

تهیه نقشه دگرسانی در محدوده ذخیره مس پورفیری سریدون با استفاده از تلفیق مطالعات طیفی فرو سرخ (به روش PIMA)، تصاویر ماهواره‌ای ASTER و تجزیه XRD

احمد کاظمی مهر نیا^۱، ایرج رسا^۱، سعید علیرضایی^۱، هوشنگ اسدی هارونی^۲ و جلال کرمی^۳

^۱ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۲ گروه اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

^۳ گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۸/۲۰

چکیده

ذخیره مس پورفیری سریدون در ۳ کیلومتری شمال خاور معدن سرچشمه قرار دارد. شناسایی دگرسانی‌های منطقه، با استفاده از تجزیه ۱۴۵ نمونه با دستگاه PIMA و پردازش تصاویر ماهواره‌ای ASTER صورت گرفت و نتایج با تجزیه ۲۲ نمونه به روش XRD، مطالعات سنگ‌نگاری و مشاهدات صحرایی کنترل شد. بر اساس مطالعات PIMA در این منطقه، لیتوکب با مجموعه کانی‌های دگرسانی آرزلیک پیشرفته مشخص می‌شود. این دگرسانی در ترازهای توپوگرافی بالا و حاشیه نقاط ارتفاعی دیده می‌شود. با وجود گسترش چشمگیر، شدت دگرسانی متغیر و نشانگر توسعه لکه‌ای و به احتمال، فرسایش بخشی از آن است. ویژگی‌های طیفی پیروفیلیت به عنوان مقیاس شدت این دگرسانی مورد استفاده قرار گرفت. دگرسانی فیلیک بیشتر در بخش مرکزی ناحیه دیده می‌شود. مجموعه کانی‌های این دگرسانی در تمام سطوح توپوگرافی حضور دارد و در برخی مناطق تحت تأثیر دگرسانی آرزلیک پیشرفته قرار گرفته است. گسترش دگرسانی آرزلیک متوسط در حاشیه دگرسانی‌های فیلیک و آرزلیک پیشرفته است. چنین مجموعه‌ای می‌تواند مربوط به فرایندهای برون‌زاد یا سیال‌های گرمایی دما پایین باشد. تعیین محدوده دگرسانی پیروفیلیت با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنگ‌نگاری انجام شد. بررسی نتایج تجزیه نمونه‌های سنگی PIMA به روش ICP-MS و مقایسه آن با چند سیستم پورفیری (شامل ذخایر دره زار، آبدر و چاه فیروزه) در منطقه شمال باختری کمربند کانسارهای پورفیری کرمان نشان می‌دهد که گسترش دگرسانی آرزلیک پیشرفته در سطح، می‌تواند به این مفهوم باشد که در سیستم پورفیری سریدون فرسایش سنگ‌های روپوش نسبت به دیگر سیستم‌های پورفیری، کمتر بوده است. این مطالعات لزوم بررسی سیستم‌های دگرسانی با مقادیر کم مس و مولیبدن و با مجموعه کانی‌های دگرسانی آرزلیک پیشرفته را محرز می‌کند.

کلیدواژه‌ها: پیمان، نقشه برداری دگرسانی، دگرسانی آرزلیک پیشرفته، سیستم پورفیری، سریدون، ایران

E-mail: akmehrnia@yahoo.com

*نویسنده مسئول: احمد کاظمی مهر نیا

۱- مقدمه

نهشته‌های آبراه‌های که در سال ۱۹۷۰ صورت گرفت، ناهنجاری‌هایی از مس و مولیبدن در منطقه سریدون مشخص شد و به دنبال آن، کارشناسان یوگسلاو (Dimitrijevic, 1973) در ناحیه‌ای به وسعت ۸۰۰×۴۰۰ متر، نقشه زمین‌شناسی تهیه کردند. در سال ۱۹۷۸، سه گمانه حفاری به مجموع ۵۰۰ متر در بخش جنوب باختری سیستم، حفاری شد. در سال ۲۰۰۲، شرکت ریوتیتو مطالعات زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی در این منطقه انجام داد که شامل تهیه نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ است (شکل ۲) و سرانجام در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵، تعداد ۱۰ حلقه گمانه با ژرفاهای بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ متر و در مجموع ۳۰۰۰ متر توسط شرکت ملی صنایع مس ایران در این منطقه حفر شد. در طی این مطالعات، نقشه ۱:۱۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه نیز توسط شرکت مهندسی مشاور کان ایران تهیه و در نهایت نتایج حاصل ارزیابی شد.

۳- زمین‌شناسی ذخیره سریدون

سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی انوسن درین‌ترین واحدهای سنگی برونزد یافته در منطقه مورد مطالعه هستند. در نقشه ۱:۱۰۰۰ منطقه، این مجموعه به ۳ واحد سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی، سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی تفکیک شده‌است (شرکت مهندسی مشاور کان ایران، ۱۳۸۵). گدازه‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی مورد نفوذ توده‌های ساب‌ولکانیک داسیتی قرار گرفته است که خود به چند فاز تقسیم می‌شود. (Barzegar, 2007) این توده را از نوع گرانودیوریت معرفی می‌کند. این توده، کانی‌سازی پورفیری را ایجاد کرده است. افزون بر این، دو توده با ترکیب

ذخیره مس پورفیری سریدون در ۳ کیلومتری شمال خاور معدن مس سرچشمه قرار دارد (شکل ۱). محدوده دگرسانی این سیستم پورفیری، گستره‌ای با مساحت حدود ۶ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. یکی از مهم‌ترین کارها در تهیه نقشه زمین‌شناسی- معدنی، بویژه در مورد کانسارهای پورفیری، تهیه نقشه دگرسانی‌ها است که معمولاً افزون بر تجربه زمین‌شناس و مشاهدات صحرایی، با استفاده از ابزارهایی چون سنگ‌نگاری، پراش اشعه ایکس، بویژه برای کانی‌های رسی، و طیف‌سنجی فرو سرخ انجام می‌شود.

واژه PIMA کوتاه شده عبارت "Portable Infrared Mineral Analyzer" به مفهوم "دستگاه قابل حمل تجزیه گر کانی‌ها" با استفاده از طیف‌سنجی فرو سرخ و یکی از بهترین و مفیدترین ابزارها برای تجزیه کانی‌ها است. این روش به خوبی در بسیاری از کانسارهای اپی‌ترمال، سولفید توده‌ای و محیط‌های مرتبط با توده‌های نفوذی مانند کانسارهای پورفیری استفاده شده است (Thompson et al., 1990; Huston et al., 1999; Yang et al., 2005). تلفیق نتایج حاصل از مشاهدات صحرایی، سنگ‌نگاری، طیف‌سنجی فرو سرخ و پراش اشعه ایکس برای تهیه نقشه و ارزیابی دگرسانی لازم است (Thompson et al., 1990). در این پژوهش، با استفاده از تلفیق مطالعات PIMA، تصاویر ماهواره‌ای ASTER، نتایج XRD و سنگ‌نگاری، نقشه انواع دگرسانی در سریدون تهیه شده است.

۲- تاریخچه اکتشافی

(Bazin & Hubner, 1969)، نخستین بار در کتاب کانسارهای مس ایران به کانی‌سازی مس در این منطقه اشاره کرده‌اند. پس از آن، طی بررسی‌های ژئوشیمیایی

شد. روش SAM برای تشخیص مشابهت طیفی بین طیف سلول و طیف انعکاسی کانی‌های دگرسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Galvao et al., 2005). پس از تجزیه کمی تصاویر با انواع روش‌های طبقه‌بندی که پیش‌تر اشاره شد، نتایج حاصل با کمک تفسیر نقشه‌های زمین‌شناسی اصلاح و در پایان، نقشه نهایی نواحی دگرسانی با احتمال وجود کانی‌های آلونیت-کائولینیت-پیروفیلیت، هماتیت-گوتیت-جاروسیت، ایلیت و سریسیت و اپیدوت-کلریت-کربنات تهیه شد. در شکل‌های ۴ و ۵ نواحی دارای آلونیت، پیروفیلیت، سریسیت و اپیدوت در تجزیه طیفی تصویر ASTER نمایش داده شده است.

۲-۵. طیف سنجی فرو سرخ با استفاده از PIMA

روش PIMA، نوعی روش طیف‌سنجی قابل حمل است که با استفاده از آن می‌توان بسیاری از کانی‌ها بویژه انواع دگرسانی را مشخص کرد. این روش در واقع یک طیف‌سنجی فروسرخ با طول موج کوتاه (Short-Wave Infrared Spectrometry) است. PIMA برای اکتشاف بسیاری از ذخایر مانند انواع ذخایر اورانیم، ذخایر اپی‌ترمال و ذخایر سولفید توده‌ای در نقاط مختلف دنیا آزموده شده است (Thompson et al., 1990; Huston et al., 1999; Yang et al., 2005).

برای بررسی دگرسانی‌های سیستم پورفیری سریدون، ۱۴۵ نمونه از مناطق مختلف برداشت شد. نمونه‌ها از محدوده‌ای به وسعت $۲/۴ \times ۱/۶$ کیلومتر و با تغییرات ارتفاعی حدود ۲۰۰ متر (ارتفاع میان ۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰ متر از سطح دریا) برداشت شدند. این نمونه‌ها بیشتر از مرکز سیستم پورفیری و بویژه از نواحی خط‌الرأس که سیلیس به‌صورت رگه و پشته (Ledge) است، برداشت شدند. نمونه‌ها به شرکت مشاوره‌ای طیفی Hunt Spectral Consultancy (Hunt) در انگلیس ارسال و نتایج تجزیه طیفی نمونه‌ها به‌صورت فایل Excel دریافت شد (جدول ۱).

این دستگاه تعداد ۶۰۱ باند طیفی را در ناحیه طیف امواج الکترومغناطیس طول موج کوتاه در ناحیه ۱۳۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر با فواصل ۲ نانومتری میان مراکز طیف اندازه‌گیری می‌کند (Yang et al., 2005).

۳-۵. مطالعات کانی‌شناسی به‌روش XRD

برای کنترل نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای ASTER و طیف‌سنجی فروسرخ، تعداد ۲۲ نمونه با روش XRD تجزیه شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد کوارتز در همه نمونه‌ها حضور دارد. کانی‌های حاصل از دگرسانی مانند پیروفیلیت، آلونیت، کائولینیت و دیاسپور در بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شوند. اکسیدهای آهن (حاصل از اکسایش سولفیدها) نیز در بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شوند. پراکندگی کانی‌ها و ارتباط آنها با انواع دگرسانی در بخش ۶ مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۶- تهیه نقشه دگرسانی‌های گرمابی با استفاده از تلفیق مطالعات

ASTER، PIMA و XRD

دگرسانی در کانسارهای پورفیری، توسط پژوهشگران زیادی مورد بحث قرار گرفته است (برای مثال، Hemly & Jones, 1964; Lowell & Guilbert, 1970; Sillitoe, 1993). براساس Lowell & Guilbert (1970)، مهم‌ترین دگرسانی‌ها در کانسارهای پورفیری شامل دگرسانی‌های پتاسیک، فلیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک است، اما وجود دگرسانی آرژیلیک پیشرفته نیز در برخی از این ذخایر شناخته شده است.

در منطقه سریدون، بخش عمده‌ای از سنگ‌های دربرگیرنده توده‌های ساب‌ولکانیک، نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی، دستخوش دگرسانی گرمابی شدیدی شده‌اند. براساس مطالعات حاضر، دگرسانی‌های فلیک، آرژیلیک متوسط، آرژیلیک پیشرفته و پروپیلیتیک در سطح زمین قابل تشخیص است. این دگرسانی‌ها در محدوده گمانه‌های اکتشافی نیز گزارش شده‌اند (شرکت مهندسی مشاوره‌ای پارس اولنگ، ۱۳۸۷).

گرانودیوریت تا دیوریت نیز به درون مجموعه آتشفشانی-رسوبی نفوذ کرده است. این توده‌ها، توده ساب‌ولکانیک داسیتی را قطع کرده‌اند. سن توده‌های نیمه‌ژرف و نفوذی به‌احتمال، میوسن بالایی است. آخرین واحدی که در منطقه سریدون مشاهده می‌شود، آگلومراهایی با ترکیب داسیتی است که بخشی از سیستم کانی‌سازی و دگرسانی را پوشانده‌اند. سن این مجموعه پلیوسن است (Rio Tinto, 2002).

۴- توپوگرافی (Topography) و تهیه مدل ارتفاعی رقومی

سیستم پورفیری سریدون در مرکز رشته‌کوه‌های کمربند کرمان و در بلندی‌های بند ممزار واقع شده است. محدوده کانی‌سازی در ارتفاع ۲۵۰۰ تا ۲۸۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. برای آگاهی از رابطه بین انواع دگرسانی با توپوگرافی، مدل ارتفاعی رقومی منطقه با استفاده از داده‌های دقیق ارتفاعی، برای بهره‌گیری در تفسیر نتایج مطالعات دگرسانی تهیه شد (شکل ۳).

۵- ابزار و روش‌ها

بررسی دگرسانی‌ها و تهیه نقشه دگرسانی، با مشاهدات صحرایی و استفاده از دو ابزار تصاویر ماهواره‌ای ASTER و طیف‌سنجی فروسرخ صورت گرفت. روش‌های سنگ‌نگاری و پراش اشعه ایکس (XRD)، به‌عنوان ابزارهای کنترلی، استفاده شد. در این مبحث به شرح سه ابزار اصلی مورد استفاده پرداخته می‌شود.

۱-۵. پردازش تصاویر ASTER

سنجنده ASTER از جمله سنجنده‌های تخصصی است که بر اساس نیازهای زمین‌شناسی و اکتشاف مواد معدنی طراحی شده است. بنابراین نسبت به دیگر سنجنده‌ها قابلیت بالاتری در راستای اهداف یادشده دارد. قابلیت تصاویر ASTER برای شناسایی و پی‌جویی کانسارهای پورفیری به‌وسیله پژوهشگران مختلفی از جمله (Tommaso & Rubinstein, 2006) آزموده شده است. یکی از اهداف این پروژه در این مرحله جدایش و منطقه‌بندی دگرسانی‌های رسی است. جنبه مهم دیگر داده‌های ASTER، وجود باندهای حرارتی با قدرت جدایش قابل قبول است که امکان جدایش کانی‌های فلدسپار پتاسیک، کانی‌های کربناتی و جدایش واحدها را ممکن می‌سازد. این تصاویر، همچنین برای تهیه نقشه دگرسانی اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Tommaso & Rubinstein, 2006; Zhang et al., 2007).

در پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای اهداف اکتشافی، روش‌های ریاضی و آماری وجود دارند. یکی از روش‌های پیشرفته پردازش تصاویر ابرطیفی و همچنین داده‌های ASTER، استفاده از کتابخانه طیفی (Spectral Library) کانی‌های مورد نظر است. برای استفاده از طیف کانی‌ها، از کتابخانه طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) بهره گرفته شد. با این توضیح که ابتدا بسته به نوع کانی‌سازی مورد نظر، نمودار منحنی مشخصه طیفی کانی‌های پیروفیلیت، آلونیت، دیاسپور، ایلیت، سریسیت، مونتوموریلونیت، کائولینیت، کلسیت، کلریت، اپیدوت و اکسیدهای آهن انتخاب و بر اساس آنها شباهت سلول‌های تصویری ارزیابی می‌شود.

یکی از اهداف پردازش تصاویر ASTER در این پروژه، شناسایی و استخراج دگرسانی‌های مرتبط با سیستم پورفیری است. بنابراین ابتدا منحنی مشخصه طیفی ۱۲ کانی مرتبط با این نوع کانی‌زایی-دگرسانی تعیین و سپس تجزیه بر اساس آنها صورت گرفت. در ادامه، تطبیق منحنی طیفی کانی‌های مورد نظر بر اساس تصاویر ASTER انجام شد. با بازنویسی کردن منحنی‌های یادشده، امکان استفاده از آنها به عنوان پیکسل‌های خالص در روش‌های تهیه نقشه فراهم می‌شود. مرحله نهایی، استفاده از روش‌های طبقه‌بندی در استخراج کانی‌های یادشده است. با توجه به تصویر مورد استفاده و نتایج حاصل از آن، می‌توان از روش طبقه‌بندی ویژه‌ای استفاده کرد که در مطالعه حاضر از روش SAM (کوتاه شده Spectral Angle Mapper) استفاده

۶-۲. دگرسانی فلیک (کوارتز-سریسیت-پیریت)

بررسی‌های صحرایی و نتایج PIMA نشان می‌دهد که اجتماع کانیاپی دگرسانی فلیک (کوارتز، سریسیت و پیریت) گسترش چشمگیری در منطقه سریدون دارد. نمونه‌های برداشت شده از بخش مرکزی، بیشتر، دگرسانی فلیک دارند. این نمونه‌ها در تمام سطوح ارتفاعی پراکنده‌اند. برای تهیه نقشه دگرسانی فلیک، مقادیر مربوط به کانی سریسیت و پاراگونیت حاصل از مطالعات PIMA مورد استفاده قرار گرفت و از درون‌یابی مقادیر، نقشه این دگرسانی تهیه شد (شکل ۷). مهم‌ترین ویژگی این منطقه از نظر اکتشافی، تغییر ترکیب میکا با درجه تبلور بالا از مسکوویت (غنی از پتاسیم) به پاراگونیت (غنی از سدیم) در مطالعات PIMA است.

برای تعیین گستره منطقه فلیک، نقشه دگرسانی با نتایج حاصل از مطالعات XRD و ASTER انطباق داده شد. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، این دگرسانی گسترش قابل توجهی در مرکز و شمال منطقه مورد مطالعه دارد. تهیه نقشه کانی سریسیت با استفاده از تصاویر ASTER، نشان‌دهنده گسترش زیاد این کانی در منطقه سریدون است. بنابراین مشابه منطقه دگرسانی آرژیلیک پیشرفته، محدوده دگرسانی فلیک با روش PIMA به نحو مناسب‌تری قابل جدایش است. در تمام ۲۲ نمونه تجزیه شده به روش XRD، کوارتز حضور دارد و در ۱۸ نمونه نیز ایلیت یا مسکوویت دیده می‌شود.

۶-۳. دگرسانی آرژیلیک متوسط

دگرسانی آرژیلیک متوسط به‌صورت گسترده در سریدون رخ داده است. مشابه مراحل پیش، برای تهیه نقشه دگرسانی آرژیلیک متوسط نیز حاصل جمع مقادیر کانی‌های مورد نظر در مطالعات PIMA (کائولینیت با درجه تبلور پایین \pm مونت موریلونیت \pm مسکوویت) مورد استفاده قرار گرفت و پس از درون‌یابی، شکل ۷ حاصل شد. همان‌طور که دیده می‌شود، دگرسانی آرژیلیک متوسط بیشتر در حاشیه منطقه مورد مطالعه حضور دارد. این اجتماع کانیاپی می‌تواند در دگرسانی برون‌زاد نیز تشکیل شود. تهیه نقشه کانی‌های رسی با استفاده از تصاویر ASTER نشان‌دهنده گسترش به‌نسبت زیاد کانی‌های این دگرسانی در سریدون است. بررسی نتایج XRD نشان می‌دهد کائولینیت در منطقه سریدون حضور دارد.

۶-۴. دگرسانی پروپلیتیک

به‌دلیل آن که دگرسانی پروپلیتیک آشکارا توسط مطالعات صحرایی، تصاویر ماهواره‌ای و سنگ‌نگاری قابل تشخیص است، از مطالعات PIMA برای تعیین منطقه دگرسانی پروپلیتیک استفاده نشد. برای شناسایی محدوده دگرسانی پروپلیتیک، نقشه گسترش کانی‌های کلریت، اپیدوت و کلسیت با استفاده از تصاویر ASTER تهیه شد. مطالعات سنگ‌نگاری نشان می‌دهد که در این منطقه، اپیدوت، کلریت و کلسیت در اثر دگرسانی پلاژیوکلازها و سیلیکات‌های آهن-منیزیم‌دار تشکیل شده‌اند.

۷- بررسی نتایج کانی‌سازی مس و سایر عناصر کانساری

نمونه‌های برداشت شده برای تجزیه PIMA با روش ICP در آزمایشگاه OMAC کشور ایرلند تجزیه شد و نتایج آن با مقادیر تجزیه نمونه‌های سنگی ذخایر دره‌زار، چاه‌فیروزه و آبدر مقایسه شد (جدول ۳).

نتایج تجزیه‌ها، نشان‌گر ناهنجاری‌های مس و مولیبدن در سریدون است که از این نظر، قابل مقایسه با سیستم‌های پورفیری دیگر است. بررسی نتایج تجزیه نمونه‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که مقدار میانگین مس در نمونه‌های مورد مطالعه در مقایسه با سه ذخیره یادشده چندان بالا نیست اما مقادیر عناصر آرسنیک، آنتیموان و تا حدی سرب به‌نسبت بالا است. در کانسارهای مس پورفیری، دو عنصر آرسنیک و سرب به‌عنوان عناصر فوق کانساری شناخته می‌شوند (Gergorian, 2003).

با توجه به پراکندگی عناصر و این واقعیت که در سریدون، دگرسانی آرژیلیک پیشرفته گسترش چشمگیری در سطح زمین دارد، می‌توان گفت که محدوده

برداشت‌های تجزیه طیفی برای کانی‌های پیروفیلیت، آلونیت (سدیمی و پتاسیمی)، دیکیت، کائولینیت، مونت موریلونیت، مسکوویت، ژپس و دیاسپور انجام شد (جدول ۱). مقدار بیشینه منحنی طیفی که نشان‌دهنده بیشینه بازتاب کانی‌ها در طیف امواج الکترومغناطیس است نیز در جدول آورده شده است. برای تهیه نقشه دگرسانی‌ها، مجموع کانی‌های مربوط به هر دگرسانی تعیین و ضریبی بین صفر و صد برای مقادیر کمینه و بیشینه در نظر گرفته و سپس محدوده هر دگرسانی مشخص شد. دگرسانی‌های منطقه به شرح زیر هستند.

۶-۱. دگرسانی آرژیلیک پیشرفته

کوارتز کلسدونی، آلونیت-ناتروآلونیت، پیروفیلیت، دیاسپور و کائولینیت \pm دیکیت، کانی‌های معمول در دگرسانی آرژیلیک پیشرفته هستند (Sillitoe, 1993). این دگرسانی با شستشوی اسیدی شدید مشخص می‌شود و گاه دگرسانی‌های پیشین را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. این دگرسانی، گسترش چشمگیری در سریدون دارد، اگرچه نسبت کانی‌های شاخص دگرسانی آرژیلیک پیشرفته بسیار متغیر است. پراکندگی نمونه‌های مربوط به دگرسانی آرژیلیک پیشرفته بر روی مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه، نشان می‌دهد که پراکندگی این کانی‌ها هماهنگی خوبی با ارتفاع دارد، به‌طوری‌که در مناطق مرتفع به‌نسبت فراوان است، اما در دره‌ها مقدار آنها یا بسیار کم است و یا حضور ندارند. زیرا خط‌الرأس‌ها شامل سیلیس یا مناطق به‌شدت سیلیسی است که بخشی از دگرسانی آرژیلیک پیشرفته و نشان‌گر شستشوی شدید اسیدی است.

از ۱۴۵ نمونه تجزیه شده، ۷۵ نمونه پیروفیلیت دارند. پراکندگی نقاط (شکل ۳) بر روی مدل رقومی ارتفاعی منطقه، نشان می‌دهد که پراکندگی این کانی هماهنگی خوبی با ارتفاع دارد. کانی دیاسپور در ۲۴ نمونه دیده می‌شود و رسم آن بر روی مدل رقومی ارتفاعی، الگویی مشابه با پیروفیلیت به نمایش می‌گذارد.

کائولینیت با درجه تبلور بالا در ۲۱ نمونه مشاهده شده است. گسترش این کانی با گسترش کانی‌های پیروفیلیت و دیاسپور ارتباط خاصی نشان نمی‌دهد. دیکیت در ۱۰ نمونه مشاهده شده است. گسترش این کانی با توپوگرافی و همچنین با کانی‌های پیروفیلیت و دیاسپور انطباق خوبی نمایش می‌دهد.

در این مطالعات، پیروفیلیت به‌عنوان یک معیار اندازه‌گیری شدت دگرسانی در نظر گرفته شد. بدین صورت که فراوانی آن با شدت دگرسانی ارتباط مستقیم دارد. شکل ۶، درون‌یابی حاصل جمع مقادیر کانی‌های دگرسانی آرژیلیک پیشرفته را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دگرسانی منطقه‌بندی آشکاری ندارد و بیشتر به‌صورت لکه‌ای در بخش‌های جنوبی، باختری و شمال باختری گسترش یافته است. این مسأله می‌تواند ناشی از فرسایش بخشی از دگرسانی آرژیلیک پیشرفته باشد. اگر چه محدوده دگرسانی آرژیلیک پیشرفته به‌طور کامل در خط‌الرأس قرار ندارد اما می‌توان گفت در همسایگی نقاط ارتفاعی (خط‌الرأس) در ارتفاع میان ۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰ متر قرار گرفته است و با ارتفاع انطباق خوبی نمایش می‌دهد.

تشخیص قاعده لیتوکپ بسیار مشکل است زیرا مرز بین لیتوکپ با دگرسانی آرژیلیک پیشرفته و دگرسانی فلیک تدریجی است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های مربوط به ارتفاعات پایین‌تر (بین ۲۶۰۰ تا ۲۷۰۰ متری) نشان‌گر تغییرات تدریجی از دگرسانی فلیک در زیر به منطقه دگرسانی آرژیلیک پیشرفته در بالا هستند. با استفاده از روش SAM (رجوع شود به بند ۵-۱)، پردازش تصاویر ASTER برای کانی‌های پیروفیلیت، آلونیت، دیکیت و دیاسپور انجام شد، اما به دلیل آنکه نقشه بی‌هنجاری حاصل چندان شاخص نیست و همه منطقه را در بر می‌گیرد، گستره منطقه آرژیلیک پیشرفته بر اساس مطالعات PIMA مشخص شد.

بررسی نتایج حاصل از نمونه‌های XRD، نشان‌دهنده حضور کانی‌های پیروفیلیت (در ۱۶ نمونه)، آلونیت سدیمی (در ۳ نمونه) و دیاسپور (در ۱۰ نمونه) است. نتایج این نمونه‌ها با نتایج نمونه‌های PIMA انطباق قابل قبولی دارد.

- دگرسانی آرژلیک پیشرفته با اجتماع کانایی پیروفیلیت \pm دیاسپور \pm ناتروآلونیت \pm دیکیت \pm کائولینیت (با درجه تبلور بالا) مشخص شده است. آندالوزیت که یکی دیگر از فازهای شاخص در دگرسانی آرژلیک پیشرفته است، در مطالعات PIMA و XRD مشاهده نشد که این امر می‌تواند ناشی از مقدار کم این کانی یا پراکندگی محلی آن باشد.

- دگرسانی آرژلیک پیشرفته، دگرسانی فلیک را تحت تأثیر قرار داده است.

- با پردازش تصاویر ASTER، استخراج دگرسانی پیروفیلیت و کانی‌های رسی به خوبی انجام می‌گیرد، اما جدایش دگرسانی آرژلیک پیشرفته از آرژلیک متوسط و فلیک به نحو مطلوب انجام نمی‌شود.

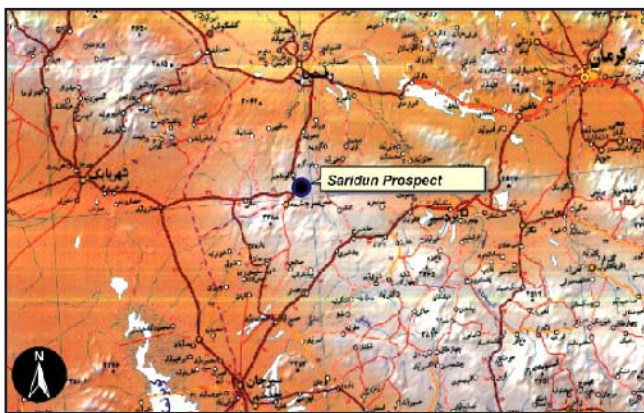
- هماهنگی آشکاری بین دگرسانی آرژلیک پیشرفته و توپوگرافی وجود دارد و شدت این دگرسانی بیشتر در خط الرأس‌ها بالاتر است.

- مقدار عناصر آرسنیک، آنتیموان و حتی سرب در بخش‌های سطحی سیستم کانی‌سازی- دگرسانی سریدون در مقایسه با سیستم‌های پورفیری دیگر در ناحیه کرمان، مانند دره‌زار، چاه‌فیروزه و آبدر بالا است که این امر می‌تواند ناشی از فرسایش کم این سیستم پورفیری باشد.

- مناسب است که سیستم‌های دگرسانی بزرگ در دیگر مناطق کمربند سهند- بزمان با مجموعه کانایی دگرسانی آرژلیک پیشرفته، با استفاده از روش‌های نوین مورد ارزیابی دوباره قرار گیرند، زیرا احتمال وجود کانی‌سازی در بخش زیرین این سیستم‌ها وجود دارد.

سپاسگزاری

بخشی از داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، توسط شرکت ریوتینو در اختیار قرار گرفته است. بنابراین، لازم می‌دانیم از آقایان جان بارترام و مهندس حسین ایران‌منش مدیران شاخه ایرانی شرکت قدردانی کنیم. همچنین هزینه بخشی از پژوهش از محل طرح پژوهشی با مرکز تحقیق و توسعه شرکت ملی صنایع مس ایران پرداخت شده است که از مدیران آن شرکت محترم سپاسگزاریم.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ذخیره سریدون (اطلس راه‌های ایران، ۱۳۸۷).

کانی‌سازی- دگرسانی سریدون در مقایسه با ذخایر دیگری چون دره‌زار، چاه‌فیروزه و آبدر، دستخوش فرسایش کمتری شده است. از این رو، می‌توان انتظار داشت که با افزایش ژرفا، عیار مس و مولیدن افزایش یابد و احتمالاً دگرسانی پتاسیک ظاهر شود. مطلب بسیار مهم دیگر که از این بررسی حاصل می‌شود این است که سیستم‌های دگرسانی مشابه با سریدون، بیشتر فقیر از مس و حتی مولیدن در سطح هستند که این امر افزون بر شستگی مس از سطح زمین طی فرایندهای برون‌زاد، به دلیل برونزد بخش بالایی سیستم پورفیری است.

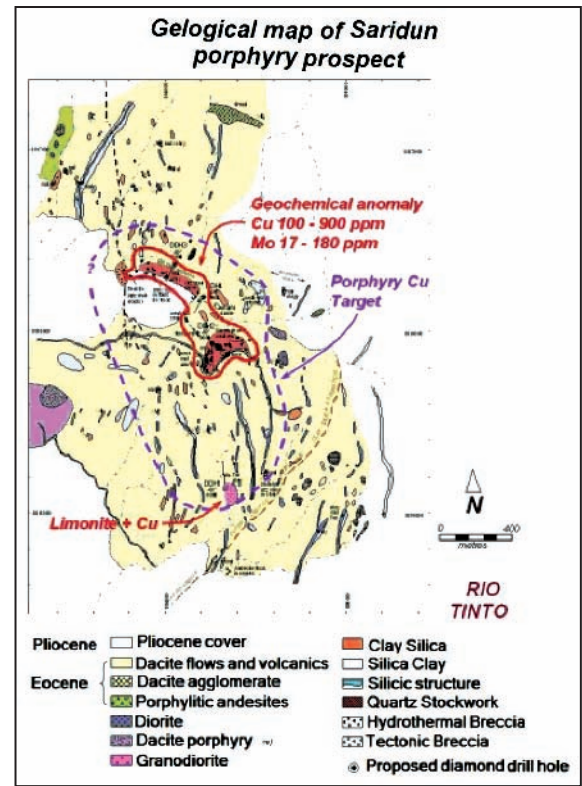
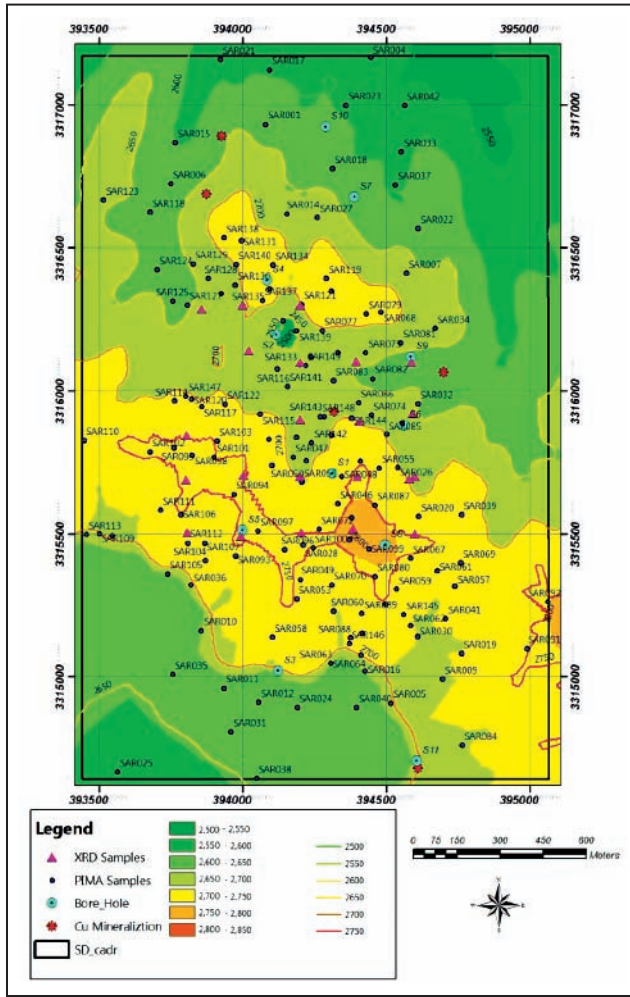
۸- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نقشه دگرسانی‌های منطقه سریدون با استفاده از ابزارهای تصویر ماهواره‌ای، طیف‌سنجی فرورسوخ، XRD و سنگ‌نگاری تهیه شده است (شکل ۸). نتایج این مطالعات نشان می‌دهند که اگرچه پردازش تصاویر ASTER، ابزار مناسبی برای تعیین دگرسانی‌ها است، اما در جدایش انواع دگرسانی آرژلیک پیشرفته، آرژلیک و فلیک، کاربرد چندانی ندارند. ابزار PIMA، روش مناسبی برای جداسازی دگرسانی‌های یادشده است. تعیین حدود دگرسانی پیروفیلیت، با استفاده از مطالعات سنگ‌نگاری و مشاهدات صحرایی به نحو بهتری انجام می‌شود.

بر اساس مطالعات PIMA، اجتماع کانی‌های آرژلیک پیشرفته با توپوگرافی ارتباط نشان می‌دهد. این دگرسانی بویژه با پراکندگی پیروفیلیت و پس از آن ناتروآلونیت، کائولینیت با درجه تبلور بالا، دیاسپور و دیکیت مشخص می‌شود. آندالوزیت احتمالاً به دلیل مقدار کم یا گسترش محلی در این مطالعات دیده نشد. انطباق دو شکل حاصل از درون‌یابی مقادیر فراوانی کانی‌های دگرسانی آرژلیک پیشرفته و آرژلیک نشان می‌دهد که گسترش این دو دگرسانی در سوی عکس هم است. به بیان دیگر، در مناطق دارای کانی‌های دگرسانی آرژلیک پیشرفته، کانی‌های دگرسانی آرژلیک حضور چندانی ندارند. دگرسانی آرژلیک پیشرفته، بیشتر در مرکز سیستم حضور دارد اما دگرسانی آرژلیک در حاشیه مشاهده می‌شود. همین‌طور انطباق شکل حاصل از درون‌یابی دگرسانی فلیک نشان می‌دهد که این دگرسانی به صورت نواری با روند شمالی- جنوبی در مرکز حضور دارد. به نظر می‌رسد که دلیل اصلی گسترش کم این دگرسانی، تأثیر دگرسانی آرژلیک پیشرفته بر روی آن باشد. رخداد این پدیده و تغییر اجتماع کانایی دگرسانی فلیک از برخی کانسارهای مس پورفیری دیگر گزارش شده است (برای مثال، Milu et al., 2004).

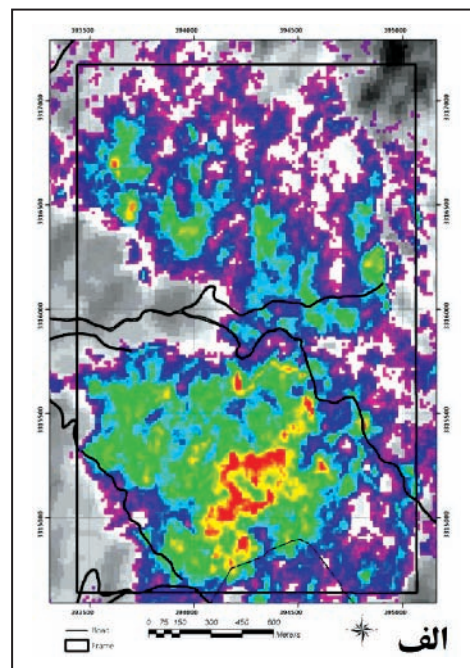
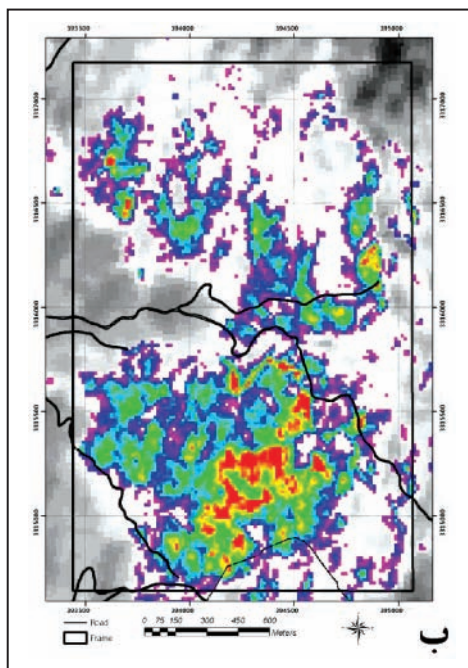
تلفیق مطالعات تصاویر ماهواره‌ای از نوع ASTER، مطالعات PIMA، XRD و سنگ‌نگاری در منطقه سریدون نشان می‌دهد که کانی‌های شاخص دگرسانی آرژلیک پیشرفته در سطح به نسبت وسیعی حضور دارند. اگرچه در تصاویر ماهواره‌ای، مقدار کانی‌های دگرسانی آرژلیک پیشرفته به سوی مرکز سیستم افزایش می‌یابد، اما مطالعات PIMA نشان می‌دهد که دگرسانی، بیشتر به صورت لکه‌ای و نامنظم است. نتایج حاصل بیانگر وجود یک سیستم پورفیری با دگرسانی‌های آرژلیک پیشرفته، فلیک، آرژلیک متوسط و پیروفیلیت در منطقه سریدون است. سیستم‌های دگرسانی وسیعی در مناطق مختلف کشور وجود دارند که در بخش‌های سطحی کانی‌سازی مس چشمگیری ندارند. برخی از این سیستم‌ها ممکن است دگرسانی آرژلیک پیشرفته داشته باشند که به صورت لیتوکپ بر روی سیستم اصلی چنگ انداخته و باعث پنهان بودن آن می‌شود. بررسی دگرسانی‌ها و نتایج ژئوشیمیایی منطقه سریدون نشان‌دهنده وجود یک سیستم پورفیری با فرسایش نه‌چندان ژرف سنگ‌های روپوش است. از این رو، پیشنهاد می‌شود که این سیستم‌ها با دقت و استفاده از روش‌های مدرن، مانند PIMA ارزیابی شوند. مهم‌ترین نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر خلاصه می‌شود:

- تلفیق روش PIMA و XRD روش مناسبی برای تهیه نقشه آرژلیک پیشرفته، آرژلیک و فلیک است.



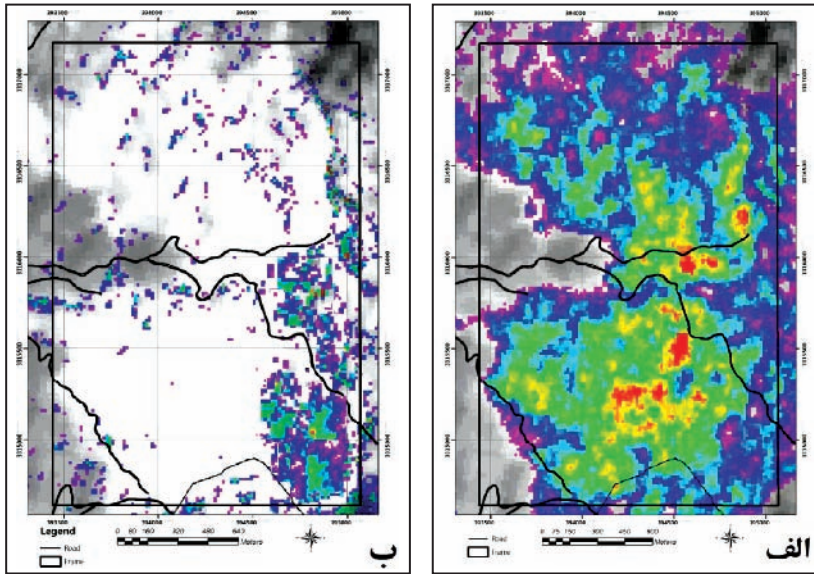
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه سریدون (با تغییرات از Rio Tinto, 2002).

شکل ۳- مدل ارتفاع رقومی و منحنی‌های میزان توپوگرافی همراه با موقعیت منطقه نمونه‌برداری XRD و PIMA-ICP.

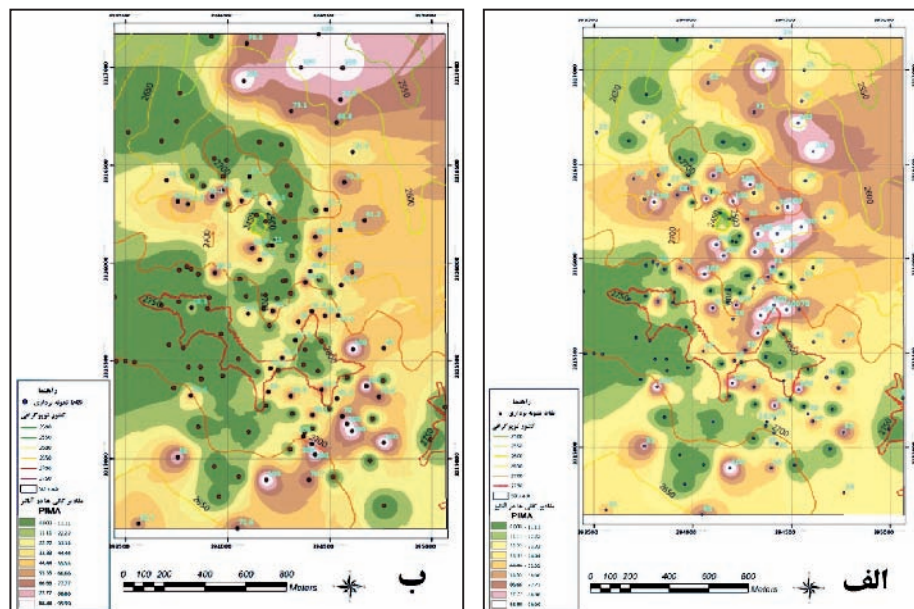
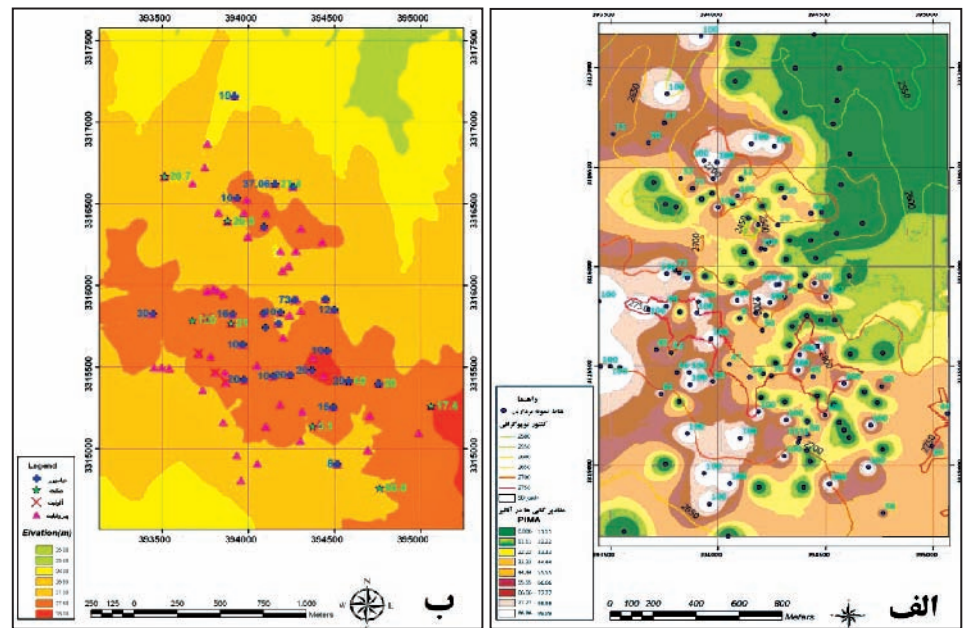


شکل ۴- (الف) نواحی دارای کانی‌های آلونیت و (ب) پیروفیلیت. (استخراج شده از تصویر ASTER) (رنگ‌های آبی، سبز، زرد و سرخ به ترتیب نشان‌دهنده افزایش مقدار آلونیت و پیروفیلیت هستند).

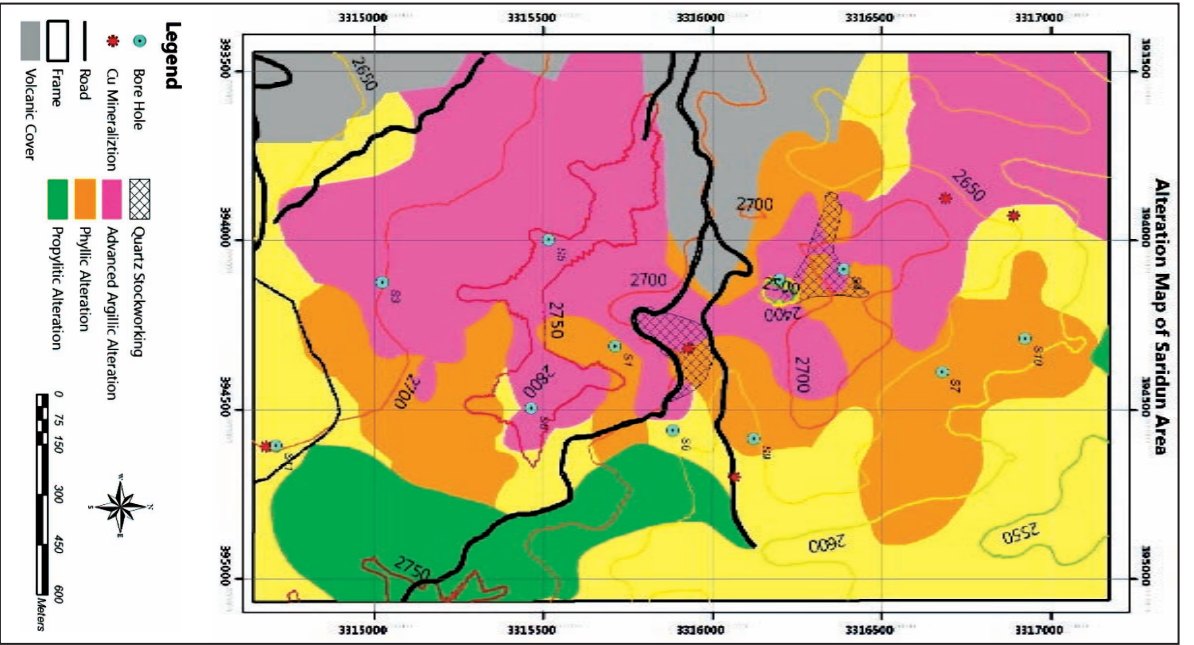
شکل ۵- الف) نواحی دارای کانی‌های سریسیت و اپیدوت. (ب) استخراج شده از تصویر (ASTER) (رنگ‌های آبی، سبز، زرد و سرخ به ترتیب نشان‌دهنده افزایش مقدار سریسیت و اپیدوت هستند).



شکل ۶- الف) درون‌یابی نمونه‌های دارای کانی‌های آرتزلیک پیشرفته در تجزیه PIMA به همراه مقادیر آن و (ب) نمونه‌های دارای کانی‌های پیروفیلیت، دیاسپور، دیکیت و آلونیت در تجزیه PIMA به همراه مقادیر دیاسپور و دیکیت بر روی مدل ارتفاعی رقومی.



شکل ۷- الف) نمونه‌های دارای کانی‌های دگرسانی فلیک و (ب) کانی‌های دگرسانی آرتزلیک (در تجزیه PIMA به همراه مقادیر آن و درون‌یابی مقادیر آن).



شکل ۸- نقشه نهایی دگرسانی‌های محدوده سریدون با استفاده از تلفیق نتایج XRD, ASTER, PIMA و سنگ‌نگاری.

شماره نمونه	X	Y	بیشینه انعکاس طیفی	بیروفلیت	دیاسپور	دیکیت	آلونیت پتاسیم دار	آلونیت سدیم دار	کانولینیت با درجه تبلور پایین	کانولینیت با درجه تبلور بالا	مونتموریلونیت	موسکویت	پاراگونیت
SDP001	394079	3316933	1338										
SDP002	394446	3317168	1710										
SDP003	394516	3314907	1302	92.0	8.0								
SDP004	393749	3316724	1318	37.7									
SDP005	394569	3316412	1300						30.3	29.6	43.2	26.0	54.6
SDP006	394556	3315888	1304								45.4		
SDP007	394696	3314991	1342	100.0									
SDP008	393855	3315161	1348	100.0									
SDP009	393934	3314960	1310	100.0									
SDP010	394054	3314910	1300	100.0									
SDP011	394154	3316620	1464	4.3	37.1	27.4			31.3	25.2			
SDP012	393764	3316869	1300	74.8									
SDP013	394426	3315021	1310						18.1		40.5	41.4	
SDP014	394093	3317124	1688						4.7		51.7	20.2	23.4
SDP015	394311	3316777	1344								29.2	45.9	24.9
SDP016	394763	3315081	1722								17.6	82.4	
SDP017	394613	3315561	1342						18.0		41.1	40.8	
SDP018	393921	3317159	1302	76.0	10.0					14.0			
SDP019	394611	3316568	1344									31.3	68.7
SDP020	394359	3317000	1348									100.0	
SDP021	394189	3314891	1344									100.0	
SDP022	393563	3314667	1690										
SDP023	394539	3315731	1340								37.4	19.3	26.1
SDP024	394260	3316606	1330	70.0	30.0						22.3	22.2	55.5
SDP025	394210	3315460	1300								35.3	17.8	46.9
SDP026	394370	3315480	1300	80.0	20.0						34.0	66.0	
SDP027	394608	3315139	1340										
SDP028	393959	3314807	1338	100.0					15.0		50.0	41.0	35.0
SDP029	394610	3315954	1682								38.8	41.0	35.8
SDP030	394552	3316836	1342						18.8		45.4	67.2	14.0
SDP031	394669	3316218	1316								18.8	67.2	14.0
SDP032	393755	3315007	1342									53.4	46.6
SDP033	393819	3315321	1348									68.8	31.2
SDP034	394532	3316720	1346								21.6	50.0	19.0
SDP035	394047	3314644	1352								28.0	50.0	19.0
SDP036	394763	3315566	1698						18.0		36.7	40.0	23.3
SDP037	394396	3314891	1346										
SDP038	394707	3315202	1304	100.0									
SDP039	394563	3316999	1342						20.0		54.6	25.4	
SDP040	394375	3315135	1568							72.0		23.7	
SDP041	394220	3315755	1562									78.5	21.5
SDP042	394330	3315605	1356									11.5	88.5
SDP043	394175	3315768	1348	60.0	40.0							58.0	42.0
SDP044	394345	3315700	1570									51.0	48.8
SDP045	394200	3315340	1344									51.0	48.8
SDP046	394100	3315740	1352		8.9							46.3	44.8

جدول ۱- نتایج تجزیه PIMA

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه PIMA

شماره نمونه	X	Y	بیشینه انعکاس طیفی	پهرو فلیت	دیاپسور	دیگیت	آلوانیت پتاسیم دار	آلوانیت سدیم دار	درجه تبلور پالین با کاولینیت	درجه تبلور پالا با کاولینیت	مونتمو ریلونیت	موسکویت	پاراگرویت
SDP047	394205	3315680	1352	35.0						15.4			50.0
SDP048	394090	3315830	1342	60.0	40.0								
SDP049	394187	3315271	1352	100.0									
SDP050	394410	3315754	1590									55.4	44.6
SDP051	394475	3315730	1342									58.9	41.1
SDP052	394378	3315556	1352	100.0									
SDP053	394739	3315316	1352								40.2	38.4	21.4
SDP054	394102	3315137	1304	100.0									
SDP055	394535	3315307	1336									41.8	58.2
SDP056	394316	3315229	1350	100.0									
SDP057	394677	3315370	1344						12.2		42.3	45.5	
SDP058	394584	3315178	1340						23.1		46.7	30.2	
SDP059	394306	3315047	1312	100.0									
SDP060	394411	3315075	1316						24.7		55.3	20.1	
SDP061	394496	3315254	1352	85.0	15.0								
SDP062	394584	3315414	1342	40.0	20.0	40.0							
SDP063	394481	3316275	1584									57.7	42.3
SDP064	394759	3315398	1342	20.0	40.0	20.0							
SDP065	394310	3315320	1344								28.2	36.7	35.2
SDP066	394308	3315846	1342	34.8						34.7			30.4
SDP067	394265	3315515	1344							22.0	29.4	29.4	48.6
SDP068	394428	3316133	1572									68.6	31.4
SDP069	394448	3315917	1338	70.0	30.0								
SDP070	394331	3316133	1336										100.0
SDP071	394236	3316120	1344	100.0									
SDP072	394277	3316210	1348	20.0									80.0
SDP073	394307	3316349	1574	49.8			20.0						30.2
SDP074	394430	3316269	1342	44.6						16.4			39.0
SDP075	394460	3315350	1334					6.3			62.2		31.5
SDP076	394550	3316168	1346									51.9	48.1
SDP077	394452	3316043	1344									64.1	35.9
SDP078	394315	3316036	1342										100.0
SDP079	394765	3314759	1566			55.8	10.0						34.0
SDP080	394500	3315850	1350	88.0	12.0								
SDP081	394403	3315958	1344						8.7			32.0	59.2
SDP082	394460	3315600	1340	90.0	10.0								
SDP083	394375	3315135	1320							71.2			29.1
SDP084	394414	3315221	1346									66.1	33.9
SDP085	394415	3315153	1352	66.0			16.8						34.1
SDP086	394991	3315098	1342	30.1						31.0			
SDP087	395064	3315261	1342	26.5		17.4							12.5
SDP088	393974	3315423	1346	60.0	20.0								
SDP089	393968	3315637	1336	40.0	10.0					50.0			
SDP090	393759	3315801	1314	31.4				68.0					
SDP091	394146	3315444	1350	43.8	10.0		46.2						
SDP092	394052	3315509	1348	23.7						23.0			53.3
SDP093	393823	3315773	1342						18.3				81.7
SDP094	394440	3315446	1320	44.8			56.0						
SDP095	394245	3315451	1368	50.0	20.0		30.0						
SDP096	393900	3315768	1342	78.8		21.0							
SDP097	393676	3315786	1342			100.0							
SDP098	393909	3315824	1342	85.0	15.0								
SDP099	393869	3315406	1352	52.7				47.0					
SDP100	393736	3315360	1354	81.0			19.0						
SDP101	393783	3315567	1350	52.6									
SDP102	393866	3315468	1302	100.0									
SDP103	393543	3315494	1344	85.3						14.7			
SDP104	393499	3315499	1348	100.0									
SDP105	393446	3315826	1348	30.0	30.0					40.0			
SDP106	393712	3315583	1348	18.1			8.8	42.9					
SDP107	393808	3315468	1352	29.9			16.7	36.5					
SDP108	393454	3315497	1342	100.0									
SDP109	393762	3315965	1342	100.0									
SDP110	394060	3315918	1336										100.0
SDP111	394119	3316076	1346									83.9	16.1
SDP112	393856	3315944	1348	49.1						50.9			
SDP113	393676	3316625	1580	42.9						27.1			
SDP114	394290	3316393	1342										100.0

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه PIMA

شماره نمونه	X	Y	بیشینه انعکاس طیفی	پروفیلیت	دیاسپور	دیگیت	آلونیت پتاسیم دار	سلیسیم دار آلونیت	کائولینیت با درجه تبلور پایین	کائولینیت با درجه تبلور بالا	مونتموریلو نیت	موسکویت	پاراگرویت
SDP115	393821	3315970	1320	74.0									25.5
SDP116	394204	3316303	1344									39.6	60.4
SDP117	393938	3315952	1344						25.8			54.5	19.6
SDP118	393514	3316668	1336	34.4		20.7				19.8			25.0
SDP119	393701	3316424	1666								41.7		58.3
SDP120	393755	3316315	1340					8.3			39.7		37.2
SDP121	393923	3316341	1350					20.3				72.8	6.9
SDP122	393805	3316301	1352									64.8	35.2
SDP123	393880	3316393	1328	19.1		20.6				33.7			26.6
SDP124	393826	3316445	1344	32.2									67.8
SDP125	393973	3316370	1344						15.4			74.6	10.0
SDP126	393994	3316525	1342	100.0									
SDP127	394092	3316358	1344	90.0	10.0								
SDP128	394199	3316091	1572	82.7						17.3			
SDP129	394105	3316441	1356	12.1								17.9	70.0
SDP130	393999	3316299	1342	100.0									
SDP131	394186	3315836	1338	90.0	10.0								
SDP132	394068	3316317	1352									68.5	31.5
SDP133	393934	3316535	1338	90.0	10.0								
SDP134	394185	3316211	1342	100.0									
SDP135	393976	3316443	1348	100.0									
SDP136	394155	3316015	1340									56.1	43.9
SDP137	394239	3315818	1346	100.0									
SDP138	394283	3315911	1346	100.0									
SDP139	394379	3315903	1346						14.2			69.0	16.8
SDP140	394140	3316245	1340										
SDP141	394218	3316088	1344						31				
SDP142	394269	3315910	1356	10	73					17			
SDP143	393800	3315982	1344	27						50			
SDP144	394370	3315116	1338						45		55		
SDP145	394560	3315217	1342						62		16		

جدول ۲- نتایج مطالعات XRD

شماره نمونه	X	Y	کانی‌ها
SD201	393856	3316285	Quartz + Pyrophyllite + Mica, di-Oct. (Muscovite) + Expandible Minerals + Hematite?.
SD203	393803	3315842	Quartz + Diaspore + Pyrophyllite + Corundum + Rutile (trace) ?, Akermanite?.
SD204	393801	3315689	Quartz + Alunite &/or Natroalunite + Kaolinite + Pyrophyllite + Diaspore + Calcite (trace) + Hematite + Mica-illite + Rutile? &/or Alkali Feldspar.
SD205	393805	3315504	Quartz + Alunite &/or Natroalunite + Kaolinite + Diaspore + Goethite + Mica-illite? (trace).
SD206	393992	3315492	Quartz + Pyrophyllite + Diaspore + Goethite + Hematite + Kaolinite + Mica-illite (di-Oct).
SD207	394004	3315705	Quartz + Pyrophyllite + Alunite &/or Natroalunite + Muscovite + Hematite + Calcite + Rutile + Kaolinite + Diaspore.
SD209	394021	3316139	Quartz + Pyrophyllite + Muscovite + Diaspore + Rutile &/or Alkali Feldspar + Goethite + Expandible Minerals.
SD210	394000	3316300	Quartz + Pyrophyllite + Diaspore + Expandible Minerals + Rutile &/or Alkali Feldspar + Kaolinite.
SD211	394200	3316300	Quartz + Muscovite 2M1 + Pyrophyllite + Jarosite + Hematite + Kaolinite + Alkali Feldspar.
SD212	394200	3316100	Quartz + Pyrophyllite + Goethite + Hematite + Alkali Feldspar.
SD213	394200	3315900	Quartz + Mica-illite, di-Oct. + Pyrophyllite + Jarosite + Goethite + Hematite + Alkali Feldspar + Albite.
SD214	394200	3315700	Quartz + Pyrophyllite + Mica-illite, di-Oct. Kaolinite &/or Chlorite + Goethite + Hematite.
SD215	394204	3315503	Quartz + Muscovite + Hematite + Jarosite + Plagioclase + Alkali Feldspar.
SD216	394386	3315515	Quartz + Pyrophyllite + Goethite + Diaspore.
SD217	394400	3315700	Quartz + Diaspore + Pyrophyllite + Hematite + Mica-illite? (trace).
SD218	394408	3315894	Quartz + Muscovite + Pyrophyllite + Amphibole + Plagioclase + Alkali Feldspar + Hematite.
SD219	394396	3316104	Quartz + Mica-illite, di-Oct. + Diaspore + Pyrophyllite + Hematite + Plagioclase + Alkali Feldspar + Kaolinite &/or Chlorite + Amphibole.
SD222	394589	3316100	Quartz + Mica-illite, di-Oct. Hematite + Goethite + Plagioclase + Kaolinite &/or Chlorite.
SD223	394592	3315921	Quartz + Mica-illite, di-Oct. (Muscovite 2M1) + Plagioclase?.
SD224	394600	3315700	Quartz + Mica-illite + Goethite + Hematite + chlorite + pyrophyllite.
SD225	394600	3315500	Quartz + Diaspore + Pyrophyllite + Mica-illite, di-Oct. + Kaolinite + Goethite + Hematite.
SD228	394580	3315690	Quartz + Jarosite &/or Natro-Jarosite + Kaolinite + Mica-illite, di-Oct.

جدول ۳- مقادیر میانگین، بیشینه و کمینه (بر حسب گرم در تن) برای چند عنصر برگزیده در نمونه‌های سطحی محدوده‌های اکتشافی سریدون، دره زار، آبدر و چاه فیروزه.

عنصر	میانگین				بیشینه				کمینه			
	چاه فیروزه	آبدر	دره زار	سریدون	چاه فیروزه	آبدر	دره زار	سریدون	چاه فیروزه	آبدر	دره زار	سریدون
Cu	۱۵۳۶	۱۴۳	۴۸۸/۷	۲۱۰	۳۳۰۳۵	۶۶۶	۱۵۶۰	۱۲۲۲	۵	۲۶/۷	۳۷	۶
Mo	۱۱	۱۷/۵	۵۸/۳	۱۶	۴۰۱	۸۶	۲۲۳	۱۸۱	۲	۱	۱/۸	۱
Au	۰/۰۳۵			۰/۰۱	۰/۹۱۷			۰/۲	۰/۰۰۲			۰/۰۱
As	۳۴/۶	۵۲	۱۹/۹۶	۱۸۰	۶۱۱	۴۲۵	۹۷	۲۱۱۶	۵	۳/۷	۳	۵
Sb	۸/۵	۷/۶	۲/۸	۹/۸۰	۲۹۶	۵۳/۶	۱۳	۴۰۵	۵	۱/۲	۰/۴	۵
Pb	۹۲/۸	۱۶۰	۷۶/۸	۱۶۹	۳۶۷۹	۸۶۱	۴۲۵	۱۵۵۴	۴	۲۲/۵	۴/۷	۷
Zn	۱۴۰/۹	۹۹/۸	۲۰/۲۴	۳۸/۷	۴۵۶۰	۳۸۲	۶۵	۲۶۷	۳	۲۶	۲	۲
Ag	۱	۰/۹۶	۰/۵۴	۰/۹۵	۷/۶	۱۲/۴	۲/۱۲	۲۳/۹	۰/۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۵

کتابنگاری

اطلس راه‌های ایران، ۱۳۸۷- انتشارات مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۳۰۴ صفحه.
 شرکت مهندسی مشاور کان ایران، ۱۳۸۵- گزارش و نقشه زمین‌شناسی محدوده سریدون به مقیاس ۱:۱۰۰۰، ۱۳۱ صفحه.
 شرکت مهندسی مشاوره‌ای پارس اولنگ، ۱۳۸۷- ارزیابی ذخیره مس در کانسار مس سریدون، ۸۵ صفحه.

References

- Barzegar, H., 2007- Geology, petrology and geochemical characteristics of alteration zones within the Seridune prospect, Kerman, Iran, Ph.D thesis, RWTH Aachen University, 202p.
- Bazin, D. & Hubner, H., 1969- Copper deposits in Iran: Geol., Surv. Iran., 13, 232p.
- Dimitrijevic, M. D., 1973- Geology of Kerman region. Geol., Surv. Iran., Rep., 52: 334p.
- Galvao, L. S., Almeida-Filho, R. & Vitorello, I., 2005- Spectral discrimination of hydrothermally altered Materials, Using ASTER short-wave infrared bands; Applied Earth Observation and Geoinformation, Elsevier, 7: 107-114.
- Gergorian, S., 2003- Assessment of geochemical anomalies (Sonajil area), National Iranian copper company, unpub., NICICO report, 48p.
- Hemly, J.J. & Jones, W.R., 1964- Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism; Econ. Geol., v. 59, p. 569.
- Huston, D. L., Kampard, J. & Brauhart, C., 1999- Definition of high-temperature alteration zones with PIMA: an example from the Panorama VHMS district, central Pilbara Craton. AGSO research newsletter, No30.
- Lowell, D. J. & Guilbert, J. M., 1970- Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits, Econ Geol, v. 65 p. 373-408.
- Milu, V., Milesi, J., P. & Leroy, J., L., 2004- Rosia Poieni copper deposit, Apuseni Mountains, Romina: advanced argillic overprint of a porphyry system, Mineralium Deposit, 39, 173- 188.
- Rio Tinto Ltd., 2002- NW Kerman belt Iran, unpub., Rio Tinto Report, 16p.
- Sillitoe, R. H., 1993- Gold rich porphyry copper deposits Geological model and exploration, implication, Geological Association of Canada Special paper 40, 465-478.
- Thompson, A., Hauff, P. & Robitaille, A., 1990- Alteration Mapping in Exploration, Application of short-wave Infrared (SWIR) Spectroscopy, SEG New Letter, No 39.
- Tommaso, I. D. & Rubinstein, N., 2006- Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the infernillo porphyry deposit, Argentinu, ore geology reviews, Science Direct, Elsevier, 32: 275-290.
- Yang, K., Lian, C., Huntington, F. & Peng, Q., 2005- Infrared spectral reflectance characterization of hydrothermal alteration at the Tuwu cu-Au deposit, Xinjiang, China, Mineralium deposita, 324-336.
- Zhang, X., Pazner, M. & Norman, D., 2007- Litologic and mineral information extraction for gold exploration using ASTER data in the South Chocolate Mountains, (California), ISPRS Journal of Photogrametry and Remote Sensing, Elsevier, 62:271-282.