

شناسایی کانی های آلتراسیون هیدروترمال با استفاده از روش نقشه بردار زاویه طیفی بر روی داده های سنجنده ASTER منطقه سرچشمه و کوه پنج در استان کرمان.

محمد بابائی؛ حجت ا... رنجبر.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ M_babaei80iut@yahoo.com

۲- دانشیار دانشکده معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ h.ranjbar64@yahoo.com

چکیده

منطقه مطالعاتی شامل بخش هایی از برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی رفسنجان، پاریز و چهار گنبد می باشد که در جنوبی ترین بخش کمر بند آتشفشانی -رسوبی ایران مرکزی واقع شده است. سنگهای آتشفشانی-رسوبی ائوسن، اصلی ترین واحد زمین شناسی منطقه را تشکیل می دهند که نفوذ توده های الیگومیوسن در آنها، باعث دگرسانی گسترده و کانسازری در سطح منطقه شده است. بیشترین گسترش دگرسانی از نوع فیلیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک می باشد. از کانی هایی که در دگرسانی های هیدروترمال وجود دارند و توسط خصوصیات طیفی قابل شناسایی می باشند میتوان به مسکویت، کائولینیت، اپیدوت، کلریت و کلسیت اشاره کرد. از تصاویر سنجنده ASTER جهت نقشه برداری از مناطق دگرسان شده با استفاده از روش نقشه بردار زاویه طیفی^۱ (SAM) استفاده گردیده است. در این روش بر اساس مقایسه طیف بدست آمده از تصویر با طیفهای مرجع، کانی ها را می توان نقشه برداری نمود. جهت استفاده از این روش بایستی داده های خام را تصحیح نمود. به منظور بازسازی عوارض طیفی از روش کالیبراسیون بازتابش متوسط نسبی داخلی (IARR) برای نرمالیزه کردن تصاویر استفاده شده است. با توجه به اینکه بازتابش طیفی در باند ۵ سنجنده ASTER نسبت به طیف مرجع کانی ها مقدار کمتری را نشان می دهد، مقدار بازتابش طیفی در این باند تصحیح گردید. تصاویر بدست آمده نشان داد که نتایج روش نقشه بردار زاویه طیفی انطباق خوبی با داده های برداشت شده صحرائی داشتند.

کلمات کلیدی: دگرسانی هیدروترمال، ASTER، نقشه بردار زاویه طیفی، کالیبراسیون بازتابش متوسط نسبی داخلی.

Identification Of Hydrothermal Altration Minerals By Using Spectral Angle Mapper Technique In Sar Cheshmeh And Kuh Panj Areas By Using ASTER Data.

Babaei, M. Ranjbar, H.

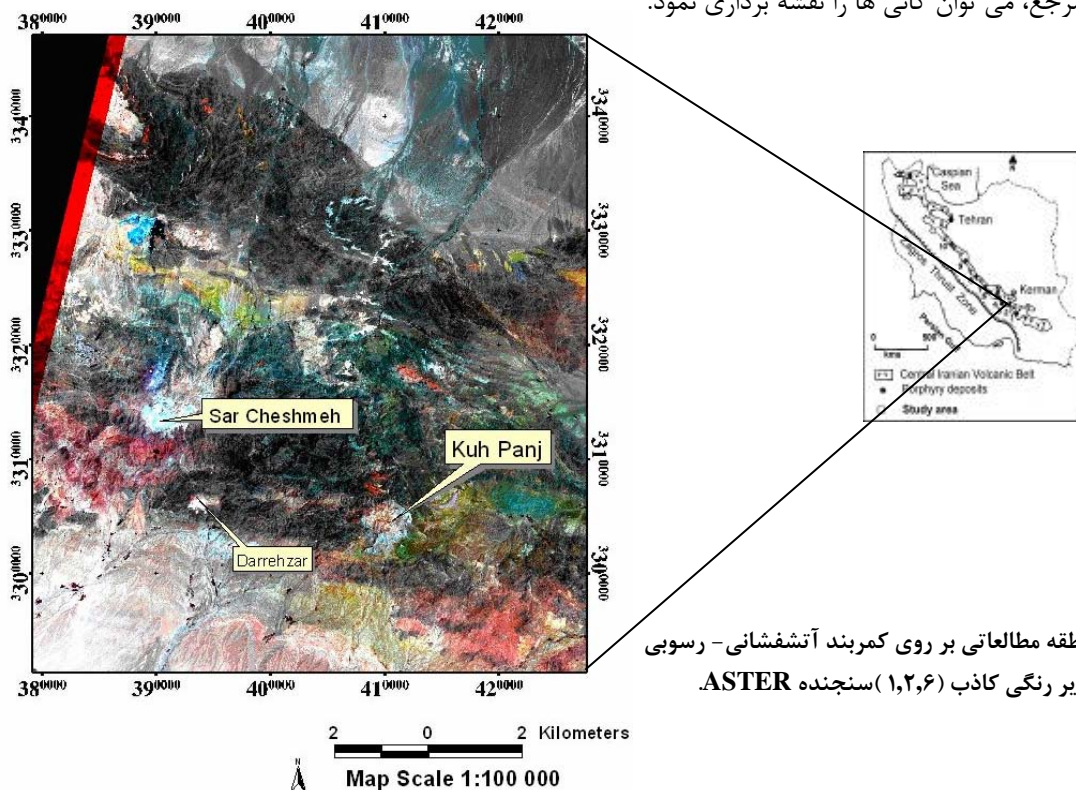
Abstract

The study area covers parts of geological maps of Rafsanjan I, Rafsanjan II, Pariz and Chahargonbad (scale of 1:100000) which is located in the southern part of Central Iranian volcanic-sedimentary Belt. The volcanic-sedimentary rocks of Eocene age are the main lithologies in the study area which are intruded by Oligocene-Miocene intrusives that caused wide alteration and mineralization in the study area. The commonly known and widespread alterations include phyllic, argillic and propylitic. Some minerals such as muscovite, kaolinite, epidote, chlorite and calcite exist in hydrothermal alterations and can be identified by using their spectral characteristics. ASTER images were used for mapping the hydrothermal alteration in the area by Spectral Angle Mapper (SAM) technique. In this technique the image spectra is compared with a reference spectra. In order to use this method, Internal Average Relative Reflectance (IARR) correction was applied on ASTER level 1B to normalize data. As the sensor onboard the satellite has recorded less value than the real one for band 5, a correction was done by using known mineral spectra. The resulted images indicate that SAM technique results have a good agreement with field data.

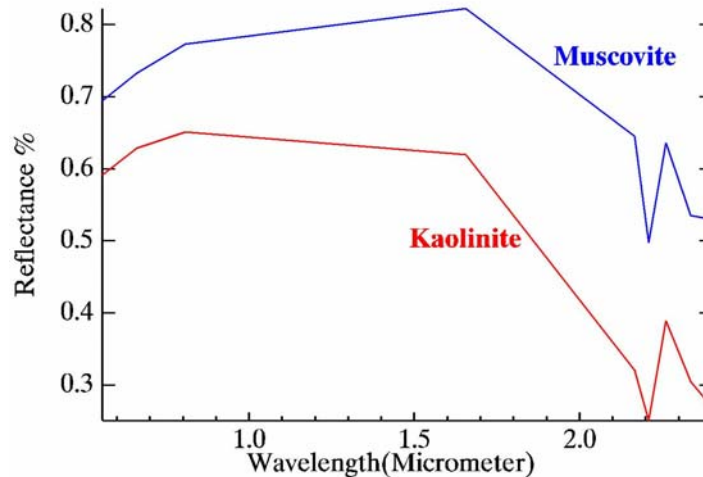
Keywords: Hydrothermal alteration, ASTER, spectral angle mapper, IARR.

۱- مقدمه

بسیاری از کانسارهای مس ایران در کمر بند آتشفشانی- رسوبی ایران مرکزی قرار دارند. این کمر بند پتانسیل زیادی از نظر کانسارهای مس پورفیری دارد. منطقه مورد مطالعه بخش هایی از برگه های ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی رفسنجان، پاریز و چهار گنبد در بخش جنوبی این کمر بند در جنوب غرب شهر کرمان را شامل می گردد و از لحاظ پوشش گیاهی فقیر می باشد (شکل). سنگهای آتشفشانی- رسوبی ائوسن شامل پیروکلاست، پیروکسن تراکی آندزیت، پیروکسن آندزیت، تراکی آندزیت، تراکی بازالت و آندزیت که قدیمی ترین سنگهای ناحیه را تشکیل می دهند و فازهای نفوذی اولیگومیوسن شامل، گرانودیوریت، دیوریت، کوآرتز دیوریت، مونزونیت، تونالیت و گرانیت که در درون مجموعه آتشفشانی- رسوبی نفوذ کرده و باعث گسل خوردگی، شکستگی، دگرسانی و کانسار سازی در سنگهای پورفیری و سنگهای آتشفشانی همبر آنها شده است وضعیت عمومی زمین شناسی ناحیه را تشکیل می- دهد [7]. بیشترین گسترش دگرسانی هیدروترمال در منطقه از نوع فیلیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک می باشد. از مشخصه این آلتراسیون ها وجود کانی های مسکویت، کائولینیت، اپیدوت، کلریت و کلسیت است که با روش های سنجش ازدور بر اساس خصوصیات طیفی آنها قابل تفکیک هستند. از نسبت باندها به عنوان یک روش متداول پردازش تصاویر ماهواره ای جهت افزایش اثرات طیفی کانی های دگرسان استفاده می شود. این روش ضمن بارز سازی پوشش گیاهی که اثرات نامطلوب می باشد، نتایج چندان دقیقی ارائه نمی هد. آنالیز مولفه های اصلی یک ابزار دقیق تر جهت به حداقل رساندن اثرات پوشش گیاهی و آشکار سازی نواحی دگرسان شده می باشد که توسط محققین مختلفی برای مشخص کردن نواحی دگرسانی در ایالات فلز زایی مورد استفاده قرار گرفته است (Crosta, 1989; Loughlin, 1991; Ruts-Armenta and Prol-Ledesma, 1988; Tangestani and Moore, 2001). در این روش اگر چه با استفاده از آنالیز مولفه های اصلی انتخابی یا روش کراستا می توان مناطق دگرسان شده را بارز سازی نمود اما به دلیل انعکاس طیفی بعضی از کانی های آلتراسیون مانند مسکویت و کائولینیت در دامنه طول موجی مشابه نمی توان آنها را به خوبی تفکیک نمود (شکل). در روش نقشه بردار زاویه طیفی بر اساس مقایسه طیف بدست آمده از تصویر با طیفهای مرجع، می توان کانی ها را نقشه برداری نمود.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی بر روی کمر بند آتشفشانی- رسوبی ایران مرکزی و تصویر رنگی کاذب (۱،۲،۶) سنجنده ASTER.



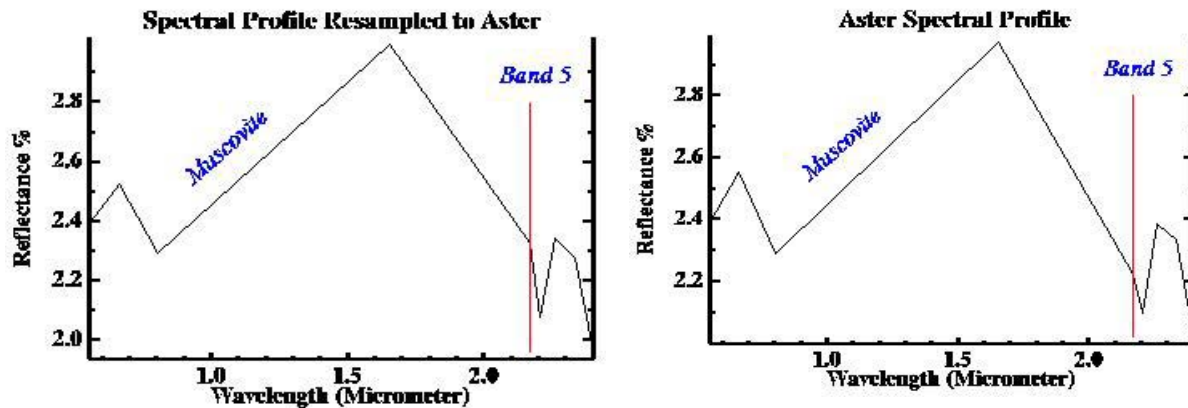
شکل ۲- شباهت انعکاس طیفی کانی های مسکوویت و کائولینیت.

۲- پردازش تصاویر

سنجنده ASTER (سوار شده بر روی سکوی TERRA) در دسامبر ۱۹۹۹ با همکاری ناسا و ژاپن در مدار قرار گرفته است. آستر ۱۴ باند دارد که دامنه طول موجی ۰/۵۲ تا ۱۱/۶۵ میکرون را در سه محدوده طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز طول موج کوتاه و مادون قرمز حرارتی پوشش می دهد. این سنجنده بصورت تخصصی برای کاربردهای اکتشافی و زمین شناسی طراحی گردیده است [1]. در این مطالعه از داده های ASTER سطح LIB که تصحیحات هندسی بر روی آن صورت می گیرد در محدوده انعکاسی (SWIR, VNIR) استفاده گردید. تشعشعات الکترومغناطیسی که از خورشید ساطع می شوند پس از برخورد به سطح زمین و انعکاس، از جو عبور می نمایند و به سنجنده می رسند. در اثر عبور این تشعشعات از جو، کاهشی در میزان امواج الکترومغناطیس رخ می دهد. بنابراین برای استفاده از داده ها نیاز به تصحیحات خاصی می باشد. میزان میرایی امواج بستگی به طول موج و طول مسیر دارد. امواج کوتاهتر از $0.3 \mu m$ به طور کامل توسط لایه ازون در بالای اتمسفر جذب می شوند [4]. ابرها که شامل ذرات ریز و قطرات آب هستند باعث جذب و پخش انرژی الکترومغناطیس در طول موجهای کمتر از 0.1 cm می شوند. فقط امواج میکروویو و طول موجهای بزرگتر قادر هستند بدون پخش، انعکاس یا جذب از ابرها عبور کنند [10]. به منظور بازسازی عوارض طیفی روش کالیبراسیون بازتابش متوسط نسبی داخلی (IARR) برای نرمالیزه کردن تصاویر با استفاده از یک طیف میانگین صحنه بکار می رود. این روش اثرات ویژه ای را برای تبدیل داده های طیفی به بازتاب های نسبی در مناطقی که اندازه گیری های زمینی وجود نداشته و اطلاعات از منطقه اندک باشد دارد. این روش برای مناطق خشک و بدون پوشش گیاهی نتایجی بهتری را دارد. در این روش طیف میانگین برای صحنه ورودی محاسبه شده و این طیف به عنوان طیف مرجع استفاده می گردد. سپس این طیف میانگین بر هر پیکسل تصویر تقسیم می شود و طیف ظاهری پیکسل بدست می آید [3]. مقایسه بین نمودار بازتابش طیفی داده های ASTER با طیف مرجع کانی ها نشان می دهد در باند ۵ داده های ASTER (محدوده طول موج $2/145 - 2/185 \mu m$) انعکاس طیفی کانی ها بطور غیرعادی پایین می باشد که با روش های مختلف می توان آن را تصحیح نمود. اگر انعکاس باند ۵ خیلی پایین باشد طیفها بیشتر شبیه به قالب طیفی کانی های آرژیلیک خواهند شد و الگوریتم های نقشه برداری دگرسانی آرژیلیک را بیشتر از دگرسانی فلیک به نقشه در می آورند [8]، [9] به عنوان یک روش، با افزایش مناسب انعکاس طیفی در باند ۵ در مقایسه با طیف مرجع بدست آمده از نمونه برداری مجدد از داده می توان آن را تصحیح نمود (شکل).

جدول ۱- محدوده های طیفی و قدرت تفکیک مکانی باندهای سنجنده ASTER.

Band No.	Band Width	Spatial Resolution
1	0.52 - 0.60 μm (Green)	15 meters
2	0.63 - 0.69 μm (Red)	15 meters
3	0.76 - 0.86 μm (Near IR)	15 meters
4	1.60 - 1.70 μm (SWIR)	30 meters
5	2.145 - 2.185 μm (SWIR)	30 meters
6	2.185 - 2.225 μm (SWIR)	30 meters
7	2.235 - 2.285 μm (SWIR)	30 meters
8	2.295 - 2.365 μm (SWIR)	30 meters
9	2.36 - 2.43 μm (SWIR)	30 meters
10	8.125 - 8.475 μm (TIR)	90 meters
11	8.475 - 8.825 μm (TIR)	90 meters
12	8.925 - 9.275 μm (TIR)	90 meters
13	10.25 - 10.95 μm (TIR)	90 meters
14	10.95 - 11.65 μm (TIR)	90 meters



الف ب

شکل ۳- باند ۵ در طیف کانی مسکویت داده های ASTER (الف)، باند ۵ در طیف مرجع کانی مسکویت حاصل از نمونه برداری مجدد از داده های ASTER (ب).

۳- شناسایی کانی ها با استفاده از روش نقشه بردار زاویه طیفی (SAM)

نقشه برداری زاویه طیفی روشی کارآمد برای مقایسه طیف تصاویر نسبت به طیفی استاندارد یا طیف مرجع است. الگوریتم این روش، مشابهت بین دو طیف را به وسیله زاویه طیفی بین آن دو محاسبه می کند (شکل). در واقع با تبدیل طیف ها به بردار در فضایی به ابعاد تعداد باندها، زاویه بین دو بردار محاسبه می شود. در این روش برای محاسبه زاویه، جهت بردارها اهمیت دارد و نه طول آنها و به همین علت میزان روشنایی پیکسل در طبقه بندی آن تاثیری ندارد [6]. در واقع هرچه مقدار زاویه (بین ۰ تا ۱) کمتر باشد شناسایی دقیق تر خواهد بود. در صورتی که مقدار زاویه، ۱ باشد کل تصویر به عنوان پدیده مورد نظر شناسایی می گردد. برای مقایسه یک پیکسل، طیف پیکسل مورد نظر از منطقه مطالعاتی با طیف همان پیکسل در بین طیفهای مرجع بر روی دوباند در یک محور مختصات رسم می گردد. سپس نقاط بدست آمده به مبدأ وصل می شود و زاویه بین دو خط بدست آمده به

عنوان زاویه شناسایی پیکسل شناخته می شود. برای بدست آوردن زاویه (α) بین دو بردار (بدست آمده از طیف نقاط آزمایشگاهی t و مرجع t) از رابطه زیر استفاده می شود:

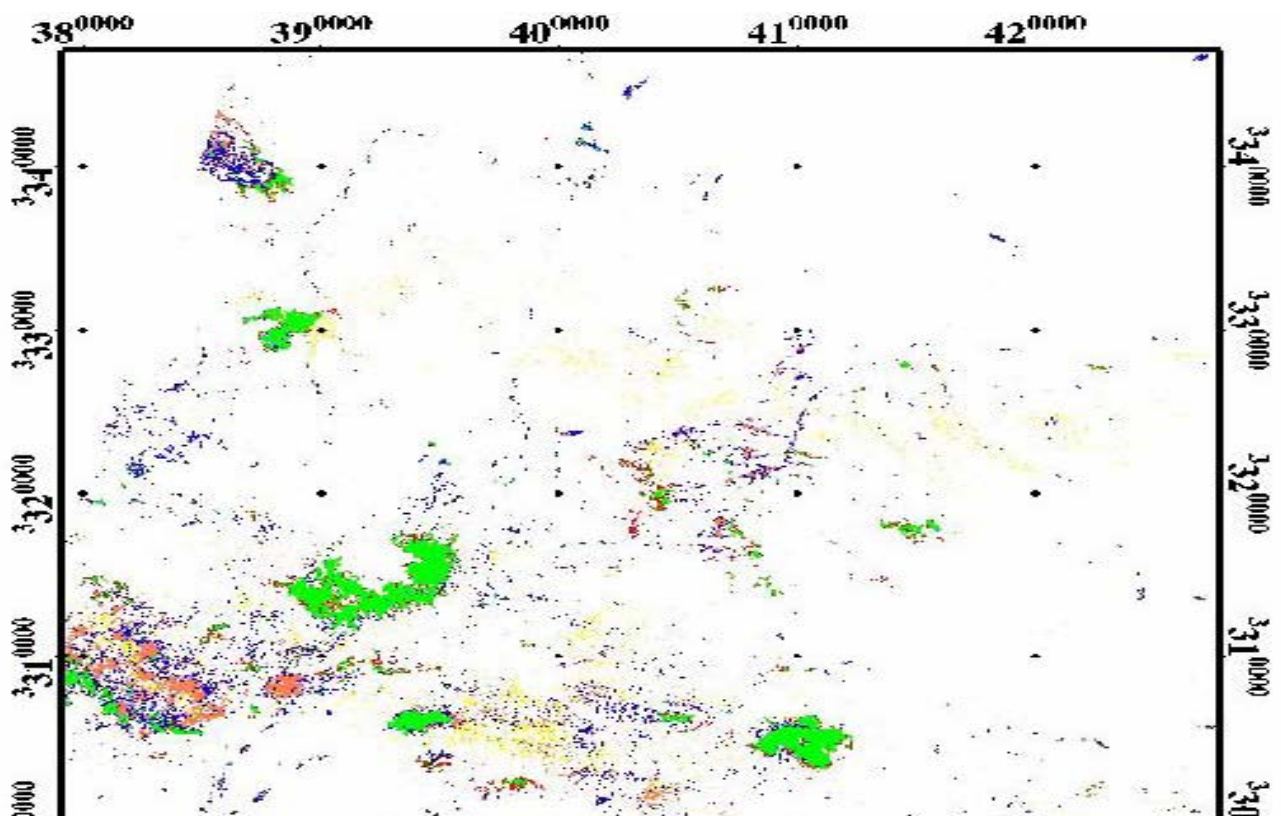
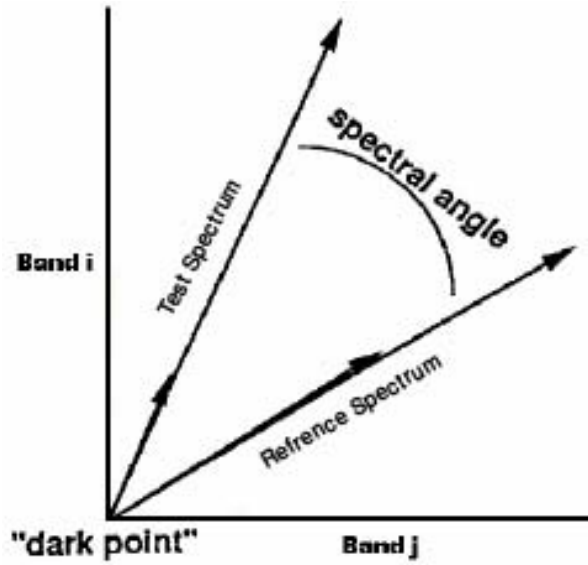
در صورتی که از تعداد n باند برای شناسایی پدیده مورد نظر استفاده شود از رابطه زیر برای بدست آوردن زاویه استفاده می - شود، که در آن nb تعداد باندها می باشد [5]

نمودارهای طیفی استخراج شده از تصاویر خام معمولاً دارای تغییرات اندکی می باشند که در تصاویر طبقه بندی شده به کمک روش SAM کانی ها اثر چندانی از خود نشان نمی دهند. اما در صورتی که داده های خام تصحیح شوند اثر طیفی بارزتر می گردد و به کمک روش SAM می توان کانی های مختلف را بارزسازی نمود. به منظور شناسایی کانی های آلتراسیون هیدروترمال روش SAM بر روی تصویر تصحیح شده با انتخاب زاویه طیفی ۰/۱ آزمایش شد (

شکل). در نقشه حاصل بیشترین گسترش دگرسانی منطقه از نوع فیلیک (مسکویت) در مرکز سیستم و پروپلیتیک (اپیدوت، کلریت و کلسیت) در اطراف می باشد و زون آرژیلیک (کائولینیت) گسترش کمی را در اطراف زون فیلیک نشان می دهد که در مقایسه با برداشت ها و مطالعات صحرایی همخوانی خوبی دارد. با نمایش زون فیلیک حاصل از روش SAM بر روی تصویر PC4 حاصل از روش کراستا با انتخاب باندهای ۱ ۴ ۶ ۷ که جهت بارزسازی مناطق دگرسانی استفاده می شود (

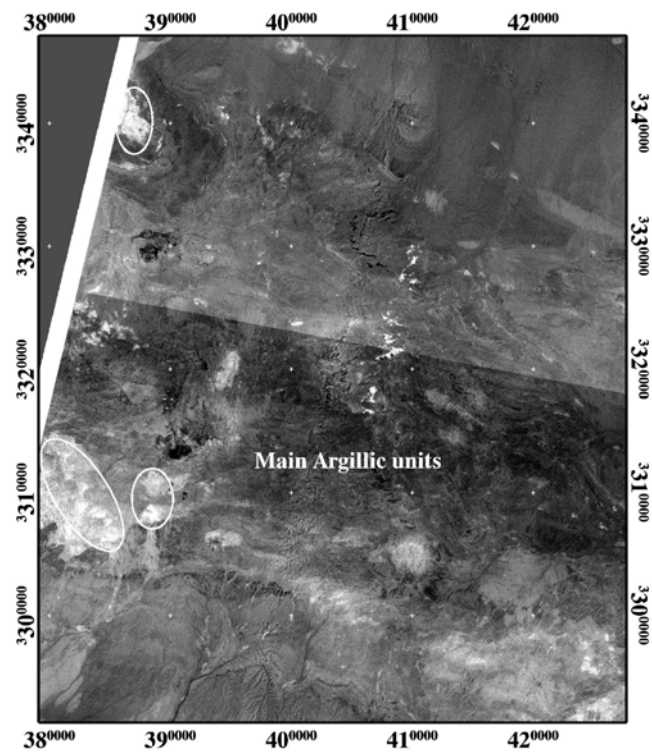
شکل). و نیز زون آرژیلیک بر روی تصویر PC2 روش کراستا با انتخاب باندهای ۵ ۶ ۷ ۸ که جهت بارزسازی مناطق کربناته استفاده می شود (

شکل) مشاهده می گردد روش SAM در مقایسه با روش آنالیز مولفه اصلی انتخابی زون های آلتراسیون هیدروترمال منطقه را با دقت بالاتری تفکیک می نماید.

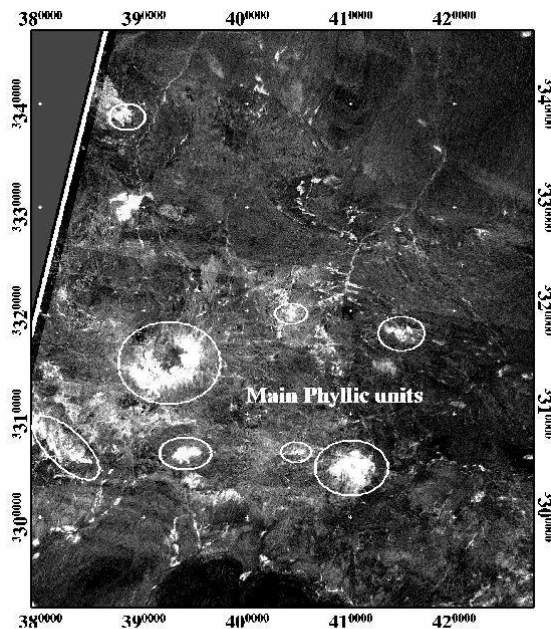


شکل ۵- نقشه کانی های آلتراسیون هیدروترمال با استفاده از روش SAM بر روی تصویر تصحیح شده ASTER.

شکل ۶- زون فیلیک بر روی تصویر PC4 حاصل از روش کراستا با انتخاب باندهای ۱ ۴ ۶ ۷.



شکل ۷- زون آرژیلیک بر روی تصویر PC2
 حاصل از روش کراستا با انتخاب باندهای ۵ ۶ ۷ ۸.



۴- نتیجه

نصیح گردید و با استفاده از روش

از روش IARR برای نرم
 SAM نقشه آلتراسیون مس - مس - مس
 Map Scale 100 000

زون فیلیک و پروپلیتیک گسترش بیشتری را نسبت به زون آرژیلیک در منطقه نشان داد. ارتباط نزدیکی بین زون فیلیک و محدوده های کانسارسازی نوع پورفیری دیده می شود. آنالیز روش SAM بر خلاف آنالیز مولفه های اصلی بر اساس جهت بردارهای طیفی می باشد نه اندازه بازتابش طیفی که باعث نتایج بهتر این روش در تفکیک مناطق دگرسانی می شود. دقت پردازش تصویر در شناسایی کانی ها بستگی به ابزار آنالیز مانند روش پردازش مورد استفاده و طیفهای مرجع دارد. نقشه حاصل و مطالعات صحرایی نشان می دهند کانی های آلتراسیون هیدروترمال را می توان توسط روش SAM به خوبی تفکیک و نقشه برداری نمود. روش SAM می تواند در تهیه نقشه آلتراسیون جهت اکتشاف مقدماتی کانسارهای نوع پورفیری در گستره کمربند آتشفشانی - رسوبی ایران مرکزی استفاده شود.

۵- مراجع

- [1] Abrams, M.J., Brown, L., Lepley, R., Sadowski, P., 1983. *Remote sensing for porphyry copper deposits in Southern Arizona*. Economic Geology, 78, 591-604.
- [2] Crosta, A. P., De souza Filho, C. R., Azevedo, F., Brodie, C., 2003. *Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis*. Int. J. Remote Sensing, VOL. 24, 4233-4240.
- [3] ENVI(2003). *ENVI User's manual*. Environmental Institute.
- [4] Gupta, Ravi P., 2002. *Remote Sensing Geology*, second edition, Springer Publisher.
- [5] Kruse, F., Lefkoff, A., Boardman, J., Heidebrecht, K., Shapiro, A., Barloon, P. & Goetz, A. 1993. *The spectral image processing system (SIPS) - interactive visualization and analysis*.
- [6] Mather, P.M., 2001. *Computer processing of remotely-sensed images, An introduction*, second edition, Wiley and Sons of imaging spectrometer data. Remote Sensing of Environment, 44(2-3), pp. 145-163.
- [7] Ranjbar, H., Honarmand, M., Moezifar, Z., 2004. *Application of the Crosta technique for porphyry copper Iranian volcanic sedimentary belt*. Journal of Asian alteration mapping, using ETM data in the southern part of the Earth Sciences, 24: 237-243
- [8] Rowan, L.C., Mars, J.C., 2006. *Regional mapping of phyllic- and argillic-altered rocks in the Zagros magmatic arc, Iran, using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data and logical operator algorithms*. Geosphere, 2(3), 161-186.
- [9] Rowan, L.C., Schmidt, R. G., Mars, J.C., 2006. *Distribution of hydrothermally altered rocks in the Reko Diq, Pakistan mineralized area based on spectral analysis of ASTER data*. Remote Sensing of Environment 104, 74-87.
- [10] Sabins, Floyd F., 1999. *Remote sensing for mineral exploration*, Ore Geology Reviews 14:157-183.

۶- زیر نویس ها

¹- Spectral Angle Mapper