

شناسایی منابع زمین گرمایی در منطقه تفتان با استفاده از سنجش از دور

فاطمه آتش پنجه خادمی¹، مهدی هنرمند²، رضا حسن زاده³، هادی شهریار⁴

¹دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، fatemehkhademi92@yahoo.com،
²استادیار، گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته،
mehonarmand167@gmail.com
³استادیار، گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته،
hassanzadeh22@yahoo.com
⁴استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، shahriarihi@gmail.com

چکیده

انرژی زمین گرمایی در اثر حرکت آب از طریق شکستگی‌ها و تخلخل موجود در سنگ‌ها به سطح زمین حرکت می‌کند و بصورت چشمه‌های آبگرم، آبفشان و بخارات آتش‌فشانی ظاهر می‌شود. منابع انرژی تجدیدناپذیر محدود و رو به اتمام هستند. انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی زمین گرمایی، بادی و غیره جایگزین مناسبی برای این منابع می‌باشند. این تحقیق با هدف شناسایی منابع زمین گرمایی در منطقه آتش‌فشان تفتان با استفاده از تصاویر لندست 8 انجام شد. دمای سطحی زمین، واحدهای سنگی، گسل‌ها، نواحی اکسید آهن و دگرسانی‌های گرمایی مشخص شدند. پس از وزن دهی به هر لایه، نقشه پتانسیل زمین گرمایی منطقه به وسیله روش منطق فازی تهیه شد. نتایج حاصل نشان داد در قسمت شرق منطقه پتانسیل زمین گرمایی منطبق بر تراورتن‌ها می‌باشد و منطقه مطالعاتی از نظر زمین گرمایی منطقه فعالی است. همچنین پتانسیل‌های زمین گرمایی مطابقت خوبی با گسل‌ها، دگرسانی هیدروترمال و سنگ‌های آذرین نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، انرژی زمین گرمایی، منطق فازی، آتش‌فشان تفتان، لندست

Identification of geothermal resources in the Taftan area using remote sensing

Fatemeh Atash Panjeh Khademi¹/ Mehdi Honarmand²/ Reza Hassan Zadeh³/ Hadi Shahriari⁴

¹ M.Sc. student, Graduate University of Advanced Technology, fatemehkhademi92@yahoo.com

² Assistant professor, Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, mehonarmand167@gmail.com

³ Assistant professor, Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, hassanzadeh22@yahoo.com

⁴ Assistant professor, Department of mining engineering, Vli-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan shahriarihi@gmail.com

Abstract

Geothermal energy moves to the surface of the earth through the fractures and porosity in the rocks and appears as hot springs, geysers, and the volcano vapors. Non-renewable energy sources are limited and expiring. Geothermal, wind, etc are appropriate alternatives for these resources. This study was performed with the aim of identifying geothermal resources in the Taftan volcano region using Landsat 8 images. Surface temperatures, rock units, faults, iron oxide zones, and hydrothermal alterations were determined. After weighing each layer, geothermal potential map of the area was prepared by fuzzy logic method. The results showed that the geothermal potential in the eastern part of the region corresponds to the travertine and the study area is geothermally active. Geothermal potentials also showed good agreement with faults, hydrothermal alteration and igneous rocks.

Keywords: Geothermal energy, Fuzzy logic, Taftan volcano, Landsat

1 مقدمه

بخشی از انرژی زمین که با سیال به سطح زمین انتقال می‌یابد را انرژی زمین گرمایی می‌گویند. تمرکز این انرژی بیشتر در نواحی آتشفشانی و زلزله خیز می‌باشد که دارای گسل و شکستگی است (Huenges 2009). با کاهش ذخایر انرژی فسیلی، جهان با کمبود انرژی مواجه خواهد شد. انرژی‌های تجدیدپذیر باید جایگزین انرژی‌های تجدیدناپذیر شوند تا این کمبود انرژی جبران شود. انرژی زمین گرمایی یکی از منابع نو و سازگار با محیط زیست است که نقش مهمی را در موازنه‌ی انرژی کشور ایفا میکند (کی‌نژاد" و همکاران" 1391، رزاقی 1390). داده‌های سنجش از دور حرارتی برای نقشه‌برداری و تعیین ناهنجاری‌های دمای سطح زمین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند. Eneva et al. 2006 با استفاده از تصاویر حرارتی ASTER به اکتشاف منابع زمین گرمایی در شرق کالیفرنیا پرداختند. Coolbaugh et al. 2007 به بررسی ناهنجاری‌های دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر حرارتی ASTER در چشمه‌های آب گرم نوادا پرداختند. Wu et al. 2012 نقشه دمای سطح زمین و شناسایی اطلاعات حرارتی در ارتباط با گسل را با استفاده از سنجش از دور حرارتی در چین انجام دادند. رضایی (1390) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به اکتشاف مناطق انرژی زمین گرمایی در محلات با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، مغناطیس‌هوایی و ژئوشیمیایی پرداخت. آراسته و همکاران (1393) با استفاده از سنجش از دور، شناسایی پتانسیل زمین گرمایی را در خراسان جنوبی انجام داده‌اند. تباکی بجستانی و همکاران (1393) شناسایی منابع زمین گرمایی در فردوس با استفاده از سنجش از دور حرارتی را انجام و همبستگی مکانی دو منبع زمین گرمایی را با دو آتشفشان خاموش و چشمه آبگرم نشان دادند. هدف مطالعه حاضر شناسایی منابع زمین گرمایی در آتشفشان تفتان با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست 8 از طریق پردازش این داده‌ها می‌باشد.

1-1 زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مکران با طول حدود 1000 کیلومتر و در روند تقریباً شرقی-غربی از جنوب شرق ایران تا جنوب پاکستان ادامه دارد. این منطقه یکی از مناطق فرورانشی فعال کره زمین در حال حاضر است. این محدوده جز زون نه‌بندان-خاش (کوه‌های خاور ایران) است. آتشفشان تفتان یک آتشفشان چینه‌ای است که از پایین به بالا شامل سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌های داسیتی در زیر، توف و ایگنمبریت در وسط و گدازه‌های آندزیتی در بالاست که در بین آن‌ها آذرآواری‌ها و گدازه‌های داسیتی از همه بیشتر است (آق‌ناباتی، 1383). در قسمت شمالی کوه تفتان قدیمترین سنگهای رخنمون یافته به طور عمده از سرپانتینیت‌ها، سنگ‌های اسپیلیتی و نهشته‌های سیلیسی کلاستیک موسوم به فلیش‌های شرق ایران تشکیل شده‌اند که از لحاظ سنی متعلق به ائوسن می‌باشند. واحدهای سنگی مشاهده شده در قسمت شمالی عمدتاً شامل سنگهای آذرین بیرونی و درونی هستند و بیشتر به صورت استوک و دایک قابل مشاهده می‌باشند (مختاری و همکاران 1393). منطقه‌ی مورد مطالعه در بخش جنوب غربی و غرب نقشه‌ی 1:100000 تفتان قرار گرفته است. طبق این نقشه قدیمی‌ترین واحدهای رخنمون یافته شیل‌های مربوط به کرتاسه بالایی است و در این محدوده بیشتر توف‌های آندزیتی، داسیت، جریان‌های گدازه‌ای آندزیتی مربوط به سنوزوئیک به چشم می‌خورد.

2 روش تحقیق

پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست 8 مربوط به 9 ژوئن 2018 انجام شد. ابتدا پیش پردازش‌های لازم بر روی باندهای مرئی، فرورسرخ نزدیک و باندهای حرارتی انجام شد. با بررسی شرایط منطقه و شناخت عوامل تشکیل منابع زمین گرمایی، لایه‌های مؤثر بر شناسایی این منابع از جمله درجه حرارت سطحی زمین، واحدهای سنگی، دگرسانی‌های هیدروترمال و گسل‌ها با استفاده از روش‌هایی که در ادامه توضیح داده می‌شود تولید و در سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از روش منطق فازی تلفیق شدند.

1-2 دمای سطح زمین

تصویر دمای سطحی یکی از مؤلفه‌های مهم تعیین انرژی زمین گرمایی است. در مرحله نخست مقادیر DN باند حرارتی به مقادیر تابش طیفی تبدیل سپس مقادیر تابش با استفاده از رابطه (1) به دمای تابشی تبدیل می‌شوند.

$$T_{sensor} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1+1}{L_\lambda}\right)} \quad \text{رابطه (1)}$$

در این فرمول k_1 و k_2 مقدار کالیبراسیون ثابت می باشند. T دمای تابشی برحسب کلوین و L_λ رادیانس طیفی می باشد.

جنبشی برای اجسام یکی نیستند اما رابطه مستقیم دارند. دمای جنبشی سطحی محاسبه شده بر حسب درجه سانتی گراد در شکل 1- الف نشان داده شده است. رابطه (2)

که در آن T_{LST} دمای تابشی سطح زمین، λ طول موج تابش منتشر شده، ρ عددی ثابت و T_B به ترتیب نشرپذیری و دمای اندازه گیری شده در ماهواره هستند که با نرم افزار به دست آمده اند.

2-2 واحدهای سنگی

اصلی ترین واحدهای سنگی در مبحث زمین گرمایی تراورتن ها هستند زیرا در اثر فعل و انفعالات آب چشمه های گرم با سطح زمین ایجاد می شوند بنابراین اهمیت بیش تری به آن ها داده می شود. رسوبات تراورتنی می توانند در کنار چشمه های آب گرم نباشند و در اثر فعالیت چشمه های قدیمی تشکیل شده باشند که هم اکنون خشک شده اند (غفاریان، 1396). جهت شناسایی و جدانمودن تراورتن ها می توان از ترکیب رنگی 752 سنجنده OLI استفاده نمود که این سنگ ها با رنگ قهوه ای قابل تشخیص اند (شکل 1 ب). با استفاده از نقشه رقومی زمین شناسی 1:100000 منطقه، سنگ های آذرین، رسوبی، دگرگونی و تراورتن ها (شکل 1 ج) بین 10 تا 1000000 وزن دهی و با یکدیگر تلفیق شدند و لایه واحدهای سنگی منطقه بدست آمد.

2-3 دگرسانی های هیدروترمال

دگرسانی های گرمایی در ارتباط مستقیم با فعالیت زمین گرمایی می باشند. محل توزیع دگرسانی ها به شناسایی منابع زمین گرمایی کمک می کند (غفاریان، 1396). برای تعیین مناطق تحت تأثیر دگرسانی های هیدروترمال، روش های نسبت بانندی، آنالیز مؤلفه ای اصلی و کمترین مربعات رگرسیون شده استفاده شد.

2-3-1 نسبت بانندی

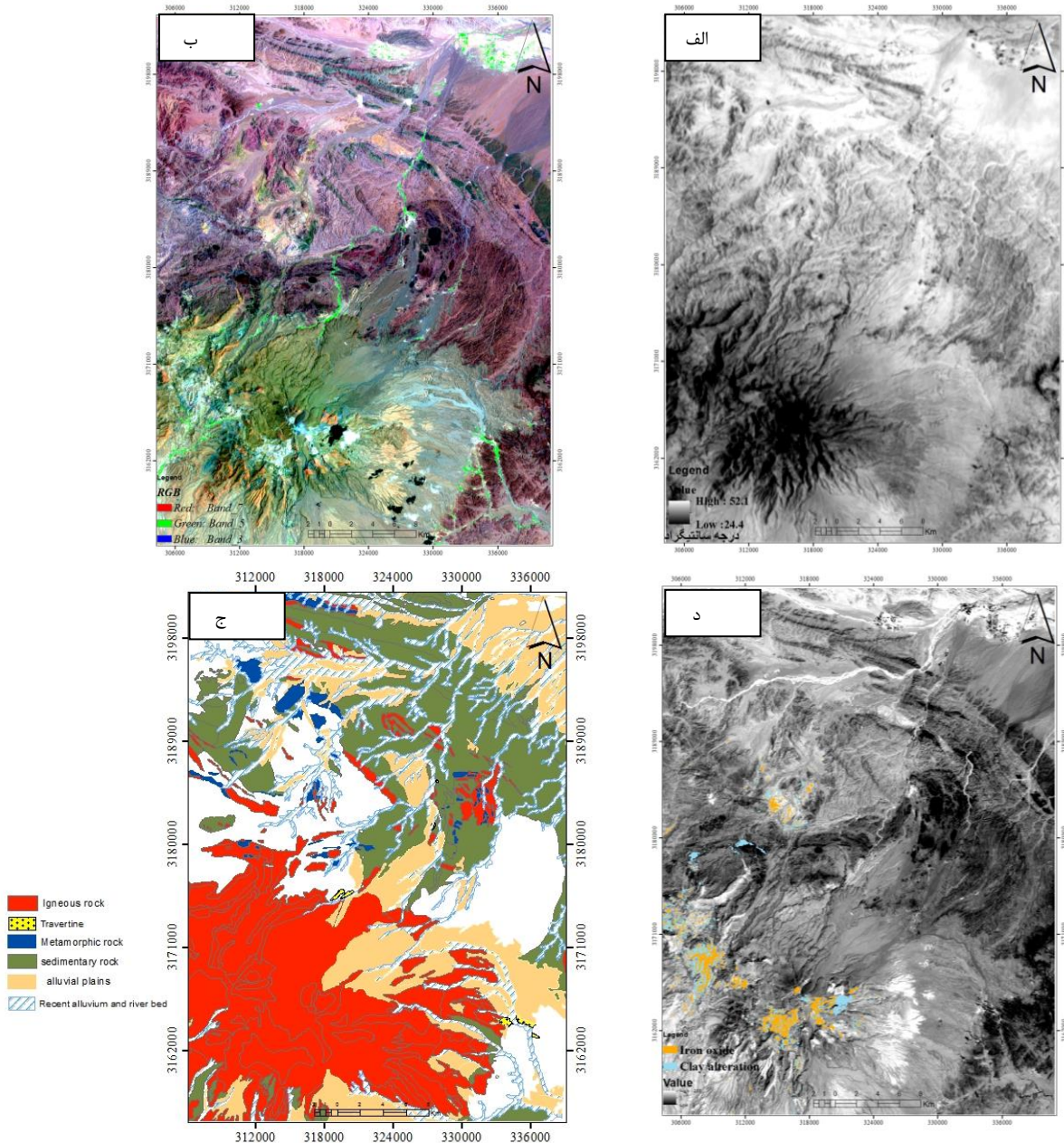
نسبت بانندی یکی از روش های رایج و قدرتمند در پردازش تصاویر ماهواره ای می باشد (Rowan & Mars 2003). با این روش می توان اثرات سایه و توپوگرافی را در تصویر از بین برد و اختلاف بین درجه روشنایی را آشکار کرد. این روش ارزش DN یک باند را بر ارزش DN باند دیگر تقسیم و ارزش DN جدید را به صورت تصویر خاکستری نمایش می دهد (Gabr et al. 2015). از نسبت بانندی 4/2 برای بارزسازی اکسیدهای آهن و از نسبت 6/7 برای بارزسازی دگرسانی های رسی استفاده شد.

2-3-2 آنالیز مؤلفه اصلی

تبدیل تعدادی از باندهای همبسته به تعداد کمتری از باند نا همبسته را آنالیز مؤلفه اصلی نامیده می شود. این روش سبب کاهش اطلاعات اضافی باندها، ضمن حفظ و نگهداری اطلاعات موجود در آن است (Gupta 2003). از روش مؤلفه اصلی انتخابی برای نقشه برداری اکسیدهای آهن و دگرسانی ها از باندهای 6، 4 و 2 و 7 استفاده شد.

2-3-3 کمترین مربعات رگرسیون شده

این روش بر اساس برآورد خطی است که در آن متغیرهای خطی، باندهای ورودی و مدل می باشند و اطلاعات تخمین زده از این باندها به عنوان خروجی است (Mia & Fujimitsu 2012). برای تعیین دگرسانی رسی باند 7 به عنوان باند مدل و برای شناسایی اکسیدهای آهن باند 3 به عنوان باند مدل انتخاب شد. دگرسانی ها و اکسیدهای آهن در منطقه با استفاده از روش های فوق بدست آمده اند (شکل 1 د).



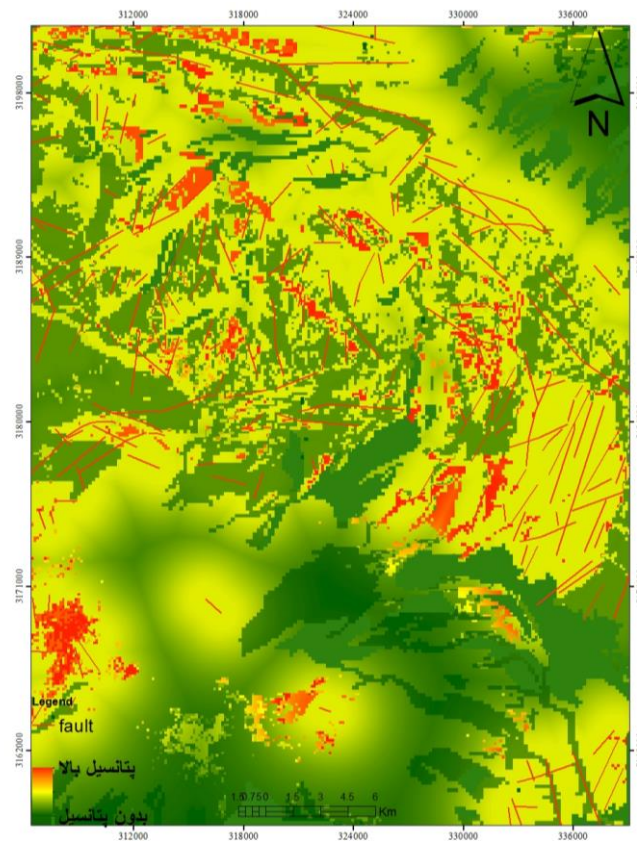
شکل 1) الف: دمای جنبشی سطحی محاسبه شده منطقه مطالعاتی برحسب درجه سانتیگراد. ب: ترکیب رنگی $10\% / 10\%$ که در آن تروارتن‌ها به رنگ قهوه‌ای تا کرم دیده می‌شوند. ج: نقشه واحدهای سنگی بعد از طبقه بندی سنگ‌ها. د: نقشه نهایی دگرسانی‌ها و اکسیدهای آهن بعد از تلفیق نتایج حاصل از پردازش‌های انجام شده.

2-4 گسل‌ها

گسل‌ها به دلیل اینکه عامل اصلی ایجاد تخلخل و تراوایی در منابع زمین گرمایی در مقیاس ناحیه‌ای می‌باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. (تباکی بجستانی و همکاران، 1393). گسل‌های منطقه با استفاده از فیلترهای جهت دار، ترکیب رنگی و نقشه زمین شناسی منطقه در نرم افزار ArcGIS ترسیم و ازبافرگذاری برای وزن دهی به آنها استفاده شد.

5-2 تلفیق لایه‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی

روش‌های مختلفی برای تلفیق لایه‌های اکتشافی و پتانسیل یابی‌های گوناگون زمین وجود دارد که این روش‌ها به سه گروه دانش‌محور، داده‌محور و ترکیبی تقسیم می‌شوند. از روش‌های دانش‌محور می‌توان منطق فازی، منطق بولی، هم‌پوشانی شاخص دوتایی را نام برد. از روش‌های داده‌محور می‌توان به شبکه عصبی، رگرسیون منطقی و وزن‌های نشانگر اشاره کرد. در روش‌های دانش‌محور وزنی به هر لایه براساس لایه‌های ورودی و اهمیت آن‌ها داده می‌شود. این نقشه‌های شاهد (لایه‌های شاهد) به منظور معرفی نواحی امیدبخش تلفیق می‌شوند (هنرمند، 1390)؛ یوسفی و کامکار روحانی، (1389). در این تحقیق از روش دانش‌محور منطق فازی برای تلفیق لایه‌ها استفاده شده است (شکل 2). مطابق شکل 6، مناطق مستعد جهت مطالعات زمین‌گرمایی دقیق‌تر، همبستگی و مطابقت خوبی با مکان قرارگیری گسل‌ها، دگرسانی‌های هیدروترمال و سنگ‌های آذرین دارند. از این نقشه می‌توان برای کاوش‌های میدانی و انجام مطالعات بعدی استفاده نمود.



شکل 2) تصویر نهایی تلفیق اطلاعات به روش منطق فازی و مناطق مستعد زمین‌گرمایی

3 نتیجه‌گیری

مناطق زمین‌گرمایی مشخص شده همبستگی مکانی با گسل‌ها، دگرسانی‌ها و سنگ‌های آذرین دارند. در قسمت شمال و شمال شرق منطقه به دلیل وجود شهر و آسفالت که دمای بالا دارند را به عنوان آنومالی در نظر گرفته است. در قسمت شرقی مناطق مستعد منطبق بر تراورتن‌ها که یکی از مهمترین نشانگرهاست می‌باشند. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان منطقه تفتان را یک منطقه زمین‌گرمایی فعال قلمداد نمود. علائم سطحی زمین‌گرمایی مانند توف‌ها، مناطق دگرسان‌شده، چشمه‌های آبگرم و تراورتن‌ها در این منطقه یافت می‌شوند که با استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌توان این علائم را شناسایی و برای بررسی‌های بعدی پیشنهاد نمود.

منابع

- کی نژاد، ص، مختاری، ار، فتحیان پورن، ایران نژادی، م، ر، 1391، پتانسیل یابی منابع زمین گرمایی استان آذربایجان شرقی در مقیاس 1:250000 با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی و اکتشافی در محیط GIS، زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره 3، جلد 1، ص 105-116.
- رزاقی، ا، 1390، انرژی زمین گرمایی و کاربردهای آن، نشاءعلم، سال دوم، شماره اول، ص 35-30.
- رضایی، م، 1390، کاربرد فن‌آوری داده‌های ماهواره‌ای در اکتشاف مناطق انرژی زمین گرمایی در بخش مرکزی ایران (مجلات) و اعتبارسنجی نتایج با استفاده از داده‌های مغناطیس هوایی و ژئوشیمیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد.
- آراسته، ف، احمدی زاده، س، ر، فنائی خیرآباد، غ، ع، اشرفی، ع، 1393، شناسایی پتانسیل‌های زمین گرمایی با استفاده از روش سنجش از دور حرارتی در خراسان جنوبی، پژوهش‌های محیط زیست، سال 5، شماره 10، ص 135-144.
- تباکی بجستانی، ک، خواجه‌الدین، س، ج، ا، مختاری، ار، جعفری، ر، 1393، شناسایی منابع زمین گرمایی با داده‌های سنجش از دور مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی، فردوس، سنجش از و GIS ایران، سال 6، شماره 3، ص 31-49.
- غفاریان، ه، 1396، پتانسیل‌سنجی منابع زمین گرمایی در منطقه تخت سلیمان با استفاده از تلفیق داده‌های زمین‌شناسی، سنجش از دور و ژئوفیزیک در محیط GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- هنرمند م، 1390، مدلسازی پتانسیل معدنی کمربند فلز زایی مس کرمان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه دکتری، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- یوسفی، م، کامکار روحانی، ا، 1389، اصول روش‌های مدل‌سازی پتانسیل معدنی (در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی)، انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ص 1، 224.
- اقاباتی علی، 1383، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مختاری، زهرا، بومری، محمد، باقری، ساسان، 1393، بررسی کانی زایی طلا و مس پوروفیری با استفاده از شواهد پتروگرافی و دگرسانی در منطقه سیاه جنگل، شمال کوه تفتان، جنوب شرق ایران، ششمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، شهریور ماه 1393.

-Huenges, E., 2009, Geothermal Energy Systems, Exploration, Development and Utilization, WILEY-VCH, Germany.

-Eneva, M., Coolbaugh, M. and Combs, J., 2006, Application of Satellite Thermal Infrared Imagery to Geothermal Exploration in East Central California, GRC Transactions, Vol. 30, PP. 407 - 411.

-Coolbaugh, M.F.; Kratt, C.; Fallacaro, A.; Calvin, W.M. & Taranik, J.V. 2007. Detection of geothermal anomalies using advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) thermal infrared images at Brady's Hot Springs, Nevada, USA. Remote Sensing of Environment, 106, 350-359.

-Wu, W.; Zou, L.; Shen, X.; Lu, Sh.; Kong, F. & Dong, Y. 2012. Thermal infrared remote-sensing detection of thermal information associated with faults: A case study in Western Sichuan Basin, China, Journal of Asian Earth Sciences, 43, 110-117.

-Rowan LC, Mars JC, 2003, Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data, Remote Sens Environ, 84, 350-366.

-Gabr SS, Hassan SM, Sadek MF, 2015, Prospecting for new gold-bearing alteration zones at El-Hoteib area, South Eastern Desert, Egypt, using remote sensing data analysis, Ore Geol Rev, 71, 1-13.

-Gupta RP, Remote Sensing Geology, 2003, 3 Edition, Springer-Verlage, Berlin, 655.

-Mia B, Fujimitsu Y, 2012, Mapping hydrothermal altered mineral deposits using Landsat 7 ETM + image in and around Kuju volcano, Kyushu, Japan, 1049-1057.