

شناسایی مناطق امیدبخش معدنی ورقه یکصد هزار طارم، با استفاده از داده های ماهواره ای، مغناطیس هوایی و ژئوشیمی در سامانه اطلاعات جغرافیایی

محمد قالی فروشان^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۲

چکیده

مدل سازی پتانسیل معدنی یک فرایند چند مرحله ای شامل تولید نقشه های شاندر. ترکیب آنها با یکدیگر و در نهایت رده بندی مناطق امیدبخش است. در این پایان نامه یک شبکه استنتاج دانش محور با استفاده از روش فازی پیوسته برای پتانسیل یابی مناطق امیدبخش مس پورفیری در ورقه ۱:۱۰۰۰ طرح بکار گرفته شده است. منطقه طارم به دلیل وجود چندین آندیس معدنی و پدیده های زمین شناسی موثر در کانی سازی مسی مثل توده های نفوذی اسیدی تا حد واسط، سنگ های ولکانیکی، مناطق وسیع دگرسانی و موقعیت تکتونیکی می تواند حاوی مناطق مستعدی جهت پتانسیل یابی مواد معدنی باشد از داده های زمین شناسی، تور ستجی، ژئوفیزیک و ژئوشیمی استفاده شد با استفاده از تصاویر ماهواره ای (سنجنده های ETM و ASTER و تکنیکهای مختلف در بارزسازی تصاویر نظیر روش تحلیل مولفه های اصلی، روش نسبت بانندی و فیلتر های آشکار ساز نبه، گسترش و نوع پدیده دگرسانی و واحدهای سنگی و خطواره ها و ساختارها برای تهیه لایه های شاهد استفاده میشود. همچنین با بهره گیری از نقشه زمین شناسی، مغناطیس هوایی و تصاویر ماهواره های خطواره و گل های منطقه نیز مشخص شده اند. پس از تهیه نقشه های تا در مسانی، چگالی گسل، انوشیمی ابراهمای و توده - های نفوذی از یک تابع لجستیک مناسب برای قرار گیری لایه ها در محدوده صفر و یک استفاده شد. در این مطالعه، برای بهبود نتیجه اکتشاف منابع معدنی و تعیین مناحلی هدف جهت اکتشافات تفضیلی، بدون استفاده از تندیس های معدنی و بدون قضاوت کارشناس، مشال سازی اساسی بر اساس وزنی پیوسته به فاکتورهای زمین شناسی انجام شده است.

واژگان کلیدی: سنجش از دور، مغناطیس هوایی، ژئوشیمی آبراشهای فازی سازی پیوسته، دگرسانی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، طارم.

^۱ گروه سنجش از دور، دانشگاه آزاد اسلامی قم.

مقدمه

گسترش صنایع معدنی مختلف و کاربردهای روزاخن مواد معدنی با توجه به نیازهای مردم سبب شده که کشورها به مواد خام معدنی بیشتری نیازمند باشند. شناسایی مناطق هدف یک فعالیت اکتشافی چند مرحله ای است که از مقیاس ناحیه ای کوچک مقیاس) شروع شده و تا متباسب محلی (بزرگ مقیاس) ادامه می یابد. امروزه نیاز روزافزون به مواد معدنی از جمله مس توجه به استان این فلز را هرچه بیشتر آشکار کرده است. یکی از انواع کانسارهای مس، کانسارهای مس پورفیری است. کانسارهای مس پورفیری کانسارهایی با تناژ بالا و یا ارتباط ژنتیکی با زون فرو رانش حاشیه قاره ها و جزایر قوسی هستند. بنابراین شناسایی گسلها و خطواره ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. همچنین وجود دگرسانی ها یکی دیگر از نشانه های کانی- سازی مس پورفیری است. در این تحقیق برای نشان دادن روش قازی پیوسته داده های شاهد قضایی و نیز تعیین مناطق پتانسیل دار معدنی از فاکتورهای زمین شناسی مانند پدیده های دگرسانی، نوع و جنس واحدهای سنگی و تیز گسل ها استفاده شده است. در این راستا از تصاویر ماهواره ای و نقشه مغناطیس هوایی بهره گرفته شده است.

زمین شناسی منطقه

۱- ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه نقشه ۱: ۱۰۰۰۰۰ هزار طارم با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۷ درجه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۹ درجه شرقی در شرق استان زنجان قرار گرفته است. بخش کوچکی از این محدوده نیز در استان قزوین قرار دارد. استان زنجان که آن را « قلات زنجان نیز می نامند، در ناحیه مرکزی شمال غرب ایران واقع شده است. استان زنجان دارای ۷ شهرستان، ۱۶ بخش، ۴۶ دهستان و ۱۶ شهر می باشد (عابدیان، ۱۳۸۸) محدوده نقشه طارم سه شهرستان زنجان، طارم و ابهر در استان زنجان و بخش کوچکی از بخش طارم سفلی از توابع شهرستان قزوین در استان قزوین را شامل می شود (شکل ۱-۲)



شکل ۱-۲. موقعیت محدوده مورد مطالعه در نقشه تقسیمات سیاسی کشور اعبادیان، ۱۳۸۸

روش های سنجش از دور و نتایج بررسی داده های سنجش از دور

سنجش از دور دانش پردازش و تفسیر تصاویری است که حاصل تیت تعامل انرژی الکترومغناطیس و اشیاء می باشند مواد بر روی سطح زمین امواج الکترومغناطیسی که از خورشید ساطع میشود را منعکس می کند و توسط سیستم های سنجش از دور ثبت می شوند

سنجند آسکارساز موضوعی ETI

این ماهواره ها همزمان با خورشید دور زمین چرخیده و از کل زمین به جز مناطق قطبی زمین به طور تکراری تصویر برداری می کند. این ماهواره دارای سنجنده ETM می باشد. سیستم سنجنده ETM+ سه طول موج انرژی مرئی آبی، سبز و قرمز سه محدوده پاندی انرژی باز تایی فرورسرخ (فرورسرخ نزدیک، میانی و دور را ثبت می کند.

جدول ۱-۳. خصوصیات اصلی سنجنده ETM+ لندست (Rajendran et al., 2012)

نوع ماهواره	نوع سنجنده	شماره باند	رنگ یا مشخصه	تفکیک طیفی طول موج (میکرومتر)	تفکیک مکانی (متر)	توالی زمانی
لندست ۷	ETM+	۱	محدوده آبی (B)	۰.۴۵-۰.۵۱۵	۳۰	۱۶ روز و پهنای تصویربرداری ۱۸۰ کیلومتر
		۲	طیف مرئی سبز (G)	۰.۵۲-۰.۶۶		
		۳	فرورسرخ (R)	۰.۶۳-۰.۶۹		
		۴	محدوده نزدیک	۰.۷۵-۰.۹۰	۶۰	
		۵	فرورسرخ میانی	۱.۵۵-۱.۷۵		
		۶	فرورسرخ (IR)	۱.۰۴۰-۱.۲۱۵	۳۰	
		۷	نور حرارتی	۲.۱۰۹-۲۱۳۵		
		۸	پانکروماتیک	۰.۵۲-۰.۹	۱۵	

سنجنده استر

رادئومتر پیشرفته فضاگرد باز تایی و تایش گرمایی که به اختصار آستر (ASTER) نامیده میشود. استر تصاویر ماهواره های از زمین را با قدرت تفکیک بالا و در ۱۴ پاند مختلف از طیف الکترومغناطیس در بازه طیف مرئی تا فرورسرخ حرارتی تهیه می کنند. قدرت تفکیک تصاویر استر در سه گروه باندی از ۱۵ تا ۹۰ متر است. داده های استر در تولید نقشه های تفصیلی دمای سطح زمین، تابندگی، انعکاس و ارتفاع از سطح دریا به کار می رود.

جدول ۲-۳. خصوصیات اصلی سنجنده استر (Rajendran et al., 2012)

نوع ماهواره	نوع سنجنده	شماره باند	رنگ یا مشخصه	تفکیک طیفی طول موج (میکرومتر)	تفکیک مکانی (متر)
ترا	استر	۱	مرئی سبز	۰.۵۲-۰.۶۶	۱۵
		۲	مرئی قرمز	۰.۶۳-۰.۶۹	۱۵
		۳	فرو سرخ نزدیک	۰.۷۶-۰.۸۶	۱۵
		۴	فرو سرخ کوتاه	۰.۷-۰.۷۶	۳-
		۵	محدوده	۲/۱۴-۲/۱۸	۳-
		۶	طول موج	۲/۱۸-۲/۲۲	۳-
		۷	فرو سرخ	۲/۲۳-۲/۲۸	۳-
		۸	کوتاه	۲/۲۹-۲/۳۶	۳-
		۹		۲/۳۶-۲/۴۳	۳-
		۱۰	محدوده	۸/۱۲-۸/۴۷	۹-
		۱۱	فرو سرخ	۸/۴۷-۸/۸۲	۹-
		۱۲	حرارتی	۹/۲۵-۹/۳۷	۹-
		۱۳		۱۰/۲۵-۱۰/۹۵	۹-
		۱۴		۱۰/۹۵-۱۱/۶۵	۹-

روش های آنالیز داده های سنجش از دور

روش های مختلفی در تجزیه و تحلیل داده های سنجش از دور بکار می روند. در بین این روش های روش ترکیب های رنگی، نسبت گیری بین باندها، تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) و برازش به روش حداقل مربعات از روش های رایج و شناخته شده هستند.

روش ترکیب های رنگی

هر جسم در طبیعت در طول موج های مختلف مقدار انعکاس منحصر به فردی از خود نشان می دهد. از نظر فنی، رایج ترین روش های نمایش رنگی در سیستم های رایانه ای، نمایش افزایشی است، یعنی نور سفید از اضافه شدن و ترکیب سه رنگ افزایشی اولیه، قرمز (۰/۶ تا ۰/۷ میکرومتر)، سبز (۰/۵ تا ۰/۶ میکرومتر) و آبی (۰/۴ تا ۰/۵ میکرومتر) به وجود می آید شکل (۱۰۳).

به همین دلیل است که به ترکیب رنگ های قرمز، سی و آبی (RGB باند ۳ باند ۲ و باند استچنده ETM ترکیب رنگ واقعی گفته می شود. سایر ترکیب های پاندی که به عنوان قرمز، سبز و آبی نمایش داده می شوند. ترکیب رنگ دروغین نامیده می شود

نسبت گیری بین باندها

نسبت گیری بین باندها روش پردازش تصویر چند طیفی است که شامل تقسیم یک باند بر باند دیگر است. نتایج این تقسیم نسبت انعکاس طیفی اندازه گیری شده در یک باند به انعکاس طیفی اندازه گیری شده در باند دیگر است. مواد سطحی یکسان به دلیل شیب توپوگرافی، ظاهر، سایه ها و یا تغییرات فصلی زاویه تابش خورشید و تغییرات شدت نور می تواند مقادیر درخشندگی متفاوت از خود نشان دهد. این تغییرات در تفسیر شخص بیننده تاثیر گذاشته و ممکن است به نتایج غلط منجر شود. عملیات نسبت گیری باندها باعث تبدیل داده ها و کاهش اثرات این شرایط محیطی است.

آنالیز مولفه های اصلی

داده های چند طیفی و یا چند بانندی را می توان در یک فضای چند بعدی تصویر نمود. ابعاد این فضا به اندازه تعداد باندهای تصویر خواهد بود و در آن هر پیکسل به صورت یک بردار در نظر گرفته میشود. پیکسل ها به صورت نقاط در این فضا براساس مقادیر طیفی در هر باند قرار می گیرند.

فرآیند تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی با استفاده از روش تبدیل مولفه های اصلی، ابعاد دارای همبستگی چند طیفی را کاهش می دهد. تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی شامل انتقال از میان و چرخش محور داده ها به جایی که مقادیر درخشندگی اجسام ورودی بهتر باشد. هر ورودی محور مختصات و هر خروجی محور مولفه های اصلی است

روش گروستا

تکنیک گروستا همان آنالیز مولفه های اصلی جهت داری است که از این طریق تعداد پاندها برای تحلیل مولفه های اصلی کاهش داده می شود.

مشخصه انتخاب مولفه اصلی جهت دار براساس آزمون بارگیری بردار ویژه آنالیز مولفه های اصلی تصمیم گیری می شود که از مولفه های اصلی به طور مستقیم اطلاعات مرتبط با تنوری امضای طیفی اهداف خاص استخراج می شود

برازش به روش حداقل مربعات

فرض کنید نمونه ای از متغیرهای Y و X در داده های مورد نظر وجود دارد و مقدار و مشخص نیست روش برازش حداقل مربعات اجازه می دهد متغیر و تخمین زده شود که در آن متغیر معین است. مقدار تخمین زده شده (Y) از رابطه زیر بدست می آید

$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 x_i$$

که در آن a_0 و a_1 به وسیله مقدار هر مقدار نامعلوم متغیر متناظر و معلوم X تخمین زده می شود. عبارتهای a_0 و a_1 ضرایبی حداقل مربعات نامیده می شوند.

شناسایی واحدهای سنگی

با استفاده از نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره های سنجنده های استر و ETM میتوان واحدهای سنگی را شناسایی کرد. از جمله شناسایی توده های نفوذی موجود در منطقه که به عنوان شاخصی برای شناسایی کانی سازی مس پورفیری استفاده می شوند.

شناسایی مناطق دگرسان شده

دگرسانی گرمایی، فرآیند پیچیده در گیر یا تغییرات کانی شناسی، شیمیایی و پاقتی است که از واکنش سیالات آبی داغ با سنگ هایی که از میان آنها تحت شرایط فیزیکوشیمیایی عبور می کند، بوجود می آید.

روش ترکیب رنگی

با استفاده از ترکیب رنگی باندهای ۴ و ۸ ستجده آستر در فیلتر سه گانه قرمز، سبز و آبی، تصویری حاصل شده که برای شناسایی مناطق دگرسانی در کانسارهای مس پورفیری مناسب می باشد

نسبت گیری بین باندى

همان طور که قبلا هم گفته شد هدف از تست گیری بین باندى تبدیل داده ها و کاهش اثرات شرایط محیطی است. انتخاب باندها برای نسبت گیری بین باندى با توجه به خصوصیات طیفی کانی ها انجام می شود

تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی

تبدیل مولفه های اصلی یکی از روش های بارزسازی تصویر برای نشان دادن بیشترین تیاین از بین باندهای مختلف با استفاده از ترکیب رنگی قرمز، سبز و آبی است.

روش گروستا

در استفاده از باندهای طبلی مختلف، گاهی فقط به اطلاعات خاصی از بعضی باندهای طبقی احتیاج است و نیاز به تحلیل تمام باندها نیست. در آنالیز مؤلفه اصلی انتخابی معمولاً از ماتریس همبستگی برای انتخاب باندهای دارای همبستگی پایین تا متوسط برای نقشه برداری تمایز عطیقی و باندهای با تمایز بالا برای کاهش ابعاد داده به کار برده می شوند

روش برازش به روش کمترین مربعات

همان طور که می دانید کتانی رسی در باند ۵ بازتاب بالایی دارد، بنابراین از باقی مانده باند ۵ می توان برای آشکار سازی کانی های رسمی در تصویر استفاده کرد. به همین ترتیب از باقی مانده باند ۳ برای آشکارسازی مناطق دارای اکسید آهن و باقی مانده باند ۲ برای مشخص کردن پوشش گیاهی می شود.

نتیجه گیری

توده های نفوذی بدست آمده در تصاویر سنجش از دور همپوشانی خوبی با توده های نفوذی نقشه زمین شناسی دارند. دگرسانی های بدست آمده از تصاویر ستجده "ETM" و استر نشان دهنده سه منطقه عمده دگرسانی های گرمایی است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

ابتدا لایه های دگرسانی های گرمایی با استفاده از تصاویر سنجنده استر و "ETM" تهیه شده است. گسل ها و خطواره های منطقه نیز با استفاده از نقشه زمین شناسی، تصاویر ماهواره ای و نقشه های مغناطیس هوایی آماده گردید.

نتیجه گیری

در منطقه هفت محدوده را به عنوان مناطق امید بخش معدنی می توان معرفی نمود: منطقه شماره ۱ در شمال ورقه ۱: ۱۰۰۰۰۰ طارم و حوالی روستای شید قرار دارد، این ناحیه با ترکیب سنگ شناسی شامل ماسه سنگ توفی، توف سبز، مادستون، سیلتستون و گدازه های آندزیتی در محل برخورد با توده نفوذی کوارتر مونزونیتی و کوارتر سنیت قرار دارد. همچنین گل های اصلی منطقه و توده های دگرسانی گرمایی نیز در این ناحیه واقع شده اند. بررسی های ژئوشیمیایی حاکی از بالا بودن هاله های ژئوشیمیایی و به ویژه دارا بودن بیشترین امتیاز حوضه های آبریز ژئوشیمیایی است

منطقه شماره ۲ در گوشه شمال شرقی نقشه واقع شده است، به صورت محلی توده گرانیتهی وجود دارد. گسل های مهم اصلی در این ناحیه وجود دارند. هاله های ژئوشیمی در این قسمت بالا هستند، دگرسانی هایی نیز وجود دارد که ممکن است در ارتباط با توف های این قسمت باشد. با توجه به اطلاعات موجود از منطقه در سطوح فرسایشی توده گرانودیوریتی مقداری مگنتیت بافت شده است. مساحت بخش معدنی به ۵۰ متر مربع می رسد. مقدار مواد معدنی کم است.

منطقه شماره ۳ حوالی روستای کوهیان بر روی توده نفوذی کوارتزموزنونیتی و کوارتزسینیت قرار گرفته در این ناحیه اندیس های مس رگهای نیز وجود دارد. این ناحیه از نظر داشتن گسل و دگرسانی های گرمایی دارای موقعیت مطلوبی است. همچنین مقادیر ژئوشیمی بالایی نیز دارد

منطقه شماره ۴ قسمت شرقی و اطراف روستای زرده منطقه طارم واقع است. این ناحیه در واحد ائوسن رسوبی (با ترکیب ماسه سنگ توفی، توف، مادستون، سیلتستون، به طور محلی همراه با گدازه های آندزینی) است و در مجاورت توده نفوذی و در محل دگرسانی های گرمایی میباشد. می توان این دگرسانی ها را تاثیر توده های نفوذی و سیالات عبوری از این توده ها و گسلهای منطقه دانست. هاله های ژئوشیمیایی و مقادیر حوضه آبریز ژئوشیمیایی نسبتا بالایی را نشان می دهد.

منطقه شماره ۵ این منطقه در حوالی روستای علی آباد موسی و در مرکز منطقه واقع شده است، اندیس طلا و مس رگهای نیز در همین منطقه قرار دارد. در این ناحیه توده های نفوذی به صورت پراکنده بیرون زدگی هایی وجود دارد. در این منطقه گسل خوردگی های زیاد به همراه دگرسانی های گرمایی و نیز هاله های ژئوشیمیایی دیده می شود

منطقه شماره ۶ تقریبا در جنوب شرقی ورقه و محدوده گلستان آباد قرار دارد. این ناحیه بر روی توده نفوذی کوارتزموزنونیتی و کوارترسیتیت و توده میکرو کوار تردیوریت پورفیری قرار گرفته است. در این محل نیز دگرسانی های شدیدی رخ داده است. این منطقه از لحاظ گسلها در وضعیت مناسبی قرار دارد. مقادیر زئوشیمیایی و ژئوشیمیایی حوضه های آبریز بسیار بالاست. با توجه به فاکتورهای ذکر شده این منطقه از پتانسیل بالایی برای وجود مس پورفیری برخوردار است منطقه شماره ۷: این بخش در جنوب شرقی منطقه واقع شده است. با توده نفوذی محدود، مقادیر ژئوشیمی متوسط، دارای گل و دگرسانی های گرمایی که در حوالی توده نفوذی وجود دارند.

پیشنهادات

پس از بررسی های انجام شده و معرفی مناطق امیدبخش معدنی پیشنهاد می شود، در این نواحی بازدیدهای صحرایی بعمل آید، به خصوص در منطقه شماره ۶، بدلیل اینکه در این ناحیه اندیس های شناخته شده ای وجود ندارد با توجه به اندیس های آلویت موجود در حوالی روستای شید و نتایج حاصل از دگرسانی های موجود در این منطقه همچنین بالا بودن آنومالی های ژئوشیمی و وجود گسل های متعدد پیشنهاد می شود این ناحیه به منظور پی جویی کانی سازی طلا مورد بررسی قرار گیرد.

همان طور که بیان شد استفاده از روش های مختلف تلفیق و مقایسه آنها باعث نتیجه گیری دقیق تر می شود، به همین منظور می توان با توجه به اندیس های موجود در منطقه از روش های دیگری نظیر شاخص همپوشانی داده محور استفاده کرد.

منابع و مراجع

- [۱] امینی ب و امینی چهرق م، (۱۳۷۹)، "برگه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طارم"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی-
- [۲] پیروان ج، تمیومیان ج. امینی، ص و الطفی م. (۱۳۸۲). "شناسایی و تفکیک زون های آلتراسیون هیدروترمال و سنگ های ماگمایی با استفاده از فن و دانش سنجش از دور"، پژوهش و سازندگی شماره ع ص ۸۰-۸۷
- [۳] چرانی زه پیروان ح، قدوسی ست و مهرتیا سره (۱۳۸۹) تهیه نقشه پتانسیل معدنی طلای اپی ترمال در منطقه طارم غربی با استفاده از منطق فازی در محیط GIS"، انجمن زمین شناسی ایران، پانزدهمین همایش، دانشگاه تربیت معلم
- [۴] حدادیان، (۱۳۹۰). پایان نامه کارشناسی ارشد، شناسایی دقیق مرزهای توده های آنومال در اکتشاف روش های میدان پتانسیل با فیلترهای فازی معلی " دانشکده معدن، تفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاروت
- [۵] هستی پاک ع و شرف الدین مه. (۱۳۸۴)، "تحلیل دادههای اکتشافی". چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص ۳۳۶، ۳۱۷
- [۶] خونی نه قربانی م و تاجبخش پ. (۱۳۷۸). "کانسار مس در ایران". چاپ اول، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران
- [۷] دولتی اردجانی ف. (۱۳۷۵). "تفکیک آنومالی های گرانی منطقه بابلرس به روش های روند سطحی ارتوتر مال" تهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران
- [۸] رضایی م. آقاجانی، ح و مرادزاده ع. (۱۳۹۱). "تفسیر ناهنجاری های مغناطیس حاصل از داده - های مغناطیس هوایی منطقه زمین گرم منطقه زعین قرمین گرمایی محلات" باتجمن زمین- شناسی اقتصادی ایران، چهارمین همایش
- [۹] شرقی تعین اء أصلاتی سی و برودتى، (۱۳۸۹) شناسایی مناطق دگرسانی هیدروترمال در منطقه طارم زنجان با استفاده از داده های ماهواره ای ASTER " فصلنامه علمی و پژوهشی زمین و منابع، سال سوم، شماره چهارم، ص ۵۵-۲ عابدیان بن، (۱۳۸۸). "اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰". سازمان زمین- شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پروژه ژئوشیمیایی
- [۱۰] فاطمی ب، رضایی ی، (۱۳۸۵)، "مبانی سنجش از دور". انتشارات آزاده
- [۱۱] کریم پور مدح و سعادت س، (۱۳۸۴)، "زمین شناسی اقتصادی کاربردی"، چاپ دوم، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ص ۱۷۶، ۱۸۱. محبی أ، (۱۳۸۳)، "پتانسیل یابی دخایر مس پورفیری در برگه ۱
- [۱۲]: ۱۰۰۰۰۰ طارم با استفاده از GIS"، انجمن زمین شناسی ایران، هشتمین همایش، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۱۲۸-۱۲۴
- [۱۳] مدنی ح، (۱۳۹۰)، "مبانی اکتشاف مواد معدنی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر. نوروزی، غ، (۱۳۸۸)، "ژئوفیزیک اکتشافی". چاپ اول، مؤسسه دانشگاه تهران، تهران، ص ۵۹۳ هنرمند م. و رنجیرح، (۱۳۸۴)، "کاربرد روش های مختلف پردازش تصویری روی داده های ETM به منظور اکتشاف کانسارهای مس نوع پورفیری و رگه ای در منطقه کوه ممزار - کوه پنج در استان کرمان"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۵۷، ص ۱۱۰-۱۲۷.
- [۱۴] یوسفی م، کامکار روحانی ا، (۱۳۸۹)، "اصول روش های مدل سازی پتانسیل معدنی". چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر، تهران. ص ۱۰، ۲۵، ۴۲، ۵۵، ۵۶، ۷۲، ۷۴.