





مقایسه روش پیکسل مبنا و زیر پیکسل مبنا در شناسایی دگرسانیهای منطقه ظفرقند استان اصفهان، به کمک دادههای سنجنده ASTER

سيد سعيد قنادپور'، سمانه اسمعيل زاده كلخوران

s.ghannadpour@aut.ac.ir ^اعضو هیئت علمی، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران samaneesmaelzade@aut.ac.ir ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران

چکیدہ

به علت بهبود در روشهای سنجش از دور و تجزیه و تحلیلهای موجود، تهیه نقشههای سنگشناسی و دگرسانی یک منطقه امکان پذیر است. بعضی از انواع ته نشستهای کانیایی به افقهای سنگشناسی با سن خاص محدود هستند که این معیارها در طی اکتشاف مهم میباشند. اگر چه پژوهشهای بسیاری در ارتباط با دادههای سنجش از دور در تعیین واحدهای زمین شناسی همچون سنگهای آذرین، رسوبی یا دگرگونی انجام شده، اما به دلیل نقش پر اهمیت دادههای سنجنده استر با داشتن باندهای مناسب جهت اکتشاف ذخایر نوع پورفیری، اپی ترمال، ذخایر سنگ معدن کرومیت و مگنتیت، در این پژوهش از تصویر این سنجنده به منظور بارزسازی دگرسانیهای مرتبط با نوع پورفیری در منطقه ظفرقند واقع در شمال شرق استان اصفهان استفاده شده است. در مطالعه حاضر، با استفاده از باندهای مرتبط (VNIR) و مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR) سنجنده استر و با هدف مقایسه تکنیکهای طیف مبنا و پردازش تصاویر به شناسایی زونهای دگرسانی در منطقه ظفرقند پرداخته شده است. بدین منظور از روش SID به عنوان روش طیف مبنا و از روش ACE به عنوان زونهای دگرسانی در منطقه ظفرقند پرداخته شده است. بدین منظور از روش GID به عنوان روش طیف مبنا و از روش ACE به عنوان زونهای دگرسانی در منطقه ظفرقند پرداخته شده است. بدین منظور از روش GID به عنوان روش طیف مبنا و از روش ACE به شناسایی زونهای دگرسانی در منطقه ظفرقند پرداخته شده است. بدین منظور از روش GID به عنوان روش طیف مبنا و از روش ACE به عنوان

واژەھاى كليدى

ظفرقند، دگرسانی، ذخایر پورفیری، SID ،ACE.



۱. مقدمه

استفاده روز افزون از فلزات و مصنوعات فلزی باعث شده است که انسان جهت تأمین نیازهای خود با استفاده از روشهای مختلف، درصدد اکتشاف و استحصال مواد اولیه مورد نیاز از زمین باشد. بی شک اکتشاف این مواد که مهمترین آنها فلزات میباشند، کار سادهای نبوده و روشهای خاص خود را میطلبد. استفاده از دادههای ماهوراهای به دلیل میدان دید فرا منطقهای، تکرار دادهها در مدت زمان کم، چند باندی بودن، توانایی بارزسازی و فراهم نمودن تصاویر رنگی جهت انجام مهمترین کارهای صحرایی از قبیل تعیین موقعیت زونهای آلتراسیون، تعیین موقعیت قرارگیری، نقشهبرداری ساختاری و سنگشناسی به کار گرفته شده و روشن است که صرفهجویی در زمان با کسب دقت بیشتر در بررسیهای مختلف منابع معدنی شده است. فنون سنجش از دور امکان شناسایی و اکتشاف مقدماتی یک محدوده

- ۲- تهیه نقشههای زمین شناسی و شناسایی گسلها و شکستگیهایی که نهشتههای معدنی دارند.
 - ۲- شناسایی سنگهای دگرسان شده بر اساس ویژگیهای طیفی آنها.

کمربند فلززایی تتیس از شرق اروپا (رومانی، اسلواکی و ترکیه) تا خاورمیانه (ایران، پاکستان و افغانستان) ادامه دارد. ایران به عنوان یکی از بزرگترین نواحی بر روی ۱۷۰۰ کیلومتر از این کمربند واقع شده است و ذخایر بزرگی از مس پورفیری مانند سرچشمه، سونگون، درهزار را به خود اختصاص میدهد. بخشی از این کمربند را کمان آتشفشانی-ماگمایی ارومیه-دختر (UDMA) شامل میشود. منطقه اکتشافی ظفرقند (در شمالشرقی اصفهان) در بخش میانی این کمان واقع شده است (شکل ۱). در سالهای اخیر مطالعات بسیاری در مورد این منطقه صورت گرفته که در ادامه به شرح مختصری از آنها پرداخته خواهد شد.



شکل ۱: A: نمایش موقعیت منطقه اکتشافی ظفرقند در بخش مرکزی کمان ارومیه-دختر (UDMA) و E: بخشی از نقشه ساده شده زمینشناسی اردستان و شهراب با مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ (پس از اندکی تغییرات از ([۱] (موقعیت قرارگیری شکل ۲ نیز در این شکل نمایش داده شده است).



کارهای اکتشافی اولیه در منطقه به شکل تهیه نقشه زمینشناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ برداشت نمونههای سنگی و برداشت مقاطع زمین فیزیکی در منطقه بوده است [۲].

پس از آن مطالعات ژئوشیمیایی و پترولوژیکی متعددی چون [۳–۱۰] بر روی سنگهای آتشفشانی و آتشفشانی رسوبی میزبان این توده و تودههای گرانیتوئیدی همجوار یا مشابه و دایکهای آندزیتی – بازالتی قطع کننده سنگهای آتشفشانی ائوسن انجام شده است. سال ۱۳۹۰ پتروژنز توده گرانیتوئیدی ظفرقند توسط صادقیان و قفاری مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت [۱۱]. امین الرعایایی یمینی و همکاران با نگرشی بر تحولات کانیشناسی و ژئوشیمیایی منطقه، به بررسی دگرسانیهای گرمابی این کانسار پرداختند [۱۲].

۲. زمینشناسی منطقه مورد بررسی

منطقه اکتشافی مس ظفرقند در جنوب شرقی اردستان در ۱۱۰ کیلومتری شمال شرق اصفهان در ایران مرکزی واقع شده است. این کانسار در غرب ظفرقند به عنوان بخشی از برگه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ اردستان با جغرافیایی "۵۵ "۳۲ "۵۲ تا "۲۶" ۳۵ طول شرقی و "۲۵ ٬۱۱ ° ۳۳ تا "۳۰ ٬۱۰ ° ۳۳ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۲) [۱]. به منظور دستیابی به منطقه میتوان از راههای آسفالته اردستان-نایین در غرب منطقه، اردستان-اصفهان در بخش میانی منطقه، ظفرقند-زفره در بخش جنوبی و اردستان-نطنز در بخش شمالی منطقه استفاده نمود. کانسار مورد مطالعه در منتهاالیه بخش غربی زون ساختاری ایران مرکزی و بر روی بخش مرکزی کمان ولکانوپلوتونیسم ارومیه-دختر واقع شده است و همانند سایر ذخایر مس پورفیری ایران و جهان، منشا ماگمایی داشته است.



شکل ۲: نقشه زمین شناسی ساده شده منطقه اکتشافی ظفرقند (پس از تغییرات از [۱]).

بر پایه بررسیهای صحرایی و سنگنگاری انجام شده در این منطقه، سنگهای آذرین اسیدی تا حدواسط شامل سنگهای آتشفشانی و نفوذی متعلق به دوره زمانی ائوسن بالایی و جوان تر رخنمون دارند که در ادامه به شرح واحدهای سنگی پرداخته میشود [۱]. ریولیت در منتهاالیه گوشه شمال غربی با رنگ خاکستری صورتی برون زد نسبتاً کوچکی در طرح دارد (شکل ۲). بافت این سنگها پورفیری با خمیره شیشهای جریانی است. داسیت و ریوداسیتها محدوده وسیعی از منطقه را با رنگ خاکستری تا سبز در برمی گیرند. (شکل ۲). این واحد مهمترین سنگ میزبان کانیسازی مس در منطقه محسوب میشود و بافت پورفیری با خمیره فلسیک دانه ریز، بی شکل و حفرهای دارد. آندزیتها در جنوب غربی و غرب منطقه رخنمون نسبتاً بزرگی دارند (شکل ۲) و به رنگ خاکستری تیره دیده می شوند و به علت فراوانی درشـت بلورها به شـکل حفرهای هسـتند. توده های نفوذی دیوریت، کوار تزدیوریت و میکرودیوریت در شـمال غربی و جنوب شرقی منطقه با رنگ خاکستری تیره برون زد دارند. توده نیمه نفوذی کوار تزدیوریت پورفیری در جنوب شرقی منطقه، وسعت کوچکی را میپوشاند (شکل ۲).



۳. مواد و روشها

تفکیک و به نقشه در آوردن زونهای دگرسانی در اکتشاف تیپهای مس پورفیری از اهمیت ویژهای برخوردار است. به منظور بارزسازی این زونهای دگرسانی از تکنیکهای سنجش از دور استفاده شدهاست. در راستای هدف اصلی در این مطالعه و برای بارزسازی دگرسانیهای مختلف و کانیهای شاخص و مهم در ارزیابی پتانسیل معدنی در منطقه مورد مطالعه، از تصاویر سنجنده ASTER بهره گرفته شده است. سنجنده استر AASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) بر روی ماهواره تعار گرفته و در سال ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شدهاست. دادههای این سنجنده طبق جدول ۱ دارای ۱۴ باند است که سه باند در محدوده RNIR با توان تفکیک مکانی ۱۵ متر، شش باند در محدوده SWIR با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر و پنج باند در محدوده RIT با توان تفکیک مکانی ۹۰ متر قرار دارد (شکل۳). هر سین تصویر استر منطقهای به وسعت ۶*۶۰ کیلومتر را پوشش میدهد. تصاویر استر به دلیل تعدد باندها در محدوده SWIR و SWIR میری سین تصویر استر منطقهای به وسعت ۶*۶۰ کیلومتر را پوشش میدهد. تصاویر استر به دلیل تعدد باندها در محدوده SWIR و SWIR کاربرد زیادی در مطالعات زمین شناسی به ویژه تشخیص زونهای دگرسانی دارند. باندهای SWIR این تصاویر محدودههای جذبی H-O-IA، H-O-IA، استر منطقهای به وسعت ۶*۶۰ کیلومتر را پوشش میدهد. تصاویر استر به دلیل تعدد باندها در تشخیص در 20، HO-OA، H-O-IA، SINA را دارند که مطالعات نشان داده دگرسانی هیدروترمال وکانیهای آلونیت، کلولینیت، کلسیت، دلومیت، کلریت و تالک در باند SWIR قابل شناسایی هستند. کانسار مس پورفیری معمولا توسط دگرسانی هیدروترمال مشخص می شوند که هسته مرکزی با کوارتز و پتاسیم است و در اطراف آن تعدادی زون دگرسان دیگر وجود دارد [۴۰–۱۵] از دیگر ویژگیهای سنجنده

الف- تصاویر استر بر مبنای نیازهای زمین شناسی طراحی شدهاند، بنابراین در این زمینه کارایی بالایی دارند.

ب- از تفکیک طیفی خوبی در محدوده مادون قرمز طول موج کوتاه (محدودهای که میتوان بسیاری از کانیها را از یکدیگر تفکیک کرد) برخوردارند.

ج- برخورداری از قدرت تفکیک رادیومتریک بسیار خوب (۱۰ و ۱۲ بیت) که تصاویری با کیفیت و نسبت سیگنال به نویز بالا را موجب شده است [۱۶].



شکل ۲: موقعیت قرار گیری باندهای سنجنده استر، در بازه طول موج الکترومغناطیسی [۱۷].



۱.۳. ترکیب رنگی کاذب (FCC)

یکی از رامهای شناسایی پدیدمهای زمینشناسی استفاده از ترکیبات رنگی است. از آنجا که اغلب تصاویر ماهوارهای به شکل چند باندی در دسترس قرار دارند، تجزیه و تحلیل یک باند به تنهایی نمیتواند حداکثر اطلاعات را در اختیار قرار دهد. فهم روابط بین طول موجهای متفاوت در تشخیص پدیدمها و نوع پوشش منطقه بسیار مهم است. این بینش در به تصویر کشیدن بیش از یک باند بر روی سامانههای پردازش تصویر و تولید تصاویر چند باندی سودمند خواهد بود. استفاده از این شیوه در تهیه تصاویر رنگی مرکب متداول است که در سه باند متفاوت به سه رنگ آبی، سبز و سرخ نسبت داده میشوند [۱۸]. نمایش همزمان سه باند تصویر در سه کانال قرمز، سبز، آبی (R,B,G) یا در سه کانال شدت رنگ و سیرشدگی (IHS)، سبب بارز شدن بسیاری از پدیدمها با رنگی ویژه خواهد شد. در ساخت ترکیبهای رنگی کاذب بهتر است از باندهایی که همبستگی کمتری نسبت به هم دارند استفاده شود [۱۹].

استفاده از رنگها اطلاعات بصری و مفهومی بیشتری از تصویر را در اختیار ما قرار میدهند. آنالیزهای تجربی نشان دادهاند که تصویری با ترکیب RGB=468 در تصاویر استر مناسبترین ترکیب رنگی برای شناسایی دگرسانی در اغلب کانسارها به ویژه مس پورفیری و طلای اپیترمال میباشد. کانیهای رسی، سریسیت، اپیدوت و کلسیت بازتاب بالایی در باند ۴ استر دارند. کلریت و اپیدوت نیز به دلیل وجود Fe و Mg-OH جذب بالایی در باند ۸ (محدوده ۲/۳۳–۲/۳۵ میکرومتر) دارند [۲۰]. دگرسانی فیلیک با رنگ صورتی، دگرسانی پروپیلیتیک با رنگ سبز تیره و همچنین دگرسانی آرژیلیک در جنوب شرق منطقه با رنگ صورتی روشن تا سفید مشخص میشوند [۱۲] (شکل۴).



شکل ۴: بارزسازی دگرسانیها با RGB=468 در تصویر استر، قسمتهای سبز تا سبز روشن نمایان گر زون پروپیلیتیک، صورتی رنگ مربوط به فیلیک و قسمتهای به رنگ صورتی روشن تا سفید هستند مربوط به زون آرژیلیک است.



۲.۳. روش واگرایی طیفی (SID)

واگرایی اطلاعات طیفی SID (Spectral Information Divergence) دوشی احتمالاتی است که از تئوری واگرایی بر گرفته شده است و تشابه طیفی بین دو بردار پیکسل را بر اساس اختلاف توزیع احتمال به دست آمده از اثر طیفی آنها اندازه گیری می کند [۲۲]. در مقایسه با روش زاویه طیفی (SAM) که پارامترهای هندسی بین دو اثر طیفی یا پیکسل برداری را بررسی می کند؛ روش واگرایی اطلاعات طیفی اختلاف بین توزیع احتمالی به وجود آمده از اثر طیفی را محاسبه مینماید [۲۳]. در نتیجه روش واگرایی طیفی مؤثرتر از روش زاویه طیفی در تشخیص دقیق تغییرات طیفی است [۳۳]. خروجیهای روش SID، به دو صورت تصاویر Rule و Classification است که اگر زاویه طیفی بهینه کانی مورد نظر، موجود نباشد با استفاده از تصویر Rule میتوان حد آستانه را تعیین کرد که عددی بین و ۱ است که مقادیر نزدیک به صفر مقادیر دقیق و سخت گیرانه هستند و مقادیر نزدیک به ۱ تمامی عارضههای تصویر را به عنوان هدف در نظر می گیرد. حد آستانه تعیین شده برای دگرسانیهای پروپیلیتیک، فیلیک موجود در منطقه به ترتیب ۱/۰ و ۱/۰ بوده است. نتیجه حاصل شده از روش آستانه تعیین شده برای دگرسانیهای پروپیلیتیک، فیلیک موجود در منطقه به ترتیب ۵/۰ و ۱/۰ بوده است. نتیجه حاصل شده از روش واگرایی اطلاعات طیفی (SID) در شکل ۵ نمایش داده شده است که این روش در شناسایی دگرسانیهای منطقه مورد مطالعه بخصوص در شناسایی دگرسانی فیلیک دقت قابل قبولی را داشته است. در شناسایی دگرسانی می منطقه مورد مطالعه بخصوص در شناسایی دگرسانی فیلیک دقت قابل قبولی را داشته است. در شناسایی دگرسانی موجود در مناطق جنوب شرق محدوده، مربوط به



شکل۵: نقشه حاصل شده از روش واگرایی طیفی، مناطق سبز رنگ مربوط دگرسانی پروپیلیتیک، نواحی قرمز رنگ مشخص کننده دگرسانی فیلیک هستند.



.۳.۳ روش آشکارساز انطباق منطقی (ACE)

(1)

این آشکارساز از یک تابع توزیع به منظور مدل کردن زمینه استفاده میکند. به عبارت دیگر این روش نیازی به طیفهای مربوط به اجزای خالص پس زمینه ندارد، که این فرض معادل با حذف پس زمینه ساختار یافته است. در این روش پس زمینه به صورت یک تابع توزیع گوسین با میانگین صفر و کواریانس مقیاس شده، σ با فرضهای رابطه ۱ مدلسازی میشود:

 $H: x \sim N(Sa_s, \sigma_1^2 \Gamma)$ $Ho: x \sim N(o, \sigma_0^2 \Gamma)$

عبارت مقیاس σ، معمولاً به صورت تجربی بدست نمی آید و باید به صورت تئوریک حاصل شود. از آنجا که طیف زمینه در این الگوریتم وارد نمی شود بنابراین شروط غیرمنفی بودن فراوانی ها و مجموع برابر ۱ بودن آنها ارضا نخواهد شد. بر خلاف چنین فرض های ساده؛ این آشکارساز یکی از قدر تمندترین آشکارسازهای موجود است [۳۳]، همچنین در این روش فرض بر این است که یک مجموعه داده مستقل به صورت رابطه ۲ وجود داشته باشد:

$$Y = \{Y_i | y_i \sim N(O, \Gamma), i = 1, ..., N\}$$
(7)

با ترکیب رابطه ۱ و ۲، رابطه احتمال توام فرض H₀ و H₁ قابل استخراج خواهد بود. سپس اگر مقدار N یک مقدار بسیار بزرگ فرض شود، میتوان واریانس و کوواریانس را تخمین زد. در نهایت میتوان آشکارساز ACE را در قالب رابطه ۳ ارائه نمود [۲۳]:

$$T = \frac{(d^{T}\Gamma^{-1}x)^{2}}{(d^{T}\Gamma^{-1}d)(x^{T}\Gamma^{-1}x)}$$
(7)

در این معادله b؛ طیف مرجع و X طیف پیکسل می باشد. در صورت انطباق کامل پیکسل با طیف مرجع (x=d)، حاصل عبارت برابر با ۱ خواهد بود و هر چه اختلاف دو طیف کمتر شود حاصل عبارت کمتر از یک خواهد بود.

روش آشکارساز انطباق منطقی (ACE) برای بارزسازی دگرسانیهای پروپیلیتیک و فیلیک با طیف کانیهای شاخص کلریت و مسکوویت اعمال گردید که نتایج حاصل شده در شکلهای ۶ و ۷ قابل مشاهده است. رنگهای اختصاص شده بر اساس احتمال وجود کانی شاخص دگرسانی هدف در منطقه است به عنوان مثال در شکل ۶ که مربوط به دگرسانی فیلیک است؛ ۷۰-۸۰ درصد (مناطق آبی رنگ) احتمال حضور کانی مسکوویت در منطقه وجود دارد.





شکل ۶: احتمال حضور کانی مسکوویت جهت بارزسازی دگرسانی فیلیک در منطقه مورد مطالعه، مناطق زرد رنگ ۳۰-۵۰ درصد احتمال حضور کانی مسکوویت، مناطق قرمز رنگ ۵۰-۷۰ درصد و مناطق آبی رنگ ۷۰-۸۰ درصد وجود کانی مسکوویت را توسط روش ACE نشان میدهند.





شکل ۷: احتمال حضور کانی کلریت جهت بارزسازی دگرسانی پروپیلیتیک در منطقه مورد مطالعه، مناطق سبز رنگ ۲۳-۳۴ درصد و مناطق قرمز رنگ ۳۴-۵۰ درصد وجود کانی کلریت را جهت بارزسازی دگرسانی پروپیلیتیک توسط روش ACE نشان میدهند.

۴. نتیجهگیری

دادههای سنجنده ASTER در گستره وسیعی از کاربردهای مرتبط با مطالعات زمینشناسی از جمله شناسایی کانیهای مناطق دگرسان شده مرتبط با تودههای کانسار، مورد استفاده قرار میگیرد و زمینشناسان را قادر به تولید نقشههای زمینشناسی دقیق در راستای کاهش هزینههای مبتنی بر کارهای میدانی خواهد نمود و از نظر وقت و هزینه نیز بسیار مقرون به صرفه میباشد. مطالعه حاضر، به منظور مقایسه روش زیر پیکسل مبنا ACE و روش پیکسل مبنا SID در شناسایی کانیهای دگرسانی در منطقه ظفرقند واقع در شمال شرق اصفهان انجام شد. نتایج حاصله از دو روش ACE و روش پیکسل مبنا SID در شناسایی کانیهای دگرسانی در منطقه ظفرقند واقع در شمال شرق اصفهان انجام دگرسانیهای موجود در منطقه داشته است. روش SID در بارزسازی دگرسانی پروپیلیتیک در منطقه موفق تر از روش ACE بوده است این در حالی است که روش ACE در بارزسازی دگرسانی فیلیک دقت و صحت بالاتری رو به همراه داشته است.



۵. مراجع

 [1] اعلمی نیا، ز.، باقری، ۵.، صالحی، م.، ۱۳۹۶. بررسیهای زمین شیمیایی، زمین فیزیکی و مطالعات سیالات در گیر در محدوده اکتشافی ظفرقند (شمال خاور استان اصفهان، ایران). زمین شناسی اقتصادی، ۹(۲)، ۲۹۵–۳۱۲.

[Y] ANJC (Alamut Naghsh-e-Jahan Company), 2011. Initial exploration report of Zafarghand copper index, Isfahan, Iran. 270 pp. (in Persian)

[۳] بهرامیان، ص.، ۱۳۸۶. مطالعه پترولوژیکی و ژئوشیمیایی توده نفوذی بغم، شمال شرق اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی، گروه زمین شناسی، دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی، ایران.

[۴] خلعتبری جعفری، م.، ۱۳۷۱. پلوتونیسم ترشیری منطقه اردستان پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

[۵] محمدی، س.، ۱۳۷۴. بررسی ولکانیسم ترشیری منطقه اردستان (ایران مرکزی). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

[۶] لطیفی، ر.، ۱۳۷۹. بررسی زمین شناسی و پترولوژی و ژئوشیمی تودههای نفوذی جنوب و شمال غرب ظفرقند. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

[۷] نصر اصفهانی، ع.، وهابی مقدم، ب.، ۱۳۸۹. موقعیت تکتونیکی و ماگمایی رخنمونهای فلسیک الگوسن در جنوب اردستان (شمال شرق اصفهان). پترولوژی، دانشگاه اصفهان، ۲(۱)، ۹۵–۱۰۸.

[۸] هنرمند، م.، مؤید، م.، جهانگیری، ا.، بهادران، ن.، ۱۳۸۹. بررسی ویژگیهای ژئوشیمیایی مجموعه نفوذی نطنز شمال اصفهان. پترولوژی،
 ۲۵–۸۸.

[۹] جباری، ع.، قربانی، م.، کوپکه، ی.، ترابی، ق.، شیردشت زاده، ن.، ۱۳۸۹. پتروگرافی و شیمی کانیهای دایکهای غرب برونی (جنوب شرق اردستان، ایران): شواهدی از اختلاط ماگمایی. یترولوژی، ۱(۲)، ۱۷–۳۰.

[۱۰] یگانه فر، ه.، قربانی، م. ر.، ۱۳۸۹. ژئوشیمی و پتروژنز سنگهای بازیک جنوب اردستان. بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

[۱۱] صادقیان، م.، قفاری، م.؛ ۱۳۹۰. پتروژنز توده گرانیتوییدی ظفرقند (جنوب شرق اصفهان). پترولوژی، ۲(۶)، ۴۷-۷۰.

[۱۲] امین الراعایایی یمینی، م.، طوطی، ف.، احمدیان، ج.، ۱۳۹۵. دگرسانی گرمابی کانسار مس پورفیری جنوب غرب ظفرقند با نگرشی بر تحولات کانیشناسی و ژئوشیمیایی منطقه. پژوهشهای دانش زمین، ۷(۲۵)، ۲۵–۹۰.

[17] Li, Q., Zhang, B., Lu, L., Lin, Q., 2014. "Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in Baogutu porphyry deposit, China, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 17: 012174.

[14] Goetz, A.F.H., Billingsley, F.C., Gillespie, A.R., Abrams, M.J., Squires, R.L., Shoemaker, E.M., Lucchitta, I., Elston, D.P., 1975. Applications of ERTS Image and Image Processing to Regional Problems and Geologic Mapping in Northern Arizon., NASA/JPL Technical Reports 32-1597, NASA: Pasadena, CA, USA.

[16] Rowan L.C., Hook S.J., Abrams M.J., Mars J.C., 2003. Mapping hydrothermally altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER), a new satellite-imaging system. Economic Geology 98(5), 1019–1027.

[1Y] Gupta, R.P., 2003. Remote sensing geology, Second edition, Springer, 655 p.

[1A] Campbell, J.B., Wynne, R.H., 2011. Introduction to Remote Sensing, Fifth Edition, Ukraine: Guilford Publications.





[19] Aboelkhair, H., Ninomiya, Y., Watanabe, Y., Sato, I., 2010. Processing and interpretation of ASTER TIR data for mapping of rare-metal-enriched albite granitoids in the Central Eastern Desert of Egypt. Journal of African Earth Sciences, 58(1), 141-151.

[7.] Mars, J.C., Rowan, L.C., 2006. Regional mapping of phyllic and argillic-altered rocks in the Zagros magmatic arc, Iran, using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data and logical operator algorithms. Geosphere 2(3), 161–186.

[71] Malekshahi, Sh., Rassa, I., Rashid Nejad Omran, N., Lotfi, M., 2019. "Investigation of satellite image processing results for alteration with field evidences in Sarkouh porphyry copper deposit. Iranian Remote Sensing & GIS, 10(4), 1-26. (In Persian)

[YY] Van der Meer, F., 2006. The Effectiveness of Spectral Similarity Measures for the Analysis of Hyperspectral Imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8, 3-17.

[77] Sun, Wenjin, Changming Dong, Wei Tan, and Yijun He. 2019. Statistical Characteristics of Cyclonic Warm-Core Eddies and Anticyclonic Cold-Core Eddies in the North Pacific Based on Remote Sensing Data. *Remote Sensing*, 11, no. 2: 208.