

تخمین چگالی خاک‌ها با کمک شبکه عصبی مصنوعی

شاهین رضوی^۱، کامران گشتاسبی گوهرریزی^۲، کاوه آهنگری^۳، امین غفوری پور^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- عضو هیات علمی گروه معدن، دانشگاه تربیت مدرس

۳- عضو هیات علمی گروه معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۴- عضو هیات علمی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز

Razavi.shahin@hotmail.com

دریافت: ۸۹/۷/۱۸ پذیرش: ۸۹/۹/۲۳

چکیده

پیش از احداث یک سازه توجه به ماهیت زمین و خصوصیات خاک آن منطقه مهم می‌باشد. حفر گمانه‌های اکتشافی و انجام آزمایشات لازم به منظور تعیین خواص خاک یک عمل اجتناب ناپذیر است. معمولاً در حد فاصل بین گمانه‌ها اطلاعات دقیقی در دسترس نمی‌باشد. حفر گمانه‌های بیش تر و تکرار آزمایشات نیز پرهزینه و وقت‌گیر می‌باشد. Neuro Intelligence یک نرم افزار تخصصی در زمینه شبکه‌های عصبی مصنوعی است که توانایی زیادی در تخمین روابط غیر خطی دارد. در این مقاله روشی برای تخمین خصوصیات خاک در نقاطی که گمانه حفر نشده، ارائه شده است. در شبکه طراحی شده مختصات و جنس لایه‌ها به عنوان ورودی و چگالی خاک به عنوان خروجی شبکه در نظر گرفته شده است. برای آموزش شبکه از دو الگوریتم پس‌انتشار آنلاین و انتشار سریع استفاده شده است. در پایان نیز شبکه برای هر یک از الگوریتم‌های به کار رفته، آزموده شده است. مقایسه پیش‌بینی‌های شبکه با مقادیر واقعی حاکی از موفقیت شبکه طراحی شده و الگوریتم‌های مورد استفاده بوده است.

واژگان کلیدی: نرم افزار Neuro Intelligence، شبکه عصبی مصنوعی، چگالی خاک

مقدمه

شده است. زو و وو استفاده از نوعی شبکه عصبی چند لایه پرسپترون را در تحلیل نتایج آزمایش‌های صحرایی شرح داده اند [۶]. آگراوال نیز با شبکه عصبی مصنوعی، مقاومت برشی موثر رس‌های سیلتی را پیش‌بینی کرده است [۲]. از شبکه عصبی مصنوعی می‌توان برای بررسی ارتباط بین طراحی و وضع خاک‌ها استفاده نمود. هم‌چنین از این روش برای پیش‌بینی رفتار تنش کرنش ماسه‌ها [۱] و ضریب نفوذ پذیری خاک‌ها [۳] بهره برده شده است. از پژوهش مشابه می‌توان به کاگلار و آرمان^۱ در سال ۲۰۰۶ نیز اشاره نمود.

شبکه عصبی توانایی زیادی در تخمین روابط غیر خطی دارد. نورو اینتلیجنس یک نرم افزار تخصصی در زمینه شبکه‌های عصبی مصنوعی است. در شبکه طراحی شده، مختصات و جنس خاک لایه‌ها به‌عنوان ورودی و چگالی

برای طراحی شالوده‌ای که بار مشخصی از سازه را حمل نماید، مهندس ژئوتکنیک باید از طبیعت و رفتار خاک زیر شالوده مطلع باشد. فرآیند شناسایی لایه‌های خاک زیرزمینی و تعیین مشخصات فیزیکی آن، شناسایی-های زیرزمینی نامیده می‌شود [۴]. حفر گمانه‌های اکتشافی و انجام آزمایشات لازم به منظور تعیین خواص خاک مانند چگالی، یک عمل اجتناب ناپذیر است. برای تعیین ارتباط بین گمانه‌ها معمولاً از استدلال‌های هندسی با فرضیاتی پیچیده بهره برده می‌شود. حفر گمانه‌های بیشتر و تکرار این آزمایشات نیز پرهزینه و وقت‌گیر می‌باشد. در این مقاله روشی برای تخمین خصوصیات خاک در نقاطی که گمانه حفر نشده، ارائه شده است. استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در این نوع مباحث از جمله مواردی است که کمتر به آن پرداخته

^۱ Caglar & Arman

گمانه اطلاعاتی نظیر مختصات جغرافیایی (X, Y, Z) ، تراز بین لایه‌های مختلف و جنس لایه (جنس خاک) تعریف شده است. در هر ۵۰ سانتی‌متر برای هر گمانه یک مختصات و یک لایه تعریف شده است. لازم به یادآوری است که مقادیر چگالی در طول گمانه‌ها در فواصل مختلف و به صورت محدود موجود بود، لذا از کل گمانه‌ها، هفت گمانه که دارای اطلاعات کامل تری بودند، انتخاب گردید. گزارش‌های حفاری طرح نشان می‌داد که خاک محل پروژه در رده CL-ML (رس و سیلت با حد روانی کمتر از ۵۰٪) و SC-SM (ماسه رس دار لای دار همراه با شن) و GC-GM (شن رس دار لای دار همراه با ماسه) قرار داشته است. لایه‌های با ضخامت خیلی کم به لایه‌های با جنس نزدیک به هم تبدیل و برای هر لایه یک کد در نظر گرفته شده است (جدول ۱).

جدول ۱- کد بندی خاک‌ها

لایه	GC-GM	SC-SM	CL-ML
کد	۱	۲	۳

اطلاعاتی نظیر حداکثر تعداد لایه‌های میانی پیشنهادی و نرون‌های آن‌ها شبکه را طراحی می‌کند. پس از طراحی شبکه، الگوریتم مناسب برای آموزش انتخاب و شبکه آزموده می‌شود.

الگوریتم آموزش انتشار سریع برای اغلب داده‌ها قابل استفاده است. این الگوریتم توسط فالمن^۱ به صورت تجربی توسعه یافته است و نوعی از الگوریتم پس‌انتشار با تغییرات یادگیری سریع تر است. الگوریتم پس‌انتشار آنلاین نیز برای شبکه‌هایی با دو لایه پنهان مناسب است. این الگوریتم نیز از انواع الگوریتم پس‌انتشار است. در پایان شبکه برای کلیه داده‌ها آزموده می‌شود. مقدار همبستگی^۲ شبکه معرف نتایج تست شبکه که هر چه

خاک به‌عنوان خروجی شبکه در نظر گرفته شده است. برای آموزش شبکه از دو الگوریتم انتشار سریع و پس-انتشار آنلاین استفاده شده است. در پایان نیز شبکه برای هر یک از الگوریتم‌های بکار رفته، آزموده شده است. نتایج حاکی از موفقیت شبکه طراحی شده و الگوریتم‌های مورد استفاده بوده است.

اطلاعات موجود

به منظور جلوگیری از آب گرفتگی پل زیر گذر ورودی آیت الله سعیدی واقع در جنوب غربی تهران بویژه در هنگام بارندگی، یک تونل انتقال آب جهت هدایت آب-های سرازیر به این زیرگذر از سوی حوزه معاونت فنی و عمرانی شهرداری منطقه ۱۸ احداث شده است. جهت انجام این تحقیق از اطلاعات گمانه‌های حفر شده در مسیر این تونل انتقال آب استفاده شده است. برای هر

شبکه عصبی مصنوعی

ساختار کلی شبکه های عصبی مصنوعی (ANN_s) از شبکه زیستی انسان الهام گرفته شده است و پژوهش-های پیرامون شبکه‌های عصبی مصنوعی با شناخت و بررسی ساختار کلی و کار یادگیری مغز انسان همراه بوده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌هایی با توان انجام عملیاتی همانند سیستم‌های عصبی طبیعی هستند یا به عبارت بهتر می‌توانند برخی ویژگی‌های شبیه به عملکرد مغز آدمی را به نمایش درآورند [۵]. شبکه‌های عصبی مدل‌های تطبیق‌گر می‌باشند، بدین مفهوم که می‌توانند اطلاعات را دریافت کنند و سپس دانش نهفته در خود را تصحیح نمایند [۱].

نورو اینتلیجنس یک نرم افزار تخصصی در زمینه شبکه-های عصبی مصنوعی است. در این نرم‌افزار ابتدا ورودی-ها و خروجی‌ها آنالیز می‌شوند و سپس شبکه با گرفتن

¹ Fallman

² Correlation

شده است. در ضمن در این مقاله فقط از اطلاعات ۷ گمانه در تهیه داده‌ها استفاده شده است و طبیعتاً این امر نیز در نتایج مؤثر بوده است.

نتیجه گیری

با توجه به مراحل انجام شده در این پژوهش می‌توان به نتایج زیر اشاره کرد:

۱- نتایج به دست آمده صرفاً برای این طرح قابل ارزیابی است.

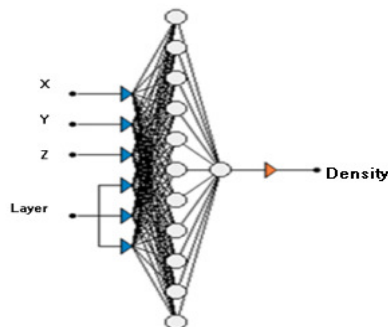
۲- از آنجایی که عموماً ارتباط بین گمانه‌ها دو بعدی بررسی می‌شود، استفاده از این روش امکان بررسی سه بعدی را به وجود آورده است.

۳- هر چند نتایج به دست آمده از این روش به مقدار واقعی نزدیک است ولی بهتر است از آن به عنوان یک روش تکمیلی در کنار روش‌های مرسوم استفاده شود.

۴- استفاده از نرم افزار نورو اینتلیجنس باعث افزایش سرعت و راحتی کاربر نسبت به نرم افزارهای مشابه مانند متلب می‌شود.

۵: با توجه به نتایج مرحله آزمایش به نظر می‌آید، شبکه‌هایی با دو لایه پنهان و الگوریتم‌های انتشار سریع و پس‌انتشار آنلاین برای تخمین چگالی خاک با روش ارائه شده در این تحقیق، انطباق مناسب را با هدف مساله داشته‌اند.

در پایان پیشنهاد می‌شود روش به کار رفته در این پژوهش برای طرح‌های مشابه دیگری نیز استفاده و ارزیابی شود.



شکل ۱- ساختار شبکه بهینه

این مقدار به عدد یک نزدیک‌تر باشد، عملکرد شبکه بهتر بوده است [۷].

طراحی و آموزش شبکه

پس از ورود داده‌ها (سری داده‌های ورودی و خروجی) به نرم افزار و آنالیز اولیه، شبکه مورد نظر طراحی شده است. در مرحله آنالیز ۷۰ سری داده برای مرحله آموزش (۵۸ داده آموزش و ۱۲ داده تأیید) و ۲۵ سری داده به عنوان داده تست در نظر گرفته شده است. در مرحله بعد ایجاد شبکه‌ای با حداکثر دو لایه پنهان به نرم افزار پیشنهاد شد. از ۱۷۶ شبکه طراحی شده، پنج شبکه برتر مشخص گردید (جدول ۲). شبکه بهینه دارای دو لایه میانی با ۱۱ نرون در لایه اول و ۱ نرون در لایه دوم بوده است (شکل ۱). با توجه به مشخصات شبکه بهینه و داده‌ها، از دو الگوریتم انتشار سریع و پس انتشار آنلاین برای آموزش شبکه استفاده شده است (جدول ۳).

آزمایش شبکه

پس از آموزش شبکه، مرحله آزمایش برای داده‌های آموزش انجام گرفت که نتایج آن‌ها در جدول ۴ آورده شده است. همانطور که در این جدول مشخص است، نتایج تست برای دو الگوریتم به هم نزدیک بوده است. نتایج حاصله در مرحله تست، نشان می‌دهد الگوریتم پس‌انتشار آنلاین در مورد داده‌های آموزش و آزمایش، نتایج بهتری داشته است، هر چند الگوریتم انتشار سریع در مرحله آموزش، انطباق بیشتری با شرایط مساله را نشان می‌داد. به عنوان نمونه در شکل ۲، مقادیر واقعی چگالی خاک با پیش‌بینی‌های شبکه (صرفاً برای الگوریتم آموزشی پس انتشار آنلاین) نشان داده شده است. طبیعی است هر چه دو نمودار موجود در شکل ۲ انطباق بیش تری با هم داشته باشند، شبکه بهتر عمل کرده است. به منظور وضوح بیشتر، جزئیات نتایج مرحله تست (صرفاً برای داده‌های تست) در جدول ۵ آورده

جدول ۲- مشخصات پنج شبکه برتر

تابع محاسبه خطای شبکه	تابع انتقال خروجی	تابع انتقال ورودی	سازگاری شبکه	خطای تست	خطای تأیید	خطای آموزش	وزن شبکه	ساختار
مجموع مربعات	سیگموئید sig(n)	سیگموئید sig(n)	۶۶/۳۵	۰/۰۱۵۰۷۲	۰/۰۱۳۱۲	۰/۰۰۷۱۲	۹۱	۴-۱۱-۱-۱
			۴۸/۷۰	۰/۰۲۰۵۳۶	۰/۰۰۳۱۱۳	۰/۰۰۲۹۴۴	۱۴۰	۴-۱۵-۲-۱
			۵۲/۲۱	۰/۰۱۹۱۵۳	۰/۰۲۸۲۹۱	۰/۰۰۱۰۸۴	۱۶۹	۴-۱۱-۷-۱
			۲۱/۵۱	۰/۰۴۶۴۸۳	۰/۰۲۶۵۰۳	۰/۰۳۵۳۱۸	۱۶۳	۴-۹-۹-۱
			۵۵/۵۰	۰/۰۱۹۸۷۱	۰/۰۲۵۴۸۳	۰/۰۰۳۸۱۸	۱۲۳	۴-۶-۱۰-۱

جدول ۳- مشخصات آموزش شبکه

تعداد تکرار	خطای مطلق	
	تأیید	آموزش
۵۰۰	۰۱۵/۰	۰/۰۱۸
۵۰۰	۰۲۱/۰	۰۲۱/۰

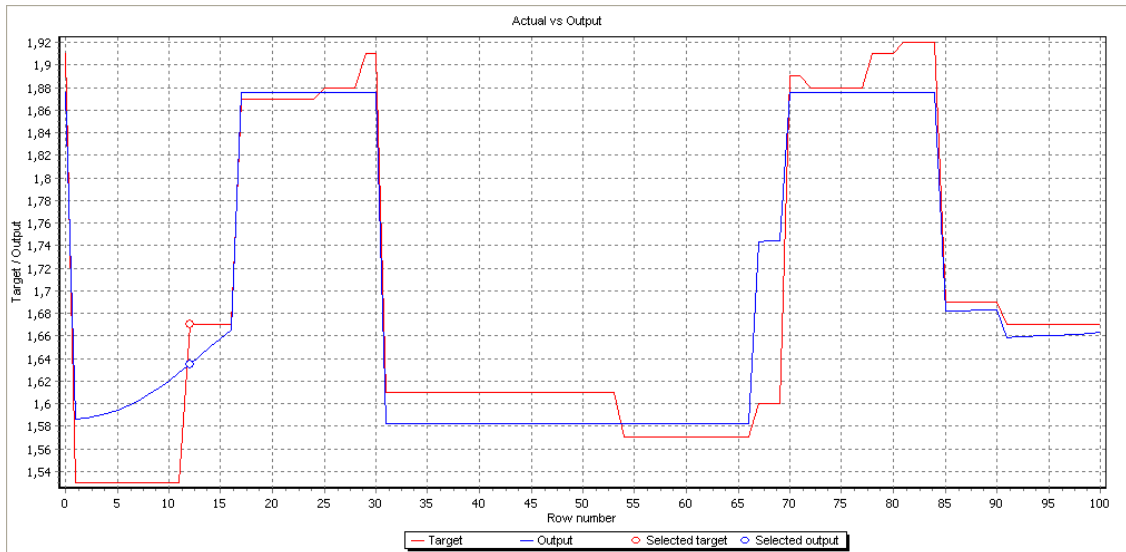
جدول ۴- نتایج آزمایش برای روش های مختلف آموزش

انتشار سریع			پس انتشار آنلاین		
همبستگی	R ²	داده‌ها	همبستگی	R ²	داده‌ها
۹۴/۰	۸۷/۰	آموزش	۹۵/۰	۸۹/۰	آموزش
۹۸/۰	۹۶/۰	تأیید	۰/۹۸	۹۵/۰	تأیید
۹۳/۰	۷۹/۰	تست	۹۵/۰	۸۲/۰	تست

جدول ۵- نتایج مرحله تست برای داده های تست (ستون های A و B به ترتیب معرف مقدار پیش‌بینی چگالی با روش های انتشار سریع و پس انتشار آنلاین می باشد).

X	Y	Z	کد لایه	مقدار واقعی چگالی	A	B
۶/۵۳۱۰۷۸	۳۹۴۷۱۲۰	۸۶/۱۱۳۷	۳	۵۳/۱	۵۹۴/۱	۸۷۵/۱
۶/۵۳۱۰۷۸	۳۹۴۷۱۲۰	۳۶/۱۱۳۵	۳	۵۳/۱	۶۲۰/۱	۵۸۵/۱
۶/۵۳۱۰۷۸	۳۹۴۷۱۲۰	۳۶/۱۱۲۹	۲	۸۷/۱	۸۷۶/۱	۵۸۷/۱
۶/۵۳۱۰۷۸	۳۹۴۷۱۲۰	۸۶/۱۱۲۸	۲	۸۷/۱	۸۷۶/۱	۵۸۸/۱
۶/۵۳۱۰۷۸	۳۹۴۷۱۲۰	۸۶/۱۱۲۴	۲	۶۱/۱	۸۷۶/۱	۵۹۱/۱
۳/۵۳۱۳۹۹	۳۹۴۷۶۸۷	۱۷/۱۱۳۶	۳	۶۱/۱	۵۸۴/۱	۵۹۴/۱
۳/۵۳۱۳۹۹	۳۹۴۷۶۸۷	۶۷/۱۱۳۵	۳	۶۱/۱	۵۸۴/۱	۵۹۷/۱
۳/۵۳۱۳۹۹	۳۹۴۷۶۸۷	۶۷/۱۱۳۲	۳	۶۱/۱	۵۸۴/۱	۶۰۲/۱

۳/۵۳۱۳۹۹	۳۹۴۷۶۸۷	۶۷/۱۱۲۹	۳	۶۱/۱	۵۸۴/۱	۶۰۷/۱
۷/۵۳۱۲۸۷	۳۹۴۸۰۶۹	۹۸/۱۱۳۴	۳	۵۷/۱	۵۸۴/۱	۶۱۳/۱
۷/۵۳۱۲۸۷	۳۹۴۸۰۶۹	۴۸/۱۱۳۲	۳	۵۷/۱	۵۸۴/۱	۶۲۰/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۴۲	۳	۶/۱	۷۵۰/۱	۶۲۷/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۱۱۴۲	۳	۶/۱	۷۵۱/۰	۶۳۴/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۴۱	۳	۶/۱	۷۵۲/۱	۶۴۲/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۱۱۴۱	۱	۸۹/۱	۸۷۶/۱	۶۵۰/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۴۰	۱	۸۹/۱	۸۷۶/۱	۶۵۷/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۱۱۴۰	۱	۸۸/۱	۸۷۶/۱	۶۶۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۳۹	۱	۸۸/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۱۱۳۹	۲	۸۸/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۳۸	۲	۸۸/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۱۱۳۸	۲	۸۸/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۳۷	۲	۸۸/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۱۱۳۷	۱	۹۱/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۳۶	۱	۹۱/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۱۱۳۶	۱	۹۱/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱
۳/۵۳۰۸۷۰	۳۹۴۸۷۵۹	۵/۱۱۳۲	۱	۹۲/۱	۸۷۶/۱	۸۷۵/۱



شکل ۲- ترسیم توزیعی داده های تست برای الگوریتم آموزشی پس انتشار آنلاین (محور عمودی مقادیر چگالی را نشان می دهد. نمودار قرمز معرف پیش بینی های شبکه و نمودار آبی معرف مقادیر واقعی چگالی است.

- [5] Agrawal, G., Frost, J, D.T. and Ghamcau, J.L. (1994) Data Analysis and Modeling Using An Artificial Neural Network, Proc. 13th conference of Int. Soc. Soil mechanics & Foundation Engrg, 4, 1441-1444.
- [6] Najjar, Y.M.; Basheer, i.A., (1996) “ Utilizing Computational Neural Network For Evaluating The Permeability of compacted Clay liners”; Geotechnical & Geological Eng., 14(3), 193-212.
- [7] Neuro Intelligence Help (2005) Ver 2.2.
- [8] Penumadu, D, and Zhao, R. (2000) Modeling Drained Compression Behaving Of Sand Using ANN, Numercal Method Hn geotechnical Engineering, Geotechnical Special Publication, ASCE, No.96, 71-87.
- [9] Zhou, Y.X. and Whu, X.P. (1996) Use Of Neural Network in The Analysis and Interpretation of Site Investigation Data, Computer and Geotechnics, 16(2), 105-122.

منابع

- [۱] بنی مهد، م، ش (۱۳۸۲) کاربرد شبکه عصبی در مهندسی ژئوتکنیک: مدلسازی - تحلیل - طراحی، مجله فنی و مهندسی مدرس، ۱۴، ۲.
- [۲] شالکف، ر، ترجمه: جورابیان، م، زارع، ط و استوار، ا (۱۳۸۲) شبکه‌های عصبی مصنوعی، انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- [۳] منهاج، م (۱۳۸۴) مبانی شبکه‌های عصبی، جلد اول، انتشارات دانشگاه امیر کبیر.
- [۴] کاوه، ع، ایرانمنش، ع (۱۳۸۷)، شبکه‌های عصبی مصنوعی در بهینه سازی سازه‌ها، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.