

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه ژئوفیزیک

اکتشاف کانسار مس بندقیچی در منطقه طرود با استفاده از روش‌های مقاومت ویژه و

قطبش القایی

دانشجو: برهان یعقوبی تبار

اساتید راهنما:

دکتر علیرضا عرب امیری

دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی

مشاور:

مرتضی رحیمی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تابستان ۱۳۹۳

شماره: ۴۶۹۳۱۳۷۱
تاریخ: ۹۳-۶-۳۰
ویرایش:

باسمه تعالی



فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای برهان یعقوبی تبار رشته ژئوفیزیک گرایش ژئوالکتریک تحت عنوان اکتشاف کانسار مس بندقیچی در منطقه طرود با استفاده از روش های مقاومت ویژه و قطبش القایی که در تاریخ ۹۳/۶/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : عالی - امتیاز ۱۹) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸ - ۱۸/۹۹)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	۱- علیرضا عرب امیری	استاد یار	
	۲- ابوالقاسم کامکار روحانی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	مرتضی رحیمی	مربی	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	آرزو عابدی	استاد یار	
۴- استاد ممتحن	ایرج پیروز	استاد یار	
۵- استاد ممتحن	حمید آقا جانی	استاد یار	

رئیس دانشکده :



تقدیم به پدرم

پدر! گرچه خانه ما از آینه نبود؛ اما خسته‌ترین مهربانی عالم، در آینه چشمان مردانۀ ات، کودکی‌هایم را بدرقه کرد، تا امروز به معنای تو برسم.

می‌خواهم بگویم، بخش اگر پای تک درخت حیاطان، پنهانی، غصه‌هایی را خوردی که مال تو نبودند!

بخش اگر ناخن‌های ضرب دیده‌ات را ندیدم که لای درهای بسته روزگار، مانده بود و بخش اگر همیشه، پیش از رسیدن تو، خواب بودم؛ اما امروز،

بیدارتر از همیشه، آمده‌ام تا به جای آویختن بر شانه تو، بوسه بر بلندای پیشانی‌ات بزنم. سایه‌ات کم مباد ای پدرم!

تقدیم به مادرم

مادر، قسم به آن همه شب زنده‌داریت

که اندر سرم هوای تو هست و صفای تو

آئینه دارم و عطف توئی، توئی

خواهم که سرنهم به خدا من به پای تو

تشکر و قدردانی

به سبک مرسوم نگارش پایان‌نامه، ناچارم با واژه‌ها بنویسم: متشکرم، قدردانی می‌کنم، سپاسگزارم و ... ولی خوب واقفم که آنچه تحریر می‌شود کجا و مکنونات دلم کجا. چه کنم جز اینکه امید ببندم به این که همگان آگاهند "ورای حد تقریر است ...".

در ابتدا از پدر و مادر خوبم که با زحمت و تلاش فراوان از هیچ کمکی به من دریغ نورزیدند نهایت تشکر و قدردانی را دارم. آنهایی که چون شمع سوختند تا به من روشنایی بخشند. و همچنین از سایر اعضای خانواده‌ام به خاطر تمام دلسوزی‌ها و از خودگذشتگی‌ها متشکرم بخصوص از برادر عزیزم جناب آقای اسماعیل یعقوبی تبار متشکرم که با همدلی، مهربانی و کمک‌های مادی همواره امیدبخش زندگی من بوده‌اند.

از اساتید راهنمای خوبم، دکتر علیرضا عرب‌امیری و دکتر ابوالقاسم کامکارروحانی نهایت تشکر و قدردانی را دارم که تشویق‌ها، دلگرمی‌ها و آموزه‌های آن‌ها چراغ راه من بوده و هست هرچند زبان کلمات در وصف خوبی‌های آن‌ها عاجزند. از استاد مشاور خوبم جناب آقای مرتضی رحیمی نیز تشکر می‌کنم که امکانات و اطلاعات لازم و کافی در جهت هرچه بهتر شدن این تحقیق در اختیار اینجانب قرار دادند. از دوستان خوبم حمید غیرتمند، سیدحسین موسوی، ایمان خاکی که در عملیات صحرایی این تحقیق از هیچ کمکی دریغ نکردند سپاسگذارم.

از دوستان عزیزم رایحه ریاحی و محمد مردانی به خاطر تمام همدلی‌ها و مهربانی‌هایشان تشکر ویژه دارم، همواره یاد و خاطر آن‌ها در زندگی‌ام خواهند ماند.

در نهایت، حاصل این کار را به پدر و مادرم، پشتیبانان بی‌قید و شرط و همیشگی‌ام، خورشیدهایی که هرگاه دنیا برایم به تاریکی می‌گرایید روشنای راهم بودند و تنها ماوای امن من، تقدیم می‌کنم. امید که سپاس کوچک مرا پذیرا باشند.

از دوستان و همکاران گرامی که شاید نامشان در این فهرست از قلم افتاده است ولی در پیشبرد این پژوهش یاری‌ام داده‌اند، از صمیم قلب سپاسگزارم و برایشان بهترین آرزوها را دارم.

برهان یعقوبی تبار

تعهد نامه

اینجانب **برهان یعقوبی تبار** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **ژئوفیزیک** دانشکده **مهندسی معدن، نفت و**

ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **اکتشاف کانسار مس بندقیچی در منطقه طرود با**

استفاده از روش‌های مقاومت‌ویژه و قطبش القایی تحت راهنمایی **دکتر علیرضا عرب امیری و دکتر**

ابوالقاسم کامکار روحانی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای دارای ذخایر معدنی در دنیا است. مس، از جمله مهم‌ترین مواد معدنی است؛ که به دلیل استفاده گسترده آن در صنعت، یکی از عناصر استراتژیک و راهبردی توسعه محسوب شده و ارزش آن نیز روز به روز رو به افزایش می‌باشد. کانسارهای مس با میزبان رسوبی، پس از کانسارهای پورفیری، جزء مهم‌ترین ذخایر مس در دنیا بوده و بیش از ۲۳٪ تولید جهانی مس را به خود اختصاص می‌دهند.

مجموعه کانه‌سازی مس در واحدهای الیگومیوسن جنوب طرود، از جمله این کانه‌سازی‌ها است و یکی از غنی‌ترین معادن مس استان سمنان را در حاشیه کویر مرکزی تشکیل داده است. اکتشاف و بهره‌برداری از مواد معدنی این محدوده‌ها می‌تواند کمک شایانی به وضعیت اقتصادی مردم این نواحی نماید.

امروزه به‌کارگیری روش‌های ژئوفیزیکی در اکتشاف مواد معدنی و انتخاب محل‌های مناسب برای اکتشاف امری متداول به شمار می‌رود. انتخاب روش یا روش‌های مناسب برای تعیین محل یک کانسار، با طبیعت کانی‌های موجود در آن معدن و سنگ‌های دربرگیرنده آن سر و کار دارد. برداشت‌های ژئوفیزیکی به روش‌های مقاومت‌ویژه و IP با توجه به ساختار کانه‌زایی منطقه مناسب تشخیص داده شدند. تفسیر همزمان نتایج این روش‌ها با نتایج حاصل از اطلاعات زمین‌شناسی و ترانسه‌های حفاری شده در منطقه نیز می‌تواند تخمینی از گسترش و عمق کانی‌سازی فلزی را ارائه نماید.

هدف این پایان‌نامه اکتشاف کانسار مس بندقیچی با استفاده از نتایج مدل‌سازی و تفسیر داده‌های IP و مقاومت‌ویژه برداشت شده در طول سه پروفیل مجزا در این منطقه می‌باشد؛ که این داده‌ها توسط دستگاه SAS4000 ساخت شرکت ABEM برداشت شدند. پروفیل‌های ژئوفیزیکی عمود بر ساختارهای زمین‌شناسی منطقه و در مناطقی که رخنمون‌های ماده معدنی وجود داشت؛ طراحی شدند. همچنین از اطلاعات زمین‌شناسی منطقه شامل مقطع زمین‌شناسی، اطلاعات ترانسه‌ها و همچنین شواهد زمین‌شناسی موجود در منطقه جهت تفسیر دقیق‌تر مقاطع ژئوفیزیکی استفاده شد.

مدل‌سازی معکوس داده‌های IP و مقاومت‌ویژه توسط نرم‌افزار RES2DINV انجام و سپس مقاطع دوبعدی مورد تفسیر قرار گرفتند. نتایج حاصل از مدل‌سازی منجر به شناسایی سه زون کانی‌سازی احتمالی در منطقه شدند که این زون‌ها تطابق قابل توجهی با مقطع زمین‌شناسی و مطالعات زمین‌شناسی در منطقه داشت. از طرفی نمای ۲/۵ بعدی از پروفیل‌ها تا حدود زیادی نشان دهنده پیوستگی زون‌های کانی‌سازی در روندی شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است.

واژگان کلیدی

مقاومت‌ویژه، پلاریزاسیون القایی (IP)، بندقیچی، مدل‌سازی معکوس، کانسار مس، حوضه رسوبی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- عملکرد روش‌های مقاومت‌ویژه و IP در اکتشاف کانسارهای مس در یک حوضه رسوبی

فهرست مطالب

چکیده.....	ز.....
واژگان کلیدی.....	ح.....
فهرست مطالب.....	ی.....
۱ فصل اول کلیات.....	۱.....
۱-۱ مقدمه.....	۲.....
۲-۱ کارهای انجام شده قبلی در منطقه.....	۳.....
۳-۱ ارتباط موضوع تحقیق با کارهای قبلی.....	۳.....
۴-۱ هدف و ضرورت تحقیق.....	۴.....
۵-۱ روش انجام تحقیق.....	۴.....
۶-۱ سازماندهی پایان نامه.....	۵.....
۲ فصل دوم مبانی تئوری و عملی روش‌های مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون القایی.....	۶.....
۱-۲ مقدمه.....	۷.....
۲-۲ روش مقاومت‌سنجی الکتریکی.....	۷.....
۱-۲-۲ نگاهی اجمالی به مبانی تئوری روش مقاومت‌ویژه الکتریکی.....	۱۱.....
۲-۲-۲ مقاومت‌ویژه سنگ‌ها.....	۱۷.....
۳-۲ روش پلاریزاسیون القایی (IP).....	۱۸.....
۱-۳-۲ معرفی روش IP.....	۱۸.....
۲-۳-۲ منشأ پدیده IP.....	۲۰.....
۳-۳-۲ روش‌های اندازه‌گیری‌های IP.....	۲۲.....
۴-۳-۲ نوفه در اندازه‌گیری‌های قطبش‌القایی.....	۳۰.....
۴-۲ آرایه‌های الکترودی مناسب و طراحی شبکه برداشت.....	۳۳.....
۱-۴-۲ انواع برداشت‌های ژئوالکتریکی.....	۳۳.....
۲-۴-۲ انواع آرایه‌های الکترودی.....	۳۴.....
۳ فصل سوم موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه.....	۳۹.....
۱-۳ مقدمه.....	۴۰.....
۲-۳ موقعیت جغرافیایی، کروکی و راه‌های دست‌یابی به منطقه.....	۴۰.....
۳-۳ راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه.....	۴۳.....
۴-۳ آب و هوای منطقه مورد مطالعه.....	۴۳.....
۵-۳ پوشش گیاهی منطقه.....	۴۵.....

۶-۳	مراکز جمعیتی	۴۷
۷-۳	زمین‌شناسی منطقه‌ای	۴۷
۱-۷-۳	زمین‌شناسی محدوده کانسار	۴۸
۸-۳	چینه‌شناسی منطقه	۵۰
۹-۳	تکتونیک منطقه مورد مطالعه	۵۵
۱۰-۳	ژئومورفولوژی منطقه	۵۵
۱۱-۳	کانسارهای مس رسوبی	۵۷
۱۲-۳	معرفی زون‌های کانه‌دار حاوی ماده معدنی	۵۸
۴ فصل چهارم مدل‌سازی و تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه و IP		
۱-۴	مقدمه	۶۴
۲-۴	مقدمه‌ای بر نرم‌افزار RES2DINV	۶۴
۱-۲-۴	فاکتور تعدیل (λ)	۶۶
۲-۲-۴	نسبت هموارترین فیلتر عمودی به افقی	۶۶
۳-۲-۴	مدل‌سازی مستقیم	۶۷
۴-۲-۴	مدل‌سازی معکوس	۶۸
۳-۴	عملیات صحرائی برداشت داده‌های مقاومت‌ویژه و IP	۶۸
۴-۴	تفسیر کمی و کیفی مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه و IP با استفاده از نرم‌افزار RES2DINV	۶۹
۱-۴-۴	تفسیر مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه و IP حاصل از پروفیل P01	۶۹
۲-۴-۴	تفسیر مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه و IP حاصل از پروفیل P02	۷۸
۳-۴-۴	تفسیر مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه و IP حاصل از پروفیل P03	۷۹
۴-۴-۴	تفسیر مقاطع ژئوفیزیکی با توجه به نمای ۲/۵ بعدی حاصل از نرم‌افزار RES2DINV، مقطع زمین‌شناسی و سایر اطلاعات	۸۱
۵-۴	تفسیر کمی و کیفی مقاطع مقاومت‌ویژه و IP با استفاده از نرم‌افزار ZONDRES2D	۸۷
۱-۵-۴	تفسیر مقاطع مقاومت‌ویژه و بارپذیری پروفیل P01	۸۷
۲-۵-۴	تفسیر مقاطع مقاومت‌ویژه و بارپذیری حاصل از پروفیل P02	۸۹
۳-۵-۴	تفسیر مقاطع مقاومت‌ویژه و بارپذیری حاصل از پروفیل P03	۹۰
۴-۵-۴	مقاطع ۲.۵ بعدی مقاومت‌ویژه و IP حاصل از نرم‌افزار ZONDRES2D	۹۳
۵ فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات		
۱-۵	مقدمه	۱۰۴
۲-۵	نتیجه‌گیری	۱۰۴
۳-۵	پیشنهادات	۱۰۶

منابع ۱۰۹

منابع فارسی: ۱۱۰

منابع انگلیسی: ۱۱۲

Abstract ۱۱۵

- شکل ۱-۲: شارش جریان از یک منبع نقطه‌ای جریان و نتیجه توزیع پتانسیل ۹
- شکل ۲-۲: شارش جریان مستقیم در دو سطح مخالف در یک محیط فرضی ۱۱
- شکل ۳-۲: خطوط جریان و هم‌پتانسیل ناشی از چشمه و چاه جریان ۱۴
- شکل ۴-۲: شارش جریان از یک منبع نقطه‌ای جریان و نتیجه توزیع پتانسیل به صورت ۱۵
- شکل ۵-۲: آرایش عمومی الکترودهای پتانسیل و جریان در اندازه‌گیری مقاومت ویژه ۱۶
- شکل ۶-۲: مقاومت ویژه انواع سنگ‌ها، خاک‌ها و کانی‌های مختلف ۱۸
- شکل ۷-۲: اثر ولتاژ اضافی ناشی از پلاریزاسیون القایی بعد از قطع جریان ۱۹
- شکل ۸-۲: گسترش پلاریزاسیون غشایی در قسمتی از یک کانال ارتباطی ۲۰
- شکل ۹-۲: چگونگی گسترش پلاریزاسیون غشایی ناشی از بار منفی ذرات رسی و المان ۲۱
- شکل ۱۰-۲: شارش الکترولیت در یک کانال باز ۲۲
- شکل ۱۱-۲: پلاریزاسیون ناشی از یک کانی رسانا که در کانال ارتباطی سنگ قرار گرفته است ۲۲
- شکل ۱۲-۲: شکل A مقادیر ولتاژ در لحظه اتصال جریان و بعد از قطع جریان و همچنین ۲۴
- شکل ۱۳-۲: افزایش زمان شارش جریان که باعث افزایش ولتاژ القایی می‌شود ۲۵
- شکل ۱۴-۲: اندازه IP بر حسب میلی‌ولت بر ولت برای تعدادی از سنگ‌ها و کانی‌ها ۲۶
- شکل ۱۵-۲: نمایش برداشت داده به دو روش سونداژ زنی و پروفیل زنی ۳۳
- شکل ۱۶-۲: نمایشی از برداشت به صورت ترکیبی برای داده‌های مقاومت ویژه و IP ۳۴
- شکل ۱۷-۲: دو نوع آرایش الکترودی متداول که شکل سمت چپ آرایش دوقطبی-دوقطبی و ۳۵
- شکل ۱۸-۲: میزان حساسیت دوبعدی آرایش دوقطبی-دوقطبی با n های متفاوت ۳۶
- شکل ۱۹-۲: افزایش عمق تجسس آرایش دوقطبی-دوقطبی با افزایش فاصله الکترودی ۳۷
- شکل ۱-۳: موقعیت منطقه مورد مطالعه (کادر سبز رنگ) در نقشه راه استان سمنان ۴۱
- شکل ۲-۳: موقعیت محدوده معدنی بر روی تصویر ماهواره‌ای ETM ۴۲

- شکل ۳-۳: نقشه Google earth منطقه مورد مطالعه (منطقه بندپیچی)..... ۴۲
- شکل ۳-۴: کروکی شماتیکی از منطقه مورد مطالعه..... ۴۳
- شکل ۳-۵: نقشه هم دمای استان سمنان و موقعیت محدوده معدنی بر روی آن..... ۴۴
- شکل ۳-۶: نقشه هم باران استان سمنان و موقعیت محدوده معدنی بر روی آن..... ۴۵
- شکل ۳-۷: پوشش گیاهی محدود و پراکنده در محدوده منطقه مورد مطالعه..... ۴۶
- شکل ۳-۸: منطقه فاقد پوشش گیاهی در مجاورت کنسار..... ۴۶
- شکل ۳-۹: نقشه زمین‌شناسی منطقه و برگرفته شده از قسمتی از نقشه..... ۴۹
- شکل ۳-۱۰: مقطع زمین‌شناسی برداشت شده در طول یکی از ترانشه‌های حفاری شده در منطقه..... ۵۲
- شکل ۳-۱۱: تصویر میکروسکوپی آغشتگی اکسیدهای آهن و سایر کانی‌های..... ۵۳
- شکل ۳-۱۲: تصویر میکروسکوپی آغشتگی اکسیدهای آهن و سایر کانی‌های..... ۵۳
- شکل ۳-۱۳: تصویر میکروسکوپی آغشتگی مالاکیت و آزوریت در یک..... ۵۴
- شکل ۳-۱۴: تصویر میکروسکوپی آغشتگی مالاکیت در یک زمینه تبخیری در..... ۵۴
- شکل ۳-۱۵: نمایی از وضعیت توپوگرافی محدوده بر روی تصویر Google earth..... ۵۶
- شکل ۳-۱۶: نمایی از رسوبات گچی و نمکی پست منطقه مورد مطالعه..... ۵۶
- شکل ۳-۱۷: یکی از توالی‌های رسوبی کانه‌دار اولیه در منطقه معدنی..... ۵۹
- شکل ۳-۱۸: یکی از توالی‌های رسوبی کانه‌دار اولیه در منطقه معدنی که توسط..... ۵۹
- شکل ۳-۱۹: نمایی از زون احتمالی آلتراسیونی و کانه‌دار که دچار هوازدگی..... ۶۰
- شکل ۳-۲۰: نمایی از زون احتمالی آلتراسیونی و کانه‌دار که دچار هوازدگی نیز شده است..... ۶۰
- شکل ۳-۲۱: نمایی از لایه‌بندی‌های رسوبی و شیب این لایه‌ها در یکی از..... ۶۱
- شکل ۴-۱: نمایی از بلوک‌ها و مش‌بندی‌های استفاده شده در مدل‌سازی مستقیم..... ۶۷
- شکل ۴-۲: موقعیت پروفیل‌های اجرایی در مختصات UTM بر روی قسمتی از نقشه..... ۷۰
- شکل ۴-۳: شبه‌مقاطع و مقطع حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت‌ویژه پروفیل PO1..... ۷۳

- شکل ۴-۴: شبه‌مقاطع و مقطع حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های IP پروفیل P01. ۷۴.....
- شکل ۵-۴: مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه و بارپذیری برای پروفیل P01. ۷۵.....
- شکل ۶-۴: مقطع زمین‌شناسی برداشت‌شده در فاصله تقریبی ۴۰ متر از پروفیل P01. ۷۶.....
- شکل ۷-۴: مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه و بارپذیری برای پروفیل P02. ۷۹.....
- شکل ۸-۴: مقاطع دوبعدی مقاومت‌ویژه و بارپذیری برای پروفیل P03. ۸۰.....
- شکل ۹-۴: نمایی ۲/۵ بعدی از مقاطع مقاومت‌ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس. ۸۲.....
- شکل ۱۰-۴: نمایی ۲/۵ بعدی از بارپذیری حاصل از مدل‌سازی معکوس. ۸۳.....
- شکل ۱۱-۴: نمونه‌ای از اثر کارهای شدادی انجام شده در منطقه. ۸۶.....
- شکل ۱۲-۴: شبه‌مقاطع و مقطع مقاومت‌ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های. ۸۷.....
- شکل ۱۳-۴: شبه‌مقاطع و مقطع IP حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت‌ویژه پروفیل P01. ۸۸.....
- شکل ۱۴-۴: شبه‌مقاطع و مقطع مقاومت‌ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت‌ویژه. ۸۹.....
- شکل ۱۵-۴: شبه‌مقاطع و مقطع IP حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت‌ویژه پروفیل P02. ۹۰.....
- شکل ۱۶-۴: شبه‌مقاطع و مقطع مقاومت‌ویژه حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت‌ویژه. ۹۱.....
- شکل ۱۷-۴: شبه‌مقاطع و مقطع IP حاصل از مدل‌سازی معکوس داده‌های مقاومت‌ویژه پروفیل P03. ۹۲.....
- شکل ۱۸-۴: نمایی از طول و جهت پروفیل‌های برداشتی و همچنین جهت جابجایی این پروفیل‌ها در. ۹۳.....
- شکل ۱۹-۴: نمایی ۲.۵ بعدی مقاطع مقاومت‌ویژه توسط نرم‌افزار ZONDRES2D. ۹۴.....
- شکل ۲۰-۴: نمایی ۲.۵ بعدی مقاطع مقاومت‌ویژه که یک صفحه XY در عمق ۱۰ متر بر آن‌ها. ۹۴.....
- شکل ۲۱-۴: مقطع افقی (XY) مقاومت‌ویژه در عمق ۵ متر. ۹۶.....
- شکل ۲۲-۴: مقطع افقی (XY) مقاومت‌ویژه در عمق ۱۰ متر. ۹۶.....
- شکل ۲۳-۴: مقطع افقی مقاومت‌ویژه (XY) در عمق ۲۰ متر. ۹۷.....
- شکل ۲۴-۴: مقطع افقی (XY) مقاومت‌ویژه در عمق ۳۰ متر. ۹۷.....
- شکل ۲۵-۴: مقطع ۲.۵ بعدی بارپذیری که صفحه‌ای افقی (XY) در عمق ۵ متر بر آن برازش شده. ۹۸.....

- شکل ۴-۲۶: مقطع ۲.۵ بعدی بارپذیری که صفحه‌ای افقی (XY) در عمق ۱۰ متر بر آن برآزش شده. ۹۸
- شکل ۴-۲۷: مقطع افقی (XY) بارپذیری در عمق ۵ متر. ۹۹
- شکل ۴-۲۸: مقطع افقی (XY) بارپذیری در عمق ۱۰ متر. ۱۰۰
- شکل ۴-۲۹: مقطع افقی (XY) بارپذیری در عمق ۱۵ متر. ۱۰۰
- شکل ۴-۳۰: مقطع افقی (XY) بارپذیری در عمق ۲۰ متر. ۱۰۱
- شکل ۴-۳۱: مقطع افقی (XY) بارپذیری در عمق ۳۰ متر. ۱۰۱
- شکل ۴-۳۲: مقطع افقی (XY) بارپذیری در عمق ۴۰ متر. ۱۰۲

فهرست جداول

- جدول ۱-۲: مقاومت ویژه بعضی از سنگ‌های رسوبی. ۱۷
- جدول ۲-۲: مقادیر بارپذیری کانی‌های مختلف. ۲۶
- جدول ۳-۲: بارپذیری انواع مختلف کانی‌ها و سنگ‌ها. ۲۷
- جدول ۴-۲: اندازه فاکتور فلزی سنگ‌ها و کانی‌های مختلف بر حسب موهو بر سانتی‌متر. ۲۹
- جدول ۵-۲: مقادیر SP و عوامل زمین‌شناسی ایجاد کننده SP. ۳۱
- جدول ۱-۳: موقعیت جغرافیایی منطقه اکتشافی بندقیچی. ۴۱
- جدول ۲-۳: فراوانی مس و نقره در مواد زمین‌شناختی رایج. ۵۸

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

پیشرفت روز افزون در زمینه‌های صنعتی، نیاز دائمی و رو به افزایش صنایع را به مواد اولیه مورد نیاز برای تولیدات به‌همراه دارد. در این راستا منابع فلزی جزء لاینفک تداوم صنعت و بسیاری دیگر از جنبه‌های زندگی بشر می‌باشد. بر اثر تقاضای بالای مواد معدنی، استخراج منابع سطحی رو به افول نهاده‌اند، بنابراین بسیار ضروری است که منابع عمیق‌تر مورد اکتشاف و بهره‌برداری قرار بگیرند. بر همین اساس، روش‌های قدیمی اکتشاف که بیشتر منابع سهل‌الوصول سطحی را هدف قرار می‌دهند؛ دیگر کارایی لازم را برای اکتشاف منابع عمیق‌تر ندارند. بنابراین با پیشرفت علم و تکنولوژی در زمینه‌های گوناگون، سعی شده در زمینه اکتشاف منابع معدنی نیز روش‌های نوین و پیشرفته‌ای به‌کار برده شود. روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی از جمله روش‌های مهمی است که تحولی عظیم در اکتشاف منابع عمیق زیرزمینی به‌وجود آورده است. روش‌های مختلفی در زیرمجموعه روش‌های ژئوفیزیکی قرار می‌گیرند؛ که گاه می‌توان از ترکیب چند روش به‌منظور اکتشاف استفاده کرد. روش‌های گرانی‌سنجی، مغناطیس‌سنجی، لرزه، الکترونیک و الکترومغناطیس از آن جمله‌اند؛ که هرکدام نیز خود دارای چندین شاخه می‌باشند. این روش‌ها مزایای بسیاری دارند که می‌توان مهم‌ترین آن‌ها را نسبتاً ارزان و قابل اعتماد بودن نسبت به دیگر روش‌های اکتشافی دانست. البته قابل اعتماد بودن به معنی خالی از ریسک نبودن عملیات ژئوفیزیکی نیست، اما به‌دلیل اصل مرحله‌ای بودن این نوع اکتشافات، امکان کاهش ریسک آن‌ها در سطح بالایی امکان‌پذیر است. به‌طور خلاصه می‌توان مراحل منطقی برای طراحی عملیات اکتشاف ژئوفیزیکی را به‌صورت زیر بیان کرد:

نخست با استفاده از مطالعات اولیه کوچک مقیاس مانند سنجش از دور و ژئوفیزیک هوایی، نواحی تحت اکتشاف شناسایی می‌شوند. سپس از برداشت‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی برای شناخت مناطق دارای آنومالی استفاده می‌شود. در گام بعدی با شناخت درست هدف و ویژگی ژئوفیزیکی شاخص آن، بر پایه میزان حساسیت هر روش ژئوفیزیکی نسبت به آن ویژگی، توانایی‌ها و محدودیت‌ها، مزایا و معایب این روش‌ها، توپوگرافی و عوارض غالب منطقه، یک یا ترکیبی از روش‌ها

انتخاب می‌شوند. با انتخاب روش مناسب ژئوفیزیکی گام بعدی طراحی نوع برداشت بر اساس شکل، اندازه احتمالی و راستای گسترش آنومالی و منابع نوفه^۱ می‌باشد. گام پایانی پردازش داده‌های برداشت شده، طراحی مدل ژئوفیزیکی این داده‌ها و سپس تفسیر این مدل‌ها می‌باشد. [عرب‌امیری، ۱۳۷۹؛ حدیدی، ۱۳۸۷؛ کلاگری، ۱۳۷۱].

۲-۱ کارهای انجام شده قبلی در منطقه

محدوده مورد مطالعه در فاصله ۶۰ کیلومتری جنوب‌شرق طرود واقع در استان سمنان و در داخل کویر مرکزی ایران قرار گرفته است.

در این منطقه تا اکنون عملیات ژئوفیزیکی انجام نشده است و این اولین عملیات ژئوفیزیکی است که به منظور اکتشاف کانسار مس انجام شد. در این منطقه و در مرحله اکتشاف مقدماتی، نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ تهیه شده است. همچنین تعدادی ترانسه در منطقه حفر و تعدادی نمونه آنالیز شیمیایی شده‌اند و تعدادی مقاطع نازک و صیقلی نیز مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. از این‌رو مطالعه ژئوفیزیکی انجام شده در این پایان‌نامه اولین پروژه ژئوفیزیکی برای اکتشاف کانسار مس در منطقه است؛ که شامل برداشت داده‌های مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون‌القایی می‌باشد.

۳-۱ ارتباط موضوع تحقیق با کارهای قبلی

با توجه به اینکه در اکتشافات منابع زیرزمینی، روش‌های مستقیم نیازمند صرف هزینه و وقت بیشتری هستند؛ لذا قبل از آن‌ها از روش‌های غیرمستقیم همانند روش‌های ژئوفیزیکی جهت پیدا کردن نقاط امیدبخش در مطالعات گسترده و در مطالعات جزئی‌تر جهت تعیین نقاط حفاری استفاده می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه اکتشافات ژئوفیزیکی در گروه مطالعات غیرمستقیم قرار دارند؛ لذا اعتبار سنجی نتایج آن نیازمند داده‌های است که از روش‌های مستقیم اکتشافی به دست می‌آید؛ که در منطقه مورد مطالعه این اطلاعات شامل اطلاعات زمین‌شناسی و ترانسه‌های حفر شده است که امید

^۱ Noise

می‌رود با تلفیق نتایج حاصل از برداشت داده‌های ژئوفیزیکی مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون‌القایی (IP)، بتوان زون‌های کانی‌سازی را با دقت شناسایی و در نهایت نقاطی را جهت حفاری به منظور اکتشاف و ارزیابی ذخیره پیشنهاد نمود.

۴-۱ هدف و ضرورت تحقیق

مهم‌ترین هدف این تحقیق، اکتشاف کانسار مس و تعیین زون‌های کانی‌سازی در منطقه بندقیچی با استفاده از روش‌های مقاومت‌ویژه و IP می‌باشد. با توجه به اینکه مطالعات اولیه زمین‌شناسی به تنهایی قادر به کشف ماده معدنی نیست؛ لذا از ضرورت‌های انجام این تحقیق می‌توان، کاهش ریسک اکتشاف و جلوگیری از به هدر رفتن وقت و هزینه‌های مالی طرح را برشمرد. بنابراین در این تحقیق با انجام مطالعات ژئوفیزیکی علاوه بر کاهش ریسک اکتشاف و صرفه‌جویی در وقت سعی در تعیین زون‌های کانی‌سازی و هم‌چنین تعیین نقاط حفاری است.

۵-۱ روش انجام تحقیق

عملیات ژئوفیزیکی به منظور اکتشاف کانسار مس در منطقه بندقیچی که یک حوضه رسوبی است، انجام شد. این عملیات شامل برداشت‌های مقاومت‌ویژه و IP بود. برداشت داده‌ها در طول پروفیل‌هایی انجام شد که عمود بر ساختارهای زمین‌شناسی منطقه بوده و هم‌چنین ترانسه‌هایی جهت دسترسی به ماده معدنی در مجاورت پروفیل‌های برداشت وجود داشت. این طراحی برداشت، پروفیل‌های در نظر گرفته شده در مجاورت ترانسه‌ها صرفاً برای انجام مدل‌سازی و تفسیر دقیق‌تر و بالا بردن دقت اکتشاف ماده معدنی در منطقه موردنظر صورت گرفت. با توجه به این‌که کانسار از نوع رگه‌ای در حوضه رسوبی است، لذا یکی از بهترین روش‌های مطالعه ژئوفیزیکی، روش‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی و IP می‌باشند. پس از طراحی عملیات برداشت، برداشت داده‌های ژئوفیزیکی در منطقه طی سه روز انجام شد؛ که شامل برداشت داده‌های ژئوفیزیکی مقاومت‌ویژه و IP و هم‌چنین داده‌های توپوگرافی است؛ که در طول سه پروفیل مجزا انجام شده است. سپس تجزیه و تحلیل داده‌های برداشت صحرائی انجام،