





دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مهندسی معدن

ارزیابی ذخیره منطقه زغالی گلیران و بهینه‌سازی تامین خوراک کارخانه  
زغالسویی زغالسنگ البرز مرکزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن

رمضان رجبی خانقاهی ۱۳۸۲ / ۷ / ۲۰

اساتید راهنما

دکتر نادر فتحیان پور - دکتر جلال تجدد

مرکز اطلاعات مدرک علمی ایران  
تماس مدرک

۴۸۴۹۹



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اکتشاف معدن آقای رمضان رجبی خانقاهی  
تحت عنوان

ارزیابی ذخیره منطقه زغالی گلیران و بهینه سازی تامین خوراک کارخانه  
زغالشویی زغالسنگ البرز مرکزی

در تاریخ ۱۳۸۱/۸/۱۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر نادر فتحیان پور

دکتر جلال تجدد

دکتر حسین خادمی

دکتر حمید هاشم الحسینی

دکتر نادر فتحیان پور

۱- استاد راهنمای اول پایان نامه

۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه

۳- استاد داور

۴- استاد داور

سرپرست تحصیلات تکمیلی

## تقدیر و تشکر

خدا را شکر می‌گویم که توانستم مرحله دیگری از تحصیل علم را با موفقیت به پایان برسانم. از خدا می‌خواهم که این توفیق را نسیب من بگرداند تا بتوانم دانسته‌های علمی‌ام را در راه پیشرفت و اعتلای میهن عزیزم ایران به کار بیندم. پس از سپاس از خداوند بر خود لازم می‌دانم تا از همه کسانی که مرا در این راه یاری نمودند تقدیر و تشکر نمایم.

از راهنمایی‌های ارزنده جناب آقای دکتر **نادر فتحیان‌پور** استاد راهنمایم که در رفع ابهامات و پیشرفت سریع پایان‌نامه بسیار مفید واقع شدند کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر **جلال تجدد**، رئیس دانشکده و یکی دیگر از اساتید راهنمایم، به خاطر برخوردهای صمیمی و راهنمایی‌های مفید تشکر می‌کنم.

از مادر، خواهران، دامادها و برادران عزیزم که همیشه مشوق من در راه تحصیل علم بوده‌اند کمال تشکر را دارم.

از پسر عمه عزیزم جناب آقای مهندس غضنفری به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی‌شان در طی دو سال تحصیل کمال تشکر را دارم.

از کارکنان شرکت زغالسنگ البرز مرکزی، خصوصاً آقایان مهندس موسوی‌نیا، مهندس سیدشاهی، مهندس اسمائیلی و مهندس فارابی معاونت محترم معدنی شرکت به خاطر راهنمایی‌های ارزنده و همکاری صمیمانه، کمال تشکر را دارم.

در پایان از کارکنان و اساتید محترم دانشکده معدن دانشگاه صنعتی اصفهان و همکلاسیهای عزیزم که در انجام این پایان‌نامه به طریقی متحمل زحمت شدند صمیمانه تشکر می‌کنم.

رمضان رجبی خانقاهی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ،  
ابتکارات و نو آوریهای ناشی از تحقیق موضوع  
این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان  
است.

تقدیم به

اسطوره ایثار و اسوه صبر

مادرم

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
شش	فهرست مطالب
۱	چکیده
	فصل اول : مقدمه و اهداف پایان نامه
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- سابقه موضوع تحقیق
۳	۳-۱- اهداف پایان نامه
	فصل دوم: مروری بر مطالعات زمین شناسی، عملیات اکتشافی و استخراجی حوضه زغالدار البرز مرکزی
۵	۱-۲- مقدمه
۵	۲-۲- ساختار زمین شناسی ناحیه آلاشت
۶	۱-۲-۲- چینه شناسی ناحیه زغالدار آلاشت
۷	۱-۲-۲- تکنونیک و ماگماتیزم ناحیه آلاشت
۷	۳-۲- فعالیت‌های اکتشافی و استخراجی در منطقه
۸	۱-۳-۲- مجموعه معدنی کارمزد
۱۱	۲-۳-۲- معدن کیاسر
۱۱	۳-۳-۲- معدن کارسنگ
۱۲	۴-۳-۲- معدن گلیران
۱۲	۴-۲- بررسی تکنولوژیکی زغالسنگهای البرز مرکزی
۱۲	۴-۲- ۱- مقدمه
۱۳	۴-۲- ۲- رطوبت
۱۳	۴-۲- ۳- خاکستر
۱۴	۴-۲- ۴- مواد فرار

۱۴	۲-۴-۵-فسفر
۱۴	۲-۴-۶-گوگرد
۱۵	۲-۴-۷-ضریب پلاستومتری
	فصل سوم : مطالعه ساختار داده‌های گمانه‌های اکتشافی و بلوکهای استخراجی
۱۶	۳-۱-مقدمه
۱۷	۳-۲-خطای تصادفی و سیستماتیک
۱۷	۳-۳-آزمونهای آماری در تعیین نوع خطا
۱۸	۳-۳-۱-آزمون فیشر
۱۸	۳-۳-۲-آزمون ستیودنت - t
۱۸	۳-۴-بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های یک جامعه
۲۰	۳-۶-همبستگی و رگرسیون بین داده‌های گمانه‌ای و برشهای استخراجی
۲۰	۳-۶-۱-ضریب همبستگی
۲۰	۳-۶-۲-رگرسیون
۲۱	۳-۶-۳-آزمون معنی دار بودن رگرسیون
۲۲	۳-۶-۴-کاربرد رگرسیون خطی در کارهای معدنی
۲۸	۳-۷-مقایسه میانگین داده‌های گمانه‌ای و بلوکی
۲۸	۳-۸-تبدیل فضای غیر هم احتمال دو سری داده برای دستیابی به فضای تخمین همگن
۳۰	۳-۹-مطالعه امکان وجود روند در داده‌ها
۳۰	۳-۹-۱-آنالیز روند - سطح
۳۲	۳-۹-۲-روند - سطح درجه یک (خطی)
۳۴	۳-۱۰-مطالعه پیوستگی متغیر انباشتگی خاکستر در معادن مختلف
	فصل چهارم : تخمین زمین آماری تغییرپذیری میزان خاکستر در زغال معادن زغالسنگ البرز مرکزی
۳۵	۴-۱-مقدمه
۳۵	۴-۲-پارامترهای اساسی در زمین آمار
۳۶	۴-۲-۱-فرضیات اساسی در تئوری متغیرهای ناحیه‌ای



۳۷	۴-۲-۲- واریوگرام
۳۹	۴-۲-۳- ناهمسانگردی
۴۰	۴-۳- مطالعات واریوگرافی
۴۰	۴-۳-۱- تعیین بهترین مدل واریوگرام تجربی
۴۱	۴-۴- کنترل اعتبار واریوگرام
۴۴	۴-۴-۱- کنترل اعتبار واریوگرامهای تجربی معادن مختلف
۴۵	۴-۶- تعیین ابعاد بلوکهای استخراجی
۴۵	۴-۶-۱- تعیین ابعاد بر اساس استخراج فعلی معادن
۴۵	۴-۷- تخمینگر زمین آماری کریجینگ
۴۶	۴-۷-۱- ویژگیهای کریجینگ
۴۷	۴-۷-۲- معادلات کریجینگ
۴۹	۴-۷-۳- انواع کریجینگ
۵۰	۴-۷-۴- لاگ کریجینگ
۵۱	۴-۸- واریانس تخمین
۵۱	۴-۸-۱- توزیع خطای تخمین
۵۳	۴-۹- تخمین کریجینگ برای معادن مختلف
۵۳	۴-۱۰- واریانس پراکندگی
۵۵	۴-۱۱- رابطه حجم - واریانس
۵۷	۴-۱۱-۱- واریانس واحد استخراج گزینشی
۵۸	۴-۱۱-۲- تعمیم رابطه حجم واریانس
۵۸	۴-۱۲- کنترل عیار
۶۰	۴-۱۲-۱- کاهش هزینههای نامشهود به وسیله کنترل عیار خوراک کارخانه فرآوری
۶۰	۴-۱۳- برآورد و نوسانات عیاری خوراک کارخانه تغلیظ و طراحی تعداد کارگاههای استخراج
۶۲	۴-۱۴- بررسی نوسانات خاکستر معادن مختلف زغالسنگ البرز مرکزی و طراحی کارگاهها
۶۲	۴-۱۴-۱- مطالعه واریانس پراکندگی معادن زغالسنگ البرز مرکزی

۶۲	۴-۱۴-۲- محاسبه نوسانات بار ورودی به کارخانه و طراحی تعداد کارگاههای لازم برای لایه‌های مختلف
۶۳	۴-۱۵-۱۰- ارزیابی لایه‌های $a_{11}$ و $a'_{12}$ معدن زغالسنگ گلیران به روش کلاسیک مثلث بندی
۶۴	۴-۱۵-۱- بحث توری
۶۴	۴-۱۵-۲- ارزیابی لایه‌های $a_{11}$ و $a'_{12}$ منطقه گلیران با روش مثلث بندی
	<b>فصل پنجم: بهینه‌سازی تولید و کنترل عیار خاکستر بار ورودی به کارخانه زغالسویی</b>
۶۸	۵-۱- مقدمه
۶۹	۵-۲- نظریه اساسی بهینه‌سازی
۶۹	۵-۳- برنامه‌ریزی خطی
۷۱	۵-۳-۱- نمایش ترسیمی فضای تخمین
۷۲	۵-۳-۲- حل برنامه‌های خطی
۷۲	۵-۳-۳- روش ترسیمی
۷۳	۵-۳-۴- تحلیل حساسیت
۷۴	۵-۴- عملیات بهینه‌سازی معادن شش گانه زغالسنگ البرز مرکزی
۷۵	۵-۴-۱- بهینه‌سازی فنی - اقتصادی
۷۶	۵-۴-۲- حالت‌های متفاوت در بهینه‌سازی فنی - اقتصادی
۷۷	۵-۴-۳- بهینه‌سازی فنی معادن زغالسنگ البرز مرکزی
۷۸	۵-۴-۴- بهینه‌سازی تولید از کارگاههای استخراجی لایه $K12$ کارمزد
	<b>فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات</b>
۸۲	۶-۱- نتیجه‌گیری
۸۳	۶-۲- پیشنهادات
۸۵	منابع و مراجع

## چکیده

کنترل نوسانات خوراک ارسالی به کارخانه زغالشویی یکی از مشکلات عمده در دستیابی به راندمان قابل قبول محسوب می‌شود. آماره‌های داده‌های اکتشافی و استخراجی موجود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند و با توجه به اعتبار بیشتر داده‌های استخراجی و جهت منظم‌سازی داده کلیه داده‌های اکتشافی به پایه داده‌های استخراجی تبدیل گردیده‌اند. در مطالعات آماری صورت گرفته مشخص گردید که توزیع داده‌های بلوکهای استخراجی تک جامعه‌ای و به نرمال بسیار نزدیک بوده در حالیکه داده‌های گمانه‌های اکتشافی بدلیل توالی لیچه و زغال چند جامعه‌ای و دارای چولگی بوده‌اند. برای حذف داده‌های خارج از ردیف از روش رسم صعودی داده‌ها بر حسب فراوانی تجمعی استفاده شده است. برای مقایسه میانگین دو داده‌های اکتشافی و استخراجی نیز آزمون  $t$  - ستیودنت استفاده شده که مؤید وجود اختلاف معنی‌داری بین این دو سری از داده‌هاست. آنالیز روند - سطح درجه یک بر روی داده‌های معادن مختلف نشان دهنده عدم وجود روند سطح درجه یک در داده‌ها می‌باشد. جهت تخمین تغییرپذیری میزان خاکستر در زغال معادن زغالسنگ البرز مرکزی از روش‌های زمین‌آماري استفاده شده است. بدین منظور ابتدا مطالعات واریوگرافی برای کلیه شش زون زغالی صورت پذیرفته است. این مطالعات نشان می‌دهد که که بهترین مدل تئوری منطبق با واریوگرام تجربی معادن مختلف از نوع کروی و فاقد آنیزوتروپی بااهمیت می‌باشد. میزان خاکستر بلوکها و همچنین واریانس تخمین بلوکی بروش کریجینگ معمولی برای کلیه معادن برآورد گردیده است. بیشترین میزان متوسط عبار تخمینی مربوط به معدن کیاسر با متوسط ۳۷ درصد و کمترین مقدار تخمین مربوط به لایه  $K12$  کارمزد و برابر ۱۹ درصد بوده است. بر این اساس نوسانات خاکستر معادن زغالسنگ البرز بررسی شده و تعداد کارگاههای مورد نیاز برای رسیدن به نوسان یک درصد بار ورودی به کارخانه محاسبه گردیده است. برای این منظور ابتدا میزان واریانس پراکندگی تولید روزانه در ماهیانه برای هر معدن محاسبه شده و سپس واریانس کل برای هر معدن به صورت مجموع واریانس پراکندگی، واریانس کریجینگ و واریانس رویهمرفته نمونه‌برداری برآورد گردیده است. همچنین ارزیابی ذخیره معدن گلیران که اخیراً عملیات اکتشافی آن تکمیل و به بهره‌برداری رسیده است بروشهای هندسی مثلث‌بندی و زمین‌آماري صورت پذیرفته است. بهینه‌سازی ترکیب تولید بین معدنی و درون معدنی در دو استراتژی فنی - اقتصادی و فنی برای حالات مختلف صورت پذیرفته است. از نتایج بهینه‌سازی مشخص گردید که بهینه‌ترین حالت تولید از میان معادن مختلف برای دستیابی به سود بیشینه و کمترین هزینه استخراج از لایه  $K12$  معدن کارمزد صورت پذیرد. در انتها و در مقیاس درون معدنی نیز میزان تولید ماهیانه از شش کارگاه فرض در لایه  $K12$  معدن کارمزد برای کمینه کردن میزان عیار خاکستر آورده شده است.

## فصل اول

### مقدمه و اهداف پایان نامه

#### ۱-۱- مقدمه

یکی از مسائل مهم در بهره برداری از معادن زغالسنگ کنترل میزان خاکستر زغالسنگ استخراجی و تعیین بهینه ترکیب از معادن و کارگاههای مختلف بوده بطوریکه با حداقل واریانس ممکن، حدود مجاز ورودی به کارخانه نیز تامین گردد. کارخانجات زغالشویی غالباً بر اساس یک میزان متوسط خاکستر ورودی طراحی می گردند، بنابراین وقتی خوراک کارخانه از معادن متفاوتی تامین گردد، ناچار به تعیین یک ترکیب بهینه جهت دستیابی به این متوسط خاکستر بوده و بطور همزمان لازم است تا میزان خاکستر استخراجی را نیز بطور انتخابی کنترل نمود. امروزه در معادن مکانیزه فلزی و غیرفلزی در دنیا، با روشهای زمین آماری به کنترل عیار در معدن تا فرآوری می پردازند. با روشهای زمین آماری یک تخمین ناریب از کل ذخیره زده می شود و سپس با روشهای موسوم به رابطه «حجم- واریانس» به بلوک بندی معدن برای استخراج می پردازند. بطوریکه برای هر بلوک یک میزان متوسط عیار تخمین زده می شود و جهت کنترل عیار خوراک کارخانه بلوکهای متفاوتی در برنامه استخراج قرار می گیرند.

### ۱-۲- سابقه موضوع تحقیق

مطالعات زمین‌شناسی و عملیات اکتشافی در حوضه زغالدار البرز مرکزی به سالهای ۱۳۱۴ و ۱۳۱۵ بر می‌گردد. این بررسی‌ها تا دهه اخیر ادامه داشته و به کشف معدن گلیران، که یکی از جدیدترین معادن از مجموعه معادن شرکت زغالسنگ البرز مرکزی می‌باشد، انجامیده است. کمترین مقدار عیار خاکستر زغال مربوط به کارمزد و بیشترین مقدار عیار خاکستر زغال نیز مربوط به کیاسر و گلیران است. کارخانه زغالشویی شرکت زغالسنگ البرز مرکزی نیز بر اساس میزان خاکستر زغالسنگ معدن کارمزد طراحی شده است. امروزه با یک ترکیب تجربی و قراردادی زغال معادن مختلف ترکیب شده و متوسط خاکستر ورودی به کارخانه به ۲۸-۳۰ درصد می‌رسد. از آنجاییکه زغالسنگ معدن مذکور مانند دیگر معادن زغالسنگ ایران بطور عمده در تولید کک برای مصرف در کارخانه ذوب آهن اصفهان استفاده می‌شوند، میزان خاکستر خروجی کارخانه بایستی در محدوده ۱۰/۵٪ درصد باشد. آنچه که در عمل مشاهده شده است، نوساناتی در میزان خاکستر بار خروجی از کارخانه (کنسانتره) پیدا شده است. تا به امروز هیچگونه مطالعه علمی در این زمینه صورت نگرفته است در حالیکه از این مساله خساراتی از طریق هزینه‌های مشهود و نامشهود متوجه تولیدکننده و مصرف‌کننده گردیده است.

### ۱-۳- اهداف پایان نامه

این پایان‌نامه با بررسی اطلاعات گمانه‌های اکتشافی و بلوکهای استخراجی ماهیانه از معادن حوضه زغالدار البرز مرکزی شامل معادن کارمزد، کارسنگ، کیاسر و گلیران که اخیراً به جمع معادن زغال منطقه پیوسته است بر آن است تا میزان نوسانات خوراک کارخانه را به طور بهینه در برنامه‌ریزی تولید بگنجانند. در این راستا از ابزار مناسبی به نام زمین آمار استفاده می‌گردد که توسط آن تخمین بهینه‌ای از تغییرپذیری میزان خاکستر در معادن مختلف البرز مرکزی صورت پذیرفته و سپس ترکیب بهینه خوراک کارخانه زغالشویی بر اساس این تغییرات بدست آمده است.

پایان‌نامه حاضر مشتمل بر شش فصل می‌باشد. در فصل دوم مروری بر مطالعات زمین‌شناسی و عملیات اکتشافی و استخراجی حوضه زغالدار البرز مرکزی آورده شده است. در فصل سوم به مطالعه ساختار داده‌های گمانه‌های اکتشافی و بلوکهای استخراجی پرداخته شده است. فصل چهارم پایان‌نامه به مطالعات زمین‌آماری در خصوص تغییرپذیری خاکستر در معادن زغالسنگ البرز مرکزی می‌پردازد. فصل پنجم به

بهینه‌سازی و کنترل خاکستر ورودی به کارخانه اختصاص یافته و فصل ششم پایان‌نامه حاوی نتایج حاصل به همراه پیشنهادات جهت ادامه مطالعات می‌باشد.

## فصل دوم

### مروری بر مطالعات زمین‌شناسی، عملیات اکتشافی و استخراجی حوضه زغالدار البرز مرکزی

#### ۲-۱- مقدمه

حوضه زغالدار البرز مرکزی خود شامل چند منطقه زغالی می‌باشد که از غرب تا شرق استان مازندران بترتیب شامل ناحیه زغالدار بلده- الیکا در جنوب شهرستان نور، ناحیه زغالدار آلاشت ( زیر آب ) و ناحیه چهاردشت ( کیاسر ) در جنوب شهرستان ساری می‌باشد، گسترش یافته‌اند لازم به ذکر است که مناطق زغالدار شمال تهران ( شمشک ) نیز جزو حوضه زغالی البرز مرکزی می‌باشد. از آنجایی که عمده‌ترین ناحیه زغالدار در البرز مرکزی، ناحیه آلاشت می‌باشد و بخاطر اینکه وضعیت زمین‌شناسی عمومی تمام مناطق تقریباً مشابه است در ادامه به بررسی وضعیت زمین‌شناسی ناحیه آلاشت می‌پردازیم.

#### ۲-۲- ساختار زمین‌شناسی ناحیه آلاشت

ناحیه زغالدار آلاشت در دامنه شمالی رشته کوه البرز در استان مازندران، شهرستان سوادکوه واقع شده است. ناحیه بلندیها و فرورفتگی‌های تندی دارد. پست‌ترین نقطه این ناحیه در انجیر تنگه ( مرکز زغالشویی و بارگیری شرکت زغالسنگ البرز مرکزی ) بمیزان ۵۳۸ متر و بلندترین نقطه آن اسب خانی با ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متر می‌باشد. بخش مرکزی و شمالی ناحیه پوشیده از جنگلهای انبوه و بخش جنوبی