

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

شناسایی زهاب اسیدی با استفاده از تصویر لندست ۸ در معادن سرچشمه و دره زار، استان کرمان

◆◆◆◆◆

چکیده:

یکی از مشکلات زیست محیطی موجود در معادن سولفیدی، وجود زهاب اسیدی است که از اکسیداسیون سولفیدهای فلزی در حضور آب و اکسیژن ایجاد می شود. زهاب اسیدی تولید شده به دلیل دارا بودن pH پایین، غلظت بالای عناصر سنگین و درصد بالای سولفات تهدید بزرگی برای محیط زیست و سلامت انسان و سایر موجودات محسوب می گردد. از کانیهای مهم زهاب اسیدی می توان کوپاپیت، ژاروسیت و گوتیت را نام برد. در این تحقیق برای اولین بار کانی های ثانویه آهن مرتبط با زهاب اسیدی با استفاده از تصاویر لندست ۸ در معادن سرچشمه و دره زار شناسایی و بررسی شده اند. جهت بارزسازی کانیهای مرتبط با زهاب اسیدی از روشهای آنالیز مؤلفه اصلی و پالایش تطبیقی استفاده شده است. نتایج نشان داد که با تصاویر لندست ۸ و اجرای روش پالایش تطبیقی و آنالیز مؤلفه اصلی امکان شناسایی و تشخیص کانیهای ثانویه آهن مرتبط با زهاب اسیدی وجود دارد و نتایج حاصل از دو روش بکار رفته با یکدیگر مطابقت دارند ولی در پالایش تطبیقی امکان بررسی زیرپیکسلی و جزئیات بیشتر وجود دارد.

کلید واژه ها: زهاب اسیدی، لندست ۸، پالایش تطبیقی، آنالیز مؤلفه اصلی

Detection of acid mine drainage, using Landsat 8 images in Sarcheshmeh and Darrehzar mines, Kerman Province

Abstract:

Acid mine drainage (AMD) which is produced from oxidation of metallic sulphide ores in the presence of water and oxygen is one of the serious environmental problem in the sulphide mines. It has serious threats to the environment, human and animals' health due to low pH, high concentration of heavy elements and large amount of sulphide. Copiapite, Goethite, and Jarosite are important minerals in acid drainage. In this research, secondary iron minerals related to acid drainage have been identified using Landsat 8 images in Sarcheshme and Darrehzar mines for the first time. Principal Component Analysis and Matched Filtering techniques have been used for detection of minerals related to AMD. Result showed that it is possible to detect secondary iron oxides minerals related to AMD by implementation of Principal Component Analysis and Matched Filtering techniques on Landsat 8 image. Although relatively good correction between the results of these two techniques were observed, more detail and sub pixel investigation could be done by Matched Filtering technique.

Keywords: Acid mine drainage, Landsat 8, Matched Filtering, Principal Component Analysis.

مقدمه:

در مناطق معدنی اکسیداسیون سولفید آهن سریع و در حد وسیع انجام و گاهی زهاب اسیدی معدن را به وجود می آورد. زهاب اسیدی معدن تحت شرایط pH و Eh خاصی تشکیل می شوند. کانیهای کوپاپیت ($(\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20(\text{H}_2\text{O}))$)، شورتمانیت ($(\text{Fe}^{3+}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_2)$)، ژاروسیت ($(\text{SO}_4)_2\text{KFe}_3(\text{OH})_6$) و گوتیت ($(\text{FeO}(\text{OH}))$) از جمله کانیهای ثانویه آهن هستند که عمدتاً در مناطق معدنی با آلودگی زهاب اسیدی مشاهده می گردند. در کارهای دورسنجی از این کانیهای ثانویه آهن بعنوان نشانگر سطحی برای شناسایی زهاب اسیدی معدن استفاده می شود. تحقیقات مختلفی با استفاده از ابزار دورسنجی برای شناسایی کانیهای زهاب اسیدی با استفاده از سنجنده های ابرطیفی و چندطیفی صورت گرفته است. مک کوبین و لانگ (۲۰۰۰) از کانی های موجود در زهاب اسیدی معدن، ژاروسیت

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

(کانی سولفات) و گوتیت را با استفاده از سنجنده AVIRIS در معدن ری^۱ شناسایی و نقشه برداری کردند. سوايز و همکاران (۲۰۰۰) نیز با استفاده از تصویربرداری طیف سنجی، مناطق دارای ژاروسیت و گوتیت را روی دامنه توده های باطله معدن ونیر^۲، مشخص کردند. وجود گوتیت فراوان روی توده باطله را نشانه اکسیداسیون پیریت در مرحله پیشرفته بیان نمودند. همچنین شانگ (۲۰۰۵) با استفاده از داده های ژئوفیزیکی هوابرد و سنجش از دور ابر طیفی (اطلاعات کاسی و پروب ۱ ابرطیفی) تغییرات درون و بیرون باطله های معدنی را نقشه برداری نمود. روجبخش و معدنچی (۱۳۹۲) نیز با کمک داده های استر و با استفاده از تکنیک نقشه بردار زاویه طیفی^۳ (SAM)، آلودگی زهاب اسیدی معدن زغالسنگ کارمزد را شناسایی کردند. زابیس (۲۰۰۵) (۲۰۰۸) (۲۰۱۴) برای شناسایی pH سطحی و زهاب اسیدی، کانی های ثانویه مانند هماتیت و ژاروسیت را در معدن سوتیل - میگولاس^۴ با استفاده از داده های ابر طیفی هوابرد Hymap و اجرای تکنیک های آنالیز حداقل و آنالیز ناآمیختگی طیفی خطی (ISMA) بارسازی کرد. در این مطالعات مواد با pH پایین (اسیدی) در سد باطله ها و اطراف رودخانه های مرتبط با معدن شناسایی و نقشه های pH با استفاده از نقشه های کانی شناسی و شواهد آزمایشگاهی و صحرایی تهیه شدند. در هیچکدام از مطالعات انجام شده از داده های سنجنده لندست ۸ برای بارسازی کانیهای مرتبط با زهاب اسیدی استفاده نشده است. با توجه به دارا بودن ۵ باند طیفی در محدوده مرئی - فروسرخ موج کوتاه در لندست ۸ می توان برای بارسازی کانیهای حاوی آهن از آن استفاده کرد. در کشور ما با وجود دارا بودن معادن بزرگی مانند سرچشمه تاکنون اقدامات دورسنجی جهت شناسایی کانیهای ثانویه آهن مرتبط با زهاب اسیدی صورت نگرفته است. در این تحقیق برای اولین بار کانی های مرتبط با زهاب اسیدی در محدوده های معدنی سرچشمه و دره زار با استفاده از تصاویر لندست ۸ شناسایی و بررسی شده اند.



بحث و روش تحقیق:

۱. موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

معدن مس سرچشمه با طول و عرض جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی در فاصله ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان و ۳۰ کیلومتری شمال پاریز واقع و معدن مس دره زار با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب معدن مس سرچشمه قرار گرفته است (شکل ۱) (www.nicico.com).

کانسارهای مس سرچشمه و دره زار بر روی کمر بند کوهزایی ارومیه - دختر که یک مجموعه رسوبی آتشفشانی گسله و چین خورده با روند شمال غرب تا جنوب شرق است، واقع گردیده اند. این کانسارها در درون سنگهای ولکانیک و ولکانو کلاستیک مثل گدازه های بازالت - آندزیتی، آندزیت بازالت، آندزیت به همراه آگلومرا، برش ولکانیکی و انواع توفها قرار گرفته و در اثر تزریق توده های نفوذی (توده نفوذی در سرچشمه یک توده گرانیته تا گرانودیوریتی و در دره زار یک توده کوارتز مونزونیتی است) بدرون سنگهای ولکانیک و ولکانو کلاستیک تشکیل شده اند (www.nicico.com).

¹ Ray Mine

² Venir mine

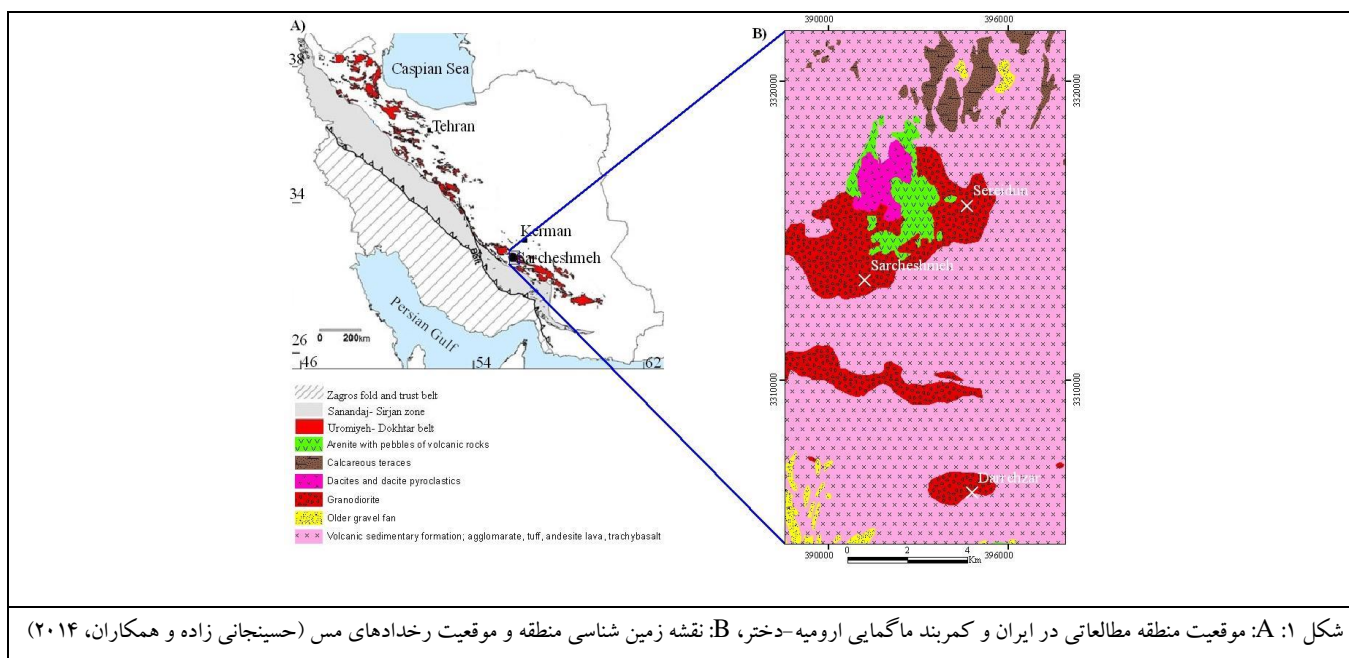
³ Spectral Angle Mapper

⁴ Sotiel Migollas

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



کانی های موجود در زون اکسیدی کانسار سرچشمه شامل اکسیدهای مس (کوپریت و تنوریت)، کرینات های مس (مالاکیت و آزوریت) و اکسیدهای آهن (لیمونیت، هماتیت و گوتیت) می باشند. کانی اصلی مس در زون سوپرژن، کالکوسیت و کولین است. سولفیدهای اصلی در زون هایپوژن شامل پیریت، کالکوپیریت و مولیبدنیت هستند (www.sarcheshmeh.nicico.com). در کانسار دره زار نیز کانی های اصلی دربردارنده مس در زون سوپرژن کانی کالکوسیت و در بخش هایپوژن کانی کالکوپیریت به همراه مقادیر ناچیزی بورنیت و در ناحیه انتقالی زون سوپرژن به هایپوژن کانی کولیت بوده و کانی پیریت نیز کانی فلزی همراه با کانی های معدنی می باشد (www.nicico.com).



شکل ۱: A: موقعیت منطقه مطالعاتی در ایران و کمربند ماگمایی ارومیه-دختر، B: نقشه زمین شناسی منطقه و موقعیت رخدادهای مس (حسینجانی زاده و همکاران، ۲۰۱۴)

۲. مواد و روش ها

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست ۸ (OLI) که در تاریخ ۱۹ اکتبر ۲۰۱۵ اخذ گردیده، استفاده شده است. این سنجنده در ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد و اطلاعات و تصاویر با ارزشی جهت استفاده در علوم مختلف مانند کشاورزی، زمین شناسی، آموزش، تجارت، و محیط زیست جمع آوری می کند (www Landsat.gsfc.nasa.gov). مشخصات باندهای مختلف این سنجنده در جدول ۱ بیان شده است.

باند	قدرت تفکیک طیفی (μm)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	۰/۴۳۳-۰/۴۵۳	۳۰
۲	۰/۴۵۰-۰/۵۱۵	۳۰
۳	۰/۵۲۵-۰/۶۰۰	۳۰
۴	۰/۶۳۰-۰/۶۸۰	۳۰

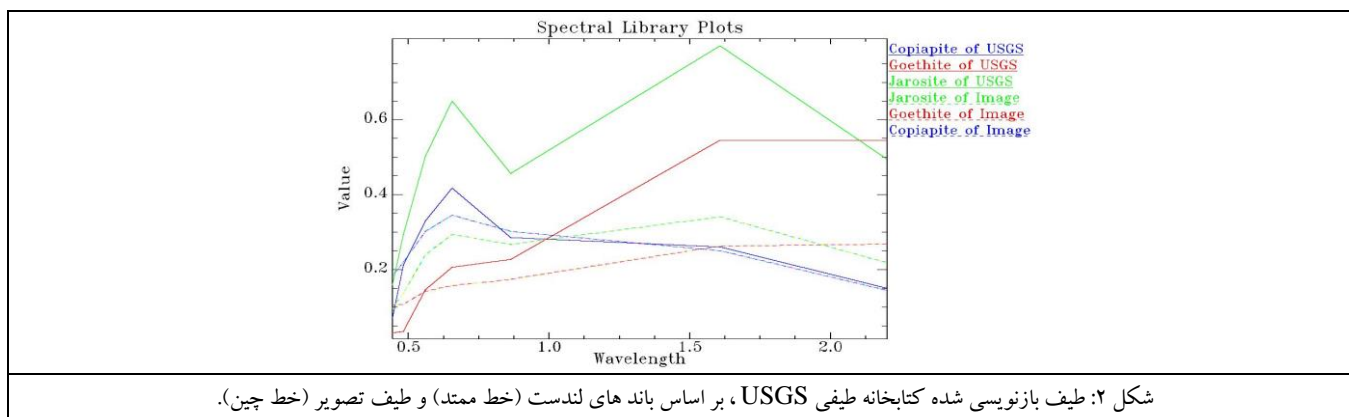
کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

۳۰	۰/۸۴۵-۰/۸۸۵	۵
۳۰	۱/۵۶۰-۱/۶۶۰	۶
۳۰	۲/۱۰۰-۲/۳۰۰	۷
۱۵	۰/۵۰۰-۰/۶۸۰	۸
۳۰	۱/۳۶۰-۱/۳۹۰	۹
۱۰۰	۱۰/۶-۱۱/۲	۱۰
۱۰۰	۱۱/۵-۱۲/۵	۱۱

جهت انجام مطالعات سنجش از دور با استفاده از نرم افزار ENVI 5.3 ابتدا پیش پردازش های لازم مانند تصحیح FLAASH بر روی تصاویر منطقه مورد مطالعه اجرا و سپس برای پردازش تصویر روش های پالایش تطبیقی (MF⁵) و آنالیز مؤلفه های اصلی (PCA⁶) اعمال شده اند. برای صحت سنجی نتایج از محدوده های با مقادیر بالای کانیهای ژاروسیت، کوپاپیت و گوتیت نیز طیف تصویر استخراج و با طیف بازنویسی شده کتابخانه USGS⁷ مقایسه و ارزیابی شده اند.

پالایش تطبیقی (MF)

روش پالایش تطبیقی (MF)، جداسازی جزئی طیف را انجام تا فراوانی اعضای انتهایی تعریف شده توسط کاربر را از یک مجموعه طیف مرجع تخمین بزند. این روش پاسخ اعضای انتهایی شناخته شده را ماکزیم کرده و پاسخ ترکیب ناشناخته زمینه را به حداقل می رساند، سپس علامت شناخته شده را تطبیق می دهد (بیرانوندپور و هشیم، ۲۰۱۲). روش پالایش تطبیقی برای ۳ کانی کوپاپیت، ژاروسیت و گوتیت با استفاده از طیف بازنویسی شده کتابخانه طیفی USGS (شکل ۲) انجام و کانی های مورد نظر بارزسازی شدند. مناطق بارز شده بعنوان هر کانی با رنگ قرمز مشخص شدند. همچنین جهت بهتر نمایش دادن ارتباط سه کانی با معادن، محدوده های دارای سه کانی کوپاپیت، ژاروسیت و گوتیت با رنگهای آبی، قرمز و زرد بر روی تصویر ترکیب رنگی حقیقی منطبق شدند.



شکل ۲: طیف بازنویسی شده کتابخانه طیفی USGS، بر اساس باند های لندست (خط ممتد) و طیف تصویر (خط چین).

آنالیز مؤلفه های اصلی (PCA)

⁵ Matched Filtering

⁶ Principal Component Analysis

⁷ United States Geological Survey

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

آنالیز مؤلفه اصلی یک روش آماری قوی است که می تواند مانع اثرات تابشی مسلط بر همه باندها شده و در نتیجه ویژگی های انعکاس طیفی مواد زمین شناسی را افزایش دهد. بعلاوه این تکنیک می تواند حجم داده ها را کم کند و برای مجموعه داده های چند متغیره، مانند تصاویر سنجنش از دور چند طیفی، با هدف استخراج پاسخ های طیفی ویژه بکار رود (کروستا و همکاران، ۲۰۰۳). برای تعیین میزان همبستگی باندها PC ایجاد و جدول آماری حاصل تفسیر گردید. با توجه به اینکه کانیهای کوپاپیت و ژاروسیت در باند ۱ لندست ۸ (محدوده ۰/۴۳۳-۰/۴۵۳) طیف الکترومغناطیس) جذب و در باند ۲ (محدوده ۰/۴۵۰-۰/۵۱۵) بازتاب دارند، PC7 دارای باند ۱ مثبت و باند ۲ منفی است که کانیهای کوپاپیت و ژاروسیت در این PC با رنگ تیره مشخص می شوند. علاوه بر این دو باند، کانی ژاروسیت در باند ۷ (جذب در ۲/۲۶ میکرومتر) جذب داشته و در باند ۴ (محدوده ۰/۶۳۰-۰/۶۸۰) بازتاب دارد که در PC4 باندهای ۱ و ۷ علامت مثبت و باند ۴ علامت منفی دارند، بنابراین در این PC نیز کانی ژاروسیت با رنگ تیره نمایان می شود. جهت بارزسازی کانیهای مذکور، این دو PC در ۱- ضرب شده تا محدوده دارای کانیهای مذکور به رنگ روشن مشخص شوند. البته باید توجه داشت باند ۷ لندست محدوده ۲/۳۰۰-۲/۱۰۰ میکرومتر را پوشش می دهد که منطبق بر محدوده های جذبی کانی های رسی مانند موسکویت و کائولینیت نیز می باشد.

جدول ۲: مشخصات آماری حاصل از تکنیک آنالیز مؤلفه های اصلی

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7
	Eigenvectors						
PC 1	0.193235	0.22115	0.324112	0.40107	0.413507	0.544958	0.424124
PC 2	0.477611	0.463002	0.385479	0.308246	-0.21399	-0.44515	-0.26449
PC 3	0.004644	0.015526	0.049152	0.04868	-0.87225	0.28386	0.391871
PC 4	0.415581	0.314924	-0.18661	-0.63169	0.125968	-0.18067	0.495733
PC 5	-0.17702	-0.18481	-0.19289	0.474407	0.072545	-0.59066	0.564008
PC 6	0.392989	0.11142	-0.79959	0.342367	-0.03574	0.206661	-0.18056
PC 7	0.613223	-0.76859	0.18047	-0.0212	0.001444	-0.00767	0.011952

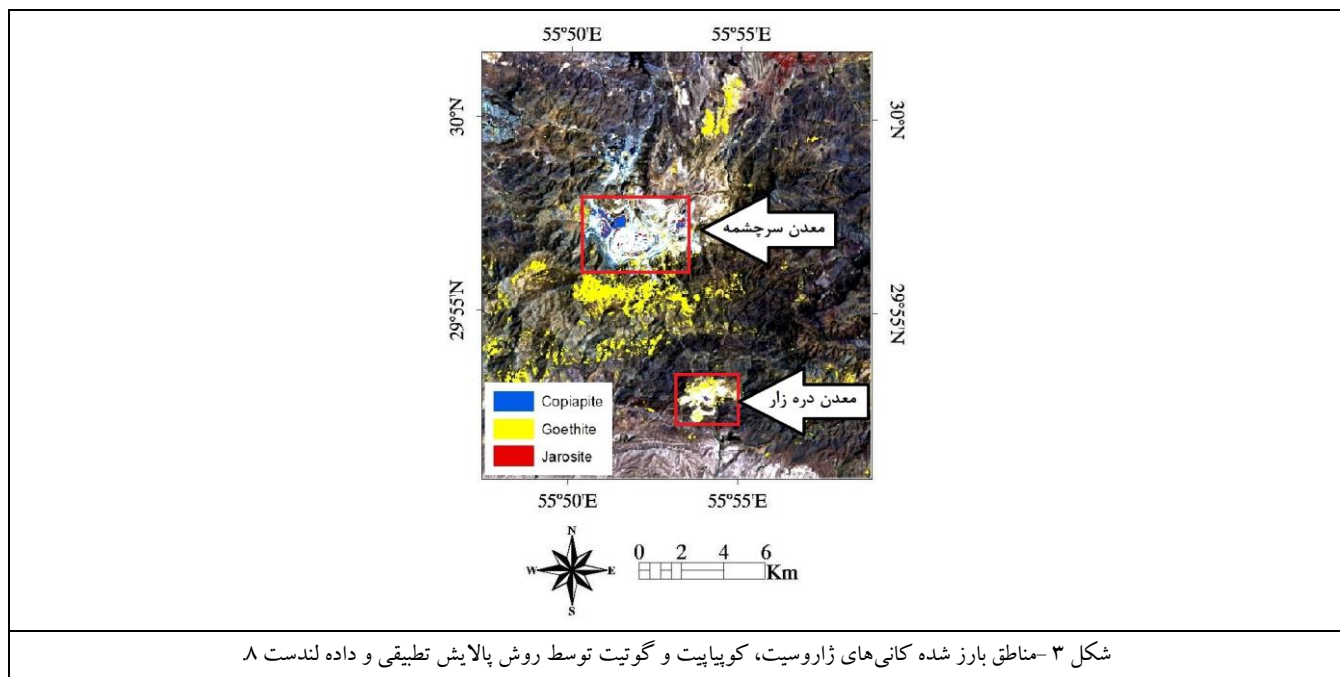


نتیجه گیری :

۱. نتایج

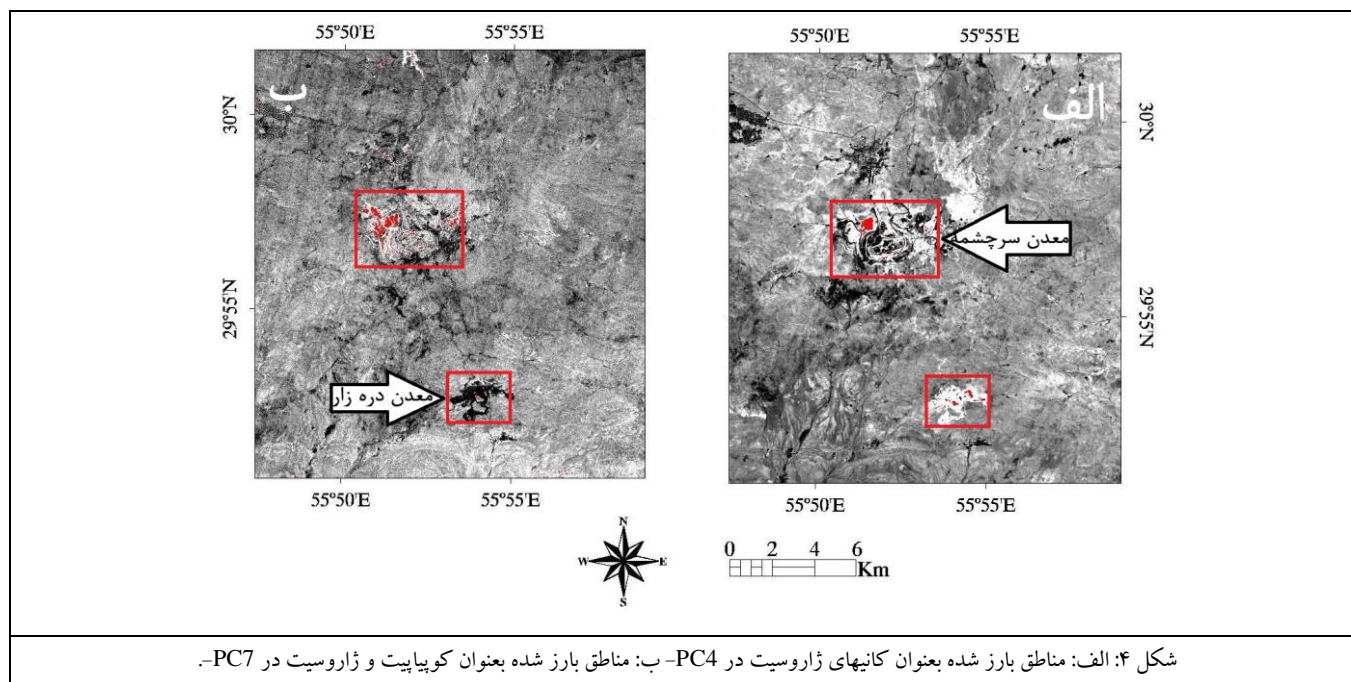
با استفاده از روش پالایش تطبیقی کانیهای زهاب اسیدی اعم از کوپاپیت ($(\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20(\text{H}_2\text{O}))$)، ژاروسیت ($(\text{SO}_4)_2\text{KFe}_3(\text{OH})_6$) و گوتیت ($(\text{FeO}(\text{OH}))$) بارزسازی شدند. کانیهای کوپاپیت و ژاروسیت دارای بنیانهای آهن، سولفات و OH هستند و پیکهای بازتاب و جذب دو کانی بویژه در محدوده مرئی و فروسرخ موج کوتاه مشابه می باشد و با توجه به تعداد کم باندهای سنجنده لندست ۸، طیف های بازنویسی شده دو کانی مذکور شباهت بسیاری دارند. از آنجائیکه روش پالایش تطبیقی یک روش طیفی است لذا محدوده دو کانی ژاروسیت و کوپاپیت در تصاویر حاصل از این روش همپوشانی داشته و مناطق بارز شده بعنوان ژاروسیت و کوپاپیت توسط روش پالایش طیفی مشابه و در محدوده های داخل معادن سرچشمه و دره زار قرار گرفته اند. کانی گوتیت نیز که دارای بنیانهای آهن و OH است و در مناطق با اکسیداسیون پیشرفته دیده می شود، توسط روش مذکور بارزسازی و در محدوده خارج از معادن بارز شده است (شکل ۳ الف-د).

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



با توجه به نتایج جدول آماری حاصل از تکنیک آنالیز مؤلفه اصلی (جدول ۲) و جذب کانیهای زهاب اسیدی در محدوده ۰/۴۳ میکرومتر، کانیهای کوپاپیت و ژاروسیت در PC7- به رنگ روشن مشخص شده‌اند. براساس دو جذب کانی ژاروسیت در محدوده‌های ۰/۴۳ و ۲/۲۶ میکرومتر، این کانی در PC4- نیز به رنگ روشن نمایان شد. البته مناطق بارز شده که با پیکسل‌های روشن در مولفه ۴ بارز شده‌اند، بیشتر بوده که منطبق به مناطق دگرسانی فلیک و آرژلیک نیز می‌باشند (شکل ۴).

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



برای صحت‌سنجی نتایج از محدوده‌های با مقادیر بالای کانیهای ژاروسیت، کوپاپیت و گوتیت طیف تصویر استخراج و با طیف بازنویسی شده کتابخانه USGS مقایسه و ارزیابی شده‌اند (شکل ۲). طیف بازنویسی شده کتابخانه طیفی USGS با خط ممتد و طیفهای استخراج شده از تصویر با خط چین مشخص شده‌اند. طیف استخراج شده بعنوان کانی ژاروسیت بازتاب و جذب مشابهی با طیف بازنویسی شده کانی ژاروسیت دارد. طیف استخراج شده بعنوان کوپاپیت نیز با طیف بازنویسی شده کانی کوپاپیت مطابقت دارد. طیف استخراج شده بعنوان کانی گوتیت بازتاب و جذب واضحی نشان نمی‌دهد که این می‌تواند بدلیل پایداری گوتیت در محدوده وسیعی از pH و همچنین ماسک شدن علامات طیفی گوتیت در محدوده فرسوخ نزدیک توسط کانیهای مانند فری‌هیدریت و شورتمانیت باشد (کول و همکاران، ۲۰۱۴، زابیس و همکاران، ۲۰۱۴).

۲. نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تصاویر لندست ۸ قادر به شناسایی کانیهای مرتبط با زهاب اسیدی می‌باشد. روش پالایش تطبیقی در شناسایی و تشخیص کانیهای زهاب اسیدی بویژه کانی‌های کوپاپیت و ژاروسیت از گوتیت، در محدوده معادن مناسب است. در آنالیز مؤلفه اصلی تنها کانیهای ژاروسیت و کوپاپیت شناسایی شدند. در مجموع نتایج حاصل از روشهای پالایش تطبیقی و آنالیز مؤلفه اصلی هماهنگ و هر دو کانی کوپاپیت و ژاروسیت را در محدوده داخل معدن سرچشمه و دره زار بارز کرده است. گوتیت که در شرایط اسیدی پایین تری تشکیل می‌شود در محدوده‌های اطراف معدن بارز شده است و ژاروسیت که در شرایط اسیدی بالاتری تشکیل می‌شود تنها در داخل معدن بارز شده است. این امر می‌تواند بیانگر این باشد که زهاب اسیدی تنها در داخل معدن بوده و روی محیط اطراف تاثیر نداشته است. البته اظهار نظر نهایی در این مورد نیازمند بررسی‌های میدانی و بررسی وضعیت آبراهه‌های منطقه می‌باشد.

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنفرانس بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

منابع فارسی :

روحبخش، پ.، معدنچی، ا.، ۱۳۹۲، "بررسی گسترش آلودگی زهاب اسیدی با کمک دورسنجی در معدن کارمزد، استان مازندران"، هشتمین همایش انجمن زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۵-۱.

References:

- Beiranvand Pour, A., Hashim, M., 2012. "The application of ASTER remote sensing data to porphyry copper and epithermal gold deposits", Ore Geology Reviews, 44, pp. 1-9.
- Cull, S., Cravotta III, C. A., Grace Klinges, J., Weeks, C., 2014. "Spectral masking of goethite in abandoned mine drainage systems: Implications for Mars", Earth and Planetary Science Letters 403, pp. 217-224.
- CRO' STA, 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". International Journal of Remote sensing, 21, p. 4233-4240.
- Hosseinjani Zadeh, M., Tangestani, M. T., Roldan, F. V., Yusta, I., 2014. Hosseinjani, M., Tangestani, M.H., Velasco Roldan, F., Yusta, 2014. "Sub-pixel mineral mapping of a porphyry copper belt using EO-1 Hyperion data". Advances in Space Research, V. 53, P. 440-451.
- McCubbin, I., Lang, H., 2000. "Mapping Environmental Contaminants at Ray Mine, AZ", Technical Report, NASA.
- Shang, j., 2005. "Mapping mine tailings using Airborne Geophysical and Hyperspectral Remote Sensing Data", Ph.D dissertation, The University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Swayze, G. A., Smith, K. S., Clark, R. N., Sutley, S. J., Pearson, R. M., Sam Vance, j., Hageman, P. L., Briggs, P. H., Meier, A. L., Singleton, M. J., Roth, S., 2000. "Using Imaging Spectroscopy To Map Acidic Mine Waste", Environmental. Science and Technology, 34, p. 47-54.
- Zabcic, N., 2008. "Derivation of surface pH-values based on mineral abundances over pyrite mining areas with airborne hyperspectral data (Hymap) of Sotiel-Migollas mine complex, Spain", M.S dissertation, Edmonton, university of Alberta.
- Zabcic, N., Ong, C., Müller, A., Rivard, B., 2005. "Mapping surface pH using airborne Hyperspectral imagery at the Sotiel-Migollas Mine, Spain", EARSeL and Warsaw University, Warsaw, p. 409-414.
- Zabcic, N., Rivard, B., Ong, C., Mueller, A., 2014. "Using airborne hyperspectral data to characterize the surface pH and mineralogy of pyrite mine tailings", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 32, pp. 152-162.
- www.landsat.gsfc.nasa.gov
- www.nicico.com
- www.sarcheshmeh.nicico.com

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تکنیک آموزش
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تکنیک آموزش
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تکنیک آموزش
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران