

مدل‌سازی ناهنجاری پرتوزا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و پرتوسنجی در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS): مطالعه موردی در غرب استان کرمان

منوچهر معصومی^۱، محمد فلاح ززولی^۲، سعید خجسته‌فر^{۳*}، ابوالفضل شامی قورچلو^۴، اکرم افتخاری^۵

۱. اکتشاف معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، صندوق پستی: ۱۳۳-۷۶۱۶۹، کرمان- ایران

۲. مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه مالک اشتر، صندوق پستی: ۱۷۷۴-۱۵۸۷۵، تهران- ایران

۳. GIS، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۵۱۵، تهران- ایران

۴. جغرافیای سیاسی، دانشگاه تهران، صندوق پستی: ۶۶۱۹-۱۴۱۵۵، تهران- ایران

۵. سنجش از دور، دانشگاه تهران، صندوق پستی: ۶۶۱۹-۱۴۱۵۵، تهران- ایران

مقاله‌ی پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۲/۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۵/۲

چکیده: امروزه یکی از نیازهای ضروری جامعه‌های بشری نیاز به انرژی است. کشور ما نیز در راستای صنعتی‌شدن و تأمین انرژی، به منبع‌های نوین تأمین انرژی یعنی نیروگاه‌های هسته‌ای روی آورده است. به این ترتیب اکتشاف، حفظ و حراست از منبع‌های اورانیم به عنوان خوراک چنین نیروگاه‌هایی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است؛ ولی متأسفانه به دلیل تحریم‌های علمی و فنی کشورهای توسعه‌یافته از جمله امریکا اکتشاف منابع راهبردی اورانیم در کشور ما به‌کندی پیش می‌رود. از این‌رو لزوم خودباوری در عرصه‌ی اکتشاف و حفظ و حراست از این ذخایر راهبردی بیش از پیش احساس می‌شود. در این پژوهش به اکتشاف عنصرهای پرتوزا در غرب استان کرمان پرداخته شده است. ناحیه‌ی مورد مطالعه در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان و ۴۰ کیلومتری شمال سیرجان واقع است. این محدوده بین طول‌های جغرافیایی ۳۰° ۳۰' ۰۰" تا ۵۵° ۳۰' ۰۰" شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۹° ۳۰' ۰۰" تا ۳۰° ۰۰' ۰۰" شمالی و در برگه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ پاریز قرار دارد. در این پژوهش از روش‌هایی نظیر فیلتر سازگار یافته تنظیم اختلاط و تصویر (افکنش) زیرفضای متعامد به منظور پردازش داده‌های سنجش از دور، و روش‌های تک متغیره به منظور پردازش داده‌های پرتوسنجی استفاده شد. نتیجه‌ها بیان‌گر قدرت بالای ماهواره‌ی سنتینل ۲ در بارزسازی دگرسانی‌های مرتبط با ذخیره‌های اورانیم است. هم‌چنین با توجه به زمین‌شناسی منطقه و هاله‌های دگرسانی و بررسی سطح مقطع‌ها، روش فیلتر سازگار یافته تنظیم اختلاط به خوبی توانسته است در تصویرهای سنتینل ۲ دگرسانی آرژیلی را بارز نماید. این تصویرها با توجه به زمین‌شناسی ناحیه از قدرت مناسبی برای تفکیک ماسه سنگ‌ها و سنگ‌های سیلیسی از واحدهای دیگر برخوردار هستند. در پایان ناحیه‌های امیدبخش برای پی‌جویی عنصرهای پرتوزا و حفظ و حراست از آن معرفی شد. هم‌چنین به جهت صحت‌سنجی، بررسی‌های صحرائی پیشین صورت گرفته از ناحیه، مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه‌ها تأییدکننده‌ی وجود مقادیر بالای عنصرهای پرتوزا در ناحیه است.

کلیدواژه‌ها: سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، داده‌های ماهواره‌ای، پرتوسنجی، ناهنجاری‌های پرتوزا

Modeling radioactive anomalies using satellite and the radiometry data in geographic information system (GIS): a case study in west province Kerman

M. Masoumi¹, M. Fallah Zazouli², S. Khojastehfar^{3*}, A. Shami Ghourchlou⁴, A. Eftekhari⁵

1. Exploration, Shahid Bahonar University of Kerman, P.O.Box: 76169-133, Kerman- Iran

2. Information Technology Management, Malek Ashtar University, P.O.Box: 15875-1774, Tehran- Iran

3. GIS, Islamic Azad University, Research Branch, P.O.Box: 14515-775, Tehran- Iran

4. Political Geography, University of Tehran, P.O.Box: 14155-6919, Tehran- Iran

5. Distance Learning, University of Tehran, P.O.Box: 14155-6919, Tehran- Iran

Abstract: Nowadays, one of the essential needs of human societies is the need for energy. Our country has also turned to new sources of energy supplies, i.e., the establishment of nuclear power plants in the direction of industrialization and energy supply. In this research we are reporting the discovery of radioactive elements in the western part of Kerman province. The study area is located at 160 km southwest of Kerman and 40 km north of Sirjan. This range is longitudinal, 55° 30' 00" - 56° 00' 00" eastern and 55° 30' 00" - 56° 00' 00" north latitude in 100,000 sheet of Pariz geological map. In this study, various methods such as mixture tuned matched filtering (MTMF), and orthogonal subspace projection (OSP) were applied for the process of the remote sensing data, and single-variable methods were also used to process the radiometric data. The results have indicated the high potential of the Sentinel 2 in showing the alterations associated with the uranium deposits. Also, due to the geology of the area and the alteration holes and the cross-sectional study of the mixture tuned matched filtering regulation, the MTMF method has been able to show the argillic alteration in the Sentinel 2. According to the geology of the area, these images have the proper potential to separate sandstones and silica gravel from other units. Finally, the promising areas for radioactive elements were identified and preserved. Also, due to the process validation, the previous field surveys from the area were also investigated, and the presence of high levels of radioactive elements in the area was confirmed.

Keywords: Geographic information system, Satellite data, Radiometry, Radioactive anomalies

*Email: saeedkhojastehfar@gmail.com

۱. مقدمه

به‌منظور اکتشاف اورانیم پرداخته‌اند، هم‌چنین مقتدری و همکاران [۸] در سال ۲۰۱۶، جمیل و همکاران [۹] در سال ۲۰۱۶، بهارتی و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۱۵، السعید و همکاران [۱۱] در سال ۲۰۱۴ با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای به منظور اکتشاف اورانیم به بررسی و استخراج دگرسانی‌های مرتبط پرداخته‌اند.

۳. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی منطقه‌ی مورد**مطالعه**

محدوده‌ی مورد مطالعه در غرب استان کرمان واقع است که از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در جنوب منطقه‌ی ایران مرکزی و به طور عمده در کمربند آتشفشانی ارومیه دختر قرار دارد. این ناحیه در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان و ۴۰ کیلومتری شمال سیرجان واقع است (شکل ۱). هم‌چنین این محدوده بین طول جغرافیایی $55^{\circ} 30' 00''$ تا $56^{\circ} 00' 00''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $29^{\circ} 30' 00''$ تا $30^{\circ} 00' 00''$ شمالی و در برکه ۱:۱۰۰,۰۰۰ زمین‌شناسی پاریز قرار دارد (شکل ۱).

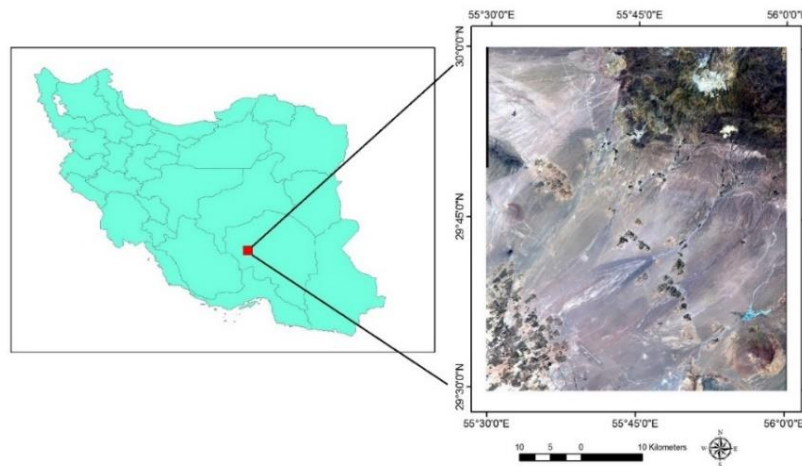
۴. زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه

در شمال شرقی محدوده‌ی مورد مطالعه واحدهای آگلومرا، توف و آندزیت با سن ائوسن قسمت اعظم ناحیه را در بر گرفته‌اند. این واحدها در نقشه‌ی زمین‌شناسی (شکل ۲) به رنگ نارنجی دیده می‌شوند. هم‌چنین واحدهای گرانودیوریت با سن سنوزوئیک در داخل واحدهای آندزیتی و آگلومرا به رنگ قرمز تیره در نقشه‌ی زمین‌شناسی (شکل ۲) مشخص است. در حاشیه‌ی واحدهای آگلومرا آندزیتی واحدهای ماسه-سنگی و کنگلومرایی دیده می‌شود. از لحاظ معیارهای اکتشاف اورانیم در منطقه، توده‌های گرانیتی نظیر گرانودیوریت‌ها در صورتی که متحمل دگرسانی شده و مقدرهای بالای تابش اورانیم و توریم را داشته باشند، احتمال بالایی برای کانه‌زایی اورانیم دارند. هم‌چنین با توجه به قابلیت شستشوی کانی‌های اورانیم‌دار و ته‌نشست مجدد آن‌ها در سنگ‌های رسوبی احتمال وجود منابع اورانیم رسوبی دور از انتظار نیست (شکل ۲).

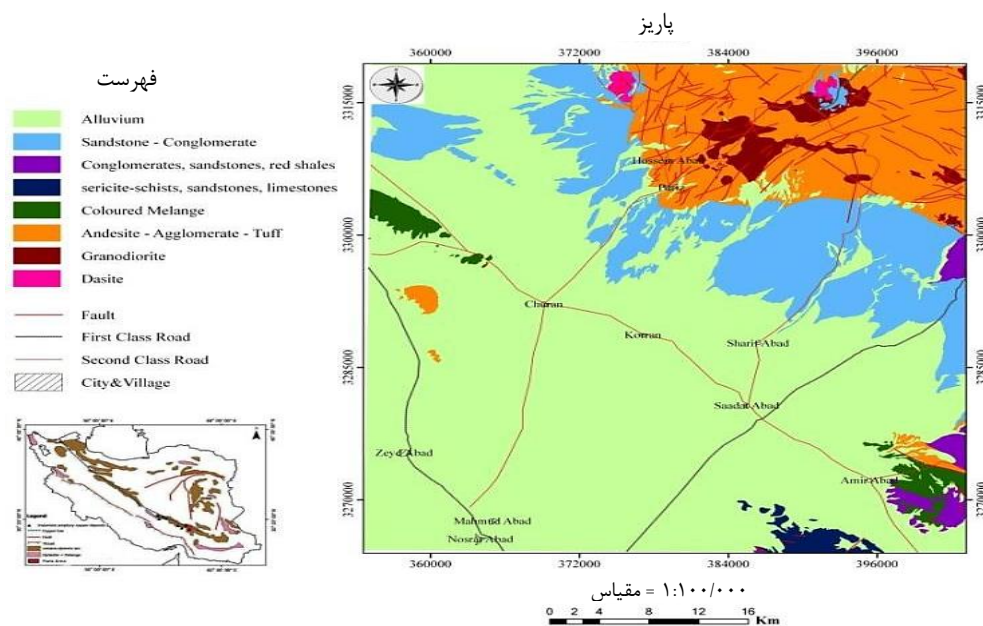
امروزه یکی از نیازهای ضروری جامعه‌های صنعتی نیاز به انرژی به منظور افزایش تولید و پیشرفت صنایع است. جمهوری اسلامی ایران نیز در راستای صنعتی شدن و تأمین نیاز انرژی کارخانه‌های خود به استفاده از منابع‌های اورانیم برای تأمین انرژی کارخانه‌ها و صنایع خود روی آورده است. بنابراین، اکتشاف منابع‌های اورانیم و حفظ و حراست از این منابع به عنوان مواد اولیه‌ی مورد نیاز تأمین انرژی در صنعت از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. امروزه یکی از روش‌های اکتشاف عنصرهای پرتوزا استفاده از روش‌های سنجش از دور و پرتوسنجی هوایی به منظور شناسایی ناحیه‌های امیدبخش اورانیم، و از مهم‌ترین مرحله‌های اولیه‌ی اکتشاف اورانیم است. با استفاده از سنجش از دور می‌توان دگرسانی‌های مرتبط با ذخیره‌های مواد پرتوزا را شناسایی نمود، هم‌چنین عملیات پرتوسنجی هوایی می‌تواند عنصرهای پرتوزای موجود در طبیعت را که در فرایند واپاشی خود به دیگر عنصرها، پرتوهای آلفا، بتا و گاما گسیل می‌کنند شناسایی کند و با توجه به قدرت نفوذ پرتو گاما، از اندازه‌گیری‌های این پرتو برای اکتشاف پرتوسنجی هوایی عنصرهای پرتوزا به‌خصوص اورانیم استفاده نماید. طیف‌سنجی پرتو گامای هوابرد در طی سال‌های زیادی برای تعیین مستقیم کانی‌های معدنی و تعیین نقشه‌های سنگ‌شناختی استفاده، و کاربردهای زیست محیطی آن نیز گسترش زیادی یافته است [۱]. در این پژوهش با استفاده از جدیدترین تصویرهای ماهواره‌ای، روش‌های جدید پردازش تصویرها و با استفاده از داده‌های پرتوسنجی، منطقه‌های امیدبخش کانه‌زایی عنصرهای پرتوزا در غرب استان کرمان شناسایی و برای مطالعه‌های آتی معرفی می‌شود.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

پژوهش‌گران زیادی از جمله الخادری و همکاران [۲] در سال ۲۰۱۶، پوروال و همکاران [۳] در سال ۲۰۱۵، صائن و همکاران [۴] در سال ۱۳۸۸، باشنی و همکاران [۵] در سال ۱۳۸۹، شاکرمی و همکاران [۶] در سال ۱۳۸۹، محمدیانی صیاد [۷] در سال ۱۳۹۳ به بررسی و پردازش داده‌های پرتوسنجی هوایی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ناحیه‌ی مورد مطالعه.



شکل ۲. برگه‌ی زمین‌شناسی با مقیاس ۱۰۰,۰۰۰ پاریز [۱۲].

۵. مواد و روش‌ها

داده‌های ماهواره‌ی سنتینل ۲^۲ مورد استفاده در این پژوهش در دو سین محدودی مورد مطالعه را پوشش داده است. سنجنده‌ی تصویرگیری سوارشده بر روی سنتینل ۲، دستگاه چند طیفی (ام اس آی)^۳ نام دارد که تصویرهای منحصربه‌فردی فردی را ارایه می‌دهد. این تصویرها دارای قدرت تفکیک مکانی متغیر ۱۰ تا ۶۰ m و شامل ۱۳ نوار در محدوده‌ی طیفی دیدگانی، زیرقرمز نزدیک و زیرقرمز موج- کوتاه هستند. علاوه بر این، سنتینل ۲ دارای عرض برداشت ۲۹۰ کیلومتر و مناسب نقشه‌برداری آهن اکسیدها و دگرسانی است.

داده‌های سنجنده‌ی ماهواره‌ی استرا^۱ مورد استفاده در این پژوهش در سطح تصحیح ۱T (L1T) تهیه شدند. داده‌های تصویری L1T برای پردازش به‌منظور انجام مطالعه‌های اکتشافی مناسب هستند. داده‌های سنجنده‌ی استرا با داشتن ۱۴ باند طیفی مختلف به دانشمندان و پژوهش‌گران امکان بررسی پدیده‌های زمینی را در طول موج‌های نور دیدگانی یا زیرقرمز گرمایی را فراهم می‌آورد.

2. Sentinel-2

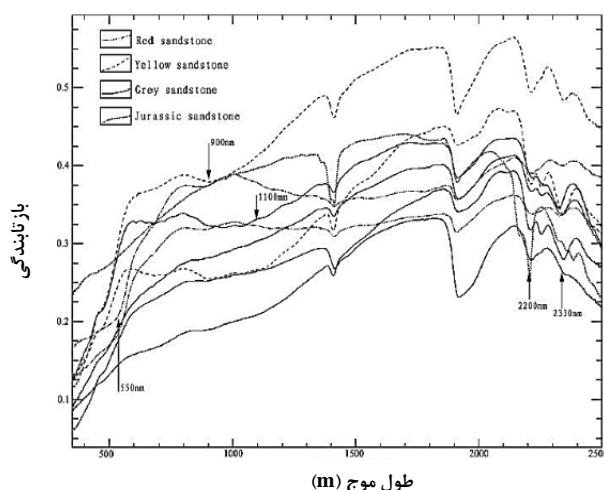
3. Multi spectral instrument (MSI)

1. ASTER

سنگی اورانیم و کانسارهای نوع آذرین درونی اورانیم وجود داشته است. بنابراین ابتدا به بارزسازی دگرسانی‌های مرتبط با این کانسارها پرداخته شد.

۱.۶ کانسارهای نوع ماسه سنگی اورانیم

در کانسارهای نوع ماسه سنگی اورانیم، ماسه سنگ‌ها از اهمیت بسزایی برخوردارند. طیف‌های انعکاسی ماسه سنگ نشان از نوارهای جذبی مشخص و بارزی در طول موج‌های ۵۵۰، ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۲۲۰۰ و $2330 \mu\text{m}$ دارد (شکل ۳). هم‌چنین در محدوده‌ی طول موج زیرقرمز گرمایی^۴ (TIR) نیز نوارهای جذبی مختلفی در طول موج‌های $8475 \mu\text{m}$ تا $10795 \mu\text{m}$ وجود دارد. ابتدا به بارزسازی ماسه سنگ‌ها و طیف سیلیس با استفاده از روش آشکارساز تصویر زیرفضای متعام بر روی تصویرهای ماهواره‌ای استر و سنتینل ۲ در منطقه پرداخته شد (شکل ۴). همان‌گونه که در شکل ۴ الف مشخص است تصویرهای سنتینل ۲ با استفاده از روش آشکارساز تصویر زیرفضای متعام در جنوب شرقی و شمال محدوده‌ی مورد مطالعه بر روی واحدهای کنگلومرا، ماسه سنگ و داسیتی ماسه سنگی از خود شدت بیشتری را نشان می‌دهند؛ دلیل بارزسازی داسیت‌ها احتمالاً مقدار بالای سیلیس در بنیان آن و تشابه با ماسه سنگ‌ها است. در شکل ۴ ب تصویر استر تنها ماسه سنگ‌ها و کنگلومرای جنوب شرقی و رسوبات را بارز نموده و نتوانسته است ماسه سنگ‌های قسمت شمالی محدوده‌ی مورد مطالعه را بارز نماید.



شکل ۳. طیف انعکاسی ماسه سنگ‌ها و سنگ‌های سیلیسی.

داده‌های مورد استفاده در پردازش پرتوسنجی در سال ۱۹۷۵ میلادی برای سازمان انرژی اتمی و با روش برداشت هوایی تهیه شده است. برداشت داده‌ها با فاصله‌های ۵۰۰ متر از یک‌دیگر و ارتفاع پرواز ۱۰۰ متر صورت گرفته است [۱۳].

۱.۵ آشکارساز تصویر زیرفضای متعام

روش آشکارساز تصویر زیرفضای متعام^۱ یک تحلیل اختلاط طیفی خطی است. مفهوم این عمل‌گر، تولید زیرفضای متعام بر روی بردارهای طیفی نامطلوب است، اگر بردارهای طیفی نامطلوب به چنین زیرفضایی برسند به دلیل این که تصویر یک بردار در زیرفضای متعام صفر است آن‌ها حذف خواهند شد و اگر طیف بردارهای طیفی همانند طیف هدف باشد در تصویر خروجی نشان داده خواهد شد. به طور کلی این آشکارساز از راه حذف اثر هدف‌های نامطلوب سعی در بهبود نتیجه‌های آشکارسازی دارد [۱۴].

۲.۵ صافی سازگار یافته‌ی تنظیم اختلاط

فرایند روش فیلتر کردن سازگار یافته‌ی تنظیم اختلاط^۲ می‌تواند در چهارچوب دو مرحله‌ی کلی بیان شود: (۱) برآورد فراوانی‌ها با روش پالایش تطبیقی (MF) و (۲) کاهش مقدرهای مثبت کاذب با روش هماهنگ با آمیزه (MT). با استفاده از الگوریتم پالایش تطابقی، تصویر ماهواره‌ای در قالب یک طیف رنگی خاکستری مشاهده می‌شود. در این خروجی، مقدار هر پیکسل تخمینی از فراوانی هدف‌ها را مشخص می‌کند. به عبارتی، هرچه مقدار حضور هدف در یک پیکسل بیشتر باشد، مقدار مربوط به آن پیکسل نیز بیشتر بوده و در تصویر خروجی الگوریتم پالایش تطابقی، سفیدتر دیده می‌شود. در خصوص الگوریتم فیلتر کردن سازگار یافته‌ی تنظیم اختلاط یک تصویر عدم امکان‌پذیری^۳ با استفاده از روش هماهنگ با آمیزه (MT) نیز علاوه بر تصویر پالایش تطبیقی (MF) به وجود می‌آید که مقدرهای بالای هر پیکسل آن به معنای عدم امکان وجود ماده‌ی موردنظر در آن پیکسل است [۱۵].

۶. بارزسازی دگرسانی‌های مرتبط با کانه‌زایی عنصرهای پرتوزا

با توجه به ساختارهای زمین‌شناختی منطقه‌ی مورد مطالعه، امکان تشکیل دو نوع کانسار اورانیم: کانسارهای نوع ماسه

1. Orthogonal subspace projection (OSP)
2. Mixture tuned matched filtering (MTMF)
3. Infeasibility

4. Thermol infrared

۲.۶ کانسارهای نوع آذرین درونی اورانیم

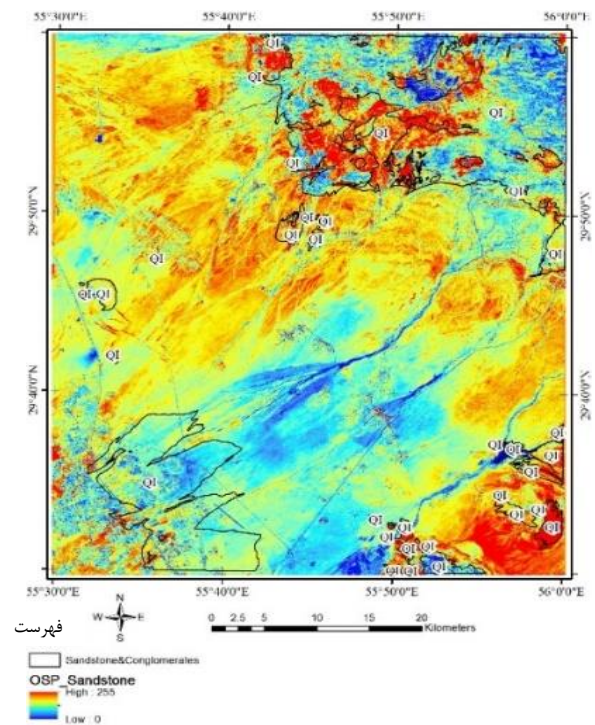
اورانیم به دلیل بزرگی شعاع یونی و ظرفیت زیاد در کربناتیت‌ها، پگماتیت‌ها، نفلین‌سینیت‌ها، آلکالی‌گرانیت‌ها و سایر سنگ‌های اسیدی آلکان و فوق آلکان متمرکز می‌شود. نمونه‌های عمده عبارت‌اند از کانسار راسینگ در نامیبیا، آثار اورانیم در کانسارهای مس پورفیری توین‌بیوت در امریکا، کانسار ایلی موساق در گرینلند، پالابورا در آفریقای جنوبی و بان کرافت در کانادا. در محدوده‌ی مورد مطالعه ابتدا به بارزسازی دگرسانی آرژیلیکی به عنوان دگرسانی غالب در سنگ‌های آذرین درونی با استفاده از صافی تطبیقی هم‌هنگ با آمیزه بر روی تصویرهای ماهواره‌ای سنتینل ۲ و استر در منطقه پرداخته شد (شکل ۵). همان‌گونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود هر دو تصویر به خوبی توانسته‌اند با روش صافی تطبیقی هم‌هنگ با آمیزه دگرسانی آرژیلیکی محدوده مورد مطالعه را بارز نمایند. تنها در شکل ۵ الف تصویرهای سنتینل ۲ توده‌های سرسیت شیستی جنوب ناحیه را هم به عنوان دگرسانی انتخاب نموده‌اند که درست نیست و تنها دگرسانی‌های شمال ناحیه را به خوبی بارز نموده است.

تصویرهای استر، ناحیه‌های دگرسان‌شده‌ی آرژیلیکی را که عموماً منطبق بر واحدهای گرانودیوریتی منطقه است به خوبی بارز کرده است. برخلاف تصویرهای سنتینل ۲ که واحدهای سرسیت شیستی را به عنوان دگرسانی آرژیلیک معرفی نموده‌اند، تصویرهای استر به خوبی این تفکیک را انجام داده‌اند.

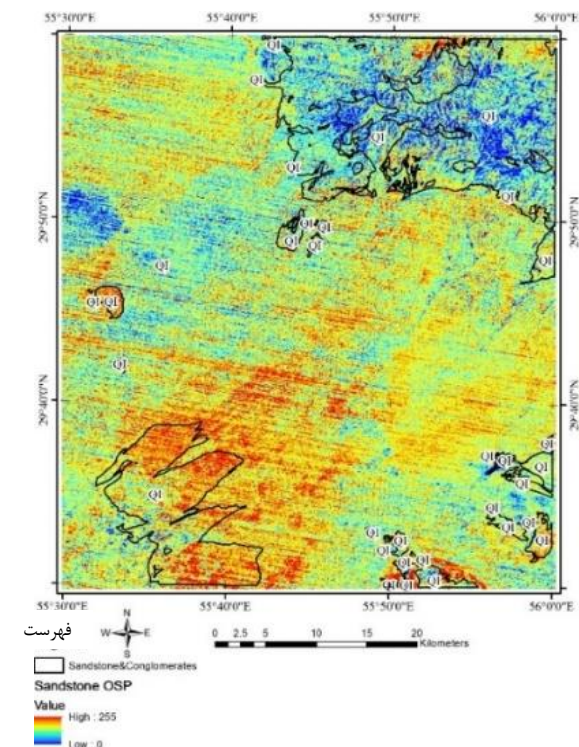
۷. عملیات برداشت صحرائی به منظور صحت‌سنجی

دگرسانی‌ها

پس از بارزسازی دگرسانی‌ها به منظور صحت‌سنجی و مقایسه‌ی نتیجه‌ها با نقشه‌های موضوعی استخراج‌شده از پردازش تصویرهای ماهواره‌ای، باید بر روی محدوده‌ی دگرسان‌شده، نمونه‌برداری صحرائی انجام گیرد. بنابراین در این پروژه از مطالعه‌های صحرائی [۱۵، ۱۶] بر روی محدوده‌ی سرچشمه استفاده شد (شکل ۶ تا ۸).

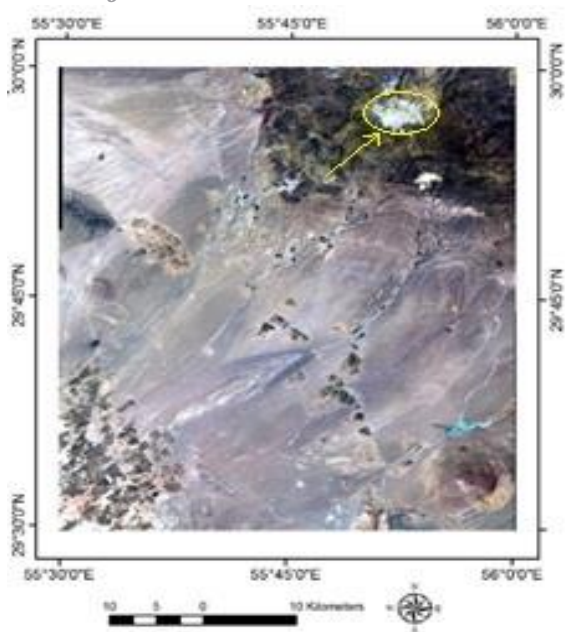


(الف)

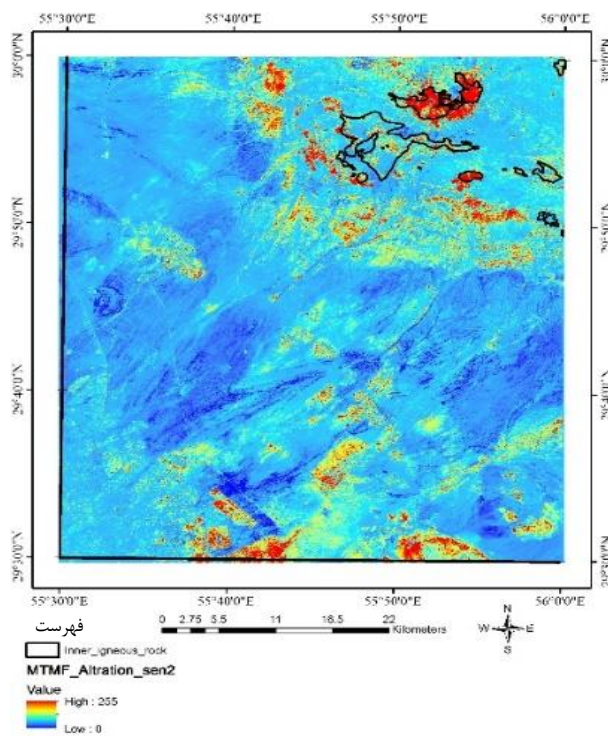


(ب)

شکل ۴. بارزسازی ماسه سنگ‌ها و سنگ‌های سیلیسی (الف) در محدوده‌ی TIR تصویرهای استر و (ب) با استفاده از تصاویر سنتینل ۲، با روش زیر فضای متعامد. (خط‌های مشکی منطقه‌های برخورد از سنگ‌شناسی ماسه‌ای و سیلیکاته را نشان می‌دهد).



شکل ۶. محدوده‌ی مس پورفیری سرچشمه که با دایره‌ی زرد رنگ مشخص شده است.

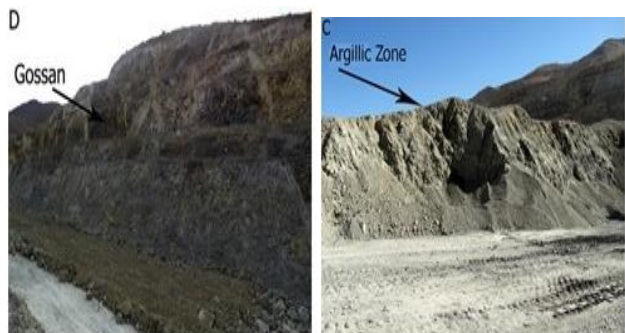


(الف)



(ب)

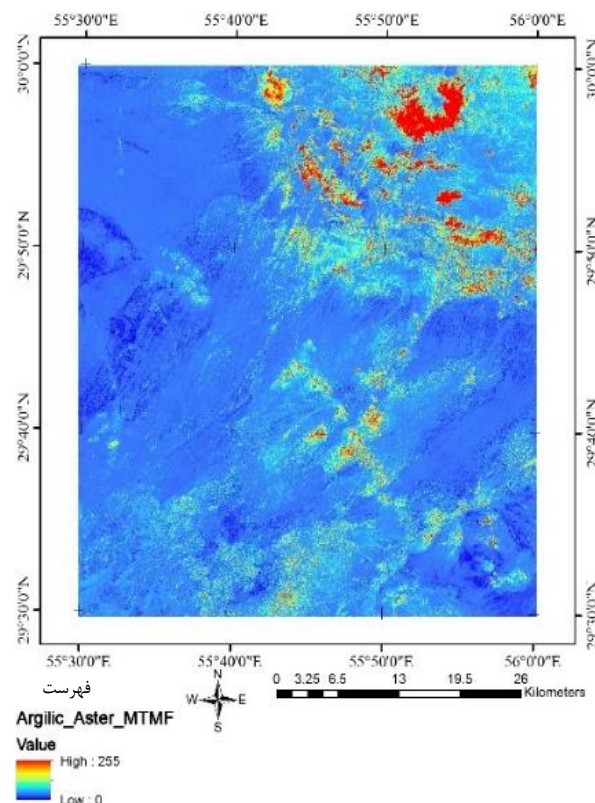
(الف)



(د)

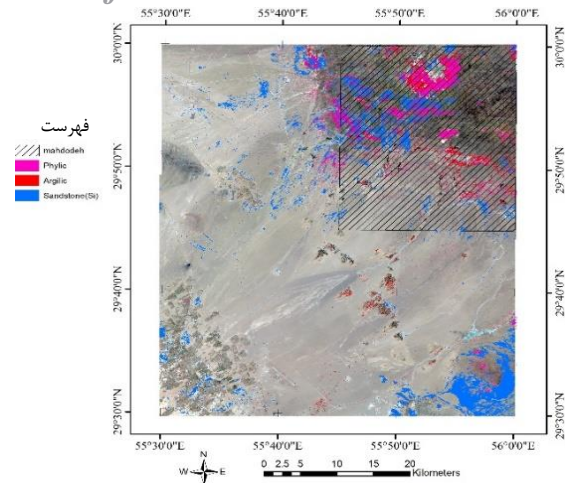
(ج)

شکل ۷. (الف) محدوده‌ی سرچشمه. (ب) منطقه‌ی فیلیک در محدوده‌ی سرچشمه. (ج) منطقه‌ی آرژیلیک در محدوده‌ی سرچشمه و (د) گوسان در محدوده‌ی سرچشمه [۱۶].

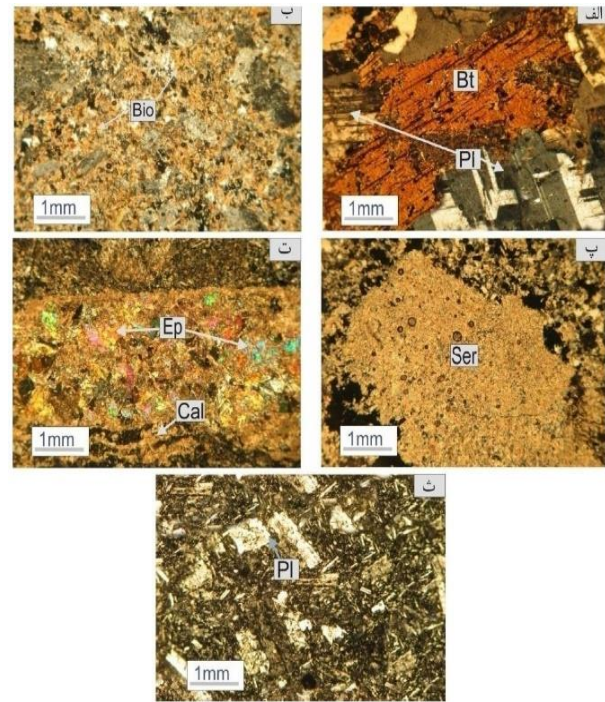


(ب)

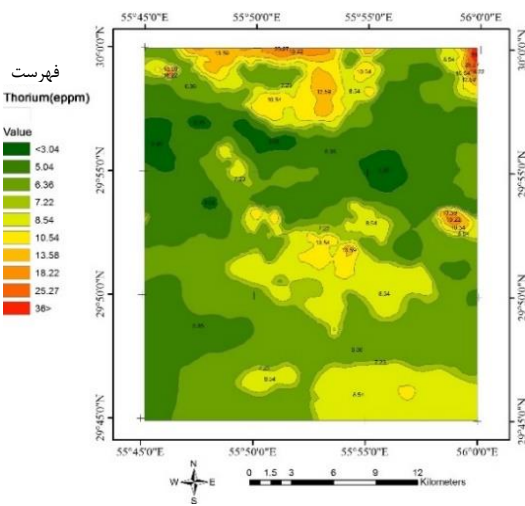
شکل ۵. بازسازی دگرسانی آرژیلیکی تصویرهای (الف) سنتینل ۲ و (ب) تصویرهای استر، با روش صافی تطبیقی هماهنگ با آمیزه. (خط‌های مشکی منطقه‌های برخوردار از سنگ‌شناسی گرانودیوریتی را نشان می‌دهد).



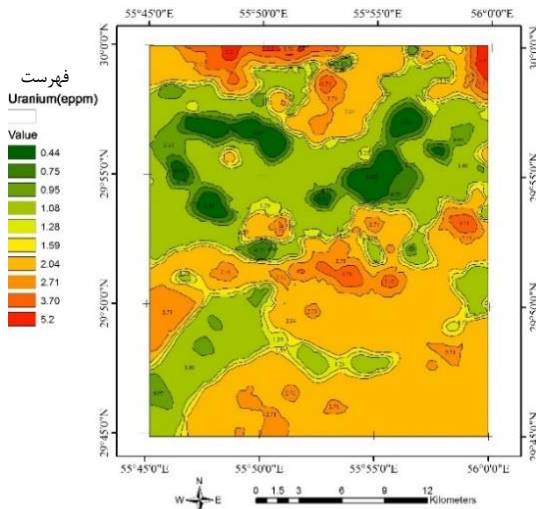
شکل ۹. ناحیه‌ی هاشورخورده محدوده‌ای است که داده‌های پرتوسنجی آن منطقه بررسی شده است. هم‌چنین دگرسانی‌هایی (آرژیلیکی، فیلیک و ماسه سنگی) که در مرحله‌ی قبیل با استفاده از روش‌های آشکارساز تصویر زیرفضای متعامد و فیلتر سازگار یافته‌ی تنظیم اختلاط بارز شده‌اند در تصویر مشخص هستند.



شکل ۸. الف) ریزنگار مربوط به نمونه‌ی تازه و دگرسان‌نشده‌ی حاصل از قسمت‌های عمقی تودهن فوذی گرانودیوریتی، بیوتیت و پلاژیوکلازهای اولیه؛ ب) ریزنگار مربوط به دگرسانی پتاسیک کانسار (هاله بیوتیتی) در این مقطع بیوتیت ثانویه در زمینه‌ای از کوارتز و آلکالی فلدسپار دیده می‌شود؛ پ) ریزنگار مربوط به دگرسانی فیلیک؛ ت) کانی‌های مافیک اولیه (بیوتیت و هورنبلند) و تبدیل شده‌اند به مقدار کم‌تر به پلاژیوکلاز در اثر دگرسانی به کلریت، اپیدوت و کربنات؛ ث) ریزنگار مربوط به آندزیت‌های تازه و دگرسان نشده‌ی اطراف کانسار، در این تصویر بلورهای پلاژیوکلاز در یک زمینه با خمیره‌ی میکروولیتیک تا شیشه‌ای حضور دارند [۱۶].



(الف)



(ب)

شکل ۱۰. نقشه‌ی پراکندگی الف) توریم و ب) اورانیم در منطقه.

۸. تجزیه‌ی تک متغیره‌ی مقدارهای اورانیم و توریم

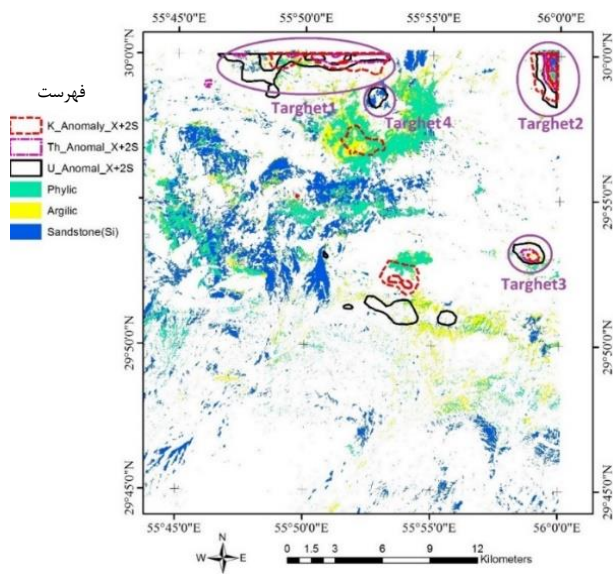
روش پرتوسنجی براساس اندازه‌گیری شدت و انرژی پرتو گامای گسیل شده در طول واپاشی ایزوتوپ‌های پرتوزای پتاسیم، اورانیم و توریم و تخمین نسبی این مواد در سنگ‌های سطحی است. به‌منظور بررسی پراکندگی اورانیم و توریم در منطقه، نقشه‌ی پراکندگی عنصرهای اورانیم و توریم رسم شد. نتیجه‌ها بیان‌گر وجود مقدارهای بالای اورانیم و توریم در شمال ناحیه‌ی مورد مطالعه است. هم‌چنین در قسمت شمال شرق و شرق ناحیه بر روی توده‌ی گرانودیوریتی نیز ناهنجاری بالای اورانیم و توریم مشخص است. هم‌چنین در این ناحیه دگرسانی شدید آرژیلیک و فیلک مشخص است. بنابراین پیشنهاد می‌شود بررسی‌های میدانی از این منطقه‌ها صورت گیرد (شکل‌های ۹ و ۱۰).

سوسوزنی ثبت شد، به منظور تعیین مقادیر اورانیوم و توریم نمونه برداری صورت گرفت و در نهایت منطقه‌های با پرتوزایی بالا مشخص و معرفی شدند (شکل ۱۲).

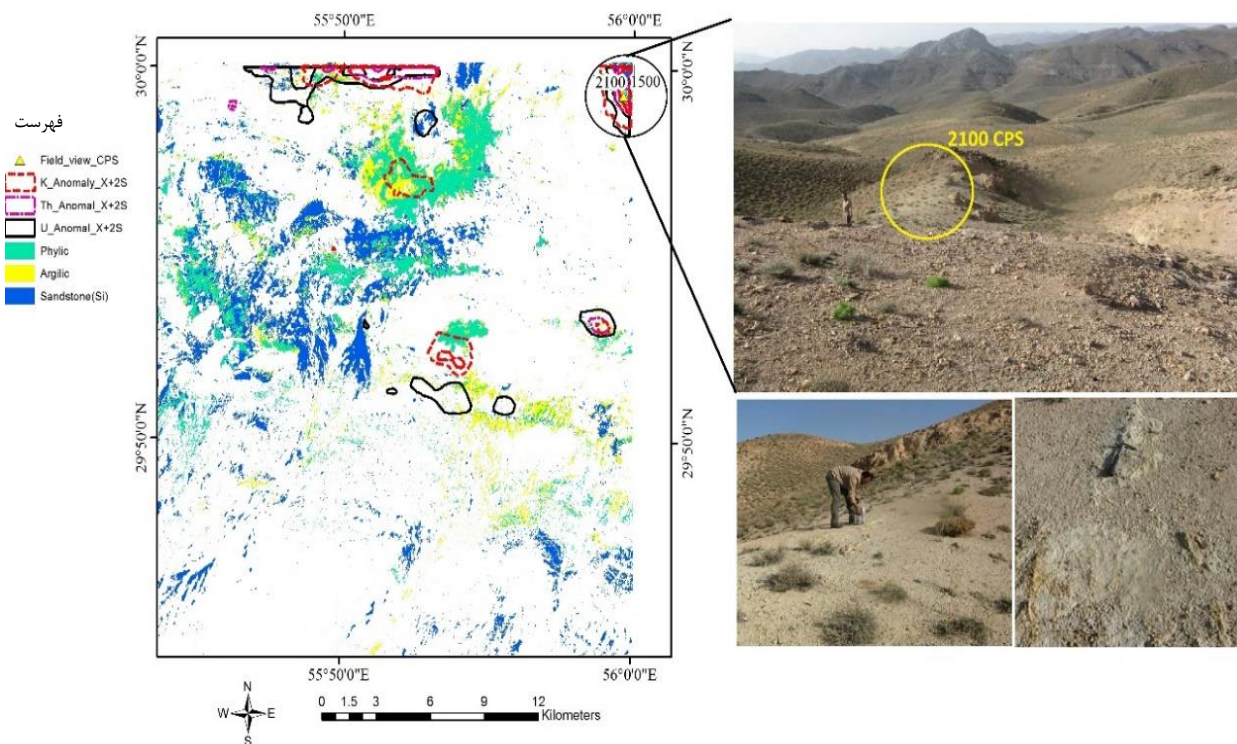
۹. معرفی ناحیه‌های امیدبخش کانه‌زایی عنصرهای پرتوزا پس از بررسی لایه‌های اطلاعاتی، سنگ‌شناختی‌های لیتولوژی‌های مستعد کانه‌زایی اورانیوم ماسه سنگی (ماسه سنگ‌ها) و اورانیوم مرتبط با کانسارهای مس پورفیری اورانیوم‌دار انتخاب شد. سپس با استفاده از داده‌های پرتوسنجی (اورانیوم، توریم و پتاسیم) ناحیه‌های مستعد کانه‌زایی انتخاب شد (شکل ۱۱). پس از بررسی‌های به‌عمل‌آمده ۴ ناحیه‌ی مستعد کانه‌زایی اورانیوم انتخاب و مشخص شد.

۱۰. عملیات برداشت صحرایی از ناحیه‌های مستعد کانه‌زایی اورانیوم

به منظور صحت‌سنجی ناحیه‌های امیدبخش شناسایی شده، از نتیجه‌های بازدید صحرایی پژوهش‌گران پیشین [۱۳]. استفاده شد. در عملیات کنترل صحرایی و برداشت‌های زمینی، محدوده‌ی اکتشافی ده سیاهان برای تعیین منطقه‌های امیدبخش و تفکیک ناهنجاری‌های بارزش از ناهنجاری‌های بی‌ارزش، برداشت‌های سوسوزنی‌سنجی نقطه‌ای انجام شد و از منطقه‌های با مقادیر بالای پرتو گاما که توسط دستگاه



شکل ۱۱. نقشه‌ی ناحیه‌های امیدبخش پی‌جویی اورانیوم.



شکل ۱۲. عملیات برداشت صحرایی در هدف شماره ۲، در این هدف در یک نقطه میزان تابش پرتو گاما به ۲۱۰۰ شمارش در ثانیه (CPS) رسیده است؛ برگرفته از [۱۳].

این برگه از لحاظ داشتن ناهنجاری‌های اورانیم و توریم بر روی توده‌های گرانودیوریت دگرسان‌شده اهمیت بالایی به منظور کانی‌سازی عنصرهای پرتوزا از خود نشان می‌دهد. همچنین ناهنجاری پتاسیم بر روی توده‌ی گرانودیوریتی که دگرسانی شدید فلیک دارد مشخص است که احتمالاً به دلیل وجود سرسیت در ساختار دگرسانی است.

مراجع

1. Samani, Bahram, *Radioactive Material Resources in Iran*, National Geosciences Database of Iran (2005) (In Persian).
2. A.A. Elkhadragey, et al, *Utilization of airborne gamma ray spectrometric data for radioactive mineral exploration of G. Abu Had-G. Umm Qaraf area*, South Eastern Desert, Egypt. NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics (2016).
3. A. Porwal, et al, *Fuzzy inference systems for prospectivity modeling of mineral systems and a case-study for prospectivity mapping of surficial Uranium in Yeelirrie Area*, Western Australia. Ore Geology Reviews, 71, 839-852 (2015).
4. S. Saen, et al, *Exploration and geochemical exploration of uranium region using trace elements in Esfardi 1: 100000 sheet area*, Mines Development Development Monthly, No. 2 (2009) (In Persian).
5. M. Bashi, Rezaei Farhang, H. Ranjbar, *Integration and Analysis of Radiometric and Magnetometric Data in the Bloor Region of Kerman*, First Conference of the Iranian Geological Society, Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad (2010) (In Persian).
6. M. Shakrami, *Integration of Geochemical, Geophysical and Elemental Data in Geographic Information System (GIS) for Determination of Uranium Indicators, Chador Malu (Bafgh)*, Master's Thesis for Exploration at Shahid Bahonar University of Kerman (2010) (In Persian).
7. H. Hamd Yani Sayyad, *Determining the Environment for the Destruction of Uranium Resources in the Range of Narigan*, 5th Mining Engineering Conference. Tehran (2014) (In Persian).
8. A. Moghtaderi, F. Moore, H. Ranjbar, *Application of ASTER and Landsat 8 imagery data and mathematical evaluation method in detecting iron minerals contamination in the Chadormalu iron mine area*, central Iran. Journal of Applied Remote Sensing, 11(1), 016027-0160 (2017).
9. K. Gemail, et al, *Integration of ASTER and airborne geophysical data for mineral exploration and environmental mapping: a case study, Gabal Dara, North Eastern Desert, Egypt*. Environmental Earth Sciences, 75(7), 592 (2016).
10. R. Bharti, R. Kalimuthu, D. Ramakrishnan, *Spectral pathways for exploration of secondary uranium: An investigation in the desertic tracts of Rajasthan and Gujarat*, India. Advances in Space Research, 56(8), 1613-1626 (2015).
11. M. Elsaid, et al, *Processing of Multispectral ASTER Data for Mapping Alteration Minerals Zones: As an Aid for Uranium Exploration in Elmissikat-Eleridiya Granites, Central Eastern Desert, Egypt*. The Open Geology Journal, 8, (Suppl 1: M5) 69-83 (2014).
12. Aslani, Abraham, Bahrodi, Abbas, Ghasemi, Qasem Semeshkandeh, *Identification of Copper Potential Areas in the Pariz Region Using Geochemical Studies of Waterway Sediments*, Journal of Geochemistry, Islamic Azad University, Volume 3, Issue 1 (In Persian).
13. H.R. Jafari, Z. Zarifi, Afshar, *Introducing Uranium Abnormalities in the Ten Siah Region located in Tabriz 1: 250,000 Sirjan*, Journal of Land and Resources of Lahijan, , issue1. (In Persian).
14. A.A. Hasani Pak, M. Sharafoddin, *Exploratory Data Analysis*, Tehran University Press, Second Edition (2005) (In Persian).
15. Pour, Amin Beiranvand, M. Hashim, *The application of ASTER remote sensing data to porphyry copper and epithermal gold deposits*, Ore geology reviews, 44, 1-9 (2012).
16. M. Ma'ani Jou, M. Directini, M. Abdollahi, N. Saharro, *Geochemical Study of Hostile Volcanic Rocks and Mineralogy of Argillic Alteration in Sarcheshme Porphyry Copper Deposit: Based on New Data*, Applicable Period, 1, Issue, 13 (1392) (In Persian).

۱۱. نتیجه‌گیری

با توجه به زمین‌شناسی منطقه و هاله‌های دگرسانی و بررسی سطح مقطع‌ها، روش فیلتر سازگار یافته تنظیم اختلاط به خوبی توانسته است در تصویرهای سنتینل ۲ دگرسانی آرژلیکی را بارز نماید. همچنین این تصویرها با توجه به زمین‌شناسی ناحیه از قدرت مناسبی برای تفکیک ماسه سنگ‌ها و سنگ‌های سیلیسی از واحدهای دیگر برخوردار هستند