**پردازش تصاویر ماهواره­ایASTER برای آشکارسازی زون­های دگرسانی مس و آهن در محدوده مطالعاتی ورقه 1:100000 سنخواست**

عبیدالله محمدی1\*، منصور ضیایی2، سعید یوسفی3، مهدی ضیایی4

1- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

[Obeid\_mohammadi@yahoo.com](mailto:Obeid_mohammadi@yahoo.com)

2- دانشیار گروه معدن، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

3- استادیار گروه معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

4- کارشناس ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

**چکیده** پردازش تصاویر ماهواره­ای تکنیکی قدرتمند برای شناسایی دگرسانی­ها است. محدوده مورد مطالعه بخشی از ورقه­ی 1:100000 سنخواست است که به صورت ROI از تصاویر ماهواره­ای جدا شده است. آشکارسازی زون­های دگرسانی در محدوده مطالعاتی با بکارگیری تکنیک­های ترکیب رنگی کاذب (FCC)، نسبت باندی (B.R)، آنالیز مؤلفه­های اصلی (PCA) و کروستا بر روی محدوده­های طیفی VNIRو SWIR سنجنده ASTER مورد بررسی قرار گرفته است. تفسیر مربوط به تصاویر حاصل از پردازش با توجه به نقشه زمین­شناسی و بازدیدهای صحرایی، نتایج مطلوبی را نشان داده است.

**کلیدواژه­ها**: زون­های دگرسانی؛ ترکیب رنگی کاذب؛ نسبت باندی؛ آنالیز مؤلفه­های اصلی؛ کروستا؛ سنجنده ASTER؛ سنخواست

**Processing of ASTER Satellite imagery to Detection of Alteration Zones of Iron and Copper in the study area 1:100000 Sankhast**

Obeidollah,Mohammadi ; Mansour,Ziaii; Saeed Yousefi; Mehdi Ziaei

**Abstract**  Processing of satellite images is a powerful technique for identification of alterations. Sankhast 1:100000 sheet area of study in part of an ROI is separated from the satellite imeges. Detection of alteration zones in the study area using the techniques of Fasle Color Composite(FCC), Band Ratio(B.R), Principal Component Analysis (PCA) and Crosta on spectral ranges of VNIR and SWIR of ASTER sensor examined was. Interpretation of the images processed according to geological mapping and field has shown favorable results.

**Keywords***:* Alteration Zones; Fasle Color Composite; Band Ratio; Principal Component Analysis; Crosta; ASTER Sensor

**1-مقدمه**

سنجش از دور علم کسب اطلاعات، پردازش و تفسیر تصاویر و داده­های به­دست آمده از فضاپیماها و ماهواره­هاست که بر هم کنش بین ماده و انرژی الکترومغناطیس را ثبت می­کند(Sabins,1999). از خصوصیات بارز تصاویر ماهواره­ای دید بسیار وسیع است که به کاربر اجازه می­دهد تا ارتباط بین عوارض را تعیین کند. استفاده از داده­های سنجش از دور برای شناسایی مناطق دگرسانی و نقشه برداری از این مناطق با روش­های مختلف مورد توجه افراد بسیاری بوده است(Tangestani et al., 2008; Rown et al, 2006، رنجبر و شهریاری، 1385). سنجنده ASTER دارای 14 باند است که دامنه­ی طول موجی 0.52 تا 11.65 میکرون را در محدوده­های طیفی مرئی و مادون قرمز نزدیک (VNIR)، مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR) و مادون قرمز حرارتی (TIR) پوشش می­دهد. این سنجنده به دلیل قدرت تفکیک بالا، امکان بررسی و تجزیه و تحلیل رفتار طیفی کانی­های شاخص زون­های دگرسانی را فراهم کرده است. هدف از این تحقیق، آشکارسازی زون­های دگرسانی مس و آهن در محدوده­ی طیفی VNIR و SWIR سنجنده ASTER با استفاده از روش­های مختلف پردازش تصاویر نظیر ترکیب رنگی کاذب (FCC)، نسبت باندی (B.R)، آنالیز مؤلفه­های اصلی(PCA) و روش کروستا می­باشد.

**2- موقعیت جغرافیایی و زمین­شناسی منطقه**

منطقه­ی مورد مطالعه در شمال شرق ایران، در استان خراسان شمالی و در ورقه 1:100000 سنخواست واقع شده است و از نظر مختصات جغرافیایی بین 56 درجه و 50 دقیقه تا 57 درجه طول شرقی و 37 درجه و 9 دقیقه تا 37 درجه و 14 دقیقه عرض شمالی می­باشد. این منطقه بخشی از زون بینالود محسوب می­شود. آهک­های سازند میلا، شیل و سیلت­استون خاکستری مایل به سبز به سن کامبرین،همچنین شیل­های زیتونی رنگ، سیلت­استون و ماسه­سنگ سازند قلی همراه بازالت و آندزیت بازالت­ها مشاهده می­شود و درنهایت کوارتز آرنایت، شیل و ژیپس سازند پادها رخنمون دارند. گسل­های منطقه تراستی و نرمال می­باشد که روند اغلب آنها شمال غرب- جنوب شرق می­باشد.

**3- پیش­پردازش تصاویر ماهواره­ای**

به منظور استفاده از داده­های ماهواره­ای استر لازم است که قبل از استفاده، عملیات پیش­پردازش صورت گیرد تا خطاهای سیستماتیک حذف شوند. این عملیات که شامل تصحیحات هندسی و رادیومتری (IARR) است، بر روی داده­های منطقه مورد مطالعه لحاظ شده­اند.

**4- پردازش تصاویر ماهواره­ای**

در اصل، پردازش داده­های ماهواره­ای به مفهوم به­کارگیری دقیق روش­های آماری، گرافیکی و الگوریتم­های ریاضی در روند تفسیر رقومی به کمک نرم­افزارهای کامپیوتری تعبیر می­گردد(پنجمی و همکاران، 1392). برای شناسایی دگرسانی­ها و تفکیک آن­ها از روش­های ترکیب رنگی کاذب، نسبت باندی، آنالیز مؤلفه­های اصلی و کروستا استفاده شد.

**1-4- ترکیب رنگی کاذب(FCC)**

یکی از روش­های مؤثر در تفکیک و جداسازی واحد­های مختلف زمین­شناسی، ترکیب رنگی کاذب است. در این روش با قرار دادن باندهای مناسب تصویر در جعبه­های قرمز، سبز و آبی، عوارض مورد نظر مفسر به رنگ­های دلخواه در تصویر حاصل پدید می­آیند، تا به راحتی و یا تفسیر چشمی، عوارض مطلوب از تصویر حاصله استخراج شود (آلیانی و همکاران، 1391).

ترکیب رنگی کاذب باندهای 468 RGB- به­دلیل جذب کانی­های شاخص زون فیلیک- آرژلیک(کائولینیت، ایلیت و مونت­موریونیت) در باند 6 قلمرو مادون قرمز کوتاه (SWIR) و جذب کانی­های شاخص دگرسانی پروپلیتیک (کلریت و اپیدوت) در باند 8 قلمرو مادون قرمز کوتاه (SWIR) برای آشکارسازی دگرسانی­ها مناسب می­باشد (Tommaso and Rubinestein, 2007). با استفاده از ترکیب رنگی کاذب RGB-468 دگرسانی آرژیلیک و فیلیک به رنگ صورتی تا قرمز و دگرسانی پروپلیتیک به رنگ سبز نمایان می­شود (شکل1). همچنین از ترکیب رنگی کاذب RGB-461 مناطق دارای اکسید آهن به رنگ سبز، پروپلیتیک به رنگ آبی و آرژیلیک به رنگ صورتی و زرد مایل به صورتی قابل مشاهده هستند (شکل 2).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\tarkib rangi\468.jpg  شکل1- تصویر رنگی کاذب468 RGB- | C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\tarkib rangi\461.jpg  شکل2- تصویر رنگی کاذب RGB- 461 |

**2-4- نسبت باندی(B.R)**

این روش شامل تقسیم­ کردن دو باند بر همدیگر است که در تشخیص مناطق دگرسان­شده نقش بسزایی دارد. باندی که میزان بازتابش از هدف موردنظر در آن بیش­تر باشد در صورت کسر و باندی که میزان جذب برای همان هدف در آن بالاتر باشد در مخرج کسرقرار می­گیرد. با به­کارگیری این روش می­توان اثر توپوگرافی و سایه در تصویر را به حداقل رساند و اختلاف بین درجات روشنایی تصویر را بارزسازی نمود(Rouskav et al., 2005).

با توجه به این که کانی­های شاخص دگرسانی پروپلیتیک دارای تابش در باندهای 7 و 9 و در باند 8 به دلیل وجود پیوندMg-OH دارای جذب هستند، جهت بارزسازی دگرسانی­ پروپلیتیک منطقه از نسبت­های باندی استفاده شد. تصویر حاصل از این نسبت، مناطق دارای دگرسانی پروپلیتیک را با پیکسل­های روشن آشکار کرده است (شکل3).

جهت شناسایی مناطق دارای اکسید آهن به دلیل جذب در ناحیه باند 1 و تابش در ناحیه باند2 از نسبت باندی استفاده گردید (Prost, 2001) که مناطق دارای اکسید آهن در شکل 4 با پیکسل­های روشن نمایان شده است.

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\band.ratio\789.jpg  شکل3- تصویر حاصل از نسبت باندی | C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\band.ratio\21 .jpg  شکل4- تصویر حاصل از نسبت باندی |

با توجه به نمودار طیفی انعکاسی کانی­های شاخص دگرسانی فیلیک- آرژیلیک (شکل 5)، به دلیل انعکاس این کانی­ها در محدوده

باند4 و جذب در محدوده باند 6 ، از نسبت باندی جهت آشکارسازی این دگرسانی­ها استفاده شد. بنابراین در تصویر حاصل از این نسبت، مناطق دارای دگرسانی آرژیلیک و فیلیک با پیکسل­های روشن نمایان شده­اند (شکل6).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\obeid\Pictures\Screenshots\Screenshot (17).png  شکل5- نمودار طیفی انعکاسی برخی کانی­ها | C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\band.ratio\46.jpg  شکل6- تصویر حاصل از نسبت باندی |

**3-4-آنالیز مؤلفه­های اصلی(PCA)**

یکی از روش­هایی که در افزایش وضوح تصاویر و نیز تعدیل سایه­ها کاربرد زیادی دارد، استفاده از آنالیز مؤلفه­های تصویر می‌باشد (خالوکاکائی و همکاران، 1383). مهم­ترین فایده PCA، جمع­آوری و متراکم ساختن اطلاعات پدیده­های موجود در باندهای مختلف در تعدادی باند یا مؤلفه کمتر است. این توانایی کاهش ابعاد، یعنی کم کردن داده­ها و باندهایی که برای تولید نتایج قابل استفاده تجزیه می­شوند، از نظر صرف وقت و هزینه حائز اهمیت است، بویژه اگر قابلیت استخراج اطلاعات از مؤلفه­های جدید، بالاتر از قابلیت استخراج اطلاعات از داده­های اولیه و خام باشد (علوی­پناه، 1382).

به منظور به دست آوردن مؤلفه­های مناسب جهت آشکارسازی دگرسانی­های منطقه، از بردارهای ویژه ماتریس همبستگی که در جدول1 آمده است استفاده شد. بهترین مؤلفه اصلی برای آشکارسازی دگرسانی حاوی کانی­های هیدروکسیل(دگرسانی آرژیلیک و سریسیت) با توجه به خصوصیات طیفی انعکاسی این کانی­ها، مؤلفه­ای است که در باند 4 و 9 دارای بردار ویژه بالا با علامت­های مخالف باشد. با توجه به مقادیر ویژه جدول 1 مناسب­ترین مؤلفه برای بارزسازی این دگرسانی PC4 می­باشد. تصویر حاصل از این مؤلفه، هیدروکسیل­ها را با پیکسل­های روشن نشان می­دهد (شکل7).

جدول1- ماتریس مقادیر ویژه برای تحلیل مؤلفه­های اصلی

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Eigenvector | Band 1 | Band 2 | Band 3 | Band 4 | Band 5 | Band 6 | Band 7 | Band 8 | Band 9 |
| PC1 | 0.256558 | 0.348753 | 0.36406 | 0.427021 | 0.309946 | 0.341368 | 0.328466 | 0.298288 | 0.296983 |
| PC2 | 0.602531 | 0.612656 | 0.065907 | -0.38488 | -0.11578 | -0.15597 | -0.20153 | -0.14519 | -0.09852 |
| PC3 | 0.180422 | 0.05996 | -0.87364 | -0.11154 | 0.248995 | 0.21173 | 0.135394 | 0.150751 | 0.200677 |
| PC4 | 0.333285 | -0.05984 | -0.22127 | 0.734424 | 0.01998 | -0.11101 | -0.16303 | -0.31925 | -0.39469 |
| PC5 | 0.202679 | -0.34913 | 0.188789 | -0.20944 | 0.505573 | 0.398643 | -0.33834 | -0.4542 | 0.149137 |
| PC6 | -0.60081 | 0.601107 | -0.1089 | 0.117375 | 0.073886 | 0.280454 | -0.23352 | -0.33577 | -0.0261 |
| PC7 | 0.035349 | -0.0117 | -0.05367 | 0.226388 | -0.24561 | -0.31967 | -0.25191 | -0.19758 | 0.824304 |
| PC8 | 0.106803 | -0.08859 | -0.01701 | 0.078858 | -0.47925 | 0.544968 | -0.53188 | 0.404999 | -0.02553 |
| PC9 | -0.11314 | 0.068146 | 0.015218 | 0.0509 | 0.526372 | -0.4065 | -0.53966 | 0.49316 | -0.05469 |

همچنین با توجه به مقادیر ویژه جدول فوق، بهترین مؤلفه برای آشکارسازی اکسیدهای آهن(به دلیل جذب در ناحیه باند 1 و تابش در ناحیه باند2)، PC6 است که در شکل 8 با پیکسل­های روشن نمایان شده­اند.

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\pc4 hidroxil.jpg  شکل7- تصویر حاصل از PC4 | C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\pc6 oxide iron.jpg  شکل8-تصویر حاصل از PC6 |

**4-4- روش کروستا**

این روش یک روش سریع، نیرومند، قابل اطمینان، بدون نیاز به تصحیحات اتمسفریک و دانش تفضیلی در مورد خصوصیات طیفی اهداف خاص است؛ که می­تواند برای نگاشت کانی­های آلتراسیون در تصاویر سنجنده­ها به کار برده شود. در این روش باندهایی که حاوی اطلاعات مورد نظر می­باشند، انتخاب گردیده، سپس آنالیز مؤلفه اصلی بر روی آن صورت می­پذیرد. بر اساس مقادیر و علامت بردارهای ویژه می­توان دریافت که کدام مؤلفه اصلی حاوی اطلاعات مرتبط با اثرات طیفی اهداف خاص است. تصاویر مؤلفه­های اصلی مناسب می­توانند اهداف موردنظر را به صورت پیکسل­های روشن یا تیره مشخص کنند (Amera, 2007; Ranjbar et al., 2004). در این منطقه برای شناسایی دگرسانی آرژیلیک از باندهای 1، 4، 6 ، 8 و برای دگرسانی پروپلیتیک از باندهای 1، 3، 8 ،9 به عنوان ورودی روش آنالیز مرلفه­های اصلی استفاده شد (پنجمی و همکاران،1392). پس از بررسی پروفیل طیفی هر گروه از دگرسانی­ها، فرآیند آنالیز مؤلفه اصلی بر روی هر گروه به طور جداگانه انجام گرفت. از آن­جا کانی­های رسی در باند 4 انعکاس بالا و در باند 6 انعکاس پایینی برخواردارند پس طبق ماتریس مقادیر ویژه جدول2، بهترین مؤلفه برای بارزسازی مناطق دارای دگرسانی­ آرژیلیک PC3 می­باشد. با توجه به اینکه علامت بردار ویژه در باند 4 مثبت و در باند 6 منفی است پس در تصویر حاصل از مؤلفه PC3 پیکسل­های روشن بیانگر مناطق دگرسانی آرژیلیک هستند (شکل9).

همچنین کانی­های شاخص آلتراسیون پروپلیتیک (کلریت و اپیدوت) در باند 9 انعکاس بالا و در باند 8 انعکاس پایینی دارند پس طبق جدول4 ماتریس مقادیر ویژه، بهترین مؤلفه برای آشکارسازی این دگرسانی PC4 می­باشد. دگرسانی پروپلیتیک با پیکسل‌های روشن در شکل10 نمایان شده­اند.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| جدول4- ماتریس مقادیر ویژه برای زون آرژیلیک   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Band 8 | Band 6 | Band 4 | Band 1 | Eigenvector | | -0.44283 | -0.50763 | -0.63828 | -0.37257 | PC1 | | 0.086813 | 0.070096 | 0.411911 | -0.90437 | PC2 | | -0.55673 | -0.47852 | 0.647525 | 0.204395 | PC3 | | 0.697432 | -0.71303 | 0.060346 | 0.039168 | PC4 | | | | C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\crosta\1468ar.jpg  شکل-9 آشکارسازی زون آرژیلیک به روش کروستا | |
| جدول4- ماتریس مقادیر ویژه برای زون پروپلیتیک   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Band 9 | Band 8 | Band 3 | Band 1 | Eigenvector | | 0.475325 | 0.477113 | 0.606837 | 0.422112 | PC1 | | 0.189868 | 0.121063 | -0.70886 | 0.668435 | PC2 | | -0.47819 | -0.51978 | 0.358677 | 0.610339 | PC3 | | 0.713687 | -0.69824 | 0.024748 | -0.05002 | PC4 | | C:\Users\obeid\Desktop\salukkk\crosta\1389.jpg  شکل10- آشکارسازی زون پروپلیتیک به روش کروستا | |

5-  **نتیجه­گیری**

پردازش تصاویر ماهواره­ای روی محدوده های طیفی VNIR و SWIR سنجنده استر، با استفاده از روش­های ترکیب رنگی کاذب(FCC)، نسبت­گیری باندی(B.R)، آنالیز مؤلفه­های اصلی(PCA) و روش کروستا منجر به بارزسازی دگرسانی­های پروپلیتیک، آرژیلیک ، فیلیک و اکسیدهای آهن در محدوده مطالعاتی شد. تفسیر مربوط به تصاویر حاصل از پردازش با توجه به نقشه زمین­شناسی و بازدیدهای صحرایی، نتایج مطلوبی را نشان داده است. پردازش تصاویر ماهواره­ای با روش­های فوق در منطقه نشان داد که: 1- استفاده از ترکیب­های رنگی کاذب RGB-468 و RGB-461 دگرسانی­ها را به خوبی آشکار می­کند.

2- نسبت­های باندی به ترتیب برای آشکارسازی دگرسانی­های پروپلیتیک، آرژیلیک و اکسید آهن می­تواند مورد استفاده قرار گیرد. تنها ضعف نسبت باندی آشکارسازی زون­های دگرسانی به همراه پوشش گیاهی است.

3- در روش آنالیز مؤلفه­های اصلی، بهترین مؤلفه برای آشکارسازی هیدروکسیل­ها PC4 و برای اکسید آهن PC6 می­باشد.

4- در روش کروستا مؤلفه حاصل از باندهای 3،1، 8 و 9 دگرسانی پروپلیتیک را آشکار می­کند؛ مؤلفه حاصل از باندهای 6، 4 ،1 ، 8 دگرسانی آرژیلیک را همراه با پوشش گیاهی بارز می­کند و این از ضعف­های این روش است.

**منابع فارسی**

آلیانی، ف. دادفر، ث، معانی­جو، م.، (1393)، "آشکارسازی زون­های دگرسانی کانسار آهن حاجی­آباد، با استفاده از داده­های (VNIR+SWIR) سنجنده ASTER". زمین­شناسی مهندسی و محیط زیست، سال بیست و چهارم، شماره 94، ص 73-80. پنجمی، م. طباطبایی، س.ح. اسدی هارونی، ه.، (1392)،" شناسایی و تفکیک زون­های آلتراسیون هیدروترمال ورقه 1:100000 جلفا با استفاده از داده­های ASTER ". هفدهمین همایش انجمن زمین­شناسی ایران، ص 80-89 .

خالوکاکایی، ر. صفایی، ه. حاج حیدری، ع.، (1383)، " شناسایی منطقه دگرسانی جنوب کاشان(ناحیه ابیانه) در ارتباط با کانی سازی طلا با استفاده از داده­های رقومی ماهواره­ای". هشتمین همایش انجمن زمین­شناسی ایران، ص 32-38.

رنجبر، ح. شهریاری، ه.، (1385)." مقایسه داده­های سنجنده ETM و سنجندهASTER جهت نقشه­برداری مناطق دگرسان­شده در بخش مرکزی کمربند دهج- ساردوییه استان کرمان". مجله بلورشناسی و کانی­شناسی ایران، ص 362-367 . علوی­پناه، س.ک.، (1382)، " کاربرد سنجش از دور در علوم زمین"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

**References**

Amera, S.A., 2007- Spectral remote sensing of hydrothermal alteration associated with volcanogenic massive sulphide deposits, Gorob Hope area, Namibia”, International institute for geo information science and earth observation, Delft, The Netherlands.

Prost, G. L., 2001- Remote sensing for geologist, A guide to image interpretation, Second edition, Gordon and Breach, Switzerland.

Ranjbar, H., Honarmand, M. & Moezifar, Z., 2004- Application of the Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM+ data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt, Journal of Asian Earth Sciences, 24: 237–243.

Rouskov, K., Popov, K., Stoykov, S., & Yamaguchi, Y., 2005- Some application of the remote sensing in geology by using of aster image. In Scientific Conference .SPACE, ECOLOGY, SAFETY.. P375-447. Rowan,L.C., Schmidt, R.G., & Mars, J.C., 2006- Distribution of hydrothermally altered rocks in the Reko Diq, Pakistan mineralized area based on spectral analysis of ASTER data, Journal of Remote Sensing of Environment, volume 104, pp.74-87.

Sabins, F. F., 1999- Remote sensing for mineral exploration”, Ore Geology Reviews 14: 157-183*.*

Tangestani, MH., 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. Int. J. Rem. Sens., 29(10): 2833-2850.

Tommaso, D. I. & Rubinstein, N., 2007- Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina. Ore Geology Reviews, 32: 275-290.