



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"
مهندسی معدن – استخراج

عنوان

طراحی سیستم بهینه‌ی ترابری در معدن سنگ آهن گل گهر ۳ (گهرزمین)
با توجه به سیستم‌های مختلف سنگ شکنی در معدن

استاد راهنما

استاد مشاور

نگارش

فهرست مطالب

۱.....	چکیده
۲.....	مقدمه

فصل اول: کلیات

۴.....	۱-۱- معدن سنگ آهن گهرزمین
۱۰.....	۲-۱- هدف
۱۱.....	۳-۱- پیشینه‌ی تحقیق
۱۲.....	۴-۱- روش تحقیق

فصل دوم: سیستم حمل و نقل مواد و تأثیر آن در عملیات معدن کاری

۱۳.....	۱-۲- سیستم‌های معدن کاری
۲۱.....	۲-۲- سنگ شکن
۲۴.....	۳-۲- سنگ شکن داخل کاواک
۲۴.....	۲-۳-۱- لزوم استفاده از سیستم‌های سنگ شکن درون کاواک
۲۵.....	۲-۳-۲- تاریخچه‌ی سیستم سنگ شکنی داخل کاواک
۲۷.....	۲-۳-۳- کارخانه‌های سنگ شکن داخل کاواک
۳۹.....	۴-۲- سیستم‌های جابه‌جایی سنگ شکن‌ها
۴۵.....	۵-۲- تغذیه‌ی سنگ شکن
۵۰.....	۶-۲- انتخاب نوع سنگ شکن
۵۷.....	۷-۲- سیستم‌های حمل و نقل
۵۹.....	۲-۷-۱- سیستم حمل کامیونی
۶۴.....	۲-۷-۲- سیستم حمل نوارنقاله
۷۱.....	۲-۷-۳- مقایسه سیستم حمل نوارنقاله با عملیات کامیون
۷۴.....	۸-۲- مزایا و معایب استفاده از سیستم سنگ شکن درون کاواک و حمل با نوارنقاله
۷۶.....	۹-۲- بررسی سیستم‌های سنگ شکنی درون کاواک و حمل با نوارنقاله در برخی از معادن دنیا
۷۶.....	۲-۹-۱- معدن مس چاکویکاماتا درشیلی
۸۰.....	۲-۹-۲- معدن زغال رامآگوندام در هند
۸۳.....	۲-۹-۳- معدن سنگ آهن آئشان
۸۴.....	۲-۹-۴- معدن سینکروود در کانادا
۸۶.....	۲-۹-۵- معدن زغال پی‌پاوار در هند
۸۸.....	۲-۹-۶- معدن مس هایلند والی در کانادا
۸۹.....	۲-۹-۷- معدن سنگ آهن شوچنگ شویی چنگ در چین

فصل سوم: طراحی سیستم‌های حمل کامیونی در معدن گهرزمین

۹۳.....	مقدمه
۹۴.....	۱-۳- طراحی سیستم بهینه لودر و کامیون در دوره‌ی خاک‌برداری
۱۰۱.....	۲-۳- طراحی سیستم شاول و کامیون به همراه سنگ شکن خارج از کاواک
۱۰۱.....	۳-۲-۱- انتخاب نوع شاول

۱۰۲.....	۲-۲-۳- انتخاب نوع کامیون.....
۱۰۲.....	۳-۲-۳- محاسبه تعداد شاول.....
۱۰۵.....	۴-۲-۳- محاسبه تعداد کامیون.....
۱۰۸.....	۳-۳- طراحی سنگ شکن ثابت برای سیستم شاول و کامیون.....

فصل چهارم: طراحی سیستم‌های سنگ شکنی درون کاواک در معدن گهرزمین

۱۱۴.....	مقدمه.....
۱۱۵.....	۱-۴- طراحی سیستم سنگ شکنی درون کاواک برای سنگ آهن.....
۱۱۵.....	۱-۱-۴- انتخاب نوع سیستم سنگ شکنی و موقعیت سنگ شکن در طول دوره‌ی استخراج.....
۱۱۶.....	۲-۱-۴- طراحی سنگ شکن برای خردایش سنگ آهن در سیستم سنگ شکنی نیمه متحرک درون کاواک.....
۱۱۷.....	۳-۱-۴- طراحی سیستم نوارنقاله برای سنگ آهن.....
۱۲۰.....	۴-۱-۴- طراحی شاول و کامیون در سیستم سنگ شکنی نیمه متحرک درون کاواک برای سنگ آهن.....
۱۲۵.....	۲-۴- طراحی سیستم سنگ شکنی درون کاواک برای مواد باطله.....
۱۲۵.....	۱-۲-۴- انتخاب نوع سیستم سنگ شکنی درون کاواک و تعیین موقعیت آن برای مواد باطله.....
۱۲۶.....	۲-۲-۴- طراحی سنگ شکن برای خردایش مواد باطله در سیستم سنگ شکنی درون کاواک.....
۱۲۸.....	۳-۲-۴- طراحی سیستم نوارنقاله برای حمل مواد باطله.....
۱۳۰.....	۴-۲-۴- طراحی شاول و کامیون در سیستم سنگ شکنی نیمه متحرک داخل کاواک برای مواد باطله.....
۱۳۴.....	۳-۴- کل تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های سنگ شکنی نیمه متحرک داخل کاواک در معدن گهرزمین.....

فصل پنجم: بررسی فنی و اقتصادی

۱۳۹.....	۱-۵- مقایسه‌ی دو سیستم شاول-کامیون و سنگ شکن درون کاواک از نظر فنی.....
۱۴۳.....	۲-۵- بررسی اقتصادی دو سیستم شاول-کامیون و سنگ شکن درون کاواک.....
۱۴۴.....	۱-۲-۵- برآورد هزینه‌های سیستم شاول-کامیون.....
۱۵۱.....	۲-۲-۵- برآورد هزینه‌های سیستم سنگ شکنی درون کاواک و حمل با نوارنقاله.....
۱۶۰.....	۳-۲-۵- مقایسه‌ی اقتصادی دو سیستم حمل کامیونی و نواری.....

فصل ششم: نتیجه

۱۶۵.....	نتیجه.....
----------	------------

۱۶۷.....	فهرست منابع فارسی.....
----------	------------------------

۱۶۸.....	فهرست منابع غیر فارسی.....
----------	----------------------------

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: موقعیت ذخایر بزرگ سنگ آهن در کشور..... ۵
- شکل ۱-۲: موقعیت نسبی ذخایر شش گانه ناحیه ی گل گهر..... ۶
- شکل ۱-۳: روند استخراج در معدن گهرزمین..... ۸
- شکل ۱-۴: محدوده ی کاواک و دامپ در پایان سال پانزدهم استخراج..... ۱۰
- شکل ۲-۱: سیستم های معدن کاری پیوسته..... ۱۴
- شکل ۲-۲: محدوده ی کاری سیستم های معدن کاری..... ۱۵
- شکل ۲-۳: نمودار جریان بلوکی عملیات شاول و کامیون..... ۱۶
- شکل ۲-۴: نمودار جریان بلوکی عملیات شاول و کامیون با سیستم سنگ شکن نیمه متحرک..... ۱۸
- شکل ۲-۵: نمودار جریان بلوکی سیستم معدن کاری پیوسته با یک سیستم سنگ شکن متحرک..... ۱۹
- شکل ۲-۶: سیستم سنگ شکنی کاملاً متحرک در ازبکستان..... ۲۰
- شکل ۲-۷: کارخانه ی سنگ شکنی کاملاً متحرک همراه با شاول..... ۲۹
- شکل ۲-۸: کارخانه ی سنگ شکنی متحرک داخل کاواک ساخت شرکت نورد برگ..... ۳۰
- شکل ۲-۹: سنگ شکن ثابت در داخل کاواک..... ۳۱
- شکل ۲-۱۰: سنگ شکن نیمه متحرک در حال کار..... ۳۴
- شکل ۲-۱۱: سنگ شکن قابل حرکت در معدن مس آریزونا..... ۳۵
- شکل ۲-۱۲: سنگ شکن قابل تفکیک در معدن مجدانپک..... ۳۶
- شکل ۲-۱۳: سنگ شکن نیمه ثابت در معدن باتس..... ۳۸
- شکل ۲-۱۴: سیستم حرکتی چرخ لاستیکی برای سنگ شکن متحرک در معدن دوترن هاوسن آلمان..... ۴۰
- شکل ۲-۱۵: سنگ شکن متحرک با مکانیزم حرکتی چرخ زنجیری..... ۴۱
- شکل ۲-۱۶: سنگ شکن نیمه متحرک همراه با قدم زن هیدرولیکی..... ۴۳
- شکل ۲-۱۷: حمل کننده های چرخ زنجیری ساخت شرکت کروپ..... ۴۳
- شکل ۲-۱۸: حمل کننده ی چرخ زنجیری در حال حمل سنگ شکن قابل حرکت..... ۴۴
- شکل ۲-۱۹: ایستگاه سنگ شکن نیمه متحرک با تغذیه ی غیر مستقیم..... ۴۶
- شکل ۲-۲۰: نمونه ای از تغذیه ی مستقیم سنگ شکن داخل کاواک..... ۴۷
- شکل ۲-۲۱: محدوده ی مجاز استفاده از انواع سنگ شکن ها از نظر سختی و ابعاد سنگ..... ۵۰
- شکل ۲-۲۲: نمودار هزینه های کلی معدن کاری..... ۵۸
- شکل ۲-۲۳: نمودار هزینه های حمل..... ۵۸
- شکل ۲-۲۴: ماشین رها ساز در معدن چاکو یکاماتا..... ۶۹
- شکل ۲-۲۵: دستگاه پخش کننده در معدن زغال راما گوندام..... ۷۰
- شکل ۲-۲۶: سیستم سنگ شکن درون کاواک و حمل با نوار نقاله در چاکو یکاماتا..... ۷۶
- شکل ۲-۲۷: روند جریان مواد در معدن راما گوندام..... ۸۰

- شکل ۲-۲۸: سنگ شکن نیمه متحرک در حال جابه جایی در معدن آنتشان..... ۸۳
- شکل ۲-۲۹: دیاگرام جریان مواد در معدن پی پاوار..... ۸۶
- شکل ۲-۳۰: دو سنگ شکن نیمه متحرک در معدن هایلند والی..... ۸۹
- شکل ۲-۳۱: موقعیت معدن شویی چنگ در چین..... ۹۰
- شکل ۳-۱: نمونه ای از کارخانه ی سنگ شکن ژیراتوری با تفکیک طبقات..... ۱۱۲
- شکل ۴-۱: نمایی از سنگ شکن نیمه متحرک به همراه تجهیزات آن..... ۱۳۴
- شکل ۵-۱: مقایسه ی تعداد کامیون در دو سیستم شاول-کامیون و سنگ شکن درون کاواک..... ۱۴۰
- شکل ۵-۲: مقایسه فواصل حمل کامیون در دو سیستم شاول-کامیون و سنگ شکنی درون کاواک..... ۱۴۱
- شکل ۵-۳: نمودار جریان نقدی هزینه های سیستم شاول-کامیون..... ۱۵۰
- شکل ۵-۴: نمودار هزینه های خالص فعلی برای سیستم شاول-کامیون..... ۱۵۱
- شکل ۵-۵: نمودار جریان نقدی هزینه های سیستم حمل نواری..... ۱۵۸
- شکل ۵-۶: نمودار هزینه های خالص فعلی برای سیستم حمل نواری..... ۱۵۹
- شکل ۵-۷: مقایسه ی هزینه های دو سیستم حمل نواری و کامیونی..... ۱۶۰
- شکل ۵-۸: مقایسه ی هزینه های سیستم شاول-کامیون در ۲ شیفت و ۳ شیفت کاری در روز..... ۱۶۱
- شکل ۵-۹: نمودار هزینه های خالص فعلی سیستم های حمل طراحی شده..... ۱۶۲
- شکل ۵-۱۰: هزینه ی دو سیستم حمل کامیونی و حمل نواری به ازای هر تن استخراجی..... ۱۶۳

فهرست جداول

جدول ۱-۱: میزان حفاری‌های انجام شده در گهرزمین.....	۷
جدول ۱-۲: میزان ذخیره‌ی معدن گهرزمین با متوسط عیار.....	۷
جدول ۱-۳: کارخانه‌های سنگ‌شکنی درون کاواک در معادن دنیا تا سال ۱۹۸۸.....	۲۶
جدول ۲-۲: مکانیزم‌های حرکتی سنگ‌شکن‌های متحرک.....	۳۹
جدول ۳-۲: سیستم‌های حرکتی برای سنگ‌شکن‌های نیمه‌متحرک.....	۴۲
جدول ۴-۲: سنگ‌شکن‌های ژیراتوری نصب شده در معادن.....	۵۱
جدول ۵-۲: انواع سنگ‌شکن‌های درون کاواک.....	۵۴
جدول ۶-۲: اختلاف هزینه‌های عملیاتی نوارنقاله و کامیون.....	۷۳
جدول ۷-۲: مشخصات نوارنقاله‌ها در چاکویکاماتا به همراه تصویری از دستگاه محرک آن‌ها	۷۸
جدول ۸-۲: مشخصات کارخانه‌ی سنگ‌شکنی نیمه‌متحرک در چاکویکاماتا.....	۷۹
جدول ۹-۲: مشخصات کارخانه‌ی سنگ‌شکنی نیمه‌متحرک در راماغوندام.....	۸۱
جدول ۱۰-۲: مشخصات نوارنقاله‌ها در معدن راماغوندام.....	۸۲
جدول ۱۱-۲: مشخصات سنگ‌شکن نیمه‌متحرک ۵۵۰۰ تنی در سینکروود.....	۸۴
جدول ۱۲-۲: مشخصات سنگ‌شکن نیمه‌متحرک ۷۵۰۰ تنی در سینکروود.....	۸۵
جدول ۱۳-۲: مشخصات سنگ‌شکن متحرک در معدن پی‌پاوار.....	۸۷
جدول ۱-۳: ماشین‌آلات موجود در معدن گهرزمین.....	۹۴
جدول ۲-۳: سرعت‌های به‌دست آمده پس از عملیات آماری.....	۹۵
جدول ۳-۳: نتایج آماری زمان‌های برداشت شده برای کامیون‌ها.....	۹۵
جدول ۴-۳: نتایج آماری زمان‌های برداشت شده برای لودرها.....	۹۶
جدول ۵-۳: روابطی برای زمان سیکل کامیون‌ها.....	۹۶
جدول ۶-۳: راندمان در شیب برای کامیون‌های مختلف.....	۹۷
جدول ۷-۳: تناژ خاک برداری در سال‌های مختلف دوره‌ی پنج‌ساله.....	۹۷
جدول ۸-۳: میزان تولید داف در پله‌های مختلف.....	۹۸
جدول ۹-۳: میزان تولید بنز در پله‌های مختلف.....	۹۹
جدول ۱۰-۳: میزان تولید ایویکو در پله‌های مختلف.....	۹۹
جدول ۱۱-۳: تعداد کامیون مورد نیاز در سال‌های مختلف دوره‌ی خاک‌برداری.....	۱۰۰
جدول ۱۲-۳: محاسبه میزان تولید شاول‌ها.....	۱۰۳
جدول ۱۳-۳: میزان تولید برنامه‌ریزی شده‌ی معدن گهرزمین.....	۱۰۴
جدول ۱۴-۳: ساعات مورد نیاز به شاول در سال‌های مختلف.....	۱۰۴
جدول ۱۵-۳: تعداد شاول مورد نیاز برای سیستم شاول و کامیون.....	۱۰۵
جدول ۱۶-۳: مسافت مسیرهای مختلف در ۱۵ سال استخراج.....	۱۰۵

جدول ۳-۱۷: سرعت کامیون ۱۰۰ تن در وضعیت‌های مختلف.....	۱۰۶
جدول ۳-۱۸: سیکل باربری کامیون در وضعیت‌های مختلف.....	۱۰۶
جدول ۳-۱۹: میزان تولید کامیون.....	۱۰۷
جدول ۳-۲۰: ساعات مورد نیاز به کامیون در سال‌های مختلف.....	۱۰۸
جدول ۳-۲۱: تعداد کامیون مورد نیاز در سیستم شاول-کامیون.....	۱۰۸
جدول ۳-۲۲: سنگ‌شکن مورد نیاز معدن برای نصب در خارج از کاواک به صورت ثابت.....	۱۱۱
جدول ۴-۱: سنگ‌شکن انتخاب شده برای سنگ‌آهن در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک.....	۱۱۷
جدول ۲-۲: مشخصات سیستم نوارنقاله برای حمل سنگ‌آهن.....	۱۱۹
جدول ۴-۳: نوارنقاله‌های حمل سنگ‌آهن.....	۱۱۹
جدول ۴-۴: محاسبه‌ی میزان تولید شاول در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک برای سنگ‌آهن.....	۱۲۱
جدول ۴-۵: ساعات مورد نیاز به شاول در سیستم سنگ‌شکن درون کاواک برای سنگ‌آهن.....	۱۲۲
جدول ۴-۶: تعداد شاول مورد نیاز در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک برای سنگ‌آهن.....	۱۲۲
جدول ۴-۷: فواصل حمل در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک برای سنگ‌آهن.....	۱۲۳
جدول ۴-۸: میزان تولید کامیون در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک برای سنگ‌آهن.....	۱۲۴
جدول ۴-۹: تعداد کامیون مورد نیاز در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک برای سنگ‌آهن.....	۱۲۴
جدول ۴-۱۰: میزان تولید مواد باطله.....	۱۲۶
جدول ۴-۱۱: سنگ‌شکن مورد نیاز در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک برای مواد باطله.....	۱۲۷
جدول ۴-۱۲: مشخصات سیستم نوارنقاله برای حمل مواد باطله.....	۱۲۹
جدول ۴-۱۳: خصوصیات نوارنقاله‌های حمل مواد باطله.....	۱۲۹
جدول ۴-۱۴: میزان تولید شاول‌ها در سیستم سنگ‌شکنی نیمه‌متحرک برای باطله.....	۱۳۱
جدول ۴-۱۵: تعداد شاول مورد نیاز در سیستم سنگ‌شکنی نیمه‌متحرک برای مواد باطله.....	۱۳۲
جدول ۴-۱۶: مسافت و زمان سیکل کامیون‌ها در سیستم سنگ‌شکن نیمه‌متحرک برای مواد باطله.....	۱۳۲
جدول ۴-۱۷: میزان تولید کامیون در سیستم سنگ‌شکنی نیمه‌متحرک برای باطله.....	۱۳۳
جدول ۴-۱۸: تعداد کامیون مورد نیاز در سیستم سنگ‌شکنی نیمه‌متحرک برای مواد باطله.....	۱۳۳
جدول ۴-۱۹: مشخصات نوارنقاله‌های مورد نیاز در سیستم سنگ‌شکنی درون معدن.....	۱۳۵
جدول ۴-۲۰: تعداد کل شاول مورد نیاز در سیستم‌های سنگ‌شکنی درون کاواک.....	۱۳۶
جدول ۴-۲۱: تعداد کل کامیون مورد نیاز در سیستم‌های سنگ‌شکنی درون کاواک.....	۱۳۷
جدول ۵-۱: تعداد کامیونی که در سال‌های مختلف باید خریداری شود.....	۱۴۲
جدول ۵-۲: هزینه‌های شاول در سیستم شاول-کامیون.....	۱۴۵
جدول ۵-۳: هزینه‌های کامیون و جاده‌های حمل در سیستم شاول-کامیون.....	۱۴۶
جدول ۵-۴: هزینه‌های سنگ‌شکن ثابت خارج از کاواک در سیستم شاول-کامیون.....	۱۴۷
جدول ۵-۵: جریان نقدی هزینه‌های سیستم شاول-کامیون.....	۱۴۸
جدول ۵-۶: جریان نقدی تنزیل شده‌ی هزینه‌های سیستم شاول-کامیون.....	۱۴۹
جدول ۵-۷: هزینه‌ی سنگ‌شکن‌های نیمه‌متحرک در سیستم حمل نواری.....	۱۵۲

جدول ۵-۸: هزینه‌ی نوارنقاله‌ها در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک.....	۱۵۳
جدول ۵-۹: هزینه‌ی شاول‌ها در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک.....	۱۵۴
جدول ۵-۱۰: هزینه‌ی کامیون‌ها در سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک.....	۱۵۵
جدول ۵-۱۱: جریان نقدی هزینه‌های سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک و حمل با نوارنقاله.....	۱۵۶
جدول ۵-۱۲: جریان نقدی تنزیل شده سیستم سنگ‌شکنی درون کاواک و حمل با نوارنقاله.....	۱۵۷

چکیده

حمل مواد، گران‌ترین عملیات در معادن روباز است و معدن گهرزمین با بیش از ۶۰۰ میلیون تن ذخیره‌ی سنگ آهن در عمق متوسط ۳۵۰ متر، نیاز به روش مناسبی برای حمل سنگ آهن و نیز جابه‌جایی مواد باطله دارد. بالا بودن سطح آب زیرزمینی و وجود روباره‌ی زیاد، از مهم‌ترین عوامل در لزوم طراحی سیستم بهینه‌ی ترابری در این معدن می‌باشد، به‌طوری که برای دسترسی به ماده‌ی معدنی باید یک دوره‌ی پنج‌ساله را به برداشت روباره اختصاص داد. عملیات باز کردن معدن توسط چهار نوع کامیون کوچک انجام می‌گیرد؛ بنابراین با استفاده از اطلاعات برداشت شده از تجهیزات بارگیری و باربری موجود در معدن، تعداد ماشین‌آلات حمل مورد نیاز، محاسبه و مناسب‌ترین روش حمل با توجه به پله‌های استخراجی در هر سال، طراحی شد.

پس از پایان دوره‌ی اول و رسیدن به ماده‌ی معدنی، یک دوره‌ی ۱۵ ساله برای استخراج سنگ آهن برنامه‌ریزی شده است. برای این دوره، دو روش مختلف حمل مواد پیش‌بینی شد: روش اول سیستم شاول-کامیون و دومین روش، حمل توسط نوار که در هر روش، سیستم سنگ‌شکنی و موقعیت آن نیز طراحی شده است.

با مقایسه‌ی فنی و اقتصادی دو سیستم حمل طراحی شده، مشخص شد که استفاده از سیستم نوارنقاله و سنگ‌شکن درون کاواک در این معدن، روش مناسب‌تری است که علاوه بر مزایای فنی، ۴۰ میلیارد تومان نیز نسبت به سیستم حمل کامیونی صرفه‌جویی اقتصادی خواهد داشت.