



بررسی زمین شناسی و کانه زایی رخداد مس کله سفید (نهبندان - خراسان جنوبی) رضا جلیلی^۱، سیدمهران حیدری^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران reza_jalili_s97@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، تهران، ایران sm.heidari@gmail.com

چکیده

رخداد مس (طلا) کله سفید در ۹۵ کیلومتری شمال غرب نهبندان، جنوب شرق شهرستان خوسف، شمال شرق بصیران و در شمال روستای کله سفید از توابع استان خراسان جنوبی واقع است. به لحاظ پهنه‌بندی رسوبی- ساختمانی این محدوده در شرق خرده قاره ایران مرکزی، حاشیه شرق- شمال شرق بلوک لوت و در غرب پهنه و زمین درز سیستان (پهنه فلیشی شرق ایران یا نهبندان- خاش) واقع است. این محدوده معدنی با توجه به حضور و ناهنجاری مجموعه عناصری چون مس و طلا مشخص می شود. کانه‌های مس در این محدوده شکل لنزی، رگه رگچه در درون واحدهای آتش فشانی نیمه عمیق چون تراکی آندزیت، بازالت و دیاباز متعلق بخش روتی توالی افیولیتی رخ داده است. کانه زایی غالباً همراه با سیلیس می باشد که در پهنه‌ای به طول ۲ کیلومتر به صورت متناوب و منقطع با ابعاد مختلف رخنمون یافته است. این لنز و رگه‌ها اغلب تحت تاثیر شکستگی‌ها و گسل‌های امتداد لغز (راستگرد- چپ گرد) با راستای غالباً شمال غرب جنوب شرق تا شرقی - غربی قرار گرفته است. این کانه زایی به لحاظ نوع دگرسانی‌های گرمابی شامل سیلیسی، آرژیلیکف سربیسیتیک، کلسیک، اکسید آهن و پروپلیتیک یا کلریتی می باشد. این کانه زایی با ژئومتری لنزی شکل و همراه با رگه‌های سیلیسی و با ضخامت متغیر ادامه دارد. در برخی از نمونه‌ها عیار سولفید به بیش از ۱۰ درصد با بافتی کاملاً توده‌ای می رسد. کانه‌ها شامل کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت و کریزوکولا است که به صورت پرکننده فضاهای خالی، رگه، رگچه‌ای، توده‌ای، دانه پراکنده و جانشینی دیده می شود. بر پایه نتایج حاصل از آنالیز ۵۳ نمونه، بیشترین مقادیر مس، طلا، نقره، روی و مولیبدن به ترتیب حدود ۳ درصد، ۰/۳ پی پی ام، ۱۸ پی پی ام، ۰/۳۵ درصد و ۲۸۲ پی پی ام می باشد.

در مجموع با توجه به موقعیت تکتونیکی، محیط تشکیل سنگ میزبان و رخداد کانه زایی گرمابی ماگمی در محدوده کله سفید می توان این کانه زایی را در قالب ذخایر هیدروترمال ماگمایی از نوع ماسیو سولفید که مرتبط با بخشهایی بالائی توالی افیولیتیدر محیط های کشتی هستند، در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: کله سفید، مس، سولفید توده‌ای، نهبندان، بیرجند.



Investigation of geology and mineralogy of the Kalesefid copper occurrence - (Nehbandan- southern Khorasan)

Abstract

KaleSefid copper (gold) occurrence is located 95 km northwest of Nehbandan, southeast of Khosuf city, northeast of Basiran and north of Kale Sefid village in South Khorasan province. In terms of sedimentary-structural zoning, this area is located in the east of the central Iranian subcontinent, the east-northeast margin of the Lut block, and in the west of the Sistan seam and terrane (Flyshi zone of eastern Iran or Nehbandan-Kash

This mineral range is characterized by the presence and anomaly of elements such as copper and gold. In this area, copper straw has occurred in the lens-shaped, vein-like, semi-deep volcanic units such as trachyandesite, basalt, and diabase belonging to the upper part of the ophiolitic sequence.

Mineralization is often accompanied by silica, which is outcropped intermittently and intermittently with different dimensions in a 2 km long area. These lenses and streaks are often affected by fractures and strike-slip faults (right-rotating-left-rotating) with mostly northwest-southeast to east-west direction. This mineralization includes silicic, argillic, sericitic, calcic, iron oxide, and propylitic or chlorite in terms of hydrothermal alteration types. This mineralization continues with a lenticular geometry and with siliceous streaks of variable thickness. In some samples, the grade of sulfide reaches more than 10% with a completely lumpy texture.

Minerals include chalcopyrite, pyrite, malachite, and chrysocolla, which can be seen as filling voids, veins, masses, scattered grains, and replacements. Based on the results of the analysis of 53 samples, the highest amounts of copper, gold, and silver, zinc and molybdenum are about 3%, 0.3ppm, 18ppm, 0.35% and 282ppm, respectively.

In general, according to the tectonic position, the host rock formation environment and the occurrence of hydrothermal magmatic mineralization in Kole Sefid range, this mineralization can be considered in the form of magmatic hydrothermal deposits of the massive sulphide type, which are related to the upper parts of the ophiolite sequence in tensile environments. took

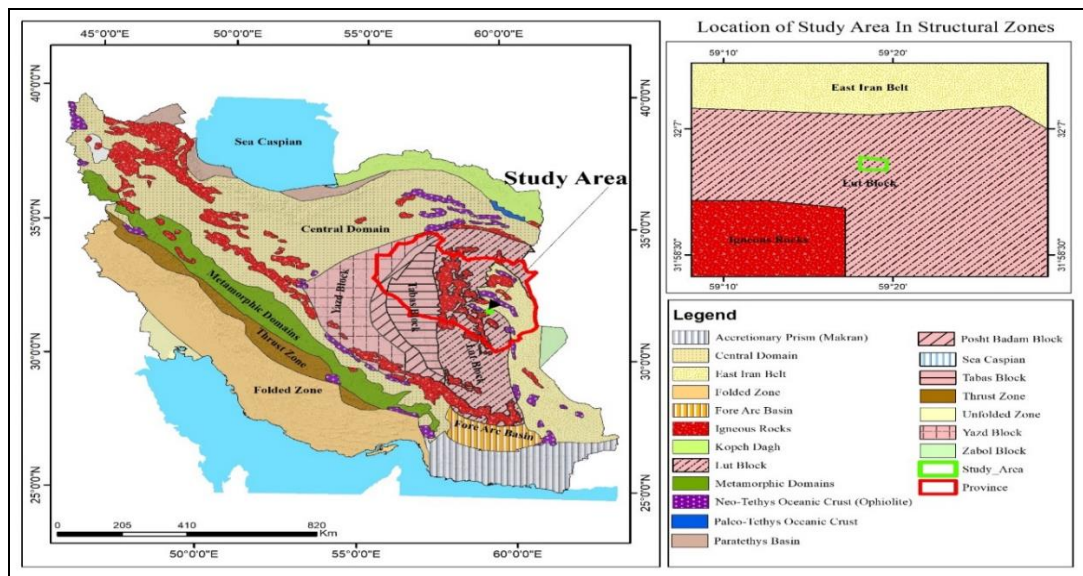
Key word: KaleSefid, copper, massiv sulfide, nehbandan, Southern Khorasan



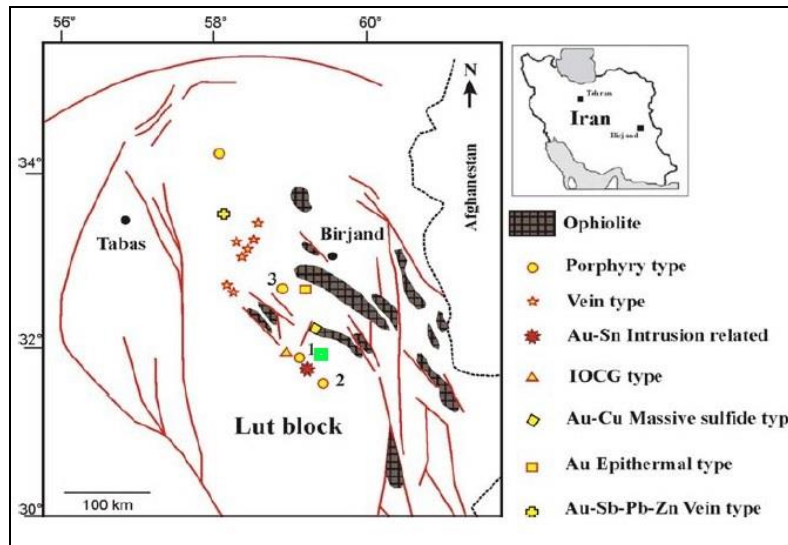
مقدمه

محدوده مورد مطالعه با مساحتی حدود ۳/۵ کیلومتر مربع و مختصات "۲۰۶' ۱۸' ۵۹" تا "۳۸۰۳۳' ۱۹' ۵۹" طول شرقی و "۱۳۰۱۷' ۰۴' ۳۲" تا "۰۵۰۵۳' ۰۵' ۳۲" عرض شمالی در فاصله ۱۲۵ کیلومتری جنوب بیرجند و شمال شرق بصیران در جنوب استان خراسان جنوبی واقع شده است. به لحاظ پهنه‌بندی رسوبی- ساختاری این محدوده در شرق خرده قاره ایران مرکزی، حاشیه شرق- شمال شرق بلوک لوت و در غرب پهنه و زمین درز سیستان (پهنه فلیشی شرق ایران یا نهبندان- خاش) واقع است (آقنابتی، ۱۳۸۳)؛ (شکل). همچنین به لحاظ ژئودینامیکی اگرچه منطبق بر حاشیه فعال و قوس های ماگمایی می باشد اما اغلب واحدهای سنگی رخنمون یافته در این ناحیه عمدتاً متشکل از سنگ های دیابازی - شیل های ماسه سنگی (نهشته های فلیشی) و لیستونیت ها، مربوط به توالی افیولیتی کرتاسه پالئوسن شرق ایران می باشد که در محیط کششی (ریفیتی) تشکیل شده و توسط توده های نفوذی جوانتر الیگو میوسن قطع شده اند این پهنه (زمین درز سیستان)، در شرق ایران و با راستای کلی شمالی- جنوبی، در واقع پهنه‌ای برخوردی است که حاصل بسته شدن باریکه اقیانوسی شرق ایران بین پهنه لوت و بلوک افغان در انتهای مزوزوئیک ابتدای ترشیر می‌باشد (Tirrul et al., 1983). این منطقه به لحاظ نقشه‌های زمین شناسی همچنین در بخش جنوبی چهارگوش ۱:۲۵۰.۰۰۰ بیرجند (افتخارزاد، ۱۳۶۹) و جنوب شرق ورقه ۱:۱۰۰.۰۰۰ مختاران (موحد اول و امامی، ۱۹۷۸) قرار دارد.

این ناحیه (شرق ایران و بلوک لوت) به دلیل قرارگیری در موقعیت‌های مختلف زمین‌ساختی در زمان‌های گذشته (با توجه به کمربند افیولیتی شرق ایران) و به دنبال آن، حجم عظیم و گسترده ماگماتیسم کالک‌آلکان و آلکان با ویژگی‌های متفاوت، دارای توانایی بسیار مناسبی برای تشکیل انواع کانی‌سازی‌ها در بازه زمانی کرتاسه تا الیگومیوسن می‌باشد. کانه‌زایی‌های گوناگونی نظیر نهشته‌های مس، مولیبدن، طلا، نقره و آهن که هنگام رویداد فرآیند ماگماتیسم ترشیری در بلوک لوت پدید آمده و از مهم‌ترین آنها می‌توان به کانسارهای مس- طلا، پورفیری ماهرآباد (Malekzadeh Shafaroudi et al., 2010)، خویبک (Malekzadeh Shafaroudi et al., 2015) و دهسلم (ارجمندزاده، ۱۳۹۰)، خونیک (Samiee et al., 2014) و چاه‌شلغمی (ارجمندزاده، ۱۳۹۰ و Arjmandzadeh et al., 2011)، کانسار قلعه‌زری (Karimpour et al., 2005, 2006)، و طلا، هیرد (اشراقی، ۱۳۸۵) اشاره نمود (شکل ۲). بنابراین فعالیت ماگمایی گسترده کالک‌آلکان و همچنین حضور کانی‌سازی‌های گرمایی- ماگمایی، اهمیت بالای این پهنه را برای اکتشاف انواع کانسارها قابل توجه می‌سازد. به‌گونه‌ای که در سال‌های اخیر تلاش‌های گسترده‌ای جهت اکتشاف در شرق ایران توسط بخش‌های دولتی (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و ایمیدرو) و بخش خصوصی صورت گرفته است.



شکل ۱. موقعیت محدوده اکتشافی مورد مطالعه (نقطه سبز رنگ) به ترتیب بر روی نقشه زون‌های ساختاری ایران (آقنابتی، ۱۳۸۵)، همراه با موقعیت آن در استان خراسان جنوبی.



شکل ۲. نقشه تیپ‌های مختلف کانی‌سازی در زمان تشریری در بلوک لوت و موقعیت محدوده اکتشافی (نقطه سبزرنگ) بر روی آن (Arjmandzadeh et al., 2010).

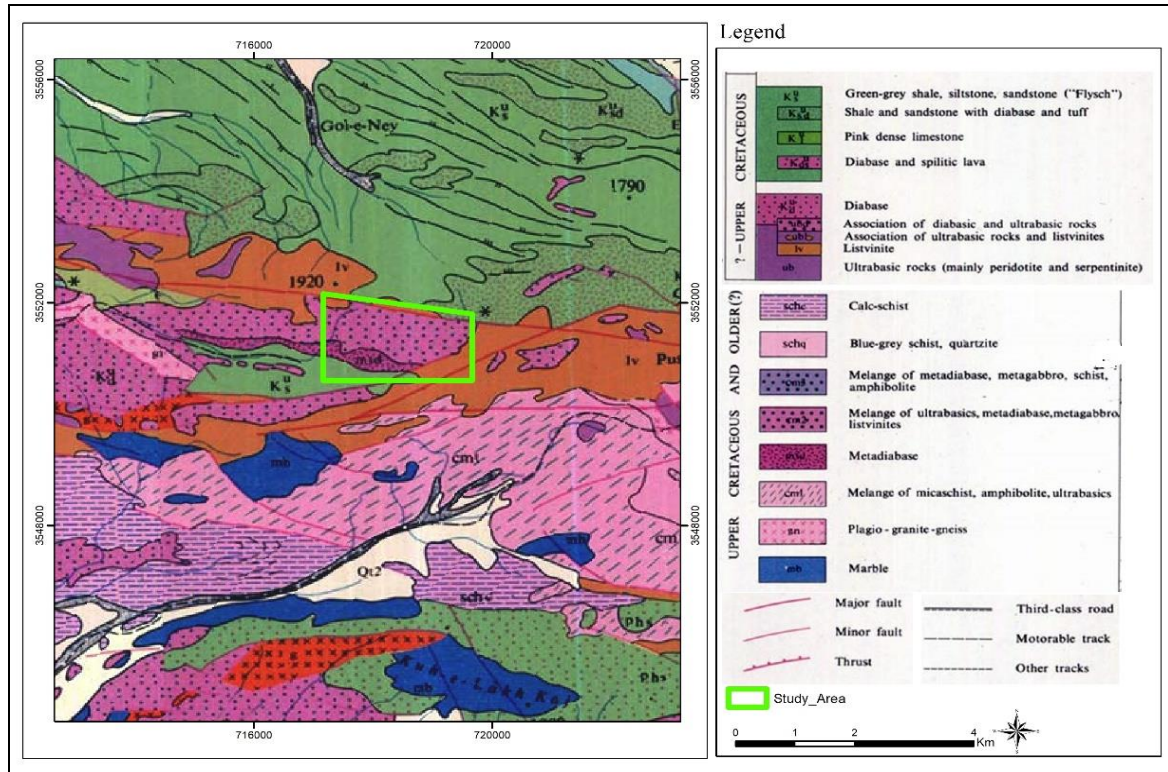
روش مطالعه

در محدوده اکتشافی گلوک اولین مرحله شامل پردازش تصاویر ماهواره‌ای و دورسنجی به منظور تفکیک واحدهای زمین‌شناسی و دگرسانی‌ها در محدوده‌ای به مساحت ۳/۵۰ کیلومتر مربع با هدف تهیه نقشه زمین‌شناسی در دستور کار قرار گرفت. بررسی چکشی واحدهای سنگی دارای پتانسیل و نمونه‌برداری از سنگ‌های واجد آثار کانه، اندازه‌گیری شیب و امتداد لایه‌ها، بررسی خصوصیات ماکروسکوپی نمونه‌ها و سنگ‌ها از جمله رنگ، سختی، آثار دگرسانی در مرحله بعد انجام شد. در این مرحله تعداد ۵۳ نمونه به منظور انجام آنالیزهای مختلف از واحدهای سنگی، رگه‌های کانه‌دار و بخش‌های کانسنگی برداشت و به آزمایشگاه (زرآزمای) بمنظور تعیین مقادیر مس اکسیدی و سولفیدی آن ارسال شد. جهت بررسی دقیق‌تر و هم‌ارزی جانبی ازون‌های کانی‌سازی و تعیین حدود دقیق کانی‌سازی، طراحی، اجرا و حفر تعدادی ترانشه اکتشافی انجام شد. انتخاب محل ترانشه‌ها بر اساس تلفیق اطلاعات اکتشافی جمع‌آوری شده در فازهای قبلی عملیات اکتشافی در محدوده و پیمایش صحرایی و شناسایی زون‌های کانی‌سازی در فاز مطالعاتی جدید بوده است. در طی پیمایش صحرایی، زون‌های دارای پتانسیل کانی‌سازی مشخص و ترانشه‌های اکتشافی بر روی آنها طراحی گردید.

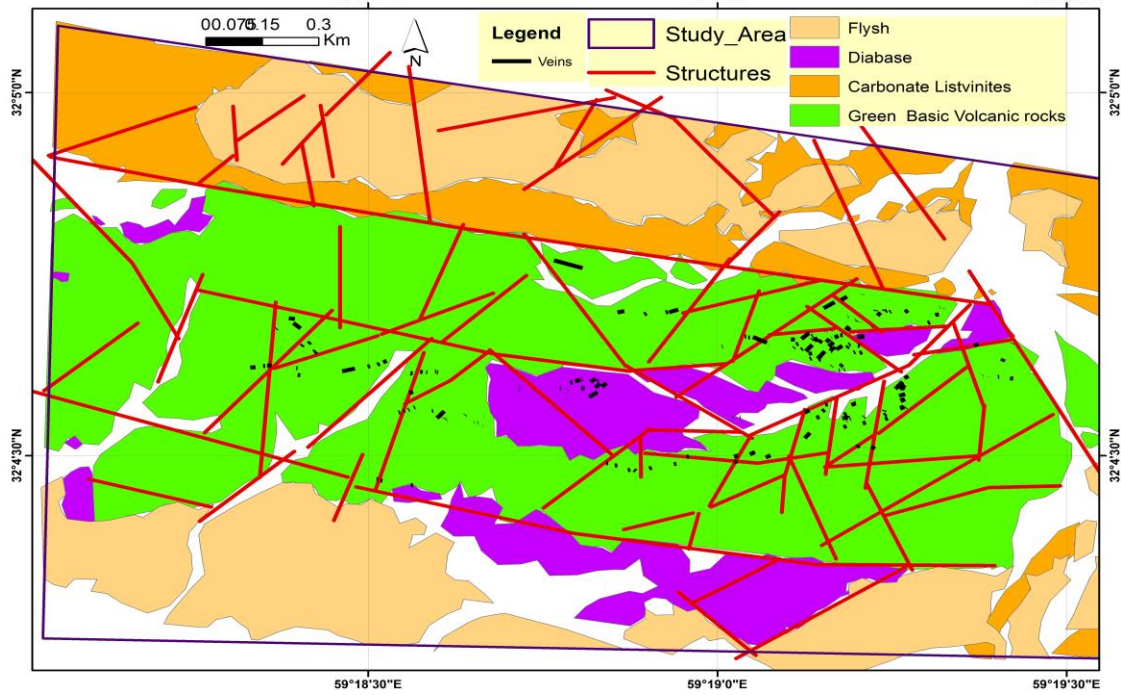
بحث

زمین‌شناسی

بخش اعظم محدوده اکتشافی بر پایه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ و ۱:۱۰۰,۰۰۰ (شکل ۳) و نیز بازدیدهای صحرایی صورت گرفته، در ارتباط با سنگ‌های دیابازی، شیل - ماسه سنگ‌های کرتاسه بالایی (نهشته‌های فلیشی) و لیستونیتی می‌باشد. به‌گونه‌ای که بیشترین رخمون در محدوده مورد مطالعه که بخش مرکزی محدوده را نیز در بر می‌گیرد و کانه‌زائی مس نیز در آن واقع است شامل سنگ‌های آتشفشانی بازالت-آندزیت تا دیابازی می‌باشد (شکل ۴ و ۵). بعد از این واحد بیشترین رخمون سنگی مربوط به لیستونیتها (سرپانتینیت‌های کربناتی-سیلیسی و برشی دگرسان) با رنگ کرم تا شتری می‌باشد (شکل ۴ و ۵) که در بخش شمالی محدوده بصورت گسله بر روی واحدهای آتشفشانی قرار دارند. علاوه بر واحدهای فوق و در جنوب شرق محدوده مورد مطالعه واحدی متشکل از شیل‌های سبز تا خاکستری رنگ، سیلتستون و ماسه سنگ (شکل ۳) رخمون دارد. همچنین و به صورت محدود در شرق محدوده مورد نظر واحدی متشکل از شیل و ماسه سنگ که با واحدهای آتشفشانی و توف نیز در پاره‌ای از نقاط همراه است (شکل ۳)، رخمون پیدا نموده است. علاوه بر موارد فوق واحدی نیز شامل سنگ‌های بازیک دگرگون شده درون زون‌های افیولیتی در جنوب غرب محدوده برونزد دارد (شکل ۳).



شکل ۳. موقعیت محدوده اکتشافی گاوک بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ مختاران (مهدوی و امامی، ۱۹۷۸).



شکل ۴. نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۵,۰۰۰ از محدوده مورد مطالعه



شکل ۵. تصویر بالایی نمایی از رخنمون واحدهای آتشفشانی و پیروکلاستیک (غالباً توف) به رنگ سبز و دورنمایی از لیسونیته‌ها در بخش فوقانی عکس (تصویر بالائی)، تصویر پائینی حضور رگه‌های سیلیسی کانه‌دار درون سنگهای آتشفشانی در بخش شرقی محدوده، دید به سمت شمال.

از مهم‌ترین عناصر ساختاری در منطقه می‌توان به حضور گسل خوردگی، دگرشیبی‌ها و شکستگی‌های پیچیده اشاره کرد که تأثیرات آنها به عنوان عامل‌های کنترل‌کننده شرایط رسوبی و پیکره‌های ساختمانی انکارناپذیر است. با توجه به جایگاه ساختاری محدوده مورد مطالعه، فعالیت گسل‌های امتدادلغز شمالی- جنوبی در شرق ایران نشان از همگرایی مایل میان بلوک‌های ایران مرکزی و افغانستان دارد. این گسل‌های شمالی- جنوبی با سازوکار امتدادلغز راست‌بر در پایانه‌ها، به گسل‌های شمال‌غربی- جنوب‌شرقی با مؤلفه چیره راندگی منتهی می‌شوند (Berberian et al., 2000). همچنین اعمال رژیم زمین‌ساختی فشاری در اواخر کرتاسه عامل ایجاد سامانه‌های فشاری - برشی در شرق ایران است (خطیب، ۱۳۷۷). گسل‌های امتدادلغز راست‌بر شمالی- جنوبی عامل اصلی دگرریختی فعال جدید در گستره لوت است، به گونه‌ای که این روند ساختاری به عنوان شاخص اصلی زمین‌ساخت این منطقه معرفی شده‌اند (Berberian, 1976, Berberian & Yeats, 2001). یکی از مهم‌ترین گسل‌های منطقه براساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ مختاران، گسل برک می‌باشد و روند عمومی ساختارهای زمین‌شناسی و تکتونیکی



شمال غربی- جنوب شرقی می باشد. در مجموع اهمیت شکستگی ها بدلیل عامل مهمی بودن آنها در جایگیری ذخایر معدنی هستند و محل برخورد گسل های اصلی می تواند محل مناسبی برای نفوذ ماگما و کانه زایی باشد. شناسایی عناصر ساختاری (به ویژه گسل ها) و ارتباط آنها با توده های نفوذی، در مناطق متأثر از فعالیت های ماگمایی کمک بسیار ارزنده ای در شناسایی و اکتشاف مواد معدنی می کند.

دگرسانی

عمده دگرسانی ها در محدوده اکتشافی گاوک بر اساس مطالعات دورسنجی شامل پروپیلیتیک، آرژیلیک، سیلیسی و اکسیدهای آهن می باشد (شکل ۶). دگرسانی اصلی همراه با کانه زایی، دگرسانی سیلیسی است ولی به طور کلی، پروپیلیتی شدن و اکسیداسیون آهن در واحد میزبان کانه زایی به وفور به چشم می خورد

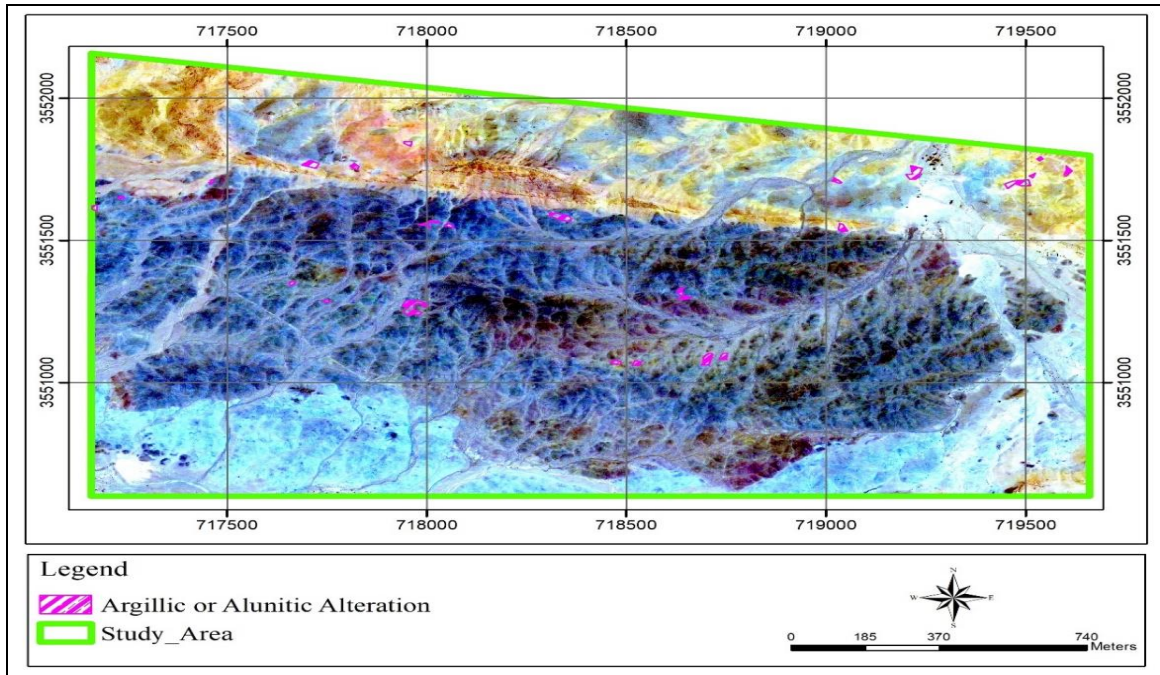
- شناسایی زون های دستخوش دگرسانی

شناسایی و بارسازی دگرسانی های مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره ای امروزه در اکتشافات از اهمیت زیادی برخوردار است و مهم ترین فاکتور در انتخاب و پیشنهاد مناطق برای پی جوئی های بعدی و اکتشاف کانیایی می باشد. مبنای شناسایی دگرسانی های مختلف در یک تصویر نیز بسیار متفاوت بوده و می توان از ترکیب باندهای کاذب FCC خاص استفاده نمود و به صورت بصری آنها را تفسیر نمود و یا اینکه از نسبت های باندهای (Band Ratio) یا الگوریتم های متنوع (Match Filtering, PCA, SAM, ...) جهت شناسایی هر یک از دگرسانی ها اقدام نمود. علاوه بر آن می توان در مطالعات پیشرفته تر با تصاویر هایپراسپکترال، کانی های مختلف را شناسایی و بر اساس حضور کانی های مختلف مناطق دگرسانی را تفکیک نمود.

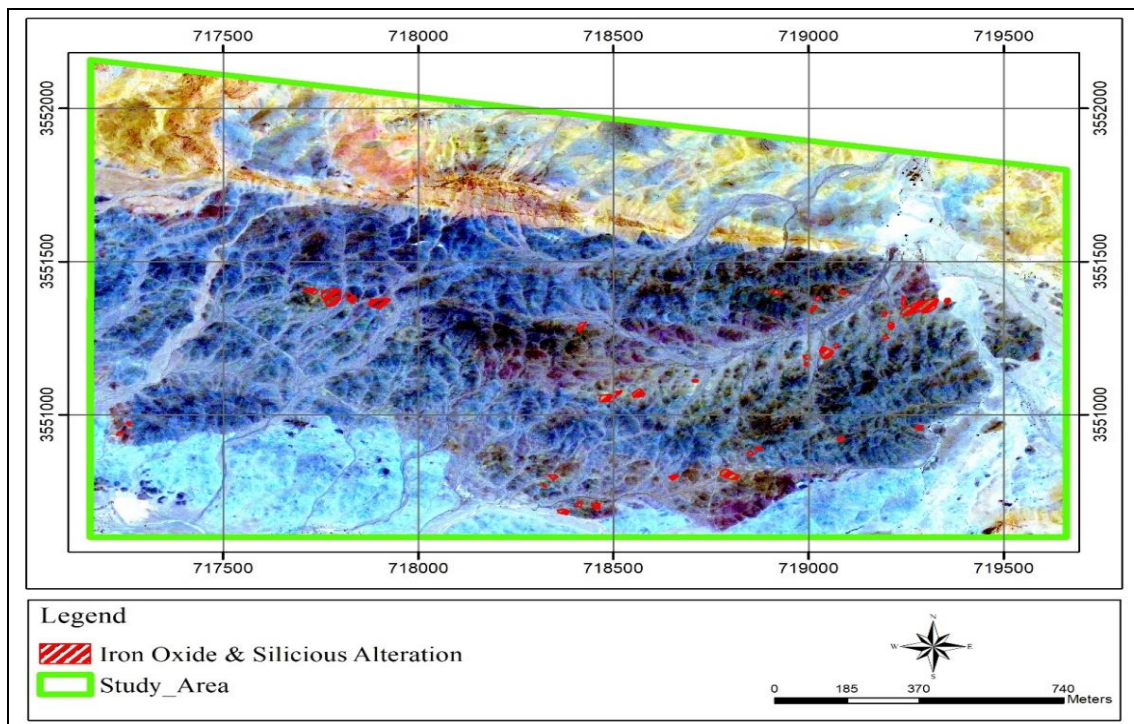
برای شناسایی مناطق دارای دگرسانی محدوده مورد مطالعه به صورت بصری و طیفی، عمدتاً از داده های شارپ شده رزولوشن بالا، Aster و OLI استفاده شده است. دگرسانی ها در دسته های دگرسانی آرژیلیکی (متوسط تا پیشرفته)، اکسید آهن و سیلیسی تفکیک شده اند. در شکل ۶- Error! No text of specified style in document. ۱ و شکل ۷- Error! No text of specified style in document. ۲ نقشه

دگرسانی های محدوده و تصاویر واضح سازی شده از دگرسانی ها در محدوده نشان داده شده است.

نتایج حاصل دلالت بر حضور دگرسانی اکسید آهن و سیلیسی به صورت نواحی صورتی تا قرمز رنگ در نیمه شرقی محدوده با روند شمال شرق - جنوب غرب و در سایر نقاط به صورت پراکنده نمایان است. علاوه بر این دگرسانی آرژیلیک-آلونیتی با پراکندگی قابل توجهی به صورت نواری در بیشتر نقاط محدوده و به رنگ زرد روشن تا صورتی روشن قابل تفکیک است.



شکل ۶- Error! No text of specified style in document. نقشه دگرسانی آرژیلیک-آلونیت استخراج شده با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای.



شکل ۷- Error! No text of specified style in document. نقشه دگرسانی اکسید آهن- سیلیسی استخراج شده با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای.



کانه‌زایی

همانگونه که در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است، پتانسیل کانه‌زایی مس در این محدوده به واحدهای آتشفشانی بازیک-آندزیتی منسوب به بخش بالائی توالی افیولیتی محدود می‌باشد. این کانه‌زایی غالباً به‌صورت کوارتزهای سفید رنگ عدسی شکل و رگه- رگچه‌ای حاوی سولفیدهای کالکوپیریت، پیریت و گاه‌ها سیلیسی برشی با روند شمال شرقی- جنوب غرب تا شرقی غربی به طول تقریبی یک کیلومتر و بصورت ناپیوسته رخنمون دارد. در برخی نقاط همراه با کانه‌زایی سولفیدی، اکسیدهای ثانویه آهن و مس (مالاکیت) نیز قابل مشاهده است. بنابراین کانه‌زایی در این بخش به‌صورت سولفیدی و اکسیدی وجود دارد. آنچه مسلم است فاز سولفیدی همراه با سیلیس به‌صورت اولیه و بخش اکسیدی (کربنات مس) متأثر از فرآیند سوپرژن حاصل شده است.



شکل ۸- نمائی از کانه‌زایی در نمونه دستی و چاه شدادی از پهنه کانهدار محدوده مورد مطالعه.



بررسی و مطالعه ترانشه‌های حفر شده

ترانشه‌های بخش شرقی (A)

در شرقی‌ترین بخش محدوده تعداد ۶ ترانشه اکتشافی به نام‌های TR-1, TR-2, TR-3, TR-4, TR-5, و TR-6 طراحی و حفر گردیده است که مشتمل بر چهار ترانشه ۲۰۰ متری و دو ترانشه ۱۰۰ متری می‌باشد. در ادامه به بررسی و توصیف هر یک از ترانشه‌های برداشت شده پرداخته شده است.

ترانشه‌های بخش غربی

در غربی‌ترین بخش محدوده تعداد ۶ ترانشه اکتشافی به نام‌های TR-1, TR-2, TR-3, TR-4, TR-5, و TR-6 طراحی و حفر گردیده است. در ادامه به بررسی و توصیف هر یک از ترانشه‌های برداشت شده پرداخته شده است.

ترانشه‌های بخش غربی (C)

در غربی‌ترین بخش محدوده تعداد ۱۳ ترانشه اکتشافی طراحی و حفر گردیده است. آنالیز یکی از ترانشه‌های مهم تر در بخش غربی C را مشاهده می‌کنید.

ترانشه TR-C1

TR-C1 با روند شمال غربی-جنوب شرقی (310° Azimuth) در غرب منطقه اکتشافی و به صورت عمود بر واحدهای سنگی منطقه، به منظور بررسی وضعیت کنه‌زایی در این قسمت حفر شده است. طول این ترانشه بر اساس برداشت‌های زمینی، ۹۵ متر و ارتفاع دیواره ترانشه طور میانگین ۱۶۰ سانتی‌متر است. واحد سنگی در امتداد این ترانشه آندزیت‌های و توف دگرسان شده است. این ترانشه بر روی رگه‌ای با ابعاد ۱۰ سانتی‌متر حفر شده است که آغشتگی مس با عیار بالا در امتداد شکستگی‌ها حضور دارد که در سطح بصورت سیلیس‌های قرمز رنگ اکسیدی نمایان است. هر چه که به بخش انتهایی ترانشه نزدیک می‌شویم دگرسانی بسیار ضعیف می‌شود. از این ترانشه در مجموع تعداد ۳ نمونه با شماره‌های 401-GH-151, 401-GH-152 و 401-GH-153 جهت انجام آنالیز ICP-MS برداشت شد.

جدول ۱- نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده از ترانشه TR-C1. **Error! No text of specified style in document.**

Sample Name/Element	Au	Ag	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
401-GH-100	5	1.6	26389	1.7	0.25	31	79	6477	59226
401-GH-101	5	<0.5	31143	1.6	0.22	25	74	153	43324
401-GH-102	5	<0.5	31804	1.8	0.31	33	136	2918	51901
Sample Name/Element	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	S	Sb	Zn	
401-GH-100	16435	758	0.94	42	6	1737	0.91	150	
401-GH-101	>2%	790	0.54	95	6	117	0.77	80	
401-GH-102	>2%	795	0.56	86	6	279	0.83	105	

با توجه به نتایج آنالیز شیمیایی به دست آمده در این ترانشه، بیشینه عیار مس ۶۴۷۷ppm در نمونه 401-GH-100 گزارش شده است.



نتیجه‌گیری

کانه‌زایی رخداد کله سفید با ژئومتری لندی شکل و همراه با رگه‌های سیلیسی و با ضخامت متغیر ادامه دارد. در برخی از نمونه‌ها عیار سولفید به بیش از ۱۰ درصد با بافتی کاملاً توده‌ای می‌رسد. کانه‌ها در رخداد کله سفید شامل کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت و کریزوکولا است که به صورت پراکنده فضاهای خالی، رگه، رگچه‌ای، توده‌ای، دانه پراکنده و جاننشینی دیده می‌شود. بر پایه نتایج حاصل از آنالیز ۵۳ نمونه، بیشترین مقادیر مس، طلا، نقره، روی و مولیبدن به ترتیب حدود ۳ درصد، ۰/۳ پی پی ام، ۱۸ پی پی ام، ۰/۳۵ درصد و ۲۸۲ پی پی ام می‌باشد.

در مجموع با توجه به موقعیت تکتونیکی، محیط تشکیل سنگ میزبان و رخداد کانه‌زایی گرمابی ماگمی در محدوده کله سفید می‌توان این کانه‌زایی را در قالب ذخایر هیدروترمال ماگمایی از نوع ماسیو سولفید که مرتبط با بخشهایی بالائی توالی افیولیتیدر محیط‌های کشتی هستند، در نظر گرفت.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم میدانیم از حمایت‌های مدیر عامل شرکت صنایع و معدنی شهاب سنگ، جناب مهندس ابوالفضل رجبیان که امکان بازدید از محدوده فوق را فراهم نمودند کمال قدردانی و تشکر را بعمل آوریم.

منابع

- آقناباتی، ع.، ۱۳۷۹، پهنه‌های رسوبی- ساختاری عمده ایران- کارت پستال، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- اشراقی، ح.، ۱۳۸۵، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و تیپ کانه‌زایی طلا در محدوده هیرد (شمال‌باختر نهبندان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- ارجمندزاده، ر.، کریم‌پور، م.ح.، مظاهری، س.ا.، سانتوز، ژ.، مدینا، ج.، ۱۳۸۹، فرورانش دوسویه نامتقارن؛ نظریه جدید در مورد محیط تکتونوماگمایی و متالوژنی بلوک لوت، شرق ایران، نخستین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه فردوسی، ص ۳۸۲-۳۷۷.
- خطیب، م.م.، ۱۳۷۷، هندسه پایانه گسل‌های امتدادلغز با نگاهی ویژه به گسل‌های خاور ایران، رساله دکتری دانشگاه شهید بهشتی، ص ۲۲۴.
- ملک‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸، کانی‌سازی و اکتشافات ژئوفیزیکی به روش IP/RS و مغناطیس‌سنجی زمینی در محدوده MA-I و اطراف آن، منطقه اکتشافی مس-طلا پورفیری ماهرآباد، شرق ایران. مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد یک، شماره ۱، صفحه ۱ تا ۱۷.
- میرزایی‌راینی، ر.، احمدی، ع.، میرزاد، ۱۳۹۱، بررسی‌های کانی‌شناسی و شاره‌های درگیر در کانسار چند فلزی ماهور شرق بلوک لوت، ایران مرکزی. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲ (۲۰)، صفحه ۳۰۷ تا ۳۱۸.
- مهرابی، ب.، طالع‌فاضل، ا.، قاسمی‌سیانی، م.، ۱۳۹۰، مطالعات ژئوشیمیایی و فلززایی توده گرانیتوئیدی سرخ‌کوه (مجموعه آتشفشانی- نفوذی خاور ایران) و ارتباط آن با کانی‌سازی مس-طلا-آهن، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال پنجم، شماره بیستم، صفحه ۲۹ تا ۴۵.
- نخعی، م.، کریم‌پور، م.ح.، فارمر، ج.ل.، استرن، ج.، مظاهری، س.ا.، حیدریان‌شهری، م.ر.، زرین‌کوب، م.ح.، ۱۳۹۳، پتروژنز و سن‌سنجی زیرکن- اورانیم- سرب سنگ‌های دیوریتی پیروکسن‌دار اسکارنی شده منطقه بیشه (جنوب بیرجند- خاور ایران). فصلنامه زمین‌شناسی اقتصادی، سال ششم، شماره دوم، صفحه ۳۹۳ تا ۴۰۹.
- نخبه‌الفقهایی، ع.، بهزادی، م.، خاکزاد، ا.، یزدی، م.، ۱۳۸۸، ژئوشیمی، کانه‌زایی و ژنز کانسار آنتیموان چوپان واقع در خراسان جنوبی. فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته ۱، صفحه ۷۶ تا ۸۶.
- هامونی و همکاران، ۱۳۹۲، زمین‌شناسی، پتروگرافی و پترولوژی توده‌های نفوذی منطقه اکتشافی رودگز، جنوب شرق گناباد. چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند.



References

- Abdi, M., Karimpour, M.H., 2013, Petrochemical characteristics and timing of Middle Eocene granitic magmatism in KooShah, Lute Block, Eastern Iran. *Acta Geological Sinica* 84(4): 1032-1044.
- Alavi, M. (1994) Tectonics of Zagros Orogenic Belt of Iran, New Data and Interpretation. *Tectonophysics*, 229, 211-238.
- Arjmandzadeh, R., Karimpour, M.H., Mazaheri, S.A., Santos, J.F., Medina, J., Homam, S.M., 2011, Sr-Nd isotope geochemistry and petrogenesis of the Chah-Shaljami granitoids (Lut Block, Eastern Iran). *Journal of Asian Earth Sciences* 41: 283-296.
- Berberian, M. & Yeats, R. S., 2001- Contribution of archaeological data to studies of earthquake history in the Iranian Plateau. *Journal of Structural Geology* 23, 563-584.
- Berberian, M., 1976- Quaternary faults in Iran. In: Berberian, M. (Ed.), *Contribution to the Seismotectonics of Iran. Part II*. 39. *Geol. Surv. Iran*, 187-258.
- Berberian, M., Jackson, J. A., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib, M. M. & Priestley, K., 2000- The 1994 Sefidabeh earthquakes in eastern Iran: Blind thrusting and bedding-plane slip on a growing anticline, and active tectonics of the Sistan Suture zone, *Geophys. J. Int.*, 142, 283 – 299.
- Eftekhari-Nezhad, J. and Stocklin, J., 1992. Geological map of Iran sheet K8 (Birjand), scale 1:250,000. Geological Survey of Iran, Tehran
- Esmaeily, D., Nedelec, A., Valizadeh, M.V., Moore, F., Cotten, J., 2005, Petrology of the Jurassic Shah-Kuh granite (eastern Iran), with reference to tin mineralization. *Journal of Asian Earth Sciences* 25: 961-980.
- Javidi Moghaddam, M., Karimpour, M.H., Malekzadeh Shafaroudi, A., Santos, J.F., Corfu, F., 2021, Middle Eocene magmatism in the Khur region (Lut Block, Eastern Iran): implications for petrogenesis and tectonic setting. *International Geology Review* 63(9): 1051-1066.
- Karimpour, M.H., 2005, Comparison of Qaleh Zari Cu-Au-Ag deposit with other Iron Oxides Cu-Au (IOGC- type) deposits, a new classification. *Iranian Journal crystallography and mineralogy*.
- Lotfi M., 1982, Geological and geochemical investigation on the volcanogenic Cu-Pb-Zn-Sb ore mineralization in the Shurab-Gale chah and northwest of Khur. *Diss. Des. Doktor. Univ. Hamburg*, 152 p.
- Malekzadeh Shafaroudi, A., Karimpour, M.H. and Mazaheri, S.A., 2010, Rb-Sr and Sm-Nd isotopic compositions and Petrogenesis of ore-related intrusive rocks of gold-rich porphyry copper Maherabad prospect area (North of Hanich), east of Iran. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 18(2): 15-32. (in Persian with English abstract).
- Malekzadeh Shafaroudi, A., Karimpour, M.H., Stern, C.R., 2015, The Khopik porphyry copper prospect, Lut Block, Eastern Iran: Geology, alteration and mineralization, fluid inclusion, and oxygen isotope studies. *Ore Geology Reviews* 65(2): 522-544.
- Movahed Aval, H. and Emami, M., 1978, Geology map of Mokhtaran, scale 1:100000. Geological survey of Iran.
- Movahed Aval, H. and Emami, M., 1978, Geology map of Mokhtaran, scale 1:100000. Geological survey of Iran.
- Pang et al, 2013, Eocene-Oligocene post-collisional magmatism in the Lut–Sistan region, eastern Iran: magma genesis and tectonic implications. *Lithos* 180: 234-251.
- Pang et al, 2013, Eocene-Oligocene post-collisional magmatism in the Lut–Sistan region, eastern Iran: magma genesis and tectonic implications. *Lithos* 180: 234-251.
- Samiee, S., Karimpour, M.H., Haidarian Shahri, M.H., Santos, J.F., Ghaderi, M., 2014, Petrography, geochemical characteristics, Sr-Nd isotopes and source of granitoid intrusions in Khunik prospecting area, south of Birjand. *Journal of advanced applied geology Ahvaz* 3 (13): 63-79 (in Persian).
- Tirrul, R., Bell, I. R., Griffis, R. J., and Camp, V. E., 1983, The Sistan suture zone of eastern Iran, *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol:94, p: 134-156.