نقشه پتانسیل مطلوب بهینه شده با داده های ژئوفیزیک و تحلیل GIS بهدف توسعه اکتشافات ذخایر مس در ناحیه ترود – معلمان

منصور ضیائی[1] و امیر زنده دل[1]

[1] دانشکده مهندسی معدن، و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود ، ایران

چکیده

تلفیق داده ها و تحلیل آنها در سیستم اطلاعات مکانی می تواند پی جوئی و اکتشافات ذخایر معدنی را توسعه بخشد. برای شناسائی ذخایر بزرگ در کمربند متالوژنی مس دار شمال ایران از GIS و داده های ژئوفیزیکی، بهدف توسعه اکتشافات ذخایر معدنی استفاده کرده ایم. نقشه پتانسیل مطلوب ابزاری تکمیلی برای اکتشاف اندیسهای سطحی محسوب می شوند. لذا تلفیق نقشه پتانسیل مطلوب با داده های ژئوفیزیکی برای توسعه اکتشافات ذخایر پنهان می تواند موثر باشد. منطقه مورد مطالعه قسمتی از زون متالوزنی ترود– معلمان را پوشش میدهد که اندیسهای مس و پلی متال گسترش یافته اند. تحلیل داده های زمین شناسی، سنجش از دور، ساختاری و داده های بهینه ژئوفیزیکی در این ناحیه معدنی کمک کرد تا زونهای کانی سازی پراکنده (غیر اقتصادی) را از زونهای اقتصادی و پنهان جدا سازیم. طبق روش وزنهای نشانگر با تحلیل و تفسیر فاکتورهای ساختاری، زمین شناسی، دگرسانی، لیتولوژی سنگ میزبان یک الگوی تشخیص بصورت مدل اکتشافی برای ذخایر مس در ناحیه ترود– معلمان ارائه شد. فقط ۶ درصد این ناحیه برای اکتشاف ذخایر مس پتانسیل دار تعیین گردید. نقشه نهائی احتمال مطلوب کانی سازی مس در ناحیه معلمان _ترود، اولویت بندی اندیسها را نشان میدهد که اندیس چاه موسی در اولویت اول اکتشافات تفضیلی (چهار روش ژئوفیزیکی) واقع شده است.نتیجه کاربرد این روش با عملیات صحرائی، اینکه ایده جدیدی برای استراتژی اکتشاف زونهای پتانسیل دار کانی سازی شده، فراهم می کند.

Abstract

Data integration and analyses within a geographic information system (GIS) can improve exploration and detection of mineral deposits. We applied a GIS-based analysis and geophysical data to rich and well-explored copper and polymetal province of northern Iran, attempting to recognize the distinctive signature of such giant ore deposits. Image-based favorability mapping is a supplementary exploration tool and is only applicable to exposed deposits. Additionally, favorability mapping can be used in conjunction with geophysical data to improve exploration for buried.

The study area covers part of the Touroud-Moalleman metallogenic belt with copper and polymetal deposits. Analyses of geological, structural, remotely sensed data and optimized geophysical data of this mining area can help to identify buried and zone dispersed mineralization (ZDM). On the basis of W-of-E interpretation of structural, geological factors, alteration lithological interpretation of host rock and spatial distribution of copper indices an exploratory model in GIS environmental presented that it will be highly applicable in Toroud-moalleman area. The probabilistic map delineates ۶% of the study area as favourable for copper mineralization. A result the obtained map is showing favourite possible Chah–mosa copper deposit indices. This approach, in combination with geological field work, provides a new impetus for exploration strategies and localization of hydrothermally altered rocks with related mineralization.

Archive of SID

مقدمه

مدلهای ژئوفیزیکی، همانند مدلهای ژئوشیمیائی قابلیت تعمیم یافتگی را ندارند از طرفی توزیع عناصر فلزات معمولا غیر نرمال بوده و اکتشاف آنها تفاسیر پیچیده ای را می طلبد که نمی توان از روشهای تجربی صرفنظر کرد و می بایست در جستجوی یک ترکیب مناسب از روشها برای حل مشکلات اکتشافات سیستماتیک بود. در این مقاله از ترکیب روش آماری WofE در مقیاس ناحیه ای با روشهای سنتی الکترومغناطیس (VLF,CSTMT,RMT,Mag.) در مقیاس محلی برای ناحیه ترود ـ معلمان استفاده شد. ناحیه ترود ـ معلمان در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران و جنوب استان سمنان (شهرستانهای دامغان و شاهرود)،در طول جغرافیائی بین ´۳۰ °۵۴ تا °۵۵ شرقی و ´۱۷ °۳۵ تا ´۳۸ °۳۵ شمالی قرار گرفته است.

www.SID.ir

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

در کمربند آتشفشانی نفوذی ترود – چاه شیرین تعداد زیادی کانسار و آثار معدنی فلزات پایه و فلزات گرانبها گزارش شده است. این اندیسها در نقشه ۱آورده شده است. در منطقه معدنی چاه موسی، اصلی ترین پدیده تکتونیکی وجود درزه ها و گسلهاست. دو سیستم اصلی شکستگی در منطقه موجود است: الف ـ وند شمال شرق ـ جنوب غرب ، ب ـ روند شمال غرب ـ جنوب شرق. این دو دسته گسل که تقریبا بر هم عمود هستند در این منطقه وجود دارد که احتمال وجود کانی سازی در راستای گسلها و تقاطع دو دسته گسل را تقویت می کند. دگرسانیهای همراه با کانه زایی افشان و رگچه ای مس، شامل دگرسانی فیلیک و پروپیلیتیک (کلریت–کلسیت و اپیدوت–کلریت– کلسیت) است. سرسیتی شدن پلاژیوکلازها، تشکیل کوارتزهای ثانویه و پیریت، در متن سنگ، نشان‌دهنده دگرسانی فیلیک در محدوده معدن چاه موسی میباشد.

روش تحلیل در محیط GIS و تلفیق با داده های بهینه اکتشافات ژئوفیزیکی

بازشناسی الگو در دو مرحله استخراج مشخصه ها و طبقه بندی آنها خلاصه می شود طبقه بندی بیزین از فنون تحلیلی بسیار نیرومند است و کاربرد گسترده ای دارد. روش W-of-E در محیط GIS ، معیاری آماری هست که برای اکتشافات ناحیه ای استفاده می شود. از تلفیق آن با داده های اکتشافات محلی (ژئوفیزیکی) روشی بهینه برای طبقه بندی و تفکیک زونهای کانی سازی پراکنده (غیر اقتصادی) از نوع رگه ای (اقتصادی) حاصل می گردد.

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب در ناحیه ترود–معلمان با استفاده از روش W-of-E

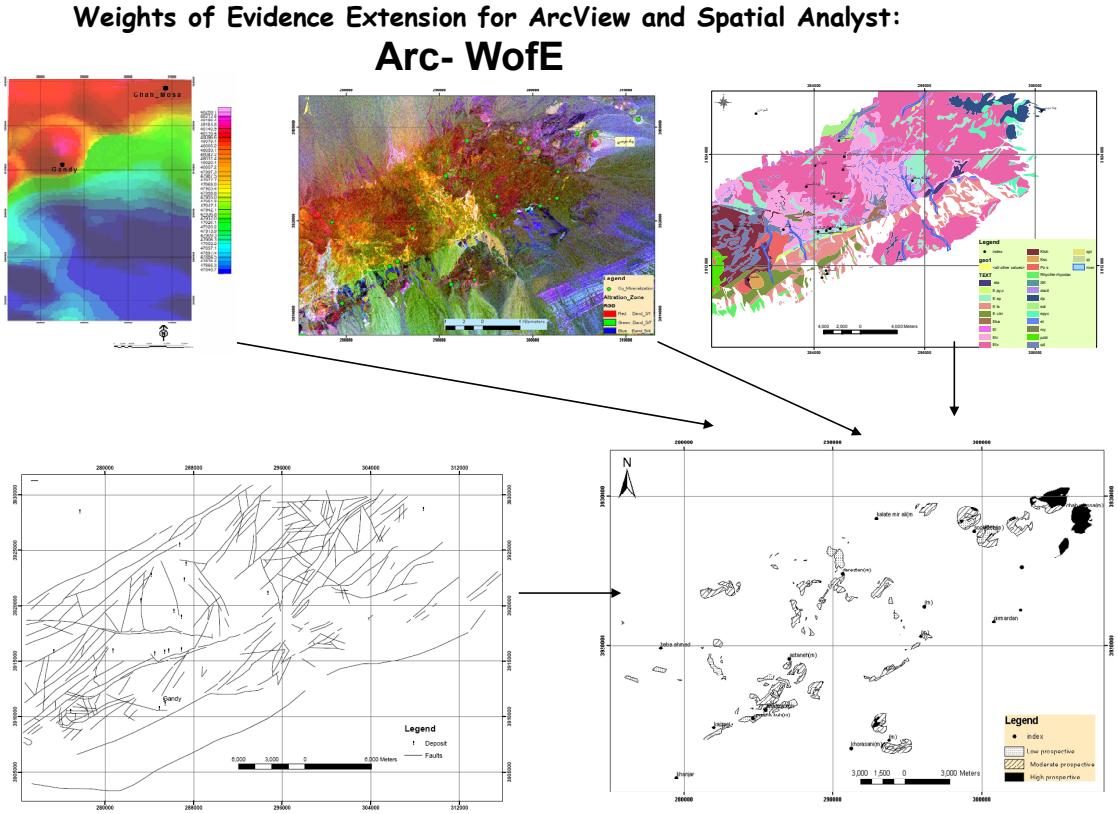
روش W-of-E بر اساس فرمول بیس هست که برای تلفیق وزنهای هر الگو نقشه پیش بینی بهینه اکتشافات ذخایر معدنی را در مقیاس ناحیه ای را به ما میدهد. برای پیش بینی ، همبستگی فضائی محاسبه شده بین اندیسهای مس شناخته شده و فاکتور وابسته (دگرسانی،ساختاری، زمین شناسی، ژئوفیزیک هوائی) دو وزن +W و -W برای هر الگوی پیش بینی کننده تعیین می شود. بعنوان معیاری برای شناسائی پتانسیلهای جدید از روش وزنهای نشانگر استفاده شد. این روش نوعی مدل آماری برای ترکیب نقشه ها به منظور ارزیابی توان معدنی مناسب تشخیص داده شده است. متغیر کنتراست جمع متغیرهای اوزان است و برای تعیین حدی که در آن نقشه های چند کلاسه به شکل دوتائی در می آیند، استفاده میشود. طبق شکل ۱ بر اساس این مدل فقط اندیس چاه موسی در زونی با پتانسیل حداکثر برای کانی سازی مس، محاسبه شده است.

روشهای ژئوفیزیک اکتشافی در اندیس چاه موسی

قبل از بررسی روش W-of-E ، عملیات ژئوفیزیک اکتشافی در معدن مس چاه موسی در ابتدای سال ۱۳۸۵ انجام پذیرفت. روشهای مورد استفاده در این عملیات عبارت بودند از: مغناطیس سنجی Magnetic Method ، VLF Very Low Frequency، RMT Radio MagnetoTelloric و CSTMT Controlled Source Tensor MagnetoTelloric، که سه روش اخیر از جمله روشهای الکترومغناطیس می باشند. الف) روش مغناطیس سنجی ،حدود ۵۰۰ اندازه گیری در ۸ پروفیل که در هر ۵ متر برداشت شده اند، در معدن چاه موسی انجام شده است. شکل ۲ ترتیب و نحوه اجرای این پروفیلها نشان داده شده است. ب) روش VLF: روش VLF (باند فرکانس خیلی پایین، ۳۰-۱۴ کیلوهرتز)، ابزاری است. از این روش در پیمایش های ژئوفیزیکی با رگه های فلزی دارای عمق کمتر از ۵۰ الی ۶۰ متر و شیب دار استفاده می شود. این روش، یکی از روشهای الکترومغناطیسی حوزه فرکانس با جریان متناوب است که از فرستنده های رادیوئی با فرکانس پایین و قدرت بالا به عنوان منبع تولید جریان استفاده می کند. اغلب، جهت خطوط برداشت (پیمایش)، باید طوری انتخاب شود تا عمود بر جهت احتمالی اهداف از پیش تعیین شده باشد. برداشتهای VLF، شامل اندازه گیری جهت(زاویه شیب و زاویه انحراف) بردار

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. نقشه پتانسیل مطلوب برای ذخایر مس دار کمربند متالوژنی تـرود ـ چاه شـیرین و پراکندگی اندیسهای مس دار.

مجموع بردارهای اولیه (افقی) و ثانویه میدان مغناطیسی می باشد. در منطقه چاه موسی، ۸ پرویل با طولهای متفاوت از ۱۵۰ تا ۵۷۰ متر اجـرا شده، که در این پروفیلها در هر ۵ متر اندازه گیری انجام شده است. نحوه قرارگیری پروفیلها بـه همـان ترتیـب اسـت کـه در شـکل ۲ نـشان دادهشده است. ذکر این نکته ضروری است کـه در انـدازه گیـری هـای ژئـوفیزیکی معمـولا پروفیلهـا عمـود بـر رونـد کـانی سـازی اجـرا می گردند، ولی در عملیات ژئوفیزیکی انجام شده در معدن چاه موسی به دلیل عدم اطلاع از روند کانی سازی، پروفیلها به صورت متقـاطع اجرا شده اند. در بیشتر موارد سیگنالهای قوی از ۱۸/۱ کیلوهرتز تا ۲۱/۱ کیلوهرتز دریافت شده اند.کیفیـت داده هـا نـسبتا خـوب بـود و در نقاطی که داده ها همراه با نویز(خطا) بودند، حذف شده اند. عمق نشان داده شده در پروفیلهای مدلسازی شده، مقادیر شبیه سازی شـده انـد و عمق دقیق را برای ما مشخص نمی کند. پروفیلهای مدلسـازی شده برای روش VLF، برای ۸ پروفیل اندازه گیری شـده در معـدن چـاه موسی آورده شده است. اگر روند کانی سازی در معدن چاه موسی را هم روند با گسلهای اصلی منطقـه و بـا امتـداد شـمال شـرق ـ جنـوب غرب تصور کنیم، مشاهده خواهیم کرد که در روش VLF، پروفیلهای ۱، ۲، ۵، ۶ و ۷ که این امتداد را قطع می کنند، آنومالیهـائی را نـشان داده اند و می توان اینگونه برداشت کرد که، در این مناطق که آنومالی مشاهده شده، امکان وجود رگه های کانه دار دور از انتظـار نیـست. ج) روش RMT: در این روش ، امکان استفاده از فرستنده های رادیوئی در بازه ای بین ۱۵ تا ۲۵۰ کیلوهرتز فراهم می شود، که امـواج بـا فرکانس خیلی پائین و فرکانس پائین را شامل می شود. د) روش CSTMT: در این روش، می توان منبع سیگنال را هـم از نظـر دامنـه و هـم فرکانس موج فرستاده شده کنترل کرد. بنابراین با یک برنامه ریزی و طراحی دقیق می توان برداشتهای جزئی تری را انجـام داد. ایـن روش بطور کلی برای اکتشاف مواد معدنی با عمق تقریبا چند صد متر طراحی شده و توسعه یافته است. سیستم و مجموعه EnviroMT بـه خـوبی

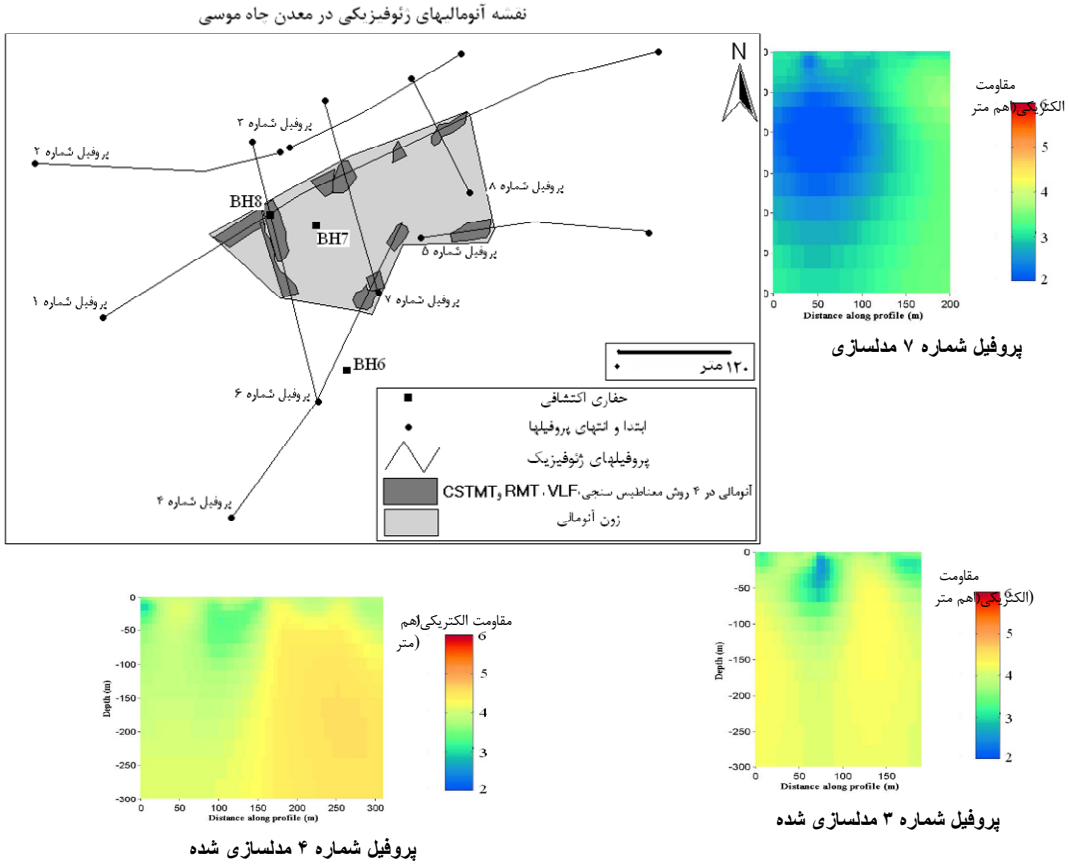
Archive

www.SID.ir

قادر به اندازه گیری ها در روش CSTMT می باشد. منبع تولید کننده، شامل یک جفت قطب مغناطیسی افقی است که بازه فرکانسی ۲۵-۱ کیلوهرتز را می پوشاند.

سه حلقه حفاری اکتشافی در معدن چاه موسی انجام شده است. این حفاری ها که در شکل ۲ به نامهای BH6، BH7 و BH8 مشخص شده اند، بر روی نقاط پیشنهادی واقع شده اند. حفاری BH6 در داخل توده ساب ولکان هورنبلند آندزیت پورفیری بوده و کانه‌زائی تنها در عمق ۱۰۴ تا ۱۰۶ متری بصورت مقدار اندکی کالکوزیت می‌باشد. حفاری BH7 تا عمق ۱۱۵ متر حفاری شده است. سنگ میزبان این حفاری نیز توده ساب ولکانیک بوده و کانه‌زائی در آن در سه عمق مختلف دیده می‌شود.بین ۴ تا ۱۶ متری و بین ۴۲/۵ تا ۴۶ متری آن کانیهای مالاکیت و کالکوزیت با عیار متوسط ۱/۵ درصد مس و در بین ۱۱۲ تا ۱۱۴ متری کالکوزیت با عیار حدود ۲ درصد مس دیده می شود. حفاری BH8 منطبق بر آنومالی CSTMT پروفیل ۱ می‌باشد. این حفاری بصورت قائم حفر شده و تاکنون تا عمق ۹۵ متری حفاری شده است. که در بین ۱۱/۵ تا ۵۳ متری مالاکیت، کالکوزیت و نیوتوسایت با عیار حدود ۱ درصد مس و در بین ۶۵ تا ۷۷ متری و ۸۲ تا ۹۵ متری نیز مالاکیت، کالکوزیت با عیار حدود ۱- ۱/۵ در صد مس دیده می شود. طبق شکل ۲ همانطور که ملاحظه می شود حفاری های BH7 و BH8 با کانی سازی رگه ای در زون اقتصادی واقع شده واقع شده اند. در حالیکه حفاری BH6 در زون کانی سازی پراکنده (غیر اقتصادی) واقع شده،که دارای نتیجه امیدوار کننده ای نبوده است.

طبق روش W-of-E از سه پروفیل ۳ و ۴ و ۷ فقط پروفیل ۷ عمود بر روند کانی سازی هست که طبق شکل ۲ ، روش سنتی VLF بخوبی جوابگو میباشد و همچنین بر اساس تلفیق روشهای مدرن و سنتی، نیازی به اجرای حفاری BH6 نبوده است (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه تلفیقی آنومالیهای ژئوفیزیکی در اندیس چاه موسی و مقایسه نتایج روش VLF با پروفیل های برداشت شده و روند اصلی کانی سازی.

www.SID.ir

نتیجه گیری

مقایسه نتایج حفاری قبل و بعد از عملیات ژئوفیزیک اکتشافی نشان میدهد که روش W-of-E تکنیک موثری جهت ارزیابی در اکتشافات ناحیه ای بر حسب توزیع اندیس های کانی سازی شده با توجه به فاکتورهای ساختاری ، دگرسانی، زمین شناسی، ژئوشیمیائی و ژئوفیزیکی هوائی میباشد. زیرا در انتخاب بهینه شبکه برداشت عملیات ژئوفیزیک اکتشافی و اولویت بندی اقتصادی اندیس های کانی سازی شده بما کمک می کند. بنابر این مدل تلفیقی وزنهای نشانگر و ژئوفیزیک می تواند در طراحی پروژه های اکتشافات ژئوفیزیکی، برای جداسازی و تفکیک زونهای کانی سازی پراکنده (غیر اقتصادی) از زونهای کانی سازی اقتصادی موثر باشد. از جمله مهمترین مزایای این مدل تلفیقی کاهش هزینه های اکتشافات سیستماتیک و افزایش دقت و سرعت در ارزیابی آنومالیهاست.

منابع

اشراقی، ص. ع. ۱۳۸۲. گزارش زمین شناسی ورقه یکصد هزار معلمان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

David L.V., 2002, Practical GIS Analysis, taylor &Francis, USA and Canada, pp.294

Malehmir, A. Bastani, M. 2006. Geophysical research-project in the Chah-Mussi mining area,Iran, Uppsala University, p 77..

Ziaii M.(2002) Cu-porphyry Mineralization at the Region of Dekh-Salam(Eastern Iran), All-Russian Symposium IGEM RAS

Ziaii, M. 2007. Geochemical and Mineralogical Pattern Recognition and Modeling with Bayesian Approach at the Hydrothermal Gold Deposits, J. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 71.(15),P.A1131-A1176.

Ziaii, M., Abedi, A., Ziaii Mahdi. 2007. Prediction of Hidden Ore Bodies by New Integrated Computational Modeling in the East of Iran (Lut marginal). Fifth decennial international conference on mineral exploration, Toronto, Canada.

Ziaii, M., Ziaii, Mahdi. 2006. GIS Modeling for Mineral Potential Mapping and Quantitative Resource Assessment (in East of Iran). III international conference GIS in geology, Moscow. pp. 59-60.

Ziaii, M., Pouyan, A. A., Ziaii, Mahdi. 2006. A Hybrid Computational Model for Mineral Exploration Datasets. 12th IFAC Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metal Processing, Quebec City, Canada

Archive of SID

www.SID.ir