دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

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

مهندسی معدن - استخراج

عنوان:

طراحی الگوی آتشکاری با هدف کنترل اثرات تخریبی انفجار بر سازه‌های طرح نیروگاه تلمبه، ذخیره‌ای سیاه بیشه به کمک شبکه‌های عصبی

استاد راهنما:

استاد مشاور:

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده ۱

مقدمه ۳

فصل اول: کلیات

۱-۱- هدف ۸

۱-۲- پیشینه تحقیق ۸

۱-۳- روش کار و تحقیق ۸

فصل دوم: لرزش زمین و عوامل مؤثر بر آن

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- عوامل ایجاد موج لرزه‌ای ۱۱

۲-۳- ویژگی‌های لرزش زمین ۱۲

۲-۳-۱- امواج لرزه‌ای ۱۳

۲-۳-۲- پارامترهای حرکت موجی ۱۶

۲-۳-۳- سرعت انتشار امواج ۱۷

۲-۳-۴- فرکانس لرزش ۱۸

۲-۴- استانداردهای لرزش ۱۹

۲-۴-۱- استانداردهای لرزش بر مبنای شاخص فاصله مقیاس شده ۲۰

۲-۴-۲- استانداردهای لرزش بر مبنای شاخص حداکثر سرعت ذرات ۲۱

۲-۵- پارامترهای قابل کنترل مؤثر بر لرزش ناشی از انفجار ۲۳

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۲-۵-۱- میزان خرج در هر تأخیر ۲۳

۲-۵-۲- فاصله از محل انفجار ۲۴

۲-۵-۳- خرج ویژه ۲۵

۲-۵-۴- زمان تأخیر ۲۶

۲-۵-۵- طول خرج ۲۸

۲-۵-۶- راستای شروع انفجار ۲۹

۲-۶- پارامترهای غیر قابل کنترل مؤثر بر لرزش ناشی از انفجار ۳۱

۲-۶-۱- مقاومت سنگ ۳۴

۲-۶-۲- حفره‌ها و نواحی غیر مقاوم ۳۵

۲-۶-۳- سیستم درزه‌ها ۳۵

۲-۶-۴- لایه‌بندی ۳۵

۲-۷- لرزش هوا ۳۶

۲-۸- عوامل ایجاد کننده لرزش هوا ۳۷

۲-۹- تقسیم بندی امواج حاصل از لرزش هوا ۳۷

۲-۱۰- محدوده‌های تحت تأثیر لرزش هوا ۳۷

۲-۱۱- تأثیر عوامل محیطی بر روی لرزش هوا ۳۸

۲-۱۱-۱- دما ۳۸

۲-۱۱-۲- فشار ۳۹

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۲-۱۱-۳- رطوبت ۳۹

۲-۱۱-۴- چگالی هوا ۳۹

۲-۱۲- روش‌های کنترل لرزش هوا ۴۰

۲-۱۲-۱- آتشکاری تأخیری ۴۰

۲-۱۲-۲- خرج‌گذاری چند مرحله‌ای ۴۱

۲-۱۲-۳- کاهش خرج مصرفی در هر تأخیر ۴۱

۲-۱۲-۴- پیش‌بینی حفره‌ها و نواحی غیر مقاوم ۴۱

۲-۱۲-۵- کاهش قطر حفاری چال‌ها ۴۲

۲-۱۲-۶- استفاده از چال‌های با طول کم ۴۲

۲-۱۲-۷- کاهش تعداد چال‌های انفجاری که در آن‌ها از چاشنی فوری استفاده می‌شود ۴۲

فصل سوم: روش‌های تجربی پیش بینی لرزش ناشی از انفجار

۳-۱- مقدمه ۴۴

۳-۲- مکانیزم لرزش زمین ۴۴

۳-۳- مدل‌های ریاضی جهت محاسبه و پیش‌بینی حداکثر سرعت ذرات ۴۶

۳-۳-۱- روابط تجربی پیش‌بینی لرزش زمین ۴۶

۳-۳-۲- رابطه تئوری پیش‌بینی لرزش زمین ۵۳

۳-۴- مهمترین روابط تجربی پیش‌بینی لرزش ۵۴

۳-۵- پیش‌بینی لرزش و طراحی الگوی آتشکاری ۵۵

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل چهارم: شبکه‌های عصبی مصنوعی

۴-۱- تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) ۵۸

۴-۲- معرفی شبکه‌های عصبی مصنوعی ۵۸

۴-۳- اساس بیولوژیکی شبکه‌های عصبی ۵۹

۴-۴- قابلیت یادگیری شبکه‌های عصبی بیولوژیکی ۶۲

۴-۵- اجزاء و ساختمان واحدهای مصنوعی ۶۳

۴-۶- الگوریتم‌های یادگیری ۶۷

۴-۶-۱- روش‌های وزن ثابت ۶۸

۴-۶-۲- روش‌های آموزش بدون نظارت ۶۸

۴-۶-۳- روش‌های آموزش با نظارت ۶۹

۴-۶-۴- روش‌های آموزش تقویتی ۶۹

۴-۶-۵- روش انتشار معکوس خطا ۷۰

۴-۷- انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی ۷۰

۴-۷-۱- شبکه‌های تک لایه ۷۲

۴-۷-۲- شبکه‌های چند لایه (MLN) ۷۳

۴-۷-۳- شبکه‌های خود سازمانده ۷۸

۴-۸- کاربرد شبکه‌های عصبی ۷۸

۴-۹- جعبه ابزار شبکه‌های عصبی در نرم افزار MATLAB ۷۹

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۴-۹-۱- وارد کردن داده‌ها به نرم افزار MATLAB ۷۹

۴-۹-۲- معرفی پنجره‌های اصلی شبکه عصبی ۸۰

۴-۱۰- آموزش دادن شبکه‌های عصبی ۸۶

۴-۱۱- بررسی نتایج تولید شده توسط شبکه عصبی ۸۸

فصل پنجم: مطالعه موردی

۵-۱- معرفی کلی طرح ۹۲

۵-۲- اهداف تحقیق ۹۶

۵-۳- پیش‌بینی لرزش زمین به کمک روابط تئوری ۹۷

۵-۳-۱- رابطه آمبراسیس- هندرون ۹۷

۵-۳-۲- رابطه اداره معادن آمریکا ۹۸

۵-۳-۳- رابطه لانگفورس- کیلستروم ۱۰۰

۵-۳-۴- رابطه استاندارد هند ۱۰۲

۵-۴- استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی لرزش ۱۰۳

۵-۴-۱- آماده سازی داده‌ها ۱۰۳

۵-۴-۲- روند رسیدن به شبکه مناسب ۱۰۴

۵-۴-۳- نتایج به دست آمده از شبکه عصبی و تحلیل نمودارهای آن ۱۱۲

۵-۵- تحلیل حساسیت ۱۱۳

۵-۶- مقایسه نتایج شبکه‌های عصبی و روش‌های تجربی در پیش‌بینی لرزش ۱۱۵

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۵-۶-۱- مقایسه رابطه آمبراسیس- هندرون با نتایج واقعی ۱۱۵

۵-۶-۲- رابطه اداره معادن آمریکا ۱۱۶

۵-۶-۳- رابطه لانگفورس- کیلستروم ۱۱۷

۵-۶-۴- رابطه استاندارد اداره معادن هند ۱۱۷

۵-۶-۵- مقایسه نتایج شبکه عصبی با داده‌های واقعی ۱۱۸

۵-۷- تعیین بیشترین مقدار ماده منفجره در یک تأخیر به‌کمک نتایج لرزه‌نگاری ۱۱۹

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۲۲

۶-۲- پیشنهادات ۱۲۴

پیوست ۱۲۵

منابع و مآخذ

منابع فارسی ۱۳۴

منابع لاتین ۱۳۵

چکیده انگلیسی ۱۳۷

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۲-۱- معیار لرزش بر اساس فاصله مقیاس شده ۲۰

جدول ۲-۲- معیار اداره معادن آمریکا..... ۲۱

جدول ۲-۳- معیار لرزش بر اساس حداکثر سرعت ذرات ۲۲

جدول ۲-۴- معیار بایر و کالدر برای خسارت ناشی از سرعت ذرات ۲۲

جدول ۲-۵- اندازه‌گیری حداکثر سرعت ذرات در جهات مختلف..... ۳۱

جدول ۲-۶- نتایج اندازه‌گیری لرزش ناشی از انفجار در تونل‌های مختلف..... ۳۳

جدول ۲-۷- تأثیر RMR روی حداکثر سرعت ذرات ۳۴

جدول ۳-۱- حداکثر سرعت قائم ذرات ۵۱

جدول ۳-۲- فاکتور مواد تشکیل دهنده ساختمان (F_M) ۵۲

جدول ۳-۳- فاکتور نوع ساختمان (F_B)..... ۵۲

جدول ۳-۴- فاکتور زمان پروژه (F_T) ۵۲

جدول ۳-۵- مقادیر ثابت مشخصه زمین (K_F) ۵۴

جدول ۳-۶- استاندارد انتاریو ۵۶

جدول ۵-۱- نتایج برخی از شبکه‌های مختلف..... ۱۱۱

جدول ۵-۲- مقایسه نتایج واقعی و خروجی شبکه برای ۱۲ ثبت لرزه..... ۱۱۲

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۲-۱- امواج فشاری و برشی ۱۴

شکل ۲-۲- دامنه، سرعت ذره‌ای و شتاب نمونه‌ای از موج هارمونیک ۱۸

شکل ۲-۳- اثرات شرایط منطقه بر روی لرزش‌های ناشی از انفجار ۲۴

شکل ۲-۴- رابطه بین فاصله از محل انفجار و مدت زمان لرزش ۲۵

شکل ۲-۵- تأثیر خرج ویژه بر روی شدت لرزش زمین ۲۶

شکل ۲-۶- موقعیت یک ردیف چال انفجاری با وضعیت قرارگیری لرزه‌نگارها ۲۸

شکل ۲-۷- ارتباط طول خرج با حداکثر سرعت افقی ذرات ۲۹

شکل ۲-۸- الگوی آتشکاری تک ردیفی ۳۰

شکل ۲-۹- الگوی آتشکاری دو ردیفی ۳۰

شکل ۲-۱۰- ارتباط حداکثر سرعت ذرات با عرض درزه ۳۲

شکل ۲-۱۱- هدر رفتن انرژی ماده منفجره در جهت فلشها ۳۶

شکل ۳-۱- لرزش زمین بر اثر انفجار ۴۵

شکل ۳-۲- نمائی از چال انفجاری ۴۵

شکل ۳-۳- آرایش الگوی چال‌زنی ۴۶

شکل ۳-۴- تصحیح اثر طول خرج روی محاسبه حداکثر سرعت ذرات ۴۸

شکل ۳-۵- نمودار فاکتور فاصله (FD) ۵۳

شکل ۴-۱- قسمت‌های اصلی یک سلول عصبی بیولوژیک (نرون) ۶۰

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۴-۲- نرون حسی ۶۱

شکل ۴-۳- ساختار یک نرون تک ورودی ۶۴

شکل ۴-۴- ساختار یک نرون R ورودی ۶۵

شکل ۴-۵- یک ساختار نمونه از شبکه عصبی مصنوعی ۶۵

شکل ۴-۶- نحوه اتصالات در شبکه‌های عصبی ۶۷

شکل ۴-۷- نمای کلی آموزش بدون نظارت ۶۸

شکل ۴-۸- نمای کلی آموزش با سرپرست ۶۹

شکل ۴-۹- ساختار یک شبکه تک لایه ۷۲

شکل ۴-۱۰- ساختار یک شبکه چند لایه ۷۴

شکل ۴-۱۱- ساختار یک پرسپترون ۷۴

شکل ۴-۱۲- نمودار تابع سیگموئید ۷۶

شکل ۴-۱۳- نمودار تابع HARD-LIMIT ۷۶

شکل ۴-۱۴- نمودار تابع تانژانت سیگموئید ۷۷

شکل ۴-۱۵- پنجره اصلی جعبه ابزار شبکه‌های عصبی ۸۱

شکل ۴-۱۶- پنجره IMPORT جعبه ابزار شبکه‌های عصبی ۸۱

شکل ۴-۱۷- پنجره خلق شبکه عصبی جدید ۸۳

شکل ۴-۱۸- پنجره EXPORT جعبه ابزار شبکه‌های عصبی ۸۳

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۴-۱۹- ساختار گرافیکی یک شبکه با یک لایه میانی ۸۴

شکل ۴-۲۰- پنجره اطلاعات آموزش شبکه عصبی..... ۸۶

شکل ۴-۲۱- پنجره تعیین پارامترهای لازم برای آموزش شبکه عصبی ۸۷

شکل ۴-۲۲- نمودار خطای آموزش شبکه..... ۸۸

شکل ۴-۲۳- پنجره شبیه سازی و مشاهده نتایج عملکرد شبکه ۸۹

شکل ۴-۲۴- پنجره EXPORT جعبه ابزار شبکه‌های عصبی ۹۰

شکل ۵-۱- نمائی از مغار نیروگاه..... ۹۳

شکل ۵-۲- نمائی دیگر از مغار نیروگاه..... ۹۴

شکل ۵-۳- نمائی از ورودی تونل‌های پایاب ۹۴

شکل ۵-۴- ابعاد مغار نیروگاه..... ۹۵

شکل ۵-۵- ابعاد مغار ترانسفورمر ۹۵

شکل ۵-۶- ابعاد مغار دریچه‌ها ۹۶

شکل ۵-۷- نمودار PPV-SD برای رابطه آمبراسیس- هندرون ۹۸

شکل ۵-۸- مقایسه سرعت واقعی و پیش‌بینی با رابطه آمبراسیس- هندرون..... ۹۹

شکل ۵-۹- نمودار PPV-SD برای رابطه اداره معادن آمریکا..... ۹۹

شکل ۵-۱۰- مقایسه سرعت لرزش واقعی و پیش‌بینی با رابطه اداره معادن آمریکا ۱۰۰

شکل ۵-۱۱- نمودار PPV-SD برای رابطه لانگفورس- کیلستروم..... ۱۰۱

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۵-۱۲- مقایسه سرعت واقعی و پیش‌بینی با رابطه ۱۰۱

لانگفورس- کیلستروم ۱۰۱

شکل ۵-۱۳- نمودار PPV-SD برای رابطه استاندارد هند ۱۰۲

شکل ۵-۱۴- مقایسه PPV واقعی و پیش بینی شده با رابطه استاندارد هند..... ۱۰۳

شکل ۵-۱۵- تعریف شبکه جدید با ۸ نرون در لایه میانی..... ۱۰۶

شکل ۵-۱۶- معرفی داده‌های ورودی و خروجی جهت آموزش شبکه ۱۰۷

شکل ۵-۱۷- شبکه در حال آموزش..... ۱۰۷

شکل ۵-۱۸- آزمون شبکه با ۱۲ داده جدید..... ۱۰۸

شکل ۵-۱۹- مقایسه نتایج لرزه‌نگاری و خروجی شبکه با ۸ نرون در لایه میانی ۱۰۸

شکل ۵-۲۰- مقایسه نتایج لرزه‌نگاری و خروجی شبکه با ۴ نرون در لایه میانی..... ۱۰۹

شکل ۵-۲۱- مقایسه اعداد واقعی ثبت شده و خروجی شبکه ۱۰۹

شکل ۵-۲۲- مقایسه خروجی شبکه با تابع TRAINGDM و نتایج واقعی ۱۱۰

شکل ۵-۲۳- مقایسه خروجی شبکه با مقادیر لرزه‌نگاری ۱۲ انفجار اخیر ۱۱۲

شکل ۵-۲۴- تأثیر پارامترهای ورودی بر سرعت لرزش..... ۱۱۳

شکل ۵-۲۵- مقایسه خروجی شبکه و ثبت انفجار با احتساب فاصله و خرج..... ۱۱۴

شکل ۵-۲۶- مقایسه خروجی شبکه و ثبت انفجار به کمک ۵ عامل ۱۱۵

شکل ۵-۲۷- مقایسه سرعت واقعی و پیش‌بینی با رابطه آمبراسیس- هندرون..... ۱۱۶

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۵-۲۸- مقایسه PPV واقعی و پیش‌بینی شده با رابطه معادن آمریکا ۱۱۶

شکل ۵-۲۹- مقایسه PPV واقعی و پیش‌بینی با رابطه لانگفورس- کیلستروم ۱۱۷

شکل ۵-۳۰- مقایسه سرعت واقعی با مقدار پیش‌بینی با رابطه استاندارد هند ۱۱۸

شکل ۵-۳۱- مقایسه PPV ۱۲ انفجار اخیر با مقدار پیش‌بینی با شبکه عصبی ۱۱۸

چکیده

لرزش ناشی از انفجار در نزدیکی سازه‌های بتنی، ساختمان‌ها و در مجاورت سازه‌های زیرزمینی اثرات نامطلوبی بر پایداری این‌گونه فضاها، هم در کوتاه مدت و هم در دراز مدت بر جای می‌گذارد.

تاکنون مطالعات بسیار زیادی در این زمینه انجام شده و بر مبنای آن استانداردهای مختلفی همچون FHWA, USBM, EM و ... تدوین شده است و راه‌حل‌هایی برای اندازه‌گیری و کنترل این اثرات مخرب بر روی سازه‌های بتنی، ساختمان‌ها، سازه‌های زیرزمینی و ... ارائه نموده‌اند. بعلاوه بر مبنای اندازه‌گیری ماکزیمم سرعت، جابجایی یا شتاب ذرات، معیارهای کنترلی نیز ارائه شده است.

مبنای کلیه روش‌ها انجام تست لرزه‌نگاری به کمک دستگاه‌های لرزه‌نگار می‌باشد. اغلب استانداردهای لرزش حاصل ثبت نتایج لرزه‌نگاری انفجار در یک مورد خاص، تجزیه و تحلیل آن‌ها و در نهایت ارائه رابطه‌ای تجربی برای آن مورد می‌باشد.

عیب عمده این روابط عدم پیش‌بینی صحیح لرزش برای موارد دیگر غیر از آن مورد بخصوص است. با پیشرفت شبکه‌های عصبی، از آن‌ها جهت پیش‌بینی دقیق لرزش ناشی از انفجار استفاده شده که نتایج حاصل به مراتب بهتر از روابط تجربی می‌باشد. مزیت مهم بکارگیری شبکه‌های عصبی این است که در این روش پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر لرزش که در روابط تجربی در نظر گرفته نمی‌شد، لحاظ گردیده و در نتیجه، پیش‌بینی از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد.

در پروژه سد و نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه‌بیشه، لرزه‌نگاری انفجارات با دستگاه لرزه سنج سه‌بعدی Blast Mate III در مجموعه مغار نیروگاه، ترانسفورمر، شفت‌های تحت فشار و در مجاورت سازه‌های بتنی در حال ساخت، انجام پذیرفت. با اندازه‌گیری و شناخت پارامترهای مکانیکی زمین مرتبط با لرزش‌های ناشی از انفجارات، تغییرات لازم در عملیات انفجار در مراحل بعدی بمنظور به حداقل رساندن اثرات مخرب آن انجام پذیرفته است.

در این تحقیق، ابتدا کلیاتی از لرزش زمین و هوا مطرح شده است، در ادامه روند اجرا شده در اندازه‌گیری و محاسبات مربوط به تعیین پارامترهای مکانیکی مرتبط با انفجارات ارائه و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است و در نهایت ضمن معرفی شبکه‌های عصبی مقایسه‌ای بین این روش و روابط تجربی گذشته انجام گرفته که برتری شبکه‌های عصبی به خوبی نمایان می‌شود.