



مختلف، روابط گوناگونی را در این زمینه ارائه کرده اند. سامانی و شایان نژاد در سال ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ هیدرولیک جریانهای یک بعدی و دو بعدی را از میان سدهای پاره سنگی تحلیل کردند. این روش نیاز به ضرائب کالیبراسیون دارد [۲۰]. بنابراین هیدرولیک جریان پیچیدگی خاص خود را دارد و تابع پارامترهای مختلفی می باشد. یکی از روشهای مدل کردن چنین سیستمهای پیچیده، استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی می باشد. بطور کلی شبکه های عصبی مصنوعی، ابزار مؤثری برای مدل کردن سیستم های غیرخطی هستند. زیرا این شبکه ها نیاز به رابطه ریاضی از پیش تعیین شده برای مدل نمودن پدیده پیچیده مورد بررسی ندارند. هر شبکه عصبی مصنوعی شامل یک لایه ورودی، یک لایه خروجی بوده و در بین این دو لایه، یک یا چند لایه مخفی قرار می گیرد. در هر لایه یک یا چند نرون وجود دارد. که مجموعاً شبیه یک شبکه عصبی بیولوژیک عمل می کنند با پیشرفت روش های محاسباتی و شبکه های عصبی مصنوعی، استفاده از این شبکه ها در علوم مختلف مهندسی شروع شد. که در زیر به مواردی از آن اشاره شده است:

در سال ۱۹۹۲، فرنچ و همکاران [۳] پیش بینی بارندگی در مکان و زمان، در سال ۱۹۹۴، رگرز و همکاران [۴]، بهینه سازی آبهای زیرزمینی، در سال ۱۹۹۶ شوکلا و همکاران [۵]، طراحی زهکش ها در حالت غیر ماندگار، در سال ۱۹۹۶، یانگ و همکاران [۶ و ۷]، مهندسی زهکشی اراضی، در سال ۱۹۹۸، تیرمالایان [۸]، پیش بینی سطح آب در رودخانه ها، در سال ۱۹۹۹، جین و همکاران [۹] پیش بینی جریان آب ورودی به مخازن را با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی ارائه دادند. همه این تحقیقات حاکی از بالا بودن کارائی شبکه های عصبی مصنوعی در موضوعات مذکور می باشد.

مواد و روشها

داده های آزمایشگاهی

داده های آزمایشگاهی از مراجع شماره ۱ و ۲ استفاده شده است. این داده ها از یک فلوم آزمایشگاهی با تغییر دادن دبی جریان و مشخصه های محیط سنگدانه ای شامل طول، عرض، قطر متوسط و انحراف معیار اندازه سنگدانه ها و شیب های بالادست و پائین دست بدست آمده است.

طراحی شبکه عصبی

شبکه های عصبی مصنوعی از تعدادی نرون تشکیل شده اند که به صورت لایه ای در کنار یکدیگر قرار می گیرند. هر شبکه حداقل از دو لایه تشکیل می شود (یک لایه ورودی و یک لایه خروجی) ولی می تواند چندین لایه مخفی بین لایه های ورودی و خروجی قرار گیرد شبکه ای که بدین صورت بدست می آید به شبکه چند لایه ای پرسپترون^۲ (MLP) معروف است. در هر لایه از این شبکه تعدادی نرون وجود دارد. یکی از انواع شبکه های عصبی مصنوعی، شبکه های با ناظر می باشد. در این تحقیق از این نوع شبکه ها استفاده شده است. در این شبکه ها وزن های داده شده به نرون به نحوی تنظیم می شود که نزدیکترین مقدار خروجی را نسبت به مقدار مشاهده ای تولید کند. این کار

آموزش شبکه نام دارد. در شکل ۱ نمونه ای از شبکه عصبی چند لایه ای پرسپترون ترسیم شده است. این شبکه دارای یک لایه ورودی (با سه نرون)، یک لایه مخفی (با دو نرون) و یک لایه خروجی (با یک نرون) می باشد. چگونگی رسیدن از سه ورودی به یک خروجی، با دادن وزن های مختلف به نرون و استفاده از یک تابع محرک^۳ با توجه بشکل ۱ به صورت زیر انجام می شود:

$$a_i^l = f(n_i^l) \quad (1)$$

$$n_i^l = \sum_{j=1}^{N_{l-1}} a_j^{l-1} \cdot w_{i,j}^l + b_i^l \quad (2)$$

i ام به $(I-1)$ امین عنصر لایه $j =$ وزن آمده از $w_{i,j}^l$ ام، I امین نرون در لایه $i = a_i^l$ که در روابط فوق، تعداد نرون در لایه N_{I-1} ام، I امین عنصر لایه $i =$ جمله بایاس مربوط به b_i^l ام، I امین عنصر لایه تابع محرک، که معمولاً یک تابع تانژانت هیپربولیک، سیگموئید و یا یک تابع خطی است. f ، ام، $(I-1)$

بنابراین میتوان تمام عناصر لایه مخفی و نهایتاً عناصر لایه خروجی را محاسبه نمود. این کار برای تمام مجموعه داده های ورودی و خروجی انجام میشود. پس از این که تمام خروجی ها بدست آمد، با مقادیر واقعی (اندازه گیری شده) آنها مقایسه و مقدار خطا^۴ (RMSE) از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{k=1}^N (C_k - M_k)^2 / N} \quad (3)$$

که در آن $N =$ تعداد مجموعه داده ها، $C =$ مقدار خروجی محاسبه شده از شبکه عصبی مصنوعی و $M =$ مقدار خروجی اندازه گیری شده (واقعی)

بر اساس مقدار خطای بدست آمده مقادیر وزن ها و جملات بایاس به صورت زیر اصلاح می شود:

$$(w_{i,j}^l)^{new} = (w_{i,j}^l)^{old} - \eta \Delta w_{i,j}^l \quad (4)$$

$$(b_i^l)^{new} = (b_i^l)^{old} - \eta \Delta b_i^l \quad (5)$$

$$\Delta w_{i,j}^l = RMSE \cdot a_i^l (1 - a_i^l) a_j^{l-1} \quad (6)$$

$$\Delta b_i^l = RMSE \cdot a_i^l (1 - a_i^l) \quad (7)$$

که $\eta =$ نرخ آموزش یا شدت یادگیری (ضریبی بین یک و صفر که در این محاسبات ۰/۵ فرض شده است). بنابراین تمام وزن ها و جملات بایاس تغییر و اصلاح می شود. نهایتاً این کار آنقدر تکرار می شود و یک مقدار RMSE نهائی بدست می آید. این RMSE به ازای یک تعداد مشخصی از لایه های مخفی و نرون آنها بدست می آید. با تغییر تعداد لایه های مخفی و نرون آنها به صورت سعی و خطا می توان به حداقل RMSE رسید. که پس از پایان این مرحله آموزش شبکه انجام شده است. این روش آموزش به روش آموزش انتشار به عقب^۵ معروف است. مرحله آخر

3- activation function

4- Root Mean Square of Error

5-Back Propagation



مرحله تایید شبکه می‌باشد. در این مرحله به ازای یکسری داده‌های ورودی و خروجی جدید که در مرحله آموزش از آنها استفاده نشده است، خروجی‌ها محاسبه می‌شود و سپس بایستی با خروجی‌های مشاهده‌ای مقایسه شود. اگر با انجام آزمون‌های آماری، اختلاف معنی داری پیدا نشد، شبکه تایید شده است. کلیه محاسبات فوق با نرم افزار کامپیوتری MATLAB انجام شد. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار مذکور و با انتخاب یک شبکه MLP ارتفاع آب در بالادست سد محاسبه گردید. تعداد نرون در لایه ورودی (برابر متغیرهای ورودی) ۶ فاکتور موثر در ارتفاع آب در بالادست می‌باشد که عبارتند از: دبی ورودی در واحد عرض، طول کف سد پاره سنگی، ارتفاع آب در پائین دست (با توجه به مشخصات مجرای پائین دست و دبی جریان)، شیب جداره ای بالادست و پائین دست سدو اختلاف بین قطر متوسط و انحراف معیار سنگدانه‌ها. لایه خروجی دارای یک نرون است که همان ارتفاع آب در بالادست سد می‌باشد. برای هر یک از مراحل آموزش و تایید ۵۰ درصد داده‌ها به صورت تصادفی استفاده شده است.

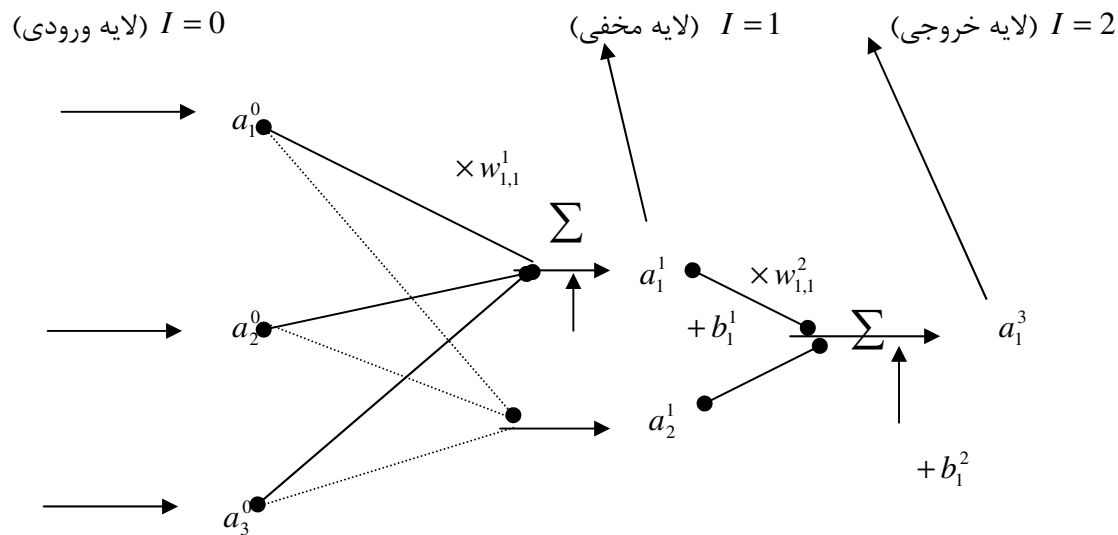
نتایج

بهترین آرایش برای شبکه عصبی مصنوعی با سعی و خطا بر روی تعداد لایه های مخفی و تعداد نرون در هر لایه و تابع فعالیت بدست آمد. مشخصات شبکه بدست آمده در جدول (۱) ارائه شده است. این شبکه بر اساس حداقل شدن مقدار خطا بدست آمد. این مرحله که مرحله آموزش نام دارد با استفاده از ۵۰ درصد داده ها انجام شد و مقدار خطای بدست آمده برابر با ۰/۰۵ سانتیمتر بدست آمد. پس از این برای تایید مدل از بقیه داده‌ها استفاده شد. نتیجه این کار در شکل شماره (۲) ارائه شده است. با توجه به این شکل مقدار خطا برابر با ۰/۹ سانتیمتر و همبستگی بین داده ای مشاهده ای و محاسبه ای برابر با ۰/۹۹ می باشد. این نشان میدهد که شبکه مذکور مورد تایید است.

فهرست مراجع

- [1] Samani, H.M.V., Samani, J.M.V. and Shayannejad, M.,(2003),Reservoir routing using steady and unsteady flow through rockfill dams, J. of Hydraulic Engineering, Div. ASCE,129(6), 448-454.
- [2] Samani, J.M.V., Samani, h.M.V. and Shayannejad, M.,(2004),Reservoir routing with outflow through rockfill dams, J. of Hydraulic Research,42(4).435-439.
- [3] French, M.N., W. F. Krayewski, and R. R. Cuykendall. (1992). Rainfall forecasting in space and time using a neural networks. J. Hydrol. 137: 1-37.
- [4] Rogers, L.L., and F. U. Dowla. (1994). Optimization of groundwater remediation using artificial neural networks with parallel solute transport modeling. Water Resour. Res. 30(2): 457-481.
- [5] Shukla, M.B., R. Kok, S. O. Prasher, G. Clark, and R. Lacroix .(1996). Use of artificial neural network in transient drainage design. Trans. ASAE. 39(1):119-124.
- [6] Yang, C. C., S. O. Prasher, and R. Lacroix .(1996). Application of artificial neural network to land drainage engineering. Trans. ASAE. 39(2):525-533.

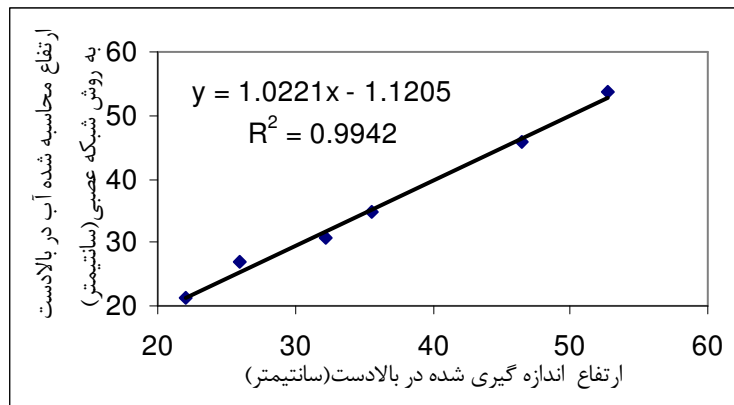
- [7] Yang, C. C., S. O. Prasher, R. Lacroix S. Sreekanth, N. K. Patni and L. Masse. (1997). Artificial neural network model for subsurface-drained farmlands. . J. Irrig. And Drain.,ASCE.123(4) :285-292.
- [8] Thirumalaian, K. and M. C. Deo .(1998). River stage forecasting using artificial neural network. J. Hydrol. Eng. 3(1):26-32.
- [9] Jain, S.K., A. Das, and D. K. Srivastava.(1999). Application of ANN for reservoir inflow prediction and operation. J. Water Res. Plan. Manage.125(5): 263-271.



شکل (۱): نمونه ای از شبکه عصبی مصنوعی چند لایه ای پرسپترون

جدول (۱)- مشخصات بهترین شبکه عصبی بدست آمده برای ۶ ورودی

RMSE (cm)	تابع محرک	روش آموزش شبکه	ماهیت نرونها	تعداد نرون در لایه	نوع لایه
۰/۰۵	سیگموئید	انتشار به عقب	دبی در واحد عرض، اختلاف قطر متوسط و انحراف معیار، طول کف محیط سنگدانه ای، زاویه جداره بالادست با سطح افق، زاویه جداره پائین دست با سطح افق و ارتفاع آب در پائین دست	۶	ورودی
				۲	اولین لایه مخفی
				۴	دومین لایه مخفی
				۶	سومین لایه مخفی
				۱	خروجی
			ارتفاع آب در بالادست		



شکل (۲): مقایسه داده های اندازه گیری شده و محاسبه شده به روش شبکه عصبی