یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

مروری بر روش های بهینه تشخیص نشت در شبکه های توزیع آب

هدا مرادیان(نویسنده مسئول)[1]

[1]کارشناس تحلیل فرآیند سیستم های نرم افزاری شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، اصفهان Hoda.Moradian@gmail.com

چکیده

سیستم های توزیع آب از مهم‌ترین زیرساخت‌های عمومی هستند که خدمات ضروری از قبیل تأمین آب به مقدار کافی و با فشار و کیفیت مناسب را به جامعه ارائه می‌کنند. اکثر این سیستم ها در کشورهای مختلف دهه‌ها پیش ساخته شده‌اند و در حال حاضر باید با چالش هایی مانند ترکیدگی مکرر لوله ها و هدررفت زیاد آب که مستلزم تعمیرات مداوم و اجرای فوری طرح‌های بازسازی هستند، مقابله کنند. واقعیت این است که تعمیر ترکیدگی لوله بیشترین بخش از بودجه عملیات و نگهداری سیستم های توزیع آب را شامل می شود. هرچه ترکیدگی زودتر شناسایی و تعمیر شود، هزینه های مرتبط به هدررفت آب کمتر می شود، همچنین خطر نفوذ آلاینده ها به شبکه کمتر شده و در نتیجه، آب توزیع شده ایمن تر خواهد بود. این مقاله تلاش می‌کند برخی از مهم ترین روش های تشخیص نشت در شبکه های توزیع آب را مرور کند. همچنین، عدم قطعیت های مربوط به اجرای تشخیص نشت شبکه های توزیع آب بررسی شده و پیشنهادهایی برای غلبه بر چنین شرایطی ارائه می شود.

واژه‌های کلیدی

شبکه های توزیع آب، نشت، تنش آبی، آب بدون درآمد

۱. مقدمه

با افزایش جمعیت، تقاضای آب به طور تصاعدی در حال افزایش است. استفاده از آب در کل جهان از ۴ دهه گذشته به میزان ۱ درصد در سال به طور مداوم در حال افزایش است که می تواند با پارامترهای مختلفی از جمله افزایش سریع جمعیت، تغییرات در توسعه اجتماعی-اقتصادی با توجه به افزایش صنعتی شدن مرتبط باشد که خود منجر به تغییر در الگوهای مصرف آب می شود. پیش بینی می شود تا ۳ دهه آینده تقاضای آب بین ۲۰ تا ۳۰ درصد بیشتر از میزان مصرف فعلی در سطح جهان افزایش یابد. گزارش‌های یونسکو در سال ۲۰۱۹ حاکی از آن است که حدود ۴ میلیارد نفر در سال حداقل برای یک ماه با کمبود آب مواجه هستند، در حالی که سالانه نزدیک به ۲ میلیارد نفر در نقاط مختلف جهان با تنش آبی بالا مواجه هستند[1].

یافتن منابع جدید آب و یا گسترش تاسیسات موجود در برخی مواقع برای تامین نیاز روزافزون آب امکان پذیر نیست. در شرایط کنونی، بیش از توسعه منابع جدید، بر روش های صرفه جویی در مصرف آب و استفاده بهینه از آب موجود تاکید می شود که می توان با روش های موثر مدیریت عملیاتی در سیستم های تامین و توزیع آب به آن نایل شد. با گذر آب از طریق شبکه توزیع[1]، بخش قابل توجهی از آن از طریق نشتی های شناسایی شده یا نشده از دست می رود، که گاهی اوقات حتی گزارش نیز نشده و از دست می رود. از آنجاییکه نسبت زیادی از آب تصفیه شده از طریق سیستم توزیع هدر می رود، پاسخگویی به تقاضای مشترکین بسیار دشوار می شود. همچنین از آنجایی که این آب درآمدزایی ندارد، این امر باعث تلفات سنگین در شبکه توزیع آب می شود که در نهایت باعث افزایش تعرفه آب برای مشترکین می شود.

۱.۱. آب بدون درآمد

نشت در هر سیستم توزیع آب اجتناب ناپذیر است. اما برای اقتصادی و پایدار ساختن تاسیسات آبرسانی باید کمترین هدررفت آب وجود داشته باشد تا از بار اقتصادی آن کاسته شود. علاوه بر نشت، آب در سیستم توزیع از طریق اتصالات غیرمجاز، عملیات نامناسب و سیستم های محاسبه قبض معیوب نیز از بین می رود. آب بدون درآمد، بصورت تفاوت در مقدار آب ورودی به شبکه توزیع آب و میزان مصرف در قبض مشترک در نظر گرفته می شود. اساسا، آب بدون درآمد از سه مولفه اصلی تشکیل شده است: آب از دست رفته فیزیکی از طریق شبکه توزیع، تلفات اقتصادی و آن مقدار آبی که به حساب نمی آید یا قبضی برای آن ایجاد نشده است.

هدررفت فیزیکی ناشی از نشت از قسمت‌های مختلف شبکه توزیع آب و همچنین آب سرریزشده از مخازن ذخیره‌سازی است که می‌توان با شیوه‌های عملیاتی مؤثر آن را مدیریت کرد. تلفات اقتصادی به دلیل مصارف آب ثبت نشده، خطاهای دستی یا ابزاری در ثبت و مدیریت داده ها و همچنین از دست رفتن آب به دلیل سرقت از مکان های مختلف شبکه توزیع است. مصرف به حساب نیامده شامل آب مورد استفاده برای فعالیت های مختلف تعمیر و نگهداری، تامین نیازهای عملیاتی، ذخیره آب به منظور اطفاء حریق و مواردی از این دست می شود. طبق مطالعه انجام شده در مرجع [2]، آب به حساب نیامده بخش قابل توجهی از حجم آب شبکه توزیع را تشکیل می دهد و ممکن است تا ۳۵٪ از کل مقدار آب هدایت شده در سیستم توزیع آب را شامل شود.

برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های توزیع آب، معیارسنجی و استفاده از شاخص‌های مختلف بیشترین کاربرد را دارد. عملکرد یک سازمان خدمت رسان آب را می توان با استفاده از آب به حساب نیامده به عنوان یک شاخص کلیدی عملکرد تجزیه و تحلیل نمود؛ به این مفهوم که در صورت وجود رابطه معکوس بین مقدار آب به حساب نیامده با بازده آب و اگر مقدار آب به حساب نیامده کم باشد، نشان دهنده به خوبی مدیریت شدن فرآیند آبرسانی است. اساساً آب به حساب نیامده به هدررفت ظاهری و واقعی طبقه بندی می شود. هدررفت ظاهری ناشی از خطای اندازه گیری و اشتباهات عملیاتی است که منجر به بدون هزینه شدن آب مصرفی می شود در حالی که هدررفت واقعی شامل آبی است که از سیستم لوله ها به دلیل نشت یا ترکیدگی هدر می رود و گاها، مقدار آب شیرها، پمپ ها، اتصالات لوله، مخازن و دیگر مواردی است که هدر می رود و حتی گزارش نیز نمی شود. این نوع هدررفت به ندرت قابل ردیابی است.

---

[1] Water Distribution Network (WDN)

برای کاهش نشت در شبکه های توزیع آب باید رویکردهای متفاوتی اتخاذ شود. یکی از این رویکردها شامل اصلاحات ساختاری در شبکه توزیع آب به عنوان مثال نصب لوازم جانبی از قبیل شیرهای کاهنده فشار و یا نصب ایستگاه های پمپاژ در مکان های مناسب در صورت نیاز است. رویکرد دیگر، سازگاری با راه‌حل‌های غیرساختاری، از طریق شیوه های مؤثر مدیریتی است و ثابت می شود که بسیار مؤثر بوده و به سرمایه‌گذاری مالی بسیار کمتری نیاز دارد و بنابراین مقرون به صرفه و قابل انجام هستند.

هدررفت فیزیکی به شکل نشت می تواند در کل سیستم توزیع آب از جمله در مخازن ذخیره سازی، لوله ها و نهایتا در اتصال خدماتی مشترک رخ دهد. نشت در شبکه تامین و توزیع آب ممکن است به اندازه ۷۰٪ از کل هدررفت آب باشد[3]. اگر نشت ایجاد شده از طریق نشت های کوچک با ترکیدگی های بزرگ در لوله ها مقایسه شود، حجم آب هدر رفته از طریق نشت های کوچک که هرگز به سطح نمی آیند در مقایسه با نشتی ناشی از ترکیدگی های بزرگ و قابل مشاهده لوله که اغلب باعث آسیب زیادی می شود بسیار زیاد خواهد بود.

آب هدررفته از طریق نشت که هرگز راهی به سطح پیدا نمی کند حدود ۹۰ درصد آب فیزیکی از دست رفته را تشکیل می دهد. این اثر اغلب پس از سال‌ها مشاهده می‌شود، اما تا آن زمان، مقدار زیادی آب از سیستم هدر رفته است. گاهی اوقات، نشتی های کشف نشده به قدری بزرگ است که مستقیماً به فاضلاب یا زهکشی راه پیدا می کند و در نتیجه حتی بر تأسیسات تصفیه فاضلاب بار اضافه می کند. نشت، بخش بزرگی گاهی اوقات بیش از ۷۰٪ از کل هدررفت آب را تشکیل می دهد[4].

حجم آب از دست رفته از طریق نشت رابطه مستقیم و متناسب با فشار دارد. روابط بین فشار و نشت ماهیت پیچیده ای دارند، اما می تواند به طور تقریبی به عنوان ماهیتی خطی فرض شود بصورتیکه آب از دست رفته از طریق نشت با افزایش فشار بالادست افزایش و با کاهش آن کاهش می یابد. این موضوع نشان می دهد که اگر قرار است آب هدر رفته از طریق نشت عملاً بدون تعمیر نشت کاهش یابد، کاهش فشار باید اعمال شود، اما در عین حال فشار باید برای پاسخگویی به تقاضای مشترکین کافی باشد. در ساده ترین شکل اجرا، مدیریت فشار[2] مستلزم پهنه بندی منطقه بر اساس ارتفاع بوده و سپس می‌تواند با تکنیک‌های پیچیده‌تر، مانند اجرای کاهش فشار حاشیه‌ای و اجتناب از نوسانات فشار به دست آید.

۲. شبکه توزیع آب

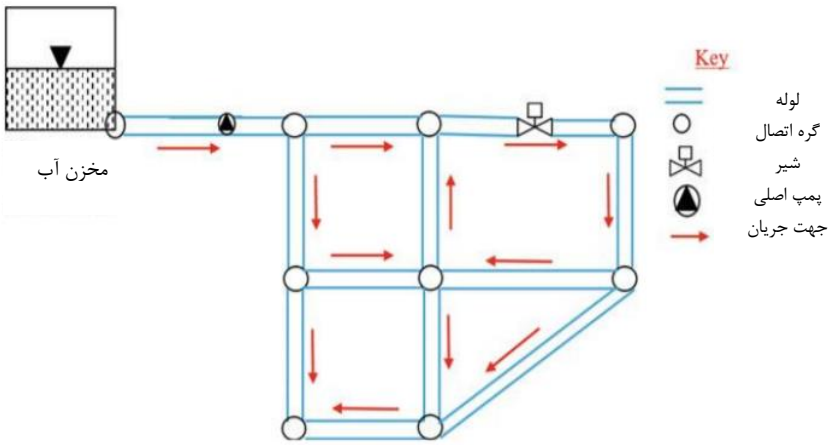
هر شبکه توزیع آب مانند شکل ۱ معمولاً از لوله های مختلف به هم پیوسته با قطرها و طول های مختلف و ضریب مقاومت اصطکاکی، اتصالات پمپ ها، شیرها و بسیاری از لوازم جانبی دیگر تشکیل می شود.

هر لوله با لوله دیگری در یک نقطه به نام گره / اتصال تلاقی می کند. آب از طریق گره / اتصال به شبکه توزیع وارد یا از آن خارج می شود. پمپ برای حفظ فشار کافی در شبکه توزیع و برای برآورده کردن نیاز فشار و تقاضای مشترکین در گره های اتصال استفاده می شود. یک شبکه توزیع همچنین ممکن است یک مخزن یا تانک ذخیره سازی داشته باشد، جایی که فشار آن مشخص است و به عنوان گره درجه ثابت نامیده می شود. طراحی شبکه های توزیع شامل برنامه ریزی اجزای مختلف شبکه توزیع و مدیریت پارامترهای مختلف سیستم است. بنابراین، مدل‌سازی هیدرولیکی بخش مهمی از شبکه توزیع را تشکیل می‌دهد.

ناحیه اندازه گیری مجزا[3]، شبکه توزیع را به مناطق یا بخش های کوچکتر تقسیم می کند به صورتیکه دبی هر بخش به طور جداگانه اندازه گیری می شود و بنابراین می تواند مناطق مستعد ترکیدگی را تعیین کند. با محاسبه آب ورودی و خروجی از یک ناحیه اندازه گیری مجزا، عملکرد شبکه توزیع را می توان به طور مستقل تجزیه و تحلیل کرد و سپس با کل رفتار سیستم مقایسه کرد. نرم افزار H2OMAP Water می تواند برای ایجاد ناحیه اندازه گیری مجزا در شبکه توزیع برای تامین پایدار آب استفاده شود. نتایج را می توان برای تعیین قابلیت کاربرد مدل، کالیبراسیون داده ها، تحلیل حساسیت، تعیین برخی از داده های ثبت نشده، شناسایی کاربرد مدل و غیره استفاده کرد. مدل توسعه یافته با استفاده از H2OMAP Water نشان می دهد که داده های میدانی مشاهده شده و داده های

[2] Pressure Management (PM)
[3] District Metered Area (DMA)

شبیه سازی شده در تراز خوبی هستند که نشان دهنده دقت مدل توسعه یافته و مناسب بودن آن برای شبیه سازی سیستم پایدار توزیع آب است که کالیبره بودن شبکه توزیع با این مدل درک و تحلیل بهتری از نشت و هدررفت موجود در شبکه ارائه می دهد[5].



شکل ۱. نمایش شماتیک شبکه توزیع آب [4].

۳. تحلیل و کمّی سازی آب بدون درآمد

تحلیل بالانس سالانه آب[4] و حداقل جریان شبانه می‌تواند مقدار ایده‌آل آب بدون درآمد را ارائه دهد و در نتیجه هدررفت در شبکه‌های توزیع آب را نشان دهد. برای این روش، شاخص‌های عملکرد نشت از طریق مولفه های آب بدون درآمد مانند ترکیدگی های گزارش‌شده یا گزارش‌نشده یا نشت‌های پس‌زمینه ارزیابی می‌شوند. نرخ نشت گره و لوله با استفاده از خروجی های تخمین نشت و مدل های هیدرولیکی ایپانت[5] که بررسی میدانی جامعی برروی آنها انجام شده است، به طور واقعی تری ارزیابی می شوند.

تحلیل دبی فیزیکی نیز می تواند روی نظریه جداسازی منبع کور انجام شود. الگوریتم CICA برای به دست آوردن اطلاعات شکل موج دبی نشت فیزیکی استفاده می شود و معادله بالانس آب، کاهش دامنه واقعی را نشان می دهد. الگوریتم CICA رابطه بین مصرف آب از سیستم توزیع آب و دبی نشت فیزیکی از شبکه است و در نتیجه بردار مرجع برای بدست آوردن اطلاعات شکل موج دبی نشت فیزیکی ایجاد می شود. گزارش تحلیل بالانس آب، انحراف استاندارد و میانگین دو دبی را ارائه می‌دهد که می‌توان از آن برای کاهش دامنه دبی نشت فیزیکی استفاده کرد. این مدل با استفاده از مدیریت فشار می‌تواند میزان کاهش نشت را با دقت بیشتری پیش‌بینی کند. با استفاده از تحلیل رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی، نسبت آب به حساب نیامده محاسبه می‌شود اما استفاده از شبکه عصبی مصنوعی[6] برای محاسبه نسبت آب به حساب نیامده دقت بالاتری نسبت به مدل تحلیل رگرسیون چندگانه می‌دهد[6].

نسبت آب به حساب نیامده توسط معادله (۱) محاسبه می شود:

$$\frac{A_p - A_b}{A_p}\% \qquad (۱)$$

که A_p حجم آب در هر واحد زمانی و A_b حجم آب صورتحساب شده در هر واحد زمانی است.

---

[4] Annual Water Balance
[5] EPANET
[6] Artificial Neural Network

پارامترهایی که برای مدیریت آب به حساب نیامده در نظر گرفته می شوند در جدول ۱ مشخص شده اند.

شاخص آب به حساب نیامده یک سیستم توزیع آب تحت تأثیر پارامترهای مختلف کمی سازی آب به حساب نیامده است. آب به حساب نیامده در جایی که خرابی خط لوله بسیار زیاد است نرخ بالایی دارد زیرا ممکن است نشت های زیادی وجود داشته باشد. به منظور حصول رویکردی واقعی تر و اقتصادی تر برای مدیریت آب به حساب نیامده، باید میان ویژگی های منطقه ای همبستگی مناسب وجود داشته باشد. کاهش آب به حساب نیامده بار مالی امور تاسیسات آب را کاهش می دهد. سپس با در نظر گرفتن مدیریت عملیاتی، یک شبکه توزیع با مدیریت کارآمد همیشه نسبت آب به حساب نیامده پایینی خواهد داشت در حالی که نسبت بالای آن نشان دهنده مدیریت نامناسب است که ممکن است شامل نشت زیاد و هدررفت آب، فرسودگی لوله ها، کنتورهای آب معیوب و استفاده غیرمجاز باشد[7].

جدول ۱

دسته بندی	پارامترها	حوزه کاربرد
ناحیه مدیریتی، ناحیه اندازه گیری مجزا	۱. جنس لوله ۲. میانگین قطر لوله ۳. طول لوله به ازای هر گره تقاضا ۴. میزان تامین آب به ازای هر تعداد گره تقاضا ۵. نرخ خرابی لوله ۶. تعداد نشت ۷. نرخ ترمیم نشت ۸. نرخ انرژی تقاضا	فیزیکی عملیاتی
ناحیه مدیریتی	۹. نرخ ترمیم تعرفه آب بها ۱۰. نرخ سرمایه گذاری هزینه تعمیر و نگهداری به مخارج ۱۱. نسبت سرمایه گذاری هزینه بهبود تسهیلات به مخارج ۱۲. جمعیت عرضه آب به ازای تعداد گره های تقاضا ۱۳. نسبت خوداتکایی مالی	اجتماعی اقتصادی

۴. روش های کاهش آب به حساب نیامده

برای بازسازی سیستم توزیع آب مطالعات مختلفی انجام شده است. یک الگوریتم مبتنی بر شاخص انعطاف‌پذیری و مفاهیم توان واحد می‌تواند برای اولویت‌بندی انتخاب لوله برای جایگزینی استفاده شود و سیستم را کارآمدتر و قابل اطمینان‌تر کند. این امر در نهایت با مدیریت فشار در سطوح مناسب در کل شبکه باعث کاهش نشتی و در نتیجه کاهش هدررفت انرژی در سیستم خواهد شد. بنابراین مجموعه متنوعی از اقدامات برای بازسازی لوله‌ها به منظور کاهش هد مخزن، مدیریت فشار در کل شبکه و در نتیجه کاهش قابل توجه در نشت که در نهایت باعث کاهش هدررفت انرژی و در نتیجه، کارآمدتر و قابل اعتمادتر شدن سیستم می گردد انجام می‌شود. شبکه توزیع با استفاده از مدلی کالیبره می شود که در آن نشت با استفاده از یک مولفه انتشار دبی یا یک مخزن که از طریق یک لوله کوچک به سیستم متصل می شود تحلیل می شود[8].

کنترل سطح آب در مخزن ذخیره می تواند برای حفظ فشار هیدرولیک در شبکه توزیع آب مفید باشد. این موضوع همچنین با شناسایی حداکثر و حداقل نیاز آبی در هر گره همراه است. مدل بهینه‌سازی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک می‌تواند برای توسعه تغییرات ساعتی تقاضای آب استفاده شود. شبکه عصبی مصنوعی بر روی نتایج به‌دست‌آمده آموزش داده شده و سپس شبیه‌سازی می‌شود تا مشخصه های هیدرولیکی و نشت را در سطوح مختلف مخزن به دست آورد. چنین مدلی می تواند با بهینه سازی سطح آب در مخزن، نشت را تا ۳۰ درصد کاهش دهد[9]. بهینه سازی فشار همچنین می تواند تعداد قابل توجهی از نشت ها و ترکیدگی ها را در سیستم توزیع آب کاهش دهد. مدیریت فشار همراه با نواحی اندازه گیری مجزا می تواند روشی قوی و کارآمد برای مدیریت نشت باشد.

سیستم های پشتیبان تصمیم[7] روش موثر دیگری برای به حداقل رساندن آب به حساب نیامده در سیستم توزیع آب است. سیستم پشتیبانی تصمیم بر روی معیارهای مختلف با در نظر گرفتن مقدار نشت، زمان مورد نیاز برای اعمال اندازه گیری، کارهای ساختاری اضافی مورد نیاز در صورت وجود، اثربخشی هزینه و موارد دیگر کار می کند. سیستم پشتیبانی تصمیم، شاخص های عملکرد را بر اساس معیارهای فوق محاسبه می کند که سپس با محدودیت های آستانه مقایسه می شود. بسته به آن ابزارهای سلسله مراتبی پیشنهاد می شود که ممکن است شامل نصب شیر فشارشکن، اسکادا[8]، بازسازی لوله ها، مدیریت فشار و غیره باشد[10].

تقاضا همچنین می تواند با فشار در سیستم توزیع آب مرتبط باشد. الگوریتمی جدید توسعه یافته است و می تواند برای شبیه سازی نشت و تقاضای وابسته به فشار استفاده شود[11]. این الگوریتم می تواند برای تحلیل رضایت تقاضا و نشت در سناریوهای بحرانی مانند کاهش فشار، خرابی هر مولفه در شبکه توزیع یا منابع دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

شبیه سازی هیدرولیک WATERCAD برای تحلیل شرایط مختلف نشت با توجه به فشار روی هر لوله استفاده می شود و با استفاده از سیستم تصمیم گیری می توان مکان بهینه شیر فشارشکن را پیشنهاد کرد. نشت به عنوان تابعی از طول لوله و فشار مدل‌سازی می‌شود. تحلیل برای تعیین مکان و قطرهای مختلف شیر فشارشکن انجام و میزان نشت مشاهده می شود. این موضوع ممکن است برای شرایط خاص، نشت را تا ۳۷٪ کاهش دهد[12]. نشت در شبکه توزیع را می توان با استفاده از تحلیل مولفه اصلی[9] و شبکه عصبی مصنوعی با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند قطر و طول لوله، تقاضا در گره، وضعیت لوله، تعداد نشت و نرخ انرژی تقاضا تعیین کرد. روش PCA-ANN نتایج دقیق تری در مقایسه با شبیه سازی شبکه عصبی مصنوعی مجزا می دهد. دقت میزان نشت اگر تعداد نورون دو برابر متغیرهای مستقل در نظر گرفته شود افزایش می یابد[13]. پردازنده شرطی مدل[10] برای پیش‌بینی تقاضا، با در نظر گرفتن تشخیص نشت پس‌زمینه، مدیریت فشار و پیش‌بینی تقاضای آب استفاده می‌شود. گره های بحرانی با استفاده از داده های پس زمینه هدررفت به دست آمده از الگوریتم تشخیص نشت شناسایی می شوند. این امر به تصمیم گیری در مورد گره ها یا لوله های بحرانی بالقوه دارای نشتی بالاتر کمک می کند و بنابراین اقدامات پیشنهادی کنترل فشار اتخاذ می شود[9].

روش های یادگیری ماشین نیز برای تحلیل شبکه توزیع استفاده می شوند. از اطلاعات موجود شبکه های توزیع استفاده شده و تکنیک هایی برای مدیریت سیستم توزیع آب پیشنهاد شده است. پتانسیل زیادی برای کاربرد روش یادگیری ماشین برای حل مشکلات مختلف شبکه توزیع آب با تعامل قوی با متخصصان آن حوزه و رویکرد تجربی گام به گام وجود دارد که ممکن است نتایج کافی و مفیدی را ارائه دهد[14].

پایداری سیستم تامین آب ممکن است با جمع آوری داده های بزرگ حسگرهای نصب شده در شبکه توزیع برای نظارت بر شرایط ساختاری و عملکرد سیستم به دست آید. داده ها را می توان با استفاده از اینترنت اشیاء در سراسر شبکه توزیع آب جمع آوری کرد. علاوه بر این، داده های سیستم اسکادا و قرائت خودکار[11] نیز می تواند استفاده شود. در نهایت کل داده ها برای شناسایی عملکرد سیستم، آب بدون درآمد و مکان های نشت و ترکیدگی مفید خواهد بود. بنابراین IoT و Big Data و به طور کلی روش های مبتنی بر داده می توانند به طور موثر برای بهینه سازی شبکه توزیع آب استفاده شوند[15].

تکنیک‌های مبتنی بر داده، کاربرد امیدوارکننده‌ای را برای تشخیص نشت در سیستم‌های خط لوله مجهز به تعداد زیادی سنسور نظارتی نشان می‌دهند[16]. اگرچه داشتن درکی عمیق از شبکه توزیع آب برای تکنیک های داده محور مورد نیاز نیست، این تکنیک ها نرخ مثبت کاذب[12] بالایی را به دلیل عدم قطعیت در داده های نظارت شده و محدودیت های ذاتی آنها نشان می دهند، که مشکلاتی را برای تصمیم گیری موثر ایجاد می کند[17]. در رویکردهای داده محور، تشخیص نشت به عنوان یک مشکل تشخیص ناهنجاری فرموله

---

[7] Decision Support Systems (DSS)
[8] Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)
[9] PCA
[10] Model Conditional Processor (MCP)
[11] Automatic Meter Reading (AMR)
[12] False Positive Rate (FPR)

می شود که ممکن است با داده کاوی قابل حل باشد [18]. عملکرد این روش ها به کیفیت داده های نظارت شده بستگی دارد. از آنجایی که ممکن است از دست دادن داده ها در طول فرآیندهای اکتساب داده رخ دهد، تشخیص نشت با استفاده از روش های داده محور ممکن است به دلیل داده های تاریخی ناکافی غیرممکن شود [19]. به دلیل محدودیت های مالی، پوشش حسگرها و شبکه های مخابراتی در یک شبکه توزیع آب معمولاً محدود است [20]. علاوه بر این، ناهنجاری‌های حسگر، مشکلات ارتباطی و نویز اغلب منجر به "فقر داده‌ها" می‌شوند. در نتیجه، داده ها باید توسط کارشناسان مورد بررسی قرار گیرند. داده‌های پایش نیز به طور دوره‌ای (بر اساس روز، هفته، فصل یا سال) تغییر می‌کنند، و ناهنجاری‌های ناشی از نشت اغلب توسط داده‌های نظارت شده ناپایدار پنهان می‌شوند [21]. اگرچه چندین روش برای کاهش تغییرات ناشی از روزهای کاری مختلف پیشنهاد شده است [22]، تقاضای آب نیز می تواند به صورت فصلی متفاوت باشد، که منجر به مجموعه داده های روزانه/هفتگی ناپایدار می شود. از آنجایی که جریان‌های شبانه معمولاً از یک روند ثابت پیروی می‌کنند، ممکن است از آنها برای بهبود نرخ تشخیص و دقت روش‌های مبتنی بر داده استفاده شود [23].

۵. نتیجه گیری

بهینه سازی شبکه های توزیع آب نشان دهنده کاربرد روش های مختلف تحلیل شبکه توزیع آب مانند مدل H2OMAP، ایپانت و نواحی اندازه گیری مجزا است. علاوه بر کاهش هدررفت شبکه توزیع آب یا همان آب به حساب نیامده، مولفه های مختلف آب به حساب نیامده می بایست مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. از بین آنها نشت یک جزء اصلی آب به حساب نیامده را تشکیل می دهد. بنابراین، روش‌های تعیین آب به حساب نیامده و سهم نشت در آن با کمک روش‌هایی مانند الگوریتم‌های ژنتیک، WATERCAD، شبیه‌سازی هیدرولیک، شبکه عصبی مصنوعی و دیگر روش ها مورد بررسی قرار گرفت. روش‌های مختلفی برای کاهش آب به حساب نیامده با کنترل نشت با استفاده از سیستم های پشتیبانی تصمیم شناسایی وجود دارد. رایج ترین روش استفاده شده، مدیریت فشار است که با تغییر محل و قطر شیر فشارشکن، شبکه توزیع آب را بازسازی می کند. مطالعات همچنین استفاده از یادگیری ماشین و IoT را برای بهینه سازی فشار شبکه توزیع آب پیشنهاد می دهد. مشاهده می شود که رویکردهای مبتنی بر شبیه سازی هیدرولیکی قادر به شناسایی و مکان یابی نشت هستند، اما نیاز به مدل های هیدرولیک کالیبره شده و قرار دادن سنسور بهینه دارند. نتایج آنها نیز به خطاهای مدل سازی و اندازه گیری بسیار حساس است. برای روش‌های مبتنی بر داده، درک عمیق از شبکه توزیع آب ضروری نیست، زیرا این روش‌ها فقط شامل تحلیل‌های آماری یا پردازش داده‌های به‌دست‌آمده هستند. با این حال، این روش ها به مقادیر زیادی داده نیاز دارند و همچنین نسبت به از دست دادن داده ها، داده های حس گر غیرعادی، مشکلات ارتباطی و نویز حساس هستند. علاوه بر این، نوسانات در تقاضای آب نیز بر عملکرد تشخیص نشت آنها تأثیر می گذارد. یک رویکرد مبتنی بر داده زمانی مناسب است که مقدار زیادی از داده های تاریخی را بتوان از یک شبکه واقعی به دست آورد. با این حال، زمانی که داده ها کم است و بدست آوردن مدل هیدرولیکی آن آسان است، روش های مبتنی بر مدل هیدرولیکی شبکه ترجیح داده می شوند. پیشنهاد می گردد به منظور بهره مندی از مزایای روش های مبتنی بر مدل هیدرولیکی و روش های مبتنی بر داده، از رویکردهای ترکیبی که باعث بهبود کارآیی کشف نشت و توسعه روش های کاهش آب بدون درآمد به صورت مطلوب خواهد شد استفاده گردد.

منابع

[1] Uhlenbrook S., 2019. The United Nations World Water Development Report 2019, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.

[2] Jang, D., 2018. A parameter classification system for nonrevenue water management in water distribution networks. Advances in Civil Engineering, 2018.

[3] Samir, N., Kansoh, R., Elbarki, W. and Fleifle, A.M.R., 2017. Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. Alexandria Engineering Journal, 56(4), pp.601-612.

[4] Farley, M., Water, S., Supply, W., Council, S.C. and World Health Organization, 2001. Leakage management and control: a best practice training manual (No. WHO/SDE/WSH/01.1). World Health Organization.

[5] Somani, P. and Charhate, D., 2020, June. Review on Optimization of Water Distribution Network by Leakage Reduction. In Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Computational Techniques (IC-RACT).

[6] Tabesh, M., Yekta, A.A. and Burrows, R., 2009. An integrated model to evaluate losses in water distribution systems. Water Resources Management, 23(3), pp.477-492.
[7] Jang, D. and Choi, G., 2018. Estimation of non-revenue water ratio using MRA and ANN in water distribution networks. Water, 10(1), p.2.
[8] Gao, J., Yao, F., Xu, Y., Sun, G., Zheng, C., Qi, S. and Cui, F., 2017. Analysis Model of Physical Leakage Flow Based on Blind Source Separation Theory. Procedia Engineering, 186, pp.269-277.
[9] Jang, D., Park, H. and Choi, G., 2018. Estimation of leakage ratio using principal component analysis and artificial neural network in water distribution systems. Sustainability, 10(3), p.750.
[10] Nazif, S., Karamouz, M., Tabesh, M. and Moridi, A., 2010. Pressure management model for urban water distribution networks. Water resources management, 24(3), pp.437-458.
[11] Kanakoudis, V. and Gonelas, K., 2016. Non-revenue water reduction through pressure management in Kozani's water distribution network: from theory to practice. Desalination and Water Treatment, 57(25), pp.11436-11446.
[12] Tsitsifli, S., Kanakoudis, V., Kouziakis, C., Demetriou, G. and Lappos, S., 2017. Reducing non-revenue water in urban water distribution networks using DSS tools. Water Utility Journal, 16(25-37), p.2017.
[13] Conejos, M.P., Alzamora, F.M. and Alonso, J.C., 2017. A water distribution system model to simulate critical scenarios by considering both leakage and pressure dependent demands. Procedia Engineering, 186, pp.380-387.
[14] Abu-Mahfouz, A.M., Hamam, Y., Page, P.R., Adedeji, K.B., Anele, A.O. and Todini, E., 2019. Real-time dynamic hydraulic model of water distribution networks. Water, 11(3), p.470.
[15] Camarinha-Matos, L.M. and Martinelli, F.J., 1999. Application of machine learning in water distribution networks assisted by domain experts. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 26(3), pp.325-352.
[16] Zaman, D., Tiwari, M.K., Gupta, A.K. and Sen, D., 2020. A review of leakage detection strategies for pressurised pipeline in steady-state. Engineering Failure Analysis, 109, p.104264.
[17] Wu, Y. and Liu, S., 2017. A review of data-driven approaches for burst detection in water distribution systems. Urban Water Journal, 14(9), pp.972-983.
[18] Mounce, S.R., Mounce, R.B., Jackson, T., Austin, J. and Boxall, J.B., 2014. Pattern matching and associative artificial neural networks for water distribution system time series data analysis. Journal of Hydroinformatics, 16(3), pp.617-632.
[19] Romano, M., Kapelan, Z. and Savić, D.A., 2014. Automated detection of pipe bursts and other events in water distribution systems. Journal of Water Resources Planning and Management, 140(4), pp.457-467.
[20] Wu, Y. and Liu, S., 2017. A review of data-driven approaches for burst detection in water distribution systems. Urban Water Journal, 14(9), pp.972-983.
[21] Wu, Y., Liu, S., Smith, K. and Wang, X., 2018. Using correlation between data from multiple monitoring sensors to detect bursts in water distribution systems. Journal of Water Resources Planning and Management, 144(2), p.04017084.
[22] Ye, G. and Fenner, R.A., 2014. Weighted least squares with expectation-maximization algorithm for burst detection in UK water distribution systems. Journal of Water Resources Planning and Management, 140(4), pp.417-424.
[23] Chan, T.K., Chin, C.S. and Zhong, X., 2018. Review of current technologies and proposed intelligent methodologies for water distributed network leakage detection. IEEE Access, 6, pp.78846-78867.