

## اکتشاف ناحیه ای طلا و عناصر همراه با استفاده از داده های دورسنجی در منطقه بستان آباد ( استان آذربایجان شرقی )

شیما عرق بیدی کاشانی<sup>۱</sup> و دکتر محمدرضا جعفری<sup>۲</sup>

### چکیده

منطقه مورد مطالعه در ۱۸ کیلومتری شمال شرق شهرستان بستان آباد ( استان آذربایجان شرقی ) واقع شده است. از دیدگاه ساختاری سنگ های ولکانیکی منطقه در کمربند ارومیه-دختر واقع شده است ، و گسل هایی با روند شمال غرب - جنوب شرق هم راستا با این سیستم مشاهده می گردند که با گسل های جوان تر با جهت یافتگی شمال شرق - جنوب غرب با تعدد بیشتری قطع شده اند. مطالعات انجام شده نشان می دهد که روند آلتراسیون های کائولینیتی همراه با رگه های سیلیسی و نیز پروپیلیتیک در منطقه هم راستا با گسل های شمال شرق - جنوب غرب می باشند. لذا گسل های با این روند می توانند به عنوان گسل های کنترل کننده محلول های هیدروترمالی حاوی کانی سازی مورد توجه بیشتری قرار گیرند. در این پروژه داده های استر ( B level ) تهیه و مورد پردازش و آنالیز طیفی برای تشخیص شدت و نوع آلتراسیون های آرژیلیکی، پروپیلیتی، اکسیدهای آهن و سیلیسی در رابطه با کانی سازی فلزی منطقه قرار گرفت. در تشخیص آلتراسیون های مختلف منطقه مورد مطالعه ، یکسری آنالیز طیفی مقدماتی برای تشخیص کانی های موجود واقع در کل منطقه نیز انجام پذیرفت. در پایان نتایج حاصل از آنالیز طیفی داده های ماهواره ای استر ( VNIR, SWIR, TIR ) با یکدیگر تلفیق و طی یک نقشه نهایی نشان دهنده ۴ منطقه امید بخش حاوی ۱۰ نقطه هدف اکتشاف ذخایر فلزی با ذکر اولویت معرفی گردید.

کلید واژه ها : بستان آباد، دورسنجی، داده های استر، آلتراسیون

## Regional exploration of gold and associated elements using remote sensing data in Bostan Abad region ( east Azarbaijan province)

Shima Araghbidi Kashani and Dr. Mohammad- Reza Jafari

### Abstract

The studied area is located at 18 kilometers north-east of Bostan Abad township (east Azarbaijan province). According to structural geology, volcanic rocks are situated in Oromieh-Dokhtar belt , and faults observe in same direction to this system with NW-SE trend that these are cut off with new faults with NE-SW trend. The results show that kaolinite alteration trend with silica and propylitic veins are same direction with NE-SW faults in this area. Therefore, these faults with these trends can be considered as the mineralization control for determination of the alterations. In this project aster data (B level) are provided and process and spectral analysis for recognizing intensity and kind of argillic , propylitic , iron oxide and silica alteration relation to metal mineralization of the area. For recognizing

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

different alterations of the study area , some primary spectral analysis have been done for recognizing minerals are present all over the area. Finally the result of aster data spectral analysis (VNIR,SWIR,TIR) compose together and introduce a final map that shows 4 promising areas containing 10 target for the continuation exploration programs.

**Keywords:** Bostan Abad, Remote sensing, Aster data, Alteration

## مقدمه:

### موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی

بستان آباد یکی از شهرستان های استان آذربایجان شرقی می باشد که از شمال به شهرستان هریس، از شرق به شهرستان های سراب و میانه ، از جنوب به شهرستان هشترود و از غرب به شهرستان تبریز محدود می گردد. این شهرستان در مسیر جاده ترانزیتی تبریز- تهران و تبریز- سراب- اردبیل واقع شده است. منطقه مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی ۳۲, ۵۸, ۳۷° شمالی و ۳۸, ۵۴, ۶° شرقی در ۱۸ کیلومتری شرق شهرستان بستان آباد و ۵۵ کیلومتری جنوب

شرق شهرستان تبریز قرار دارد. راههای ارتباطی ورقة بستان آباد جاده آسفالت تبریز- تهران است که از بخش غربی ورقة وارد و پس از طی عرض آن وارد ورقة قره چمن میگردد. در بستان آباد جاده آسفالت اردبیل از این راه منشعب و به طرف شمال ادامه پیدا می کند. راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه جاده آسفالت تبریز- بستان آباد- سراب می باشد. داخل محدوده نیز راههای فرعی خاکی ، شن و گریه و ستایی وجود دارد.



شکل ۱ : کروکی راه های دسترسی به منطقه ( اقتباس از اطلس

راه های ایران ، ۱۳۸۵ )

## چینه شناسی

در ورقة بستان آباد قدیمی ترین سنگ ها به سن کرتاسه بالایی در بخش شمال غربی رخنمون دارند. سنگ های رسوبی آذرآواری و آتشفشانی ترشیری بیشتر در بخش مرکزی و شمال شرقی و بالاخره بخش بزرگی از ورقة توسط فرآورده های آتشفشانی سهند به سن پلیوسن- پلیستوسن پوشانده شده است. توده هایی از گرانیت، گابرودیوریت، مونزوگرانیت، دیوریت با راستای شمال غرب- جنوب شرق در بخش مرکزی ناحیه شناسایی گردیده است. این توده ها بر اساس شواهد چینه شناسی سن تشریری دارند. مجموعه آتشفشانی نوار گونه در بخش شمال باختری ورقة در امتداد گسل شمال تبریز کشیده شده که به نام مجموعه آتشفشانی کرتاسه نام گذاری شده است. در منطقه مورد مطالعه سنگ های به سن میوسن و رسوبات کواترنری دیده می شود.

## زمین شناسی

### جایگاه زمین شناسی و متالورژی

منطقه مطالعاتی در زون البرز- آذربایجان قرار گرفته است. رشته کوههای البرز با روند تقریباً شرقی- غربی، بخشی از رشته جبال آلپ- هیمالیا است که در طی حرکات کوهزائی آلپ پایانی به صورت فعلی درآمده است. این کوهها از آذربایجان تا خراسان ادامه دارد. البرز غربی- آذربایجان شامل بخشی از البرز مرکزی و آذربایجان مرکزی و آذربایجان است به نحوی که مرز شمالی این واحد ساختمانی با زون گرگان- رشت و گسل البرز بوده و مرز جنوبی آن نیز گسل سمنان در نظر گرفته می شود.

## لیتولوژی

تیپ سنگها	واحد	سن
آبرفت های عهد حاضر، تراورتن	رسوبی	کواترنری
برش آتشفشانی، آندزیت میکرولیتی، خاکستر آتشفشانی، داسیت، آندزیت داسیتی، تراکی آندزیت، کنگلومرا	آذرین خروجی، رسوبی	پلیوسن- پلیستوسن
کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن، مارن های گچ دار، آهک، سیلت	رسوبی	میوسن
ریوداسیت، توف، آگلومرا، پیروکسن آندزیت. کنگلومرا، مارن، ماسه سنگ.	آذرین خروجی، رسوبی	الیگوسن
ایگنمبریت، توف، پیروکسن آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت اسپیلیتی، بازالت	آذرین خروجی	ائوسن
آهک، آهک مارنی، شیل های آهکی، کنگلومرا، ماسه سنگ	رسوبی	کرتاسه

جدول ۱: رخنمون های سنگی در برکه زمین شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ بستان آباد (بهریزی، ۱۳۷۶)

غرب- جنوب شرق هم راستا با این سیستم مشاهده می گردد. گسل های جوان تر با جهت یافتگی شمال شرق- جنوب غرب با تعداد بیشتری قطع شده اند.

### داده های ژئوشیمیایی

در این جا بخشی از طرح اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک که در محدوده برکه ۱:۱۰۰،۰۰۰ بستان آباد انجام پذیرفته آورده می شود. محدوده مورد مطالعه در برکه ۱/۵۰۰۰۰ بستان آباد واقع شده است.

### نمونه برداری

به طور کلی در اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای از رسوبات آبراهه ای نمونه برداری شده است. در پروژه حاضر علاوه بر بررسی های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای، برداشت نمونه های کانی سنگین و مینرالیزه و زون های آلتزه شده در برنامه قرار گرفته است زیرا چنین پدیده هایی ممکن است نسبت به بعضی از فلزات کانساری غنی شدگی نشان دهند و یا نشانه ای برای کانی سازی احتمالی باشند و از مقایسه آن ها می توان به نتایج مناسب تری دست یافت. سپس کلیه نمونه های

### لیتولوژی محدوده مورد مطالعه

کهن ترین واحدهای لیتولوژی موجود در منطقه ماسه سنگ، سیلت و مارن می باشد. سنگ های دوره میوسن مارن گچ دار، سیلت و کنگلومرا می باشد. پادگانه های آبرفتی، دشت های شنی و رسوبات جوان تر واحدهای کواترنر منطقه را تشکیل می دهند. شرح واحدهای لیتولوژی در منطقه به صورت زیر می باشد:

Qal : آبرفت ها و رسوبات عهد حاضر در مسیر

رودخانه

Qt2 : پادگانه های آبرفتی و دشت های شنی

Mcs2 : کنگلومرا و ماسه سنگ

Msm2 : ماسه سنگ، مارن، مارن های گچ دار،

سیلت و سنگ با اندکی گچ

Mml2 : مارن و آهک

Mss2 : ماسه سنگ، سیلت، سنگ و مارن

### تکتونیک محدوده مورد مطالعه

از دیدگاه ساختاری سنگ های ولکانیکی منطقه در کمربند اورمیه- دختر واقع شده است و گسل های با روند شمال

ژئوشیمیایی برداشت شده برای ۴۴ عنصر مورد آنالیز قرار گرفتند.

#### پردازش داده ها

ابتدا داده‌های حاصل از آنالیز شیمیایی رسوبات آبراه‌ای در یک بانک اطلاعاتی وارد گردید. علاوه بر داده‌های ژئوشیمیایی، شماره نمونه، اطلاعات لیتولوژی مربوط به سنگهای بالادست هر نمونه نیز در همان بانک ذخیره شده است. در مرحله بعدی برای هر کدام از جوامع سنگی تعیین شده بر اساس نقشه زمین شناسی این برکه که دارای بیش از ۷ نمونه بوده‌اند، و نیز جوامعی که از طریق آنالیز کلاستر تفکیک شده‌اند ضرایب غنی شدگی محاسبه گردید و در نهایت جامعه کلی ضرایب غنی شدگی از اختلاط جوامع مذکور تشکیل شد و این جامعه کلی برای انجام عملیات آماری و رسم نقشه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

#### کنترل آنومالیهای ژئوشیمیایی

در بررسیهای اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای که به منظور کشف هاله‌های ثانوی کانسارهای احتمالی انجام می پذیرد، معمولاً ابتدا منطقه وسیعی تحت پوشش اکتشاف ژئوشیمیایی قرار می‌گیرد. این عملیات منجر به کشف آنومالیهای ظاهری موجود در محیطهای ثانوی (رسوبات آبراه‌ای) می‌گردد. از آنجا که در روشهای ژئوشیمیایی هر عنصر مستقیماً مورد اندازه گیری قرار می‌گیرد، توجهی به فاز پیدایش آن نمی‌شود از این رو هاله‌های ثانوی کشف شده نمی‌توانند همیشه معرف کانی سازی باشند. بنابراین برای تشخیص آنومالی های واقعی که در ارتباط با پدیده های کانی سازی بوده و دارای مولفه ای ژنتیک قابل ملاحظه ای می باشند ، از مولفه های دیگر که معمولاً در ارتباط با پدیده های سنگ زایی هستند ، باید به کنترل آن ها پرداخت. در بین روش های مختلف ، مطالعات کانی سنگین به عنوان روشی که در آن فاز پیدایش یک عنصر مورد مطالعه قرار می گیرد ، می تواند مفید واقع شود.

مطالعه تغییرپذیری دانسیته گسلها و امتداد آنها

از آنجا که در تشکیل بسیاری از کانسارها، سیالات کانه ساز نقش اساسی دارند و برای حرکت آنها نیاز به کانالهایی در ابعاد مختلف می‌باشد، لذا مطالعه زونهای شکسته شده و مقایسه نقشه توزیع آنومالی‌های ژئوشیمیایی و کانی سنگین با نقشه توزیع شکستگی‌ها می‌تواند در ارزیابی آنومالیها مفید واقع شود. از آنجا که در بررسیهای اکتشافی ناحیه‌ای در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ اندازه گیری شکستگی‌ها امکان پذیر نیست، لذا توصیه شده است تا از طریق مطالعه دانسیته گسلها به محدوده زونهایی که احتمال توسعه سیستم شکستگی‌ها در آنها بیشتر است دست یافت.

#### نتیجه مطالعات ژئوشیمیایی

از بررسی های ژئوشیمیایی اکتشافی و کانی سنگین در برکه ۱۰۰۰۰۰ : ۱ بستان آباد نتایج زیر بدست آمد: پتانسیل کانی سازی در این برکه عمدتاً محدود به عناصر  $As, Cu, Mn, Ba, Zn$  می‌باشد. تیپ کانسار محتمل در محدوده‌های امیدبخش شامل تیپ رگه پلی متالیک می‌باشد (مهندسین مشاور کاوشگران، ۱۳۸۳).

#### ۵- داده های ژئوفیزیک هوایی

داده های مغناطیسی برای شناخت بهتر ساختارهای زمین شناسی و نیز آگاهی از تغییرات لیتولوژیکی در مناطق فاقد بیرون زدگی و ارتباط بهتر آنها در مناطقی که کمی بیرون زدگی دارند بکار برده می شود. به کمک داده های مغناطیسی می توان اطلاعات مهمی درمورد گسلها بویژه گسلهای مدفونی که درروی زمین قابل رؤیت نیستند بدست آورد که این اطلاعات بسیار حائز اهمیت هستند زیرا اولاً گسلها محیط های بسیار مناسب برای جابجایی محلولهای کانی ساز وتشکیل دهنده کانسار بوده و ثانیاً از عوامل اصلی ایجاد کننده زلزله هستند. همین طور موقعیت توده های نفوذی مدفونی را که با دید مستقیم یا عکس هوایی قابل رویت نبوده ولی در بسیاری از پدیده های زمین شناسی ( نظیر تشکیل کانسارها ، آلتراسیون و غیره ) نقش مهمی را ایفا می کنند را شناسایی نمود و

که هر روز کره زمین را در یک مدار قطبی با ارتفاع حدود ۹۰۰ کیلومتر دور زده و در نتیجه کره زمین را با ۲۵۱ گردش ماهواره مورد تصویربرداری قرار دهند. با از کار افتادن لندست های ۱ و ۲ و ۳ ، لندست های ۴ و ۵ به فضا پرتاب و در ارتفاع ۷۰۰ کیلومتری قرار گرفتند و در نتیجه کره زمین را با ۲۳۳ گردش پوشش می دهند. سیستم سنجنده در روی ماهواره لندست ، ETM+ , RBV , TM می باشد.

ASTER یک دوربین دیجیتال بزرگ است که در سال ۱۹۹۹ در مدار زمین قرار گرفت و توسط ماهواره ای به نام Terra حمل می شود. ماهواره Aster با داشتن اطلاعات در قالب ۱۴ باند در محدوده های خاص و مناسب امواج الکترومغناطیسی، امکان شناسایی بعضی از کانی ها را فراهم کرده است. تفاوت عمده این دوربین با دوربین های عکاسی این است که اولاً برای هر رنگ ( یا دقیقتر هر محدوده طول موج یا باند ) یک تصویر مجزا ایجاد می شود (چون ۱۴ باند دارد می تواند ۱۴ تصویر مختلف ایجاد کند)، ثانیاً Aster دارای سه لنز است ( TIR, SWIR, VNIR ) که هر کدام از آن ها برای یک بخش متفاوت طیفی در نظر گرفته شده اند ( کریم پور، ملک زاده و حیدریان، ۱۳۸۴).

**پردازش تصاویر ماهواره ای منطقه اکتشافی بستان آباد**  
در این پروژه داده های استر (B level) با مشخصات `aster1b_003_061120020745` و تاریخ برداشت ۲۳ ژوئن ۲۰۰۲ توسط سازمان فضایی ایران تهیه و مورد پردازش و آنالیز طیفی برای تشخیص شدت و نوع آلتراسیون های آرژیلیکی، پروپیلیتی، اکسید های آهن و سیلیسی در رابطه با کانی سازی فلزی منطقه قرار گرفت. در تشخیص آلتراسیون های مختلف منطقه مورد مطالعه، یکسری آنالیز طیفی مقدماتی برای تشخیص کانی های موجود واقع در کل منطقه نیز انجام پذیرفت. ابتدا مدل ژنتیکی و متالورژیکی ذخایر تیپ پلاسری و اسکارن و شبه رگه ای اعم از منشأ کانی سازی، فرم مهاجرت و بالاخره مکانیسم ذخیره سازی و تمرکز مورد

مسائلی از قبیل عمق و نحوه قرار گیری آن ها داخل زمین و غیره را به راحتی شناسایی کرد. در این جا داده ها با فاصله خطوط ۷,۵ کیلومتر و فاصله خطوط کنترلی ۴۰ کیلومتری می باشند (یوسفی و فریدبرگ ، ۱۹۷۸).

### ۱-۵- نتایج حاصل از تفسیر مغناطیس هوایی

در این بخش نتایج داده های مغناطیس هوایی مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات مغناطیس هوایی در این منطقه نشان می دهد که یک توده نفوذی در بخش شمالی محدوده وجود دارد که دوخطواره مغناطیسی یکی در شمال و دیگری در جنوب این توده قرار گرفته اند ، همچنین سه خطواره دیگر یکی در بخش میانی و دو تای دیگر تقریباً در جنوب محدوده قرار دارند ، که روند غالب این خطواره ها شمال غرب- جنوب شرق است که از روند زاگرس پیروی می کنند.

### ۶- داده های دورسنجی

به طور کلی سنجش از دور یا Remote Sensing به تکنولوژی کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین با استفاده از تجهیزات هوانوردی یا تجهیزات فضایی مثل ماهواره می باشد. به عبارت دیگر سنجش از دور علم و هنر بدست آوردن اطلاعات در مورد هر موضوع تحت بررسی بوسیله ابزاری است که در تماس فیزیکی با آن نباشد. برتری اطلاعات ماهواره ای نسبت به سایر منابع اطلاعاتی ، پوشش تکراری آن ها از نواحی معین با فاصله زمانی مشخص است. درسنجش از دور تجزیه و تحلیل کننده (user) با کمک داده هایی که توسط سنجنده جمع آوری شده اطلاعات مربوط به نوع، میزان، موقعیت و شرایط منابع مختلف زمین را استخراج می نماید، سپس این اطلاعات ( به صورت نقشه ها ، جداول چاپی یا فایل های کامپیوتری ) با لایه های دیگر اطلاعات در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ادغام و برای مصرف کاربران آماده می شود. استفاده جهانی اطلاعات سنجش از دور ابتدا توسط ماهواره لندست در سال ۱۹۷۲ آغاز شد. طراحی لندست های ۱ و ۲و ۳ به گونه ای بوده است

Members) در رابطه با کانیهای مختلف در قالب فایل های جداگانه تهیه گردید. در خصوص تعیین کیفی و کمی زون های حاوی اکسید های آهن و زون های سیلیسی که میتوانند در رابطه با کانی سازی فلزی هیدروترمال باشند، بترتیب از داده های VNIR و TIR استفاده گردید. در پایان هر مرحله از آنالیز طیفی برای تعیین کانی های ذکر شده، نقشه های End Members درصد احتمال کانی نیز تهیه شده است.

### تهیه تصاویر ترکیب رنگی SWIR و تصویر رنگ طبیعی (True-colour)

در آنالیز طیفی تصاویر استر ابتدای امر لازم است تصاویر با ترکیب رنگی بهینه جهت بازسازی دگرسانی های کلی در منطقه ساخته شود. کانی های رسی و نیز کانی های پروپیلیتی در ترکیب رنگی SWIR و کانی های حاوی اکسید آهن در ترکیب رنگی vnir قابل ثبت می باشد. مزیت تصاویر فوق در این است که پیکسل های بسیار تیره و یا بسیار روشن متعادل شده و مشخصه های ظاهری ظریف کانی های رسی و آلتراسیون پروپیلیتی بهتر آشکار می شود.

### تفکیک واحد های لیتولوژیکی

برای تفکیک واحد های لیتولوژیکی کنترل کننده کانی سازی در منطقه نظیر مارن آهک، ماسه سنگ سیلت، کتگلو مراو... آلتره شده و آلتره نشده میوسن طبق مراحل زیر انجام گرفت:

- تهیه ترکیب رنگی ۵۳۱ از باندهای تصویر ETM
- اعمال الگوریتم HIS روی ترکیب تهیه شده
- آشکارسازی اشباعیت تصویر
- اعمال الگوریتم RGB جهت بازگشت از دامنه

### رنگی HIS

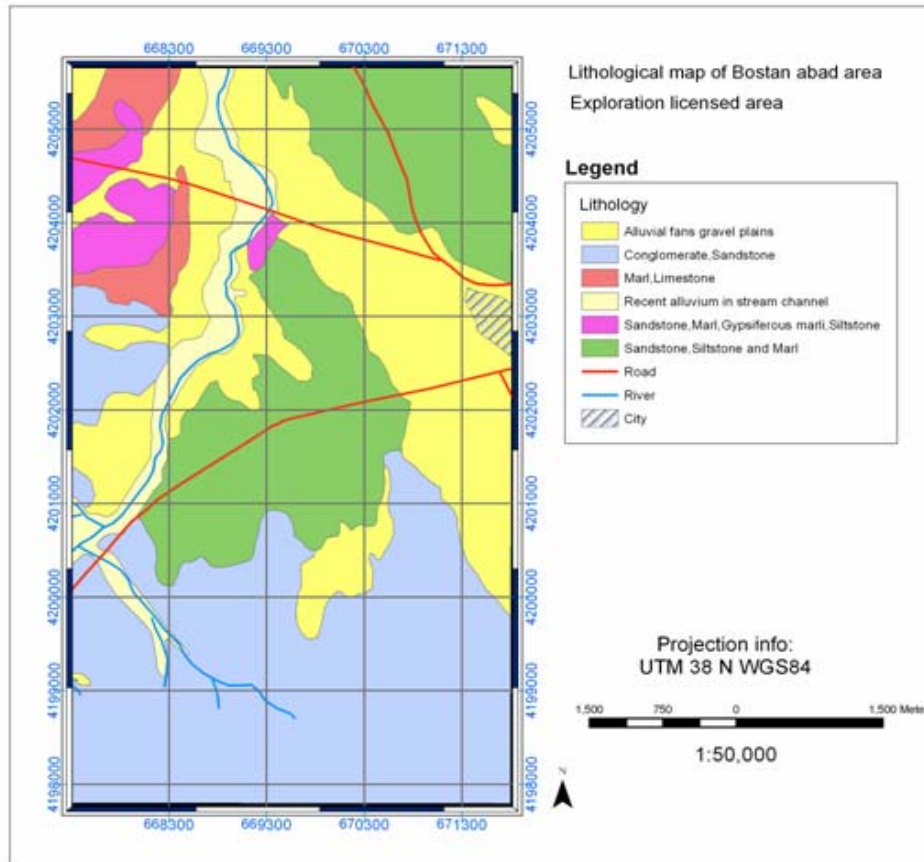
مطالعه و بررسی قرار گرفت و مدل مفهومی این نوع ذخایر بدست آمد که از آن بعنوان پارامتر کلیدی در تمامی مراحل پردازش تصاویر استفاده گردید. این مدل مفهومی در تهیه نقشه های کانی ها باندهای ۵ و ۶ (۲/۲۵ و ۲/۱۶۵ میکرومتر) که برای جذب و ثبت کانی های دگرسانی مثل کائولینیت استفاده می شود، اهمیت زیادی دارد. هدف از پردازش تصاویر، شناخت دقیق این کانی ها با دقت قابل قبول است. متأسفانه قدرت تفکیک مکانی کانالهای Aster/SWIR - ۳۰ متری بوده و فقط می تواند اجزاء تصویری (Pixels) با بیشترین فراوانی این نوع کانی ها را مشخص کند. ولی در اغلب حالات تصویرها مخلوطی از کانی های رسی، کائولینیتی خواهند بود که از تکنیک کلاسه بندی کانی SAM جهت جداسازی و شناخت کانی ها استفاده می گردد.

### پیش پردازش

داده های استر سطح منطقه بستان آباد، ابتدا برای معنی دار نمودن رفتار طیفی کانی های مختلف مورد تصحیح رادیومتریکی و سپس در سیستم تصویر UTM، زون ۳۸ شمالی و سیستم بیضوی WGS84 مورد تصحیح هندسی (Ortho-rectification) واقع شدند. تصحیح هندسی با استفاده از تصاویر تصحیح شده لندست ETM و نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ انجام می گیرد، بطوری که دقت مکانی این تصاویر بر روی زمین بهتر از ۳۰ متر است.

### پردازش (Processing)

مرحله اول پردازش داده های ماهواره ای استر در راستای تهیه یکسری تصاویر ترکیب رنگی کاذب نظیر SWIR برای تعیین کیفی حدود زون های آلتره است. سپس با بررسی رفتار طیفی زونهای آلتره مختلف و مقایسه آنها با طیف های آزمایشگاهی با بکار گیری روش های مختلف، عضو های پیکسلی نهائی (End



شکل ۳: نقشه تفکیک واحد های لیتولوژیکی (رواسان، ۱۳۸۵)

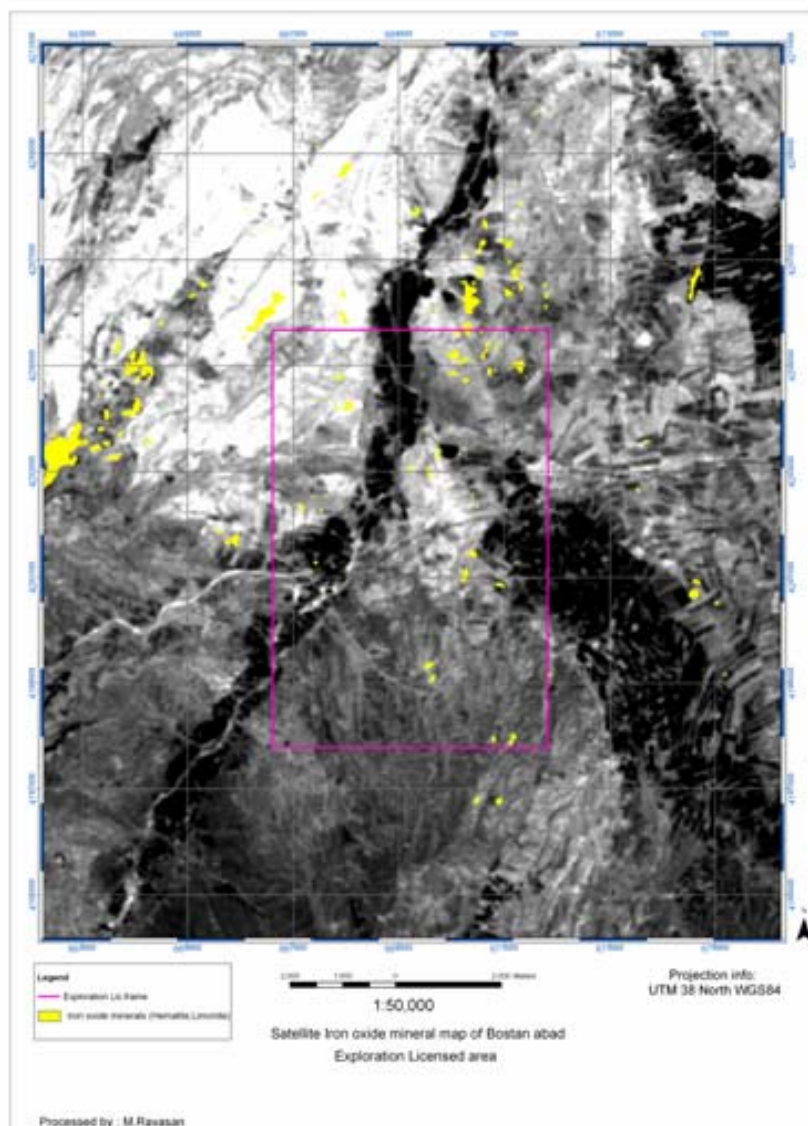
گیرد که بیشتر از نوع هماتیت بوده و به فراوانی در سراسر ناحیه مشاهده می گردند. ولی بیشتر آنها در رابطه با هوازگی واحد های سنگی بوده تا در رابطه با سیستم های هیدروترمال و نمی توان این اکسیدها را به عنوان دگرسانی هماتیتیزاسیون در نظر گرفت. همانطور که در نقشه مربوطه نیز ملاحظه می گردد بیشترین پراکندگی این نوع کانی روی واحدهای آبرفتی کواترنری و ماسه سنگهای ائوسن ثبت شده است. لذا به نظر می رسد با توجه به تیپ کانی سازی های فلزی مورد انتظار در منطقه این کانی های اکسیدی پردازش شده مربوط به آثار هوازگی شیمیائی در واحد های سنگی مذکور باشد.

### نقشه های آلتراسیون

نقشه آلتراسیون شامل کانی های مختلف رسی، سیلیس، کلریت و اپیدوت بوده و برای کانی های رسی، ایلیت و کلریت بیش از یک **end member** تشخیص داده شده است. تشخیص **end member** های مختلف برای یک کانی به ما کمک میکند تا آنومالی های کاذب را از آنومالی های واقعی تشخیص دهیم. علاوه بر تعیین نوع کانی های رسی و یا ایلیت، یک کلاس برای کل کانی های رسی نیز در نظر گرفته شده که این کلاس دارای یک طیف خاص نیست و اساسا میتواند برای هر نوع کانی رسی باشد.

### اکسید های آهن

در منطقه مورد مطالعه سعی شده است اکسید های آهن در رابطه با کانی سازی هیدروترمال مورد مطالعه قرار



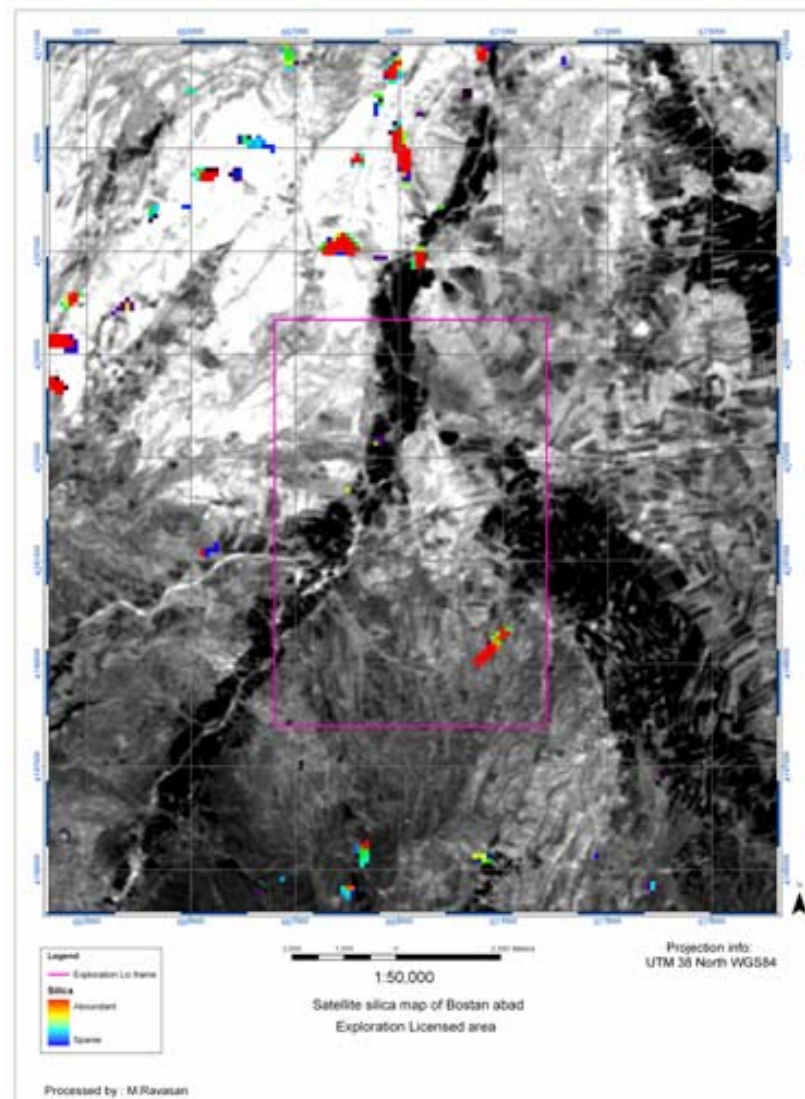
شکل ۴: تصویر آلتراسیون اکسید آهن (رواسان، ۱۳۸۵)

### زون های سیلیسی

افزایش مقدار درصد کوارتز و یا اکسیدهای سیلیسی (چرت، اوپال و کلسدونی) را در سنگ، اصطلاحاً سیلیسی شدن می گویند. آلتراسیون نوع سیلیسی در منطقه نسبتاً زیاد اتفاق افتاده که غالباً متعلق به واحدهای آندزیتی است و به شدت مورد حمله محلولهای سیلیسی واقع شده است البته در برخی موارد زونهای سیلیسی تفکیک شده در رابطه با واحدهای لیتولوژیکی هستند که ارتباطی با آلتراسیون هیدروترمال ندارد. آلتراسیون سیلیسی در منطقه

بیشترین ارتباط با کانی زائی طلا از خود نشان می دهد که می توان آنرا حاصل فعالیتهای هیدروترمالی در منطقه دانست. این آلتراسیون بیشترین نزدیکی با آلتراسیون آرژیلیک در بخش شمالی را داراست و بر اساس مطالعات طیفی کانیهای هاله های آلتراسیونی و ژئوشیمیائی، بخش شمالی منطقه اکتشافی بستان آباد کمترین فرسایش سطحی را از خود نشان می دهد بنابراین ناحیه امیدبخش معرفی شده در تصویر بیشترین پتانسیل کانی سازی مس و طلا در منطقه از خود نشان میدهد.



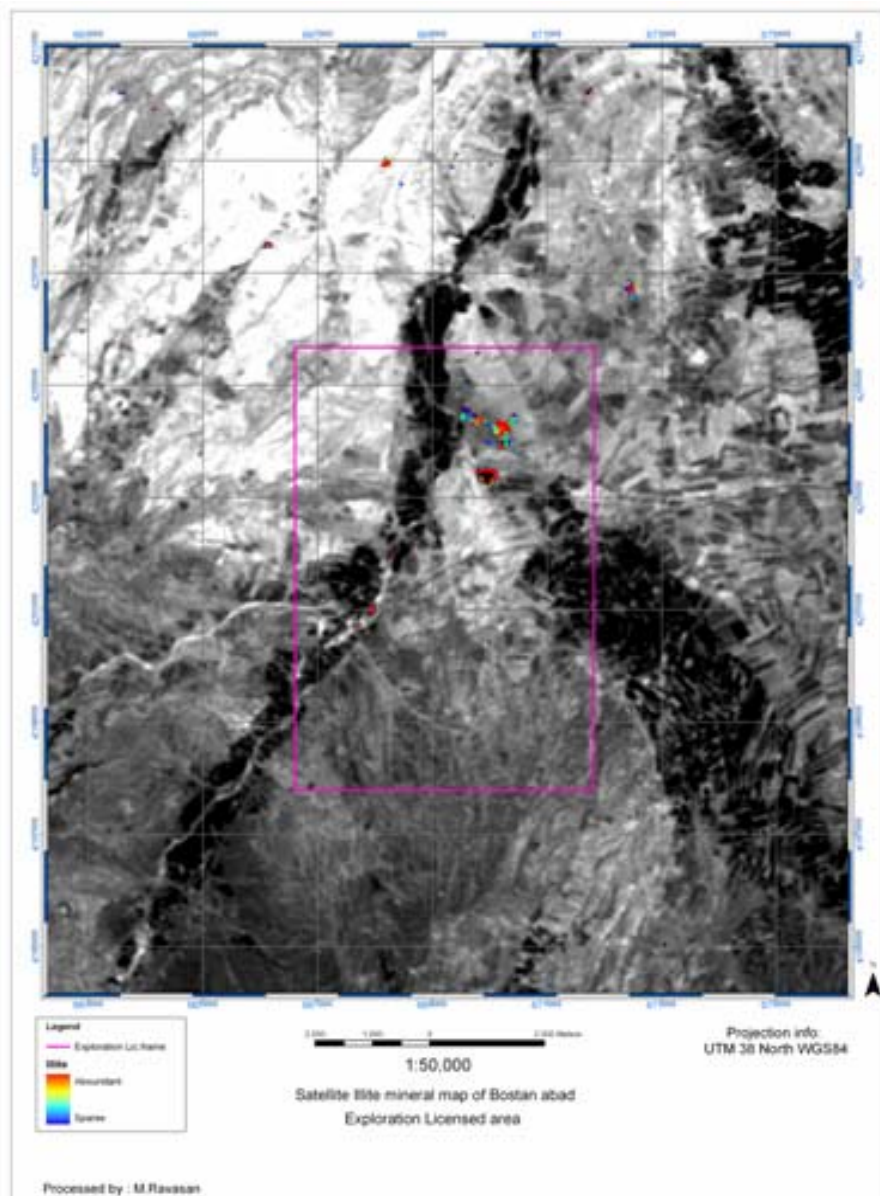


شکل ۵: تصویر زون های سیلیسی (رواسان، ۱۳۸۵)

### آلتراسیون ایلیتی

در بیشتر ذخایر ماگمایی و گرمابی زون های ایلیتی یافت می شود پراکندگی این نوع کانی در منطقه زیاد بوده و غالباً در حاشیه آلتراسیون های کائولینیتی دیده می شود با توجه به اهمیت این کانی در اکتشاف ذخایر فلزی توجه

به زونهای حاوی این نوع کانی توصیه می شود. ولی در مناطق مورد مطالعه بستان آباد توزیع این کانی ضعیف می باشد. و بیشتر همراه با سیستمهای آرژیلیک مشاهده می گردد.



شکل ۶: تصویر آلتراسیون ایلیتی (رواسان، ۱۳۸۵)

ذخایر یافت می‌شود، بنابراین در مراحل پی‌جویی و اکتشاف از آن می‌توان استفاده کرد. کانی‌های مرتبط با این نوع آلتراسیون پروپیلیتی در محدوده مناطق مورد مطالعه با پردازش‌هایی که انجام گرفت، ثبت نگردید.

#### تهیه نقشه ساختارهای منطقه

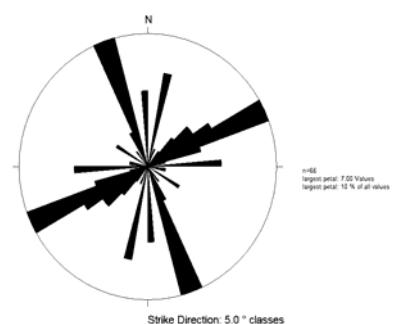
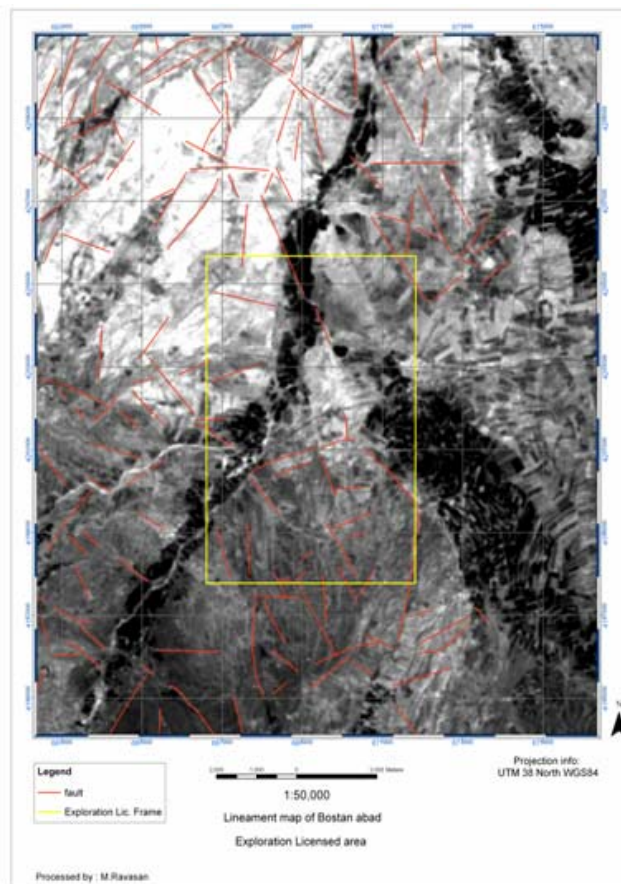
از دیدگاه ساختاری سنگ‌های ولکانیکی منطقه در کمر بند اورمیة-دختر واقع شده است. وگسل‌های با روند شمال غرب- جنوب شرق همراستا با این سیستم مشاهده می‌گردد. که با گسل‌های جوانتر با جهت یافتگی شمال

#### آلتراسیون پروپیلیتی

آلتراسیون پروپیلیتیک به مجموعه‌ای از آلتراسیون‌های کلریتی، اپیدوتی، زوئیزیتی و آلبیتی اطلاق می‌گردد. کانی‌های مهم زون پروپیلیتیک عبارتند از (اپیدوت - زوئیزیت - کلریت-کلسیت - آلبیت) در این نوع آلتراسیون اکسیدهای آهن، سربیسیت و کائولن به مقدار جزئی یافت می‌شوند. آلتراسیون پروپیلیتیک در مقایسه با زون‌های آرژیلیک و فیلیک از شدت کمتری در منطقه برخوردار است. نظر به اینکه زون پروپیلیتیک در اکثر

می توانند به عنوان گسلهای کنترل کننده محلولهای هیدروترمالی حاوی کانی سازی مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

شرق- جنوب غرب با تعددبیشتری قطع شده اند که روند آلتراسیونهای کائولینیتی همراه با رگه های سیلیسی و نیز پروپلیتیک در منطقه همراستا با گسل های شمال شرق- جنوب غرب می باشند. لذا گسلهای با این روند

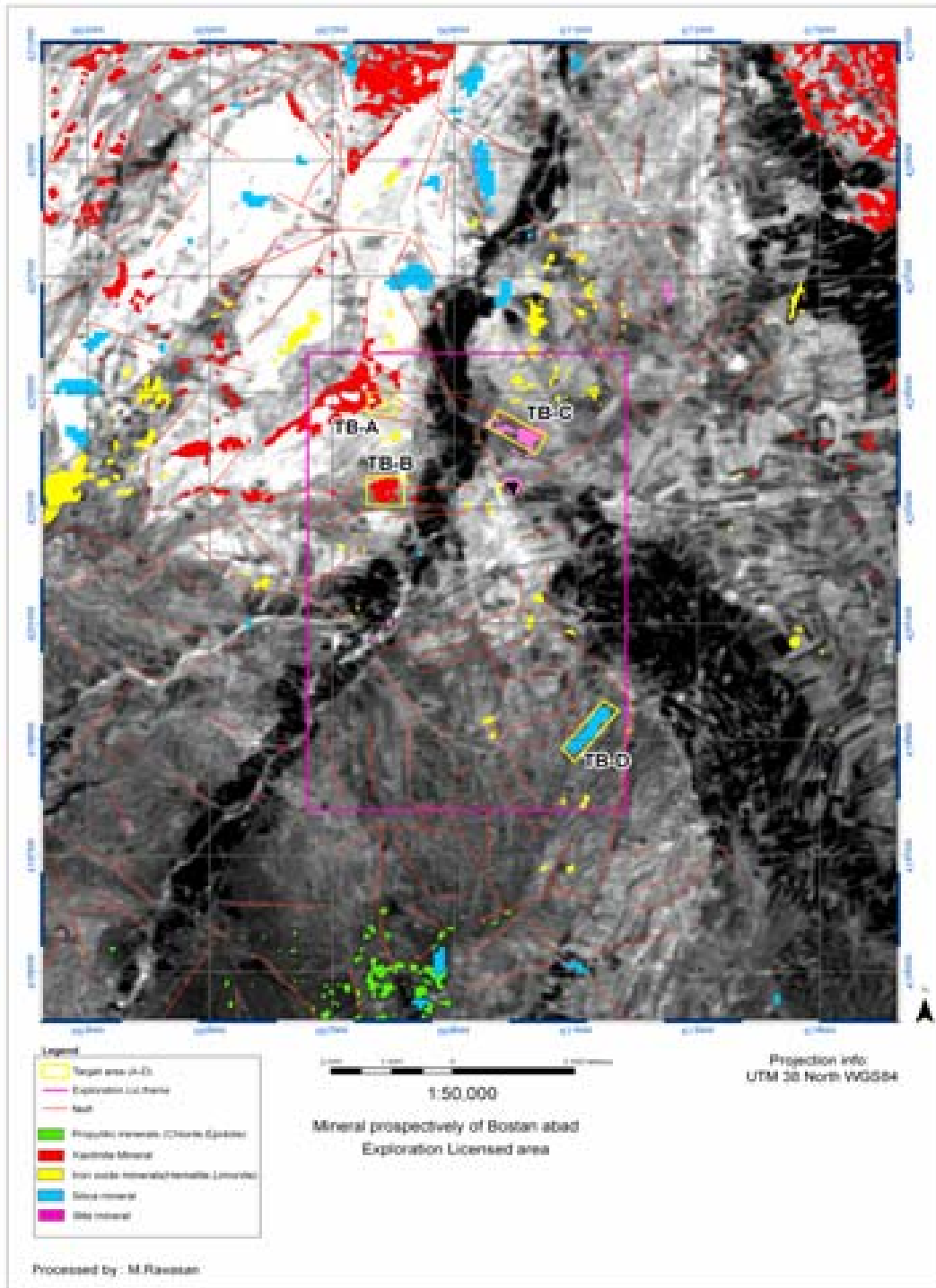


شکل ۷: راست: امتداد گسل های منطقه، چپ: تصویر گسل های منطقه (رواسان، ۱۳۸۵)

و تفسیر متالوژنیکی مناطق اکتشافی بهره برد. لذا با توجه به معیارهای تیپ کانی سازی در ارتباط با مدل تکتونیکی، مدل سنگ میزبان و سنگ منشا، مدل آلتراسیون در منطقه بستان آباد نواحی ذیل به ترتیب اولویت به عنوان نواحی امید بخش کانی سازی طلای اپی ترمال معرفی می گردد.

#### تلفیق و معرفی نواحی اولویت دار

با تهیه نقشه آلتراسیونهای آرژیلیک، اکسید آهن، ایلیتی، سیلیسی و پروپلیتی و همپوشانی آنها با گسلهای منطقه و نیز تصاویر ترکیب رنگی (تفکیک واحدهای سنگی) می توان در کنار دیگر اطلاعات زمین شناسی در محیط سامانه اطلاعات علوم زمین (GIS) در راستای تعبیر



شکل ۸: تصویر تلفیقی و معرفی نواحی امید بخش ( رواسان، ۱۳۸۵ )

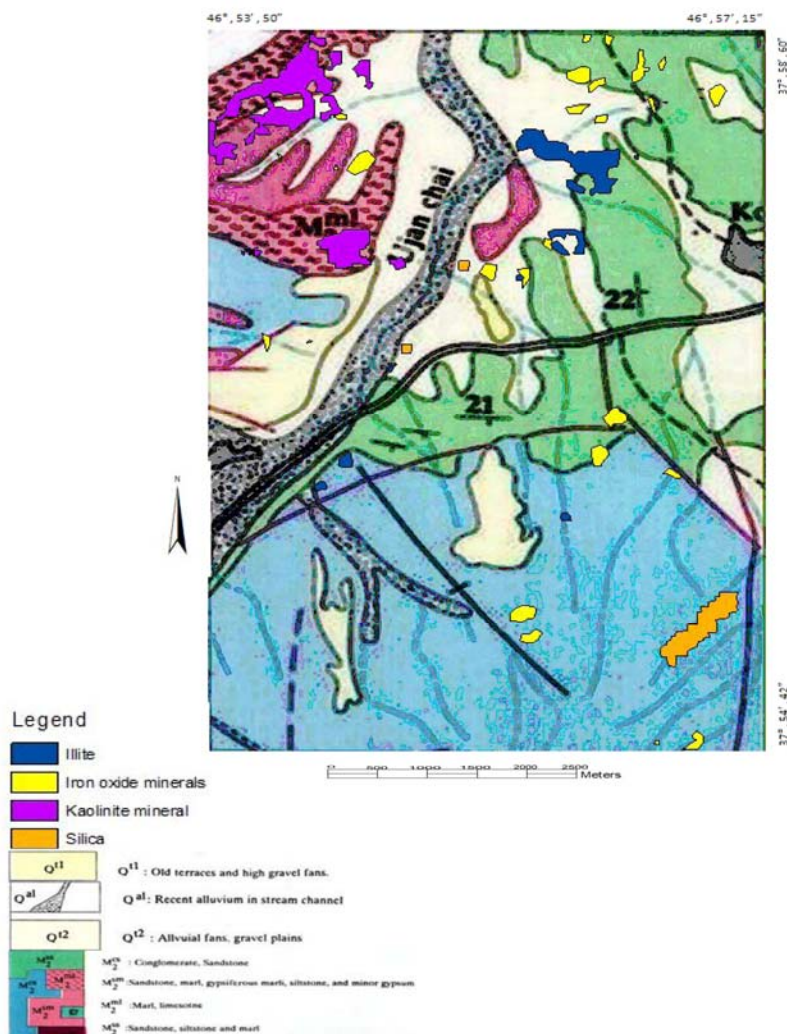
اولویت پی جوئی	شاهد و کنترل کننده کانی سازی	نقطه هدف UTM (zone 38)	منطقه امید بخش بترتیب اولویت
۱	کائولن-اکسید آهن + مارن ، سنگ آهک میوسن	667820E 4204825N	منطقه A
۱	کائولن-اکسید آهن + مارن ، سنگ آهک میوسن	667774E 4204780N	
۲	کائولن( شدید)-اکسید آهن(ضعیف) + مارن ، سنگ آهک میوسن	667709E 4204942N	
۲	کائولن( ضعیف)-اکسید آهن(شدید) + مارن ، سنگ آهک میوسن ، آبرفت کواترنر	667882E 4204800N	
۱	کائولن( شدید) + گسل + مارن ، سنگ آهک میوسن	668032E 4203366N	منطقه B
۱	کائولن( شدید) + گسل + مارن ، سنگ آهک میوسن	667956E 4203519N	
1	ایلیت (شدید)؟ + گسل + ماسه سنگ،سیلت و مارن میوسن، آبرفت کواترنر	670295E 4204311N	منطقه C
1	ایلیت (ضعیف)؟+ آبرفت کواترنر	669752E 4204390N	
1	سیلیس (شدید) +کنگومرا و ماسه سنگ میوسن	671308E 4199337N	منطقه D
2	سیلیس (شدید) +کنگومرا و ماسه سنگ میوسن	670962E 4198888N	

جدول ۲: مختصات نقاط هدف در مناطق امید بخش نقشه تلفیق نتایج آنالیز طیفی و تفکیکی کنترل کننده های ساختاری و لیتولوژیکی

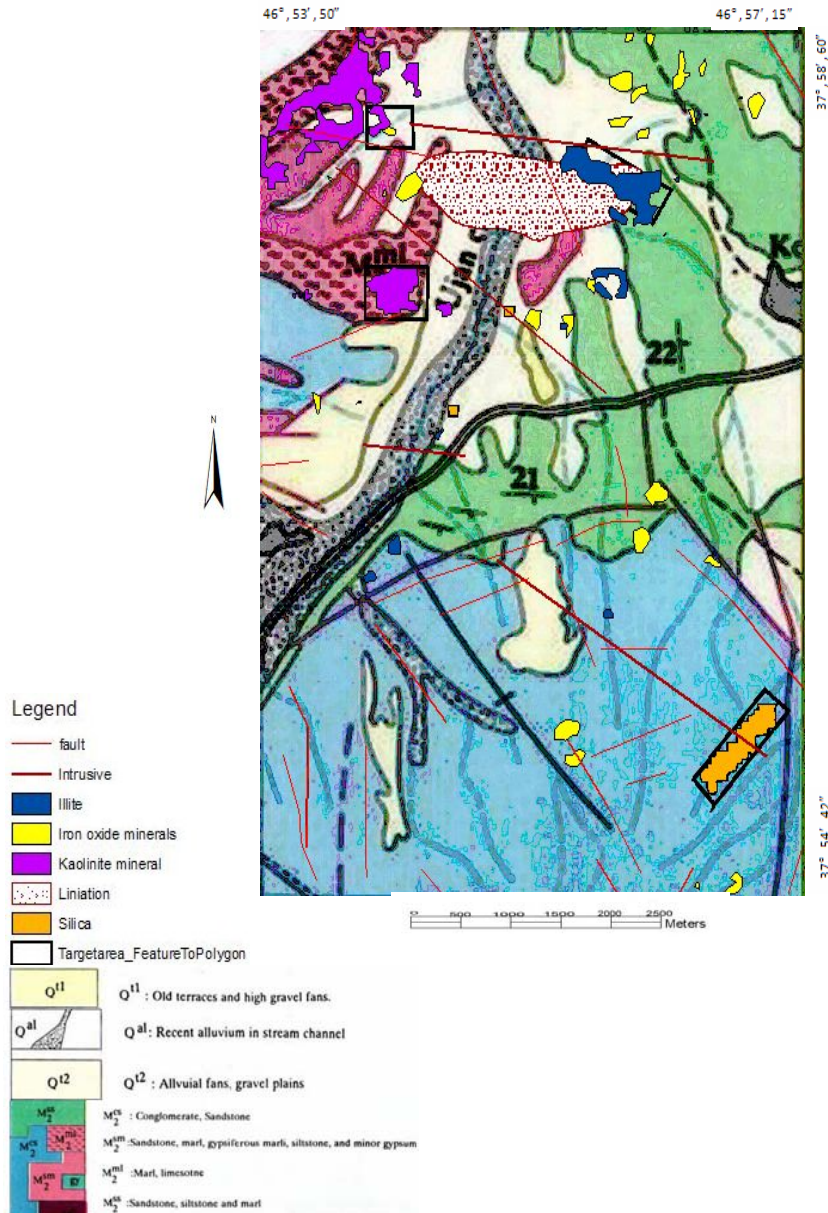
## ارزیابی مطالعات

داده های مورد استفاده در تلفیق و ارزیابی عبارتند از :  
داده های زمین شناسی برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ بستان آباد (بهریزی و امینی فضل، ۱۳۷۶)،  
داده های اکتشافات ژئوشیمیایی (مهندسین مشاور کاوشگران، ۱۳۸۳) ، داده های ژئوفیزیک هوایی، داده های ماهواره ای Aster و داده های ماهواره ای ETM+  
محدوده اکتشافی بر اساس تلفیق نتایج آنالیز طیفی و تفکیک کنترل کننده های ساختاری و لیتولوژیکی، مطالعه گردید که منجر به شناسایی ۴ منطقه و ۱۰ هدف اکتشافی

امید بخش از نظر معدنی (فلزی) گردید. بخش وسیعی از محدوده اکتشافی پوشیده از پادگانه های آبرفتی، دشتهای شنی و رسوبات عهد حاضر در مسیر رودخانه اوجان می باشد که بیشتر این قسمت ها تبدیل به زمین های کشاورزی مرغوب شده است. به نظر می رسد به دلیل وجود اکسید آهن و رس بالا در زمین های کشاورزی و محدوده اکتشافی، نقاط انتخاب شده از تصاویر ماهواره ای یک کنتراست رنگی نسبت به تپه های تیره رنگ اطراف ایجاد کرده است مراحل بعدی اکتشاف لازم نمی باشد.



شکل ۱۰: تلفیق نقشه زمین شناسی و آتراسیون ها



شکل ۱۱ : تلفیق نهایی

## نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه در زون البرز - آذربایجان قرار گرفته است. گسل های منطقه روند شمال غرب - جنوب شرق دارند که با گسل هایی با جهت یافتگی شمال شرق - جنوب غرب قطع شده اند که روند آلتراسیون های کائولینیتی همراه با رگه های سیلیسی در این منطقه هم راستا با گسل های شمال شرق - جنوب غرب می باشند. لذا این گسل ها کنترل کننده محلول های هیدروترمال حاوی کانی سازی می باشند. مطالعات ژئوشیمیایی در

محدوده مورد مطالعه نشان دهنده همبستگی عنصر طلا با عناصر آرسنیک، منگنز، سرب، نقره، آنتیموان و روی می باشد و تیپ کانسار محتمل در محدوده های امید بخش حاصل از بررسی های ژئوشیمیایی شامل تیپ رگه پلی متالیک می باشد ( مهندسین مشاور کاوشگران، ۱۳۸۳). در نتیجه بررسی های آنالیز طیفی داده های ماهواره ای استر برای تشخیص آلتراسیون های مختلف در منطقه مورد مطالعه، ۴ منطقه امید بخش و ۱۰ نقطه هدف اکتشاف ذخایر فلزی معرفی گردید. بررسی های صحرایی

- نشان داد که نقاط هدف جدا شده اکثراً زمین کشاورزی مرغوب بوده و سنگهای ولکانیکی از نوع آندزیت، ریولیت، میکرودیوریت، تراکی آندزیت به صورت فرش (fresh) در رسوبات دیده می شود. بعضی از نقاط دارای اکسید آهن جزئی می باشد. به نظر می رسد نقاط جدا شده کنتراست رنگی به دلیل وجود رس بالا در منطقه می باشد.
- منابع**
- اطلس راه های ایران، ۱۳۸۵، موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی
- بهروزی، الف. و امینی فضل، الف. ، ۱۳۷۶ ، نقشه و گزارش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ بستان آباد ، برگه شماره ۵۲۶۵ ، سازمان زمین شناسی کشور
- رواسان، م. ، ۱۳۸۵ ، گزارش پردازش تصاویر ماهواره ای استر (Aster) منطقه اکتشافی بستان آباد
- کریم پور، م. ، ملک زاده، آ. و حیدریان، م. ، ۱۳۸۴ ، اکتشاف ذخایر معدنی ، دانشگاه فردوسی مشهد
- مهندسین مشاور کاوشگران ، ۱۳۸۳ ، گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی - کانی سنگین سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ بستان آباد
- یوسفی، الف. و فریدبرگ، ج. ، ۱۹۷۸ ، نقشه و گزارش ژئوفیزیک هوایی ۱:۲۵۰۰۰۰۰ میانه، انتشارات سازمان جغرافیایی کشور