

اکتشاف کرومیت با استفاده از آنالیز داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی ۱:۵۰۰۰۰ آبدشت، اسفندقه کرمان

محمدرضا شایسته‌فر^۱، محمد محمدی^۲، علی رضایی^۳ و حجت‌اله رنجبر^۴

^۱دانشیار، گروه مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
^۲کارشناسی ارشد، گروه مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
^۳دانشجوی دکترا، گروه مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
^۴استاد، گروه مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۰۲

چکیده

با ردیابی کانی‌های مغناطیسی همراه با کرومیت می‌توان ذخائر کرومیت را پی‌جویی کرد. کرومیت خود فاقد خاصیت مغناطیسی است ولی از نظر ژنتیکی رابطه نزدیکی بین کرومیت و منیتیت وجود دارد. با توجه به این امر و اختلاف مغناطیسی کرومیت با سنگ‌های در برگیرنده، سعی بر این بود تا با استفاده از داده‌های ژئوفیزیک هوایی، ذخائر کرومیت بر گه ۱:۵۰۰۰۰ آبدشت مورد پی‌جویی قرار گیرد. در بررسی داده‌های ژئوفیزیک هوایی منطقه با اعمال فیلترهای دیجیتال برگردان به قطب، مشتق اول و دوم، سیگنال تحلیلی و ادامه فراسو بر روی نقشه شدت کل میدان مغناطیسی، توده‌های مغناطیسی دیده شده در منطقه مورد بررسی قرار گرفتند. با بررسی این نقشه‌ها و مقایسه آنها با کانسارهای کرومیت منطقه یک الگوی مغناطیسی حاصل شد. زمین‌شناسی منطقه، به‌ویژه مجموعه‌های افیولیتی و اولترامافیک و مناطق دارای کرومیت، مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصل با الگوی مغناطیسی مقایسه شد و با توجه به نقشه مشتق قائم و ادامه فراسو، در کل بر گه آبدشت ۲۵ منطقه برای اکتشافات تفصیلی و برداشت‌های زمینی پیشنهاد شد.

کلیدواژه‌ها: کرومیت، مغناطیس‌سنجی هوایی، برگردان به قطب، مشتق قائم، آبدشت.

***نویسنده مسئول:** محمدرضا شایسته‌فر

E-mail: Shayeste@uk.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

بافت و در جنوب استان کرمان قرار دارد. این منطقه بخشی از کمربند سنگ‌های مافیک- اولترامافیک ایران مرکزی است. در این ناحیه رخنمون‌های فراوانی از سنگ‌های مافیک- اولترامافیک وجود دارد که مهم‌ترین آنها شامل مجموعه‌های سیخوران، صوغان و آبدشت است. این کمپلکس‌ها جزو مجموعه افیولیتی اسفندقه هستند که در پهنه سندنج- سیرجان قرار گرفته است و از نواحی مستعد کانی‌سازی کرومیت ایران به‌شمار می‌آیند (شایسته‌فر، ۱۳۸۰؛ قاسمی و همکاران، ۱۳۷۷). بخش جنوبی دشت صوغان رخنمون وسیعی از واحدهای سنگ‌های آواری، ماسه‌سنگ و شیل است که به صورت فلیش است که بر روی زیربنای مافیک- اولترامافیک دوران اول بر روی گدازه‌های بالشی قرار گرفته است (Sabzehi, 1974).

۳- روش مطالعه

برداشت‌های مغناطیس‌سنجی هوایی، رایج‌ترین نوع برداشت‌های هوایی است که برای اکتشاف کانی‌ها و هیدروکربن انجام می‌شود. این برداشت‌ها اهداف مختلفی دارند که یکی از آنها اکتشاف و پی‌جویی مستقیم کانسارهای مغناطیسی مانند کانسارهای مغناطیسی آهن، کروم، سنگ‌های اولترامافیک آزیست‌دار یا کیمبرلیت‌ها و ... است. شکل بی‌هنجاری‌های مغناطیسی با جهت میدان مغناطیسی زمین در محل وجود توده، جهت مغناطیس شدن سنگ‌های تشکیل‌دهنده توده و امتداد توده نسبت به جهت میدان مغناطیسی زمین سبب پیچیدگی تفسیر بی‌هنجاری‌های مغناطیسی می‌شود که در اصل ناشی از خصلت دو قطبی بودن اجسام مغناطیسی است. برای به‌دست آوردن اطلاعات بارزتر و جزئیات بیشتر برای تفسیر ساختارهای زمین‌شناسی و بی‌هنجاری‌ها، می‌توان پردازش‌ها، فرایندهای تبدیلی و فیلترهای مختلفی مانند برگردان به قطب، مشتق قائم و ادامه فراسو و فروسو بر روی داده‌های خام (شدت کل میدان) به کار برد.

۴- مبانی نظری فیلترها

۴-۱. فیلتر برگردان به قطب

اولین فیلتری که بر روی داده‌های شدت کل مغناطیسی اعمال می‌شود، فیلتر برگردان

در مقیاس ناحیه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان مناطق افیولیتی را مشخص کرد. برای شناسایی مواد، ابتدا باید ویژگی‌های طیف جذب و انعکاسی آنها را، با توجه به موقعیت باندهای ماهواره مورد نظر، مورد مطالعه و بررسی قرار داد و باندهایی که دارای جذب و انعکاس قابل توجهی هستند را شناسایی کرد و در نهایت برای شناسایی آن کانی، سنگ یا ساختار، از آن باندها بهره بیشتری گرفت. شکل ۱ منحنی طیفی کرومیت را نشان می‌دهد.

با توجه به منحنی طیفی کرومیت، به علت نداشتن جذب و انعکاس واضح، حتی در صورت رخنمون داشتن رگه‌های کرومیت در سطح زمین، این کانی را نمی‌توان توسط تصاویر ماهواره‌ای تشخیص داد. اما مناطق افیولیتی که خاستگاه کرومیت هستند را می‌توان در تصاویر ماهواره‌ای تشخیص داد. برای این کار می‌توان از تصاویر رنگی کاذب و نسبت‌های بانندی مختلف استفاده کرد. نسبت‌های بانندی که از آنها می‌توان برای شناسایی افیولیت‌ها در تصاویر ماهواره‌ای Landsat TM استفاده کرد، در جدول ۱ نشان داده شده است.

در این پژوهش، از تصویر ماهواره Landsat TM در منطقه مورد مطالعه استفاده شده و نسبت‌های بانندی یادشده بر روی این تصویر اعمال شده است. با توجه به فراوانی رخنمون‌های افیولیتی در منطقه اسفندقه و متفاوت بودن سنگ‌های تشکیل‌دهنده آنها، هیچ یک از نسبت‌های یادشده باعث بارزسازی همه این توده‌ها با هم نشده است. ولی نسبت بانندی $5/7-5/1-5/4*3/4$ بهترین نتیجه را در تشخیص توده‌های افیولیتی واقع در بر گه آبدشت دارد، ولی قادر به تفکیک واحدهای زمین‌شناسی آن نیست (شکل ۲).

در جداسازی واحدهای زمین‌شناسی این توده‌ها نسبت بانندی $5/3-5/1-7/5$ نتیجه بهتری نسبت به دیگر نسبت‌های مورد مطالعه دارد که شکل ۳ نشان‌دهنده کاربرد این نسبت بر روی توده آبدشت است.

۲- زمین‌شناسی منطقه

گستره مورد نظر بخشی از پهنه اسفندقه- دولت‌آباد است که در جنوب شهرستان

آبدشت و بر روی گابروهای لایه‌ای قرار دارد. بیشترین شدت مغناطیسی منطقه در این پهنه قرار دارد که مرکز آن در مختصات $49^{\circ}88'37''$ عرض و $31^{\circ}36'12''$ شمال جغرافیایی واقع شده است. این گابروهای لایه‌ای جزئی از کمپلکس سیخوران است. **پهنه ۲:** این پهنه نیز دارای شدت بالای مغناطیسی بوده و در شمال پهنه ۱ واقع شده است. بیشترین تمرکز بی‌هنجاری‌ها در این منطقه است که شامل توالی‌های افیولیتی با ترکیبی از واحدهای کمپلکس سیخوران، آمفیولیت، گرانیت سیاه کوه، سرپانتین و سرپانتین شیب است. کمپلکس سیخوران خود شامل واحدهای زیر است:

Ga: گابروهای لایه‌ای، PG: پیروکسن همراه مقدار جزئی گابرو لایه‌ای، UL: ورلیت و وبستریت لایه‌ای همراه مقدار جزئی دونیت و تراکتولیت و متاگابرو، Ud-hz: دونیت و هارزبورژیت همراه مقداری کرومیت.

با توجه به ترکیب سنگ‌شناسی این منطقه، بالا بودن شدت مغناطیسی در این ناحیه منطقی به نظر می‌رسد. همچنین بخشی از پهنه در واحدهای آبرفتی باختر کمپلکس سیخوران قرار می‌گیرد که احتمالاً بیانگر گسترش این توالی‌های افیولیتی در زیر واحدهای آبرفتی است. بی‌هنجاری‌های مغناطیسی این منطقه به صورت زنجیره‌ای از تغییرات مثبت و منفی باریک محلی با شیب تند تجلی کرده است، از روی شکل این متحنی‌ها نیز می‌توان به ماهیت افیولیتی آنها پی برد.

پهنه ۳: این پهنه نیز از شدت نسبتاً بالای مغناطیس برخوردار بوده و بر روی واحدهای آبرفتی جدید در باختر برکه و در زیر توده اولترامافیک آبدشت و انتهای گسل آشین قرار گرفته است.

پهنه ۴: این پهنه شدت پایینی دارد که از سمت خاور توسط یک گسل از توده اولترامافیک صوغان و از سمت باختر نیز توسط گسل دیگری از توده آبدشت جدا شده است و با روند شمالی-جنوبی در روی واحدهای آبرفتی کهن تر قرار گرفته و تا بالای پهنه ۳ ادامه دارد و از آنجا تغییر جهت داده و به سمت جنوب خاور منحرف شده است. همچنین از طرف باختر تا بالای توده اولترامافیک آبدشت کشیده شده است. **پهنه ۵:** این پهنه جنوب و جنوب خاور برکه آبدشت را پوشش می‌دهد و دارای مغناطیس متوسط بدون هیچ بی‌هنجاری بارزی است. واحدهای تشکیل دهنده این بخش عبارتند از رسوبات قدیم و جدید، فلیش، آهک کالپونولا، شیبست‌های سبز، آمفیولیت، کلسیت سفید و مرمر دولومیتی قهوه‌ای (کمپلکس آبشور).

پهنه ۶: این پهنه بر روی توده اولترامافیک آبدشت و جنوب آن قرار گرفته است. بی‌هنجاری‌های مغناطیسی این بخش نیز به صورت زنجیره‌ای از تغییرات مثبت و منفی باریک محلی با شیب تند تجلی کرده است.

۲-۵. بررسی نقشه برگردان به قطب (Reduction to Pole)

برای اعمال این فیلتر، نیاز به زاویه میل و انحراف مغناطیسی منطقه است که در منطقه آبدشت این زوایا به صورت زیر است:

میل مغناطیسی (I): 28° و انحراف مغناطیسی (D): 30°

شکل ۶ نقشه برگردان به قطب نقشه شدت کل منطقه را نشان می‌دهد. بی‌هنجاری‌های موجود در نقشه شدت کل میدان مغناطیسی (شکل ۴) همچنان دیده می‌شوند، اما مکان بی‌هنجاری‌ها کمی تغییر کرده، به طوری که کمی به سمت شمال جابه‌جا شده‌اند و همچنین از گستردگی آنها کاسته شده و متمرکزتر شده‌اند.

بی‌هنجاری که در شکل ۵ با عنوان پهنه ۱ از آن نام برده شد، در این نقشه اندکی کوچک‌تر شده و شکل آن از بیضی به دایره تغییر پیدا کرده، به طوری که اثر بی‌هنجاری‌ها در پاره‌ای از بخش‌های این پهنه، به ویژه جنوب آن، محو شده است که می‌توان آن را با تصحیح میل و انحراف مغناطیسی توجیه کرد. بی‌هنجاری یادشده همان‌طور که توضیح داده شد بر روی گابروهای لایه‌ای کمپلکس سیخوران قرار دارد.

گستردگی پهنه ۲ در نقشه برگردان به قطب نسبت به شکل ۵ هم تغییر شکل داده و هم کاهش یافته است، به طوری که می‌توان آن را به سه بخش جدا تفکیک

به قطب است. با استفاده از این فیلتر می‌توان میدان‌های مغناطیسی را از یک عرض مغناطیسی، جایی که میدان زمین شیب‌دار است به میدان در قطب مغناطیس انتقال داد، در این حالت بی‌هنجاری درست در بالای سر منبع ایجادکننده آن قرار می‌گیرد. این روش برای عرض‌های جغرافیایی بالاتر از 30° درجه پیشنهاد شده است و برای مناطقی که در عرض‌های جغرافیایی پایین تر قرار گرفته‌اند، از روش برگردان به استوا استفاده می‌شود. برای اعمال این فیلتر، نیاز به زاویه میل و انحراف مغناطیسی منطقه است (زمردیان و حاجب‌حسینی، ۱۳۷۵).

۲-۴. فیلتر مشتق قائم

روش مشتق‌گیری یک ابزار توانمند برای آشکارسازی مؤلفه‌های با عدد موج بلندتر میدان بی‌هنجاری است. در نقشه‌های مشتق، بی‌هنجاری‌های سطحی به صورت آشکارتری نشان داده خواهند شد. مشتق قائم در واقع یک فیلتر بالاگذر است، زیرا بسامدهای بالا را نسبت به بسامدهای پایین افزایش می‌دهد و این ویژگی، اساس کاربرد فرایند مشتق است که اثرهای ناحیه‌ای با طول موج بلند را حذف کرده و اثر بی‌هنجاری‌های مجاور را تجزیه می‌کند. قدرت تجزیه مشتق قائم دوم بیش از مشتق اول است، ولی کاربرد آن نیازمند داده‌هایی با کیفیت بالاتر است، زیرا با افزایش بسامدهای بالا نوبه نیز افزایش می‌یابد (آگاه و همکاران، ۱۳۸۳ و Sabzehi, 1974).

۳-۴. فیلتر سیگنال تحلیلی

این فیلتر وابسته به میدان مغناطیسی توسط عمل مشتق‌گیری است. این پارامتر که در تفسیر کاربرد دارد، کاملاً مستقل از جهت مغناطیس شدن و جهت میدان زمین است. به این مفهوم که همه توده‌ها با هندسه یکسان، سیگنال تحلیلی یکسان دارند. بنابراین پیک‌های سیگنال تحلیلی متقارن هستند و مستقیماً در بالای لبه‌های توده‌های پهن و در بالای مرکز توده‌های باریک قرار می‌گیرند، تفسیر این نقشه به همراه نقشه‌های دیگر در یک محل هندسه منبع مغناطیسی را آسان‌تر می‌کند (Roest et al., 1992). این روش بنا به عقیده تعدادی از دانشمندان نوعی برگردان به قطب نیز به‌شمار می‌آید.

۴-۴. فیلتر ادامه فراسو

در این روش داده‌های میدان پتانسیل از یک سطح مینا به طریق ریاضی بر روی سطوح تراز در بالای سطح مینای اصلی تصویر می‌شوند. بدین ترتیب تأثیرات سطحی حذف شده و تأثیرات ژرف به روشنی مشخص می‌شوند. این روش بی‌هنجاری‌های با طول موج کوتاه‌تر را حذف کرده و دامنه بی‌هنجاری‌ها را تضعیف و نوبه را کاهش می‌دهد. بنابراین، این روش مانند یک روش پایین‌گذر عمل می‌کند (آگاه و همکاران، ۱۳۸۳ و Tarlowski et al., 1997).

۵- داده‌های منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، در سال ۱۹۷۵ میلادی برای شرکت ملی فولاد ایران و با روش برداشت هوایی تهیه شده است. برداشت داده در یک شبکه 1000×500 متر و فاصله خطوط کنترلی ۱۵ کیلومتر و ارتفاع پرواز ۱۰۰ متر انجام شده است.

۵-۱. بررسی نقشه شدت کل میدان مغناطیسی

شکل ۴ شدت کل میدان مغناطیسی در بخشی از برکه $1:50000$ آبدشت را نشان می‌دهد. شدت میدان مغناطیسی در بخش خاوری و حاشیه باختری برکه بیشتر از بخش میانی و جنوبی نقشه است. دلیل بالا بودن شدت در این بخش‌ها را می‌توان به افیولیتی و اولترامافیک بودن سنگ‌های آن محدوددها نسبت داد. به‌طور کلی مقدار شدت میدان مغناطیسی در بخش خاور منطقه بیشتر از بخش باختری آن است که علت آن وجود واحد سرپانتین و سرپانتین شیبست کمپلکس سیخوران و بزرگ‌تر و یکپارچه بودن توده آن است. بر پایه شدت کل میدان مغناطیسی، منطقه را می‌توان به ۶ پهنه تقسیم کرد (شکل ۵).

پهنه ۱: این پهنه که بالاترین شدت مغناطیسی منطقه را دارد در باختر نقشه $1:50000$

بی‌هنجاری ۳ در نقشه مشتق اول از شکل خطی به هم پیوسته به صورت توده‌های جدا از یکدیگر تبدیل شده است. در این نقشه بر شدت این توده افزوده شده ولی به حالات تجزیه شده به سه توده مجزا ظاهر شد. همانطور که یاد شد این بی‌هنجاری‌ها در روی واحد رسوبات جدید کواترنری و در بخش شمالی انتهای گسل آشین قرار دارند. این بی‌هنجاری‌ها به احتمال زیاد مربوط به یک منبع نزدیک سطح با درصدی از مواد مینیتی است. موقعیت پهنه‌های شدت کل میدان و بی‌هنجاری‌های برگردان به قطب و مشتق اول بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده ۱۵۰۰۰۰:۵ آبدشت در شکل ۸، نشان داده شده است.

در توده آبدشت، ۵ بی‌هنجاری ظاهر گشته است. این بی‌هنجاری نیز نسبت به نقشه برگردان به قطب، شدت بیشتری یافته‌اند که این مطلب بیانگر نزدیک سطح بودن این بی‌هنجاری است. بی‌هنجاری‌های با شدت بالا را می‌توان در ارتباط با توده‌های اولترامافیکی همراه با درصد بیشتر مواد مینیتی و سرپانتینیت شده و همچنین کانی‌سازی درون این توده‌ها، مانند کانی‌سازی کرومیت دانست. در این منطقه هر جا کانسار کرومیتی وجود دارد، سرپانتینیزاسیون نیز در سنگ‌های اطراف آن دیده می‌شود که شکستگی‌ها و گسل‌ها باعث تشدید آن شده است. بر اساس نظر ایوانز، تغییرات سنگ‌های اطراف کرومیت همواره شدیدتر از بخش‌های دیگری است که فاقد کرومیت هستند، این دانشمند باور دارد که پدیده مزبور ناشی از آب ماگماتوژنی است که از خود توده کرومیت دوباره خارج می‌شود و به سنگ‌های اطراف تأثیر می‌گذارد. بالاترین بی‌هنجاری این منطقه در محل معدن شش و جنوب باختر این معدن است. این بی‌هنجاری بر روی سنگ‌های اولترامافیک سرپانتینیت شده و منیزیم‌دار، ورلیت به همراه کمی دونیت و تناوب دونیت و ورلیت به همراه کمی هارزبورژیت قرار دارد. دیگر بی‌هنجاری‌های این پهنه بر روی واحدهای دونیت فورستریتی، ورلیت به همراه مقدار کمی دونیت، و تناوب دونیت و ورلیت به همراه کمی هارزبورژیت دیده می‌شوند. بی‌هنجاری‌های توده اولترامافیک صوغان نیز وضعیتی مشابه توده آبدشت دارند. در باختر توده‌های پهنه ۳ نیز یک بی‌هنجاری خطی با روند شمالی-جنوبی نمایان شده است. این بی‌هنجاری در نقشه شدت کل وجود ندارد، ولی در این نقشه شدت یافته است. این مطلب بیان‌کننده سطحی بودن این بی‌هنجاری است و در ژرفا نفوذ ندارد. این بی‌هنجاری از خاور توده صوغان شروع شده و تا جنوب باختر توده‌های پهنه ۳ ادامه یافته و توسط یک گسل از آن جدا شده است که به احتمال زیاد مربوط به دگرسانی در سطح گسل است.

۵-۴. بررسی نقشه مشتق دوم

به دلیل کافی نبودن کیفیت داده‌ها برای این فیلتر، نقشه مشتق دوم قابل استفاده نیست. زیرا با افزایش بسامدهای بالا، نوفه نیز افزایش می‌یابد و بی‌هنجاری‌ها قابل تفکیک و شناسایی نیست.

۵-۵. بررسی فیلتر سیگنال تحلیلی

این نقشه معرف شدت مغناطیسی و محل واقعی توده‌ها در برگه آبدشت است. بی‌هنجاری‌های این نقشه با بی‌هنجاری‌های نقشه‌های برگردان به قطب و مشتق اول مطابقت دارد، ولی برخی از بی‌هنجاری‌های سطحی نقشه مشتق بر روی این نقشه شدت پایین‌تری دارند که این امر می‌تواند به دلیل نوع عملکرد این فیلتر باشد. چون در سه جهت مشتق گرفته می‌شود، بنابراین این احتمال وجود دارد که پایین بودن شدت میدان در یکی از جهات نسبت به جهات دیگر باعث کاهش میدان‌های ناشی از جهات دیگر نیز شده باشد. در شکل ۹ بی‌هنجاری‌های موجود با تقارن بیشتر و همگن‌تری ظاهر شده‌اند که می‌تواند بیانگر شکل ظاهری از هندسه منبع به‌وجودآورنده بی‌هنجاری باشد و به راحتی می‌توان از راه مقایسه با نقشه‌های مشتق قائم، عوامل تفکیک و جدایش را درک کرد. به‌طوری‌که از این نقشه برای تعیین محدوده توده‌های نفوذی نیمه‌ژرف استفاده شده است.

کرد، که مهم‌ترین آنها در بخش شمال خاور شدت بیشتری نشان می‌دهد. مرکز این پهنه بر روی واحد ورلیت و وبستریت لایه‌ای همراه با مقدار کمی دونیت، متاگابرو و تراکتولیت قرار گرفته است. بی‌هنجاری جنوبی این پهنه نیز در راستای گسل جداکننده واحدهای سرپانتین و سرپانتین‌شیت با آمفیبولیت امتداد یافته است. پهنه ۳ در شکل ۶ به صورت یک بی‌هنجاری خطی دو بخشی دیده می‌شود که بخشی دارای روند خاوری-باختری است و دیگری در باختر به سمت شمال باختر تغییر جهت داده است و تا نزدیکی جنوب توده پریدوتیتی آبدشت ادامه یافته است. در باختر پهنه ۳ یک بی‌هنجاری خطی با روند شمالی-جنوبی ظهور پیدا کرده که در نقشه شدت کل نمایان نیست. این بی‌هنجاری در راستای گسل محدودکننده باختر توده صوغان امتداد یافته است.

پهنه ۴ در این نقشه (برگردان به قطب) نیز همانند شکل ۵ دارای شدت پایینی است و بی‌هنجاری‌های آبدشت و صوغان را از یکدیگر جدا کرده است.

در باختر برگه و در پهنه ۶، بی‌هنجاری توده اولترامافیک آبدشت از شدت بیشتری نسبت به نقشه شدت کل برخوردار شده است و به صورت چند بی‌هنجاری جدا نمایان شده است. این وضوح به‌ویژه در منطقه معدن شش و جنوب توده آبدشت بارزتر است. بی‌هنجاری‌های این منطقه همچنان به صورت زنجیره‌ای هستند. در اثر برگردان به قطب یک بی‌هنجاری جدید در جنوب خاوری برگه نمایان شد که با توجه به نقشه به نظر می‌رسد مرکز آن در برگه جنوب آبدشت (برگه ۱۵۰۰۰۰:۵ کلاتو) قرار داشته باشد (پهنه K). این پهنه بر روی واحدهای فلیش و آمفیبولیت قرار گرفته است.

۵-۳. بررسی نقشه مشتق اول

شکل ۷ بیانگر بی‌هنجاری‌های سطحی مغناطیسی منطقه است که از روی نقشه برگردان به قطب تهیه شده است. بسیاری از بی‌هنجاری‌های دیده شده در نقشه‌های شدت کل و برگردان به قطب همچنان قابل مشاهده هستند، با این تفاوت که چون در نقشه اثر بی‌هنجاری‌های بزرگ بر روی بی‌هنجاری‌های کوچک‌تر از بین رفته است، بنابراین در این نقشه تفکیک توده‌ها دیده می‌شود.

بی‌هنجاری پهنه ۱ با همان شدت بالا و متمرکزتر در این نقشه ظاهر گشته است. با توجه به وجود شدت بالای این بی‌هنجاری در نقشه‌های برگردان به قطب و مشتق اول، مشخص می‌شود که منبع این بی‌هنجاری از ژرفا تا سطح ادامه دارد. همانطور که یاد شد این بی‌هنجاری بر روی گابروهای لایه‌ای واقع شده است که در محل همبری بالایی این گابرو با آمفیبولیت‌های پلئوزویک نفوذی مجموعه‌ای از هورنفلس بازیک متشکل از الومین، اورتو و کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و مگنتیت ایجاد شده است (شکل ۶). همچنین ترکیب بلورین شده اولیه مگنتیت نشان‌دهنده این مطلب است که منییت به همراه گابرو در بالای توده‌های بازالتی افیولیت‌ها شکل می‌گیرد، در نتیجه می‌توان بالا بودن مغناطیس این منطقه را توجیه کرد. در برداشت‌های صحرائی انجام گرفته از این منطقه، کانی مگنتیت بر روی سطح زمین دیده می‌شود. همچنین در رخنمون لایه‌ها در دره‌ها شواهدی از کانی‌سازی مس دیده می‌شود.

بی‌هنجاری‌های پهنه ۲ که در نقشه شدت کل گسترده‌تری زیادی دارد و در نقشه برگردان به قطب به ۳ محدود شده کوچک کاهش یافته است، در نقشه مشتق اول بیشتر حالت خطی با روند NW-SE یافته است و در بین بی‌هنجاری‌های آن، همان سه منطقه باریک برگردان به قطب از شدت بیشتری برخوردارند. این مطلب بیانگر آن است که احتمالاً بی‌هنجاری این منطقه در ژرفا قرار دارند.

شمالی‌ترین بی‌هنجاری این پهنه در بخش شمالی بر روی واحد UL (ورلیت و وبستریت لایه‌ای همراه مقدار جزئی دونیت و تراکتولیت و متاگابرو) و در بخش جنوبی بر روی واحد Ud-hz (دونیت و هارزبورژیت همراه مقداری کرومیت) قرار دارد. بی‌هنجاری میانی این پهنه نیز بر روی واحد UL واقع شده است. بی‌هنجاری جنوبی پهنه در راستای گسل جداکننده واحدهای سنگی سرپانتین و سرپانتین‌شیت با آمفیبولیت کمپلکس سیخوران قرار گرفته است.

۵-۶. بررسی نقشه گسترش به سمت بالا

داده‌های مغناطیسی منطقه مورد مطالعه، با استفاده از روش ادامه فراسو به سطوح بالاتر ۳۰۰ تا ۴۰۰۰ متر منتقل می‌شوند. در نتیجه این عمل، اثر بی‌هنجاری‌های کوچک و محلی از بین رفته و بی‌هنجاری‌های بزرگ و منطقه‌ای نمایان گشته است. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ به ترتیب تصویر این فیلتر در ارتفاع ۵۰۰ و ۲۰۰۰ متر را نشان می‌دهند. تنها بی‌هنجاری‌های عمقی بارز در این نقشه‌ها، پهنه ۱ در شمال خاور برگه و پهنه K در جنوب خاور برگه هستند، که با توجه به نقشه‌های گسترش به سمت بالای ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ متر به نظر می‌رسد این دو توده در ژرفا به یکدیگر متصل هستند.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

از میان نسبت‌های باندی استفاده شده، نسبت باندی $5/7-5/1-5/4*3/4$ بهترین نتیجه را در تشخیص توده‌های افیولیتی واقع در برگه آبدشت داشت، ولی این نسبت قادر به تفکیک واحدهای زمین‌شناسی آنها نبود. در جداسازی واحدهای زمین‌شناسی این توده‌ها نسبت باندی $5/3-5/1-7/5$ نتیجه بهتری نسبت به دیگر نسبت‌های مورد مطالعه داشت.

کانسارهای کرومیت برگه آبدشت تماماً در داخل مجموعه‌های افیولیتی و اولترامافیک قرار دارند که بی‌هنجاری آنها در نقشه‌های مغناطیس هوایی، به صورت زنجیره‌ای از تغییرات مثبت و منفی محلی و با شیب تند تجلی کرده است.

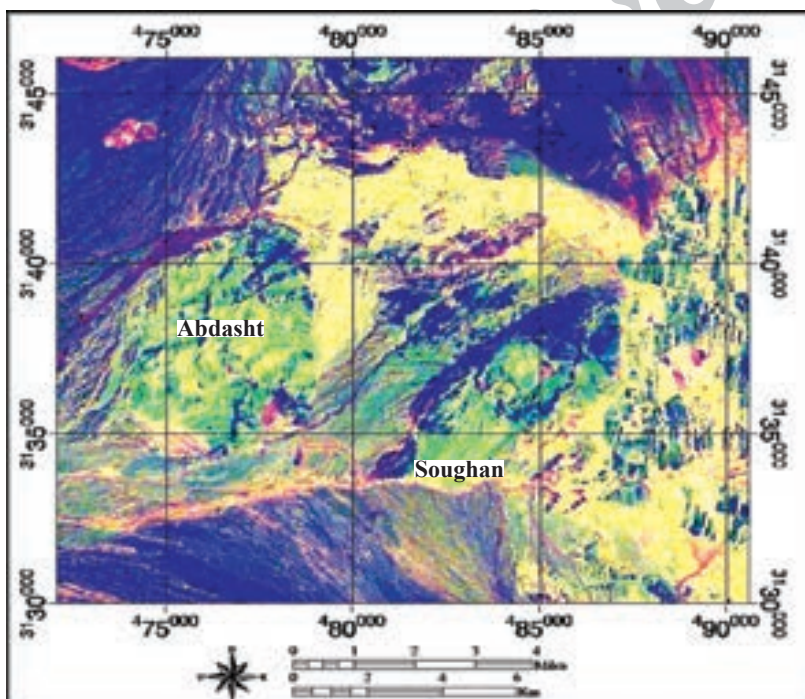
- با توجه به ماهیت داده‌های مغناطیس‌سنجی، بررسی نتایج حاصل از اعمال تصحیحات (فیلترها) و مقایسه بی‌هنجاری‌های آنها با معادن و اندیس‌های شناخته شده، بی‌هنجاری‌های نقشه مشتق اول بیشترین انطباق را با آنها داشتند.

- روش مغناطیس‌سنجی ناحیه‌ای می‌تواند در تشخیص توده‌های واقع در زیر پوشش‌های نازک رسوبی مؤثر باشد. با توجه به این نکته و با استفاده از این الگوی اکتشافی دو رگه کرومیت جدید در زیر رسوبات جنوب توده‌های آبدشت و صوغان کشف شد.

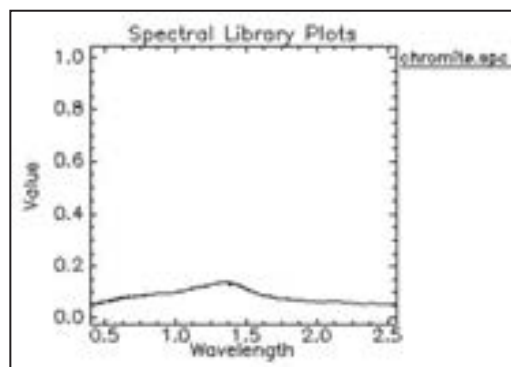
- با توجه به نقشه‌های مغناطیس‌سنجی به نظر می‌رسد دو توده آبدشت و صوغان به طرف جنوب و در زیر رسوبات ادامه داشته و به یکدیگر متصل باشند.

سپاسگزاری

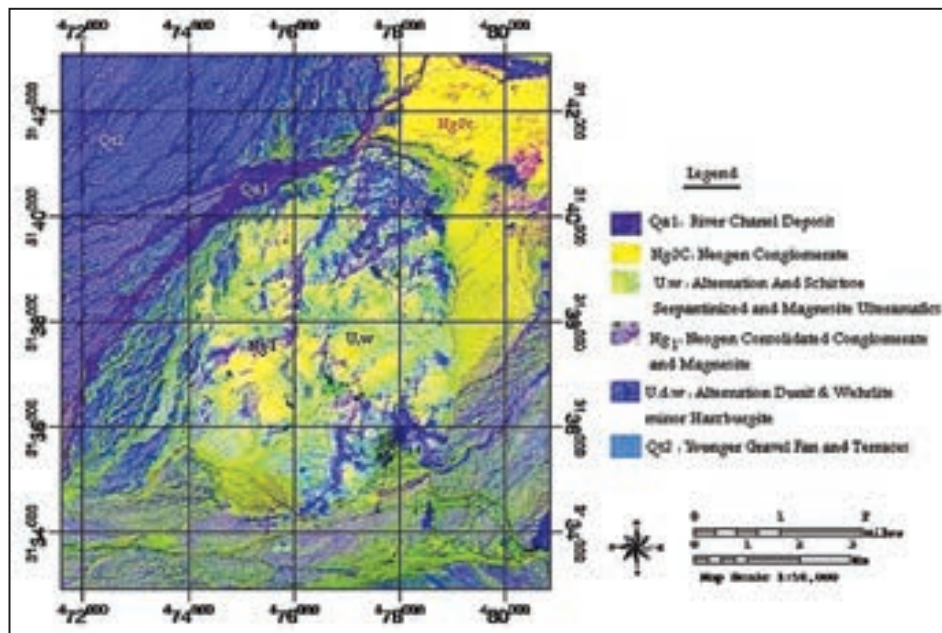
این پژوهش با حمایت مالی مطالعات کاربردی صنعتی و معدنی وزارت صنایع و معادن موضوع قرارداد شماره ۴۵۰/۱۰۱۵۶۱۳ مورخ ۸۴/۱۲/۲۷ در راستای رفع نیازهای پژوهش واحدهای صنعتی و معدنی در دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شده است. بنابراین نگارندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی کل دانشگاه شهید باهنر کرمان و همچنین سازمان صنایع و معادن استان کرمان سپاسگزاری کنند.



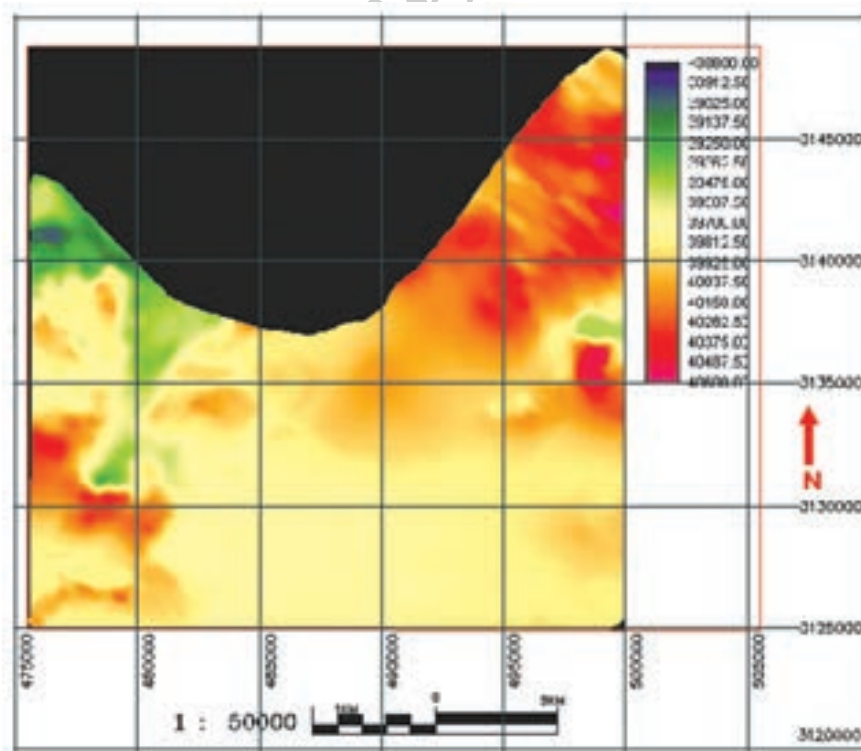
شکل ۲- بارزسازی توده‌های افیولیتی آبدشت و صوغان توسط نسبت باندی $5/7-5/1-5/4*3/4$.



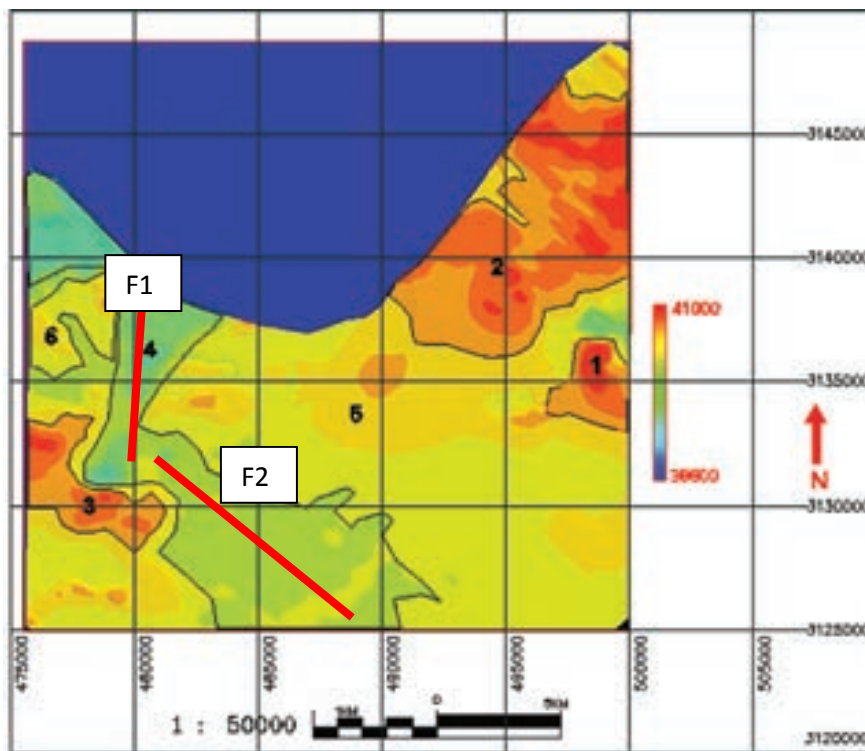
شکل ۱- منحنی طیفی کرومیت.



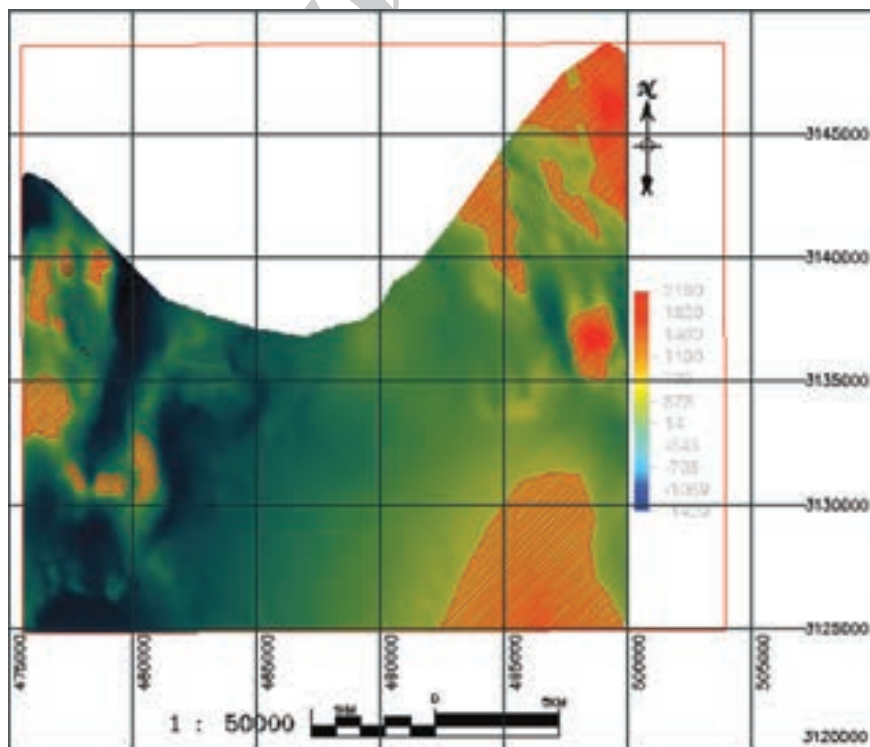
شکل ۳- تصویر نسبت باندی 5/3-5/1-7/5 توده آبدشت و واحدهای زمین شناسی قابل تفکیک آن.



شکل ۴- نقشه شدت کل میدان مغناطیسی بر گره ۱۵۰۰۰۰ آبدشت.

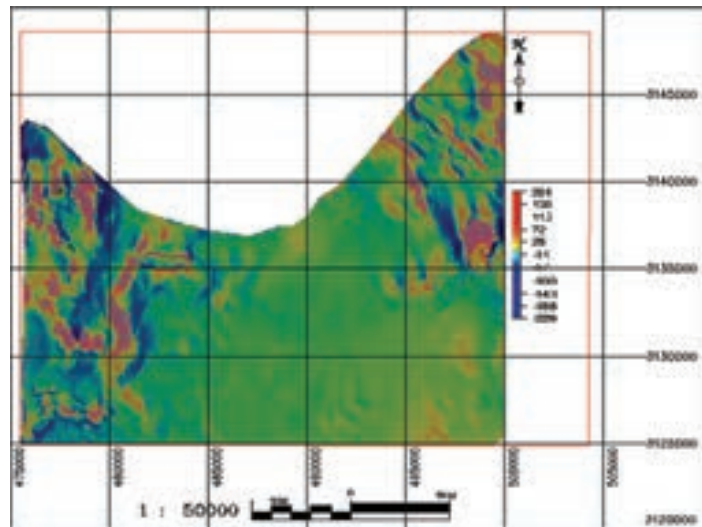


شکل ۵- موقعیت و شماره پهنه‌ها بر روی نقشه شدت کل میدان مغناطیسی برگه ۱:۵۰۰۰۰ آبدشت.

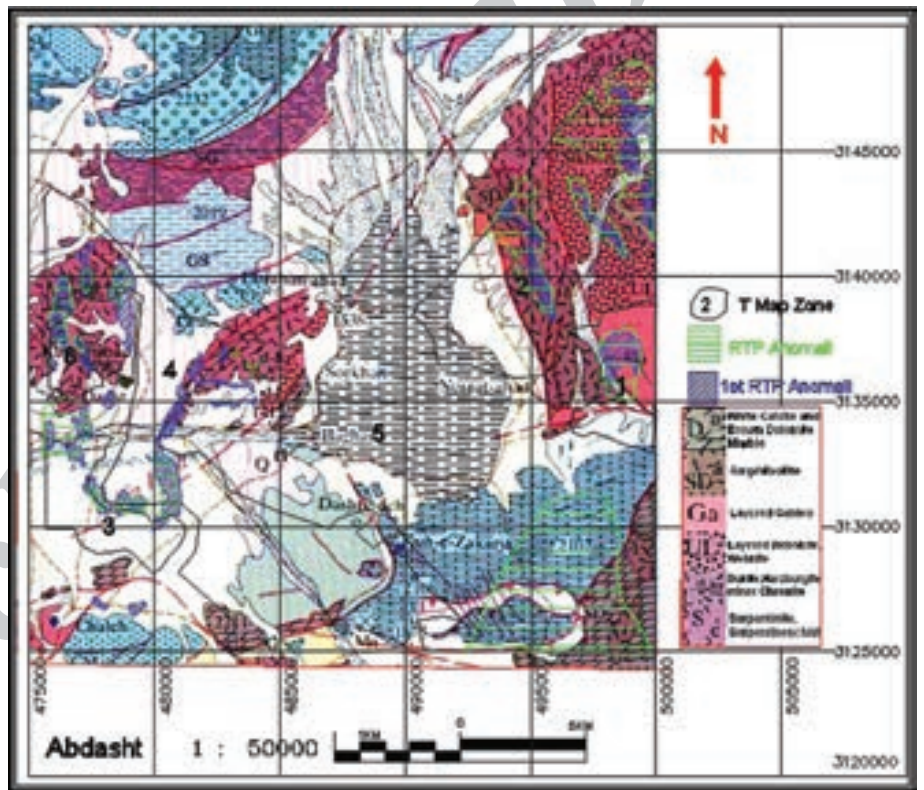


شکل ۶- نقشه برگردان به قطب برگه آبدشت به همراه موقعیت بی‌هنجاری‌ها بر روی آن.

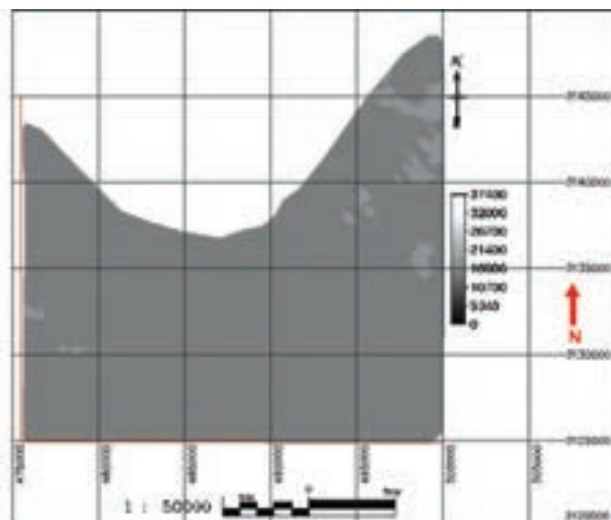
شکل ۷- موقعیت بی‌هنجاری‌ها بر روی نقشه مشتق اول داده‌های برگردان به قطب.

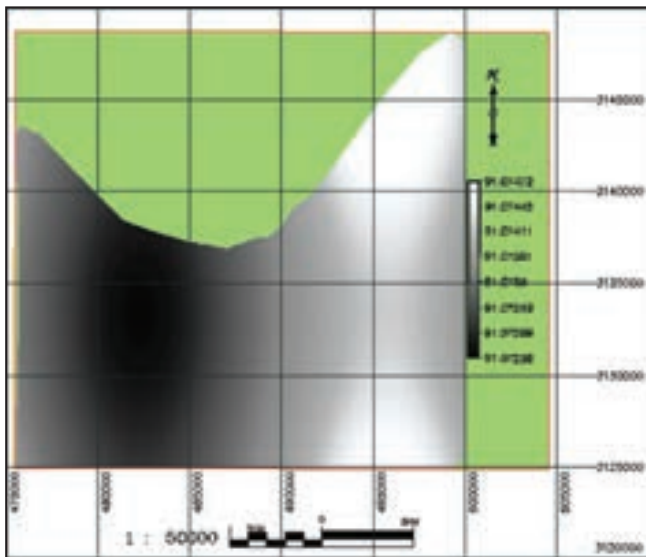


شکل ۸- موقعیت پهنه‌های شدت کل میدان و بی‌هنجاری‌های برگردان به قطب و مشتق اول بر روی نقشه زمین‌شناسی محدوده ۱:۵۰۰۰۰ آبدشت.

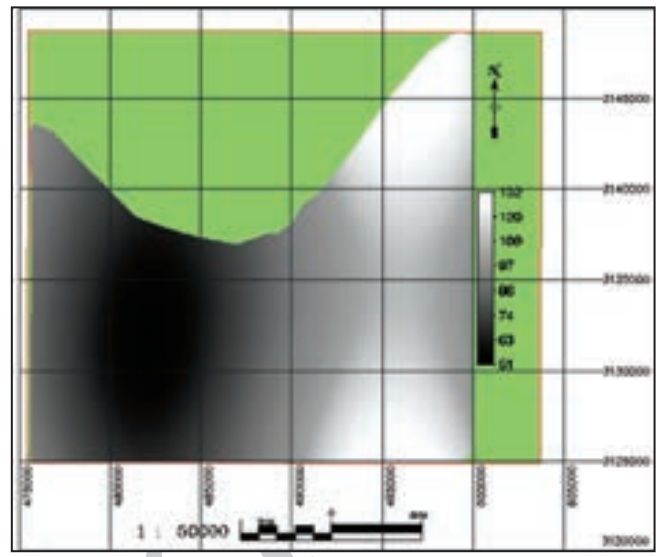


شکل ۹- نقشه فیلتر سیگنال تحلیلی.





شکل ۱۱- نقشه ادامه فراسو در ارتفاع ۲۰۰۰ متر.



شکل ۱۰- نقشه ادامه فراسو در ارتفاع ۵۰۰ متر.

جدول ۱- نسبت‌های باندهای برای شناسایی افیولیت‌ها در تصاویر ماهواره Landsat TM (Gad & Kusky, 2006).

R	G	B
b5/b3	b5/b1	b7/b5
b7/b5	b5/b4	b3/b1
b5/b7	b5/b1	b5/b4*b3/b4
b5/b7	b5/b1	b4
b3/b5	b3/b1	b5/b7

کتابنگاری

- آگاه، آ.، دولتی‌اردجانی، ف.، مرادزاده، ع. و طباطبایی، س. ه.، ۱۳۸۳- تلفیق داده‌های مغناطیس‌سنجی هوایی و زمینی جهت شناسایی پتانسیل‌های نفتی ناحیه طبس، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شماره صفحات ۱۱-۱۹.
- زمردیان، ح. و حاجب‌حسینی، ح.، ۱۳۷۵- ترجمه کتاب ژئوفیزیک کاربردی (چاپ دوم) از تلفورد، دبلیو. ام. و دیگران، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- شایسته‌فر، م. ر.، ۱۳۸۰- پاراژنز، پتروژنز و پتروژئوشیمی کانی‌سازی کرومیت در مجموعه الترامافیک صوغان، اسفندقه، گزارش طرح دو در هزار وزارت صنایع و معادن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دو جلد، ۴۶۰ ص.
- قاسمی، ح. ا.، سیزه‌ای، م. و ژوتو، ت.، ۱۳۷۷- ماهیت زمین‌شناختی کمپلکس مافیک-اولترامافیک سیخوران در جنوب خاوری ایران، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، شماره ۲۹-۳۰، صفحات ۲۲-۴۵.

References

- Gad, S. & Kusky, T., 2006 - Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya Ara, using Landsat thematic mapper (TM), *Journal of African Earth Sciences* 44, p. 196-202.
- Roest, W. R., Vrhoef, J. & Pilkington, M., 1992 - Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Journal of Geophysics* 57, 116.
- Sabzehi, M., 1974- Les Mélanges Ophiolitiques de Region D'Esfandagheh (Iran Meridional). *Etude Petrologique et Structurale, Interpretation Dans le Cadre Iranian, Universite de Grenoble*, 205p.
- Tarlowski, C., Gunn, P. J. & Mackey, T., 1997- Enhancement of the magnetic map of Australia, *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, v. 17(2), p 77-82.

Chromite Exploration by Using of the Air Born Magnetic Data Analysis of 1: 50000 Abdasht, Esphandeghe, Kerman Province

M. R. Shayestehfar ^{1*}, M. Mohammadi ², A. Rezaei ³ & H. Ranjbar ⁴

¹ Associate Professor, Department of Mining Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

² M.Sc., Department of Mining Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

³ Ph.D. Students, Department of Mining Engineering, Amirkabir University of Technology(AUT), Tehran, Iran

⁴ Professor, Department of Mining Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 2010 September 20

Accepted: 2013 April 22

Abstract

With detection of the magnetic minerals along with the chromite, it is possible to prospect the chromite deposits. Chromite has no magnetic properties but from the genetic aspects, there is a close relation between chromite and magnetite. With this respect and the magnetic differences of chromite minerals with the country rocks, the effort was to prospect the chromite mineralization of 1: 50000 Abdasht sheet by the use of air born geophysical data. In the study of the geophysical air born of the area, the observed magnetic piles in the area has been investigated by using of the digital filters of reduce to pole, first and second derivations, analytical signals and upwards continuation on the map of the magnetic field of the total intensity. With the study of these maps and compare them with the area, especially ophiolite and ultramafic bodies and chromite-included areas have been studied and the final results are compared with the magnetic pattern and with respect to the maps of the vertical derivation and upwards continuation, 25 areas for the detailed exploration and field sampling area suggested in the entire sheet of the Abdasht.

Keywords: Chromite, Air Born Magnetometry, Reduce to Pole, Vertical Derivation, Abdasht.

For Persian Version see pages 51 to 58

*Corresponding author: M. R. Shayestehfar; E-mail: shayeste@uk.ac.ir