**بررسی دگرسانی‌های مرتبط با کانی‌سازی فلزی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و هندسه فرکتالی در محدوده اکتشافی همیچ، خراسان جنوبی**

مطهره دهویی1؛ احمد آریافر1\*؛ حسن حسین‌زاده1؛ وحید خسروی1؛ سعید یوسفی1

1 گروه مهندسی معدن، دانشگاه بیرجند

\*aaryafar@birjand.ac.ir

**چکیده**

امروزه بررسی‌های دورسنجی به دلیل داشتن داده‌هایی با دید وسیع و یکپارچه و محدوده طول‌ موجی مختلف، یکی از بهترین روش‌ها در پی‌جویی کانسارها شناخته می‌شود. با توجه به این‌که جایگاه اغلب کانسارهای بزرگ و پراهمیت دنیا از قبیل کانسارهای پورفیری و ذخایر طلای اپی ترمال، بیشتر در نواحی دگرسان شده وسیع می‌باشد، لذا شناسایی لایه‌های دگرسانی می‌تواند راهنمای اکتشافی بسیار مناسبی برای شناخت انواع مختلف کانسارها باشد. تفاوت طیفی سنگ‌های آلتره شده و سنگ‌های غیر آلتره مهم‌ترین راه تشخیص نواحی دگرسانی و به‌تبع آن اکتشاف کانسارها در پردازش تصاویر ماهواره‌ای است. در این تحقیق، تصاویر ماهواره استر جهت شناسایی نواحی دگرسانی مورد استفاده قرار گرفت. تصحیحات هندسی به‌ منظور کاهش خطاهای مکانی ناشی از جابجایی‌ها و اعوجاجات مرتبط با سنجنده و تصحیحات رادیومتریک به ‌منظور کاهش خطاهای طیفی ناشی از تأثیرات جوی، بر روی تصاویر محدوده انجام ‌گرفت. پس از آن، با استفاده از روش‌های ترکیب رنگی کاذب، نسبت باندی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مناطق دارای دگرسانی‌های مرتبط با کانی سازی شناسایی شد. با توجه به این‌که نتایج حاصل از این روش‌ها تنها تصاویر سیاه ‌و سفید هستند، لذا جهت تفکیک نواحی حاوی دگرسانی‌های مورد نظر، از روش فرکتالی عیار- مساحت استفاده گردید. با استفاده از نتایج حاصل از روش‌های مذکور، مناطقی که بیشترین احتمال وجود کانی سازی را داشتند، معرفی شدند که با نقاط کنترل زمینی مطابقت قابل قبولی داشتند.

کلیدواژه: سنجش‌ازدور، استر، نسبت باندی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، روش فرکتالی عیار- مساحت

Investigating Mineralization Related Alterations Using Remote Sensing Techniques and Fractal Geometry in Hemich Area, South Khorasan

Mottahare, Dohuee1; Ahmad, Aryafar1; Hassan, Hosseinzade1; Vahid, Khosravi1; Saeed, Yousefi1

1Department of Mining, Faculty of Engineering, University of Birjand

Abstract

Nowadays, remote sensing studies are considered as one of the best methods in mineral prospecting. Considering that most of the important deposits of the world, such as porphyry copper and epithermal gold deposits are widely located in altered areas, identification of the alterations can be a very good exploratory guide for these types of deposits. The spectral difference between altered and unaltered rocks is the most important way of detecting alteration areas and thus exploring ore deposits by means of remote sensing. In this research, Aster images were used to identify alteration areas. Geometric corrections were made on images in order to reduce the spatial errors caused by displacements and distortions related to sensors. Radiometric corrections were also applied to reduce the spectral errors caused by atmospheric effects. Subsequently, mineral prospectus areas were identified using false color composite, band ratio and principal components analysis. Due to the fact that the results of these methods are grayscale images, a concentration-area fractal method was used to distinguish the regions containing the alterations. Using the results of these methods, some areas with the highest probability of mineralization were introduced which were compatible with the ground control points.

**Keywords:** Remote Sensing, Aster, Band ratio, Principal components analysis, Concentration-area fractal method

**مقدمه**

منطقه همیچ بخشی از زون فلیشی- کمربند افیولیتی شرق ایران بوده و در 57 کیلومتری غرب شهر بیرجند (استان خراسان جنوبی) واقع‌ شده و از نظر تقسيمات جغرافيايي جزء توابع بخش مركزي شهرستان خوسف به‌شمار می‌رود. شواهد صحرایی برای مس‌های پورفیری، وجود دگرسانی‌های آرژیلیک، پروپلیتیک، فیلیک و اکسیدهای آهن می‌باشد (Sabine, 1999) که در سطح زمین قابل ‌رؤیت هستند. برای کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت عملیات اکتشافی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان هاله‌های دگرسانی را مشخص نمود (Ranjbar et al., 2003). در همین راستا از تصاویر ماهواره‌ای ASTER جهت شناسایی نقاط دگرسانی استفاده شد. از آن‌جا که این سنجنده دارای توان تفکیک مکانی و طیفی نسبتاً بالایی است، از همان ابتدا به‌طور گسترده توسط مختصصان علوم زمین مورد استفاده قرارگرفته است. رفتار طیفی گروه‌های مهم کانی‌ها، به‌ویژه کانی‌های دگرسانی در محدوده طیفی مرئی- فروسرخ نزدیک (VNIR) استر با سه باند طیفی در بازه 52/0 تا 86/0 میکرومتر و محدوده طیفی فروسرخ گرمایی (TIR) آن با پنج باند طیفی در بازه 125/8 تا 65/11 میکرومتر، به کاربرد وسیع این دسته داده‌ها در شناسایی و اکتشاف منابع معدنی منجر شده است (Yao et al., 2017).

تصاویر نسبتی یا نسبت‌های باندی از شیوه‌های مفید جهت بارزسازی پدیده‌ها در تصاویر چند باندی محسوب می‌شوند. نسبت گیری باندی به ‌سادگی با تقسیم عدد دیجیتالی هر پیکسل در یک باند به پیکسل مشابه در باند دیگر ساخته می‌شود. همچنین، آنالیز مؤلفه‌های اصلی(PCA) یکی از روش‌های آنالیز چند متغیره است که با استفاده از بردارهای ویژه و مقادیر ویژه ‌ماتریس داده‌های موردبررسی، جهت‌هایی که در آن حداکثر تغییر رخ می‌دهد را شناسایی می‌کند و سپس با استفاده از مجموعه متغیرهای جدید که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه است، تعداد ابعاد کاهش می‌یابد و نقش هر یک از متغیرها در تغییرپذیری مشخص می‌شود (Lillesand et al., 2014).

مدل فرکتالی عیار- مساحت توسط (Cheng et al., 1994) مطرح‌ شده است و استفاده کاربـردی برای جداسازی آنومالی‌های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی از زمینه دارد. این روش نه ‌تنها قابلیت جداسازی آنومالی‌ها را داشته بلکه قابلیت بالایی برای طبقه‌بندی تصاویر نیز دارد. با توجه به این‌که نتایج حاصل از این روش‌ها تصاویر سیاه‌ و سفید هستند، لذا جهت تعیین نقاط دگرسانی می‌توان از روش فرکتالی عیار مساحت استفاده کرد.

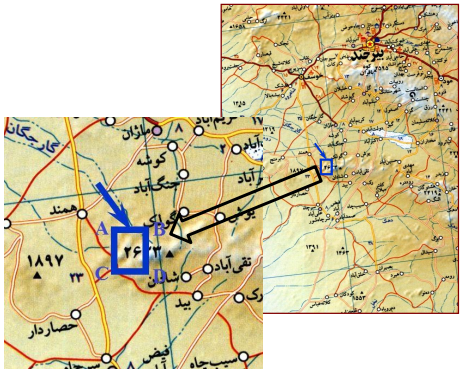
هدف این کار پژوهشی، بررسی طیفی، آشکارسازی و ارزیابی دگرسانی‌های مرتبط با کانسارهای مس پورفیری با استفاده از روش‌های ترکیب رنگی کاذب، نسبت باندی و تحلیل مؤلفه اصلی و تعیین حدود جدایش در این روش‌ها با استفاده از روش فرکتالی عیار-مساحت است.

**موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی:**

محدوده‌ي اكتشافي مورد مطالعه، بخشي از ورقه‌ي 100000 :1 سرچاه شور مي‌باشد. اين محدوده در جنوب غرب استان خراسان جنوبی و به فاصله‌ 57 كيلومتري (فاصله هوایی) جنوب غرب شهرستان بیرجند و در محدوده‌ي دامنه‌های غرب\_ شمال غرب شاه‌کوه واقع شده است (شکل 1). تنها مرکز جمعيتي محدوده‌ي اکتشافي، دهکده‌ي همیچ با حدود 40 خانوار و جمعیتی در حدود 180 نفر، در منتهی‌الیه غربی آن است. مهم‌ترين راه دسترسي به محدوده‌ از طريق جاده آسفالت خوسف\_ بصیران\_ قلعه‌زری است که دسترسی به همیچ در کیلومتر 43 با تغییر مسیر به شرق و از طریق جاده خاکی همیچ به طول 5/5 کیلومتر مقدور می‌باشد. از طریق جاده‌های موتور رو به سمت شرق، شمال و جنوب می‌توان بسیاری از رخنمون‌های سنگی منطقه را مورد بازدید قرار داد.

منطقه مورد نظر از لحاظ تقسیم ‌بندی پهنه‌های رسوبی\_ ساختاری عمده ایران، در حاشیه شمال شرقی پهنه‌ي لوت و در مجاورت پهنه‌ي زمین‌درز سیستان واقع شده است.

به نواحي واقع ‌بين دو زمين‌درز تتيس كهن و جوان، ايالت ايران مركزي اطلاق شده كه خود به پنج زيرپهنه به نام‌هاي زيرپهنه‌ي زمين‌درز سيستان، زيرپهنه‌ي تدريجي، زیرپهنه‌ي مثلث مياني، زيرپهنه‌ي ماگمايي مركزي و زيرپهنه دگرگوني مركزي تقسيم شده است. محدوده‌ي مورد مطالعه در حد ‌شرقي زير پهنه ماگمایی مركزي از ايالت ايران مركزي واقع شده است كه به گسل فعال و بنیادی شمالي\_ جنوبي نهبندان (زیرپهنه زمين‌درز سيستان) در شرق محدود مي‌شود.



شکل 1: موقعیت و راه های دسترسی به محدوده

عمده‌ي واحدهای رخنمون یافته در این منطقه شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری به سن پالئوژن و نئوژن است که بر روی پی‌سنگی از رسوبات دگرگون‌شده نوع فلیش با سن کرتاسه بالایی قرار گرفته‌اند. ترکیب سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری به طور عمده حد واسط و در حد آندزیت تا داسیت می‌باشد.

**بحث و بررسی**

امروزه انجام مطالعات اکتشافی با استفاده از روش‌ها و فناوری‌های مدرن یکی از اولویت‌های مطالعاتی در کشورهای مختلف جهان می‌باشد. سنجش ‌از دور، علم و هنر به دست آوردن اطلاعات درباره یک شی، منطقه یا پدیده تحت بررسی است. ازآنجایی‌که سنجنده ASTER بر مبنای نیازهای زمین‌شناسی طراحی‌ شده است، بنابراین از تصاویر این سنجنده می‌توان به‌عنوان ابزاری نیرومند در اکتشافات مقدماتی ذخایر معدنی و تهیه نقشه‌های دگرسانی، با هزینه کم و دقت بالا استفاده کرد (Di Tommaso and Rubinstein, 2007).

**پیش‌پردازش داده‌های ماهواره‌ای**

به‌ منظور دریافت اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای لازم است پیش از استفاده، پیش‌پردازش‌های هندسی و رادیومتری بر روی آن‌ها صورت گیرد (Khaleghi et al., 2014). بدین منظور، تصاویر هر سنجنده با استفاده از تصویری از منطقه که دارای مختصات صحیح بودند، با روش هندسی تصویر به تصویر، زمین مرجع شدند. تصحیحات رادیومتریک از قبیل کسر اثر تیرگی که یک روش آماری است و پراکنش جوی را حذف می‌نماید و همچنین روشIAR Reflectance برای حذف اثرات گرد و غبار بر روی طیف بازتابی تصاویر انجام ‌گرفت.

**ترکیب رنگی کاذب (FCC)**

در دورسنجی، استفاده از رنگ‌ها اطلاعات بصری و مفهومی بیش‌تری را در اختیار ما قرار می‌دهد (Patra et al., 2006). ترکیب رنگی کاذب RGB468 در شناسایی مناطق دگرسانی کانسارهای اپی‌ترمال مثمر ثمر می‌باشد (شکل 2). در این تصویر به علت انعکاس بیش‌تر کانی‌های دارای بنیان OH (کائولینیت، آلونیت و غیره) در باند 4 نسبت به باندهای 6 و 8، پیکسل‌های حاوی دگرسانی‌های آرژیلیک به رنگ صورتی و به خاطر انعکاس بیش‌تر کانی‌های کلریت در محدوده باند 6، دگرسانی پروپیلیتیک به رنگ سبز دیده می‌شود.

|  |
| --- |
|  |
| شکل 2: ترکیب رنگی RGB=468 سنجنده استر جهت نمایش مناطق دگرسانی پروپلیتیک (سبز لجنی) و آرژیلیک (صورتی) |

**روش نسبت باندی**

یکی از روش‌های رایج در پردازش تصاویر ماهواره‌ای، روش نسبت باندی است. این روش اثرات توپوگرافی و سایه‌ها را از بین برده و یک سری از نویزها را افزایش و سری دیگری 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 نمود. با شناخت خصوصیات انعکاسی پدیده‌های مختلف و با استفاده از روش فوق می‌توان پدیده‌های مختلف را بارز ساخت. در این روش ارزش عددی یک باند بر باند دیگر تقسیم‌شده و نتیجه برای پیکسل‌های متناظرشان در نظر گرفته می‌شود. معمولاً برای صورت کسر، باندی انتخاب می‌شود که مواد سطحی انعکاس زیادی در آن باند دارند و برای مخرج کسر باندی اختصاص داده می‌شود که مواد مذکور مقادیر جذبی بالا از خود نشان می‌دهند. حاصل این عملیات یک تصویر سیاه ‌و سفید خواهد بود که نقاط روشن آن نشان‌گر بیش‌ترین مقادیر حاصل از تقسیم و در نتیجه بیش‌ترین احتمال وجود کانی مورد نظر را خواهد داشت (جدول 1) (Xu et al., 2004).

جدول 1: نسبت‌های باندی مرتبط با دگرسانی‌های فیلیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک (Kalinowski and Oliver, 2004)

|  |  |
| --- | --- |
| دگرسانی | نسبت باندی |
| فیلیک |  |
| آرژیلیک |  |
| پروپلیتیک |  |

علاوه بر نسبت‌های باندی جدول 1، می‌توان نسبت باندی 1/2 را جهت بارزسازی مناطق حاوی Fe3+ به کار برد. همچنین ترکیبی به‌ صورت (3/5+2/1) را می‌توان برای بارزسازی مناطق حاویFe2+ استفاده کرد. اشکال 3 تا 7 نتایج حاصل از روش نسبت گیری باندی را نشان می‌دهد.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | |
| شکل 3: نسبت باندی مرتبط با دگرسانی آرژیلیک | شکل 4: نسبت باندی مرتبط با دگرسانی فیلیک | | | |
|  | |  | | |
| شکل 5: نسبت باندی مرتبط با دگرسانی پروپلیتیک | | شکل 6: نسبت باندی مرتبط با Fe2+ | | |
|  | | |
| شکل 7: نسبت باندی مرتبط با Fe3+ | | | |

**آنالیز مؤلفه‌های اصلی**

آنالیز مؤلفه‌های اصلی تبدیلی در فضای برداری است که غالباً برای کاهش حجم داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی در سال 1901 توسط کارل پیرسون ارائه شد. این تحلیل شامل تجزیه مقادیر ویژه ماتریس کواریانس و یا ماتریس ضرایب همبستگی است. اطلاعات باندهای مختلف سنجش‌ از دور غالباً همبستگی دارند، از این‌ رو وجود همبستگی مابین باندها، نشان‌گر وجود اطلاعات مشترک و یا به عبارت دیگر تکرار اطلاعات است. تبدیل مؤلفه‌های اصلی روشی جهت خارج نمودن یا کاهش چنین اطلاعات زائدی بوده که توسط فشرده کردن مجموعه داده‌های چند طیفی در یک سیستم مختصات صورت می‌گیرد (Seedofr et al., 2005). برای اعمال این روش زیر مجموعه 4 باندی 4678 برای کانی‌های دارای بنیان OH تشکیل گردیده که ماتریس بردارهای ویژه آن در جدول 2 مشاهده می‌گردد. براساس مندرجات این جدول، ازآنجایی‌که باندهای 4 و 6 در PC2 اختلاف بالایی را نشان می‌دهند، لذا مؤلفه مذکور جهت بارزسازی کانی‌های رسی مناسب‌ است. تصویر حاصل از مؤلفه دوم در شکل 8 مشاهده می‌شود.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| جدول2: جدول بردارهای ویژه باندهای 4،6،7،8 سنجنده ASTER جهت تعیین پاسخ‌های طیفی کانی‌های دارای بنیان OH (کانی‌های رسی) | | | | |
| Eigenvector | Band4 | Band6 | Band7 | Band8 |
| PC1 | 0.579594 | 0.443631 | 0.489466 | 0.477163 |
| PC2 | 0.794718 | -0.40126 | -0.16268 | -0.42538 |
| PC3 | -0.13548 | -0.73539 | 0.633683 | 0.198244 |
| PC4 | 0.11891 | -0.31842 | -0.57654 | 0.743013 |

|  |
| --- |
|  |
| شکل 9: تصویر حاصل ازPC2 |

**روش فرکتالی عیار- مساحت**

در این مطالعه از روش‌های نسبت باندی و آنالیز PCA استفاده‌شده است که نقطه مشترک تمامی آن‌ها، تهیه خروجی به ‌صورت تصاویر سیاه ‌و سفید می‌باشد. در این تصاویر هر پیکسل حاوی یک مقدار و ارزش عددی است. از این‌رو، جهت تفکیک نواحی مورد نظر باید از یکی از روش‌های جدایش حد آنومالی از زمینه استفاده کرد. برای این منظور در این بررسی از روش فرکتالی عیار مساحت، استفاده گردید.

اين مدل تجربى بيان مى‌کند که مساحت به انضمام مقادير عيار کم‌تر يا مساوى و هم‌چنین بیش‌تر یا مساوی يک مقدار آستانه‌ای از پيش تعریف‌شده، از رابطه نمايى (1) تبعيت مى‌کنند.

|  |  |
| --- | --- |
| (1) |  |

مقدار توان در معادله فوق مقادیر متفاوتی را بسته به دامنه‌های متفاوت ρ نشان می‌دهد. با رسم متغیر مساحت در مقابل غلظت در یک نمودار تمام لگاریتمی می‌توان بعد هر جامعه را از طریق شیب‌ خط برازش شده به دست آورد. نقاط شکست خطوط نشان‌دهنده تغییر جامعه می‌باشد که به این صورت می‌توان حد آستانه جوامع را تعیین کرد. در اکتشافات ژئوشیمیایی تمرکزهای بالا همراه با فرآیندهای کانی سازی، می‌تواند توابع مختلفی را نسبت به مقدار زمینه منعکس کند. به‌عبارت‌ دیگر بعد فرکتالی کانی سازی با مقدار بعد زمینه متفاوت خواهد بود. با توجه به این مطلب که ماهیت فرکتالی توزیع عناصر در محیط اثبات ‌شده است، می‌توان از این روش برای جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه استفاده کرد . نمودارهای این‌چنینی نه‌تنها توزیع فراوانی مربوط به داده‌های ورودی (مقادیر پیکسل‌ها) را نشان می‌دهند، بلکه مشخصات فضایی و هندسی منعکس‌شده توزیع را نیز مشخص می‌نمایند. چنانچه در هر نمودار عیار مساحتی A (ρ) با عیارهای بزرگ‌تر از ρ یک رابطه نمایی را نشان ‌دهد، بدین معنی که با افزایش عیار، مساحت کم ‌شود، این نشان‌گر کاهش مساحت از سمت زمینه به سمت مناطق آنومال خواهد بود (Cheng et al., 1994). این مورد برای مدل دیگر رابطه نیز صادق است.

به‌منظور تعیین حد جدایش، ابتدا از تمامی تصاویر حاصل از روش نسبت باندی و PCA، توسط نرم‌افزار فایل‌هایی با فرمت Tiff گرفته شد و سپس با استفاده از کد نویسی در نرم افزار R نمودارهای فرکتالی آن تهیه گردید (شکل 9). اکنون با استفاده از حد آستانه‌های به‌دست ‌آمده، می‌توان نواحی مورد نظر را تفکیک کرد (اشکال 10 تا 15). در نهایت با توجه به نواحی به دست آمده برای دگرسانی‌های مختلف، مناطق امید بخش جهت مطالعات بعدی تعیین می‌گردد (شکل 16).

|  |
| --- |
|  |
| شکل 9: نمودار لگاریتمی فرکتال عیار- مساحت مربوط به نسبت باندی مرتبط با دگرسانی آرژیلیک |

جدول 3: حد آستانه‌های مشخص‌شده برای نسبت‌های باندی و PC مرتبط باکانی سازی بر اساس روش عیار-مساحت

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | حد آستانه 1 | حد آستانه 2 | حد آستانه 3 | حد آستانه 4 | حدآستانه 5 |
| نسبت باندی مرتبط با دگرسانی آرژیلیک | 1.955 | 2.2 | 2.26 | 2.29 |  |
| نسبت باندی مرتبط با دگرسانی فیلیک | 2.13 | 2.33 | 2.42 |  |  |
| نسبت باندی مرتبط با دگرسانی پروپلیتیک | 1.97 | 2.025 | 2.08 |  |  |
| نسبت باندی مرتبط با Fe+3 | 1.83 | 1.9 | 2.04 |  |  |
| نسبت باندی مرتبط با Fe+2 | 0.955 | 1.02 | 1.06 | 1.08 |  |
| PC2 | 0.015 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.27 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | |
| شکل 10: نسبت باندی مرتبط با دگرسانی آرژیلیک | شکل 10: نسبت باندی مرتبط با دگرسانی فیلیک | |
|  | |  | |
| شکل 12: نسبت باندی مرتبط با دگرسانی پروپلیتیک | | شکل 11: نسبت باندی مرتبط با Fe2+ | |
|  |  | | |
| شکل 12: نسبت باندی مرتبط با Fe3+ | شکل 15: تصویر حاصل ازPC2 | | |

**نتیجه‌گیری**

در این تحقیق از روش‌های ترکیب رنگی کاذب، نسبت باندی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی جهت بارزسازی دگرسانی‌های مرتبط با ذخایر مس پورفیری استفاده شد. با توجه به سیاه ‌و سفید بودن تصاویر، تعیین حد آستانه جدایش جهت تفکیک دگرسانی‌ها اهمیت بالایی دارد. روش فرکتالی عیار- مساحت همان‌طور که در سایر زمینه‌های علوم زمین مانند ژئوشیمی و ژئوفیزیک کارایی مناسبی جهت تفکیک نواحی آنومالی از زمینه و جداسازی جوامع از یکدیگر دارد، در دورسنجی نیز می‌تواند یک روش علمی جهت تعیین حدود جدایش در روش‌های مختلف باشد. با بررسی تصاویر نهایی حاصل از روش‌های مذکور و تلفیق نتایج حاصل از هرکدام، می‌توان تجمع دگرسانی‌ها در نواحی مختلف را مشاهده نمود. بر این اساس، دگرسانی‌ها بیش‌تر در نواحی شمال شرقی و جنوب غربی محدوده تمرکز پیدا کرده‌اند. در قسمت‌های جنوبی، از حاشیه به ‌طرف مرکز دگرسانی‌های پروپیلیتیک و در مرکز دگرسانی‌های فیلیک و آرژیلیک مشاهده می‌گردد. وجود دگرسانی پروپلیتیک در حاشیه و دگرسانی فیلیک و آرژیلیک در مرکز، حکایت از پیروی این مناطق از الگوی دگرسانی ذخایر مس پورفیری دارد. با توجه به گسترش نسبتاً زیاد نواحی دگرسانی و با فرض این‌که دگرسانی‌ها ممکن است با کانی سازی در ارتباط باشند، منطقه مورد مطالعه از نظر اکتشافی اهمیت بالایی دارد.

|  |
| --- |
|  |
| شکل 13: مناطق امید بخش برای مطالعات بعدی |

**منابع**

Cheng, Q., Agterberg, F. P., & Ballantyne, S. B. (1994). The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods. *Journal of Geochemical Exploration*, *51*(2), 109-130.

Di Tommaso, I., & Rubinstein, N. (2007). Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infiernillo porphyry deposit, Argentina. *Ore Geology Reviews*, *32*(1), 275-290.

Kalinowski, A., & Oliver, S. (2004). ASTER mineral index processing manual. Remote Sensing Applications, Geoscience Australia, 37.

Khaleghi, M., Ranjbar, H., Shahabpour, J., & Honarmand, M. (2014). Spectral angle mapping, spectral information divergence, and principal component analysis of the ASTER SWIR data for exploration of porphyry copper mineralization in the Sarduiyeh area, Kerman province, Iran. *Applied Geomatics*, *6*(1), 49-58.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.

Patra, S. K., Shekher, M., Solanki, S. S., Ramachandran, R., & Krishnan, R. (2006). A technique for generating natural colour images from false colour composite images. International Journal of Remote Sensing, 27(14), 2977-2989.

Ranjbar, H., Shahriari, H., & Honarmand, M. (2003). Comparison of ASTER and ETM+ data for exploration of porphyry copper mineralization: A case study of Sar Cheshmeh areas, Kerman, Iran. In *Map Asia Conference, Kuala Lumpur, Malaysia*.

Sabine, C. (1999). Remote sensing strategies for mineral exploration. Remote Sensing for the Earth Sciences–Manuel of Remote Sensing, 375-447.

Seedorff, E., Dilles, J. H., Proffett, J. M., Einaudi, M. T., Zurcher, L., Stavast, W. J. A., ... & Barton, M. D. (2005). Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features. Economic Geology 100th anniversary volume, 29, 251-298.

Xu, Y., Lin, Q., Shao, Y., & Wang, L. (2004, September). Extraction mechanism of alteration zones using ASTER imagery. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS'04. Proceedings. 2004 IEEE International* (Vol. 6, pp. 4174-4175). Ieee.

Yao, K., Pradhan, B., & Idrees, M. O. (2017). Identification of Rocks and Their Quartz Content in Gua Musang Goldfield Using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Imagery. *Journal of Sensors*, *2017*