

کاهش ریسک شکستگی در شبکه های آبرسانی با استفاده از بررسی پارامترهای تاثیر

گذار (مطالعه موردی : شبکه آب شهر پلدختر)

احسان الهیاری^۱، محبوبه چراغی^۲، فخرالدین مرادی کیا^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد واحد اهواز

۲- هیئت علمی گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

۳- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه شهید چمران اهواز ، اهواز

چکیده

شبکه های آبرسانی یکی از مهم ترین زیرساخت های شهری است که خدمات رسانی مستمر آن از اهمیت حیاتی برای رفاه مردم برخوردار می باشد. وقوع حوادث و شکستگی ها که منجر به اختلال در این خدمت رسانی می شود، امری اجتناب ناپذیر است ولی می توان با بررسی های علمی و فنی ریسک وقوع آنها را کاهش داد تا حتی المقدور از اختلال در خدمت رسانی این زیرساخت مهم جلوگیری شود. در این تحقیق ابتدا با توجه به تحقیقات گذشته سه پارامتر فشار، قطر، سن و بارترافیکی روی لوله ها به عنوان عوامل مهم تر بر نرخ شکست سالانه لوله ها شناسایی گردید سپس با استفاده از یک شبکه عصبی مصنوعی تحلیل حساسیت پارامترهای مذکور بر نرخ شکستگی های قسمتی از شبکه آب شهر پلدختر بررسی گردید. جهت کاهش ریسک حوادث، یک نقطه زمانی تحت عنوان نقطه زمانی شروع ریسک شکستگی از نمودارهای تحلیل حساسیت استخراج گردید و نشان داده شد که می توان با مدیریت و تعدیل فشار در شبکه این نقطه زمانی را به تاخیر انداخت. همچنین نتایج نشان داد ادامه استفاده از لوله های با عمر بین ۲۵ تا ۳۰ سال حاوی ریسک هزینه بوده و باید طی یک برنامه مدون از راهکارهای تعدیل فشار یا تعویض لوله ها جهت تداوم پایداری شبکه بهره گرفت.

کشور ما در منطقه ای خشک و نیمه خشک با بارش سالیانه خیلی کم قرار دارد از این رو کمبود منابع آب در ایران باعث شده است که مدیریت منابع آب نقش حیاتی را ایفا کند. در این بین مدیریت شبکه‌های آبرسانی که قسمت مهمی از سیستم تامین آب را شامل می شود وظیفه‌ی انتقال آب به مشترکین به میزان و فشار کافی را دارند. اما وقوع شکستگی ها که در شبکه‌های آبرسانی رخ می دهد باعث کاهش عملکرد این مجموعه می‌شود. شکستگی های موجود در شبکه‌ی آبرسانی باعث تلفات آب، کاهش اعتمادپذیری و در نتیجه افزایش نارضایتی مصرف کنندگان می شود. بنابراین بررسی اتفاقات موجود در شبکه‌های آبرسانی باعث افزایش سطح بصیرت نسبت به شبکه و در پی آن اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب جهت نوسازی و بازسازی شبکه می‌شود که این تصمیمات منجر به افزایش قابلیت اطمینان شبکه و افزایش رضایت مصرف کنندگان می شود.

طبق آمار سال ۱۳۷۷ شرکت آب و فاضلاب، ۲۹/۴ کل اتفاقات مربوط به حوادث در شبکه توزیع و ۶/۷۰٪ آن مربوط به اتفاقات در انشعابات میباشد [۱]. اما به جهت اینکه اثرات حوادث در شبکه های اصلی بلحاظ میزان هدر روی آب، قطع و کاهش شدید فشار آب مشترکین محله ای که حادثه در آن واقع شده بسیار بیشتر از حوادث انشعابات میباشد ، حوادث در شبکه از اهمیت بیشتری بجهت بررسی بر خوردار می باشد[۱].

به طور کلی شبکه های آبرسانی آب شرب باید در طول عمر طراحی خود نگهداری و تعمیر شده تا بتوانند قابلیت و کارایی خود را در طول دوره طراحی حفظ کنند. در واقع تعمیر و نگهداری شبکه کمک شایانی به جلوگیری از تعویض زود هنگام لوله های شبکه کرده و هزینه خدمات رسانی را در مجموع کاهش میدهد.

هدف مدیریت ریسک افزایش موفقیت پروژه است که از طریق شناسایی ریسک و ارزیابی مخاطره ، کاهش و کنترل ریسک و حداکثرسازی فرصت ها صورت میگیرد. ارزیابی ریسک فرآیند برآورد احتمال وقوع یک رویداد (مطلوب یا نامطلوب) و میزان تأثیر آن است . هدف این تحقیق ، ارائه مدل پیش بینی جهت کاهش ریسک حوادث در سامانه های توزیع آب که قابلیت تعمیم برای شرایط زمانی و مکانی مشابه را دارا هستند، می باشد. بر پایه این هدف هر مکان شرایط بخصوص دارد و یک مدل پیش بینی شکست ، قابلیت تعمیم برای عموم را ندارد . بنابراین آنالیز داده های ریسک حوادث می تواند به مشخص نمودن دلایل و پارامترهای اصلی شکست ها در محدوده های ویژه های از سامانه آبرسانی یا در لوله ای خاص کمک نموده و کلیه تغییرات در طراحی و سیاست های بهره برداری از زیر ساخت را مشخص نماید . به این ترتیب در هر سال با پیش بینی نرخ شکست و تعداد حوادث می توان تسهیلات و تجهیزات لازم برای مقابله با حوادث فراهم کرد. همچنین در این به دنبال یافتی زمان بهینه تعویض لوله های شبکه توزیع آب هستیم. این نقطه زمانی در این تحقیق به عنوان نقطه زمانی ریسک معرفی شده است و از نمودار ها تحلیل حساسیت منتج شده از شبکه عصبی محاسبه خواهد شد.

به طور کلی در زمینه بررسی ریسک حوادث و شکستگی های شبکه آب رسانی تحقیقات چندانی صورت نگرفته است اما در زمینه پیش بینی حوادث و نرخ شکستگی های شبکه آب تحقیقات گسترده ای صورت گرفته است. در ادامه تحقیقات انجام شده مرتبط با موضوع آمده است.

میرمحمد صادقی و نبویان پور، ریسک شبکه توزیع آب شهر گرمسار را با روش های باینری و تاپسیس و با کمک GIS انجام دادند. آنها به منظور بررسی عوامل مؤثر در اتفاقات در شبکه توزیع آب با افراد متخصص مشورت کردند و ۴ عامل اصلی مشخصات لوله ، فاصله لوله از راه های اصلی ، فاصله لوله از فضای سبز و میزان فشار هیدرولیکی لوله به عنوان معیارهای تصمیم گیری انتخاب کردند. دو الگوی اتفاقات ناشی از عمر لوله ها و اتفاقات ناشی از فشار به عنوان اتفاقات نظام مند در شبکه توزیع آب شرب شهر گرمسار مشاهده شد. آنها محاسبه ریسک پذیری لوله ها با استفاده از دو روش باینری و تاپسیس بررسی کردند. در روش باینری با ترکیب خطی پارامترها میزان ریسک وقوع اتفاق در لوله برآورد شد. با توجه به خاصیت پارامترهای اصلی از جمله میزان فشار هیدرولیکی ، عمر لوله ، نزدیکی به فضای سبز و نزدیکی به راه های اصلی که از یکدیگر مستقل بودند و با اعمال عدد صفر و یک برای هر خاصیت و هر لوله میزان ریسک پذیری لوله ها محاسبه شد.

آنها همچنین روش دیگر تعیین ریسک پذیری لوله ها ، روش تاپسیس، را بررسی کردند. این روش یکی از روش های رتبه بندی است و قدرت بالایی در تفکیک گزینه ها دارد. مبنای اصلی این روش رتبه بندی براساس شباهت پارامترها به راه حل ایده آل است. آنها امتیاز دهی را به صورت زیر در نظر گرفتند.

جدول ۱. وضعیت میزان وزن

پارامترها

عنوان	امتیاز حداکثر خطر
میزان فشار هیدرولیکی	۰,۴
عمر لوله	۰,۳
نزدیکی به فضای سبز	۰,۲
نزدیکی به راه های اصلی	۰,۱

پس از وزن دهی اولیه راه حل های ایده آل مثبت و منفی به دست آمد و فاصله بین گزینه ها به روش اقلیدسی محاسبه شد.

شامیر و هووارد جهت ایجاد یک مدل پیش بینی شکست لوله ها که پارامتر شکستگی لوله ها را با سن آنها مربوط می کرد ، بر روی مجموعه های دارای مشخصات یکسان از نظر قطر ، جنس و سن ، تحلیل رگرسیونی را مورد استفاده قرار داده و یک مدل توانی برای افزایش شکست لوله ها بر حسب زمان ارائه کردند[2].

والسکی و پلیسیا یک روش مشابه شامیر و هووارد ارائه داده اند که در آن بین نرخ شکست با سن لوله یک رابطه نمایی دارد. آنها یک نرخ شکست بحرانی را تعریف نموده اند که در زمان تجاوز نرخ شکست از این میزان، لوله ها باید بازسازی و نوسازی شوند. در این تحقیق علاوه بر سن لوله، دو عامل دیگر در نظر گرفته شد. عامل اول برای شناسایی شکستگی های قبلی در لوله و عامل دوم برای مشاهده تفاوت نرخ شکستگی ها در لوله های با قطر بزرگ است [3]. کتر و گولتر و همچنین گولتر و کاظمی مطالعاتی را با استفاده از شاخص کل شکست های سالانه برای بیان تغییرات تعداد حوادث سالانه در برابر سن و قطر لوله های چدنی و آزیست در شهر وینپگ کانادا انجام داده و رابطه خطی بر حسب زمان را ارائه کردند. [4]. سو و همکاران برای بررسی تغییرات تعداد شکست با قطر لوله، از نرخ شکست در برابر قطر لوله استفاده کرده اند، با افزایش قطر لوله نرخ شکست کاهش می یابد. استفاده از نرخ شکست در آنالیز، نتایج بهتری نسبت به استفاده از تعداد شکست های سالانه می دهد زیرا با در نظر نگرفتن طول لوله ها در آنالیز می توان گفت که هر چه طول یک لوله در شبکه بیشتر باشد، انتظار حوادث بیشتری نیز می رود و برعکس. لذا با در نظر گرفتن طول لوله یعنی استفاده از نرخ شکست، این ابهام از بین می رود [5].

تابش و عابدینی، اولین بررسی و آنالیز شکست لوله ها در شبکه های آبرسانی را در تعدادی از شهرهای کشور انجام دادند. در این تحقیق به برخی روشهای تحلیل اطلاعات حوادث و شکست لوله ها اشاره گردیده است. هدف این تحقیق ارائه روشی برای جمع آوری اطلاعات و تحلیل حوادث متناسب با شرایط ثبت اطلاعات حوادث کشور بود. در نهایت روابطی بر اساس قطر و سن لوله ها و یا هر دو عامل برای تعدادی از شهرهای کشور ارائه شده است [6].

تابش و همکاران، تحقیقی پیرامون عوامل موثر در شکست لوله های شبکه آبرسانی و روشهای پیش بینی آن انجام داده اند. در این تحقیق با مبنا قرار دادن رگرسیون چند جمله ای تکاملی با استفاده از الگوی برنامه نویسی ژنتیک و ترکیب پارامترهای دائمی و غیر دائمی در بخشی از شبکه توزیع آب یکی از شهرهای کشور، رابطه پیش بینی تعداد شکست در لوله های اصلی آبرسانی با اعمال برخی پارامترهای موثر همچون طول، قطر و تعداد مشترکان به طور مستقیم و فشار متوسط هیدرولیکی به طور غیر مستقیم در منطقه مورد مطالعه بهبود یافته است. در مطالعه مذکور، ابتدا منطقه مطالعاتی پهنه بندی و سپس کل مجموعه داده های استخراج شده از مشخصات شبکه و آمار حوادث به چندین محدوده تقسیم بندی شده است. در همین زمینه هر یک از کلاسهای قطری اصلی شش گانه (۸۰ تا ۳۰۰ میلی متر) در پهنه بندی ها با لوله های فرضی معادل، مدل شدند [7].

تابش و همکاران اقدام به تدوین مدلی به منظور مدیریت حوادث شبکه های توزیع آب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با توجه به نرخ شکست لوله ها نموده اند. در مطالعه مذکور بر اساس تعداد حوادث سالانه و

طول لوله های موجود در یک شبکه توزیع ، اقدام به محاسبه نرخ شکست به طور نسبی گردید. نتایج تحقیق نشان داده است که مناطقی که از ساختار و مدیریت نامناسب شبکه برخوردارند دارای نرخ شکست بالایی هستند [8].

پرودنشو و همکاران برای آموزش شبکه های عصبی تاخیری از ترکیب الگوریتم ژنتیک و الگوریتم لونبرگ - مارگارت استفاده نموده اند . این تحقیق که برای شبیه سازی جریان رودخانه انجام شد ، نشان داد که الگوریتم های رایجی که برای آموزش شبکه به کار می روند . نمی توانند از دقت بالایی در شبیه سازی و کاهش خطا برخوردار باشند و لازم است برای این مطالعه از روش ترکیبی اشاره شده استفاده گردد [9].

گواستولیسی برای نخستین بار با تبدیل رگرسیون عددی به یک رگرسیون چند جمله ای تکاملی (EPR) شکست لوله ها را در شبکه های توزیع آب به صورت رابطه ای مدلسازی نموده است . در این رابطه نیز پارامترهای موثر اعمال شده در مدل ، محدود به متغیرهای سن ، قطر و طول معادل است [10].

آهن و همکاران اقدام به پیش بینی شکست لوله ها با استفاده از شبکه های عصبی نموده اند . در تحقیق مذکور تنها به برخی از پارامترهای موثر در شکست لوله ها اشاره و از آنها در پیش بینی شکست استفاده شده است [11].

ماوریزیو و همکاران از شبکه های عصبی برای پیش بینی نرخ شکست پمپ های سانتریفیوژ در پالایشگاه نفت استفاده نموده اند . در مطالعه مذکور از شبکه پرسپترون چند لایه برای شبیه سازی استفاده شده است . با استفاده از نتایج تحقیق ، پمپ ها بر اساس احتمال شکست و درجه تغییرپذیری دسته بندی شده و بر پایه آن ، برنامه تعمیر و نگهداری تدوین شده است [12].

براردی و همکاران رابطه ای را برای پیش بینی تعداد شکست لوله ها در شبکه توزیع مبتنی بر روش EPR و داده کاوی ارائه نموده اند که در آن فقط متغیرهای سن ، قطر و طول لوله انتخاب شده اند [13].

با توجه به مطالعات انجام شده قبلی می توان دریافت که برای پیش بینی نرخ شکست لوله ها لازم است اطلاعات قابل توجهی جمع آوری گردد تا با استفاده از آن بتوان به پیش بینی نرخ شکست لوله ها پرداخت . از آنجا که دسترسی به تمامی داده های مورد نیاز برای تعیین میزان نرخ شکست لوله ها در اکثر موارد در دسترس نبوده و یا به آسانی قابل استخراج نیستند ، لذا بررسی اهمیت پارامترهای موثر بر نرخ شکست و تعیین تعداد آنها به منظور ارائه رابطه ای که بتواند با داده های موثر قابل دسترس به پیش بینی صحیح نرخ شکست بپردازد از اهمیت قابل توجهی برخوردار است .

۲- روش کار

به مرور زمان با افزایش سن لوله های شبکه تعداد حوادث و به تبع آن هزینه اتفاقات شبکه بیشتر شده تا جایی که هزینه تعمیرات از یک زمانی به بعد بیشتر از هزینه تعویض لوله های شبکه می باشد، در این حالت اقتصادی تر آن است که لوله های فرسوده تعویض شوند. پیدا کردن نقطه زمانی مذکور کاری مبهم، پیچیده و همراه با عدم

قطعیت زمانی بالایی می باشد. این زمان بستگی به پارامترهای مختلفی از شبکه مانند: فشار شبکه، سن لوله ها، نگهداشت شبکه، طول و قطر لوله ها می باشد. از طرفی می توان آن نقطه زمانی را زمان ایجاد ریسک شبکه آبرسانی دانست، زیرا از آن زمان به بعد وجود لوله به دلیل اتفاقات زیاد غیر اقتصادی بوده و نرخ بالای شکست و هدر رفت آب در آن می تواند منجر به هدر رفت منابع آب و انرژی و عدم تامین دبی و فشار مورد نظر طبق آیین نامه برای مشترکین شود که این خود باعث نارضایتی مشترکین خواهد شد. با توجه به آنکه ریسک مفهوم واحدی در کارهای تحقیقاتی مختلف ندارد، رسیدن به نقطه زمانی مذکور در این تحقیق به عنوان نقطه شروع ریسک مد نظر قرار می گیرد و هدف اصلی این تحقیق مشخص نمودن نقطه زمانی مذکور و کاهش ریسک (به تعویق انداختن زمان تعویض لوله ها در راستای کاهش هزینه های مربوطه و حفظ قابلیت اطمینان شبکه) می باشد. این مهم با استفاده از تحلیل عوامل شکست و الویت بندی آنها بر اساس حساسیت شکست لوله ها به پارامترهای مذکور قرار می گیرد تا با تمرکز هزینه بیشتر بر موارد مهم تر بتوان هزینه نگهداری شبکه را در عین حفظ قابلیت اطمینان شبکه را به حداقل رساند، که کاهش هزینه اتفاقات با قید حفظ کارایی شبکه در محدوده آیین نامه در این تحقیق به عنوان ریسک شبکه تعریف شده و در واقع اهداف مذکور به عنوان کاهش ریسک حوادث شبکه در این تحقیق تعریف می شوند. نهایتاً می توان با تمرکز بیشتر بر روی عوامل مهم تر که از تحلیل آمارهای قبلی با کمک شبکه های عصبی مصنوعی حاصل خواهد گردید، ریسک حوادث شبکه را کاهش داد.

به مرور زمان با افزایش سن لوله های شبکه تعداد حوادث و به تبع آن هزینه اتفاقات شبکه بیشتر شده تا جایی که هزینه تعمیرات از یک زمانی به بعد بیشتر از هزینه تعویض لوله های شبکه می باشد، در این حالت اقتصادی تر آن است که لوله های فرسوده تعویض شوند. پیدا کردن نقطه زمانی مذکور کاری مبهم، پیچیده و همراه با عدم قطعیت زمانی بالایی می باشد. این زمان بستگی به پارامترهای مختلفی از شبکه مانند: فشار شبکه، سن لوله ها، نگهداشت شبکه، طول و قطر لوله ها می باشد. از طرفی می توان آن نقطه زمانی را زمان ایجاد ریسک شبکه آبرسانی دانست، زیرا از آن زمان به بعد وجود لوله به دلیل اتفاقات زیاد غیر اقتصادی بوده و نرخ بالای شکست و هدر رفت آب در آن می تواند منجر به هدر رفت منابع آب و انرژی و عدم تامین دبی و فشار مورد نظر طبق آیین نامه برای مشترکین شود که این خود باعث نارضایتی مشترکین خواهد شد. با توجه به آنکه ریسک مفهوم واحدی در کارهای تحقیقاتی مختلف ندارد، رسیدن به نقطه زمانی مذکور در این تحقیق به عنوان نقطه شروع ریسک مد نظر قرار می گیرد و هدف اصلی این تحقیق مشخص نمودن نقطه زمانی مذکور و کاهش ریسک (به تعویق انداختن زمان تعویض لوله ها در راستای کاهش هزینه های مربوطه و حفظ قابلیت اطمینان شبکه) می باشد. این مهم با استفاده از تحلیل عوامل شکست و الویت بندی آنها بر اساس حساسیت شکست لوله ها به پارامترهای مذکور قرار می گیرد تا با تمرکز هزینه بیشتر بر موارد مهم تر بتوان هزینه نگهداری شبکه را در عین حفظ قابلیت اطمینان

شبکه را به حداقل رساند، که کاهش هزینه اتفاقات با قید حفظ کارایی شبکه در محدوده آیین نامه در این تحقیق به عنوان ریسک شبکه تعریف شده و در واقع اهداف مذکور به عنوان کاهش ریسک حوادث شبکه در این تحقیق تعریف می شوند. نهایتاً می توان با تمرکز بیشتر بر روی عوامل مهم تر که از تحلیل آمارهای قبلی با کمک شبکه های عصبی مصنوعی حاصل خواهد گردید، ریسک حوادث شبکه را کاهش داد.

در این تحقیق روشی جدید جهت تحلیل ریسک شکستگی های شبکه های آبرسانی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ارائه شده است. بر خلاف تحقیقات مشابه که از آمار به صورت توصیفی جهت بررسی ریسک استفاده شده است در این تحقیق سعی شده است ابتدا رابطه ای بین پارامتر خروجی (نرخ شکست لوله ها در سال) نسبت به پارامتر های مهم ورودی (قطر لوله، سن لوله، عمر لوله و بار ترافیکی روی لوله) با استفاده از یک شبکه عصبی ایجاد گردید سپس جهت تحلیل و کاهش ریسک، تحلیل حساسیت پارامترهای ورودی بررسی گردید. در واقع در این تحقیق به جای تهیه پرسش نامه و استفاده از روش های تفسیری از یک روش کاملاً محاسباتی، آمار موجود مورد تحلیل و تجزیه قرار گرفته تا ابهام ریسک حوادث رفع گردیده و تصمیم گیری صحیح لازم جهت کاهش آن اتخاذ گردد.

در این تحقیق جهت رسیدن به اهداف مذکور هم نیاز به تهیه عوامل اصلی شکست لوله ها با توجه به آمارهای موجود و همچنین تحلیل های نرم افزاری می باشد. در واقع نرخ شکست لوله ها و به تبع آن ریسک حوادث شبکه آب توابع عوامل مختلفی از قبیل: فشار شبکه، سن لوله ها، قطر و طول لوله ها، جنس لوله ها، جنس زمین، بار ترافیکی روی لوله ها و ... می باشد ولی از آنجا که رابطه ریاضی بین نرخ شکست لوله ها و پارامترهای مذکور نداریم باید به گونه ای بتوان تاثیر پارامترهای مذکور بر نرخ حوادث در قالب رابطه ای بیان کنیم تا هم بتوان نرخ شکست لوله ها را پیش بینی کرد و هم از طریق تحلیل حساسیت پارامترهای مذکور بتوان الویت بندی پارامترهای موثر بر شکست لوله ها انجام داد، در نهایت هم با استفاده از نتایج دو هدف مذکور می توان ریسک حوادث را کاهش داد. در مواردی که رابطه ریاضی بین یک پارامتر خروجی و تعدادی پارامتر ورودی وجود نداشته باشد جهت ایجاد رابطه ای تقریبی می توان از شبکه های عصبی مصنوعی استفاده کرد و در این تحقیق هم از همین روش استفاده خواهد شد.

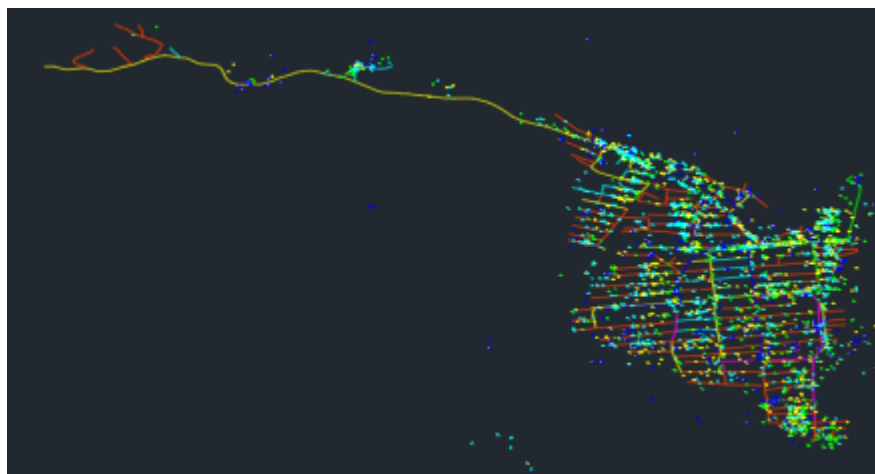
شبکه های عصبی مصنوعی ابزارهای قدرتمندی هستند که از دانش کنونی ما راجع به شبکه های عصبی جانداران نشأت میگیرند. در شبکه های عصبی هدف آن است که بتوان با استفاده از تعداد زیادی عناصر محاسباتی ساده، که با اتصالات زیادی به یکدیگر مربوط شده اند، یک رابطه ریاضی تقریبی بین پارامترهای ورودی و خروجی ایجاد کرد. به طور کلی روش کار در شبکه های عصبی بدین گونه است که ابتدا آماری از داده های گذشته (شامل پارامترهای ورودی و خروجی متناسب با آنها) باید تهیه نمود سپس با ایجاد معماری یک مدل شبکه عصبی و

آموزش و صحت سنجی آن به پیش بینی پارمتر خروجی (در اینجا نرخ حوادث شبکه آب) پرداخت. همچنین می توان با تحلیل حساسیت پارمتر خروجی با توجه به پارامترهای ورودی تاثیر گذار که قبلا بیان شد را ریسک حوادث را با تمرکز بر عوامل مهم تر کاهش داد.

جهت انجام روش تحقیق بر روی یک مدل واقعی، اطلاعات و داده های لازم از شرکت آب و فاضلاب لرستان مربوط به شکستگی های شبکه آب شهر پلدختر تهیه گردید. با توجه به هوشمند سازی سامانه های ثبت شکستگی (سامانه ۱۲۲ و سپتا)، آمار مورد نیاز با دقت بالایی تهیه گردید.

۳- معرفی مدل تحلیل شده

در این تحقیق از اطلاعات کامل قسمتی از شبکه آب شرب شهر پلدختر استفاده گردید. شهر پلدختر در جنوب غربی شهر پلدختر از نظر جغرافیایی در ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه درازای خاوری و ۳۳ درجه و ۹ دقیقه پهناي شمالی و دارای ارتفاعی بین ۶۵۰ متر تا ۷۱۰ متر از سطح دریا قرار دارد. پلدختر در تابستان دارای آب و هوایی گرم و در زمستان معتدل و نسبتاً سرد می باشد؛ ولی هر چند سال یک بار پلدختر شاهد بارش برف آن هم به صورت جزئی و کلی می باشد. پلدختر از شهرهای پر باران لرستان می باشد. شهر پلدختر ۲۶۴۵۲ نفر جمعیت دارد. به طور کلی این شهر توسط رودخانه کشکان به دو ناحیه غربی و شرقی تبدیل شده است. در این تحقیق شبکه آب ناحیه غربی به دلیل مجزا بودن آن از قسمت شرقی و همچنین موجود بودن نقشه ها و آمارهای دقیق تر آن مورد استفاده قرار گرفت. این قسمت از شهر توسط یک مخزن ۵۰۰۰ متر مکعبی تغذیه می شود.



شکل ۱- شبکه ناحیه مورد مطالعه به همراه تراکم محل

های شکستگی مربوط به سال های ۹۹ و ۱۴۰۰

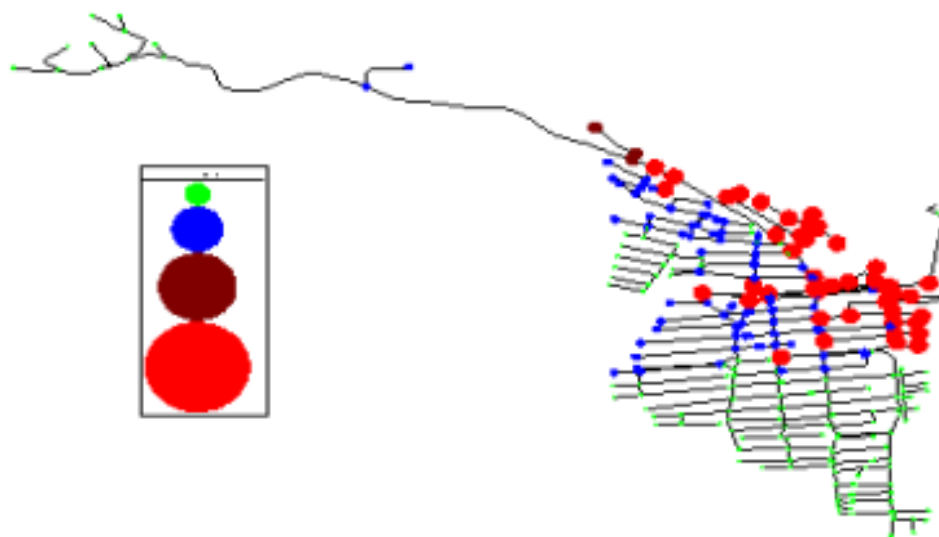
۳-۱ پارامترهای ورودی شبکه عصبی

با مرور و بررسی تحقیقات گذشته (که در فصل دوم آمده است) چهار پارامتر موثرتر بر شکستگی شبکه های آبرسانی که عبارتند از: فشار در لوله، قطر لوله، عمر لوله و بار ترافیکی بر آن، شناسایی گردید همچنین به دلیل آنکه ناحیه مورد مطالعه در تمام قسمت ها تقریباً جنس خاک یکسان بوده دیگر پارامتر جنس خاک در تحلیل ها در نظر گرفته نشده است. و همچنین از آنجا که جهت کاهش ریسک نمی توان از تغییر طول لوله ها (به دلیل عدم تغییر در مکان هندسی لوله ها) استفاده کرد این پارامتر نیز لحاظ نشده ولی جهت تحلیل صحیح، از تعداد شکستگی در هر کیلومتر استفاده شده است. سپس آمار ۲ ساله (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) مربوط به شکستگی ها از سامانه سپتا شرکت آب و فاضلاب استان لرستان تهیه گردید. جهت برآورد فشار در لوله ها از فایل واتر جیمز شبکه آب شهر (که قبلاً توسط دانشگاه ایلام مجری طرح تحقیقاتی هوشمندسازی شبکه آب شهر پلدختر انجام شده بود) استفاده گردید. همچنین قطر و سن لوله ها از نقشه ها و آمار موجود در امور آب و فاضلاب شهرستان پلدختر تهیه گردید.

جدول Error! No text of specified style in document. ۳-۱ جنس، قطر و طول لوله ها در پایلوت

تحقیقاتی

ردیف	جنس لوله	قطر لوله (میلیمتر)	طول لوله (متر)
۱	پلی اتیلن	۷۵	۱۳۷۵۰
۲	پلی اتیلن	۹۰	۸۲۳۹
۳	پلی اتیلن	۱۱۰	۶۷۰۰
۴	پلی اتیلن	۱۶۰	۳۷۱۱
۵	آزبست	۱۵۰	۱۵۶۴
۶	آزبست	۵۰۰	۱۵۷۱
۷	طول کل		۳۴۵۳۵



شکل ۱-۳ پهنه بندی فشاری شبکه آب ناحیه مورد مطالعه (سبز ۱۵ متر آب، آبی ۳۰ متر آب و قرمز بالای ۴۵ متر آب)

جدول ۲-۳ تعدادی از داده های مورد استفاده در مدل سازی شبکه عصبی

ردیف	فشار در لوله	قطر لوله	درجه بارگذاری	سن لوله	نرخ سالانه حوادث
1	40	90	1	3	1
2	42	90	1	3	1
3	41	75	2	3	1
4	45	75	2	3	1
5	51	75	2	3	1
6	52	110	3	17	4
7	44	75	2	16	3
8	59	90	2	20	10
9	58	110	2	20	2

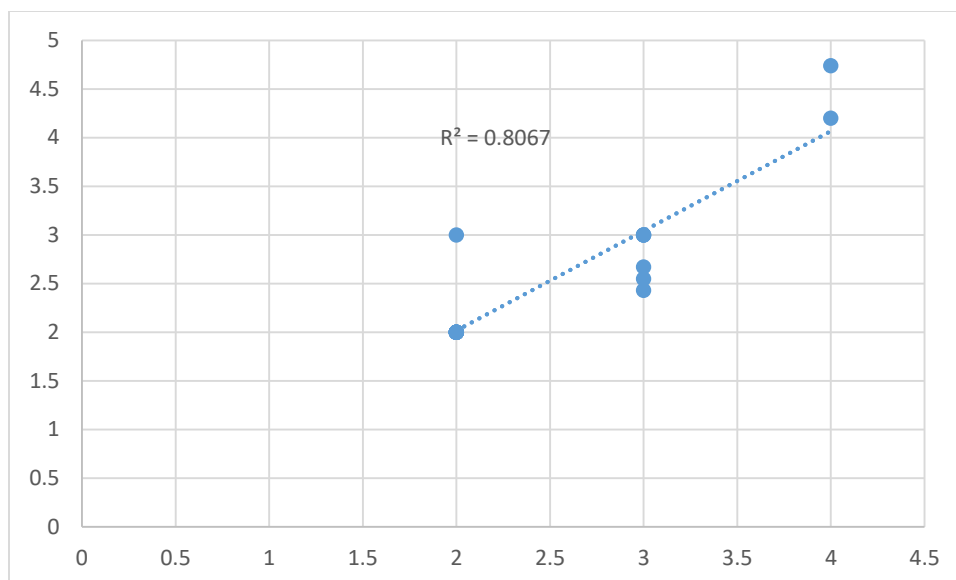
10	68	160	3	22	5
11	17	75	2	15	2
12	19	75	2	15	1
13	22	75	2	15	3
14	19	75	2	15	2
15	24	75	2	15	4
16	32	90	2	15	2
17	33	90	2	15	1
18	35	90	2	15	2
19	37	90	2	15	1
20	39	90	2	15	3
21	69	90	1	25	13
22	68	90	1	25	10
23	60	90	1	25	8
24	62	90	1	25	9
25	67	90	1	25	10
26	66	90	1	25	8

۳-۳ ساختار مدل شبکه عصبی مورد استفاده

معماری مورد استفاده جهت ایجاد شبکه عصبی مد نظر شامل دو لایه که هر لایه خود شامل ۵ نرون بوده می باشد. کد نویسی شبکه عصبی لازم در برنامه VBA نوشته شده و در برنامه اکسل اجرا گردید.

۴-۱ پیش بینی نرخ شکست لوله ها

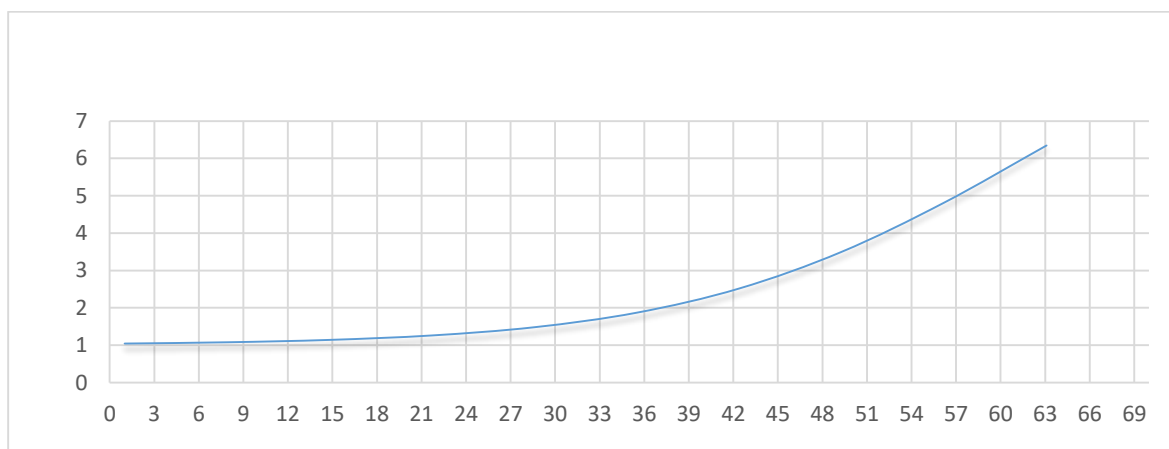
جهت انجام تحقیق از ۱۲۰ داده اخذ شده استفاده گردید که از این مقدار ۱۵ درصد به عنوان آموزش، ۱۵ درصد به عنوان صحت سنجی و ۱۵ درصد به عنوان تست مد نظر قرار گرفت. نتایج داده های تست در شکل زیر آمده است که مقدار $R^2=0.8$ نشان از دقت بالای مدل می باشد.



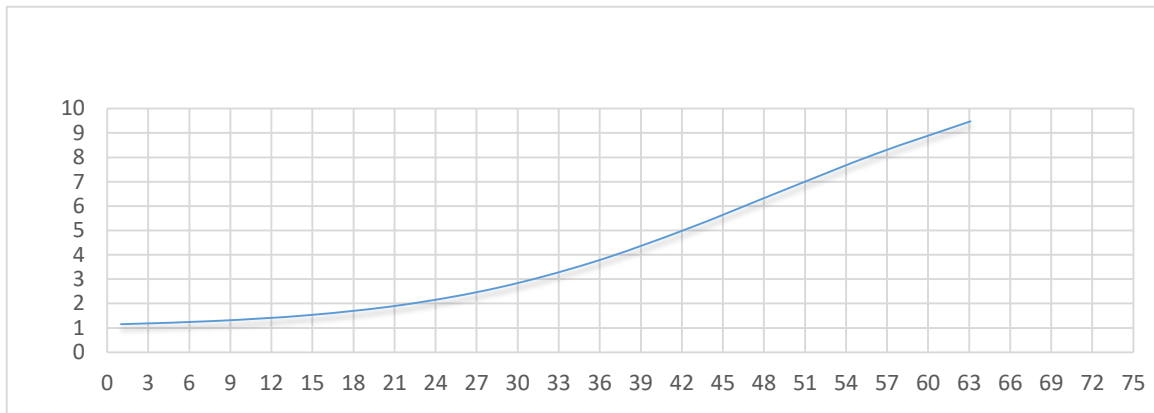
شکل ۳-۳ نمودار داده های تست

۲-۴ تحلیل حساسیت و نتایج آن

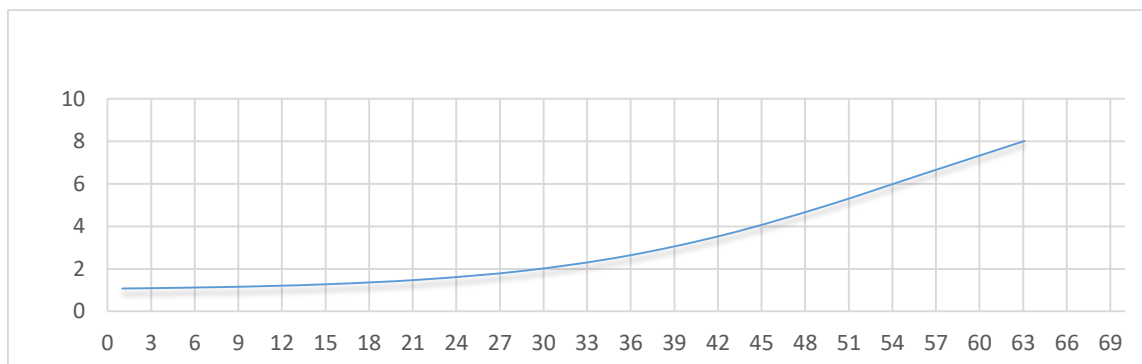
نمودارهای مختلف تحلیل حساسیت پارامتر خروجی (تعداد شکست سالانه لوله ها) نسبت به فشار، سن، قطر و بار ترافیکی روی لوله ها محاسبه گردید. جهت انجام این کار تغییرات تعداد شکست سالانه هر لوله نسبت به فشار و عمر لوله ها برای مقادیر مختلف محاسبه گردید. در این روش تحلیل حساسیت در فشارها ۵ تا ۶۰ متر آب با گام زمانی ۵متر و ۱۰ متر آب، برای عمر لوله ها با گام زمانی ۵ سال و برای قطرهای مختلف ۷۵، ۹۰ و ۱۱۰ جداگانی بررسی گردید. نتایج تحلیل حساسیت در نمودارهای زیر آمده است.



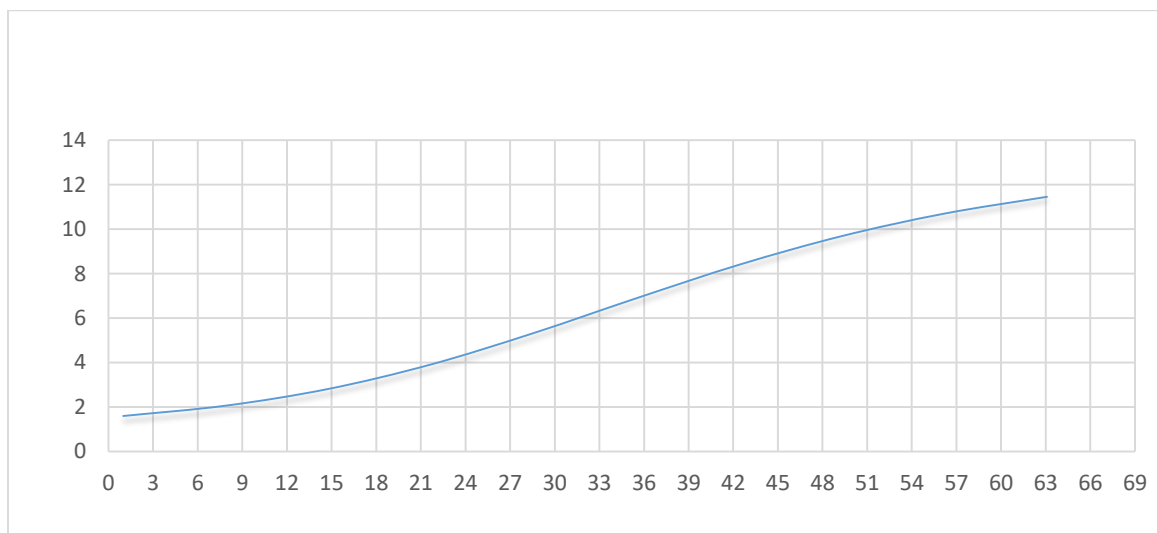
نمودار ۲-۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۰ سال و قطر ۷۵



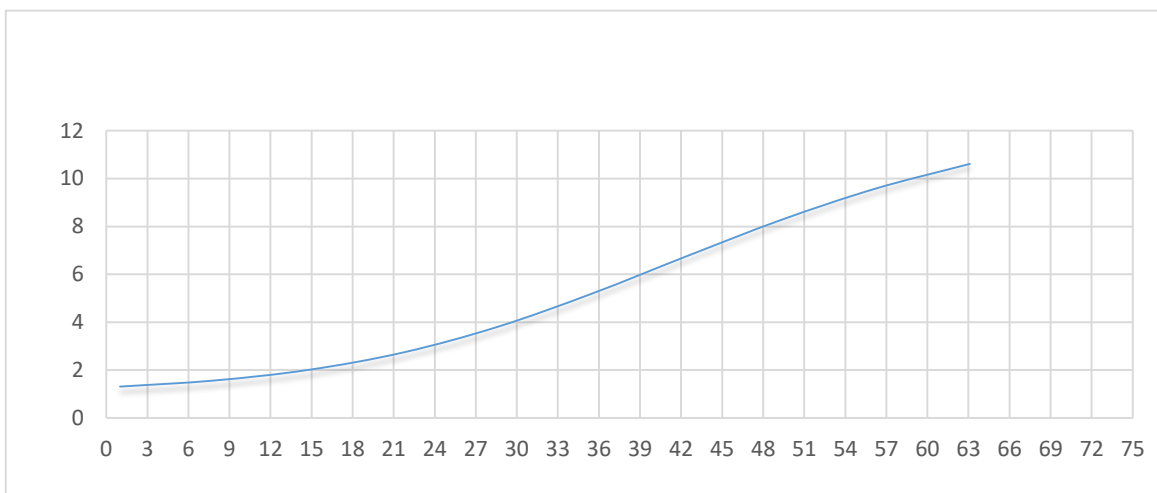
نمودار ۳-۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۰ سال و قطر ۷۵



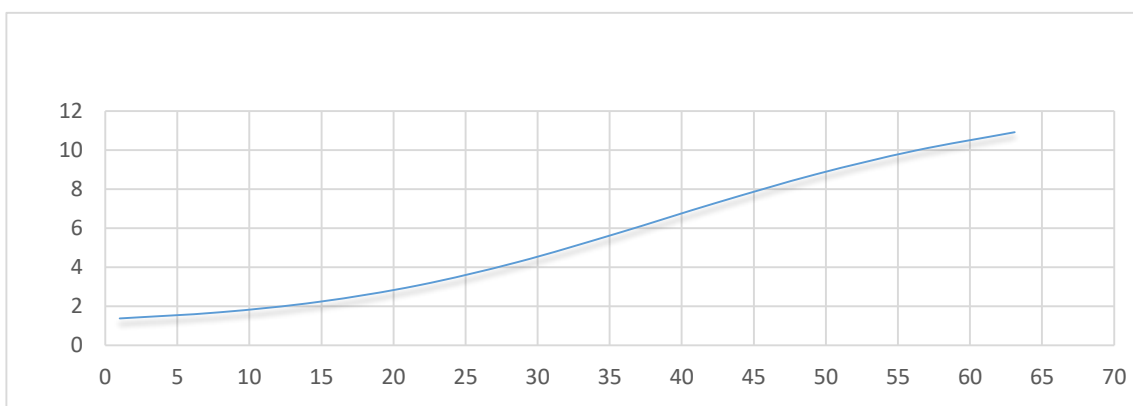
نمودار ۴-۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۵ سال و قطر ۷۵



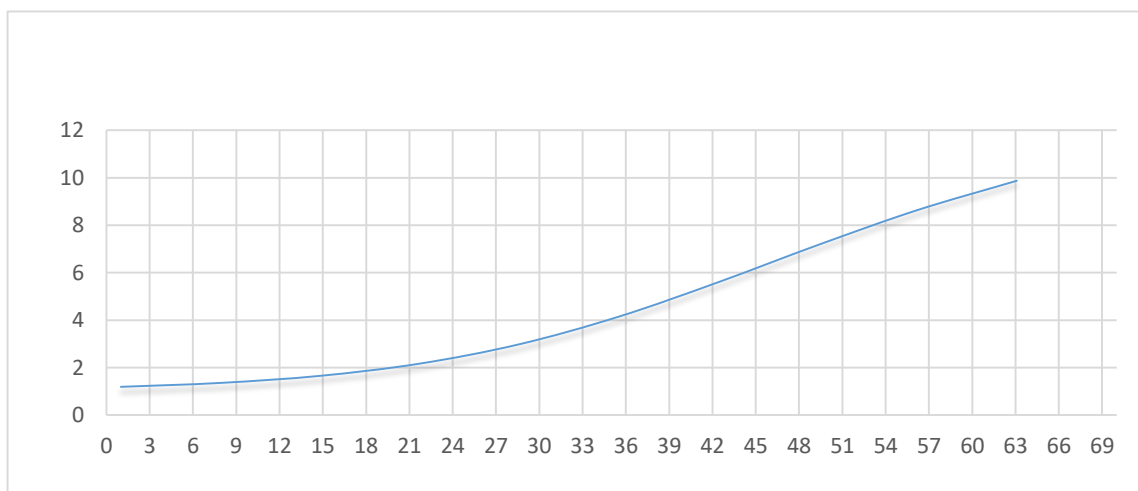
نمودار ۵-۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۳۰ سال و قطر ۷۵



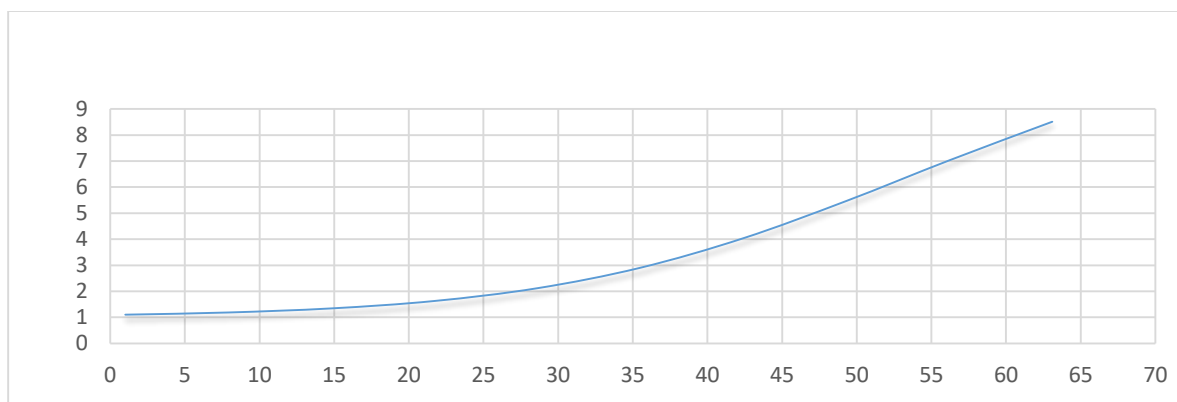
نمودار ۴-۶ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۵ سال و قطر ۷۵



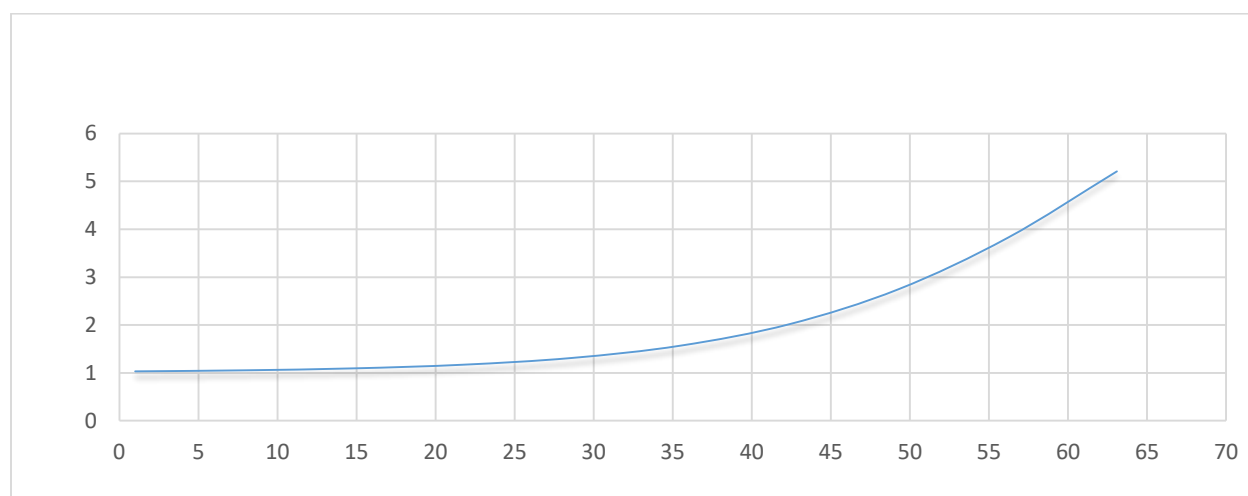
نمودار ۴-۷ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۳۰ سال و قطر ۹۰



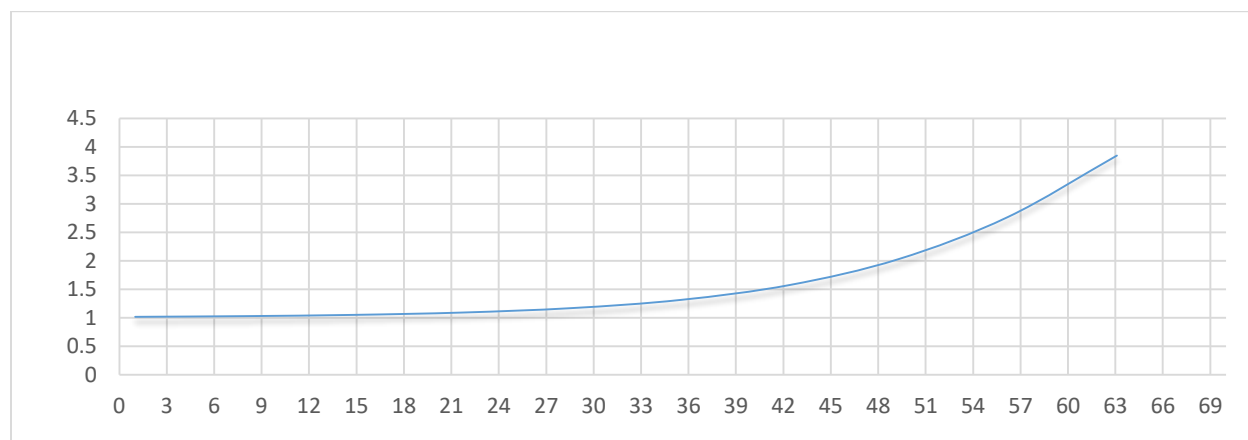
نمودار ۴-۸ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۵ سال و قطر ۹۰



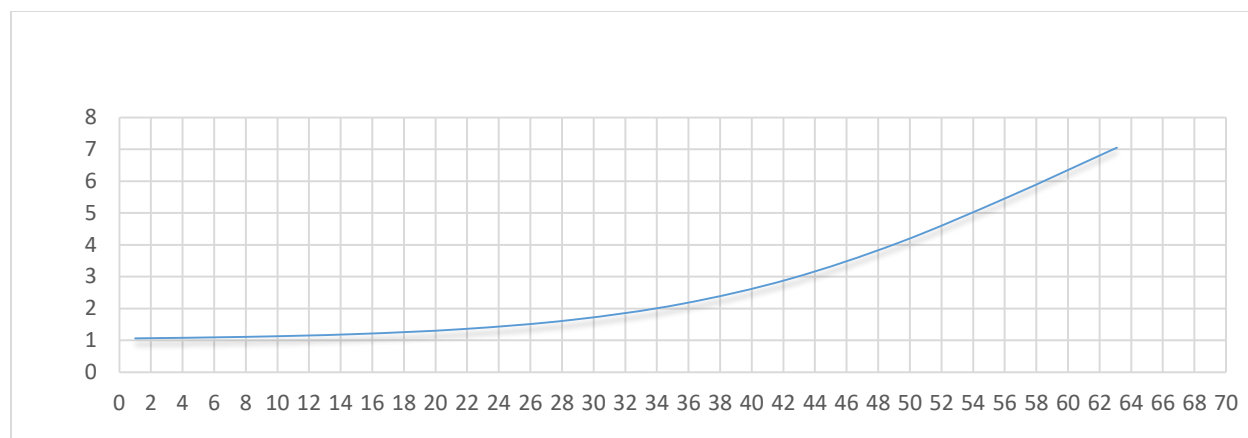
نمودار ۹-۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۰ سال و قطر ۹۰



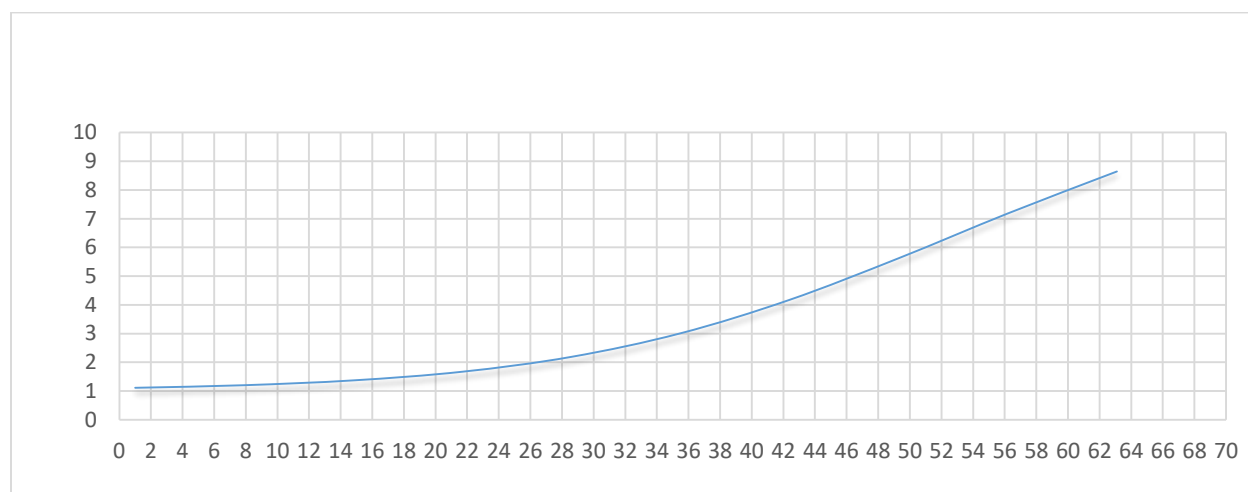
نمودار ۱۰-۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۰ سال و قطر ۹۰



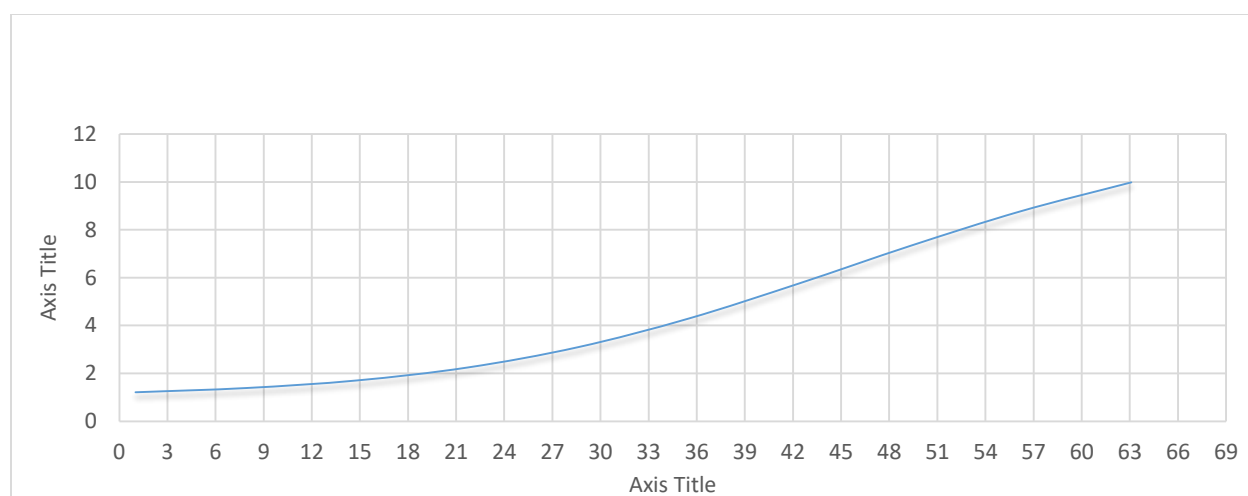
نمودار ۱۱-۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۰ سال و قطر ۱۱۰



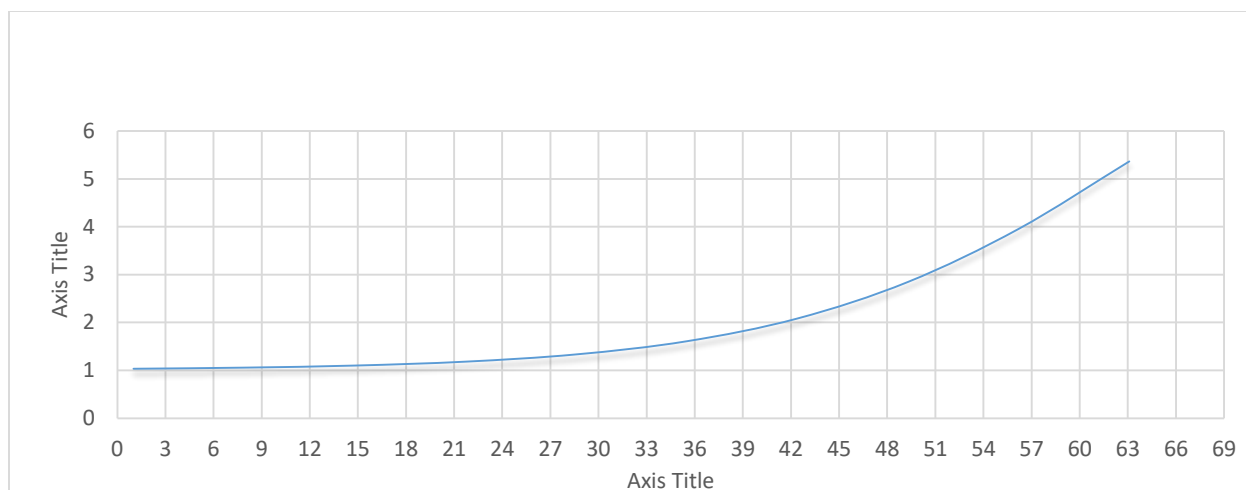
نمودار ۴-۱۲ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۰ سال و قطر ۱۱۰



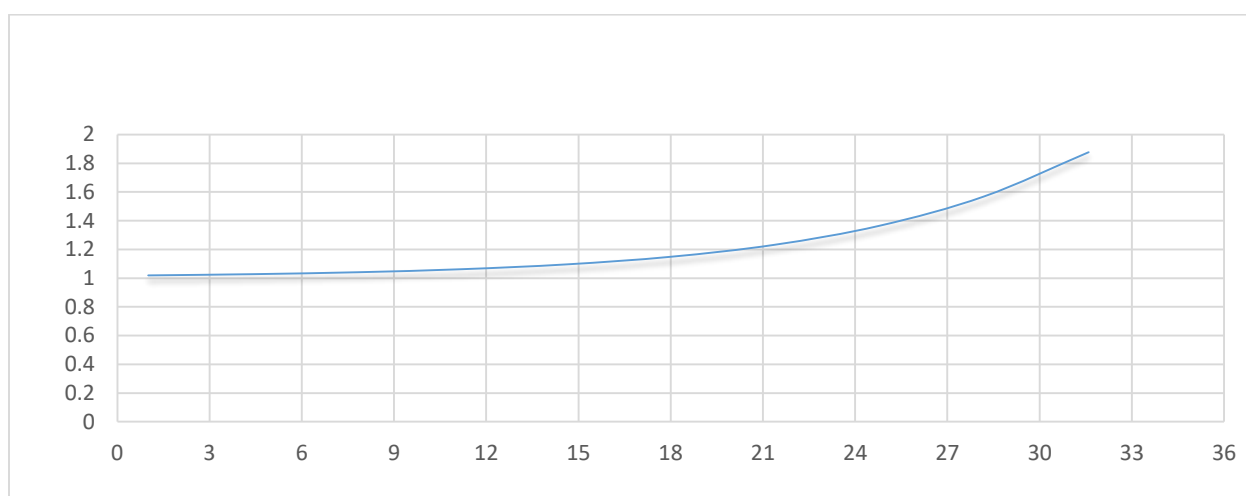
نمودار ۴-۱۲ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۵ سال و قطر ۱۱۰



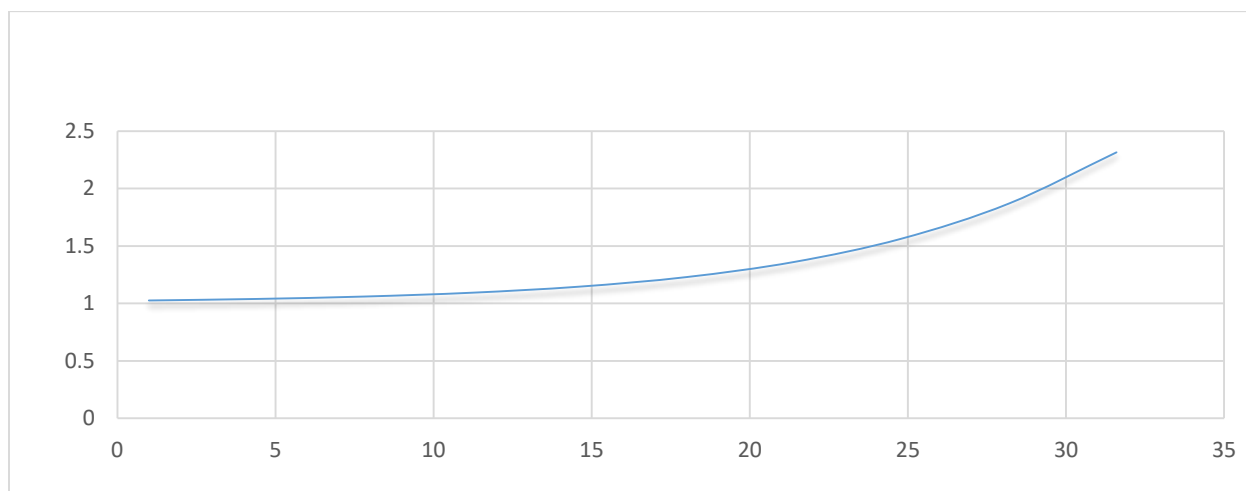
نمودار ۴-۱۳ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۳۰ سال و قطر ۱۱۰



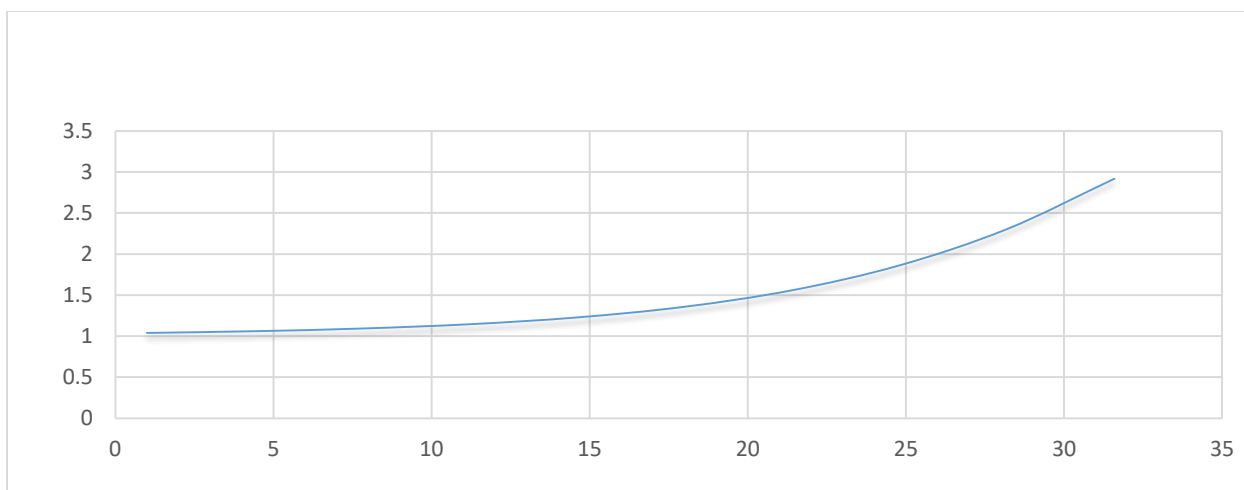
نمودار ۴-۱۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۵ و قطر ۱۱۰



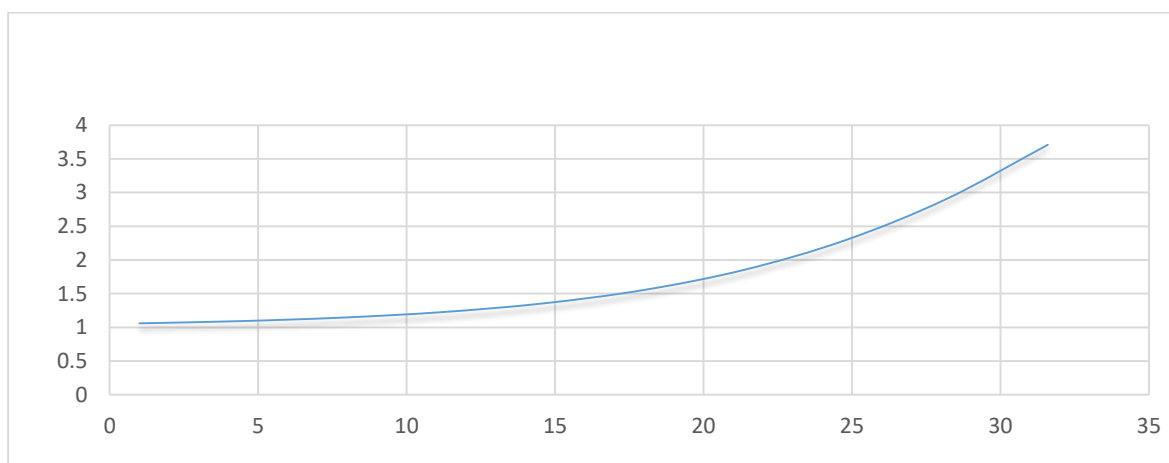
نمودار ۴-۱۵ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۲۰ و قطر ۱۱۰



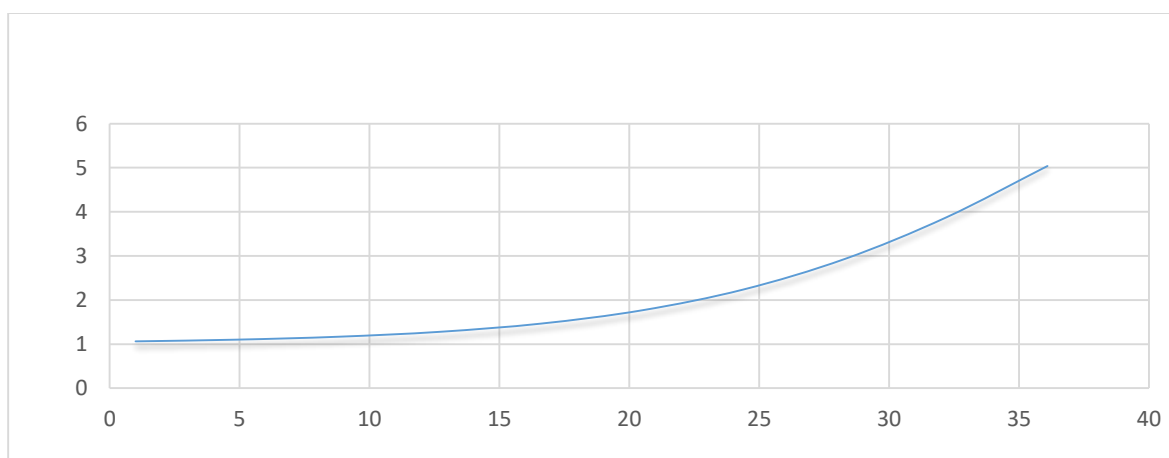
نمودار ۴-۱۶ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۲۰ و قطر ۱۱۰



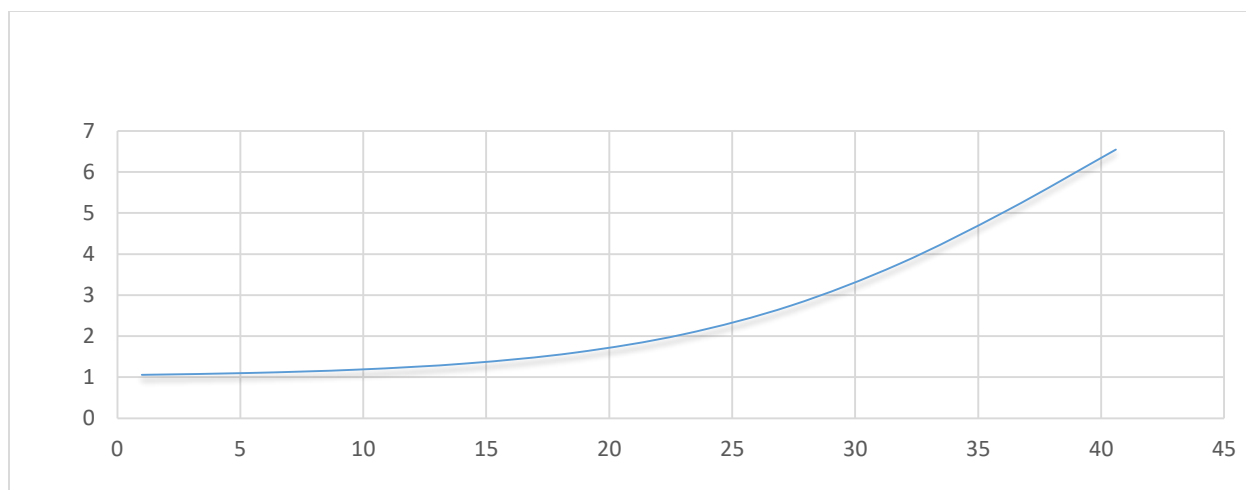
نمودار ۴-۱۷ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۲۵ و قطر ۱۱۰



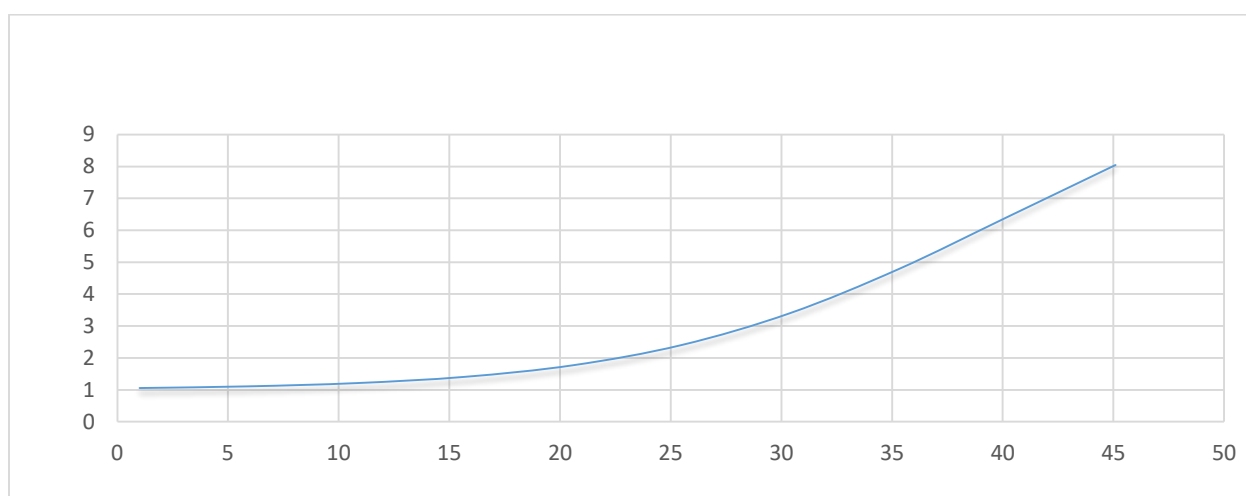
نمودار ۴-۱۸ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۳۰ و قطر ۱۱۰



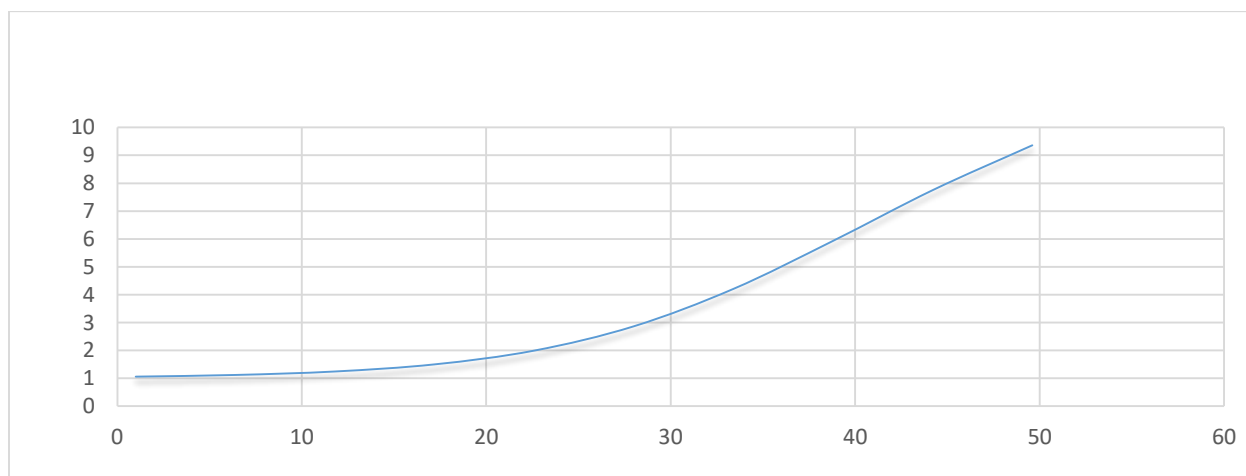
نمودار ۴-۱۹ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۳۵ و قطر ۱۱۰



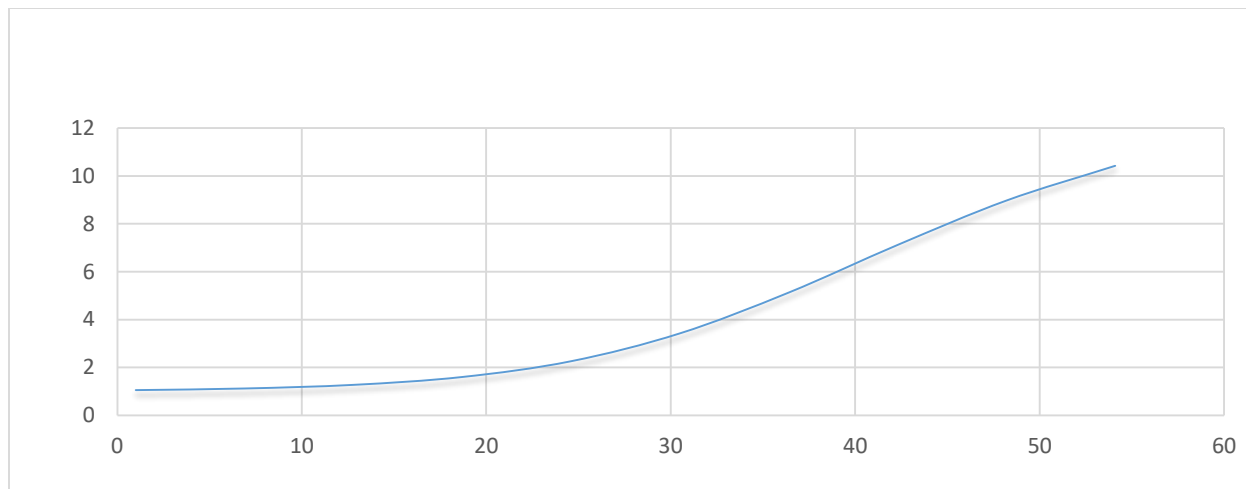
نمودار ۴-۲۰ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۴۰ و قطر ۱۱۰



نمودار ۴-۲۱ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۵۰ متر و قطر ۱۱۰



نمودار ۴-۲۲ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۵۵ متر و قطر ۱۱۰



نمودار ۴-۲۳ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۶۰ متر اب و قطر ۱۱۰

بررسی نتایج

به طور کلی نتایج زیر از نمودارهای تحلیل حساسیت قابل استخراج می باشد

۱. تغییر ناگهانی شیب همه نمودار های تعداد حوادث نسبت به عمر لوله ها بین ۲۵ تا ۳۰ سال رخ داده است که این موضوع نشان می دهد جهت کاهش ریسک حوادث لازم است لوله های با عمر بیشتر از ۲۵ سال در مواردی که فشار های بالایی را متحمل می شوند، به ترتیب الویت در برنامه تعویض قرار گیرند

۲. با توجه به نتایج مختلف برای لوله های متفاوت می توان با کسب نظرات کارشناسی و برآورد ریالی هزینه ترمیم هر حادثه در سال و مقایسه آن با هزینه تعویض یا اصلاح لوله در نقطه زمانی ریسک لوله ها را بدست آورد تا در آن زمان مشخص تصمیم به تعویض لوله گردد. جهت انجام این کار ابتدا هزینه تعویض لوله را محاسبه کرده سپس هزینه ترمیم هر شکستگی نیاز محاسبه شده و با تقسیم مقدار هزینه تعویض بر هزینه واحد هر حادثه، تعداد حوادثی که رخ داد آنها در سال بیشتر از حاصل تقسیم مذکور است بدست می آید، حال این مقدار حادثه در نمودار لوله مربوطه متناسب با یک سن خاص از لوله خواهد بود که این نقطه زمانی همان نقطه ریسک آن لوله معرفی شده و در واقع اقتصادی تر آن است که آن لوله در آن زمان تعویض گردد.

۳. نمودارهای تحلیل حساسیت تعداد حوادث نسبت به فشار لوله ها نشان می دهد با کاهش فشار تعداد حوادث کاهش می یابد، حال می توان از این مدل بدینگونه استفاده کرد که با مدیریت و تعدیل فشار نقطه زمانی ریسک هر لوله را افزایش داد.

۴. همچنین مشابه نتیجه قبلی می توان با افزایش قطر لوله های نقطه زمانی ریسک لوله ها را افزایش داد.

نتیجه گیری

وقوع حوادث و شکستگی ها که منجر به اختلال در این خدمت رسانی می شود، امری اجتناب ناپذیر است ولی می توان با بررسی های علمی و فنی ریسک وقوع آنها را کاهش داد تا حتی المقدور از اختلال در خدمت رسانی این زیرساخت مهم جلوگیری شود. در این تحقیق ابتدا با توجه به تحقیقات گذشته سه پارامتر فشار، قطر، سن و بارترافیکی روی لوله ها به عنوان عوامل مهم تر بر نرخ شکست سالانه لوله ها شناسایی گردید سپس با استفاده از یک شبکه عصبی مصنوعی تحلیل حساسیت پارامترهای مذکور بر نرخ شکستگی های قسمتی از شبکه آب شهر پلدختر بررسی گردید. جهت کاهش ریسک حوادث، یک نقطه زمانی تحت عنوان نقطه زمانی شروع ریسک شکستگی از نمودارهای تحلیل حساسیت استخراج گردید و نشان داده شد که می توان با مدیریت و تعدیل فشار در شبکه این نقطه زمانی را به تاخیر انداخت. همچنین نتایج نشان داد ادامه استفاده از لوله های با عمر بین ۲۵ تا ۳۰ سال حاوی ریسک هزینه بوده و باید طی یک برنامه مدون از راهکارهای تعدیل فشار یا تعویض لوله ها جهت تداوم پایداری شبکه بهره گرفت

منابع

- ۱- (سازمان برنامه و بودجه (۱۳۸۶). دستورالعمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن، نشریه شماره ۳۰۸-الف)
- ۲- Tabesh, M., Aghaei, A., and Abrishami, J. (2008). "Investigation of the effects of influential parameters on pipe burst in water distribution systems using evolutionary polynomial regression method." University College of Engineering Journal, Tehran University, 42(6), 691-703. (In Persian)

۳- Tabesh, M., Jafari, H., and Delavar, M. (2009). "A water distribution network accident management model

۱۰- میرمحمد صادقی و نبویان پور، بررسی ریسک پذیری شبکه توزیع آب شهر گرمسار به روش های باینری و ، نشریه آب و توسعه پایدار، سال ششم شماره ۱ سال ۱۳۹۸ ص ۲۵ تا ۲۲ GIS.تاپسیس با استفاده از

۴- Shamir, U., and Howard, C. (1979). "A analytical approach to scheduling pipe replacement." *J. of AWWA*, 1(5), 248-258.

۵- Walski, T., and Pelliccia, A. (1982). "Economic analysis water main breaks." *J. of AWWA*, 74(3), 140-147.

۶- Kettler, A., and Goulter, L. (1985). "An analysis of pipe breakage in urban water distribution networks." *Canadian J. of Civil Engineering*, 12(2), 286-293.

۷- Su, Y., Mays, L., Duan, N., and Lansey, K.E. (1987). "Reliability based optimization model water distributionsystems." *J. Hydraulic Engineering Division, ASCE*, 114(12), 1539-1556.using GIS.

۸- Prudencio, R., Ludermir, T., and Carvalho, F. (2002). "Neural network hybrid learning: Genetic algorithmsand levenberg-marquadt." *26th Annaul Conference of the Gesellschaft fur Klassifikation, Germany, Mannheim*, 464-472.

۹- Giustolosi, O., Savic, D., and Doglioni, A. (2004). "Data reconstruction and forecast by evolutionary polynomial regression (EPR)." *6th International Conference on Hydroinformatic*, Liong, Phoon and Babovic(eds.), Singapore.

۱۰- Ahn, J., Kim., H., Lee, H., Park, S., Yu, M., Cho, S., and Koo, J. (2004). "Predicting water pipe breaks usingneural network." *Zenkoku Suido Kenkyu Happyokai Koenshu*, 55(1), 702-703.

۱۱- Bevilacqua, M., Braglia, M., Frosolini, M., and Montanari, R. (2005). "Failure rate prediction with ann.

۱۲- Berardi, L., Giustolisi, O., and Primativo, F. (2007). "Exploiting multi-objective strategies for optimal rehabilitation planning." *In Proceedings of Computer and Control in Water Industry (CCWI) - WaterManagement Challenges in Global Changes-Ulaniki*, Taylor and Francis Group, London, 23-30.