

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

مدل سازی و بهینه سازی عیارهای حد در معدن شماره ۱ گل گهر

دانشجو : سجاد محمدی

اساتید راهنما :

دکتر محمد عطایی

دکتر رضا خالوکاکایی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۲



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره:

تاریخ: ۱۳۹۲/۶/۲۳

ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند منعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سجاد محمدی رشته مهندسی معدن گرایش استخراج تحت عنوان مدل سازی و بهینه سازی عیارهای حد در معدن شماره ۱ گل گهر که در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۲۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

<input type="checkbox"/> قبول (با درجه : خراب - امتیاز ۱۷ تا ۱۸)	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
--	------------------------------------	--------------------------------

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۳- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

۴- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۵- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر محمد عطایی	استاد	
۲- استاد راهنما	دکتر رضا خالو کاکایی	استاد	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر فرهنگ سرشکی	دانشیار	
۴- استاد ممتحن	دکتر محمد کارآموزیان	استادیار	
۵- استاد ممتحن	دکتر بهزاد تخم چی	استادیار	

رئیس دانشکده: دکتر رضا قوامی ریایی

امضاء

تقدیم به پدر و مادرم

این دو معلم بزرگوام که در تمام
عرصه های زندگی با ایثار و
فداکاری ، برای من یآوری
بی چشم داشت بوده اند و همواره بر
کوتاهی و درشتی من، قلم عفو
کشیده و کریمانه از کنار
غفلت هایم گذشته اند.

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، آنان که وجودمان وامدار وجودشان است.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، والاتر از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه‌ی ایشان با زبان قاصر و دست ناتوان چیزی بنگارم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می‌کند و سلامت امانت‌هایی که به دستش سپرده‌اند را تضمین، بر حسب وظیفه و از باب « من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ»، از استاد فرهیخته جناب آقای **پروفسور محمد عطایی** که با وجود مشغله‌های فراوان در کمال سعه‌صدر راهنمای این حقیر بوده‌اند و همچنین استاد بزرگوار جناب آقای **پروفسور رضا خالوکاکایی** که با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه دریغ ننمودند، سپاسگزاری نموده و سلامتی ایشان را آرزومندم.

از شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر سیرجان و پژوهشکده‌ی سنگ آهن و فولاد گل‌گهر که پژوهش حاضر با حمایت مستقیم آن‌ها به انجام رسیده است کمال تشکر را دارم. همچنین از مشاور صنعتی پروژه، جناب آقای مهندس اسحاق پورزمانی سرپرست دفتر نظارت طراحی معدن گل‌گهر صمیمانه سپاسگزارم که بی‌شک انجام این تحقیق بدون راهنمایی‌ها و تلاش‌های مجدانه‌ی ایشان امکان‌پذیر نبوده است. در پایان لازم می‌دانم از جناب آقای مهندس مسعود عسکری در پژوهشکده سنگ آهن و فولاد گل‌گهر برای حمایت‌های بی‌دریغشان تشکر نمایم.

تعهد نامه

اینجانب سجاد محمدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی استخراج معدن دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه مدل‌سازی و بهینه‌سازی عیارهای حد در معدن شماره ۱ گل‌گهر تحت راهنمایی دکتر محمد عطایی و دکتر رضا خالوکاکی 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 تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- 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 ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

فهرست مطالب

فصل اول - مقدمه و کلیات	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ ضرورت و اهداف تحقیق	۴
۳-۱ مجتمع سنگ آهن گل گهر سیرجان	۴
۴-۱ مشخصات کاواک نهایی معدن شماره ۱	۶
۵-۱ ساختار پایان نامه	۸
فصل دوم - مفاهیم و پیشینه‌ی تحقیق	۱۰
۱-۲ عیار حد	۱۱
۲-۲ بهینه‌سازی	۱۲
۳-۲ بهینه‌سازی عیار حد	۱۳
۴-۲ سابقه‌ی علمی موضوع در کانسارهای یک فلزی	۱۴
۵-۲ سابقه‌ی علمی موضوع در کانسارهای چند فلزی	۱۷
فصل سوم - تابع هدف کلی بهینه‌سازی عیار حد و روش‌های حل آن	۱۹
۱-۳ مقدمه	۲۰
۲-۳ مدل سازی مراحل معدن کاری	۲۰
۳-۳ تعریف معادلات اساسی مدل	۲۳
۴-۳ تابع هدف برای تعیین عیار حد با هدف بیشینه کردن ارزش خالص فعلی (NPV)	۲۴
۳-۴-۱ تابع هدف در صورتی که میزان استخراج از معدن محدودیت تعیین کننده باشد	۲۶
۳-۴-۲ تابع هدف در صورتی که کارخانه‌ی تغلیظ محدودیت تعیین کننده باشد	۲۷
۳-۴-۳ تابع هدف در صورتی که کارخانه‌ی تصفیه محدودیت تعیین کننده باشد	۲۷
۵-۳ تابع هدف در حالت کلی	۲۷
۶-۳ روش‌های بهینه یابی تابع هدف در بهینه‌سازی عیارهای حد	۲۸
۳-۶-۱ الگوریتم لین	۳۰
۳-۶-۲ روش حذفی جستجوی نسبت طلایی	۳۶
۳-۶-۳ الگوریتم فرا ابتکاری رقابت استعماری	۴۱
۳-۶-۴ شکل دهی امپراتوری‌های اولیه	۴۴

۴۷	..... ۲-۳-۶-۳ مدل سازی سیاست جذب: حرکت مستعمره ها به سمت امپریالیست
۴۹	..... ۳-۳-۶-۳ جابجایی موقعیت مستعمره و امپریالیست
۵۱	..... ۴-۳-۶-۳ قدرت کل یک امپراتوری
۵۱	..... ۵-۳-۶-۳ رقابت استعماری
۵۴	..... ۶-۳-۶-۳ سقوط امپراتوری های ضعیف
۵۵	..... ۷-۳-۶-۳ همگرایی
۵۸	فصل چهارم- توسعه‌ی مدل مطابق معدن شماره ۱ گل گهر
۵۹	..... ۱-۴ مقدمه
۵۹	..... ۲-۴ مدل سازی و تعریف روابط اساسی
۶۵	..... ۳-۴ تعیین تابع هدف بهینه سازی عیار حد معدن شماره ۱ گل گهر
۶۵	..... ۱-۳-۴ تابع هدف در صورتی که میزان استخراج از معدن محدودیت تعیین کننده باشد
۶۶	..... ۲-۳-۴ تابع هدف در صورتی که کارخانه‌ی تغلیظ محدودیت تعیین کننده باشد
۶۶	..... ۳-۳-۴ تابع هدف در صورتی که کارخانه‌ی گندله سازی محدودیت تعیین کننده باشد
۶۶	..... ۴-۳-۴ تابع هدف در حالت کلی
۶۸	فصل پنجم- بهینه سازی تابع هدف با استفاده از روش جستجوی نسبت طلایی
۶۹	..... ۱-۵ مقدمه
۶۹	..... ۲-۵ روش حل مساله
۷۰	..... ۳-۵ مراحل تعیین عیارهای حد بهینه با استفاده از برنامه
۶۹	..... ۱-۳-۵ اطلاعات ورودی
۷۲	..... ۲-۳-۵ محاسبات ذخیره
۷۲	..... ۳-۳-۵ فرآیند محاسبات
۷۵	..... ۴-۵ برنامه ریزی تولید
۷۸	فصل ششم- بهینه سازی تابع هدف با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری
۷۹	..... ۱-۶ مقدمه
۸۰	..... ۲-۶ روش حل مساله
۸۳	..... ۳-۶ نتایج بهینه سازی با استفاده از الگوریتم ICA
۸۴	..... ۴-۶ برنامه ریزی تولید
۸۷	فصل هفتم- نتیجه گیری و پیشنهادها

۸۸	۷- نتیجه گیری
۹۰	۷-۲ پیشنهادها
۹۱	منابع و مراجع.....
۹۵	پیوست ۱- جزییات محاسباتی الگوریتم رقابت استعماری

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی معدن سنگ آهن گل‌گهر ۵
- شکل ۲-۱: نمایی از مجتمع سنگ آهن گل‌گهر ۵
- شکل ۳-۱: موقعیت نسبی ذخایر شش‌گانه‌ی مجتمع گل‌گهر ۶
- شکل ۴-۱: محدوده نهایی معدن شماره ۱ گل‌گهر سیرجان ۷
- شکل ۱-۳: مدل مورد استفاده برای تعیین عیار حد بهینه ذخایر یک فلزی ۲۱
- شکل ۲-۳: نمایش نموداری محاسبه‌ی ارزش خالص فعلی ۲۵
- شکل ۳-۳: نمونه‌ای از منحنی‌های v_e و v_r ، v_c ، v_m ۲۸
- شکل ۴-۳: عیارهای حد متعادل‌کننده‌ی بین ظرفیت واحدهای معدن، کارخانه تغلیظ و واحد تصفیه ۳۱
- شکل ۵-۳: روند نمای تعیین عیارهای حد بهینه ۳۵
- شکل ۶-۳: بنای مستطیل شکل با ابعاد b و d ۳۸
- شکل ۷-۳: نحوه اعمال روش جستجوی نسبت طلایی برای توابع یک متغیره ۳۹
- شکل ۸-۳: روندنمای روش جستجوی نسبت طلایی برای یافتن عیار حد بهینه ۴۰
- شکل ۹-۳: چگونگی شکل‌گیری امپراتوری‌های اولیه ۴۷
- شکل ۱۰-۳: شمای کلی حرکت مستعمرات به سمت امپریالیست ۴۸
- شکل ۱۱-۳: حرکت واقعی مستعمرات به سمت امپریالیست ۴۹
- شکل ۱۲-۳: جابجایی موقعیت استعمارگر و مستعمره در الگوریتم ۵۰
- شکل ۱۳-۳: شمای کلی رقابت استعماری: تصاحب مستعمرات امپراتوری‌های دیگر با احتمال بالاتر توسط امپراتوری‌های بزرگ‌تر ۵۲
- شکل ۱۴-۳: سقوط امپراتوری ضعیف؛ امپراتوری شماره ۴ ۵۵
- شکل ۱۵-۳: شمای کلی الگوریتم رقابت استعماری ۵۶
- شکل ۱۶-۳: روند نمای الگوریتم رقابت استعماری ۵۷
- شکل ۱-۴: نمودار روند عملیاتی معدن شماره ۱ گل‌گهر ۶۰
- شکل ۱-۵: منحنی تناژ-عیار حد و عیار متوسط-عیار حد پوش‌بک طرح ۵ ساله‌ی استخراجی کانسار ۷۲
- شکل ۲-۵: روند تغییرات عیار حد و ارزش خالص فعلی در طول سال‌های طرح ۷۵
- شکل ۱-۶: میانگین و کمینه هزینه‌ی امپراتوری‌ها در هر تکرار برای سال اول طرح ۸۱
- شکل ۲-۶: میانگین و کمینه هزینه‌ی امپراتوری‌ها در هر تکرار برای سال دوم طرح ۸۱
- شکل ۳-۶: میانگین و کمینه هزینه‌ی امپراتوری‌ها در هر تکرار برای سال سوم طرح ۸۲
- شکل ۴-۶: میانگین و کمینه هزینه‌ی امپراتوری‌ها در هر تکرار برای سال چهارم طرح ۸۲
- شکل ۵-۶: میانگین و کمینه هزینه‌ی امپراتوری‌ها در هر تکرار برای سال پنجم طرح ۸۳
- شکل ۶-۶: روند تغییرات عیار حد و ارزش خالص فعلی در طول سال‌های طرح ۸۴

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲: نمونه‌ای از طبقه‌بندی روش‌های بهینه‌سازی ۱۲
- جدول ۲-۲: تلاش‌های صورت گرفته در زمینه‌ی بهینه‌سازی عیار حد در کانسارهای یک فلزی ۱۴
- جدول ۳-۲: تلاش‌های انجام شده در بهینه‌سازی عیار حد در کانسارهای چند فلزی ۱۷
- جدول ۱-۳: متغیرهای به کار رفته در مدل بهینه‌سازی عیار حد کانسارهای یک فلزی ۲۱
- جدول ۱-۴: متغیرهای به کار رفته در مدل ۶۱
- جدول ۲-۴: حداکثر ظرفیت واحدهای مختلف ۶۲
- جدول ۱-۵: توزیع عیار - تناژ پوش‌بک طرح ۵ ساله‌ی اخیر معدن ۷۰
- جدول ۲-۵: مجموع ماده‌ی معدنی، باطله و کل مواد موجود در پوش‌بک طرح ۷۱
- جدول ۳-۵: پارامترهای اقتصادی و عملیاتی معدن شماره ۱ بر اساس ابتدای سال ۱۳۹۱ ۷۱
- جدول ۴-۵: مقادیر تناژ ماده‌ی معدنی، باطله و عیار متوسط بر اساس عیار حد ۷۲
- جدول ۵-۵: مقادیر تناژ ماده‌ی معدنی، تناژ باطله و عیار متوسط ماده‌ی معدنی برای اولین دو نقطه‌ی آزمایشی ۷۳
- جدول ۶-۵: مقدار سه تابع v_m ، v_c ، v_p و v_e در اولین دو نقطه‌ی آزمایشی ۷۳
- جدول ۷-۵: نتیجه‌ی بهینه‌سازی عیار حد معدن شماره ۱ گل‌گهر با روش حذفی جستجوی نسبت طلایی ۷۴
- جدول ۸-۵: مقدار استخراج سالیانه از بازه‌های عیاری در هر سال (تن) ۷۶
- جدول ۹-۵: مقادیر استخراجی باطله و ماده‌ی معدنی و نسبت باطله برداری ۷۶
- جدول ۱۰-۵: تناژ ارسالی به انباشت‌گاه مواد کم عیار (تن) ۷۷
- جدول ۱-۶: مقدار پارامترهای الگوریتم ۸۰
- جدول ۲-۶: نتیجه‌ی بهینه‌سازی عیار حد معدن شماره ۱ گل‌گهر با روش فرا ابتکاری رقابت استعماری ۸۳
- جدول ۳-۶: مقدار استخراج از بازه‌های عیاری در هر سال (تن) ۸۴
- جدول ۴-۶: مقادیر استخراجی باطله و ماده‌ی معدنی و نسبت باطله برداری ۸۴
- جدول ۵-۶: تناژ ارسالی به انباشت‌گاه مواد کم عیار (تن) ۸۵

چکیده

تعیین عیار حد بهینه در طول سال‌های عمر معدن از مسایل مهم و بنیادی در اقتصاد و طراحی معادن است. در دهه‌های اخیر این عملیات بهینه‌سازی با هدف بیشینه کردن ارزش خالص فعلی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت اقتصادی این پارامتر و طبیعت پویای آن، هدف از تحقیق حاضر محاسبه‌ی عیارهای حد بهینه‌ی معدن سنگ آهن شماره ۱ شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر سیرجان در پوش‌یک استخراجی طرح ۵ ساله‌ی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ بوده است. در جامع‌ترین نظریه‌ی موجود در این که توسط لین ارائه شده تنها فروش یک محصول نهایی در نظر گرفته شده است. از این رو و با توجه به قابلیت فروش سه محصول (محصول دانه‌بندی شده، کنسانتره و گندله) در این معدن، در ابتدا مدل بهینه‌سازی بر اساس روند عملیاتی معدن، توسعه داده شده است. سپس با تعیین تابع هدف مساله، روش حذفی جستجوی نسبت طلایی و روش فرا ابتکاری رقابت استعماری برای حل آن به کار رفته است. برای این منظور از برنامه‌ی توسعه داده شده در نرم‌افزار MATLAB R2011a بهره گرفته شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، مقدار ارزش خالص فعلی با روش جستجوی نسبت طلایی برابر با ۱۸۴۸۶/۷۴ میلیارد ریال و با الگوریتم رقابت استعماری برابر با ۱۸۱۴۲/۴۹ میلیارد ریال حاصل گردیده است. برای حل مساله تعداد تکرارها در روش جستجوی نسبت طلایی برای هر ۵ سال برابر با ۱۸ و در روش رقابت استعماری کم‌تر از ۱۸ بوده است. هم چنین فرآیند محاسباتی و برنامه‌نویسی جستجوی نسبت طلایی بسیار ساده‌تر از الگوریتم رقابت استعماری بوده است. بنابراین در حالت کلی، روش جستجوی نسبت طلایی برای حل مساله در این پژوهش از اولویت بالاتری برخوردار بوده است. در انتها با بهره‌گیری از نتایج این بهینه‌سازی، برنامه ریزی تولید در معدن برای طرح ۵ ساله انجام گرفته است. در این برنامه با مد نظر قرار دادن قابلیت انباشت مواد کم عیار می‌توان ۱ سال مازاد بر سال‌های طرح، کارخانه‌ی تغلیظ را با حداکثر ظرفیت از طریق انباشت‌گاه خوراک دهی کرد.

کلمات کلیدی:

عیار حد، عیارهای حد بهینه، بهینه‌سازی، ارزش خالص فعلی (NPV)، روش جستجوی نسبت طلایی، الگوریتم رقابت استعماری (ICA)، معدن سنگ آهن گل‌گهر

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

عیار حد که در معنای ساده مرز بین ماده‌ی معدنی و باطله را مشخص می‌کند، مقیاسی زمین‌شناسی و فنی است که توسط پارامترهای مختلفی مانند خصوصیات زمین‌شناسی، محدودیت‌های فنی عملیات، هزینه‌ها و قیمت ماده‌ی معدنی تعیین می‌شود. ماده‌ی معدنی دارای عیاری برابر و یا بزرگ‌تر از عیار حد است و مواد با عیار کم‌تر از عیار حد را باطله می‌نامند. این عیار همچنین تعیین‌کننده‌ی نحوه‌ی فرآوری ماده‌ی معدنی است و برجا گذاشتن باطله در محل و یا انتقال به انباشت‌گاه باطله را مشخص می‌کند. علت آن که از عیار حد به عنوان یک پارامتر مهم یاد می‌شود تعدد پارامترهای وابسته به آن است. بنابراین تعیین عیار حد مواد معدنی در دوره‌های مختلف طول عمر معدن مساله‌ای بنیادی در برنامه‌ریزی معدن و از مشکل‌ترین مسایل در عملیات معدن‌کاری است.

به دلیل این که در محاسبه‌ی عیار حد سربه‌سری که بر اساس تحلیل‌های سربه‌سری محاسبه می‌شود، ارزش زمانی پول، توزیع عیار کانسار و ظرفیت‌های واحدهای مختلف در نظر گرفته نمی‌شود، از سال ۱۹۵۴ مفهوم جدیدی در ادبیات فنی معدن‌کاری با عنوان بهینه‌سازی عیار حد به وجود آمده است. جامع‌ترین روش برای تعیین عیار حد بهینه کانسارهای یک فلزی با هدف بیشینه کردن ارزش

خالص فعلی توسط لین^۱ ارائه شده است. پس از ارزیابی نظریه‌ی لین برای محاسبه‌ی عیار حد بهینه، نظریه‌ی جامع دیگری ارائه نشده است و کارهای پژوهشگران دیگر معطوف به دو موضوع استفاده از روش‌های مختلف بهینه‌سازی بر مبنای اصول این الگوریتم و یا بررسی نقش عوامل مختلف در این مساله، بر اساس نظریه‌ی لین بوده است.

با توجه به اهمیت بهینه‌سازی عیار حد و طبیعت پویای آن به دلیل تغییرات سالانه‌ی اقلام هزینه‌ای، نیاز است تا در طول عمر معدن همواره این فرآیند بهینه‌سازی انجام و اصلاح شود. به این دلیل هدف از تحقیق پیش رو تعیین عیارهای حد بهینه‌ی ذخیره‌ی شماره‌ی ۱ شرکت معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان در پوش‌بک طرح ۵ ساله‌ی در حال اجرا (۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵) است.

برای این منظور در ابتدا روند عملیاتی معدن مدل‌سازی شده و با استفاده از آن روابط هزینه، درآمد و سود به دست آمده و بر اساس آن تابع هدف مساله تعریف و تعیین شده است. در مرحله‌ی بعد برای بهینه‌سازی تابع هدف مساله، روش حذفی جستجوی نسبت طلایی^۲ و الگوریتم هوشمند رقابت استعماری^۳ مورد استفاده قرار گرفته است. مقادیر عیارهای حد بهینه، تولید واحدهای مختلف معدن، سود حاصل از عملیات و ارزش خالص فعلی برای این طرح محاسبه خواهد شد. برای این منظور، با توجه به پیچیدگی محاسبات، برای هر روش برنامه‌ای در نرم‌افزار MATLAB R2011a توسعه داده شده است. با استفاده از این برنامه‌ها عیارهای حد بهینه برای هر سال تعیین و بر اساس آن مقدار تولید واحدهای مختلف، سود و ارزش خالص فعلی حاصل از عملیات محاسبه شده است. در مرحله‌ی آخر با توجه به نتایج هر روش، برنامه‌ی تولید معدن ارائه شده است.

1 - Keneth F. Lane

2 - Golden Section Search Method

3 - Imperialist Competitive Algorithm

۲-۱ ضرورت و اهداف تحقیق

از آن جا که شرکت صنعتی و معدنی گل گهر سیرجان در راستای اهداف بلند مدت خود قصد دارد تا با توسعه‌ی افقی و عمودی صنعت سنگ آهن و فولاد، منطقه‌ی گل گهر را ظرف برنامه‌ی پنجم توسعه با سهم ۴۰ درصدی به قطب فولاد کشور تبدیل نماید، لذا پژوهشکده‌ی سنگ آهن و فولاد گل گهر به عنوان متولی امر پژوهش در این مجموعه، اقدام به تعیین اولویت‌های پژوهشی شرکت به عنوان پایان نامه‌های دوره کارشناسی ارشد نموده است.

در حال حاضر سال‌های زیادی از تهیه‌ی طرح نهایی آنومالی شماره‌ی ۱ مجموعه معادن گل گهر می‌گذرد و به همین دلیل اکثر پارامترهای مورد استناد در طراحی نهایی معدن تغییر یافته است. از این رو و با توجه به طبیعت پویای عیار حد و اهمیت اقتصادی بهینه‌سازی آن برای کل مجموعه و با عنایت به تعریف طرح بهینه‌ی معدن با اتمام اکتشافات تکمیلی و عمقی این ذخیره، بهینه‌سازی عیار حد این ذخیره به عنوان یکی از اولویت‌های پژوهشی سال ۱۳۹۱ مجموعه مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر که در پژوهشکده‌ی سنگ آهن و فولاد شرکت معدنی و صنعتی گل گهر و با مشارکت بخش مدیریت امور معادن- دفتر نظارت طراحی انجام شده است، تعیین عیارهای حد بهینه‌ی ذخیره‌ی شماره ۱ مجتمع برای پوش‌بک استخراجی طرح ۵ ساله‌ی اخیر (۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵) با هدف بیشینه‌کردن ارزش فعلی خالص و گشودن راهی برای طراحی‌های آینده است.

۳-۱ مجتمع سنگ آهن گل گهر سیرجان

مجموعه معادن گل گهر که از جمله ذخایر عظیم، ارزشمند و استراتژیک ایران است، در استان کرمان و به طور تقریبی در مرکز مثلثی به رؤس کرمان، شیراز و بندر عباس واقع شده است. نزدیک‌ترین شهر به این معادن شهرستان سیرجان می‌باشد که در ۵۵ کیلومتری شمال شرقی آن قرار دارد (عطایی، ۱۳۷۷). شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی معدن و شکل ۲-۱ نمایی از مجتمع سنگ آهن گل گهر سیرجان را نشان می‌دهد.



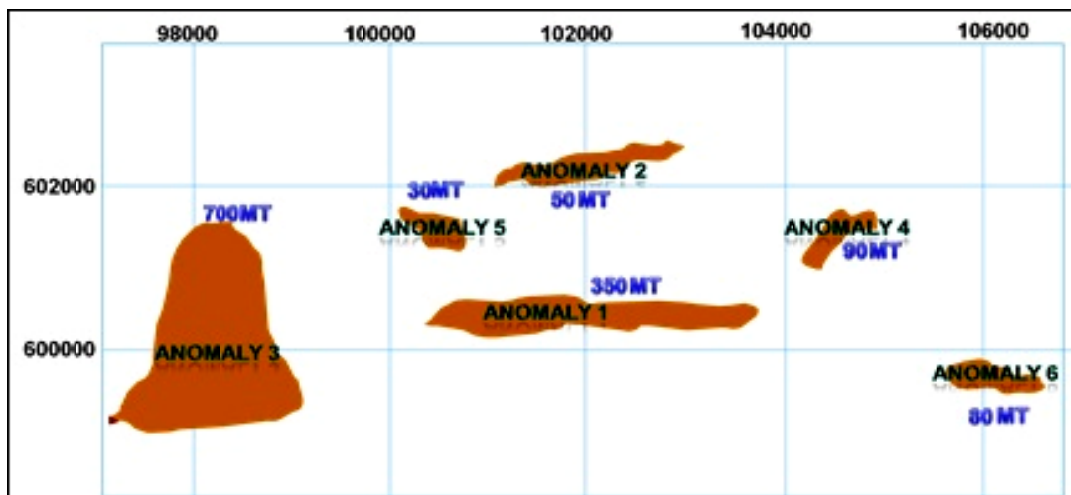
شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی معدن سنگ آهن گل گهر (حکمت، ۱۳۸۲)



شکل ۱-۲: نمایی از مجتمع سنگ آهن گل گهر (بهادری فرد، ۱۳۹۰)

این مجموعه معادن دارای شش ذخیره است که با اعداد ۱ تا ۶ مشخص می‌شوند. موقعیت نسبی این ذخایر در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. سنگ آهن در این معدن بر اساس مقدار بازیابی وزن مغناطیسی^۱ (MWT)، عیار گوگرد و عیار آهن به سه نوع مگنتیت بالایی^۲، اکسید^۳ و مگنتیت پایینی^۴ تقسیم می‌شود.

- 1- Magnetic Weight Recovery
- 2- Top magnetite
- 3- Oxide Zone
- 4- Bottom magnetite

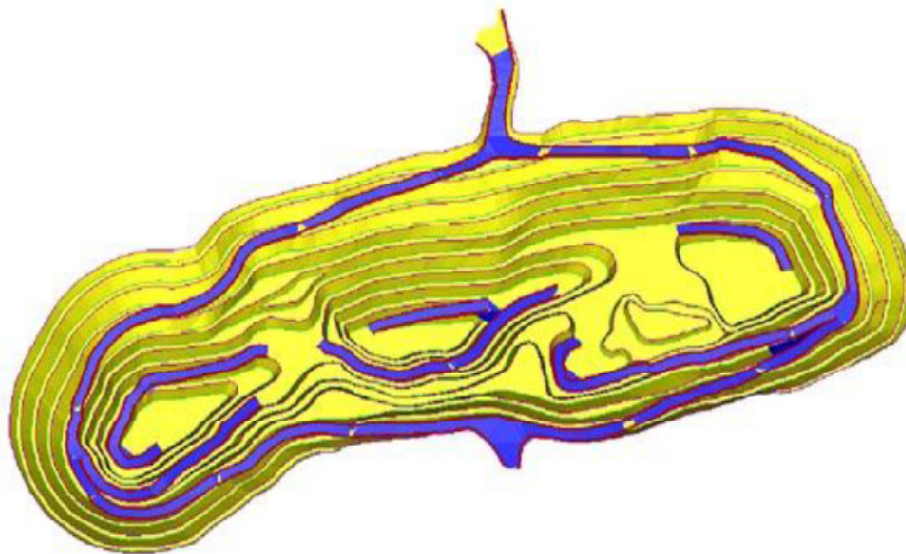
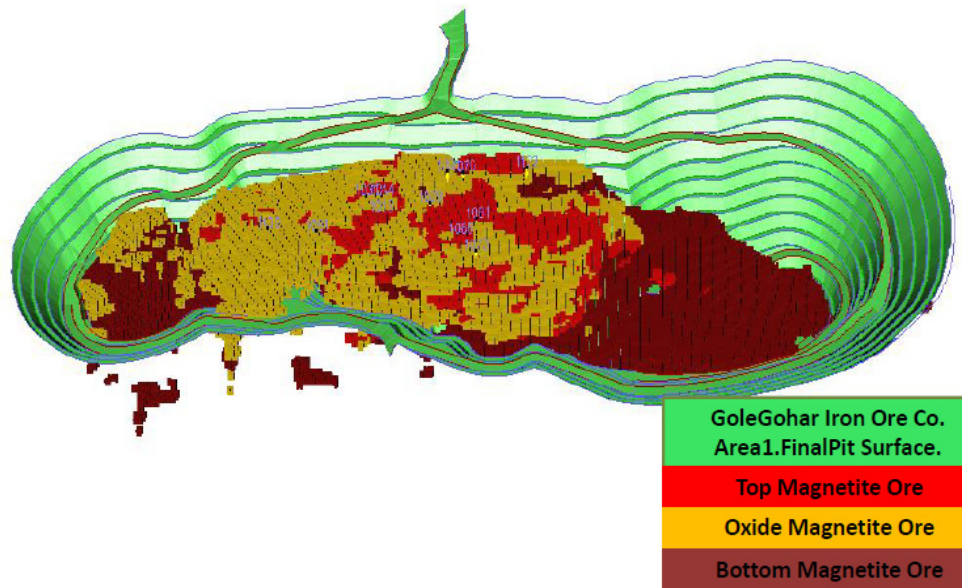


شکل ۱-۳: موقعیت نسبی ذخایر شش گانه‌ی مجتمع گل‌گهر (مدیریت امور معدن شرکت سنگ آهن گل‌گهر، ۱۳۹۰) ذخیره‌ی شماره ۱ به عنوان اولویت اول برای انجام مطالعات گسترده‌ی اکتشافی، طراحی، آماده‌سازی و استخراج قرار گرفته است. دلیل این امر نتایج اکتشافی مقدماتی امیدوارکننده‌تر و رخنمون ماده‌ی معدنی در سطح زمین بوده است (حمزه نژادی، ۱۳۸۶).

بر اساس حفاری‌های اکتشافی انجام شده (تا کنون حفر ۲۵۲ چاه اکتشافی به متر ۳۲۶۵۴ متر) شکل کلی ذخیره‌ی شماره ۱ تقریباً به صورت یک عدسی کشیده با امتداد شمال غرب- جنوب شرق است (مدیریت امور معدن شرکت سنگ آهن گل‌گهر، ۱۳۹۰).

۴-۱ مشخصات کاواک نهایی معدن شماره ۱

کاواک نهایی معدن دارای ۲۲۰۰ متر طول و ۷۵۰ متر عرض می‌باشد و عمق نهایی آن به ۲۶۰ متر می‌رسد. ارتفاع پله‌ها ۱۵ متر و شیب کلی دیواره‌های معدن بین ۳۸ تا ۴۵ درجه است. رمپ‌های دسترسی به معدن با شیب ۸٪ و عرض ۲۵ متر طراحی شده‌اند. عرض پله‌های ایمنی ۱۰ متر بوده و به ازای هر دو پله (۳۰ متر) یک پله ایمنی در دیواره نهایی باقی خواهد ماند. در شکل ۴-۱ دو تصویر از محدوده نهایی معدن شماره ۱ نشان داده شده است (مدیریت امور معدن شرکت سنگ آهن گل‌گهر، ۱۳۸۰).



شکل ۱-۴: محدوده نهایی معدن شماره ۱ گل گهر سیرجان (مدیریت امور معدن شرکت سنگ آهن گل گهر، ۱۳۸۰)

عملیات استخراج معدن بر اساس طرح‌های دراز مدت، میان مدت و کوتاه مدت تنظیم می‌شود. طرح‌های دراز مدت شامل طرح نهایی معدن، طرح‌های ۵ ساله و سالیانه می‌باشد. در طرح‌های ۵ ساله مواردی نظیر محاسبه‌ی ماشین آلات مورد نیاز، برآورد مواد منفجره لازم، وضعیت آب‌های زیرزمینی و طرح زهکشی، نحوه پیشروی دیوهای خاک و باطله و ... مد نظر قرار می‌گیرد (حمزه نژادی، ۱۳۸۶). در حال حاضر طرح و برنامه‌ی پنج ساله‌ی ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ که توسط شرکت مشاور معدن (کوشا معدن) تهیه شده است به عنوان طرح استخراجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱ ساختار پایان نامه

پژوهش حاضر در ۷ فصل تدوین شده است:

فصل اول: در قسمت اول با بیان مقدمه‌ای به تعیین ضرورت و اهداف تحقیق پرداخته شده است. پس از آن با معرفی مجتمع سنگ آهن گل‌گهر سیرجان، شرایط و پارامترهای طراحی پیت ذخیره‌ی شماره‌ی ۱ این معدن آورده شده است.

فصل دوم: در ابتدا مفاهیم عیار حد، بهینه‌سازی و بهینه‌سازی عیار حد بیان شده و پس از آن سابقه‌ی علمی موضوع در ذخایر یک و چند فلزی آورده شده است.

فصل سوم: برای یک حالت کلی و ساده شده، مدل‌سازی معدن و روابط اساسی آن آورده شده که بر اساس آن‌ها تابع هدف کلی بهینه‌سازی عیار حد تعیین می‌شود. سپس الگوریتم لین به عنوان جامع‌ترین نظریه تشریح شده است. نظر به اینکه در پژوهش حاضر برای بهینه‌سازی از روش حذفی جستجوی طلایی و الگوریتم رقابت استعماری استفاده شده، در ادامه‌ی فصل این دو روش توضیح داده شده‌اند.