



مدل سازی ضرایب بزرگنمایی امواج لرزه‌ای به روش شبکه عصبی (مطالعه: شهر ارومیه)

نجمه علی‌دادی^۱ و عباس مهدویان^۲

۱. کارشناسی ارشد مهندسی زلزله دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی عمران- آب و محیط زیست، تهران، ایران. Naj_Alidadi@yahoo.com

۲. دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. A_Mahdavian@sbu.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: اثرات خاک در طیف طراحی اغلب آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای، براساس جنس خاک و متوسط سرعت موج برشی در لایه‌های مختلف لحاظ شده است. در این طیف‌های طراحی، برخی اثرات ویژه ساختگاهی مانند اثرات ضخامت و عمق سنگ بستر لرزه‌ای نادیده گرفته شده است. تجربیات زلزله‌های پیشین ثابت کرده، ضخامت لایه‌های خاک بر پاسخ زمین و در نتیجه بر توزیع خسارات سازه‌ای تاثیر مهمی داشته و غیر قابل چشم پوشی است. ایران از جمله کشورهای زلزله خیز جهان است. شهر ارومیه در منطقه‌ای با پتانسیل لرزه‌ای نسبتاً بالا و در شمال غرب آن واقع شده است. در این مقاله سعی شده است تأثیر تقویت امواج لرزه‌ای در خاک‌های ماسه‌ای و ماری با ضخامت‌های متفاوت در این منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش: در این آنالیزها از شتاب نگاشت‌های مصنوعی شبیه سازی شده براساس نتایج تحلیل خطر لرزه ای به عنوان حرکت ورودی برای آنالیز استفاده شده است. پیش‌بینی مقادیر ضرایب بزرگنمایی زلزله از اهمیت حیاتی برای ایمنی انسان دارد و زلزله یک فرآیند بسیار پیچیده و دینامیکی غیرخطی است و این را نمی‌توان به اندازه کافی با هر مدل‌سازی قطعی پیش‌بینی کرد. بنابراین در این مقاله یک مدل دینامیکی از شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی زلزله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. مدل شبکه عصبی مصنوعی، روش جدیدی برای ایجاد سیستم دانش براساس جمع آوری اطلاعات نمونه است.

یافته‌ها: دانش مورد استفاده در این مدل شبکه عصبی برای پیش‌بینی پاسخ لرزه‌ای است که عمدتاً مبتنی بر داده‌های واقعی است که با استفاده از این مدل می‌توان از آن بهره‌مند شد. در این مقاله با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) مدلی برای پیش‌بینی ضرایب بزرگنمایی لرزه‌ای به دست می‌آید. امتیاز اصلی این روش کاربری بالای آن در عمل بوده و با سرعت زیاد می‌توان پاسخ سازه را تحت شتاب‌نگاشت‌ها تعیین کرد.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه نتایج به دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از معیارهای ضریب همبستگی و جذر میانگین مربعات خطا جواب‌های دقیقی را ارائه کرده است و می‌توان از نتایج به دست آمده در ارزیابی لرزه‌ای خاک‌های ماسه‌ای و ماری شهر ارومیه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل خطی معادل، اثرات ساختگاهی، تحلیل خطر لرزه‌ای، ضریب بزرگنمایی، شتاب‌نگاشت مصنوعی، شبکه عصبی مصنوعی.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** علی‌دادی، نجمه؛ مهدویان، عباس (پاییز، ۱۳۹۵). مدل‌سازی ضرایب بزرگنمایی امواج لرزه‌ای به روش شبکه عصبی (مطالعه: شهر ارومیه). *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۶ (۳)، .

Modeling the amplification of seismic waves with artificial Neural network (Case Study: Urmia City)

N.Alidadi, Master in Earthquake Engineering, Shahid Beheshti University, Naj_Alidadi@yahoo.com

A.Mahdavian, Associate Professor in Shahid Beheshti University, A_Mahdavian@sbu.ac.ir

Abstract

Background and objective: Soil effects in seismic design codes are often based on soil type and average shear wave velocity in different layers. In some seismic design codes, some effects such as the effects of thickness and depth of the bedrock seismic structure are ignored. Past earthquakes experience has proved that thickness of soil layers has a significant impact on the earth response and is unavoidably. Since, Iran is located in the seismic belt areas of the world, and Urmia city is also located in a high seismic potential area of Iran, so in this research, the effect of amplifying seismic waves in marl and sandy soils with different thicknesses has been examined in this area.

Methodology: One dimensional analysis of sandy and marl with unequal thicknesses done by considering the place geotechnical characteristics. It is used from artificial accelerograms simulated based on seismic hazard analysis results as input motion of analysis in this analysis. This amplification ratio is modeled by neural network. Artificial neural network model is a new way to create a knowledge system based on collecting sample data.

Findings: Knowledge used in this model is a neural network to predict the seismic response that is mainly based on real data which can be utilized by using this model. In this paper, a model is designed using artificial neural network (ANN) to predict seismic magnification coefficients. The main advantage of this method is high performance in operation and high speed response of structures under Accelerograms be determined.

Conclusion: In this study, the results of artificial neural network using correlation coefficients and root mean square error criteria has been used to offer precise answer and the obtained results can be used in evaluating sand and marl soils in seismic in Urmia city.

Keywords: Equivalent linear analysis, Site effects, Seismic hazard analysis, Amplification ratio, Artificial accelerogram, Artificial Neural network.

▶ **Citation (APA 6th ed.):** Alidadi, N. Mahdavian, A. (2016, Fall). Modeling the amplification of seismic waves with artificial Neural network (Case Study: Urmia City). *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 6(3), .

مقدمه

NEHRP برای رسوبات عمیق کاربردی نیست. او ضرایب سایت وابسته به عمق را در نواحی میسی سیپی پیشنهاد داد که این ضرایب در پیوندهای کوتاه کمتر و در پیوندهای بلند بیشتر از ضرایب NEHRP ارائه داده است. (هاش‌هاش، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱)

از آنجایی که اغلب شهرها و سازه‌های با درجه اهمیت بالا در نزدیکی و یا روی دره‌های آبرفتی بنا شده‌اند، بنابراین بررسی تأثیر نوع لایه بندی و موقعیت لایه‌ها در میزان حرکت ایجاد در سطح زمین امری ضروری می‌باشد. ایران جزء مناطقی از دنیاست که در کمربند لرزه خیز زمین آلپ- هیمالیا واقع شده است. شهرستان ارومیه واقع در شمالغرب این کشور یکی از شهرهای قدیمی و پرجمعیت با سابقه کهن تاریخی است. بررسی پیشینه لرزه خیزی این منطقه حاکی از فعالیت سامانه گسلی این منطقه می‌باشد.

مهمترین سناریوی لرزه‌ای در گستره نزدیک به شهر ارومیه، گسل سرو است که از فاصله ۲۳ کیلومتری نقطه مرکزی شهر عبور می‌کند و شیب آن بسوی شهر است.

۱۲۰ گمانه ژئوتکنیکی در این شهر حفر شد. با بررسی اطلاعات گمانه‌های حفاری شده لایه‌های آبرفتی در قسمت‌های غربی تا شرقی این منطقه از جنس ماسه و مارن با ضخامت‌های متفاوت دیده شده است. با توجه به فعالیت بالای لرزه‌ای منطقه و اهمیت این شهر و تأثیر ضخامت رسوبات آبرفتی بر پاسخ حرکت زمین، نسبت به انجام تحلیل‌های دینامیکی بمنظور پی بردن به ضریب بزرگنمایی دامنه امواج حرکت زمین در لایه‌های ماسه‌ای این منطقه اقدام شد. از سال ۱۸۲۱، روش‌های زیادی برای تخمین پاسخ ساختگاه ارائه شده است. برای ارزیابی رفتار غیر خطی پاسخ لرزه ای زمین، روش خطی معادل که یک روش تقریبی است بکار گرفته می‌شود. این روش یکی از متداولترین روش‌ها می‌باشد و برای بسیاری از مسائل نتایج منطقی ارائه می‌دهد.

تحلیل خطر لرزه ای بر روی سنگ بستر ارومیه

به منظور شناخت رفتار غیرخطی خاک، به منظور تحلیل پاسخ زمین باید از نتایج بدست آمده در مطالعات تحلیل خطر لرزه‌ای بر روی سنگ بستر استفاده کرد. برای این منظور در این مطالعه از روش‌های معمول تحلیل خطر احتمالاتی و تعیینی استفاده شد. در تحلیل خطر لرزه ای محتوی ساختاری و سرشت لرزه‌ای گستره

محققین با در نظر گرفتن تجربیات زلزله‌های مخرب پیشین، به این نتیجه رسیده‌اند که توزیع خسارات زلزله در یک منطقه به مقدار بسیار زیادی وابسته به پاسخ خاک در برابر بارگذاری سیکلی می‌باشد، که بخش عمده این پاسخ بر اساس خواص مکانیکی خاک کنترل می‌شود. در واقع تامین ایمنی و پایداری سازه در برابر زلزله، بدون توجه به اثرات خاک و شرایط ساختگاهی میسر نخواهد بود. عاملی که در طراحی لرزه‌ای ایمن و مطمئن سازه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد، اثرات ساختگاهی و تأثیر رفتار خاک بر عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها به خصوص در زلزله‌های شدید می‌باشد.

شواهد بسیاری از اثرات ساختگاهی و پاسخ غیرخطی خاک منطقه در زلزله‌های پیشین مانند نورتریچ (۱۸۸۱)، چیچی تایوان (۱۸۸۸)، کوبه (۱۸۸۲) و بم (۲۰۱۲) گزارش شده است نوع خاک منطقه و به تبع آن مشخصات دینامیکی پروفیل خاک مانند میرایی و مدول برشی، میزان رطوبت خاک، تعداد لایه‌ها و ضخامت آنها همگی از عواملی هستند که بر رفتار غیرخطی خاک اثر می‌گذارند. (درنو^۱، ۲۰۱۳-ایکر^۲، ۲۰۱۲-ادریک^۳، ۲۰۰۴)

رودریگز مارک^۴ و همکارانش نشان دادند که ضخامت خاک یکی از پارامترهای مهم بر پاسخ امواج لرزه است. (رودریگز مارک، ۲۰۰۱)

پیتیلاکیز^۵ و همکارانش نیز بر روی پارامترهای مؤثر بر پاسخ تأثیر مشخصات زمین مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که نوع خاک، طبقه خاک و ضخامت، پیوند غالب خاک محل و به طور متوسط سرعت موج برشی لایه آبرفتی بر روی سنگ بستر لرزه ای، به عنوان پارامترهای کلیدی حاکم بر پاسخ محل هستند. (پیتیلاکیز، ۲۰۰۴)

هاش‌هاش^۶ نیز گزارش داد که ضخامت خاک نقش اساسی در تخمین حرکات زمین دارد و نشان داد ضرایب سایت NEHRP تا ضخامت ۳۰ متر تطبیق خوبی با نتایج او دارد ولی ضرایب سایت

1. Drennov
2. Eker
3. Erdik
4. Rodriguez-Marek
5. Pitilakis
6. Hashash

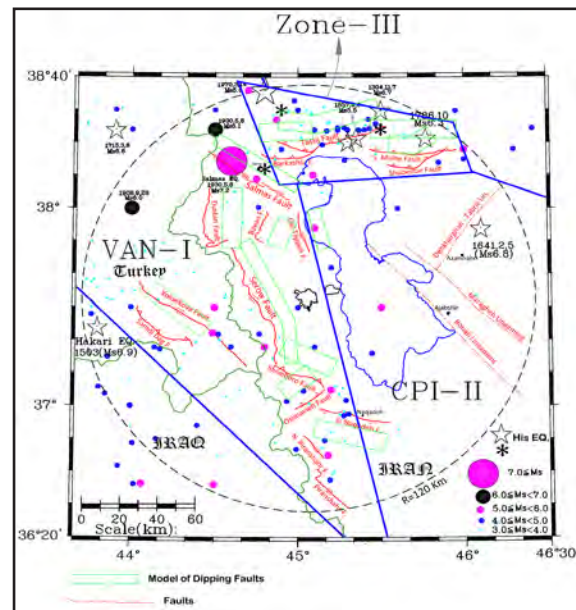
به منظور برآورد بیشینه مقادیر پارامترهای جنبش نیرومند زمین در سنگ بستر لرزه ای ساختگاه مورد مطالعه از روابط کاهیدگی کمپیل- بزرگ نیا (۲۰۰۳)، آمبرسیز، داگلاس، سارما و اسمیت (۲۰۰۵)، بور و اتکینسون (۲۰۰۸)، کمپیل- بزرگ نیا (۲۰۰۸) و آکار و بومر (۲۰۱۰) استفاده شده است.

بر این اساس بیشینه شتاب افقی و قائم و طیفهای مربوط جنبش زمین برای سنگ بستر لرزه ای منطقه دقیقاً مشابه با روش گفته شده برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال محاسبه و پس از میانگین گیری از پنج رابطه ذکر شده به صورت خطوط هم تراز بیشینه مقادیر شتاب در سطح ۸۴٪ خطای روابط کاهیدگی ارائه شد.

پس از آن از روش آماری نیز برای طیف شتاب سنگ بستر لرزه ای که بر مبنای نرمالیزه کردن مقادیر طیفی مجموعه ای از شتاب نگاشت های مناسب می باشد، استفاده شد و برای هر زمین لرزه طراحی طیفی مناسب معرفی گردیده است. نتایج دو روش با یکدیگر مقایسه و با توجه به آنکه نتایج روش آماری پوش مناسبی بر نتایج احتمالاتی بود آنها را انتخاب کردیم. نتایج بدست آمده با طیف مندرج در آئین نامه ساختمان های ایران (۲۸۰۰) مقایسه و شرایط آئین نامه اعمال و طیف های نهایی برای سطوح مختلف طراحی و برای سنگ بستر لرزه ای مشخص و نهایی شد.

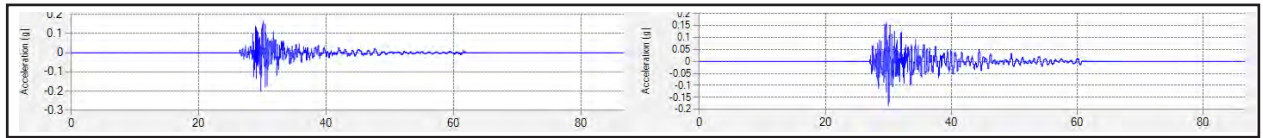
به مقیاس درآوردن شتاب نگاشت ها بر مبنای طیف ویژه طرح پاسخ غیرخطی خاک به شتاب نگاشت ها حساس می باشد، لذا لازم است تا تحت چندین شتاب نگاشت مختلف در آنالیز دینامیکی آن بکار گرفته شود. از آنجا که دسترسی به شتاب نگاشت های ثبت شده از زمین لرزه های واقعی در محدوده ساختگاه مورد مطالعه بسیار محدود و اغلب ناممکن می باشد، معمول است تا شتاب نگاشت های مورد نیاز در طراحی به طریق مصنوعی و یا از طریق به مقیاس در آوردن شتاب نگاشت های ثبت شده از زمین لرزه های سایر نقاط استفاده شود. این شتاب نگاشت ها باید از نظر محتوای فرکانسی با طیف ویژه محاسبه شده برای طرح مشابه شوند. در این مطالعات با توجه به وجود شتاب نگاشت های فراوانی که از زمین لرزه های ایران، ترکیه و سایر نقاط جهان در دسترس می باشد، روش دوم یعنی به مقیاس درآوردن شتاب نگاشت های واقعی برای طراحی لرزه ای این طرح انتخاب شد.

مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. منابع لرزه زا شناسایی شده و فهرست زمین لرزه ها در گستره مورد مطالعه گردآوری و به پردازش آنها پرداخته شد. پارامترهای لرزه خیزی با به کارگیری روش های آماری محاسبه شد. مهمترین سناریوی لرزه ای در گستره نزدیک به شهر ارومیه، گسل سرو با سازوکار نرمال همراه با مؤلفه راستالغز راست گرد است. این گسل در فاصله ۲۳ کیلومتری مرکز شهر ارومیه واقع شده است. شیب این گسل به سمت خاور (به سمت شهر ارومیه) می باشد. طول گسل سرو ۷۵ کیلومتر است که با توجه به روابط تجربی حداکثر توان لرزه ای این گسل ۷ Ms برآورد شده است. (شکل ۱)



شکل ۱. نقشه لرزه زمین ساخت شهر ارومیه منبع: گزارش مطالعات ریز پهنه بندی شهر ارومیه وزارت راه و شهرسازی، ۱۳۹۳

بزرگترین زمین لرزه دستگاهی رویداده در گستره مورد مطالعه، زمین لرزه ۶ مه ۱۹۳۰ میلادی سلماس است. فاصله مرکز این زمین لرزه تا نقطه مرکزی مطالعات پیرامون ۸۷ کیلومتر و بزرگای آن ۷/۲ Ms گزارش شده است. یکی دیگر از زمین لرزه های بزرگ رویداده در گستره مورد مطالعه زمین لرزه ۲۲ فوریه ۱۹۳۴ (۱۹۳۴ Ms) است که در ۷۶ کیلومتری نقطه مرکزی مطالعات بوقوع پیوسته است. زمین لرزه بزرگی در ۲۳ اکتبر ۲۰۱۱ میلادی در منطقه وان (ترکیه) روی داده است که بزرگای آن ۷/۲ Mw و فاصله مرکز آن تا شهر ارومیه ۱۹۰ کیلومتر می باشد.



شکل ۲. نمونه ای شتاب نگاشت‌های مصنوعی تولید شده سنگ بستر لرزه‌ای منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش

مذکور دسته‌بندی شده و سپس با توجه به دامنه تغییرات زیاد ضخامت و تعداد لایه‌های خاک در این منطقه، تحلیل‌هایی مناسب و محدود بر مبنای روش‌های ریاضی انتخاب شده است و تحلیل‌های خطی معادل بر روی لایه‌های خاک منطقه صورت گرفته است. در رهیافت خطی معادل، خصوصیت غیر خطی مدول برشی و میرایی برای تعیین خصوصیات خطی معادل خاک، با استفاده از یک فرآیند تکرار شونده و برای یافتن مقادیر مدول برشی و میرایی سازگار با کرنش‌های مؤثر در هر لایه به کار می‌رود. توجه به این نکته ضروری است که این روش مبنای حل معادله انتشار موج در فضای فرکانس^۲ می‌باشد. از آنجا که برای حل یک مسأله مقدار مرزی، قوانین رفتاری مصالح یکی از معادلات بنیادی است لذا مدل‌های متعددی از رفتار خاک ارائه شده است معمولاً مدل‌های رفتاری که کمیت‌ها و پارامترهای آنها به وسیله آزمایش‌های معمول مکانیک خاک قابل تعیین باشند بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. در این مطالعه از مدل نقطه‌ای گسسته استفاده شده است. سپس نتایج به روش شبکه مصنوعی عصبی مدل‌سازی شده است به گونه‌ای که بتوان از نتایج مدل شبکه عصبی این پژوهش در ارزیابی و تعیین ضریب بزرگنمایی شهر ارومیه بر اساس جنس خاک و ضخامت لایه‌ها استفاده کرد.

یافته‌ها

تحلیل پاسخ زمین

با بررسی اطلاعات گمانه‌های حفر شده در شهر، مقدار چگالی و سرعت موج برشی متوسط لایه‌های خاک ماسه و مارن منطقه مورد نظر محاسبه و با بررسی اطلاعات، گمانه‌ها دیده شده است؛ ضخامت لایه‌های ماسه در این منطقه تا ۳۱ متر و ضخامت لایه‌های مارن بالا و پایین لایه ماسه‌ای بین ۰ تا ۳۰ متر متغیر است و تعداد لایه‌های ماسه‌ای نیز از ۱ تا ۵ تغییر می‌کند. بنابراین به طور کلی ۴ پارامتر متغیر شامل ضخامت لایه ماسه‌ای (TM)، ضخامت لایه

روش این گزارش شامل مراحل زیر است:

- انتخاب شتاب‌نگاشت‌های مناسب با توجه به زمین‌لرزه طراحی مورد نظر (از نظر بزرگ، سازوکار، وضعیت زمین شناسی ساختگاه؛ مدت دوام)
- محاسبه طیف فوری و طیف پاسخ شتاب‌نگاشت انتخاب شده
- مقایسه بین طیف پاسخ شتاب‌نگاشت انتخاب شده با طیف پاسخ هدف (برای زمین‌لرزه طراحی مورد نظر)
- به مقیاس در آوردن طیف فوری شتاب‌نگاشت انتخاب شده در نسبت زیر برای هر فرکانس:

طیف ... پاسخ ... شتاب‌نگاشت هدف

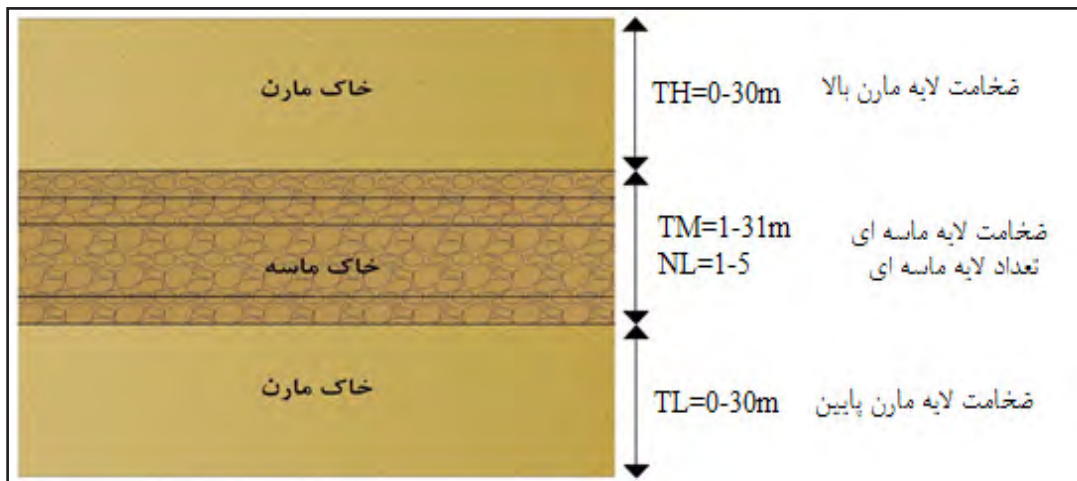
طیف ... پاسخ ... شتاب‌نگاشت انتخاب شده

با استفاده از تبدیل معکوس فوری به حوزه زمان برگشته تا نگاشت زمانی تغییر یافته حاصل گشته و میزان تفاوت مقادیر طیفی شتاب‌نگاشت به مقیاس در آمده با مقادیر هدف محاسبه می‌شود. این فرآیند (مراحل ۲ تا ۵) طی چندین مرحله تا آنجا تکرار می‌شود که طیف پاسخ شتاب‌نگاشت به مقیاس در آمده بر طیف پاسخ هدف تا حد امکان منطبق شود، به طوری که در یک پردازش موفق تفاوت آن با طیف پاسخ هدف به کمتر از ۵ درصد در فرکانس بین ۰/۲۵ تا ۲۵ هرتز می‌رسد.

در مرحله نهایی تصحیح خط مبنای بر روی شتاب‌نگاشت به مقیاس در آمده انجام می‌شود. نمونه شتاب‌نگاشت‌های مصنوعی تولید شده برای سنگ بستر لرزه‌ای در شکل ۲ آورده شده است.

روش

روش تحقیق حاضر متکی بر رویکرد کمی و روش انجام آن عمدتاً تحلیلی می‌باشد که از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد اقتباس کرده‌ام. در این پژوهش ابتدا اطلاعات ژئوتکنیکی شهر ارومیه گردآوری شده است. این اطلاعات با توجه به ضخامت و جنس خاک منطقه



شکل ۳. مدل تقریبی گمانه‌های قسمت غربی تا شرقی شهر ارومیه منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش

جدول ۱. تحلیل‌های انجام شده

RUN	TH	TM	TL	NL
۱	۱۵	۱۶	۱۵	۳
۲	۷.۵	۲۳.۵	۷.۵	۲
۳	۲۲.۵	۲۳.۵	۷.۵	۴
۴	۱۵	۱۶	۳۰	۳
۵	۷.۵	۸.۵	۲۲.۵	۲
۶	۷.۵	۲۳.۵	۲۲.۵	۴
۷	۱۵	۱۶	.	۳
۸	۳۰	۱۶	۱۵	۳
۹	۲۲.۵	۲۳.۵	۲۲.۵	۲
۱۰	۲۲.۵	۸.۵	۲۲.۵	۲
۱۱	۷.۵	۲۳.۵	۷.۵	۴
۱۲	۷.۵	۸.۵	۲۲.۵	۴
۱۳	۱۵	۱۶	۱۵	۱
۱۴	۱۵	۱	۱۵	۳
۱۵	۷.۵	۲۳.۵	۲۲.۵	۲
۱۶	۷.۵	۸.۵	۷.۵	۴
۱۷	۲۲.۵	۸.۵	۲۲.۵	۴
۱۸	۷.۵	۸.۵	۷.۵	۲
۱۹	۲۲.۵	۲۳.۵	۷.۵	۲
۲۰	۱۵	۳۱	۱۵	۳
۲۱	۲۲.۵	۸.۵	۷.۵	۴
۲۲	۲۲.۵	۸.۵	۷.۵	۲
۲۳	.	۱۶	۱۵	۳
۲۴	۱۵	۱۶	۱۵	۵
۲۵	۲۲.۵	۲۳.۵	۲۲.۵	۴

زمانی که امواج زلزله از لایه‌های آبرفتی می‌گذرند دامنه امواج لرزه ای در بعضی از پریرودها به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

مارن پایینی (TL)، ضخامت لایه مارن بالایی (TH) و تعداد لایه‌های ماسه‌ای (NL) مورد بررسی قرار می‌گیرد. (شکل شماره ۳)

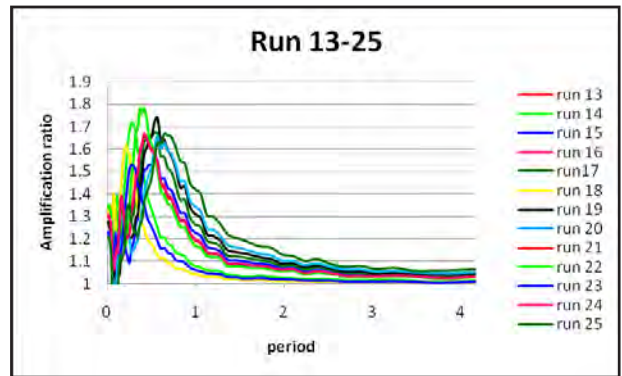
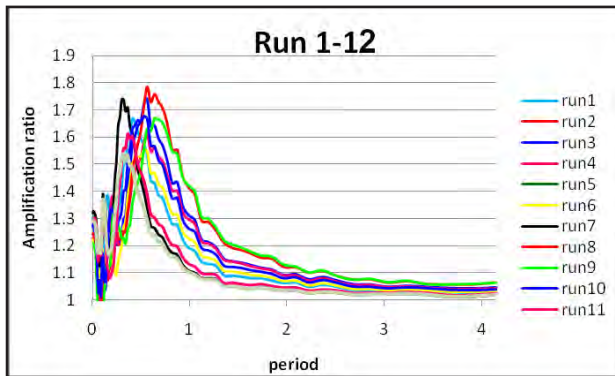
با توجه به اینکه تعداد پارامترهای متغیر و همچنین محدوده تغییر آنها زیاد است انتخاب تحلیل‌های محدودی که معرف مناسبی از این مدل باشد، حائز اهمیت است؛ بنابراین با استفاده از روش‌های ریاضی و نرم افزار 7.0.0 Design Expert تعدادی محدودی تحلیل پیشنهاد شده است. با توجه به محدوده تغییر پارامترها، این نرم افزار تحلیل‌هایی را جهت مدل‌سازی پیشنهاد داده است که این تحلیل‌ها انجام شده و نتایج خروجی آن (ضریب بزرگنمایی به ازای پریرودهای متفاوت) محاسبه شده است. قابل ذکر است این تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار Deepsoil و روش خطی معادل انجام شده است. (هاش‌هاش، ۲۰۱۱)

امواج وقتی به نزدیک سطح زمین می‌رسند از لایه‌های متعددی عبور کرده اند، بعد از تغییرات زوایا و سرعت‌های مختلف در این لایه‌ها امواج به صورت عمود بر سطح زمین خارج می‌شوند و سطح زمین را تحت امواج عمودی مورد ارتعاش قرار می‌دهند تحلیل یک بعدی پاسخ زمین بر اساس فرضیات متعددی بنا شده است که مهمترین این فرضیات فرض افقی بودن مرز لایه‌ها و پاسخ خاک بر اساس امواج SH که از سنگ بستر به صورت عمودی منتشر می‌شوند است در این روش فرض می‌کنیم که لایه‌ها و سنگ بستر در جهات جانبی تا بی نهایت ادامه دارند این روش با تقریب خوبی می‌تواند به کار رود و نتایج قابل قبولی را ارائه کند.

در این تحلیل‌ها از شتاب‌نگاشت‌های مصنوعی شبیه سازی شده بر اساس نتایج تحلیل خطر لرزه‌ای استفاده شده است.

ضریب بزرگنمایی به ازای هر پریود محاسبه و سپس به ازای هر تحلیل نتایج این شتاب‌نگاشت‌ها میانگین‌گیری شده است؛ شکل ۴ منحنی ضریب بزرگنمایی میانگین‌گیری شده برای هر تحلیل جدول ۱ نشان می‌دهد. (علیدادی، ۱۳۹۴)

بنابراین چگونگی رفتار رسوبات نرم نسبت به حرکت سنگ کف لرزه‌ای، تحت عنوان ضریب بزرگنمایی، از پارامترهای حائز اهمیت تأثیر سایت بر امواج لرزه‌ای است؛ بنابراین پس از انجام تحلیل‌ها نسبت طیف پاسخ حاصل از تحلیل به طیف پاسخ هر شتاب‌نگاشت



شکل ۴. مقادیر ضریب بزرگنمایی منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش

وزن‌های خاص جمع شده به تابع تحریک هر نرون فرستاده می‌شوند که این اقدام به پردازش جمع وزن‌دار ورودی‌های اعمال شده به نرون می‌کند و خروجی نرون را به لایه‌های بعدی و در نهایت به لایه خروجی می‌فرستد که جواب شبکه نسبت به ورودی‌های اعمال شده به آن است. نرون کوچک‌ترین واحد پردازشگر اطلاعات است، که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد. یک نرون از ۳ قسمت اصلی تشکیل شده است (شکل ۵) (آرجون، ۲۰۱۱):

مجموعه سیناپس که ارتباط بین ورودی (x_j) و نرون را از طریق وزن‌های W_{kj} برقرار می‌کند.

مجموعه جمع‌کننده (u_k) که سیگنال‌های ورودی وزن‌دار را جمع می‌کند.

یک تابع محرک ($\varphi(\cdot)$) که برای محدود کردن دامنه خروجی به کار گرفته می‌شود.

در این میان جمله ثابت بایاس b_k جهت کاهش یا افزایش خروجی نرون به کار می‌رود. به صورت ریاضی می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$u_k = \sum_{j=1}^n W_{kj} x_j$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k)$$

مدل‌سازی

شبکه عصبی

شبکه‌های عصبی مصنوعی^۱ یا به زبان ساده‌تر شبکه‌های عصبی سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوینی برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش و اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده هستند. ایده اصلی این گونه شبکه‌ها الهام‌گرفته از شیوهی کارکرد سیستم عصبی زیستی، برای پردازش داده‌ها برای یادگیری و ایجاد دانش است. عنصر کلیدی این ایده، ایجاد ساختارهایی جدید برای سامانه‌ی پردازش اطلاعات است. در شبکه‌های عصبی مصنوعی بلوک‌های ساختاری و یا نرون‌ها، دستگاه‌های محاسباتی خیلی ساده‌ای هستند و ارتباط بین نرون‌ها عملکرد شبکه را تعیین می‌کند و هدف از آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی تعیین ارتباط مناسب، جهت حل مسائل است. (دموت^۲، ۱۹۹۸)

در این شبکه‌ها نیز لایه‌های موازی نرون‌ها را می‌بینیم که نرون‌های هر لایه نقش خاصی را ایفا می‌کنند. معمولاً ورودی‌هایی که از خارج به شبکه عصبی داده می‌شوند، به دسته‌ای از نرون‌ها که در یک لایه مرتب شده‌اند، اعمال می‌شوند. این ورودی‌ها با

1. Artificial Neural Network - ANN
2. Demuth

یکی از مهمترین الگوریتم‌های یادگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی، که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده است، قانون یادگیری پس‌انتشار خطا نامیده می‌شود. از قانون یادگیری پس انتشار خطا برای آموزش شبکه‌های عصبی چندلایه پیشخور که عموماً شبکه‌های پرسپترون چندلایه هم نامیده می‌شوند، استفاده می‌کنند. قانون پس‌انتشار خطا از دو مسیر اصلی تشکیل می‌شود. مسیر اول به مسیر رفت^۵ موسوم است که در آن، ورودی ارائه شده به لایه‌های ورودی از طریق شبکه، لایه به لایه، به لایه خروجی انتشار می‌یابد که در آن خطا بین خروجی مورد نظر و خروجی شبکه محاسبه شده است. در این مسیر پارامترهای شبکه، ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می‌شوند. در این الگوریتم تابع هدف برای آموزش شبکه طراحی شده، معمولاً به صورت جمع میانگین مربعات خطا است که به صورت زیر تعریف می‌شود.

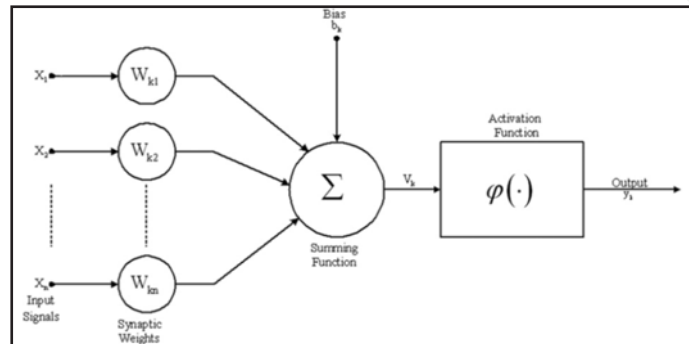
$$MSE = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2$$

مقدار خطا پس از محاسبه، در مسیر برگشت^۶ از لایه خروجی و از طریق لایه‌های شبکه در کل شبکه توزیع می‌شود. در این مسیر وزن‌های شبکه پرسپترون چندلایه به گونه‌ای تغییر می‌کند و تنظیم می‌شود، تا مجموع مربعات خطای شبکه کمینه شود.

برای آموزش شبکه پرسپترون چندلایه روش‌های متفاوتی وجود دارد که با بررسی‌های صورت گرفته در این تحقیق از روش لونیبرگ - مارکوارت استفاده شده است. (لونیبرگ، ۱۹۴۴ - مارکوارت، ۱۹۶۳)

پردازش داده‌های شبکه عصبی

یک شبکه عصبی مطلوب ارتباط درست و منطقی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها برقرار می‌نماید در این مطالعه از شبکه عصبی به منظور مدل‌سازی ضرایب بزرگنمایی به دست آمده از تحلیل دینامیکی زمین استفاده شده است به بیان دیگر شبکه عصبی ورودی را که پیرو و ضخامت خاک مارن بالا و ضخامت خاک ماسه‌ای و ضخامت خاک مارن پایین و تعداد لایه‌ها هستند، دریافت می‌کند و با پاسخ‌های موجود که مقادیر بازتاب خاک هستند با یک منطقی

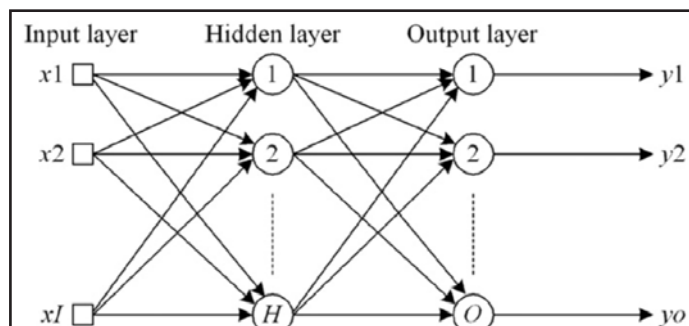


شکل ۵. مدل یک نرون منبع: آر جون، ۲۰۱۱

همانطور که در شکل مشخص است x_1, x_2, \dots, x_n سیگنال‌های ورودی هستند و $W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{kn}$ وزن‌های نرون k ام هستند و b_k بایاس می‌باشد و u_k جمع کننده است. این حاصل جمع، ورودی خالص برای تابع محرک $\varphi(.)$ خواهد بود و y_k سیگنال خروجی می‌باشد.

تابع محرک هر نرون برای تعیین خروجی ناشی از جمع ورودی‌های وزن‌دار آن نرون می‌باشد. از توابع محرک رایج می‌توان خطی، لگسیگموئید^۲، تنسیگموئید^۳ را نام برد. در اکثر موارد یک تابع تحریک غیرخطی همچون تابع تحریک سیگموئید بکار گرفته می‌شود. در این تحقیق نیز از تابع تحریک تنسیگموئید استفاده شده است.

در این مطالعه از شبکه عصبی چند لایه پیشخور^۴ برای پیش‌بینی ضرایب بزرگ‌نمایی استفاده شده است. شکل شماره ۶ ساختار شبکه‌های پرسپترون چندلایه با یک لایه پنهان، وضعیت نرون‌ها در لایه‌ها و نحوه ارتباط بین لایه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۶. مدل شبکه چندلایه پرسپترون با یک لایه پنهان منبع:

آر جون، ۲۰۱۱

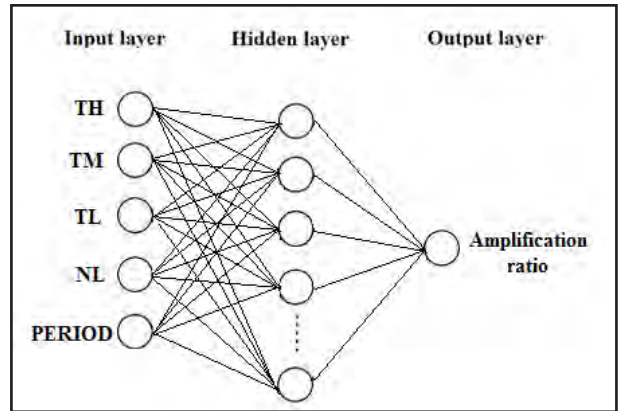
1. Arjun
2. log-sigmoid
3. tan-sigmoid
4. Multi-Layer Perceptron- MLP

5. Forward Path
6. Backward Path

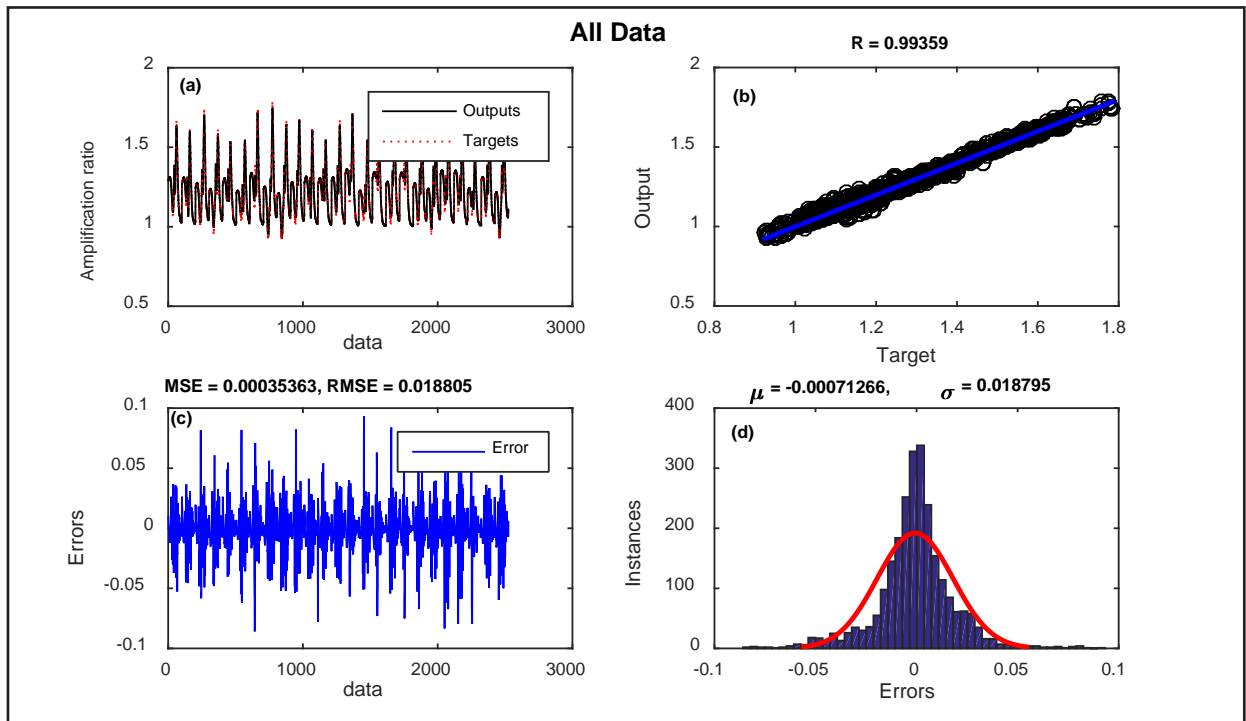
نتایج شبکه عصبی

برای هر یک از مراحل آموزش، آزمایش و آزمون، ضریب همبستگی بین بزرگنمایی شبکه و بزرگنمایی حاصل از تحلیل، محاسبه می‌شود که در اشکال (۸-b) و (۹-b) و (۱۰-b) و (۱۱-b) و (۸-d) و (۹-d) و (۱۰-d) و (۱۱-d) به نمایش درآمده است. همچنین نمودارهای (۸-d) و (۹-d) و (۱۰-d) و (۱۱-d) هیستوگرام خطا برای هر یک از مراحل یادگیری (آموزش، اعتبارسنجی، تست) را نشان می‌دهد. نمودارهای ضریب بزرگنمایی پیش‌بینی شده توسط شبکه و ضریب بزرگنمایی واقعی به ازای هر داده نشان داده شده است شکل (۸-a) و (۹-a) و (۱۰-a) و (۱۱-a). در شکل (۸-c) و (۹-c) و (۱۰-c) و (۱۱-c) نیز مقدار خطا به ازای هر داده برای داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، تست نیز ارائه شده است. این نتایج حاکی از تقریب مناسب این شبکه برای این مطالعه می‌باشد. این نتایج تقریب مناسب (بالای ۹۹ درصد) این شبکه را برای این مطالعه نشان می‌دهد.

ریاضی مرتبط می‌کند. در شکل (۷) فرم ساختار شبکه عصبی استفاده شده در این مطالعه نشان داده شده است. در این شبکه از ۵۰ نرون در لایه پنهان استفاده شده است. در شبکه عصبی مذکور از ۷۰ درصد داده‌ها جهت آموزش^۱ و ۱۵ درصد جهت اعتبارسنجی^۲ و ۱۵ درصد باقی‌مانده جهت تست^۳ استفاده شده است.

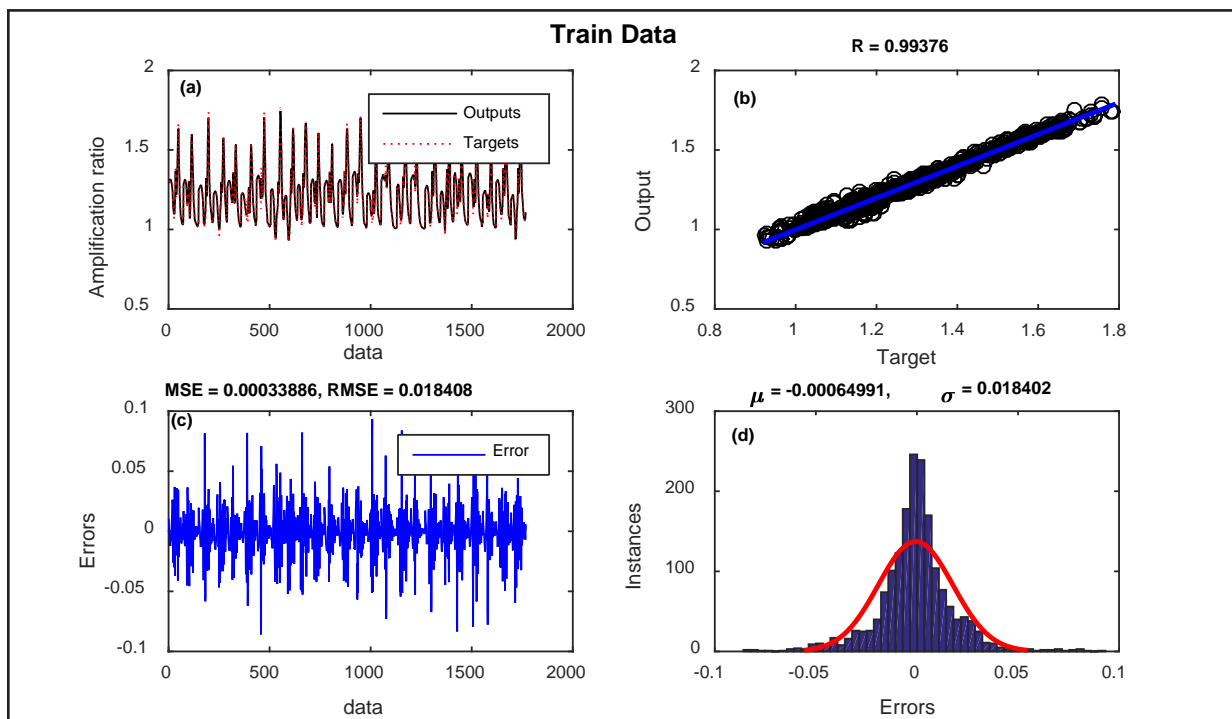


شکل ۷. ساختار شبکه عصبی با دو ورودی منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش

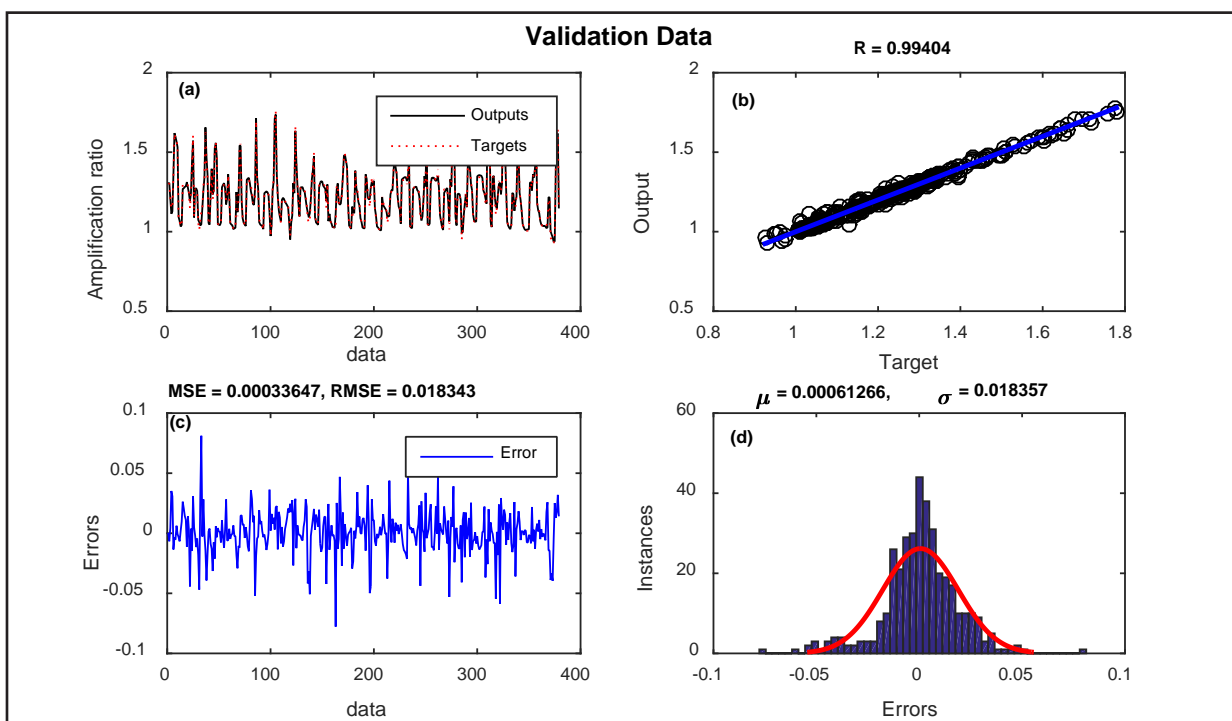


شکل ۸. نمودارهای نتایج شبکه عصبی برای کل داده‌ها: a- مقایسه بین منحنی ضریب بزرگنمایی حاصل از شبکه و ضریب بزرگنمایی واقعی b- ضریب همبستگی بین ضریب بزرگنمایی شبکه و ضریب بزرگنمایی واقعی c- مقادیر خطا به ازای هر داده d- هیستوگرام خطا منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش

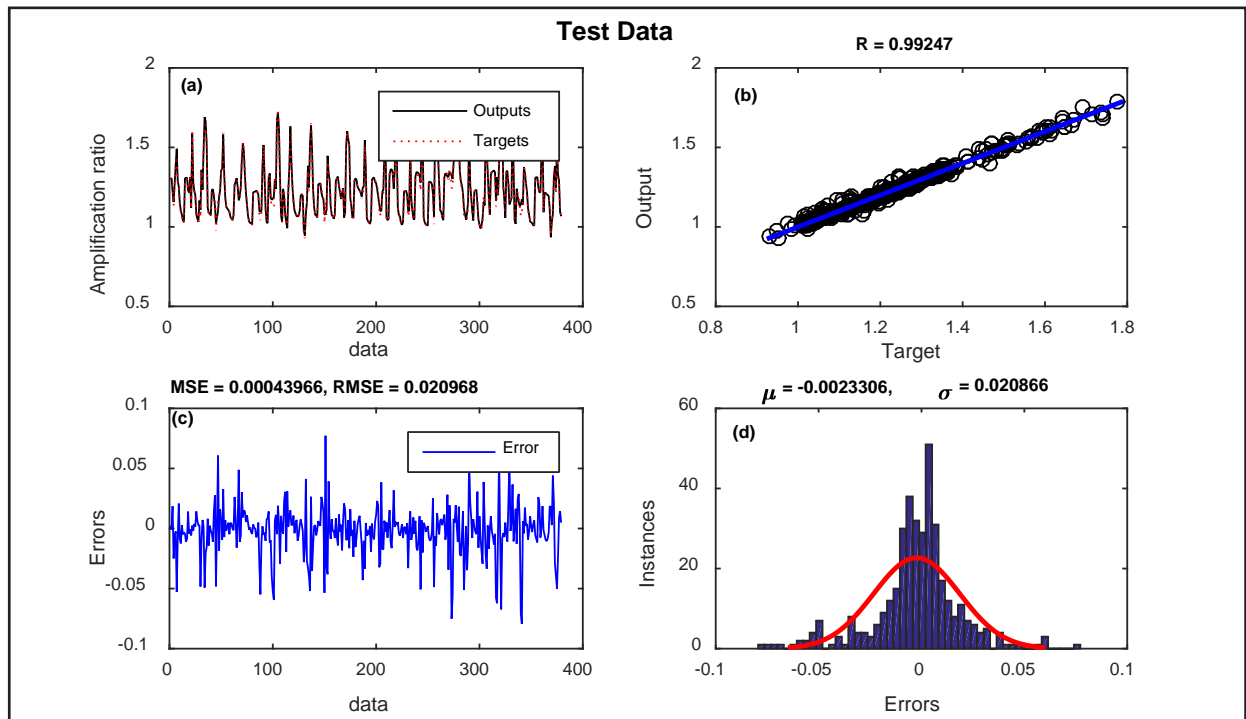
1. train
2. validation
3. test



شکل ۹. نمودارهای نتایج شبکه عصبی برای داده‌های آموزش: a- مقایسه بین منحنی ضریب بزرگنمایی حاصل از شبکه و ضریب بزرگنمایی واقعی b- ضریب همبستگی بین ضریب بزرگنمایی شبکه و ضریب بزرگنمایی واقعی c- مقادیر خطا به ازای هر داده d- هیستوگرام خطا منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش



شکل ۱۰. نمودارهای نتایج شبکه عصبی برای داده‌های اعتبارسنجی: a- مقایسه بین منحنی ضریب بزرگنمایی حاصل از شبکه و ضریب بزرگنمایی واقعی b- ضریب همبستگی بین ضریب بزرگنمایی شبکه و ضریب بزرگنمایی واقعی c- مقادیر خطا به ازای هر داده d- هیستوگرام خطا منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش



شکل ۱۱. نمودارهای نتایج شبکه عصبی برای داده‌های تست: a- مقایسه بین منحنی ضرایب بزرگنمایی حاصل از شبکه و ضرایب بزرگنمایی واقعی b- ضرایب همبستگی بین ضرایب بزرگنمایی شبکه و ضرایب بزرگنمایی واقعی c- مقادیر خطا به ازای هر داده d- هیستوگرام خطا منبع: نگارنده، یافته‌های پژوهش

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق در ارزیابی لرزه‌ای خاک‌های ماسه‌ای و ماری شهر ارومیه استفاده شد. در این تحقیق برای پیش‌بینی ضرایب بزرگنمایی امواج لرزه‌ای خاک‌های ماسه‌ای شهر ارومیه مدل کامپیوتری تهیه و از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. استفاده از شبکه عصبی در پیش‌بینی رفتار خاک در نقاط مختلف یک منطقه امری کاملاً اقتصادی و با قابلیت اعتماد بالا است. در این مطالعات نشان داده شد که شبکه عصبی می‌تواند به خوبی کار متخصص ژئوتکنیک را انجام دهد و راهنمای مناسبی برای افزایش دقت و سرعت به ویژه برای نقاطی با ارتباط بسیار پیچیده بین داده‌ها، باشد. با توجه به ضرایب همبستگی و جذر میانگین مربعات خطای داده‌های به دست آمده تطابق مناسبی را در به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی نشان می‌دهد.

منابع

منابع فارسی

وزارت راه و شهرسازی، (۱۳۹۳). گزارش مطالعات لرزه زمین ساخت و خطر لرزه زمین پروژه ریز پهنه بندی شهر ارومیه.

علیدادی، نجمه، (۱۳۹۵). بررسی تأثیر تقویت امواج لرزه‌ای در خاک‌های ماسه‌ای با ضخامت‌های متفاوت همراه با مطالعه موردی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله. دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی.
<http://www.sbu.ac.ir/Cols/CWE/Pages/default.aspx>

منابع انگلیسی

- Drennov, A.F., Dzhurik, V.I., Serebrennikov, S.P., Bryzhak, E.V., Drennova, N.N., 2013. Acceleration response spectra for the earthquakes of the southwestern flank of the Baikal Rift Zone. *Russian Geology and Geophysics (Geologiya i Geofizika)* 54 (2), 223–230 (292–301).
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1068797113000096>
- Eker, A.M., Akgun, H., Kockar, M.K., 2012. Local site characterization and seismic zonation study by utilizing active and passive surface wave methods: A case study for the northern side of Ankara, Turkey. *Engineer. Geol.* 151, 64–81.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795212002645>
- Erdik, M., Durukal, E., 2004. Strong ground motion, in: Ansal, A. (Ed.), *Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering*. Kluwer Academic Publishers, Chapter 3, 67–100.
- Rodriguez-Marek A, Bray JD, Abrahamson NA. An empirical geotechnical seismic site response procedure. *Earthquake spectra* 2001;17;65-87.
http://kisi.deu.edu.tr/orhan.polat/4_NEHRP_Paper_OP.pdf

- Demuth, Howard, Mark Beale, and Martin Hagan. "Neural network toolbox user's guide. The MathWorks." Inc., Natick, USA (1998).http://www.image.ece.ntua.gr/courses_static/nn/matlab/nnet.pdf
- Arjun C.R., Kumar Ashok. Neural network estimation of duration of strong ground motion using Japanese earthquake records. *Soil Dynamic and Earthquake Engineering* 31 (2011) 866-872.<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726111000029>
- Levenberg, K. "A Method for the Solution of Certain Problems in Least-Squares." *Quarterly Applied Mathematics* 2, 1944, pp. 164–168.https://www.jstor.org/stable/43633451?seq=1#page_scan_tab_contents
- Marquardt, D. "An Algorithm for Least-squares Estimation of Nonlinear Parameters." *SIAM Journal Applied Mathematics*, Vol. 11, 1963, pp. 431–441.http://www.dista.unibo.it/~bittelli/materiale_lettura_fisica_terreno/marquardt_63.pdf
- Pitilakis K, Gazepis C, Anastasiadis A. Design response spectra and soil classification for seismic code provisions. In: *Proceedings of 13th world conference on earthquake engineering*. Vancouver, Canada; 2004, Paper no. 2904. http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_2904.pdf
- Hashash Y. site amplification factors for deep deposits and their application in seismic hazard analysis for Central U.S; 2011. <http://earthquake.usgs.gov/research/external/reports/G09AP00123.pdf>
- Park D, Hashash YMA. Evaluation of seismic site factors in the Mississippi Embayment. II. Probabilistic seismic hazard analysis with nonlinear site effects. *Soil Dyn Earthquake Eng* 2005;25(2):145-56.<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726104001587>
- Hashash, Y. M. A., D. R. Groholski, C. A. Phillips, D. Park, and M. Musgrove. "DEEPSOIL 5.0." User Manual and Tutorial, Univ. of Illinois at Urbana Champaign, Champaign, Illinois (2011). <http://www.sbu.ac.ir/Cols/CWE/Pages/default.aspx>