



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"

مهندسی معدن - استخراج

عنوان :

بهینه سازی الگوی آتشیاری معدن سیمان تهران با استفاده از شبکه های عصبی -

فازی-ژنتیک

استاد راهنما :

استاد مشاور :

نگارش:

## فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۱	چکیده
۳	مقدمه
۴	<b>فصل اول: کلیات</b>
۵	۱-۱- هدف
۶	۱-۲- پیشینه تحقیق
۷	۱-۳- روش کار و تحقیق
۸	<b>فصل دوم: پارامترهای مؤثر بر نتیجه آتشباری</b>
۹	۱-۲- مقدمه
۹	۲-۲- پارامترهای قابل کنترل آتشباری
۹	۲-۲-۱- قطر چال
۱۱	۲-۲-۲- ضخامت بارسنگ
۱۲	۲-۲-۳- فاصله ردیفی چال ها
۱۳	۲-۲-۴- ارتفاع پله
۱۴	۲-۲-۵- اضافه حفر چال
۱۴	۲-۲-۶- گل گذاری
۱۵	۲-۲-۷- شیب چال
۱۶	۲-۲-۸- خرج ویژه
۱۷	۲-۲-۹- حفاری ویژه
۱۹	<b>فصل سوم: شبکه عصبی و منطق فازی</b>
۲۰	۱-۳- شبکه عصبی
۲۰	۳-۱-۱- مغز انسان
۲۱	۳-۱-۲- سلول عصبی
۲۳	۳-۱-۳- سلول عصبی مصنوعی
۲۳	۳-۱-۴- شبکه عصبی مصنوعی
۲۴	۳-۱-۵- یادگیری توسط شبکه های عصبی مصنوعی

## فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۲۶	۳-۱-۶- مدل نرون
۲۶	۳-۱-۶-۱- نرون با یک ورودی اسکالر
۲۷	۳-۱-۶-۲- توابع انتقال
۲۷	۳-۱-۶-۲-۱- تابع انتقال Hard Limit
۲۷	۳-۱-۶-۲-۲- تابع انتقال خطی Pure line
۲۸	۳-۱-۶-۳- تابع انتقال Log sigmoid
۲۹	۳-۱-۶-۳- نرون با یک بردار بعنوان ورودی
۳۰	۳-۱-۷- معماری شبکه های عصبی
۳۱	۳-۱-۸- شبکه های چند لایه
۳۲	۳-۱-۹- ساختمان داده های مورد استفاده
۳۳	۳-۱-۱۰- روشهای آموزش
۳۴	۳-۱-۱۱- روشهای یادگیری
۳۴	۳-۱-۱۲- شبکه های پس انتشار
۳۵	۳-۱-۱۳- معماری شبکه های پس انتشار
۳۵	۳-۱-۱۴- الگوریتم یادگیری پس انتشار
۳۵	۳-۱-۱۵- آموزش شبکه پس انتشار
۳۷	۳-۱-۱۶- محدودیت های پس انتشار
۳۸	۳-۱-۱۷- شبکه های پایه شعاعی
۳۸	۳-۱-۱۸- تابع انتقال شبکه پایه شعاعی
۳۹	۳-۱-۱۹- معماری شبکه
۴۰	۳-۱-۲۰- قابلیت های شبکه عصبی
۴۱	۳-۱-۲۱- مسائل مناسب برای یادگیری شبکه های عصبی

## فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۴۱	۲-۳- سیستم استنتاج فازی
۴۱	۱-۲-۳- پیشینه منطق فازی
۴۱	۲-۲-۳- مجموعه‌های فازی
۴۲	۳-۲-۳- تابع عضویت
۴۳	۴-۲-۳- ایجاد قاعده فازی
۴۵	۳-۳- سیستم استنتاج عصبی- فازی
۴۵	۱-۳-۳- مدلسازی، آموزش و استنتاج با استفاده از ANFIS
۴۵	۲-۳-۳- ساختار سیستم استنتاج فازی و تعدیل پارامترها
۴۶	۳-۳-۳- آماده سازی داده های مورد استفاده
۴۶	۴-۳-۳- اعتبارسنجی سیستم
۴۶	۵-۳-۳- محدودیتهای ANFIS
۴۸	<b>فصل چهارم: اصول بهینه سازی</b>
۴۹	۱-۴- مقدمه
۴۹	۲-۴- تاریخچه بهینه سازی
۴۹	۳-۴- روش های بهینه سازی
۵۰	۴-۴- الگوریتم ژنتیک
۵۱	۵-۴- الگوریتم ژنتیک ساده
۵۲	۶-۴- رشته ها در الگوریتم ژنتیک
۵۲	۷-۴- جمعیت
۵۳	۸-۴- تابع هدف اصلاح شده
۵۳	۹-۴- تبدیل مسائل کمینه سازی به بیشینه سازی
۵۴	۱۰-۴- اصلاح بازه مقادیر برازندگی

## فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۵۴	۱۱-۴- انتخاب
۵۴	۱۲-۴- انتخاب قطعی
۵۵	۱۳-۴- انتخاب تصادفی با جایگزین
۵۶	۱۴-۴- انتخاب تصادفی بدون جایگزین
۵۶	۱۵-۴- انتخاب تصادفی باقیمانده با جایگزین
۵۷	۱۶-۴- انتخاب تصادفی باقیمانده بدون جایگزین
۵۷	۱۷-۴- انتخاب مسابقه ای
۵۷	۱۸-۴- انتخاب مسابقه ای احتمالی
۵۷	۱۹-۴- انتخاب بر اساس رتبه بندی
۵۷	۲۰-۴- انتخاب نخبه گرا
۵۸	۲۱-۴- جفت سازی
۵۸	۲۲-۴- پیوند
۵۸	۲۳-۴- پیوند یک نقطه ای
۵۹	۲۴-۴- پیوند چند نقطه ای
۵۹	۲۵-۴- جهش
۶۰	۲۶-۴- معیارهای توقف در الگوریتم ژنتیک
۶۰	۲۷-۴- نمودار گردش (فلوچارت) الگوریتم ژنتیک
۶۲	<b>فصل پنجم: معرفی معادن آهنک سیمان تهران</b>
۶۳	۱-۵- تاریخچه معادن و کارخانه سیمان تهران
۶۳	۲-۵- زمین شناسی منطقه بی بی شهر بانو
۶۴	۳-۵- زمین شناسی منطقه مسگر آباد
۶۴	۴-۵- زمین شناسی منطقه صفائیه

## فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان مطالب

۶۵	۵-۵- موقعیت جغرافیایی معادن
۶۶	۵-۶- وضعیت ذخائر آهک سیمان تهران
۶۶	۵-۷- روش استخراج
۶۶	۵-۸- حفاری
۶۷	۵-۹- آتشیاری
۶۷	۵-۱۰- مواد منفجره‌ای مورد استفاده در معادن سیمان
۶۹	<b>فصل ششم: بهینه سازی الگوی آتشیاری معادن سیمان تهران</b>
۷۰	۶-۱- مقدمه
۷۰	۶-۲- جمع آوری اطلاعات مورد نیاز برای مدلسازی
۷۱	۶-۳- شبکه عصبی
۷۵	۶-۴- سیستم استنتاج تطبیقی عصبی - فازی
۷۷	۶-۵- شبکه عصبی - ژنتیک
۷۹	۶-۶- رگرسیون چند متغیره
۸۱	۶-۷- بهینه سازی الگوی آتشیاری معادن سیمان تهران
۸۴	<b>فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات</b>
۸۵	۷-۱- نتیجه گیری
۸۶	۷-۲- پیشنهادات
۸۷	منابع و ماخذ
۸۷	منابع فارسی
۸۸	منابع لاتین
۹۲	چکیده انگلیسی

## فهرست جدولها

عنوان مطالب

شماره صفحه

۱۱	جدول ۱-۲- ارتباط قطر چال با ارتفاع پله طبق نظر Gustaffson
۱۱	جدول ۲-۲- ارتباط بین مقاومت فشاری و میزان تولید با قطر چال
۱۱	جدول ۳-۲- ارتباط قطر چال با نوع وسایل بارگیری و باربری
۱۷	جدول ۴-۲- ارتباط خرج ویژه و نوع سنگ
۲۸	جدول ۱-۳- توابع انتقال مورد استفاده در شبکه عصبی
۴۴	جدول ۲-۳- جدول بندی قواعد فازی
۴۴	جدول ۳-۳- روند تجزیه سازی سه متغیر
۷۰	جدول ۱-۶- مشخصات پارامترهای ورودی و خروجی
۷۲	جدول ۲-۶- ساختار های مختلف شبکه عصبی در پیش بینی عقب زدگی
۷۳	جدول ۳-۶- ساختار های مختلف شبکه عصبی در پیش بینی خردایش
۷۴	جدول ۴-۶- نتایج شبکه عصبی برای خردایش و عقب زدگی
۷۶	جدول ۵-۶- نتایج ANFIS
۸۰	جدول ۶-۶- نتایج بدست آمده در استفاده از روابط رگرسیونی
۸۲	جدول ۷-۶- کروموزمهای بهینه بدست آمده از الگوریتم ژنتیک
۸۳	جدول ۸-۶- عقب زدگی و خردایش متوسط بهینه

## فهرست شکلها

شماره صفحه

عنوان مطالب

۵	شکل ۱-۱- نمودار چرخه معدنکاری
۱۰	شکل ۱-۲- پارامترهای هندسی الگوی آتشفباری
۱۲	شکل ۲-۲- نمایش تنشها در هنگام شکستن بار سنگ
۱۳	شکل ۳-۲- شکستن ستون سنگی جلوی چال از یک طرف
۱۴	شکل ۴-۲- رابطه شیب چال و اضافه حفر چال
۱۵	شکل ۵-۲- مقایسه ضخامت بار سنگ در چالهای قائم و شیبدار
۱۵	شکل ۶-۲- مقایسه عقب زدگی در چالهای قائم و مایل
۱۷	شکل ۷-۲- رابطه بین خرج ویژه و هزینه کل
۲۲	شکل ۱-۳- ساختمان یک سلول عصبی
۲۳	شکل ۲-۳- شمای کلی یک شبکه پرسپترون
۲۴	شکل ۳-۳- شمای کلی یک شبکه عصبی مصنوعی
۲۵	شکل ۴-۳- مدل یک نرون عصبی
۲۶	شکل ۵-۳- شمای کلی یک شبکه عصبی مصنوعی
۲۷	شکل ۶-۳- تابع انتقال Hard Limit
۲۷	شکل ۷-۳- تابع انتقال Pure Line
۲۸	شکل ۸-۳- تابع انتقال Log Sigmoid
۲۹	شکل ۹-۳- نرون با یک بردار بعنوان ورودی
۳۱	شکل ۱۰-۳- شبکه چند لایه با R ورودی و S نرون
۳۱	شکل ۱۱-۳- شبکه سه لایه
۳۲	شکل ۱۲-۳- شبکه سه لایه
۳۳	شکل ۱۳-۳- شبکه های پویا (۱) و ایستا (۲)
۳۵	شکل ۱۴-۳- نرون عمومی شبکه پس انتشار دارای بایاس و R ورودی
۳۸	شکل ۱۵-۳- مدل نرون عصبی در شبکه RB
۳۹	شکل ۱۶-۳- شکل تابع radbas



## فهرست شکلها

عنوان مطالب

شماره صفحه

- 
- |    |  |
|----|--|
| ۴۰ | شکل ۳-۱۷- معماری شبکه RB   |
| ۴۲ | شکل ۳-۱۸- نگاشت پیوسته مقادیر $X$ به مقادیر $\mu(X)$   |
| ۵۶ | شکل ۴-۱- چرخ گردان رولت برای تعیین جمعیت اولیه   |
| ۵۹ | شکل ۴-۲- پیوند تک نقطه ای  |
| ۵۹ | شکل ۴-۳- پیوند دو نقطه ای  |
| ۵۹ | شکل ۴-۴- پیوند سه نقطه ای  |
| ۶۰ | شکل ۴-۵- عملگر جهش   |
| ۶۱ | شکل ۴-۶- فلوجارت الگوریتم ژنتیک  |
| ۶۴ | شکل ۵-۱- زمین شناسی کوههای بی بی شهربانو، نثاری و صفائیه   |
| ۶۵ | شکل ۵-۲- وضعیت قرارگیری معادن آهنک سیمان تهران   |
| ۶۶ | شکل ۵-۳- نحوه استخراج ماده معدنی در معادن آهنک سیمان تهران                                       |
| ۷۳ | شکل ۶-۱- رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی  |
| ۷۴ | شکل ۶-۲- رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده خردایش  |
| ۷۵ | شکل ۶-۳- رابطه بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده خردایش و عقب زدگی برای بهترین حالت تابع آموزش SCG |
| ۷۶ | شکل ۶-۴- ANFIS برای چند خروجی  |
| ۷۷ | شکل ۶-۵- رابطه مقادیر واقعی و پیش بینی شده خردایش و عقب زدگی با ANFIS                            |
| ۷۸ | شکل ۶-۶- ژنهای تولیدی توسط الگوریتم ژنتیک برای تعیین حداقل خطا برای آموزش و امتحان شبکه عصبی     |
| ۷۹ | شکل ۶-۷- رابطه مقادیر واقعی و پیش بینی شده خردایش و عقب زدگی با شبکه عصبی-ژنتیک                  |
| ۸۰ | شکل ۶-۸- رابطه مقادیر واقعی و پیش بینی شده خردایش و عقب زدگی با MVR                              |
| ۸۱ | شکل ۶-۹- فرآیند کار صورت گرفته در پروژه  |

## چکیده

در عملیات آتشیاری، هدف اصلی خردایش مناسب سنگ و جلوگیری از بروز پدیده‌های نامطلوب و ناخواسته ناشی از انفجار شامل لرزش زمین، انفجار هوا، پرتاب سنگ و عقب زدگی میباشد. برای رسیدن به یک عملیات آتشیاری مطلوب، ضروری است که عوامل و پارامترهای تأثیرگذار بر این پدیده مورد مطالعه قرار گیرند. به طور کلی عوامل تأثیرگذار بر عملیات آتشیاری را میتوان به دو گروه عمده پارامترهای قابل کنترل (الگوی آتشیاری) و پارامترهای غیر قابل کنترل (خصوصیات ژئومکانیکی توده سنگ) تقسیم نمود. با توجه به تعدد پارامترهای مؤثر در طراحی الگوی آتشیاری، روشهای تجربی موجود از کارایی خوبی برخوردار نمی‌باشند. علاوه بر آن تاکنون رابطه‌ای به منظور ارائه الگوی مناسب برای عملیات آتشیاری در جهت داشتن خردایش مناسب و کاهش عقب زدگی، ارائه نشده است. در چنین شرایطی میتوان از روشهای هوش مصنوعی بطور مؤثری استفاده نمود.

در این پایان نامه، سعی شده تا پارامترهای قابل کنترل مؤثر در عملیات آتشیاری در معادن آهک سیمان تهران شامل ضخامت بارسنگ، فاصله ردیفی چالها، طول چالها، ضخامت گل گذاری، خرج ویژه و حفاری ویژه به گونه‌ای طراحی گردند تا میزان عقب زدگی به حداقل خود رسیده و خردایش نیز در حد مطلوب باشد. برای بررسی خردایش ۳ فاکتور D20، D50، D80 بوسیله نرم افزار GoldSize برای تعداد ۵۰ مرحله آتشیاری تعیین گردید. در این راستا مدلهای مختلفی با استفاده از روشهای شبکه عصبی، سیستم استنتاج عصبی- فازی و شبکه عصبی- ژنتیک جهت پیش بینی عقب زدگی و خردایش توسعه داده شد و از بین آنها بهترین مدل انتخاب گردید. همچنین در این مرحله نتایج بدست آمده از هوش مصنوعی با روشهای آماری مقایسه شد. از بین مدلهای بدست آمده، مدل عصبی- ژنتیک با کمترین خطا (۰.۱۴/۹۹)، و بهترین دقت مناسب ترین مدل برای پیش بینی تعیین گردید. در مرحله بعد به منظور بهینه سازی پارامترهای ورودی مدل مذکور الگوریتم ژنتیک بکار گرفته شد و بدین ترتیب الگوی بهینه آتشیاری ارائه شد. بر مبنای این مدل ضخامت بار سنگ ۳/۵ متر، فاصله

ردیفی چالها ۳ متر، ارتفاع چالها ۱۴ متر، ضخامت گل گذاری ۲ متر، خرج ویژه  
۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب و حفاری ویژه ۰/۲ متر بر متر مکعب پیشنهاد گردید.