

## ارزیابی روشهای مختلف سنجش از دور جهت شناسایی کانی‌های دگرسانی گرمابی در ناحیه آنومالی ۵ ساغند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای *ASTER*

معصومه خلیج معصومی<sup>۱\*</sup>، محمد لطفی<sup>۲</sup>، ایوب معمار کوچه باغ<sup>۳</sup>، احمد خاکزاد<sup>۴</sup>

۱-دکترای زمین شناسی اقتصادی، گروه دورسنجی مرکز مطالعات کاربردی کرج سازمان زمین شناسی

۲-عضو هیات علمی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳-عضو هیئت علمی پژوهشکده چرخه سوخت هسته ای سازمان انرژی اتمی

۴-عضو هیات علمی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۲۳

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۴/۱۳

### چکیده

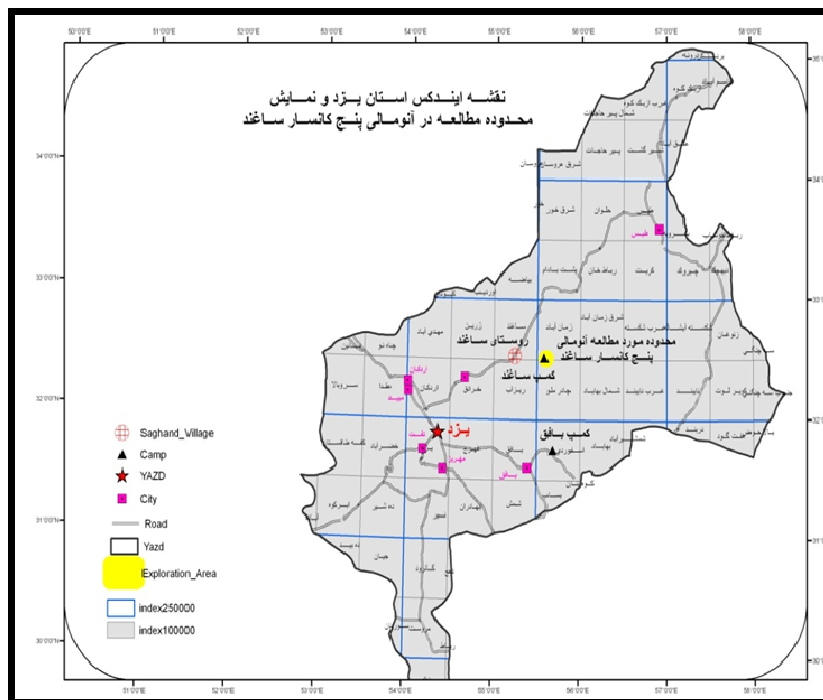
منطقه مورد مطالعه در آنومالی پنج ساغند در زون ساختاری ایران مرکزی، در کمربند متالوژنی بافق - پشت بادام قرار دارد. کانی سازی عناصر پرتوزا در منطقه ساغند عمدتاً از نوع هیدروترمالی و متاسوماتیسم وابسته به توده‌های نفوذی منطقه (گرانیت موجود در شمال آنومالی پنج) می‌باشد. پدیده متاسوماتیسم آلکالن و همراهی توریم و اورانیوم با عناصر نادر خاکی یکی از بارزترین ویژگی‌های این چرخه متالوژنی در ایران مرکزی و منطقه مورد مطالعه می‌باشد. هدف این مقاله بررسی دگرسانی‌های عناصر پرتوزا در آنومالی پنج ساغند با استفاده از مطالعات دورسنجی می‌باشد. در این بررسی از تصاویر ماهواره ترا سنجنده استر برای جداسازی آلتراسیون‌ها و از ماهواره لندست سنجنده ETM<sup>+</sup> برای جداسازی ساختارها استفاده شده است. آلتراسیون‌های مرتبط با تیپ هیدروترمال اورانیوم و توریم، هماتیتی، آرژلیک، کربناتی، کلریتی، اپیدوتی و سیلیسی می‌باشد. در بررسی‌های استخراج مناطق دگرسان شده، کانی‌های دگرسانی گرمابی شامل آلتراسیون‌های آرژلیک (کائولینیت، مونتموریلونیت، ایلیت و هالوزیت)، پروپلیتیک (کلریت و اپیدوت)، کربنات (کلسیت و دولومیت)، سیلیسی و اکسید آهن (هماتیت، لیمونیت، جاروسیت و گوتیت) و کانی آلبیت هستند. الگوریتم‌های مورد استفاده برای استخراج آلتراسیون‌ها شامل پیش‌بینی خطی باند، فیلترگذاری انطباقی، نمایشگر زاویه طیفی، نسبت‌بندی و تفسیر بصری می‌باشد. برای جداسازی این آلتراسیون‌ها از تمام روش‌های ذکر شده برای بدست آوردن نتایج مطلوب استفاده گردید ولی به طور کلی بهترین الگوریتم به ترتیب اولویت فیلترگذاری انطباقی، نسبت‌بندی، پیش‌بینی خطی باند و تفسیر بصری بود. جداسازی ساختارها با روش تفسیر چشمی تصاویر صورت‌گرفت، در این روش با استفاده از ترکیب رنگی (RGB: 741, 742) در تصویر ETM تصویری ایجاد نموده که ساختارهای موجود در منطقه و روند آنها را با آلتراسیون‌ها به خوبی نشان می‌دهد.

واژه های کلیدی: کانی‌های دگرسانی گرمابی عناصر پرتوزا، دورسنجی، *ASTER*، ساغند

**مقدمه**

۱۳۸۶) و کانی آلبیت قرار می‌گیرد استفاده شده است. آنومالی پنج ناحیه ساغند در اکتشاف هوایی سال ۱۳۵۷ کشف و توسط شرکت یورا ایران عملیات پی‌جویی مقدماتی و ژئوشیمی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ انجام گرفت و در پروسه اکتشاف از طریق نقشه‌های ژئوفیزیک، ژئوشیمی، زمین شناسی و حفر گمانه‌های متعدد از نظر سطح و عمق شناسایی شد (سامانی و لاری، ۱۳۶۶). هدف از انجام این مقاله پردازش تصاویر ماهواره‌های ترا و لندست برای بدست آوردن کانی‌های دگرسانی گرمایی مناسب برای بدست آوردن مناطق مستعد برای کانه‌زایی عناصر پرتوزا و ارتباط آنها با ساختارها می‌باشد.

پردازش و تفسیر تصاویر ماهواره ترا سنجنده استر، مربوط به آنومالی ۵ ساغند در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمان آباد به شماره ۷۱۵۵ قرار گرفته است (شکل ۱)، که از لحاظ دگرسانی‌ها و ساختارها برای تیپ کانه زایی هیدروترمال اورانیوم مورد پردازش قرار گرفته است. از تصاویر سنجنده استر در ترکیب‌های باندی مختلف برای استخراج ساختارهای زمین‌شناسی (گسل‌ها و خطواره‌ها)، و انواع آلتراسیون آرژیلیک (کائولینیت، مونتموریلونیت، ایلیت و هالوزیت)، اکسید آهن (هماتیت، گوتیت، لیمونیت و جاروسیت)، سیلیسی، کربنات‌ها (کلسیت و دولومیت)، پروپلیتیک (اپیدوت و کلریت) (زاهدی و فرزین،



شکل ۱- نقشه راههای دسترسی منطقه مورد مطالعه در آنومالی پنج ساغند

**زمین شناسی آنومالی پنج ساغند**

ایران مرکزی و در کمربند متالوژنی بافق - پشت بادام قرار دارد (شکل ۲) و از سمت شمال به آنومالی چهار ساغند و از جنوب به معدن چادرملو محدود می‌گردد. محدوده مورد مطالعه، در قسمت

آنومالی پنج در جنوب شرقی منطقه پرتوزای ساغند و محدوده بین منتهی الیه شرقی کویر ساغند و ارتفاعات دوزخ دره و در زون ساختاری

کنگلومرای توفی و سپس توف و شیل ختم می‌شود. در فوقانی‌ترین بخش، دو واحد از ماسه سنگ کوارتزیتی وجود دارد که افق بین این واحد از جنس توف و شیل است. در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه، رخنمون نسبتاً وسیعی از توده متبلور و سفید رنگ گرانیتوئید وجود دارد (شکل ۶ ب)، که این واحد سنگی از سمت شرق و جنوب به صورت تدریجی به طبقات و واحدهای متاسوماتیتی تبدیل می‌شود. این قسمت، هم ارز توده گرانیتی زیرگان در کوه دوزخ دره بوده و به صورت نفوذی‌های نیمه عمیق گسترش قابل توجهی در منطقه دارد (سامانی و لاری، ۱۳۶۶). در شمال منطقه گرانیت‌ها تفکیک شده و آلتراسیون آرژیلیک و سیلیسی در آنها بخوبی با الگوریتم‌های مختلف بدست آمده است. در منتهی الیه جنوب شرقی منطقه مطالعه شده، رخنمون‌هایی از کنگلومرا با قلوها و تخته سنگهای کربناتی، ملات توفی-گدازه‌ای و لایه‌هایی از ماسه سنگ و کنگلومرای دانه ریز وجود دارد که از این محل تا سازند تاشک (Haghipour, 1977) قابل پیگیری است. سن کانی سازی اورانیوم (حدود ۵۵۰-۵۰۰ میلیون سال) نوید این را می‌دهد که این مرز نه تنها به عنوان مرز چینه شناسی، بلکه به عنوان مرز عطفی در رخدادهای پرکامبرین عمل نموده است (سامانی و لاری، ۱۳۶۶).

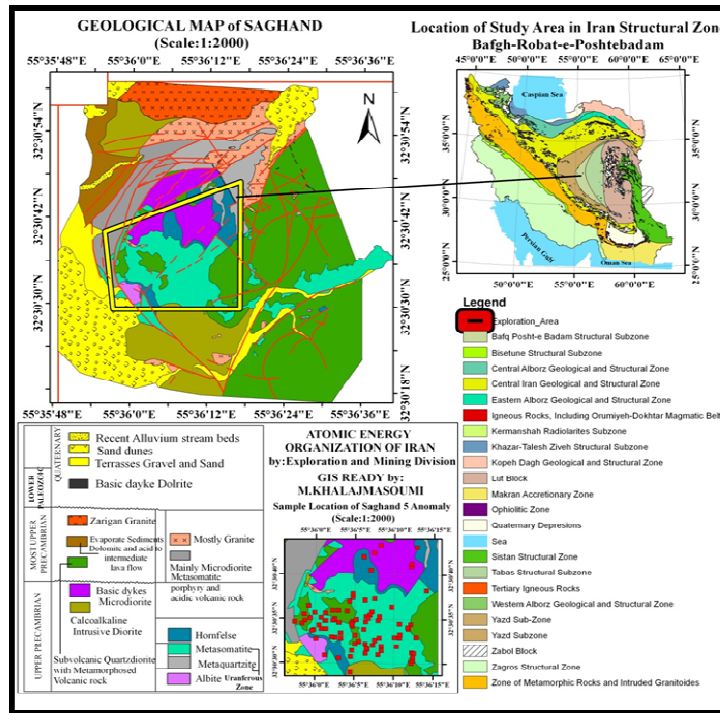
#### خصوصیات داده های سنجنده ASTER

تصاویر ASTER، دارای سه باند مرئی و مادون قرمز نزدیک (VNIR)، با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر، شش باند مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR)، با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و پنج باند مادون قرمز حرارتی (TIR)، با قدرت تفکیک مکانی ۹۰ متر می باشد. این شامل بخش مرئی، تا

شرقی روستای ساغند، جنوب معدن آهن چادرملو و در ۱۸۹ کیلومتری فرودگاه یزد، در جاده یزد-طبس قرار دارد و در حدود ۴۰ کیلومتری آن، مسیری خاکی به سمت روستای کویری و بسیار قدیمی ساغند قرار گرفته است و جاده فرعی از روستا تا آنومالی پنج ۳۰ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱). با توجه به نقشه ۱:۲۰۰۰ تهیه شده (شکل ۲) در سازمان انرژی اتمی، (سامانی و لاری، ۱۳۶۶) بخش شمال غربی این آنومالی رخنمونی از سنگ‌های کربناته متبلور، طبقات گچ و سنگ‌های تبخیری با میان لایه‌های آذرآواری (توفی) و شیل و ماسه سنگ می‌باشد. در این مجموعه نفوذی‌های دایکی شکل از جنس دیاباز وجود دارد و به صورت محلی تحت تاثیر فلدسپاتی شدن و در مواردی سرپانتینی شدن قرار گرفته‌اند. میان لایه‌هایی با ضخامت متفاوت از سنگ آهن چرتی قرمز رنگ و هماتیت - منیتیت در آن دیده می‌شود. پیگیری لایه شناسی به علت تکتونیک شدید منطقه مشکل بوده است. بخش عمده‌ای از این ناحیه پرتوزا، تحت تاثیر متاسوماتیسم قرار گرفته است. تعیین جنس و ویژگی‌های اولیه سازند میزبان مشکل است، ولی به علت آنکه در بخش‌هایی از این آنومالی، واحدهای سنگ شناسی سالمی که کم و بیش ویژگیهای اولیه خود را هنوز نشان می‌دهد، وجود دارد، می‌توان گفت که چرخه اول سنگ‌شناسی این آنومالی از طبقات بازالتی یا بالشتک‌های گدازه‌ای و قلوهای درشت شروع می‌شود که به سمت بالا به تدریج به طبقات آذرآواری و شیلی دارای میان لایه های منیتیت ختم می‌گردد. در فوقانی‌ترین بخش چرخه زیرین، لایه‌های بسیار نازک شیل و توف آهن‌دار وجود دارد که حکایت از شرایط رسوبگذاری آرام دارد. چرخه دوم با گدازه‌های حد واسط تا اسیدی (ریولیتی) شروع می‌گردد، و به تدریج به طبقات

استخراج مدل ارتفاع رقومی زمین (DEM)، مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور کلی از این داده‌ها برای تفسیرهای مختلف زمین شناسی و محیطی و غیره، استفاده می‌گردد.

مادون قرمز حرارتی (از طول موج ۰/۵۲ تا ۱۱/۶۵ میکرومتر) را شامل می‌شود (Yamaguchi et al., 2001) (جدول ۱). این داده‌ها جهت تهیه نقشه‌های موضوعی از حرارت ساطع شده از سطح زمین شامل انعکاسی و انتشاری و همچنین



شکل ۲- نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰ کل آنومالی پنج ساغند - (نهییه شده در سازمان انرژی اتمی ایران) (سامانی و لاری، ۱۳۶۶) و موقعیت محدوده مورد مطالعه در زونهای ساختاری ایران

جدول ۱- خصوصیات عمومی سنجنده استر (Yamaguchi et al., 2001)

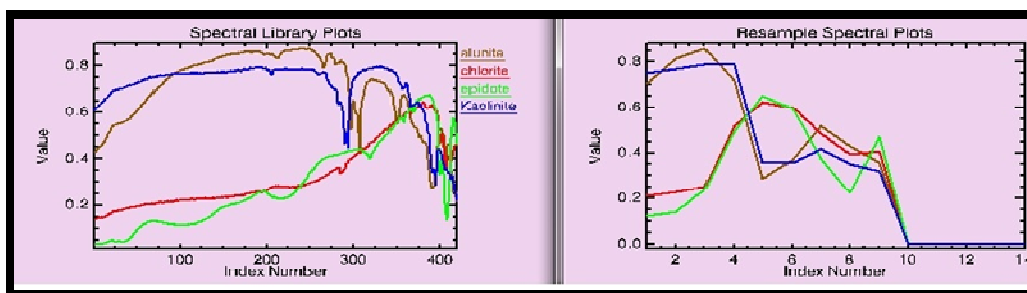
Subsystem	Band No.	Spectral Range (µm)	Radiometric Resolution	Absolute Accuracy (%)	Spatial Resolution	Signal Quantization Levels	
VNIR	1	0.52 - 0.60	NEΔρ ≤ 0.5 %	≤ ± 4 %	15 m	8 bits	
	2	0.63 - 0.69					
	3N, 3B	0.78 - 0.86					
SWIR	4	1.600 - 1.700	NEΔρ ≤ 0.5 %	≤ ± 4 %	30 m	8 bits	
	5	2.145 - 2.185	NEΔρ ≤ 1.3 %				
	6	2.185 - 2.225	NEΔρ ≤ 1.3 %				
	7	2.235 - 2.285	NEΔρ ≤ 1.3 %				
	8	2.295 - 2.365	NEΔρ ≤ 1.0 %				
	9	2.360 - 2.430	NEΔρ ≤ 1.3 %				
TIR	10	8.125 - 8.475	NEΔT ≤ 0.3 K	≤ 3K (200-240K)	90 m	12 bits	
	11	8.475 - 8.825					≤ 2K (240-270K)
	12	8.925 - 9.275					≤ 1K (270-340K)
	13	10.25 - 10.95					≤ 2K (340-370K)
	14	10.95 - 11.65					

پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

### روش های پردازش داده های ASTER برای تعیین مناطق دگرسانی

در راستای معرفی نمودار طیفی مرجع به هریک از روش های طبقه بندی طیفی که در ادامه مطرح خواهند شد و با در نظر گرفتن وضعیت سنگ شناسی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، نوع کانی های شاخص از کتابخانه USGS انتخاب گردید و نمودار طیفی آن ها مشخص شد و جهت انجام آنالیز طیفی، استفاده از منحنی بازتاب طیفی کانی های مزبور، در کتابخانه طیفی USGS ENVI، و نمونه گیری مجدد نمودن آنها به دامنه طیفی باندهای استر لازم است. (Clark et al., 2003). عملیات نمونه گیری مجدد به مفسر این امکان را خواهد داد تا باندهایی که در آن ها بازتاب (Prediction Bands) و جذب (Model Bands) طیفی برای یک کانی مشخص صورت گرفته است، مشخص نموده و متناسب با نوع روش آنالیز طیفی به عنوان ورودی به نرم افزار معرفی نماید (شکل ۳).

تصاویری که توسط سنجنده ماهواره ای تهیه می گردد دارای خطاهای مختلفی هستند، به نحوی تغییر و تبدیل یک تصویر در سنجش از دور به گونه ای که دارای مقیاس و سیستم تصویر بشود، تصحیحات هندسی گفته می شود، که تصحیحات هندسی، در این تصویر (تصویر در سیستم UTM و Zone 40 شمالی و سیستم بیضوی WGS1984 مختصات دار شد) اعمال شد. تصحیحات رادیومتریک، (به منظور تصحیح خطاهای ایجاد شده حاصل از اثرات جوی، توپوگرافی و اثر حساسیت سنجنده) و یکپارچه سازی تصاویر، Layer Stacking (یکی کردن باندهای VNIR و SWIR) (Yamaguchi et al., 2001) برای تصحیح خطاهای موجود در تصویر اعمال شد. تصویر استر به صورت Layer Stacking شده با پیکسل سایز ۱۵ متر (PS=15m) در ترکیب باندهای مختلف برای شناسایی آلتراسیون ها و ساختارهای مورد نظر، مورد ارزیابی قرار گرفت (ERDAS field guide, 2003).



شکل ۳- منحنی بازتاب طیفی کتابخانه ENVI و نمونه گیری مجدد شده آن به باندهای ASTER

(Matched Prediction) MF (Spectral Angle Filtering) SAM (Mapper) و نسبت باندی (Sabins, 1999) و تفسیر بصری با ترکیب باندهای متفاوت می باشند. در ابتدا مروری بر نحوه عملکرد هر

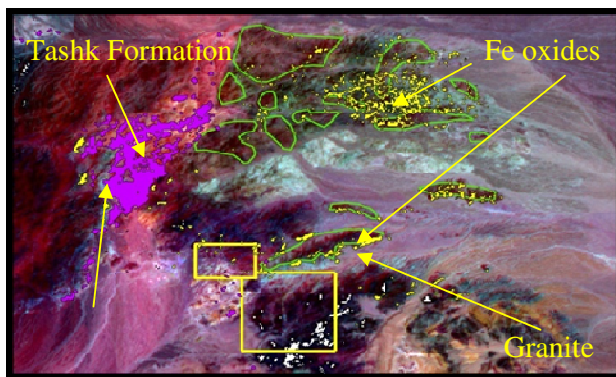
دگرسانی های مرتبط با کانی زایی مواد رادیو اکتیو (اورانیوم و توریم) در منطقه مورد بررسی، که در بالا ذکر شد با الگوریتم های مختلف مورد پردازش قرار گرفتند. روش های مورد استفاده برای استخراج پهنه های دگرسانی، شامل روشهای آنالیز طیفی (Linear Band LS-Fit)

دهنده اختلاف باند مذکور با سایر باندها می باشد. از تصویر Residual می توان جهت بارزسازی و استخراج عوارض مشخص استفاده نمود. هریک از کانیهایی شاخص با اعمال الگوریتم موجود، تصویری حاصل میگردد که در آن مکانهای هدف به رنگ سیاه دیده می شوند. که در ادامه لازم است ابتدا یک طبقه بندی نظارت نشده (ISODATA) با دو کلاس بر روی آن اعمال شود تا لایه ای باینری با ارزش ۱ برای مناطق هدف تهیه گردد. در ادامه یک فیلتر بیشینه - کمینه با پنجره  $3 \times 3$  یا  $5 \times 5$  متناسب با میزان و پراکندگی مناطق تک پیکسل اعمال شده و حاصل کار به برداری تبدیل خواهد شد که برای عملیات تلفیق و تصمیم گیری مناطق پتانسیل دار به کار می رود. نتایج حاصل از این روش در آنومالی پنج ساغند و محیط اطراف آن به این صورت بوده است که این روش برای تشخیص آلتراسیونهای اکسید آهن نسبت به بقیه روش ها بهتر جواب داده است؛ اکسیدهای آهن با توجه به بازدیدهای صحرایی که در شمال آنومالی پنج دیده شده بود با نتایج حاصل از دورسنجی مطابقت داشته است (شکل ۴).

روش صورت خواهد گرفت و بعد از آن نتایج مربوط به هر روش ارائه خواهد شد.

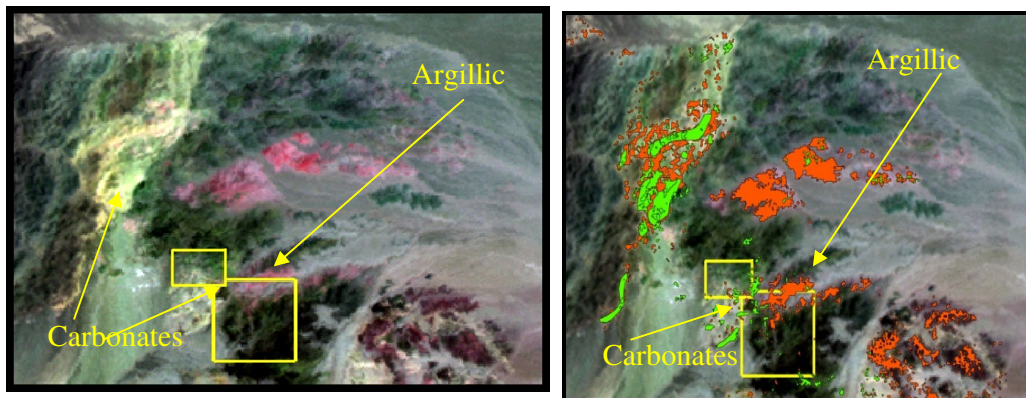
### روش پیش بینی خطی باند LS-Fit (Linear Band Prediction)

در روش LS-Fit، چنانچه در یک رگرسیون خطی فرکانسهای بالا (جذب) و فرکانسهای پایین (بازتاب) را که شکل دهنده روند می باشند، داشته باشیم و به آن یک چند جمله ای برازش نموده و نتیجه را از کل روند کسرکنیم، تنها فرکانسهای بالا (جذب) باقی می ماند و تصویری تولید می گردد که تنها جذب دارد. لازم به ذکر است که در این روش بایستی محدوده جذب و دو شاخه اطراف آن را داشته باشیم؛ به عبارت دیگر الگوریتم LS-Fit با استفاده از روش پیش بینی خطی باند و به کارگیری حداقل مربعات، به پیش بینی یک باند بر اساس سایر باندها می پردازد. خروجی این الگوریتم دو باند می باشد که عبارتند از: Residual Image و Prediction Image. تصویر Prediction چون بر اساس پیش بینی سایر باندها است، بیشترین شباهت را با سایر باندها دارا میباشد. اما در مقابل تصویر Residual چون خطای پیش بینی است، نشان



شکل ۴- نتایج حاصل از اعمال الگوریتم LS-Fit در مورد آلتراسیون اکسید آهن و گرانیت های تفکیک شده با حاشیه سبز مشخص اند.

بعدی تکرار نخواهیم کرد. نتایج حاصل از این روش به این صورت بوده است که این روش برای بارسازی آلتراسیون پروپلتیک (اپیدوت و کلریت) که آلتراسیون اصلی در منطقه متاسوماتیسم شده بوده است و با روش دورسنجی به خوبی نتیجه داده است، کربنات ها، آرژیلیک و کانی آلبیت (شکل ۷) موفق بوده است. در روش ترکیب بانندی ۴۶۸ با تفسیر بصری، آلتراسیون های آرژیلیک و کربناتی با روش مطابقت دارد، که در این ترکیب آلتراسیون کربناتی به رنگ زرد تا سفید و آلتراسیون آرژیلیکی به رنگ صورتی تا قرمز رنگ دیده می شوند، که در شکل ۵ ب میتوان آن را دید. ویژگی اصلی این الگوریتم، طبقه بندی بهتر عوارضی است که در تصویر پراکنده بوده و در روشهای معمول طبقه بندی در کلاسهای دیگر تلفیق می شوند.



شکل ۵- الف) نتایج حاصل از اعمال الگوریتم MF در مورد آلتراسیون آرژیلیک و کربنات ها و شکل ب) با تفسیر بصری RGB:468 که هر دو روش با هم هم پوشانی دارند.

(Kruse et al., 1993). الگوریتم مورد استفاده در SAM شباهت طیفی را از طریق محاسبه زاویه بین دو طیفی که آنها را به عنوان بردارهایی در فضای  $n$  بعدی در نظر می گیرد، محاسبه می کند. زاویه کم بین دو طیف نشانگر شباهت زیاد و زاویه زیاد بین دو طیف نشانگر شباهت کم

### روش فیلتر گذاری انطباقی Matched Filtering (MF)

روش فیلتر گذاری انطباقی، یک روش طیفی بخشی بدون تداخل است، که اهداف آن، مشخص کردن کلاس های طیفی شناخته شده مطلوب است که زمینه را حذف می کنند (Bedini, 2011 و Schott, 2007). این روش با استفاده از Endmember های تعریف شده توسط کاربر، پاسخ Endmember های معلوم را افزایش داده و مانع پاسخ زمینه می شود. این روش وسیله ای سریع برای شناسایی مواد خاص بر اساس تطبیق Endmember های منحنی بازتاب طیفی با تصویر می باشد. با اعمال الگوریتم موجود، تصویری حاصل می گردد، که در آن مکان های هدف به رنگ سفید دیده می شوند، که ادامه روش کار از ایجاد یک یک طبقه بندی نظارت نشده است دقیقاً به مانند روش فوق (روش LS-Fit) تکرار خواهد شد و دیگر آن را در روش های

### روش نمایشگر زاویه طیفی Spectral Angle Mapper (SAM)

یکی از روش های موثر در طبقه بندی داده های ماهواره ای، روش تهیه نقشه با استفاده از زاویه طیفی بین بردار داده های طیفی مرجع (تهیه شده در آزمایشگاه، روی زمین و یا داده های ماهواره ای) و بردار داده های تصویر ماهواره ای می باشد

های گرمایی، تعیین شاخص پوشش گیاهی و آشکار نمودن تفاوت میان ویژگی های بازتاب طیفی از سنگ ها و خاک های اطراف آنها بهره برد (Yamaguchi et al., 1998). لذا، در استخراج آلتراسیون های سیلیسی، از نسبت بانندی 13/12 و 12/13 نیز استفاده شد، (Sabins, 1999) که نسبت به روش های فوق، بهترین جواب را داد؛ البته تمام مناطق دگرسان شده استخراج شده برای این آلتراسیون (سیلیسی) و آلتراسیون های دیگر، نیاز به چک صحرائی دارد. برای تشخیص آلتراسیونهای اکسید آهن (شکل ۹) نیز از نسبت بانندی 2/1 و 3/1 استفاده شد. (شکل ۸ ب) همچنین از نسبت بانندی برای شناسایی اپیدوت ها و کربناتها استفاده شد که با روش طیفی فوق جواب خوبی داده است. نسبت بانندی مورد استفاده برای اپیدوت ها  $6+9/7+8$  و برای کربنات ها  $7+9/8$  بوده است.

#### جداسازی خطواره‌ها

وضعیت تکنیکی منطقه، یکی از مهم ترین و شاید اولین معیار برای پی جویی یک ماده معدنی و انتخاب مناطق مناسب جهت اکتشاف در مقیاس جهانی و کشوری می باشد. بسیاری از نهشته های معدنی و کانه زایی های انجام شده و تمرکز این کانه زایی ها در ارتباط با تکتونیک منطقه می باشد. ساختارهای (خطواره ها، گسل ها و ساختارهای حلقوی) منطقه نقش بسیار مؤثری در بالا آمدن ماگماهای کانه زار دارند و به عبارتی روند کانی سازی را تعیین و کنترل می کنند؛ در واقع گسل ها، محل مناسبی برای جایگیری مواد معدنی به شمار می روند. از بهترین راه های مشاهده ساختارها، پردازش تصاویر ماهواره ای می باشد. تجربه نشان داده است که بسیاری از دگرسانیهای مهم، در محل تقاطع گسل ها و یا ساختارهای

می باشد. خروجی الگوریتم SAM، برای هر پیکسل، یک فاصله زاویه ای بین دو طیف می باشد که با واحد رادیان بیان می شود؛ با اعمال الگوریتم موجود، تصویری حاصل می گردد که در آن مکان های هدف به رنگ سیاه دیده می شوند. ادامه روش کار از ایجاد یک یک طبقه بندی نظارت نشده است، دقیقا به مانند روش فوق (روش LS-Fit) تکرار خواهد شد و دیگر آن را در روشهای بعدی تکرار نکردیم. این روش برای هیچ کدام از آلتراسیون های موجود در منطقه جواب منطقی و درستی ارائه نداد. احتمالا به این دلیل که برای هر پیکسل، یک فاصله زاویه ای بین دو طیف برای کانی مشخص نتوانسته پیدا کند.

#### روش نسبت بانندی (Band Ratio)

یکی از روش های رایج در پردازش تصاویر ماهواره ای، روش نسبت بانندی (Sabins, 1999) است. این روش، شامل تقسیم کردن دو باند بر همدیگر است. بانندی که میزان بازتابش از هدف مورد بررسی در آن بیشتر است، در صورت و باند دیگر که پدیده جذب برای همان هدف در آن بالاتر است، در مخرج قرار می گیرد. با به کارگیری این روش، می توان اثرات توپوگرافی و سایه ها را در تصویر کاهش داد (Hewson et al., 2001) و اختلاف بین درجات روشنایی را آشکار کرد، و نیز برای جدا کردن مرز واحدهای سنگی و تشخیص سنگ ها به کار می رود (Rouskov et al., 2005). ویژگی های بازتابی پدیده های مختلف، از روی نمودار طیفی آنها در کتب مرجع و البته کتابخانه طیفی خود نرم افزار، موجود و قابل بررسی است و بر اساس همین ویژگی ها تصمیم به استفاده یا عدم استفاده از این روش گرفته می شود. از این روش می توان برای تهیه نقشه زمین شناسی، جدایش واحدهای سنگی و دگرسانی



حلقوی رخ داده است. بنابراین شناخت و ترسیم آنها در تصویر ماهواره‌ای، کمک قابل توجهی به اکتشاف پتانسیل‌های معدنی خواهد کرد. تفکیک ساختارهای منطقه از دیدگاه دورسنجی، مستلزم دارا بودن تصویری است که به خوبی تغییرات واحدهای سنگی را نشان دهد. این تغییرات میتواند جابجائی واحدها، تغییرات شکل واحدها، قطع شدن یک واحد به وسیله واحدی دیگر و غیره باشند. جداسازی ساختارها با روش تفسیر چشمی تصاویر صورت گرفت در این روش از نقشه های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (زمان آباد) به عنوان راهنما استفاده شد؛ البته باید توجه داشت که این نقشه‌ها تنها میتوانند ما را در شناسایی بعضی از ساختارها راهنمایی نمایند و از منطقه و ساختارهای آن به ما یک دید کلی دهند و هیچگاه نمی‌توان با اطمینان کامل و با استناد بر این نقشه‌ها ساختارها را جدا سازی نمود. در این روش با استفاده از ترکیب رنگی (۷۴۲ و ۷۴۱) RGB: (Chica-Olmo and abarca, 2002) تصویری ایجاد گردید، که ساختارهای موجود در منطقه و روند ساختارها و واحدهای لیتولوژی را به خوبی نشان می‌دهد (شکل ۱۲ الف).

نتایج حاصل از تلفیق الگوریتم های استخراج مناطق دگرسان شده و خطواره ها در بررسی‌های استخراج مناطق دگرسان شده برای آلتراسیون‌های آنومالی پنج ساغند در ارتباط با کانی سازی اورانیوم و تورنیوم (آرژیلیک، پروپلیتیک، کربنات، سیلیسی، اکسید آهن و کانی آلبیت) از الگوریتم‌های مختلف، نسبت‌های باندی و تفسیر بصری با ترکیب باندی مختلف استفاده شد. مقایسه الگوریتم‌های مختلف نشان می‌دهد که: آلتراسیون آرژیلیک، (شکل ۶) و آلبیتی شدن (شکل ۷) و از میان روش‌های ذکر شده، روش MF در محدوده و حتی درگرانیتهای (شکل ۶ ب) موجود در شمال آنومالی پنج به خوبی جواب داده است. آلتراسیون کربناتی با روش MF و نسبت باندی  $7+9/8$  به خوبی نتیجه داده است؛ (شکل ۸ الف). همچنین در شناسایی آلتراسیون آرژیلیک و کربناتی از روش تفسیر بصری استفاده شد، که در این ترکیب آلتراسیون کربناتی به رنگ زرد تا سفید و آلتراسیون آرژیلیکی به رنگ صورتی تا قرمز رنگ دیده شدند. (شکل ۵) آلتراسیون آرژیلیک بیشتر در ارتباط با واحدهای گرانیته می‌باشد. در آلتراسیون پروپلیتیک از تمام روش‌های فوق استفاده شد و روش MF و روش نسبت باندی  $6+9/7+8$  در تفکیک این آلتراسیون مناسب بود و جواب مثبت داد. (شکل ۱۰ و ۱۱). آلتراسیون‌های پروپلیتیک بیشتر بر روی واحدهای شیست و کلریت شیست مربوط به سازند تاشک و منطقه متاسوماتیسمی در آنومالی پنج و گرانیته ها به خوبی مشخص شد. در استخراج آلتراسیون‌های سیلیسی هم باز از روش‌های فوق که در بالا ذکر شد استفاده گردید، ولی نسبت باندی  $13/12$  و  $12/13$  بهترین جواب را داد؛ البته تمام مناطق دگرسان شده استخراج شده برای این آلتراسیون (سیلیسی) (شکل ۱۱ ب) و آلتراسیون‌های دیگر نیاز به چک صحرایی دارد. آلتراسیون‌های اکسید آهن نیز با روش LS-Fit و نسبت باندی  $3/1$  و  $2/1$  بهترین نتیجه را داد (شکل ۸ ب و شکل ۹). کانی سازی اورانیوم، تورنیوم و عناصر نادر خاکی در این منطقه عمدتاً از نوع هیدروترمالی و متاسوماتیسم وابسته به توده‌های نفوذی منطقه می‌باشد، که در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه، رخنمون نسبتاً وسیعی از توده متبلور و سفید رنگ گرانیته‌نویید وجود دارد، که این واحد سنگی از سمت شرق و جنوب به صورت تدریجی به طبقات و واحدهای

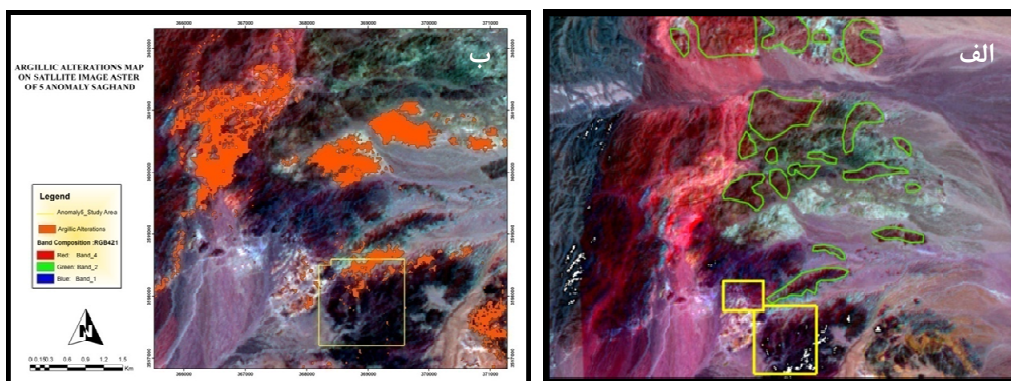
بنابراین شناخت و ترسیم آنها در تصویر ماهواره‌ای، کمک قابل توجهی به اکتشاف پتانسیل‌های معدنی خواهد کرد. تفکیک ساختارهای منطقه از دیدگاه دورسنجی، مستلزم دارا بودن تصویری است که به خوبی تغییرات واحدهای سنگی را نشان دهد. این تغییرات میتواند جابجائی واحدها، تغییرات شکل واحدها، قطع شدن یک واحد به وسیله واحدی دیگر و غیره باشند. جداسازی ساختارها با روش تفسیر چشمی تصاویر صورت گرفت در این روش از نقشه های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (زمان آباد) به عنوان راهنما استفاده شد؛ البته باید توجه داشت که این نقشه‌ها تنها میتوانند ما را در شناسایی بعضی از ساختارها راهنمایی نمایند و از منطقه و ساختارهای آن به ما یک دید کلی دهند و هیچگاه نمی‌توان با اطمینان کامل و با استناد بر این نقشه‌ها ساختارها را جدا سازی نمود. در این روش با استفاده از ترکیب رنگی (۷۴۲ و ۷۴۱) RGB: (Chica-Olmo and abarca, 2002) تصویری ایجاد گردید، که ساختارهای موجود در منطقه و روند ساختارها و واحدهای لیتولوژی را به خوبی نشان می‌دهد (شکل ۱۲ الف).

### نتایج حاصل از تلفیق الگوریتم های استخراج مناطق دگرسان شده و خطواره ها

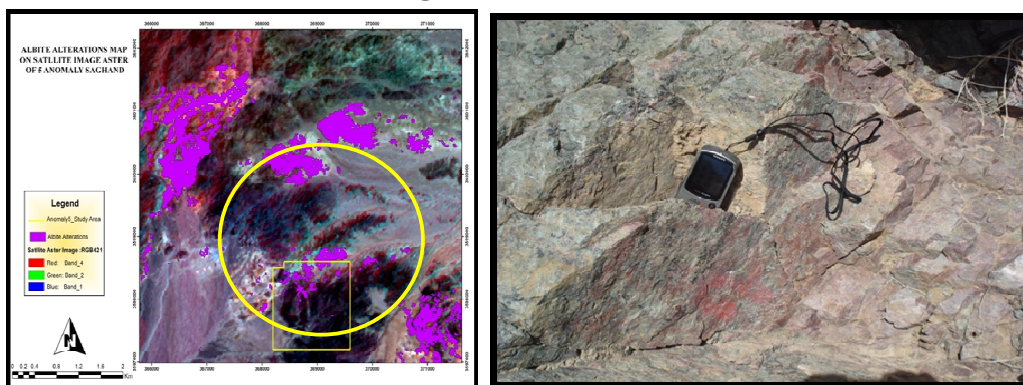
در بررسی‌های استخراج مناطق دگرسان شده برای آلتراسیون‌های آنومالی پنج ساغند در ارتباط با کانی سازی اورانیوم و تورنیوم (آرژیلیک، پروپلیتیک، کربنات، سیلیسی، اکسید آهن و کانی آلبیت) از الگوریتم‌های مختلف، نسبت‌های باندی و تفسیر بصری با ترکیب باندی مختلف استفاده شد. مقایسه الگوریتم‌های مختلف نشان می‌دهد که: آلتراسیون آرژیلیک، (شکل ۶) و آلبیتی شدن (شکل ۷) و از میان روش‌های ذکر شده، روش

می شوند. دو گسل عمده و اصلی در بالا و پایین سازند تاشک قرار گرفته که عملکرد این دو گسل باعث شده که گسلهای ریز و فراوانی در این سازند به وجود آید، که خود نشان دهنده تکتونیک فعال منطقه می باشد و گسلها اغلب با مناطق آلتراسیون شناسایی شده مطابقت دارند؛ با توجه به اینکه در سازند تاشک و در اطلاعات زمین شناسی، اپیدوت و کلریت وجود دارد، آلتراسیون پروپلیتیک (اپیدوت و کلریت) در پردازش تصاویر به خوبی نشان داده شده است. شکل ۱۲ ب نتایج حاصل از تلفیق همه آلتراسیونها و ساختارها در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج کانسار ساغند را نشان می دهد.

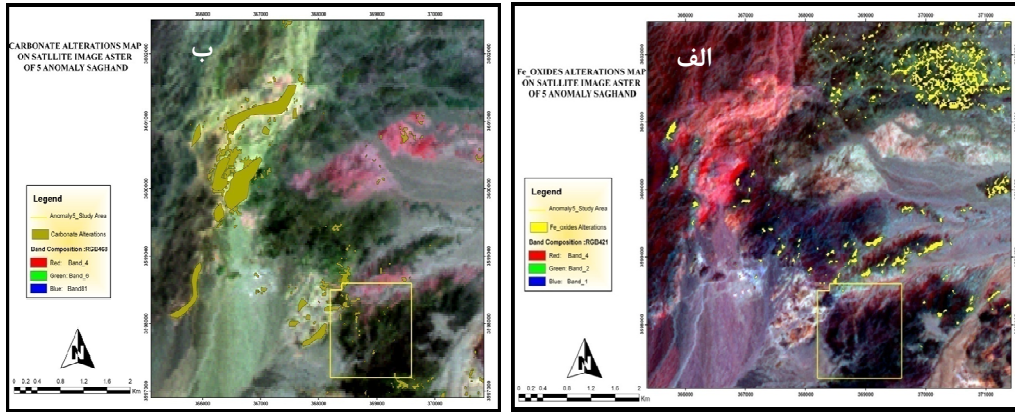
متاسوماتیتی تبدیل می شود؛ ماگماتیسم قلیایی سبب پدیده متاسوماتیسم و ایجاد انواع سنگی بوده و محلولهای همراه که غنی از سدیم و کربنات بوده توانسته است عناصر فلزی را از سنگ های میزبان (در آنومالی پنج سنگ های آذرآواری، دیابازها، گرانیتها و گابروها) با خود حمل نموده و به فراخور شرایط ژئوشیمیایی در میدان پایداری هر یک مستقلا بر جای گذارد؛ اورانیوم بصورت کمپلکس سدیم و کربنات و در حالت اکسیدان (۶ ظرفیتی) حمل و در برخورد محلولهای گرمابی با کانیها و عناصر احیا کننده، نظیر آمفیبول و سولفور ها و منیتیت به صورت کانیهای چهار ظرفیتی اورانیوم، در میزبانهای مختلف نهشته



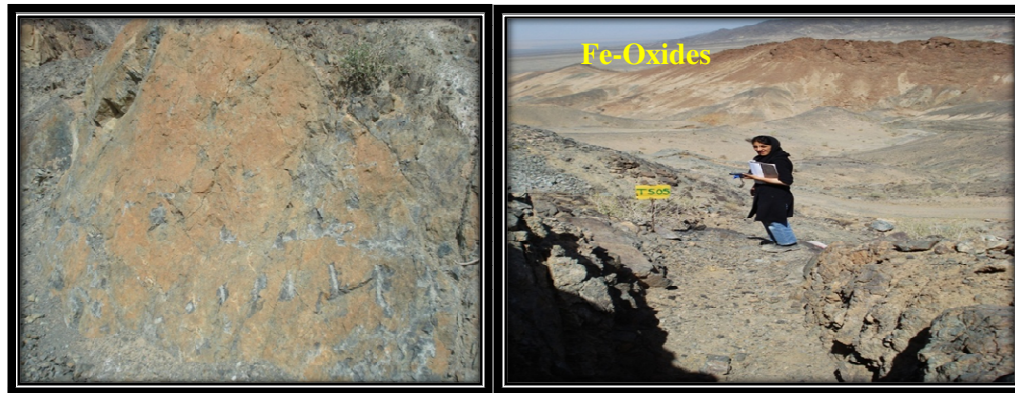
شکل ۶ الف- پراکندگی مناطق با آلتراسیون آرژیلیکی در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج ساغند ب- جداسازی گرانیت های شمال آنومالی ۵



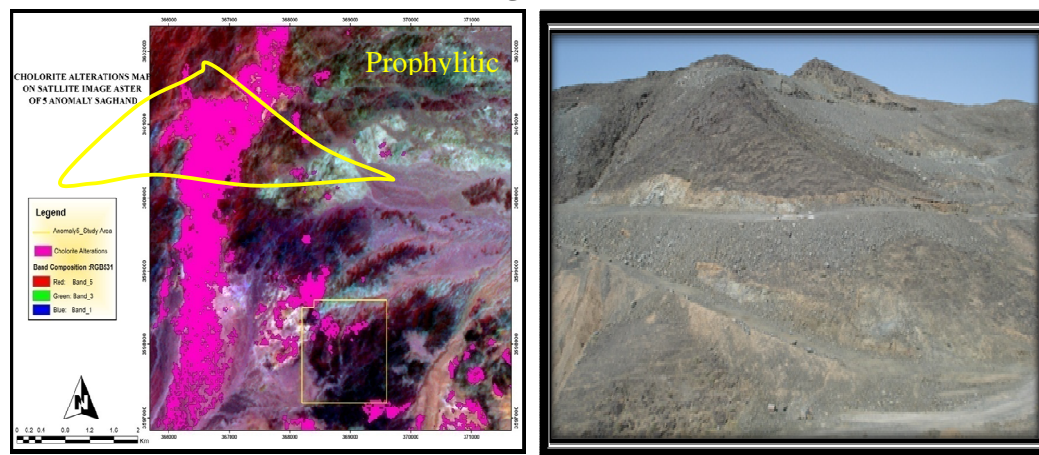
شکل ۷- پراکندگی مناطق با سوسوریتی شده (آلبیت) در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج ساغند و مناطق دارای آلبیت گوشتی رنگ، که کانی سازی اورانیوم در آنها صورت گرفته و درصد CPS بالایی را از نظر رادیواکتیویته بودن نشان می دهد.



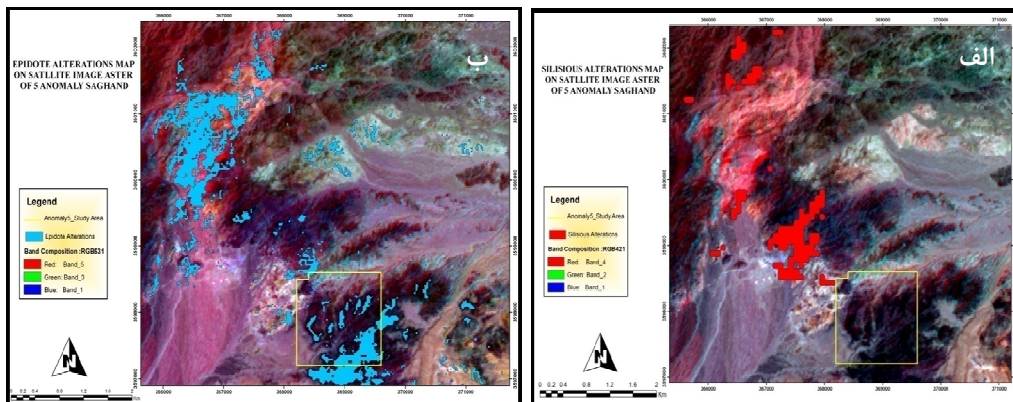
شکل ۸- پراکندگی مناطق با آلتراسیون کربناتی در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج ساغند (ب) پراکندگی مناطق با آلتراسیون اکسید آهن



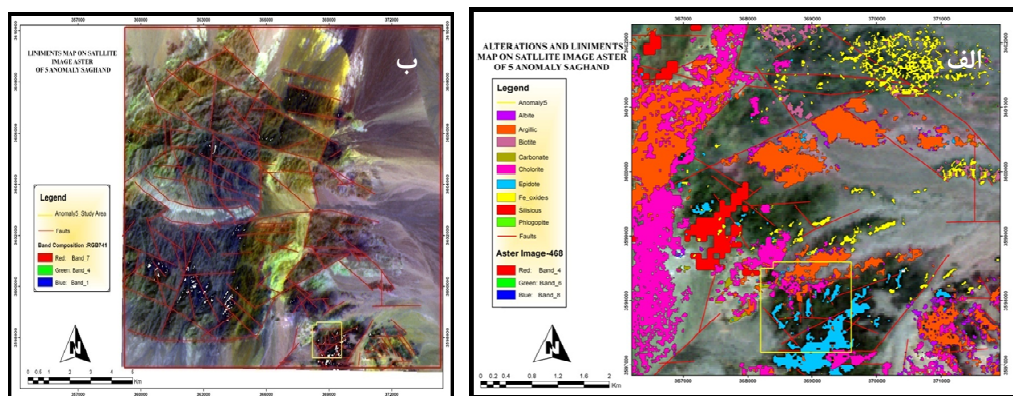
شکل ۹- پراکندگی مناطق با آلتراسیون اکسید آهن در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج کانسار ساغند و محدوده های اطراف آن که بیشترین مقدار اکسید های آهن در شمال آنومالی پنج در منطقه ای که گرانیتهای رخنمون داشته اند دیده می شود.



شکل ۱۰- پراکندگی مناطق با آلتراسیون پروپلیتیک (به طور شاخص تفکیک کلریت)، در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج ساغند



شکل ۱۱- الف) پراکندگی مناطق با آلتراسیون پروپلیتیک (به طور شاخص تفکیک اپیدوت ها) در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج کانسار ساغند ب) پراکندگی مناطق با آلتراسیون سیلیسی در محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج ساغند



شکل ۱۲- الف) نمایش خطوطارهها بر روی محدوده مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره ای ASTER با ترکیب باندی RGB:741 ب) نمایش کل آلتراسیون ها و خطوطارهها بر روی تصویر ASTER محدوده مورد مطالعه از آنومالی پنج ساغند

## منابع

-علوی پناه ، س. ک.، ۱۳۸۵. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۸۶ ص.  
 -زاهدی، ه.، فرزین، م.، ۱۳۸۶. پردازش و تصویر تصاویر ماهواره ای بر گه های ۱:۲۵۰۰۰۰ آبدوغی و راور و طبس، سازمان انرژی اتمی ایران.  
 - Chica-Olmo, M., and Abarca, F., 2002. Development of a Decision support system based on remote sensing and GIS techniques for gold-rich area identification in SE Spain. International Journal of Remote Sensing, v.23, 22, p. 4801-4814.  
 -Clark, R. N., and Swayze, G. A., 1995. Mapping minerals, amorphous

-سامانی، ب.، طالع زاده لاری، ی.، ۱۳۶۶. گزارش فاز اول طرح اکتشاف اورانیوم در آنومالی پنج ناحیه ساغند (ایران مرکزی)، سازمان انرژی اتمی ایران واحد اکتشاف، گزارش داخلی، شماره ۲۲۵.

-ERDAS IMAGIANE., 2003. ERDAS Field Guide™, Fifth Edition, Revised and Expanded, ERDAS®, Inc., Atlanta, Georgia.

Bedini, E., 2011. Mineral mapping in the Kap Simpson complex, central East reenlan using HyMap and ASTER remote sensing data, Advances in Space Research, v.47 , p. 60-73.

- Barloon, P.J., and Goetz, A.F.H., 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) –interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. *Remote Sensing Environment*. v. 44, p.145–163.
- Haghipour A., 1977. Geological map of Posht-e-Badam area. Geological Survey Iran.
- Hewson, R.D., Cudahy, T.J., and Hunting, J.F., 2001. Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, S Australia, using ASTER satellite-borne data. *IEEE*, p.724–726.
- Rouskov, K., Popov, K., Stoykov, S., and Yamaguchi, Y., 2005. Some applications of the remote sensing in geology by using of ASTER image. In: Scientific Conference "SPACE, ECOLOGY, SAFETY", P. 167- 173.
- Sabins, F.F., 1999. Remote sensing for mineral exploration, *Ore Geology Reviews*, v. 14, p.157– 183
- Schott, J.R., 2007. Remote sensing, *The Image Chain Approach*. Second ed. Oxford University Press, New York, 688p.
- Yamaguchi, Y., Kahle, A.B., Tsu, H., Kawakami, T., and Pniel, M., 1998. Overview of advanced space borne thermal emissioh and reflection radiometer (aster), *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 36, p. 1062-1071.
- Yamaguchi, Y., Fujisada, H., Tsu, H., Sato, I., Watanabe, H., Kato, M., Kudoh, M., Ahlc, A.B., and Pniel, M., 2001. Aster early image evaluation, *Advance. Space Research.*, v. 28 (1), p. 69-76.
- materials, environmental materials, vegetation, water, ice, and snow, and other materials: The USGS Tricorder Algorithm: in *Summaries of the Fifth Annual JPL Airborne Earth Science Workshop*, JPL Publication, v. 95(1), p. 39 - 40.
- Clark, R. N., Gallagher, A. J., and Swayze, G. A., 1990 . Material absorption band depth mapping of imaging spectrometer data using the complete band shape least-square algorithm simultaneously fit to multiple spectral features from multiple materials: in *Proceedings of the Third Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Workshop*, JPL Publication 90-54, p. 176 - 186.
- Clark, R. N., Swayze, G. A., and Gallagher, A., 1992 . Mapping the mineralogy and lithology of Canyonlands, Utah with imaging spectrometer data and the multiple spectral feature mapping algorithm: in *Summaries of the Third Annual JPL Airborne Geoscience Workshop*, JPL Publication 92-14, v. 1, p. 11-13.
- Clark, R. N., Swayze, G. A., Gallagher, A., Gorelick, N., and Kruse, F. A., 1991 . Mapping with imaging spectrometer data using the complete band shape least squares algorithm simultaneously fit to multiple spectral features from multiple materials: in *Proceedings, 3rd Airborne Visible/Infrared Imaging*
- Clark, R.N., Swayze, G.A., Wise, R., Livo, K.E., Hoefen, T.M., Kokaly, R.F., and Sutley, A., 2003. S.J. USGS Digital Spectral Library splib05a. USGS Open File Report 3-395.
- Kruse, F.A., Lefkoff, A.B., Boardman, J.W., Heidebrecht, K.B., Shapiro, A.T.,