



بیست و سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹

The 23rd Symposium of Geological Society of Iran
10-11 November, 2020



مغناطیس سنجی هوابرد با استفاده از پهپاد، مطالعه موردی

هاشم شاهسونی

عضو هیات علمی دانشگاه کردستان، سنندج، کردستان

چکیده

مغناطیس سنجی کاربردهای بسیار زیادی در اکتشاف مواد معدنی، اکتشاف نفت، زمین شناسی، باستان شناسی، اکتشاف مهمات منفجر نشده یا مین های مدفون، اکتشاف مصنوعات فلزی و غیره دارد. این روش که به بررسی تغییرات شدت میدان مغناطیسی زمین می پردازد، یکی از شاخه های علم ژئوفیزیک می باشد. یکی از ویژگی های این روش ژئوفیزیکی برداشت داده به صورت هوابرد و با استفاده از هواپیما یا بالگرد می باشد. به این ترتیب می توان منطقه وسیعی را پوشش داد. مزایای بسیار زیاد پهپادها نظیر کاهش هزینه تعمیر و نگهداری اندک، هزینه عملیاتی پایین، مکان یابی بسیار دقیق و انعطاف پذیری مناسب آن ها باعث شده است تا پهپادها به ابزار مورد علاقه ژئوفیزیک دانان در برداشت های مغناطیس سنجی هوابرد تبدیل شود. یکی از مشکلات اصلی در برداشت های مغناطیس سنجی هوابرد با استفاده از پهپادها ساختار حسگرهای مغناطیس سنج می باشد. آن ها معمولاً سنگین هستند و نیز اندازه بزرگ و مصرف انرژی بالایی دارند. این معایب باعث شده است تا این حسگرها برای نصب و استفاده روی پهپاد مناسب نباشند. حسگرهایی از نوع سیستم میکرو الکترو مکانیکی معروف به ممز، که بیشتر به منظور استفاده در سیستم های ناوبری توسعه و معرفی شده اند ویژگی های منحصر به فردی مانند سبکی، کوچکی، دقت و قیمت مناسب دارند. در این مطالعه یکی از حسگرهای ممز که دقت مناسبی دارد انتخاب و راه اندازی شده است. سپس حسگر مربوطه روی یک پهپاد چند موتوره نصب شده و برداشت هایی بروی یک خودرو به عنوان یک بی هنجاری فلزی انجام گرفته است. نتایج این برداشت ها محل بی هنجاری فلزی را به خوبی آشکار ساخته است. نتایج امیدوار کننده این تحقیق امکان استفاده از پهپاد در مغناطیس هوابرد را در مرحله اکتشاف مقدماتی آشکار ساخته است

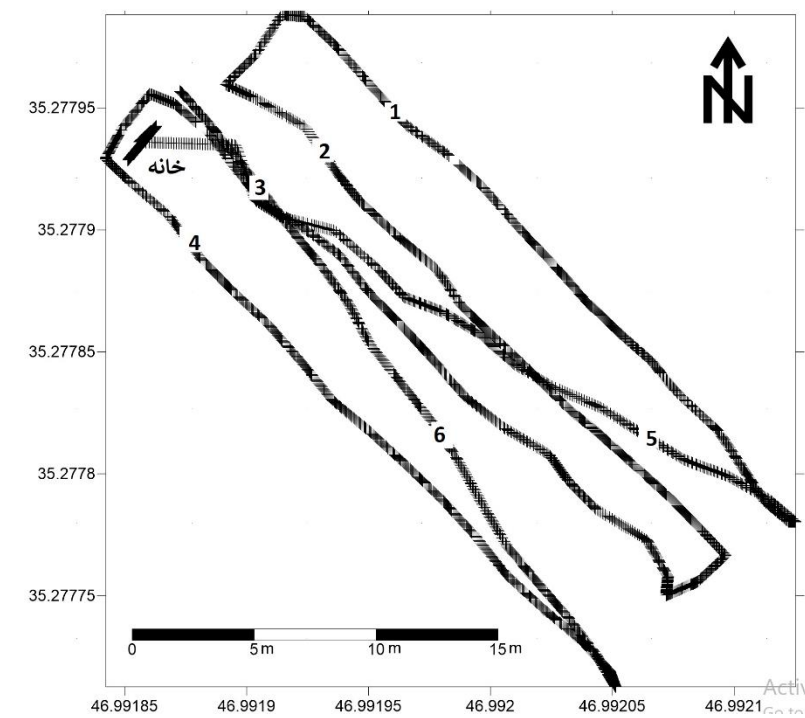
مواد و روش کار



شکل ۱. نحوه آویزان کردن حسگر از پهپاد (مکان: زمین چمن دانشگاه کردستان)

برداشت داده:

به منظور برداشت داده تعداد چهار پروفیل به طول ۳۰ متر به گونه ای طراحی شده است تا به طور کامل خودرو را پوشش دهد. پروفیل پنج مسیر پرواز پهپاد از خانه (نقطه ای که پرنده در ابتدا شروع به پرواز کرده است و در انتها فرود آمده است) به ابتدای پروفیل یک و پروفیل شش مربوط به مسیر پرواز پهپاد از انتهای پروفیل ۴ به محل خانه می باشد. این پروفیل ها در شکل ۲ نشان داده شده اند. همچنین در شکل ۳ عبور پهپاد از روی خودرو نشان داده شده است.

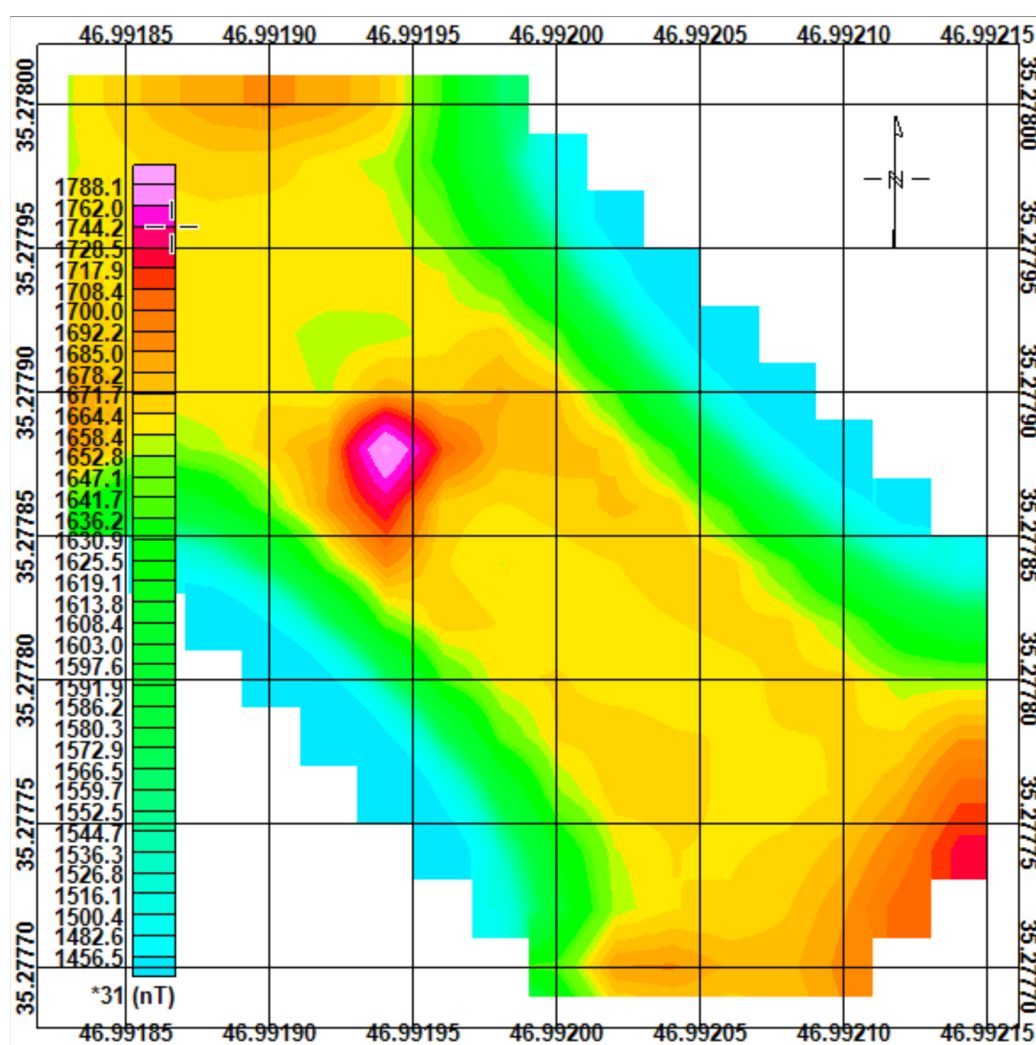


شکل ۲. مسیریهای پرواز پهپاد (مکان: محوطه دانشگاه کردستان)



شکل ۳. عبور پهپاد از روی خودرو به عنوان یک بی هنجاری فلزی (مکان: محوطه دانشگاه کردستان)

سرعت افقی حرکت پهپاد دو متر بر ثانیه انتخاب شده است و از آنجایی که نرخ نمونه برداری حسگر ۴۰ هرتز می باشد فاصله دو نمونه برداشت شده از هم برابر پنج سانتیمتر می باشد. داده های برداشت شده با نرم افزار اوسیس مونتاز پردازش شده است. نتایج این پردازش ها در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود محل خودرو به خوبی آشکار سازی شده است.



شکل ۴. نقشه شدت میدان مغناطیسی (مکان: محوطه دانشگاه کردستان)

نتیجه گیری

استفاده از پهپاد در علوم مختلف روز به روز در حال گسترش می باشد. به دلیل مزایای بسیار زیاد پهپادها ژئوفیزیک دانان نیز علاقه مند به استفاده از آن ها در زمینه مغناطیس سنجی هوابرد شده اند. با پیشرفت تکنولوژی حسگرهای مغناطیس سنج سبک تر و کم مصرف تر به بازار عرضه شده است که برای نصب بر روی پهپادها مناسب تر می باشند. در این مطالعه یک حسگر مغناطیس سنج ممز راه اندازی شده و روی پهپاد نصب شد. سپس برداشت هایی بر روی یک خودرو به عنوان یک بی هنجاری فلزی انجام شد. نتایج برداشت ها در نرم افزار اوسیس مونتاز پردازش شده و حضور بی هنجاری فلزی حاصل از خودرو به خوبی آشکار شد. این نتایج نشان می دهد استفاده از پهپاد به منظور مغناطیس سنجی هوابرد با استفاده از حسگرهای ممز موثر و امکان پذیر است. پیشنهاد می شود از این سیستم بر روی یک ذخیره فلزی واقعی پیاده سازی شود و داده های مربوطه به منظور اعتبار سنجی با داده های مغناطیس سنجی زمینی مقایسه شود.

منابع

References

- Dentith M, Mudge ST. Geophysics for the mineral exploration geoscientist. Cambridge (UK): University Press; 2014.
- Camara E, Guimarães S. Magnetic airborne survey - Geophysical flight. Geosci Instrumentation, Methods Data Syst 2016;5:181-92. doi:10.5194/gi-5-181-2016.
- Hood P, Ward SH. Airborne Geophysical Methods. Adv. Geophys., vol. 13, Elsevier; 1969, p. 1-112. doi:10.1016/S0065-2687(08)60508-7.
- Luyendyk APJ. Processing of airborne magnetic data. AGSO J Aust Geol Geophys 1997;17:31-8.
- Singhal G, Bansod B, Mathew L. Unmanned Aerial Vehicle classification , Applications and challenges : A Review. Preprint 2018.
- Anderson K, Gaston KJ. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. Front Ecol Environ 2013. doi:10.1890/120150.
- Bemis SP, Mickelthwaite S, Turner D, James MR, Akciz S, T. Thiele S, et al. Ground-based and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, high-resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology. J Struct Geol 2014;69:163-78. doi:10.1016/j.jsg.2014.10.007.
- Candiago S, Remondino F, De Giglio M, Dubbini M, Gattelli M. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images. Remote Sens 2015. doi:10.3390/rs70404026.
- Wallace L, Lucieer A, Watson C, Turner D. Development of a UAV-LiDAR system with application to forest inventory. Remote Sens 2012. doi:10.3390/rs4061519.
- Bendig J, Bollen A, Bennertz S, Broscheit J, Eichfuss S, Bareth G. Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) derived from UAV-based RGB imaging. Remote Sens 2014. doi:10.3390/rs61110395.
- Dash JP, Watt MS, Pearce GD, Heaphy M, Dungey HS. Assessing very high resolution UAV imagery for monitoring forest health during a simulated disease outbreak. ISPRS J Photogramm Remote Sens 2017. doi:10.1016/j.isprsjprs.2017.07.007.
- Tian J, Wang L, Li X, Gong H, Shi C, Zhong R, et al. Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove forest. Int J Appl Earth Obs Geoinf 2017. doi:10.1016/j.jag.2017.05.002.
- Barnard JA. The use of unmanned aircraft in oil, gas and mineral e+P activities. 78th Soc Explor Geophys Int Expo Annu Meet SEG 2008 2008:1132-6.
- Parvar K, Braun A, Layton-Matthews D, Burns M. UAV magnetometry for chromite exploration in the Samail ophiolite sequence, Oman. J Unmanned Veh Syst 2018;6:57-69.
- Kaneko T, Koyama T, Yasuda A, Takeo M, Yanagisawa T, Kajiwara K, et al. Low-altitude remote sensing of volcanoes using an unmanned autonomous helicopter: An example of aeromagnetic observation at Izu-Oshima volcano, Japan. Int J Remote Sens 2011;32:1491-504. doi:10.1080/01431160903559770.
- Samson C, Straznicky P, Laliberté J, Caron R, Ferguson S, Archer R, et al. Designing and building an unmanned aircraft system for aeromagnetic surveying. SEG Ext Abstr 2010;29:1167-71.
- Cherkasov S, Kapshant D. Unmanned Aerial Systems for Magnetic Survey. Drones - Appl., InTech; 2018, p. 135-48. doi:10.5772/intechopen.73003.
- Hammack R, Veloski G, Sams J. Using drone magnetic and LidAR surveys to locate unmarked, abandoned wells prior to unconventional oil and gas development. SPE/AAPG/SEG Unconv. Resour. Technol. Conf. 2018, URTC 2018, 2018. doi:10.15530/urtec-2018-2891559.
- Hashimoto T, Koyama T, Kaneko T, Ohminato T, Yanagisawa T, Yoshimoto M, et al. Aeromagnetic survey using an unmanned autonomous helicopter over Tarumae volcano, northern Japan. Explor Geophys 2014;45:37-42. doi:10.1071/EG12087.
- Pei Y, Liu B, Hua Q, Liu C, Ji Y. An aeromagnetic survey system based on an unmanned autonomous helicopter: Development, experiment, and analysis. Int J Remote Sens 2017;38:3068-83. doi:10.1080/01431161.2016.1274448.
- Schultz G, Mhaskar R, Prouty M, Miller J. Integration of micro-fabricated atomic magnetometers on military systems. Detect Sens Mines, Explos Objects, Obs Targets XXI 2016:9823-982318. doi:10.1117/12.2224192.
- Eck C, Imbach B. Aerial Magnetic Sensing With an Uav Helicopter. ISPRS - Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci 2011;XXXVIII-1/81-5. doi:10.5194/isprsarchives-xxxviii-1-c22-81-2011.
- Malehmir A, Dynesius L, Paulusson K, Paulusson A, Johansson H, Bastani M, et al. The potential of rotary-wing UAV-based magnetic surveys for mineral exploration: A case study from central Sweden. Lead Edge 2017;36:552-7. doi:10.1190/le36070552.1.
- Macharet DG, Perez-Imaz HIA, Rezek PAF, Potje GA, Benyosef LCC, Wiermann A, et al. Autonomous aeromagnetic surveys using a fluxgate magnetometer. Sensors (Switzerland) 2016;16:1-19. doi:10.3390/s1612169.
- Stoll J, Moritz D. Unmanned aircraft systems for rapid near surface geophysical measurements. 75th EAGE Conf. Exhib. Inc. SPE Eur. 2013, 2013. doi:10.5194/isprsarchives-xl-1-w2-391-2013.
- Hood P, Ward SH. Airborne Geophysical Methods. Adv Geophys 1969;13:1-112. doi:10.1016/S0065-2687(08)60508-7.
- Hinze PWJ, von Frese RRB, Saad AH. Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications. Cambridge University Press; 2013.
- Everett M. Near-Surface Applied Geophysics. Cambridge University Press; 2013.
- Noriega G. Aeromagnetic Compensation in Model Stability , and Robustness 2015;12:117-21. doi:10.1109/LGRS.2014.2328436.

مقدمه

مغناطیس سنجی یکی از روش های ژئوفیزیکی است که به صورت گسترده ای به منظور پی جویی مواد معدنی مورد استفاده قرار دارد[1]. ویژگی های حسگرهای مورد استفاده در این روش ژئوفیزیکی به گونه ای است که می توان برداشت های مغناطیس سنجی را به صورت هوایی نیز انجام داد. در این صورت روش مربوطه را مغناطیس سنجی هوابرد می نامند. مغناطیس سنجی هوابرد با استفاده از بالگرد یا هواپیما به عنوان یک روش مرسوم و سنتی انجام می شود. در روش سنتی از آن جایی که هواپیما یا بالگرد با سستی در ارتفاع ۱۰۰ متر و بیشتر از سطح زمین پرواز کند[2] می تواند منطقه وسیعی را پوشش دهد. اما این امر موجب کاهش قدرت تفکیک بی هنجاری های شدت میدان مغناطیسی زمین از یکدیگر می شود[3,4].

با معرفی پهپاد در حدود ۹۵ سال پیش با کاربردهای نظامی، به تدریج دانشمندان در علوم مختلف علاقه مند به استفاده از آن ها شدند[5]. علومى مانند زمین شناسی، اکولوژی، کشاورزی، جنگلداری و غیره از جمله آن ها می باشند[9-6]. دلیل افزایش کاربرد پهپادها در علوم مختلف مزایای آن ها نسبت به پرنده های سنتی یعنی بالگرد و هواپیما می باشد. این مزایا شامل عدم خطر جانی، سرعت برداشت بالا، مکان یابی بسیار دقیق، قیمت پایین، هزینه نگهداری اندک، کارآمدی مناسب و سهولت به کارگیری آن ها می باشد[10-13]. با همه گیر شدن پهپادها ژئوفیزیک دانان نیز علاقه مند به استفاده از آن ها در مغناطیس سنجی هوابرد شده اند[25-13]. داده های مغناطیس سنجی هوابرد با پهپاد، می تواند جای خالی بین داده های برداشت شده هوایی[4,26]، به روش سنتی با پوشش وسیع و قدرت تفکیک پایین، با داده های برداشت شده زمینی[27,28]، با پوشش اندک و قدرت تفکیک بالا، را پر نماید.

یکی از مشکلات سر راه استفاده از پهپاد در مغناطیس هوابرد ساختار حسگرهای مغناطیس سنجی می باشد. آن ها معمولاً سنگین و بزرگ هستند و مصرف انرژی بالایی دارند. اخیراً حسگرهای سیستم میکرو الکترومکانیکی معروف به ممز معرفی شده اند. این حسگرها که بسیار سبک و کوچک می باشند دارای دقت قابل قبولی می باشند. آن ها بیشتر به منظور ناوبری وسایل نقلیه توسعه داده شده اند. در این مطالعه یکی از حسگرهای ممز که دارای دقت مناسبی است راه اندازی شده و روی یک پهپاد نصب شده است. سپس برداشت هایی به صورت پروفیل های رفت و برگشت روی یک خودرو به عنوان یک بی هنجاری فلزی انجام شده است. نتایج بدست آمده بسیار امیدوار کننده می باشد.

مواد و روش کار

یکی از چالش های برداشت مغناطیس سنجی با استفاده از پهپاد اثرات نوفه مغناطیسی آن بر روی مغناطیس سنج می باشد. قسمت اعظم این نوفه توسط موتورهای بی جاروبکپهپاد تولید می شود. روش های زیادی برای از بین بردن این نوفه ها پیشنهاد شده است. به عنوان مثال پیشنهاد شده است از روش جبرانی استفاده شود. این شیوه بر اساس همان روش جبرانی است که در مغناطیس سنجی هوابرد به روش های سنتی استفاده می شده است[29]. ایراد روش جبرانی نصب یک مغناطیس سنج اضافه بر روی پهپاد و پردازش های پیچیده می باشد. روش دیگر حذف نوفه پهپاد، دور نگه داشتن حسگر مغناطیس سنج از پهپاد حین برداشت است. به این ترتیب حسگر مغناطیس سنج را با استفاده از یک طناب در زیر مغناطیس سنج آویزان می کنند[23] و یا با استفاده از یک میله از پهپاد دور نگه می دارند[17]. پیشنهاد شده است فاصله حسگر تا پهپاد در صورتی که به وسیله طناب در زیر آن آویزان شده است حدود سه متر باشد[17,23]. در این تحقیق حسگر با استفاده از طناب در زیر آن آویزان شده است، شکل ۱ را ببینید.