بسم الله الرحمن الرحیم

رسول اکرم ﷺ: اعلم الناس من جمع علم الناس الی العلمه؛
داناترین مردم کسی است که دانش دیگران را به دانش خود بیفزاید.

دهمین کنگره ملی مهندسی عمران

۳۰ و ۳۱ فروردین ماه ۱۳۹۶
تهران - ایران

10th National Congress on Civil Engineering

April 19-20, 2017
Tehran - Iran

گواهی ارائه مقاله

شناسه مقاله: WP009

نویسنده(ها): مرتضی جمشیدی، محمدرضا جعفرزاده، روزبه شاد

عنوان مقاله: بررسی عوامل موثر بر شکست لوله‌های پلی‌اتیلن و پیش‌بینی عمر آنها با استفاده از روش عصبی – فازی

ضمن تشکر و قدردانی از نویسنده(های) محترم، گواهی می‌شود مقاله با مشخصات فوق از سوی کمیته علمی کنگره پذیرش گردیده و در دهمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف ارائه و در مجموعه مقالات منتشر شده است.

علی بخشی
دبیر کنگره

بررسی عوامل موثر بر شکست لوله های پلی اتیلن و پیش بینی عمر لوله پلی اتیلن با استفاده از روش عصبی – فازی

۱-مرتضی جمشیدی [۱] ۲- محمدرضا جعفرزاده [۲] ۳- روزبه شاد [۳]

۱ کارشناسی ارشد مهندسی آب ، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ استاد و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی ، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)

۳ استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی ، دانشگاه فردوسی مشهد

jafarzad@um.ac.ir

خلاصه

در این مقاله عوامل موثر بر شکست لوله های پلی اتیلن در شهر قوچان مطالعه می شود. این عوامل در شش شاخصه دسته بندی می شوند که شامل چهار عامل کمی قطر ، عمق نصب ، طول و فشار در نقاط شکست و دو عامل کیفیت اجرا و نصب لوله و کیفیت جنس لوله می باشد. با توجه به کمی و کیفی بودن داده ها از روش شبکه عصبی – فازی برای ۱۲۰۰ اتفاق استفاده می شود. از این تعداد داده ، ۷۰ ٪ جهت آموزش ، ۲۰ ٪ جهت آزمون و ۱۰ ٪ جهت صحت سنجی مدل استفاده می گردد و حالت های مختلف در تعداد زیر لایه ها ، مدل ارزیاب روش فازی و تعداد گام ها بررسی می شود. در نهایت مدلی با دقت 10^{-3} در پیش بینی عمر لوله ها در منطقه مورد نظر به دست می آید.

کلمات کلیدی : لوله پلی اتیلن ،پیش بینی شکست لوله ، شبکه عصبی-فازی ، شبکه انتقال آب شهر قوچان

۱ -مقدمه :

از انجا که شبکه های آبرسانی در زیر خاک کار گذاشته می شوند نمی توان با انجام بازرسی های دوره ای مشکلات را به موقع شناسایی و اصلاح کرد. مشکل معمولا هنگامی در این شبکه ها نمایان می شود که تبدیل به یک حادثه نظیر نشت آب شده باشد . لذا شناخت علمی علل ایجاد حوادث در شبکه های آبرسانی در راستای افزایش عمر این سازه های ملی ، حیاتی و ضروری است. این شناخت علمی می تواند منجر به راهکار های اجرایی شود که با عملیاتی نمودن آنها تخریب و شکست لوله و اتصالات پلی اتیلن کاهش یافته و حوادث ناشی از آن کمتر اتفاق بیافتد و از طرف دیگر پیش بینی عمر این لوله ها منجر به اتخاذ تصمیم های مدیریتی صحیح در جهت اقدام به موقع می شود و هدر رفت های ناشی از عدم آگاهی انسانی را تا حدی کاهش میدهد.

مطابق گزارش بسیاری ازمراجع اروپایی ، لوله های پلی اتیلن علیرغم گذشت ۵۰ سال کار از ثبات خوبی برخوردار هستند [1] و مسئله فرسودگی ناشی از واکنش های با آنتی اکسیدانت ها پس از این مدت مطرح میشود . از آنجا که کشور ما یکی از منابع اولیه مواد هیدرو کربنی درسطح بین المللی می باشد .این محصول در کشور ما نیز رواج یافته است.اما در بعضی تحقیقات انجام شده در ایران زمان نوسازی لوله های پلی اتیلن حدود۱۶ سال گزارش شده است. [2]

بطور کلی عوامل موثر بر کاهش عمر لوله ها عبارتند از

۱ مواد اولیه ۲- فرایند تولید و طراحی ۳-رعایت استاندارد ها و ضوابط اجرایی ۴- فرایند بهره برداری

۱- کارشناسی ارشد مهندسی آب ، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی ، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی ، دانشگاه فردوسی مشهد

در دنیا مطالعات متعددی برای شناسایی عوامل موثر بر شکست لوله ها و درصد تاثیر هر یک از آنها و پیشبینی رابطه ای برای آن انجام شده است[3,4]که بطور کلی در دو دسته مطالعات زیر تقسیم بندی می شوند :

الف- رابطه های یک متغیره

شامیر و هاوارد یک مدل نمایی برای پیش بینی نرخ شکست لوله ها بر حسب زمان ارائه کردند[5]پس از آن کتلر و گولتر، نیز با استفاده از شاخص تعداد کل شکستهای سالانه ،مطالعاتی را برای بیان تغییرات تعداد حوادث سالانه در برابر سن لوله های چدنی و آزبست در شهر وینیپگ کانادا انجام دادند. در مدل پیشنهادی آنها روند تغییرات سن خطی بوده و نشان دهنده افزایش ثابت تعداد شکست در هر سال می باشد.این مسئله با مشاهدات واقعی سازگار نیست زیرا با گذشت زمان ، لوله ها فرسوده شده، مقاومت آنها کاهش مییابد و آسیب پذیری آنها بیشتر میشود . در نتیجه با طولانی شدن عمر استفاده از لوله ها ، تعداد شکست های سالانه افزایش بیشتری می یابد . [6]کتلر و گولتر همچنین با استفاده از شاخص تعداد کل شکستهای سالانه ، مطالعاتی را برای بیان تغییرات تعداد حوادث سالانه در برابرقطر لوله های چدنی وآزبست در شهر وینیپگ کانادا انجام دادند

تابش و عابدینی نیز مطالعاتی بر روی نرخ شکست لوله های شهر کرمان انجام دادند و روابطی را بر حسب قطر لوله های آزبست به دست آوردند در این روابط تغییرات شکست و تعداد آن تنها در مقابل پارامتر قطر لوله بررسی شده است. [7]

ب- رابطه های چند متغیره

در ارتباط با بررسی عوامل موثر شکست بر لوله ها، تابش و آقایی مطالعاتی را بر اساس۴ پارامتر قطر ، فشار ، طول و عمر لوله ها انجام دادند و با سنجش مدل های متفاوت به نتایج نزدیک در پیش بینی نرخ شکست لوله ها رسیدند. همچنین آنها در روش رگرسیون چند جمله ای تکاملی با استفاده از طول مجموع لوله های هر کلاس قطری ، نرخ شکست لوله های منطقه را محاسبه کردند در اینکار اهمیت عامل تعداد انشعاب ناچیز شناخته شد. آنها ثابت کردند کهسن و یا قطر لوله تنها فاکتوری نیست که به طور عمده بر خرابی و زوال لوله ها تأثیر میگذارد ، بلکه طول و فشار نیز در شکست لوله ها مؤثر هستند.[8]

بررسی کلیه تحقیقاتی که تاکنون در زمینه بررسی عوامل موثر بر شکست و نرخ شکست لوله ها انجام گردیده است نشان میدهد که در هیچ یک از این مطالعات تاثیر عواملی همچون کیفیت جنس، عوامل جوی ، کیفیت اجرا و عمق نصب لوله دیده نشده است لذا در این مقاله مدل ارائه شده است تا اثرات این پارامترها ارزیابی شود.در این راستا عوامل موثر بر عمر لوله های پلی اتیلن در شاخصه دسته بندی گردیده اند که شامل سه پارامتر کمی قطر، عمق نصب و طول لوله، یک عامل تقریبی فشار لوله در نقاط شکست و دوعامل کیفی کیفیت اجرا و نصب، و کیفیت جنس لوله می باشد. تا کنون مطالعه مشابهی با در نظر گرفتن همه این موارد برای پیش بینی عمر لوله ها انجام نشده است .

۲ روش تحقیق

به طورکلی پدیده هایی که بامجموعه ای از داده های کیفی بیان می شوند- بدون آنکه از فرمول یا مدل ریاضی خاصی استفاده کنند- را میتوان به کمک روش فازی شبیه سازی کرد. از طرف دیگر پدیده های کمی با روش شبکه عصبی مدل سازی می شوند. نظر به وجود داده های توامان کمی و کیفی در مسئله شکست لوله ها از ترکیب این دو مدل یعنی ساختار عصبی–فازی یا همان انفیس استفاده می شود.

۲-۱- روش عصبی - فازی

یک سیستم استنتاج عصبی-فازی سازگار (ANFIS[1]) نوعی شبکه عصبی مصنوعی براساس سیستم فازی تاکاگی-سوگنو[2]می باشد. این شیوه در اوایل دهه ۹۰ میلادی ایجاد شد.[9]. سیستم های استنتاج عصبی -فازی تطابقی با ترکیب عملکرد منطقیسیستم های فازی و شبکه های عصبی و با اتکا به ترکیب قدرتیادگیری و توان آموزش پذیری شبکه های عصبی، رابطه بینمتغیرهای مختلف را شناسایی می کنند . سیستم فازی ازجمله روشهای هوشمصنوعی مبتنی بر قواعد منطقی اگر - آنگاه است از آنجایی که این سیستم، شبکه های عصبیو مفاهیم منطق فازیرا یکی می کند، از امکانات هر دوی آنها در یک قاب بهره می برد و قابلیت یادگیری برای تقریب زدن توابع غیرخطی را دارد [10].از این رو، ANFISبه عنوان یک

1 - adaptive neuro-fuzzy inference system
2- Takagi–Sugeno

تخمینگرعمومی[1] مطرح شده است[11].شبکه عصبی و سیستم فازی در یک ساختار هماهنگ با یکدیگر ترکیب می‌شوند. این مدل را می‌توان شبکه عصبی با پارامتر فازی و یا یک سیستم فازی با یادگیری توزیع شده دانست.

قانون حاکم بر یک کنترلر فازی به این ترتیب است که متغیرهای دنیای واقعی به عنوان ورودی دریافت میکند. قوانین فازی آن‌ها را به متغیرهای معنایی تبدیل می‌کند. فرآیند فازی این ورودی را می‌گیرد و خروجی معنایی تولید می‌کند و سرانجام خروجی‌ها به زبان دنیای واقعی ترجمه می‌شوند. ازقابلیت های مهم این ساختاراستفاده آن در مدلسازی وکنترل سیستمهای پیچیده است .[10]

۲ ۴ معیارهای ارزیابی :

برای ارزیابی مدل های تهیه شده می بایست خروجی مدل را با خروجی هدف مقایسه کرد. خروجی مدل ، نتایج حاصل از آموزش ، تست و ارزیابی شبکه می باشد و خروجی هدف عمر لوله هاست که با توجه به داده های مسئله موجود می باشد ، به جهت مقایسه این اطلاعات در مدل های مختلف از دو روش میانگین مربعات خطا و مجذور میانگین مربعات خطا استفاده می شود.

میانگین مربعات خطا با رابطه

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_t - y_o)^2 \qquad (۱)$$

و مجذور میانگین مربعات خطا با رابطه

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_t - y_o)^2} \qquad (۲)$$

نشان داده میشود. در این روابط y_t خروجی هدف و y_o خروجی مدل می باشد

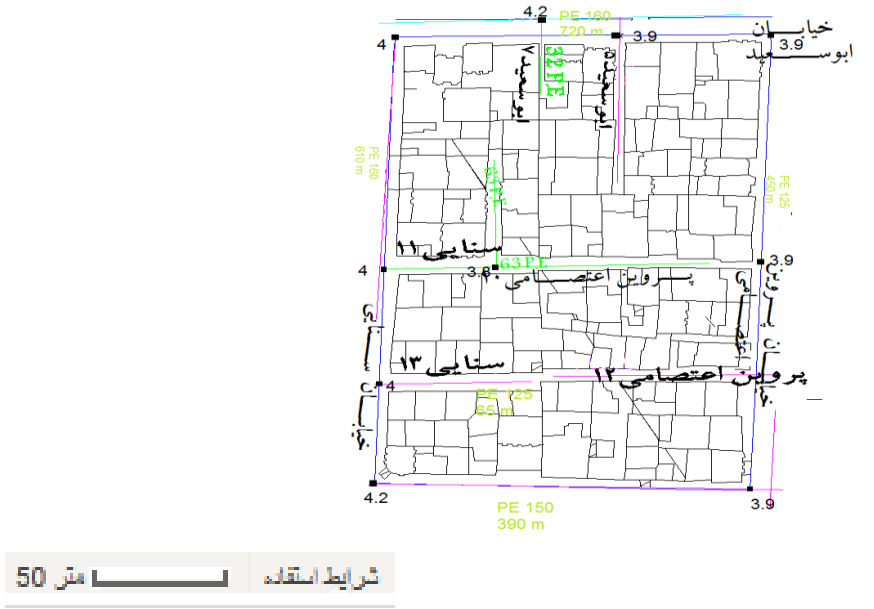
۳ -مطالعه موردی

۳ ۱ شبکه شهر قوچان

در تحقیق حاضر عوامل موثر بر شکست لوله های پلی اتیلن در شهر قوچان مطالعه شد مختصات جغرافیایی نقاط حادثه دیده و تراکم اتفاقات نظیر شکستگی ها بصورت دایره های توپر در شکل ۳-۲ نشان داده شده است بر این اساس ۴۳۰ مورد اتفاق در سال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ روی داده است. در شکل ۲ قسمت سیاه شده شکل ۱ به عنوان نمونه در مقیاس بزرگتر نشان داده شده است این بخش شامل طول، قطر و فشار لوله ها در نزدیکترین مکان نسبت به اتفاق می باشد

شکل ۱ .تراکم اتفاقات شهرستان قوچان طی سال ۱۳۸۹-۱۳۹۱

1- universal estimator



شکل ۲. جزییات اطلاعات موجود در نقشه به عنوان نمونه

۳ ۲ چگونگی داده های اولیه:

کیفیت اطلاعات ازدرجه اول اهمیت برخوردار است و لذا می بایست به آن توجه خاصی مبذول گردد چراکه در صورت نادیده گرفتن این مهم خسارات عمده ای به لحاظ زمانی و هزینه ای وارد خواهد گردید. با توجه به پیشرفت سیستم مدیریتی و جمع آوری اطلاعات به جهت کنترل معضلات ، مدیریت منابع مالی و انسانی ، برنامه ریزی برای نیل به اهداف سند چشم انداز و رفع مشکلات، اطلاعات کامل و دقیقی از اتفاقات این شهرستان در اختیار ما قرار گرفت که شامل :

۱ ناحیه ای که اتفاق در ان رخ داده است ۲- عمر لوله ای که دچار اتفاق شده است ۳- تاریخ و ساعت اتفاق(به جهت تخمین فشار) : ساعت و تاریخ وقوع اتفاق دارای اهمیت ویژه ای از جهت تخمین صحیح عمر و فشار لوله می باشد. ۴- نوع اتفاق در انشعاب ، خط انتقال یا شبکه توزیع ۵- موضوع اتفاق شامل آبریزی از محل اتصالات ، باز شدن اتصالات جوشی ، شکست اتصالات ، شکستگی لوله ، گرفتگی لوله ویخ زدگی لوله ۶- علت اتفاق ناشی از برودت هوا ، حفاری شرکت های خدماتی ، عدم اجرای کار با مشخصات فنی ، فرسودگی طبیعی شیر ، فرسودگی طبیعی لوله ، فرسودگی طبیعی اتصالات ، فشار یا نفوذ ریشه درخت ، فشار زیاد شبکه ، نوسانات زیاد شبکه ، کیفیت نامناسب لوله از نظر جنس ، کیفیت نا مناسب اتصالات ، نشست زمین یا ریزش خاک و وجود جسم خارجی درون لوله۷- اقدام اصلی انجام شده شامل تعمیر لوله ، تعمیر شیر ، تعویض اتصالات ، تعویض شیر ، تعویض کنتور ، تعویض لوله ، رفع گیر شبکه یا اتصالات ، رفع یخ زدگی لوله انشعاب ، تعمیرات اساسی و تعمیر مشکلات محل جوش۸- نوع و جنس لوله نظیر آزبست ،پلی اتیلن ، فولادی و چدنی (در این مطالعه تنها از داده های لوله های پلی اتیلن استفاده شده است). ۹- قطر لوله از قطر 10mm تا 900mm ۱۰- عمق نصب لوله از 60cm تا 250cm . ۱۱- طول، عرض و ارتفاع جغرافیایی محل اتفاق با استفاده از کدهای GIS.

۳ ۳ -پارامترهای موثر در ارزیابی و اهمیت آنها:

در تحقیقات گذشته اثر پارامتر های قطر طول فشار و عمر لوله بر نرخ شکست مطالعه شده بود**[7,8]**اما ارزیابی پژوهش گران تحقیق حاضر نشان میدهد که اثر پارامتر های عمق نصب کیفیت اجرا و کیفیت ساخت لوله نیز از جمله عوامل موثر بر شکست لوله های پلی اتیلن محسوب می شود. ذیلا اهمیتکلیه پارامتر های موثر تشریح می شود.

۱ قطر لوله : هرچه قطر لوله افزایش یابد درصد اتفاقات لوله کاهش میابد. قطر لوله یکی از پارامتر های کمی مهم قابل اندازه گیری است که در مدل شبکه عصبی فازی از آن استفاده خواهد شد.

۲ عمق نصب :عمق نصب لوله به دلیل مسئله یخ بندان و ضربات ناشی از بار ترافیکی از پارامتر های مهم و تاثیر گذار در شکست لوله هاست.

۳ طول لوله : شبکه توزیع آب از دو دسته لوله های انتقال اصلی و فرعی و انشعابات تشکیل شده است. در لوله های طویل اختلاف فشار ابتدا و انتهای گره به علت افت اصطکاکی زیاد است .طول لوله از پارامترهای کمی قابل اندازه گیری است.

۴ فشار :از پارامترهای مهم و تاثیر گذار در نقاط مختلف شبکه توزیع آب است ، که با توجه به محل، تاریخ و ساعت اتفاق مقدار آن از نرم افزار Epanet در نقاط مختلف استخراج می شود.

۵ جنس لوله پلی اتیلن : عوامل متعددی همچون درصد نامناسب دوده ، نوع گرید پلی اتیلن ، مواد ضایعاتی و آنتی اکسیدانت بر جنس لوله های پلی اتیلن موثر هستند[12,13,14,15,16] که با توجه به آزمایش لوله های آسیب دیده در منطقه های مختلف شهر و نظر کارشناسان و به صورت یک عدد فازی بین صفر و یک ارزیابی می شود صفر نشان دهنده کیفیت نازل و یک نشان دهنده بی نقصی در جنس و ساخت لوله می باشد. در یک جمعبندی کلی برای شهر قوچان اعدادی بین 0.5 تا 0.95 به جنس لوله ها داده شد.

۶ کیفیت اجرا : مشکلاتی همچون کیفیت جوش ، بستر نامناسب ، نوع پوشش خاک ، رشد ریشه درختان در اطراف لوله و احتمال آسیب به آن در کیفیت اجرا موثر هستند[17,18,19]. در نتیجه با مشورت با کارشناسان فنی پس از شناسایی پیمانکاران در بازه های زمانی اجرای طرح نمراتی بین صفر و یک به عملیات اجرایی داده شد. صفر نشان دهنده کیفیت نازل و شرایط بد محیطی و یک نشان دهنده کیفیت عالی اجرای کار می باشد.در قوچان به بهترین کیفیت اجرای کار نمره 0.95 و به بدترین کیفیت اجرا نمره 0.45 تعلق گرفت.

۷ عمر لوله پلی اتیلن : با توجه به اینکه زمان اجرای پروژه در هر قسمت شهر مشخص است و زمان آسیب دیدگی نیز بطور دقیق گزارش شده است عمر لوله ها بصورت خروجی بر حسب روز استخراج می شود.

۴ نحوه ارزیابی و نتایج

در تحقیق حاضر ۱۲۰۰اتفاق شکست لوله در شهر قوچان در فاصله سال های ۱۳۸۶-۱۳۹۱با استفاده از روش عصبی–فازی مطالعه و ارزیابی شد.از هفتاد درصد داده ها جهت آموزش شبکه ، بیست درصد جهت آزمون و ده درصد جهت صحت سنجی بطور تصادفی استفاده شد در نتیجه با ۸۴۰ داده آموزشی در شبکه عصبی –فازی بهترین آموزش با حداقل خطا به شبکه داده شد تا جایی که میزان خطا ثابت شده و ادامه فرایند بر بهبود آموزش شبکه تاثیری نداشته باشد. حالت های مختلف از قبیل تعداد عضوهای عملگر یا زیر لایه ها (mf) ، مدل ارزیابی روش فازی نظیرتابع عضویت مثلثی(trimf)، ذوزنقه ای (trapmf) ، زنگوله ای (gbellmf) ، گوسی نرمال (gaussmf) ، گوسی ترکیبی (gauss2mf) ، پی شکل (pimf) ، اختلاف بین دو هلال (dsigmf[1]) و حاصل دو هلال (Psigmf[2]) ، تعداد قانون ها و تعداد گام های آموزش بررسی شد.

در جداول شماره ۱ و ۲ زمان اجرای برنامه(دقیقه) و میزان خطا بر اساس خروجی عمر لوله بترتیب با عضو عملگر ثابت و عضو عملگر خطی ارائه شده است.در نمودار شکل شماره ۳ بعنوان نمونه میزان خطا در آموزش شبکه (روش خروجی خطی) با عضو عملگر gauss2mf در هفتاد و پنج گام کمتر از 10^{-3} می شود.

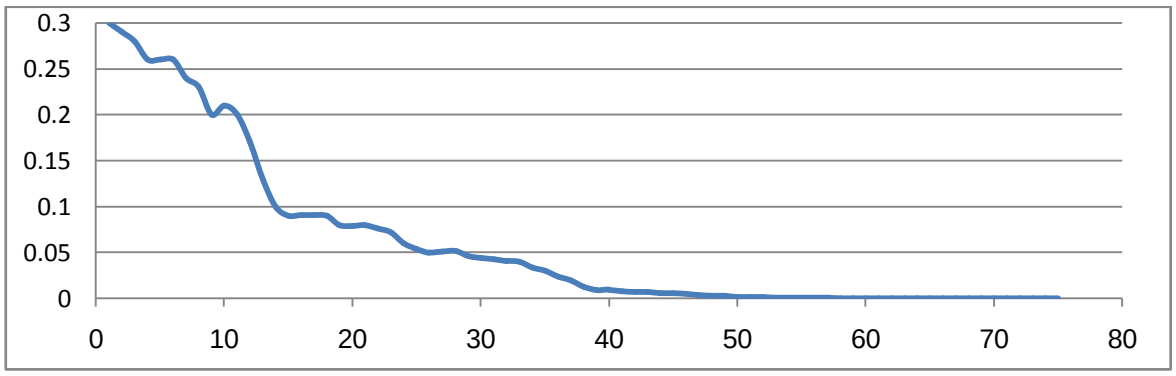
جدول شماره۱ : مناسبترین تعداد گام ها در هر روش بر اساس کمترین میزان خطا و بهترین زمان آموزش با ثابت در نظر گرفتن پارامتر عمر

مدل	trimf	trapmf	gbellmf	gaussmf	gauss2mf	pimf	dsigmf	Psigmf
	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf
جنس	3	3	4	3	5	4	4	5
کیفیت اجرا	3	4	4	4	4	3	4	4
قطر	5	6	5	5	5	4	5	5
عمق	5	5	4	4	4	6	4	4
طول	4	3	4	5	4	4	3	4
فشار	6	5	5	5	6	5	5	6
تعداد قانون ها	5400	5400	6400	6000	9600	5760	4800	9600
تعداد گام آموزش	120	80	300	160	170	310	125	80
زمان (دقیقه)	324	216	960	480	816	892.8	300	384
میزان خطاMSE	0.0276	0.0269	0.3472	0.0168	0.00174	0.1712	0.062	0.1104

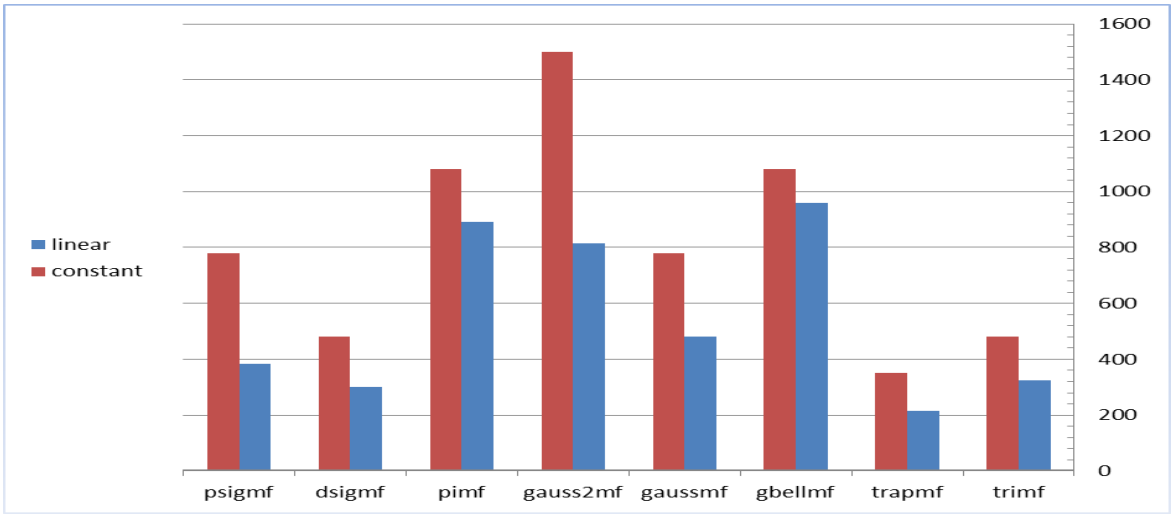
1 - Difference between two sigmoidal functions membership functions
2- Product of two sigmoidal membership functions

جدول شماره ۲ : مناسبترین تعداد گام ها در هر روش بر اساس کمترین میزان خطا و بهترین زمان آموزش با خطی در نظر گرفتن پارامترعمر

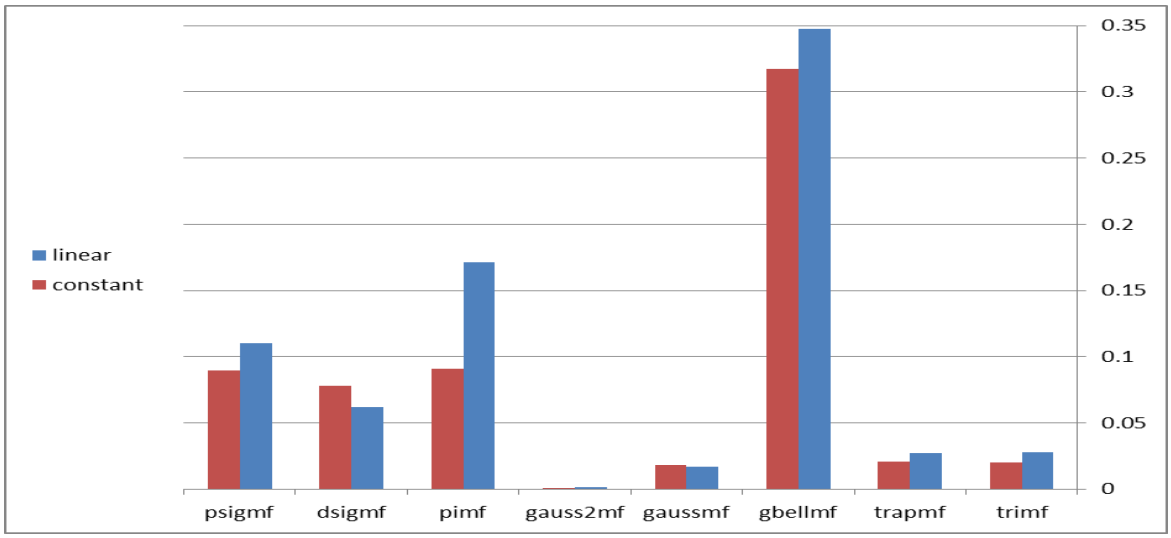
مدل	trimf	trapmf	gbellmf	gaussmf	gauss2mf	pimf	dsigmf	Psigmf
	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf	تعداد mf
جنس	3	3	4	3	5	4	4	5
کیفیت اجرا	3	4	4	4	4	3	4	4
قطر	5	6	5	5	5	4	5	5
عمق	5	5	4	4	4	6	4	4
طول	4	3	4	5	4	4	3	4
فشار	6	5	5	5	6	5	5	6
تعداد قانون ها	5400	5400	6400	6000	9600	5760	4800	9600
تعداد گام آموزش	100	75	180	130	160	180	100	80
زمان	480	350	1080	780	1500	1080	480	780
میزان خطاMSE	0.0201	0.021	0.3172	0.0183	0.0010	0.0908	0.078	0.0893



شکل شماره ۳ : آموزش شبکه anfis در۷۵ گام به روش gauss2mf در حالت خطی



شکل شماره ٤ : مقایسه بین زمان آموزش در دو حالت خطی و ثابت



شکل شماره ۵ : مقایسه بین میزان خطا در دو حالت خطی و ثابت

در نمودار میله ای شکل های شماره ۴ و ۵ زمان آموزش و میزان خطا در دو حالت خطی و ثابت برای مدل های مختلف ارزیابی روش عصبی فازی ترسیم شده است. زمان آموزش در خروجی خطی در کلیه مدل ها همواره بیشتر شده است و میزان خطا غالبا در حالت خروجی خطی کاهش یافته است.با توجه به شکل شماره ۵ کمترین خطا و بیشترین زمان آموزش در تابع عضویت gauss2mf برای پارامتر خروجی خطی ، بدست می آید.

۵ – نتیجه گیری

عوامل موثر بر شکست لوله های پلی اتیلن در شهر قوچان در شش گروه شامل چهار عامل کمی قطر ، عمق نصب ، طول و فشار در نقاط شکست و دو عامل کیفیت اجرا و نصب لوله و کیفیت جنس لوله دسته بندی شدند.اطلاعات جمع آوری شده از دقت و کیفیت بالایی برخوردار بودند به حدی که مدل از دقت بالاییبرخوردار بود.این موضوع اهمیت جمع آوری و بایگانی اطلاعات را دو چندان میکند.همانطور که پیش بینی میشد خلا اطلاعات مربوط به کیفیت جنس لوله و کیفیت اجرا ، بخش مهم و اثر گذاری در عمر لوله ها دارند که به این مسئله در کارهای قبلی توجه نشده بود.با توجه به نتایج حاصله می توان ادعا کرد که پارامتر های موثر بر عمر لوله به خوبی شناسایی شده اند.از شکل شماره ۵ کمترین خطا و بیشترین زمان آموزش برای تابع عضویت gauss2mf با پارامتر خروجی خطی درمدلی با دقت بالا و خطای کمتر از 10^{-3} بدست آمد.

۶– مراجع

1- Jana Laboratories Inc , 2010, “Technical Report Impact of Potable Water Disinfectants on PE Pipe “

۲ ثابش، م.، کریمی، ک. ۱۳۸۵. "تعیین زمان نشت یابی و نوسازی آب شهری با استفاده از تحلیل اطلاعات حوادث " نشریه دانشکده فنی،جلد ۴۰، شماره ۵، صفحات ۵۹۷ - ۶۱۰.

3-Newport, R. (1981).“Factors influencing the occurrence of bursts in iron water mains.” Water Supply and Management, 3, 274-278.

4-Walski, T. M., and Pelliccia, A. (1982). “Economic analysis of water main breaks.” J. of AWWA, 74, 140147

5- Shamir, U., and Howard, C.D.D. (1979). “An analytical approach to scheduling pipe replacement.” J. of AWWA., 71, 248-258.

6-Kettler, A.J., and Goulter, L.C. (1985). “An analysis of pipe breakage in urban water distribution

networks.” Can. J. Civ. Eng., 12(2), 286-293.
7- 2Tabesh, M., and Abedini, A.A. (2005). “Analysis of pipe failure in water distribution network.” J. of Iran Water Resources Research, 1(1), 78-79. (In Persian)
۸ تابش، م. آقایی، آ. سلطانی،ج. ۱۳۸۹ " مطالعه (پیشبینی) نرخ شکست لوله های اصلی آبرسانی شهری با استفاده از روش های هوشمند و رگرسیونی " نشریه آب و فاضلاب شماره دوم

9-Jang, Jyh-Shing R (1991).Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm. Proceedings of the 9th National Conference on Artificial Intelligence, Anaheim, CA, USA, July 14–19 2. pp. 762–767.

10-Abraham, A. (2005), "Adaptation of Fuzzy Inference System Using Neural Learning", in Nedjah, Nadia; de MacedoMourelle, Luiza, Fuzzy Systems Engineering: Theory and Practice, Studies in Fuzziness and Soft Computing 181, Germany: Springer Verlag, pp. 53–83

11-Jang, Sun, Mizutani (1997) – Neuro-Fuzzy and Soft Computing – Prentice Hall, pp 335–368, ISBN 0-13-261066-3

۱۲ عباسی سورکی ،ف. ، مرشدیان، ج. ، ۱۳۸۰ "بررسی و اصلاح خواص فیزیکی و مکانیکی پلی اتیلن با شبکه ای کردن" مجله علوم و تکنولوژی پلیمر سال چهاردهم شماره دوم، ۹۵-۱۰۱
۱۳ رحیمی،ح. ، انصاری پور،ا. ۱۳۷۷ "بررسی مشخصات فنی لوله های پلی اتیلن ساخت ایران" مجله علوم کشاورزی ایران جلد ۲۹ ، شماره۳ ، ۵۳۵-۵۴۹
۱۴ درودبانی،س. ۱۳۷۱ " معیارهای انتخاب پلی اتیلن برای شبکه توزیع گاز طبیعی " نشریه علوم تکنولوژی و پلیمر سال ششم، شماره اول، ۶۰-۶۵
۱۵ سلیمی،م. ، وثوق، ع. ،۱۳۸۷ " کنترل فنی و کیفی لوله های پلی اتیلن دوجداره فاضلابی "
۱۶ وثوقیفر،ح. رهبرپیپور،ا. ۱۳۹۰ " بررسی لوله های پلی اتیلن چگال بالا " نشریه مهندسی مکانیک ، شماره ۸۰ ، سال بیستم صفحات ۴۹-۵۷
۱۷ مشکی زاده،م. ، غلامی،ر. ۱۳۸۶ " اتصالات در لوله های پلی اتیلن با قطر و ضخامت بالا" دومین کنفرانس ملی تجربه های ساخت تاسیسات آبی و شبکه های آبیاری و زهکشی
۱۸ نوید فامیلی،م. مرتضایی، م. شایق، ع. ۱۳۸۱"بررسی پارامترهای موثر بر جوش الکتریکی اتصالات پلی اتیلنی " مجله علمی پژوهشی علوم و تکنولوژی پلیمر ، سال شانزدهم ، شماره ۳ – ۱۴۷-۱۵۷
۱۹ دبیران ، ف. ۱۹۸۷ " رابطه بین اتصالات عرضی و استحکام دراز مدت در لوله های پلی اتیلن " نشریه علوم نکنولوژی و پلیمر ، سال دوم شماره سوم ، ۲۲۹-۲۳۷