سنجش از دور و GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۵
Vol.8, No. 4, Winter 2017 Iranian Remote Sensing & GIS

۹۳-۱۱۰

مقایسهٔ دسته داده‌های کالیبره‌شده به روش IARR و داده‌های تصحیح‌شده به روش تداخل سیگنال استر در بارزسازی زون‌های دگرسانی. مطالعهٔ موردی: مناطق معدنی سرچشمه و دره‌زار کرمان، جنوب‌شرق ایران

ابراهیم سلامی شهید*[1] و مجید هاشمی تنگستانی[2]

۱. کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه شیراز

۲. استاد بخش علوم زمین دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۹/۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳

چکیده

مناطق معدنی سرچشمه و دره‌زار در منطقه ایران مرکزی و کمربند ولکانو- پلوتونیکی ارومیه- دختر قرار گرفته است. سنگ‌های آتشفشانی ائوسن که تحت تأثیر نفوذی‌های الیگومیوسن قرار گرفته‌اند این منطقه را پوشش می‌دهد. کانه‌زایی مس بیشتر از نوع پورفیری و همراه با دگرسانی‌های وسیع همراه با اقلیم نیمه‌خشک، به‌دلیل پوشش گیاهی کم، میزان ناچیز هواویز و بخار آب جوّی و نیز رخ‌نمون واضح سنگ‌ها این منطقه را برای آزمایش نتایج سنجش از دور ماهواره‌ای مناسب کرده است. کالیبراسیون IARR برای نرمال‌کردن تصاویر به‌کمک یک طیف میانگین صحنه به‌کار می‌رود. تداخل سیگنال اثری در تصویربرداری استر است که با نشت سیگنال از باند ۴ به درون باندهای ۵ و ۹ ایجاد می‌شود. در این مقاله، از باندهای طیفی مرئی- فروسرخ نزدیک و فروسرخ موج کوتاه محصولات استر، شامل سطح L1B ۱ و سطح ۲ AST_07XT استفاده شد. دسته دادهٔ L1B با استفاده از کالیبراسیون بازتاب نسبی میانگین درونی به دادهٔ بازتابش سطح زمین تبدیل شد؛ درصورتی‌که دستهٔ داده‌های AST_07XT خود با چنین ماهیتی و با استفاده از تصحیح تداخل سیگنال در اختیار کاربر قرار می‌گیرند. به‌منظور ارزیابی و شناسایی بهترین روش کالیبراسیون، الگوریتم انطباق سیمای طیفی (SFF) روی این دستهٔ داده‌ها اجرا و تصویرهای خروجی براساس نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه و مشاهدات میدانی با یکدیگر مقایسه شدند. از روش Z Profile برای استخراج طیف‌های خالص تصویر هر دو دستهٔ داده استفاده شد. طیف نمونه‌های صحرایی با دستگاه طیف‌سنج (ASD) اندازه‌گیری شد، سپس طیف‌های مستخرج از نمونه‌ها به نُه باند استر بازنویسی شدند. کتابخانهٔ طیفی JPL1 به‌صورت مرجعی برای تحلیل طیف‌های خالص تصویر و طیف‌های حاصل از نمونه‌های صحرایی مرتبط با کانی‌های شاخص دگرسانی منطقه استفاده شد. بدین‌ترتیب، کائولینیت را کانی شاخص دگرسانی فیلیک- آرژیلیک، آلونیت را کانی شاخص دگرسانی آرژیلیک پیشرفته و کانی اپیدوت را برای بارزسازی دگرسانی پروپیلیتیک به‌کار رفتند. نتایج حاصل از این پردازش نشان داد که دستهٔ دادهٔ L1B کالیبره‌شده به روش IARR به‌دلیل ازبین‌بردن محدودیت‌هایی، شامل آثار بخار آب جوی و سیماهای جذبی و بازتابی اضافی، به‌نسبت دستهٔ دادهٔ استاندارد AST_07XT تصحیح‌شده با تداخل سیگنال نتایج بهتری را برای بارزسازی دگرسانی‌های فیلیک- آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته و پروپیلیتیک منطقه به‌دست می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: سرچشمه، کالیبراسیون IARR، تصحیح تداخل سیگنال، L1B، AST_07XT، انطباق سیمای طیفی.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: استان اصفهان، شهرستان سمیرم، منطقه پادنا، روستای شهید. کدپستی: ۸۶۷۵۱۴۳۶۱۴ تلفن: ۰۹۱۳۱۶۵۸۵۳۷

Email: salami.ebrahim@yahoo.com

۱- مقدمه

سنجش از دور ابزاری است که می‌تواند اطلاعات کانی‌شناختی و ژئوشیمی انواع سنگ‌ها را از سطح زمین بررسی کند. این فناوری در دهه‌های اخیر برای نقشه‌برداری سنگ‌ها، تجمعات کانیایی و ویژگی‌های هوازدگی آنها به‌کار رفته (Perry, 2004) و فرصت مناسبی را برای اکتشاف کانسارها فراهم کرده است (Mars & Rowan, 2006; Gabr et al., 2010). فرایندهای گرمابی، با تغییر ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی سنگ‌ها می‌توانند باعث تشکیل کانسارهای پورفیری شوند. این سنگ‌های دگرسان‌شده سیماهای جذبی مشخص در طیف الکترومغناطیس دارند که ناشی از تجمعات کانی‌های به‌وجودآمده است و می‌توانند با سنجنده‌های خاص ثبت شوند (Hunt & Ashley, 1979).

تابش‌سنج بازتابی و گسیلش گرمایی فضابرد پیشرفتهٔ استر[1] یکی از پنج سنجندهٔ سوار بر ماهوارهٔ تِرا[2]، تصویربرداری چهارده‌بانده‌ای است که ناحیهٔ وسیعی از طیف الکترومغناطیس را دربر می‌گیرد. از این چهارده باند، سه باند در محدودهٔ مرئی- فروسرخ نزدیک[3] با توان تفکیک مکانی پانزده متر، شش باند در محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه[4] و توان تفکیک مکانی سی متر و پنج باند در محدودهٔ فروسرخ گرمایی[5] با توان تفکیک مکانی نود متر قرار دارند (Fujisada et al., 2001). باندهای استر در محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه به‌دلیل جذب‌های اصلی Al ° OH, Mg ° OH, Si ° OH و CO_3 دارای سیماهای جذب طیفی مشخص ویژه‌ای برای کانی‌های رسی، کربنات‌ها، سولفات‌ها و فازهای آبدار است (Abrams, 2000).

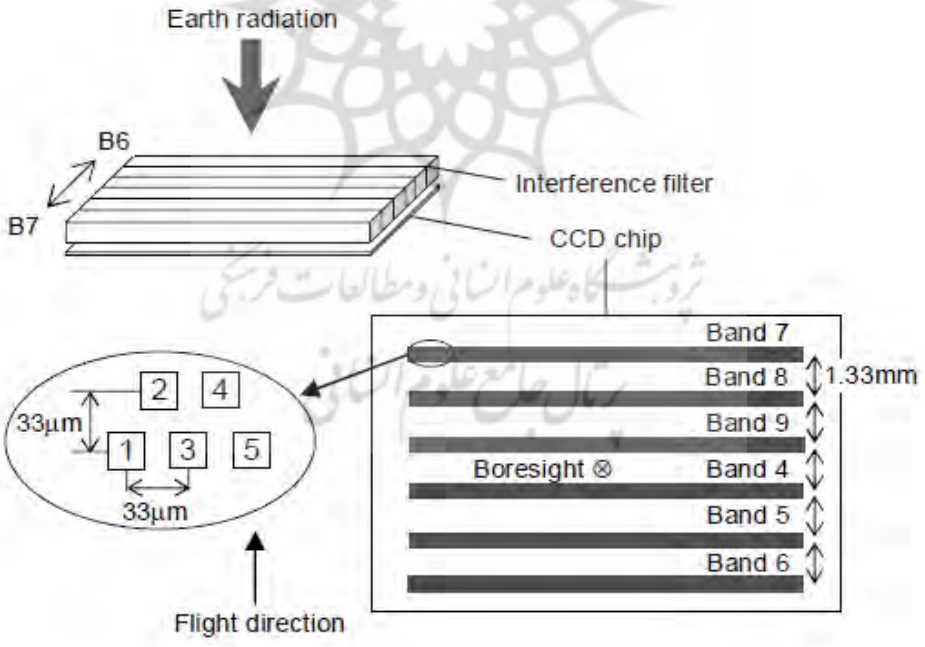
جوّ زمین به‌طور عمده دارای گازهای اکسیژن، نیتروژن، دی‌اکسید کربن و مقدار متغیری بخار آب است که با ۵۰ امواج الکترومغناطیس در محدوده‌های ۰/۳ تا ۲/۸ میکرومتر برهمکنش دارند. بیشترین آثار جوّ در انرژی الکترومغناطیس پخش و جذب جوّی است. برهمکنش این انرژی و جوّ زمین سبب تغییراتی در ویژگی‌های تابش‌های ثبت‌شده در سنجنده‌های ماهواره‌ای می‌شود. تأثیرات جوّ در این مورد به طول‌موج بستگی دارد و برحسب زمان و مکان تغییر می‌کند (Kurucz et al.,1984). امروزه برای رفع این آثار جوّی از کالیبراسیون‌های متنوعی استفاده می‌شود که کاربر می‌تواند اجرا کند. دستهٔ داده‌های L1B به‌صورت داده‌های تابشی ثبت‌شده در سنجنده‌اند. برای تبدیل این داده‌ها به بازتابش سطح از کالیبراسیون میانگین بازتابش میانگین نسبی داخلی[6] استفاده می‌شود. این کالیبراسیون با محاسبهٔ طیفی میانگین برای صحنهٔ ورودی و به‌کارگرفتن این طیف در جایگاه طیف مرجع به‌کار می‌رود. بازتاب ظاهری برای هر پیکسل تصویر از راه تقسیم طیف مرجع به طیف هر پیکسل به‌دست می‌آید (Kruse, 1988). چون دستهٔ داده‌های AST_07XT از نوع داده‌های بازتابش سطح دردسترس‌اند، به این دلیل که محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه استر تحت تأثیر مشکل تداخل سیگنال[7] قرار دارد و منشأ اصلی این مشکل بخش‌های آلومینیومی آشکارساز باند ۴ است، این باند پهنای باند بزرگ‌تر و نیز تابش ورودی سطح بالا و پایین بیشتری از دیگر باندها دارد (جدول ۱) و طیف بازتاب‌شده از آن به‌سمت آشکارسازهای دیگر هدایت می‌شود. باندهای ۵ و ۹ به‌دلیل نزدیکی بیشتر به آشکارساز باند ۴ بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (شکل ۱). این امر باعث ایجاد تداخل در بازتاب‌های طیفی این باندها شده است (Tonooka & Iwasaki, Fujisada et al., 1998 ;2004). بدین‌ترتیب، الگوریتم تصحیح تداخل سیگنال روی دستهٔ دادهٔ AST_07XT از سوی شرکت دریافت داده‌ها، از طریق نرم‌افزاری که شرکت مرکز آنالیزهای رقومی دادهٔ سنجش از دور زمینی[8] عرضه می‌کند،

1. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
2. Terra satellite
3. visibel-near infrared
4. shortwave infrared
5. thermal infrared
6. internal average reflectance ratio
7. crosstalk
8. Earth remote sensing digital analysis center

جدول ۱. عملکرد طیفی و مشخصات تابش ورودی محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه استر

(Fujisada et al., 1998; Tonooka & Iwasaki, 2004).

باند	مرکز طول‌موج (میکرومتر)	پهنای باند (میکرومتر)	تابش ورودی (میکرومتر)	
			سطح بالا	سطح پایین
۴	۱/۶۵۷	۰/۰۹۲	۴۵/۸	۹/۱۶
۵	۲/۱۶۷	۰/۰۳۵	۱۴/۷	۲/۹۴
۶	۲/۲۰۹	۰/۰۴۰	۱۳/۲	۲/۶۴
۷	۲/۲۶۳	۰/۰۴۷	۱۲/۶	۲/۵۲
۸	۲/۳۳۴	۰/۰۷۰	۸/۷۹	۱/۷۶
۹	۲/۴۰۰	۰/۰۶۸	۶/۷۰	۱/۳۴



شکل ۱. اثر تداخل سیگنال آشکارساز باند ۴ و نشت آن به دیگر باندها (Tonooka & Iwasaki, 2004; Fujisada et al., 1998).

به‌ویژه در زیرسیستم فروسرخ موج کوتاه انجام می‌گیرد (Mars & Rowan, 2010; Iwasaki & Tonooka, 2005). بنابراین برای درستی چنین تصحیحاتی، به‌ترتیب داده‌های L1B (تابش ثبت‌شده در سنجنده) و دستهٔ دادهٔ AST_07XT (بازتابش سطح تصحیح‌شده برای تداخل سیگنال) سنجندهٔ استر بررسی شد.

مطالعات بسیاری با استفاده از داده‌های بازتابشی مرئی- فروسرخ نزدیک و فروسرخ موج کوتاه استر برای نقشه‌برداری کانی‌های سطحی و تمایز هاله‌های دگرسانی در مناطق گوناگون به‌کار رفته است؛ ازجمله اینفیرنیلو در آرژانتین، جنوب نوادا، مونتاین‌پاس در کالیفرنیا و نواحی میدوک و سرچشمه در جنوب‌شرق ایران (Zhang et al., 2007; Tommaso et al., 2006; Mars & Rowan, 2006; Rowan et al., 1997; Beiranvand pour & Hashim, 2011; Mars & Rowan, 2010; Tangestani et al., 2008). تنگستانی و جعفری (۲۰۱۲) اثر کالیبراسیون داده‌های استر را در بارزسازی‌های سنگ‌شناختی کمپلکس افیولیتی نیریز بررسی کردند (Tangestani & Jaffari, 2012). ایوازاکی و تنوکا[1] (۲۰۰۵) الگوریتم تصحیح تداخل سیگنال را برای زیرسیستم فروسرخ موج کوتاه استر به‌کار بردند. مارس و روآن[2] (۲۰۱۰) ارزیابی طیفی محصولات بازتابش سطح فروسرخ موج کوتاه داده‌های AST_07XT استر را برای نقشه‌برداری کانی‌ها و سنگ‌های دو منطقهٔ کوپریت نوادا و مونتاین‌پاس کالیفرنیا بررسی کردند. بیگار و همکاران[3] (۲۰۰۵) کالیبراسیون جانشینی تصحیح تداخل سیگنال را برای محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه استر به‌کار بردند. حسینجانی‌زاده و تنگستانی[4] (۲۰۱۴) از داده‌های L1B استر برای اکتشاف کانی‌ها و نقشه‌برداری مناطق دگرسانی بخش مرکزی کمربند مس دهج- ساردوئیه در جنوب‌شرق کرمان استفاده کردند. تنوکا و ایوازاکی (۲۰۰۴) بهبود روش تصحیح تداخل سیگنال زیرسیستم فروسرخ موج کوتاه استر را بررسی کردند. تنگستانی و همکاران (۲۰۱۱) از الگوریتم انطباق سیمای طیفی[5] برای نقشه‌برداری سنگ‌شناختی مجموعهٔ افیولیت نیریز در جنوب‌غرب ایران استفاده کردند.

هدف از این مقاله مقایسهٔ نتایج به‌دست‌آمده از دستهٔ دادهٔ L1B کالیبره‌شده به روش IARR و داده‌های AST_07XT تصحیح‌شده به روش تداخل سیگنال سنجندهٔ استر، به‌منظور شناسایی و انتخاب داده‌های بهینه برای بارزسازی مناطق دگرسانی است. بدین‌منظور، منطقهٔ معدنی سرچشمهٔ کرمان به‌منزلهٔ ناحیهٔ آزمایشی برای کنترل نتایج این مجموعهٔ داده‌ها انتخاب شده است. طیف خالص تصویر و طیف نمونه‌های صحرایی کانی‌های شاخص دگرسانی منطقهٔ مورد مطالعه با الگوریتم انطباق سیمای طیفی روی این دستهٔ داده‌ها اجرا، و نتایج حاصل از تصاویر خروجی برمبنای مشاهدات میدانی، طیف‌های حاصل از نمونه‌های صحرایی و نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ مطالعاتی ارزیابی شدند.

۲ – زمین‌شناسی منطقهٔ مورد مطالعه

کانسار مس پورفیری سرچشمه در ۹۰ کیلومتری جنوب‌غرب شهر کرمان و ۶۰ کیلومتری جنوب رفسنجان، در بخش جنوب‌شرق کمربند تکتونو ماگمایی ایران مرکزی و در مجموعهٔ آتشفشانی- رسوبی پاریز از کمربند دهج- ساردوئیه، با مختصات "۵۲'۲۰ ۵۵ طول شرقی و "۵۶'۴۰ ۲۹ عرض شمالی و در ارتفاع میانگین ۲۶۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته و یکی از بزرگ‌ترین کانسارهای مس پورفیری جهان محسوب می‌شود (شکل ۲- الف). قدیمی‌ترین سنگ میزبان کانسار مس پورفیری سرچشمه مجموعهٔ ولکانوژنیک ائوسن است که به مجموعهٔ سرچشمه معروف است. این مجموعه شامل تراکی‌بازالت پیروکسنی و تراکی‌آندزیت پیروکسنی با آفینیتهٔ پتاسیک و شوشونیتی (Aftabi & Atapour, 1997)، با

1. Iwasaki & Tonooka
2. Mars & Rowan
3. Biggar et al.
4. Hosseinjani Zadeh & Tangestani
5. spectral feature fitting

فراوانی اندک آندزیت و رخدادهای کمی از آگلومرا، توف و ماسه‌سنگ توفی است که تحت تأثیر یک تودهٔ نفوذی به سن الیگومیوسن، شامل کوارتز دیوریت، کوارتز مونزونیت و گرانودیوریت قرار گرفته است (شکل ۲- ب) (Mars & Rowan, 2006).

دگرسانی‌های رایج در این منطقه از مرکز سیستم پورفیری به‌سمت بیرون به‌گونه‌ای است که در متن تودهٔ پورفیری دگرسانی پتاسیک بیشتر است و به‌سوی بیرون آن دگرسانی تدریجی فیلیک و رخنمون‌های کوچک و پراکندهٔ دگرسانی آرژیلیک بروز می‌کند و در نهایت، دگرسانی پروپیلیتیک با پیشرفتی اندک همهٔ دگرسانی‌ها را از بیرون دربر می‌گیرد (Atapour & Aftabi, 2007). کانی‌های شاخص دگرسانی پتاسیک شامل فلدسپات پتاسیم (ارتوز)، پلاژیوکلاز و بیوتیت است. دگرسانی فیلیک که به‌طور گسترده در حفرهٔ روباز[1] کنونی معدن مس سرچشمه مشاهده می‌شود، در ارتباط با کانسنگ‌های عیار بالاست و کانی دگرسانی رایج آن سریسیت محسوب می‌شود. دگرسانی آرژیلیک به‌شکل رگه‌های کوچک در سراسر زون‌های دگرسانی در منطقهٔ معدنی مس پورفیری سرچشمه پراکنده است. کانی‌های شاخص این زون شامل فلدسپات‌های بازمانده همراه با کانی‌های رسی مانند کائولینیت و مونتموریلونیت‌اند. دگرسانی پروپیلیتیک در این منطقه به‌صورت یک زون بیرونی سبزرنگ به‌نظر می‌رسد که توسط کانی‌های دگرسانی کلریت، اپیدوت، کلسیت مشخص می‌شود (Boomeri et al., 2010). فاز اصلی نفوذی و مولد کانسارسازی ترکیب گرانودیوریتی دارد که به نام محلی استوک پورفیری سرچشمه معروف است و محدوده‌ای به وسعت ۲ کیلومترمربع را ضمن دگرسانی کانسارسازی کرده است (Atapour & Aftabi, 2007; Waterman & Hamilton, 1975). کانسار مس پورفیری دره‌زار در بخش جنوب‌شرق کمربند تکتونوماگمایی ایران مرکزی و در ۸ کیلومتری جنوب‌شرق کانسار مس پورفیری سرچشمه، با مختصات '۵۴ ۵۵ طول جغرافیایی و '۵۳ ۲۹ عرض جغرافیایی و ارتفاع ۲۵۹۵ متر از سطح دریا، در منطقهٔ مطالعاتی واقع شده است (شکل ۲- الف). این کانسار در ارتباط با استوک گرانودیوریت، دیوریت و کوارتز دیوریت به سن الیگومیوسن است که به درون مجموعهٔ آتشفشانی- رسوبی و سنگ‌های کربناته به سن کرتاسه نفوذ کرده است (شکل۲- ب). زون‌های دگرسانی گرمابی در دره‌زار شامل پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک است. در این کانسار کانه‌زایی مس در ارتباط با تودهٔ پورفیری با ترکیب گرانودیوریت و دیوریت قرار دارد (Derakhshani & abdolzadeh, 2009).

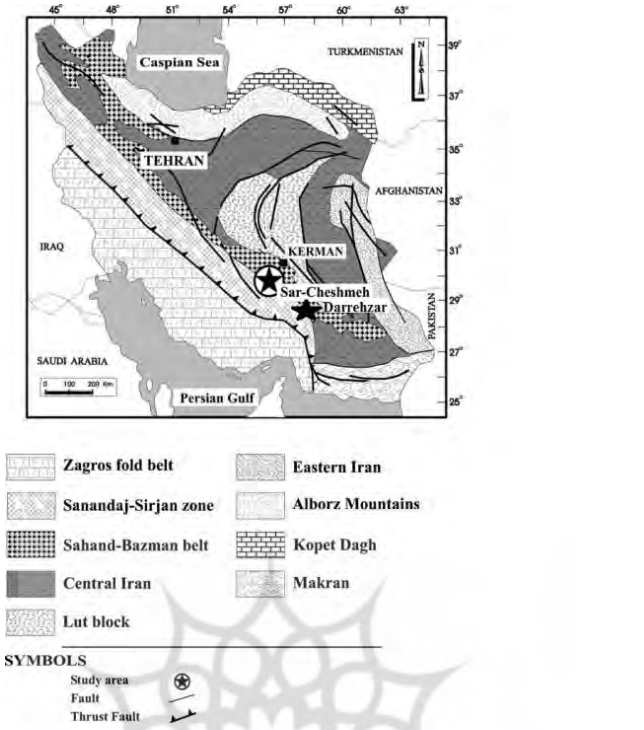
۳- مواد و روش‌ها

۳- ۱- تحلیل داده‌ها

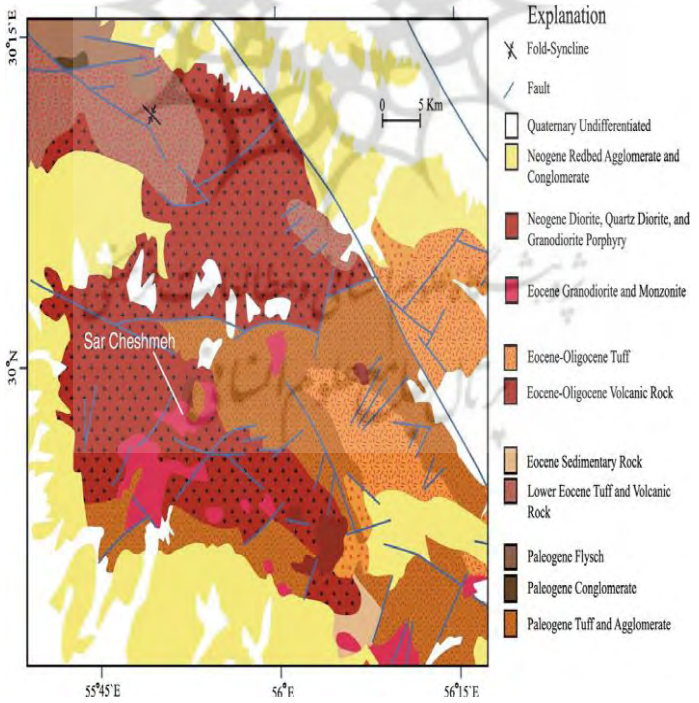
در این مطالعه از تصویر سنجندهٔ استر استفاده شد که در تاریخ ۲۵ اوت ۲۰۰۱ برای منطقهٔ مورد مطالعه اخذ شده و به‌صورت مجموعهٔ داده‌های L1B و AST_07XT است. داده‌های L1B مربوط به سطح ۱ استر و شامل همان دادهٔ خام دستگاهی بازسازی‌شده و پردازش‌نشدهٔ L1A است که چهارده باند (VNIR ° SWIR ° TIR) را دربر می‌گیرد. بر این اساس داده‌های L1A با استفاده از اعمال ضرایب هندسی و رادیومتری به داده‌های L1B تبدیل شده‌اند. داده‌های AST_07XT از محصولات جدید سطح ۲ استر به‌شمار می‌روند و مجموعهٔ نُه‌باندی SWIR+VNIR را دربر می‌گیرند. آنها در ایستگاه دریافت داده‌ها، با استفاده از پارامترهای جوی و کدهای انتقال تابشی، به‌طور مطلق کالیبره شده و از تابندگی به بازتابش سطحی تبدیل شده‌اند. روی داده‌های AST_07XT الگوریتم تصحیح تداخل سیگنال به‌ویژه در محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه اجرا شده است (Mars & Rowan, Iwasaki & Tonooka, 2005; 2010). محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه به‌دلیل پراکندگی سیگنال‌های تداخلی مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد که این پدیده پس از راه‌اندازی سنجنده کشف شد.

---

۱. open pit



(الف)



(ب)

شکل ۲. الف) نقشهٔ زمین‌شناسی ایران و موقعیت جغرافیایی معدن سرچشمه و دره‌زار کرمان (Stoklin, 1968)؛ ب) نقشهٔ زمین‌شناسی مناطق معدنی سرچشمه (Mars & Rowan, 2006).

آشکارساز فروسرخ موج کوتاه شامل ۲۰۴۸ آرایهٔ پلاتین- سیلیس برای هر باند طیفی است که در آنجا همهٔ جفت آرایه‌های خطی برای هر باند جدا و با فاصلهٔ ۱/۳۳ میکرومتر به‌ترتیب در باند ۷، ۸، ۹، ۴، ۵ و ۶ دچار اختلاط می‌شود. منبع مشکل تداخل سیگنال در آشکارساز باند ۴ استر و مربوط به نور فرعی بازتاب‌شده از طریق آشکارسازهایی است که از قطعات آلومینیوم پوشیده شده است. ازآنجاکه باندهای ۵ و ۹ به آشکارساز باند ۴ نزدیک‌تر است، بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (شکل ۱) (Fujisada et al., 1998; Tonooka & Iwasaki, 2004). محدودهٔ طیفی باند ۴ بین ۱/۶ تا ۱/۷ میکرون (۰/۰۹۲ میکرومتر) است که نه‌تنها پهنای گسترده‌ای از باندهای منطقه فروسرخ موج کوتاه محسوب می‌شود بلکه در مؤلفهٔ بازتابندگی، ۴ تا ۵ برابر از باندهای دیگر قوی‌تر است. جدول ۱ عملکرد طیفی از هر باند و مشخصات سطح بالا و پایین تابش ورودی را در محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه نشان می‌دهد. طبق این جدول، باند ۴ پهنای بزرگ‌تر و نیز تابش ورودی سطح بالا و پایین بیشتری از باندهای دیگر دارد (Fujisada et al., 1998; Tonooka & Iwasaki, 2004). بخار آب مهم‌ترین جاذب جوّی محسوب می‌شود و آثار باندهای ۸ و ۹ استر به‌دلیل آب جوّی است (Sabins, 1987). برای تصحیح اثر بخار آب در دستهٔ دادهٔ AST_07XT نیز از داده‌های اقلیم‌شناختی منطقه‌ای یا از نقشهٔ بخار آب جهانی، حاصل از دادهٔ طیف‌سنج تصویری تفکیک متوسط[1] استفاده می‌شود. بنابراین مقدار بخار آب جوّی، که برای تولید دادهٔ AST_07XT استفاده شده، هم‌زمان با اخذ داده‌های استر ثبت نشده و در نتیجه، دقت جذب جوّی برآوردشده متغیر است و ممکن است خطاهایی را در باندهای ۸ و ۹ دادهٔ بازتابش سطح استر پدید آورد که بسیاری از محصولات AST_07XT را دربر می‌گیرد (Mars & Rowan, 2010).

۳- ۲- روش نمونه‌برداری

طی بازدید صحرایی، تعداد پانزده نمونهٔ سطحی براساس زون‌های دگرسانی منطقهٔ مطالعاتی برداشت شد (شکل‌های ۳ و ۴). ویژگی‌های طیفی آنها در آزمایشگاه سنجش از دور دانشگاه خواجه نصیر طوسی تهران، با استفاده از دستگاه طیف‌سنج[2]، اندازه‌گیری شد. دستگاه طیف‌سنج ASD دستگاهی است که در زمینه‌هایی که به اندازه‌گیری انعکاس، تابش و پخش انرژی الکترومغناطیس از سطوح نیاز باشد کاربرد دارد. این دستگاه اپتیکی به‌طور اختصاصی برای استفاده در سنجش از دور میدانی و آزمایشگاهی به‌کار می‌رود و منحنی طیفی را در ناحیهٔ مرئی- فروسرخ نزدیک[3] و فروسرخ موج کوتاه[4] اندازه‌گیری می‌کند. طیف‌سنج ASD به‌دلیل داشتن تعداد باندهای طیفی بسیار، انعکاس صورت‌گرفته از پدیده‌ها را در سراسر طیف الکترومغناطیس در محدودهٔ ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر ثبت می‌کند. زمان جمع‌آوری داده برای هر طیف ۰/۱ ثانیه است. این طیف‌سنج سه آشکارساز مجزا دارد که یکی در محدودهٔ مرئی- فروسرخ نزدیک (۱۰۰۰-۳۵۰ نانومتر) طیف‌سنجی می‌کند و دو آشکارساز در محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه، که یکی از ۱۸۳۰-۱۰۰۰ نانومتر (SWIR) و دیگری در محدودهٔ ۲۵۰۰-۱۸۳۰ نانومتر (SWIR) طیف‌سنجی می‌کند. هنگام طیف‌سنجی معمولاً ارتفاع عدسی‌های طیف‌سنج به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که فقط سطوح نمونه‌ها در معرض میدان دید طیف‌سنج قرار می‌گیرد؛ به‌طوری‌که در تمام مدت آنالیز، ارتفاع عدسی‌های طیف‌سنج از سطح نمونه ثابت خواهد بود.

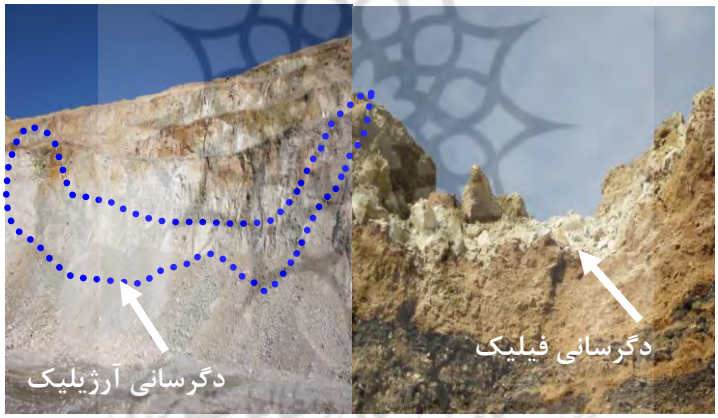
طیف‌های مستخرج از نمونه‌ها به نُه باند استر بازنویسی شدند. همچنین از کتابخانهٔ طیفی JPL1 به‌منزلهٔ مرجعی برای تحلیل طیف‌های خالص تصویر و طیف‌های حاصل از نمونه‌های صحرایی مرتبط با کانی‌های شاخص دگرسانی منطقه استفاده شد. گفتنی است طیف‌های حاصل از نمونه‌های صحرایی منطقهٔ

1. moderate image spectrometer
2. Analytical Spectral Device
3. VNIR

4. SWIR

(ب) (الف)

شکل ۳. مشاهدات میدانی از زون‌های دگرسانی منطقه معدنی مس پورفیری سرچشمه کرمان، الف) دگرسانی فیلیک، ب) دگرسانی پروپیلیتیک.



(ب) (الف)

(پ)

شکل ۴. شواهد میدانی و نمونه‌برداری صحرایی از زون‌های دگرسانی منطقهٔ معدنی مس پورفیری سرچشمهٔ کرمان، (الف) دگرسانی فیلیک؛ (ب)دگرسانی آرژیلیک و (پ) دگرسانی پروپیلیتیک.

مطالعاتی پس از بازنویسی به نُه باند استر (شکل ۵- ج)، نشان می‌دهد طیف‌های شمارهٔ ۱، ۲ و ۳ با جذب مشخص در باند ۶ (۲/۲۰۵ میکرومتر) با طیف‌های سریسیت، کائولینیت و مونتموریلونیت کتابخانهٔ طیفی JPL1 سازگار است. همچنین سیمای جذب باند ۸ (۲/۳۳ میکرومتر) در طیف شمارهٔ ۴ انطباق این طیف را با طیف اپیدوت کتابخانهٔ JPL1 نشان می‌دهد.

۳-۳- روش تحقیق

باندهای سی‌متری محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه مجموعهٔ داده‌های L1B و AST_07XT براساس باندهای پانزده‌متری محدودهٔ مرئی- فروسرخ نزدیک آنها بازنویسی شدند تا تمامی پیکسل‌های نُه‌باندی ابعاد ۱۵×۱۵ متر داشته باشند. سپس پنجره‌ای به ابعاد ۱۵۲۰×۱۰۹۰ پیکسل از این دو دستهٔ داده، که منطقهٔ مورد مطالعه را دربر می‌گرفت، انتخاب شد. معمولاً به‌دلیل برهم‌کنش موج الکترومغناطیس با ذرات تشکیل‌دهنده، جوّ نوری که به سنجنده می‌رسد کمتر یا بیشتر از حدی است که از زمین بازتابیده می‌شود. بنابراین ضروری است تا در مراحل اولیهٔ پردازش تصویرهای ماهواره‌ای، تصحیح جوّی نیز روی آنها صورت گیرد. ازآنجاکه دستهٔ داده‌های L1B به‌صورت داده‌های تابشی ثبت‌شده در سنجنده‌اند، پیش از اینکه این داده‌ها برای پردازش‌های طیف-پایه به‌کار روند، باید به بازتابش سطح تبدیل شوند. در پژوهش حاضر، برای کالیبره‌کردن این دسته از داده‌ها از کالیبراسیون میانگین بازتابش متوسط نسبی داخلی (IARR) استفاده شد که توسط کاربر با استفاده از نرم‌افزار ENVI انجام گرفته و نتایج با همین نام بررسی می‌شود. این فن به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک، به‌علت پوشش گیاهی اندک، میزان ناچیز هواویز و بخار آب جوی، و نیز در منطقه‌ای که هیچ اندازه‌گیری خاص زمینی وجود نداشته باشد مؤثر است (Kruse, 1988).

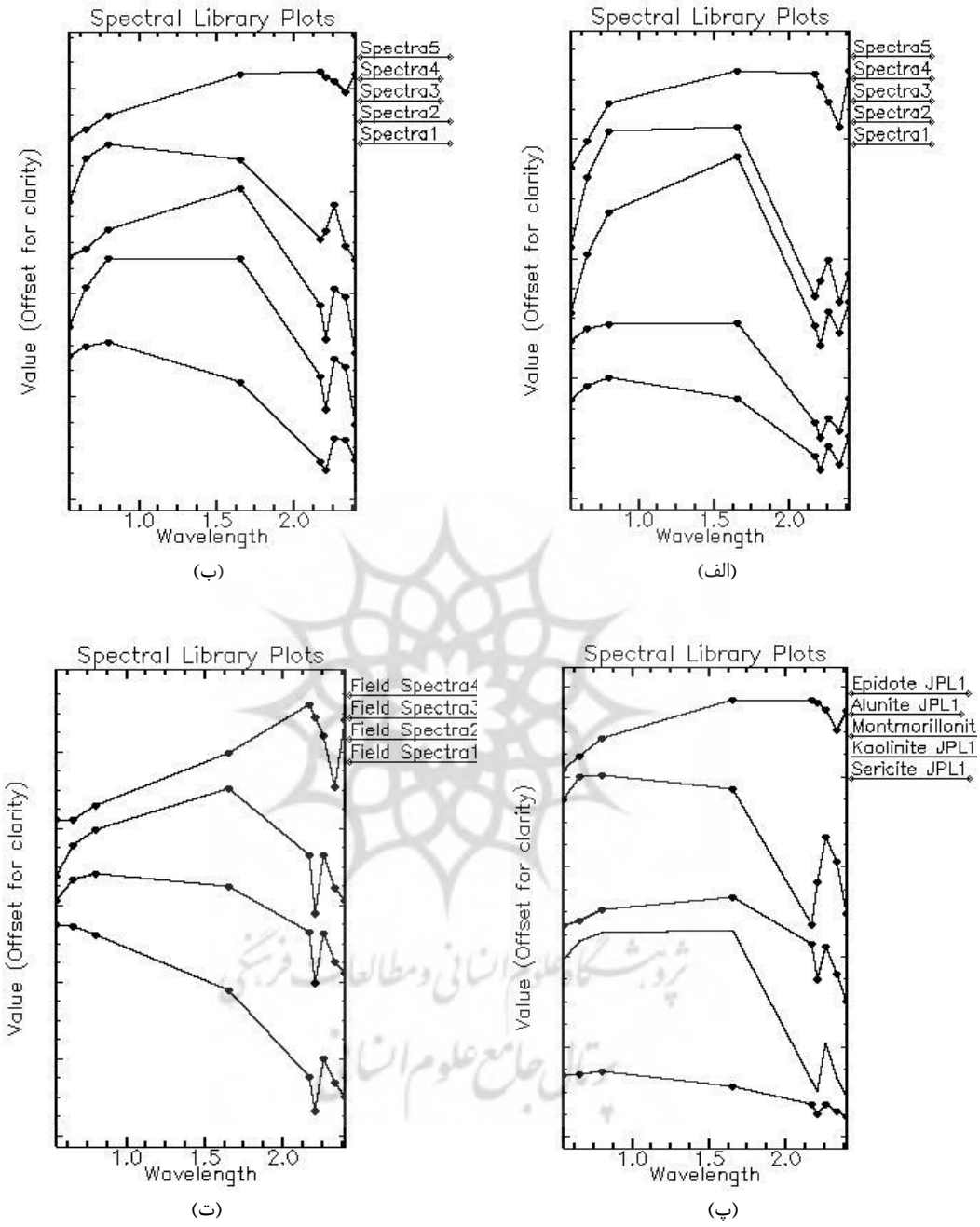
پیش‌تر، تنگستانی و همکاران[۱] کارآیی این روش را برای مناطق نیمه‌خشک ایران اثبات کردند (2008). ازآنجاکه دستهٔ دادهٔ AST_07XT به‌صورت داده‌های بازتابش سطح در دسترس است، همانند دستهٔ دادهٔ L1B به کالیبراسیون جوّی نیاز ندارد. اما همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد، زیرسیستم فروسرخ موج کوتاه استر تحت تأثیر تداخل سیگنال قرار دارد. منشأ اصلی این مشکل بخش‌های آلومینیومی آشکارساز باند ۴ است که طیف بازتاب‌شده از آن به‌سمت آشکارسازهای دیگر منتقل می‌شود و این امر سبب ایجاد تداخل در بازتاب‌های طیفی این باندها شده است (Fujisada et al., 1998). در تحقیق پیش‌رو، الگوریتم تصحیح تداخل سیگنال بیشتر روی داده‌های AST_07XT در شرکت دریافت این داده‌ها اجرا شده و به‌کار رفته است. در ادامه از روش Z Profile برای استخراج طیف‌های خالص تصویر هر دو دستهٔ داده استفاده شد. سپس با استفاده از طیف خالص مستخرج از تصویر داده‌ها و طیف حاصل از نمونه‌های صحرایی، الگوریتم پیشرفتهٔ انطباق سیمای طیفی[۲] برای نقشه‌برداری کانی‌ها و زون‌های دگرسانی منطقه به‌کار رفت. در پایان، نتایج به‌دست‌آمده از هر دو دستهٔ داده براساس نتایج حاصل از طیف‌سنجی نمونه‌های صحرایی، شواهد میدانی محدوده‌های معدنی سرچشمه- دره‌زار و نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه ارزیابی و مقایسه شدند.

۴-۳- استخراج طیف خالص

انتخاب و استخراج طیف خالص فرایندی مهم در تهیهٔ نقشه‌های فراوانی مواد است (Hosseinjani & Tangestani, 2011). عضوهای خالصْ مواد مشخصی‌اند که به‌صورت کامل یا جزئی بخش‌های گوناگون پیکسل‌های تصویر ماهواره‌ای را تشکیل می‌دهند و معمولاً ویژگی طیفی بارزی دارند (Tompkins et al., 1997). طیف بازتابی

۱. Tangestani et al.

۲. SFF



شکل ۵. طیف خالص تصویر و طیف صحرایی کانی‌های شاخص دگرسانی منطقهٔ سرچشمه که با طیف کتابخانهٔ JPL1 مقایسه شده: الف) طیف تصویر دستهٔ دادهٔ IARR؛ ب) طیف تصویر دستهٔ دادهٔ AST_07XT؛ پ) طیف نمونه‌های صحرایی بازنویسی‌شده به نُه باند استر و ت) طیف کتابخانهٔ JPL1 بازنویسی‌شده به نُه باند استر.

به‌مدت چندین سال با هدف به‌دست‌آوردن اطلاعات ترکیبی سطح زمین به‌کار رفته است (Tangestani et al., 2008; Crowley, 1986; Hunt & Ashely, 1979). در این پژوهش، برای استخراج طیف‌های خالص هریک از دستهٔ داده‌ها از روش Z Profile استفاده شد. در این روش، کاربر به‌صورت چشمی و برمبنای مشاهدات میدانی یا نقشه‌های زمین‌شناسی قادر به استخراج طیف‌های خالص از تصویر است. باید اشاره کرد این روش نیاز به زمان طولانی و دقت کاربر دارد. به‌طور کلی براساس این روش و با توجه به شناخت از نواحی مورد مطالعه، به‌ویژه زون‌های دگرسانی آن و همچنین برمبنای سیماهای جذب، بازتاب، شیب و عمق جذب کانی‌های شاخص دگرسانی، طیف خالص آن‌ها استخراج شد.

کانی‌ها به‌دلیل فرایندهای الکترونی فلزهای واسطهٔ شبیه آهن و فرایندهای ارتعاشی مولکولی در کانی‌های حاوی هیدروکسیل و کربنات اغلب سیماهای جذبی را نشان می‌دهند (Vincent, 1997). بیشتر کانسارهای مس پورفیری با زون‌های متعدد دگرسانی همراه‌اند که با تشکیل کانی‌های معینی مانند سریسیت (دگرسانی فیلیک)، کائولینیت (دگرسانی آرژیلیک)، آلونیت- پیروفیلیت (دگرسانی آرژیلیک پیشرفته) و کلریت- اپیدوت (دگرسانی پروپیلیتیک) در ارتباط است. این کانی‌ها سیماهای جذبی مشخص و رفتارهای طیفی متفاوتی را در محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه طیف الکترومغناطیس، در داده‌های استر، از خود نشان می‌دهند و می‌توانند با استفاده از مطالعات سنجش از دور شناسایی شوند (Hosseinjani & Tangestani, 2011). کانی‌های رسی مانند سریسیت و کائولینیت و مونتموریلونیت، به‌دلیل ارتعاشات Al-OH منطبق بر باند ۶ استر، سیمای جذب شدیدی را در ۲/۲۰۵ میکرومتر و بیشترین بازتاب را در ۱/۶ میکرومتر نشان می‌دهند. همچنین کانی آلونیت سیمای جذبی ثانویهٔ Al-OH را در ۲/۱۶۵ میکرومتر نشان می‌دهد که بر باند ۵ استر منطبق است. کانی‌های دارای عامل Mg-OH، Fe-OH و CO_3 مانند کلریت، اپیدوت و کلسیت سیمای جذبی شدیدی را در ۲/۳۳ میکرومتر نمایش می‌دهند که بر باند ۸ استر منطبق است (Mars & Rowan, 2006). ازآنجاکه سنجندهٔ استر تعداد باندهای کمتری از سنجنده‌های ابرطیفی دارد، نمی‌تواند همهٔ این کانی‌ها را جدا از یکدیگر شناسایی و تفکیک کند اما قادر به بارزسازی تجمعات کانیایی گروه‌های سریسیت- کائولینیت، آلونیت- پیروفیلیت و کلریت- اپیدوت- کلسیت است. بدین‌ترتیب، از کائولینیت با سیمای جذبی در باند ۶ استر به‌منزلهٔ کانی شاخص دگرسانی فیلیک- آرژیلیک، از آلونیت، که در باند ۵ استر جذب نشان می‌دهد، به‌منزلهٔ کانی شاخص دگرسانی آرژیلیک پیشرفته و همچنین از کانی اپیدوت، که دارای سیمای جذبی در باند ۸ استر است، برای بارزسازی دگرسانی پروپیلیتیک استفاده شد.

طیف کانی‌های استخراج‌شده از تصویر هریک از داده‌ها، طیف حاصل از نمونه‌های صحرایی و طیف کتابخانهٔ JPL1 در شکل ۵ نشان داده شده است. طیف خالص دستهٔ دادهٔ IARR (شکل ۵- الف، منحنی‌های طیفی شمارهٔ ۱، ۲ و ۳) با سیمای جذب مشخص در باند ۶ (۲/۲۰۵ میکرومتر)، به‌ترتیب مطابق با طیف سریسیت، کائولینیت و مونتموریلونیت کتابخانهٔ طیفی JPL1 می‌باشد و سیماهای جذبی بیانگر سازگاری این منحنی‌ها با طیف کانی‌های سریسیت، کائولینیت و مونتموریلونیت است. همچنین، انطباق سیمای جذب باند ۵ (۲/۱۶۵ میکرومتر) طیف آلونیت کتابخانهٔ JPL1 با طیف خروجی شمارهٔ ۴ از این دستهٔ داده نشان‌دهندهٔ طیف کانی آلونیت است. انطباق جذب اصلی منحنی طیفی شمارهٔ ۵ با جذب در باند ۸ (۲/۳۳ میکرومتر)، مطابق با طیف اپیدوت کتابخانهٔ طیفی JPL1 است. طیف‌های خروجی از دستهٔ دادهٔ AST_07XT (شکل‌های ۵- ب، طیف‌های شمارهٔ ۱، ۲ و ۳) دارای جذب در باندهای ۶ (۲/۲۰۵ میکرومتر) و ۸ (۲/۳۳ میکرومتر) هستند که طیف آمیختهٔ کانی‌های

رسی سریسیت، کائولینیت و مونتموریلونیت و کانی کربناتی کلسیت را نشان می‌دهد. طیف شمارهٔ ۴ با سیمای جذبی در باندهای ۵ (۱۶۵/ ۲ میکرومتر) و ۸ (۲/۳۳ میکرومتر) نشان از مخلوط طیف‌های آلونیت و کلسیت دارد. طیف‌های یادشده انطباق کامل را با سیمای جذب طیف‌های سریسیت، کائولینیت، مونتموریلونیت و آلونیت مستخرج از کتابخانهٔ JPL1 نشان نمی‌دهند. سیمای جذب باند ۸ طیف اپیدوت کتابخانهٔ JPL1 مطابق با طیف شمارهٔ ۵ از این دستهٔ دادهٔ نیز بیانگر طیف کانی اپیدوت است.

۳- ۵- انطباق سیمای طیفی (SFF)

انطباق سیمای طیفی الگوریتمی است که، برای مقایسهٔ طیف تصویر با طیف مرجع، از روش حداقل مربعات استفاده می‌کند. این روش، از راه سیماهای جذبی مشخص در طیف‌ها، عمل انطباق طیف‌های پیکسل و هدف را انجام می‌دهد (Clark Clark & Roush, 1984 et al., 1992, 1991, 1990;). در این روش، ابتدا پیوستار در طیف‌های تصویر و مرجع حذف و سپس، با استفاده از فن حداقل مربعات، ژرفا و شکل سیماهای طیفی تصویر و مرجع مقایسه می‌شود (Shippert, 1992). بدین‌ترتیب در این روش، به‌ازای هر طیف مرجع یک تصویر مقیاس[1] و یک تصویر جذر میانگین مربعات[2] ایجاد می‌شود. نتایج تصویر مقیاس می‌تواند برای مشخص‌کردن آن دسته از نواحی به‌کار رود که بهترین انطباق را با طیف مرجع دارند و این در صورتی است که RMS آن نواحی پایین باشد. در این تحقیق از تصاویر مقیاس و RMS برای تهیهٔ نمودار پراکندگی دوبعدی[3] به‌گونه‌ای استفاده شد که تصویر مقیاس روی محور X و تصویر RMS روی محور Y قرار می‌گیرد. سپس با انتخاب ناحیهٔ مورد نظر[4] روی نمودار پراکندگی دوبعدی، بیشترین مقیاس و کمترین RMS از پیکسل‌های دارای بیشترین انطباق با طیف مرجع مشخص می‌شوند. الگوریتم SFF با استفاده از طیف نمونه‌های صحرایی و طیف خالص تصویر کانی‌های کائولینیت (دگرسانی فیلیک- آرژیلیک)، آلونیت (دگرسانی آرژیلیک پیشرفته) و اپیدوت (دگرسانی پروپیلیتیک) روی مجموعهٔ نُه‌باندی (VNIR+SWIR) از داده‌های IARR و AST_07XT به‌اجرا درآمد و نتایج خروجی از طریق شواهد میدانی، طیف‌سنجی نمونه‌های صحرایی و نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه ارزیابی شدند.

۴- نتایج و بحث

نتایج حاصل از استخراج پیکسل‌های خالص کانی‌های شاخص دگرسانی مناطق مورد مطالعه با این دو دستهٔ دادهٔ استر نشان داد که طیف‌های خروجی شمارهٔ ۱ تا ۳ دستهٔ دادهٔ L1B پس از اجرای کالیبراسیون IARR (شکل ۵- الف)، با سیمای مشترک جذبی در باند ۶ (۲/۲۰۵ میکرومتر) به‌ترتیب با طیف‌های سریسیت، کائولینیت و مونتموریلونیت کتابخانهٔ طیفی JPL1 منطبق است. همچنین طیف شمارهٔ ۴ با جذب مشخص در باند ۵ (۲/۱۶۵ میکرومتر) نشان‌دهندهٔ طیف آلونیت کتابخانهٔ JPL1 است. اما پیکسل‌های خالص استخراج‌شده از دستهٔ دادهٔ AST_07XT (شکل ۵- ب) نشان می‌دهد طیف‌های شمارهٔ ۱ تا ۳ مستخرج از این دستهٔ داده، افزون‌بر باند ۶، در باند ۸ نیز سیمای جذبی دارند. این بیان می‌کند طیف‌های آمیختهٔ کانی‌های رسی مانند سریسیت، کائولینیت، مونتموریلونیت با طیف اپیدوت است؛ همچنین طیف شمارهٔ ۴ سیمای جذب را در باندهای ۵ و ۸ نشان می‌دهد که نشان از مخلوط طیف‌های آلونیت و کلسیت است. بدین‌ترتیب طیف‌های خالص مستخرج از این دو دستهٔ داده تطابقی را با طیف‌های خروجی کتابخانهٔ طیفی JPL1 نشان نمی‌دهند.

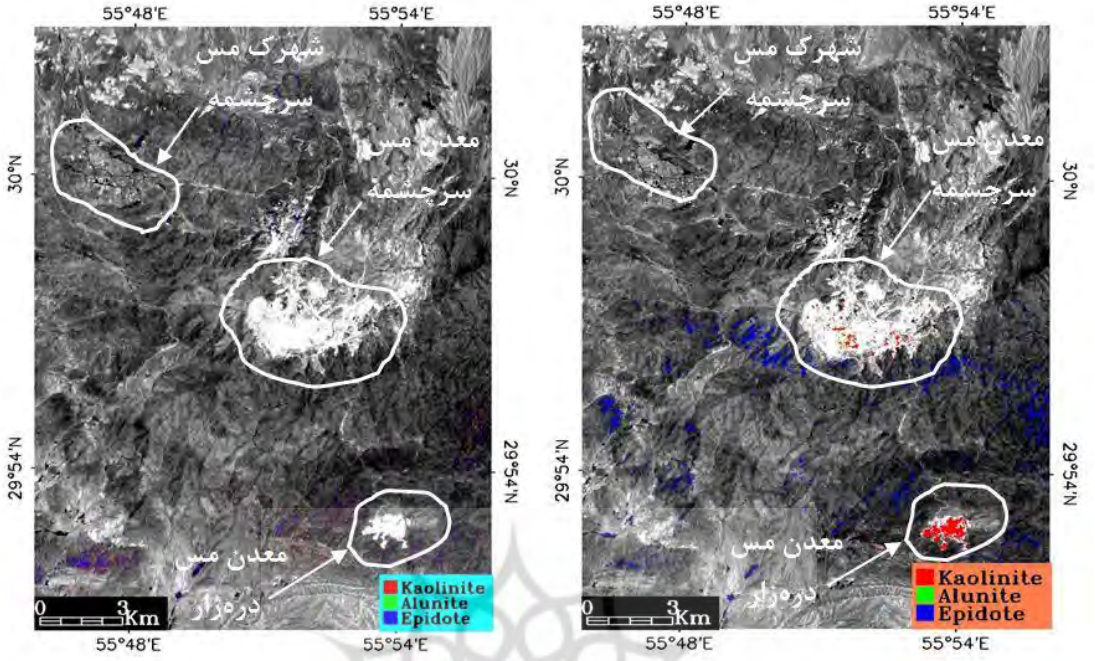
نتایج حاصل از طیف‌سنجی صحرایی کانی‌های شاخص دگرسانی منطقه که به نُه باند استر بازنویسی شدند (شکل ۵- پ) نشان داد که سیمای جذب مشخص

1. scale
2. root mean square
3. scatter plot
4. region of interest

باند ۶ طیف‌های صحرایی شمارهٔ ۱، ۲ و ۳ منطبق با طیف‌های خروجی سریسیت، کائولینیت و مونتموریلونیت کتابخانهٔ طیفی JPL1 و طیف صحرایی شمارهٔ ۴ با جذب در باند ۸ نشان‌دهندهٔ طیف اپیدوت است.

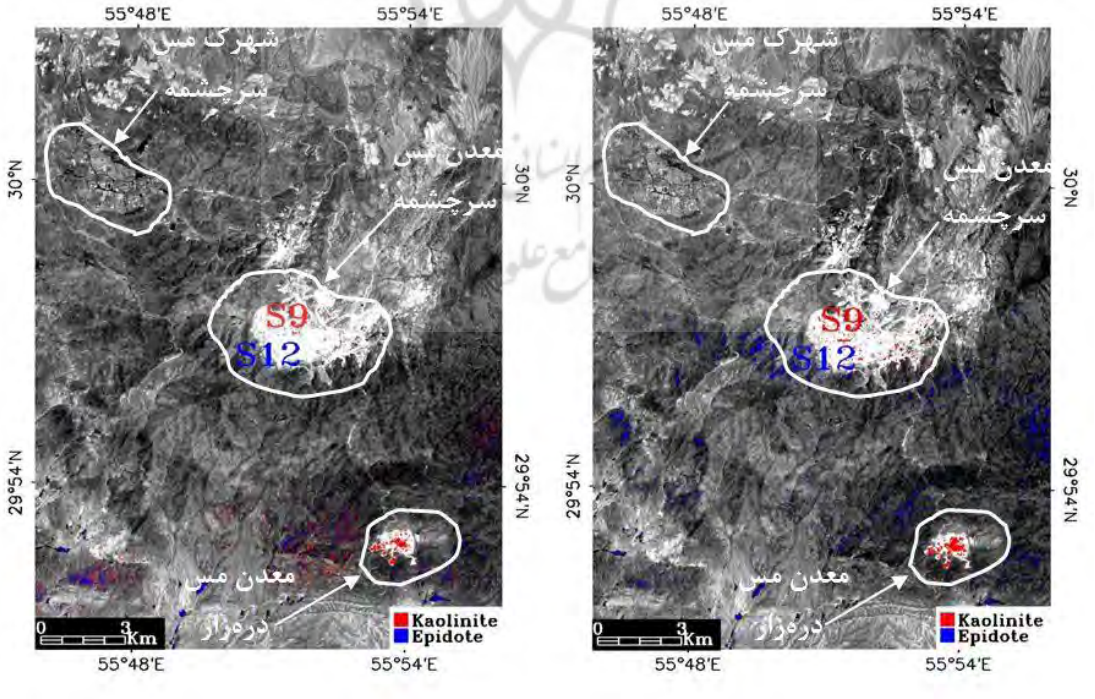
نتایج حاصل از الگوریتم پیشرفتهٔ انطباق سیمای طیفی با استفاده از طیف‌های خالص خروجی از تصویر هر دو دستهٔ داده نشان می‌دهد که در دستهٔ دادهٔ IARR (شکل ۶- الف)، خروجی طیف تصویر کائولینیت به‌منزلهٔ کانی شاخص دگرسانی فیلیک- آرژیلیک و طیف آلونیت به‌منزلهٔ کانی شاخص دگرسانی آرژیلیک پیشرفته با پیکسل‌های بارزشده در محدودهٔ دگرسانی منطقهٔ معدنی سرچشمه و دره‌زار سازگار است. طبق نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه (شکل ۲- ب) و شواهد میدانی از زون‌های دگرسانی منطقهٔ معدنی مورد مطالعه (شکل‌های ۳ و ۴)، این مناطق توده‌های نفوذی گرانودیوریت، کوارتزدیوریت و کوارتزمونزونیت را نشان می‌دهند که به‌صورت کانی‌های رسی کائولینیت- سریسیت- مونتموریلونیت و آلونیت دگرسان شده‌اند. مناطق بارزشده با استفاده از طیف تصویر اپیدوت به‌منزلهٔ کانی شاخص دگرسانی پروپیلیتیک که بیشتر در بخش جنوبی معدن سرچشمه و شمال معدن دره‌زار قرار دارد و نشان‌دهنده دگرسانی پروپیلیتیک در این نواحی است. براساس نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه و مشاهدات میدانی مناطق، دگرسانی این پیکسل‌ها بر گدازه‌های تراکی‌آندزیت، تراکی‌بازالت و آندزیت بازالتی نیز منطبق است که به کانی‌های گروه کلریت- اپیدوت- کلسیت دگرسان شده‌اند. از سوی دیگر، با معرفی طیف تصویر کانی‌های شاخص دگرسانی دستهٔ دادهٔ AST_07XT به این الگوریتم، پیکسل‌هایی به‌طور عمده در بخش جنوب‌غرب و جنوب‌شرق سرچشمه بارز شده که با محدوده‌های معدن‌کاری و دگرسانی‌های سرچشمه و دره‌زار سازگار نیستند (شکل ۶- ب). با توجه به نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه، رخنمون‌های بارزشده با این دستهٔ داده با آهک‌ها، آبرفت‌ها و رسوبات جوان کواترنری منطبق‌اند که این امر ممکن است به‌دلیل سیماهای جذب اضافی در باند ۸ داده‌های AST_07XT به‌نسبت دستهٔ دادهٔ کالیبره‌شدهٔ IARR باشد.

نتایج درونداد طیف‌های صحرایی بازنویسی‌شده به نُه باند استر به الگوریتم SFF بدین‌ترتیب بود که پیکسل‌های بارزشده با طیف کائولینیت (دگرسانی فیلیک- آرژیلیک) در داده‌های کالیبره‌شده به روش IARR با زون دگرسانی فیلیک- آرژیلیک در محدودهٔ معدن‌کاری منطقهٔ سرچشمه منطبق است (شکل ۷- الف، نماد S9 و شکل‌های ۳ و ۴- الف و ب). این رخنمون‌ها نشان‌دهندهٔ توده‌های نفوذی گرانودیوریت، کوارتزمونزونیت و کوارتزدیوریت‌اند. همچنین با ورود طیف صحرایی اپیدوت (دگرسانی پروپیلیتیک)، این دستهٔ داده مناطق بارزشده را مطابق با شواهد میدانی زون دگرسانی پروپیلیتیک نشان می‌دهد (شکل ۷- الف، نماد S12 و شکل‌های ۳ و ۴- پ) که با توجه به نقشهٔ زمین‌شناسی، رخنمون‌های بارزشده با گدازه‌های تراکی‌آندزیتی، تراکی‌بازالتی و آندزیت‌بازالتی در اطراف معدن سرچشمه و دره‌زار سازگاری دارد. اما مناطق بارزشده با دستهٔ دادهٔ AST_07XT (شکل ۷- ب)، با استفاده از طیف نمونه‌های صحرایی کائولینیت و اپیدوت خارج از محدوده‌های معدن‌کاری و دگرسانی‌های منطقه‌اند و هیچ انطباقی با مشاهدات میدانی و نمونه‌برداری صحرایی از زون‌های دگرسانی فیلیک- آرژیلیک و پروپیلیتیک نشان نمی‌دهند. برخلاف انتظار، بیشتر پیکسل‌های بارزشده در بخش جنوب‌غرب و جنوب‌شرق منطقهٔ سرچشمه قرار دارد که براساس نقشهٔ زمین‌شناسی، این پهنه‌ها با آبرفت‌ها و رسوبات جوان کواترنری سازگارند.



(ب) (الف)

شکل ۶. بارزشدگی کانی‌های کائولینیت (دگرسانی فیلیک- آرژیلیک)، آلونیت (دگرسانی آرژیلیک پیشرفته)، اپیدوت (دگرسانی پروپیلیتیک) به روش انطباق سیمای طیفی (SFF) با استفاده از طیف خالص تصویر داده‌های: الف) IARR؛ ب) AST_07XT .



(ب) (الف)

شکل ۷. بارزشدگی کانی‌های کائولینیت (دگرسانی فیلیک ° آرژیلیک) و اپیدوت (دگرسانی پروپیلیتیک) به روش انطباق سیمای طیفی(SFF) با استفاده از طیف نمونه‌های صحرایی بازنویسی‌شده به نُه باند استر داده‌های: الف) IARR؛ ب) AST_07XT.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش داده‌های L1B کالیبره‌شده به روش IARR و AST_07XT، تصحیح‌شده به روش تداخل سیگنال استر با الگوریتم SFF برمبنای طیف‌های خالص تصویر و طیف‌سنجی نمونه‌های صحرایی منطقهٔ معدنی سرچشمه، ارزیابی و مقایسه شد. نتایج حاصل از پیکسل‌های خالص مستخرج از تصویر نشان داد که سیمای جذبی کانی‌های شاخص دگرسانی دستهٔ دادهٔ L1B کالیبره‌شده به روش IARR با سیمای جذبی طیف‌های خروجی کتابخانهٔ JPL1 منطبق است؛ درصورتی‌که پیکسل‌های خالص خروجی داده‌های AST_07XT سیمای جذب اضافی در باند ۸ را نشان می‌دهند که با طیف‌های خروجی این کتابخانهٔ طیفی منطبق نیست. این امر ممکن است به‌دلیل محدودیت‌های دستهٔ دادهٔ AST_07XT در تصحیحات جوّی و رادیومتری باشد که در مرکز آنالیزهای رقومی دادهٔ سنجش از دور زمینی[1] روی آن اجرا شده است. همچنین سیماهای جذب و بازتاب اضافی که در طیف‌های خالص مستخرج از تصویر داده‌های AST_07XT دیده می‌شود به‌دلیل تداخل نور فرعی بازتاب‌شده و آثار انرژی باقی‌ماندهٔ حاصل از آشکارساز باند ۴ و نشت آن به آشکارسازهای دیگر باندهای محدودهٔ فروسرخ موج کوتاه در این دستهٔ داده است که از طریق الگوریتم تصحیح تداخل سیگنال[2]، که در سایت دریافت این داده‌ها اجرا شده، حذف نشده است. افزون‌بر این، نزدیک‌بودن باند بخار آب جوّی به باند ۸ استر، که هم‌زمان با دریافت داده‌های طیف‌سنج تصویری تفکیک متوسط[3] برای دستهٔ دادهٔ AST_07XT ثبت نشده است، چه‌بسا از دیگر ضعف‌های این داده‌ها باشد.

نتایج حاصل از الگوریتم پردازش پیشرفتهٔ انطباق سیمای طیفی با استفاده از طیف خالص مستخرج از تصویر و طیف نمونه‌های صحرایی نیز نشان داد که بارزشدگی و تفکیک مناطق دگرسانی نواحی مورد مطالعه از راه دستهٔ دادهٔ IARR، درمقایسه با داده‌های AST_07XT، تطابق بیشتری با مشاهدات میدانی، طیف‌سنجی حاصل از نمونه‌های صحرایی و نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد. بر این اساس، نتیجه می‌شود در منطقهٔ معدنی سرچشمه که این دو دستهٔ داده بررسی و آنالیز شدند، دستهٔ داده‌های L1B، که کالیبراسیون جوّی IARR توسط کاربر روی آنها انجام گرفته است، نتایج بهتری درمقایسه با آن دستهٔ دادهٔ AST_07XT نشان می‌دهد که الگوریتم تصحیح تداخل سیگنال در شرکت دریافت این داده‌ها روی آنها اجرا شده و به‌صورت داده‌های استاندارد و تصحیح‌شده به بازار عرضه شده‌اند. ازآنجاکه دستهٔ دادهٔ AST_07XT به‌خوبی کالیبره نشده است، نمی‌تواند در الگوریتم‌های پردازش تصویر برای بارزسازی مناطق دگرسانی در منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای بارزسازی کانی‌ها و زون‌های دگرسانی با استفاده از محصولات گوناگون استر، از داده‌های L1B کالیبره‌شده به روش IARR در مقابل دستهٔ دادهٔ AST_07XT استفاده شود که به‌صورت داده‌های بازتابشی و تصحیح‌شده از طریق تداخل سیگنال در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. شایان ذکر است چون اثر تداخل سیگنال مربوط به زیرسیستم فروسرخ موج کوتاه (SWIR) استر است و به این دلیل که کانی‌های اکسید آهن و گیاهان سیماهای جذب و بازتاب را در محدودهٔ مرئی- فروسرخ نزدیک (VNIR) داده‌های استر نشان می‌دهند؛ احتمال می‌رود که دستهٔ داده‌های AST_07XT تصحیح‌شده به روش تداخل سیگنال برای نقشه‌برداری نواحی مستعد کانه‌زایی آهن، مناطق دارای پوشش گیاهی و تفکیک زمین‌های کشاورزی مناسب باشد.

۶- سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از مرکز Land Processes Distributed Active Archive واقع در سازمان زمین‌شناسی ایالات متحد امریکا[4] برای تهیهٔ دستهٔ

1. ERSDAC
2. crosstalk correction
3. MODIS
4. USGS

داده‌های ASTER سپاسگزاری می‌کنند. همچنین از همکاری مجتمع معدنی مس سرچشمه، برای نمونه‌برداری صحرایی، و از جناب آقای دکتر محمودرضا صاحبی، از بخش طبقه‌بندی تصاویر دانشکدهٔ مهندسی عمران و نقشه‌برداری دانشگاه خواجه نصیر تهران، برای تجزیهٔ طیف‌سنجی نمونه‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

۷- منابع

Abrams, M., 2000, **The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): Data Products for the High Spatial Resolution Imager on NASA's Terra Platform**, International Journal of Remote Sensing, 21, PP. 847-859.

Aftabi, A. & Atapour, H., 1997, **Geochemical and Petrological Characteristics of Shoshonitic and Potassic Calcalkaline Magmatism at Sarcheshmeh and Dehsiahan Porphyry Copper Deposits, Kerman, Iran**, Research Bulletin of Isfahan University, 9, PP. 127-156.

Atapour, H. & Aftabi, A., 2007, **The Geochemistry of Gossan Associated with Sarcheshmeh Porphyry Copper Deposit, Rafsanjan, Kerman, Iran: Implications for Exploration and the Environment**, Journal of Geochemical Exploration, 93, PP. 47-65.

Beiranvand pour, B.A. & Hashim, M., 2011, **Identification of Hydrothermal Alteration Minerals for Exploring of Porphyry Copper Deposit Using ASTER Data, SE Iran**, Journal of Asian Earth Sciences, 42, PP. 1309-1323.

Biggar, S.F., Thome, K.J., McCorkel, J.T. & D'Amico, J.M., 2005, **Vicarious Calibration of the ASTER SWIR Sensor Including Crosstalk Correction**, Proceedings International Society Optical Engineering.

Boomeri, M., Kazuo, N., David Richard, L., 2010, **The Sarcheshmeh Porphyry Copper Deposit, Kerman, Iran: A Mineralogical Analysis of the Igneous Rocks and Alteration Zones Including Halogen Element Systematic Related to Cu Mineralization Processes**, Ore Geology Reviews, PP. 367-381.

Clark, R.N. & Roush, T.L., 1984, **Reflectance Spectroscopy: Quantitative Analysis Techniques for Remote Sensing Applications**, Journal of Geophysical Research, 89, PP. 6329-6340.

Clark, R.N., King, T.V.V., Kleijwa, M., Swayze, G.A. & Vergon, N., 1990**, High Spectral Resolution Reflectance Spectroscopy of Minerals**, Journal of Geophysical Research, 95, PP. 12653-12680.

Clark, R.N., Swayze, G.A., Gallagher, A., Gorelick, N. & 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**, Proceeding, 3rdAirborne Visible/Infrared Imaging Spectrometrer (AVIRIS) Workshop, PP. 2-3.

Clark, R.N., Swayze, G.A. & Gallagher, A., 1992, **Mapping the Mineralogy and Lithology of Canyonlands, Utah with Imaging Spectrometer Data and the Multiple Spectral Feature Mapping Algorithm**, Summaries of the Third Annual JPL Airborne Geoscience Workshop, PP. 11-13.

Crowley, J.K., 1986, **Visible and Near-Infrared Spectra of Carbonate Rocks: Reflective Variations Related to Petrographic Texture and Impurities**, Journal of Geophysical Research, 91, PP. 5001–5012.

Derakhshani, R. & Abdolzadeh, M., 2009, **Geochemistry, Mineralogy and Alteration Zones of Darrehzar Porphyry Copper Deposit, Kerman, Iran**, Journal of Applied Sciences 9, PP. 1628-1646.

Dimitrijevic, M.D., Dimitrijevic, M.N. & Vulovic, D., 1971, **Geological map of Iran**, 1:100000 series, sheet 7149-Pariz.

Fujisada, H., Sakuma, Ono, A. & Kudoh, M., 1998, **Design and Preflight Performance of ASTER Instrument Protoflight Model**, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, PP. 1152-1160.

Fujisada, H., Iwasaki, A. & Hara, S., 2001, **ASTER Stereo System Performance, Proceeding of SPIE**, The International Society for Optical Engineering, 4540, PP. 39-49.

Gabr, S., Ghulam, A. & Kusky, T., 2010, **Detecting Areas of High-Potential Gold Mineralization Using ASTER Data**, Ore Geo. Rev., 38, PP. 59-69.

Hooseinjani Zadeh, M. & Tangestani, M.H., 2011, **Mapping Alteration Minerals Using Sub-Pixel Unmixing of ASTER Data in the Sarduiyeh Area, SE Kerman, Iran**, International Journal of Digital Earth, Vol. 4, No. 6, PP. 487-504.

Hooseinjani Zadeh, M. & Tangestani, M.H., 2014, **Mineral Exploration and Alteration Zone Mapping Using Mixture Tuned Matched Filtering Approach on ASTER Data at the Central Part of Dehaj-Sarduiyeh Copper Belt, SE Iran**, Ieee Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 7.

Hunt, G.R. & Ashley, P., 1979, **Spectra of Altered Rocks in the Visible and Near Infrared**, Economic Geology, 74, PP. 1613-1629.

Iwasaki, A. & Tonooka, H., 2005, **Validation of a Crosstalk Correction Algorithm for ASTER/SWIR**, Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions, 43, PP. 2747–2751.

Kruse, F.A., 1988, **Use of Airborn Imaging Spectrometer Data to Map Minerals Associated with Hydrothermally Altered Rocks in the Northern Grapevine Mountains, Nevada, and California**, Remote Sensing of Environment, Vol. 24, PP. 31-51.

Kurucz, R.L., Furenlid, I., Brault, J. & Testerman, L., 1984, **NOAO Atlas No,1. The Solar Flux Atlas from 296 to 1300 nm (Sunspot, NM: National Solar Observatory)**, First citation in article NASAADS.

Mars, J.C. & Rowan, L.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, PP. 161-186.

Mars, J.C. & Rowan, L.C., 2010, **Spectral Assessment of New ASTER SWIR Surface Reflectance Data Products for Spectroscopic Mapping of Rocks and Minerals**, Remote Sensing of Environment, 114, PP. 2011-2025.

Perry, S.L., 2004, **Spaceborne and Airborne Remote Sensing Systems for Miner Exploration-Case Histories Using Infrared Spectroscopy**, King P.L., Ramsey M.S., Swayze G.A., (Eds), Infrared Spectroscopy in Geochemistry, Exploration Geochemistry, and Remote Sensing, Mineralogic Association of Canada, London, Canada, PP. 227-240.

Rowan, L.C., Goetz, A.F.H. & Ashley, R.P., 1977, **Discrimination of Hydrothermally Altered and Unaltered Rocks in Visible and Near Infrared mu$ltispectral im$ages**, Geophysics, 42, PP. 522-535.

Sabins, F.F., 1987, **Remote Sensing, Principles and Interpretation**, New York: W.H. Freeman Company.

Shippert, P., 1992, **Introduction to Hyperspectral Image Analysis**, Ph.D. thesis, Geography Department, University of Auckland, New Zealand, 504.

Stoklin, J., 1968, **Structural History and Tectonics of Iran**, A Review American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52, PP. 1229-1258.

Tangestani, M.H., Mazhari, N., Ager, B. & Moore, F., 2008, **Evaluating Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Data for**

Alteration Zone Enhancement in a Semi-Arid Area, Northern Shahr-e-Babak, SE Iran, International Journal of Remote Sensing, 29, PP. 2833–2850.

Tangestani, M.H. & Jaffari, L., 2012, **Effect Calibration ASTER Datas in Lithological Enhancements, A Case Study Neyriz Ophiolite Complex**, Journal of Earth Sciences, 84, PP. 129-138.

Tangestani, M.H., Jaffari, L., Robert, K. & Vincent, B.B., 2011, **Spectra Characterization and ASTER-Based Lithological Mapping of an Ophiolite Complex: A Case Study from Neyriz Ophiolite, SW Iran**, Remote Sensing of Environment, 115, PP. 2243-2254.

Tommaso, I. & Rubistein, N., 2006, **Hydrothermal Alteration Mapping Using ASTER Data in the Infier Nillo Porphyry Deposite, Argentina**, Ore Geology Reviews.

Tompkins, S., Mustard, J.F., Pieters, C.M. & Forsyth, D.W., 1997, **Optimization of Endmembers for Spectral Mixture Analysis**, Remote Sensing of Environment, Vol. 59, PP. 472-489.

Tonooka, H. & Iwasaki, A., 2004, **Improvement of ASTER/SWIR Crosstalk Correction, Proc**, SPIE 5234, Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites.

Vincent, R.K., 1997, **Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing**,

Waterman, G.C. & Hamilton, R.L., 1975, **The Sarcheshmeh Porphyry Copper Deposit**, Economic Geology, 70, PP. 568-576.

Zhang, X., Pazner, M. & Duke, N., 2007, **Lithologic and Mineral Information Extraction Forgold Exploration Using ASTER Data in the South Chocolate Mountains (California)**, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 62, PP. 271-282.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی