

International Conference on
Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure

کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری

CERTIFICATE



29-30 July 2015

TABRIZ - IRAN

۷ الی ۸ مرداد ۱۳۹۴ ایران - تبریز

گواهینامه پذیرش، چاپ و ارائه مقاله



سرکار خانم / جناب آقای مهرداد مجد، علی اختر پور، محمدباقر نقیبی سیستانی

بدینوسیله گواهی می گردد مقاله جنابعالی تحت عنوان:

پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک مورد استفاده در دیوار آب بند سدهای خاکی با استفاده از الگوریتم شبکه های عصبی

با توجه به نظر کمیته داوری کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری جهت چاپ در مجموعه مقالات کنفرانس مورد پذیرش قرار گرفته و در این کنفرانس که در تاریخ ۷ الی ۸ مرداد ماه ۱۳۹۴ در تبریز برگزار شد ارائه گردیده است. موفقیت روزافزون شما را در عرصه های دانش و پژوهش از درگاه احدیت مسئلت می نمایم.

با تقدیم احترام

مهندس علی احمدی

دبیر اجرایی کنفرانس

با تقدیم احترام

دکتر کاوه علیپور

دبیر علمی کنفرانس

International Conference on
Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure

کنفرانس بین المللی عمران، معماری و زیرساخت های شهری

CERTIFICATE

Certificate of Paper Admission, Publication & Presentation



Verification Code : PE-BEGD
System Address : www.icica.ir/verify

29-30 July 2015

TABRIZ - IRAN

۷ الی ۸ مرداد ۱۳۹۴ ایران - تبریز

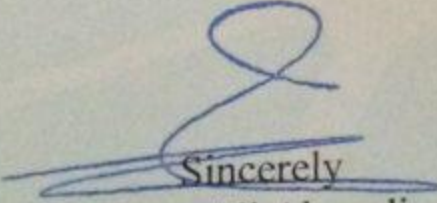


Dear Mr. / Ms. Mehrdad Majd, Ali Akhtarpour, Mohammad Bagher Naghibi Sistani

Hereby this is to certify that your paper entitled as:

the compressive strength of plastic concrete cutoff wall prediction used in Embankment dams by neural network algorithm

Has been admitted to be published in proceedings of the conference upon opinion of the review committee of the International Conference on Civil Engineering, Architecture and urban infrastructure and has been presented in this conference held on 29-30 July. 2015 in Tabriz. We ask The Almighty your ever-increasing success in knowledge and research areas.


Sincerely
Eng. Ali Ahmadi
Conference chair

Sincerely
Dr. Kayeh Alipour
Scientific chair of Conference

بدون مهر برجسته فاقد اعتبار می باشد

www.icica.ir

پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک مورد استفاده در دیوار آب بند سدهای خاکی با استفاده از الگوریتم شبکه های عصبی

مهرداد مجد^{۱*}، علی اخترپور^۲، محمد باقر نقیبی سیستانی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی عمران

۳- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی برق

*mehrdadmajd@ymail.com

چکیده

در این مقاله، یک مدل پیش بینی برای مقاومت فشاری ۲۸.۷ و ۹۰ روزه بتن پلاستیک با استفاده از شبکه عصبی پیشخور^۱ چند لایه (MFNNS) ارائه می‌شود. در این نوع شبکه عصبی، خروجی هر سلول تنها به سلول‌های لایه بعد وصل می‌شود، که یک رابطه پیچیده غیرخطی بین ورودی‌ها (درصد مصالح اختلاط) و خروجی‌ها (مقاومت فشاری بتن پلاستیک) برقرار می‌کند. مقادیر خروجی با استفاده از پارامترهای: سیمان، بنتونیت، نسبت آب به سیمان، میزان وزنی سنگدانه‌ها، شن، ماسه، رس، خاکستر، ماسه، مجموع ذرات، مجموع ذرات سیمان، اسلامپ، ماکزیمم سایز دانه بندی، تیپ سیمان، با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی بدست آمد. با توجه به تعداد خروجی‌ها، ۳ مدل پیش بینی در نظر گرفته شد، که همپوشانی مناسبی بین مقادیر خروجی حاصل از شبکه و خروجی واقعی نشان می‌دهد. با توجه به اینکه دامنه‌ی طرح اختلاط (پارامترهای ورودی) وسیعی در نظر گرفتیم، توانستیم مدل پیش بینی بسیار دقیقی را طراحی نماییم.

واژه‌های کلیدی: مقاومت فشاری، طرح اختلاط، بتن پلاستیک، شبکه عصبی.

۱- مقدمه

از خصوصیات دیوار آب بند می‌توان به نفوذ پذیری کم و همچنین انعطاف پذیری در برابر بارهای حاصل از نشست سد، که خاصیت آب بندی خود را حفظ می‌نماید، می‌توان اشاره نمود. که امکان استفاده از آن در خاکهای ریزی، زمین‌های سست و اشباع باعث شده، بهترین گزینه برای آب بندی پی سدهای خاکی باشد. پارامترهای تاثیر گزار طراحی بتن پلاستیک که مورد توجه قرار می‌گیرد شامل: ۱- مقاومت فشاری ۲- نفوذپذیری ۳- اسلامپ ۴- مدول الاستیسیته می‌باشد. با توجه به اجزای طرح اختلاط و مقادیر آن، با انجام آزمون‌های آزمایشگاهی که به صورت صحیح و خطا انجام می‌گیرد، هر یک از آیت‌های طراحی مورد نظر بدست می‌آید. از آنجایی که انجام هریک از آزمون‌های آزمایشگاهی، هزینه و وقت زیادی را برای گرفتن نتیجه‌ی مطلوب مورد نظر می‌گیرد، شبکه عصبی می‌تواند طرح اختلاط مورد نظر را با توجه به پارامترهای طراحی در کوتاهترین زمان به ما ارائه دهد.

شبکه عصبی طبیعی موجودات زنده به عنوان یک سیستم پردازشگر، دارای خصوصیات منحصر بفردی می‌باشد. از اینرو دانشمندان سعی کرده‌اند، مدلی ابداع نمایند که تا حدودی خواص شبکه عصبی طبیعی را داشته باشد و بر این اساس آن را شبکه عصبی نام نهاده‌اند. علت اصلی کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در زمینه مسائل مرتبط با مهندسی عمران، حل مسائلی می‌باشد که یا دارای روابط ریاضی مشخصی به منظور تحلیل مسائل نمی‌باشد و یا اینکه تحلیل آنها از روش‌های متعارف، زمانبر و طولانی می‌باشد [2]. این مقاله به انتشار یک روشی با کمک شبکه عصبی می‌باشد که بر اساس اطلاعات و داده‌های

¹Back propagation

بدست آمده تجربی بنا شده است، که برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک در کمترین زمان ممکن که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه می باشد، ارائه شده است.

۲- معرفی مساله

از جمله خصوصیات دیوار آب بند بتن پلاستیک که باید مد نظر طراحی قرار بگیرد شامل: (۱) نفوذ پذیری پایین (۲) تغییر شکل پذیری بالا (۳) مقاومت فشاری اعمالی متناسب با فشار های اعمالی می باشد. بتن پلاستیک تازه باید خواص تیکسوتروپیک خود را به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت حفظ کند و سرعت نشست ذرات کم باشد. چسبندگی باید به قدر کافی زیاد باشد تا مقاومت لازم جهت مقابله با فشارهای هیدرولیکی را داشته باشد. طرح اختلاط باید به گونه ای باشد که با ایجاد پدیده کیک در سطح ترانشه از خروج بیش از حد آب بتن تازه جلوگیری نماید. لذا در طول عملیات، بتن پلاستیک از نظر چگالی و گرانی تحت آزمایش مارش قرار می گیرد تا ویسکوزیته آن نه آنقدر کم باشد که سبب افت دوغاب گردد و نه آنقدر زیاد باشد که موجب تاخیر در عملیات حفاری گردد. بتن پلاستیک که در دیوار آب بند مورد استفاده قرار می گیرد، با توجه به آیتم های طراحی می تواند دارای مشخصات جدول ۱ باشد:

پارامترهای های طراحی:	مقادیر مورد نیاز:
مقاومت فشاری	۳۰ تا ۷ kg/cm ²
نفوذپذیری	کمتر از ۱×۱۰ ^{-۸} m/s
اسلامپ	۱۷-۲۲ Cm

جدول ۱- مشخصات بتن پلاستیک [1]

طرحی که برای اختلاط بتن پلاستیک در نظر می گیرند از: سیمان، آب، بنتونیت، شن، ماسه، رس و افزودنی هایی چون: خاکستر، مواد پوزولانی و میکروسیلیس تشکیل یافته است. با انجام تست های آزمایشگاهی که بر روی نمونه های بتن پلاستیک انجام گرفته، ثابت شده که با تغییر مقدار هر یک از آیتم های طرح اختلاط بتن پلاستیک می توان به پارامترهای طراحی مورد نظر دست یافت. حال می توان با استفاده از نتایج تست های آزمایشگاهی که با طرح های اختلاط مختلف در یک طیف وسیعی از داده ها صورت گرفته مدلی را به کمک شبکه عصبی پیشنهاد داد که در کوتاهترین زمان به پارامترهای طراحی بتن پلاستیک مورد نظر دست یافت [2]. در این مقاله از شبکه عصبی پیشخور چند لایه استفاده شد، این نوع شبکه عصبی به صورت یک طرفه، خروجی هر سلول را به سلول لایه بعد وصل می کند. آموزش نمونه ها، از طریق معرفی این اطلاعات به شبکه ی پیشخور و بوسیله ی روابط وزنی که تنظیم می شوند، برای رسیدن به خروجی مد نظر، تعریف می گردد. بعد از آن که شبکه خوب آموزش دید، می توان از آن برای پیش بینی خروجی های مورد نیاز، بر اساس ورودی هایی که به مدل می دهیم، استفاده نمود. بنابراین، روش شبکه عصبی پیشخور چند لایه، روشی منطقی برای پیش بینی مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته بتن پلاستیک می باشد [3,4].

۳- مشخصات کل داده های مورد استفاده

تعداد اطلاعات نمونه های اولیه ۳۳۴ عدد بود، که بعد از عمل غربال گری که صورت گرفت، کل داده های بدست آمده به عدد ۱۶۲ رسید. بیشترین طرح اختلاط سدهایی که مورد استفاده قرار گرفت، عبارت بودند از: ۱- سومبار بجنورد ۲- درون گر درگز ۳- کرخه ۴- ستارخان اهر ۵- نهند آذربایجان شرقی ۶- رودبار لرستان [6] ۷- دویرج ایلام [7].

مراحل گردآوری اطلاعات نهایی مربوط به این مطالعه عبارت بود از: ۱- بدست آوردن اسامی سدهایی که با دیوار آب بند بتن پلاستیکی در دنیا کار شده است ۲- جمع آوری اطلاعات مربوط به جزئیات دیوار آب بند کار شده در سد ۳- اعتبار سنجی اطلاعات گردآوری شده ۴- غربالگری طرح‌های اختلاط ۵- آماده کردن طرح‌های اختلاط نهایی بتن پلاستیک برای طراحی شبکه عصبی. عمل غربالگری داده‌ها بدین صورت انجام گرفت که بعد از جمع آوری اطلاعات، ما ۳ مرحله طراحی شبکه داشتیم و داده‌هایی که از اعتبار کمتری برخوردار بود و همین‌طور بیشترین میزان خطا را در مدل پیش‌بینی ایجاد می‌کرد، حذف کردیم. این اطلاعات به ۳ دسته، با توزین درصدهای: ۵۰٪ برای آموزش، ۲۵٪ برای آزمایش و ۲۵٪ برای اعتبارسنجی شبکه عصبی در نظر گرفته شد. در جمع‌آوری اطلاعات مربوط به طرح اختلاط، سعی شد که بازه وسیعی را جمع‌آوری نماییم (جدول ۲). هرچه بازه اطلاعاتی ما وسیع‌تر باشد، به کمک آن می‌توان، مدلی خوب برای پیش‌بینی، طراحی نمود. در جمع‌آوری اطلاعات باید به پارامتر انحراف معیار هم توجه نمود، به کمک این پارامترها می‌توان فهمید که گستردگی داده‌های ما در بازه‌ی در نظر گرفته شده به چه میزان می‌باشد.

مصلح مصرفی بتن پلاستیک	بازه تغییرات	میانگین	انحراف معیار
مقدار سیمان	70 - 457.4 Kg/m ³	159.4	64.3
مقدار بنتونیت	6 - 100 Kg/m ³	38.4	24.3
مقدار شن	0 - 1060 Kg/m ³	541.3	269.2
مقدار ماسه	540 - 1915.1 Kg/m ³	680.3	269.2
مقدار رس	0 - 885 Kg/m ³	214.2	273.6
مقدار خاکستر	0 - 160 Kg/m ³	11.6	37.8
ماسه/مجموع ذرات	0 - 0.667	0.47	0.1
مجموع ذرات/سیمان	1.18 - 22.44	10.3	4.0
اسلامپ	17 - 23 cm	18.8	0.9
ماکزیمم سایز دانه بندی	10 - 30 mm	19.0	5.4
تیپ سیمان	1 - 5	2.8	1.8

جدول ۲ - مقادیر طرح اختلاط بتن پلاستیک

۴- مشخص نمودن نوع شبکه عصبی

شبکه‌ای که برای مدل پیش‌بینی در نظر گرفته شد، شبکه عصبی Feed Forward می‌باشد. این شبکه این قابلیت را دارد که خروجی هر سلول را تنها به سلول‌های لایه بعد وصل کند، و عملکرد آن به صورت یک طرفه می‌باشد، به همین دلیل به آن شبکه عصبی پیشخور نیز می‌گویند. بیشتر کارهایی که در زمینه‌ی پیش‌بینی مقاومت فشاری بتن معمولی صورت گرفته با استفاده از شبکه عصبی Feed Forward انجام شده است، از جمله کارهای تحقیقاتی شاخصی که در این زمینه صورت گرفته، می‌توان به کار آقایان Wang Ji-Zong و Ni Hong-Guang با عنوان پیش‌بینی مقاومت فشاری بتن با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی اشاره نمود [8]. آنها با تهیه‌ی یازده ورودی به شبکه عصبی، مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن معمولی را پیش‌بینی نمودند. آقای Fatih Ozcan و همکارانش مقایسه‌ای بین عملکرد پیش‌بینی مقاومت فشاری بتن معمولی با استفاده از شبکه عصبی پیشخور و فازی انجام دادند [9]، آنها به این نتیجه‌گیری رسیدند که دقت عملکرد شبکه عصبی پیشخور نسبت به شبکه فازی بالاتر و نتایج حاصل از خروجی شبکه عصبی به مقادیر واقعی نزدیک‌تر می‌باشد. آقای Abhijit Mukherjee و همکارانش سعی نمودند با استفاده از شبکه عصبی پیشخور رابطه‌ای بین طرح‌های اختلاط و تنش - کرنش پیدا کنند [10]، آنها با استفاده از شبکه عصبی رفتار تک محوری بتن در دمای بالا (این نوع بتن در ساخت نیروگاه‌های اتمی مورد استفاده قرار

می گیرد) را پیش بینی نمودند. بیشتر کارهای تحقیقاتی انجام گرفته برای ارائه مدل پیش بینی بتن معمولی، با استفاده از شبکه عصبی Feed Forward می باشد. این شبکه بدلیل دقت بالایی که دارد، باعث شده استفاده از آن گسترش پیدا کند. مطالعه‌ی ما که بر روی پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک می باشد، با استفاده از همین شبکه انجام گرفت.

۵- ساختار مدل شبکه عصبی پیشخور چند لایه

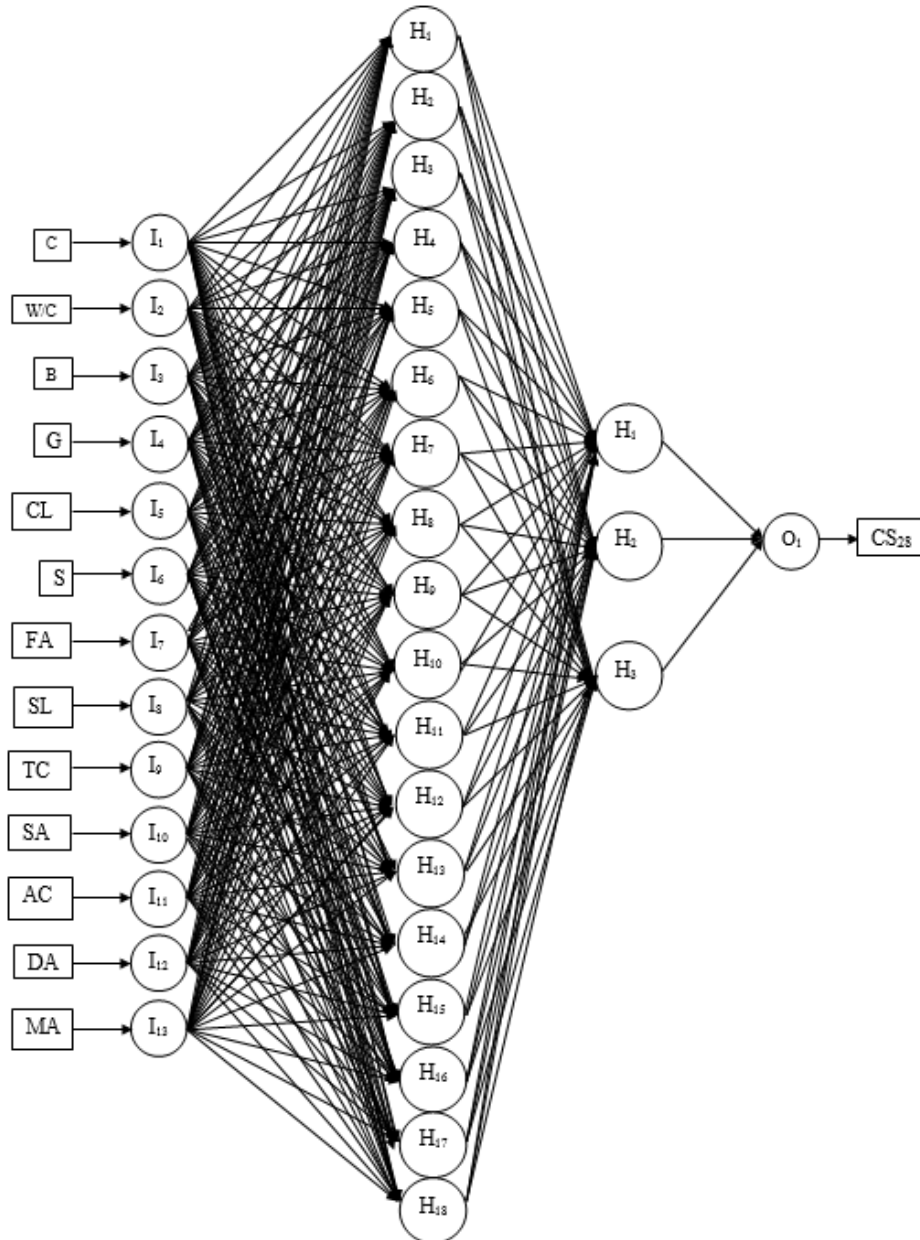
بعد از آنکه نوع مساله و شبکه را انتخاب کردیم، باید به طراحی شبکه پردازیم. ما بر اساس تعداد خروجی شبکه، ۳ مدل شبکه عصبی طراحی کردیم، طرح نهایی بر اساس بهترین نتیجه‌ای می باشد که کمترین میزان خطا (MSE) و بالاترین ضریب همبستگی R را داشته باشد، که ما با طراحی مدل های مختلف شبکه عصبی به طرح نهایی رسیدیم. مدل هایی که برای پیش بینی مقاومت فشاری هفت روزه، بیست و هشت روزه و نود روزه در نظر گرفته شد در جدول شماره ۳ بیان شده است.

تعداد نورون در هر لایه	ساختار شبکه نهایی	تعداد مدل طراحی شده	پارامترهای طراحی
20	1-1-1	7	مقاومت فشاری هفت روزه
18-3	1-2-1	6	مقاومت فشاری بیست و هشت روزه
24-5	1-2-1	6	مقاومت فشاری نود روزه

جدول ۳- جزئیات مربوط به طراحی شبکه

در هر نورون لایه‌ی مخفی، مقادیر وزنی ورودی جمع بسته می شوند و یک بردار واحد به آنها اضافه می شود. سپس مقادیر ترکیب شده ورودی از طریق معادله های غیر خطی همانند: پایه شعاعی^۲ و تانژانتی^۳، برای بدست آوردن مقدار خروجی از نورون، انتقال داده می شود. این مقدار خروجی، یک مقدار ورودی از لایه های قبلی می باشد. در نهایت، نورون های لایه خروجی، مقدار خروجی از شبکه مدل شده را بیرون می دهند. در این بخش از مطالعه، مدل شبکه عصبی، با الگوریتم Levenberg-Marquardt آموزش دیده شد. این اطلاعات، برای کالیبراسیون^۴ و اعتبار مدل^۵، مورد استفاده قرار گرفت. الگوریتم آموزشی که در ارائه این مدل پیش بینی به کار رفت، الگوریتم آموزشی TRAINLM بود. این شبکه از ۱۳ ورودی و ۱ خروجی تشکیل یافته است. پارامترهای ورودی، عبارتند از: مقدار سیمان (C)، مقدار آب به سیمان (W/C)، مقدار بنتونیت (B)، مقدار شن (G)، مقدار رس (CL)، مقدار ماسه (S)، مقدار خاکستر (FA)، میزان اسلامپ (SL)، تیپ سیمان (TC)، ماسه به مجموع ذرات (SA)، مجموع ذرات به سیمان (AC)، میزان وزنی سنگدانه ها (DA) و ماکزیمم سایز دانه بندی (MA). به عنوان نمونه شبکه طراحی شده برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک ۲۸ روزه (CS₂₈)، طبق شکل ۱ می باشد، که در طراحی شبکه، O_n نرون لایه خروجی، H_n نرون لایه پنهان و I_n به عنوان نرون لایه ورودی مشخص شده است.

²Radial basis
³Tangent basis
⁴Calibrating
⁵Validation



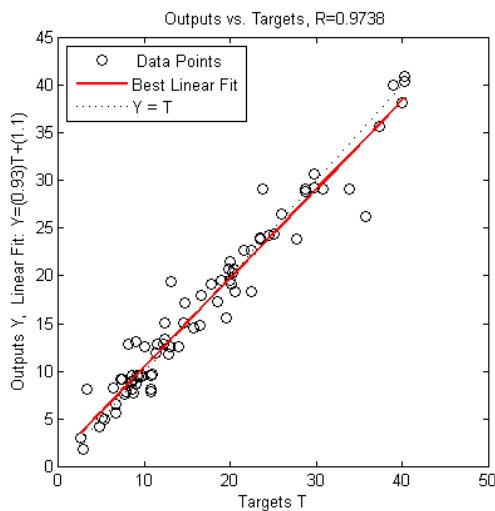
شکل ۱- طرح شبکه عصبی پیشنهادی برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک ۲۸ روزه

۶- اجرای مدل شبکه عصبی و گرفتن نتیجه ۶-۱ مرحله آموزش^۶

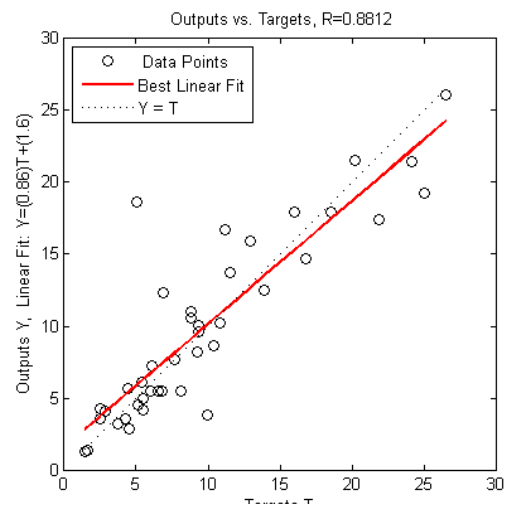
بعد از فرآیند مرحله یادگیری، مدل درست شده را، برای مدل نهایی شبکه عصبی آماده می کنیم. بیشترین تعداد دفعات تکراری که برای شبکه طراحی شده، ۱۰۰۰ دفعه تکرار برای مرحلهی آموزش و ماکزیمم مقدار مشتق خطا^۵ ۱۰^{-۵} می باشد.

^۶Training phase

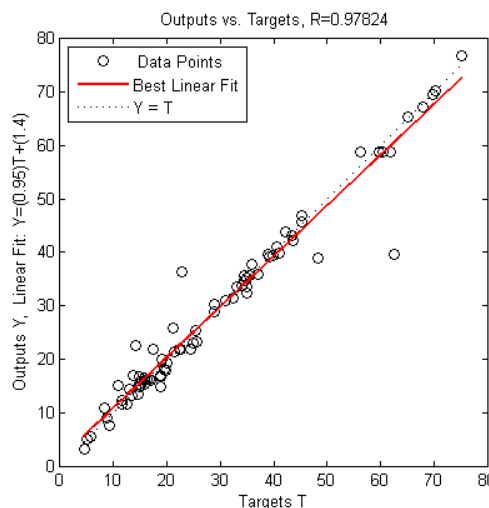
آموزش مدل شبکه عصبی توسط مجموعه جفت اطلاعات ورودی - خروجی که برای آموزش در نظر گرفته شده بود، انجام شد. روابط وزنی در طی مرحله آموزش براساس تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده تنظیم شد. تا وقتی که میزان مربعات خطای نمونه های آموزش از مقداری که برای شبکه تنظیم نموده ایم و یا حداکثر تعداد مراحل تکرار آزمایش که برای شبکه در نظر گرفته شده، کمتر باشد، آنگاه آموزش شبکه متوقف خواهد شد. همانطور که در شکل های ۳ و ۴ دیده می شود، هرچه نقاط پیرامون خط مورب زیادترباشد، نشان دهنده ی این است که نتایج آموزش بهتر و مقدار خطا به صفر نزدیکتر می باشد. و هرچه ضریب همبستگی R به مقدار عددی ۱ نزدیکتر باشد، شبکه خوب آموزش دیده است. برای بدست آوردن شبکه مناسب برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک، هر مدل پیش بینی، بیش از ۲۰ دفعه آموزش دیده شد تا ضریب همبستگی R^y شبکه ها بالای ۰/۹۵ برسد.



شکل ۳- مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن پلاستیک در مرحله آموزش



شکل ۲- مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی مقاومت فشاری ۷ روزه بتن پلاستیک در مرحله آموزش

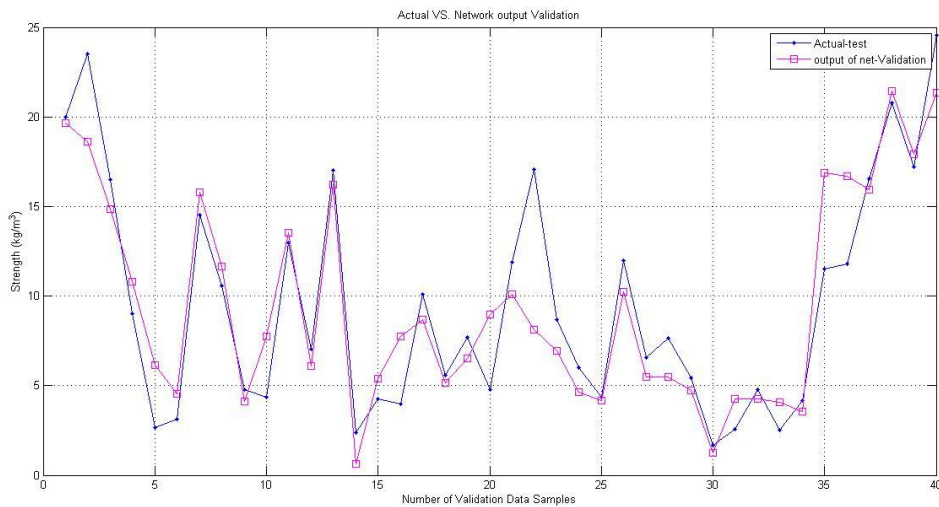


شکل ۴- مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی مقاومت فشاری ۹۰ روزه بتن پلاستیک در مرحله آموزش

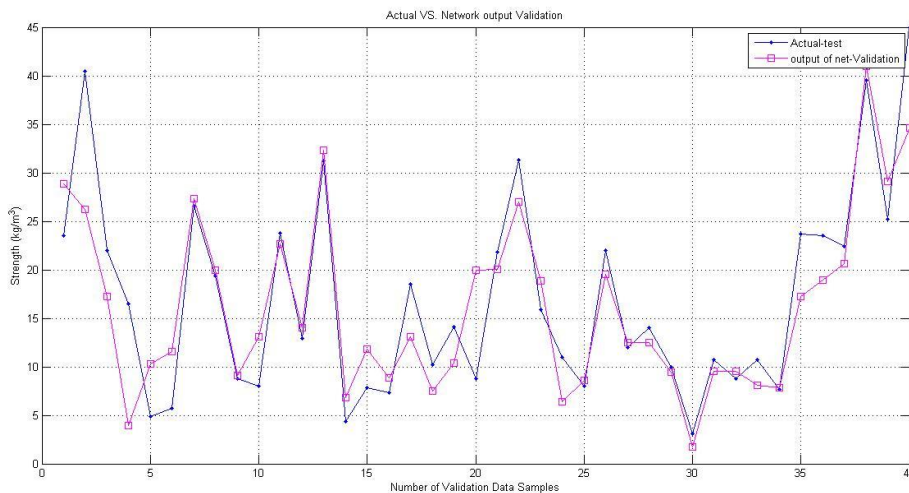
⁷Regression

۲-۶ مرحله اعتبار سنجی^۸

بعد از مرحله‌ی آموزش، شبکه عصبی نهایی بدست آمده و نوبت به مرحله‌ی سنجش شبکه می‌رسد. حدود ۴۰ دسته از طرح های اختلاط، خود مدل شبکه عصبی برای اعتبار سنجی شبکه به طور دلخواه انتخاب نموده است. گراف هایی که در شکل های ۵، ۶ و ۷ مشاهده می شود، اختلاف بین خروجی حاصل از شبکه و خروجی واقعی داده ها را نشان می دهد، نقاط صورتی که در شکل مشاهده می شود، بیانگر خروجی حاصل از شبکه عصبی و نقاط تیره، خروجی واقعی است که از آزمون های آزمایشگاهی بدست آمده است. هرچه خطوط بهم نزدیک تر باشند بیانگر این است که اختلاف بین آنها کمتر می باشد و نشان دهنده ی این موضوع است که مدل انتخابی ما مناسب و شبکه‌ی ما خوب آموزش دیده است. در این گراف‌ها محور افقی بیانگر تعداد نمونه‌های انتخابی و محور عمودی بیانگر مقاومت فشاری بتن پلاستیک می باشد.

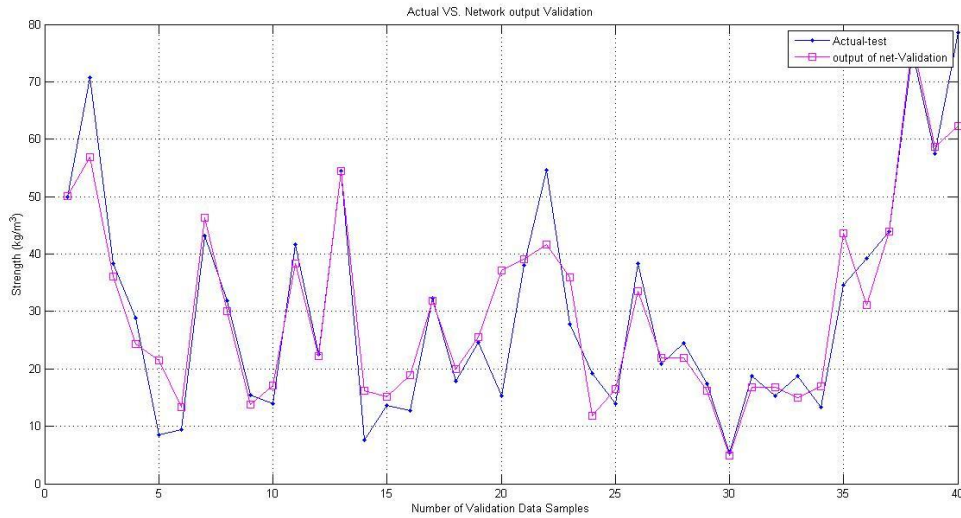


شکل ۵- مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی مقاومت ۷ روزه بتن پلاستیک درمقابل داده های اعتبار سنج برای شبکه عصبی



شکل ۶- مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی مقاومت ۲۸ روزه بتن پلاستیک در مقابل داده های اعتبار سنج برای شبکه عصبی

^۸Validation phase



**شکل ۷- مقایسه مقادیر واقعی و پیش بینی مقاومت ۹۰ روزه بتن پلاستیک
در مقابل داده های اعتبار سنج برای شبکه عصبی**

۷- تحلیل نتایج

کارایی هر یک از مدل ها در مراحل آموزش، اعتبار سنجی و آزمون، توسط پارامتر های میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب همبستگی R بررسی می شود (جدول ۴).

مقاومت فشاری بتن پلاستیک ۹۰ روزه			مقاومت فشاری بتن پلاستیک ۲۸ روزه			مقاومت فشاری بتن پلاستیک ۷ روزه			پارامتر خطا
آزمون	اعتبار سنجی	آموزش	آزمون	اعتبار سنجی	آموزش	آزمون	اعتبار سنجی	آموزش	
70.6	45.24	13	14.35	24.2	1.233	9.9	6.71	4.88	MSE
0.9	0.94	0.98	0.94	0.88	0.966	0.88	0.91	0.97	R

**جدول ۴ - مقادیر مختلف پارامتر های خطا در پیش بینی مقاومت فشاری
بتن پلاستیک ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه**

میانگین مربعات خطا از رابطه ۱ بدست می آید، با توجه به جدول ۴ برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک، مدلی که برای مقاومت فشاری بتن پلاستیک در نظر گرفته شد، بدلیل اینکه میانگین مربعات خطا نزدیک به عدد صفر و ضریب همبستگی مدل ها نزدیک به ۰/۹ و یا بالاتر از آن می باشد، می توان این نتیجه گیری را برداشت نمود که اعتبار مدل پیش بینی ما بسیار بالا می باشد.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (CS_{measured} - CS_{predicted})^2}{N} \quad (1)$$

همان طور که در رابطه ۱ دیده می شود، $CS_{measured}$ مقدار اندازه گیری شده، $CS_{predicted}$ مقادیر پیش بینی شده حاصل از شبکه و N تعداد کل داده ها می باشد.

۸- نتیجه گیری

۱. شبکه عصبی پیشخور، می تواند مدل پیش بینی سریعی را برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک را بر اساس ضرایب تاثیر فراهم کند. این روش محاسباتی هوشمند کمک می کند به مهندسی عمران، اپراتور های آماده کننده طرح اختلاط بتن پلاستیک، مهندسان طراح سدهای خاکی و پیمانکاران ساخت بتن پلاستیک که به تخمین قابل قبول اولیه ای از مقاومت فشاری بر اساس نسبت های اختلاط دست یابند.
۲. مدل شبکه طراحی شده، راهی دقیق و مناسب برای رسیدن به پیش بینی مقاومت فشاری است. به کمک این مدل می توان طرح اختلاط مناسبی را برای بتن پلاستیک با توجه پارامترهای مد نظر استفاده نمود. در نتیجه، مدل های شبکه عصبی برای پیش بینی مقاومت فشاری بتن پلاستیک یک روش عملی می باشد.

۹- تشکر و قدردانی

از شرکتهای آب منطقه ای خراسان رضوی و شمالی بابت در اختیار قرار دادن اطلاعات بتن پلاستیک تعدادی از سدهای استان قدردانی می گردد.

۱۰- مراجع

- [1] ICOLD (1985), "Filling Material for Watertight Cut-Off Walls Bulletin51".
- [2] L.M. Snell, J.V. Roekel, N.D. Wallace, Predicting early concrete strength, Concrete Int 11 (12) (1989)43± 47.
- [3] R. Hecht - Nielsen, Theory of the Back- Propagation Neural Network, in: H. Wechsler (Ed.), Neural Networks for Perception, Vol. 2, Academic Press, San Diego, CA, 1991, pp. 65± 93.
- [4] J-Z.Wang, H. -G. Ni, Prediction of compressive strength of cement based upon BP neural networks, J Chin Ceram Soc 27 (4) (1999)408± 414.
- [5] Yuzhen Yu, Jialiu pu, Keizo Ugai, Study of mechanical properties of soil-cement mixture for a cutoff wall, Soils and foundations japanese geotechnical society, Vol.37, No.4, 93-103, Dec.1997.
- [6] وحید گل پیرایی، محمدتقی خوش خواهش، سید ابوالفضل محمدی، پارامترهای موثر بر بتن پلاستیک دیوار آب بند، جهت مدیریت ریسک پروژه، اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس سد و نیروگاه های برقآبی، ۱۳۹۰.
- [7] مهدی شهبازنیا، محمد شکرچی زاده، طرح اختلاط بتن پلاستیک دیوار آب بند پروژه سد مخزنی دویرج، دومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه های برقآبی، اردیبهشت ۱۳۸۷.
- [8] Ni Hong-Guang, Wang Ji-Zong, Prediction of compressive strength of concrete by neural networks, Cement and Concrete Research 30 (2000) 1245± 1250, 2000.
- [9] Fatih Ozcan, Cengiz D.Atis, Okan Karahan, Erdal Uncuog`lu, Harun Tanyildizi, Comparison of artificial neural network and fuzzy logic models for prediction of long-term compressive strength of silica fume concrete, Advances in Engineering Software 40 (2009) 856-863, 2009.
- [10] Abhijit Mukherjee, Sudip Nag Biswas, Artificial neural networks in prediction of mechanical behavior of concrete at high temperature, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay 400076, India.



**International Conference on Civil Engineering
Architecture and urban infrastructure
29-30 July 2015, Tabriz , Iran**