

Detection of mine tailing dam using ASTER in Anguran Pb-Zn mine, SW Zanzan

Nazi Mazhari^{1*}, Marjan Karimi¹, Parvin Bayat¹, Mohammad Saleh Borumand¹

1- Faculty of Science, Department of Earth Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran

Keywords: Anguran Pb-Zn Mining, ASTER sensor, False color combination, Principal component analysis, Band ratios

1-Introduction

Monitoring mine tailings is necessary to understanding and minimizing their impact on the environment. The industry of mining inevitably has an impact on the environment of surrounding areas, especially the heavy metal pollution. Moreover, the investigation of heavy metal pollution conditions around the mining area is the prerequisite for implementing adequate measures of environmental protection and prevention. Currently, the commonly used monitoring technology of heavy metal elements has higher accuracy. However, it is challenging to meet the needs of a wide range of environmental pollution monitoring because of its large amount of human resources and material resources. In this study, the Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) have been applied for detection the mine tailing of the Anguran Pb-Zn mining area using false-color combination (R:1, G:6, B:3), principal component analysis (PCA), and band ratios [R3/2, G5/3, B8/4]. The use of the first three PC and the evaluation of the eigenvector shows that the fifth and ninth components with eigenvectors of 0.72 and 0.65 indicate the spectral behavior of carbonate and clay minerals in bands 8 and 6. Results validated by the USGS library spectra, the Resampled USGS library.

2-Methodology

Cloud-free ASTER level L1T scene covering the Anguran Pb-Zn mining region acquired on August 28, 2007, was used to enhance the tailing dam. Processing was performed using ENVI5.3. First, the VNIR and SWIR data merged for selecting a suitable region of interest (ROI) window. Then, the atmospheric correction of these datasets involved the internal average relative reflectance (IARR) method. Image transformation techniques involved, False Color Combination (FCC), Band Rationing (BD), and principal component analysis (PCA).

The idea behind this technique is to combine the multispectral information with the visible wavelength region to make it visible to the human eye. Every object in nature has unique reflectance values at different wavelengths. The colors that the human eye can see is the combination of the reflectance at red, green, and blue portions in visible wavelength region (Gupta, 1991). In this study, bands 3, 6, and 1 were based on the absorption and reflection properties of minerals and rocks to produce false color combinations (R: 1, G: 6, B: 3) to mine tailings detection of the Anguran Pb-Zn mining area. The mine tailings appear in red.

Band rationing is a multispectral image processing method that includes the division of one spectral band by another one. The division brings about the ratio of spectral reflectance measured in the one spectral band to the spectral reflectance measured in another spectral band. Thus, the band ratio technique, based on highlighting the spectral differences that are unique to the materials being mapped (Gupta, 2017). In this study, to detect ferric iron oxides in goethite and limonite minerals, which amplified with dark pixels, the bands of 2 and 3 were used. Pyrite and sphalerite minerals, a band ratio of 3/5, used the dark pixels about the detected areas of these minerals that have little development, to detect ferrous iron oxides in the Jarosite. The band ratio 4/8 was used to detect the carbonate minerals of calcite and dolomite that calcite and marble units detected with bright pixels

* Corresponding author: nmazhari@shirazu.ac.ir

DOI: 10.22055/AAG.2019.28325.1934

Received 2019-01-23

Accepted 2019-10-18

and the mine tailings, with dark pixels. To detect the mine tailings in this study, the band ratio, which used as the false-color combination (R3 / 2, G5 / 3, B8/4), is shown in the image with blue pixels.

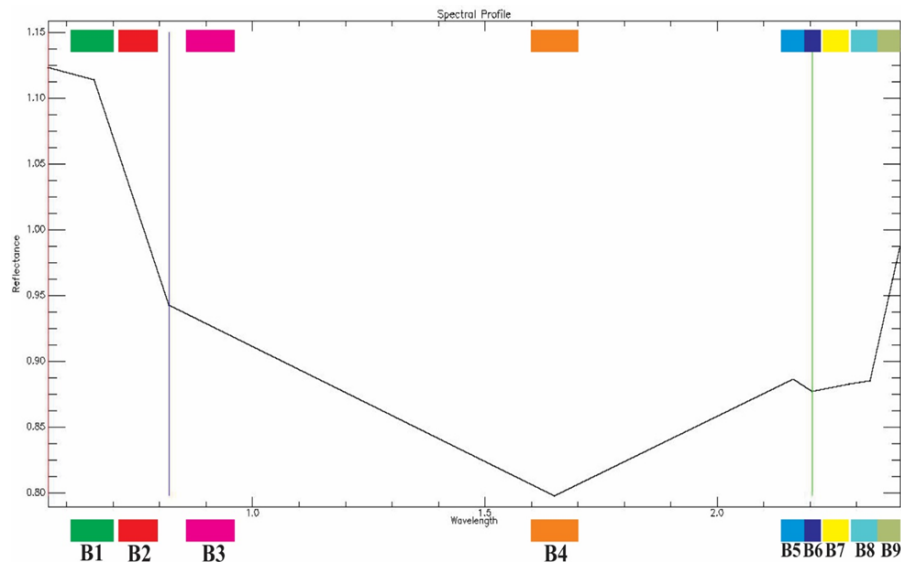


Fig. 1. RGB color composite image of 3/2, 5/3 and 8/4 ratios.

The principal component analysis on VNIR and SWIR ASTER data for the enhancement of mine tailings was applied. The eigenvalues show that PC₁, PC₂, and PC₃ contain the highest values (Table 1). The eigenvalue 0.72 in the fifth component is due to carbonate minerals that have absorption in the band of eight ASTER and the eigenvalue 0.65 in the ninth component of absorption range because of clay minerals such as kaolinite, which show spectral behavior in the band of six ASTER. The components of the false-color compound (R: PC₁, G: PC₃, B: PC₂) that in which the mine tailings highlighted with green in the image, were prepared to obtain more and better information from the principal components.

Table 1. Eigenvector loadings of all bands used in principal component analysis (PCA).

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7	Band8	Band9
PC1	0.36	0.42	0.31	0.32	0.27	0.29	0.33	0.36	0.3
PC2	-0.62	-0.5	0.037	0.37	0.21	0.27	0.19	0.2	0.1
PC3	-0.006	0.01	-0.67	-0.41	0.066	0.15	0.13	0.2	0.52
PC4	-0.34	0.08	0.6	-0.42	-0.25	-0.059	-0.07	-0.01	0.5
PC5	0.13	-0.25	0.04	-0.05	-0.26	-0.51	0.17	0.72	-0.11
PC6	-0.57	0.68	-0.18	0.046	-0.079	-0.16	0.19	0.12	-0.26
PC7	-0.009	-0.05	0.18	-0.6	0.28	0.42	0.1	0.22	-0.51
PC8	0.098	-0.12	0.007	-0.04	-0.048	0.14	0.77	-0.033	-0.071
PC9	0.014	0.06	-0.08	0.15	-0.65	0.56	-0.38	0.27	-0.077

Results and discussion

In this study, the mine tailings detection of the Anguran Pb-Zn mining area using false-color combination (R: 1, G: 6, B: 3), principal component analysis (PCA), and band ratios [R3/2, G5/3, B8/4], which had an acceptable result for the mine tailings enhancement. The spectrum of calcite, quartz, kaolinite, sphalerite, galena, pyrite minerals was present in the spectral range of 0.4-2.5 μm in the USGS spectral library and showed the spectral behavior of these minerals. The spectral range of mine tailings minerals from resampled spectra to 9 bands ASTER. Near-infrared (NIR), mid-infrared (MIR), and shortwave infrared (SWIR) electromagnetic windows in remote sensing are very useful in geological analysis. The mine tailings of minerals have spectral characteristics in the range of 0.82, 2.22, 2.27, 2.26, and 2.33 μm . To detect the mine tailings in this study, the band ratio, used

as a false-color combination (R3 / 2, G5 / 3, B8/4), is shown in the image with blue pixels. As shown in the image spectral curve, bands 4, 3 and 6 ASTER have absorption due to the presence of iron oxides, clay, and carbonate minerals, and 2, 5 and 8 bands of the ASTER are reflection peak. Therefore, the band ratios of 3 / 2 and 5 / 3 seen in the image as dark and band ratio 8/4 were visible bright in the image due to the high absorption of the band 4 and the reflection of the band 8 (Fig. 1).

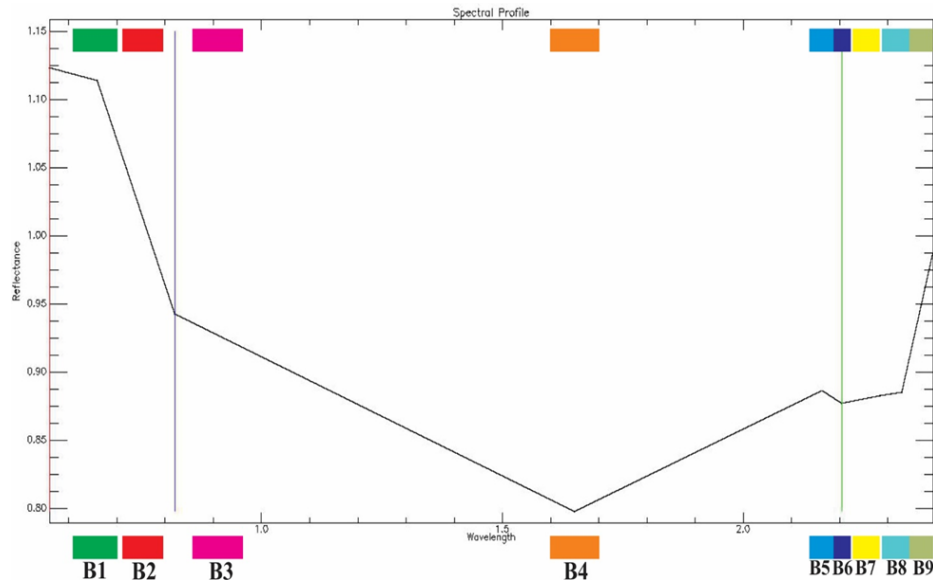


Fig.1. Z-Profile image.

Conclusion

To detect mine tailings of the Anguran Pb-Zn mining area using false-color combination (R: 1, G: 6, B: 3), principal component analysis (PCA), and band ratios were used [R3/2, G5/3, B8/4]. The use of the first three PC and the evaluation of the eigenvector shows that the fifth and ninth components with eigenvectors of 0.72 and 0.65 indicate the spectral behavior of carbonate and clay minerals in bands 8 and 6 image processing validated by the USGS library spectra, the resampled USGS library spectra and Z-Profile images.

References

- Gupta, R.P., 1991. Remote sensing geology, Springer Publication.
 Gupta, R.P., 2017. Remote sensing geology, Springer Publication.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Mazhari, N., Karimi, M., Bayat, P., Borumand, M.S., 2020. Detection of mine tailing dam using ASTER in Anguran Pb-Zn mine, SW Zanzan. Adv. Appl. Geol. 10(1), 110-120.

DOI: 10.22055/AAG.2019.28325.1934

url: https://aag.scu.ac.ir/article_15070.html?lang=en

آشکارسازی سدهای باطله معدنی با استفاده از تصاویر چندطیفی سنجنده استر، مطالعه موردی: معدن

سرب-روی انگوران، جنوب غرب زنجان

نازی مظهري*

دانشکده علوم، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مرجان کریمی

دانشکده علوم، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

پروین بیات

دانشکده علوم، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

محمد صالح برومند

دانشکده علوم، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۲۶

*nmazhari@shirazu.ac.ir

چکیده

یکی از هدف‌های اصلی سنجش از دور زمین شناختی، تلاش برای بهبود روش‌های نقشه‌برداری انواع سنگ‌ها و کانی‌هاست. در دهه‌های اخیر با تکامل فناوری سنجش از دور، این فناوری به مثابه روشی مؤثر برای طبقه‌بندی واحدهای سنگی مطرح شده است. فناوری سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای در کنترل و نظارت بر آلودگی‌های مختلف کمک شایانی در مدیریت منابع داشته‌است. شناسایی آلودگی‌های زیست محیطی ایجاد شده در اثر فعالیت‌های نامحدود معدنی با استفاده از این داده‌ها از لحاظ اقتصادی و زمانی مقرون به صرفه بوده است. بارزسازی هر چه سریعتر این آلودگی‌ها در زمینه حل مشکلات زیست محیطی گام مهمی برداشته خواهد شد. بدون شک استفاده از این فناوری در مطالعات اکتشافی، منابع طبیعی و زیست محیطی نه تنها سرعت انجام مطالعات را بیشتر می‌کند، بلکه از نظر دقت، هزینه و نیروی انسانی نیز بسیار با صرفه‌تر است. هدف از این تحقیق، بارزسازی باطله‌های معدنی سرب-روی انگوران با استفاده از داده‌های استر می‌باشد. بررسی رفتار سنگ‌ها و کانی‌های و استفاده از روش‌های ترکیب رنگی کاذب (R: 1, G: 6, B: 3)، تحلیل مولفه‌های اصلی و نسبت‌گیری بانندی به صورت ترکیب رنگی کاذب (R3/2, G5/3, B8/4) موجب نقشه برداری باطله‌های معدن گردید. استفاده از سه PC اول و بررسی مقدار ویژه بردار نشان می‌دهد که مولفه‌های پنجم و نهم با مقادیر ویژه بردار ۰/۷۲ و ۰/۶۵ دلالت بر رفتار طیفی کانی‌های کربناته و رسی در باندهای ۸ و ۶ دارد. اعتبارسنجی پردازش‌های انجام شده در نهایت از طریق طیف‌های کتابخانه‌ای، طیف‌های بازنویسی شده و طیف تصویر (Z-Profile) صورت گرفت.

کلمات کلیدی: معدن سرب-روی انگوران؛ سنجنده استر؛ ترکیب رنگی کاذب؛ تحلیل مؤلفه اصلی؛ نسبت‌گیری بانندی

مقدمه

داده‌های ماهواره‌ای انجام گرفته است. برای نمونه مطالعه‌ای جهت تحلیل آلودگی فلزات سنگین معدن در خاک در منطقه معدن سرب-روی Lanping چین با استفاده از داده‌های استر و تحلیل‌های طیفی صورت گرفت (Fu Xiu-Li et al., 2017). بارزسازی مناطق کانی سازی سرب-روی در غرب Kunlun چین با استفاده از داده‌های لندست ۸ و استر و با روش‌های نسبت‌گیری بانندی و تحلیل مولفه‌های اصلی انجام شد (Yang et al., 2018). تهیه نقشه باطله معدن براساس ناآمیختگی طیفی دسته داده استر در شمال Tunisia با روش‌های نسبت‌گیری بانندی و تحلیل مولفه‌های اصلی و ترکیب رنگی کاذب صورت پذیرفت (Mezned et al., 2007). کانی شناسی باطله‌های معدن را می‌توان به دو گروه سولفیدی و غیرسولفیدی (کانی‌های اکسیدی و کربناته) تقسیم کرد که طی دو مرحله هیپوژن و سوپرژن تشکیل شده‌اند. کانی‌های بخش سولفیدی که عمدتاً متعلق به فاز هیپوژن هستند شامل مقادیر بالای اسفالریت و به مقدار کمتر گالن، پیریت و آرسنوپیریت است که کلسیت، دولومیت، مسکویت، انیدریت و کوارتز مهم‌ترین کانی‌های گانگ همراه آن محسوب می‌شوند. از مهم‌ترین کانی‌های بخش غیرسولفیدی نیز به کربنات روی و اسمیت زونیت می‌توان

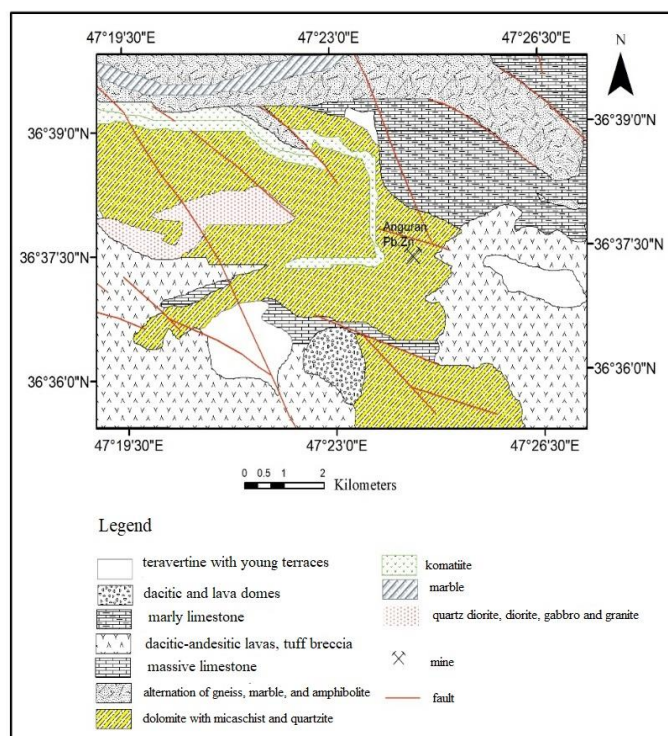
سنجنده استر، یکی از ۵ سنجنده مستقر بر ماهواره ترا است که در دسامبر ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد. این سنجنده اطلاعات طیفی منابع زمینی را در ۱۴ باند طیفی و سه زیر سیستم مرئی فروسرخ نزدیک (VNIR) با سه باند طیفی در محدوده ۰/۵۲ تا ۰/۸۶ میکرومتر و توان تفکیک مکانی ۱۵ متر، زیر سیستم فروسرخ موج کوتاه (SWIR) با ۶ باند طیفی در محدوده‌های ۱/۶ تا ۲/۴۳ میکرومتر و توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و زیر سیستم فروسرخ گرمایی (TIR) با ۵ باند طیفی در محدوده‌های ۸،۱۲۵ تا ۱۱،۶۵ میکرومتر و توان تفکیک مکانی ۹۰ متر (Fujisada and Ono, 1994)، در اختیار کاربر قرار می‌دهد. فلزات سنگین می‌توانند از منابع انسان‌زاد و زمین‌زاد وارد محیط زیست شوند. منابع طبیعی فلزات سنگین را می‌توان سنگ‌های آتشفشانی، رسوبی، دگرگونی و هوازدگی تشکیلات خاک در نظر گرفت و منابع غیرطبیعی این فلزات را می‌توان متأثر از فعالیت‌های انسان همچون معدن‌کاری، کشاورزی و فعالیت‌های صنعتی دانست (Bradl, 2005). مطالعات زیادی در ارتباط با بارزسازی فلزات سنگین و آلودگی آنها به محیط خاک در مناطق کانه‌زایی و معدن‌کاری کانسارهای فلزی با استفاده از دسته

قرار گرفته که طی میوسن زیرین توسط فرآیندهای کشتی در منطقه دچار دگرشکلی شده (Gilg, 1996; Gilg et al., 2003) و باعث تشکیل مجموعه آمفیبولیت، سرپانتینیت، گنیس، میکاشیست و سنگ‌های کلسیک و آهک بلورین (مرمر) شده است (شکل ۱). مهم‌ترین افق کانهدار کانسار انگوران در بالاترین واحدهای آهک سنگ بلورین تشکیل گردیده است (Daliran et al., 2002). محدوده کانهدار با عبور از بخش کربناته به طرف غرب و به سمت سنگ‌های متابازیک آثار چین‌خوردگی ضعیفی دارد که ماده معدنی در این بخش‌ها تقریباً در بخش مرکزی یا هسته طاق‌دیس قرار می‌گیرد (Hamdi, 1995; Daliran and Borg, 2005). در اواخر پروتروزوئیک پایانی و در طی یک فاز دگرگونی احتمالاً در اثر هضم پوسته‌های اقیانوسی کم ضخامت، پوسته‌های قاره‌ای تحکیم نشده به هم رسیده و در یک رژیم تکتونیکی فشارشی-حرارتی تحت رخساره شیست سبز تا آمفیبولیت دگرگون می‌شوند. حاصل این دگرگونی تبدیل توف‌های بازیک و همچنین بازالت‌ها به سنگ‌های دگرگونی مافییک می‌باشند. در محل معدن انگوران توف‌های با ترکیب حد واسط با تفوق قطب رسوبی تبدیل به نوعی میکاشیست (سرست-کلریت و شیست) گردیده است. آهک کمر بالای ماده معدنی که دارای آثار موارد آلی است تحت تأثیر این فاز دگرگونی تبدیل به یک آهک دوباره متبلورگرافیت‌دار می‌گردد. به طور کلی سیستم گسلش در منطقه معدنی انگوران به شکل مثلث است که قاعده آن به سمت شمال و راس آن به سمت جنوب می‌باشد که کانسار سرب-روی انگوران محدود به داخل این محدوده مثلثی شکل است (شکل ۱).

اشاره کرد که دست کم طی دو مرحله از فاز هیپوزن تشکیل شده‌اند. کانی‌های سوپرژن هماتیت، گوتیت، ژاروسیت و کانی‌های رسی مونت موریلونیت، ایلیت و کائولینیت به صورت پارازینک طی مرحله سوپرژن تشکیل شده‌اند. کانسارهای سرب-روی (گالن، اسفالریت، تتراهدریت)، معدن‌کاری و فرآوری سرب-روی آلوده‌کننده‌های تاریخی مهمی به‌شمار می‌آیند. اثرات فیزیولوژیکی که شناخته‌شده‌تر هستند به‌ترتیب با افزایش مقادیر سرب عبارتند از: اختلال بیوسنتز هموگلوبین و کم‌خونی، افزایش فشارخون، آسیب کلیه، سقط جنین و نارسای نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری در بچه‌ها، اختلالات رفتاری در بچه‌ها مانند پرخاشگری و بیش‌فعالی می‌شود. قابل ذکر است که سرب از راه جفت وارد بدن جنین می‌شود. به‌همین علت، سرب باعث آسیب جدی سیستم عصبی و مغز جنین می‌شود. همچنین سرب از طریق جایگزینی آهن باعث کم‌خونی و از طریق جمع شدن در استخوان‌ها باعث کم‌شدن کلسیم در بدن می‌شود. فلز روی نیز می‌تواند باعث کاهش رشد در انسان‌ها شود. از آنجا که سدهای باطله معادن از نقطه‌نظر زیست محیطی در رده مناطق آلوده قرار می‌گیرند، در این پژوهش بارزسازی سد باطله معدن انگوران با استفاده از دسته داده‌های استر انجام شد و ارزیابی نتایج از طریق مقایسات طیفی صورت گرفته است.

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

معدن سرب و روی انگوران واقع در شهرستان ماهنشان و در ۱۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهر زنجان در موقعیت ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی واقع است. سنگ میزبان منطقه معدنی انگوران در یک کمپلکس دگرگونی به سن نئوپروتروزوئیک تا کامبرین (Borg and Daliran, 2004; Daliran and Borg, 2005)



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه معدنی انگوران.

Fig. 1. Geological map of Anguran Mining region.

روش کار

در این مطالعه ابتدا دسته داده‌های VNIR و SWIR از سطح LIT که در تاریخ ۲۸ اوت ۲۰۰۷ به وسیله استر تهیه شده بود براساس توان تفکیک مکانی ۱۵ متر مورد بازنویسی قرار گرفت. در این مطالعه به منظور کنترل نتایج پردازش‌ها بر مبنای گستره‌ی متناظر زمینی پیکسل‌های تصویر، این دسته داده‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تصحیح هندسی شدند. از آنجا که دسته داده‌های LIT به صورت داده‌های تابشی ثبت شده در سنجنده می‌باشند، قبل از اینکه این داده‌ها برای پردازش‌های طیف پایه و تصویر پایه مورد استفاده قرار بگیرند باید به بازتابش سطح تبدیل شوند. روش‌ها و نرم‌افزارهای متعددی برای انجام تصحیح جوی موجود است که استفاده از آن‌ها مستلزم داشتن اطلاعات دقیق از منطقه، وضعیت آب و هوا، زاویه، جهت و زمان تصویربرداری و غیره است. به عنوان مثال می‌توان به روش FLAASH و یا نرم‌افزارهای تصحیح جوی ATCOR یا MODTRAN اشاره کرد.

در پژوهش حاضر برای کالیبره کردن این دسته داده‌ها از کالیبراسیون میانگین بازتابش متوسط نسبی داخلی (IARR) استفاده شد. این کالیبراسیون توسط محاسبه یک طیف میانگین برای صحنه ورودی و به کار گرفتن این طیف به عنوان طیف مرجع به کار می‌رود. بازتاب ظاهری برای هر پیکسل تصویر به وسیله تقسیم طیف مرجع به طیف هر پیکسل به دست می‌آید (Kruse, 1988; Modaberi et al., 2017).

این کالیبراسیون به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک به علت پوشش گیاهی کم و میزان ناچیز بخار آب جوی و همینطور در مناطقی که هیچ اندازه‌گیری خاص زمینی وجود نداشته باشد مؤثر است (Kruse, 1988). کارایی این روش برای مناطق نیمه خشک پیش‌تر توسط تنگستانی و همکاران اثبات شده است (Tangestani et al., 2008).

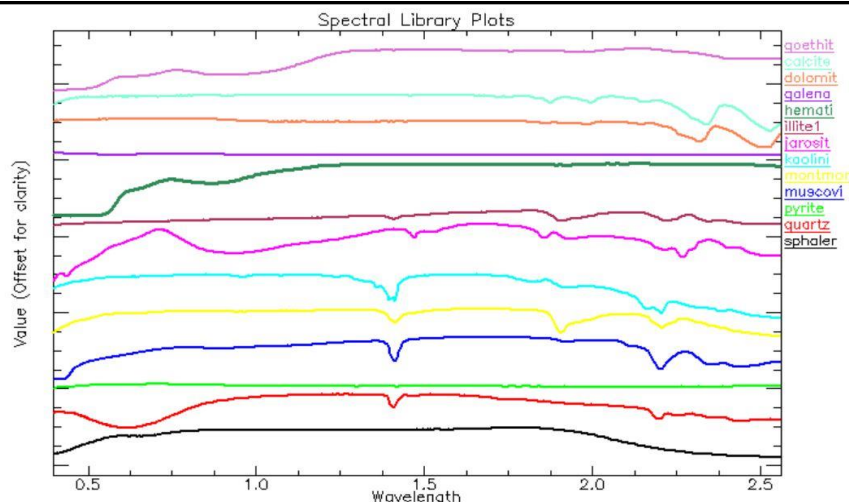
رفتار طیفی کانی‌ها

نوسانات منحنی‌های طیفی از آلودگی‌ها در باند VIS نسبت به NIR کمتر است. کانی‌های کربناته در ناحیه SWIR به دلیل ارتعاش‌های هم‌ساز و ترکیبی سیمای جذبی در ۲/۵۵، ۲/۳۵، ۲/۳، ۲/۱۴، ۲/۱۲، ۱/۹ میکرومتر نشان می‌دهند. باند جذب در ۱/۹ میکرومتر مشابه با باند جذب در مولکول‌های آب و جذب در ۲/۳۵ میکرومتر مشابه برخی از رس‌ها است ولی ترکیبی

از باندهای جذبی ۲/۵، ۲/۳۵، ۱/۹ میکرومتر شاخص کربنات‌ها می‌باشند. جذب شاخص کانی‌های کربناته در باند ۸ سنجنده استر است. کانی‌های آلتراسیون رسی (کائولینیت، مسکویت، مونت‌موریلونیت و ایلیت) به علت وجود عامل Al-OH در طول موج‌های ۲،۲۲ و ۲،۱۷ میکرومتر و به علت وجود عامل Mg-OH در طول موج‌های ۲،۲۶ و ۲،۳۵ میکرومتر رفتارهای طیفی خاصی دارند که جذب شاخص این کانی‌ها در باند ۶ استر و حداکثر بازتاب در باند ۵ استر می‌باشد. جذب اصلی ژاروسیت در ۲،۲۶ میکرومتر مربوط به باند ۷ استر است. کانی‌های اکسید آهن (هماتیت و گوتیت) در محدوده کمتر از ۰،۵ میکرومتر و ۰،۸۷ میکرومتر به دلیل وجود آهن فریک و در محدوده ۱،۴ و ۱،۹ میکرومتر به دلیل آب سیمای جذب دارند. همچنین جذب در محدوده ۲،۴۴ میکرومتر نیز به دلیل وجود عامل Fe-OH می‌باشد. سولفیدها در محدوده فروسرخ گرمایی دارای سیمای جذبی هستند (Gupta, 1991). کوارتز از جمله کانی‌هایی است که فاقد سیمای طیفی در محدوده مرئی، فروسرخ نزدیک و فروسرخ میانی است. بنابراین برای شناسایی آلودگی از محدوده NIR و SWIR بیش‌تر استفاده می‌شود (شکل‌های ۲ و ۳).

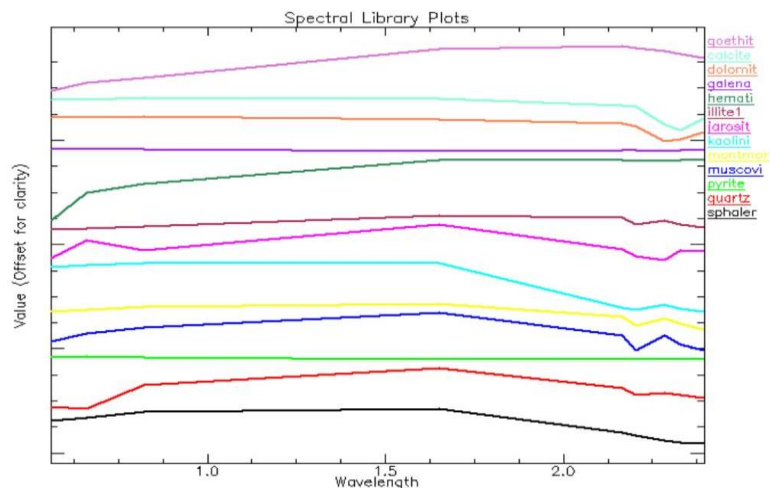
ترکیب رنگی کاذب (FCC)

تصاویری که در مدل رنگ RGB نشان داده می‌شوند سه مولفه تصویر وجود دارد که برای هر رنگ اولیه یک مولفه دارند و وقتی وارد مانیتور رنگی می‌شوند، این سه تصویر، روی صفحه با هم ترکیب می‌شوند و تصویر رنگی متضادی ایجاد می‌کنند. اگر تصاویر رنگی کاذب به‌طور مناسب و صحیح تهیه شده و هیستوگرام باندهای استفاده شده تشابه ظاهری داشته باشند، تصویر حاصله خوش ترکیب بوده و قابلیت تفسیر بالایی خواهد داشت (Gupta, 1991). در این روش با قرار دادن باندهای مناسب تصویر در محدوده‌های قرمز، سبز و آبی، عوارض مورد نظر مفسر به رنگ‌های دلخواه در تصویر حاصل پدید می‌آیند، تا به راحتی و با تفسیر چشمی، عوارض مطلوب از تصویر حاصله استخراج شود. در این تحقیق از باندهای ۳، ۶ و ۱ داده‌های استر بر اساس خصوصیات جذب و بازتاب کانی‌ها و سنگ‌ها، برای ایجاد ترکیب رنگی کاذب (R: 1, G: 6, B: 3) به منظور بارزسازی سدهای باطله معدن انگوران استفاده شد. در این بارزسازی باطله‌های معدن به رنگ قرمز پدیدار شد (شکل ۴).



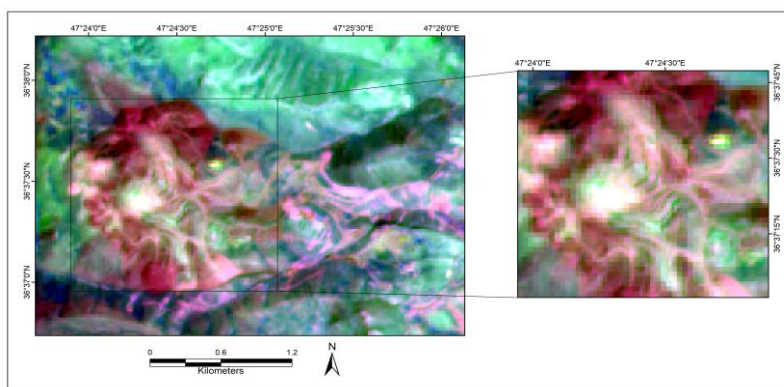
شکل ۲- محدوده طیفی کانی‌های سدهای باطله از کتابخانه USGS.

Fig. 2. The spectral range of tailings minerals from the USGS library.



شکل ۳- محدوده طیفی کانی‌های سدهای باطله از طیف‌های Resampled شده به ۹ باند آستر.

Fig. 3. The spectral range of tailings minerals from the resampled spectra to 9 ASTER bands.



شکل ۴- تصویر ترکیب رنگی کاذب (R: 1, G: 6, B: 3).

Fig. 4. False color combination image (R: 1, G: 6, B: 3).

ترکیب شوند. در این حالت بیشترین باند طیفی در یک تصویر ترکیب رنگی مشاهده می‌شود. این واریانس بیشتر از واریانس است که در ترکیب رنگی n واریانس باندهای طیفی معمولی ایجاد می‌شود و جزئیات بیشتری از اختلاف طیفی پدیده‌های مختلف زمین شناسی مانند واحدهای سنگی و دگرسانی را

تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)

هر تصویر مؤلفه اصلی دارای اطلاعاتی از همه باندهای طیفی است و مانند تصاویر نسبی به عنوان تصویر جداگانه سیاه و سفید می‌تواند تحلیل شود و یا اینکه هر سه تصویر مؤلفه اصلی برای تشکیل یک ترکیب رنگی با یکدیگر

داده‌ها، ضمن حفظ و نگهداری اطلاعات موجود در آنها است. برای محاسبه مؤلفه‌های اصلی، ابتدا ماتریس واریانس، کواریانس و یا ماتریس همبستگی میان باندها را تشکیل و سپس، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه این ماتریس را محاسبه می‌کنند. به دلیل اینکه کواریانس، وابسته به واحد اندازه‌گیری داده‌ها است و اطلاعات باهم، بازتاب یکسانی ندارند، بهتر است از ماتریس همبستگی استفاده شود (Holland, 2008).

اجرای فن تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای مرئی و فروسرخ بازتابی استر و بررسی مقادیر ویژه بردارهای مربوط به ۹ باند نشان می‌دهد که بیشترین بارگذاری مربوط به سه PC اول بوده و بیشترین اطلاعات را در خود جای داده اند (جدول ۱). مقدار ویژه بردار ۰/۷۲ در مؤلفه پنجم به دلیل وجود کانی‌های کربناته می‌باشد که دارای جذب در باند ۸ استر می‌باشد و مقدار ویژه بردار ۰/۶۵ نیز در مؤلفه نهم محدوده جذبی به دلیل وجود کانی‌های رسی مثل کاتولینیت است که رفتار طیفی در باند ۶ استر از خود نشان می‌دهد.

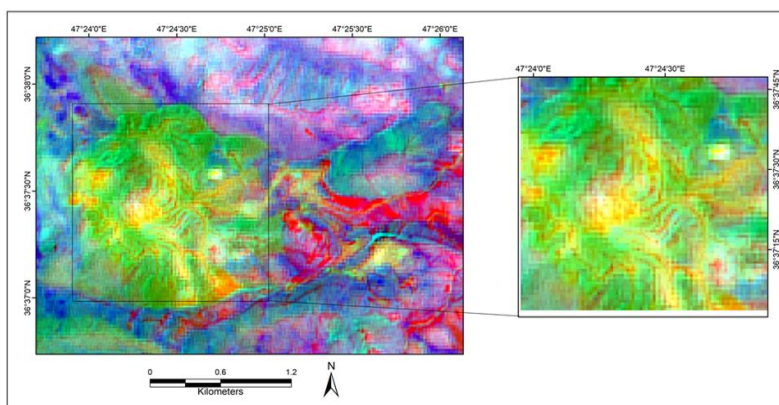
برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر و بهتر از مؤلفه‌های اصلی، از مؤلفه‌ها ترکیب رنگی کاذب (R: PC1, G: PC3, B: PC2) تهیه گردید که سدهای باطله با رنگ سبز در تصویر بارز شدند (شکل ۵).

نمایش می‌دهد (Short and Trembanis, 2004). از مؤلفه‌های اصلی جهت تولید باندهای خروجی ناهمبسته، تفکیک مؤلفه‌های نوفه و کاهش ابعاد داده‌ها استفاده می‌شود. چون باندهای چند طیفی اغلب دارای همبستگی بالایی می‌باشند، از مؤلفه‌های اصلی جهت تولید باندهای خروجی ناهمبسته استفاده می‌شود. این کار با یافتن محورهای عمود بر هم جدیدی که مبدأ آنها بر میانگین داده‌ها منطبق است، انجام می‌شود و داده‌ها به گونه‌ای چرخش می‌یابند که پراش داده‌ها بیشینه مقدار خود را اختیار می‌کند. باندهای حاصل از مؤلفه‌های اصلی، ترکیبی خطی از باندهای طیفی اصلی هستند که ناهمبسته می‌باشند. لازم به ذکر است که می‌توان به تعداد باندهای طیفی ورودی، مؤلفه اصلی خروجی محاسبه نمود. اولین مؤلفه اصلی دارای بیشترین درصد از پراش داده‌ها می‌باشد و مؤلفه دوم به میزان کمتر، بطوریکه این روند بصورت کاهشی تا آخرین مؤلفه اصلی ادامه می‌یابد. آخرین مؤلفه اصلی دارای نوفه زیادی است زیرا این باند دارای پراش بسیار کوچکی می‌باشد که دلیل عمده آن وجود نوفه در داده‌های طیفی اصلی می‌باشد. مؤلفه‌های اصلی تصاویر ترکیب رنگی شدت رنگی بیشتری را نسبت به تصاویر ترکیب رنگی طیفی ایجاد می‌کنند زیرا داده‌ها ناهمبسته می‌باشد (Richards, 1999). هدف اصلی استفاده از PCA، کاهش ابعاد مجموعه

جدول ۱- نتایج حاصل از مؤلفه‌های اصلی (Eigenvectors) تصاویر استر.

Table 1. Results from the principal components (Eigenvectors) of ASTER images.

	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7	Band8	Band9
PC1	0.36	0.42	0.31	0.32	0.27	0.29	0.33	0.36	0.3
PC2	-0.62	-0.5	0.037	0.37	0.21	0.27	0.19	0.2	0.1
PC3	-0.006	0.01	-0.67	-0.41	0.066	0.15	0.13	0.2	0.52
PC4	-0.34	0.08	0.6	-0.42	-0.25	-0.059	-0.07	-0.01	0.5
PC5	0.13	-0.25	0.04	-0.05	-0.26	-0.51	0.17	0.72	-0.11
PC6	-0.57	0.68	-0.18	0.046	-0.079	-0.16	0.19	0.12	-0.26
PC7	-0.009	-0.05	0.18	-0.6	0.28	0.42	0.1	0.22	-0.51
PC8	0.098	-0.12	0.007	-0.04	-0.048	0.14	0.77	-0.033	-0.071
PC9	0.014	0.06	-0.08	0.15	-0.65	0.56	-0.38	0.27	-0.077



شکل ۵- تصویر ترکیب رنگی کاذب PCA (R: PC1, G: PC3, B: PC2)

Fig. 5. False color combination image PCA (R: PC1, G: PC3, B: PC2).

نسبت‌گیری باندی (Band Ratio)

یکی از روش‌های رایج در پردازش تصویر روش نسبت‌گیری باندی می‌باشد. این روش اثرات توپوگرافی و سایه‌ها را از بین برده و نویزها را کاهش می‌دهد. علاوه بر آن اختلاف بین درجات روشنایی را آشکار کرده و مرزها را مشخص‌تر می‌سازد. بنابراین از این روش می‌توان برای جدا کردن مرز واحدهای سنگی استفاده کرد. با شناخت خصوصیات انعکاسی پدیده‌های مختلف و با استفاده از روش فوق می‌توان پدیده‌های مختلف را بارز ساخت (Gupta, 2017). از این روش می‌توان برای تهیه نقشه زمین‌شناسی، جدایش واحدهای سنگی و دگرسانی گرمایی، تعیین شاخص پوشش گیاهی، آشکار کردن تفاوت میان ویژگی‌های بازتاب طیفی از سنگ‌ها و خاک‌ها اطراف آن‌ها بهره برد (Yamaguchi et al., 1998). نسبت‌گیری باندی در واقع یکی از روش‌های پردازش تصاویر چند طیفی است که شامل تقسیم پیکسل‌های یک تصویر یا یک باند طیفی به پیکسل‌های متناظر آن تصویر یا باند دیگر است. روش نسبت‌گیری باندها می‌تواند برای بارزسازی اختلاف طیفی بین باندها استفاده شود و همچنین اثرات سایه و اختلاف روشنایی

زمین را به دلیل شیب زمین کاهش می‌دهد. در این مطالعه از نسبت‌گیری باندی $3/2$ به منظور بارزسازی اکسیدهای آهن فریک در کانی‌های گوتیت و لیمونیت استفاده شد که مناطق بارزسازی شده با پیکسل‌های تیره نمایش داده می‌شوند. برای بارزسازی اکسیدهای آهن فرو در کانی‌های ژاروسیت، پیریت و اسفالریت از نسبت $5/3$ استفاده گردید که پیکسل‌های تیره مربوط به پهنه‌های آشکارسازی شده این کانی‌هاست که گسترش کمی دارد. نسبت $8/4$ به منظور بارزسازی کانی‌های کربناته کلیست و دولومیت استفاده شد که واحدهای آهکی و مرمری با پیکسل‌های روشن و باطله‌ها معدن با پیکسل‌های تیره آشکارسازی شده است.

از آنجا که تصاویر خاکستری دارای محدودیت دید بوده، و اطلاعات کمی را در اختیار کاربر قرار می‌دهند، جهت بارزسازی سدهای باطله معدن انگوران در این مطالعه از نسبت‌گیری باندی که به صورت ترکیب رنگی کاذب ($R3/2$, $G5/3$, $B8/4$) استفاده شده که نقشه‌برداری آنها در تصویر بایکسل‌های آبی نمایش داده شده است (شکل ۶).

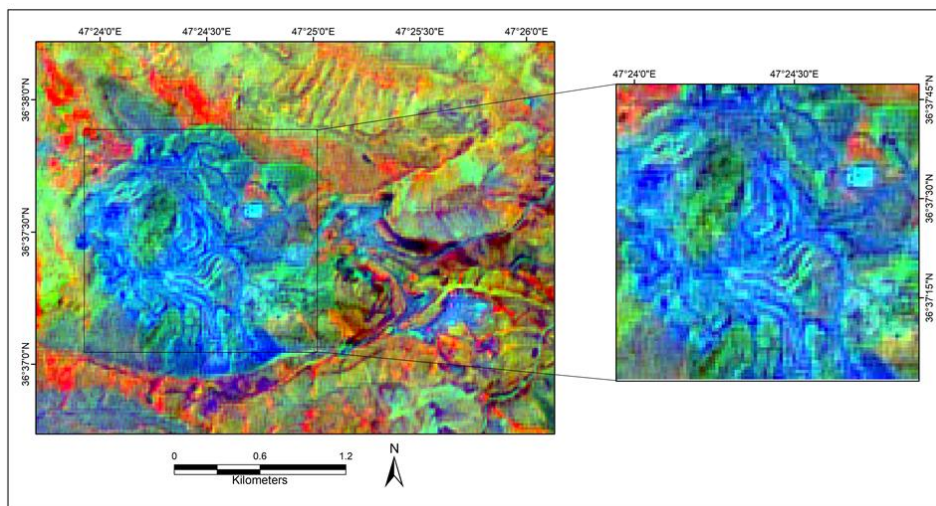

 شکل ۶- تصویر ترکیب رنگی از نسبت‌گیری باندی ($R3/2$, $G5/3$, $B8/4$).

 Fig. 6. Color composition image of Band ratio ($R3/2$, $G5/3$, $B8/4$).

نتایج و بحث

روش‌های پردازش داده‌های ماهواره‌ای که برای جداسازی، آشکارسازی و تهیه نقشه واحدهای سنگ شناختی مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل روش‌های تصویر پایه (تحلیل مولفه‌های اصلی، نسبت‌گیری باندی و ...) و طیف پایه (نقشه‌برداری زوایای طیفی، فیلترگذاری تطبیقی و ...) هستند. در این پژوهش بارزسازی سدهای باطله معدن انگوران با استفاده از روش‌های تصویر پایه ترکیب رنگی کاذب ($R: 1$, $G: 6$, $B: 3$). تحلیل مولفه اصلی (PCA) و نسبت‌گیری باندی که به صورت ترکیب رنگی کاذب ($R3/2$, $G5/3$, $B8/4$) صورت گرفت که نتیجه قابل قبولی برای بارزسازی باطله‌ها داشت.

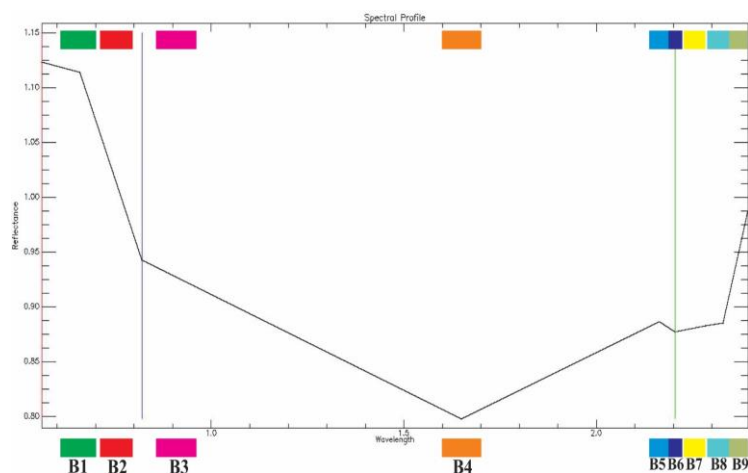
اساس کار در سنجش از دور بر پایه شناخت رفتار طیفی کانی‌ها و سنگ‌ها بنا نهاده شده‌است. طیف کانی‌های کلیست، کوارتز، کائولینیت، اسفالریت، گالن و پیریت در محدوده طیفی 0.4 تا 2.5 میکرومتر در کتابخانه

طیفی USGS موجود بوده و رفتار طیفی کانی‌های مذکور در شکل ۲ نشان می‌دهد. محدوده طیفی کانی‌های سدهای باطله از طیف‌های Resampled شده به ۹ باند استر نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. برآورد فلزات سنگین با استفاده از باندهای VNIR و SWIR و رخداد کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن صورت می‌گیرد. نوسانات منحنی‌های طیفی از آلودگی‌ها در باند VIS نسبت به NIR کمتر است. بنابراین برای شناسایی آلودگی از محدوده NIR و SWIR بیش‌تر استفاده می‌شود. با توجه به آنچه که از رفتار طیفی کانی‌های سدهای باطله دیده می‌شود، انتظار می‌رود که طیف تصویر (Z-Profile) سدهای باطله نیز دارای محدوده‌های جذبی مشابه با طیف‌های کتابخانه و بازنویسی شده باشد. همانطور که گفته شد کانی‌های سدهای باطله دارای سیمای طیفی در محدوده 0.82 ، 2.22 ، 2.17 ، 2.26 و 2.33 میکرومتر هستند. در طیف تصویر (Z-Profile) نیز سیمای جذبی در محدوده 2.2 میکرومتر به دلیل وجود کانی‌های رسی، در 0.82 میکرومتر

بیشترین اطلاعات هستند (جدول ۱) که برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر و بهتر از مولفه‌های اصلی ترکیب رنگی کاذب (R: PC1, G: PC3, B: PC2) تهیه گردید که سدهای باطله با رنگ سبز در تصویر بارز شدند (شکل ۵). همچنین از روش نسبت‌گیری باندی برای بارزسازی اختلاف طیفی بین باندها استفاده شد که در این مطالعه از نسبت‌گیری باندی ۳/۲ به منظور بارزسازی اکسیدهای آهن فریک در کانی‌های گوتیت و لیمونیت، نسبت ۵/۳ برای بارزسازی اکسیدهای آهن فرو در کانی‌های زاروسیت، پیریت و اسفالریت، و نسبت ۸/۴ به منظور بارزسازی کانی‌های کربناته کلیست و دولومیت استفاده شد. همانطور که در منحنی طیف تصویر دیده می‌شود باندهای ۴،۳ و ۶ استر دارای جذب به دلیل وجود اکسیدهای آهن، کانی‌های رسی و کربناته هستند و باند ۵،۲ و ۸ استر به صورت پیک بازتابی دیده می‌شوند که نسبت‌گیری‌های ۳/۲ و ۵/۳ در تصویر به صورت تیره دیده شدند و نسبت ۸/۴ بخاطر جذب زیاد باند ۴ و بازتاب باند ۸ به صورت روشن در تصویر دیده شد (شکل ۷).

به دلیل وجود کانی‌های آهن‌دار و جذب ۲،۳ میکرومتر نیز به دلیل وجود کانی‌های کربناته می‌باشد. رفتار طیفی در محدوده ۱،۶ میکرومتر نیز به این دلیل است که کانی‌های رسی دارای قدرت جذب یون‌های مختلفی هستند و در باطله‌های معادن یون‌های آب را جذب کرده و عامل OH مسئول رفتار طیفی در این محدوده از طیف الکترومغناطیس است (شکل ۷).

تصاویر رنگی کاذب دارای قابلیت تفسیر بالایی هستند بطوری که اطلاعات کلی و دید جامعی نسبت به صحنه مورد مطالعه را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. در این تحقیق با قرار دادن باندهای مناسب بر اساس دانش کلی از رفتار طیفی کانی‌ها و سنگ‌ها در محدوده مرئی، فرورسرخ نزدیک و فرورسرخ میانی، عوارض مورد نظر با استفاده از باندهای ۱، ۶ و ۳ در محدوده‌های قرمز، سبز و آبی، از تصویر استخراج و باطله‌های معدن به رنگ قرمز پدیدار شدند (شکل ۴). اجرای فن تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی باندهای مرئی و فرورسرخ بازتابی استر و بررسی مقادیر ویژه بردارهای مربوط به باندهای مرئی، فرورسرخ نزدیک و فرورسرخ میانی، نشان می‌دهد که PC های اول حاوی



شکل ۷- طیف تصویر (Z-Profile) سدهای باطله معدن انگوران.

Figure 7. Z-Profile Anguran mining tailings.

بارزسازی سدهای باطله معدن سرب-روی انگوران ابتدا طیف سنگ‌ها و کانی‌ها مورد بررسی قرار گرفت سپس با استفاده از روش‌های ترکیب رنگی کاذب (R: 1, G: 6, B: 3)، تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) و نسبت‌گیری باندی که به صورت ترکیب رنگی کاذب (R3/2, G5/3, B8/4) باطله‌های معدن بارزگردید. در راستای این هدف اعتبارسنجی نتایج حاصله از طریق مقایسه طیف‌های کتابخانه USGS، طیف‌های بازنویسی شده (Resampled) و طیف تصویر (Z-Profile) صورت گرفت.

نتیجه‌گیری

تکنولوژی سنجش از دور ابزار بسیار قدرتمندی در تشخیص، پایش و ارزیابی مطالعات محیط زیستی است و تصاویر ماهواره‌ای و فناوری سنجش از دور این امکان را فراهم می‌کند تا به اتکا به اطلاعات تولیدی از آن به برنامه‌های بهتری جهت پایش و حفاظت محیط زیستی دست یافت. وجود داده‌های رقومی ماهواره‌ای و امکان دسترسی آسان و ارزان به این داده‌ها و همچنین در دسترس بودن بسته‌های نرم افزاری پر قدرت برای تجزیه و تحلیل این داده‌ها، باعث جبران حجم وسیعی از عملیات صحرایی زمین‌شناسی شده است. به منظور

منابع

- Borg, G., Daliran, F., 2004. Hypogene and supergene formation of sulphides and non-sulphides at the Angouran high-grade zinc deposit, NW-Iran. In: Abstract volume of Geoscience Africa 2004. University of the Witwatersrand, Johannesburg, pp. 69–70.
- Bradl, H. B., 2005. Heavy elements in environment, Elsevier Ltd, 283 pp.
- Daliran, F., Bor., G., 2005. Characterisation of the nonsulfide zinc ore at Angouran, northwestern Iran, and its genetic aspects, In: Jingwen, M., Bierlein, F.P., (eds) Mineral deposit research: meeting the global change, Springer, Berlin Heidelberg

- New York, pp. 913–916.
- Daliran, F., Hofstra, A., Walther, J., Stüben, D., 2002. Agdarreh and Zarshuran SRHDG deposits, Takab region, NW-Iran. Annual meeting of the Geological Society of America, Denver, pp. 63–681.
- Fu, X. L., Song, T. T., Chen, Y., Wei, Y. M., Wang, Q. J., 2017. Inversion analysis of heavy metal pollution in soil in mining disturbed areas based on remote sensing data: A case study of Lanping Zn-Pb mining area. *Journal of Residuals Science and Technology*, 14(3).
- Fujisada, H., Ono, A., 1994. Observational performance of ASTER instrument on EOS-AM1 spacecraft. *Advances in Space Research* 14(3), 147-150.
- Gasmi, A., Gomez, C., Zouari, H., Masse, A., Ducrot, D., 2016. PCA and SVM as geo-computational methods for geological mapping in the southern of Tunisia, using ASTER remote sensing data set. *Arabian Journal of Geosciences* 9(20), 753.
- Gilg, H.A., 1996. Fluid inclusion and isotope constraints on the genesis of high-temperature carbonate-hosted Pb–Zn–Ag deposits. *Society of Economic Geologists Special Publication* 4, 501–514.
- Gilg, H.A., Allen, C., Balassone, G., Boni, M., Moore, F., 2003. The 3- stage evolution of the Angouran Zn “oxide”-sulfide deposit, Iran, In: Eliopoulos, D., et al (eds) *Mineral exploration and sustainable development*. Millpress, Rotterdam, pp. 77–80.
- Gupta, R.P., 2017. *Remote sensing geology*. Springer Publication.
- Gupta, R.P., 1991. *Remote sensing geology*. Springer Publication.
- Jahromi, H., Kafilzadeh, V., Momeni, H., 2009. The effect of lead acetate on body weight and kidney and tissue structure of all one-day-old children of Balb / C mice. *Journal of Environmental Science and Technology* 4, 269-277.
- Hamdi, B., 1995. Precambrian–Cambrian deposits in Iran. In: Hushmandzadeh, A., (ed) *Treatise of the geology of Iran*, Geological Survey of Iran, Tehran, pp. 1–535.
- Holland, S.M., 2008. *Principal components analysis (PCA)*. Department of Geology, University of Georgia, Athens, GA, 30602-2501.
- Kruse, F.A., 1988. Use of airborne imaging spectrometer data to map minerals associated with hydrothermally altered rocks in the northern grapevine mountains, Nevada, and California. *Remote Sensing of Environment* 24(1), 31-51.
- Mezned, N., Abdeljaoued, S., Boussema, M. R., 2007. ASTER multispectral imagery for spectral unmixing based mine tailing cartography in the north of Tunisia. In *Remote Sensing and Photogrammetry Society Annual Conference*.
- Modabberi, S., Ahmadi, A., Tangestani, M. H., 2017. Sub-pixel mapping of alunite and jarosite using ASTER data; a case study from north of Semnan, north central Iran. *Ore Geology Reviews* 80, 429-436.
- Mohy, H., Basta, F.F., Saber, S.G., El Sobky, A.F. A., 2017. Using Landsat 8 and ASTER Data for lithological Discrimination and Mapping in Wadi Hamad area, North Eastern Desert, Egypt. *Journal of American Science*, 13(7).
- Prost, G.L., 2002. *Remote sensing for geologists: a guide to image interpretation*. CRC Press.
- Richards, J. A., Richards, J. A., 1999. *Remote sensing digital image analysis*, Springer Publication.
- Sadiya, T. B., Ibrahim, O., Asma, T. F., Mamfe, V., Nsofor, C. J., Oyewmi, A. S., Ozigis, M. S., 2010. Mineral Detection and Mapping Using Band Ratioing and Crosta Technique in Bwari Area Council, Abuja Nigeria.
- Sayareh, R., Fonudi, M., Dadsetan, A., 2005. Preliminary report of environmental geological studies in Qorveh and Bijar region, Geological Survey of Iran, pp. 20.
- Short, A.D., Trembanis, A.C., 2004. Decadal scale patterns in beach oscillation and rotation Narrabeen Beach, Australia—time series, PCA and wavelet analysis. *Journal of Coastal Research*, 523-532.
- Yamaguchi, Y., Kahle, A.B., Tsu, H., Kawakami, T., Pinel, M., 1998. Overview of advanced Space borne Thermal Emission and reflection radiometer (aster), *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36, 1062- 1071.
- Yang, M., Ren, G., Han, L., Yi, H., Gao, T., 2018. Detection of Pb–Zn mineralization zones in west Kunlun using Landsat 8 and ASTER remote sensing data. *Journal of Applied Remote Sensing* 12(2), 026018.

