



## بررسی های ژئوشیمی، کانی سازی و زمین ساختی جنوب غربی کریز (کاشمر)

سیده محبوبه علمدار<sup>\*</sup>، سید احمد مظاهری، بهنام رحیمی

گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

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

**چکیده:** منطقه‌ی مورد بررسی در ۳۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان کاشمر، جنوب غربی روستای کریز و در شرق معدن آهن سیاه کوه قرار گرفته است. براساس بررسی های صحرایی و کانی شناسی صورت گرفته، بیشتر سنگ ها را واحدهای عمیق، واحدهای نیمه-عمیق و واحدهای آتشفشانی با سن ائوسن تشکیل می دهند که واحد کربناتی با سن پرمین نیز در منطقه به طور گسترده رخنمون دارد. کانی سازی در منطقه به شکل رگه ای، عدسی، توده ای و افشان مشاهده می شود. کانی سازی رگه ای و عدسی در ارتباط با زون گسلی می باشد. اغلب کانی سازی در منطقه مگنتیت است که بیشتر به اشکال رگه ای، عدسی توده ای و کمتر به صورت افشان است. کانی های دیگر که به مقدار کمتری به صورت رگه ای و عدسی در منطقه مشاهده می شوند شامل اسپیکولاریت، کالکوپیریت، پیریت، هماتیت، مالاکیت، کوارتز و کربناتند. هواز دگی کانی های سولفیدی اولیه سبب تشکیل مقادیر سطحی از کانی های ثانویه مانند مالاکیت شده است. از نظر زمین ساختی، منطقه حاوی سه نوع گسل از جمله گسل نرمال، گسل راستالغز و گسل تراستی است که روند اصلی گسل ها شمال غربی - جنوب شرقی است. روند این گسل ها با روند کانی سازی رگه ای همخوانی دارد. گسل های راستالغز در کانی سازی نقش موثری داشته و عملکرد این گسل ها منجر به ایجاد فضاهای مناسب برای بالا آمدن آبگون و پر کردن فضاها شده است. مگنتیت در سنگ آهک و در تماس با توده های نفوذی - آهک به صورت گرمابی تشکیل شده است. وجود اکسید آهن فراوان از نوع مگنتیت، سنگ های گرانیتوئیدی نوع I، به صورت بی هنجاری مثبت مس و ارتباط کانی سازی با موقعیت گسل ها می تواند شواهدی در تایید پیدایش کانسار سنگ آهن منطقه به عنوان عضوی از ذخایر نوع Fe-Oxide باشد.

**واژه های کلیدی:** کریز؛ مگنتیت؛ گرماب؛ گسل های راستالغز.

### مقدمه

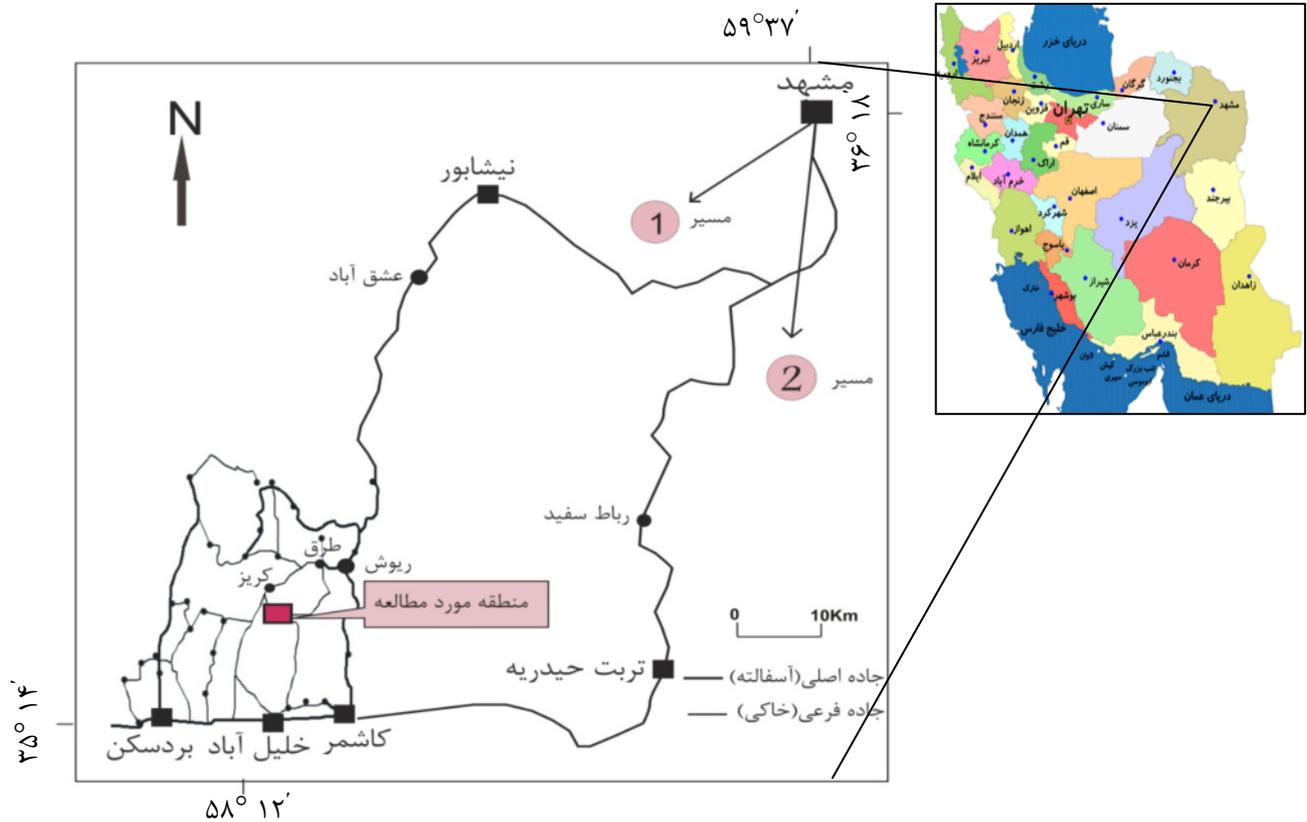
۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر [۲] و بخش شرقی زون تکنار واقع شده است. زون تکنار یک واحد زمین ساختی گوه ای است که به وسیله ی گسل تکنار (ریوش) از شمال و گسل درونه از جنوب دربر گرفته شده است [۳]. مجموعه ای از سازندهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ترشیری در پنجره ی زون تکنار رخنمون دارند [۴]. دسترسی به منطقه ی مورد بررسی از دو مسیر متفاوت جاده ی مشهد - نیشابور - ریوش و جاده مشهد -

ناحیه ی بررسی شده در شرق معدن آهن سیاه کوه و در گستره ای بین  $50^{\circ}16'58''$  -  $58^{\circ}17'54''$  طول شرقی و  $35^{\circ}23'48''$  -  $35^{\circ}24'27''$  عرض شمالی است. از نظر تقسیمات ساختاری زون ایران مرکزی خود به سه واحد زمین ساختی جهان بلوک لوت در جنوب، زون تکنار و زون سبزوار تقسیم می شود [۱]. منطقه ی مورد بررسی در شمال شرقی ورقه ی زمین شناسی

شده ممکن است حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای کربنات و عناصر P, F, Ba و باشند. همچنین ذخایر IOCG می‌توانند حاوی مجموعه‌ای از فلزات فرعی شامل U, Co, Zn, Ag و As باشند. تقریباً در همه‌ی 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 ۲۵۰°C است [۱۰]. بر اساس نظریه‌ی بارتون و دیگران (۱۹۹۸) محلول کانه‌دار اشباع از حالت 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 کوه‌زری تربت حیدریه [۷، ۱۳، ۱۴] نشان داد که میزان NaCl محلول 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 آتشفشانی-نفوذی، خواف-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 [۶، ۷]. کانی‌سازی مس و آهن در طول این کمربند در نقشه‌ی توزیع مواد معدنی ایران [۸] نیز گزارش شده است. ذخایر Iron Oxide توسط هیتزمن 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 کمبود نسبی سولفیدهای آهن مشخص و متمایز می‌شوند. هر دوره‌ی یاد



شکل ۱. راه‌های دسترسی به منطقه [۱۷].

جدول ۱. برخی خصوصیات مهم کانسارهای Iron Oxide برگرفته از Ray, 1995 [11] و Hitzman, 2000.

سن	سنگ‌های همراه	مورفولوژی	محیط تکتونیکی
اوایل پروتروزوئیک تا پلیوسن، انواع شناخته شده مربوط به اواسط پروتروزوئیک	گابرو، دیوریت تا گرانودیوریت با ترکیب تولئیتی تا آهکی-قلیایی	استراتی‌بند تا نیمه‌افقی و کاملاً شیبدار، عدسی، انبانه‌ای شیبدار، رگه-ای، لوله‌ای، برشی و استوک ورک	زون فرورانش حاشیه قاره‌ای، کافت درون قاره‌ای و نقاط داغ

شده‌اند. واحدهای آتشفشانی 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 گسترده‌تری 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 (۲۰٪)، فلدسپات قلیایی (۶۰-۶۵٪)، پلاژیوکلاز (۱۰٪) و بیوتیت و کانی‌های کدر به مقدار جزئی در این سنگ دیده می‌شود. واحد دیوریت به تفکیک شامل هورنبلند دیوریت، هورنبلند پیروکسن 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). واحدهای یاد شده غالباً دارای بافت دانه‌ای است که کانی‌های اولیه تشکیل دهنده پلاژیوکلاز (۷۰-۷۵٪)، فلدسپات قلیایی (۷-۱۲٪)، کوارتز (۲-۶٪) و کانی‌های مافیک هورنبلند و پیروکسن (از نوع اوژیت) حدود ۵-۷٪ است. این کانی‌ها تحت تاثیر دگرسانی حاصل از نفوذ گرمایی‌ها 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، مونزودیوریت پورفیری، هورنبلند 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 ۱:۲۵۰۰۰۰۰ [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 ائوسن 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:

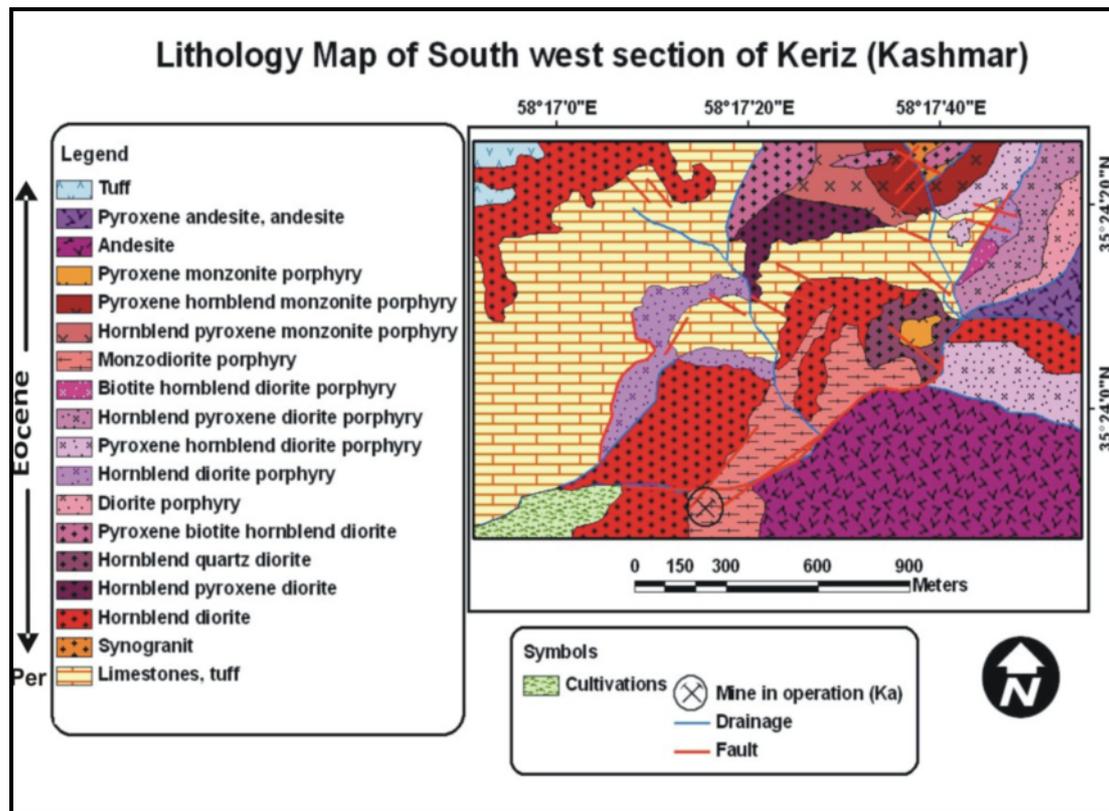
- نقشه‌ی زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی رقومی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ با استفاده از نرم‌افزار Arc map تهیه شد.  
- ۱۱ نمونه از محل‌های دگرسان، ۶ نمونه از کانسنگ آهن به روش خرده‌سنگی و ۶ نمونه از رسوب‌های رودخانه‌ای برای بررسی‌های ژئوشیمیایی برداشت شدند.

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

- نمونه‌های مگنتیت با XRF با دقت  $\pm 0.01\%$  از سوی شرکت کانساران بینالود، و تجزیه‌ی نمونه‌های دگرسان و رسوب رودخانه‌ای عناصر 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 کمر بند آتشفشانی - 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].

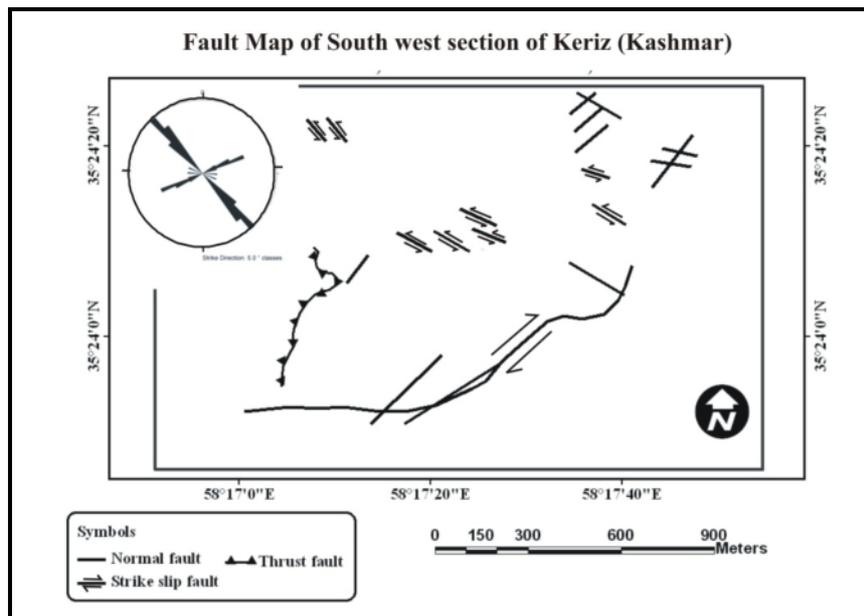
منطقه) به صورت بیرون‌زدگی‌های کوچک و درون گستره‌ی سنگ‌آهک‌ها قرار دارد (شکل ۲).

#### 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 سبزوآر قرار گرفته است. از این رو 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 گوشه‌ی چپ شکل ۳) بیشتر شکستگی‌ها و گسل‌های این منطقه روند شمال غربی - جنوب شرقی و تعدادی اندکی از آن‌ها روند شمال شرقی - جنوب غربی 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 یافته‌اند (شکل ۲). بافت غالب پورفیری تا گلوپورفیری است. فنوکریست‌ها بیشتر شامل پلاژیوکلاز (۱۰-۲۰٪)، فلدسپات قلیایی (۵-۱۰٪) و کانی‌های مافیک (از نوع هورنبلند و پیروکسن) حدود ۵-۷ درصد و زمینه‌ی ریزدانه تا متوسط متشکل از پلاژیوکلاز و فلدسپات قلیایی و در مواردی ذرات ریز کوارتز است. بیشتر فنوکریست‌ها طی نفوذ گرمایی‌ها 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 انحلال و با کربنات، کلریت و اپیدوت پر شده‌اند. توف آهکی (شمال غربی



شکل ۳ نقشه‌ی گسل‌های منطقه [۱۷].

ندارند.

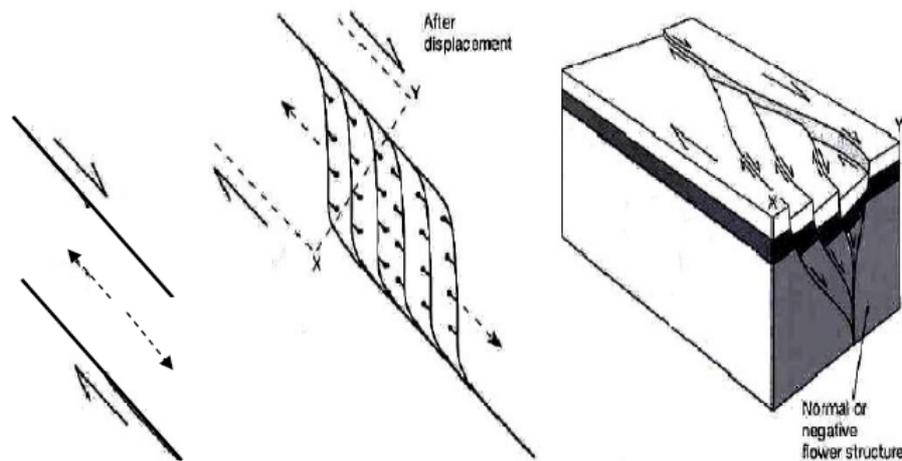
**گسل رورانشی:** این گسل یک نوع گسل وارون است به گونه‌ای که فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت بالا حرکت کرده و باعث راندگی شده است. در این گسل فرادیواره از جنس آهک و فرودیواره از جنس آذرین (هورنبلند دیوریت پورفیری) است. شیب این گسل به سمت غرب تمایل دارد.

#### 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 تراکشش روبرو 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 حفاصل آن‌ها قرار می‌گیرد. این چگونگی در مقیاس ناحیه‌ای و منطقه‌ای مشهود است و روند کانی‌سازی با روند گسل‌ها همخوانی دارد.

**گسل راستالغز:** این گسل‌ها با دو روند شمال‌غربی - جنوب‌شرقی و شرقی - غربی دیده می‌شوند (شکل ۳). سوی لغزش در گسل‌های شرقی - غربی از نوع راسترو است. طول این گسل‌ها بیش از یک کیلومتر است و شیب 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 شیب 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 تراکششی در راستای این دسته از گسل‌ها را سبب شده است. در این فضاها شاره‌های کانی‌دار انباشته‌های خوبی را ایجاد کرده‌اند.

**گسل بهنجار:** 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 بهنجار، 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 بهنجار بیشتر باعث جابه‌جایی توده‌های منطقه و ایجاد آبراهه‌ها شده‌اند و در کانی‌سازی نقش چندانی



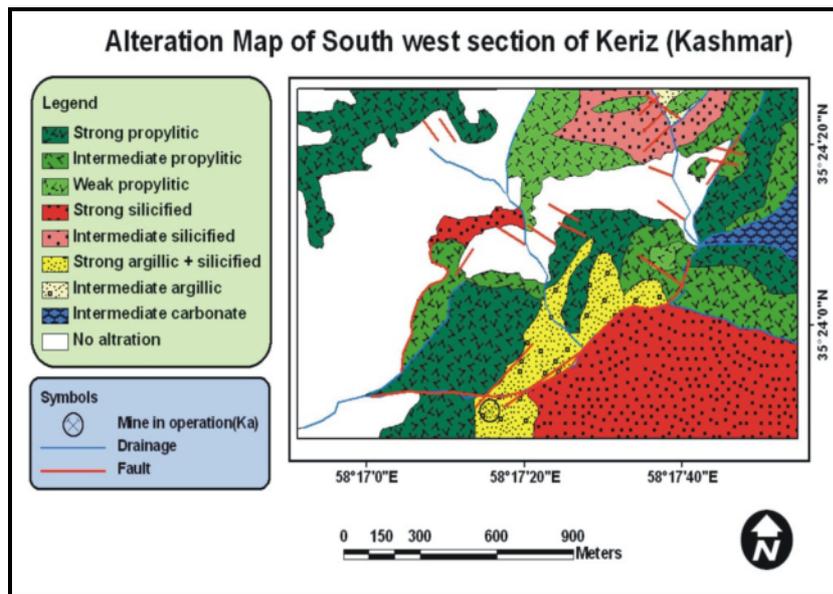
شکل ۴ چگونگی ایجاد شکستگی‌های کششی در گسل‌های راستالغز که در نهایت منجر به ایجاد فضای مناسب برای صعود و نهشت شاره‌ها شده است [۱۸].

#### 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 فرومنیزین نظیر هورنبلند، پیروکسن و بیوتیت (۲-۲۰٪) و اپیدوت حاصل دگرسانی پلاژیوکلاز (۲-۲۵٪) 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 آهن دار در شرایط اکسایش و pH پائین محلول تشکیل می‌شود. در شرایط  $\log f_s$  بالا پیدایش پیریت مانع ایجاد کلریت آهن دار می‌شود [۱۹]. کانی‌های دیگر در این زون عبارتند از کربنات (۵-۱۰٪) و کوارتز ثانویه (۶-۱۵٪). بعد از دگرسانی پروپلیتیک، دگرسانی سیلیسی بیشترین

گسترش را در منطقه دارد. زون سیلیسی با شدت متوسط در شمال منطقه مونزونیتی و با شدت بیشتر در پایانه‌ی جنوبی واحد آندزیت و در مرکز واحد هورنبلند دیوریت 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 پلاژیوکلاز به کوارتز ثانویه تبدیل شده است. گاهی سیلیس نیز حفره‌های درون سنگ‌های آتشفشانی را پر کرده است. دگرسانی آرژیلیکی در جنوب به سمت مرکز منطقه گسترش یافته است که واحد مونزودیوریت 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 پلاژیوکلازها و فلدسپات‌های قلیایی 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 پلاژیوکلاز و هورنبلند به کربنات به صورت پراکنده در زمینه‌ی سنگ‌ها دیده می‌شوند که فراوانی آن‌ها به ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌رسد. این دگرسانی بیشتر به واحد آندزیتی شرق منطقه وابسته است.



شکل ۵ نقشه‌ی دگرسانی منطقه [۱۷].

### کانی‌سازی

کانی‌سازی در منطقه به دو صورت اولیه (رگه‌ای، عدسی و توده‌ای و افشان) و ثانویه (اکسید آهن) مشاهده می‌شود. کانی‌سازی اولیه بیشتر به صورت رگه‌ای و عدسی است که کانی‌مگنتیت کانی‌سازی مهم آن محسوب می‌شود. در حالت افشان 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 اکسید آهن 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  $N135$  و شیب تقریباً  $80^\circ$  به سمت جنوب است و عرض این رگه‌ها به کمتر از یک متر تا ۵ متر می‌رسد. با توجه به بررسی‌های صحرایی و بررسی بلوک صیقلی 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 با 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 کنسار است. مقدار آن در نمونه‌های مختلف از ۵۰ تا ۹۵ درصد

متغیر است. اندازه‌ی بلورهای مگنتیت از  $0.2$  تا حداکثر  $2.3$  میلی‌متر تغییر می‌کند. مگنتیت‌ها به شکل‌های متنوع نیمه شکل‌دار (ساب‌هیدرال) و بی‌شکل (انهیدرال) دیده می‌شوند ولی بیشتر بلورها نیمه شکل دارند. بافت‌های این کانی متراکم و توده‌ای، گاه به صورت پراکنده در متن سنگ و یا دانه دانه‌اند، بافت غالب آن‌ها در بیشتر مقاطع بافت مارتیتیزاسیون است (شکل ۷ ت). پاراژنهای 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 منطقه‌ی 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  $0.107$  تا  $0.1$  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 یافت می‌شود. بلورهای کالکوپیریت دارای شکل مشخصی نیستند و بیشتر به صورت پراکنده 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

گریزندگی اکسیژن کاهش یافته و باعث اکسید شدن سولفیدهای اولیه نظیر 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 مگنتیت-ها را قطع کرده مشاهده کرد. در بررسی بلوک 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 مارتیتیزاسیون است. پاراژنهای مهم مگنتیت، اکسید آهن (هماتیت) و گانگ‌ها غالباً شامل کلسیت و کوارتزند.

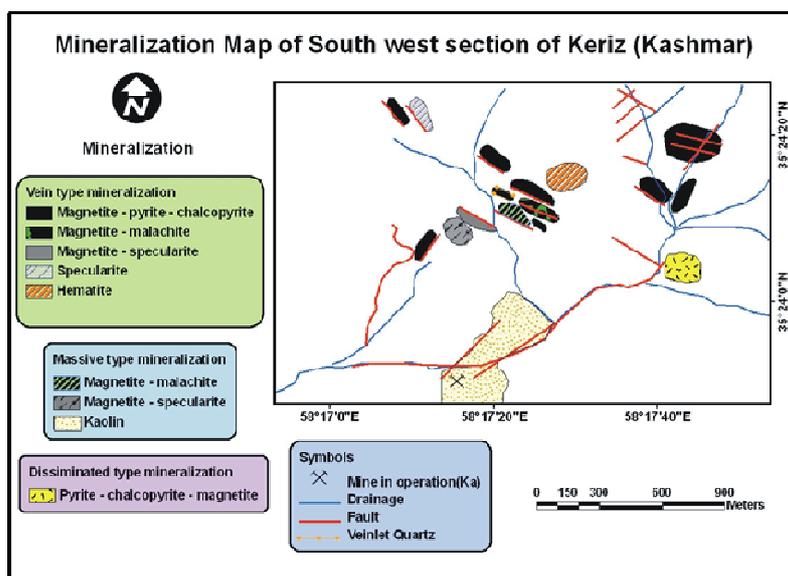
کانی سازی ثانویه در این نوع شامل هماتیت و مالاکیت است. مالاکیت نیز شبیه نوع رگه‌ای در بررسی‌های صحرایی روی مگنتیت نوع عدسی مشاهده شد.

تشکیل شده در مجموعه کانی‌هاست و مقدار آن از بسیار اندک تا ۱۲ درصد تغییر می‌کند. این کانی در بلوک صیقلی به صورت سوزنی شکل با طول ۰/۲۲ میلی‌متر دیده می‌شود (شکل ۷ ب). وجود اسپیکیولاریت نشان می‌دهد که محلول در شرایط اکسایشی تری قرار داشته است. این کانی در شرایط برون‌زادی در منطقه دستخوش دگرسانی نشده است.

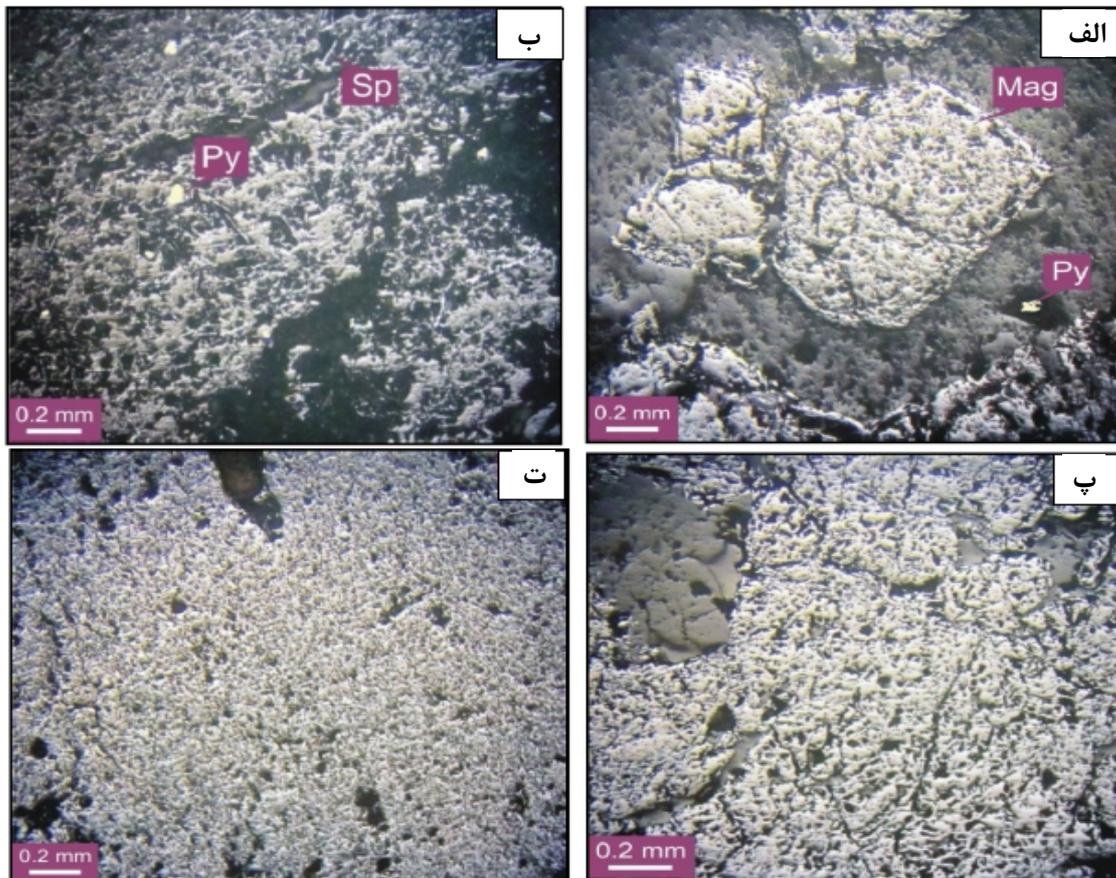
اکسایش سولفیدها تابعی از بالا آمدگی سنگ‌ها، آب و هوای خشک، نیمه خشک، ترکیب سنگ اولیه (به ویژه محتوای پیریت) و ساختار سنگ میزبان (از نظر گسل خوردگی‌ها، شکستگی‌ها) است [۲۰]. کانی سازی ثانویه شامل هماتیت و مالاکیت است. شایان ذکر است که مالاکیت در بعضی از رگه‌ها همراه با مگنتیت دیده شده است.

**هماتیت:** این کانه محصول فرایندهای برون‌زادی بوده و در اثر دگرسانی مگنتیت به وسیله آب‌های جوی اکسایشی و طی فرایند مارتیتیزاسیون 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 پ. مگنتیت در نوع توده‌ای، ت. تبدیل مگنتیت به هماتیت از حاشیه.

وجود می‌آورند. با توجه به پاراژنز 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).

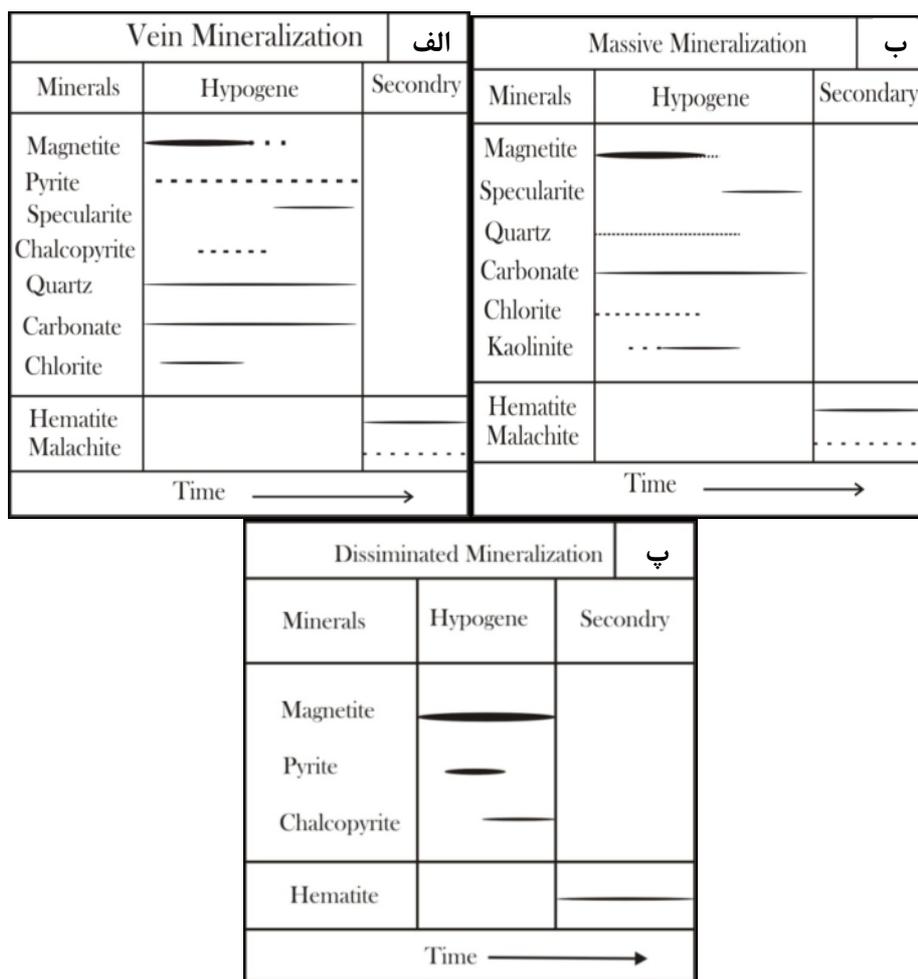
۲- فاز دوم باعث کانی‌سازی اسپیکیولاریت + پیریت در سنگ آهک‌ها و توده‌های نفوذی منطقه به صورت رگه‌ای شده که در این مرحله به دلیل افزایش گریزندگی اکسیژن در محلول، بلورهای اسپیکیولاریت کانه‌های مگنتیت و پیریت را در بر گرفته است (شکل ۸ الف و ب).

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

**کانی‌سازی نوع افشان:** در بررسی‌های صحرایی و نمونه‌های دستی پیریت و کالکوپیریت به صورت بافت افشان 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 پاراژنزی

دنباله‌ی پاراژنزی 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



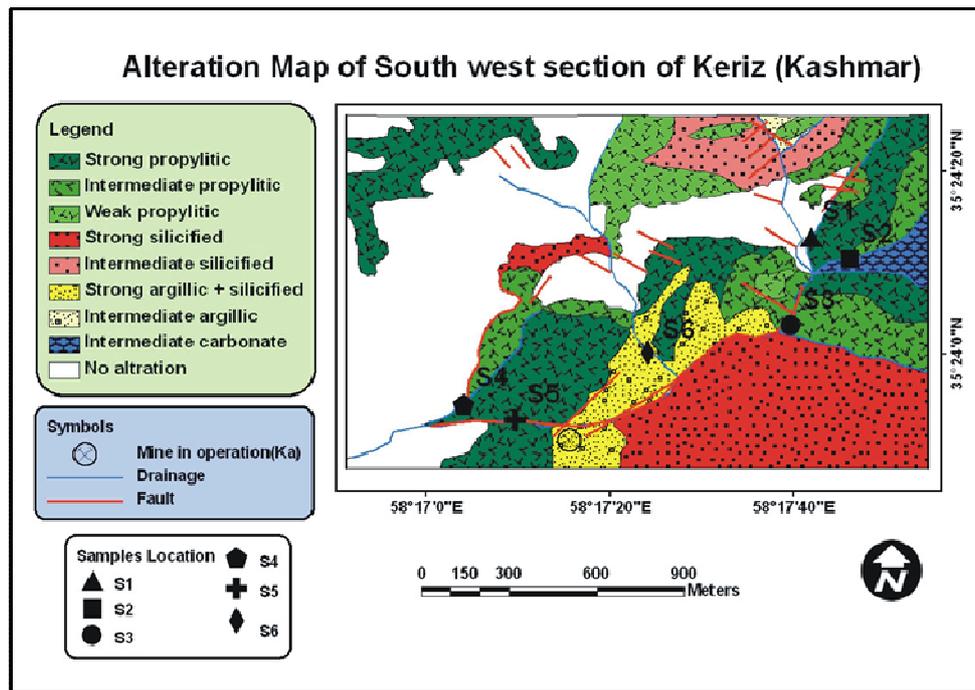
شکل ۸ دنباله‌ی پارائزنی الف. نوع رگه‌ای، ب. نوع توده‌ای، پ. نوع افشان [۱۷].

**ژئوشیمی**

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

**آهن (Fe):** در رسوب‌های رودخانه‌ای (شکل ۹ و جدول ۲)، می‌توان گفت که عنصر آهن، در بخش شرق منطقه بیشترین بی‌هنجاری را نشان می‌دهد. بیشترین میزان آهن (۰.۶٪) وابسته به آبراهه‌ای واقع در شمال‌شرق منطقه است که سنگ‌های بالا دست در این نمونه از نوع حد واسط با ترکیب هورنبلند پیروکسن دیوریت پورفیری است. این واحد سنگی دگرسانی پروپلیتیک را تحمل کرده است. در نمونه‌های خرده‌سنگی

حاصل از دگرسانی منطقه، بیشترین مقدار آهن به ۰.۵٪ 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 بی‌هنجاری 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 حدواسط با ترکیب هورنبلند دیوریت است. این واحد سنگی دگرسانی پروپلیتیک - کربنات را تحمل کرده است. در نمونه‌های خرده‌سنگی 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.



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 خرده‌سنگی.

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 نمونه‌های آنالیز شده به ۷۹/۶۶ درصد و کمترین مقدار آن به ۵۱/۴۶ درصد می‌رسد (جدول ۴).

گوگرد: میزان گوگرد نیز در نمونه‌ها پایین بوده است که بیشترین مقدار آن ۰/۱۶ درصد و کمترین آن ۰/۰۵ درصد است. از آنجا که کانی‌های سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت) در منطقه کم است، پایین بودن مقدار این عنصر نیز بعید به نظر نمی‌رسد (جدول ۴).

اکسید فسفر: بیشترین میزان  $P_2O_5$  ۰/۴ درصد و کمترین مقدار آن ۰/۰۳ درصد است. که بیشترین مقدار به نمونه‌ای وابسته است که درصد اکسید آهن آن از همه بالاتر است (جدول ۴) بنابراین مقدار این اکسید در این نمونه‌ها پایین است. بدین ترتیب نتایج تجزیه ژئوشیمیایی رسوب‌های رودخانه‌ای حاکی از بی‌هنجاری عناصر منگنز، مس، سرب و روی در هاله‌های ثانویه است. و در نمونه‌های خرده‌سنگی توده‌های نفوذی منطقه، برای عناصر منگنز، مس، سرب و روی بی‌هنجاری نشان داده‌اند که نشانه‌ای از حضور هاله‌های ژئوشیمی اولیه در توده‌های منطقه است. که در هر دو نمونه توده‌های وابسته با این بی‌هنجاری‌ها از نوع حدواسط و دیوریتی هستند که دگرسانی پروپلیتیک این توده‌های را تحت تأثیر قرار داده است.

مس (Cu): در مورد رسوب‌های رودخانه‌ای (شکل ۹ و جدول ۲) می‌توان گفت که عنصر مس، در بخش حاشیه‌ی شرقی منطقه بیشترین بی‌هنجاری را نشان می‌دهد. بیشترین میزان مس (۶۳ ppm) وابسته به آبراه‌های واقع در شمال شرقی منطقه است که سنگ‌های بالا دست در این نمونه از نوع حدواسط با ترکیب دیوریت دانه‌ای است. این واحد سنگی نیز دستخوش دگرسانی پروپلیتیک - سیلیسی شده است. در نمونه‌های خرده‌سنگی حاصل از دگرسانی منطقه، بیشترین مقدار مس به ۱۴۰ پی‌پی‌ام می‌رسد (جدول ۳) که به واحد سنگی هورنبلند پیروکسن دیوریت دانه‌ای وابسته است و دستخوش دگرسانی پروپلیتیک شده است.

سرب و روی (Pb&Zn): در مورد رسوب‌های رودخانه‌ای (شکل ۹ و جدول ۲) می‌توان گفت که عنصر سرب و روی، به ترتیب در بخش حاشیه‌ی جنوب غربی و شمال شرقی منطقه بیشترین بی‌هنجاری را نشان می‌دهند. بیشترین میزان سرب (۶۶ ppm) و روی (۱۶۶ ppm) وابسته به آبراه‌های واقع در جنوب غرب منطقه است که سنگ‌های بالا دست در این نمونه از نوع حدواسط با ترکیب هورنبلند دیوریت است. این واحد سنگی نیز دستخوش دگرسانی پروپلیتیک - کربناتی شده است. در نمونه‌های خرده‌سنگی حاصل از دگرسانی منطقه، بیشترین مقدار سرب و روی به ترتیب به ۳۹ و ۴۳۱۰ ppm می‌رسد (جدول ۳) که به ترتیب به واحد سنگی هورنبلند دیوریت دانه‌ای و پیروکسن هورنبلند دیوریت دانه‌ای وابسته

جدول ۴ نتایج آنالیز XRF در نمونه‌های خرده‌سنگی مگنتیت.

SAMPLE NO	15-Kz	22-Kz	23-Kz	24-Kz	27-Kz	36-Kz
SiO <sub>2</sub> (%)	۲۱,۳۵	۹,۱۱	۸,۵۵	۱۳,۱۶	۲۳,۴۳	۱۸,۰۸
TiO <sub>2</sub> (%)	۰,۰۸	۰,۱۱	۰,۰۶	۰,۰۱	۰,۰۶	n.d.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	۱,۹۴	۱,۳۸	۲,۱۲	۱,۱۹	۱,۱۸	۱,۱۹
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (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 <sub>2</sub> O(%)	۰,۰۵	n.d.	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۸	۰,۰۲
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	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

## برداشت

واحدهای منطقه را توده‌های عمیق، نیمه عمیق و آتشفشانی با ترکیب حدواسط 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 فضاها شده است. کانی‌سازی در منطقه به شکل رگه-ای، عدسی، توده‌ای و افشان مشاهده می‌شوند. کانی‌سازی رگه-ای و عدسی وابسته به زون گسلی است. اغلب کانی‌سازی در منطقه مگنتیت است که بیشتر به شکل‌های رگه‌ای، عدسی، توده‌ای و کمتر به صورت افشان هستند کانی‌های دیگر که به مقدار کمتری در نوع رگه‌ای و عدسی در منطقه مشاهده می‌شوند، شامل اسپیکولاریت، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت، کوارتز و کربنات است. کانی‌سازی افشان 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، ۱۲۵۸ ppm، ۶۳ ppm، ۱۶۶ ppm و ۱/۳ ppm است. در نمونه‌های خرده‌سنگی حاصل از دگرسانی منطقه به ترتیب بالاترین مقدار آهن، منگنز، مس، روی و نقره ۵ درصد، ۳۱۵۶ ppm، ۱۴۰ ppm، ۴۳۱۰ ppm و ۲۰ ppm است. مگنتیت در سنگ آهک و بین توده‌های نفوذی - آهک به صورت گرمایی تشکیل شده است. در ضمن وجود اکسید آهن فراوان از نوع مگنتیت، سنگ‌های گرانیتوئیدی 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

- [۲] طاهری ج.، شمانیان، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر (۱۳۷۷).
- [3] 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.
- [4] Muller R., Walter R., "Geology of the Precambrian- 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)، ۶۳۲ صفحه.
- [6] 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، آلتراسیون، سنک منشا و محیط تکتونیکی کانسارهای Iron Oxide Cu-Au و مثال-هایی از ایران"، یازدهمین کنفرانس بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه یزد، (۱۳۸۲)، صفحه ۱۸۴-۱۸۹.
- [8] Lotfi M., Sedighi M.M., Omrani S.J., "Mineral distribution of Iran. Scale 1:1000,000". Geol. Survey of Iran, (1993).
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Ray G. E., "Fe-Skarn geological survey of B. C Canada", (1995) Open File 199-20.
- [12] 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.
- [13] 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

- [1] 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 deposit: 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] Eftekharneshad J., Aghanabati A., Baroyant V., Hamzehpour B., "Geological Quadrangle Map Of Kashmar, 1:250000", GSI, Tehran(1976).

[۱۷] علمدار سیده محبوبه، "بررسی زمین شناسی، پتروگرافی، کانی سازی، ژئوشیمی و تکتونیک شرق معدن آهن سیاه کوه در