



دانشگاه لرستان



شناسایی پتانسیل ذخایر معدنی هر سین (استان کرمانشاه)

با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و GIS

الماسی، علیرضا^{1*} و سلطانی، ماهیار² و اسدی هارونی، هوشنگ³ رشیدی خبیر، رضا⁴

¹ دانشگاه فردوسی مشهد، ² مرکز IT دانشگاه صنعتی شریف تهران، ³ دانشگاه صنعتی اصفهان ⁴ دانشگاه لرستان

چکیده:

ورقه یکصد هزارم هر سین در بین طول شرقی 47/30-48 و عرض شمالی 33/30-34 و بر روی زون ساختاری سنندج - سیرجان واقع شده که محدوده‌ای در حدود 2580 Km² را پوشش می‌دهد. این محدوده با توالی افیولیتی، واحدهای آذرین حد واسط، دگرگونی و رسوبی (عموما مرمر و آهک) کرتاسه با روند شمال غربی - جنوب شرقی مشخص شده است. اندیس‌های کرومیت، منگنز منطبق بر افیولیت‌ها و آنومالی‌های مغناطیسی منطبق بر این مجموعه و توده‌های آذرین اسیدی - حدواسط و سنگ‌های دگرگونی است. با استفاده از تکنیک‌های پردازش و تفسیر داده‌های ماهواره لندست، واحدهای سنگی مختلف، آلتراسیون‌ها و اشکال ساختاری مانند گسل‌ها بارزسازی شدند. نتایج توسط تکنیک آماری و ریاضی آنالیز فازی (Fuzzy Analysis) بصورت لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت محدوده‌های دارای پتانسیل بالای کانی‌سازی (مناطق امید بخش) معرفی شد.

Reconnaissance of mineralization potential of Harsin

(Kermanshah province) by satellite image processing and GIS

Almasi, alireza^{1*} and Soltani, mahyar² and Asadi harooni, Hooshang³

¹Ferdowsi university of mashhad, ²IT center of sanati sharif university, ³Isfahan industrial university

Abstract:

The 1/100000 sheet of Harsin is located in 47/30-48 longitude and 33/30-34 latitude on Sanandaj-Sirjan structural zone that covers 2580 km². This area compose of certaceous ophiolites and intermediate igneous and metamorphic and sedimentary units (commonly marble and limestone) with NW-SE trend. Chromite and Mn indexes are overlap to ophiolite and magnetic anomalies are overlap to this indexes and acidic - intermediate and metamorphic rocks. The different rocks, alterations and structural forms such as faults is appeared by using of processing and interpreting techniques of Landsat satellite datas,. The result by statistic and mathematic (Fuzzy Analysis) are used in form of Data set (layers). Finally, high potential areas for mineralization presented.

مقدمه:

ورقه یکصد هزارم هر سین در بین طول شرقی 47/30-48 و عرض شمالی 33/30-34 و بر روی زون ساختاری سنندج - سیرجان واقع شده که محدوده‌ای در حدود 2580 Km² را پوشش می‌دهد. نقشه مغناطیسی هوایی آنومالی - های مغناطیسی بالا و وسیعی که غالبا منطبق بر نوار آذرین شمالی - شرقی آن است، را نشان می‌دهد (شکل 1).



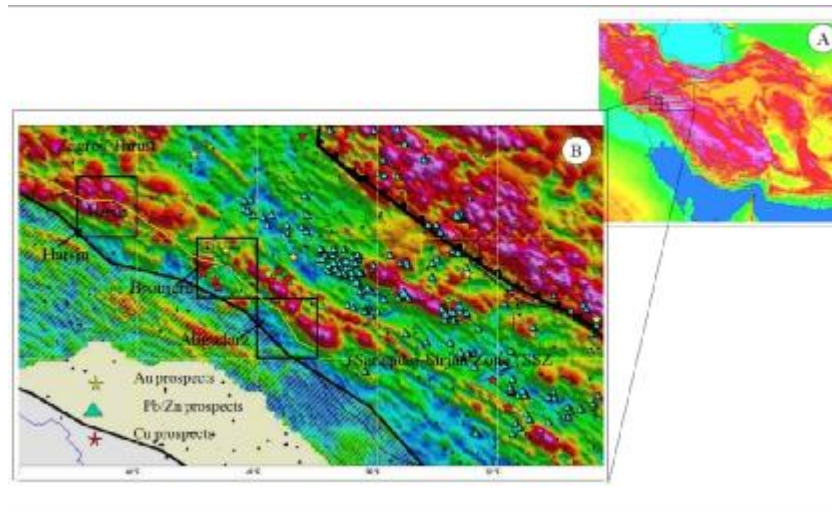
دانشگاه ارسن



دومین همایش ملی زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۶-۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۴



هدف از انجام این تحقیق، پردازش و تفسیر داده های رقومی ETM منطقه هرسین و سپس تلفیق نتایج حاصله برای مشخص کردن محدوده های دارای پتانسیل بالای کانی سازی (مناطق امید بخش) است. تلفیق این کنترل کننده ها برای تهیه نقشه های معرفی مناطق دارای پتانسیل بالا و امید بخش کانی سازی های فوق در چهار چوب GIS و استفاده از مدل های تلفیقی آماری و ریاضی (مدل Fuzzy Logic) است.



شکل 1. A. نقشه مغناطیس هوایی ایران (مناطق با رنگ ارغوانی و قرمز دارای بیشترین آنومالی مغناطیسی اند). B. نقشه مغناطیس هوایی بخشی از نوار سمنج - سیرجان: در محدوده هرسین آنومالی مغناطیسی بالا و وسیعی دیده می شود.

روش مطالعه:

برای انجام طرح، داده های رقومی ماهواره ای ETM (سین ۱۶۶/۳۷) مورد استفاده قرار گرفت. در این پروژه باند 5، 1 و 7 به دلیل مؤثر بودن آنها در تفسیر عوارض زمین شناسی به کار گرفته شدند. باند پانکروماتیک 8 با دقت 15 متر بیشتر جهت گرفتن خروجی و بالا بردن دقت (Fusion) تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. داده های ماهواره ای با فرمت GEOTIF و بدون زمین مرجع دریافت و با استفاده از نرم افزار ENVI مورد تصحیحات رادیومتری و هندسی واقع و سپس پردازش گردیدند. بعد از انجام تصحیحات و جدا سازی محدوده مورد نظر (Sub Map)، هیستوگرام ارزش عددی پیکسل های هر باند بطور جداگانه بررسی و با اعمال روش Interactive Stretching عوارض روی زمین در هر باند واضح تر شدند. تصاویر حاصله با هدف تشخیص و تفکیک کنترل کننده های کانی سازی منطقه به شرح ذیل مورد پردازش و تفسیر واقع شدند:

الف. تشخیص محدوده های احتمالی آلتراسیون (نوع کانی های رسی دارای بنیان OH نظیر کائولن و سرسیت، نوع اکسیدهای آهن و آلتراسیون پروپیلیتی حاوی کانیهای کلریت و اپیدوت) با استفاده از روش Crosta و روش Software Defoliant. در این خصوص از Training Site های مشاهده شده در عملیات مقدماتی صحرائی (زون های آلتراسیون) نیز استفاده شد.

ب. تشخیص ساختارهای زمین شناسی نظیر خط واره ها، گسل ها و ساختارهای حلقوی. برای تشخیص ساختارها از روش های ترکیب رنگی مجازی (RGB) و تحلیل مؤلفه اصلی Principal Components و فیلتر نوع Directional (اجرای فیلترهای 3×3 و 5×5 برای تشخیص گسل ها با آزمون های مختلف) استفاده گردید.



دانشگاه ارسنجان



دومین همایش ملی زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۶-۱۵ شهریور ۱۳۹۶



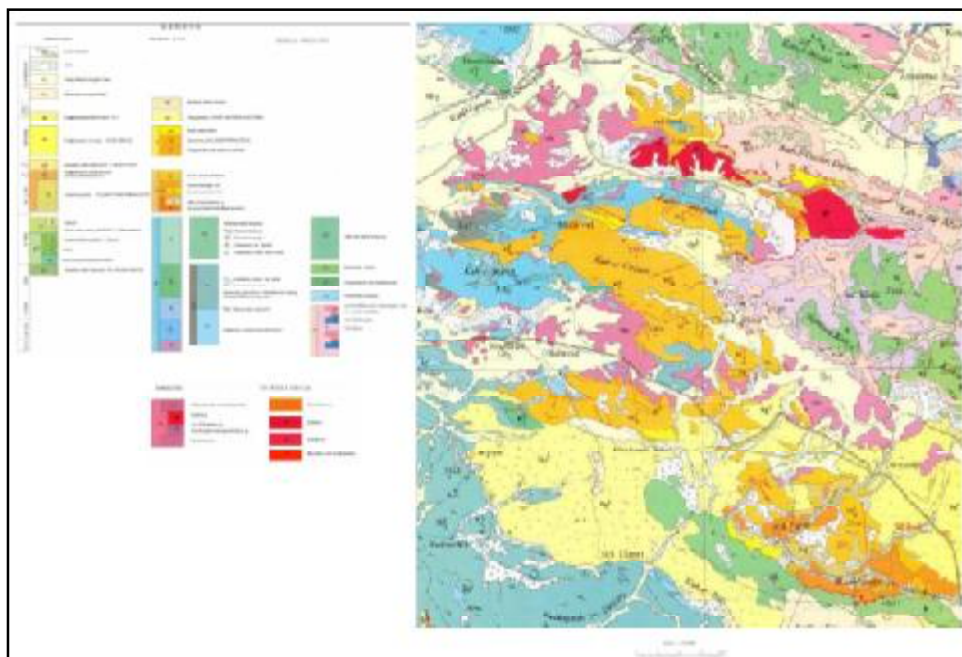
ج. تشخیص واحدهای سنگی که به نحوی با کانی سازیها در ارتباط باشند. برای تشخیص این نوع سنگها از روشهای ترکیب رنگی مجازی تصاویر (RGB)، طبقه بندی نظارت شده (Supervised Classification) با توجه به نقشه زمین شناسی و همچنین با در نظر گرفتن طیفهای بازتابی سنگهای مورد نظر (Z profile in ENVI) استفاده شد. در این خصوص از Training Site های مشاهده شده در عملیات مقدماتی صحرائی (اساسا ولکانیکهای آلتزه) نیز استفاده گردید.

داده های ماهواره ای ETM به گونه ای مورد پردازش و تفسیر واقع شدند که بتوان معیارهای شاهد کانی سازی فلزی و غیر فلزی منطقه هرسین را تشخیص داد. بعد از تشخیص این شواهد، هر شاهد در محیط GIS به صورت یک لایه جداگانه معرفی و با استفاده از روش فازی در محیط GIS با هم تلفیق شده و یک نقشه نهایی که معرف محدوده های دارای پتانسیل بالای ذخایر فلزی و غیر فلزی می باشد، تهیه گردید.

بحث و نتیجه گیری:

زمین شناسی و کانی سازی ناحیه:

منطقه هرسین در حد واسط زون سنندج - سیرجان و زاگرس مرتفع قرار دارد. بطور کلی ورقه 1/100000 هرسین پوشیده از مجموعه های افیولیتی (عموما با روند شمال غرب - جنوب شرق) و تشکیلات دگرگونی (عموما مرمر) و آهکی موزوئیک، سنگ های رسوبی - آتشفشانی سنوزوئیک و آبرفت های کواترنری می باشد. بخش های شرقی این منطقه در زون سنندج - سیرجان و بخش های غربی آن در نزدیکی گسل اصلی زاگرس مرتفع واقع شده است (شکل 2). با توجه به خصوصیات لیتولوژیکی و ساختاری خاص منطقه، زمین شناسان امتداد گسل اصلی زاگرس را محل فرورانش (Suture Zone) صفحه عربستان به زیر صفحه ایران در نظر می گیرند، لذا این منطقه از نظر ژئودینامیکی بسیار فعال بوده است. وجود سنگ های اولترابازیک و خصوصا سرپانتینیت ها (بخشی از مجموعه های افیولیتی) فراوان در این منطقه می تواند از شواهد کنترل کننده کانی سازی کرمیت، عناصر گروه پلاتین، نیکل، آزبست و تالک محسوب شوند و منطقه میتواند دارای پتانسیل بالایی از این ذخایر باشد.





دانشگاه ارسن



دومین همایش ملی اجتماع زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۶-۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۴



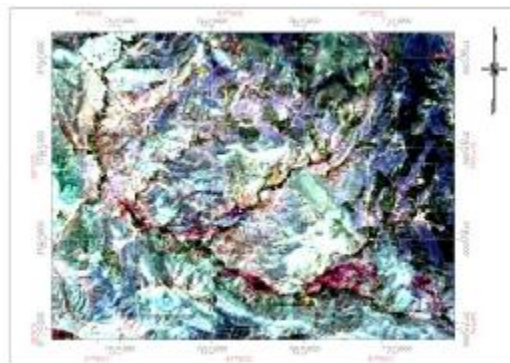
شکل 2. بخشی از نقشه زمین‌شناسی 1:250000 کرمانشاه که محدوده مطالعاتی در آن قرار دارد.

با انجام مطالعات مقدماتی صحرایی، بررسی و مطالعات تشکیلات لیتولوژیکی و ساختاری منطقه و تحقیق در خصوص کانی‌سازی‌های شناخته شده در منطقه هرسین، تاکنون فقط چند اندیس منگنز، مس و کرومیت و کانی‌سازی کوچکی از مس در محل گسل‌های بعضی از آتشفشانی‌های ائوسن وجود دارد. براساس شواهد مغناطیس‌هوایی، موقعیت تکتونیکی مناسب، وجود توده‌های ولکانیکی و ساب ولکانیک، محدوده دارای پتانسیل کانی‌سازی فلزات پایه خصوصاً سرب و روی، طلای در ارتباط با آتشفشانی‌های آندزیتی و داسیتی ائوسن و سنگ‌های نیمه عمیق معادل آنها و همچنین سنگ‌های رسوبی نظیر شیل‌های سیاه و کربنات‌های تکتونیزه و کانی‌سازی کرومیت، نیکل، آزیست و تالک در ارتباط با مجموعه افیولیتی (سنگ‌های آذرین بازیک، اولترا بازیک و سرپانتینیت‌ها) می‌باشد.

پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست و بارزسازی واحدهای سنگی، آلتراسیون و عوارض ساختاری:

ولکانیک‌های آندزیتی - داسیتی، پیروکلاستیک‌ها و معادل نیمه عمیق آنها

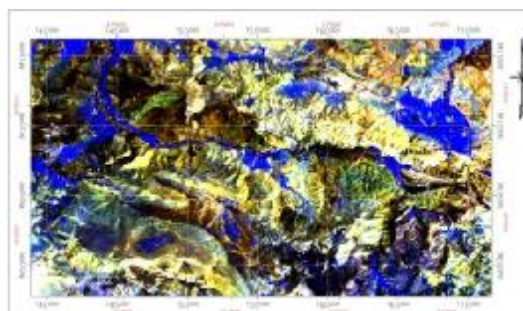
برای بارزسازی این واحدها با سن ائوسن، ترکیب RGB752 تشکیل و با استفاده از اجرای Interactive Stretching نرم افزار ENVI، ولکانیک و ساب ولکانیک‌های واقع در جنوب شرق ورقه هرسین (غرب و شمال غرب نورآباد) و بخش‌های شمالی این ورقه (جنوب روستای بید سرخ)، خود را به رنگ قهوه‌ای قرمز با روند شمال غرب - جنوب شرق نشان دادند (شکل 3).



شکل 3. تصویر RGB:752 کاذب: رنگ قهوه ای قرمز با روند شمال غرب - جنوب شرق، نشان دهنده توده های ولکانیک و ساب ولکانیک آلتیه است.

توده‌های آذرین بازیک:

در محدوده هرسین این واحدها به صورت گابروهای دارای لایه بندی، گابروهای توده ای، دیاباز و بازالت‌های بالشی و جزء سکانس افیولیتی محسوب می شوند. واحدهای سنگی فوق دارای پتانسیل کانی سازی نوع ماسیو سولفاید (فلزات پایه) بوده و همچنین می‌توانند در رابطه با کانی سازی نوع هیدروترمال فلزات با ارزش و پایه باشند. گابروهای دارای لایه بندی که در بخش‌های شمالی ورقه هرسین (عمدتاً جنوب غرب روستای دوآب) قرار دارند، در ترکیب رنگی RGB754 به رنگ سبز ظاهر می شوند (شکل 4). در شکل 5 واحدهای آذرین و دگرگونی منطقه نشان داده شده اند.



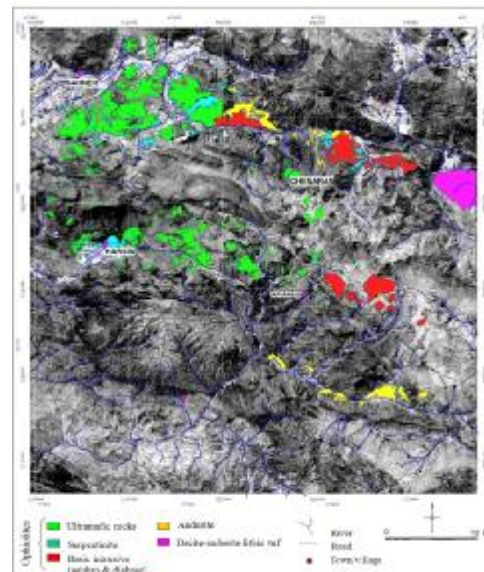
(الف)



دانشگاه ارسنجان



دومین همایش ملی المپیاد زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۶-۱۵ شهریور ۱۳۹۶



(ب)

شکل 4. الف. تصویر RGB:754 کاذب: بارزسازی واحدهای مافیک افیولیت ها (محدوده های سبز رنگ با خطوط قرمز بسته)، ب. محدوده واحدهای آذرین و دگرگونی

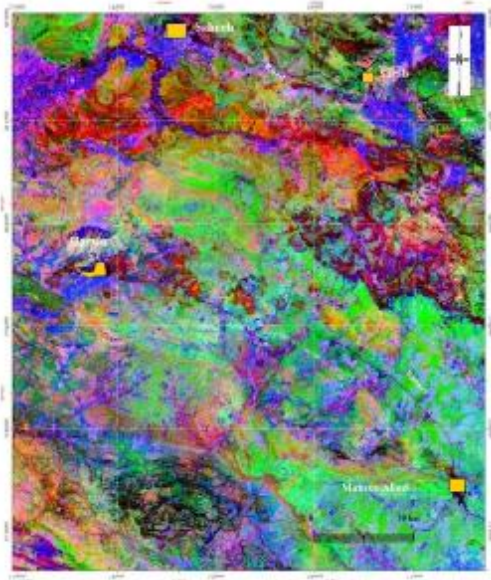
بارزسازی آلتراسیون آرژیلیک، اکسیدهای آهن و پروپلیتیک:

برای تشخیص بهینه کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن، نقشه 1/100000 هر سین به چهار منطقه تقسیم و بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و سپس تصاویر حاصله با هم موزاییک گردیدند. برای تشخیص این نوع آلتراسیون‌ها ابتدا از روش Crosta با اعمال تغییرات اساسی استفاده گردید. بدین ترتیب که چهار باند 1، 4، 5، 7، انتخاب شده (باند 3 برای در نظر نگرفتن اکسیدهای آهن و باند 2 بدلیل مشابهت با باند 1 حذف شدند) و وارد مؤلفه اصلی (Principal Components) گردیدند. با توجه به خصوصیات طیفی کانی‌های رسی (دارای بنیان OH) و مشاهدات صحرائی (Training Sites)، پیکسل‌های حاوی کانی‌های رسی در PC4 حاصل از اجرای مؤلفه اصلی بصورت تیره ظاهر می‌شوند. برای روشن نشان دادن پیکسل‌های حاوی آلتراسیون‌های نوع کانی‌های رسی عمل Negation انجام داده شد (شکل 5 الف). ترکیب رنگی مجازی (RGB) باندهای PC4، PC3، PC2 و اجرای عمل Negation بر روی PC4، پیکسل‌های حاوی کانی‌های رسی را بصورت قرمز-زرد نشان می‌دهد (شکل 5 ب).

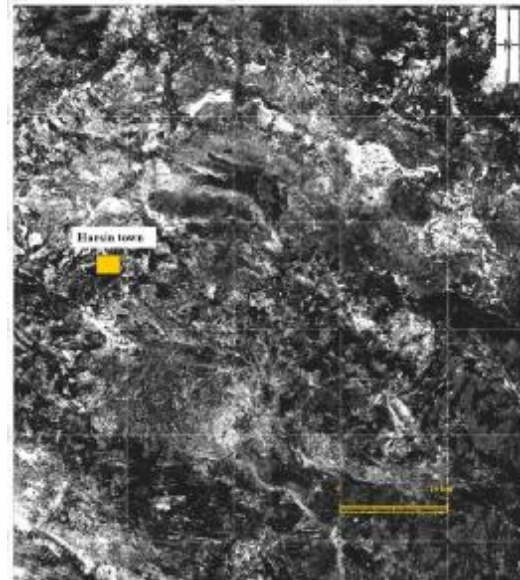
برای تشخیص اکسیدهای آهن نیز از روش Crosta با اعمال تغییرات اساسی استفاده گردید. چهار باند 1، 3، 4، 5، انتخاب شده (باند 7 برای در نظر نگرفتن کانی‌های دارای بنیان OH و باند 2 بدلیل مشابهت با باند 1 حذف شدند) و وارد مؤلفه اصلی گردیدند. با توجه به خصوصیات طیفی کانی‌های اکسیدهای آهن و مشاهدات صحرائی، پیکسل‌های حاوی این کانی‌ها در PC4 حاصل از اجرای مؤلفه اصلی بصورت تیره ظاهر می‌شوند. برای روشن نشان دادن زون‌ها یا پیکسل‌های حاوی اکسیدهای آهن عمل Negation انجام داده شد. تصویر حاصل از ترکیب رنگی (RGB) باندهای PC4، PC3 و PC2 و اعمال Negation بر روی PC4، پیکسل‌های حاوی اکسید آهن را بصورت قرمز-زرد نشان می‌دهد (شکل 5 ج).

برای بارزسازی آلتراسیون نوع پروپلیتیک، با توجه به خصوصیات طیفی آزمایشگاهی آنها (ایندکس‌های طیفی کانی‌های کلریت و اپیدوت موجود در سایت USGS) مورد استفاده قرار گرفت و زون‌های کانی‌های کلریت و اپیدوت

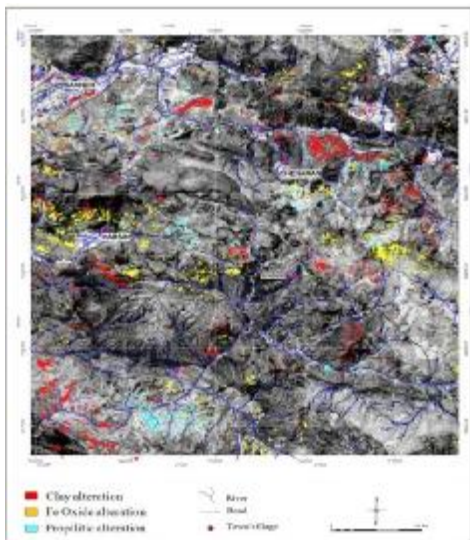
تشخیص داده شدند. البته در این روش در بعضی مناطق پوشش گیاهی خود را مانند آلتراسیون پروپلیتیک به رنگ روشن نشان می دهد که این پیکسل ها حذف گردیدند. این روش، تلفیقی از روش نسبت بانندی $b5/b2$ با توجه به خصوصیات جذب اشعه ماورای قرمز در طیف کلریت و نسبت بانندی $b4/b1$ و همچنین مؤلفه اصلی این تصاویر می-باشد. زون های آلتراسیون پروپلیتیک با توجه به تصاویر فوق تفکیک شده و همراه با آلتراسیون های دیگر با رنگ آبی روشن (شکل 5 د) نشان داده شده اند.



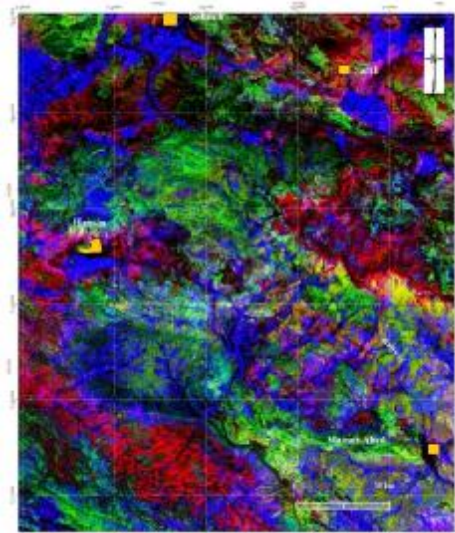
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل 5 الف. تصویر PC4 با اعمال Negation: پیکسل های روشن کانی های آبدار (کانی های رسی) اند. ب. تصویر RGB کاذب باندهای PC4، PC3، PC2 که اجرای عمل Negation بر روی PC4، پیکسل های حاوی کانی های رسی را بصورت قرمز - زرد نشان می دهد. ج. تصویر حاصل از ترکیب رنگی (RGB) باندهای PC4، PC3 و PC2 که اعمال Negation بر روی PC4، پیکسل های حاوی اکسید آهن را بصورت قرمز - زرد نشان می دهد. د. نقشه آلتراسیون محدوده مطالعاتی



دانشگاه ارسنجان

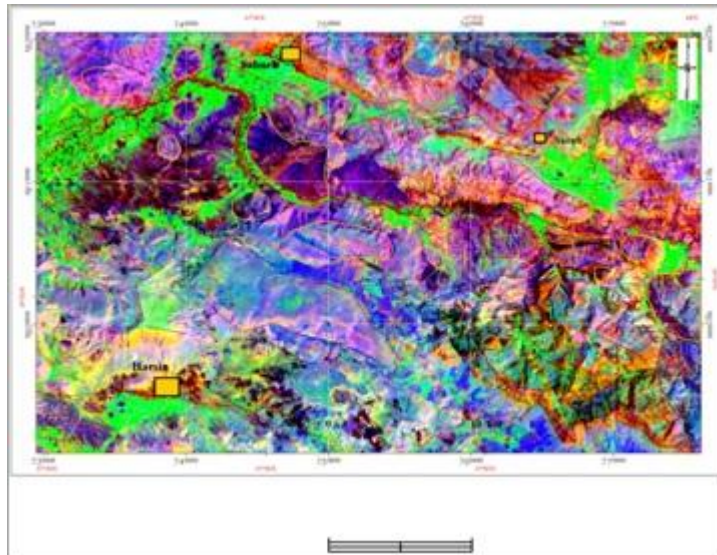


دومین همایش ملی زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۶-۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۶



عوارض ساختاری (خطواره‌ها، گسل‌ها و ساختارهای حلقوی):

خطواره ها، گسل‌ها و ساختارهای حلقوی مناطق ضعیفی هستند که محلول‌های کانی ساز هیدروترمال قادرند در آن حرکت نموده و سبب کانی سازی سنگ‌های مجاور شوند. لذا تشخیص این عوارض از اهمیت خاص برخوردار هستند. گسل‌های دارای روند N-S و NE-SW که روند اصلی زاگرس را قطع کرده اند، احتمالاً مهم ترین گسل‌های کنترل کننده محلول‌های هیدروترمال برای کانی سازی نوع هیدروترمال در زون سنندج- سیرجان می باشند. این نوع گسل‌ها در ذخایر طلای زرشوران، آغ دره و داشکسن از مهم ترین ساختارها محسوب می شوند. این ساختارها به همراه ساختارهای حلقوی با استفاده از تفسیر داده های ETM (تحلیل مؤلفه اصلی، ترکیب رنگی مجازی (RGB) و اجرای فیلترهای Directional) و مغناطیس هوایی تشخیص داده شدند. تلفیقی از تحلیل مؤلفه اصلی کلیه باندها و ترکیب رنگ‌های RGB برای تشخیص ساختارها مورد استفاده قرار گرفت (شکل 6).



شکل 6. بارزسازی عوارض ساختاری با تلفیقی از تحلیل مؤلفه اصلی کلیه باندها و ترکیب رنگ‌های RGB

تلفیق داده ها و تهیه نقشه های امید بخش کانی سازی هیدروترمال:

با استفاده از تکنیک‌های دورسنجی و GIS و بکارگیری نرم افزارهای GIS (ILWIS, Oasis, Mapinfo) و سنجش از دور (اساساً ENVI و ILWIS)، یکسری نقشه های یک کلاسه و چند کلاسه نشان دهنده شواهد کانی سازی نوع هیدروترمال تهیه گردید و سپس با استفاده از روش فازی و تلفیق کلیه شواهد کانی سازی هیدروترمال (نقشه های یک کلاسه و چند کلاسه)، یک نقشه نهایی که نشان دهنده مناطق دارای پتانسیل بالا (مناطق امید بخش) می باشد، ایجاد گردید.

مدل تلفیقی شواهد کانی سازی ورقه هرسین:



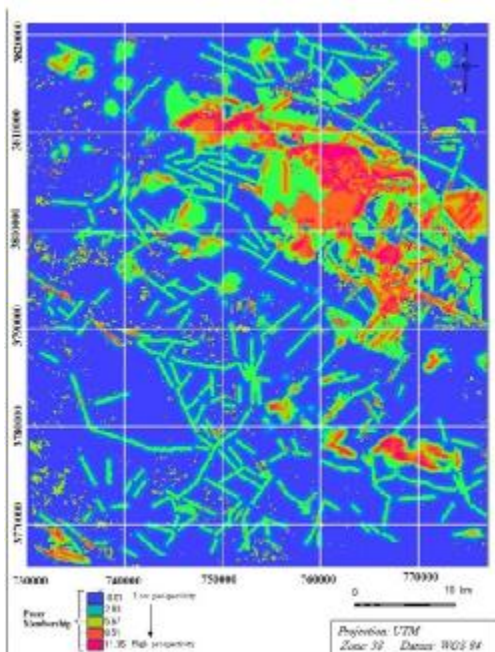
دانشگاه گیلان



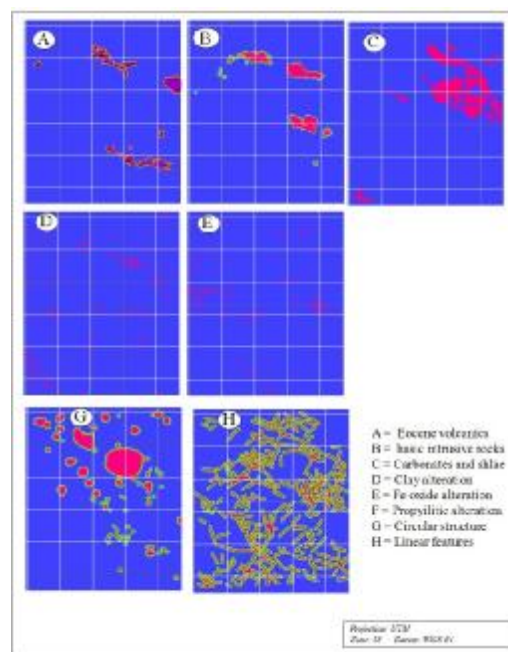
دومین همایش ملی زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۶-۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۴



برای اجرای روش تلفیق فازی و تهیه نقشه نهایی معرفی مناطق امید بخش نه نقشه شاهد کانی سازی، لیتولوژیکی، دگرسانی، ساختاری و مغناطیس هوایی تفسیر شده، بطور جداگانه با استفاده از نرم افزار Mapinfo در لایه‌های خاص قرار گرفتند. با استفاده از نرم افزار ILWIS تمامی لایه‌ها تحت شرایط زمین مرجع (Georeferencing) مشابه با انتخاب اندازه پیکسل 30×30 مورد نمونه برداری مجدد (Resampling) واقع شدند. برای هر کدام از لایه‌های شاهد کانی سازی، نقشه فاصله (Distance map) از زون‌های شاهد کانی سازی تشکیل شد. با استفاده از نقشه فاصله، شعاع تاثیر 250 و 500 متری در اطراف نه لایه کانی سازی تشکیل شد. با استفاده از محاسبات آماری و ریاضی در روش فازی برای هر شاهد کانی سازی و بافرها و زونهای 250 متری و 500 متری اطراف آنها، بار خاص بسته به اهمیت هر لایه در نظر گرفته شد (شکل 7 الف).



(ب)



(الف)

شکل 7. الف. لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده با استفاده از پارامترهای شاهد در کانی سازی و آنالیز فازی جهت معرفی نقاط امیدبخش در محدوده هرسین. ب. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی حاصل از روش آنالیز فازی و تعیین مناطق با بیشترین پتانسیل کانی سازی

مرحله نهایی روش تلفیقی با استفاده از روش فازی، جمع کلیه لایه‌های شاهد کانی سازی فوق و بافرهای آنها می‌باشد که نتیجه آن یک نقشه نهایی مشخص کننده مناطق دارای پتانسیل‌های مختلف کانی سازی فلزی و غیر فلزی در منطقه می‌باشد (شکل 7 ب). نتیجه حاصل از تمامی کارها و تجزیه تحلیل‌های فوق در نقشه نهایی فازی (شکل 8) خلاصه شده است. این نقشه دارای سه اولویت برای اکتشاف مناطق دارای پتانسیل‌های مختلف این ذخایر می‌باشد. همانطوری که در شکل 8 مشاهده میشود، مهم ترین مناطق پیشنهادی ما برای پی جویی صحرایی این ذخایر محدوده های (اولویت 1 و اولویت 2) نواحی اطراف روستای چناران و بخش کوچکی در جنوب شرق ورقه (حدود 20 کیلومتری جنوب شرق روستای جعفر آباد) می‌باشند. اولویت‌های اکتشافی 1 و 2 اطراف روستای چناران، عمدتاً در رابطه با توده‌های آذرین نفوذی بازیک مجموعه‌های افیولیتی و ولکانیک‌های ائوسن کاملاً آلتره و تکتونیزه می‌باشند. اولویت‌های اکتشافی 1 و 2 جنوب شرق روستای جعفر آباد، بیشتر در رابطه با ولکانیک‌های آلتره و تکتونیزه ائوسن می‌باشند.



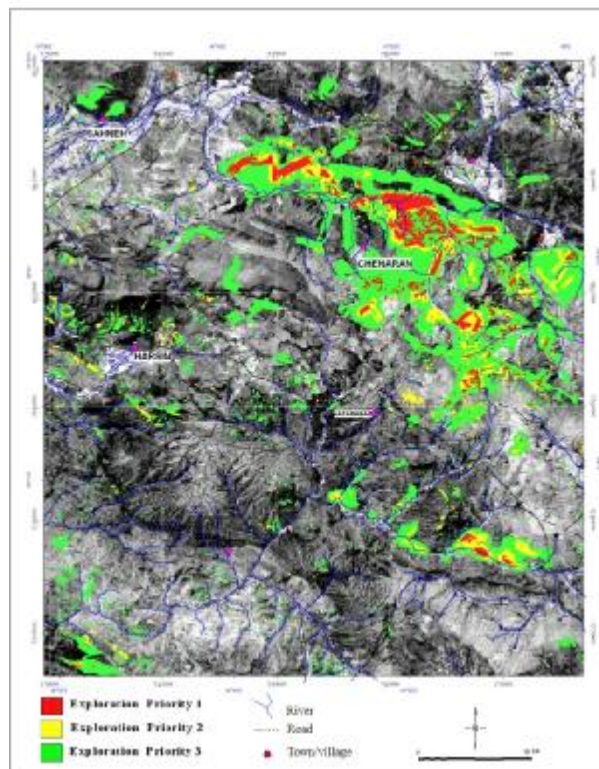
دانشگاه ارسن



دومین همایش ملی زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۶-۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۰



استفاده از تکنیک مدرن دورسنجی و GIS در مراحل اولیه اکتشاف، زمین شناسی اکتشافی را قادر می سازد که در مدت زمان کوتاه و با هزینه های نسبتاً پایین، محدوده های دارای پتانسیل بالای ذخایر فلزی و در مواردی غیر فلزی را مشخص نماید. در خصوص محدوده مطالعاتی، با بکارگیری فنون دور سنجی و GIS سعی شد، نقاط امیدبخشی برای کارهای اکتشافی آتی معرفی شود. در مراحل بعدی اکتشاف با پردازش داده های ماهواره Aster جهت تهیه نقشه های آلتراسیون دقیق تر و بکارگیری دانش تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی، پترولوژی، انواع نمونه برداری های ژئوشیمیایی، روش های ژئوفیزیکی زمینی مناسب و ... می توان نقشه های دقیقی تهیه و به پتانسیل واقعی منطقه دست یافت.



شکل 8. نقشه نهایی معرفی نقاط امیدبخش در محدوده هرسین.

منابع:

- 1- نقشه و گزارش ورقه 100000 زمین شناسی هرسین سازمان زمین شناسی کشور.
- 2- دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، سازمان زمین شناسی ایران، منصور قربانی، سال 1381.
- 3- پتانسیل یابی معدنی منطقه آوج (استان قزوین) با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای و GIS- ماهیار سلطانی و سعید اسدزاده - 1382.
- 4-Alavi, M., 1993. Tectonics of the Zagros Orogenic Belt of Iran: New Data and Interpretations. Tectonophysics, 229: 211-238.
- 5-Asadi, H.H., 2000, The Zarshuran gold deposit model applied in a mineral exploration GIS in IRAN. PhD thesis, Delft University, Holland, 160 pp.
- 6- Asadi, H.H. and Hale, M. 1999a. Integrated analysis of aeromagnetic,



Landsat TM and mineral occurrence data for epithermal gold exploration in northwest Iran. Proceedings of the thirteenth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing, Vancouver, British Columbia, Canada, 1-3 March, 8 pp.