

دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران
(گرایش سازه های هیدرولیکی)

عنوان :

پیش بینی محل نشت در شبکه های توزیع آب
با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

نگارش :

پریسا کلیایی

استاد راهنما :

دکتر حسین محمد ولی سامانی

استاد مشاور :

دکتر حمید رضا غفوری

چکیده پایان نامه

نام خانوادگی : کلیایی		نام : پریسا
عنوان پایان نامه : پیش بینی محل نشت در شبکه های توزیع آب با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی		
استاد راهنما : دکتر حسین محمد ولی سامانی		استاد مشاور : دکتر حمید رضا غفوری
درجه تحصیلی : کارشناسی ارشد	رشته : عمران	گرایش : سازه های هیدرولیکی
محل تحصیل (دانشگاه) : شهید چمران اهواز		
دانشکده : مهندسی		
تاریخ فارغ التحصیلی : ۸۹/۱۲/۱۶		تعداد صفحه : ۲۲۶
کلید واژه ها : شبکه های توزیع آب ، نشت ، شبکه های عصبی مصنوعی ، تحلیل هیدرولیکی EPANET ،		
<p>شبکه های توزیع و خطوط انتقال آب به منظور تأمین آب مورد نیاز مصرف مردم در سطح شهرها، روستاها، مراکز صنعتی و غیره طرح و اجرا می شوند.</p> <p>در هر سیستم توزیع آب، تلفات به دو صورت فیزیکی و غیر فیزیکی و به علل مختلفی از جمله استهلاک اجزاء شبکه، خوردگی لوله ها، قطع اتصالات، ضربه، رانش ها و نشست های زمین و غیره به وقوع می پیوندد که این امر سبب هدر روی بخش عظیمی از سرمایه های ملی و مالی هر کشور در عصر بحران آب می گردد.</p> <p>اساسی ترین اقدام در راه کاهش میزان تلفات آب، شناسایی دقیق و به موقع علل و محل وقوع شکستگی ها و نشت ها در سیستم های توزیع آب می باشد. در این تحقیق به منظور ردیابی نشت در شبکه های توزیع آب ، روشی مبتنی بر مدل سازی هیدرولیکی و حل معکوس معادلات جریان، جهت پیش بینی محل و میزان نشت موجود در شبکه های توزیع آب با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، با داشتن مقادیر اندازه گیری شده فشار در تعدادی از گره های شبکه، معرفی می گردد. لازم به ذکر است که در شناسایی لوله های مشکوک به نشت ، جریان آب بصورت ماندگار مدل می شود.</p>		

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱ کلیات ۱
- ۲-۱- شبکه های آبرسانی و تلفات آب ۱
- ۳-۱ روش های تحلیل و محاسبه آب تلف شده و نشت در شبکه های توزیع آب ۲
- ۱-۳-۱ روش تعادل (بالانس) سالانه آب ۲
- ۲-۳-۱ روش برآورد مؤلفه های نشت ۳
- ۳-۳-۱ روش اندازه گیری و تحلیل حداقل جریان شبانه ۳
- ۴-۱ مدیریت نشت ۴
- ۵-۱ ردیابی نشت در شبکه های توزیع آب ۵
- ۶-۱ تقسیم بندی موضوعی رساله ۷

فصل دوم: تاریخچه مطالعات انجام شده

- ۱-۲ مقدمه ۱۰
- ۲-۲ تاریخچه مطالعات ۱۲
- ۳-۲ ارزیابی مطالعات انجام شده ۳۸

فصل سوم: هیدرولیک شبکه های آبرسانی

- ۱-۳ مقدمه ۴۰
- ۲-۳- انواع مصرف آب ۴۱
- ۳-۲-۱ مصارف خانگی ۴۱
- ۳-۲-۲ مصارف عمومی ۴۲
- ۳-۲-۳ مصارف تجاری و صنعتی ۴۲
- ۳-۲-۴ مصارف فضای سبز ۴۲
- ۳-۲-۵ تلفات آب ۴۴

- ۴۵ ۶-۲-۳ مصرف آتش نشانی
- ۴۶ ۷-۲-۳ مصرف کل
- ۴۶ ۳-۳- نوسانهای مصرف آب
- ۴۶ ۱-۳-۳ حداکثر و حداقل مصرف سرانه روزانه
- ۴۶ ۲-۳-۳ حداکثر مصرف سرانه ساعتی
- ۴۷ ۳-۳-۳ حداقل مصرف سرانه ساعتی
- ۴۷ ۴-۳- نحوه تعیین مصرف سرانه آب
- ۴۷ ۱-۴-۳ جمع‌آوری آمار و اطلاعات
- ۴۷ ۱-۱-۴-۳ مصارف خانگی
- ۴۸ ۲-۱-۴-۳ مصارف غیر خانگی
- ۴۸ ۳-۱-۴-۳ مصرف کل
- ۴۸ ۲-۴-۳ تعیین میزان مصرف کل آب در زمان مطالعه طرح و در سالهای گذشته
- ۴۸ ۳-۴-۳ محاسبه مصرف سرانه کل آب در انتهای دوره طرح
- ۴۸ ۱-۳-۴-۳ تعیین ضریب (C1) و حداکثر مصرف سرانه روزانه
- ۴۹ ۲-۳-۴-۳ تعیین ضریب (C'1) و حداقل مصرف سرانه روزانه
- ۴۹ ۳-۳-۴-۳ تعیین ضریب C2 و حداکثر مصرف سرانه ساعتی
- ۴۹ ۴-۳-۴-۳ تعیین ضریب C'2 و حداقل مصرف سرانه ساعتی
- ۵۰ ۵-۳ تلفات آب
- ۵۱ ۱-۵-۳ تعریف آب به حساب نیامده
- ۵۱ ۲-۵-۳ تقسیم بندی آب به حساب نیامده (بدون درآمد)
- ۵۳ ۱-۲-۵-۳ آب به حساب نیامده غیر فیزیکی (تلفات ظاهری)
- ۵۳ ۲-۲-۵-۳ آب به حساب نیامده فیزیکی (هدررفت واقعی)
- ۵۴ ۶-۳ عوامل موثر در تلفات آب در شبکه های توزیع
- ۵۴ ۱-۶-۳ فشار بالا
- ۵۵ ۲-۶-۳ خاکهای خورنده
- ۵۵ ۳-۶-۳ آبهای خورنده
- ۵۶ ۴-۶-۳ اتصالات نامرغوب / لوله کشی غیر استاندارد

- ۵۶-۳-۵ عمر خطوط اصلی و لوله های ارتباطی ۵۶
- ۵۶-۳-۶ جابجایی خاک ۵۶
- ۵۶-۳-۷ ضربه آبی ۵۶
- ۵۶-۳-۸ اثرات ترافیک ۵۶
- ۵۷-۳-۹ خسارات وارد به لوله ها به وسیله سایر مراکز خدماتی ۵۷
- ۵۷-۳-۱۰ نشت از شیرفلکه ها ۵۷
- ۵۷-۳-۱۱ نشت از لوله های فرعی متروکه ۵۷
- ۵۷-۳-۱۲ نشست زمین ۵۷
- ۶۰-۳-۷ ارزیابی مقدار تلفات آب ۶۰
- ۶۰-۳-۷-۱ ارزیابی مقدار تلفات در شرایطی که در تمام ۲۴ ساعت شبانه روز جریان آب برقرار باشد ۶۰
- ۶۱-۳-۸ آمارهایی از مقادیر تلفات آب ۶۱
- ۶۱-۳-۸-۱ مقادیر نمونه از مقدار آب به حساب نیامده در کشورهای مختلف ۶۱
- ۶۱-۳-۸-۲ مقادیر تلفات در شهرهای ایران ۶۱
- ۶۳-۳-۸-۳ مقادیر تلفات در تعدادی از کشورهای آسیایی ۶۳
- ۶۴-۳-۹ توجیه اقتصادی مطالعات و راهکارهای اجرایی کاهش آب به حساب نیامده ۶۴
- ۶۵-۳-۱۰-۱ آلودگی آب به سبب نشت ۶۵
- ۶۵-۳-۱۱-۱ اقدامات مقدماتی در امر کنترل تلفات آب در یک شبکه توزیع ۶۵
- ۶۶-۳-۱۱-۱-۱ جمع آوری اطلاعات عمومی به شرح زیر برای شهر مورد نظر ۶۶
- ۶۶-۳-۱۱-۲ شهر به نواحی و حوزه‌های مناسبی تقسیم بندی می‌شود و اطلاعات برای هر ناحیه و حوزه به شرح زیر تهیه می‌گردد: ۶۶
- ۶۷-۳-۱۲ راهکارهای کاهش آب به حساب نیامده ۶۷
- ۶۷-۳-۱۳ شبکه های توزیع آب ۶۷
- ۶۸-۳-۱۳-۱ تعاریف ۶۸
- ۶۸-۳-۱۴ انواع شبکه های توزیع آب ۶۸
- ۷۲-۳-۱۵-۱ قوانین هیدرولیکی حاکم بر شبکه‌های توزیع آب ۷۲
- ۷۲-۳-۱۵-۱ معادله پیوستگی ۷۲

۷۴	۳-۱۵-۲- بقای انرژی
۷۴	۳-۱۶-۱- افت انرژی در یک لوله یکنواخت hf
۷۵	۳-۱۶-۱- فرمول دارسی - ویسباخ
۷۶	۳-۱۶-۲ روابط ضریب اصطکاک
۷۶	۳-۱۶-۲-۱ جریان لایه ای
۷۶	۳-۱۶-۲-۲ جریان انتقالی
۷۶	۳-۱۶-۲-۳ جریان آشفته صاف
۷۷	۳-۱۶-۲-۴ جریان آشفته انتقالی
۷۷	۳-۱۶-۲-۵ جریان آشفته زبر
۷۸	۳-۱۶-۳ فرمولهای تجربی
۷۸	۳-۱۶-۳-۱ فرمول هیزن-ویلیامز
۷۹	۳-۱۶-۳-۲ فرمول مانینگ
۷۹	۳-۱۶-۴ فرمول کلی افت هد
۸۰	۳-۱۷ تلفات جزئی
۸۱	۳-۱۸-۱ ضوابط طراحی شبکه های توزیع
۸۱	۳-۱۸-۱-۱ سرعت آب
۸۱	۳-۱۸-۲ فشار آب
۸۲	۳-۱۸-۳ حداقل قطر لوله ها
۸۲	۳-۱۹-۱ تحلیل هیدرولیکی شبکه های آبرسانی برای جریانهای ماندگار
۸۲	۳-۱۹-۱-۱ تحلیل شبکه های شاخه ای
۸۴	۳-۱۹-۲ تحلیل شبکه های حلقوی
۸۴	۳-۱۹-۲-۱ قوانین کیرشهف
۸۹	۳-۱۹-۳ روشهای حل معادلات
۸۹	۳-۱۹-۳-۱ روش هاردی کراس
۸۹	۳-۱۹-۳-۲ روش نیوتن رافسون
۹۱	۳-۱۹-۳-۲-۱ کاربرد روش نیوتن رافسون در معادلات H
۹۳	۳-۱۹-۳-۳ روش تئوری خطی

۹۳	.....شرایط خاص در شبکه‌ها ۴-۱۹-۳
۹۴	.....وجود دو یا چند منبع در شبکه ۱-۴-۱۹-۳
۹۴	.....معادلات H در شبکه‌های چند منبعی ۱-۱-۴-۱۹-۳
۹۵	.....وجود پمپ در شبکه ۲-۴-۱۹-۳
۹۹	.....شیر یک طرفه در شبکه ۳-۴-۱۹-۳
۱۰۰	.....شیر فشار شکن در شبکه ۴-۴-۱۹-۳

فصل چهارم: آشنایی با شبکه های عصبی مصنوعی

۱۰۲	.....مقدمه ۱-۴
۱۰۴	.....تشابهات و انتظارات شبکه های عصبی نسبت به مغز بشر ۲-۴
۱۰۴	.....تشابهات ۱-۲-۴
۱۰۴	.....انتظارات ۲-۲-۴
۱۰۵	.....تاریخچه شبکه های عصبی مصنوعی ۳-۴
۱۰۶	.....کاربرد شبکه های عصبی ۴-۴
۱۰۷	.....مدل نرون ۵-۴
۱۰۷	.....مدل تک ورودی: ۱-۵-۴
۱۰۸	.....توابع محرک (انتقال) ۲-۵-۴
۱۰۸	.....تابع محرک خطی ۱-۲-۵-۴
۱۰۸	.....تابع محرک آستانه ای دو مقداره حدی ۲-۲-۵-۴
۱۰۹	.....تابع محرک لگاریتمی زیگموئید ۳-۲-۵-۴
۱۱۰	.....تابع محرک تانژانت زیگموئید ۴-۲-۵-۴
۱۱۰	.....تابع محرک Radial Basis ۵-۲-۵-۴
۱۱۱	.....مدل نرون چند ورودی ۳-۵-۴
۱۱۲	.....ساختارهای شبکه عصبی ۶-۴
۱۱۲	.....لایه های چند گانه از سلول عصبی ۱-۶-۴

- ۱۱۲..... ۲-۶-۴ شبکه تک لایه
- ۱۱۳..... ۳-۶-۴ شبکه های چند لایه
- ۱۱۴..... ۴-۶-۴ تعریف لایه خروجی
- ۱۱۴..... ۷-۴ شبکه های پرسپترون
- ۱۱۴..... ۱-۷-۴ شبکه عصبی پرسپترون ساده
- ۱۱۵..... ۲-۷-۴ شبکه عصبی پرسپترون چند لایه
- ۱۱۶..... ۸-۴ انواع شبکه های عصبی مصنوعی از نظر برگشت پذیری
- ۱۱۶..... ۱-۸-۴ شبکه های عصبی پیش خور
- ۱۱۷..... ۲-۸-۴ شبکه های عصبی پسخور
- ۱۱۸..... ۹-۴ شبکه های عصبی به عنوان سیستمهای دینامیکی آموزش پذیر
- ۱۱۸..... ۱-۹-۴ انواع شبکه های عصبی مصنوعی بر مبنای روش آموزش
- ۱۱۹..... ۱-۹-۴ یادگیری با ناظر
- ۱۱۹..... ۲-۹-۴ یادگیری تشدید
- ۱۲۰..... ۳-۹-۴ یادگیری بدون ناظر
- ۱۲۱..... ۱۰-۴ شبکه عصبی چند لایه پیشخور
- ۱۲۲..... ۱-۱۰-۴ انتخاب معماری شبکه عصبی در شبکه های چند لایه پیشخور
- ۱۲۳..... ۲-۱۰-۴ آموزش شبکه
- ۱۲۳..... ۳-۱۰-۴ روش پس انتشار خطا
- ۱۲۴..... ۱-۳-۱۰-۴ الگوریتم روش پس انتشار خطا
- ۱۲۵..... ۱۱-۴ نکاتی درمورد کارایی بهتر شبکه های عصبی
- ۱۲۵..... ۱-۱۱-۴ انتخاب مقادیر اولیه برای وزنها و بایاس ها
- ۱۲۶..... ۲-۱۱-۴ نرمالیزه کردن داده ها

- ۴-۱۱-۳- زمان مناسب برای آموزش شبکه ۱۲۶
- ۴-۱۲- نمونه هایی از کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در مهندسی آب ۱۲۷
- ۴-۱۲-۱- استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد بار رسوب ۱۲۸
- ۴-۱۲-۲- استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی بار رسوب ۱۲۸
- ۴-۱۲-۳- استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در تخمین روندیابی سیلاب ۱۲۸

فصل پنجم: پیش بینی محل نشت در شبکه های توزیع آب

- ۵-۱- مقدمه ۱۲۹
- ۵-۲- ردیابی نشت در شبکه های توزیع آب ۱۳۰
- ۵-۲-۱- مصارف نرمال در شبکه آبرسانی ۱۳۱
- ۵-۲-۲- روش تعیین نشت در شبکه ۱۳۴
- ۵-۲-۳- شبکه های عصبی مصنوعی ۱۳۶
- ۵-۲-۳-۱- چرا ANNs، ارزش مطالعه کردن دارند ؟ ۱۳۷
- ۵-۲-۳-۲- مراحل طراحی یک شبکه عصبی مصنوعی ۱۳۷
- ۵-۲-۳-۳- یادگیری شبکه پرسپترون سه لایه با رویکرد انتشار به عقب خطا ۱۳۸
- ۵-۲-۳-۴- آموزش شبکه پرسپترون سه لایه با رویکرد انتشار به عقب خطا ۱۳۸
- ۵-۲-۳-۵- محدودیت های استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی ۱۴۱
- ۵-۲-۴- مدل سازی شبکه ۱۴۱
- ۵-۲-۵- مدل شبکه ۱۴۲
- ۵-۲-۵-۱- اجزاء شبکه ۱۴۲
- ۵-۲-۵-۲- آماده سازی داده ها ۱۴۳
- ۵-۲-۶- هدف از مدل سازی و کاربردهای آن: ۱۴۴
- ۵-۲-۶-۱- میزان پرداختن به به جزئیات در مدل ۱۴۴
- ۵-۲-۷- راهنمای فشارسنجی ۱۴۴
- ۵-۲-۷-۱- لوازم مورد نیاز برای فشارسنجی ۱۴۴

۱۴۵.....	۲-۷-۲-۵ انواع دستگاه های فشارسنج.....
۱۴۶.....	۳-۷-۲-۵ تعداد نقاط مورد نیاز برای انجام عملیات فشارسنجی.....
۱۴۷.....	۴-۷-۲-۵ شرایط محل نصب فشارسنج ها.....
۱۴۸.....	۸-۲-۵ روش کار.....
۱۴۸.....	۱-۸-۲-۵ ساختار مدلسازی نشت در مدل تحلیل هیدرولیکی.....
۱۴۹.....	۲-۸-۲-۵ نحوه ایجاد و آموزش شبکه عصبی.....
۱۵۱.....	۳-۵ ارزیابی نتایج.....
۱۵۳.....	۴-۵ نکاتی پیرامون مدل سازی شبکه های توزیع آب با استفاده از روش ذکر شده.....
۱۵۶.....	۵-۵ خطاهای ممکن در روند نشت یابی.....
۱۵۶.....	۶-۵ ارتباط بین فایل ها و برنامه های استفاده شده در روند نشت یابی.....
۱۵۶.....	۱-۶-۵ کلیات.....
۱۵۶.....	۲-۶-۵ برنامه و فایل های مورد استفاده در ردیابی نشت در شبکه های توزیع آب.....
۱۵۷.....	۱-۲-۶-۵ نرم افزار EPANET.....
۱۵۸.....	۲-۲-۶-۵ برنامه Source.....
۱۵۸.....	۳-۲-۶-۵ برنامه Neural.....
۱۵۹.....	۷-۵ متن تعدادی از فایل های ورودی و خروجی.....

فصل ششم: ارائه مثال ها و نتایج

۱۶۲.....	۱-۶ حل چند مثال جهت بررسی روش پیشنهادی.....
۱۶۳.....	مثال (۱-۶).....
۱۷۴.....	مثال (۲-۶).....
۱۸۱.....	مثال (۳-۶).....
۱۸۷.....	مثال (۴-۶).....
۲۰۱.....	مثال (۵-۶).....

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهاد

۱-۷ خلاصه مراحل انجام شده در روش پیشنهادی ۲۱۷

۲-۷ نتیجه گیری ۲۱۷

۳-۷ پیشنهادات ۲۱۸

فهرست منابع ۲۲۰

فهرست علائم و نشانه ها ۲۲۵

فهرست اشکال و نمودارها

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- شکل (1-1) اجزای حداقل جریان شبانه..... 3
- شکل (2-1) سطوح مختلف نشت..... 4

فصل دوم: تاریخچه مطالعات انجام شده

- شکل (1-2) - لوله با یک نشت در مسیر آن..... 16
- شکل (2-2) - نمودارهای مشاهداتی و استاندارد شده برای حالت وجود نشت متغییر در شبکه... 21
- شکل (3-2) - بررسی لوله مشکوک به نشت با دو سنسور..... 24

فصل سوم: هیدرولیک شبکه های آبرسانی

- شکل (1-3) - تقسیمات اقلیمی ایران..... 45
- شکل (2-3) - محل های ممکن اتلاف آب در یک سیستم آبرسانی..... 58
- شکل (3-3) - نمودار هزینه-فایده مطالعات و عملیات اجرایی کاهش آب به حساب نیامده..... 65
- شکل (4-3) - شبکه سریال..... 69
- شکل (5-3) - شبکه شاخه ای..... 69
- شکل (6-3) - شبکه حلقه ای..... 70
- شکل (7-3) - شبکه مرکب..... 72
- شکل (8-3) - شبکه شاخه ای..... 83
- شکل (9-3) - نمونه شبکه ساده حلقوی..... 85

فهرست اشکال و نمودارها

صفحه

عنوان

- شکل (3-10) - شبکه حلقوی همراه با دو مخزن تأمین آب 94
- شکل (3-11) - نمونه ای از منحنی مشخصه پمپ 96
- شکل (3-12) - پمپ در یک خط لوله 96
- شکل (3-13) - شبکه حلقوی شامل سه پمپ 97
- شکل (3-14) - شیر یکطرفه در شبکه لوله کشی 99
- شکل (3-15) - شیر فشار شکن حالت الف 100
- شکل (3-16) - شیر فشار شکن حالت ب 101
- شکل (3-17) - شیر فشار شکن حالت ج 101
- شکل (3-18) - شیر فشار شکن حالت د 101
- نمودار (3-1) - دسته بندی آب به حساب نیامده 59

فصل چهارم: آشنایی با شبکه های عصبی مصنوعی

- شکل (4-1) - اجزای سلول عصبی 103
- شکل (4-2) - مدل یک نرون تک ورودی 107
- شکل (4-3) - تابع محرک خطی 108
- شکل (4-4) - تابع محرک آستانه ای دو مقدار حدی 109
- شکل (4-5) - تابع محرک آستانه ای دو مقدار متقارن 109
- شکل (4-6) - تابع محرک لگاریتمی زیگموئید 110
- شکل (4-7) - تابع محرک تانژانت زیگموئید 110
- شکل (4-8) - تابع محرک Radial Basis 110
- شکل (4-9) - مقایسه ای بین چند تابع انتقال مختلف 111

فهرست اشکال و نمودارها

صفحه	عنوان
112	شکل (4-10) - مدل نرون چند ورودی
113	شکل (4-11) - یک شبکه تک لایه
113	شکل (4-12) - یک شبکه چند لایه
114	شکل (4-13) - یک شبکه سه لایه
115	شکل (4-14) - ساختار پرسپترون چندلایه با نرون‌های پنهان tansig و نرون‌های خروجی با تابع خطی
117	شکل (4-15) - نمونه ای از یک شبکه پیشخور
118	شکل (4-16) - نمونه ای از یک شبکه پسخور
118	شکل (4-17) - شبکه عصبی در حال یادگیری

فصل پنجم: پیش بینی محل نشت در شبکه های توزیع آب

133	شکل (5-1) - بستگی شماتیک شدت نوسانات ساعتی مصرف
140	شکل (5-2) - مراحل شبیه سازی با استفاده از شبکه عصبی
142	شکل (5-3) - یک نمایش قطعه-گره از یک شبکه توزیع آب
152	شکل (5-4) - مراحل مختلف پیش بینی نشت در شبکه های توزیع آب
153	شکل (5-5) - بررسی میزان هدر رفت آب در گره های مشکوک به نشت
157	شکل (5-6) ارتباط میان برنامه ها و فایل‌های مورد استفاده در تعیین نشت در شبکه های آبرسانی

فصل ششم: ارائه مثال ها و نتایج

163	شکل (6-1) - آرایش هندسی شبکه مورد بررسی مثال (6-1)
-----	--

فهرست اشکال و نمودارها

صفحه

عنوان

- شکل (2-6)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون..... 167
- شکل (3-6)-بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش 168
- شکل (4-6)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون در حالت دوم 172
- شکل (5-6)- بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش در حالت دوم 172
- شکل (6-6)- آرایش هندسی شبکه مورد بررسی 174
- شکل (7-6)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون مثال (2-6)..... 179
- شکل (8-6)- بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش مثال (6)- (2) 179
- شکل (9-6)- آرایش هندسی شبکه مورد بررسی مثال (3-6)..... 181
- شکل (10-6)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون مثال (3-6)..... 185
- شکل (11-6)- بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش مثال (3-6) 185
- شکل (12-6)- آرایش هندسی شبکه مورد بررسی مثال (4-6)..... 187
- شکل (13-6)- تبدیل شبکه مورد بررسی مثال (4-6) به سه ناحیه اصلی 192
- شکل (14-6)- اصلاح نواحی سه گانه شبکه مورد بررسی مثال (4-6) با در نظر گرفتن وجود مخزن 193
- شکل (15-6)- تبدیل شبکه مورد بررسی مثال (4-6) به یک شبکه شاخص 193

فهرست اشکال و نمودارها

صفحه

عنوان

- شکل (6-16)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون شبکه شاخص مثال (4-6)..... 193
- شکل (6-17)- بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش برای شبکه شاخص مثال (4-6)..... 196
- شکل (6-18)- ناحیه انتخاب شده جهت بررسی احتمال وجود نشت در شبکه مثال (4-6) ... 197
- شکل (6-19)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون ناحیه n7 از شبکه مثال (4-6)..... 199
- شکل (6-20)- بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش برای ناحیه n7 از شبکه مثال (4-6)..... 199
- شکل (6-21)- آرایش هندسی شبکه مورد بررسی مثال (5-6)..... 202
- شکل (6-22)- تبدیل شبکه مورد بررسی مثال (5-6) به سه ناحیه اصلی 206
- شکل (6-24)- تبدیل شبکه مورد بررسی مثال (5-6) به یک شبکه شاخص 207
- شکل (6-25)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون شبکه شاخص مثال (5-6)..... 210
- شکل (6-26)- بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش برای شبکه شاخص مثال (5-6)..... 210
- شکل (6-27)- ناحیه انتخاب شده جهت بررسی احتمال وجود نشت در شبکه مثال (5-6) 212
- شکل (6-28)-مقایسه ضرایب نشت مدل سازی شده با خروجی شبکه عصبی و تعیین ضریب رگرسیون ناحیه n8 از شبکه مثال (5-6)..... 214
- شکل (6-29)- بررسی روند تغییرات خطای mse شبکه، پس از هربار تکرار فرایند آموزش برای ناحیه n8 از شبکه مثال (5-6)..... 215

فهرست جداول

صفحه

عنوان

فصل سوم: هیدرولیک شبکه های آبرسانی

- جدول (1-3) متوسط مصرف سرانه خانگی (بدون فضای سبز) در حدود سال 1395..... 41
- جدول (2-3) مصرف آب کارخانه ها برحسب مترمکعب برای هر واحد از فرآورده..... 43
- جدول (3-3) حدود حداکثر مصرف روزانه فضای سبز..... 44
- جدول (4-3) ضریب حداکثر روزانه (C1) در مناطق مختلف آب و هوایی کشور..... 48
- جدول (5-3) ضریب حداکثر ساعتی (C2) در جمعیت‌های مختلف..... 49
- جدول (6-3) مؤلفه های تعادل سالانه آب به روش IWA..... 52
- جدول (7-3) آب تلف شده در یک لوله با فشار $3/3kg/cm^2$ 54
- جدول (8-3) پارامتر نشت در لوله های مختلف..... 54
- جدول (9-3) وضعیت استحصال آب در سطح استانهای کشور، درصد پرت شبکه و حجم تلفات..... 61
- جدول (10-3) درصد آب به حساب نیامده در سطح کشور در سال 1375..... 62
- جدول (11-3) مقادیر ارزیابی شده تلفات آب در برخی از کشورهای آسیایی..... 63
- جدول (12-3) مقادیر ضریب مانینگ برای لوله های مختلف..... 78
- جدول (13-3) مقادیر R و n در فرمول افت هد کلی..... 79
- جدول (14-3) محدودیت های قطر در شبکه های توزیع آب شهری..... 82

فصل پنجم - پیش بینی محل نشت در شبکه های توزیع آب

- جدول (1-5) تقسیم بندی شهرها به لحاظ وسعت..... 133

فصل ششم -ارائه مثال ها و نتایج

- جدول (1-6)-اطلاعات مربوط به رقوم گره ها در شبکه مورد بررسی مثال (1-6) 163
- جدول (2-6)-اطلاعات مربوط به لوله ها در شبکه مورد بررسی مثال (1-6) 164
- جدول (3-6)- مصارف گره های شبکه مورد بررسی مثال (1-6) در ساعت آزمون 164
- جدول (4-6)- فشار در گره های شبکه مورد بررسی مثال (1-6) در ساعت آزمون 165
- جدول (5-6)- ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی مثال (1-6) در ساعت آزمون 169
- جدول (6-6)- گره ها و لوله ها های مشکوک به نشت در مثال (1-6) 169
- جدول (7-6)-مقایسه کارایی تعدادی از شبکه های عصبی مورد بررسی در مثال (1-6) 171
- جدول (8-6)- ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی مثال (1-6) در ساعت آزمون در حالت دوم 173
- جدول (9-6)- گره ها و لوله ها های مشکوک به نشت در مثال (1-6) در حالت دوم 173
- جدول (10-6)-اطلاعات مربوط به رقوم گره ها در شبکه مورد بررسی مثال (2-6) 174
- جدول (11-6)-اطلاعات مربوط به لوله ها در شبکه مورد بررسی مثال (2-6) 175
- جدول (12-6)- مصارف گره های شبکه مورد بررسی مثال (2-6) در ساعت آزمون 175
- جدول (13-6)- فشار در گره های شبکه مورد بررسی مثال (2-6) در ساعت آزمون 176
- جدول (14-6)-مقایسه کارایی تعدادی از شبکه های عصبی مورد بررسی در مثال (2-6) 178
- جدول (15-6)- ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی مثال (2-6) در ساعت آزمون 180
- جدول (16-6)- گره ها و لوله های مشکوک به نشت در مثال (2-6) 180
- جدول (17-6)-اطلاعات مربوط به رقوم گره ها در شبکه مورد بررسی مثال (3-6) 181
- جدول (18-6)-اطلاعات مربوط به لوله ها در شبکه مورد بررسی مثال (3-6) 182
- جدول (19-6)- مصارف گره های شبکه مورد بررسی مثال (3-6) در ساعت آزمون 182
- جدول (20-6)- فشار در گره های آزمون شبکه مورد بررسی مثال (3-6) در ساعت آزمون ... 183
- جدول (21-6)-مقایسه کارایی تعدادی از شبکه های عصبی مورد بررسی در مثال (3-6) 184
- جدول (22-6)- ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی مثال (3-6) در ساعت آزمون 186
- جدول (23-6)- گره ها و لوله های مشکوک به نشت در مثال (3-6) 186
- جدول (24-6)-اطلاعات مربوط به رقوم گره ها در شبکه مورد بررسی مثال (4-6) 187

- جدول (25-6)-اطلاعات مربوط به لوله ها در شبکه مورد بررسی مثال (4-6)..... 188
- جدول (26-6)- مصارف گره های شبکه مورد بررسی مثال (4-6) در ساعت آزمون 189
- جدول (27-6)- فشار در گره های آزمون شبکه مورد بررسی مثال (4-6) در ساعت آزمون ... 190
- جدول (28-6)- مصارف اصلاح شده گره های شاخص شبکه مورد بررسی مثال (4-6) در ساعت آزمون 194
- جدول (29-6)- فشار در گره های شاخص شبکه مورد بررسی مثال (4-6) در ساعت آزمون ... 194
- جدول (30-6)- ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی در شبکه شاخص مثال (4-6) در ساعت آزمون..... 197
- جدول (31-6)- گره ها و لوله های مشکوک به نشت در مثال (3-6) 197
- جدول (32-6)- فشار در گره های آزمون ناحیه n7 شبکه مورد بررسی مثال (4-6) در ساعت آزمون 198
- جدول (33-6)-مقایسه کارایی تعدادی از شبکه های عصبی مورد بررسی در مثال (4-6) 200
- جدول (34-6)- ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی در شبکه شاخص مثال (4-6) در ساعت آزمون..... 201
- جدول (35-6)- گره ها و لوله های مشکوک به نشت در مثال (4-6) 201
- جدول (36-6)-اطلاعات مربوط به رقوم گره ها در شبکه مورد بررسی مثال (5-6)..... 202
- جدول (37-6)-اطلاعات مربوط به لوله ها در شبکه مورد بررسی مثال (5-6)..... 203
- جدول (38-6)- مصارف گره های شبکه مورد بررسی مثال (5-6) در ساعت آزمون 204
- جدول (39-6)- فشار در گره های آزمون شبکه مورد بررسی مثال (5-6) در ساعت آزمون ... 204
- جدول (40-6)- مصارف اصلاح شده گره های شاخص شبکه مورد بررسی مثال (5-6) در ساعت آزمون 207
- جدول (41-6)- فشار در گره های شاخص شبکه مورد بررسی مثال (5-6) در ساعت آزمون.. 208
- جدول (42-6)-مقایسه کارایی تعدادی از شبکه های عصبی مورد بررسی در مثال (5-6) 209
- جدول (43-6)- ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی در شبکه شاخص مثال (5-6) در ساعت آزمون..... 211
- جدول (44-6)- گره ها و لوله های مشکوک به نشت در مثال (5-6) 211
- جدول (45-6)- فشار در گره های آزمون ناحیه n8 شبکه مورد بررسی مثال (5-6) در ساعت آزمون 212

جدول (46-6) - مصارف اصلاح شده گره های ناحیه n8 از شبکه مورد بررسی مثال (5-6) در
ساعت آزمون 213

جدول (47-6) - ضرایب نشت مدل سازی شده و حاصله از شبکه عصبی در ناحیه n8 از شبکه
مثال (5-6) در ساعت آزمون 216

جدول (48-6) - گره ها و لوله های مشکوک به نشت در مثال (5-6) 216