مغناطیس‌سنجی با پهپاد (مطالعه موردی، معدن حوض ۷- یزد)

الله یار خوجم‌لی[۱]، علی نجاتی کلاته[۲]، علی رهنما [۳]
[۱]شرکت مهندسین مشاور کاواک‌آرای نوین معدن، a.khojamli.g@gmail.com
[۲] شرکت مهندسین مشاور کاواک آرای نوین معدن
[۳]شرکت مهندسین مشاور کاواک آرای نوین معدن

چکیده

اخیراً استفاده از پهپاد در زمینه برداشت‌های مغناطیس‌سنجی مورد توجه ژئوفیزیکدانان قرار گرفته است. با بکارگیری مغناطیس سنجی پهپادی می‌توان هزینه‌های پرسنلی را نسبت به روش مرسوم به شدت کاهش داد و همچنین میزان ایمنی را افزایش داد. همچنین با استفاده از پهپاد می‌توان با ارتفاع کمتری پرواز کرد و قدرت تفکیک را نسبت به برداشت‌های هوایی مرسوم افزایش داد. در این تحقیق از سنسور پمپ لیزری بخار سزیم جهت برداشت داده‌های مغناطیسی در محدوده حوض ۷ استفاده شده است. فاصله خطوط برداشت و خطوط کنترلی (Tie Line) به ترتیب ۵۰ و ۴۰۰ متر می‌باشد. پس از پردازش داده‌ها، مدلسازی ۳ بعدی انجام شد. با توجه به مدلسازی داده‌ها، نقاط حفاری پیشنهاد شدند. بررسی داده‌های حفاری بیانگر مطابقت کامل آنها با نتایج مدلسازی داده‌های مغناطیس‌سنجی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پهپاد، مغناطیس‌سنجی، حوض ۷، سنسور، هوابرد، مدلسازی

Aeromagnetic with UAV (a case study: Hoz e 7 mine, Yazd)

Allahyar Khojamli [1], Ali Nejati Kalateh[2], Ali Rahnama [3]
[1]Kavakaray Novin Madan Consulting Engineering, a.khojamli.g@gmail.com
, [2] Kavakaray Novin Madan Consulting Engineering
[3]Kavakaray Novin Madan Consulting Engineering

Abstract

Recently, the aeromagnetic with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) has been interested in by the geophysicists. Compared to the conventional method, it would be possible to reduce the personnel cost utilizing the airborne magnetometry technique. It is also practical to fly in a lower height to increase the resolution with respect to the conventional methods. In this study, the advanced magnetometer is used for geophysical surveying in the Hoz e-7 area. The distance between surveying and Tie lines are considered 50 and 400 m, respectively. After data processing, the three-dimensional model is constructed. The drill holes are suggested based on the model. The results show that the drill hole data are highly in accordance with the information obtained through magnetometry.
Keywords: UAV, Magnetometry, Hoz e 7, Sensor, Airborne, Modelling

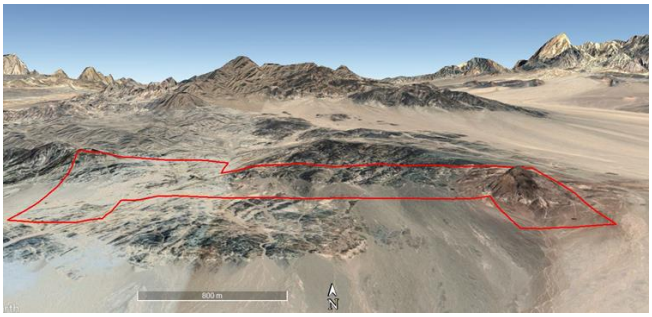
۱ مقدمه

استفاده از پرنده‌های هدایت پذیر از دور (پهپاد) روز به روز در علوم مختلف گسترش می‌یابد. علم ژئوفیزیک و مغناطیس‌سنجی نیز از این علوم مستثنا نیست. تکنولوژی برداشت‌های مگنتومتری با استفاده از پهپاد تکنولوژی روز دنیا در زمینه اکتشافات ژئوفیزیکی است. اخیراً تلاش‌های بسیار زیادی به منظور استفاده از پهپاد در برداشت‌های مغناطیس سنجی هوابرد صورت گرفته است (سامسون و همکاران، ۲۰۱۰؛ جی و همکاران، ۲۰۱۹). زیرا از این طریق می‌توان هزینه‌های پرسنلی را نسبت به روش‌های مرسوم به شدت کاهش داد و همچنین میزان ایمنی را افزایش داد (کانینگ هام و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین با استفاده از پهپاد می‌توان تعادلی بین قدرت تفکیک کنندگی و مساحت محدوده برداشت شده ایجاد کرد (والتر و همکاران، ۲۰۱۹). در مقایسه با برداشت‌های هوایی مرسوم می‌توان با استفاده از پهپاد با سرعت بسیار کم، ۵ کیلومتر بر ساعت، برداشت‌های هوایی انجام داد (کانینگ هام و همکاران، ۲۰۱۶) و از این طریق فاصله بین نمونه‌های برداشت شده را کاهش داد. همچنین با استفاده از پهپاد می‌توان با ارتفاع کمتری پرواز کرد و در نتیجه قدرت تفکیک کنندگی را نسبت به برداشت‌های هوایی مرسوم که معمولاً در

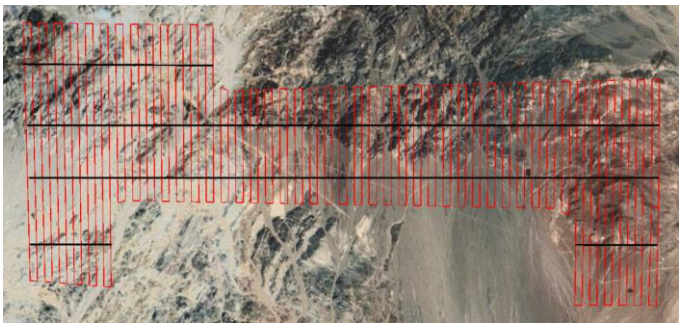
ارتفاع بیش از ۱۰۰ متری انجام می‌شود، افزایش داد (ماله‌میر و همکاران، ۲۰۱۷). یکی از مهم‌ترین فاکتورها در استفاده از پهپادها به منظور مغناطیس‌سنجی استفاده از سنسور با حساسیت بالا می‌باشد. در تحقیق حاضر جهت برداشت داده‌های مغناطیسی از سنسور پیشرفته‌ای استفاده شده است که بر مبنای پمپ لیزری بخار سزیم طراحی شده و دارای دقت بسیار بالای در حد ۰.۰۰۵ نانو تسلا (nT) و Dead Zone=0 (برداشت‌های کاملاً پیوسته با استفاده از دو سنسور MFAM) می‌باشد.

۲ روش تحقیق

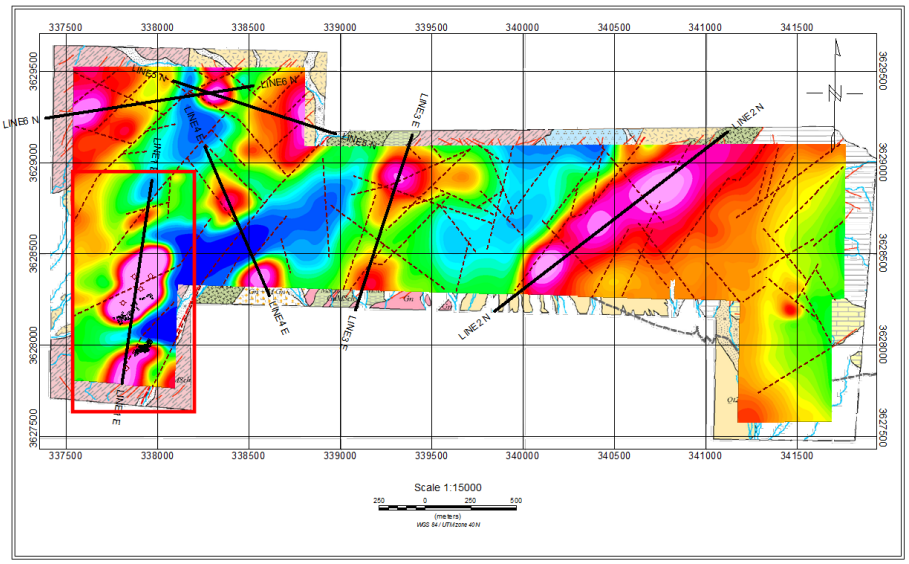
محدوده حوض ۷ در استان یزد، شهرستان اردکان قرار گرفته است. این محدوده در فاصله ۱۶۵ کیلومتری شهرستان بافق و ۴۰ کیلومتری روستای ساغند واقع شده است. لازم به ذکر است محدوده حوض ۷ در فاصله مستقیم ۵۵ کیلومتری شمال غرب معدن چادرملو قرار گرفته است. منطقه در زونی واقع شده که بین دو گسل اصلی پشت بادام و کلمرد قرار گرفته است و شامل مجموعه‌هایی از کهن‌ترین سنگ‌های دگرگونه ایران است که با سازندهای تاشک و بنه شورو شناخته می‌شوند و تعداد بسیار زیادی از اندیس‌ها و معادن مهم آهن ایران مرکزی همچون چغارت، چادرملو، سه چاهون، میشدوان، چاه گز، دوزخ دره و مانند آن در این زون قرار دارند و یکی از ایالت‌های فلززایی آهن پرکامبرین- کامبرین ایران در این منطقه واقع است (لطفی و همکاران، ۱۳۷۷). در شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب توپوگرافی معدن حوض ۷ بر روی تصاویر ماهواره‌ای و خطوط پروازی پهپاد با فواصل ۵۰ متر آورده شده است. پس از پردازش داده‌های پهپادی که شامل پیش پردازش و پردازش نهایی می‌باشد نقشه‌های نهایی جهت تفسیر تهیه شدند. در شکل ۳ نقشه آنومالی باقیمانده برگردان به قطب شده بر روی نقشه زمین شناسی آورده شده است. با توجه به نتایج مدلسازی سه بعدی داده‌ها و تلفیق آن با داده‌های زمین شناسی ۴ نقطه حفاری مغزه‌گیری پیشنهاد شد. در شکل ۴ مدلسازی سه بعدی داده‌های مغناطیسی به همراه نقشه زمین شناسی نشان داده شده است. در شکل ۵ مقطع دو بعدی داخل محدوده مستطیل قرمز رنگ شکل ۳ آورده شده است (LINE 1E).



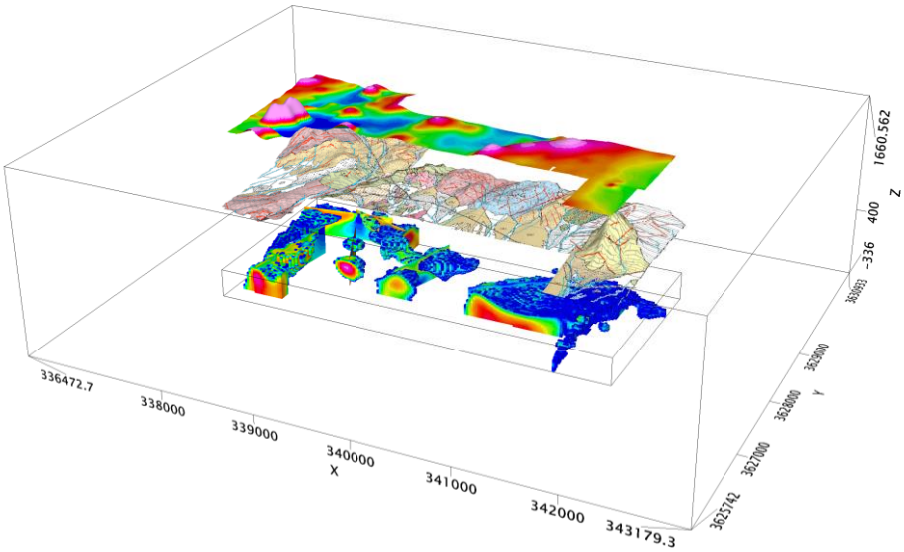
شکل ۱. وضعیت توپوگرافی معدن حوض ۷ بر روی تصاویر ماهواره‌ای.



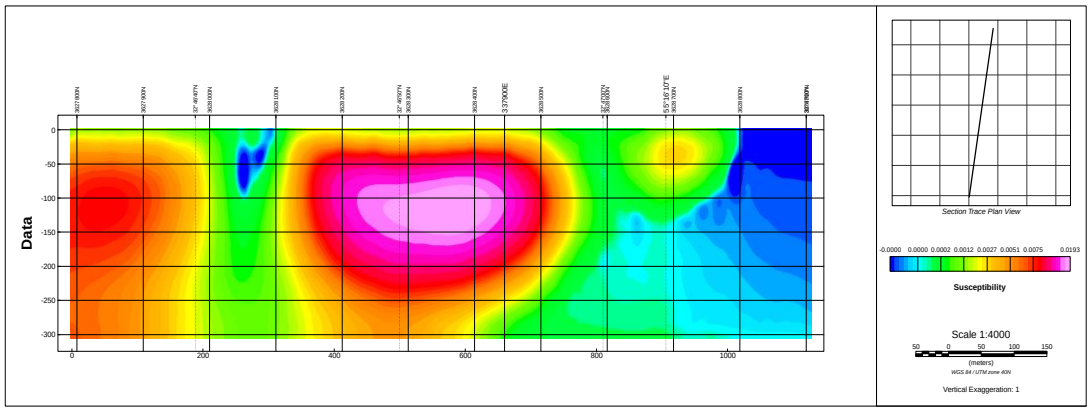
شکل ۲. خطوط پروازی پهپاد با فواصل ۵۰ متر و خطوط کنترلی ۴۰۰ متر.



شکل ۳. نقشه آنومالی باقیمانده برگردان به قطب شده بر روی نقشه زمین شناسی. همچنین موقعیت نقاط حفاری مغزه‌گیری و پودری در آنومالی جنوب غربی این محدوده که با مستطیل قرمز نشان داده شده است، آورده شده است.



شکل۴. مدل سه بعدی داده‌های مغناطیسی محدوده حوض ۷



شکل ۵. مقطع دو بعدی از مدلسازی سه بعدی داده‌های مغناطیسی محدوده حوض ۷ (داخل مستطیل قرمز رنگ).

بررسی مغزه‌های حفاری و نتایج آن نشان می‌دهد که مطابقت بسیار خوبی با مدلسازی‌های سه بعدی داده‌ها دارد و در تمامی

گمانه‌ها از اعماق تقریبی ۴۲ متری هماتیت گزارش شده است. لازم به ذکر است که در محدوده حوض ۷ فعلاً فقط در آنومالی جنوب غربی حفاری انجام شده است.

۳ نتیجه‌گیری

استفاده از پهپاد به منظور کاهش هزینه‌های اکتشاف سیستماتیک مواد معدنی و تهیه نقشه‌های پتانسیل‌های معدنی فلزی در کشور ما اجتناب‌ناپذیر است. در مطالعه حاضر در محدوده حوض ۷ با استفاده از سنسور پیشرفته پمپ لیزری بخار سزیم داده‌های مغناطیس‌سنجی برداشت شد. پس از پردازش نهایی، مدلسازی سه بعدی داده‌ها صورت گرفت و با تلفیق نتایج مدل‌سازی سه بعدی و اطلاعات زمین شناسی ۴ نقطه حفاری پیشنهاد شد. بررسی مغزه‌های حفاری و نتایج آن نشان می‌دهد که مطابقت بسیار خوبی با مدلسازی‌های سه بعدی داده‌ها دارد و در تمامی گمانه‌ها از اعماق تقریبی ۴۲ متری هماتیت گزارش شده است.

منابع

لطفی، م.، حریری، ع.، فرخندی، ف.، ۱۳۷۷، نگرشی بر کانه‌زایی آهن در ناحیه گلمنده (شمال شرق ساغند): دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد.

Cunningham, M., Samson, C., Wood, A., Cook, I., 2018. Aeromagnetic Surveying with a Rotary-Wing UnmannedAircraft System: A Case Study from a Zinc Deposit in Nash Creek, New Brunswick, Canada. Pure Appl. Geophys. **175** , 3145-3158 . https://doi.org/10.1007/s00024-017-1736-2

Cunningham, M., Samson, C., Wood, A., Cook, I., Doyle, B., 2016. An experimental aeromagnetic survey with a rotary-wing unmanned aircraft system, in: SEG Technical Program Expanded Abstracts 2016. Society of Exploration Geophysicists, pp. 2129–2133. https://doi.org/10.1190/segam2016-13607329.1

Ge, J., Li, H., Luo, W., Dong, H., Liu, H., Wang, H., Wang, W., Yuan, Z., Zhu, J., Zhang, H., 2019. Aeromagnetic system for a Multi-rotor unmanned aerial vehicle based on the Overhauser sensor. J. Instrum. **14**. https://doi.org/10.1088/1748-0221/14/01/P01015

Malehmir, A., Dynesius, L., Paulusson, K., Paulusson, A., Johansson, H., Bastani, M., Wedmark, M., Marsden, P., 2017 .The potential of rotary-wing UAV-based magnetic surveys for mineral exploration: A case study from central Sweden. Lead. Edge **36**, 552–557. https://doi.org/10.1190/tle36070552.1

Samson, C., Straznicky, P., Laliberté, J., Caron, R., Ferguson, S., Archer, R., Limited, S.G., 2010. Designing and building an unmanned aircraft system for aeromagnetic surveying. SEG Ext. Abstr. **29**, 1167–1171.

Walter, C.A., Braun, A., Fotopoulos, G., 2019. Impact of three-dimensional attitude variations of an unmanned aerial vehicle magnetometry system on magnetic data quality. Geophys. Prospect. **67**, 465–479. https://doi.org/10.1111/1365- 2478.12727.