

کارگاه‌های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



استفاده از فناوری سنجش از دور در ارزیابی زیست‌محیطی معدن روی گوجر، استان کرمان



چکیده:

بدنبال توسعه روشهای جدید فرآوری، معادن غیرسولفیدی روی به عنوان یکی از منابع مهم تامین کننده این فلز باارزش در دو دهه گذشته مطرح شده‌اند. علی‌رغم آلودگی کمتر محیط زیست در این معادن نسبت به نوع سولفیدی ولی فعالیت‌های معدن کاری در این منابع معدنی میتواند باعث آلودگی‌های مرتبط با سرب و روی بشود. با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا مثل GeoEye میتوان نشانه‌های مرتبط با کانه‌زایی این کانسارها را یافت و در رابطه با فعالیت معدن کاری و مسائل زیست‌محیطی آن‌ها را مورد پایش و بررسی قرار داد. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق معدن غیرسولفیدی روی گوجر در شمال استان کرمان است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای GeoEye و مطالعات زمینی و نمونه‌برداری از دگرسانیه‌ها، دیو ماده معدنی و همچنین پوشش گیاهی و منابع آب موجود در منطقه توزیع عناصر سرب و روی در این مناطق مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.

کلید واژه‌ها: ذخائر غیرسولفیدی روی، GeoEye، معدن گوجر، آلودگی، سنجش از دور

Using remote sensing in environmental evaluation of Gujer zinc mine, Kerman province

Abstract:

New developments in mineral processing methods have introduced non-sulfide zinc mines as one of the main sources for producing this valuable metal in two recent decades. Despite lower pollution risk in non-sulfide zinc mines compared with sulfide types, mining activities can produce associated Pb and Zn contamination. Using high resolution remote sensing data and satellite imagery such as GeoEye images, it is possible to detect signatures of mineralization and also monitor mining activities and related environmental issues. Gujer mine located in north of Kerman province was chosen as test site. Pb and Zn distribution was studied using GeoEye images and field studies include obtaining samples from alterations, vegetation cover, water sources and mining depots. Results showed combined remote sensing and field data can well applied in monitoring pollution caused by metallic mines such as Pb-Zn types.

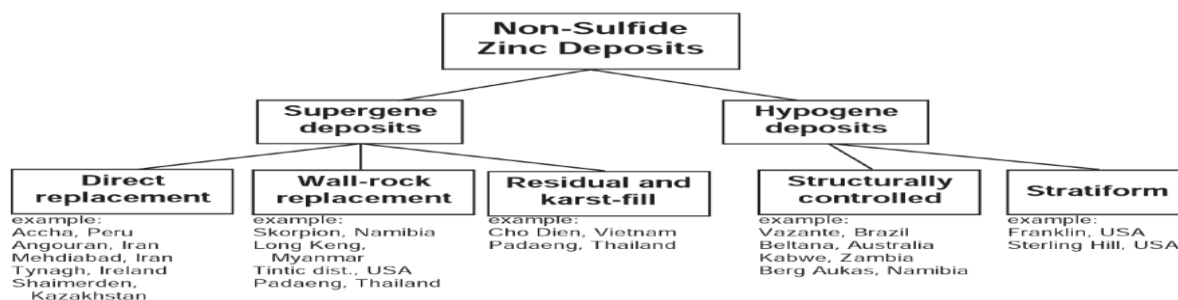
Keywords: Non-sulfide zinc mine, GeoEye, Gujer mine, pollution, remote sensing



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

مقدمه :

در طی قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ فلز روی تقریباً بطور مستقیم از سنگ معدن اسمیتسونیت استخراج می گشت. به دنبال توسعه های صورت گرفته مرتبط با استخراج و فرآوری و فلوتاسیون در اوایل قرن ۲۰، عمده استخراج فلز روی از کانسارهای سولفیدی صورت می گرفت. با پیشرفت های صورت گرفته اخیر در فرآوری مواد معدنی مانند استخراج انحلالی، تغلیظ بوسیله اسید و فناوری الکترووینینگ (که بوسیله جریان الکتریکی اقدام به استخراج فلزات از کانسنگ مینماید)، کانسارهای غیر سولفیدی روی از نظر تجاری در آغاز قرن ۲۱ مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفتند. کانسارهای غیر سولفیدی روی به دو دسته کلی سوپرژن و هیوژن تقسیم بندی میشوند که البته خود دارای زیر شاخه هایی هستند (شکل ۱) (Hitzman et al., 2003).



شکل ۱- برگرفته از (Hitzman et al., 2003)

نهشته های سوپرژن که از طریق اکسید شدن نهشته های گوگردی و غیر گوگردی تولید گشته اند اغلب از نوع غیر سولفیدی هستند و در گستره ای از جهان توزیع شده اند. اغلب نهشته های سوپرژن غیر سولفیدی در سنگ های کربناتی به عنوان سنگ میزبان رخ میدهند که مرهون واکنش پذیری بالای سنگ های کربناتی با محلول های اسیدی-اکسیدی غنی از روی که حاصل شکسته شدن از کانی اسفالریت میباشد به وجود می آیند. اکثریت نهشته های سوپرژن از نوع دره می سی سی پی یا از نوع جانشینی با حرارت بالا هستند. (Hitzman et al., 2003)

از معادن روی غیر سولفیدی در ایران میتوان به معادن روی ایرانکوه، مهدی آباد و کوه سرمه اشاره داشت (Reichert and Borg 2008). معدن روی گوجر یکی از مهمترین معادن روی و سرب غیر سولفیدی در استان کرمان است. محدوده مورد مطالعه در ایالت زمین ساختی ایران مرکزی و در گوشه جنوب خاوری مثلث ایران مرکزی جای می گیرد. هوکریده و همکاران (۱۹۶۰) مدل چین خوردگی ناحیه مورد بحث را از نوع آلیپ فرض می کنند.

معدن گوجر در فاصله ۶۰ کیلومتری شمال شرق شهر راور واقع شده است که در قسمت مرکزی چهارگوش زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ راور و قسمت جنوب شرقی ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بهاباد قرار گرفته است. واحدهای سنگی اصلی این محدوده از نظر زمانی مربوط به دوران اول و دوم زمین شناسی می باشند. این واحدها شامل سری های کربناته (سنگ آهک و دولومیت) می باشند که توسط رسوبات عهد حاضر احاطه شده اند از نظر زیر تقسیمات زمین شناسی ایران مرکزی منطقه گوجر در کمربند رسوبی راور-کوهبنان- بهاباد قرار گرفته است. در این بلوک، بطور عمده سنگهای پالئوزوئیک بالا متشکل از ماسه سنگ و شیل سازندهای جمال و سرخ-

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

شیل (پریمین) و مزوزوئیک (تریاس-ژوراسیک زیرین) متشکل از دولومیت‌های سازند شتری (تریاس) رخنمون دارند و بیش از ۴۰ کانسار و نشانه معدنی سرب و روی شناخته شده که کانسنگ چیره آنها ترکیب اکسیدی دارد در آن حضور دارند. اغلب، عیار روی، بیش از عیار سرب بوده و مجموع عیار بیش از ۱۲ درصد است. بر اساس نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰ تمام توالی کربناتی موجود در منطقه گوجر متعلق به سازند شتری به سن تریاس می‌باشد. ولی بر اساس مطالعات زمین‌شناسی محلی و تفصیلی این سنگها متعلق به دونین-کربونیفر و تریاس زیرین تا میانی می‌باشند.

از دیدگاه زیست محیطی عناصر موجود در این کانسارها اهمیت بسزایی در بحث آلودگی و خطرات زیست محیطی برای کیفیت زندگی انسان دارند. آلاینده‌ها از جمله عوامل مختل کننده محیط زیست بشمار می‌آیند و حتی غلظت های کم فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و اثرات مضر بر موجودات زنده با اهمیت شناخته شده اند (وهاب زاده ۱۳۶۴). فعالیت‌های معدنی به عنوان منبع اولیه فلزات سنگین بوده و تاثیر مهمی بر محیط های اطراف دارد (Silva et al., 2004). هرچند که سرب بطور طبیعی در سنگها با غلظت های متفاوت وجود دارد ولی در حین هوازدهی و فرسایش شیمیایی کانی ها به درون خاک، آب و هوا وارد می شوند (غضبان ۱۳۸۸).

سرب میتواند از طریق دستگاه گوارش وارد بدن شود اما عمده جذب سرب از طریق تنفس صورت میگیرد، سرب میتواند به همراه کلسیم در استخوان تجمع نموده و در بلوغ طبیعی مغز استخوان دخالت کند. همچنین در سنتز هموگلوبین در سلول ها جلوگیری به عمل می‌آورد، بعلاوه با توجه به سن افراد سرب میتواند در بافت های نرم مانند کبد، کلیه ها و لوزالمعده تمرکز حاصل کند. آلودگی با سرب نشانه هایی نظیر کم خونی، ناراحتی گوارشی، التهاب مغز، کاهش توانایی عصبی، خستگی مفرط، دردشکم، سردرد و دردهای عضلانی و عصبی را نمایان می‌سازد (غضبان ۱۳۸۸). برخلاف سرب عنصر روی برای سلامت نیاز است (غضبان ۱۳۸۸) هرچند میتواند باعث کمی رشد انسان شود (شهاب پور ۱۳۹۰).

با پیشرفت روز افزون در فناوری علم سنجش از دور و بکارگیری داده های کسب شده از سنجش از دور میتوان از آن ها در علوم مختلف از جمله علوم زمین و مسائل زیست محیطی بهره گرفت. با استفاده از داده های سنجش از دور میتوان فعالیت های مرتبط با معدنکاری و آلودگی ناشی از آن را شناسایی نمود.



بحث و روش تحقیق:

معادن روی بطور طبیعی باعث بالا رفتن غلظت بعضی عناصر سنگین از جمله آهن، روی و سرب در محیط اطراف می‌شوند. جهت شناسایی پراکندگی این عناصر سنگین روشهای مختلفی وجود دارد. استفاده از تصاویر ماهواره ای با وضوح مکانی بالا مانند GeoEye یکی از جدیدترین روشهای شناسایی نحوه پراکنش این عناصر در محیط سطحی می‌باشد. در این مطالعه علاوه بر استفاده از این داده ماهواره‌ای از نمونه‌برداری زمینی از آب، خاک و سنگ و انجام آنالیز XRD و ICP-OES جهت اعتبارسنجی استفاده شده است. در معادن روی غیرسولفیدی مانند گوجر تشکیل گوسان های سطحی بر روی منابع معدنی یکی از کلیدهای مهم شناسایی این ذخائر است. با توجه به غلظت بالای کانی‌های ثانویه آهن خصوصا هماتیت و گوتیت به همراه کانی‌های ثانویه روی و

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

سرب مثل اسمیت زونیت، همی مورفیت، آنکلیزیت و ویلمیت در این کانسارها و پراکندگی آنها در اثر فعالیت معدن کاری در محیط اطراف شناسایی این کانیها با استفاده از داده های ماهواره ای بخوبی امکان پذیر است. این کانی های ثانویه و گوسان های اکسید آهن نشانه های سطحی بسیار خوبی در بخشهای مختلف طیف الکترومغناطیس خصوصا در بخش VNIR ایجاد می کنند. برای مطالعه و شناسایی این نشانه های سطحی بوسیله داده های سنجنده از دور میتوان از سنجنده های متفاوتی بهره برد، اما بهتر است از سنجنده هایی استفاده شود که توان تفکیک مکانی بالایی داشته باشند و ترجیحاً توان تفکیک طیفی مناسبی هم داشته باشند. با توجه به همراهی کانی های ثانویه آهن (گوتیت و هماتیت) جهت شناسایی پراکندگی این عناصر سنگین همراه با این ذخائر سنجنده مورد نظر بهتر است از باند آبی و باند قرمز بهرمنند باشد زیرا اکسید آهن در باند آبی دارای جذب و در باند قرمز دارای بازتاب بالا می باشد. جهت مطالعه در گستره وسیع تر نیز میتوان از سنجنده هایی چون لندست و استر نیز بهره گرفت. در این تحقیق از تصاویر GeoEye جهت شناسایی نشانه های سطحی کانی زایی روی و پراکندگی آن در منطقه مطالعاتی استفاده شده است.

روش های پردازش استفاده شده برای این تحقیق، ترکیب باندی، نسبت باندی و آنالیز مولفه های اصلی می باشد.

ترکیب رنگی: در روش ترکیب باندی کاذب میتوان ۳ باند مختلف را در فضای RGB ترکیب نمود که در این صورت تصویر حاصل به شکل رنگی است و پدیده های مختلف به رنگ های متفاوتی نمایان می شوند که شناسایی و تفکیک آنها آسانتر می شود. سنجنده GeoEye دارای ۴ باند طیفی در باندهای آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک با توان تفکیک مکانی ۱/۶۵ متر می باشد همچنین یک باند پانکروماتیک با توان تفکیک مکانی ۴۱ سانتیمتر را نیز داراست. با استفاده از تلفیق باند های طیفی و پانکروماتیک میتوان هر دو توان تفکیک طیفی و مکانی را افزایش داد. برای این منظور از روش Gram-Schmidt استفاده شده است که نمایش خیلی خوبی از واحدها و گوسان ها ارائه مینماید.

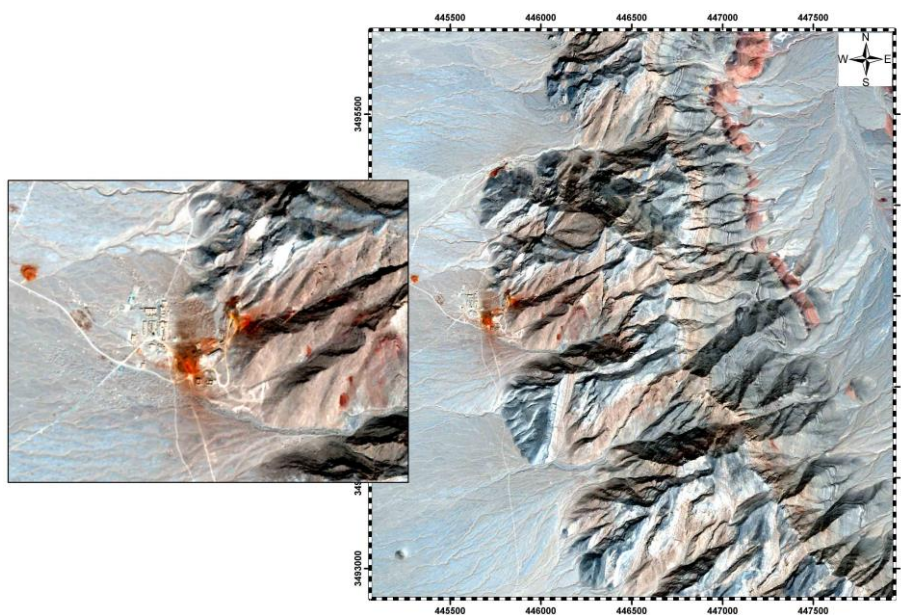
در شکل ۲ با ترکیب باندی $R=1, G=2, B=3$ تصویر سنجنده GeoEye مناطق حاوی اکسید آهن و گوسان ها و کانی های غیرسولفیدی روی و کمتر سرب و محدوده معدن کاری و محل دپوی معدن به رنگ قرمز کاملاً با وضوح بالا مشخص و نمایان است. همانطور که در شکل مشخص است آثار ناشی از معدنکاری در آبرفت های منطقه پراکنده شده که با نمونه برداری سطحی از این آبرفتها تا فاصله حدود یک کیلومتری از محل معدنکاری آثار پراکنش فلزات سنگین به وضوح قابل ردیابی است.

نسبت باندی: نسبت گیری طیفی از تقسیم مقادیر DN در یک باند طیفی بر مقادیر DN مربوط به باند دیگر برای هر پیکسل به وجود می آید مزیت اصلی این تصاویر این است که خصوصیات رنگی یا طیفی پدیده های تصویر را بدون توجه به تغییرات در شرایط نور دهی (بدلیل تغییرات توپوگرافی) منتقل می کنند. تصاویر نسبی اغلب برای آشکار کردن تغییرات طیفی ظریف که به وسیله تغییرات روشنایی در تصاویر مربوط به هر باند طیفی یا ترکیبات رنگی استاندارد زیربط ناپدید شده اند به کار می روند. باندهای طیفی معمولاً طوری انتخاب میشوند که یک باند طیفی در محدوده جذب و باند دیگر در محدوده حداکثر بازتابش هدف خاص قرار گیرد. این نحوه انتخاب باعث آشکار شدن ترکیب شیمیایی مواد زمینی در تصویر حاصل میشود درحالیکه اثر اندازه دانه،

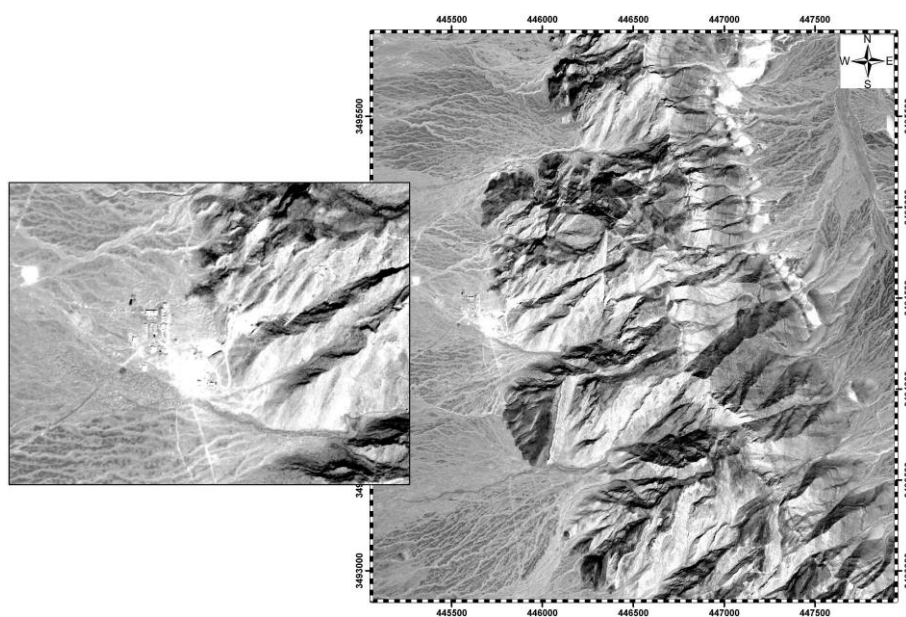
کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شیب توپوگرافی، موقعیت خورشید و جو پوشانده می شود (Lillesand et al., 2004). با استفاده از نسبت باندهی ۳ به ۱ در تصویر GeoEye مناطق حاوی اکسید آهن و محل معدن به خوبی با رنگ سفید مشخص شده است (شکل ۳).



شکل ۲- ترکیب رنگی سه باند اول تصویر GeoEye در RGB که مناطق آلوده به کانی های ثانویه روی، آهن و سرب با رنگ قرمز مشخص شده است.

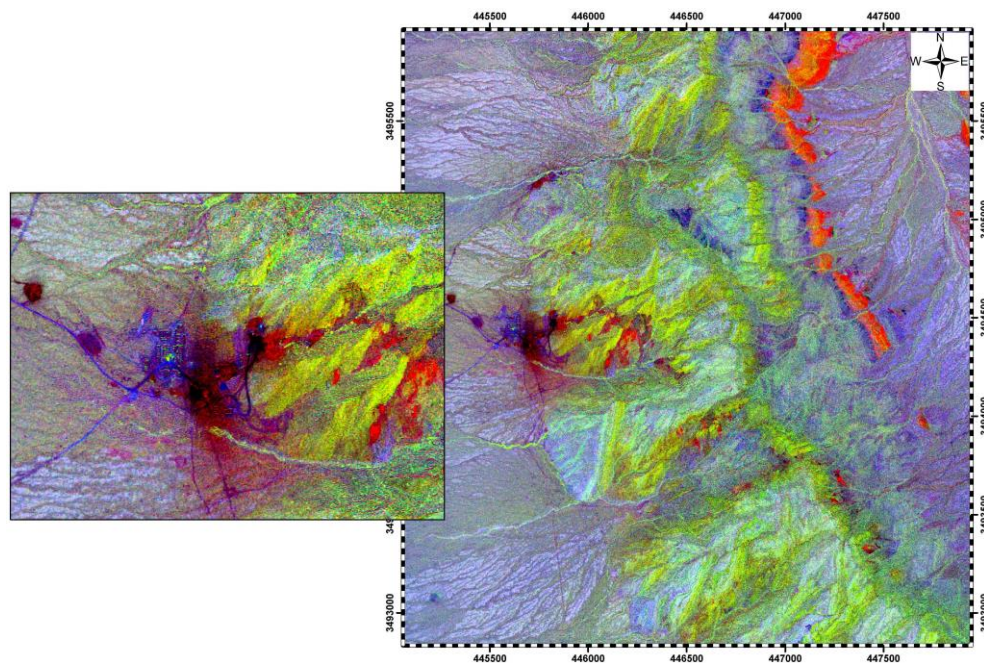


شکل ۳- نسبت باندهی B3/B1 در تصویر GeoEye که مناطق آلوده به کانی های ثانویه روی، آهن و سرب با رنگ سفید مشخص شده است.

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



آنالیز مولفه های اصلی: هر تصویر مولفه اصلی، دارای اطلاعاتی از همه باندهای طیفی است و مانند تصاویر نسبی، به عنوان تصویر جداگانه سیاه و سفید می توانند تحلیل شوند، یا هر سه تصویر مولفه اصلی برای تشکیل یک ترکیب رنگی با یکدیگر ترکیب شوند. در این حالت بیشترین واریانس n باند طیفی در یک تصویر ترکیب رنگی مشاهده می شود. این واریانس بیشتر از واریانس است که در ترکیب رنگی باندهای طیفی معمولی ایجاد می شود و جزئیات بیشتری از اختلافات طیفی پدیده های مختلف زمین شناسی مانند واحدهای سنگی و دگرسانی نمایش می دهد. لذا به زمین شناسان کمک میکند تا مرز مناطقی که در تصاویر ترکیب رنگی حاصل از باندهای خام قابل تشخیص نیست را مشخص کنند. همچنین کاربر می تواند مناطق کوچکی را که از نظر طیفی کاملاً متفاوت از کل صحنه هستند مشخص کند (Bemani & Ansari., 2014). جدول ۱ نتایج آنالیز مولفه های اصلی بر روی چهار باند تصویر GeoEye را نشان می دهد. بر اساس این جدول و با توجه به بارگذاری انجام شده بجز مولفه اول که نشان دهنده سپیدایی تصویر است سایر مولفه ها با نسبت متفاوتی مناطق حاوی کانی های ثانویه آهن و روی را به رنگ تیره نمایش می دهند. شکل ۴ تصویر ترکیبی سه مولفه آخر در RGB را نشان می دهد که در آن مناطق حاوی این کانیها به رنگ قرمز تیره بخوبی در تصویر مشخص شده اند.



شکل ۴- تصویر سه مولفه های اصلی ۲، ۳ و ۴ در RGB که مناطق آلوده به کانی های ثانویه روی، آهن و سرب با رنگ قرمز تیره مشخص شده است.

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



یکی از موارد مثبتی که میتوان از آن در مورد تصاویر با وضوح مکانی بالا استفاده خوبی نمود استخراج شبکه آبراهه‌ای و زهکشی معادن و مشخص کردن مسیر حرکت زهاب اسیدی است. در شکل ۵ نمای سه بعدی محدوده مطالعاتی که با استفاده از زوج استریو تصویر GeoEye تهیه شده و مسیر آبراهه‌ها در آن مشخص است نمایش داده شده است.



شکل ۵- تصویر سه بعدی که با استفاده از زوج استریو تصویر GeoEye در RGB تهیه شده و شبکه آبراهه‌ای در آن بخوبی مشخص است.

به منظور اعتبار سنجی داده‌های ماهواره‌ای و مشخص کردن میزان تاثیر معدنکاری بر محیط زیست منطقه از منابع آب، خاک، سنگ و گیاه نمونه‌برداری انجام شد. مشخصات کانیهای موجود در محل گوسانها و رسوبات ناشی از فرسایش و حمل و نقل دیو ماده معدنی در شبکه آبراهه‌ای منطقه که توسط روش XRD مشخص شده بیشتر شامل گوتیت، هماتیت، همی مورفیت، ویلمیت، آنگلیت، هیدروزینسیت، اسمیت زونیت می‌باشند. در جدول ۲ و ۳ آنالیز ICP-Mass داده‌های آب زیرزمینی و پوشش گیاهی منطقه مشخص شده است. همانطور که در جدول آنالیز آب مشخص است اکثر نمونه‌ها دارای آلودگی به سرب و تعدادی از نمونه‌ها دارای درصد غیرمجاز آهن هستند. در نمونه‌های گیاهی نیز آلودگی به سرب بطور وضوح قابل رویت است.

جدول ۱- نتایج آنالیز مولفه‌های اصلی

Input bands	PC1	PC2	PC3	PC4
band 1	0.32	0.68	0.22	0.62
band 2	0.37	0.49	0.14	-0.78
band 3	0.52	-0.33	-0.85	-0.77
band 4	0.70	-0.54	0.45	0.07

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی پنج نمونه آب منطقه گوجر

Element	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Th	Ti	V	Zn
Unit	ppb	ppm	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb
Water-1	<1	2.16	47.5	0.28	7.9	8.7	34.1	1.4	<0.01	9	71.5
Water-2	<1	0.02	59.6	<0.01	3.9	8.1	27.2	1.3	<0.01	7.7	77.8
Water-3	<1	2.39	61.8	0.08	6.4	8.8	24.5	1.2	<0.01	8.4	86.1
Water-4	<1	0.03	50.4	0.01	9.3	7.5	25.2	1.2	<0.01	7.1	54.3
Water-5	<1	0.35	87.5	0.16	0.9	4.9	19.2	1.1	<0.01	6.2	34.4

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

جدول ۳- نتایج آنالیز شیمیایی پنج نمونه گیاه

Element	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Th	Ti	V	Zn
Unit	ppb	ppm	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb
Veg-1	128.9	4.3	14.8	0.19	0.9	14.7	285.8	1.3	0.02	13.7	362.6
Veg-2	20	3.9	11.6	0.19	1	15.8	250.6	1.3	0.05	14.5	222.9
Veg-3	65.9	2.01	34.2	0.66	5.4	7.2	180.8	1.3	<0.01	10.7	755.7
Veg-4	20.3	1.36	32.9	0.52	0.9	8.9	97.8	1.2	<0.01	10.1	571
Veg-5	100.6	16.54	23.2	0.48	1.1	32.7	667.8	2.5	0.21	42.9	931.4



نتیجه گیری :

بکارگیری داده های سنجش از دور میتواند کارایی بالایی در رابطه با فرایند های معدنی و زیست محیطی مرتبط با آن ها داشته باشند. تصاویر ماهواره ای با وضوح مکانی بالا مانند GeoEye در رابطه با شناسایی معادن روی غیرسولفیدی و بارزسازی کانیهی ثانویه سطحی و پراکنش این کانیهی که حاوی عناصر سنگین و تا حدودی مضر برای محیط زیست هستند موفق آمیز می باشد. در این مطالعه با پردازش تصویر ماهواره ای GeoEye و مشخص کردن محل تجمع کانیهی سنگین و نمونه برداری از سنگ، خاک، آب و گیاه نتایج قابل توجهی به دست آمد که می تواند در برنامه ریزی برای استخراج و فرآوری آینده معدن بسیار مناسب و کاربردی باشد و از آسیب جدی به محیط زیست اطراف تا حدود زیادی پیشگیری نمود.



منابع فارسی :

شهاب پور، ج، ۱۳۹۰ "زمین شناسی اقتصادی"، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
وهاب زاده، ع، ۱۳۶۴، "مبانی محیط زیست"، انتشارات اترک، مشهد
غضبان، ف، ۱۳۸۸، "زمین شناسی زیست محیطی"، انتشارات دانشگاه تهران، تهران



References:

Silva, E. C., et al. 2004. Hazard assessment on arsenic and lead in soils of Castromil gold mining area, Portugal. Appl. Geochem. 19: 887-898.
Hitzman, M. W., Reynolds, N. A., Sangster, D. F., Allen, C. R., & Carman, C. E. (2003). Classification, genesis, and exploration guides for nonsulfide zinc deposits. Economic Geology, 98(4), 685-714.
Reichert, J., & Borg, G. (2008). Numerical simulation and a geochemical model of supergene carbonate-hosted non-sulphide zinc deposits. Ore Geology Reviews, 33(2), 134-151.
Bemani, M. & Ansari, A., 2014. Identify of Iron Deposits in Bafgh - Saghand Area Using Landsat 7 ETM + Image. , (04).
Lillesand et al. 2004. Remote sensing and Image interpretation, fifth edition.