

بررسی مناطق مستعد کانه‌زایی در محدوده‌ی ۱:۲۵۰۰۰ سیاوه‌رود

آناهیتا پاک‌سرشت^۱، دکتر محمدرضا جعفری^۲، دکتر علی سربی^۳ و دکتر کیمیا سادات عجایی^۴

چکیده

ورقه ۱:۲۵۰۰۰ سیاوه‌رود با وسعتی حدود ۱۱۲ کیلومتر مربع در زون البرز بین استان‌های گیلان و زنجان قرار گرفته است. واحدهای سنگی این محدوده شامل سنگ‌آهک، فیلیت‌اسلیتی همراه با کنگلومرا و کوارتزیت می‌باشد. در این محدوده جهت مطالعات دورسنجی با استفاده از تکنیک‌های تلفیق بانندی و ایجاد تصاویر کاذب رنگی و خواص طیفی کانی‌ها، از داده‌های Aster به منظور تشخیص و جدایش دگرسانی‌های مختلف در منطقه و تعیین مناطق کانه‌زایی و همچنین به منظور تشخیص گسل‌ها استفاده گردید و دگرسانی‌های آرژلیک، سربیسیتیک، پتاسیک و پروپیلیتیک مشخص شدند. روند غالب گسل‌های منطقه شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد.

کلید واژه‌ها: دورسنجی، دگرسانی، گسل، سیاوه‌رود

۱- دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی anahita_pakseresht@yahoo.com

۲- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی mr.jafari_1348@yahoo.com

۳- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی ali_sorbi@kiaiu.ac.ir

۴- هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی kimia.ajayebi@kiaiu.ac.ir

Check the prone areas of Mineralization in 1:25000 Siavehroud sheet

Anahita Pakseresht, Dr.Mohammad-Reza Jafari

Dr. Ali Sorbi and Dr. Kimiasadat Ajayebi

Abstract

Siavehroud sheet with about 112 km² in area is located in Alborz zone between Zanjan and Gilan provinces. Rock units of this area are Limestone, Phyllite with Quartzite and Conglomerate. Aster data has been used for distinction and separation of different alteration and also used for distinction faults by false color composition and the spectral properties mineral method and the Argillic, Sericitic, Potassic, Propylitic alterations were determined. General trend of faults area are north east-south west.

Keywords: Remote sensing, Alteration, Fault, Siavehroud

مقدمه

از دیرباز روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری داده‌ها (به خصوص داده‌های مکانمند) وجود داشته است. انجام مشاهدات نجومی، نقشه‌برداری زمینی، هیدروگرافی، فتوگرامتری و سنجش از دور از روش‌های عمده جمع‌آوری اطلاعات مکانمند می‌باشد.

سنجش از دور از زمره روش‌های جمع‌آوری داده محسوب می‌شود که در آن‌ها تماس مستقیم فیزیکی با اشیاء مورد اندازه‌گیری در حداقل ممکن نگه داشته می‌شود. این فناوری می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در خصوص مطالعات ساختاری از جمله استخراج خطواره‌ها، شناسایی زون‌های آلتراسیون، پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و ... در اختیار ما قرار دهد (Yetkin, 2003). اصل محوری در سنجش از دور این است که پدیده‌های زمینی از ویژگی‌های طیفی

منحصر به فردی برخوردارند که می‌توان با استناد به این ویژگی‌ها به شناسایی و مطالعه و تفکیک آن‌ها دست زد. در مقابل روش‌های زمینی که در آن‌ها عامل انسانی وظیفه تفسیر و برداشت را به عهده دارد و معمولاً در تماس مستقیم یا با فاصله کم از اشیاء انجام می‌شود، در سنجش از دور جمع‌آوری داده‌ها بر عهده سنجنده است (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹). سنجنده استر محصول مشترک آمریکا و ژاپن است که بر روی ماهواره ترا قرار دارد و در سال ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد. این سنجنده نسبت به سنجنده‌های چند طیفی قدیمی‌تر از توان تفکیک طیفی بالاتری برخوردار بوده و دارای توانایی بهتری برای تشخیص و شناسایی دگرسانی‌های گرمابی و تمایز واحدهای سنگ‌شناسی می‌باشد. سابقه شناسایی زون‌های آلتراسیون جهت پی‌جویی اکتشافات معدنی بر اساس Hellman et سنجنش از دور به دهه ۷۰ بر می‌گردد

گستره مطالعاتی در محدوده‌ای به مساحت حدود ۱۱۲ کیلومتر مربع با طول و عرض جغرافیایی $48^{\circ}51'50''$ تا $49^{\circ}00'00''$ و $37^{\circ}06'00''$ تا $37^{\circ}11'00''$ در محدوده سه استان گیلان، زنجان و اردبیل واقع شده است. روستای ماسوله در شمال شرق و روستای سیاوه‌رود در جنوب غرب از روستاهای مهم محدوده مورد مطالعه می‌باشند. بخش شمالی و شمال شرقی این محدوده از طریق راه‌های آسفالت‌ه رشت- فومن- ماسوله و راه‌های خاکی بین روستایی قابل دسترسی بوده و بخش‌های دیگر از طریق جاده آسفالت‌ه درام به سیاوه‌رود و راه‌های خاکی بین روستاهای آن قابل دسترسی می‌باشد (شکل ۱).

(al. 2004). از لحاظ تئوری این سنجنده انعطاف بیشتری برای شناسایی آلتراسیون‌های هیدروترمال دارد (Crosta et al. 2003). سنجنده استر اطلاعات منابع زمینی را در ۱۴ باند مجزا تهیه می‌کند (Yamaguchi et al. 2001). در محدوده سیاوه‌رود (شمال طارم) مطالعه تصاویر ماهواره‌ای به منظور تشخیص و تفکیک نواحی دگرسان شده، تشخیص و ترسیم شکستگی‌ها و گسل‌ها به منظور بررسی وضعیت ساختاری منطقه و تعیین نواحی امیدبخش به وسیله تلفیق نقشه زمین‌شناسی و داده‌های ماهواره‌ای صورت پذیرفت.

مشخصات عمومی منطقه



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (کادر مشکی)، (تهیه شده در مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتا شناسی، ۱۳۸۵)

ایران در زون البرز قرار می‌گیرد. استان گیلان متشکل از دو پهنه زمین ساختی رسوبی کوه‌های تالش و

زمین‌شناسی محدوده منطقه مورد مطالعه از لحاظ تقسیمات زمین‌ساختی

کنتاکت نرمال قرار گرفته است. لیتولوژی آن، شیل خاکستری تا سیاه، ماسه سنگ قهوه‌ای و کنگلومرا همراه با میان لایه‌های کربناته می‌باشد (درویش زاده، ۱۳۷۰).

مدل فلززایی و کانی‌سازی منطقه

تئوری‌های زایشی که به طور گسترده در اکتشاف مواد معدنی به کار می‌روند، شامل مدل‌های فلززایی و مدل‌های کانی‌سازی است. این دو مدل در مقیاس محلی و ناحیه‌ای پیدایش کانی‌سازی در بعد مکانی و زمانی را بر اساس تنوع لیتولوژیکی، نوع کانی‌های موجود و ساختارهای زمین‌شناختی پیش‌بینی می‌کنند. فلززایی آمیخته‌ای از علوم زمین است که قانونمندی طبیعی حاکم بر چگونگی تشکیل کانسارها را با بررسی فاکتورهای تکتونو- ماگمایی توزیع کننده کانی‌سازی در وسعت یک ایالت، کمربند و یا منطقه بررسی و در پیوند با زمین ساخت ورقه‌ای تفسیر صحیحی از تکامل سیستم‌های کانی‌زایی ارائه می‌کند. مدل کانی‌سازی به فرآیندهای تشکیل یک نهشته پرداخته و نیروهای فعال کننده، جابجاکننده و تمرکزدهنده عناصر را بررسی می‌کند. مدل‌های زایشی، پایه‌ای مفهومی برای پردازش داده‌های زمین‌شناسی- اکتشافی هستند و ممکن است بیش از چند مدل از آن‌ها به طور همزمان انتخاب گردند.

منطقه مطالعاتی حاضر در کمربند فلززایی طارم- هشتجین قرار گرفته است. این کمربند که به اعتقاد

دشت ساحلی است (آقاباتی، ۱۳۸۳). این محدوده بخشی از برگه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ماسوله است و در پهنه زمین‌ساختی رسوبی دشت ساحلی واقع شده است. سه واحد مهم زمین‌شناسی آن شامل:

واحد $(P_{ph,sh})$

این واحد با سن پالئوزوئیک بالایی، بخش قابل توجهی از رخنمون‌های سنگی محدوده را شامل شده و از لحاظ زمین‌شناسی از سکانس متامورف فیلیت‌اسلیتی، شیست، میکاشیست و بعضاً کوارتزیت تشکیل شده است. شیب عمومی محدوده که به نوعی شیب این واحد نیز می‌باشد، بین ۵۵ تا ۸۰ درجه به سمت شمال‌شرق می‌باشد و روند عمومی لیتولوژی محدوده شمال غرب- جنوب شرق است.

واحد $(Cp_{ml,cl})$

این واحد با سن پرمو- کربونیفر بر روی واحد $(P_{ph,sh})$ قرار گرفته است. این واحد به صورت نوار باریک با روند عمومی منطقه در بخش‌های مختلف تکرار شده و کنتاکت آن با واحد قدیمی غالباً گسله می‌باشد.

واحد (J_{sh}^s) (سازند شمشک)

این واحد مربوط به سازند شمشک با سن ژوراسیک بر روی واحد متامورف $(P_{ph,sh})$ غالباً با

(FCC) در جهت آشکارسازی واحدهای ساختاری، سنگی و مناطق دگرسانی، از ترکیب رنگی باندهای غیرمرئی تصاویری حاصل خواهد شد که رنگ طبیعی اجسام را نشان نمی‌دهند و می‌بایست با شناخت رفتار دقیقی که عوارض مختلف در باندهای مختلف دارند، آن‌ها را شناخت. با توجه به استفاده از باندهای موجود در محدوده مادون قرمز، از تلفیق این باندها با یکدیگر تصاویری با رنگ‌های کاذب حاصل می‌شود که این رنگ‌های کاذب قدرت تفکیک و آشکارسازی قوی‌تری نسبت به تصاویر واقعی اجسام در اختیار کاربر قرار می‌دهد از این رو به این تصاویر، تصاویر رنگی کاذب ترکیبی اطلاق می‌شود (False Color Composition).

سنجنده Aster در باندهای ۱ و ۳ دارای ضریب جذب عمده اکسیدهای آهن، در باندهای ۵ و ۶ دارای ضریب جذب هیدروکسیدهای آلومینیوم نظیر کانی‌های رسی، آلونیت و مسکوویت و در باند ۷ دارای ضریب جذب هیدرواکسیدهای آهن نظیر ژاروسیت و مسکوویت آهن‌دار و در باند ۸ دارای ضریب جذب عمده هیدروکسیدهای منیزیم نظیر کانی‌های کلریت، اپیدوت و کربنات‌ها (CO₃) می‌باشد. با ترکیب باندهای (RGB 7 4 3) می‌توان به تفکیک واحدهای چینه‌ای سنگ میزبان به رنگ تیره و واحدهای آتشفشانی دگرسان و آتره شده به رنگ سبز پرداخت (شکل ۲). هم‌چنین با ترکیب باندهای (۴۶۱) از تصاویر Aster نواحی با احتمال گویت و هماتیت به رنگ زرد متمایل به سبز فسفری دیده

بسیاری، جزئی از البرز باختری است از قزوین شروع و تا شمال میانه ادامه می‌یابد. سنگ‌های ائوسن آن ترکیب پتاسیک-سدیک و کالکوالکالن و توده‌های نفوذی آن گرانیتوئیدهای نوع I کردیلر هستند و توانسته‌اند دگرسانی‌های گسترده گرمابی همراه با کانی‌سازی سرب، روی، طلا، باریم، مس (در سنگ‌های آتشفشانی) و آهن (در سنگ‌های نفوذی) ایجاد کنند. این شواهد سنگ شناختی نشان دهنده‌ی یک کمان ماگمایی مرتبط با قوس‌های پس‌خوردی است (حسینی پاک و شجاعت، ۱۳۷۹). کمربند فلززایی طارم-هشتجین به دو منطقه فلززایی طارم و هشتجین تقسیم شده است.

بررسی‌های دور سنجی

در این محدوده با استفاده از داده‌های Aster مناطق دارای آلتراسیون شناسایی شدند و خطواره‌های منطقه نیز شناسایی شدند و با تلفیق این داده‌ها با داده‌های ژئوشیمی و مطالعات صحرایی می‌توان مناطق امید بخش را معرفی نمود.

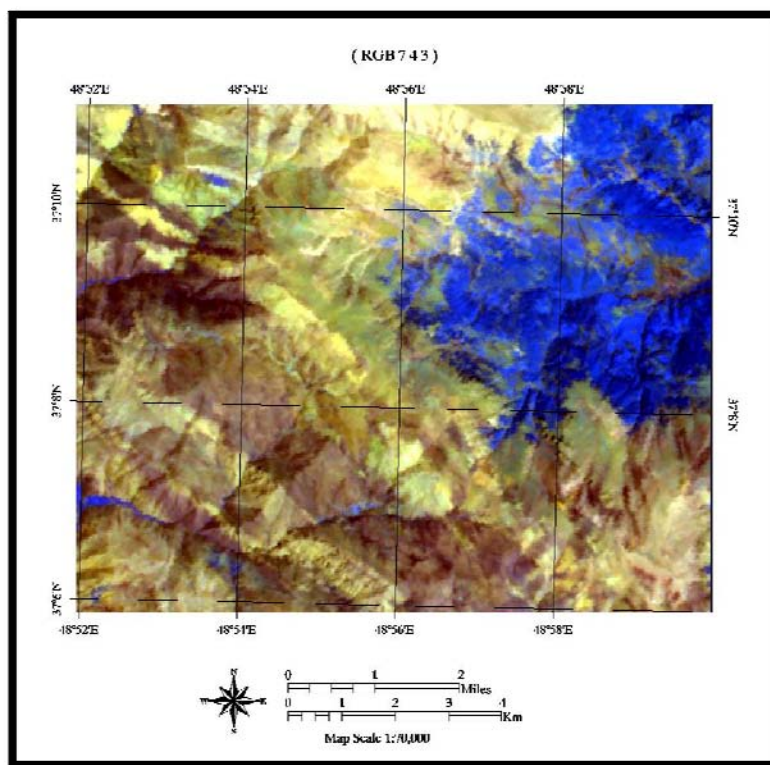
پردازش داده‌ها

در این محدوده از تلفیق باندهای و ایجاد تصاویر کاذب ترکیبی (FCC) و روش طیفی کانی‌ها استفاده شد.

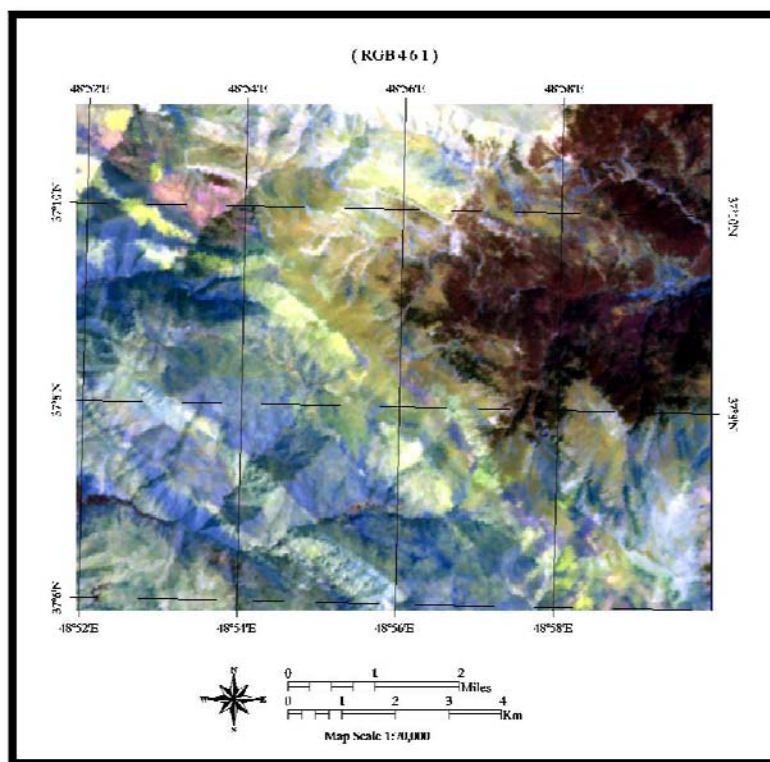
تلفیق باندهای و ایجاد تصاویر کاذب ترکیبی

با تلفیق باندهای و ایجاد تصاویر کاذب ترکیبی

می شوند (شکل ۳).



شکل ۲- تصویر Aster محدوده مورد مطالعه با ترکیب کاذب رنگی (RGB 7 4 3)، واحدهای آتزه با رنگ سبز

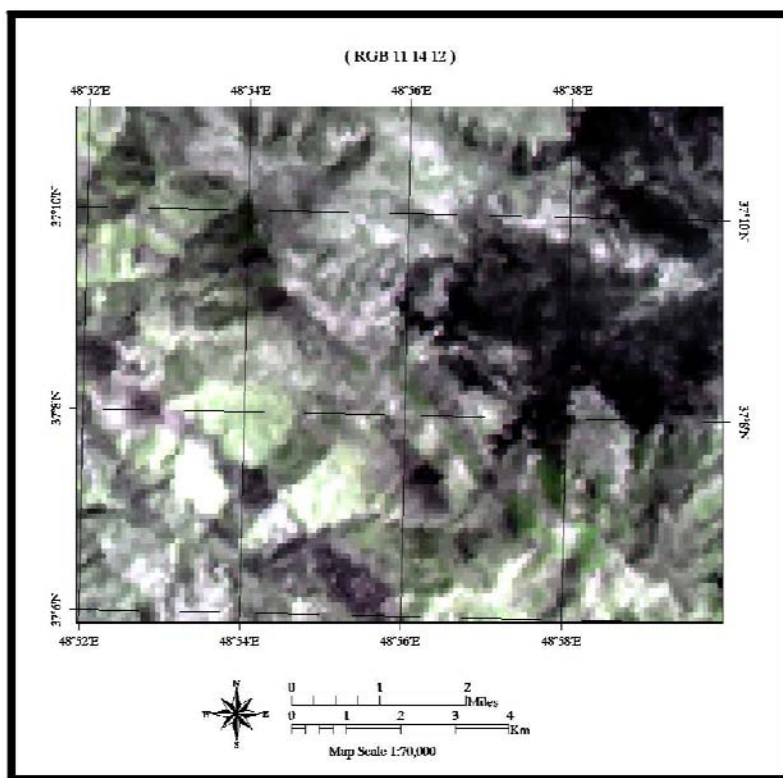


شکل ۳- تصویر Aster محدوده مورد مطالعه با ترکیب کاذب رنگی (RGB 4 6 1)، کانی های گوتیت و هماتیت با رنگ سبز فسفری

تفکیک زون‌های دگرسانی

تشخیص و تفکیک آلتراسیون پتاسیک آلتراسیون غنی از ارتوکلاز و میکروکلین عمدتاً در سنگ‌های آذرین حد واسط تا اسیدیک واقع می‌شود

و شامل مجموعه کانیاپی فلدسپار پتاسیم + سریسیت می‌باشد (شکل ۴). آلتراسیون پتاسیک توسط ترکیب بانندی (RGB 11 14 12) با رنگ سبز قابل تشخیص می‌باشد (Hitzman et al. 1992).

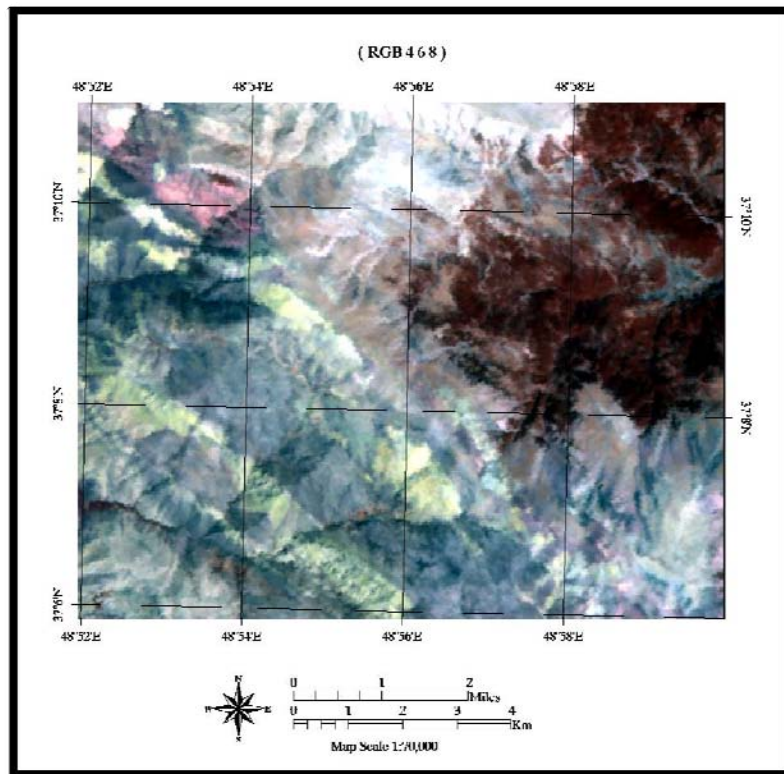


شکل ۴- تصویر Aster محدوده مورد مطالعه با ترکیب کاذب رنگی (RGB 11 14 12)، آلتراسیون پتاسیک با رنگ سبز

تشخیص و تفکیک آلتراسیون فیلیک

با مطالعه منحنی رفتار طیفی کانی‌های زون فیلیک جهت تعیین مناطق آلتراسیون، کانی‌های کائولینیت و میکای سفید در باند ۴ بیشترین انعکاس طیفی را

نسبت به باندهای ۶ و ۸ دارا می‌باشد (شکل ۵). این آلتراسیون با ترکیب بانندی (RGB 4 6 8) با رنگ صورتی تا زرد قابل تشخیص می‌باشد (Hitzman et al. 1992).



شکل ۵- تصویر Aster محدوده مورد مطالعه با ترکیب کاذب رنگی (RGB 4 6 8)، آلتراسیون فیلیک با رنگ صورتی تا زرد

خواص طیفی کانی‌ها

استفاده از خواص طیفی کانی‌ها جهت شناخت مناطق کانه‌زایی مختلف برای تهیه نقشه‌های دگرسانی گرمایی، استخراج لایه اطلاعاتی به صورت رقومی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دو روش صورت می‌پذیرد:

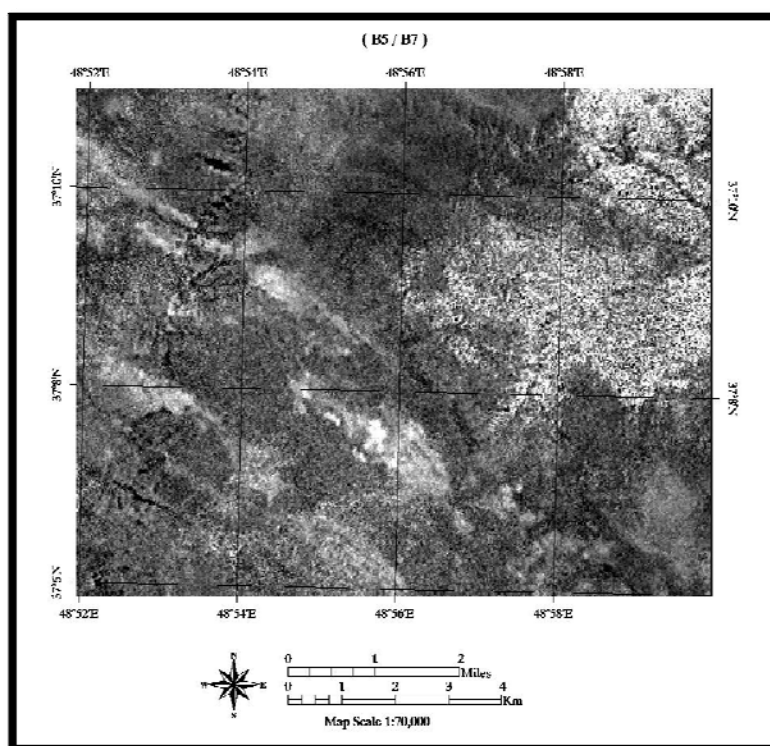
۱- روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی PCA (Principal Component Analysis).

۲- روش نسبتی یا عملیات نسبت‌گیری باندها (Bands Ratio).

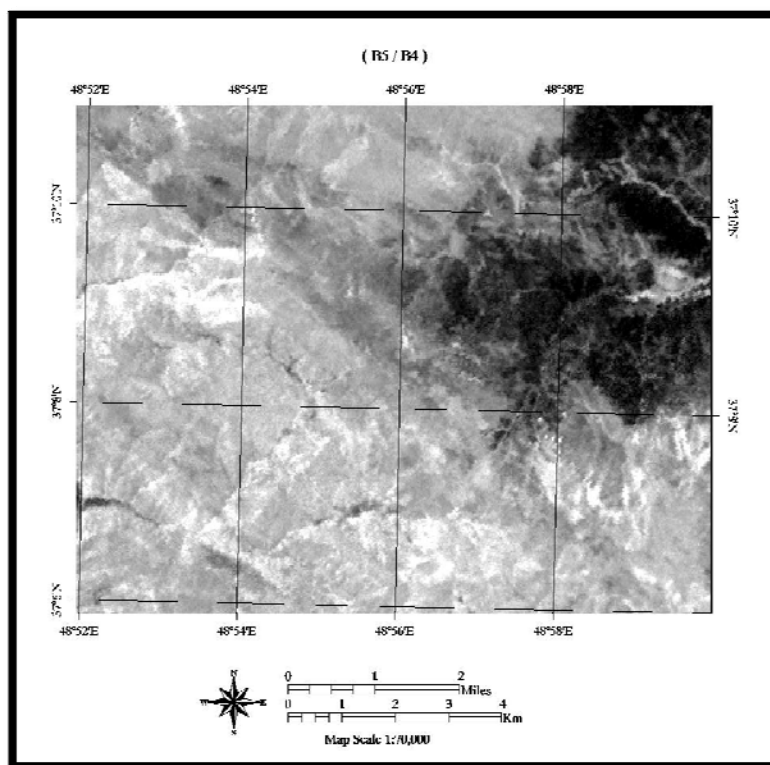
روش نسبت‌گیری بانندی (Band Ratio):

نسبت‌های بانندی هر کانی در یک یا چند طیف بیشترین و در یک یا چند طیف کمترین جذب امواج را به نمایش می‌گذارند، لذا با اعمال توابع جبری و استفاده از نسبت بازتابش به جذب امواج می‌توان برخی از کانی‌ها یا زون‌های دگرسانی را از دیگر مناطق متمایز نمود.

کانی‌های حاوی یون هیدروکسیل بازتاب زیادی در باند ۵ و جذب بالایی در باند ۷ دارند (شکل ۶). از نسبت باندهای ۵/۷ برای آشکارسازی کانی‌های هیدروکسیل استفاده می‌گردد (Kalinowski et al. 2004).



شکل ۶- تصویر نسبت بانندی b5/b7 برای آشکارسازی کانی‌های هیدروکسل

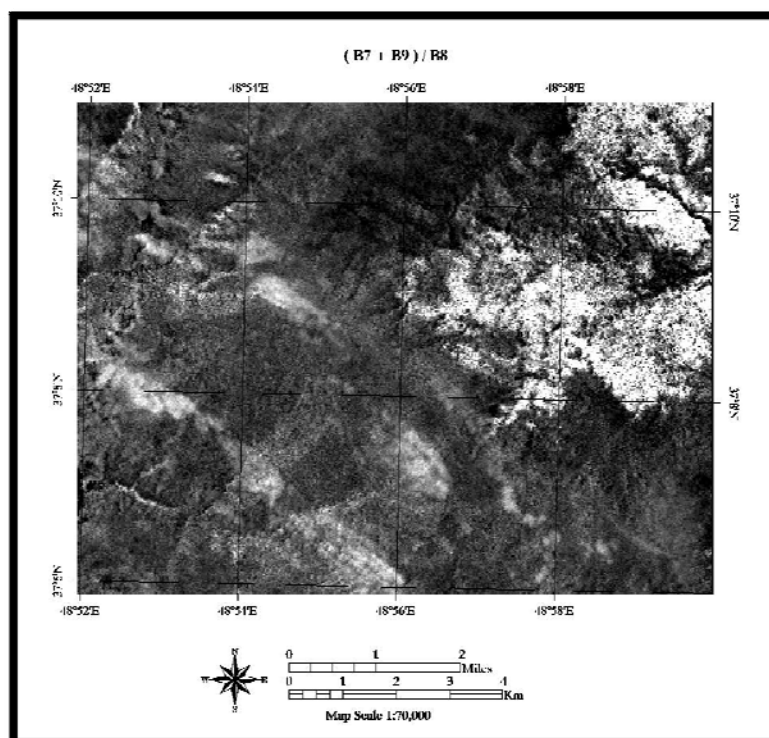


شکل ۷- تصویر نسبت بانندی b5/b4 جهت تعیین مناطق مستعد آلتراسیون پروپیلیتیک با رنگ سفید جهت تعیین مناطق با آلتراسیون پروپیلیتیک و کربناتی و هم چنین مجموعه کانی‌های کربنات، کلریت و اپیدوت از محاسبات بانندی ۸/(۷+۹) استفاده شد (Kalinowski et al. 2004).

آهن دار نظیر آمفیبول، کلریت و بیوتیت می باشند (شکل ۷).

لذا مناطقی با رنگ روشن، سفید تا خاکستری روشن، حائز این نوع دگرسانی و مجموعه کانیایی مذکور می باشد (شکل ۸).

با استفاده از نسبت باندهی ۵/۴ مناطقی که دارای رنگ روشن و سفید رنگ می باشند، نیز دارای غنی شدگی Fe^{2+} است و جزء مناطقی با آلتراسیون پروپیلیتیک و یا جزء سنگ های دگرسان نشده حدواسط تا بازیگ قرار گرفته اند. Kalinowski et al. (2004). عمده این سنگ ها سرشار از کانی های تیره ی



شکل ۸- تصویر محاسبات باندهی b7+b9/b8 جهت تعیین مناطق مستعد آلتراسیون پروپیلیتیک و کربناتی

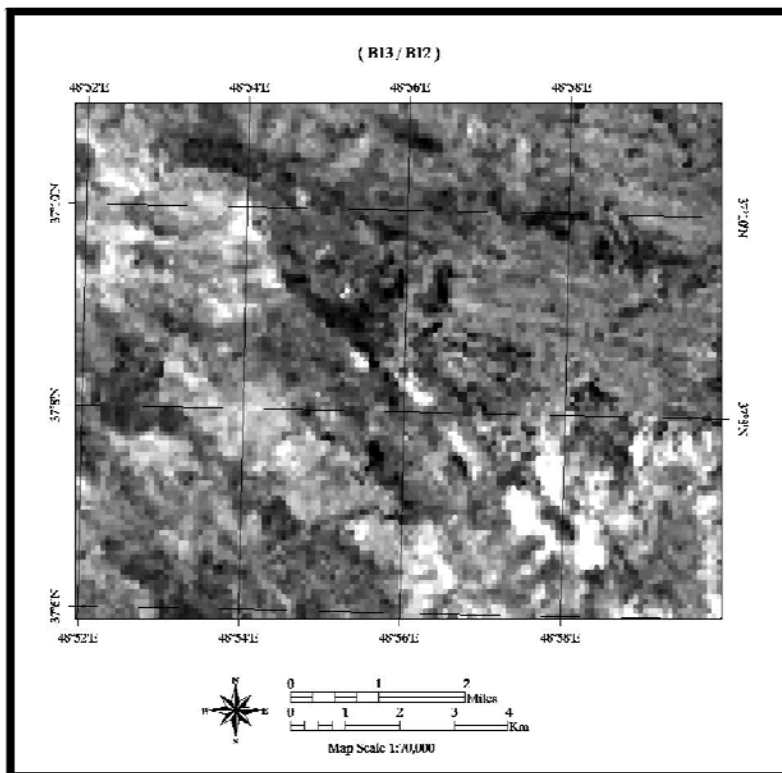
در باند ۱۳ تمام سنگ های دارای رگه سیلیسی بیشترین انعکاس و در باند ۱۲ بیشترین جذب طیف موج را دارا می باشند (شکل ۹)، لذا در نسبت باندهی ۱۳/۱۲ مناطقی که دارای رنگ سفید روشن می باشند، نشانگر آلتراسیون سیلیسیک می باشد Kalinowski et al. (2004).

برای تعیین انواع و اقسام آلتراسیون سیلیسی، از نسبت های باندهی مختلف استفاده می شود زیرا سیلیس در آلتراسیون نوع سیلیسی به علت تأثیر سیال گرمایی در سنگ با دو فرآیند افزایش می یابد:

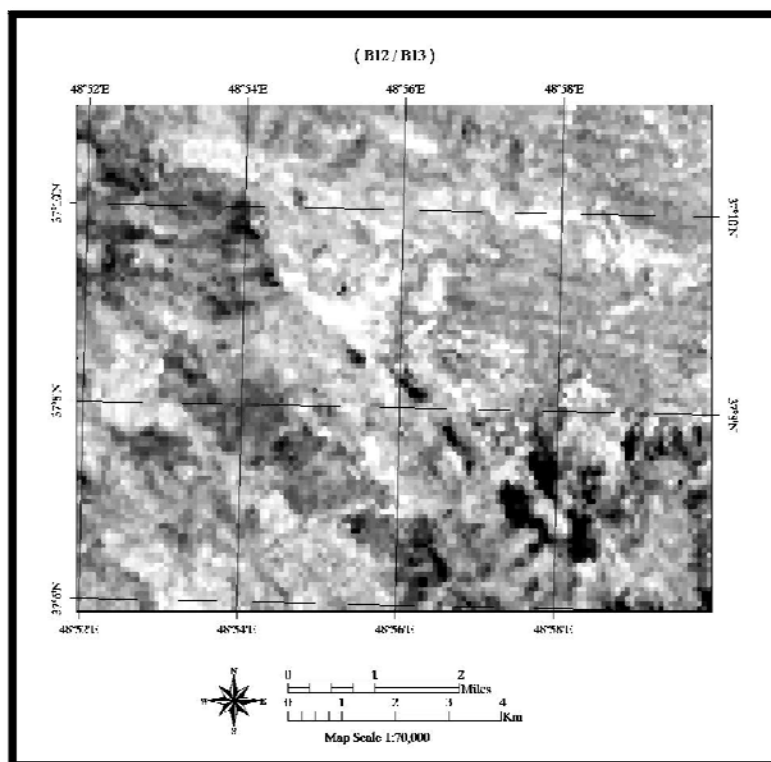
- اضافه شدن توسط محلول ماگمایی

- بالا رفتن سیلیس به دلیل انحلال مواد دیگر سنگ

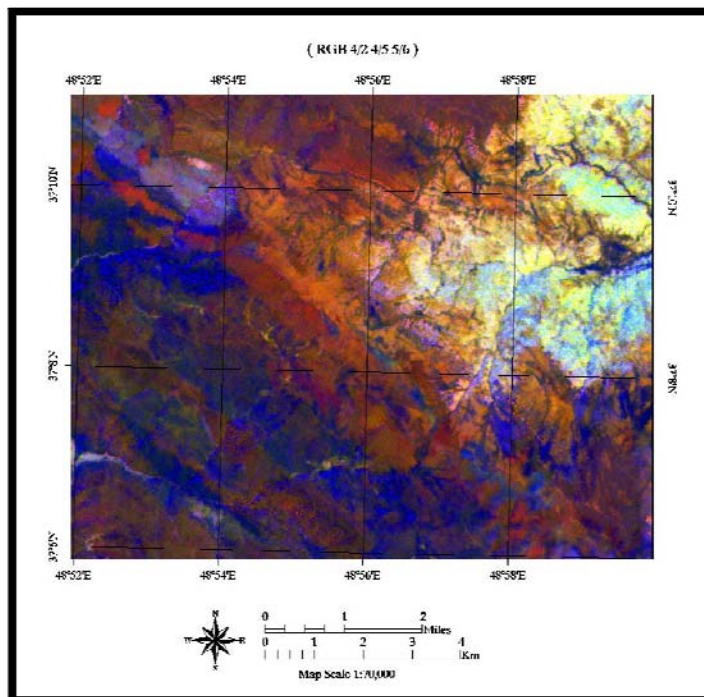
(کریم پور و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۹- نسبت بانندی b13/b12 مناطق دارای آلتراسیون سیلیسیک با رنگ سفید



شکل ۱۰- نسبت بانندی b12/b13 مناطق دارای آلتراسیون سیلیسی با رنگ سیاه



شکل ۱۱- تصویر کاذب رنگی (RGB 4/2 4/5 5/6) مناطق مستعد آلتراسیون با رنگ آبی و توزیع اکسید آهن با رنگ قرمز

اثرات ناخواسته استفاده شود (علوی پناه، ۱۳۸۲).
 بعضی از کانی‌ها و سنگ‌ها در واحدهای سنگی در برابر امواج الکترومغناطیسی دارای بازتاب کلی و یا جذب کلی هستند. با مطالعه رفتار کانی‌ها در برابر امواج الکترومغناطیسی و ترسیم نمودار طول موج در مقابل طیف انعکاسی، کانی‌های مختلف مشخص می‌گردند. تحلیل مؤلفه‌های اصلی از جمله روش‌های بارزسازی تصاویر است که از آن جهت نمایش حداکثر تفکیک‌پذیری طیفی استفاده می‌شود. این روش n مؤلفه اصلی یا بردارهایی در فضای n بعدی که در امتداد و جهات بیشترین واریانس باقی مانده آرایش یافته‌اند را ایجاد می‌نماید اولین مؤلفه اصلی، برداری است که در جهت بیشترین واریانس

در نسبت باندهای ۱۲/۱۳ مناطق نام برده به رنگ خاکستری تیره تاسیاه آشکارسازی می‌شوند (شکل ۱۰)، (Green et al. 1985). هم‌چنین با استفاده از (RGB ۴/۲ و ۴/۵ و ۵/۶) مناطق دارای رنگ سبز متمایل به آبی نشانگر مناطق آلتراسیون و مناطقی که دارای رنگ قرمز هستند نشانگر مناطق توزیع اکسید آهن به صورت عمومی می‌باشد (شکل ۱۱)، (Kalinowski et al. 2004).

روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی PCA (Principal Component Analysis):

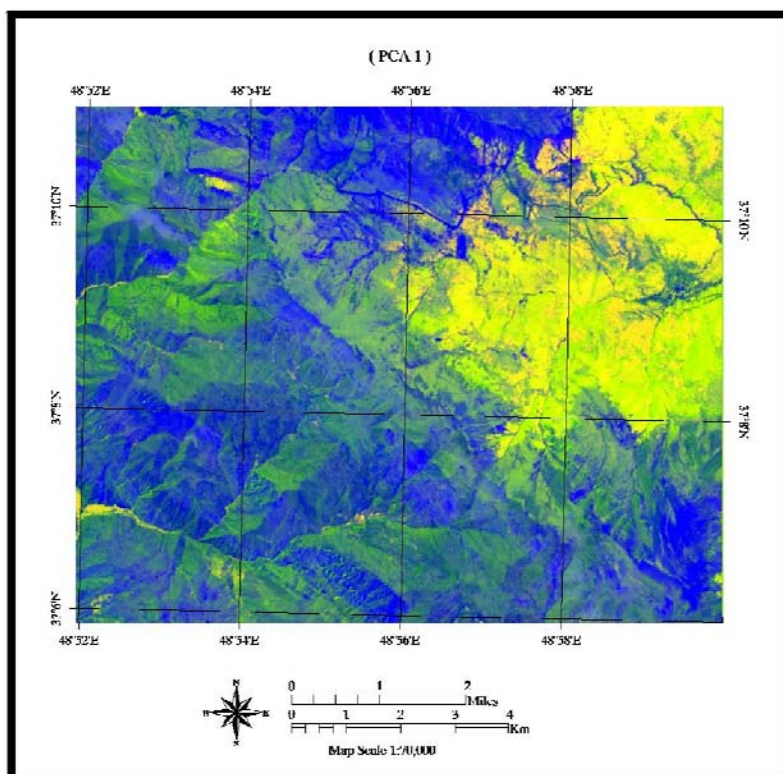
روش PCA تکنیک آماری قدرتمندی است که می‌تواند برای فشرده‌سازی تصاویر و از بین بردن

(1987).

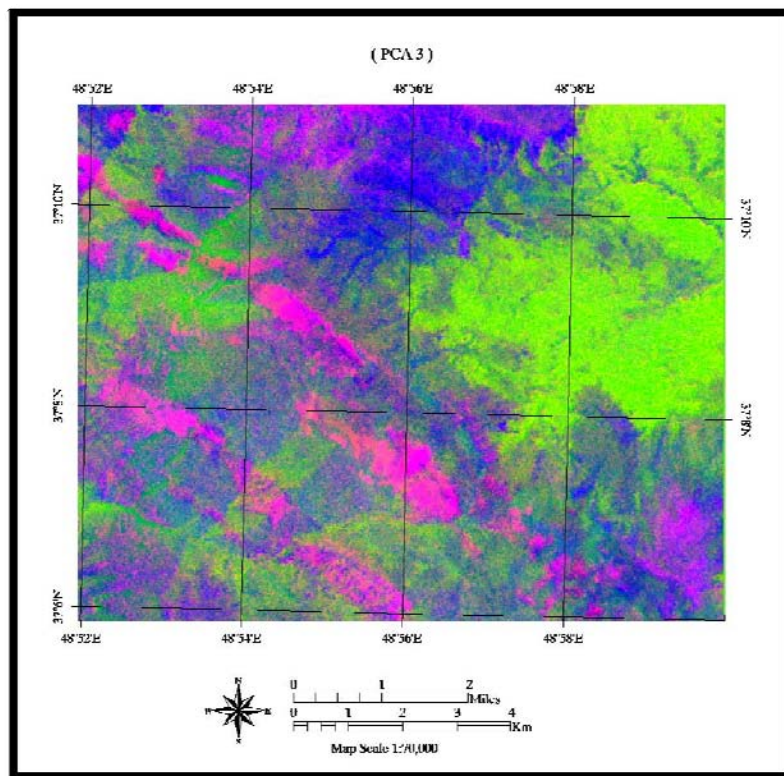
برای دگرسانی اکسیدهای آهن از ترکیب باندهای
 R: (3-1), G:PC2(3,1),B:PC4(1,3,4,5)
 استفاده شد و این مناطق به رنگ زرد و سبز مایل
 به زرد مشخص شدند (شکل ۱۲).

با استفاده از PCA(5,7) و ایجاد یک ترکیب رنگی
 کاذب R: (5-7), G: PC2(5,7), B: PC4(1,4,5,7)
 مناطقی که دارای رنگ زرد طلایی تا سبز روشن
 هستند قابل تفکیک‌اند و می‌توانند، مناطق دارای
 دگرسانی آرژیلیک را از دیگر مناطق تفکیک کنند
 (شکل ۱۳).

پیکسل‌های تصویر قرار دارد. دومین مؤلفه اصلی که
 در فضای n بعدی بر مؤلفه اصلی اول عمود می‌باشد،
 برداری است که در راستای بیشترین واریانس باقی
 مانده پس از اعمال اولین مؤلفه اصلی بر جای مانده را
 به خود اختصاص می‌دهد. هر یک از مؤلفه‌های اصلی
 بعدی که بر مؤلفه‌های دیگر عمود می‌باشند، بیشترین
 واریانس باقی مانده را که با افزایش مرتبه مؤلفه اصلی
 کاهش می‌یابد می‌پذیرد (Vincent, 1997). این محیط
 امکان ایجاد فضای سه بعدی برای باندهای مورد نظر
 را فراهم می‌کند و تمام نقاط مشترک باندهای انتخابی
 را حذف و تنها اختلافات را نشان می‌دهد Sabins,



شکل ۱۲- مناطق مستعد دگرسانی اکسیدهای آهن با رنگ زرد و سبز مایل به زرد



شکل ۱۳- مناطق مستعد دگرسانی آرژیلیک با رنگ زرد طلایی تا سبز روشن

مطالعات ژئوشیمیایی در محدوده مورد نظر

در عملیات اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای، نظر به وسعت محدوده‌ی تحت پوشش، هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه مورد بررسی قرار می‌گیرند. یکی از محیط‌های تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ محیط رسوبات رودخانه‌ای است. در برگه‌ی ۱:۲۵۰۰۰ سیاوه‌رود جهت بررسی رفتار ژئوشیمیایی عناصر از روش نمونه برداری رسوبات آبراهه‌ای و کانی‌سنگین به طور هم زمان استفاده گردید. پس از آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی و پردازش آن، محدوده‌های دارای آنومالی ژئوشیمیایی مشخص می‌گردد. در این محدوده ۷۰ نمونه‌ی ژئوشیمی آبراهه‌ای و ۵۰ نمونه‌ی کانی‌سنگین برداشت گردید. این

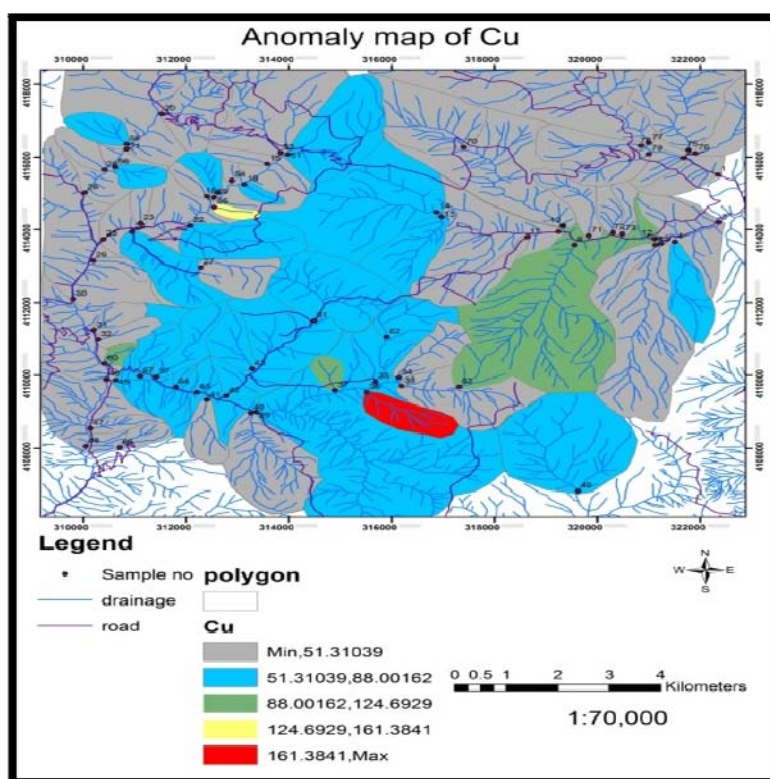
نمونه‌ها برای چهل و سه عنصر Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Sn, Sr, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr مورد آنالیز قرار گرفتند.

پردازش داده‌های ژئوشیمیایی

تخمین مقادیر سنسورد: مقادیر غیر عددی محاسبه و ۱۶ عنصر حذف و ۱۰ عنصر با روش جایگزینی ساده، جایگزین شدند. در ادامه برای مقادیر خارج از رده از روش دورفل استفاده شد و ۶ عنصر شناسایی و جایگزین شدند.

نرمال‌سازی: در این محدوده برای نزدیک ساختن توزیع داده‌ها به نرمال از تبدیل لگاریتمی در پایه

نپرین (Ln) استفاده شده است و در نهایت نقشه‌های آنومالی منطقه ترسیم و مناطق آنومال مشخص شدند و سه عنصر آهن، مس و سرب آنومالی شاخصی را نشان دادند که نقشه‌ی آنومالی مس (شکل ۱۴) آورده شده است.



شکل ۱۴- نقشه‌ی آنومالی مس در محدوده مورد نظر

بررسی بیشتری می‌باشد.

نقشه دگرسانی نهایی منطقه

دگرسانی‌ها کلیدی برای اکتشاف کانسارها و تعیین مناطق مستعد کانه‌زایی می‌باشند، با تلفیق نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای و نتایج مطالعات ژئوشیمی می‌توان نواحی امیدبخش را معرفی نمود.

نتایج با ارزشی که از بکارگیری اطلاعات سنجش از دور و تلفیق آن‌ها با ویژگی‌های زمین‌شناسی،

در مطالعات کانی سنگین از روش نقشه‌های نمادین (Symbol Map) استفاده شد. در این روش مقادیر موجود برای هر کانی با نشانه‌های خاص که برای محدوده‌های دارای مقداری خاص به کار می‌رود، نمایش داده می‌شود. در مطالعات کانی سنگین وجود ذرات طلا در چهار نمونه مشاهده شده است در نمونه‌های ۱۲ و ۴۶ دو ذره در نمونه‌ی ۷۴، یک ذره و در نمونه‌ی ۵۹، پنج ذره که این نمونه به دلیل قرار گرفتن در محدوده‌ی دگرسانی آرژیلیک نیازمند

اکسید آهن می‌باشد. در ترانسه بعدی کانی‌های کلسیت، دولومیت، کواتز، آنکریت، منیزیت، آلونیت و کائولینیت مورد شناسایی قرار گرفت، که نشانگر آلتراسیون آرژیلیک می‌باشد. هم چنین در ترانسه‌ی دیگری کانی‌های دولومیت، کلسیت، کواتز، آلیت، کلینکلر، آنکریت، مسکوویت، پیریت و فلدسپات پتاسیم مورد شناسایی قرار گرفت، که نشانگر آلتراسیون پتاسیک و سربستیک در محل می‌باشد.

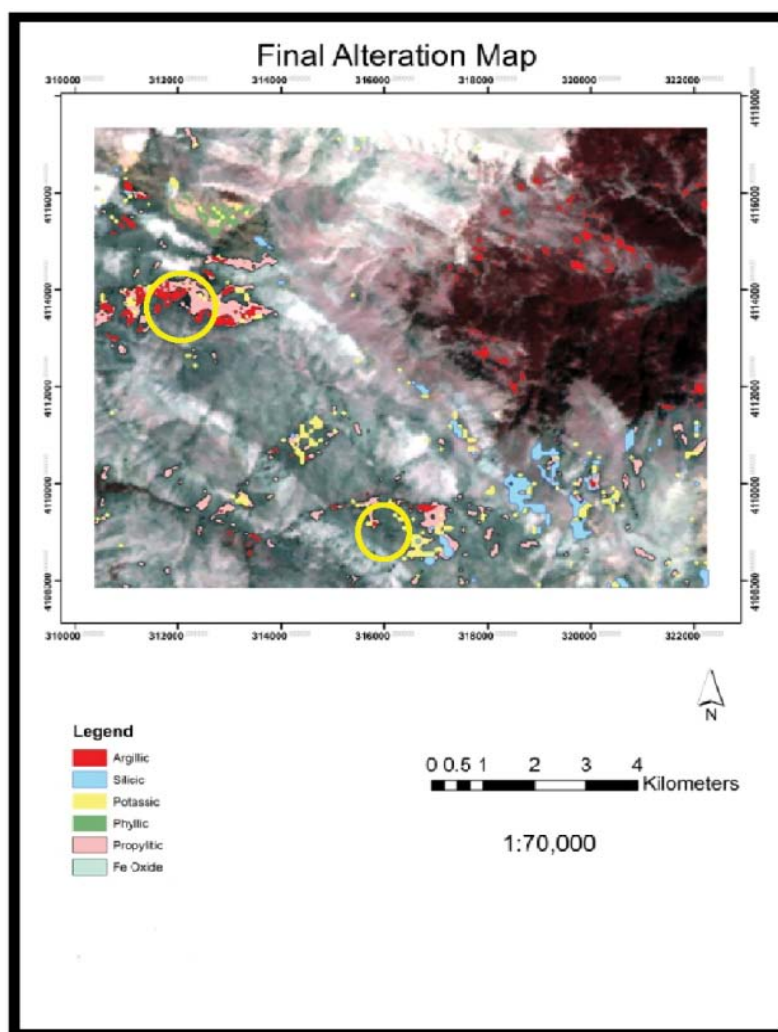
نقشه دگرسانی‌های نهایی منطقه (شکل ۱۵) نشان می‌دهد که دگرسانی پروپیلیتیک در قسمت‌های شمال غربی و بخش‌های جنوبی منطقه پراکندگی دارد و جهت کانه‌زایی مس و آهن قابل تأمل می‌باشد که در مطالعات ژئوشیمی در این دو بخش آنومالی آهن و مس وجود دارد و هم‌چنین مطالعات XRD وجود کانی‌های آهن‌دار هماتیت و گوتیت را تأیید می‌کند.

آلتراسیون پتاسیک نیز در این بخش‌ها مشاهده می‌شود که مؤید کانه‌زایی مس است، آلتراسیون آرژیلیک بیشتر در بخش‌های شمال غربی قابل رؤیت است و با توجه به اینکه در مطالعات کانی سنگین ذرات طلا وجود داشته جهت کانی‌سازی طلا قابل بررسی بیشتری است که برای اطمینان بیشتر نیازمند نمونه‌برداری بیشتری می‌باشد، هوازدگی اکسیدهای آهن نیز بیشتر در بخش‌های جنوبی منطقه وجود دارد و با نتایج به دست آمده از مطالعات ژئوشیمی مطابقت دارد.

دگرسانی و ژئوشیمیایی در سال‌های اخیر به دست آمده است، اهمیت استفاده از این گونه روش‌ها را در شناسایی و معرفی مناطق مستعد به لحاظ تشکیل ذخایر غیرفلزی و فلزی را در کمترین زمان ممکن بیش از پیش آشکار ساخته است.

همه دگرسانی‌ها با کانه‌سازی همراه نیستند ولی حضور سنگ‌های دگرسان نشانه با ارزش کانی‌سازی احتمالی است. گاهی نیز ممکن است دگرسانی همراه کانی‌سازی باشد، ولی به دلیل ابعاد کوچک آن در مقایسه با اندازه پیکسل‌های تصویر (کانی‌سازی‌های رگه‌ای)، نتوان حضور کانی‌های دگرسانی همراه آن‌ها را نقشه‌برداری کرد. واقعیت این است که داده‌های اکتشافی از هر نوع و دقتی که باشند نمی‌توانند جایگزین مشاهده مستقیم پدیده‌های زمین‌شناسی شوند.

ممکن است در بعضی مناطق معرفی شده، کانی‌سازی وجود نداشته و یا از اهمیت کمی برخوردار باشند بنابراین لازم است برای صحت نتایج به دست آمده، این نتایج با مشاهدات صحرائی مقایسه شود تا از میزان خطا کاسته شود. در این محدوده شش ترانسه زده شد و حدود ۱۷ نمونه جهت مطالعات کانی شناسی انتخاب و به روش XRD مورد مطالعه قرار گرفت، در یکی از ترانسه‌ها کانی‌های کلسیت، کواتز، گوتیت، هماتیت و کائولینیت مورد شناسایی قرار گرفت که نشانگر آلتراسیون آرژیلیک و



شکل ۱۵- نقشه دگرسانی‌های نهایی

مطالعه و ترسیم خطواره‌ها

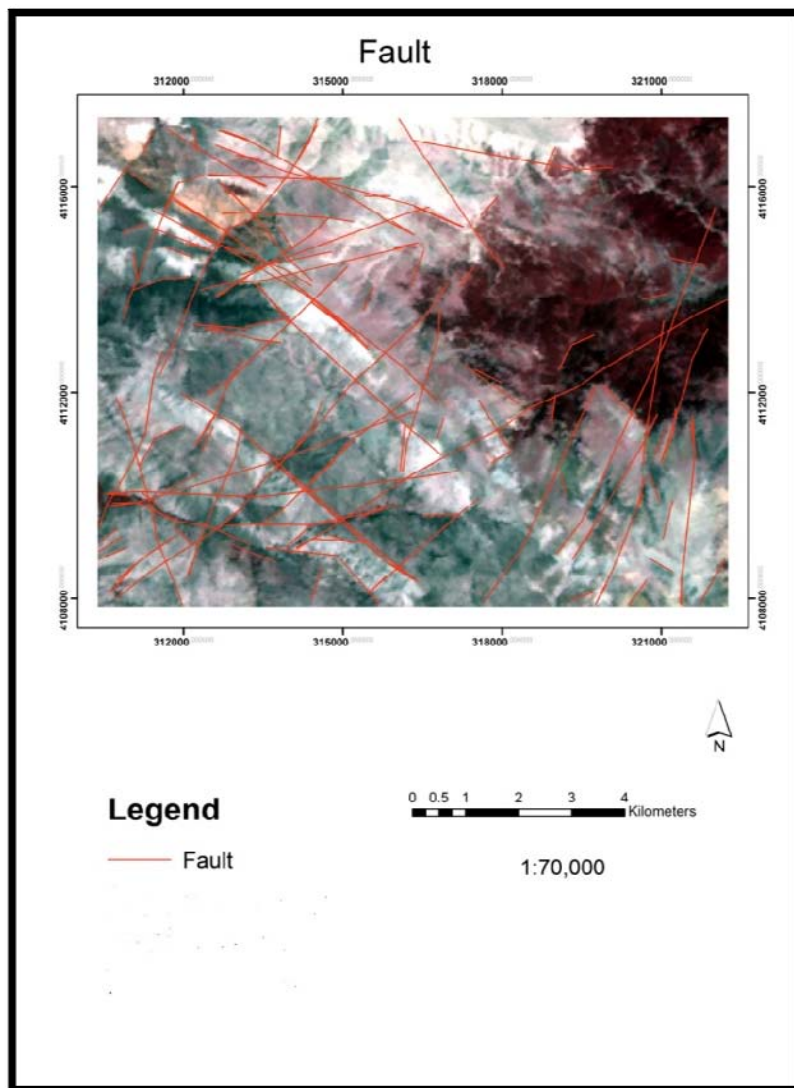
ساختارهای تکتونیکی از جمله گسل‌ها در تشکیل و اکتشاف ذخایر معدنی نقش مهمی دارند. گسل‌های موجود در تصاویر ماهواره‌ای الزاماً در نقشه‌های زمین‌شناسی قابل مشاهده نیستند چرا که گسل‌های نقشه‌های زمین‌شناسی از روی عکس‌های هوایی سیاه و سفید به دست می‌آیند در حالی که این گسل‌ها در عکس‌های ماهواره‌ای شامل چندین گسل مختلف می‌باشند.

برای شناسایی و تشخیص گسل‌های منطقه به روش اتوماتیک، باندهای انتخاب می‌کنیم که کمترین آثار اتمسفری را داشته باشد، معمولاً باندهایی کمترین تأثیرات را دارند که بیشترین طول موج را داشته باشند. بنابراین از باند ۳ و ۹ تصاویر Aster به دلیل رزولوشن مکانی بالا و کمترین تأثیر اتمسفری استفاده می‌کنیم. به این ترتیب خطواره‌های کوچک و بزرگ منطقه ترسیم گردید (شکل ۱۶).

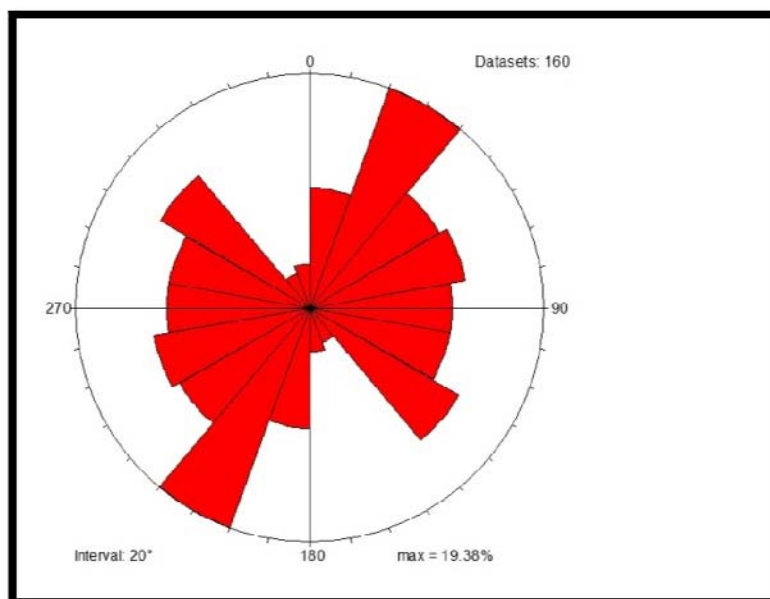
خطواره‌های موجود در منطقه به طور کلی شمال شرق - جنوب غرب است.

با توجه به تصویر، روند غالب خطواره‌ها شمال شرقی - جنوب غربی است (N020 تا N040 و N200 تا N220)، در ضمن یک حداکثر دیگر در امتداد N130 وجود دارد.

رسم ساختارهای هر منطقه در محدوده مطالعاتی حرکتی بزرگ در جهت رسیدن به محدوده‌های کانی‌سازی است زیرا که بسیاری از ساختارهای تکتونیکی در جهت شناسائی و اکتشاف مواد معدنی و کانسارها کمک مؤثری می‌باشند. دیاگرام گل سرخی (شکل ۱۷) حاصله از اندازه گیری درزه‌ها، نشان می‌دهد که ماکزیمم روند محوری ساختارها و



شکل ۱۶- تصویر خطواره‌های منطقه



شکل ۱۷- تصویر نمودار گل سرخی

نتیجه‌گیری

در محدوده سیاوه‌رود (شمال طارم) دگرسانی‌های آرژیلیک با کانی‌های آلونیت، پیروفیلیت و کائولینیت مشخص است. این دگرسانی وجود سولفید بالای محلول و توده کانساری همراه را نشان می‌دهد و با آنالیز XRD مشخص شده است که میزان کانی آلونیت در این دگرسانی بیشتر است. وسعت کافی این دگرسانی می‌تواند عامل کلیدی در اکتشاف طلای اپی ترمال سولفید بالا باشد.

دگرسانی سریسیتی با کانی‌های سریسیت، مسکوویت، ایلیت و کوارتز مشخص است، کانی‌های سریسیتی در بخش‌های محدودی در ارتباط با فرآیندهای گرمایی بوده و نزدیک‌تر به کانی‌سازی احتمالی هستند.

دگرسانی پتاسیک با شاخص فلدسپات پتاسیم، دولومیت، کلسیت، کوارتز، آلبیت، مسکوویت می‌تواند

در اثر تبدیل دگرسانی سریسیتی ایجاد شود (در اثر فشار و دمای زیاد و افزایش یون پتاسیم در محیط، کانی سریسیت به ارتوز تبدیل می‌شود).

دگرسانی سیلیسیک با واحدهای رسوبی - دگرگونی کوارتزی در ارتباط است و به دلیل همراهی با سایر دگرسانی‌ها می‌تواند مرتبط با کانی‌سازی باشد.

هوازدگی اکسید آهن باعث تبدیل کانی‌های اولیه آهن دار (پیریت و کالکوپیریت) و تبدیل آن‌ها به کانی‌های ثانویه (هماتیت و گوتیت) شده است و در بخش‌های جنوب غربی مرتبط با فرآیندهای کانی‌سازی است.

مطالعات ژئوشیمیایی نیز حضور کانی‌های مس و آهن را نشان می‌دهد و احتمال کانی‌سازی طلا با توجه به ذرات آن در کانی سنگین نیاز به بررسی بیشتری دارد.

منابع

- Sabins, F. F., 1999, Remote sensing for mineral exploration, *Ore Geology Reviews*, vol14,p.157-183
- Vincent, R. K., 1997, *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing*. Geographic Information Science, 366 p.
- Yamaguchi, Y., Fujisada, H., Kahle, A., Tsu, H., Kato, M., Watanabe, H., Sato, I., and Kudoh, M., 2001. 'ASTER Instrument performance, operation status, and application to earth Sciences.' IEEE 2001 International Geoscience and remote sensing Symposium (IGARSS), 9-13 July. 2 pp.
- Yetkin, E., 2003 Alteration mapping by remote sensing application to Hasandag-Melindiz volcanic complex, MSc thesis, the Middle East Technical University, Turkey.
- اطلس گیتا شناسی استان‌های ایران، ۱۳۸۵، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی.
- آقا نباتی، س.ع، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۰۷ صفحه.
- حسینی پاک، ع. آ. و شجاعت، ب.، ۱۳۷۹، مدل‌سازی کانسارهای فلزی و غیرفلزی و کاربرد اکتشافی آن، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۱۲ صفحه.
- درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰، زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیر کبیر، ۹۰۸ صفحه.
- علوی پناه، ک.، ۱۳۸۲، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۸ صفحه.
- فاطمی، س. ب. و رضایی، ی.، ۱۳۸۹، مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، ۲۶۸ صفحه.
- کریم پور، م. ح. و ملک زاده، آ. و حیدریان، م. ر.، ۱۳۸۹، اکتشاف ذخایر معدنی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۳۴ صفحه.
- Crosta, A. P., De souza filho, C., Azevedo, F., Brodie., 2003, Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis, *International journal of remote sensing*, vol 24, p.4233-4240.
- Green, A.A., Craig, M.D., 1985; Analysis of aircraft spectrometer data with logarithmic residuals. *Proceedings of AIS Workshop*, 8-10 April; JPL Publication,85(41),p.111-119.
- Hellman,M., Ramsey, M.S., 2004 Analysis of hot springs and associated deposits in Yellowstone national park using ASTER and AVIRIS remote sensing, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*,vol 135,p.195-219.
- Hitzman,M.W., Oreskes, N., Enaudi,M., 1992, Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide, *Precambrian Research*,vol58,p.241-287
- Kalinowski, A. and Oliver, S., 2004, ASTER Mineral Index Processing. Remote sensing Application Geoscience Australia. Australian Government Geoscience Website.