



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



دانشگاه شهید بهشتی

انجمن آب و فاضلاب ایران

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

بررسی شرایط پیاده‌سازی شبکه‌های هوشمند آبرسانی شهری

نیما نظامی

دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی

n.nezami@mail.sbu.ac.ir

شادی فتحی

کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه کردستان

خلاصه

رشد روزافزون جمعیت و کمبود منابع آب دو موضوع مهمی هستند که تأمین آب آشامیدنی سالم و پایدار را دچار مشکل کرده‌اند. در این بین شبکه‌های انتقال و توزیع آب یکی از شریان‌های حیاتی و از اصلی‌ترین زیرساخت‌های شهری هستند و وضعیت بحرانی آب در کشور اهمیت توجه به این زیرساخت‌ها را بارزتر می‌نماید. با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر منابع آب کشور، فرسوده بودن تأسیسات شبکه، حفاظت و صیانت از منابع ارزشمند آب، کنترل نشت و کاهش آب بدون درآمد و هزینه‌های انرژی، بهره‌برداری و تعمیرات و نگهداری از یک سو و به منظور اندازه‌گیری مصارف و کنترل امور مشترکین و محافظت از شبکه، کاهش ریسک بروز حوادث و پدافند غیرعامل از سوی دیگر، نیاز به مدیریت بهینه تأسیسات شبکه آب بیش از پیش احساس می‌شود و این امر مستلزم پیاده‌سازی یک شبکه جامع و هوشمند است. در این مقاله به بررسی شرایط پیاده‌سازی و مزایای اجرای شبکه‌های هوشمند آبرسانی شهری پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: شبکه هوشمند آب، هوشمند سازی، کاهش نشت، بهسازی شبکه آب

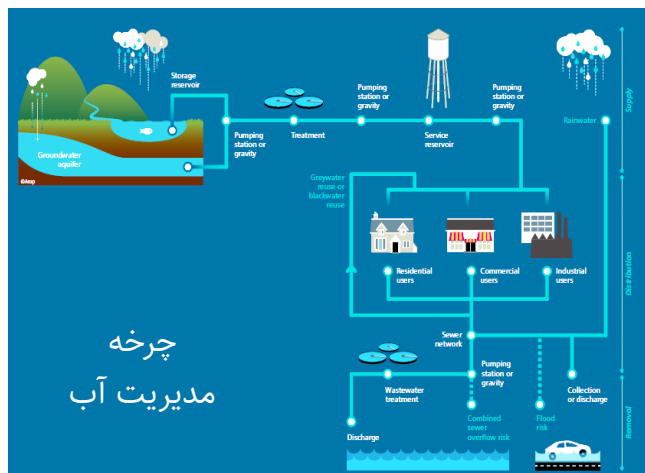
۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر شهرنشینی به یک روند جهانی تبدیل شده است و شهرهای بزرگ به طور مداوم در حال رشد هستند. دسترسی به منابع آب، به عنوان یک منبع محدود با رشد جمعیت و افزایش نیازها به ویژه در جوامع شهری سخت شده و چالش‌های جدیدی را برای زیرساخت‌ها ایجاد کرده است. در نتیجه الگوی جدیدی برای تقاضای آب، انرژی، حمل و نقل و فضای شهری در حال شکل‌گیری است و این تغییرات نیازمند توسعه زیرساخت‌ها و بهره‌برداری بهینه‌تر از خدمات شهری است. برای بررسی بهره‌وری نیازمند درک صحیحی از چگونگی استفاده از این امکانات در حوزه‌های مختلف و چگونگی وابستگی متقابل بین عناصر مختلف زیرساخت و تأثیرات عوامل خارجی مختلف زیرساخت‌ها و تأثیرات عوامل خارجی مختلف بر آن‌هاست. صنعت آب از موضوعاتی مانند اثرات محیط‌زیستی، فرسودگی تاسیسات و افزایش بهای انرژی که با آن مواجه است، آگاه است و به طور کلی سالانه نزدیک به ۱۸۴ میلیارد دلار برای تاسیسات وابسته به تصفیه و انتقال آب هزینه می‌شود که فقط ۱۴ میلیارد آن صرف هزینه بهای انرژی انرژی ایستگاه‌های پمپاژ در طول شبکه می‌شود [۱]. آب هم دچار مشکل مدیریتی است و هم بسیار ارزشمند است. در دهه آینده حدود ۱۰۸ میلیارد نفر در سراسر جهان در مناطق دارای کمبود مطلق آب زندگی خواهند کرد [۲].



شکل ۱: زیرساخت‌های شهری [۳]

برای درک بهتر از شبکه هوشمند آب و عوامل موثر در آن بهتر است ابتدا عناصر موجود و اثرگذار بر چرخه آب شهری به طور دقیق تبیین گردد. مطابق شکل ۲، در این چرخه ۷ عنصر با یکدیگر در تعامل هستند که عبارتند از: منابع آب شامل: دریاها، دریاچه‌ها، آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها، چشمه‌ها و... تصفیه خانه‌های آب آشامیدنی: تولیدکننده آب آشامیدنی در حجم زیاد از منابع آب خام هستند. در این بخش مباحثی از جمله مدیریت دارایی‌ها، پایش شرایط کار تاسیسات، پایش کیفی آب، کنترل مخازن و ایستگاه پمپاژ مطرح است. سامانه توزیع آب آشامیدنی: که می‌تواند شامل ذخیره‌سازی و تغذیه آن به شبکه نیز بشود. در این بخش کنترل‌کننده‌های توزیع، مدیریت اطلاعات، اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل و کنترل محلی مورد نظر است. مصرف‌کننده‌ها: استفاده‌کننده نهایی آب هستند که می‌توانند در فرایند تولید، ذخیره‌سازی و مدیریت مصرف موثر باشند. به طور سنتی شامل سه دسته خانگی (بهداشتی)، صنعتی و تجاری هستند که در مصارف گوناگون مانند شرب، شست‌وشو، مصارف شیمیایی، مبدل‌های حرارتی، اطفای حریق، مصارف تفریحی، کاربردهای صنعتی و مراحل تهیه غذا از آب استفاده می‌کنند. در این بخش اندازه‌گیری هوشمند، بازیافت داخلی، مکانیزاسیون ساختمان و رفتار مصرف در آن، شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی و باران و سایر خدمات آب مطرح است. سامانه جمع‌آوری فاضلاب: فاضلاب تولیدشده در هر بخش مصرف آب وارد شبکه شده و جمع‌آوری می‌گردد. شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی نیز می‌تواند با این سامانه به صورت درهم یا جداگانه باشد. سامانه تصفیه و بازیافت فاضلاب: ورودی آن از خروجی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی، فاضلاب، و مسیل‌هاست. این بخش آب را برای مصارف کشاورزی و حتی آشامیدن تولید می‌کند که مباحثی همانند بخش تاسیسات آب آشامیدنی را مطرح می‌سازد. ارائه‌دهندگان خدمات: سازمان‌هایی که خدمات مربوط به آب را به مشتریان و سایر بخش‌های مرتبط ارائه می‌کنند. در این بخش مباحث مدیریت ساختمان، سامانه اطلاعات مشتریان، سامانه تنظیم و ارسال صورتحساب مدیریت خدمات و زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته شامل سامانه یکپارچه اندازه‌گیری هوشمند، شبکه ارتباطات و سامانه مدیریت داده مورد نظر است.



شکل ۲: چرخه مدیریت آب شهری [۳]

بر اساس تعریف سازمان انرژی ایالات متحده آمریکا، شبکه هوشمند یک شبکه گسترده خودکار است که در آن انتقال منابع و تبادل اطلاعات به صورت دو طرفه صورت می گیرد [۴]. این شبکه قابلیت پایش و پاسخگویی به هر نوع تغییرات در شبکه، از منابع تولید تا مصرف کنندگان و حتی تک تک تجهیزات را دارد. از آنجایی که مشارکت دادن مشترکان از مهم ترین اهداف شبکه هوشمند بوده و شبکه مصرف مهم ترین زنجیره از یک شبکه برای تحویل کالاهایی نظیر برق، آب و غیره از تولید به مصرف است، بنابراین بررسی هوشمندسازی شبکه توزیع اهمیت بسزایی دارد. لازمه هوشمندسازی، نفوذ فناوری در سیستم شبکه از محل منبع گرفته تا مصرف کنندگان است. حرکت به سمت هوشمندسازی و ایده آل های شبکه نیازمند طراحی چارچوبی مشخص است که محققین آن راه نقشه راه هوشمندسازی شبکه می نامند.

تاکنون شبکه هوشمند به طور ویژه در سیستم های انتقال و توزیع برق توسط متخصصان برق مطرح گردیده است. از اوایل قرن ۲۱، اقداماتی در جهت ارتقا فناوری ارتباطات الکترونیکی به منظور کاهش محدودیت ها و هزینه های شبکه الکتریکی صورت گرفته است. با تجهیز شبکه های موجود می توان برنامه ریزی را علاوه بر واحدهای تولید، برای منابع سمت تقاضا نیز انجام داد. از این نظر، وجود منابع تولیدی کالاهای نظیر نیروگاه های بادی و خورشیدی و استفاده در شبکه در جهت کاهش کمبودها مستلزم هوشمندسازی شبکه در جهت تسهیل ارتباط بین منابع و مصرف کنندگان می باشد [۵]. در این گونه شبکه ها که تبادل اطلاعات بین منابع و مصرف کنندگان مقدور بوده رویکرد به صورت توزیع شده است. تکنولوژی های مورد استفاده در شبکه هوشمند به منظور کنترل به صورت الکترونیکی، اندازه گیری و پایش است. در دهه ۱۹۸۰ شکل گیری این نوع شبکه های هوشمند به ویژه در صنعت برق، به صورت قرائت هایی خودکار از مقدار بار مصرفی توسط مشترکین بزرگ صورت گرفت. در دهه ۱۹۹۰ این اندازه گیری ها در مورد هر نوع مصرف کنندگان و در زمان های مختلفی در طول روز قابل ثبت بود [۵].

شبکه های هوشمند با هدف شناسایی، اندازه گیری و پایش منابع و مصرف کنندگان و نیز تصمیم گیری و ارائه راهکارهای مناسب تبادل کالا در شبکه های ذی نفعان پایه ریزی می گردد. امروزه با گسترش این مفهوم و ایجاد زیرساخت های آن امکان ایجاد محیطی جهت تبادل کالا همراه با طراحی مکانیزم هایی به منظور رسیدن با حالت بهینه فراهم شده است. این نوع شبکه ها به صورت محلی و یا منطقه ای در بخش هایی از شبکه برق در کشورهای چون آمریکا، ایتالیا، چین و کره جنوبی پایه ریزی شده و طی دو دهه اخیر تحقیقات گسترده ای در دنیا در خصوص نحوه طراحی این شبکه ها و نیز مکانیزم های عرضه و تقاضا آغاز گردیده است. مسلماً هدف کلی در طراحی این نوع شبکه ها، ایجاد مدیریت مناسب جهت افزایش بهینگی سیستم بوده و با گسترش فناوری ارتباطات، توسعه اینگونه شبکه ها در سیستم های بهره برداری از منابع مشترک نظیر منابع آبی اجتناب ناپذیر خواهد بود [۱۸].

همسو با شبکه های هوشمند برق، طراحی شبکه هوشمند آب نیز با ظهور ابزارهای مخابره و سنسج در جهت مدیریت هر چه بهتر منابع آب با تأکید بر بررسی و امکان سنجی ایجاد زیرساخت های طی چند سال اخیر در حال انجام است [۱۷]. در خصوص طراحی شبکه هوشمند آب و نیز ارائه مکانیزم و ابزارهای مدل سازی، تدوین سیاست های مبادله آب بین طرف های ذینفع در راستای تخصیص بهینه منابع آب و مدیریت کلان مصرف، می تواند در سایه توسعه و به کارگیری ساز و کارهای مبتنی بر تامین اهداف موجود در یک سیستم باشد. از سوی دیگر در طراحی شبکه هوشمند آب لازم است تا به ردیابی گام به گام تراکنش های مختلف از تبادل، فعل و انفعالات، تغییرات زمانی و مکانی قیمت خرید و فروش آب، مقادیر داد و ستد و نیز پایش کاربرانی که استفاده نامتعارف از آب داشته اند پرداخته شود.

۲- مواد و روشها

شبکه های انتقال و توزیع آب یکی از شریان های حیاتی و از اصلی ترین زیرساخت های شهری هستند. وضعیت بحرانی آب در کشور اهمیت توجه به این زیرساخت ها را بارزتر می نماید. بنا بر آمار اعلام شده در سال ۱۳۹۵، به طور متوسط ۳۰ درصد از آب شبکه های آبرسانی کشور از طریق نشت تلف می شود و این به معنی



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

هدررفت تقریباً یک سوم از هزینه‌های تأمین، تصفیه و توزیع آب شرب است. با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر منابع آب کشور، فرسوده بودن تاسیسات شبکه، حفاظت و صیانت از منابع ارزشمند آب، کنترل نشت و کاهش آب بدون درآمد و هزینه‌های انرژی، بهره‌برداری و تعمیرات و نگهداری از یک سو و به منظور اندازه‌گیری مصارف و کنترل امور مشترکین و محافظت از شبکه، کاهش ریسک بروز حوادث و پدافند غیرعامل از سوی دیگر، نیاز به مدیریت بهینه تاسیسات شبکه آب بیش از پیش احساس می‌شود و این امر مستلزم پیاده‌سازی یک شبکه جامع و هوشمند است.

اقدامات و مطالعات مختلفی که تا کنون در حیطه مدیریت و بهره‌وری هوشمند در دنیای واقعی صورت گرفته را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

- هوشمندسازی جهت ثبت و پایش
- هوشمندسازی به منظور تبادلات
- هوشمندسازی در راستای ثبت، پایش و تبادلات

یک شبکه هوشمند آبرسانی به صورت مستمر و از راه دور پایش می‌شود. اطلاعات بهره‌برداری آن جمع‌آوری و سپس این اطلاعات پردازش شده و رفتار شبکه پایش‌بینی می‌شود. سامانه هوشمند آبرسانی قادر است با تجزیه و تحلیل وضعیت شبکه عملکرد پمپ‌ها و شیرآلات را بهینه‌سازی کرده و برنامه مناسبی برای عملیات تعمیرات و نگهداری ارائه دهد تا هزینه‌های انرژی، بهره‌برداری و تعمیرات و نگهداری در بهینه‌ترین حالت ممکن قرار گیرد. همچنین این سامانه با بررسی به‌هنگام شبکه در صورت بروز حادثه به سرعت اخطار داده و سناریوهای مختلفی را برای بهره‌برداری پایدار از شبکه در این شرایط ارائه می‌دهد. هر شبکه هوشمند نیازمند یک نرم‌افزار یکپارچه برای مدیریت و ایجاد هماهنگی بین بخش‌های مختلف سامانه است. نمونه‌هایی از این نرم‌افزارها در خارج از کشور توسعه داده شده است که قابلیت‌های متفاوتی دارند و هر کدام توانایی انجام تمام یا بخشی از وظایف مدیریت شبکه را دارند. در جدول شماره یک به نام و عملکرد این نرم‌افزارها اشاره شده است.

جدول ۱: نرم‌افزارهای موجود مدیریت شبکه آبرسانی

ردیف	نام نرم‌افزار	شرکت سازنده	کشور سازنده	عملکرد
۱	IWLIVE	Innovyze	آمریکا	این نرم‌افزار به صورت آنلاین و غیر آنلاین قابل اجرا است و عملیات پایش آنلاین، پایش‌بینی رفتار شبکه، مدیریت فشار و حوادث و کنترل کیفی آب را انجام دهد. این نرم‌افزار با تجزیه و تحلیل وضعیت شبکه برای بهره‌برداری بهینه و مدیریت شبکه در زمان حوادث سناریوهای را ارائه می‌دهد.
۲	TaKaDu	TaKaDu	اسرائیل	این نرم‌افزار در یک فضای ابری قادر است که تمامی حوادث که در چرخه عمر شبکه ممکن است در شبکه رخ دهد از جمله نشت، شکست، بررسی فشار، کیفیت آب و خرابی‌ها در شبکه را مدیریت و تجزیه و تحلیل نماید.
۳	Aquis	Schneider Electric	فرانسه	پیش‌بینی رفتار شبکه، پایش و کنترل کیفیت آب موجود در شبکه و بهینه‌سازی مصرف انرژی از قابلیت‌های این نرم‌افزار است.
۴	OPIR	Royal HaskoningDHV	هلند	پیش‌بینی مصرف آب و برنامه‌ریزی برای مدیریت به‌هنگام و بهینه شبکه، این نرم‌افزار دبی و فشار ایستگاه‌های پمپاژ را تنظیم کرده و مصرف انرژی را نیز بهینه می‌کند.
۵	H2Onet	H2Onet	آفریقای جنوبی	نرم‌افزاری مبتنی بر GIS که به طراحی، تحلیل و بهینه‌سازی دینامیکی شبکه آب می‌پردازد. این برنامه شبکه آبرسانی را از نظر هیدرولیکی کیفی مدل‌سازی کرده و مصرف انرژی را در شبکه مدیریت می‌کند.

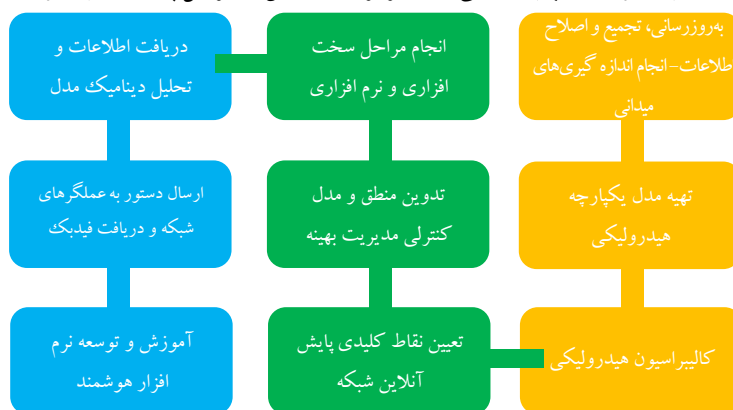
با توجه مطالب بیان‌شده مناسب است تا نرم‌افزاری برای مدیریت و بهینه‌سازی بهره‌برداری از شبکه‌های آبرسانی به‌وسیله پایش و تحلیل به‌هنگام آن توسعه یابد که دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- بر پایه فضای ابری باشد و بتوان سطح دسترسی به آن را بر اساس نوع مسئولیت افراد تعیین کرد که بتوانند قسمت‌های مختلف نرم‌افزار را ببینند، اطلاعات وارد کنند و یا فقط از اطلاعات استفاده کنند.
- مشخصات لوله‌های شبکه، شیرآلات، مخازن، ایستگاه‌های پمپاژ، مختصات جغرافیایی، نقشه‌های توپوگرافی، دبی ورودی به لوله‌ها، قطر لوله‌ها، فشار لوله‌ها که طبیعتاً مشخص بودن دبی ورودی و قطر و نقشه‌های توپوگرافی مشخص می‌شود و هر نوع تاسیسات و تجهیزاتی که روی شبکه قرار می‌گیرند را به عنوان ورودی داشته باشد.

- با استفاده از تجهیزات اندازه گیری آنلاین رفتار شبکه پایش کرده و رفتار شبکه را پیش بینی کند. اطلاعات جمع آوری شده را دسته بندی و تجزیه و تحلیل نماید و سناریوهایی را برای مدیریت بهینه شبکه ارائه نماید .
- با پیش بینی رفتار شبکه و پایش آنلاین، در صورت وقوع حوادث به سرعت اخطار داده و سناریوهایی برای مدیریت شبکه در زمان بحران و فرآیند تعمیرات ارائه نماید.
- ارائه گزارش هایی به صورت جدول و نمودار تا هر کارشناسی بتواند آن را تحلیل کند و بگوید که چه اتفاقی رخ داده است و با استفاده از تحلیل هایی که به دست می آید اپراتورها را آگاه کند که به موقع کارشان را انجام دهند.

مراحل پیاده سازی شبکه هوشمند

جهت ایجاد و بهره برداری از شبکه هوشمند آب باید نکاتی را مدنظر قرار داد، از این رو مراحل پیاده سازی به صورت زیر پیشنهاد می گردد:



شکل ۳: مراحل پیاده سازی شبکه هوشمند آب

- ۱- جمع آوری اطلاعات شامل مطالعات میدانی و به روز کردن اطلاعات مجموعه اجزای شبکه هوشمند (مخزن، خط انتقال آب، پمپ، انواع شیر آلات، خطوط شبکه توزیع و ...)
- ۲- فرآیند ساخت یک مدل یکپارچه هیدرولیکی
- ۳- بررسی مدل هیدرولیکی توسط نرم افزار و انجام فرآیند کالیبراسیون هیدرولیکی، انرژی و ...
- ۴- تعیین نقاط کلیدی مدل هیدرولیکی در جهت پایش لحظه ای شبکه با استفاده از روش ها مدلسازی، الگوریتمی و ...
- ۵- ایجاد ضوابط و قوانین منطقی و مدیریتی جهت بهینه کردن شبکه توزیع
- ۶- انجام فرآیند های نرم افزاری و سخت افزاری بر روی شبکه (شامل تله متری، حسگر الکترونیکی، پمپ های هوشمند، سیستم تله متری، سیستم اسکادا)
- ۷- فرآیند تحلیل دینامیکی شبکه با استفاده از اطلاعات دریافتی عملگرها
- ۸- ارسال دستورات لازم به عملگرها و دریافت بازخور دستورات ارسال شده
- ۹- در نهایت توسعه آموزش به شبکه هوشمند جهت افزایش راندمان بهره وری شبکه توزیع آب

۳- بحث و نتایج

اجرا و پیاده سازی شبکه های هوشمند آبرسانی می تواند از جنبه های مختلفی سودمند باشد و تمرکز در این بخش نه تنها بر روی راه حل های تکنولوژیکی منحصر به فرد بلکه بر ترکیبی از فن آوری ها به منظور ایجاد یک سیستم جهت حل مسئله است.

- **تلفات آب:** تلفات ناشی از تلفات فیزیکی مانند نشت آب و سرریز از مخازن یا تلفات غیر فیزیکی شامل خطای ابزار اندازه گیری، خطای انسانی، خطای بهره برداری، خطای مدیریتی و مصارف آب اندازه گیری نشده مجاز یا غیر مجاز است. نتایج مطالعه ای که برای چند شهر توسط مایر و دیور یو انجام گرفته، نشان می دهد که در سطح سیستم های توزیع آب شهری در صد تلفات آب متناسب با مکان بین ۳ تا ۸ درصد در شهرهای جدید و ۲۵ تا ۳۰ درصد در شهرهای قدیمی متغیر است [۱۹]. کنتورهای هوشمند و تجهیزات حسگرهای مصرف کنندگان پایه (نقاط پایانی) می توانند به شناسایی نشت شبکه کمک کنند. به طور مثال با داده های دائمی و مستمر از کنتورهای هوشمند در مناطق مسکونی می توان نشت آب را با یک جریان آب مثبت زمانی که کلیه وسایل منزل بدون استفاده هستند مشخص نمود (جریان شبانه). به همین ترتیب شناسایی نشت در شبکه های تامین آب شهری از طریق انجام گام های تستی هوشمند امکان پذیر است. شناسایی نشت به صورت آزمون پله ای سستی نیز از طریق پایش سرعت جریان در بخشی از لوله انجام می شود. در این حالت شیرها به صورت دستی، به منظور مشخص کردن بخشی از لوله که دارای نشت است، بسته می شوند. همچنین جریان آب در یک لوله جدا شده و ایزوله به معنی وجود نشت



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



در لوله است. با به کارگیری سیستم تست گام‌های هوشمند، شیرها، دریچه‌های هوشمند و کنتور هوشمند، می‌توان یک نفر اپراتور کامپیوتر را در ایستگاه با کارگران در این زمینه جایگزین نمود. کل این روند می‌تواند به صورت خودکار و هوشمند باشد فقط در برخی از موارد جهت جلوگیری از اشتباهات از دقت نیروی انسانی بهره برد.

- مصرف بی‌رویه آب: در دهه‌های اخیر حفاظت از منابع آب از طریق استفاده از تجهیزات کاهنده فشار و آموزش در این زمینه بهبود یافته است. از مصارفی که هنوز هم مصرف بی‌رویه آب در آن وجود دارد می‌توان به آبیاری فضای سبز شهری اشاره کرد. مقدار آب مصرفی در آبیاری فضای سبز شهری در برخی مناطق قابل توجه است. به طوری که بیش از ۵۰ درصد از کل مصرف خانگی مختص آبیاری است، به خصوص در فصل تابستان. مقایسه سه شهر لاس وگاس، آتلانتا و سیاتل در آمریکا نشان داده است که مصارف آب جهت آبیاری فضای سبز یک منزل مسکونی به ترتیب ۲۱، ۱۰۰ و ۹ گالن در روز است [۹].

- کیفیت آب: پایش کیفیت آب در سیستم توزیع آب و در پایانه‌های این سیستم معمولاً به صورت محدود انجام می‌شود در حالی که ۳۰ تا ۶۰ درصد از آلودگی‌ها در شبکه توزیع آب رخ می‌دهد. اغلب این اتفاقات توسط مشترکان که در معرض آلودگی قرار دارند شناسایی شده است. همگامی که یک مشکل شناسایی می‌شود، ممکن است شناسایی منبع وقوع اتفاق به منظور تعمیر و رفع آن، چندین روز به طول بیانجامد [۹]. کیفیت آب در سیستم توزیع آب آشامیدنی می‌تواند توسط عوامل مختلف از جمله کاهش مواد ضد عفونی کننده، سن آب، نفوذ آلاینده از طریق اختلاف فشار و کارکرد لوله به (طور مثال: نصب، تعمیر و جابه‌جایی)، رشد بیوفیلم، خوردگی لوله و حوادث ایجاد شود [۱۰، ۱۱ و ۱۲]. در شبکه‌های هوشمند، حسگرهای زیستی و حسگرهای ترکیبی می‌تواند پتانسیل وجود یک خطر و محل احتمالی آن را به مسئولان هشدار دهند. در حالی که کنتورهای هوشمند فقط می‌توانند نشت و تغییرات فشار را که باعث نفوذ آلودگی می‌شود تشخیص دهند. همچنین کنتورهای هوشمند می‌توانند به پایش سن آب نیز کمک کنند. در نهایت شیرهای هوشمند می‌توانند آب آلوده را جدا کنند تا از گسترش آلودگی از طریق سیستم توزیع جلوگیری شود.

- مصرف انرژی: بیشترین مصرف انرژی در چرخه آب مربوط به بخش پمپاژ و تصفیه فاضلاب است [۱۳ و ۱۴]. همچنین نشت‌های پنهان و بیوفیلم نیز می‌تواند مصرف انرژی را افزایش دهد. نشت در سیستم توزیع نتیجه کاهش فشار آب است که باز هم به انرژی جهت رسیدن دوباره به تعادل فشار لازم است. بیوفیلم‌ها مقاومت اصطکاکی در لوله‌ها را افزایش می‌دهند، کاهش آب پایین دست و در نتیجه افزایش پمپاژ جهت جبران کاهش جریان نیز باعث افزایش مصرف انرژی در شبکه می‌شود [۱۵ و ۱۶]. استفاده از پمپ‌های هوشمند این پتانسیل را دارد که مصرف انرژی پمپاژ آب را به حداقل برساند، چرا که این پمپ‌ها می‌توانند سطح انرژی خود را بر اساس شرایط محیطی تنظیم نمایند. همچنین پمپ‌های هوشمند می‌توانند در سیستم توزیع به عنوان بخشی از برنامه مدیریت فشار در شبکه مورد استفاده قرار گیرند. پمپ‌های هوشمند همانطور که قبلاً گفته شد در آزمایش گام هوشمند، همراه با مدیریت هوشمند فشار در کنار کنتورهای هوشمند فشار، شیرهای هوشمند و پمپ‌های هوشمند می‌توانند خرابی لوله‌ها را کاهش دهند. که این امر سبب صرفه‌جویی بلندمدت در مصرف انرژی می‌شود، چرا که لوله‌های دارای خرابی و نشت، فشار خود را از دست داده و نیازمند انرژی بیشتر جهت به تعادل رساندن فشار هستند. در نهایت حسگرهای زیستی نیز می‌توانند بیوفیلم‌های مشکل ساز را که جریان آب را آهسته می‌کنند مکانیابی نمایند.

- بلایای طبیعی: بلایای طبیعی که سیستم‌های آب شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد شامل شکستگی لوله اصلی، حوادث و شرایط آب و هوایی و ژئولوژیکی، تروریسم و تصادفات می‌شود. لوله‌ها به صورت طبیعی در اثر گذر زمان دچار شکستگی می‌شوند. شکستگی آن‌ها با توجه به عناصر خوردنده در آب و یا در اطراف لوله، فشار بالای آب، ارتعاشات، بارهای ترافیکی و فشار گذرا می‌تواند تسریع یابد. در نهایت تنش در لوله‌ها ممکن است به نقطه‌ای برسد که سبب شکستگی لوله اصلی شود. پدیده‌های آب و هوایی، پدیده‌های ژئولوژیکی، تروریسم و تصادفات نیز می‌توانند به طور مستقیم سبب آسیب رساندن به زیرساخت شبکه آب و یا آسیب به شبکه آب از طریق اثرات متوالی شوند [۱۷ و ۱۸]. همچنین بلایای طبیعی می‌توانند سبب تعلیق تجهیزات تصفیه آب و جلوگیری از توزیع آب آشامیدنی در شیرها شوند. جاری شدن سیل همچنین می‌تواند سبب از بین رفتن سیستم‌های فاضلاب و جلوگیری از دفع مناسب زباله شود. مدیریت هوشمند شبکه می‌تواند خرابی زودرس لوله که منجر به شکستگی لوله اصلی می‌گردد را مدیریت کند و مانعی در برابر وقوع این پدیده باشد.

سنسورهای مربوط به هشدار سیل همچنین می‌توانند درباره شکستگی یک لوله به مسئولین اطلاع دهند. مدیریت سیل می‌تواند با استفاده از سنسورهای هشدار سیل، شیرهای هوشمند و پمپ‌های هوشمند، جاری شدن سیل و راه‌های کاهش میزان آسیب‌های ناشی از سیل را شناسایی کند. سنسورهای هشدار سیل می‌توانند شکستگی لوله را نیز تشخیص دهند و از طریق شیرهای هوشمند جریان آب را قطع کنند و پمپ هوشمند می‌تواند آب را به منطقه‌ای دور و جدا از منطقه آسیب دیده پمپاژ کند.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management



۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

۴- نتیجه گیری

مزایای استفاده از شبکه‌های هوشمند آب‌رسانی شامل بهبود مدیریت نشت، پایش کیفیت آب و کاهش مصرف انرژی است. هنوز به درستی مشخص نیست که روش‌های مختلف پیاده‌سازی شبکه هوشمند آب‌رسانی چه منافع و هزینه‌هایی را در پی دارد. اما انتظار می‌رود که تحلیل یکپارچه از مزایای متعدد طرح‌های بزرگ شبکه هوشمند برای انجام فعالیت‌های بعدی در آینده بسیار مفید و مثمر ثمر باشد. برای مثال ممکن است در نظر گرفتن شبکه هوشمند آب صرفاً به عنوان یک راه برای کاهش تلفات آب از نظر سرمایه‌گذاری توجیه اقتصادی نداشته باشد ولی اگر با هدف کاهش تلفات آب و مدیریت خشکسالی به آن نگاه شود نیازهای لازم را برآورده نماید. به علاوه به عنوان منافع می‌توان به افراد ذی‌نفع در این سیستم نیز توجه کرد، مانند شرکت‌های آب و فاضلاب، مشترکین و به صورت کلی جامعه. این نکته نیز بسیار مهم است که هزینه‌های اجرای طرح‌های هوشمندسازی شبکه از چه طریق تامین می‌شود و به چه صورتی منافع هر یک از گروه‌ها را برآورده می‌نماید. در نهایت نیز بر این موضوع تاکید می‌شود که حمایت از فعالیت‌هایی در راستای تحقیق و توسعه و همکاری بخش خصوصی با شرکت‌های آب و فاضلاب لازمه رسیدن به این هدف و اجرای هوشمندسازی شبکه آب است.

مراجع

1. UNDP, 2006, Human Development Report.
2. UN-Water, FAO, 2007, coping with water scarcity Challenge of the twenty-first century.
3. Arup, RPA and Siemens, 2014, Toolkit for resilient cities, Infrastructure, Technology and urban planning.
4. U.S. Energy information Administration, 2010, Smart Water Grid.
۵. فتوحی، م.، رستگار، م.، ۱۳۹۳ شبکه هوشمند، نظامی نوین در صنعت برق"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال شانزدهم، شماره ۶۲
6. Mutchek, M., Williams, E., 2014 "Moving Towards Sustainable and Resilient Smart Water Grids," Challenges, pp. 123-137.
7. Preis, A., 2015, "Smart Water Network Platform in Singapore", Smart Water Grid International Conference, Incheon, Korea.
8. Cooley, H.; Gleick, P.H., 2009, Urban Water-use Efficiencies: Lessons from United States Cities. In The World's Water: 2008-2009; Gleick, P.H., Ed.; Island Press: Washington, DC, USA, 2009; pp. 101-121.
9. Innovation in Water Singapore: June 2011; PUB: Singapore, 2011.
10. Hall-Stoodly, L.; Stoodly, P., 2005, Biofilm formation and dispersal and the transmission of human pathogens. Trends Microbiol. 13, 7-10.
11. Karim, M.; Abbaszadegan, M., 2003, LeChevallier, M. Potential for pathogen intrusion during pressure transients. J. Amer. Water Work. Assn., 95, 134-146.
12. U.S. Environmental Protection Agency, 2002, Effects of Water Age on Distribution System Water Quality; Washington, DC, USA.
13. Cohen, M.; Wolff, G.; Nelson, B., 2004, Energy down the Drain: The Hidden Costs of California's Water Supply; Natural Resources Defense Council: New York, NY, USA.
14. Hallin, B.; Holton, D., 2008, Collaborating on Water/Power Efficiency Programs; Salt River Project: Phoenix, AZ, USA.
15. Barton, A.F.; Wallis, M.R.; Sargison, J.E.; Buia, A.; Walker, G.J., 2008, Hydraulic roughness of bio fouled pipes, biofilm character, and measured improvements from cleaning. J. Hydraul. Eng. ASCE, 134, 852-857.
16. Brzozowski, C., 2010, Pump technology. Water Efficiency, 5, 38-41.
17. Haimes, Y.; Matalas, N.; Lambert, J.; Jackson, B.; Fellows, J., 1998, Reducing vulnerability of water supply systems to attack. J. Infrastr. Syst., 4, 164-177.
18. O'Rourke, T.D., 2007, Critical infrastructure, interdependencies, resilience. Bridge, 37, 22-29.
19. National Energy Technology Laboratory, 2008, "NETL Modern Grid Initiative Powering Our 21st-Century Economy", United States Department of Energy Office of Electricity Delivery and Energy Reliability.
20. Mayer, P.W.; DeOreo, W.B. Residential End Uses of Water; American Water Works Association: Denver, CO, USA, 1999.