

## بررسی مطالعات مغناطیس‌سنجی در محدوده اندیس آهن قهرود

عارف حاجی علی عسگری<sup>۱</sup>، پویان جواندل<sup>۲</sup>، احسان منصوریان<sup>۳</sup>، عباس مقصودی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، [rfaqari1992@aut.ac.ir](mailto:rfaqari1992@aut.ac.ir)

<sup>۲</sup>کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، [Puyanjanavan.pj.aut.ac.ir](mailto:Puyanjanavan.pj.aut.ac.ir)

<sup>۳</sup>کارشناس ارشد، دانشگاه تهران، [emansuryan@gmail.com](mailto:emansuryan@gmail.com)

<sup>۴</sup>استادیار، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، [A.maghsoodi@aut.ac.ir](mailto:A.maghsoodi@aut.ac.ir)

### چکیده

برداشت‌های میدان کل مغناطیسی در منطقه اندیس آهن قهرود واقع در نزدیکی روستای قهرود از توابع شهرستان کاشان در محدوده‌ای با ابعاد (400m×400m) به اجرا در آمد. برداشت‌ها روی رخنمون‌های مگنتیتی و واریزه‌های اطراف آنها برای شناخت روند عمقی کانی‌سازی و پیوستگی آن صورت گرفت. در این منطقه ۱۱۰۰ نقطه میدان کل مغناطیسی (Total)، برای انجام مطالعات مغناطیس‌سنجی شامل تفسیر و پردازش رخنمون‌های مگنتیتی برداشت شد. پس از پردازش‌های اولیه از جمله حذف داده‌های پرت و تغییرات روزانه میدان، با استفاده از داده‌های خام نقشه مغناطیسی ترسیم شد و پس از آن نقشه‌های پردازشی تهیه شدند. در محدوده مورد مطالعه با توجه به رخنمون مگنتیت در سطح زمین و ارتباط آن با سیستم‌های گسله موجود، برای پیگیری زون آهن‌دار در عمق و همچنین وضعیت گسترش آنها در جهات مختلف، لازم بود تا عملیات مغناطیس‌سنجی در منطقه انجام شود.

**واژه‌های کلیدی:** میدان کل مغناطیسی، اندیس آهن، قهرود، کانی‌سازی، مغناطیس‌سنجی

## Study of Magnetometry in the Iron index of Ghohroud region

Aref haji ali asgari<sup>1</sup>, puyan javandel<sup>2</sup>, ehsan mansurian<sup>3</sup>, abbas maghsoudi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>dep. Of mining and metallurgy, amirkabir university

<sup>2,3</sup> dep. Of mining and metallurgy, amirkabir university

<sup>4</sup>dep.of mining, Tehran university

### Abstract

Magnetic field observations were performed in Iron index of Ghahrood region located near Ghahrood village, from the environs of Kashan city in a range of dimensions (400m × 400m). Taking the samples from magnetite exposures(outcrops) and their deposits around them were used to understand the deep mineralization process and its continuity. In this area, 1100 points of total magnetic field (Total) were taken for magnetometric studies including interpretation and processing of magnetite outcrops. After the initial processing such as the removal of irrelevant data and field daily changes, the maps were drawn using magnetic simple data and then the processing maps were prepared. In the area of study, it was necessary to conduct magnetometric researches in the area due to the magnetite outcrop on the surface of the earth and its relation to existing fault systems, in order to investigate the depth of the iron zone and the extent of their expansion in different directions.

**Keywords:** total magnetic field, Iron index, Ghahrood, mineralization, magnetometric

### ۱ مقدمه

مطالعات ژئوفیزیک یکی از مراحل اصلی اکتشاف است که قبل از حفاری‌های اکتشافی انجام می‌شود. روش‌های ژئوفیزیک بر مبنای خواص فیزیکی کانی‌ها و شرایط زمین‌شناسی آنها متفاوت می‌باشد. در مورد اکتشاف ذخایر آهن‌دار با توجه به وجود کانی مگنتیت یا هماتیت که دارای خواص مغناطیسی می‌باشند روش مغناطیس‌سنجی بهترین، مناسب‌ترین و ارزان‌ترین روشی است که اکتشاف مستقیم آنها را شامل می‌شود.

در محدوده مورد مطالعه با توجه به رخنمون مگنتیت در سطح زمین و ارتباط آن با سیستم‌های گسله موجود، برای پیگیری زون آهن‌دار در عمق و همچنین وضعیت گسترش آنها در جهات مختلف، لازم بود عملیات مغناطیس‌سنجی در منطقه انجام شود. با توجه به نتایج حاصل از پردازش داده‌های میدان مغناطیسی کل مشخصات بی‌هنجاری‌های مغناطیسی در محدوده تعیین شده است. در نهایت با مدل‌سازی عمقی کانسار، مناطقی که بیشترین ضخامت کانی‌سازی و بیشترین مقدار بی‌هنجاری وجود دارد برای ادامه عملیات اکتشافی پیشنهاد شده است.

## ۲ روش تحقیق

با توجه به پی‌جویی انجام شده در منطقه مورد مطالعه دو محدوده برای برداشت مغناطیس‌سنجی انتخاب شد. مبنای انتخاب این دو محدوده رخنمون‌های مگنتیت موجود در منطقه می‌باشد، از طرفی این دو محدوده محل کنتاکت ساختار رسوبی و آذرین می‌باشند که مناسب برای کانی‌سازی اسکارن می‌باشد. با توجه به کوچک بودن و احتمالاً پرعیار بودن رخنمون‌ها و محدوده‌های احتمالی کانی‌سازی، واریزه‌ها و گسل‌های موجود که از عوامل مهم کانی‌سازی در این منطقه می‌باشند، شبکه برداشت اولیه  $20 \times 10$  طراحی شد و از آنجا که امتداد رخنمون‌ها شمالی-جنوبی می‌باشد، پروفیل‌ها خاوری-باختری پیاده شدند. برای رفع اثر آلیازینگ در محل بی‌هنجاری فاصله بین پروفیل‌ها ۱۰ متر و فاصله بین ایستگاه‌ها ۵ متر انتخاب شد. عملیات مغناطیس‌سنجی شامل مطالعات اولیه جهت مکان‌یابی محل برداشت‌های ژئوفیزیکی و بررسی اثرات پارازیت‌های احتمالی، برداشت مغناطیس‌سنجی زمینی بر روی پروفیل‌های مناسب، ثبت تغییرات شبانه‌روزی میدان به‌روش Tie-Point، در منطقه انجام گرفت و در نهایت حدود ۱۱۰۰ نقطه برداشت شد. در ادامه برای بررسی هرچه بیشتر و بهتر، بی‌هنجاری‌های موجود در منطقه، مناطق اطراف محدوده‌های کانی‌سازی برای پی‌جویی رگه‌های احتمالی اطراف محدوده نیز برداشت شد. در تمام مدت اندازه‌گیری‌ها، تغییرات قابل توجهی که علت آن وزش طوفان‌های مغناطیسی باشد، مشاهده نشد. در نهایت تغییرات روزانه به‌صورت تابعی از زمان مدل می‌شود و در ساعات مختلف از داده‌های برداشت شده کسر می‌شود.

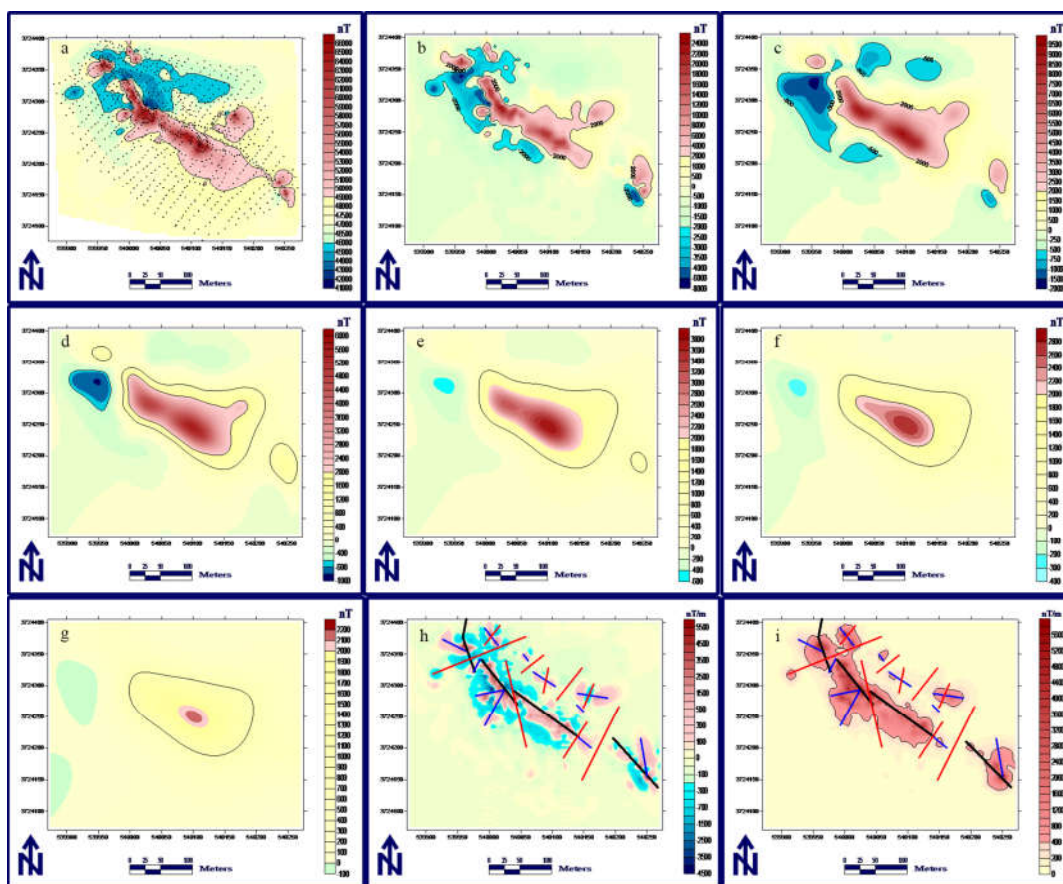
## ۳ تفسیر و پردازش داده‌های برداشت شده

تغییرات میدان مغناطیسی زمین با طول و عرض جغرافیایی و زمان، توسط روابط محاسبات تجربی پیچیده‌ای محاسبه شده اند که تحت عنوان میدان‌های مرجع مغناطیسی بین المللی IGRF از آن یاد می‌شود. پارامترهای میدان مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مختصات یک نقطه از منطقه از سیستم IGRF به‌دست آمده، که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- پارامترهای میدان مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه

Total Intensity (F)	Declination (D)	Inclination (I)	Northward (X)	Eastward (Y)	Downward (Z)	Horizontal (H)
۴۷۱۷۶ (nT)	۴۰	۵۲	۲۹۱۱۹ (nT)	۲۰۰۲ (nT)	۳۷۰۶۴ (nT)	۲۹۱۸۷ (nT)

نقشه میدان مغناطیسی برای داده‌های مغناطیسی برداشت شده پس از انجام تصحیحات روزانه رسم شده است، محل نقاط برداشت شده روی نقشه مغناطیس کل جانمایی شده است. محدوده‌های برداشتی روی شکل ۱-a مشخص شده اند. مقدار متوسط میدان در منطقه حدود ۴۷۰۰۰ گاما است، زاویه میل حدود ۵۲ درجه و زاویه انحراف ۴ درجه می‌باشد. این زوایا باعث چرخش و پیچش محل بی‌هنجاری نسبت به محل کانی‌سازی می‌شود، که با فیلتر برگردان به قطب تصحیح می‌شود، با برگرداندن بی‌هنجاری به قطب مغناطیسی می‌توان محل دقیق کانی‌سازی برای حفاری را پیشنهاد داد (شکل ۲-b). فیلتر گسترش به سمت بالا (ادامه فراسو) داده‌ها را از سطح زمین به سطوح دلخواه بالاتر انتقال می‌دهد، بر این اساس می‌توان روند کانی‌سازی را در این اعماق بررسی کرد. در این مطالعه فیلتر فراسو با مقادیر ۱۰ تا ۵۰ متر با فاصله ۱۰ متر بر روی داده های کاهیده به قطب اعمال شد تا تخمینی از گسترش عمق زون حاوی کانی زایی بدست آید (شکل ۱-c, d, e, f, g). در بیشتر حالت‌ها بی‌هنجاری‌های میدان پتانسیل، با بی‌هنجاری‌های گسترده‌ای که باعث پوشاندن هدف اکتشافی است، همراه می‌شوند. در این مطالعه برای از بین بردن بی‌هنجاری‌ها از روش مشتق اول در جهت قائم مکان گسل‌های احتمالی روی نقشه با خطوط قرمز درشت جانمایی شده است، ساختارهای کانی‌سازی با خطوط مشکی تیره و آبی روی نقشه جانمایی و اولویت‌بندی شده است، خط مشکی درشت اولویت مناسب‌تری دارند (شکل ۱-h). در این مطالعه برای نمایش بهتر بدنه مغناطیسی و حذف اثر بی‌هنجاری‌های سطحی، از روش سیگنال تحلیلی نیز استفاده شد. این روش بر اساس حذف نوفه با مشتق‌گیری در جهات x، y و z بیان می‌شود که در واقع هم‌آمیخت میدان در جهات مختلف می‌باشد و با مشتق‌گیری در جهات مختلف، اثر بی‌هنجاری‌های سطحی و غیرمرتبط با کانی‌سازی، بهتر حذف می‌شوند (شکل ۱-i).



تصویر ۱- محدوده اندیس آهن قهرود (a) نقشه میدان مغناطیس کل (b) نقشه برگردان به قطب (c) فیلتر فراسو ۱۰ متر (d) فیلتر فراسو ۲۰ متر (e) فیلتر فراسو ۳۰ متر (f) فیلتر فراسو ۴۰ متر (g) فیلتر فراسو ۵۰ متر (h) نقشه مشتق اول درجهت قائم (i) نقشه سیگنال تحلیلی

#### ۴ نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده و بررسی های صحرائی می توان نتایج زیر را به صورت خلاصه ارائه نمود. تیپ کانی‌سازی منطقه از نوع اسکارن و دگرگونی با ساختار دایک مانند می‌باشد. کانسار آهن مورد مطالعه شامل افق‌های پرعیار آهن به صورت توده‌ای و متراکم می‌باشد. کانی‌سازی آهن مگنتیتی موجود در منطقه به نظر پر شیب است و شیب حدودی ۶۵ تا ۸۰ درجه دارد. در نقشه‌های گسترش به سمت بالا، عمق کمینه کانی‌سازی قسمت جنوبی حدود ۳۰ متر و عمق بیشینه آن در قسمت مرکزی حدود ۶۰ متر می‌باشد. کانی‌زایی دارای راستای کلی شمال باختری-جنوب خاوری می‌باشد. درازای کانی‌سازی در این راستا بیش از ۴۰۰ متر می‌باشد.

#### منابع

- منصوریان، ا.، ۱۳۹۲، بررسی مطالعات مغناطیس سنجی در محدوده اندیس آهن قهرود، گزارش علمی.
- نوروزی غ، جهانگیری ف. ۱۳۹۲. روش های الکتریکی در ژئوفیزیک اکتشافی: مقاومت ویژه، پلاریزاسیون القایی و الکترومغناطیس. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- انصاری ع، مجتهد زاده س.ج. ۱۳۹۳. روش گرانی و مغناطیس در ژئوفیزیک اکتشافی. یزد: انتشارات دانشگاه یزد.
- اسفندیاری ع. ۱۳۹۰. مطالعه ای بر ژئوفیزیک به روش مغناطیسی. انتشارات آرمان برتر.
- W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff, Applied Geophysics, Cambridge University Press, 1990.
- V. J.S. Grauch, A FORTRAN program to implement the variable-magnetization trend- correction method for aeromagnetic data, Open file report 1986, U.S.G.S.