دوره (۱)
شماره (۱)
پیاپی (۱)
بهارو تابستان (۱۴۰۱)
شماره صفحه: ۸۱-۶۹

نشریه علمی پژوهش‌های نوین در مهندسی آب پایدار

نشت‌یابی در شبکه آبرسانی با استفاده از نرم افزار EPANET و روش نروفازی

فاطمه گیشین زاده[۱]، نسرین سیاری*[۲]، مجید رحیم پور[۳]

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶
DOI: 10.22103/nrswe.2022.19227.1001

چکیده

عامل اصلی انتقال آب در شبکه‌های توزیع آب، اختلاف هد فشاری بین دو نقطه بوده و در صورت افزایش فشار بیش از حد استاندارد، پدیده نامطلوب نشت رخ می‌دهد. نشت در سیستم آبی از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و تأثیرات زیست محیطی مهم می‌باشد. اهداف تحقیق حاضر شامل تشخیص نقاط هدررفت آب در شبکه توزیع آبرسانی با استفاده از مدل EPANET و روش نروفازی، و مقایسه این دو روش و ارائه روش بهتر جهت تشخیص نقاط هدررفت آب می‌باشد. در این تحقیق به منظور ردیابی نشت در شبکه توزیع آب شهر محی‌آباد استان کرمان، روشی مبتنی بر مدل‌سازی هیدرولیکی و حل معکوس معادلات جریان، جهت پیش‌بینی محل و میزان نشت موجود در شبکه توزیع آب با استفاده از نرم‌افزار EPANET و روش نروفازی، با داشتن مقادیر اندازه‌گیری شده فشار در تعدادی از گره‌های شبکه، معرفی شد. نتایج حاکی از آن است که در بهترین معماری انتخاب شده از بین کلیه شبکه‌های آزمایش شده، ضرایب نشت حاصل از پیش‌بینی نروفازی نسبت به مقادیر مدل‌سازی شده EPANET مناسب‌ترین گزینه برای مدل‌سازی بوده و دارای ضریب همبستگی ۰/۹۸۴ و میانگین خطای پیش‌بینی MSE، برابر صفر با ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ۰/۰۰۲۴ لیتر بر ثانیه نشان‌دهنده دقت پیش‌بینی مطلوب و قابلیت اطمینان بسیار زیاد شبکه آموزش دیده‌است. روش پیشنهادی با حداقل برداشت اطلاعات هیدرولیکی از نوع فشارها، قابلیت خوبی در پیش‌بینی محل نشت در شبکه را دارا بوده و همچنین استفاده از روش نروفازی، ساده و کم‌هزینه بوده علاوه بر آن از دقت مناسبی برخوردار است.

واژگان کلیدی: اختلاف فشار، شبکه توزیع آب، محی‌آباد، مدل‌سازی هیدرولیکی، هدررفت آب

مقدمه

[۱] - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان
[۲]* - استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان Email: nasrin_sayari@yahoo.com
[۳] - دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان

یکی از چالش‌های جدی کشورهای در حال توسعه در جهان، توجه به حفظ منابع آب و بهره‌برداری بهینه از آن در کنار بهبود زیرساخت‌های توسعه می‌باشد. به دلیل اهمیت موضوع آب به عنوان یکی از زیربناهای ارکان توسعه در تمامی عرصه‌ها، این موضوع همیشه در ردیف اولین شاخص‌های توسعه‌یافتگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نکته قابل توجه در این راستا، توجه به منابع آب موجود و مدیریت آن در این زمینه می‌باشد. در طی سال‌های اخیر برنامه‌ریزان منابع آبی توجه خود را به مدیریت منابع آب و عرضه آن معطوف کرده و به مطالعه در زمینه مسائل عمده بخش آب از جمله کم‌آبی و برطرف کردن مشکلات موجود در این زمینه پرداخته‌اند. به دلیل افزایش مصرف آب متأثر از عوامل متعددی همچون افزایش جمعیت، افزایش درآمد سرانه، بالا رفتن سطح بهداشت عمومی و رشد فعالیت کشاورزی و توسعه اقتصادی- اجتماعی، لزوم توجه به مدیریت تقاضا در سطح جهان، منطقه و به ویژه در سطح کشور امری اجتناب ناپذیر است. استفاده از مدیریت تقاضا آب و راهکارهای آن همراه با مدیریت عرضه آب در راستای هم می‌تواند گامی مؤثر در جهت تطابق بیشتر تقاضا و عرضه آب باشد. نشت از لوله‌های شبکه توزیع آب به ویژه در شبکه‌های قدیمی، بخش زیادی از اتلاف سالانه شبکه‌های توزیع آب را تشکیل می‌دهد. به طور متوسط اتلاف بیش از ۳۰ درصد آب ورودی به شبکه‌های توزیع آب شرب کشور در اثر نشت از شبکه‌ها، موجب نگرانی جدی مسئولین شرکت آب و فاضلاب کشور شده‌است (Azadfar et al. 2019).

نشت یا هدررفت آب و بطور کلی آب بدون درآمد یکی از مشکلات عمده سیستم تولید و توزیع شبکه آب شهری است. مقدار آب بدون درآمد در کشورهای در حال توسعه مانند ایران بیش از ۳۰ درصد مقدار تولید آب و در کشورهای توسعه‌یافته کمتر از ۱۵ درصد مقدار تولیدی می‌باشد. هدررفت آب به دو گروه هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی تقسیم می‌گردد. هدررفت ظاهری ناشی از خطاهای اندازه‌گیری، انسانی، بهره‌برداری و مدیریتی بوده و موجب مصرف آب بدون پرداخت بهای آب می‌شود. در حالی که هدررفت واقعی طیف گسترده‌ای از تلفات آب در شبکه را شامل می‌شود و عموماً در قالب نشت مورد بررسی قرار می‌گیرد. در هدررفت واقعی آب تلف شده به مصرف مشترکین نرسیده و هزینه‌های آن قابل وصول نمی‌باشد. این گونه هدررفت شامل نشت از شبکه لوله‌ها و انشعابات، نشت و سرریز از مخازن و نشت از پمپ‌ها و شیرآلات می‌باشد. عموماً نشت آب از محل اتصلات و شیرآلات با بده کم همراه می‌باشد، ولی زمان و تعداد آن‌ها در شبکه به گونه‌ای است که شناسایی این گونه نشت‌ها را اقتصادی و ضروری می‌سازد. در عملیات بهره‌برداری بارها مشاهده شده که نشت آب از شبکه، انشعابات یا اتصالات سبب جریان آب به زیر ساختمان‌های مجاور، شسته شدن خاک زیر ساختمان‌ها، نشست ساختمان و یا تخریب بخشی از آن شده است (Mokhtarichaharbari 2010). در طول سال‌های گذشته اقدامات زیادی در زمینه تعیین نشت در شبکه‌های آبرسانی صورت گرفته‌است. به‌عنوان نمونه (Tavakoli et al. 2015) تحقیقی را با هدف کنترل بهینه فشار و نشت در یکی از مجتمع‌های آبرسانی شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان‌جنوبی و به روش مبتنی بر تقاضا (DDSM)[1] توسط نرم‌افزار تحلیل هیدرولیکی EPANET انجام دادند. بدین صورت که با نصب شیر فشارشکن در نقاط بحرانی و تنظیم زمانی آن در جهت تأمین فشار استاندارد در تمام گره‌های شبکه، تأثیر مدیریت هوشمند فشار را بر شبکه ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کنترل فشار با استفاده از شیرهای فشارشکن روش مناسبی برای کاهش میزان نشت در شبکه می‌باشد، به طوری که با کاهش۲۶/۴۵ درصدی فشار میانگین، مقدار ۵۸۹ مترمکعب آب در سال صرفه‌جویی شده و این موجب کاهش ۱۹/۳۸ درصدی از میزان نشت گردید. (Majidikhalilabadi et al. 2017) مطالعه‌ای را به منظور تعیین موقعیت و میزان نشت در سیستم توزیع، با استفاده از روش تشخیص مبتنی بر مدل هیدرولیک با استفاده از فیلتر کالمن (EKF)[2] که یک فیلتر غیرخطی است، ارائه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که این روش به خوبی قادر به پیش‌بینی موقعیت نشت و مقدار آن بوده و میانگین موقعیت و مقدار نشت محاسبه شده توسط EKF به ترتیب ۱۷/۱۷ متر و ۱/۱۱ لیتردرثانیه بود. (Das et al. 2018) در مطالعه‌ای در شرق مدی پور در غرب بنگال به مقایسه نتایج حاصل از نرم‌افزارهای EPANET و Loop در شبکه آبرسانی با جریان گرانشی پرداختند. آن‌ها از

[1] Demand Driven Simulation Method

[2] Extended Kalman Filter

نرم‌افزار EPANET و Loop استفاده کردند. کل سیستم شبکه شامل ۳۶۴ شماره لوله و ۳۳۷ تعداد اتصالات بود. آنها نتایج حاصل از نرم‌افزار EPANET را با نتایج حاصل از نرم‌افزارLoop مقایسه و نشان دادند که جریان بدست‌آمده با استفاده از دو نرم‌افزار حدود ۹۶ درصد شباهت دارد. آن‌ها پیشنهاد کردند که استفاده از نتایج حاصل از نرم‌افزار EPANET یا نرم‌افزار Loop، در آینده برای اهداف طراحی خط لوله مناسب می‌باشد. (Momenzadeh et al. 2018) مطالعه‌ای را با هدف الگوی تخصیص تقاضا برای نقاط مصرف در شبکه‌های توزیع آب خانگی در پردیس ایلام انجام شد. بدین منظور از نرم‌افزارهای Water Gems و Arc GIS استفاده کردند. شبیه‌سازی هیدرولیکی برای تخصیص هر یک از گره‌ها با توجه به تراکم جمعیت، داده‌های بار نقطه‌ای و منطقه‌ای انجام و نشان دادند که حداکثر میزان مورد نیاز شبکه توزیع آب با توجه تراکم جمعیت ۳۰/۴۸ لیتر برثانیه می‌باشد. همچنین حداکثر نیاز شبکه با توجه به داده‌های بار نقطه‌ای و مساحت برابر ۲۷/۲۳ لیتر بر ثانیه بود. توانایی خط انتقال جهت پمپاژ تقریبا ۱۷/۶۱ لیتر برثانیه بود، در حالیکه مقدار مورد نیاز شبکه توزیع بیش از این رقم بود. آنها نشان دادند طراحی خط انتقال مناسب نمی‌باشد. (Ahmadfouad et al. 2019) به منظور تشخیص نشت در شبکه توزیع آب از سنسورهای یا حسگرهای بیسیم استفاده کردند. سنسورهای مبتنی بر زمان واقعی هرگونه بروز را اطلاع می‌دهند و الگوریتم قبل از تجسم و اطلاع‌رسانی ، نشتی را پیش‌بینی می‌کند. در این بررسی روش تشخیص نشت مبتنی بر زمان واقعی و فناوری شبکه آب بی سیم است. سنسورها مجهز به اندازه گیری جریان، نمونه برداری صدای گذرا و سوابق فشار هستند مدل‌سازی هیدرولیک سنسورهای بیسیم همچنین راه‌حل در دسترس برای تشخیص نشت هستند. سنسورهای نظارت بر زمان به اپراتور آب کمک می‌کنند تا وضعیت شبکه آب خود را کنترل کند افزون به سنسورها و یکپارچه‌سازی بین آنها با دیگری امکان نظارت مستمر را فراهم کرده و می‌توان نشت را قبل از وقوع پیش‌بینی نمود. (Xuan et al. 2020) به منظور نشت‌یابی و مدیریت اتلاف آب در شبکه توزیع آب شهری از مدل مبتنی بر خوشه‌بندی مکانی با تراکم سروصدا (DBSCAN)[1] به ازای نشت ۱۰ و ۳۸ لیتر بر ثانیه شبکه را در هشت سناریو تعریف کرده‌است. در این روش با استفاده از مدل تحلیل هیدرولیکی EPANET و شبکه عصبی داده‌های جریان و فشار را در خطوط لوله شبیه‌سازی کردند.

(Jafari asl et al. 2017) مدیریت بهینه فشار در شبکه‌های توزیع آب را جهت حداقل‌سازی نشت با در نظر گرفتن مسائل جانمایی بهینه شیرهای فشارشکن و تنظیمات بهینه شیرها مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بدین منظور از مدل بهینه‌سازی- شبیه‌سازی مبتنی بر الگوریتم CA به عنوان ابزار بهینه‌سازی در محیط MATLAB با تلفیق شبیه‌سازی هیدرولیکی مدل EPANET استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که با جانمایی و تنظیم بهینه شیرهای فشارشکن، ضمن رعایت قیود مسئله، میزان نشت متوسط شبکه در سه شرایط تقاضای آبی حداکثر، متوسط و حداقل به میزان ۱۰ درصد کاهش خواهد یافت.

(Ghazizadeh and Sharoozi. 2018) تأثیر استفاده از مخازن داخلی بر میزان نشت شبکه با استفاده از شبیه‌سازی هیدرولیکی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که به کارگیری مخازن داخلی برای شبکه‌های در حال بهره برداری باعث کاهش قابل توجه نشت می‌شود. همچنین در شبکه‌های بررسی شده، برای حالت‌های پیشنهادی قرارگیری مخزن برروی بام و در محل پارکینگ، حداقل میزان متوسط کاهش نشت شبکه به ترتیب ۳۱ و ۶۷ درصد به‌دست‌آمد. همچنین نشان داده‌شد که شکل شبکه از نظرشاخه‌ای و یا حلقوی بودن، تأثیر قابل توجهی بر میزان کاهش نشت نخواهد داشت. (Azadfar et al. 2019) به منظور کنترل نشت دو دیدگاه حداقل‌سازی میزان نشت در شبکه و حداقل نمودن هزینه نصب شیرهای فشارشکن بررسی کردند. آن‌ها از جدیدترین الگوریتم‌های ژنتیک چند هدفه NSGA-II به عنوان ابزار بهینه‌سازی استفاده کردند. جهت حل مدل‌های بهینه‌سازی، یک برنامه کامپیوتری در محیط نرم‌افزار MATLAB نوشته و از نرم‌افزار EPANET برای شبیه‌سازی هیدرولیکی شبکه توزیع آب استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که نصب و تنظیم شیرآلات فشارشکن مطابق با موقعیت‌ها و تنظیمات بهینه خروجی مدل‌های پیشنهادی بهبود قابل توجهی در اهداف مورد نظر به خصوص میزان تلفات سالانه این شبکه‌ها به

[1] Density Based Spatial Clustering of Applications with Nosie

وجود خواهد آورد. همچنین با نصب سه شیر فشارشکن ۳۷/۵۲ درصد از نشت متوسط سیستم کاهش پیدا کرد. (Mohammadi et al. 2019) مطالعه‌ای جهت کاهش نشت و کنترل فشار توسط شیرهای فشارشکن با استفاده از نرم‌افزار Water Gems نسبت به شبیه‌سازی عددی شبکه توزیع آب انجام دادند. به منظور بررسی نقش شیرهای فشارشکن، شبکه در دو حالت با وجود شیرهای فشارشکن و بدون شیرهای فشارشکن مدلسازی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از شیرهای فشارشکن نقش بسیار مهم و مناسبی در کنترل فشار و نیز حفظ ایمنی شبکه دارد. (Musakhani and Akbari. 2020) به ارزیابی و محاسبه فشار ناحیه و فاکتور روز- شب و کاربرد آن‌ها در تحلیل شبکه‌های توزیع آب پرداختند. فشار متوسط ناحیه یک پارامتر کلیدی برای تمام محاسبات و مدل‌سازی‌های شبکه توزیع آب است. بنابراین اتخاذ یک روش سیستماتیک برای محاسبه فشار متوسط ناحیه ضروری است. با توجه به رابطه FAVAD نشت از منافذ ثابت و متغیر نرخ جریان نشت با فشار متوسط ناحیه تغییر می‌کند که در نتیجه آن نرخ جریان نشت نیز با آن تغییر می‌کند. بنابراین برای تبدیل نرخ نشت شبانه به نشت متوسط روزانه باید فاکتور روز- شب محاسبه شود. در یک ناحیه مستقل اندازه‌گیری، فاکتور روز-شب با محاسبه فشارهای متوسط در هر ساعت و همچنین محاسبه نشت از رابطه FAVAD به راحتی از فرمول " مجموع نشت ۲۴ ساعته تقسیم بر حداقل نشت شبانه" محاسبه شود. (Zandi et al. 2022) به نشت‌یابی در شبکه‌های توزیع آب با در نظرگرفتن تغییرات ساعتی نیازهای گرهی به کمک الگوریتم جستجوی هارمونی پرداختند. آن‌ها، یک روش شبیه‌سازی- بهینه‌سازی مبتنی بر الگوریتم جستجوی هارمونی توسعه داده که در آن، نرم‌افزار هیدرولیکی EPANET در محیط متلب به الگوریتم فراکاوشی جستجوی هارمونی لینک کردند. سناریوهایی برای مکان‌یابی نشت و یافتن اندازه نشت در دو شبکه آبرسانی مورد بررسی قرار دادند. مدل توسعه داده شده ۱۴ سناریو را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که مدل توسعه یافته به ترتیب در مکان‌یابی یک نشت، یافتن اندازه نشت و مکان‌یابی سه نشت موفق عمل نموده و به طور کلی مدل عملکرد قابل قبولی در مکان‌یابی و یافتن مقدار نشت در طول شبانه‌روز داشته است.

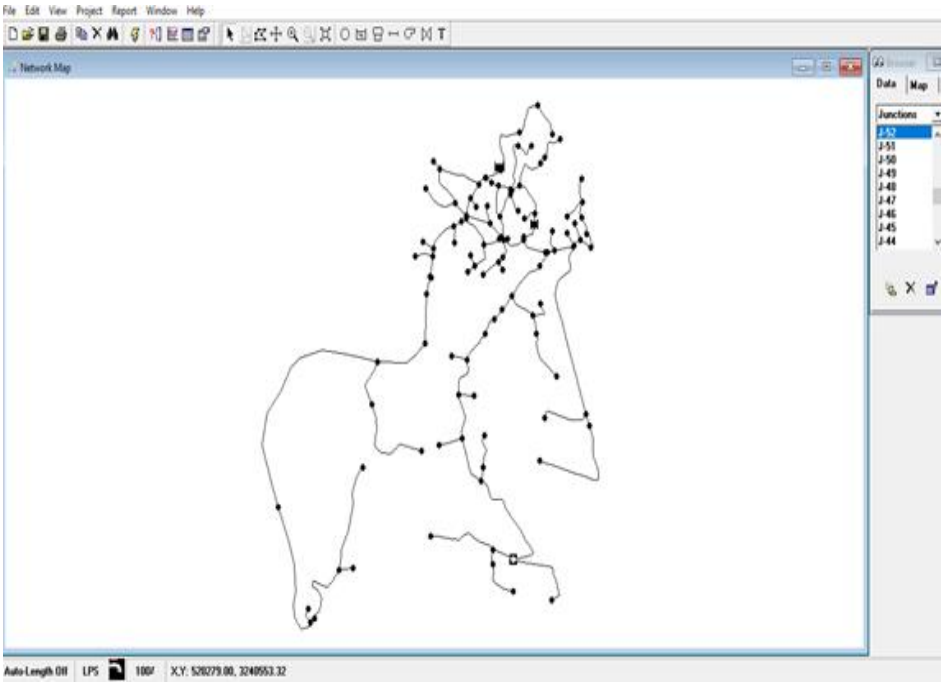
هدف از این پژوهش نشت‌یابی در شبکه آبرسانی محی‌آباد استان کرمان با روش تحلیل معکوس معادلات جریان با استفاده از نرم‌افزار EPANET و روش نروفازی می‌باشد. در این روش می‌توان با برداشت حداقل اطلاعات هیدرولیکی از نوع فشار با استفاده از سیستم نروفازی به موقعیت و مقدار نشت در شبکه‌های آبرسانی پی‌برد. سیستم نروفازی نوعی شبکه عصبی مصنوعی است که براساس سیستم استنتاج فازی تاکاگی- سوگنو می‌باشد. سیستم نروفازی قابلیت یادگیری دارد و قادر است پس از یادگیری با اعمال یک مجموعه داده ورودی، مقادیر خروجی را شناسایی کند. در واقع می‌توان گفت که از این مجموعه می‌توان در پیش‌بینی استفاده کرد. در این مقاله ورودی به سیستم نروفازی مقادیر فشار گرهی و خروجی از آن موقعیت و مقدار نشت‌های موجود در شبکه آبرسانی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق منطقه مورد مطالعه، محی‌آباد یکی از بخش‌های توابع جنوبی شهرستان کرمان و متعلق به بخش ماهان که در فاصله ۱۱ کیلومتری غرب ماهان و با جمعیت حدود ۳۱۱۹ نفر در سال ۹۵ قرار گرفته‌است. این شهر از ادغام سه روستای محی‌آباد، کوثرخیز و حسین‌آباد تشکیل شده‌است. همچنین این شهر از دو سو به شرق بزرگراه هفت باغ علوی و از جنوب به جاده ارتباطی محی‌آباد- جوپار ارتباط دارد. ارتفاع شهر ۱۸۱۷ متر از سطح دریا است و در ارتفاع بالاتری نسبت به شهر کرمان قرار دارد. این شهر توسط مخزنی که در ارتفاع ۲۶۵۰/۸۱ متری قراردارد تغذیه می‌شود. کل آب ورودی به شبکه آبرسانی این شهرک توسط نیروی ثقل تأمین می‌گردد. این شبکه دارای ۱۱۵ گره و ۱۱۶ لوله می‌باشد (شکل۱). در پایین دست شبکه یک عدد شیر چند منظوره (GPV) برای مدل کردن توربین‌ها و جلوگیری از حرکت آب در خلاف جهت مورد نظر استفاده شده‌است. این مدل با نرم‌افزار EPANET در حالت دائمی (Steady State) و غیرماندگار (Period Extended) برای شناسایی، کنترل و کالیبره کردن نشت در شبکه‌های آبرسانی مورد استفاده قرار گرفت. در تحقیق حاضر، این شبکه در دو حالت مورد بررسی قرار می‌گیرد. حالت اول

بدون نشت بررسی می‌شود (برای کالیبره کردن) و در حالت دوم یک یا چند نشت فرضی در شبکه اعمال می‌شوند.



شکل (۱): جانمایی مدل شبکه مورد بررسی

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری‌های میدانی

پس از وارد کردن مشخصات کامل و مورد نیاز شبکه و ساخت مدل شبکه توزیع، باید با استفاده از اطلاعات میدانی، مدل مورد بازبینی قرار گیرد. این بازبینی باید در بازه وسیعی از عملکرد شبکه صورت گیرد تا از صحت نتایج مدل اطمینان حاصل شود. این فرآیند در واقع واسنجی شبکه است و اولین گام برای واسنجی، جمع‌آوری اطلاعات میدانی می‌باشد. مهم‌ترین اطلاعات جمع‌آوری شده میدانی معمولاً اندازه‌گیری‌های فشار و جریان می‌باشند. گره‌های آزمون در واقع گره‌هایی هستند که اندازه‌گیری فشار در آنها امکان‌پذیر است که این گره‌ها در نتیجه بررسی نقشه‌های موجود و بازدید محلی، شناسایی می‌شوند. بدیهی است که هرچه تعداد گره‌های آزمون در یک شبکه بیش‌تر باشد، مطالعات نشت‌یابی صورت گرفته در این شبکه از دقت عمل و قابلیت اطمینان بیش‌تری برخوردار خواهند بود. در این تحقیق ۱۰ گره به عنوان گره آزمون مورد بررسی قرار گرفته‌است. فشارهای اندازه‌گیری شده در گره‌های آزمون شبکه مورد بررسی در جدول (۱) قابل مشاهده است.

ساختار مدلسازی نشت در مدل تحلیل هیدرولیکی

پیش بینی تغییرات نشت با کنترل فشار، نیازمند رابطه‌ای است که نشت در هر نقطه از شبکه را به صورت تابعی از فشار در آن نقطه نمایش دهد. برای نشت آزاد (تخلیه در هوا)، می‌توان از معادله‌ی تئوری دبی خروجی از روزنه، با فرض سطح مقطع ثابت به صورت رابطه (۱) استفاده کرد:

$$Q = KP^{0.5} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق، Q دبی نشت از روزنه موجود در لوله (لیتر بر ثانیه)؛ P فشار در محل نشت (متر آب)؛ K ضریب ثابتی است که بستگی به شکل و سطح مقطع روزنه دارد. همانطور که مشاهده می‌شود، در این رابطه میزان نشت متناسب با جذر فشار در محل وقوع نشت در نظر گرفته شده‌است. برخی از تحقیقات انجام شده نشان می‌دهند که دبی نشت به مقدار قابل توجهی از آنچه دبی روزنه پیشنهاد می‌کند، بیشتر است (Taebi, 1999). لذا به عنوان یک رابطه کلی برای تخمین نشت از رابطه (۲) استفاده می‌شود:

$$Q = CP^{n} \qquad (۲)$$

ضریب C بستگی به ویژگی‌های خاص هر روزنه دارد. در منابع مختلفی برای کشورهای مختلف با توجه به وضعیت شبکه توزیع آنها مقادیر مختلفی برای توان n پیشنهاد شده‌است. برای شبیه‌سازی نشت شبکه‌های آب از گزینه آبفشان موجود در نرم‌افزار EPANET استفاده شده است. آبفشان‌ها، تأسیسات متصل به انشعابات هستند که جریان عبوری از یک نازل یا روزنه، که به اتمسفر تخلیه می‌شود را مدل می‌کنند. دبی عبوری از یک آبفشان به صورت تابعی از فشار موجود درگره، تغییر می‌کند.

در آبفشان‌ها از رابطه ساده بین دبی و فشار به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$Q_i = C_i P_i^N \qquad (۳)$$

در این رابطه Q_i دبی جریان آبفشان (لیتر بر ثانیه) ؛ P_i فشار (متر آب)؛ C_i ضریب مربوط به مشخصات گره؛ N توان فشار (عددی بین ۰/۵ تا ۲/۵) هستند.

در این تحقیق سعی بر این است که با داشتن فشار در گره‌های آزمون و معرفی آن‌ها به انفیس، گره‌های مشکوک به نشت و مقادیر تقریبی نشت موجود در هر کدام پیش‌بینی شود. لذا جهت انجام فرآیند آموزش، شبکه نیازمند تعداد زیادی از مجموعه مقادیر فشار در گره‌های آزمون و مجموعه نشت متناظر با هر گروه از این فشارها خواهد بود (Taebi, 1999).

جهت مدل‌سازی شبکه مورد نظر به ترتیب زیر عمل می‌شود:

۱- ابتدا با در دست داشتن اطلاعات مربوط به هندسه و خصوصیات توپوگرافی ناحیه مورد بررسی، یک مدل کلی از شبکه ایجاد می‌شود.

جدول (۱): فشار در گره‌های آزمون شبکه محی‌آباد در ساعت آزمون

شماره گره	فشار (مترآب)
۶	۴۳/۸۵
۱۸	۳۸/۷۵
۴۶	۲۱/۴۱
۵۳	۴۰/۷۹
۶۲	۸۱/۵۸
۶۹	۴۸/۹۵
۸۳	۲۰/۳۹
۸۷	۲۰/۳۹
۱۰۶	۳۲/۶۳
۱۱۰	۴۰/۷۹

۲- سپس شبکه ترسیم شده را با نرم‌افزار MATLAB لینک کرده و با استفاده از الگوریتم ژنتیک کالیبره می‌شود.

۳- با توجه به جمعیت تحت پوشش هر گره، میزان دبی مستقل از فشار و یا همان مصرف مشترکین در زمان حداقل جریان شبانه برای تمام گره‌های موجود در شبکه تعیین می‌شود.

۴- با تخصیص دبی مستقل از فشار به هر گره، مدل تحلیل هیدرولیکی اجرا شده و فشار تک تک گره‌های موجود در شبکه ثبت می‌شود.

۵- با توجه به این نکته که مصرف در هر گره شامل دو گروه مصارف وابسته به فشار (نشت) و مصارف مستقل از فشار (مصارف واقعی) می‌باشد، جهت شبیه‌سازی نشت در یک گره می‌توان یک مصرف اضافی (به عنوان دبی نشت) به مصارف نرمال گره افزود. با تخصیص دبی جدید به گره‌های موجود در شبکه، مدل تحلیل هیدرولیکی مجدداً اجرا شده و فشار تک تک گره‌ها ثبت می‌شود. لازم به ذکر است که در این مرحله، هر بار نشت برای یک یا چند گره به طور همزمان شبیه‌سازی شده و تحلیل شبکه صورت می‌گیرد.

نتایج و بحث

مدل‌سازی شبکه نروفازی (ANFIS)

مدل‌سازی سیستم نروفازی روشی است که در آن روش‌های آموزش مختلف موجود در شبکه‌های عصبی، بر روی سیستم‌های استنتاج فازی پیاده می‌شوند. ابتدا ساختار یک مدل با پارامترهای مشخص (متناسب با ورودی، توابع درجه عضویت ورودی و قوانین و توابع عضویت خروجی و متغیر خروجی) فرض می‌شود. سپس یک سری داده ورودی - خروجی به شکلی که قابل استفاده توسط سیستم نروفازی باشد، جمع‌آوری می‌گردد. در ادامه بوسیله سیستم نروفازی، مدل، سیستم استنباط فازی را با استفاده از داده‌های موجود آموزش داده، تا با اصلاح پارامترهای تابع عضویت مطابق با حد خطای انتخاب شده، داده‌های حاصل از مدل به مقدار واقعی نزدیک شوند. در اغلب موارد داده‌ها با مقداری خطا جمع‌آوری می‌شوند و داده‌های مورد استفاده در آموزش، نمی‌توانند نماینده تمام ترکیبات داده‌هایی باشند که در زمان بهره‌برداری به مدل ارائه خواهد شد. در نتیجه اعتبار مدل مورد سؤال قرار می‌گیرد. در اعتبارسنجی مدل داده‌های ورودی و خروجی که برای آموزش سیستم استنتاج فازی به کار گرفته نشده‌اند، به عنوان داده‌های ورودی در مدل توسعه‌یافته، مورد استفاده قرار می‌گیرند تا بتوان از دقت مدل تهیه شده، جهت پیش‌بینی مقادیر خروجی مجموعه داده‌های متناظر ورودی، اطلاع حاصل نمود. این کار با استفاده از مجموعه داده تست، انجام می‌شود. لازم به ذکر است داده‌ها به دو دسته‌ی آموزش و آزمون تقسیم شدند. مجموعه آموزش ۷۰ درصد کل داده‌ها و مجموعه آزمون ۳۰ درصد کل داده‌ها در نظر گرفته شد. در سیستم استنباط فازی برای مدل‌سازی سیستم باید ساختار قوانین با تفسیر مشخصات متغیرها توسط کاربر، از قبل تعیین شده و به مدل داده شود. از آن جایی که شکل تابع درجه عضویت بستگی به پارامترها دارد، به جای انتخاب پارامترهای تابع درجه عضویت و در نتیجه شکل تابع درجه عضویت توسط کاربر، با انتخاب سیستم نروفازی این کار به صورت خودکار انجام می‌گیرد. ایده اصلی رویکردهای یادگیری این روش در مدل‌سازی، این است که با به دست آوردن اطلاعاتی در مورد مجموعه داده‌ها در مرحله مدل‌سازی فازی، پارامترهای تابع درجه عضویت طوری تعیین می‌شوند که مجموعه داده‌های ورودی - خروجی را بهتر مدل کند. مدل مزبور از دو الگوریتم پس انتشار خطا و روش ترکیبی (ترکیبی از روش پس انتشار خطا و روش حداقل مربعات خطا) برای آموزش شبکه نروفازی استفاده می‌کند. مدل مزبور از نوع مدل‌هایی هستند که با سیستم به صورت یک جعبه سیاه برخورد کرده و با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی، در مرحله آموزش پارامترهای خود را چنان تنظیم می‌کنند که بتوانند به ازای ورودی‌های مختلف، خروجی‌هایی مشابه مقدار واقعی بدهند. سیستم‌های استنتاج فازی، مدل‌های غیر خطی هستند که رابطه ورودی - خروجی یک سیستم واقعی را با استفاده از قوانین اگر - آنگاه فازی توصیف می‌کنند. سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در این تحقیق، مدل سوگنو می‌باشد که برای استخراج قوانین فازی و خروجی سیستم از آن استفاده می‌شود. برای آموزش سیستم نروفازی دو روش افرازشبکه‌ای و خوشه‌بندی کاهشی وجود دارد. تفاوت عمده این دو روش در چگونگی تعیین تابع عضویت فازی است. در روش جداسازی شبکه‌ای، نوع و تعداد تابع عضویت بردار اطلاعات ورودی، توسط کاربر تعیین می‌شود و روش خوشه‌بندی کاهشی نوع تابع عضویت با توجه به خصوصیات بردار اطلاعات ورودی و دسته‌بندی‌های موجود در آن‌ها، توسط مدل تعیین می‌گردد. جهت استفاده از سیستم نروفازی با روش خوشه‌بندی کاهشی و افراز شبکه‌ای، برنامه‌ای در محیط نرم‌افزار MATLAB ver. R2015b تدوین گردید. به منظور بررسی و مقایسه نتایج بدست‌آمده از مدل‌سازی از معیارهای آماری رایج و پرکاربرد استفاده می‌شود. در این پژوهش از معیارهای آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (R^2) و میانگین مربع خطای پیش‌بینی (MSE)، طبق معادلات ۴ تا ۶ برای ارزیابی کارایی مدل‌ها و در نتیجه انتخاب بهترین مدل استفاده شده‌است. کمیت R^2 که ضریب همبستگی نیز نامیده می‌شود، نسبت تغییرات (متغیرهای) تعریف شده به کل تغییرات (متغیرها) می‌باشد. مقدار ضریب همبستگی در محدوده صفر و یک بوده و معرف درصدی از خوانده‌هاست که به خط رگرسیون نزدیک‌تر می‌باشند. شاخص‌های RMSE و MSE مثبت بوده و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشند، دلالت بر وجود اختلافات کمتر بین مقادیر پیش‌بینی شده یک متغیر توسط یک مدل و مقادیر واقعی مشاهده شده آن متغیر می‌باشد (Whitmore, 1991; Santhi *et al.*, 2001).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(o_i - t_i)^2}{n}} \qquad (۴)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(o_i - t_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(o_i - \bar{o}_i)} \quad (۵)$$

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(o_i - t_i)^2 \quad (۶)$$

که در معادلات بالا، o_i مقادیر مشاهده شده (لیتر برثانیه)؛ t_i مقادیر پیش‌بینی شده یا خروجی مدل (لیتر بر ثانیه)؛ $\bar{o}_i$ میانگین مقادیر مشاهداتی در گام زمانی iام (لیتر بر ثانیه)؛ n تعداد داده‌ها می‌باشند.

پس از کالیبره کردن مدل به منظور نشت‌یابی در شبکه ۱۰ گره به عنوان گره آزمون در نظر گرفته‌می‌شود. گره آزمون در واقع گره‌هایی هستند که اندازه‌گیری فشار در آن‌ها امکان‌پذیر و در واقع مقدار فشار واقعی در آن‌ها موجود می‌باشد. پس به منظور تحلیل معکوس شبکه، در چندین حالت پس از کالیبره کردن مدل به منظور نشت‌یابی در شبکه ۱۰ گره به عنوان گره آزمون در نظر گرفته‌می‌شود. گره آزمون در واقع گره‌هایی هستند که اندازه‌گیری فشار در آن‌ها امکان‌پذیر و در واقع مقدار فشار واقعی در آن‌ها موجود می‌باشد. پس به منظور تحلیل معکوس شبکه، در چندین حالت مختلف با استفاده از خاصیت آبفشان‌های EPANET نشت را در گره‌های مختلف شبیه‌سازی کرده و هر بار مقادیر نشت در هر گره و همچنین وقوع مقادیر مختلف نشت به صورت همزمان در دو یا چند گره، فشارها را در کلیه‌ی گره‌های شبکه بدست آورده و در یک فایل ذخیره می‌گردد. پس از چندین بار تکرار مراحل بالا، داده‌های مورد نیاز جهت آموزش شبکه فراهم می‌گردد. به این نحو که مقادیر فشارها در کلیه گره‌های شبکه به عنوان بردار ورودی شبکه و مقادیر نشت متناظر با آن‌ها به عنوان بردار هدف به شبکه داده می‌شود. اجرای مدل در چهار حالت با توجه به نوع روش و تابع عضویت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مربوط به مدل با استفاده از سه پارامتر ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (R^2) و میانگین مربع خطای پیش‌بینی (MSE) تحلیل گشت (جدول۲).

جدول (۲): مقایسه بین نتایج حالات مختلف مدل نروفازی

شماره حالت	نوع روش	تابع عضویت	آموزش MSE (l/s)	آموزش RMSE (l/s)	آموزش R^2	آزمون MSE (l/s)	آزمون RMSE (l/s)	آزمون R^2
۱	افراز شبکه‌ای	gussmf[۱]	۰/۰۰۳	۰/۰۵۴	۰/۹۹	۰/۰۱۵	۰/۱۲۲	۰/۹۶
		trimf [۲]	۰/۰۱۰	۰/۱۰۱	۰/۹۷	۰/۰۱۷	۰/۱۳۳	۰/۸۹
		trapmf [۳]	۰/۰۱۶	۰/۱۲۶	۰/۹۵	۰/۰۱۷	۰/۱۳۲	۰/۹۲
۲	خوشه‌بندی کاهشی	-	۰/۰۲۰	۰/۱۴۱	۰/۸۹	۰/۰۳۶	۰/۱۸۹	۰/۷۳

همانگونه که از جدول دیده می‌شود، شبکه ایجاد شده با در نظر داشتن روش افراز شبکه‌ای و نوع تابع عضویت gaussmf مناسب‌ترین گزینه برای مدل‌سازی بوده‌است.

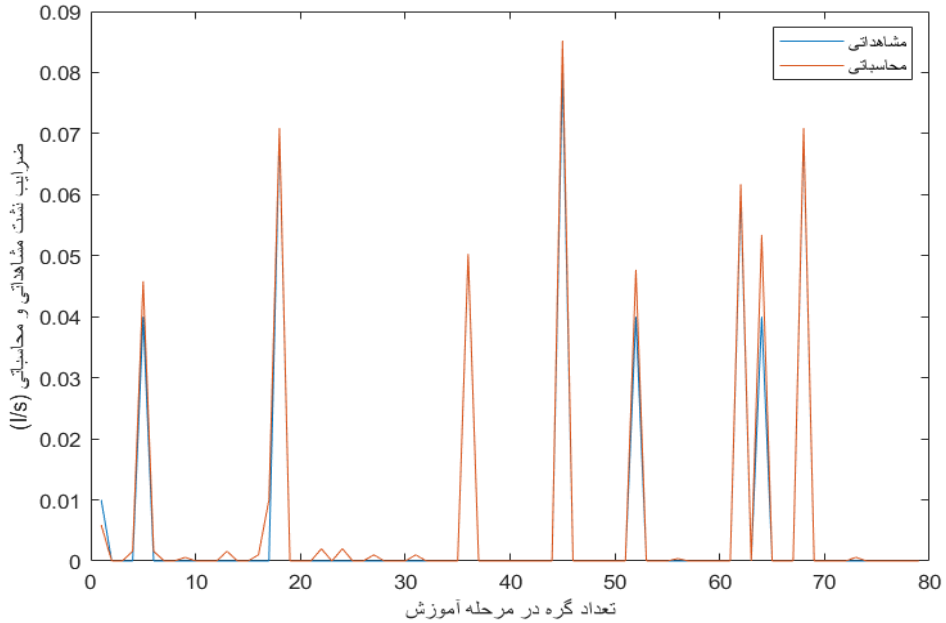
مقایسه بین نتایج مدل هیدرولیکی و نروفازی با استفاده از جدول فوق در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده‌شده‌است

.

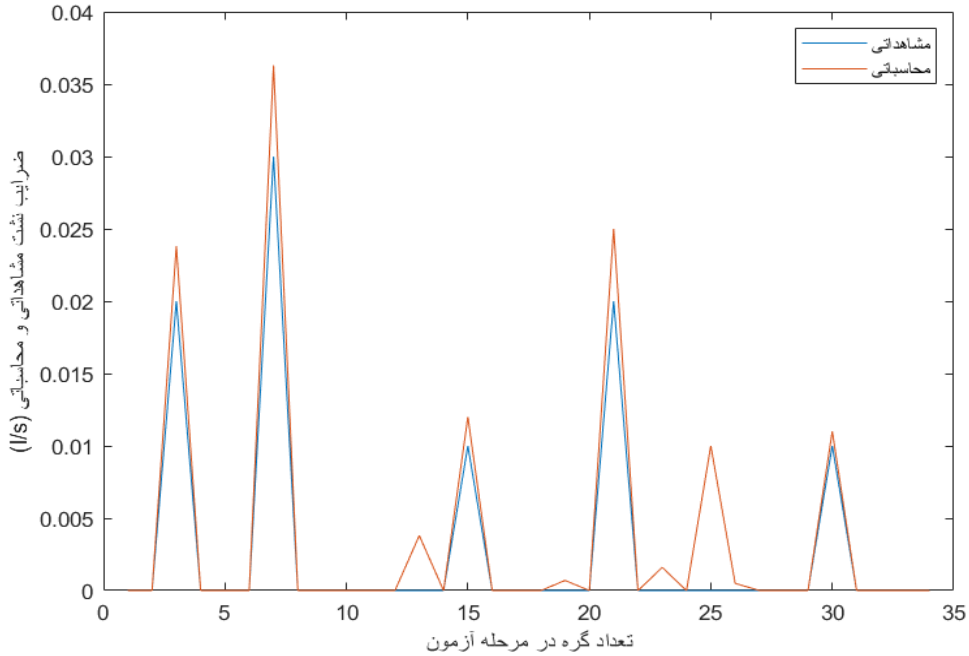
[۱] Gaussian Membership Function

[۲] Triangular Membership Function

[۳] Trapezoidal Membership Function



شکل (۲): مقایسه داده‌های مشاهداتی و خروجی از سیستم نروفازی در مرحله آموزش



شکل (۳): مقایسه داده‌های مشاهداتی و خروجی از سیستم نروفازی در مرحله آزمون

با بررسی ضرایب نشت به دست‌آمده برای گره‌های شبکه می‌توان گره‌ها و در نتیجه لوله‌های مشکوک به نشت را شناسایی کرد. نتایج این بررسی با فشارهای داده شده در ساعت آزمون برای برخی از گره‌ها، در جدول (۳) و (۴) قابل مشاهده است.

جدول (۳): ضرایب نشت مدل‌سازی شده و حاصله از سیستم نروفازی در ساعت آزمون

شماره گره	ضریب نشت بدست‌آمده از سیستم نروفازی	ضریب نشت مدل‌سازی شده توسط نرم‌افزار EPANET
۱	۰/۰۰۵۹	۰/۰۱
۱۹	۰/۰۷۰۹	۰/۰۷
۳۷	۰/۰۵۰۳	۰/۰۵
۵۳	۰/۰۴۷۷	۰/۰۴
۶۳	۰/۰۵۹۳	۰/۰۶
۶۵	۰/۰۴۳۴	۰/۰۵
۶۹	۰/۰۶۸۵	۰/۰۷
۸۳	۰/۰۲۳۸	۰/۰۲
۸۷	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳
۹۳	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰

نتایج جدول فوق نشان‌دهنده کارایی بالای سیستم نروفازی در تعیین موقعیت و مقدار نشت در شبکه آبرسانی است. همانطور که در جدول فوق نشان داده‌شده‌است این روش با وجود هر تعداد نشت در شبکه قادر به شناسایی موقعیت و مقدار نشت با دقت قابل قبولی است.

جدول (۴): گره‌ها و لوله‌های مشکوک به نشت

لوله های مشکوک به نشت	گره های نشت دار
۶۲	۶
۱۵-۲۲-۶۱	۱۹
۳۷-۴۰-۸۲	۳۷
۱۰	۴۶
۹۶	۵۳
۳۳-۵۳-۵۴	۶۳
۵۷-۵۸-۹۳	۶۹
۴-۵-۶۶	۸۳
۱۴-۲۹	۸۷

توجه به نکات زیر در نحوه انجام آزمایش نشت‌یابی، تا حدود زیادی می‌تواند تضمین‌کننده قابلیت اطمینان نتایج حاصله باشد: ۱- انجام آزمایش یا همان ساعت آزمون، یکی از فاکتورهای بسیار مهم و اساسی در قابلیت اطمینان نتایج حاصل از آزمایش ردیابی نشت، می‌باشد. لذا بهتر است برای حصول نتایج دقیق‌تر، ساعت آزمون در ساعات ابتدایی صبح به دلیل پایین بودن مصرف و همچنین تأثیر نشت در پارامترهای هیدرولیکی انتخاب شود.

۲- همواره این احتمال وجود دارد که تمام گره‌های شبکه قابل آزمون فشار نباشند، در این روش به حل یک مسئله معکوس پرداخته می‌شود که با داشتن مقدار فشار در تعدادی از گره‌ها و آموزش شبکه، به پیش‌بینی نشت‌های احتمالی موجود در شبکه منجر می‌شود. بنابراین هر چه تعداد گره‌های آزمون و پراکندگی آنها در شبکه بیشتر باشد قطعاً آموزش شبکه بهتر و نتایج حاصله دقیق‌تر خواهد بود.

۳- جهت محاسبه افت در شبکه، EPANET می‌تواند هر کدام از سه فرمول هیزن ویلیامز، دارسی وایسباخ و شزی-مانینگ را به کار گیرد. فرمول هیزن ویلیامز عموماً مناسب‌ترین معادله افت فشار برای شبکه‌های توزیع می‌باشد.

۴- با توجه به وجود درصدی از خطا که در هر کدام از مراحل آزمایش نشت‌یابی اجتناب‌ناپذیر است، نتایج حاصله برای مقادیر ضریب نشت از دقت صد در صد برخوردار نبوده و تا حدودی تقریبی می‌باشند. از طرفی با در نظر گرفتن این نکته که در مدیریت نشت برای اصلاح شبکه بیشتر بر مبنای اولویت‌بندی مناطق برای برطرف کردن نشت یا تعویض لوله‌ها اقدام می‌شود، همین مقادیر پیش‌بینی شده تا حدود زیادی می‌توانند جهت اقدامات بعدی، قابل اطمینان و راه‌گشا باشند.

نتیجه‌گیری

از آنجا که بررسی نشت درون شبکه‌های آبرسانی مسئله‌ای پیچیده بوده و اندازه‌گیری آن نیاز به بررسی شبکه در مناطق مختلف دارد. لذا مدل‌سازی میزان نشت در شبکه نیازمند یک سیستم با قابلیت مدل‌سازی مسائل غیرخطی است. اخیراً روش‌های که با مدل‌سازی شبکه به صورت فراگیر موقعیت نقاط با پتانسیل نشت را شناسایی می‌کند، مورد توجه قرارگرفته‌اند. شناسایی نشت در شبکه‌های توزیع آب نقش قابل توجهی در کاهش آب به‌حساب نیامده دارند. در این مقاله، با استفاده از روش حل معکوس معادلات جریان به تعیین موقعیت و مقدار نشت‌های موجود در شبکه با استفاده از مدل تحلیل هیدرولیکی EPANET و سیستم نروفازی پرداخته شد. برای این منظور شبکه آبرسانی محی‌آباد کرمان مدنظر قرارگرفت و مدل نروفازی در دو حالت افراز شبکه‌ای و خوشه‌بندی‌کاهشی و الگوریتم پس‌انتشارخطا و روش ترکیبی برای مدل‌سازی نشت مورد استفاده قرارگرفت. به نحوی که با در دسترس بودن اطلاعات فشار در گره‌های آزمون بررسی شبکه اصلی، میزان نشت مورد هدف قرارگرفت. در بهترین معماری انتخاب شده از بین کلیه شبکه‌های آزمایش شده، ضرایب نشت حاصل از پیش‌بینی نروفازی نسبت به مقادیر مدل‌سازی شده EPANET در حالت افراز شبکه‌ای با نوع تابع عضویت gaussmf مناسب‌ترین گزینه برای مدل‌سازی بوده و دارای ضریب همبستگی ۰/۹۸۴ بوده و بررسی روند تغییرات خطای MSE، برابر صفر با ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ۰/۰۰۲۴ لیتر بر ثانیه نشان‌دهنده دقت پیش‌بینی مطلوب و قابلیت اطمینان بسیار زیاد شبکه آموزش دیده است. با بررسی ضرایب نشت به دست‌آمده برای گره‌های شاخص، می‌توان نواحی مشکوک به نشت را شناسایی کرد.

منابع

1. Ahmadfouad Z., Eddy H. S., Badronnisa Y., and Syazwani, I. 2019. Water leak detection method in water distribution network. Earth and Environmental Science, 357, 115-123. https://www.researchgate.net/publication/337499893.2019.11.25

2. Azadfar M. S., Barani G.A., and Hesami Kermani M. 2019. Pressure optimization in urban water distribution network with the aim of minimizing leakage. the second national conference on modern studies of civil engineering, architecture, urban planning and environment in the 21st century. Shahid Bahonar University of Kerman. (In Persian). https://civilica.com/doc/943776

3. Das S., Mukherjee B., and Mazumdar A. 2018. Comparison of outcomes through EPANET and LOOP softwares using a gravity flow water supply network at East Medinipur in West Bengal. Indian Chemical Society, 95: 313- 324. https://www.researchgate.net/publication/318014301. 2013.06.17

4. Ghazizadeh M. R., and Shahroozi Sh. 2018. The effect of using indoor water tanks on reducing leakage of distribution networks in operation. Journal of Water and Sewerage, 29:119-112. (In Persian). http://www.wwjournal.ir/article_60168.html
5. Jafari asl J., Sami Kashkoli B., and Bahrami M. 2017. Optimal pressure control with the target of minimizing leakage in water distribution networks. Journal of Water and Sustainable Development, 2: 56-49. (In Persian). https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016817302363
6. Majidikhalilabadi N., Mollazadeh M., Akbarpour A., and Khorashadizadeh S. 2017. Leak detection in water distribution systemusing non-linear kalman fil ter. Journal Optimization Civil Engineering, 8(2): 169-180. (In Persian). https://www.magiran.com/paper/1739420
7. Mohammadi H., Qayini Hesarovieh M., and Fadaei Kermani A. 2019. Leakage reduction and pressure control by pressure relief valves in water distribution network. 15th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction, Kerman. (In Persian). https://civilica.com/doc/954794/
8. Mokhtarichaharbari A. 2010. Leak modeling in urban water distribution networks and water transmission lines(M.Sc. Thesis), Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. (In Persian). https://virascience.com/
9. Momenzadeh R., Azarm R., and Aghamajidi, R. 2018. Demand allocation pattern for consumption points in domestic water distribution networks: A case study of Ilam Campus. Biochemical Technology Society, 2: 67- 72. (In Persian). http://www.waterjournal.ir/article_74208.html
10. Musakhani A., and Akbari A. 2020. Evaluation and calculation of average area pressure and day-night factor and their application in the analysis of water distribution networks. Scientific Journal of Water Science and Engineering, 36(4): 33-38. (In Persian). http://www.jwwse.ir/article_112811.html
11. Santhi c., Arnold J.G., Williams J.R., Dugas W.A., Srinivasan R., and Hauck L. 2001. Validation of the SWAT model on a large river basin with point and nonpoint sources. Journal of the American Water Resources. Assoc, 37: 1169- 1188. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1752-1688.2001.tb03630
12. Taebi A. (1999). Relationship between pressure and leakage rate in water distribution network. Second Iranian Hydraulic Conference, 255-252. (In Persian). http://www.wwjournal.ir/data/wwj/coversheet/
13. Tavakoli R., Golkar R.H., and Tavoosi M. 2015. Pressure management to reduce leaks in water supply networks. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 5(s4): 795-802. (In Persian). http://www.waterjournal.ir/index.php/news/article_120716.html
14. Whitmore A.P. 1991. A method for assessing goodness of computer simulation of soil processes. Journal Soil Science, 42(3): 289- 299. https://repository.rothamsted.ac.uk/item/86783/
15. Xuan H., Yongming H., Bin Y., Zhiqiang G., and Jinzhen F. 2020. Novel leakage detection and water loss management of urban water supply network using multiscale neural networks, Journal of Cleaner Production (278). https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123611
16. Zandi R., Yazdi j., and shahsavandi M. 2022. Leak detection in water distribution networks by considering the hourly changes of node needs using the harmonic search algorithm, Journal of Civil teacher, 21(4): 205- 217. http://mcej-modares.ac.ir/artical-16-44976-fa.html

Vol (1)
No (1)
Serial Number (1)
Spring-Summer (2022)
Pages: 69-81

New Researches in Sustainable Water Engineering

Leakage in the Water Supply Network using EPANET Software and Neurofuzzy Method

Fatemeh Gishinzadeh [1], Nasrin Sayari*[2], Majid Rahimpour[3]

Abstract

Water supply networks as a hydraulic system of water transmission and distribution have always been of interest to researchers. The main cause of water transfer in water distribution networks is the pressure head difference between the two points and in case of increasing the standard pressure, the undesirable phenomenon of leakage occurs. Leakage in the irrigation system is economically, socially and environmentally significant. Therefore, leak detection as one of the duties of water and sewage companies in the country has always been a concern. Objectives of the present research includes the detection of water loss points in the water distribution network using the EPANET model and the neurofuzzy method, and compares the two methods and provides a better method for detecting water loss points. In this study, in order to detect leakage in the water distribution network of Mohyabad city of Kerman province, a method based on hydraulic modeling and inverse solution of flow equations to predict the location and amount of leakage in the distribution network Water was introduced using EPANET software and neurofuzzy method with measured values of pressure in a number of network nodes. The results indicate that in the best selected architecture among all tested networks, leakage coefficients resulting from neurofuzzy prediction compared to EPANET modeled values are the most suitable option for modeling and have a coefficient. The correlation between 0.984 and the mean MSE forecast error, equal to zero with the root mean square error (RMSE), 0.0024 (l/s) indicates the optimal forecast accuracy and high reliability of the trained network. The proposed method with a minimum of hydraulic information from pressures, has a good ability to predict the location of leaks in the network and also the use of neurophase method is simple and low cost, in addition, has good accuracy.

Keywords: Pressure difference, Water distribution network, Mohyabad, Hydraulic modeling, Water loss.

[1]- Master Student of Water Engineering, Water Engineering Group, Shahid Bahonar University of Kerman

[2] *- Assistant Professor, Water Engineering Group, Shahid Bahonar University of Kerman, nasrin_sayari@yahoo.com

[3] - Associate Professor, Water Engineering Group, Shahid Bahonar University of Kerman