

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۲۱

۱۵

به نام خدا

دانشگاه علم و صنعت ایران
دانشکده عمران

مرکز اطلاعات و آرکای علمی ایران
تیم مدیریت آرکای

۱۳۸۰ / ۱۸ / ۲۰

ارزیابی پتانسیل وقوع روانگرایی بوسیله شبکه های عصبی مصنوعی

نیما نیلی پور

014669

۳۷۹۲۹

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته
مهندسی عمران - مکانیک خاک و پی

استاد راهنما: دکتر محمد حسن بازیار
استاد مشاور: دکتر کارو لوکس

آذرماه ۱۳۷۹

تقدیم به پدر و مادر بزرگوارم

چکیده

شبکه های عصبی بعنوان یک ابزار قوی برای مدل سازی مسائل پیچیده مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد شبکه های عصبی نسبت به روشهای مرسوم برای پیش بینی روانگرایی موفق تر و ساده تر می باشد. تحقیقات اخیر نشان داده است که پیش بینی روانگرایی بوسیله نتایج آزمایش CPT نسبت به آزمایش SPT بدلیل برتری های آن از ارجحیت برخوردار می باشد. مجموعه داده های قابل اعتمادی از آزمایش CPT در مناطق روانگرا شده جمع آوری شده است که نسبت به تحقیقات قبلی از حجم بیشتر و محدوده گسترده تری برخوردار می باشد که تأثیر قابل توجهی در اهمیت نسبی پارامترها نشان می دهد. با استفاده از یک نرم افزار قوی (STATISTICA 98) حتی با استفاده از مدلها و داده های مشابه نتایجی با دقت بالاتر نسبت به Goh گرفته شد. روش پس انتشار (Back Propagation) مورد استفاده در این نرم افزار دارای قابلیت مشاهده آنی خطای شبکه در قسمت آموزش و آزمایش در حین آموزش جهت اعمال تغییرات مناسب در پارامترهای کنترلی روش پس انتشار می باشد. در این پایان نامه برای کاهش پارازیت در داده ها، پارامترهای وابسته بکار گرفته نشده اند. با توجه به اینکه q_c تحت تأثیر پارامترهای خاک و تنش موجود در لایه خاک می باشد سعی شده است اثرات این پارامترها مستقیماً اعمال شوند که نهایتاً باعث کاهش خطای شبکه و کاهش اهمیت نسبی q_c شده است. مدلی قابل اطمینان برای پیش بینی روانگرایی با ۶ پارامتر ورودی ارائه شده است. با بررسی اهمیت نسبی بدست آمده از این مدل دیده می شود که دو پارامتر تنش (σ_0 , σ_0') نقش مهمتری از q_c در پدیده روانگرایی ایفا می کنند. با در دست داشتن این ابزار و خصوصیات لرزه ای جنوب تهران (که مستعد وقوع روانگرایی می باشد)، نمودارهای کاربردی برای پیش بینی وقوع روانگرایی در جنوب تهران ارائه شده است.

تقدیر و تشکر:

بدینوسیله از زحمات استادان ارجمند جناب آقای دکتر بازیار و جناب آقای دکتر لوکس که از راهنمائیها و نظرات سودمندشان در تهیه و ارائه این پایان نامه بهره بردم سپاسگذاری و قدردانی می نمایم. همچنین از زحمات تمام دوستانی که اینجانب را در تدوین این مجموعه یاری نمودند صمیمانه تشکر می نمایم.

آذر ماه ۱۳۷۹

فصل اول: روانگرایی

۵	۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- روانگرایی
۶	۱-۲-۱- اثرات روانگرایی بر روی سازه ها
۶	۱-۲-۱-۱- جاری شدن
۷	۱-۲-۱-۲- گسترش جانبی
۷	۱-۲-۱-۳- ایجاد ترکهای سطحی و جوشش ماسه
۸	۱-۲-۱-۴- کاهش ظرفیت باربری
۹	۱-۲-۱-۵- نشست
۹	۱-۲-۱-۶- افزایش فشارهای جانبی در دیوار حائل
۹	۲-۲-۱- پیش گیری و مقاوم سازی در برابر روانگرایی
۱۰	۲-۲-۱-۳- پارامترهای موثر در روانگرایی
۱۱	۲-۲-۱-۴- شبیه سازی و پیش بینی روانگرایی در آزمایشگاه
۱۲	۲-۴-۱- محاسبه تنش برشی ایجاد شده ماکزیمم در هر عمق
۱۳	۲-۴-۲-۱- تعیین تعداد سیکل مهم معادل
۱۳	۲-۴-۳-۱- تعیین تنش های مولد روانگرایی
۱۴	۲-۵-۱- آزمایشهای صحرائی (CPT و SPT)
۱۵	۲-۵-۱-۱- تبدیل نتایج SPT به CPT
۱۶	۲-۵-۲-۱- مزایای آزمایش CPT نسبت به SPT
۱۷	۲-۶-۱- تحقیقات انجام شده
	فصل دوم: شبکه های عصبی
۲۷	۱-۲- مقدمه
۲۷	۲-۲- شبکه های عصبی چیست؟

۲۸	۱-۲-۲- شباهت با مغز انسان
۲۸	۲-۲-۲- نورونهای مصنوعی و نحوه کار آنها
۳۱	۳-۲-۲- شبکه های مصنوعی
۳۲	۳-۲- آموزش یک شبکه عصبی مصنوعی
۳۲	۱-۳-۲- آموزش با نظارت (Supervised)
۳۳	۲-۳-۲- آموزش بدون نظارت (Unsupervised)
۳۴	۴-۲- تاریخچه شبکه های عصبی
۳۵	۵-۲- تفاوتهای شبکه های عصبی با روشهای سنتی
۳۷	۶-۲- اجزاء و نحوه کار شبکه های عصبی
۳۸	۱-۶-۲- قوانین یادگیری (Learning Laws)
۴۰	۷-۲- طبقه بندی شبکه های عصبی
۴۲	۸-۲- معرفی نرم افزار (STATISTICA Neural Network)
۴۵	۱-۸-۲- multilayer perceptron (MLP) و آموزش آن
۴۶	۲-۸-۲- روش پس انتشار (Back Propagation)
۴۷	۱-۲-۸-۲- پارامترهای کنترلی روش پس انتشار در ST. N. N.
۴۸	۲-۲-۸-۲- امکانات ویژه در ST. N. N. برای روش پس انتشار
۴۹	۳-۸-۲- دیگر روشهای موجود برای آموزش MLP
۴۹	۱-۳-۸-۲- روش Conjugate gradient descent
۵۰	۲-۳-۸-۲- روش Levenberg-Mrquardt
۵۰	۲-۳-۸-۲- روش Quick Propagation
۵۰	۴-۳-۸-۲- روش Delta-bar-Delta
۵۱	۴-۸-۲- آموزش بیش از حد (Over-learning) و تعمیم دهی (Generalization)

۵۳	۲-۸-۵- گامهای اساسی در طراحی و آموزش شبکه های عصبی (MLP)
۵۴	۲-۸-۶- انتخاب داده های اطلاعاتی
۵۵	۲-۸-۷- پیش پردازش و پس پردازش داده ها (Pre/Post Processing)
۵۷	۲-۹-۹- کاربرد هوش مصنوعی و شبکه های عصبی
۵۹	۲-۹-۱- مقاله Goh [۶]
۶۱	۲-۹-۲- مقاله Goh [۷]
۶۴	۲-۹-۳- مقاله اورال و ساکا [۱۴]

فصل سوم: معرفی داده ها

۶۶	۳-۱- مقدمه
۶۶	۳-۲- زلزله نیگاتا (Nigata)
۶۸	۳-۳- زلزله سن فرناندو (San Fernando)
۷۰	۳-۴- زلزله هایچنگ (Haicheng)
۷۱	۳-۵- زلزله تنگشان (Tangshan)
۷۶	۳-۶- زلزله ورانسی (Verancea)
۷۷	۳-۷- زلزله امپریال ولی (Imperial Valley)
۷۸	۳-۸- زلزله نیهونکای کوبو (Nihonkaichuba)
۷۹	۳-۹- زلزله سنگوئنی (Sangueny)
۸۰	۳-۱۰- زلزله لوما پریتا (Loma Prieta)

فصل چهارم: روش تحلیل

۸۲	۴-۱- مقدمه
۸۲	۴-۲- مشخصات شبکه های عصبی و روش آموزش مورد استفاده
۸۲	۴-۲-۱- روش مورد استفاده برای آموزش شبکه عصبی

۸۳	۲-۲-۴- شبکه عصبی مورد استفاده
۸۳	۳-۲-۴- توابع تحریک ، جمع و خطا
۸۴	۳-۴- داده های اطلاعاتی آموزشی و آزمایشی
۸۵	۴-۴- پس پردازش و پیش پردازش داده ها
۸۵	۵-۴- طراحی شبکه عصبی
۸۶	۶-۴- نحوه محاسبه اهمیت نسبی پارامترها (Relative Importance)
۸۹	۷-۴- بررسی مقاله Goh [۶]
۹۰	۸-۴- بررسی مقاله Goh [۷]
۹۶	۹-۴- بررسی مقاله اورال و ساکا [۱۴]
	فصل پنجم: تحلیل داده های جدید
۹۷	۱-۵- مقدمه
۹۷	۲-۵- مقایسه داده های مورد استفاده در [۷] Goh و [۱۲] Stark
۹۹	۳-۵- پیش بینی و تحلیل پدیده روانگرایی
۹۹	۱-۳-۵- شبکه عصبی N5
۹۹	۱-۱-۳-۵- آموزش و آزمایش
۱۰۱	۲-۱-۳-۵- تحلیل نتایج آموزش شبکه
۱۰۵	۲-۳-۵- شبکه عصبی با بیش از ۵ پارامتر ورودی
۱۰۶	۱-۲-۳-۵- اضافه کردن پارامتر σ_0
۱۰۶	۱-۱-۲-۳-۵- آموزش و آزمایش شبکه
۱۰۷	۲-۱-۲-۳-۵- تحلیل نتایج
۱۰۸	۱-۲-۳-۵- اضافه کردن پارامتر FC
۱۰۹	۱-۲-۳-۵- اضافه کردن پارامتر Z

فصل ششم: روانگرایی تهران

- ۱۱۱ ۱-۶- مقدمه
- ۱۱۱ ۲-۶- روانگرایی جنوب تهران
- ۱۱۱ ۱-۲-۶- تهیه اطلاعات لرزه ای
- ۱۱۲ ۱-۱-۲-۶- بزرگی زلزله
- ۱۱۴ ۲-۱-۲-۶- شتاب ماکزیمم حداکثر سطح زمین
- ۱۱۴ ۱-۲-۱-۲-۶- شتاب سنگ کف
- ۱۱۴ ۲-۲-۱-۲-۶- پریود طبیعی آبرفت
- ۱۱۶ ۳-۲-۱-۲-۶- پریود دینامیکی آبرفت
- ۱۱۸ ۲-۲-۶- پارامترهای ژئوتکنیکی
- ۱۱۸ ۳-۲-۶- نمودارهای مرز وقوع روانگرایی
- ۱۲۱ فصل هفتم: نتیجه گیری

ضمائم

- ۱۲۴ ضمیمه الف- مجموعه داده های مورد استفاده
- ۱۲۹ ضمیمه ب- داده های مورد استفاده در [Y] Goh

چکیده

شبکه های عصبی بعنوان یک ابزار قوی برای مدل سازی مسائل پیچیده مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد شبکه های عصبی نسبت به روشهای مرسوم برای پیش بینی روانگرایی موفق تر و ساده تر می باشد. تحقیقات اخیر نشان داده است که پیش بینی روانگرایی بوسیله نتایج آزمایش CPT نسبت به آزمایش SPT بدلیل برتری های آن از ارجحیت برخوردار می باشد. مجموعه داده های قابل اعتمادی از آزمایش CPT در مناطق روانگرا شده جمع آوری شده است که نسبت به تحقیقات قبلی از حجم بیشتر و محدوده گسترده تری برخوردار می باشد که تأثیر قابل توجهی در اهمیت نسبی پارامترها نشان می دهد. با استفاده از یک نرم افزار قوی (STATISTICA 98) حتی با استفاده از مدلها و داده های مشابه نتایجی با دقت بالاتر نسبت به [Y] گرفته شد. روش پس انتشار (Back Propagation) مورد استفاده در این نرم افزار دارای قابلیت مشاهده آنی خطای شبکه در قسمت آموزش و آزمایش در حین آموزش جهت اعمال تغییرات مناسب در پارامترهای کنترلی روش پس انتشار می باشد. در این پایان نامه برای کاهش پارازیت در داده ها، پارامترهای وابسته q_{ci} , SSR بکار گرفته نشده اند. با توجه به اینکه q_c تحت تأثیر پارامترهای خاک و تنش موجود در لایه خاک می باشد سعی شده است اثرات این پارامترها مستقیماً اعمال شوند که نهایتاً باعث کاهش خطای شبکه و کاهش اهمیت نسبی q_c شده است. مدلی قابل اطمینان برای پیش بینی روانگرایی با ۶ پارامتر q_c , α , M , D_{50} , σ_0' , σ_0 ارائه شده است. با بررسی اهمیت نسبی بدست آمده از این مدل دیده می شود که دو پارامتر تنش (σ_0' , σ_0) نقش مهمتری از q_c در پدیده روانگرایی ایفا می کنند. با در دست داشتن این ابزار و خصوصیات لرزه ای جنوب تهران (که مستعد وقوع روانگرایی می باشد)، نمودارهای کاربردی برای پیش بینی وقوع روانگرایی در جنوب تهران ارائه شده است.

فصل اول

۵	شکل (۱-۱) - مکانیسم روانگرایی خاک در حین زلزله
۶	شکل (۲-۱) - جاری شدن در اثر روانگرایی
۷	شکل (۳-۱) - گسترش جانبی در اثر روانگرایی
۸	شکل (۴-۱) - جوشش ماسه و ترکهای سطحی در اثر روانگرایی
۸	شکل (۵-۱) - کاهش ظرفیت باربری و واژگونی سازه ها در اثر روانگرایی
۱۱	شکل (۶-۱) - تنش وارده به المان خاک در حین زلزله
۱۱	شکل (۷-۱) - نحوه شبیه سازی زلزله در آزمایش سه محوری دینامیکی
۱۵	شکل (۸-۱) - تبدیل $SPT(N_{60})$ به $CPT(q_c)$ براساس D_{50}
۱۷	شکل (۹-۱) - رابطه عدد N_1 و τ/σ'_0 که موجب روانگرایی می شود
۱۸	شکل (۱۰-۱) - رابطه ضریب اصلاحی C_N و تنش موثر
۱۸	شکل (۱۱-۱) - پیش بینی وقوع روانگرایی برای بزرگی های مختلف زلزله
۱۹	شکل (۱۲-۱) - رابطه عدد $(N_1)_{60}$ و τ/σ'_0 که موجب روانگرایی می شود
۲۰	شکل (۱۳-۱) - رابطه ضریب اصلاحی C_Q و تنش موثر
۲۰	شکل (۱۴-۱) - مرز وقوع روانگرایی براساس q_c اصلاح شده
۲۲	شکل (۱۵-۱) - مرز وقوع روانگرایی براساس q_{cl}
۲۳	شکل (۱۶-۱) - مرز وقوع روانگرایی برای ماسه تمیز
۲۵	شکل (۱۷-۱) - مرز وقوع روانگرایی برای ماسه سیلتی تا لای ماسه دار
۲۵	شکل (۱۸-۱) - مرز وقوع روانگرایی برای انواع ماسه ها

فصل دوم

۲۹	شکل (۱-۲) - شکلی ساده از یک نورون بیولوژیکی
۳۰	شکل (۲-۲) - یک نورون مصنوعی
۳۱	شکل (۳-۲) - یک شبکه مصنوعی ساده

صفحه	فهرست اشکال
۳۱	شکل (۳-۲) - یک شبکه مصنوعی ساده
۵۱	شکل (۴-۲) - آموزش یا شکل پذیری بیش از حد
۵۲	شکل (۵-۲) - یادگیری بیش از حد در حین استفاده از ST. N. N. برای آموزش شبکه عصبی

فصل چهارم

۹۳	شکل (۱-۴) - مدلسازی مدل B5 بوسیله نرم افزار ST. N. N.
۹۴	شکل (۲-۴) - تغییرات اهمیت نسبی پارامترهای موثر در مدل B5
۹۵	شکل (۳-۴) - مقایسه اهمیت نسبی پارامترهای موثر

فصل پنجم

۹۸	شکل (۱-۵) - شکلی ساده از مقایسه داده های Goh [۷] و داد های استفاده شده
۱۰۲	شکل (۲-۵) - تغییرات اهمیت نسبی پارامترهای موثر
۱۰۳	شکل (۳-۵) - اهمیت نسبی پارامترهای موثر
۱۰۶	شکل (۴-۵) - شبکه عصبی پیشنهادی برای آموزش
۱۰۸	شکل (۵-۵) - اهمیت نسبی پارامترها در شبکه (N6- σ_0)
۱۰۹	شکل (۶-۵) - اهمیت نسبی پارامترها در شبکه (N6-FC)
۱۱۰	شکل (۶-۵) - اهمیت نسبی پارامترها در شبکه (N6-Z)

فصل ششم

۱۱۳	شکل (۱-۶) - احتمال رویداد زمینلرزه با بزرگی $M_s = 7/0$ در تهران بر حسب دوره تکرار
۱۱۵	شکل (۲-۶) - منحنی های هم شتاب برای تهران
۱۱۷	شکل (۳-۶) - نقشه ریزبهنه بندی بر اساس شتاب حداکثر سطح زمین در جنوب شرق تهران
۱۱۹	شکل (۴-۶) - مرز وقوع روانگرایی در حالت $\sigma_0 = 150 \text{ kPa}$
۱۲۰	شکل (۴-۶) - مرز وقوع روانگرایی در حالت $\sigma_0 = 200 \text{ kPa}$
۱۲۰	شکل (۴-۶) - مرز وقوع روانگرایی در حالت $\sigma_0 = 250 \text{ kPa}$

صفحه	فهرست جداول
فصل اول	
۱۳	جدول (۱-۱) - رابطه بزرگی زلزله و تعداد سیکل مهم معادل
۱۳	جدول (۲-۱) - رابطه ضریب تصحیح C_T و دانسیته نسبی
فصل دوم	
۳۶	جدول (۱-۲) - مقایسه روشهای محاسباتی
۴۱	جدول (۲-۲) - مقایسه روشهای محاسباتی سنتی و شبکه های عصبی
۴۳	جدول (۳-۲) - انواع توابع تحریک در ST. N. N.
۵۹	جدول (۴-۲) - مقایسه میزان موفقیت مدل‌های مختلف Goh [۶]
۶۰	جدول (۵-۲) - وزنها و اهمیت نسبی پارامترهای مدل Goh M8 [۶]
۶۲	جدول (۶-۲) - مدل‌های مورد استفاده در مقاله Goh [۷]
۶۳	جدول (۷-۲) - اهمیت نسبی پارامترهای موثر در مدل‌های مختلف
۶۴	جدول (۸-۲) - مدل‌های مورد استفاده در مقاله اورال و ساکا [۱۴]
فصل سوم	
۶۷	جدول (۱-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "نیگاتا"
۶۹	جدول (۲-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "سن فرناندو"
۷۰	جدول (۳-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "هایچنگ"
۷۵	جدول (۴-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "تنگشان"
۷۶	جدول (۵-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "ورانسی"
۷۷	جدول (۶-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "امپریال ولی"
۷۸	جدول (۷-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "نیهونکای کوبو"
۷۹	جدول (۸-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "سنگوئی"
۸۱	جدول (۹-۳) - داده های اطلاعاتی زلزله "لوما پریتا"

صفحه	فهرست جداول
	فصل چهارم
۸۷	جدول (۱-۴) - وزنهای اتصالات شبکه عصبی فرضی
۸۷	جدول (۲-۴) - نحوه محاسبه P_{ij} ها
۸۸	جدول (۳-۴) - نحوه محاسبه Q_{ij} ها و S_j ها
۸۸	جدول (۴-۴) - اهمیت نسبی
۹۵	جدول (۵-۴) - پیش پردازش داده های مورد استفاده در دوباره سازی مدل B5
۹۵	جدول (۶-۴) - نتایج محاسبه اهمیت نسبی پارامترهای موثر در دوباره سازی مدل B5
	فصل پنجم
۹۸	جدول (۱-۵) - مقایسه داده های [۷] Goh و [۱۲] Stark
۹۹	جدول (۲-۵) - پیش پردازش داده های مورد استفاده در شبکه عصبی N5
۱۰۱	جدول (۳-۵) - نتایج محاسبه اهمیت نسبی پارامترهای موثر
۱۰۳	جدول (۴-۵) - مقایسه اهمیت نسبی بدست آمده با مقادیر قبلی در مقاله [۷] Goh
۱۰۷	جدول (۵-۵) - پیش پردازش داده های مورد استفاده در شبکه عصبی
	فصل ششم
۱۱۶	جدول (۱-۶) - شتابنگاشتهای انتخابی در محاسبه پررود دینامیکی آبرفت