Kashmar, Khorasan province", NE Iran, GSI, Report. No. 51, (1983) p. 165-183.

[۵] کریم‌پور م.ح، ملک‌زاده آ، حیدریان م.ر، "اکتشاف ذخایر معدنی"، انتشارات دانشگاه فردوسی، (۱۳۸۷)، صفحه ۶۳۲.

[۶] Karimpour M.H., "Geochemistry and mineralogy of Sangan iron ore deposit", Iranian Journal of Crystallography and mineralogy, V. 2, autumn, (1994), p. 146-156.

[۷] کریم‌پور م.ح، "کانی‌شناسی، آتراسیون، سنک منشا و محیط تکتونیکی کانسارهای Iron Oxide Cu-Au و مثال‌هایی از ایران"، یازدهمین کنفرانس بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه یزد، (۱۳۸۲)، صفحه ۱۸۴-۱۸۹.

[۸] Lotfi M., Sedighi M.M., Omrani S.J., "Mineral distribution of Iran. Scale 1:1000,000". Geol. Survey of Iran, (1993).

[۹] Hitzman M.W., Oreskes N., Einaudi M.T., "Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits", Precambrian Research 58,(1992) 241–287.

[۱۰] Hitzman M.W., "Iron Oxide-Cu-Au deposits: what, where, when and why", In Porter, T.M. (Ed.), Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and Related Deposits: A Global Perspective, vol.1. Australian Mineral Foundation, Adelaide, (2000), pp. 9–25.

[۱۱] Ray G. E., "Fe-Skarn geological survey of B.C Canada", (1995) Open File 199-20.

[۱۲] Barton M.D., Johnson D.A., Hanson R.B., "Evaluation of possible roles of no magnetite brines in igneous. Related hydrothermal systems, especially(Fe-Cu-Au-REE) deposits", Geological Society of America, annual meeting. Abstracts with Programs Geological Society of America. 30., 7, (1998), 127.

[۱۳]. Karimpour M.H., Zaw Khin, Atkinson W.W., " Fluid inclusion thermometry, stable isotope geochemistry and genesis of a specularite-rich Cu-Au-Ag deposit, Qaleh Zari mine Iran", Geological

برداشت

واحدهای منطقه را توده‌های عمیق، نیمه عمیق و آتشفسانی با ترکیب حد بواسطه تشکیل داده‌اند که شدیداً دگرسان شده‌اند. وسیعترین دگرسانی در منطقه‌ی مورد بررسی، دگرسانی پروپلیتیک است. دگرسانی سیلیسی دومین دگرسانی گسترده در منطقه است. از نظر زمین‌ساختی منطقه حاوی سه نوع گسل از جمله گسل قائم، گسل راستالغز و گسل راندگی است که روند اصلی گسل‌ها شمال‌غربی - جنوب‌شرقی است. روند این گسل‌ها با روند کانی‌سازی رگه‌ای منطبق است. گسل‌های راستالغز در کانی‌سازی نقش موثری داشته و عملکرد این گسل‌ها منجر به ایجاد فضاهای مناسب برای بالا آمدن محلول و پر کردن فضاهای شده است. کانی‌سازی در منطقه به شکل رگه‌ای، عدسی، توده‌ای و افshan مشاهده می‌شوند. کانی‌سازی رگه‌ای و عدسی وابسته به زون گسلی است. اغلب کانی‌سازی در منطقه مگنتیت است که بیشتر به شکل‌های رگه‌ای، عدسی، توده‌ای و کمتر به صورت افshan هستند کانی‌های دیگر که به مقدار کمتری در نوع رگه‌ای و عدسی در منطقه مشاهده می‌شوند، شامل اسپیکیولاریت، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت، کوارتز و کربنات است. کانی‌سازی افshan شامل کالکوپیریت، پیریت و مگنتیت است. پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی بر مبنای رسوب رودخانه‌ای و ژئوشیمی سنگ مورد بررسی قرار گرفت. در تجزیه به روش AAS برای رسوب رودخانه‌ای به ترتیب بالاترین مقدار آهن، منگنز، مس، روی و نقره ۶ درصد، ۱۳ ppm، ۱۶۶ ppm، ۶۳ ppm و ۱۲۵۸ ppm نمونه‌های خردمندی حاصل از دگرسانی منطقه به ترتیب بالاترین مقدار آهن، منگنز، مس، روی و نقره ۵ درصد، ۴۳۱۰ ppm، ۳۱۵۶ ppm و ۱۴۰ ppm است. مگنتیت در سنگ آهک و بین توده‌های نفوذی - آهک به صورت گرمایی تشکیل شده است. در ضمن وجود اکسیدآهن فراوان از نوع مگنتیت، سنگ‌های گرانیتیوئیدی نوع I، حضور بیهنجاری مثبت مس و ارتباط کانی‌سازی با موقعیت گسل‌ها می‌تواند شواهدی برای تایید ژنز [پیدایش] کانسار سنگ آهن منطقه به عنوان عضوی از ذخایر نوع Fe Oxide باشد.

مراجع

- [۱] Stocklin J., "Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and central Asia", Mem. Sos Geol, France, Paris (1977) 8:33-353.

- ناحیه کریز (کاشمر)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۹)، ۱۳۳ صفحه.
- [18] Twiss R.J., Moores E.M., "Structural Geology", Freeman Pub., New York, (1992), 532p.
- [19] velde B., "Origin and mineralogy of Clay and environment, Springer", (1995), p. 319.
- [20] Chavez w.x., "Supergene Oxidation of Copper deposite: zoning and distribution of Copper oxide Minerals", Social Economic Geology News,(2000) 141,10-12.
- [21] Ramdhor P., "The ore minerals and their intergrowth, Pergamon Press", (1980)1267P.

Society of America Abstracts. Annual meeting November 5-8, (2001) Boston, USA.

- [14] Karimpour M.H., Mazloomi A.R., "Geochemistry and genesis of Kuh-e-Zar gold prospecting area (Torbate Heydariyeh, Iran)", Scientific Quarterly Journal Geosciences V.7, No. 27-28, spring and summer,(1998), p. 1-13.
- [15] Sillitoe R.H, "Iron oxide-copper-gold deposits", an Andean view, Mineralium Deposita, V.38, No. 7,(2003), P. 787-812.
- [16] Eftekharnezhad J., Aghanabati A., Baroyant V., Hamzehpour B., "Geological Quadrangle Map Of Kashmar, I:250000", GSI, Tehran(1976).
- [۱۷] علمدار سیده محبوبه، "بررسی زمین شناسی، پتروگرافی، کانی سازی، ژئوشیمی و تکتونیک شرق معدن آهن سیاه کوه در