١٠٨٢-٢

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی معدن - گرایش اکتشاف

مدل‌سازی مجدد زمین‌شناسی معدن سنگ‌آهن چغارت بر اساس اطلاعات حفاری‌های استخراجی به روش زمین‌آمار

اساتید راهنما:

دکتر جواد غلام نژاد

دکتر علیرضا یاراحمدی بافقی

استاد مشاور:

دکتر سید حسین مجتهدزاده

پژوهش و نگارش:

مصطفی دهقانی

۱۳۸۷/۹/۲۴

تیرماه ۱۳۸۷

۱۰۸۲۰۲

تقدیم به پدرم:

که استواری و امید را

و مادرم:

که شکیبایی و آرامش را

در وجودم تداوم بخشیدند.

تشکر و قدردانی

نگارنده بر خود لازم می داند از کسانی که در تهیه این پایان نامه وی را یاری رسانده و مورد لطف و عنایت خود قرار داده اند، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشد.

- خانواده عزیزم که در طول سال های تحصیل، حامی و مشوق اینجانب بوده اند.

- جناب آقای دکتر جواد غلام نژاد (استاد راهنما)

- جناب آقای دکتر علیرضا یاراحمدی (استاد راهنما)

- جناب آقای دکتر سید حسین مجتهدزاده (استاد مشاور)

- جناب آقای دکتر عبدالحمید انصاری (صاحب نظر و داور داخلی)

- جناب آقای دکتر احمد مختاری (صاحب نظر و داور خارجی)

- جناب آقای مهندس عبدالحسین دهقانی (دفتر طراحی معدن چغارت)

- جناب آقای مهندس یتاری (دفتر طراحی معدن چغارت)

- و اساتید گرامی دانشکده مهندسی معدن: جناب آقایان دکتر کوهساری، دکتر دهقانی، دکتر فاتحی، مهندس رضائیان، مهندس غربی، مهندس پورقاسمی، مهندس دباغ، مهندس آزاد شده، مهندس میردهقان، مهندس حجت و مهندس امامی

- و دوستان عزیز: سید علی نظام الحسینی، مجید تقی زاده، سارا کسمایی، مهدی محمدی، حمید شفیعی، اصغر عزیزی، افشین نمیرانیان، محمد علی دادراست، حامد کرم پور، حسین منصوری، رضا جالی، مهران نجاتی، محمد حبیب اللهی، علی اکبری، مسعود امامی، سعید علیپور، محسن کریمی، سعید حسنی، صادق عزیزیان، مهدی مرادی، حمید دهقانی و کلیه دوستانی که نام آنها ذکر نشده است.

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی خانم/ آقای مصطفی دهقانی احمد آباد

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد ، در رشته/ گرایش معدن ـ گرایش اکتشاف

تحت عنوان: مدل سازی مجدد زمین شناسی معدن سنگ آهن چغارت براساس اطلاعات حفاری های استخراجی به روش زمین آمار

و تعداد واحد: ۶ در تاریخ: ۱۳۸۷/۴/۲۵

با حضور اعضای هیات داوران متشکل از	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱-استاد راهنمای اول	دکتر جواد غلام نژاد	
۲-استاد راهنمای دوم	دکتر علیرضا یاراحمدی	
۳-استاد مشاور اول	دکتر سید حسین مجتهد زاده	
۴-استاد مشاور دوم	—	
۵-داور خارج از گروه	دکتر احمد رضا مختاری	
۶-داور داخل گروه	دکتر عبدالحمید انصاری	

تشکیل گردید و پس از ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران ، با درجه عالی و نمره به عدد ۱۹/۲۵ به حروف نوزده و بیست و پنج مورد تصویب قرار گرفت.

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه(ناظر)

نام و نام خانوادگی :

امضاء:

چکیده

کانسار چغارت از حدود ۴۰ سال پیش مورد اکتشاف قرار گرفت. در این مدت با توجه به اطلاعات و روشهای موجود، چندین مرتبه با روشهای سنتی و اخیراً روشهای زمین‌آماری مدل‌سازی شده‌است. در این پژوهش کانسار چغارت با توجه به اطلاعات جدید و همچنین حفاری‌های استخراجی، بار دیگر مورد مدل‌سازی قرار گرفت. نرم افزار Surpac، بعنوان محیط نرم‌افزاری مورد استفاده در مدل‌سازی، بعلت استفاده شرکت استخراج کننده و قابلیت بالای آن انتخاب شد. به منظور مدل‌سازی بلندمدت، ابتدا بوسیله اطلاعات گمانه‌ها، تخمین اولیه روی کانسار انجام گرفت. مراحل این تخمین شامل: تهیه بانک اطلاعاتی، ساخت فایل ترکیبی و تعیین مناطق هموژن آماری، تحلیل روند، واریوگرافی و اعتبارسنجی و تخمین به روش کریجینگ بوده است. هدف از این مرحله، شناخت هر چه بیشتر خصوصیات آماری، ساختار فضایی حاکم بر کانسار و تولید داده‌های عیاری مجازی، در مناطقی با داده‌های کم به منظور یکسان‌سازی چگالی داده‌های حفاری‌های استخراجی و گمانه‌ها بوده است. در مرحله دوم به منظور مدل‌سازی تکمیلی و پویا (کوتاه مدت)، از اطلاعات حفاری‌های استخراجی، گمانه‌ها و داده‌های کم خطای تولیدی در مرحله اول استفاده شد. مراحل این بخش تقریباً مشابه مدل‌سازی بلندمدت است. هدف از این مرحله، استفاده از اطلاعات تکمیلی به منظور کاهش هرچه بیشتر خطای تخمین بوسیله روش کریجینگ است. نتایج حاصل از مدل‌سازی انجام گرفته، برای هر افق به صورت فایل‌های بلوک استرینگ، قابل استفاده برای برنامه‌ریزی استخراجی معدن تهیه شده است. در مجموع ذخیره‌ای به میزان ۸۸ میلیون تن ماده معدنی، با عیار آهن ۵۵/۵۲٪ ، فسفر ۴۱۷ /۰٪ و درجه اکسیدگی (نسبت آهن کل به اکسید آهن) ۲/۵۱ برای بخش باقی مانده کانسار آهن چغارت پیش‌بینی شده است.

« فهرست مطالب»

عنوان صفحه

فصل اول: کانسار آهن چغارت ۱

مقدمه ۲

۱-۱- تاریخچه معدن ۳

۱-۲- وضعیت جغرافیایی، آب و هوایی و راههای ارتباطی ۳

۱-۳- زمین شناسی منطقه ۵

۱-۳-۱- آشنایی ۵

۱-۳-۲- سنگ شناسی ۵

۱-۳-۳- کانی شناسی ۶

۱-۴- خصوصیات تکنولوژیکی سنگ آهن چغارت ۷

۱-۵- زمین شناسی ساختمانی منطقه چغارت ۸

۱-۶- گسلهای معدن چغارت ۹

۱-۷- بلوک بندی محدوده معدن ۱۱

۱-۸- روش استخراج ۱۲

۱-۹- ذخیره و تناژ معدن ۱۳

فصل دوم: مروری بر زمین آمار ۱۵

۲-۱- زمین آمار ۱۶

۲-۲- متغیر ناحیه‌ای ۱۷

۲-۳- فرضیات پایایی ۱۸

۲-۴- توزیع نرمال ۱۹

۲-۵- بررسی نرمال بودن داده ها ۲۰

عنوان | صفحه

۲-۶- روشهای تبدیل توزیع غیرنرمال به نرمال ۲۱
۲-۶-۱- تبدیل لگاریتمی ۲۱
۲-۶-۲- تبدیل لگاریتمی سه پارامتری ۲۲
۲-۶-۳- تبدیل کاکس و باگس ۲۳
۲-۷- مقادیر خارج از ردیف ۲۴
۲-۸- روند ۲۵
۲-۸-۱- روش تشخیص روند ۲۵
۲-۸-۲- روشهای حذف روند ۲۵
۲-۹- واریوگرام ۲۶
۲-۹-۱- تعریف ۲۶
۲-۹-۲- انواع واریوگرام ۲۹
۲-۹-۳- ناهمسانگردی در واریوگرام ۳۰
۲-۹-۳-۱- ناهمسانگردی هندسی ۳۱
۲-۹-۳-۲- ناهمسانگردی ناحیه‌ای ۳۲
۲-۹-۴- مدل‌های تئوری واریوگرام ۳۳
۲-۹-۴-۱- مدل کروی ۳۳
۲-۹-۴-۲- مدل نمایی ۳۴
۲-۹-۵- برازش واریوگرام ۳۵
۲-۱۰- تکنیکهای تخمین زمین آماری ۳۷
۲-۱۰-۱- روش کریجینگ ۳۷
۲-۱۰-۲- معادلات کریجینگ ۳۸

عنوان | صفحه

۲-۱۰-۳- ویژگی‌ها و کاربردهای کریجینگ ۳۹

فصل سوم: مطالعات زمین آماری کانسار آهن چغارت ۴۲

۳-۱- مقدمه ۴۴

۳-۲- جمع آوری اطلاعات ۴۴

۳-۲-۱- گمانه ها ۴۴

۳-۲-۱-۱- فایل Assay ۴۵

۳-۲-۱-۲- فایل Collar ۴۵

۳-۲-۱-۳- فایل Survey ۴۶

۳-۱-۲- چالهای استخراجی ۴۶

۳-۲- بررسی پارامترهای آماری ۴۷

۳-۲-۱- گمانه ها ۴۷

۳-۲-۲- چالهای آتشباری ۴۹

۳-۳- ساخت بانک اطلاعاتی ۵۰

۳-۴- ساخت کامپوزیت ۵۱

۳-۵- تفکیک مناطق هموژن آماری ۵۳

۳-۵-۱- تفکیک در اثر گسل خوردگیها ۵۳

۳-۵-۲- تفکیک مناطق هموژن آماری بوسیله مناطق عیاری ۵۵

۳-۵-۲-۱ - تفکیک عیاری کامپوزیتها بر اساس عیار آهن ۵۶

۳-۵-۲-۲ - تفکیک عیاری کامپوزیتها بر اساس عیار فسفر ۵۷

۳-۵-۲-۳- همبستگی بین آهن و فسفر در زون های کم عیار و پر عیار ۶۱

۳-۵-۲-۴- کلاس بندی کامپوزیتها بر اساس عیارهای تلفیقی (ترکیبهای دوتایی) ۶۱

عنوان | صفحه

۳-۶- نرمال‌سازی داده ها ۶۳
۳-۶-۱- نرمال‌سازی آهن ۶۳
۳-۶-۲- نرمال‌سازی فسفر ۶۶
۳-۶-۲-۱- بخش کم فسفر ۶۶
۳-۶-۲-۲- بخش پر فسفر ۶۷
۳-۶-۳- نرمال‌سازی نسبت اکسیدی ۶۹
۳-۷- تحلیل روند ۶۹
۳-۷-۱- بررسی روند برای آهن ۷۰
۳-۷-۲- تحلیل روند برای داده‌های استخراجی و گمانه ها ۷۱
۳-۷-۳- تحلیل روند برای عنصر فسفر بدون طبقه بندی ۷۲
۳-۷-۴- تحلیل روند برای نسبت اکسیدی ۷۴
۳-۸- واریوگرافی و تحلیل ناهمسانگردی ۷۵
۳-۸-۱- واریوگرافی عنصر آهن برای گمانه‌ها ۷۶
۳-۸-۱-۱- رسم واریوگرام ۷۶
۳-۸-۱-۲- اعتبارسنجی واریوگرام ۷۷
۳-۸-۱-۳- بررسی ناهمسانگردی ۷۸
۳-۸-۲- واریوگرافی داده های استخراجی برای آهن ۸۰
۳-۸-۳- واریوگرافی برای زون کم فسفر (چالهای استخراجی) ۸۱
۳-۸-۳-۱- رسم واریوگرام ۸۱
۳-۸-۳-۲- اعتبارسنجی واریوگرام ۸۱
۳-۸-۳-۳- بررسی ناهمسانگردی ۸۲

عنوان | صفحه

۳-۸-۴- واریوگرافی برای داده های استخراجی زون پر فسفر ۸۳

۳-۸-۴-۱- رسم واریوگرام ۸۳

۳-۸-۴-۲- اعتبارسنجی واریوگرام ۸۴

۳-۸-۴-۳- بررسی ناهمسانگردی ۸۵

۳-۸-۵- واریوگرافی برای داده های استخراجی نسبت اکسیدی ۸۶

۳-۸-۵-۱- رسم واریوگرام ۸۶

۳-۸-۵-۲- اعتبارسنجی واریوگرام ۸۸

۳-۸-۵-۳- بررسی ناهمسانگردی ۸۹

فصل چهارم: ارزیابی ذخیره و مدل‌سازی کانسار چغارت ۹۰

۴-۱- مقدمه ۹۱

۴-۲- تاریخچه تقسیم بندی ذخایر معدنی ۹۱

۴-۲-۱- خطای گروههای مختلف اندازه گیری ۹۲

۴-۲-۲- تقسیم بندی متداول گروههای ذخیره در ایران ۹۳

۴-۳- انواع روشهای محاسبه ذخیره ۹۴

۴-۴- مدل سازی زمین شناسی ۹۴

۴-۴-۱- مدل‌سازی کمی ۹۵

۴-۵- روشهای کلاسیک ۹۵

۴-۶- روشهای زمین آماری تخمین و مدل‌سازی ۹۷

۴-۷- تخمین بوسیله کریجینگ ۹۸

۴-۷-۱- مقدمه ۹۸

۴-۷-۲- مدل‌سازی آهن برای داده های گمانه ها ۹۸

عنوان | صفحه

۴-۷-۲-۱- تخمین کریجینگ ۹۸

۴-۷-۲-۲- مقایسه مقادیر تخمینی با گمانه ها و مقادیر واقعی چالهای استخراجی ۱۰۱

۴-۷-۲-۳- بلوک بندی نقاط تخمینی ۱۰۳

۴-۷-۲-۴- برش بلوکها بوسیله مرزهای زمین شناسی ۱۰۳

۴-۷-۳- مدل‌سازی آهن بوسیله چالهای استخراجی ۱۰۴

۴-۷-۳-۱- مدل‌سازی کوتاه مدت ۱۰۵

۴-۷-۳-۲- آماده سازی اطلاعات مربوط به هر افق ۱۰۵

۴-۷-۳-۳- عملیات کریجینگ ۱۰۶

۴-۷-۴- تخمین کوتاه مدت بخش کم فسفر ۱۰۸

۴-۷-۴- ۱- فضای تخمین ۱۰۸

۴-۷-۴- ۲- کریجینگ ۱۰۹

۴-۷-۵- تخمین کوتاه مدت بخش پرفسفر ۱۰۹

۴-۷-۵-۱- فضای تخمین ۱۰۹

۴-۷-۵-۲- عملیات کریجینگ ۱۱۰

۴-۷-۵- تلفیق تخمین‌های بخش کم فسفر و پرفسفر ۱۱۰

۴-۷-۶- تخمین کوتاه مدت نسبت اکسیدی ۱۱۰

۴-۷-۶- ۱- فضای تخمین ۱۱۰

۴-۷-۶- ۲- کریجینگ ۱۱۱

۴-۸- گزارش‌گیری کلی از ذخیره ۱۱۱

فصل پنجم: جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهادها..... ۱۱۴

پیوست‌ها ۱۱۷

منابع و مأخذ..... ۱۷۰

« فهرست جداول»

عنوان صفحه

جدول ۱-۱- توریع آهن و فسفر در بخش‌های مختلف معدن چغارت..... ۷

جدول ۲-۱- محاسبه میانگین و واریانس برای توزیع نرمال..... ۲۰

جدول۲-۲- فرمول محاسبه میانگین و واریانس توزیع لاگ نرمال..... ۲۲

جدول ۳-۱- نام، مختصات و عمق تعدادی از گمانه های حفر شده در کانسار چغارت..... ۴۵

جدول ۳-۲- پارامترهای آماری آهن..... ۴۷

جدول ۳-۳- پارامترهای آماری فسفر..... ۴۸

جدول ۳-۴- پارامترهای آماری نسبت اکسیدی..... ۴۸

جدول ۳-۵- پارامترهای آماری آهن برای داده‌های استخراجی..... ۴۹

جدول ۳-۶- پارامترهای آماری فسفر برای داده‌های استخراجی..... ۵۰

جدول ۳-۷- پارامترهای آماری نسبت اکسیدی برای داده‌های استخراجی..... ۵۰

جدول ۳-۸- پارامترهای آماری بخش کم عیار..... ۵۷

جدول ۳-۹- پارامترهای آماری بخش پرعیار..... ۵۷

جدول ۳-۱۰- پارامترهای آماری بخش کم فسفر..... ۵۹

جدول ۳-۱۱- پارامترهای آماری بخش پرفسفر..... ۶۰

جدول ۳-۱۲- پارامترهای آماری زون‌های مختلف عیاری (ترکیب‌های دوتایی) ۶۲

جدول ۳-۱۳- پارامترهای آماری زون‌های مختلف عیاری (ترکیب‌های سه‌تایی) ۶۳

جدول ۳-۱۴- مقادیر تابع F برای یافتن مناسب ترن ثابت تبدیل کاکس و باکس..... ۶۴

جدول ۳-۱۵- پارامترهای آماری آهن نرمال شده..... ۶۵

جدول ۳-۱۶- پارامترهای آماری عنصر فسفر (بخش کم فسفر) ۶۶

جدول ۳-۱۷- پارامترهای آماری فسفر انتقال یافته (بخش کم فسفر) ۶۷

جدول ۳-۱۸- پارامترهای آماری عنصر فسفر (بخش کم فسفر) ۶۸

عنوان | صفحه

جدول۳-۱۹- پارامترهای آماری فسفر انتقال یافته (بخش پرفسفر) ۶۸

جدول ۳-۲۰- پارامترهای آماری نسبت اکسیدی برای داده‌های استخراجی..... ۶۹

جدول ۳-۲۱- پارامترهای واریوگرام برازش شده برای داده های آهن..... ۷۷

جدول ۳-۲۲- گزارش اعتبارسنجی واریوگرام ۷۷

جدول ۳-۲۳- مشخصات واریوگرامها در راستای قطرهای بیضوی ناهمسانگردی..... ۷۹

جدول ۳-۲۴- مشخصات واریوگرامهای رسم شده برای داده های چالهای استخراجی.. ..... ۸۰

جدول ۳-۲۵- پارامترهای واریوگرام در راستای جهت اصلی ناهمسانگردی..... ۸۱

جدول ۳-۲۶- خلاصه ای از عملیات اعتبار سنجی واریوگرام..... ۸۲

جدول ۳-۲۷- امتدادهای ناهمسانگردی و پارامترهای آنها..... ۸۲

جدول ۳-۲۸- پارامترهای واریوگرام در راستای جهت اصلی ناهمسانگردی..... ۸۴

جدول ۳-۲۹- خلاصه ای از عملیات اعتبارسنجی واریوگرام..... ۸۴

جدول ۳-۳۰- امتدادهای ناهمسانگردی و پارامترهای آنها..... ۸۶

جدول ۳-۳۱- پارامترهای واریوگرامهای رسم شده برای یافتن ناهمسانگردی..... ۸۸

جدول ۳-۳۲- خلاصه ای از عملیات اعتبار سنجی واریوگرام (۲۰-۱۵-۴۵) ۸۹

جدول ۴-۱- تقسیم بندی ذخایر به همراه خطای مجاز در هر کلاس..... ۹۳

جدول ۴-۲- پارامترهای آماری خطای تخمین آهن..... ۱۰۰

جدول ۴-۳- پارامترهای آماری درصد خطای واقعی تخمین آهن..... ۱۰۲

جدول ۴-۴- مقایسه خطای تخمین با استفاده از گمانه‌ها و چال‌های آتشباری..... ۱۰۸

جدول ۴-۵- نتایج محاسبه ذخیره از افق ۸۰۰ تا ۱۱۰۰..... ۱۱۳

«فهرست شکلها»

عنوان | صفحه

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی معدن چغارت..... ۴

شکل ۱-۲- مقطعی از معدن چغارت..... ۷

شکل ۱-۳- محدوده بلوک بندی معدن چغارت ۱۱

شکل ۱-۴- محدوده نهایی پیت معدن سنگ آهن چغارت ۱۲

شکل ۲-۱- اجزاء تشکیل دهنده واریوگرام ۲۷

شکل ۲-۲- پارامترهای هندسی کنترل کننده واریوگرام ۳۰

شکل۲-۳- نمونه ای از واریوگرام در جهات مختلف برای تعیین بیضی ناهمسانگردی ۳۱

شکل ۲-۴ واریوگرام کروی ۳۴

شکل ۲-۵- واریوگرام نمایی ۳۴

شکل ۲-۶ نحوه جستجوی نقاط در شعاع تأثیر..... ۳۷

شکل ۳-۱- هیستوگرام فراوانی آهن..... ۴۷

شکل ۳-۲- هیستوگرام فراوانی فسفر..... ۴۸

شکل ۳-۳- هیستوگرام فراوانی نسبت اکسیدی..... ۴۸

شکل ۳-۴- هیستوگرام فراوانی آهن..... ۴۹

شکل ۳-۵- هیستوگرام فراوانی فسفر..... ۴۹

شکل ۳-۶- هیستوگرام فراوانی نسبت اکسیدی..... ۵۰

شکل ۳-۷- نمایی از گمانه های کانسار آهن چغارت..... ۵۱

شکل ۳-۸- نحوه ساخت کامپوزیت و توزیع دادهها به صورت منظم ۵۲

شکل ۳-۹- نمایی از فایل کامپوزیت، تهیه شده از گمانهها..... ۵۳

شکل ۳-۱۰- نمایشی از گسلهای منطقه واقع بر پروفیلها به همراه گمانهها..... ۵۵

عنوان صفحه

شکل ۳-۱۱- تفکیک گمانه‌ها بر اساس عیار آهن..... ۵۶

شکل ۳-۱۲- هیستوگرام داده‌های کم عیار و پرعیار آهن..... ۵۷

شکل ۳-۱۳- فراوانی تجمعی فسفر روی کاغذ احتمال..... ۵۸

شکل ۳-۱۴- جداسازی گمانه‌ها بر اساس بخش‌های کم فسفر و پرفسفر..... ۵۹

شکل ۳-۱۵- هیستوگرام داده‌های کم فسفر و پرفسفر..... ۵۹

شکل ۳-۱۶- نمایی از گمانه‌ها و چال‌های آتشباری در دو زون کم فسفر و پرفسفر..... ۶۰

شکل ۳-۱۷- نمودار همبستگی بین آهن و فسفر در دو زون کم‌عیار و پرعیار..... ۶۱

شکل ۳-۱۸- نمودار تابع F برای پیدا کردن مقدار مینیمم..... ۶۴

شکل ۳-۱۹- هیستوگرام داده‌های تبدیل یافته به نرمال..... ۶۵

شکل ۳-۲۰- هیستوگرام داده‌های فسفر (بخش کم فسفر) ۶۶

شکل ۳-۲۱- هیستوگرام داده‌های انتقال یافته در بخش کم فسفر..... ۶۷

شکل ۳-۲۲- هیستوگرام داده های فسفر (بخش پرفسفر) ۶۷

شکل ۳-۲۳- هیستوگرام داده های انتقال یافته در بخش پرفسفر..... ۶۸

شکل ۳-۲۴- هیستوگرام داده‌های انتقال یافته نسبت اکسیدی..... ۶۹

شکل ۳-۲۵- نمودار تحلیل روند برای داده‌های آهن در جهت X..... ۷۰

شکل ۳-۲۶- نمودار تحلیل روند برای داده‌های آهن در جهت Y..... ۷۰

شکل ۳-۲۷- نمودار تحلیل روند برای داده‌های آهن در جهت Z..... ۷۱

شکل ۳-۲۸- تحلیل روند در راستای شرقی – غربی (x) ۷۱

شکل ۳-۲۹- تحلیل روند در راستای شمالی - جنوبی (Y) ۷۲

شکل ۳-۳۰- تحلیل روند در راستای عمق (Z) ۷۲

شکل ۳-۳۱- تحلیل روند در راستای شرقی – غربی (x) ۷۳

عنوان | صفحه

شکل ۳- ۳۲- تحلیل روند در راستای شمالی - جنوبی (Y) ۷۳

شکل ۳-۳۳- تحلیل روند در راستای عمق (Z) ۷۴

شکل ۳-۳۴- تحلیل روند در راستای شرقی – غربی (x) ۷۴

شکل ۳- ۳۵- تحلیل روند در راستای شمالی - جنوبی (Y) ۷۵

شکل ۳-۳۶- تحلیل روند در راستای عمق (Z) ۷۵

شکل ۳-۳۷- واریوگرام در راستای جهت اصلی برای آهن..... ۷۶

شکل ۳-۳۸- واریوگرام جهتی در راستای قطر کوچک بیضوی ناهمسانگردی..... ۷۸

شکل ۳-۳۹- واریوگرام جهتی در راستای قطر متوسط بیضوی ناهمسانگردی..... ۷۹

شکل ۳-۴۰- بیضی انیزوتروپی برای آهن..... ۸۰

شکل ۳-۴۱- بیضی انیزوتروپی برای داده‌های استخراجی آهن..... ۸۰

شکل ۳-۴۲- واریوگرام رسم شده در راستای جهت اصلی (زون کم فسفر) ۸۱

شکل ۳-۴۳- بیضی انیزوتروپی برای زون کم فسفر..... ۸۳

شکل ۳-۴۴- واریوگرام رسم شده در راستای جهت اصلی (زون پرفسفر) ۸۳

شکل ۳-۴۵- واریوگرام رسم شده در راستای قطر کوچک بیضوی (زون پرفسفر) ۸۵

شکل ۳-۴۶- واریوگرام رسم شده در راستای قطر متوسط بیضوی (زون پرفسفر) ۸۶

شکل ۳-۴۷- بیضی انیزوتروپی برای زون پرفسفر..... ۸۶

شکل ۳-۴۸- واریوگرام جهتی رسم شده برای نسبت اکسیدی (۲۰-۰-۰) ۸۷

شکل ۳-۴۹- واریوگرام جهتی رسم شده برای نسبت اکسیدی (۲۰-۱۵-۴۵) ۸۷

شکل ۳-۵۰- واریوگرام جهتی رسم شده برای نسبت اکسیدی (۲۰-۲۰-۱۸۰) ۸۸

شکل ۴-۱- جایگاه و مراحل مدل‌سازی زمین آماری ۹۷

شکل ۴-۲- نمونه‌ای از فایل استرینگی ساخته شده بوسیله عملیات کریجینگ..... ۹۹

عنوان | صفحه

شکل ۴-۳- موقعیت نقاط تخمین خورده ۹۹

شکل ۴-۴- هیستوگرام خطاها برای افقهای ۸۱۲/۵ تا ۱۱۰۰ ..... ۱۰۰

شکل ۴-۵- فایل آماده شده برای بررسی دقت تخمین با استفاده از چال‌های آتشباری ۱۰۱

شکل ۴-۶- هیستوگرام خطای واقعی مربوط به افقهای ۱۰۰۰ تا ۱۱۶۰ ..... ۱۰۲

شکل ۴-۷- نمونه‌ای فایل بلوک بندی شده ۱۰۳

شکل ۴-۸- برش بلوکها بوسیله مرزهای زمین شناسی ۱۰۴

شکل ۴-۹- نمونه‌ای از فایل بریده شده بلوکی ۱۰۴

شکل ۴-۱۰- داده‌های استفاده شده برای تخمین افق ۱۱۰۰ ..... ۱۰۶

شکل ۴-۱۱- نمودار مقادیر تخمینی بر حسب مقادیر واقعی برای تمام بلوکها ۱۰۷

شکل ۴-۱۲- فیلد ۶، داده های برگشت داده شده از حالت نرمال بوسیله تابع نمایی ۱۰۹

شکل ۴-۱۳- فضای تخمین برای نسبت اکسیدی ۱۱۱

فصل اول

کانسار آهن چغارت

مقدمه

به دلیل اثرات نامطوب خطای تخمین در افزایش ریسک سرمایه گذاری، لازم است دقیقترین روش تخمین ذخیره که بتواند حداقل خطای تخمین را تضمین کند، به کار گرفته شود، به گونه‌ای که خطای تخمین در هر نقطه از کانسار مشخص باشد. هیچ یک از روش‌های تخمین ذخیره کلاسیک، نمی‌توانند چنین امری را ممکن سازند، زیرا اساس همه روش‌های سنتی را آمار کلاسیک تشکیل می‌دهد. در این روشها امکان محاسبه خطای تخمین به صورت کلی، یعنی محاسبه میانگین خطای کلی تخمین انجام شده امکان پذیر است ولی امکان اینکه بتوانیم به توزیع خطای تخمین در ذخیره دست یابیم نیست. زمین آمار بر خلاف آمار کلاسیک، امکان محاسبه خطای تخمین را برای کوچکترین واحد (بلوک) در اختیار دارد، لذا امکان دستیابی به تابع توزیع خطا نیز فراهم می‌شود. در صورت وجود ساختار فضایی بین داده‌ها، این روش می‌تواند بسیار مفید باشد، به این‌صورت که میزان تشابه بین مقادیر مربوط به نمونه‌های نزدیک‌تر، بیشتر است، لذا در زمین آمار، هر نمونه تا یک فاصله معین با نمونه‌های اطراف خود ارتباط فضایی دارد که این فاصله معین، دامنه تاثیر نامیده می‌شود.

در این پروژه به مدل‌سازی زمین شناسی معدن چغارت پرداخته خواهد شد. بدین صورت که ابتدا شرح مختصری از تاریخچه معدن به همراه اطلاعات عمومی آن در فصل اول ارائه می‌شود. با توجه به اینکه روش اصلی مدل‌سازی در این پروژه، روش‌های زمین آماری است، مفاهیم پایه و کاربردی آن در فصل دوم گردآوری شده است. در فصل سوم داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به گمانه‌ها (۱۳۷ حلقه) و چالهای استخراجی (۶۰ هزار حلقه)، مورد مطالعات زمین آماری قرار می‌گیرند. نتایج این مطالعات که لازمه تخمین در مرحله بعدی است در این فصل آمده است. فصل چهارم به مدل‌سازی و تخمین کانسار اختصاص دارد. روش کار به این صورت است که ابتدا یک مرحله مدل‌سازی با استفاده از گمانه‌ها انجام شده و در نتیجه، داده‌های کم خطای حاصل از آن برای مرحله بعدی استفاده می‌شود. در مرحله بعدی اطلاعات گمانه‌ها به همراه داده‌های مجازی تولید شده و چال‌های استخراجی مربوط به چند افق بالاتر و پائین تر در صورت وجود، برای مدلسازی کوتاه مدت استفاده می‌شوند. در نهایت، گزارشی از تناژ و عیار میانگن بدست آمده از مدل‌سازی کانسار آهن چغارت ذکر می‌شود. در فصل پنجم، نتایج به دست آمده و پیشنهادهایی برای بهبود عملیات مدل‌سازی در آینده ارائه می‌شود.