

## بارسازی زونهای دگرسانی با استفاده از باندهای سنجنده استر

### مطالعه موردی منطقه هلاک‌آباد، خراسان رضوی

ملیحه قورچی روکی\*، محمد حسن کریمپور، خسرو ابراهیمی

گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد

#### چکیده

ناحیه معدنی هلاک‌آباد در استان خراسان رضوی در شمال شرق ایران قرار گرفته است. واحدهای سنگی منطقه عمدتاً شامل سنگهای ولکانیک و ساب ولکانیک است. زون دگرسان شده گسترش زیادی در با روند تقریبی شمال غرب - جنوب شرق داشته و سیمای مشخصی در منطقه ایجاد کرده است. زونهای دگرسانیمهم منطقه عبارتند از آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، پروپلیتیک و زون سیلیسی. زون آرژیلیک گسترش زیادی در منطقه دارد. ازدادهای ماهواره استر جهت شناسایی نواحی دگرسانی استفاده شد. تصاویر پردازش شده، اطلاعات مناسبی از نوع کانیهیای دگرسانی آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته را با هزینه کم و دقت بالا فراهم کردند. نتایج بدست آمده حاکی از حضور آلونیت، کائولینیت، پیروفیلیت، مونت مورینوژاروسیت در زونهای دگرسانی این منطقه است.

## Detecting alteration zones with ASTER bands in Halakabad, Khorasan Razavi

Ghoorchi, M., M.H. Karimpour, Kh. Ebrahimi

Research Center of Ore Deposit of Eastern Iran, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

#### Abstract

The Halak Abad deposit is located in Khorasan Razavi Province in NE Iran. The rocks of area are mainly volcanic and subvolcanic rocks. The distinct alteration zones have a great widespread with NW-SE strike. The most important alteration zones are argillic, advanced argillic, propylitic and silicification. An Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) was used to characterize alteration area. ASTER images provided mineralogical information of argillic and advanced argillic alteration zones at low cost and with high accuracy. Based on results, there are alunite, kaolinite, pyrophyllite, montmorillonite and jarosite in alteration zones.

#### مقدمه

مهمترین قابلیت ماهواره‌ها در اکتشافات معدنی، شناسایی مناطق دگرسانی است. بیشتر کانیهیای Al-OH دار نظیر کائولینیت، ایلیت، پیروفیلیت و آلونیت که در آلتراسیون‌های آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته یافت می‌شوند، با پردازش تصاویر باندهای فرورسرخ موج کوتاه (SWIR) استر قابل شناسایی می‌باشند. سنجنده استر، از سال ۲۰۰۰ برای

اهداف زمین‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته است و روزانه حدود ۵۵۵ سین اطلاعات برداشت می‌کند (Ninomiya, 2002, 2004; Rowan et al., 2003; Rowan et al., 2005).

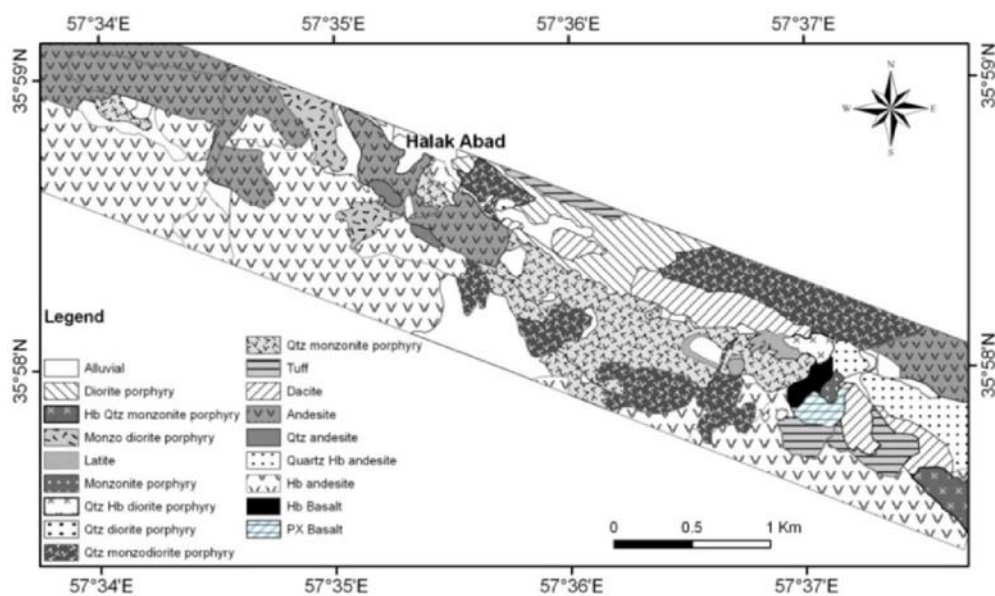
سنجنده آستر، تصویر بردار چند طیفی ۱۴ بانده است که انعکاس و تشعشعات سطح زمین را در سه باند بین طول موجهای ۰/۵۲ تا ۰/۸۶ میکرومتر با قدرت تفکیک ۱۵ متر در محدوده طیفی مرئی-فروسرخ نزدیک (VNIR)، شش باند بین طول موجهای ۱/۶ تا ۲/۴۳ میکرومتر با قدرت تفکیک ۳۰ متر در محدوده طیفی فروسرخ موج کوتاه (SWIR) و پنج باند بین طول موجهای ۸/۱۲۵ تا ۱۱/۶۵ میکرومتر با قدرت تفکیک ۹۰ متر در محدوده طیفی فروسرخ گرمایی (TIR) اندازه گیری می‌کند.

منطقه هلاک آباد، در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب سیزوار، در محدوده شمال غرب ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ششتمد در موقعیت  $57^{\circ}30'15''$  تا  $57^{\circ}38'13''$  طول‌جغرافیایی و  $35^{\circ}57'13''$  تا  $35^{\circ}59'16''$  عرض جغرافیایی قرار گرفته است. زونهای گسترده دگرسانی در این منطقه وجود دارد.

در این مقاله شناسایی دگرسانیهای آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته در منطقه هلاک‌آباد با بررسیهای دورسنجی تشریح شده است. به این منظور روش مولفه‌های اصلی و نقشه برداری زاویه طیفی استفاده شده است. محدوده مورد بررسی یک برش ۱۷۱۶ x ۷۸۴ از سین استر است که در سال ۲۰۰۲ تصویربرداری شده است. قبل از پردازش، تصحیحات رادیومتریک و هندسی بر روی داده‌ها با استفاده از نرم افزار ENVI انجام گردیده است.

#### زمین‌شناسی عمومی

محدوده مورد مطالعه از نظر ساختاری جزء پهنه‌های انحراف مرکزی محسوب می‌شود. رخدادهای ماگماتیک عمدتاً به دوران سنوزوئیک مربوط بوده و قدیمی‌ترین واحد به نئوکومین نسبت داده شده است. رخنمون آندزیت و داسیت (کرتاسه) که در بخشهای جنوبی قابل مشاهده است (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه

گستره ترکیبی واحدهای نفوذپر قسمت شرق محدوده رخنمون بیشتری دارد و شامل توده‌های ساب و لکانیک مونزودیوریت پورفیری، کوارتز دیوریت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری، مونزودیوریت پورفیری، کوارتز مونزونیت پورفیری و هورنبلند کوارتز مونزودیوریت پورفیری است. واحد دیوریت و کوارتز دیوریت پورفیری گسترش محدودی دارد. طیف ترکیب‌سنگ‌های آتشفشانی منطقه شامل بازالت، آندزیت، هورنبلند آندزیت، کوارتز آندزیت، هورنبلند داسیت و هورنبلند کوارتز لایت است. فراوان‌ترین واحد و لکانیک، آندزیت است که بر اساس فراوانی کانی یا کانی‌های خاص به واحدهای کوارتز آندزیت، هورنبلند آندزیت، پیروکسن آندزیت تقسیم شده‌اند. رخنمون‌های پراکنده‌ای از هورنبلند داسیت و هورنبلند کوارتز لایت در شمال غرب محدوده وجود دارد. رخنمون واحدهای داسیتی، به صورت یک نوار کشیده در شمال و واحدهای بازالتی بیشتر در جنوب است.

### دگرسانی

منطقه مورد بررسی بر اثر هجوم محلول‌های هیدروترمال دگرسانی شدیدی نشان می‌دهد. زون دگرسان شده گسترش زیادی در با روند تقریبی شمال غرب - جنوب شرق داشته و سیمای مشخصی در منطقه ایجاد کرده است. زونهای دگرسانیمهم منطقه عبارتند از آرژیلیک، آرژیلیک پیشرفته، پروپلیتیک و زون سیلیسی. زون آرژیلیک به رنگ سفید و ترکیبی از کانیهای رسی می‌باشد که معمولترین آنها کائولینیت است. زون آرژیلیک پیشرفته از مجموعه آلونیت، پیروفیلیت و گاهی ژاروسیت تشکیل شده است. زون پروپلیتیک بصورت پراکنده شامل مجموعه کانیهای کلریت، اپیدوت، پلاژیوکلاز و کلسیت است. این زون در بخش بیرونی زون آرژیلیک دیده می‌شود. زون دگرسانی سیلیسی گسترش محدودی دارد. به دلیل گسترش فعالیت‌های هیدروترمالیزون‌های دگرسانی با گسترش قابل ملاحظه‌ای در منطقه هلاک آباد ایجاد شده‌اند لذا در این بررسی از تکنیک تحلیل مؤلفه‌های اصلجهت دار و روش نقشه بردار زاویه طیفی جهت بارزسازی زونهای دگرسانی آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته استفاده گردید.

### تحلیل مؤلفه‌های اصلجهت دار (PCA)

تحلیل مؤلفه‌های اصلی جهت دار (تکنیک کراستا) با کاهش تعداد باندها برای تحلیل، احتمال نقشه برداری پدیده مورد نظر را در یکی از مؤلفه‌های اصلی افزایش می‌دهد. کانی‌های هیدروکسیددار به دلیل فراوانی در زون‌های آلتره و شناخت زون‌بندی دگرسانی در کانسارهای مختلف، همواره دارای اهمیت هستند. کائولینیت و پیروفیلیت به خاطر اینکه در شناسایی زون‌های آلتراسیونی آرژیلیک پیشرفته نقش دارند و گروه کائولینیت به خاطر اهمیت‌شان در شناسایی زون آرژیلیک در اکتشاف دارای اهمیت هستند. ایلیت-مسکویت-اسمکتیت کانی‌های معمول در دگرسانی فیلیک و بعضاً آرژیلیک هستند. ناحیه طول موج کوتاه برای شناسایی رس‌ها مهم است. با تفاوت‌هایی که در بازتاب‌های طیفی رس‌های مختلف وجود دارد، می‌توان از ترکیب روش‌های مختلف برای شناسایی آنها بهره جست.

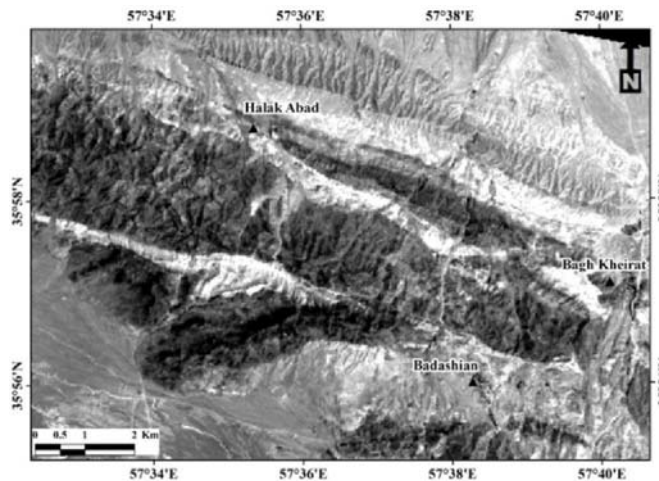
توجه به این نکته ضروری است که در مورد کانیهای آلونیت و پیروفیلیت که در باند ۵ استر و کانیهای کربناته و کلریتی که در باند ۸ استر جذب نشان می‌دهند ممکن است تداخل دیده شود. با توجه به منحنی استاندارد، کائولینیت و اسمکتیت در باند ۴ بازتاب و در باند ۶ جذب قوی دارد، لذا باندهای ۷ و ۶، ۴، ۱ بیشترین تغییرات را نشان می‌دهد (شکل ۲). از انجایی که کانی مسکویت (شاخص زون دگرسانی فیلیک) و کانی‌های مونت موربونیت، کائولینیت



(شاخص دگرسانی آرژیلیک) در باند ۶ سنجنده استر دارای جذب مشترک هستند، در تصاویر بدست با استفاده از روش پردازش تحلیل هدایت شده مولفه اصلی دو زون آرژیلیک و فیلیک تفکیک نگردیده‌اند. با توجه به جدول ۱، مقادیر مناسب برای به نمایش درآوردن کائولینیت را در تصویر مولفه اصلی چهارم نشان می‌دهد با رنگ روشن مشخص گردیده است.

جدول ۱- نتایج روش کراستا برای بارزسازی کائولینیت.

باند مولفه	۱	۴	۶	۷
Pc1	0.56264	0.30566	0.28818	0.71200
Pc2	0.57155	0.31007	0.29006	-0.70217
Pc3	0.53941	-0.23402	-0.80886	0.00159
Pc4	0.25649	-0.86928	0.42255	-0.00053

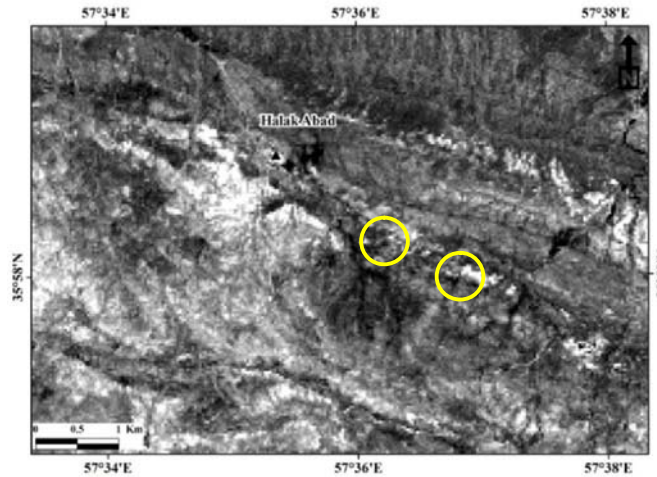


شکل 2. مولفه چهارم تحلیل مولفه اصلی از باندهای ۱ و ۴ و ۶ و ۷ برای بارزسازی کائولینیت.

در این تصویر سنگ‌های کربناته در محدوده جنوب غرب منطقه نیز بارز شده‌اند. به منظور بارز سازی کانی آلونیت باندهای ۱، ۳، ۵ و ۷ برای انجام PCA مورد استفاده قرار گرفتند. آلونیت در باند ۵ دارای باند جذبی و در باند ۷ بازتاب دارد. بررسی آماری (جدول ۲) و تصاویر نشان می‌دهد که در مولفه سوم نواحی تیره آلونیت را نشان می‌دهند (شکل 3).

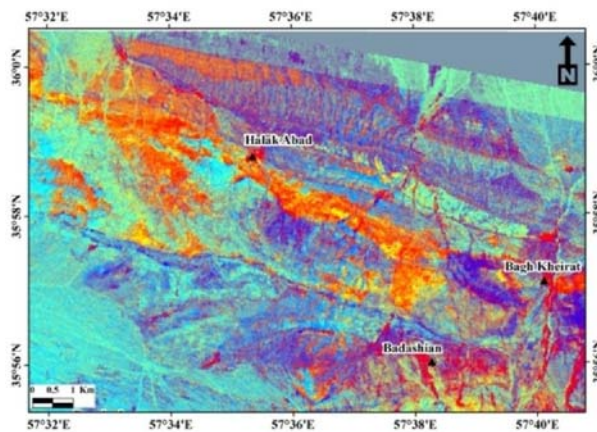
جدول ۲- نتایج روش کراستا برای بارزسازی آلونیت.

باند/ مولفه	۱	۳	۵	۷
Pc1	0.24429	0.22444	0.6859	0.64761
Pc2	0.69544	0.63541	-0.20412	-0.26634
Pc3	-0.00189	0.07680	-0.69727	0.71267
Pc4	0.67577	-0.73482	-0.03986	0.04198



شکل ۳. مولفه سوم (منفی شده) تحلیل مولفه اصلی از باندهای ۱ و ۳ و ۵ برای بارزسازی آلونیت.

زون دگرسانی پروپیلیتیک با کانیه‌های شاخص اپیدوت و کلریت که در باندهای ۲ و ۸ دارای جذب و در باند ۵ بازتاب هستند، بررسی شده است. در مولفه سوم این ترکیب مناطق دگرسانی پروپیلیتیک با رنگ روشن در تصویر بارز شدند. ترکیب رنگی PC3 epidote, PC3 alunite, -PC3 Kaolinite, -chlortrieRGB-، در شکل ۴ ارائه شده است. در نتیجه این پردازش، مناطق آلونیتی با رنگ زرد و کائولینیتی با رنگ قرمز و سایر نواحی که شامل دگرسانی پروپیلیتیک نیز می‌شود با رنگ آبی تا بنفش مشخص شدند.



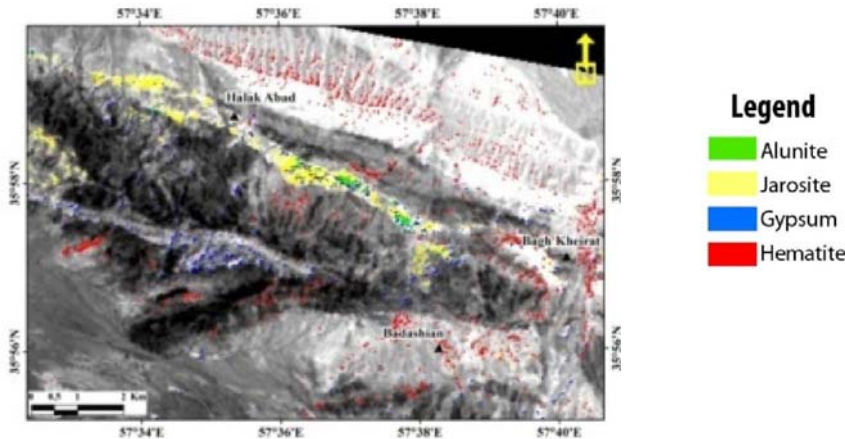
شکل ۴. ترکیب رنگی PC3 epidote, PC3 alunite, -PC3 Kaolinite, -chlortrieRGB-.

#### روش نقشه بردار زاویه طیفی

به منظور بررسی توانایی پردازش به روش فوق، طیف کانی‌های آلونیت، کائولینیت، پیروفیلیت، مونت موریونیتوزاروسیت جهت بررسی دگرسانی‌های آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته از کتابخانه طیفی سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) استخراج و بر اساس ۹ باند استر بازنویسی شده و به عنوان طیف‌های مرجع در پردازش نقشه بردار زاویه طیفی مورد استفاده قرار گرفتند. در شکل ۵ بخشی از نتایج بدست آمده با پیکسل‌های رنگی بروی باند ۳



ارائه شده است. مناطقی که در شکل با رنگ سبز دیده می‌شوند، مناطق بارز شده با استفاده از طیف کانی آلونیت می‌باشند. مناطق مشخص شده در این تصویر با پیکسل‌های زرد رنگ معرف ژاروسیت و آبی رنگ معرف ژیپس است که در اثر فرایندهای اکسیداسیون تشکیل شده‌اند.



شکل ۱۰. نتیجه پردازش به روش SAM جهت بارزسازی کانیهای آلونیت، ژاروسیت، ژیپس و هماتیت.

#### نتیجه‌گیری

با استفاده از روشهای مختلف پردازش می‌توان گسترش کانیایی زونهای دگرسانی آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته را با دقت بالا و هزینه کم مشخص نمود. پردازش داده‌های ماهواره‌ای استر در منطقه هلاک آباد، اطلاعات مناسبی از گسترش زونهای دگرسانی در اختیار قرار می‌دهد. نتایج بدست آمده حاکی از حضور آلونیت، کائولینیت، پیروفیلیت، مونت مورینیتوژاروسیت در زونهای دگرسانی این منطقه است. با توجه نتایج بارزسازی و تفکیک زونهای آلتراسیون، منطقه مورد مطالعه برای انجام فعالیت‌های اکتشافی بیشتر بویژه ذخایر از نوع مس پورفیری و طلای سولفیداسیون بالا اهمیت دارد.

#### منابع

- Crosta, A. P., De souzaFilho, C. R., 2003, Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis, INT. J. REMOTE SENSING, VOL. 24, NO. 21, 4233-4240.
- Ninomiya, N., 2004. Lithologic mapping with multispectral ASTER TIR and SWIR data. Proc. SPIE. Int. Soc. Optical Eng., 5234: 180-190.
- Ninomiya, Y., 2002. Mapping quartz, carbonate minerals and mafic- ultramafic rocks using remotely sensed multispectral thermal infrared ASTER data. Int. Soc. Opt. Eng., 4710: 191-202.
- Rowan, C. Lawrence, Mars, C. John, 2003, Lithologic mapping in the mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data, Remote Sensing of Environment 84: 350-366.
- Rowan, L., Mars, J., Simpson, C. 2005, lithological mapping of the Mordor, NT, Australia ultramafic complex by using the Advance Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Remote sensing of environment, 99: 105-126
- Rowan, L.C., Schmidt, R., Mars, J., 2006, Distribution of hydrothermal altered rocks in the RekoDiq, Pakistan mineralized area base on spectral analysis of ASTER data, Remote sensing of Environment, 104, Issue 1: 74-87
- Tommaso, I., Rubinstein, N., 2006, hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina., Ore geology reviews.