

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

ارزیابی قابلیت اطمینان مکانیکی شبکه های توزیع آب شهری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به منظور مدیریت بهینه بهره برداری

مسعود تابش* - استادیار دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه تهران
جابر سلطانی** - دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه تهران
*تلفن: ۰۲۱-۶۱۱۲۲۵۸، شماره: ۰۲۱-۶۶۴۶۱۰۲۴، پست الکترونیک: mtabesh@ut.ac.ir
**تلفن: ۰۹۱۵۱۱۰۹۴۷۱، پست الکترونیک: jsoltani@ut.ac.ir

چکیده

در دهه های اخیر، از یکطرف محدودیت منابع آب، وقوع پی در پی دوره های خشکسالی، افزایش نیازهای آبی ناشی از افزایش جمعیت و صنایع و از طرف دیگر مسئله فرسودگی، عمر بالا، افزایش شکستگی لوله ها، تلفات بالای آب، وقفه در سرویس دهی، کاهش عملکرد سیستم (کاهش فشار و دی) و همچنین محدودیت منابع مالی برای سرمایه گذاریهای جدید، سبب افزایش هزینه های اقتصادی و اجتماعی در بهره برداری از زیر ساخت های شبکه های توزیع آب گردیده و به یکی از معضلات جدی پیش روی مدیران و تصمیم گیران کشور در مدیریت منابع آب تبدیل شده است.

از جمله شاخصهای موثر در مدلهای مورد استفاده برای بازسازی و نوسازی زیر ساخت شبکه های توزیع آب، بررسی نرخ شکست اجزاء شبکه و ارزیابی قابلیت اطمینان مکانیکی آنها است. این شاخصها همواره از سوالات محوری و کلیدی برای تصمیم گیری مدیران و یکی از ضروری ترین نیازهای اطلاعاتی مرتبط با مدیریت بهینه بهره برداری از شبکه های توزیع آب بوده است. قابلیت اطمینان مکانیکی متاثر از پارامترهایی همچون جنس، سن، قطر، عمق نصب، فشار هیدرولیکی لوله ها و ... می باشد. لذا باید با استفاده از یک روش مناسب این پارامترهای موثر را به یک شاخص برای ارزیابی قابلیت اطمینان مکانیکی تبدیل کرد.

در این مقاله مدلی با استفاده از روش هوشمند شبکه عصبی مصنوعی برای بررسی شکست مکانیکی لوله ها از طریق جمع آوری داده های واقعی و لحاظ کردن تعداد زیادی از پارامترهای موثر در حوادث به منظور مدیریت بهینه بهره برداری از شبکه ها در یکی مناطق شهری کشور ارائه می گردد. از جمله ویژگی های این مدل، پیش بینی نرخ شکست لوله ها و ارتباط واضح میان مجموعه خروجی (شکست ها) و مجموعه ورودی ها (قطر، طول، سن، جنس، عمق نصب، فشار و ...) می باشد بطوریکه این ارتباطات ساده برآحتی در تصمیم گیری بازسازی و تعمیر لوله های شبکه مورد استفاده واقع شود. نتایج حاصل از این مدل موید توانایی آن در پیش بینی نرخ شکست لوله ها می باشد.

کلید واژه ها: شبکه های توزیع آب شهری، شکست لوله ها، مدیریت بهینه بهره برداری، قابلیت اطمینان مکانیکی، بازسازی و نوسازی، شبکه عصبی

۱- مقدمه

شبکه های توزیع آب شهری با مجموعه ای به هم پیوسته از مخازن، لوله ها و ابزارهای کنترل هیدرولیکی (نظیر پمپها، شیرآلات، تانکها و...) بسان شریان هستی در اندام موجودات زنده، گسترده ترین بخش زیر ساخت سیستم آبرسانی^۱ بشمار می آید، که در بقاء و چرخه معمول زندگی شهرها از ضروریات بی چون و چرای دنیای امروز است. این شریانهای هستی بخش وظیفه رساندن آب

¹ Water Supply Infrastructure

با کمیت، کیفیت و فشار مناسب را از محل تولید به مصرف کننده بر عهده دارد. با توجه به اینکه این سیستم ها بطور مستقیم با مصرف کننده در ارتباط هستند، لذا از حساسیت خاصی نیز برخوردار می باشند. از آنجائیکه شبکه های توزیع در زیر خاک مدفون بوده و از لحاظ بصری قابل پایش نمی باشد، همین امر نه تنها سلامت و نگهداریشان را مشکل کرده بلکه معیشتان را نیز تا حد مزمن و بحرانی از اطلاع مدیران و بهره برداران دور نگهداشته است. از طرفی با توجه به محدودیتهای بودجه ای و مطالب بیان شده، اینکه کدام لوله ها و تجهیزات چه موقع باید نوسازی و بهسازی شوند، همواره از سوالات محوری و کلیدی برای تصمیم گیری مدیران بوده است. بنابراین با توجه به تمایل مدیران و تصمیم گیران صنعت آب کشور در جهت کاهش و حداقل کردن روند تخریب لوله ها و افزایش قابلیت اطمینان شبکه های توزیع آب، ارزیابی و بازنگری شبکه های موجود به منظور شناخت وضعیت سیستم از جنبه های مختلف همچون وضعیت سازه ای در حال و آینده ضرورت یافته است.

قابلیت اطمینان در زیر ساخت شبکه های توزیع آب اصولاً به توانایی شبکه برای فراهم کردن آب با کیفیت استاندارد، به مقدار کافی و در محدوده فشار مناسب برای مصرف کننده تحت شرایط نرمال و غیرنرمال اطلاق می شود [Farmani et al. 2005]. فاکتور قابلیت اطمینان یک فاکتور احتمالی بوده و برای محاسبه باید احتمال وقوع انواع حوادثی که باعث اختلال در سرویس دهی و کاهش دبی و فشار سیستم می شود، مد نظر قرار گیرد. بطور کلی قابلیت اطمینان زیر ساخت شبکه توزیع آب می تواند در دو بخش شکست مکانیکی و شکست هیدرولیکی مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد که لازم است هر یک بطور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد [تابش، ۱۳۸۲ و Farmani et al. 2005].

در این مقاله شکست مکانیکی لوله ها از طریق ارائه مدل شبکه عصبی مصنوعی^۱ به منظور مدیریت بهینه بهره برداری از شبکه ها بررسی می گردد. گرچه شکست مکانیکی در گذشته توسط مدل های آماری زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است و تعدادی از این مدل های آماری که این نوع قابلیت اطمینان را تشریح می کنند توسعه داده شده است، اما هر یک از این مدل ها فقط تعداد اندکی از پارامترهای موثر در شکست را مد نظر قرار می دهند و از جامعیت کمتری برخوردار هستند. در این مقاله با استفاده از شبکه عصبی سعی می شود جامعیت مدل افزایش پیدا کند.

۲- قابلیت اطمینان مکانیکی و آنالیز حوادث شبکه ها

قابلیت اطمینان مکانیکی^۲ یعنی احتمال اینکه یک جزء یا مولفه از شبکه توزیع آب در زمان مورد نظر در مدار^۳ باشد (Mays 2002). بیان ریاضی آن عبارتست از:

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt \quad (1)$$

که $f(t)$ تابع چگالی احتمالی شکست هر جزء در طول یک دوره زمانی می باشد و از داده های شکست تجهیزات با استفاده از روشهای مربوطه بدست می آید.

برای بررسی و ارزیابی قابلیت اطمینان مکانیکی، نیاز به بررسی و آنالیز حوادث در شبکه ها می باشد، چرا که حوادث در شبکه های توزیع باعث شکست مکانیکی سیستم شده و یکی از عوامل مهم در تلفات آب به حساب می آید. طبق گزارش بیگی (۱۳۷۸) سالانه حدود ۱ میلیون حادثه در شبکه های توزیع آب شهری ایران بوقوع می پیوندد و باعث ایجاد ضررهای هنگفت اقتصادی مستقیم و غیر مستقیم (Dandy, 2001) و اتلاف سرمایه های انسانی برای بازسازی و تعمیر شبکه ها نیز می شوند. در بخش ضررهای اقتصادی مستقیم، طبق بررسی بعمل آمده توسط بیگی (۱۳۷۸) از محل ۱۰۰ میلیارد تومان درآمدهای بخش آب و فاضلاب کل کشور در سال ۱۳۷۷، حدود ۲۰ میلیارد تومان (یعنی حدود یک پنجم از درآمد کل این شرکتها) صرف ترمیم حوادث و اتفاقات شبکه آبرسانی کشور شده است. علاوه بر این هر حادثه به علت کاهش فشار و یا قطع آب در بخشی از شبکه سبب کاهش قابلیت اطمینان می شود که بالطبع نارضایتی مصرف کننده را بدنبال خواهد داشت که جزو خسارات اقتصادی غیر مستقیم بحساب می آید. متأسفانه در این راستا هنوز هیچ تحقیق جامعی در کشور ایران صورت نگرفته است.

برای آنالیز داده ها و شکست لوله ها روشهای مختلفی وجود دارد. در راستای انجام آنالیز جامع لازم است که حتی المقدور تمام پارامترهای دخیل (نظیر مشخصات لوله ها از قبیل جنس، قطر، طول، سن لوله، فشار هیدرولیکی و ...) در مساله را در نظر گرفته، نسبت به جمع آوری و ذخیره آن در یک پایگاه داده اقدام گردد. سپس از طریق یکی از روشها و از بین داده های جمع آوری شده شاخصهایی به عنوان مبنای آنالیز انتخاب گردد که به خوبی بیانگر تمام جوانب مساله باشند. برای نمونه می توان از نرخ شکست (تعداد حوادث سالانه در واحد طول)، به عنوان یک پارامتر شاخص نام برد. ویژگی شاخص این است که می توان بر اساس آنها قضاوت یا مقایسه های لازم را انجام داد [تابش، ۱۳۸۲].

¹ Artificial Neural Network

² Mechanical Reliability

³ Operational

۳- مولفه ها و تجهیزات زیر ساخت شبکه های آبرسانی

معمولا شکست مکانیکی به شکست مولفه ها و تجهیزات زیر ساخت شبکه آبرسانی بستگی دارد. بطور کلی یک زیر ساخت شبکه آب شهری از سه بخش عمده و اصلی ایستگاههای پمپاژ^۱، مخازن ذخیره^۲ و سیستم توزیع^۳ تشکیل شده است. حوادث و اتفاقات بر روی هر یک از این مولفه های اصلی می تواند رخ دهد. اما چون بخش اعظم شبکه آب شهری را لوله ها تشکیل میدهند، بالطبع بیشترین حوادث را نیز دارا بوده و بررسی و تحلیل آنها بسیار حائز اهمیت می باشد [Mays,2002].

۴- پارامترهای موثر در شکست مکانیکی لوله های شبکه آبرسانی

بطور کلی در وقوع حوادث و شکست مکانیکی لوله ها به عنوان مولفه اصلی شبکه های توزیع آب شهری عوامل متعددی از جمله؛ قدمت (سن)، قطر، جنس، پایداری و خوردگی^۴ خاک و آب، شرایط اجرا و نصب، شرایط بهره برداری^۵ مانند فشار و... دخیل می باشند. آنالیز داده های شکست می تواند به مشخص نمودن دلایل اصلی برای شکستهای در مناطق ویژه ای از شبکه یا در لوله خاص کمک نموده و کلیه تغییرات در طراحی و سیاست های ساخت را مشخص نماید. بطوریکه در آنالیزهای آماری از بین داده ها شاخص هایی به عنوان مبنای آنالیز انتخاب می شوند که بخوبی بیانگر تمام جوانب مساله باشند. برای نمونه تعداد حوادث در واحد طول (نرخ شکست) را می توان به عنوان یک شاخص اصلی در نظر گرفت.

هدف از انجام آنالیز حوادث و اتفاقات، پیدا کردن روابطی بین شاخصهای مربوطه و مشخصات لوله ها می باشد. برای نمونه می توان از آنالیزهای شکست لوله در برابر قطر و سن لوله، برآورد قابلیت کاربری^۶ نام برد. همچنین می توان تعداد حوادث را در دوره های زمانی مشخص بدست آورد. بدین ترتیب در هر سال با پیش بینی نرخ شکست و تعداد حوادث می توان تسهیلات و تجهیزات لازم را برای مقابله با حوادث فراهم کرد. علاوه بر این با محاسبه قابلیت اطمینان مکانیکی که مستقیما به حوادث و اتفاقات شبکه بستگی دارد، در مراحل طراحی شبکه های جدید شبکه ای قابل اعتماد طراحی نموده و مدیریت سیستم را بهبود بخشید.

۵- بررسی ادبیات موضوعی

تاکنون مقالاتی در زمینه آنالیز شکست لوله ها آن هم با لحاظ کردن یک سری پارامتر موثر محدود به چاپ رسیده است. Lei & Saegrav (1998) مدل های شکست را به سه نوع کلی بشرح ذیل تقسیم بندی نموده اند:

۵- الف- مدل تجمعی

این نوع مدلها حاصل آنالیز مجموعه لوله های دارای مشخصات ذاتی یکسان از حیث قطر، جنس و ... می باشد، به عنوان مثال Shamir & Howard (1979) یک مدل نمایی برای افزایش شکست لوله ها بر حسب زمان به صورت زیر ارائه دادند:

$$\lambda(t) = \lambda(t_0) e^{A(t-t_0)} \quad (2)$$

که در آن؛ $\lambda(t)$ مشخصه نرخ شکست در سال t (بر حسب $yr / 1000ft$ / تعداد شکست)، t_0 سال پایه آنالیز، $\lambda(t_0)$ نرخ شکست در سال t_0 و A نرخ رشد ($1/yr$) می باشند. ضریب A برحسب جنس و قطر لوله ها بین 0.05 تا 0.15 متغیر است.

۵- ب - مدل رگرسیون چند گانه

برخی از محققین با بهره گیری از معادله نمایی Shamir & Howard (1979) مدل های رگرسیون چندگانه را برای شکست لوله ها ارائه دادند و محققینی نظیر Walski et al. (1982) مدلهایی جهت آنالیز شکست لوله ها ارائه کرده اند که در آنها با استفاده از داده های تجمعی وابسته به مشخصات محیطی و ذاتی لوله ها، نرخ شکست به صورت تابعی از زمان بدست می آید.

۵- ج - مدل پیش بینی احتمالی

این مدلها، احتمال اینکه لوله ای در زمانی معین شکسته شود، زمان نخستین شکست و عمر مفید لوله را تعیین می کنند. از جمله این مدلها می توان به مدل ارائه شده توسط Cox (1972) اشاره کرد که تحت عنوان مدل خطر نسبی COX نامیده می شود. مدل خطر نسبی COX یک مدل چند متغیره وابسته به مشخصات ذاتی و محیطی لوله ها می باشد و برای مراحل نخستین فرسودگی سیستم (تا سومین شکست) کاربرد دارد. شکل کلی این مدل مطابق زیر می باشد:

$$h(t; z) = h_0(t) e^{z \cdot b} \quad (3)$$

¹ Pumping Stations

² Storage Tank(s)

³ Distribution Piping

⁴ Soil Corrosively and Stability

⁵ Operating Conditions

⁶ Availability

که در آن؛ $h(t;Z)$ بیانگر تابع خطر یا نرخ حوادث، $h_0(t)$ نشانگر تابع خطر پایه، Z مربوط به بردار چند متغیره معرف مشخصات سیستم (مانند تاریخچه حوادث، مشخصات ذاتی و...) و b بردار ضرایب می باشند که از آنالیز رگرسیون تعیین می گردد. در مراحل پیشرفته با فرض نمودن ثابت بودن نرخ شکست از یک مدل پواسون مطابق فرم کلی زیر استفاده می شود:

$$p(x) = \frac{(\lambda t)^x e^{-\lambda t}}{x!} \quad (4)$$

که در آن؛ $p(x)$ احتمال x شکست، t مربوط به فاصله زمانی مورد بررسی و λ نرخ شکست متوسط محاسبه شده از رگرسیون داده ها می باشد.

Kettler & Goulter (1985) با استفاده از شاخص تعداد کل شکستهای سالانه، مطالعاتی را برای بیان تغییرات تعداد حوادث سالانه در برابر سن و قطر لوله های چدنی و آزیست در شهر Winnipeg انجام دادند. طبق این تحقیق روند تغییرات سن برای هر دو مورد خطی بوده و نشان دهنده افزایش ثابت تعداد شکست در هر سال می باشد که معمولاً در واقعیت بدین صورت نخواهد بود. زیرا با گذشت زمان، لوله ها فرسوده شده و مقاومت آنها کاهش می یابد و آسیب پذیری آنها بیشتر خواهد شد. در نتیجه با طولانی شدن عمر استفاده از لوله ها، تعداد شکستهای سالانه افزایش بیشتری خواهد یافت، بنابراین رابطه غیر خطی¹ برای بیان رابطه بین تعداد شکستهای سالانه و سن لوله ها مناسبتر از رابطه خطی می باشد. اما با افزایش قطر لوله کاهش می یابد و رابطه بین آنها با همبستگی زیاد خطی است. البته این رابطه فقط برای لوله های چدن از قطر ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر می باشد و برای قطرهای بالاتر از ۳۰۰ و یا کوچکتر از ۱۰۰ میلیمتر رابطه خطی نیست. Kettler & Goulter (1985) برای فرمول نرخ شکست (λ) رابطه زیر را ارائه کردند:

$$\lambda = (2.002 - 0.0064 D_L) \quad \forall \begin{cases} L = 1, 2, \dots, NP \\ 100 \leq D \leq 300 \text{ mm} \end{cases} \quad (5)$$

که در آن؛ λ بیانگر تعداد حادثه سالانه در هر کیلومتر لوله L ام و D_L قطر

لوله بر حسب میلی متر است.

بررسی و آنالیز شکست لوله ها در شبکه های آبرسانی تعدادی از شهرهای کشور توسط تابش و عابدینی (۱۳۸۴) انجام داده اند و از جمله روابط استخراجی بشرح ذیل می باشد:

♦ از بررسی و آنالیز داده های شهر کرمان برای تغییرات تعداد حوادث سالانه در برابر قطر لوله آزیست رابطه زیر را ارائه دادند:

$$N.B. = 9.38e^{-0.1653*D} \quad r^2 = 0.9194 \quad (6)$$

♦ همچنین از بررسی و آنالیز داده های شهر کرمان برای تغییرات نرخ شکست در برابر قطر لوله های آزیست رابطه زیر را ارائه دادند:

$$\lambda = \sqrt{0.01 + \frac{09092}{D^2}} \quad r^2 = 0.729 \quad (7)$$

۵-۵- شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)

Sacluti (1999) با توجه به تاثیر عمده شرایط اقلیمی و یخبندان در شکست لوله ها در یکی از شهرهای کانادا، نرخ شکست

لوله ها را به روش شبکه عصبی محاسبه کردند.

۶- روش تحقیق

هدف اصلی این تحقیق ارائه یک سیاست بهینه مدیریتی بهره برداری برای پیش بینی نرخ شکست لوله ها و ارزیابی قابلیت اطمینان مکانیکی با استفاده از توانمندی های شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) می باشد. در این بخش ابتدا توضیح مختصری در مورد شبکه های عصبی مصنوعی، معیارها و پارامترهای آموزش آن ارائه می شود. سپس چگونگی شبیه سازی سیستم با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با توسط نرم افزار Mat lab 7.04، تعیین پارامترهای مختلف شبکه عصبی و چگونگی انتخاب پارامترهای مختلف شبکه عصبی برای تدوین مدل شبکه عصبی منطبقه مورد مطالعه مورد بحث قرار می گیرند. در انتها ساختار مدل شبکه عصبی منتخب و خروجی های آن برای منطقه مورد بررسی ارائه شده اند. در این مقاله از شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون^۲ چند لایه پیش خور با انتشار به عقب خطاها استفاده شده است.

شبکه های عصبی سیستم های دینامیکی هستند که با پردازش داده های تجربی، دانش و یا قانون نهفته در داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کنند. به همین خاطر این سیستم ها را هوشمند می نامند؛ چرا که براساس انجام محاسبات بر روی داده های عددی یا

¹ Non Linear Relation

² Perceptron

مثال ها، قوانین کلی را فرا می گیرند؛ تا آنجا که این سیستم‌ها مبتنی بر هوش محاسباتی سعی در مدل سازی ساختار نرو - سیناپتیکی مغز بشر دارند.

مدل شبکه عصبی با ساختار پرسپترون، از چندین لایه (طبق تحقیقات قبلی معمولاً سه لایه) و هر لایه از تعدادی واحد پردازشگر به نام نرون تشکیل شده است. نرون مصنوعی می تواند یک تابع ریاضی غیر خطی باشد. در نتیجه یک شبکه عصبی که از اجتماع این نرون ها تشکیل می شود نیز می تواند یک سیستم کاملاً پیچیده و غیرخطی باشد. در یک شبکه عصبی هر نرون به طور مستقل عمل می کند و رفتار کلی شبکه برآیند رفتارهای محلی نرون های متعدد است. این ویژگی باعث می شود تا خطاهای محلی اثر قابل توجهی در خروجی نداشته باشند. به عبارت دیگر نرون ها در یک روند همکاری، یکدیگر را تصحیح می کنند. این خصوصیت باعث افزایش دوام سیستم می گردد. یک نرون با استفاده از تابع واکنش، مقدار خروجی خاصی را به ازای ورودی های مختلف تولید می کند.

پارامترهای مرتبط با یک نرون عبارت اند از: p مقدار ورودی به نرون، W وزن مربوط به این ورودی (میزان تاثیر p روی y به وسیله مقدار W تعیین می شود)، b ضریب ثابت وزن یک ورودی واحد که معمولاً اریب^۱ نامیده می شود و اضافه نمودن آن سبب انعطاف پذیری بیشتر شبکه می شود. f تابع محرک (تابع تبدیل) و y خروجی از نرون است. بدین ترتیب ارتباط بین خروجی هر نرون با ورودی نرون بر اساس معادله زیر تعریف می شود:

$$y = f(wp + b) \quad (8)$$

باید توجه داشت که تابع محرک f توسط طراح انتخاب می شود. بر اساس انتخاب f و نوع الگوریتم یادگیری، پارامترهای W و b قابل تنظیم هستند. منظور از یادگیری شبکه عصبی در واقع تنظیم مقادیر وزن های W و b می باشد. شبکه ای دارای یک قابلیت یادگیری مناسب است که اگر برای یک وضعیت خاص آموزش داده شود و تغییر کوچکی در شرایط محیطی شبکه رخ دهد، شبکه بتواند با آموزشی مختصر، برای شرایط جدید نیز کارآمد باشد. تاکنون روش های متعددی جهت آموزش شبکه ها ارائه شده است. مزیت هر روش نسبت به روش دیگر را می توان در دقت و سرعت یادگیری جستجو نمود. ساختار تابع فعال سازی از نوع سیگموئیدی مورد استفاده در اغلب در شبکه های عصبی مصنوعی، با فرمول کلی زیر بیان می شود:

$$a = f(n) = \frac{1}{1 + e^{-cn}} \quad , \quad c > 0 \quad (9)$$

که در آن؛ c و n اعداد حقیقی بوده و مقدار a تنها بین صفر تا یک تغییر می کند. در نهایت، یک نرون می تواند از تعداد ورودیهای زیادتری برخوردار باشد که در اینصورت رابطه بین خروجی هر نرون و مقادیر ماتریس ورودی مطابق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$y = f\left(\sum_{j=1}^R (p_j w_{i,j} + b_i)\right) \quad (10)$$

که در آن؛ R تعداد عناصر بردار ورودی (کل ورودی ها)، اندیس i بیانگر نرون i ام و اندیس j بیانگر j امین مولفه بردار ورودی است و ماتریس وزن W متناظر با هر ورودی دارای ابعاد R و S (تعداد نرونها در لایه) با عناصر $w_{i,j}$ ، b_i بردار بایاس نرون i ام و y خروجی از نرون است.

با توجه به اینکه در هر تحقیقی ممکن است مدل‌های زیادی تولید شده و آموزش داده شوند، یکی از اقدامات مهم در مدلسازی شبکه عصبی ارزیابی مدل های تولید شده می باشد. منظور از ارزیابی مدل این است که مدل تا چه حد قادر است با توجه به آموزشی که دیده است نسبت به ورودی های جدید جواب قابل قبولی ارائه دهد. از جمله توابع هدف و معیارهای ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی؛ میانگین مجذورات خطا (MSE)، جذر میانگین مجذورات خطا (RMSE)، جمع مجذورات خطا (SSE) و ... می باشد. به عنوان نمونه رابطه میانگین مجذورات خطا بصورت زیر می باشد:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{actual,i} - y_{prediction,i})^2 \quad (11)$$

که در آن؛ y_{actual} داده های واقعی (مشاهده شده)، $y_{prediction}$ داده های پیش بینی شده و n تعداد مشاهدات می باشد [Demuth, et al.2002].

۷- مطالعه موردی

در این بخش به تشریح منطقه مورد مطالعه در این تحقیق و اطلاعات میدانی جمع آوری شده در این رابطه پرداخته می شود. منطقه مطالعاتی موردی در این تحقیق محدوده ناحیه ۴ آب و فاضلاب شهر مشهد می باشد. این منطقه دارای مساحتی در حدود ۲۴۱۸ هکتار و شامل ۵۷۹۸۶۰ متر خط لوله اصلی که از لوله های فولادی با قطرهای ۸۰۰، ۷۰۰ و ۶۰۰ میلیمتر شروع شده و به قطرهای ۴۰۰، ۳۰۰، ۲۵۰، ۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰ و ۸۰ میلیمتر با جنس های آریست سیمانی و چدنی ختم می شود. قطرهای ۱۱۰، ۹۰ و به ندرت ۶۳

² Bias

میلومتر فقط با جنس پلی اتیلن در خطوط اصلی شبکه استفاده گردیده اند. عملیات نصب و اجرای خطوط شبکه در این ناحیه عموماً از سال ۱۳۶۰ هجری شمسی آغاز شده است که در حال حاضر بیشترین نرخ حوادث را در بین دیگر نواحی آب و فاضلاب شهر مشهد دارا می باشد. با توجه به اهداف این تحقیق که معرفی اهمیت و چگونگی انجام پیش بینی شکست بر مبنای شبکه عصبی مصنوعی در شبکه های توزیع آب می باشد و برای پرهیز از محاسبات طولانی و تکراری و به دلیل در اختیار نداشتن اطلاعات دقیق و مناسب از انشعابات فرعی، روند پیش بینی مدل شکست تنها برای شبکه لوله های اصلی تا قطر ۳۰۰ میلومتر که روند شکست و خرابی در آن ها بصورت محسوسی تحت تأثیر عوامل گفته شده در قبل می باشد، انجام گرفته است. لازم به یادآوری است که براساس گزارشات موجود و آمارهای تهیه شده در شرکت آب و فاضلاب بیشترین نرخ حوادث در شبکه ی خطوط اصلی، در محدوده ی این بازه ی قطری است [آقایی، ۱۳۸۵].

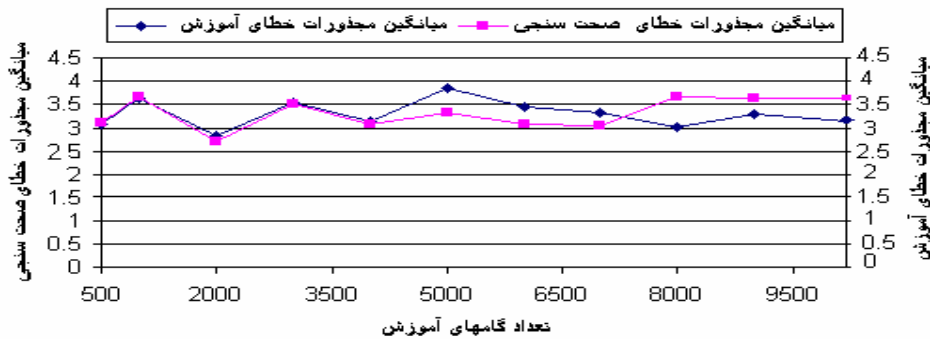
۸- نتایج

انجام مدل سازی پیش بینی شکست لوله های شبکه توزیع آب نیز مانند تمام برنامه های مدل سازی نیازمند مجموعه ی داده ها و اطلاعاتی است که پارامترها و ضرائب مدل توسط آن ها شکل می گیرند. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد در مدل حاضر ورودی های شبکه عصبی تعداد زیادی از پارامترهای موثر در شکست لوله ها همچون؛ قطر، طول، سن، عمق نصب و فشار هیدرولیکی لوله های آزیست از قطر ۸۰ الی ۳۰۰ میلومتر و خروجی آن نرخ شکست در هر لوله می باشد. تعداد داده های جمع آوری شده برای لوله های آزیست منطقه مورد مطالعه از قطر ۸۰ الی ۳۰۰ میلومتر ۳۳۸ عدد می باشد. که هشتاد درصد از داده ها برای آموزش شبکه و بیست درصد آن برای تست و ارزیابی صحت نتایج پیش بینی مورد استفاده واقع شد.

در این مطالعه برای انتخاب مدل مناسب، بیش از ۵۰۰ مدل مختلف شبکه عصبی با تعداد لایه ها، نرون ها و توابع محرک مختلف که شامل تمام حالات ممکن با خصوصیات فوق می باشند، ایجاد شده و مورد آزمایش قرار گرفته اند. همچنین نتایج به کارگیری شبکه های عصبی معرفی شده در پیش بینی نرخ شکست لوله های شبکه آبرسانی، با استفاده از میانگین مجذورات خطا^۱ مطابق رابطه (۱۱) محاسبه و با یکدیگر مقایسه گردیده اند. مقادیر میانگین مجذورات خطای آموزش و صحت سنجی مدل های شبکه عصبی در حالات مختلف توابع محرک، لایه های مورد بررسی و تعداد نرون ها در جدول (۱) ارائه شده است. برای رسیدن به بهترین جواب، شبکه عصبی منتخب با تعداد گامهای مختلف بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ گام، تحت آموزش قرار گرفته است. شکل (۱) منحنی تغییرات خطا در شبکه عصبی منتخب تحت آموزش با گام های ۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ را نشان میدهد.

جدول (۱) مقادیر متوسط مربعات خطای آموزش و صحت سنجی مدل شبکه عصبی در حالات مختلف

شماره حالت	تابع محرک			تعداد نرونها ی هر لایه			میانگین مجذورات خطا	
	لایه اول	لایه دوم	لایه سوم	لایه اول	لایه دوم	لایه سوم	آموزش	صحت سنجی
۱	tangsig	tangsig	purline	5	5	1	3.1892	3.6189
۲	tangsig	tangsig	purline	10	15	1	3.2109	2.8721
۳	tangsig	tangsig	purline	15	15	1	3.1098	2.9016
۴	tangsig	logsig	purline	5	15	1	4.6574	2.9056
۵	tangsig	logsig	purline	10	15	1	2.5438	3.9026
۶	logsig	tangsig	purline	5	15	1	3.1982	4.7829
۷	logsig	logsig	purline	10	15	1	2.9872	3.9093
۸	tangsig	purline		15	1		4.7302	2.6783

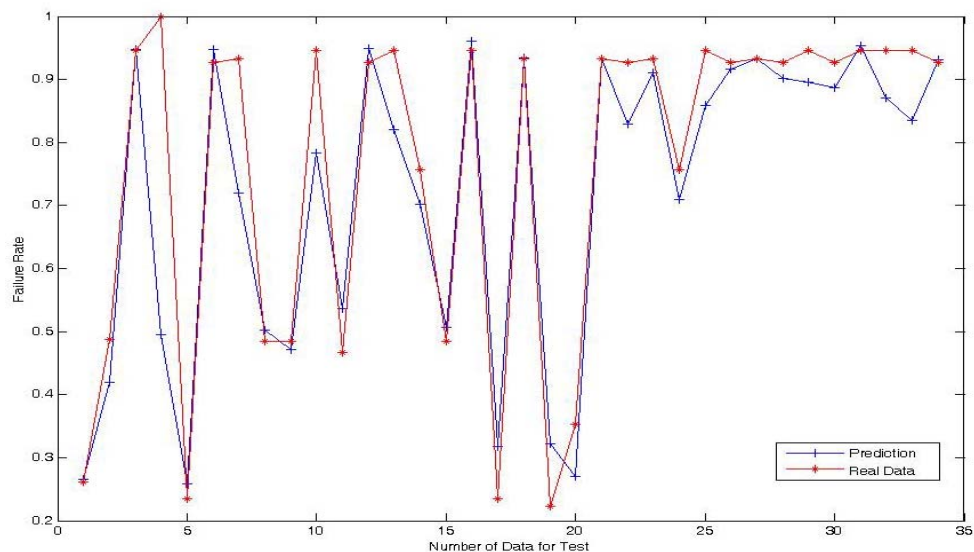


شکل (۱) تغییرات میزان خطای آموزش و صحت سنجی به ازای مقادیر مختلف گام های آموزشی

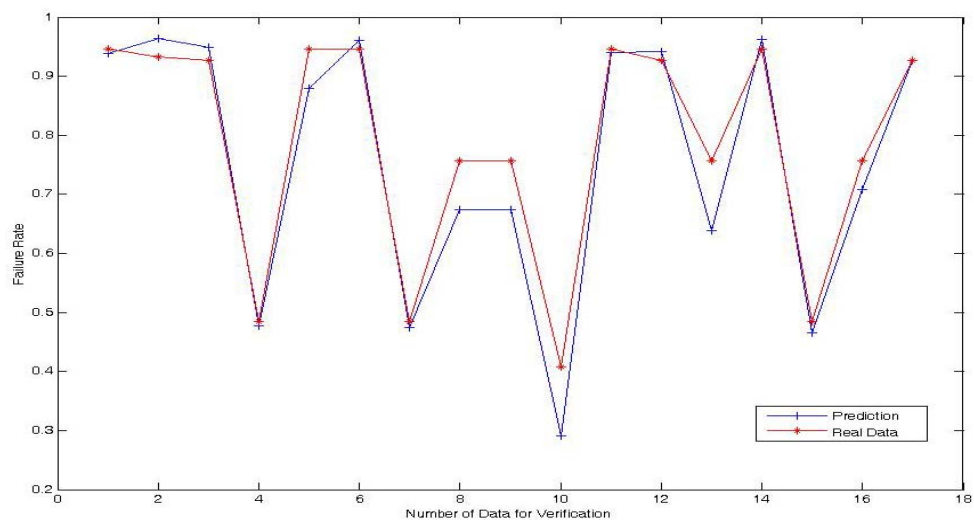
¹ Mean Squared Error (MSE)

در شکل (۱) بهترین نتیجه حاصل از پیش بینی شکست با استفاده از مدل شبکه عصبی چند لایه با حالات مختلف توابع محرک و تعداد نرون ها در لایه های اول و دوم ارائه شده است. با توجه به این شکل، مدل شبکه عصبی منتخب به ازای ۲۰۰۰ گام آموزش کمترین میزان خطای صحت سنجی برابر ۲/۷۵ را داشته است، یک مدل سه لایه بوده که به ترتیب دارای ۱۵، ۱۵ و ۱ نرون است و توابع محرک آن تانژانت سیگموئید، تانژانت سیگموئید و خطی می باشند.

پس از آنکه بهترین ساختار ممکن برای شبکه عصبی مورد نظر بدست آمد لازمست که صحت کاربرد و همچنین کارایی آن بررسی شود. برای این منظور نتایج حاصل از تست و صحت سنجی شبکه منتخب در مقایسه با داده های مشاهده ای در اشکال (۲) و (۳) نمایش داده شده است.

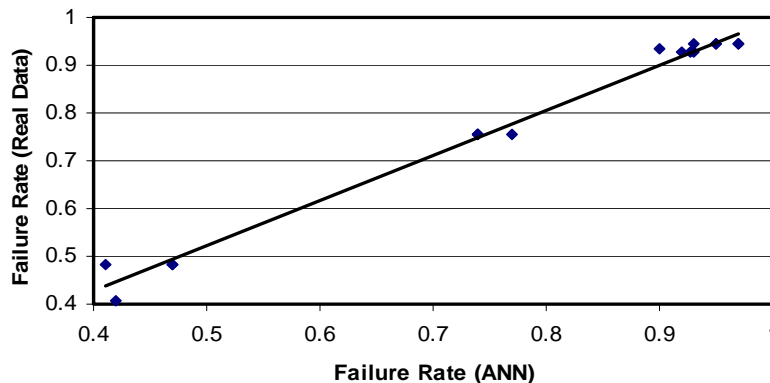


شکل (۲) نتایج مدل برای داده های تست



شکل (۳) نتایج مدل برای داده های صحت سنجی

از بررسی اشکال فوق، کاملاً مشخص است که نتایج بسیار نزدیک به داده های مشاهده ای است و دارای خطای بسیار اندک و قابل قبولی بوده که نشان دهنده آموزش مناسب و توانایی شبکه می باشد. به منظور مقایسه نتایج شبیه سازی شده و مشاهده شده، نرخ شکست های شبیه سازی شده برای شبکه عصبی منتخب و داده مشاهده ای با شیب خط ۱:۱ در شکل (۴) ترسیم شده است. همچنین با توجه به ضریب همبستگی بالای داده ها در شکل (۴)، می توان گفت که شبکه بخوبی از پس یادگیری برآمده و می تواند خود را به حالت های مختلف تعمیم دهد.



شکل (۴) مقایسه نرخ شکست پیش بینی شده توسط شبکه و داده های واقعی

در نهایت معادله نرخ شکست لوله های آزیست برای منطقه مورد مطالعه، بر اساس قطر، طول، سن، عمق نصب و فشار هیدرولیکی مطابق رابطه زیر بدست آمده است.

$$FR_l = Purelin \left(w^3 \tan sig \left(w^2 \tan sig \left(w^1 \times \begin{bmatrix} D_l/D_{max} \\ L_l/L_{max} \\ P_l/P_{max} \\ H_l/H_{max} \\ A_l/A_{max} \end{bmatrix} + b^1 \right) + b^2 \right) + b^3 \right) \times FR_{max} \quad (12)$$

در رابطه بالا مقدار FR_l نرخ شکست لوله ام، D_l قطر، L_l طول، P_l فشار هیدرولیکی، H_l عمق نصب، A_l سن لوله ام و مشخصات FR_{max} ، A_{max} ، H_{max} ، P_{max} ، L_{max} ، D_{max} مقادیر حداکثر مربوطه به لوله آزیست شبکه مورد مطالعه می باشد، همچنین w^1 ، w^2 ، w^3 ماتریس های وزن و b^1 ، b^2 ، b^3 ماتریس مقادیر ثابت بدست آمده از شبکه عصبی برای لایه مختلف شبکه عصبی منتخب می باشند.

۸- بحث و نتیجه گیری

گرچه شکست مکانیکی در گذشته توسط مدل های آماری زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است و تعدادی از این مدل های آماری که این نوع قابلیت اطمینان را تشریح می کنند توسعه داده شده است، اما هر یک از این مدل ها فقط تعداد اندکی از پارامترهای موثر در شکست را مد نظر قرار می دهند و از جامعیت کمتری برخوردار هستند. در این مقاله به عنوان یک کار جدید، شکست مکانیکی از طریق ارائه مدل شبکه عصبی مصنوعی به منظور مدیریت بهینه بهره برداری از شبکه هابرسی شده است. از جمله ویژگی های این مدل، مقایسه و آزمایش کردن مدل های مختلف پیش بینی شکست و ارتباط واضح میان مجموعه خروجی (شکست ها) و مجموعه ورودی ها (قطر، طول، سن، جنس، عمق نصب، فشار و ...) مورد استفاده قرار می گیرد و همانطوریکه در بخش نتایج ملاحظه شد روند تغییرات داده های مشاهده ای و داده های شبیه سازی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی منتخب رفتار مناسبی را از خود نمایش می دهد. بطوریکه این ارتباطات ساده براحتی در تصمیم گیری بازسازی و تعمیر لوله های شبکه می توانند مورد استفاده واقع شود. لذا با توجه به انعطاف پذیری و امکان اتصال مدل های شبکه عصبی و هیدرولیکی و همچنین دقت آنها در پیش بینی نرخ شکست در شبکه، می توان از نتایج این مقاله برای استفاده در طراحی بهینه شبکه های آبرسانی و با اصلاح شبکه آبرسانی در جهت تأمین آب مطمئن و مدیریت بهینه بهره برداری استفاده نمود.

۹- منابع مورد استفاده

- [1] Farmani, R., Walters, G.A., and Savic, D. (2005). "Trade Off Between Total Cost and Reliability for Anytown Water Distribution Network." J. Water Resour. Plng. and Mgmt., ASCE, May /June., pp. 161-171.
- [۲] تابش، م. جزوه کلاسی درس مهندسی آب و فاضلاب پیشرفته مقطع کارشناسی ارشد و دکتری، نیمسال دوم، ۱۳۸۲ - ۱۳۸۱، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.
- [3] Mays, L.W. (2002) "Urban Water Supply - Handbook", McGraw Hill, USA.

- [۴] بیگی، ف.، (۱۳۷۸)، "آسیب شناسی شبکه های توزیع آب شهری"، مجله آب و محیط زیست، شماره ۳۷، ص ۱۷-۲۵.
- [5] Dandy, G.C., and Engelhardt, M. (2001), "Optimal Scheduling of water Pipe Replacement Using Genetic Algorithms." J. Water Resour. Plng. And Mgmt., ASCE, July /Aug., pp. 214-223.
- [4] Lei, J. and Saegrov, S. (1998) "Statistical Approach for Describing Failures and Lifetime of Water Mains." Water Science and Technology, Vol.38, No.6, PP.209-217.
- [5] Shamir, U., and Howard, C.D.D., (1979) "A Analytical Approach to Scheduling Pipe Replacement" Journal of AWWA, Vol.71, PP.248 – 258.
- [6] Walski, T., and Pelliccia, A., (1982), "Economic Analysis Water Main Breaks." Journal of AWWA, Vol.74, March, PP.140 – 147.
- [7] Kettler, A.J., and Goulter, L.C., (1985). "An Analysis of Pipe Breakage in Urban Water Distribution Networks", Can. J. Civ. Eng., 12(2), PP. 286 – 293.
- [8] Cox, D.R., (1972) "Regression Models and Life Tables", J. the Royal Statistical Society, Vol.34 (Series B), PP. 187-220.
- [۹] تابش، م. و عابدینی، ا.ع. (۱۳۸۰). بررسی شکست و قابلیت کاربری لوله ها در شبکه های آبرسانی شهری، کنفرانس بین المللی سازه های هیدرولیکی، بخش عمران – دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- [10] Sacluti, F. R., (1999) "Modeling Water Distribution Pipe Failures Using Artificial Neural Networks", A thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.
- [11] Demuth, H., and Beale, M. (2002), "Neural Network Toolbox User's Guide For use with MATLAB", Published by Math Work, Inc.
- [۱۲] آقایی، آ. (۱۳۸۵). پژوهشی پیرامون روش های پیش بینی شکست در سیستم های توزیع آب با استفاده از محاسبات تکاملی، پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Archive of SID

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

تازه ترین
بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL
پروپوزال

تازه ترین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI
Scopus

تازه ترین
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو