



## بررسی سنگنگاری، کانیشناسی منطقه‌های دگرسانی و ژئوشیمی منطقه کانی‌سازی مس- طلای سرچاه، شرق ایران

پیام روحبخش، محمدحسن کریمپور\*، آزاده ملک‌زاده شفارودی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۲۱، نسخه نهایی: ۹۴/۲/۷)

**چکیده:** منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه در استان خراسان جنوبی، در فاصله‌ی تقریبی ۱۸۰ کیلومتری جنوب غربی بیرجند و در مجموعه‌ی فعالیت‌های ماقمایی ترشیاری بلوك لوت واقع شده است. زمین‌شناسی منطقه شامل گدازه‌های آتش‌فشنایی با ترکیب بازالت - آندزیت و توفهای بلورین با سن ائوسن تا هولوسن است. پردازش داده‌های سنجنده لندست و استر به روش‌های تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی استاندارد و انتخابی و نقشه برداری زاویه طیفی، کانی‌های آلونیت، ژاروسیت، سریسیت، اپیدوت و کائولینیت را برآذیزی کرد. با بررسی‌های بعدی صحرایی، سنگنگاری و پراش پرتو ایکس، منطقه‌های دگرسانی آرژیلیکی (ایلیت، کائولینیت و مونت موریلونیت)، ژاسپروئید و سیلیسی در گستره‌ی بررسی‌ها مورد تایید قرار گرفت. دامنه‌ی تغییرات عناصر در رسوب‌های رودخانه- ای عبارتند از: طلا  $138 \text{ ppb}$ - $5$ ، روی  $48-144 \text{ ppm}$ ، سرب  $7-40 \text{ ppm}$ ، مس  $20-51 \text{ ppm}$  و نقره  $0.31-0.18 \text{ ppm}$ . که بیشترین مقدادر مربوط به زون‌های دگرسانی آرژیلیکی و رگه‌های سیلیسی است. نتایج ژئوشیمی خردۀ سنگی میزان طلا را تا حداقل  $75 \text{ ppb}$ ، روی حداقل  $404 \text{ ppm}$ ، سرب حداقل  $665 \text{ ppm}$ ، مس حداقل  $>5\%$ ، نقره حداقل  $5/3 \text{ ppm}$  و مولیبدن حداقل  $10.7 \text{ ppm}$  نشان می‌دهد. مقدادر بی‌هنگاری وابسته به منطقه‌ی دگرسانی آرژیلیکی و رگه‌های سیلیسی مرکز تا جنوب گستره‌ی بررسی‌هاست. شواهد زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی حکایت از وجود یک کانی‌سازی و راگرما سولفید بالای وابسته به بخش‌های فوقانی یک سیستم مس پورفیری در منطقه دارد که می‌تواند برای پی‌جویی بیشتر مورد نظر قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه؛ دگرسانی آرژیلیکی؛ و راگرما سولفید بالا؛ بلوك لوت.

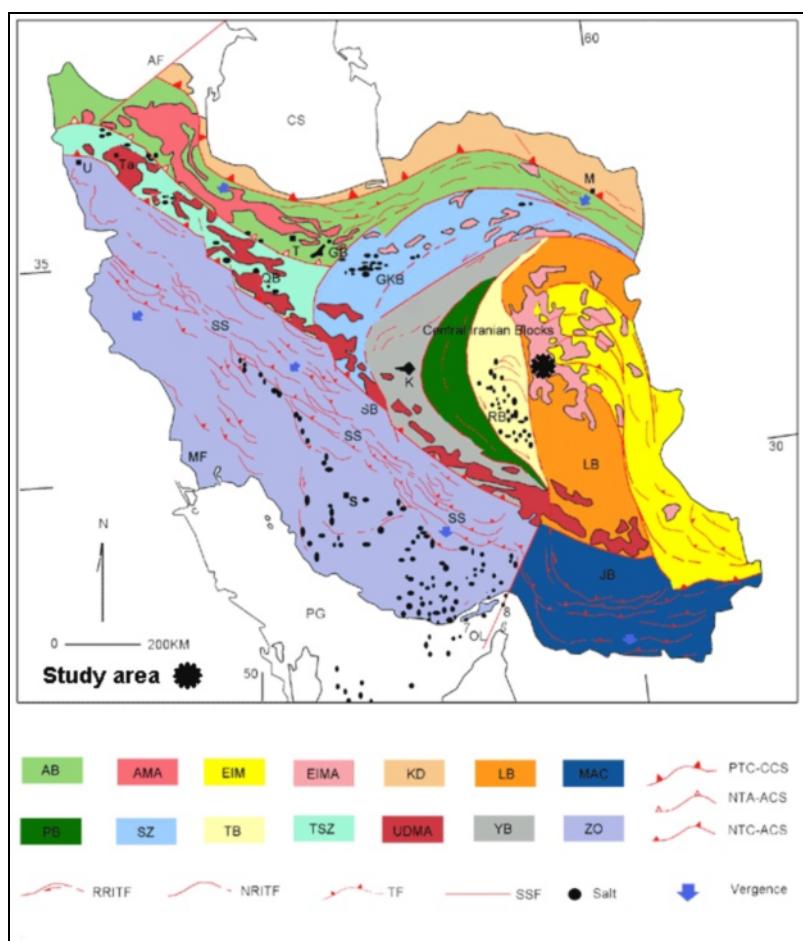
ایران مرکزی جدا می‌کند، وجود حجم بزرگ ماقماتیسم ترشیاری، بهویژه سنگ‌های آتش‌فشنایی است که با داشتن ضخامتی در حدود ۲۰۰۰ متر بیش از نیمی از بلوك لوت را می‌پوشاند. وجود فعالیت ماقمایی گسترده با ویژگی‌های ژئوشیمیابی متفاوت در نقاط مختلف، باعث شده است تا بلوك لوت پتانسیل بسیار مناسبی برای تشکیل انواع کانی‌سازی‌های فلزی و غیر فلزی داشته باشد [۴]. شواهدی از این کانی‌سازی در نقاط مختلف شرق ایران گزارش شده است. کانسوار مس-

### مقدمه

منطقه‌ی مورد بررسی در بخش جنوب شرقی نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ جنوب سه‌چنگی [۱] قرار دارد. از نظر تقسیمات کشوری این منطقه در استان خراسان جنوبی و در فاصله‌ی حدود ۱۸۰ کیلومتری جنوب غربی بیرجند قرار گرفته است. گستره‌ی مورد بررسی از نظر تقسیمات ساختاری در غرب بلوك لوت قرار گرفته است (شکل ۱) [۳،۲]. مهم‌ترین ویژگی لوت که آن را از دیگر بخش‌های خرد قاره‌ی

وابسته به توده‌های نفوذی احیایی [۱۴] از آن جمله‌اند. تنها پیشینه‌ی بررسی‌های منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلا- سرچاه، بررسی‌های زمین‌شناسی در قالب تهیه‌ی نقشه ۱:۱۰۰.۰۰۰ جنوب سه‌چنگی [۱] و بررسی‌های ژئوشیمی ابراهه‌ای در قالب گزارش پتانسیل‌یابی مواد معدنی در منطقه‌ی فردوس- خوسف سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور بوده که حاکی از بی‌هنگاری مس در تعدادی از نمونه‌های است [۱۵].

طلا- نقره سرشار از اسپکیولاریت قلعه زری [۵]، کانی‌سازی چند فلزی رودگز [۶]، کانسار و راگرما حوض رئیس [۷]، کانی‌سازی‌های مس- طلا- پورفیری در گستره‌ی ماهرا آباد [۸] و [۹]؛ و راگرما سولفیدی شدن و راگرمای بالا در گستره‌ی چاه شلغمی [۱۰]؛ چند فلزی سرب- روی، مس و آنتیموان نوع انتشاری، رگه‌چهای و رگه‌ای در گستره‌ی گله چاه- شوراب [۱۱]؛ مس- طلا- پورفیری و راگرمایی در گستره‌ی کوه شاه [۱۲]؛ چند فلزی و راگرما در گستره‌ی ماهور [۱۳]؛ طلا-



شکل ۱ موقعیت منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلا- سرچاه ([۲]، نقشه‌ی پایه از [۳])

AB: کمرنده‌ی البرز. AF: گسل ارس. AMA: مجموعه ماقمایی البرز. EIB: دریای خزر. EIMA: کمرنده‌ی شرق ایران. CS: حوضه‌ی جازموریان. K: کلوت. KD: کله داغ. LB: بلوک لوت. MAC: مشهد. M: مکران. MF: مشهد. MB: فورلند مزوپوتامیا. PBB: عدم چرخش وابسته به گسل انتقالی درون قاره‌ای. PRRITF: بلوک پشت بادام. OL: خط عمان. SS: منطقه‌ی سنتنچ- سیرجان. PG: حوضه فورلند خلیج فارس. PTC-CCS: زمین درز برخوردی قاره- قاره نئوتیس. RB: حوضه‌ی راور. SB: حوضه‌ی سیرجان. SZ: گسل راستا لغز. YB: بلوک یزد. TSZ: گسل تراست. TA: طبس. T: تهران. T: تبریز. QB: حوضه قم. NTA-ACS: زمین درز برخوردی اقیانوس- اقیانوس نئوتیس. NTC-ACS: زمین درز برخوردی قاره- اقیانوس نئوتیس. UDMA: مجموعه‌ی ماقمایی ارومیه- دختر. TF: ارومیه. TSZ: گسل تراست. TB: بلوک طبس. TA: طبس. ZO: کوهزایی زاگرس. S: شیراز. SS: منطقه‌ی سنتنچ- سیرجان.

- تهیهی نقشه‌های ژئوشیمی آبراههای و سنگی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در گسترهای به وسعت ۶۰ کیلومتر مربع

### زمین‌شناسی و سنگنگاری

بر اساس نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ جنوب سه چنگی [۱] سنگنگاری این منطقه عبارتند از مجموعه‌ای از هورنبلند آندزیت، پیروکسن آندزیت، لاتیت آندزیت، ماسه‌سنگ توفی و میکروکنگلومرای توفی. به‌منظور شناسایی دقیق‌تر و جدایش بیشتر واحدهای آذرین در گستره، مجموعاً بیش از ۱۰۰ نمونه سطحی با در نظر گرفتن تصاویر ماهواره‌ای پردازش شده و پارامترهای مختلفی از جمله تغییرات بافتی، درصد، نوع و اندازه‌ی فنوتکریست در صورت پورفیری بودن بافت، تغییرات دگرسانی برداشت شدند و نقشه‌ی زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد (شکل ۲). بر اساس بررسی‌های سنگنگاری، واحدهای سنگی منطقه شامل گدازه‌های باالتی و آندزیتی، توف بلورین و رسوب‌های کواترنری می‌شوند.

آندزیتی، توف بلورین و میکروکنگلومرای توفی با روند شمال‌غربی-جنوب شرقی در گستره گسترش دارد (شکل ۲). رنگ این واحد در صحراء مایل به سرخ بوده و به شدت ریزدانه‌اند به‌طوری که تشخیص کانی‌ها در آن امکان‌پذیر نیست.

واحد هورنبلند پیروکسن آندزیت تنها در بخش‌هایی از غرب و جنوب غربی گستره برسی‌های بروزد دارد (شکل ۲). بافت این سنگ پورفیری (فنوتکریست‌های هورنبلند ۵-۳٪ و اوژیت ۱۰-۵٪) با زمینه‌ای از کانی‌های پلازیوکلاز (ریز بلور) است. فنوتکریست‌های آمفیبیول در مقاطع نازک این واحد سنگی آثار سوختگی از خود نشان می‌دهند (شکل ۳ الف) [۱۷]. این حالت نوعی واکنش اکسایشی است که به عدم تعادل این کانی در محیط‌های آب دار و دمای بالا بستگی دارد و به این حالت اصطلاحاً سوختگی آمفیبیول می‌گویند [۱۸]. بر اساس آزمایش‌های انجام شده، مagma آندزیتی حاوی هورنبلند، حداقل ۳٪ آب دارد ( $P_{H_2O}=2kb$ ) و در عمق حداقل ۸ کیلومتری سنگ‌های پوسته‌ای تشکیل شده است [۱۹].

بیوتیت آندزیت‌ها در شمال غربی گستره به‌وسیله دایک‌های دیابازی مورد نفوذ قرار گرفته (شکل ۲). بافت غالب این سنگ پورفیری و تدریجی (Seriate) (فنوتکریست ۱۵-۱۰٪) در زمینه‌ی ریز دانه تا درشت بلور است (پلازیوکلاز ۱۰-۷٪). فلدسپات قلیایی ۵-۳٪ و بیوتیت ۵٪. تفاوت سنگنگاری این

منطقه‌ی سرچاه بر اساس نتایج ژئوشیمی آبراههای [۱۵] کانی‌سازی مالاکیت در مشاهدات صحرایی اولیه، آثار سرباره در شمال شرق گستره که شاهدی بر معدن‌کاری قدیمی است، و نهایتاً قرارگیری واحدهای سنگی این گستره در بازه تعیین سن اوسن که مهم‌ترین پنجره‌ی زمانی کانی‌سازی در شرق ایران و گستره‌ی استان خراسان جنوبی است [۱۶]، پتانسیل کانی‌سازی عنصر مس را داشته و پژوهش پیش رو در این بخش از شرق ایران با هدف شناسایی و معرفی نقاط امید بخش از این جهت صورت گرفته است.

### روش بررسی

در راستای هدف‌های یاد شده، مراحل بررسی‌های زیر به ترتیب صورت پذیرفت:

- پردازش داده‌های ماهواره‌ی لنdest با شماره گذر ۱۵۹، ردیف ۳۸، اخذ شده در ۱۹۸۷/۰۹/۲۲ و پردازش داده‌های سنجنده استر با ۱۴ نوار برای آشکارسازی کانی‌های دگرسان در منطقه بهروش‌های نسبت‌های نواری، ترکیب نواری، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی استاندارد و انتخابی و در پایان نقشه‌برداری زاویه‌ی بینایی با استفاده از بسته نرم افزاری ENVI 4.8
- برداشت، تهیه و بررسی ۸۰ مقطع نازک برای بررسی‌های سنگنگاری و دگرسانی
- برداشت، آماده‌سازی و بررسی نمونه‌های منطقه‌ی دگرسان آرزیلیکی به روش XRD در آزمایشگاه شرکت کانسaran بینالود تهران
- تهیهی نقشه زمین‌شناسی و دگرسانی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در گسترهای به وسعت ۶۰ کیلومتر مربع در برگه‌ی جنوب سه چنگی
- برداشت ۱۴ نمونه آبراههای با در نظر گرفتن اطلاعات زمین‌شناسی، دگرسانی (پردازش ماهواره‌ای)، کانی‌سازی، تنوع و گستردگی آبراهه‌ها در تصاویر ماهواره‌ای
- برداشت ۱۹ نمونه خرده‌سنگی طی پیمایش‌های صحرایی با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و دگرسانی، ژئوشیمی آبراهه‌ای
- آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیابی برای عنصر طلا به روش Fire assay و عناصر پایه به روش ICP-OES در آزمایشگاه شرکت زرآما

گلومروپورفیری (درشت بلورهای پلازیوکلاز نسل اول ۱۰-۷٪) در زمینه تراکیتی (ریزبلورهای پلازیوکلاز نسل دوم) است (شکل ۳ ث).

در جنوب گستره، واحد بازالتی به صورت محلی در واحدی توفی رخنمون دارد. بافت این سنگ‌ها در بررسی‌های میکروسکوپی، پورفیری است (درشت بلورهای اوژیت ۱۵-۱۰٪ درصد در زمینه میان دانه از بلورهای پلازیوکلاز). تفاوت سنگ‌نگاری بیشتر این واحد با الیوین بازالت‌های شمال غرب، عدم حضور الیوین است.

الیوین بازالت‌ها در شمال غربی گستره گسترش دارند. بلندترین ارتفاعات منطقه، به همین واحد سنگی وابسته است (شکل ۲). بافت این سنگ‌ها، پورفیری است (درشت بلورهای الیوین ۵-۷٪ و اوژیت ۲۰-۱۵٪) در زمینه میان دانه از بلورهای پلازیوکلاز). وجود حاشیه واکنشی در بلورهای پیروکسن می‌تواند ناشی از تغییر در ترکیب شیمیایی کانی، در شرایط اختلاط ماقمایی باشد (شکل ۳ ج). از واحد آتشفسانی یاد شده، دایک‌هایی به واحدهای سنگی اطراف، نفوذ کرده‌اند. کانی-شناسی این دایک‌ها دقیقاً مشابه توده‌ی اصلی الیوین بازالت بوده با این تفاوت که از منظر بافتی پلازیوکلازهای زمینه رشد کرده و بزرگتر شده‌اند. سن واحدهای بازالتی بر اساس روابط سن نسبی در صحراء نقشه ۱:۱۰۰.۰۰۰ جنوب سه چنگی هولومن تعیین می‌شود.

واحد با واحد بیوتیت هیالوآندرزیت، عدم وجود زمینه‌ای کاملاً شیشه‌ای در مقاطع نازک سنگ است (شکل ۳ ب).

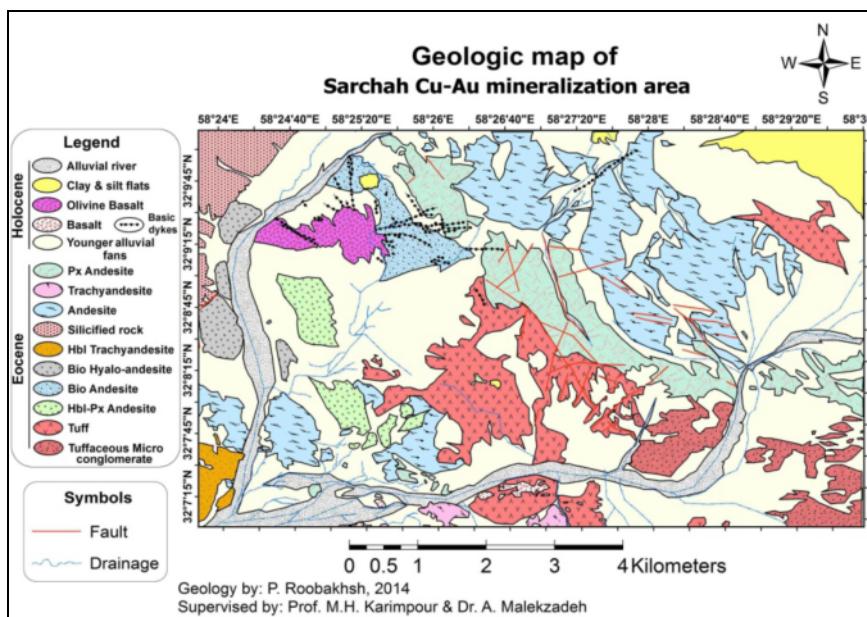
واحد بیوتیت هیالوآندرزیت به شدت تحت تاثیر دگرسانی آرژیلیکی قرار گرفته و بیشتر در بخش‌های غربی گستره قابل رویت است (شکل ۲). بافت این سنگ پورفیری، گلومروپورفیری (درشت بلورهای پلازیوکلاز ۳۰-۲۵٪)، فلدسپات قلیایی ۵-۳٪ و بیوتیت ۳-۵٪ در زمینه هیالوکریستالین و اینترسرتال است (شکل ۳ پ).

توده کوچکی از هورنبلند تراکی آندزیت در جنوب غربی گستره قرار گرفته است (شکل ۲). بافت سنگ تراکیتی (هورنبلند ۳-۵٪) در زمینه پلازیوکلازهای ریز بلوری است.

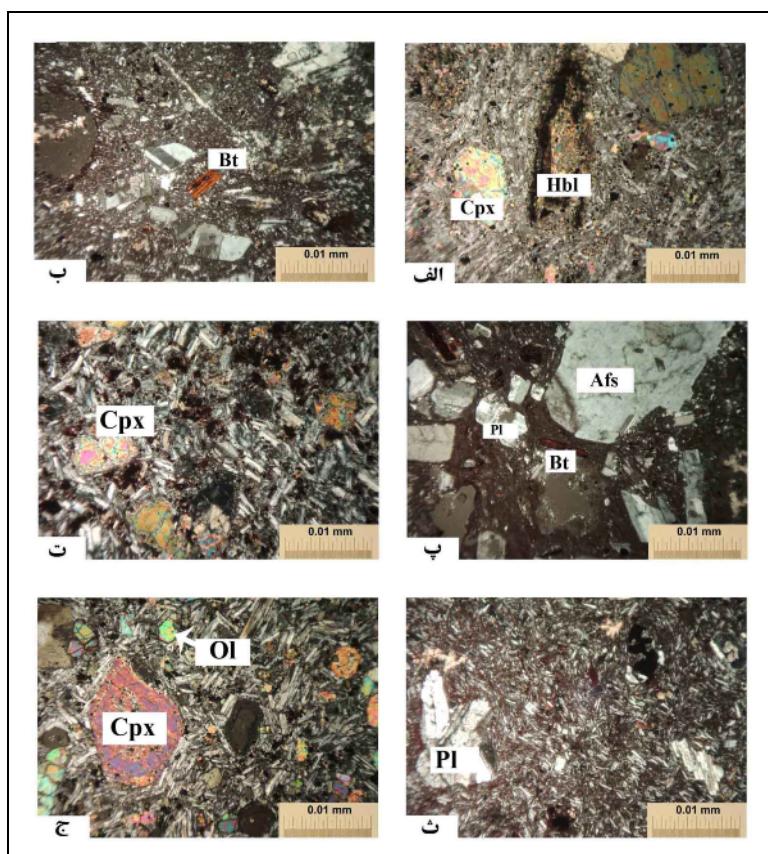
تراکی آندزیت‌ها در جنوب گستره قابل مشاهده‌اند (شکل ۲). بافت سنگ تراکیتی (فاقد فنوکریست) مشتمل بر پلازیوکلازهایی ریز بلور زمینه است. حفره‌های موجود در این سنگ‌ها با کرینات‌های تاخیری پر شده‌اند.

پیروکسن آندزیت‌ها نیز با روند شمال غربی-جنوب شرقی در قسمت‌های مرکزی گستره رخنمون دارند (شکل ۲). ارتباط این واحد با واحد توفی به صورت گسلی است. بافت غالب این واحد در مقاطع میکروسکوپی پورفیری (پلازیوکلاز ۴۰-۳۵٪) اوژیت ۱۵-۱۰٪ و کانی فلزی ۱۰-۷٪ در زمینه‌ای ریز بلور و گاهی میان دانه‌ای است (شکل ۳ ت).

واحد آندزیتی بیشتر در شمال شرقی گستره گسترش دارد (شکل ۲). بافت این سنگ‌ها در مقاطع میکروسکوپی پورفیری و



شکل ۲ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه.



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی از مقاطع نازک (XPL) (الف) هورنبلند پیروکسن آندزیت. (ب) بیوتیت آندزیت. (پ) پیروکسن آندزیت. (ث) آندزیت. (ج) الیوین بازالت. (Cpx: کلینوپیروکسن، Pl: پلاژیوکلаз، Afs: فلدسپات قلیابی، Bt: بیوتیت، Ol: الیوین، Hbl: هورنبلند) [۱۷].

کانی‌های کاٹولینیت، ژاروسیت، آلونیت، مسکوویت، کلریت، اپیدوت، کوارتز، هماتیت و گوتیت مربوط به مجموعه‌ی طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) به عنوان داده مرجع استفاده شد. بر این اساس کانی آلونیت به صورت گسترده از شرق تا غرب گستره و کانی‌های ژاروسیت، سریسیت، اپیدوت و کاٹولینیت بیشتر در ناحیه‌ی جنوب غربی نمایان شدند (شکل ۶).

#### بررسی صحرایی منطقه‌های دگرسان

بر اساس بررسی‌های صحرایی و کانی‌شناسی، نقشه‌ی دگرسانی منطقه‌ی کانی‌سازی مس-طلای سرچاه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد (شکل ۷). لازم به یادآوری است که هیچ گونه کانی-سازی سولفیدی در منطقه مشاهده نشد و تنها کانی‌سازی موجود مربوط به رگه‌ی سیلیسی-مالاکیتی با روند شمال-شرقی-جنوب غربی واقع در شمال غربی گستره مورد بررسی بوده است.

#### کانی‌شناسی زون‌های دگرسانی دورستنجی

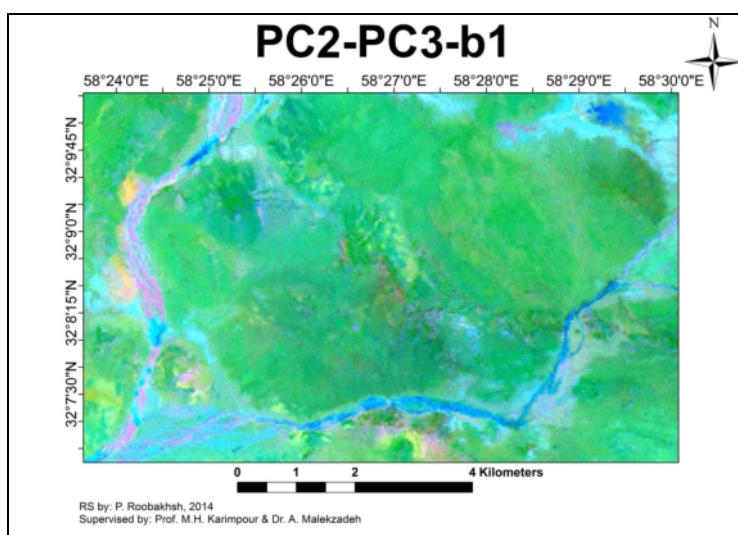
برای مشاهده‌ی بهتر زون‌های دگرسانی از تجربیات و روش‌های به کار گرفته شده توسط [۲۳-۲۰] استفاده شد.

#### سنجدندهی لنdest

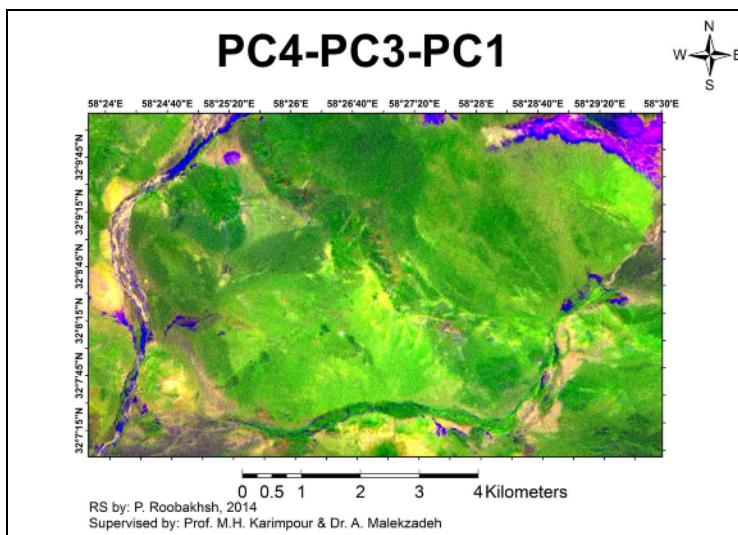
نخست با استفاده از ترکیب رنگی (b1)، G(PC3)، R(PC2) و B [۲۴] حاصل از مولفه‌های اصلی استاندارد نوارهای (۷، ۵، ۴، ۲، ۳)، نواحی دگرسان به رنگ‌های زرد و صورتی ظاهرند (شکل ۴).

#### سنجدندهی استر

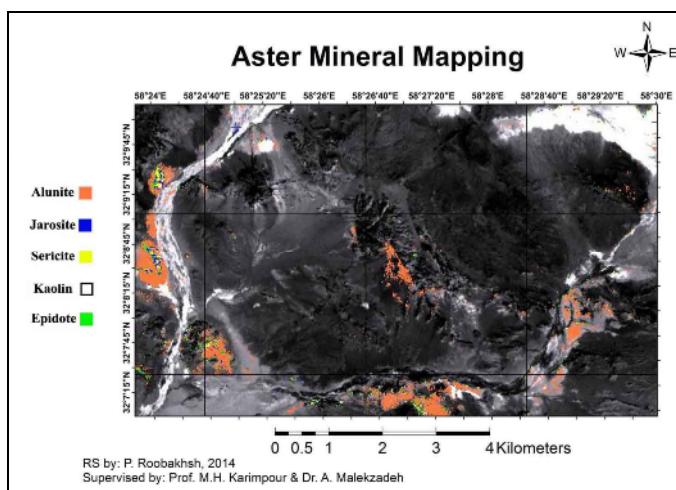
با استفاده از داده‌های رقومی سنجدندهی استر به کمک ترکیب رنگی جدید از مولفه‌های اصلی انتخابی نوارهای (۹، ۷، ۴، ۳، ۲، ۱)، نواحی دگرسان به رنگ زرد نخودی و سنگ‌های میزبان آتشفسانی به رنگ سبز به خوبی نمایان شدند (شکل ۵). در پردازش به روش SAM، از نمودارهای طیفی



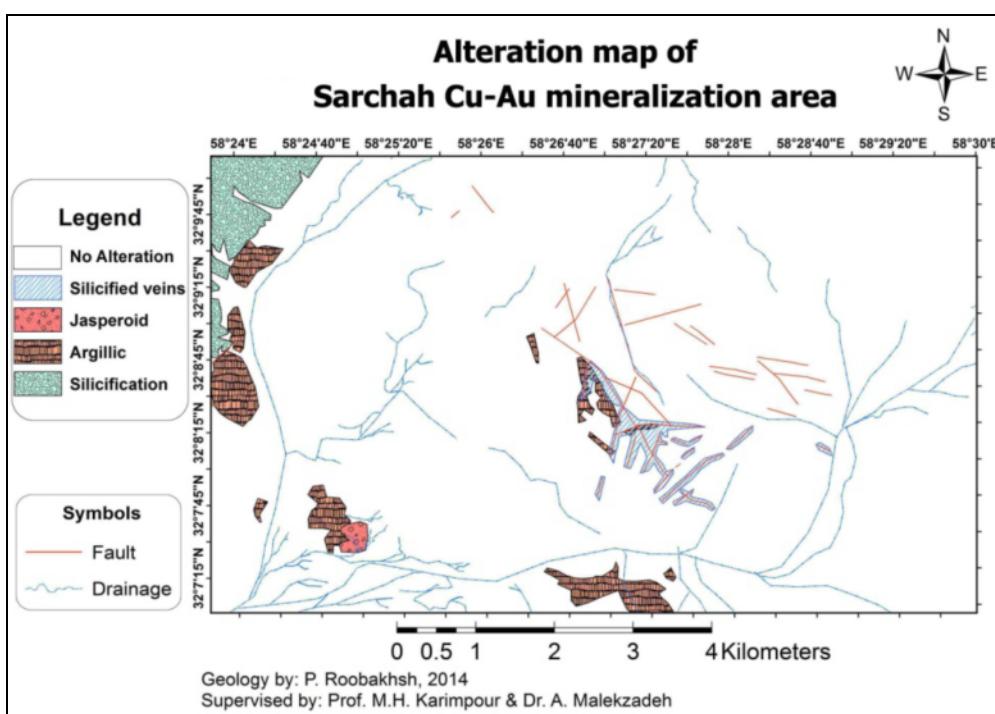
شکل ۴ ترکیب رنگی (B(b1),G(PCA3),R(PCA2) برای نمایش منطقه‌های دگرسانی به رنگ‌های زرد و صورتی.



شکل ۵ ترکیب رنگی جدید (B(PC1),G(PCA3),R(PCA4) برای نمایش منطقه‌های دگرسانی به رنگ زرد خودی.



شکل ۶ نقشه‌برداری زاویه‌ی طیفی منطقه‌های دگرسانی کانی‌سازی مس- طلای سرجاه بر روی تصویر استر.



شکل ۷ نقشه‌ی دگرسانی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه.

### دگرسانی سیلیسی

دگرسانی سیلیسی شدید در شمال غربی گستره منجر به عدم شناسایی سنگ میزبان شده است (شکل ۷). همچنین این دگرسانی در بخش‌های مرکزی گستره به صورت رگه‌های سیلیسی با دو روند اصلی شمال شرقی- جنوب غربی و شمال غربی- جنوب شرقی و ضخامت بین ۲۰ سانتی متر و گاهی تا حدود ۲۰۰ متر مشاهده می‌شوند که به علت خردشده‌گی زیاد شیب آن‌ها غیر قابل اندازه‌گیری است. در جنوب غربی گستره نیز دگرسانی سیلیسی به صورت گستره‌ای از قطعات ژاسپروئید و گاهی عقیق به وسعت ۱۱,۵ هکتار نمایان می‌گردد.

### ژئوشیمی

#### ژئوشیمی آبراهه‌ای

بر اساس نتایج بررسی نمونه‌ها در آزمایشگاه، نقشه‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای عناصر طلا، مس ترسیم شدند تا از نقاط بی‌هنگاری بالادست نمونه‌برداری خردمنگی صورت پذیرد (جدول ۱).

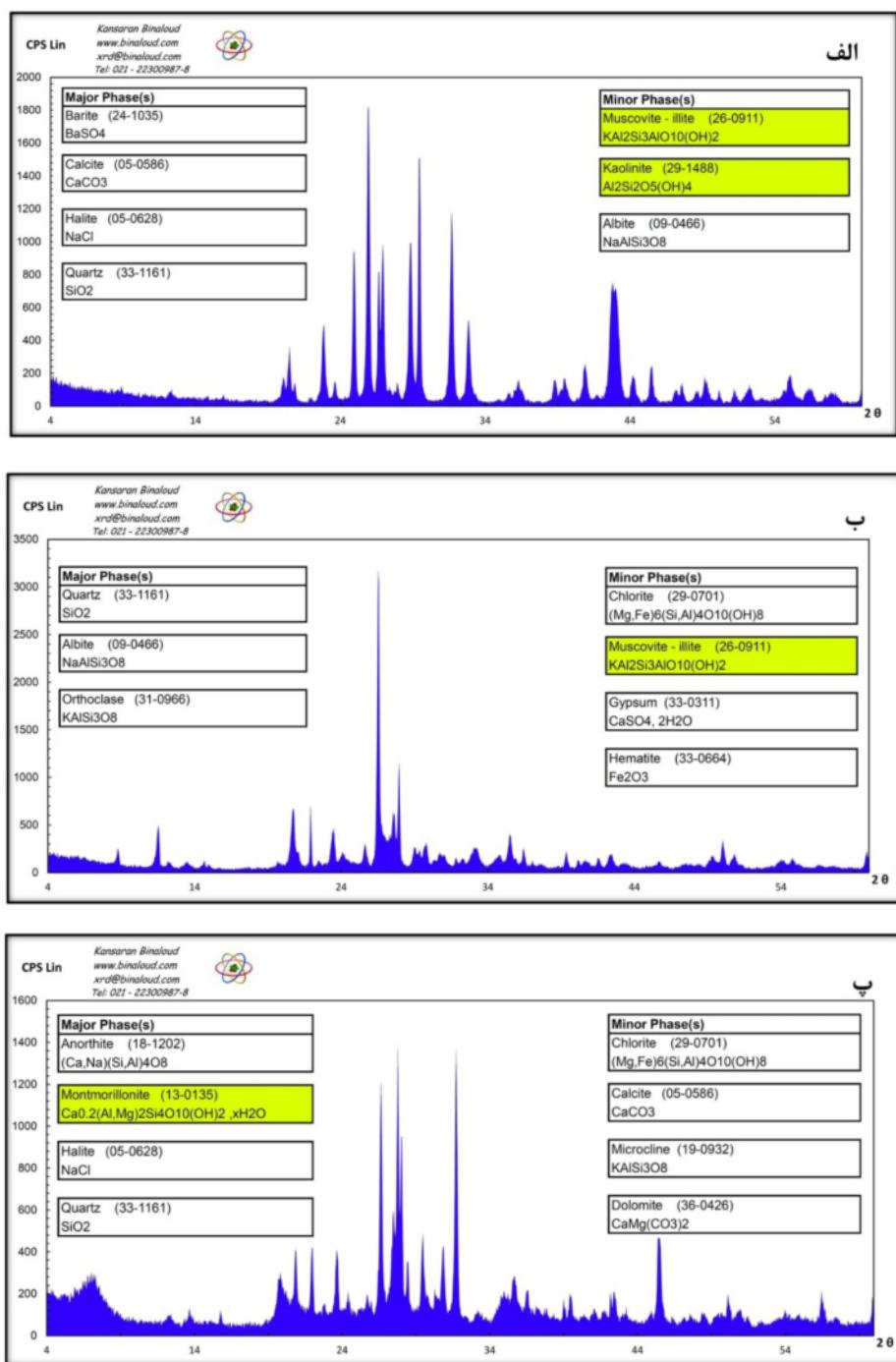
**۱-۱-۵ طلا(Au):** میزان طلا بین  $5 \text{ ppb}$  تا  $138 \text{ ppb}$  در تن متغیر است. بیشترین میزان طلا ( $138 \text{ ppb}$ ) مربوط به آبراهه‌ای واقع در غرب گستره بوده (S14) که با توجه به شیب

### دگرسانی آرژیلیکی

واحد توفی در بخش‌هایی از مرکز و جنوب گستره به شدت تحت تاثیر دگرسانی آرژیلیکی قرار گرفته است (شکل ۷). از طرفی در بخش‌های غربی منطقه نیز رخمنونهای نسبتاً وسیعی از این دگرسانی مشاهده می‌شوند به طوری که بر اثر شدت دگرسانی، سنگ میزبان بیوتیت هیالوآندریت به سختی قابل تشخیص است. همچنین وجود اکسیدهای آهن ثانوی منجر به سرخ رنگ شدن این ناحیه شده است. بر اساس نمودارهای پراش پرتو ایکس، کانی‌های اصلی دگرسان عبارتند از مسکویت (ایلیت)، کائولینیت و مونت موریلوبنیت (شکل ۸-پ). وجود کانی‌های تبخیری همچون کلسیت، هالیت، ژیپس و دولومیت در فازهای اصلی و فرعی نتایج حاصل از پراش پرتو ایکس نیز، نمایانگر شرایط آب و هوای کویری منطقه است. از آنجا که بیشترین بازتاب و بیشترین جذب کانی‌های کائولینیت، مونت موریلوبنیت و ایلیت در گستره طیفی  $0.5$  تا  $2.5$  میکرون، مشابه و بسیار نزدیک با کانی-آلونیت است [۲۵]، بنابراین دگرسانی دگرسانی آلونیتی در نتایج نقشه-برداری زاویه‌ی طیفی تصویر استر گستره مطالعاتی با کانی‌های دگرسان آرژیلیکی حاصل از بررسی XRD، همپوشانی و همخوانی دارد (شکل ۶).

این آبراهه، واحد توف قرار گرفته است. لازم به ذکر است در خارج از گستره و در فاصله ۹۰۰ متری شمال شرق این نمونه، آثار سرباره نیز بوفور مشاهده می‌شود. بی‌هنجری‌های دیگر مربوط به نمونه‌های S8 و S7 بوده است که به ترتیب از نواحی آرژیلیکی و ژاسپروئیدی دگرسان ریشه می‌گیرند (شکل ۱).

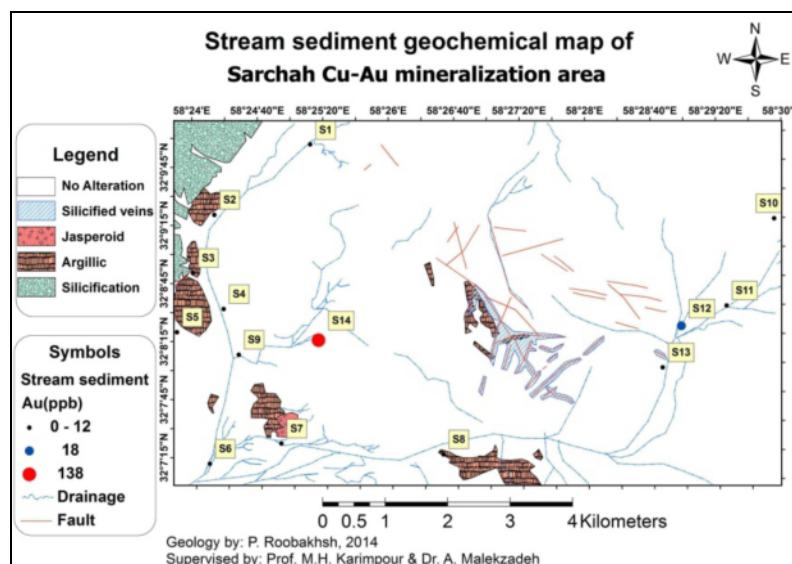
عمومی منطقه رسوب‌های آن از نواحی دگرسانی آرژیلیکی و رگه‌های سیلیسی مرکز گستره ریشه گرفته است (شکل ۹).  
**۵-۱-۲-مس(Cu):** میزان مس بین ۲۰ تا ۵۱ گرم در تن متغیر است. توزیع ژئوشیمیایی عنصر مس، نشان دهنده‌ی بی‌هنجری مس در تعدادی از نمونه‌های برداشت شده بود به طوری که بیشترین میزان مس (۵۱ ppm) مربوط به نمونه S10 است که در بالادست



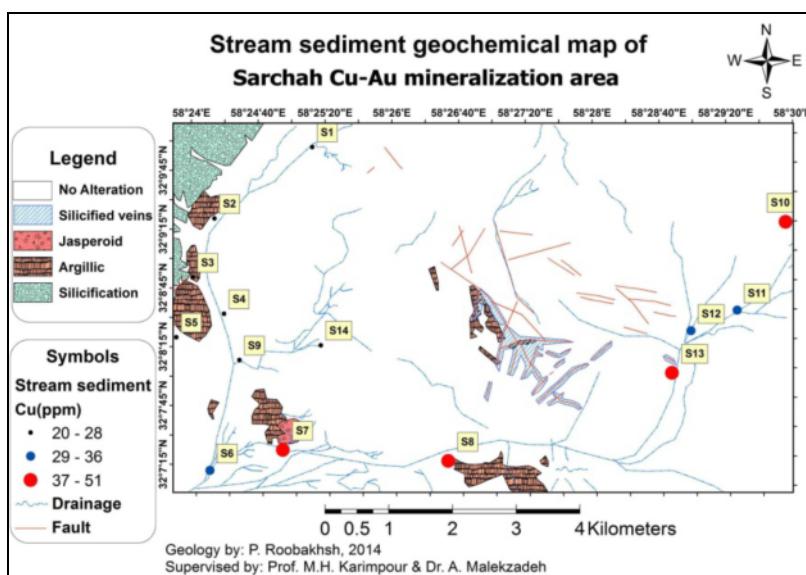
شکل ۸ نمودار پراش پرتو ایکس تعدادی از نمونه‌های نماینده منطقه‌ی دگرسانی آرژیلیکی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه.

جدول ۱ نتایج تجزیه‌ی ژئوشیمیابی نمونه‌های آبراهه‌ای منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه بر حسب ppm

Sample No.	X	Y	Au(ppb)	Ag	Cu	Pb	Zn
S1	۶۳۳۸۹۲	۳۵۵۹۶۷۲	۱۲	۰,۲	۲۰	۷	۴۸
S2	۶۳۲۲۵۸	۳۵۵۸۵۴۸	۵>	۰,۱۸	۲۲	۸	۶۰
S3	۶۳۲۰۱۵	۳۵۵۷۶۲۴	۵>	۰,۲۲	۲۵	۲۲	۷۹
S4	۶۳۲۵۰۸	۳۵۵۷۰۴۹	۵>	۰,۲	۲۲	۲۰	۵۵
S5	۶۳۱۷۵۹	۳۵۵۶۶۸۲	۵>	۰,۲۲	۲۷	۲۶	۸۶
S6	۶۳۲۲۸۷	۳۵۵۴۵۸۸	۹	۰,۲۳	۳۱	۲۴	۹۱
S7	۶۳۳۴۳۲	۳۵۵۴۹۰۹	۵>	۰,۲۲	۴۱	۲۳	۱۰۵
S8	۶۳۶۰۲۶	۳۵۵۴۷۳۷	۵>	۰,۲۳	۳۹	۱۷	۷۴



شکل ۹ نقشه‌ی ژئوشیمی آبراهه‌ای عنصر طلا.



شکل ۱۰ نقشه‌ی ژئوشیمی آبراهه‌ای عنصر مس.

ژئوشیمی سنگی طلا و مس در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای شناسایی هدفهای بعدی پی‌جوبی ترسیم شد (جدول ۲).

**۱-۲-۵- طلا(Au):** میزان طلا از  $5 < 75$  میلی گرم در تن متغیر است. بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌ی برداشت شده از محل دگرسانی آرژیلیکی مرکز گستره‌ی مورد بررسی است (شکل ۱۱).

**۵-۲-۵- مس(Cu):** میزان مس بین ۱ گرم در تن تا بیش از ۵ درصد متغیر است. بیشترین میزان مس به رگه‌ی سیلیسی با کانی‌سازی مالاکیت در شمال غرب گستره مربوط است. سایر بی‌亨جاری‌ها مربوط به رگه‌های سیلیسی و نواحی دگرسانی آرژیلیکی جنوب و مرکز گستره مورد بررسی مربوط می‌شود (شکل ۱۲).

**۳-۱-۵- سرب(Pb):** میزان سرب بین ۷ تا ۴۰ گرم در تن متغیر است. توزیع ژئوشیمیابی عنصر سرب، نشان دهنده‌ی بی‌هنجاری در نمونه‌هایی است که به‌طور کلی از نواحی دگرسانی آرژیلیکی مرکز و جنوب غرب و رگه‌های سیلیسی نواحی مرکزی گستره ریشه گرفته‌اند.

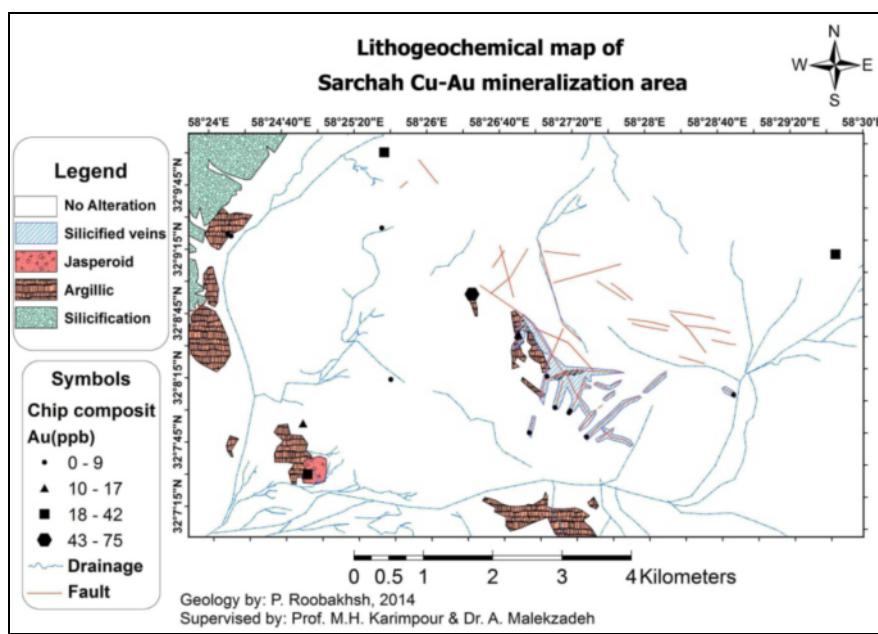
**۴-۱-۵- روی(Zn):** میزان روی بین ۴۸ تا ۱۴۴ گرم در تن متغیر است. بی‌هنجاری ژئوشیمیابی عنصر روی در نمونه‌ها مشابه عنصر سرب از نواحی دگرسانی آرژیلیکی مرکز و جنوب غرب و رگه‌های سیلیسی نواحی مرکزی گستره ریشه گرفته است و بیشترین میزان آن ۱۴۴ ppm و ۱۳۰ ppm است.

### ژئوشیمی سنگی

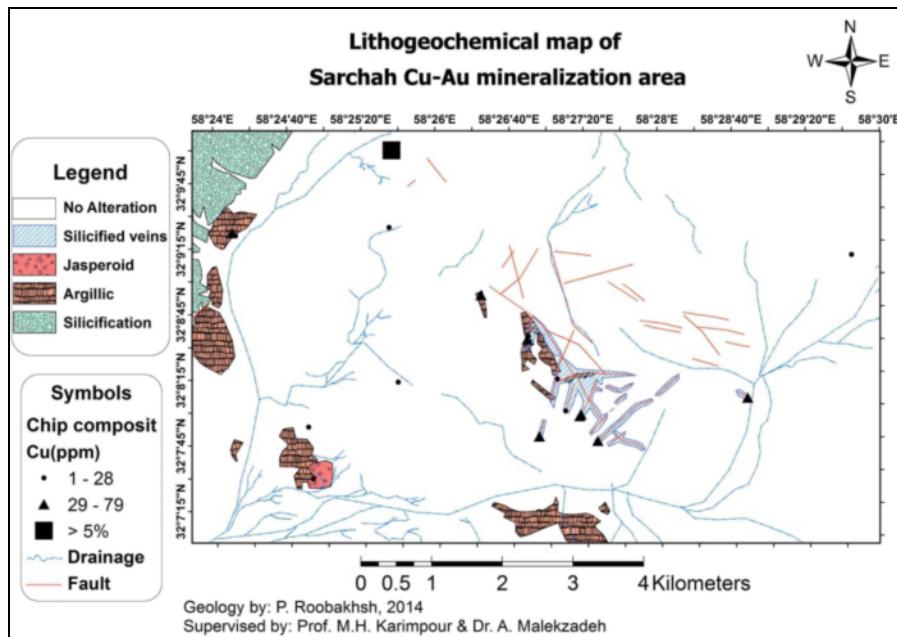
براساس نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی، نقشه‌ی

جدول ۲ نتایج تجزیه ژئوشیمیابی نمونه‌های سنگی برداشت شده از سطح در منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه بر حسب ppm

Sample No.	X	Y	Au(ppb)	Ag	Cu	Pb	Zn
C1	۶۳۴۵۵۰	۳۵۵۹۷۳۹	۹	۰,۱۸	۲۸	۴	۱۸
C2	۶۳۴۵۲۹	۳۵۵۹۷۷۳	۳۰	۵,۳	<۰,۵	۳	۱۷۳
C3	۶۳۲۲۲۲۳	۳۵۵۸۵۶۹	۵>	۰,۲۵	۵	۱۳۸	۱۱
C4	۶۳۲۲۷۷۲	۳۵۵۸۶۰۴	۵>	۰,۲۵	۳۵	۳۲	۴۴
C5	۶۳۳۴۲۲۳	۳۵۵۵۱۴۵	۲۸	۰,۱۷	۱۹	۵	۱۲
C6	۶۴۱۰۳۶	۳۵۵۸۳۰۶	۴۲	۰,۱۹	۱۷	۵	۵۹
C7	۶۳۹۵۷۰	۳۵۵۶۲۹۰	۵>	۰,۲	۷۹	۱۷	۲۱
C8	۶۳۴۴۹۵	۳۵۵۸۶۸۶	۵>	۰,۱۵	۷	۵	۲۲
C9	۶۳۵۷۹۶	۳۵۵۷۷۲۲	۷۵	۰,۱۷	۳۴	۶	۵۲
C10	۶۳۶۴۴۸	۳۵۵۷۱۰۷	۵>	۰,۲۴	۷۸	۲۳	۷۴
C11	۶۳۶۴۶۲	۳۵۵۷۱۶۰	۱۶	۰,۱۹	۹	۵	۳۵
C12	۶۳۶۸۷۸	۳۵۵۶۵۵۳	۵>	۰,۲۷	۲۷	۳۶	۲۷۰
C13	۶۳۶۹۹۵	۳۵۵۶۱۰۳	۵>	۰,۲۲	۱۸	۱۷	۱۴۴
C14	۶۳۷۱۹۶	۳۵۵۶۰۲۹	۵>	۰,۲۱	۴۴	۸	۱۴۳
C15	۶۳۷۲۱۱	۳۵۵۶۰۵۶	۵>	۰,۲۳	۶۳	۴۰۴	۲۷۳
C16	۶۳۷۴۵۰	۳۵۵۵۶۸۰	۹	۰,۲۷	۳۵	۲۹	۱۷۷
C17	۶۳۳۳۵۷	۳۵۵۵۸۷۵	۱۷	۰,۱۸	۷	۷	۱۷
C18	۶۳۶۶۲۳	۳۵۵۵۷۴۳	۵>	۰,۲۵	۴۳	۶	۵۹
C19	۶۳۴۶۲۵	۳۵۵۶۵۰۹	۵>	۰,۳۹	۱	۹۹	۶۶۵



شکل ۱۱ نقشه‌ی ژئوشیمی سنگی عنصر طلا.



شکل ۱۲ نقشه‌ی ژئوشیمی سنگی عنصر مس

بحث و برداشت منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه در مجموعه‌ی ماگماتیسم ترشیاری بلوک لوت واقع شده است. تصویر استر گستره مورد بررسی با استفاده از ترکیب رنگی جدید  $R(PC4)$ ,  $B(PC1)$ ,  $G(PC3)$  و  $(PC7)$  پردازش شد. براین اساس سنگ‌های میزان

۳-۲-۵- سرب(Pb): میزان سرب از ۳ تا ۴۰۴ گرم در تن متغیر بوده و بیشترین مقدار این عنصر به رگه‌ی سیلیسی جنوب گستره مربوط است.

۴-۲-۵- روی(Zn): میزان روی از ۱۱ تا ۶۶۵ گرم در تن متغیر بوده که بیشترین مقدار این عنصر به یک رگه ژاسپروئیدی واقع در نیمه غربی گستره مطالعاتی وابسته است.

فردوس- خوفس [۱۵] به آن اشاره شد. وجود دگرسانی‌های آرژیلیکی، سیلیسی و ژاسپروئید به همراه بی‌هنجری عناصر طلا، نقره، مس، سرب و روی در منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه نیز می‌تواند به خاطر سطح فرسایشی، نمایانگر بخش‌های فوقانی یک سیستم پورفیری و کانی‌سازی و راگرمایی سولفید بالای وابسته به آن باشد.

#### مراجع

- [1] Bolourian Gh., Vahedi A., "Jonub-e-Sechangi 1:100000 map", sheet 7654. Geological Survey of Iran. (2004)
- [2] فرهادی ر، اکتشاف پتاس سنگی در گنبد نمکی پل، کمریند زارگرس، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، (۱۳۸۵).
- [3] Alavi M., "Tectonic map of the Middle East", Geological Survey of Iran, Tehran, (1991).
- [۴] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م. ح، مظاہری س. ا، "زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی گستره MA-II منطقه پی‌جوبی مس- طلای پورفیری ماهر آباد، استان خراسان جنوبی"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال هفدهم، شماره ۴، (۱۳۸۸) ص ۶۳۹-۶۵۴.
- [۵] کریم پور م. ح، "مقایسه کانسار Cu-Ag Au قلعه زری با دیگر کانسارهای نوع (IOCG) Iron Oxides Cu-Au و ارائه رده بندی جدید"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال سیزدهم، شماره ۱، (۱۳۸۴) ص ۱۶۷-۱۸۴.
- [۶] حاجی میرزا جان ح، کریم پور م. ح، ملک زاده شفارودی آ، حیدریان شهری م. ر، هامونی س. ج، "تلقیق داده‌های زمین- شناسی، کانی‌سازی، ژئوشیمی و مطالعات ژئوفیزیکی IP/RS و مغناطیس‌سنگی زمینی منطقه رودگر، جنوب شرق گناباد، استان خراسان رضوی"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره ۱ (جلد ۵)، (۱۳۹۲) ص ۱۱۷-۱۳۶.

آتشفسانی با ترکیب بازالت (الیوین بازالت و بازالت)، آندزیتی (پیروکسن آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت، هورنبلند تراکی آندزیت، بیوتیت هیالوآندزیت، بیوتیت آندزیت و هورنبلند پیروکسن آندزیت) و توفهای بلورین، همه آن‌ها به رنگ سبز از نواحی دگرسانی به رنگ زرد نخودی تفکیک شدند. سپس با روش نقشه‌برداری، زاویه‌ی طیفی این نواحی دگرسان به عنوان منطقه‌ی دگرسان آلونیتی معرفی شدند. پردازش انجام شده با توجه به بررسی‌های XRD و نزدیکی طیف جذبی کانی‌های کائولینیت، مونت موریلونیت و ایلیت با کانی آلونیت، همخوانی بسیار خوبی با شواهد صحرایی نشان داد. نمونه‌برداری آبراهه‌ای از پایین دست این زون‌های دگرسان نشان دهنده‌ی این است که بیشترین میزان طلا ۱۳۸ ppm، روی ۱۴۴ ppm، سرب ۴۰ ppm، مس ۵۱ ppm، نقره ۳۱۰ ppm بوده‌اند. نمونه‌برداری خرده‌سنگی نیز بیشترین میزان طلا (۷۵ ppm)، روی (۶۶۵ ppm)، سرب (۴۰۴ ppm)، مس (٪ >۵) و نقره (۴۰۴ ppm) را وابسته به واحدهای سنگی با دگرسانی آرژیلیکی و رگه‌های سیلیسی مرکز تا جنوب گستره‌ی مورد بررسی نشان می‌دهد که این نواحی نیاز به بررسی‌های بیشتر بی‌جوبی است. حضور کانسار مس- طلا- نقره غنی از اسپکتیولاریت قلعه زری [۵] و نیز کانسارهای و راگرمایی در گستره‌ی رودگر [۶]، حوض رئیس [۷]، چاه شلجمی [۱۰]، گله چاه- شوراب [۱۱]، کوه شاه [۱۲]، ماهور [۱۳] در مجموعه‌ی ماقماتیسم ترشیاری بلوك لوت می‌تواند مovid پتانسیل بالای شرق ایران در تشکیل کانسارهای و راگرمایی و ذخایر پورفیری وابسته به آن باشد. وجود منطقه‌های دگرسانی آرژیلیک و پروپیلیتیک، حضور اکسیدهای آهن و ملاکیت، بی‌هنجری طلا، نقره، مولیبدن و میزان بالای مس در جنوب غربی سرخ کوه (در حدود ۱۰ کیلومتری از گستره مطالعاتی) و بی‌هنجری طلا، مولیبدن و نقره در ناحیه‌ی قلعه زرگر (در حدود ۴۵ کیلومتری از گستره مطالعاتی) گزارش شده توسط [۱]، همگی نوید بخش حضور سیستم‌های پورفیری در برگه‌ی جنوب سه‌چنگی است که پیشتر نیز در گزارش پتانسیل‌بایی مواد معدنی در منطقه‌ی

- [۷] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م.ح، "زمین‌شناسی، کانی-سازی و مطالعات سیالات درگیر کانسار سرب- روی- مس حوض رئیس، شرق ایران"، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفت، شماره ۶، (۱۳۹۱) ص ۶۳-۷۳
- [۸] ملک زاده شفارودی آ، "زمین‌شناسی، کانی‌سازی، آلتراسیون، ژئوشیمی، تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی، میکروترموتری، مطالعات ایزوتوبی و تعیین منشاء کانی‌سازی مناطق اکتشافی ماهراه‌آباد و خوپیک، استان خراسان جنوبی"، رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۸) ص ۶۰۰
- [۹] کریم پور م.ح، ملک زاده آ، "بررسی تغییرات عنصر اصلی، جزئی و خاکی کمیاب در زون‌های دگرسانی در کانی‌سازی مس پورفیری منطقه همند(خراسان جنوبی، ایران)"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال نوزدهم، شماره ۹۰، (۱۳۹۰) ص ۶۲۷-۶۴۸
- [۱۰] ارجمند زاده ر، "مطالعات کانی‌سازی، ژئوشیمی، سن-سنجدی و تعیین جایگاه تکتونوماگمایی توده‌های نفوذی در انديس معدنی دهسلم و چاه شلجمی، بلوک لوت، شرق ایران"، رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۹۰) ص ۳۶۹
- [۱۱] مهرابی ب، طالع فاضل الف، نخبه الفقهای ع، "گانه زایی پلی متال سرب- روی، مس و آنتیموان نوع انتشاری، رگه‌چه‌ای و رگه‌ای در محدوده معدنی گله چاه شوراب، مجموعه ماگمایی شرق ایران"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره ۱۵ (جلد ۳)، (۱۳۹۰) ص ۶۱-۷۷
- [۱۲] عبدی م، کریم پور م.ح، "زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی-زایی، پتروزنر، سن-سنجدی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک هوابرد منطقه اکتشافی کوه شاه، جنوب غرب بیргند"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی ایران، شماره ۱، جلد ۴، (۱۳۹۱) ص ۷۷-۱۰۸
- [۱۳] ميرزاي رايني ر، احمدی على، ميرنژاد حسن، "بررسی-های کانی‌شناسی و شاره‌های درگیر در کانسار چند فلنگی ماهور شرق بلوک لوت، ایران مرکزی"، مجله بلورشناسی و کانی-
- شناسی ایران، سال بیستم، شماره ۲، تابستان ۹۱، (۱۳۹۲) ص ۳۰۷-۳۱۸
- [۱۴] کریم پور م.ح، ملک زاده شفارودی آ، حیدریان شهری م.ر، عسکری ع، "کانی‌سازی، دگرسانی و ژئوشیمی منطقه اکتشافی طلا- قلعه هیرد، استان خراسان جنوبی" ، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال پانزدهم، شماره ۱، بهار و تابستان ۸۶، (۱۳۸۶) ص ۶۷-۹
- [۱۵] گزارش پتانسیل‌بایی مواد معدنی در فردوس- خوسف، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گروه ژئومتیکس
- [۱۶] کریم پور م.ح، ملک زاده شفارودی آ، فارمر لنگ، استرن چاک، "پتروزنر گرانیت‌وئیدها، سن‌سنجدی 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) ص ۱-۲۷
- [۱۷] Whitney D. L., Evans B. W., "Abbreviations for names of rock-forming minerals", American Mineralogist, V. 95, (2010) 185-187.
- [۱۸] Jakes P., Gill A. J. R., "Major and trace abundances in volcanic rocks of orogenic areas", Bulletin of Geological Society of America, V. 83, (1972) 123-149.
- [۱۹] Burnham C. W, "Magmas and hydrothermal fluids", In: Barnes H.L.(Eds.): Geochemistry of hydrothermal ore deposits, Wiley, New York, (1997) 63-123.
- [۲۰] Karimpour M. H., Malekzadeh shafaroudi A, "Hydrothermal Alteration Mapping in Northern Khur, Iran, Using ASTER Image Processing, a New Insight to the Type of Copper Mineralization", Acta Geologica Sinica, V. 87, No. 3, (2013) 830-842.
- [۲۱] Karimpour M. H, Stern C. R., "Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Mineral Mapping to Discriminate

- بیرجند"، مجموعه مقالات هجدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه تبریز، (۱۳۸۹) ص ۹۷۲-۹۷۷
- [۲۴] روحبحش پ.، ابراهیمی خ، همام س. م.، عباس نیا ح، "مطالعات دورسنجی زون های دگرسانی محدوده اکتشافی دهن قلعه، شمال غربی بردسکن"، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و یکم، شماره ۸۴ (۱۳۹۱) ص ۱۹۹-۲۰۶
- [25] Rencz A. N., "Remote Sensing for the Earth Sciences", Manual of Remote Sensing , Wiley, 3rd Edition, V. 3, (1999) 707 P.

*High Sulfidation, Reduced Intrusion Related and Iron Oxide Gold Deposits, Eastern Iran", Journal of Applied Sciences 9(5), (2009) 815-828.*

[22] Yang C, Everitt J. H, Bradford J. M., "Yield estimation from hyperspectral imagery using spectral angle mapper (SAM)", American Society of Agricultural and Biological Engineers, V. 51(2), (2008) 729-737

[۲۳] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م. ح، " مقایسه پردازش داده های ماهواره ای به روش نقشه برداری زاویه طیفی و مطالعات صحرایی در کانی شناسی زون های آلتراسیون در منطقه اکتشافی مس- طلا پورفیری خوپیک، جنوب غربی