



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^{۱*}

۱- گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: Email: mahboobeh_cheraghi_env@yahoo.com

چکیده

شبکه های آبرسانی یکی از مهم ترین زیرساخت های شهری است که خدمات رسانی مستمر آن از اهمیت حیاتی برای رفاه مردم برخوردار است. 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 بارتراپیکی روی لوله ها به عنوان عوامل مهم تر بر نرخ شکست سالانه لوله ها شناسایی گردید سپس با استفاده از یک شبکه عصبی مصنوعی تحلیلی حساسیت پارامترهای مذکور بر نرخ شکستگی های قسمتی از شبکه آب شهر پلدختر بررسی گردید. آمار حوادث و اتفاقات شبکه آب این شهر در سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ از شرکت آب و فاضلاب لرستان اخذ 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. نتایج تحلیل حساسیت نشان دهنده رابطه مستقیم تعداد حوادث با فشار و سن لوله بوده و نسبت به قطر لوله رابطه عکس دارد.

واژه های کلیدی: شکستگی ها، شبکه های آبرسانی، شبکه آب پلدختر، شبکه های عصبی، تحلیل حساسیت.

۱- مقدمه

پیشینه انتقال و استفاده آب از زمانی شروع می شود که انسان زندگی اجتماعی را انتخاب کرد، لذا برای تأمین آب مورد نیاز خود، اولین تمدن ها در کنار رودخانه ها ساخته شد. در مکان هایی که دست یابی به آب های جاری نبود، برای رفع نیاز آبی خود اقدام به حفر چاه آب نمود. همه آب هایی که در دسترس بشر قرار داشتند از نظر کمی و کیفی جوابگوی نیازهای او نبودند لذا بشر جهت رفع این مشکل به فکر جابجا کردن آب افتاد و از آن زمان روش های انتقال و توزیع آب ایجاد گردید [۱-۲]. شبکه های توزیع آب یکی از زیرساخت های حیاتی هر کشور است که از جمله وظایف اصلی آن رساندن آب با کیفیت مناسب به دست مصرف کننده است. این شبکه ها همواره در معرض انواع مختلفی از تهدیدها هستند، و از آنجا که در انتهای زنجیره تأمین آب قرار دارند و در ارتباط مستقیم با مصرف کننده هستند، وقوع شکست کیفیت در آن می تواند منجر به خسارات بهداشتی، جانی و اجتماعی جبران ناپذیری شود [۲]. عملکرد قابل قبول شبکه های آبرسانی از نظر کیفیت، وابسته به برنامه های بهره برداری و نگهداری است که از محاسبه و مدیریت ریسک می توان به عنوان یکی از این برنامه ها اشاره کرد. یکی از اجزای اصلی ریسک در اثر وقوع شکست کیفیت، احتمال شکست است [۳].



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 ناراضیاتی مصرف کنندگان می شود [۴]. 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 می‌شود [۵].

امروزه به لطف در دسترس بودن پایگاه‌های داده، می توان شبکه‌های آبرسانی را با توجه به اتفاقات رخ داده در آن مورد بررسی کامل قرار داد و متناسب با آن روش های بازسازی صحیح را اعمال نمود. یکی از روش های مؤثر در موفقیت برنامه‌ریزی های طولانی مدت مربوط به منابع تولید و توزیع آب، مدیریت ریسک در پروژه است که احتمال وقوع رخداد های منفی را در سیستم شناسایی کرده تا برای کنترل یا پیشگیری این رویداد منفی تصمیمات صحیح گرفته شود [۶].

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 [۲]. در واقع تعمیر و نگهداری شبکه کمک شایانی به جلوگیری از تعویض زود هنگام لوله های شبکه کرده و هزینه خدمات‌رسانی را در مجموع کاهش می‌دهد. هدف اصلی این تحقیق مشخص نمودن نقطه زمانی 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 اولویت‌بندی آنها بر اساس حساسیت شکست لوله ها به پارمترهای مذکور قرار می گیرد تا با تمرکز هزینه بیشتر بر موارد مهم‌تر 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 آیین‌نامه 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 [۳-۵].

۱-۱ جنبه نوآوری مطالعه حاضر

تحلیل حساسیت پارامترهای ورودی مدل شامل فشار در لوله، عمر لوله، بارترافیکی روی لوله و قطر لوله با استفاده از رابطه ای که شبکه عصبی بین آنها و تعداد حوادث شبکه ایجاد می کند تا کنون صورت نگرفته است. گرچه تحلیل حساسیت موارد مذکور به تنهایی قبلاً صورت گرفته است ولی از آنجا که با تغییر یکی از این پارامترهای ورودی، شیب تغییرات پارامتر خروجی (که ممکن است صعودی یا نزولی باشد) تغییر می کند جهت تحلیل حساسیت لازم است یک مدل انعطاف پذیر ساخته شود بگونه ای که قابلیت تحلیل حساسیت هر پارامتر ورودی برای هر مقداری از دیگر پارامترهای خروجی مقدور باشد (که در مطالعه حاضر این ابهام مهم روشن شده است). به عنوان مثال اگر بخواهیم به این سوال پاسخ دهیم که: تغییرات تعداد حوادث نسبت به فشار در لوله ها چگونه است؟ جواب بستگی به فشار و قطر و بار ترافیکی لوله خواهد داشت به عبارتی گرچه ممکن است بدانیم که به طور کلی با افزایش سن لوله تعداد حوادث در آن لوله هم بیشتر می شود (کاری که محققین قبلی انجام داده اند) ولی اینکه شیب این افزایش (شیب افزایش تعداد حوادث نسبت به سن لوله) در فشارهای مختلف آن لوله چگونه تغییر می کند ابهام دارد، روشن سازی این ابهام از دستاوردهای این مطالعه است.

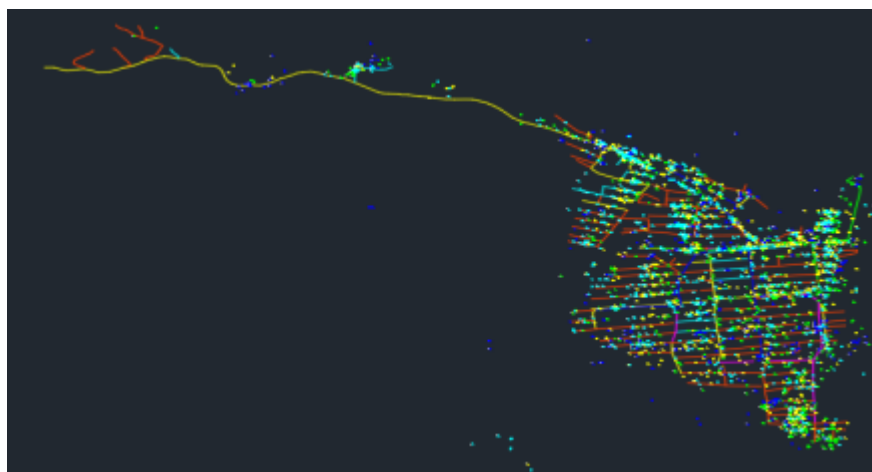


۲- روش مطالعه

در این تحقیق جهت تحلیل ریسک شکستگی های شبکه های آبرسانی از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. 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 بارترافیکی 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 [۶-۷].

۲-۱ مشخصات منطقه مورد مطالعه

جامعه آماری شامل زون غربی پلدختر (قسمتی از شهر پلدختر که در غرب رودخانه کشکان بوده و حدود ۶۰ درصد کل شهر می باشد). 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 پهنای 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).



شکل ۱: شبکه ناحیه مورد مطالعه به همراه تراکم محل های شکستگی مربوط به سال های ۹۹ و ۱۴۰۰

۲-۲ روش مطالعه

متغیر های ورودی تحقیق شامل: فشار در ولوله، قطر لوله، عمر لوله و بار ترافیکی روی لوله می باشد و پارامتر خروجی مدل تعداد شکستگی هر لوله در یک بود.

از شبکه های عصبی جهت ایجاد رابطه ای بین عوامل تاثیر گذار بر شکستگی ها و تعداد شکستگی استفاده شده است. کاربرد شبکه های عصبی اصولاً در مواردی است که یک رابطه ریاضی یا تجربی بین چندین پدیده وجود ندارد. در واقع می



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

دانیم (فرضیه نسبتا بدیهی) که فشار، سن، قطر و بارترافیکی لوله بر روی تعداد شکستگی آن موثر است اما نمی دانیم که اثرات این پارامترها بر روی تعداد شکستگی ها چگونه است (رابطه ریاضی جهت اثبات فرضیه مد نظر نداریم) که این رابطه را با شبکه عصبی ایجاد می کنیم و فرض می کنیم که چنانچه شبکه عصبی ایجاد شده نتایج قابل قبولی برای داده هایی که در فرایند آموزش نبوده اند (داده های تست) ارایه کند برای داده ها جدید که مقدار پارامتر خروجی را نداریم نیز قابل اطمینان است [۳-۵-۶].

ابزارهای گردآوری شامل موارد زیر بوده است:

تعداد حوادث شبکه آب شهر پلدختر از سامانه های ۱۲۲ و سپتا آبفا لرستان تهیه فایل واتر جیمز شبکه آب شهر پلدختر از مجری طرح هوشمندسازی شبکه آب پلدختر (دانشگاه ایلام) تعیین سن لوله با تحقیق از کارشناسان امور آبای شهرستان پلدختر تعیین بارترافیکی بر روی لوله ها با بازدید های میدانی از تردد خیابان های سطح پابلوت مورد مطالعه استخراج قطر بوبه ها از نقشه های ازبیلست موجود در امور آبفای شهرستان پلدختر تعداد از داده های جمع آوری شده به صورت جدول ۱ می باشد:

جدول ۱: 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

۲-۳ روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

روش تجزیه و تحلیل با استفاده برنامه واتر جیمز و شبکه عصبی و همچنین قضاوت مهندسی (در تعیین بهترین زمان اصلاح یا نوسازی لوله های شبکه) می باشد.

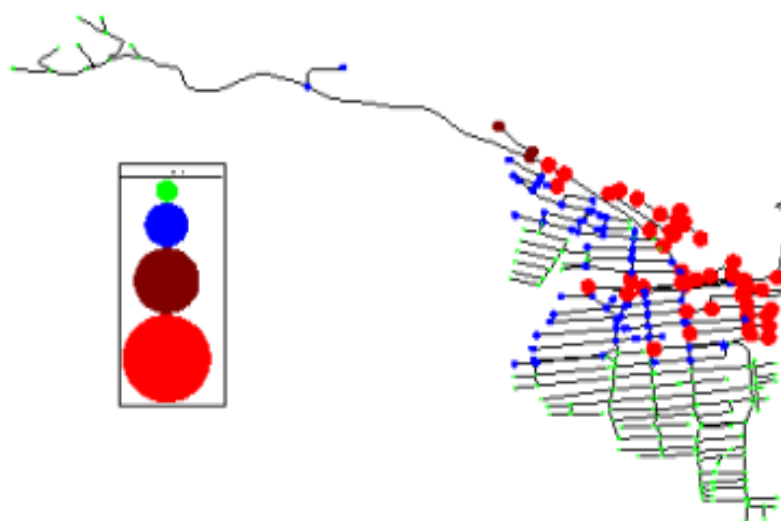
جهت انجام روش تحقیق بر روی یک مدل واقعی، اطلاعات و داده های لازم از شرکت آب و فاضلاب لرستان مربوط به شکستگی های شبکه آب شهر پلدختر تهیه گردید. با توجه به هوشمند سازی سامانه های ثبت شکستگی (سامانه ۱۲۲ و سپتا)، آمار مورد نیاز با دقت بالایی تهیه گردید.

۱-۳-۲ پارامترهای ورودی شبکه عصبی

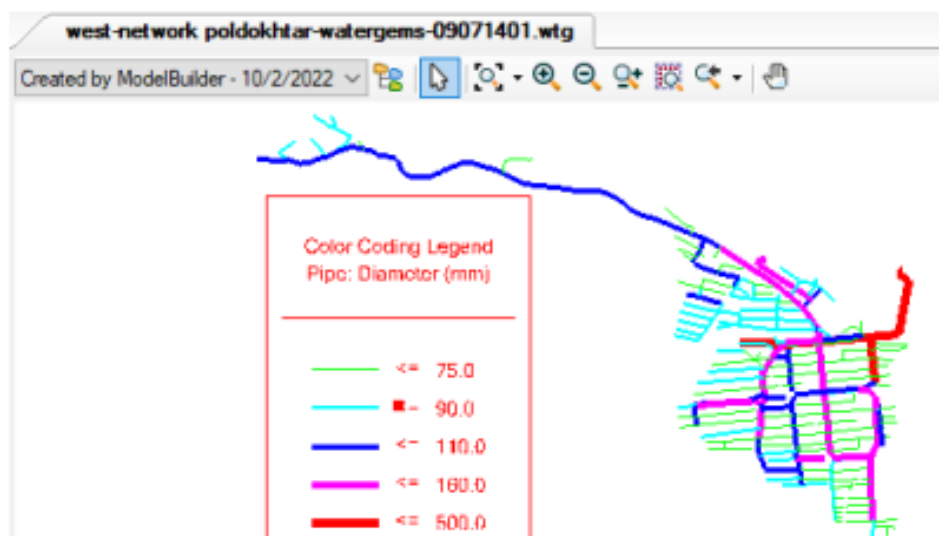
با مرور بررسی تحقیقات گذشته چهار پارامتر موثرتر بر شکستگی شبکه های آبرسانی که عبارتند از : فشار در لوله، قطر لوله، عمر لوله و بار ترافیکی بر آن، شناسایی گردید همچنین به دلیل آنکه ناحیه مورد مطالعه در تمام قسمت ها تقریباً جنس خاک یکسان بوده دیگر پارامتر جنس خاک در تحلیل ها در نظر گرفته نشده است. و همچنین 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 ۲: 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	۲۷۱۱
۵	آزبست	۱۵۰	۱۵۶۴
۶	آزبست	۵۰۰	۱۵۷۱
۷	طول کل		۳۴۵۳۵



شکل ۲ پهنه بندی فشاری شبکه آب ناحیه مورد مطالعه
(سبز ۱۵ متر آب، آبی ۳۰ متر آب و قرمز بالای ۴۵ متر آب)



شکل ۳: نقشه قطر لوله ها

۲-۳-۲ 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.

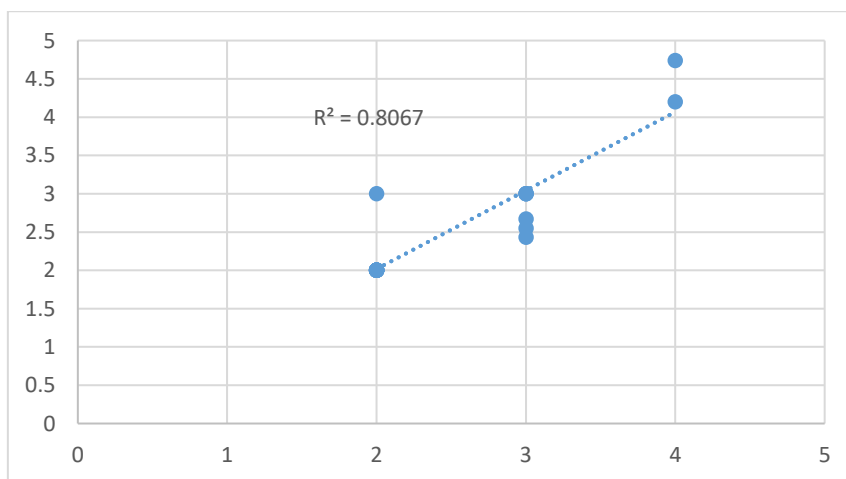
۲-۳-۳ کد نویسی شبکه عصبی

کد نویسی شبکه عصبی لازم در برنامه VBA نوشته شده و در برنامه اکسل اجرا گردید.

۳- یافته ها

۳-۱ پیش بینی نرخ شکست لوله ها

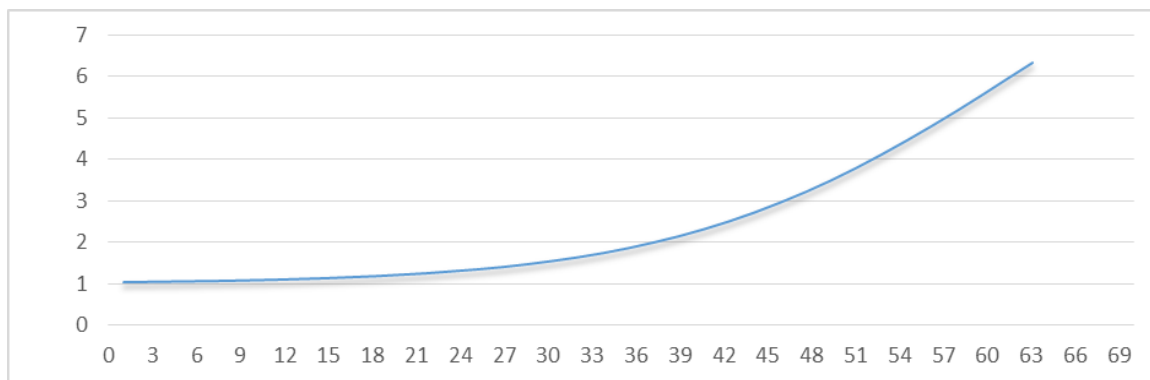
جهت انجام تحقیق از ۱۲۰ داده اخذ شده استفاده گردید که از این مقدار ۱۵ درصد به عنوان آموزش، ۱۵ درصد به عنوان صحت سنجی و ۱۵ درصد به عنوان تست مد نظر قرار گرفت. نتایج داده های تست در نمودار زیر آمده است که مقدار $R^2=0.8$ نشان از دقت بالای مدل می باشد.



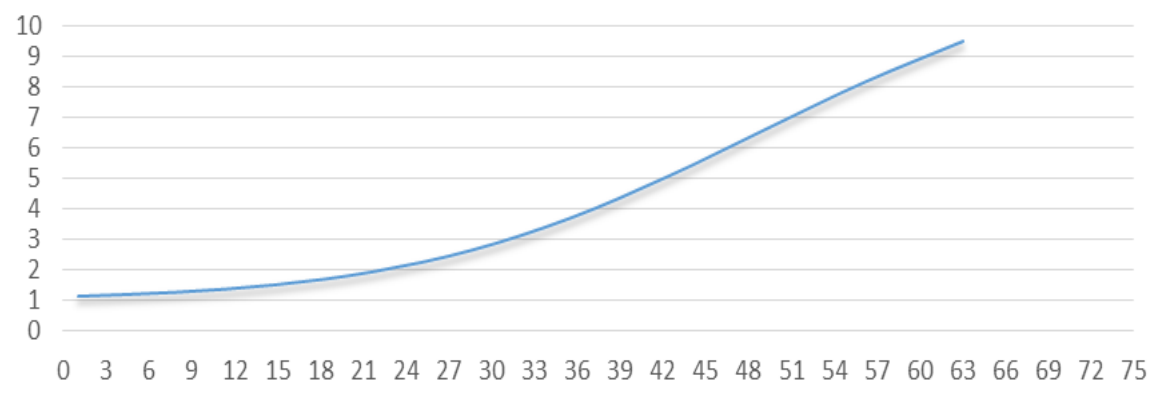
نمودار ۱ نمودار داده های تست

۳-۲ تحلیل حساسیت و نتایج آن

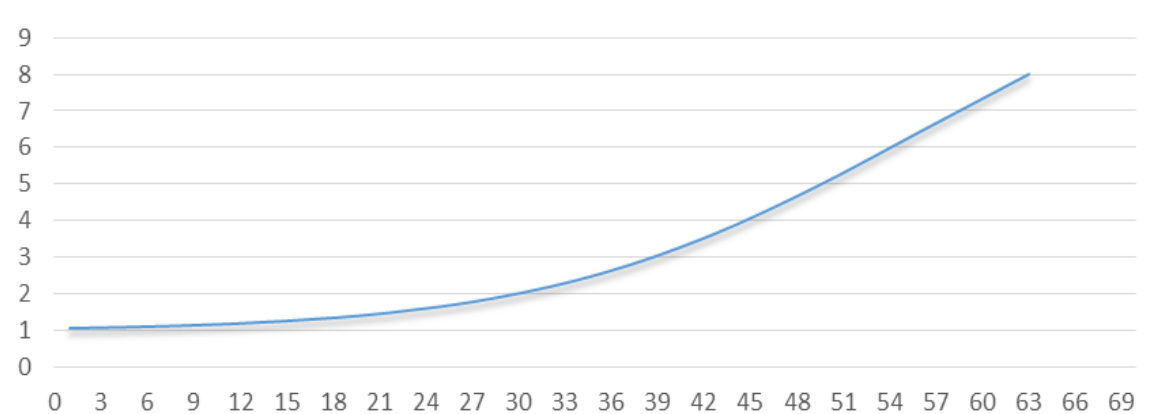
نمودارهای مختلف تحلیل حساسیت پارامتر خروجی (تعداد شکست سالانه لوله ها) نسبت به فشار، سن، قطر و بار ترافیکی روی لوله ها محاسبه گردید. جهت انجام این کار تغییرات تعداد شکست سالانه هر لوله نسبت به فشار و عمر لوله ها برای مقادیر مختلف محاسبه گردید. در این روش تحلیل حساسیت در فشارها ۵ تا ۶۰ متر آب با گام زمانی ۵متر و ۱۰ متر آب ، برای عمر لوله ها با گام زمانی ۵ سال و برای قطرهای مختلف ۷۵، ۹۰ و ۱۱۰ جداگانه بررسی گردید. نتایج تحلیل حساسیت در نمودارهای زیر آمده است (نمودارهای ۲ الی ۲۳).



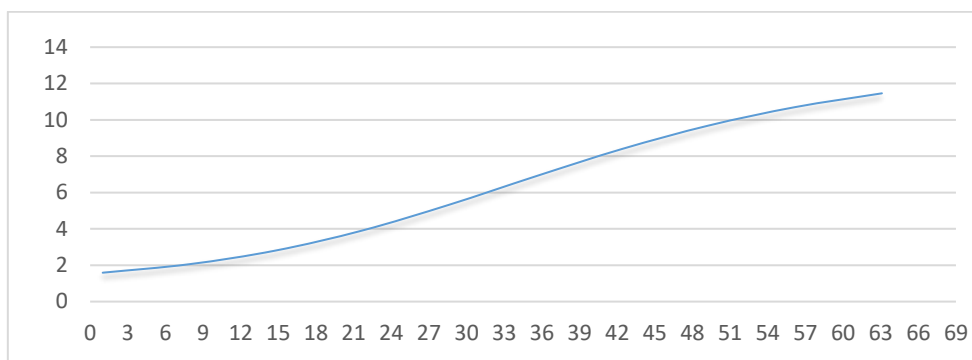
نمودار ۲ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۰ سال و قطر ۷۵



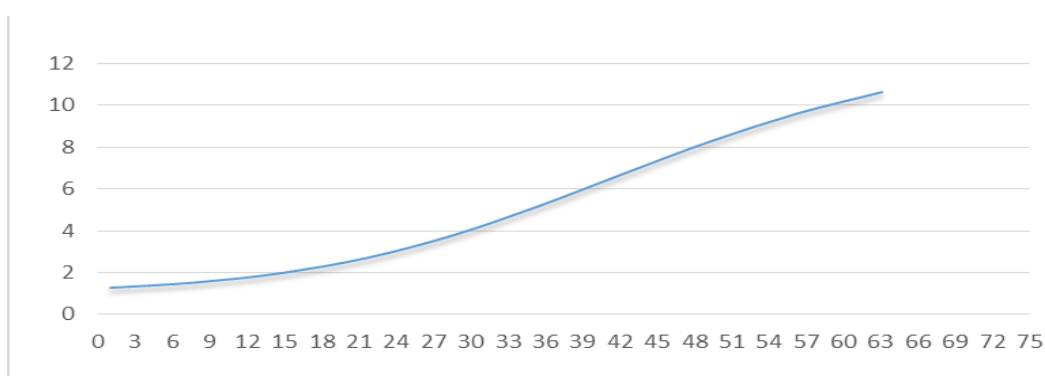
نمودار ۳ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۰ سال و قطر ۷۵



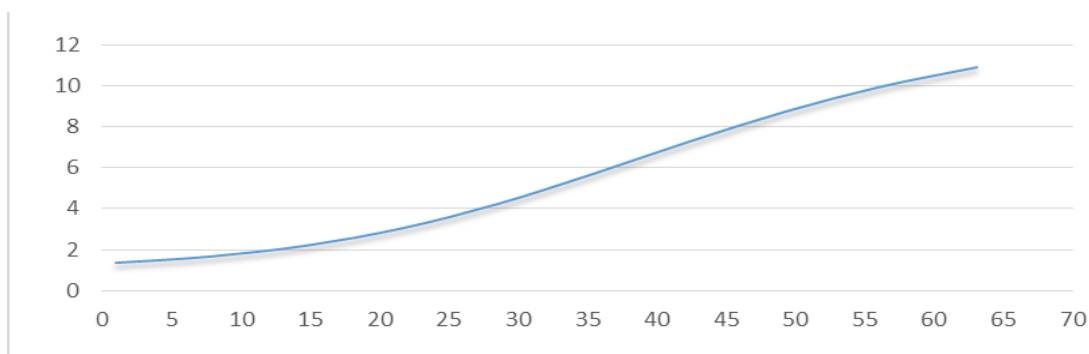
نمودار ۴ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۵ سال و قطر ۷۵



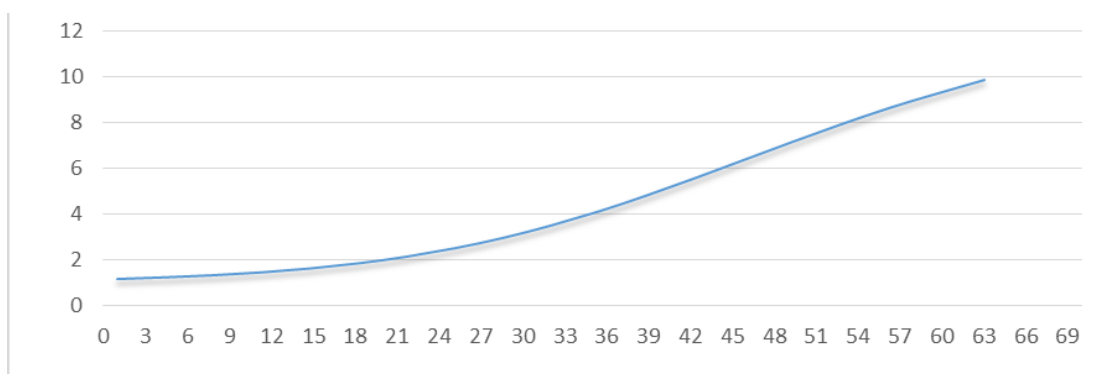
نمودار ۵ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۳۰ سال و قطر ۷۵



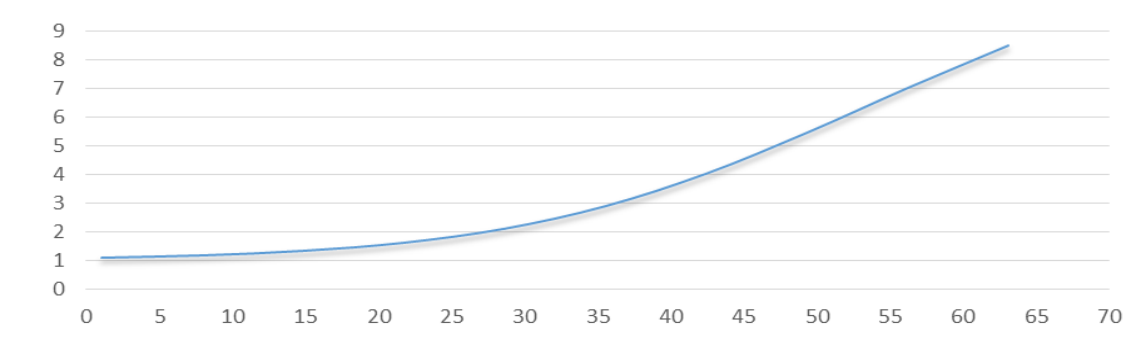
نمودار ۶ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۵ سال و قطر ۷۵



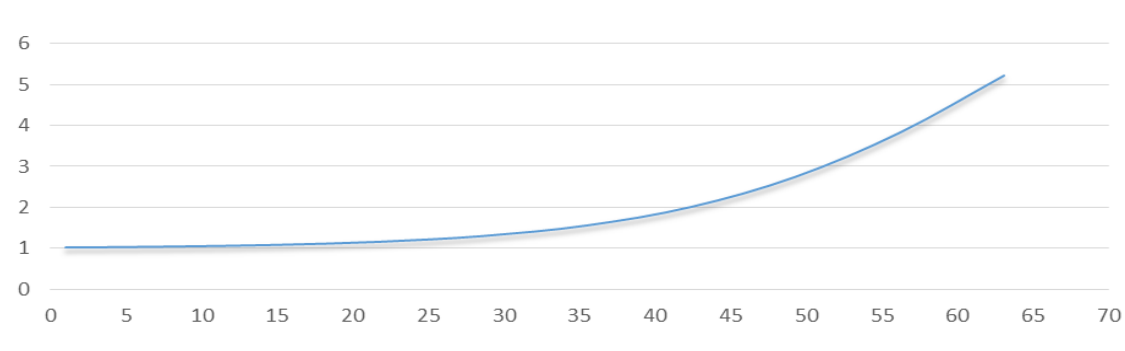
نمودار ۷ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۳۰ سال و قطر ۹۰



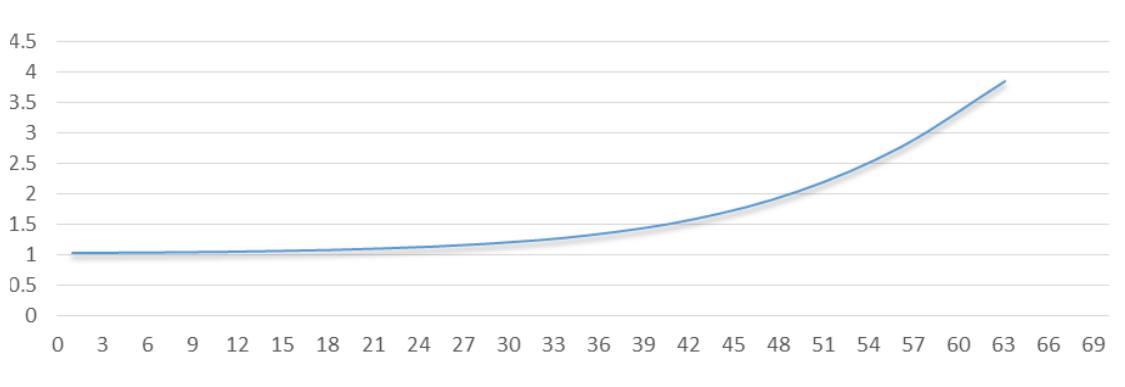
نمودار ۸ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۵ سال و قطر ۹۰



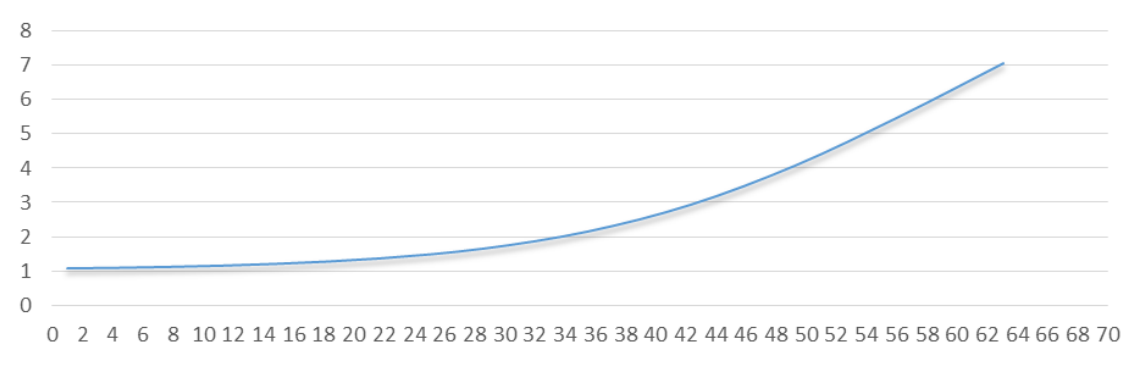
نمودار ۹ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۰ سال و قطر ۹۰



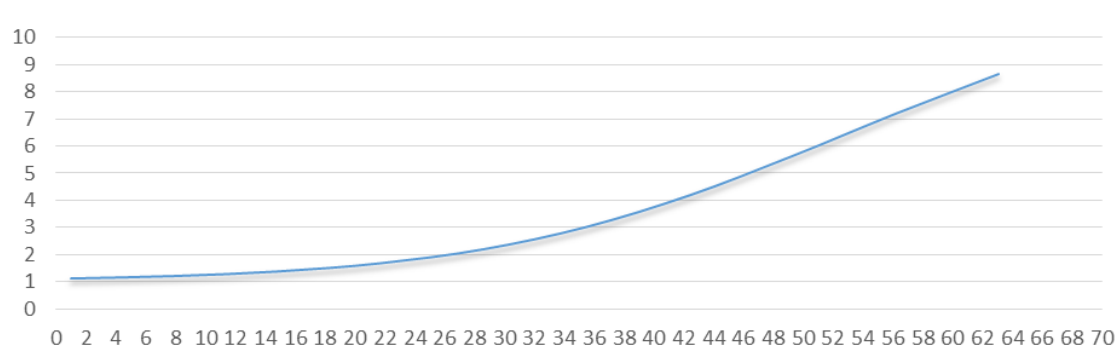
نمودار ۱۰ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۰ سال و قطر ۹۰



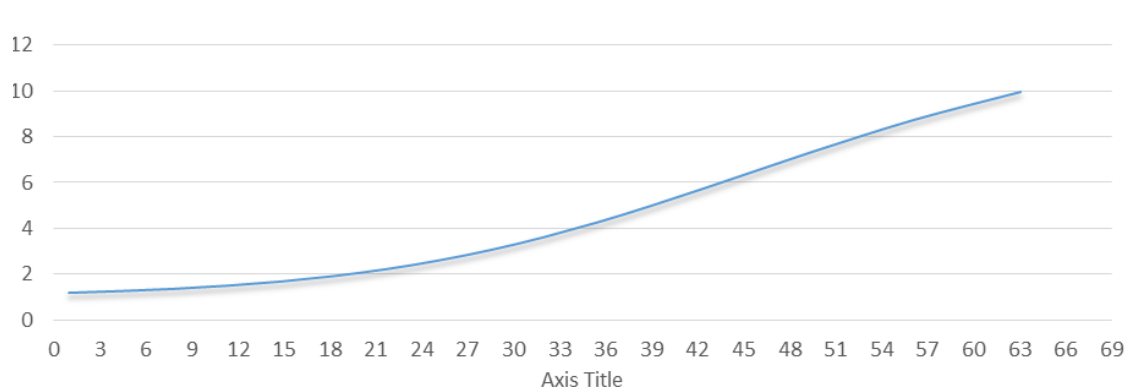
نمودار ۱۱ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۱۰ سال و قطر ۱۱۰



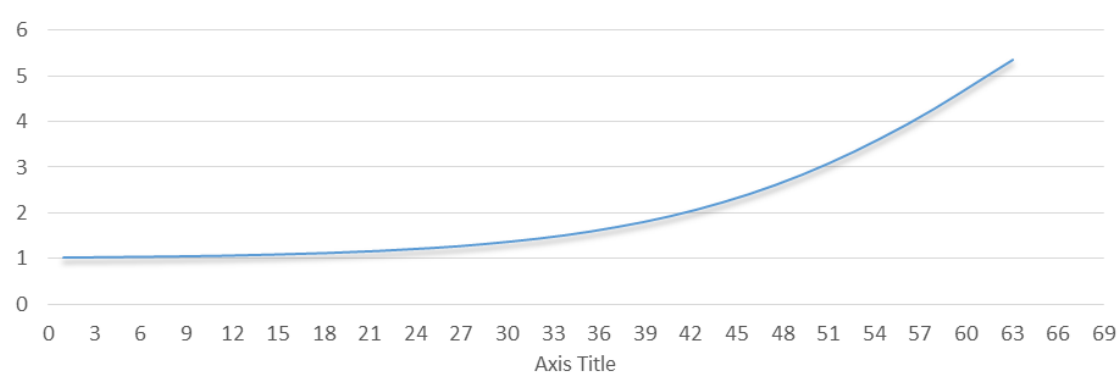
نمودار ۱۲ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۰ سال و قطر ۱۱۰



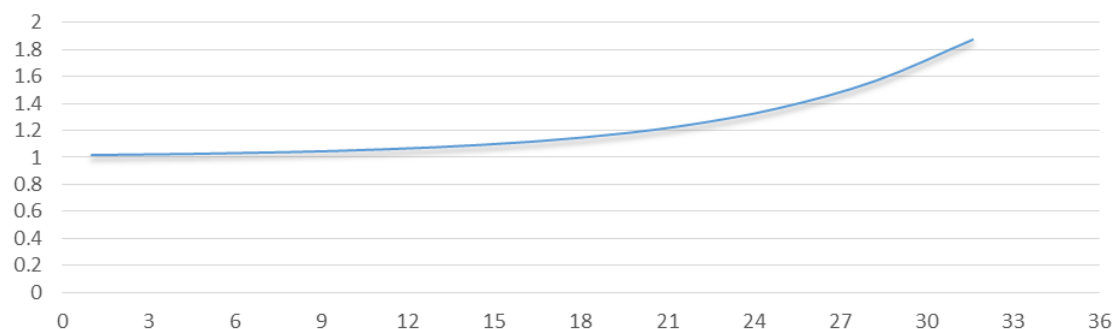
نمودار ۱۳ تغییرات شکست لوله ها نسبت به فشار برای عمر ۲۵ سال و قطر ۱۱۰



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



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



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



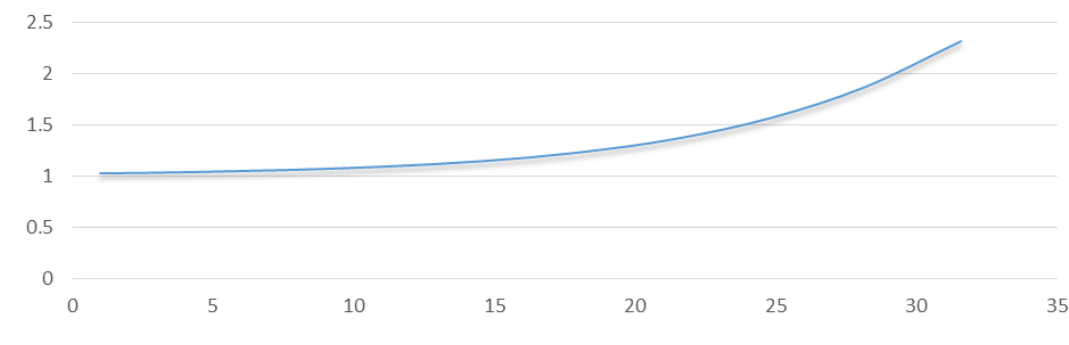
همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست

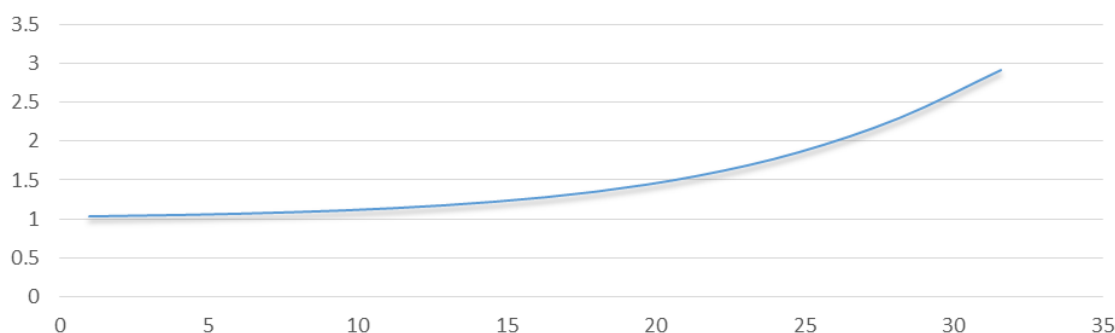


National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

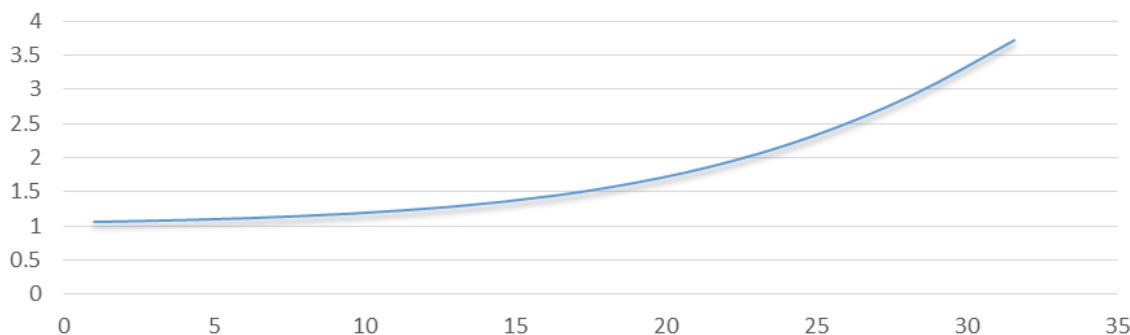
زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴



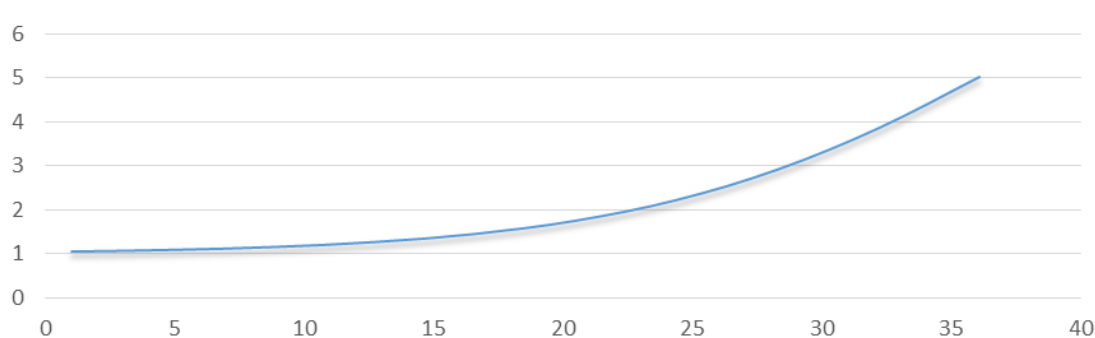
نمودار ۱۶ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۲۰ و قطر ۱۱۰



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



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



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

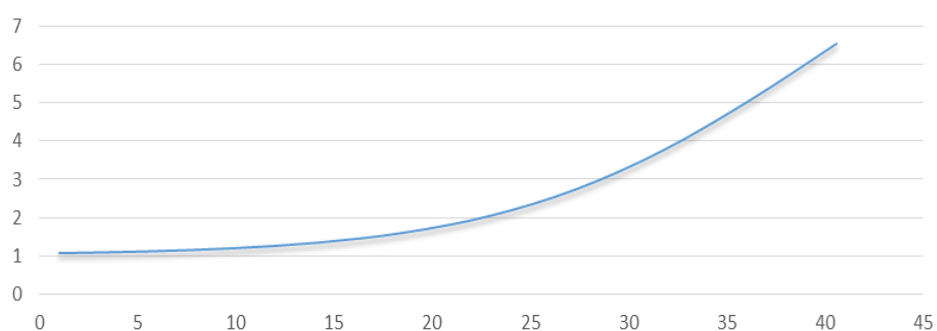


همایش ملی فناوری و نوآوری در آبیاری پروری امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست

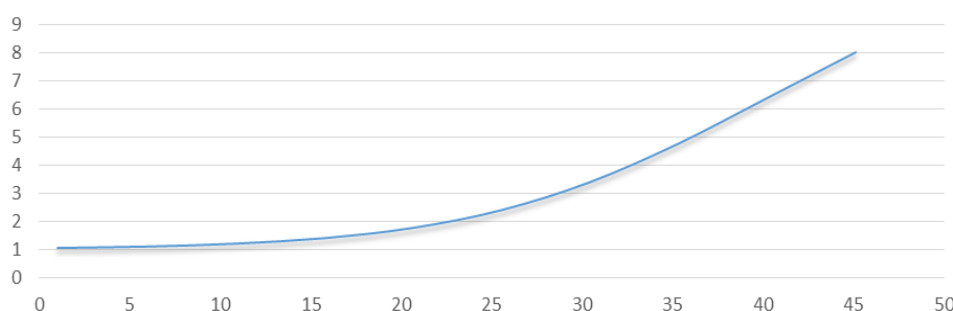


National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

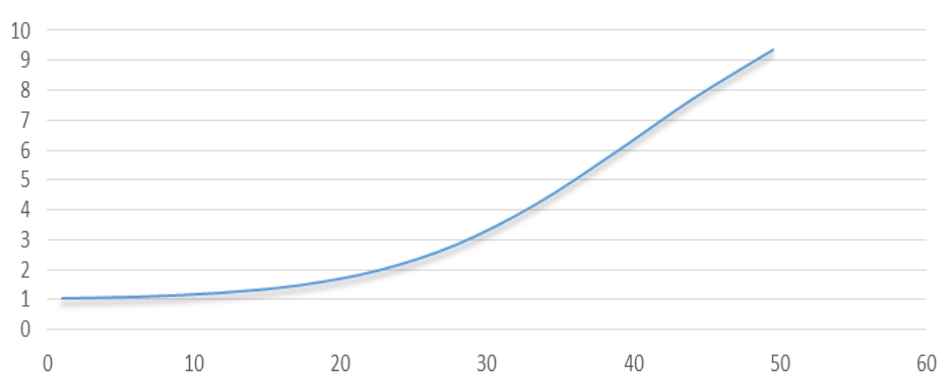
زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴



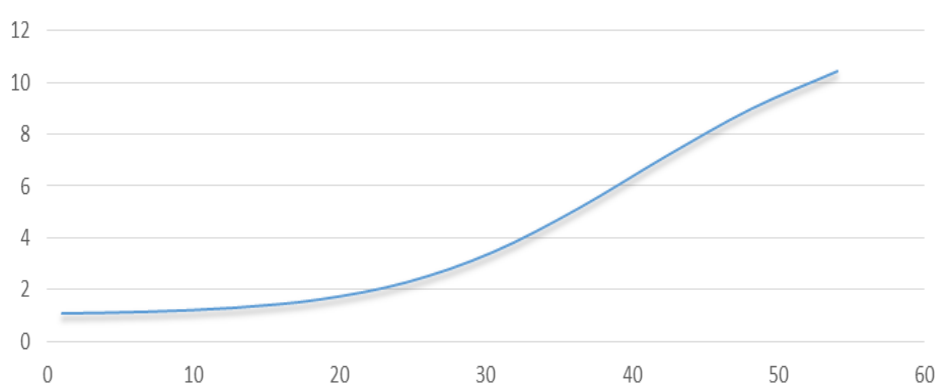
نمودار ۲۰ تغییرات شکست لوله ها نسبت به عمر برای فشار ۴۰ و قطر ۱۱۰



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



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



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



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

با افزایش فشار تعداد شکستگی ها در شبکه بیشتر می شود (نمودار های ۲ تا ۱۴)
 افزایش عمر لوله ها تعداد شکستگی ها در آنها بیشتر می شود (نمودار های ۱۵ تا ۲۳)
 با افزایش قطر لوله ها تعداد شکستگی ها کمتر می شود: مقایسه قطرهای مختلف در تمام نمودارها این مورد را اثبات می کند
 در صورت تغییر یکی از پارامتر های تاثیر گذار بر شکستگی یک لوله با قطر مشخص (فشار، عمر و بار ترافیکی روی لوله)
 نمودار تغییرات آن نسبت به هر کدام از عوامل مذکور تغییر می کند. نمودارهای مختلف با ورودی های متفاوت این مورد را اثبات می کند

در سن خاصی از لوله با بیشتر شدن عمر لوله شیب افزایش تعداد شکستگی ها به شدت افزایش می یابد (نمودارهای ۱۵ تا ۲۳)

آن سن خاص لوله (که در این تحقیق نقطه زمانی شروع ریسک نامگذاری می شود) با تغییر هر کدام از پارامترهای تاثیرگذار مقدار آن تغییر خواهد کرد (نمودار ۱۵ تا ۲۳)
 با مدیریت و کاهش فشار اضافی در شبکه نقطه زمانی شروع ریسک افزایش می یابد (عمر بهینه استفاده از لوله افزایش می یابد). (نمودارهای ۱۵ تا ۲۳)

نتایج نشان می دهد که عامل فشار بخصوص برای لوله های با سن حدود بیشتر از ۲۰ سال تاثیر فزاینده ای بر افزایش شیب تعداد شکستگی ها دارد. به گونه ای که با تعدیل و مدیریت فشار می توان شیب افزایشی تعداد شکستگی ها را بخوبی کاهش داد. همچنین نتایج نشان می دهد که با افزایش قطرهای بزرگتر تعداد شکستگی ها کاهش می یابد. تاثیر بارترافیکی در درجه سوم اهمیت دیده می شود البته این موضوع شاید برای پلدختر که شهر کم ترددی است صحت داشته و برای شهرها با تردد بیشتر مورد تایید نباشد.

در صورت تغییر در یکی از پارامترهای مذکور تحلیل حساسیت هر کدام از پارامترهای مذکور چگونه تغییر خواهد کرد؟
 جواب این سوال از مدل ایجاد شده و نتایج تحلیل حساسیت قابل کشف می باشد. در واقع مدل به گونه ای انعطاف پذیر بوده که می توان برای ورودی های مشخصی تحلیل حساسیت هر کدام را جداگانه برآورد نمود.
 برآورد زمان مناسب جهت اصلاح یا نوسازی لوله های شبکه آبرسانی به صورت قضاوت مهندسی این زمان بسته به فشار هر لوله بین ۲۵ تا ۳۰ سال می باشد که البته می توان با کاهش فشار این مقدار را افزایش داد.

۴- نتیجه گیری

- 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. نمودار های 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.



۵. نتیجه کاربردی از تحلیل حساسیت مدل می تواند ایجاد یک برنامه زمانی مناسب جهت اصلاح یا نوسازی لوله های شبکه باشد بدینصورت که نمودار مربوط برای هر لوله از شبکه عصبی برای سناریوهای مختلف پهنه بندی فشاری استخراج شود سپس سناریویی که در آن کمترین نوسازی یا اصلاح لازم است برآورد شود. این پایلوت می تواند به طور فعال در واحد بهره برداری استفاده شده و ماهانه آپدیت شود و تصمیمات جدید جهت اصلاح و نوسازی شبکه بر اساس آن گرفته شود و در واقع یک برنامه زمانی مشخص به ترتیب با توجه به منابع مالی موجود در طول زمان برای نوسازی لوله ها ایجاد گردد

۶. نتیجه دیگر آنکه جهت بهینه سازی هزینه های مطالعاتی (جهت پهنه بندی) در قیاس با هزینه های تعمیر و نگهداری می توان برآوردی محاسباتی با کمک مدل ایجاد شده انجام داد بدینصورت که نتایج تعدیل فشار بر نقطه زمانی تعویض لوله های اعمال شود و اگر به صرفه بود کارهای مطالعاتی و زون بندی بیشتر شود و چنانچه توزیع فشار در شبکه به گونه ای بود که این تعدیل فشار از طریق طرح های مطالعاتی چندان بر به تاخیر انداختن نقطه زمانی ریسک لوله موثر نبود هزینه مذکور در قسمت تعمیر و نگهدار و نوسازی لوله ها هزینه شود

نتایج مطالعه حاضر همسو با مطالعاتی است که پیش از این در ایران انجام شده است [۳-۵-۶].

در مطالعه مشهودی تفرشی و تابش ۱۴۰۳ نشان داده شد که با انجام تحلیل حساسیت، چهار عامل جنس لوله، فشار آب، سن آب و سرعت آب به عنوان اثرگذارترین عوامل بر وقوع شکست کیفیت در این منطقه شناسایی شدند؛ که با کنترل آن ها توسط مدیران و تصمیم گیرندگان شرکت های آب و فاضالب در قالب برنامه های مدیریت ریسک، میتوان میزان احتمال وقوع شکست کیفی را به مقدار قابل توجهی کاهش داد [۳].

نتایج مطالعه مرادی کیا و همکاران ۱۳۹۹ نشان داد چنانچه مقدار مجاز فشار در گره ها را ۷۰ متر در نظر بگیریم، وجود ۲ درصد عدم قطعیت در پارامترهای ورودی (ضریب هیزن ویلیامز، ارتفاع آب مخزن و دبی های مصرفی) می تواند منجر به وجود ریسک در مقادیر فشار در گره ها گردد. به عبارتی تا زمانی که عدم قطعیت پارامترهای ورودی کمتر از ۲ درصد باشد ضریب اطمینان طراحی شبکه برابر یک خواهد بود و در غیر این صورت کمتر از یک خواهد بود که به معنای وجود ریسک در طراحی است. همچنین ده درصد عدم قطعیت در پارامترهای ورودی مذکور می تواند منجر به ۲۰ درصد عدم قطعیت در فشارها گردد [۶].

۵- نتیجه گیری نهایی

در این تحقیق ابتدا با توجه به تحقیقات گذشته سه پارامتر فشار، قطر، سن و بارتراپیکی 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. بر اساس نتایج مطالعه حاضر پیشنهاد می شود که تعدیل و مدیریت فشار جهت به تاخیر انداختن نقطه زمانی ریسک استفاده از لوله های شبکه، تعویض لوله های با عمر بیشتر از ۳۰ سال به ترتیب الویت فشار بیشتر، بازنگری در جانمایی شیرهای فشار شکن جهت تعدیل فشار در شبکه صورت گیرد.

مراجع

[1] Manzavi, Mohamad Taghi, 2017. Urban Water Supply. University of Tehran Publishing and Printing Institute, 6th edition (In Farsi).



- [2] Sheikhi S, Moshiri A, Aslani H, Alizadeh S. 2023. Comprehensive risk assessment of water supply system in Bostan Abad based on water safety plan. ijhe 2023; 15 (4) :701-714 (In Farsi).
- [3] Mashhadi Tafreshi, Sara. Tabesh, Massoud. 2024. Evaluating the Failure Probability of the Water Distribution Networks Quality in Order to Estimate Risk Using Bayesian Networks. Journal of Water and Wastewater Science and Technology (JWWSE). Volume 9, Issue 1. April 2024. Pages 32-42 (In Farsi).
- [4] Ahrari, Marzieh. Nasirian, Ali. 2022. Developing a New Calibration-Based Optimization Method for Leak Detection in Water Distribution Networks. Journal of Irrigation and Water Engineering. Volume 12, Issue 2, Serial Number 46, Pages 111-134 (In Farsi).
- [5] Mirmohammadsadeghi, Seiedomid. Nabavianpour, Mohammad. 2019. Investigating the Risk of Garmsar Water Distribution Network through Binary and TOPSIS Methods Using GIS. Journal of Water and Sustainable Development. Volume 6, Issue 1 - Serial Number 12, Flood management, September 2019, Pages 15-22 (In Farsi).
- [6] Moradikia, Fakhreddin and Kermond, Hamidreza and Ghafouri, Hamidreza and Mahmoudi, Shahab, 2019, Uncertainty Analysis and Risk Identification in Water Supply Networks Using Fuzzy Set Theory, 7th National Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture and Urban Management and 6th Specialized Exhibition of Housing and Building Mass Producers of Tehran Province, Tehran. <https://civilica.com/doc/1037580> (In Farsi).
- [7] Lasaei, Sahar and Fazal Oli, Ramin and Dayan, Morteza and Nik Sefat, Nima, 2019, Investigation of the effect of pipe specifications on the amount of waste in the drinking water distribution network of Shirgah city, Third National Conference on Coastal Water Resources Management, Sari. <https://civilica.com/doc/950946> (In Farsi).
- [8] Planning and Budget Organization. 2007. Guidelines for identifying and studying factors in unaccounted water and strategies for reducing them, Publication No. 308-A (In Farsi).



Reducing the risk of breakage in water supply networks by examining influential parameters (Case study: Pol-e Dokhtar city water network)

Abstract

Water supply networks are one of the most important urban infrastructures, the continuous provision of which is of vital importance for the well-being of the people. The occurrence of accidents and breakdowns that lead to disruptions in this service is inevitable, but the risk of their occurrence can be reduced through scientific and technical studies to prevent disruptions in the service of this important infrastructure as much as possible. In this study, based on previous research, three parameters of pressure, diameter, age, and bartraffic on pipes were identified as the most important factors on the annual pipe failure rate. Then, using an artificial neural network, the sensitivity analysis of the aforementioned parameters on the failure rate of parts of the water network in Pol-e-Dokhtar was examined. Statistics on accidents and incidents in the city's water network in 2010 and 2011 were obtained from the Lorestan Water and Wastewater Company. In order to reduce the risk of accidents, a time point called the start time point of the fracture risk was extracted from the sensitivity analysis charts and it was shown that this time point can be delayed by managing and balancing the pressure in the network. The results showed that continuing to use pipes with a lifespan of 25 to 30 years carries a cost risk and a well-planned program should be used to adjust pressure or replace pipes to maintain network stability. The results of the sensitivity analysis indicate a direct relationship between the number of accidents and pressure and pipe age, and an inverse relationship with pipe diameter.

Keywords: Fractures, water supply networks, Pol Dokhtar water network, neural networks, sensitivity analysis.