نشریه علمی مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند- سال نهم ـ شماره ۳۴ـ زمستان ۱۳۹۹
مقاله پژوهشی/ صفحات ۱۳۶- ۹۵

تبیین الزامات سامانه مدیریت هوشمند آب در ایران

مجید کلانتری *
جلال حقیقت منفرد **
محمد علی کرامتی ***

چکیده

در صنعت آب و فاضلاب ایران، علیرغم توجه به سامانه‌های مبتنی بر مدیریت هوشمند، اهداف عملیاتی و پیش‌نیازهای استقرار آن‌ها، چندان مورد توجه قرار نگرفته و باوجود سرمایه‌گذاری فراوان، عدم توجه به این موضوع تا حد بسیار زیادی، اثربخشی آن‌ها را با ابهام مواجه کرده است؛ بنابراین، این پژوهش درصدد است تا رویکردی یکپارچه را به‌منظور توضیح جایگاه سامانه‌های اسکادا در بطن شبکه هوشمند آب اتخاذ و به تبیین الزامات استقرار آن‌ها بپردازد. بر همین اساس در گام نخست از مطالعه پیشینه، مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته با مدیران، تحلیل مضمون و ایجاد چارچوب اولیه و سپس مصاحبه گروهی و تشکیل گروه کانونی با اصحاب صنعت جهت اعتباربخشی و سرانجام توزیع پرسشنامه بین معاونین شرکت‌های آب و فاضلاب استانی و آزمون فریدمن استفاده و چارچوب نهایی اهداف و پیش‌نیازهای مدیریت هوشمند آب و زیرسامانه اسکادای آن در ابعاد مورد نظر ارائه شده است که می‌تواند مبنای توسعه اجرای آن‌ها باشد.

کلید واژگان: مدیریت هوشمند، اسکادا، اهداف، پیش‌نیازها، صنعت آب و فاضلاب.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* دانشجوی دکتری، مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

** عضو هیئت علمی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران (نویسنده مسئول):jhm1847@gmail.com

*** عضو هیئت علمی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۱۱/۱۴ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۳/۳۱**

مقدمه

آب، منشأ زندگی و یکی از سه عنصر اصلی اکوسیستم است که خصوصاً در سال‌های اخیر بیش از سایر منابع حیاتی با بحران جدی و کمبود روبرو است. اهمیت نقش حیاتی آب و دفع بهداشتی فاضلاب در سلامتی و رفاه انسان و نقش آن‌ها در پیشبرد توسعه بر همگان واضح است. بسیاری از کشورها در دنیای امروز، بر اثر تجربه به این باور رسیده‌اند که تأسیسات مرتبط با فرآیندهای آب و فاضلاب به دلیل تأثیرات عمیق بر روی سلامت انسان و محیط‌زیست باید تحت نظارت و کنترل قرار گیرد تا بدین‌وسیله مدیران ارشد بهره‌بردار در هر لحظه و از هر مکان بر اساس درجه اولویت و دسترسی خود بر فرآیند تولید، انتقال و توزیع و تصفیه نظارت داشته و در صورت نیاز و با توجه به سطح دسترسی بتوانند این فرآیندها را کنترل و هدایت نمایند. در واقع عدم دسترسی به آب برای مصارف شرب و صنعتی و همچنین عدم دسترسی به تصفیه‌خانه‌های مجهز فاضلاب، یک محدودیت عمده برای توسعه پایدار محسوب می‌شود و این بدان معناست که در کشورهایی مانند کشور ما که با میزان بارندگی کم روبرو بوده و در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد باید از حداقل آب مناسب شرب موجود بیشترین استفاده را کرد (کلانتری،۱۳۹۳). محدودیت منابع آب شرب کشور و تناوب وقوع بلایای طبیعی خصوصاً خشک‌سالی از یک‌سو و افزایش جمعیت شهرها و نیاز روزافزون آن‌ها به آب مناسب شرب از سوی دیگر، ضرورت توجه و رویکرد مناسب به مدیریت کارآمد تأمین آب را بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد. یکی از روش‌های مناسب برای تحقق مدیریت کارآمد تأمین و توزیع آب، تهیه و اجرای طرح جامع کنترل هوشمند شبکه‌های آب‌رسانی به‌عنوان شریان‌های حیاتی است. ابزار تحقق کنترل هوشمند شبکه‌های آب‌رسانی سامانه‌های اسکادا[1](SCADA) هستند که پایش، کنترل و جمع‌آوری داده وظیفه اصلی آن‌هاست (کلانتری،۱۳۹۳). در واقع، جلوه عینی بحث هوشمندی کسب‌وکار در صنعت آب و فاضلاب در قالب سامانه‌های اسکادا تعریف می‌شود که این سامانه‌ها خود جزئی از سامانه‌های خودکارسازی تولید می‌باشند (شاه‌حسینی،۱۳۹۷). در کشور ما با توسعه صنعت آب و فاضلاب در بیش از ۱۰۵۰ شهر و وجود

1. Supervisory Control and Data Acquisition

بالغ بر ۲۳۰۰۰ تأسیسات در این صنعت، لزوم نگرش کلان مدیریتی در این حوزه بسیار مشهود است. در این خصوص شاخص‌های تعریف‌شده وزارت نیرو در زمینه مدیریت سامانمند منابع آب و تأسیسات آب و فاضلاب در افق سال ۱۴۰۴ لزوم گذر از بهره‌برداری سنتی به یک سیستم نوین مبتنی بر فناوری روز را دوچندان می‌نماید. بند هفت و دوازدهم این شاخص‌ها عبارت است از: بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند در مدیریت و بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع و برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع آب و عملاً کاهش ریسک‌پذیری ناشی از پیش‌بینی‌های ضعیف و بعضاً غلط یا غیرواقعی مبتنی بر آمار و اطلاعات نادرست یا با دقت‌های بسیار اندک. که به‌صورت مستقیم بر استقرار و پیاده‌سازی سامانه‌های مدیریت هوشمند آب تأکید می‌کند (کنترل سازان فرآیند،۱۳۹۲). از دیدگاه مدیریت شهری نیز ایجاد این سیستم‌ها در یک جامعه شهری توسعه‌یافته، امری بسیار ضروری است و همان‌طور که اشاره شد تهدید کمبود آب، دولت‌ها و صنایع را وادار به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها برای افزایش بهره‌وری و میزان آب در دسترس نموده است. لذا مراکز اداره‌کننده تأسیسات آب‌رسانی، پس از مواجه با کمبود آب، به‌منظور بهبود بهره‌وری سیستم‌های آب‌رسانی شروع به سرمایه‌گذاری و ارتقای زیرساخت‌های شبکه (به‌منظور کاهش نشتی‌ها) و تشویق فرهنگ مصرف مناسب و آموزش چگونگی صرفه‌جویی در مصرف آب کردند و به‌موازات آن و به طرز فزاینده‌ای روی به‌کارگیری فن‌آوری‌ها و نصب و راه‌اندازی تجهیزات نوین اندازه‌گیری آوردند و با تعیین تعرفه مناسب مصرف (که به‌طور کامل منعکس‌کننده هزینه‌های تولید و نیز انگیزه‌ای برای صرفه‌جویی مصرف‌کنندگان است)، قدم‌های مؤثری در جهت مدیریت مصرف برداشتند. فن‌آوری به‌کاررفته جهت اندازه‌گیری مداوم میزان مصرف آب و اعمال فرمان های نظارتی لازم، اسکادا نام دارد (کلانتری،۱۳۹۳). طبق تعریف، اسکادا در واقع هوشمند سازی یک مجموعه در سطح صنعتی است و در عمل، یک سامانه مرکزی است که نظارت و واپایی یک سایت یا سیستم گسترده در فواصل زیاد (در حد چندین کیلومتر) را بر عهده دارد. در صنعت آب و فاضلاب نیز به‌واسطه پراکندگی تأسیسات موجود نظیر مخازن، چاه‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ

از سامانه‌های اسکادا (که در صنعت آب و فاضلاب تله‌متری و کنترل از راه دور[1]نیز نامیده می‌شود) به‌وفور استفاده می‌شود. در اهمیت نقش این‌گونه سامانه‌های کنترلی باید به این نکته مهم اشاره شود که استفاده از آب آشامیدنی کیفی و دفع و تصفیه اصولی فاضلاب از نیازهای بشر قرن بیست‌ویک بوده و کشورهای جهان بسته به شرایط اقلیمی و فراوانی یا کمبود آب، همچنین با توجه به میزان سرانه تولید ناخالص ملی خود از نعمت آب آشامیدنی کیفی، برخوردار یا محروم‌اند و از نظر دسترسی به سیستم فاضلاب مناسب بهداشتی نیز متفاوت هستند و این یعنی همان‌طور که اشاره شد اهداف ناشی از استقرار سامانه‌های اسکادا در کشورهای مختلف متفاوت است (شاه‌حسینی،۱۳۹۷). نظر به تمرکز این پژوهش بر صنعت آب و فاضلاب، ذکر این نکته ضروری است که علی‌رغم سابقه بسیار مثبت این‌گونه سامانه‌های نظارتی در جهت مدیریت بهینه و تهیه گزارش‌های مدیریتی متنوع، در طراحی آن‌ها بیشتر به کاهش مصرف انرژی و هدر رفت آب پرداخته شده و کمتر از نقش و اهمیت آن‌ها، جهت تحقق سایر اهداف مدیریتی سخن به میان آمده است. همچنین در بسیاری از موارد و علیرغم هزینه‌های سنگین اجرای این‌گونه سامانه‌های نظارتی، به دلیل عدم لحاظ نمودن پیش‌نیازهای لازم، اثربخشی آن‌ها در هاله‌ای از ابهام قرار دارد. لذا این پژوهش درصدد است تا رویکردی یکپارچه را به‌منظور تبیین اهداف و پیش‌نیازهای استقرار شبکه هوشمند آب و زیرسامانه اسکادا ی آب و فاضلاب فراهم آورد و از این طریق، ضمن هدایت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته به مسیر مناسب، با شناسایی پیش‌نیازهای مورد نیاز، مانع از اتلاف هزینه و کاهش بهره‌وری این‌گونه سامانه‌های مدیریتی گردد.

مبانی نظری پژوهش

در بررسی ادبیات پژوهش، ضمن بررسی مقوله شهر هوشمند و شبکه آب هوشمند، به آنچه تحت عنوان تعریف اسکادا، دستاوردهای آن در صنایع مختلف به‌صورت عام و جایگاه آن در صنعت آب و فاضلاب پرداخته شده است.

1. Telemetry And Telecontrol

شهر هوشمند[1]

شهر، به‌عنوان خاستگاه تمدن بشری همواره مورد توجه نظریه‌پردازان علوم مختلف بوده است. فضای پیچیده شهر، انسان‌های اندیشمند را برای رهایی از مشکلات و نارسایی‌ها و رسیدن به حد متعالی زندگی به فکر اصلاح و ایجاد ساختارهای جدید شهری وادار نموده است. شهر هوشمند در طی یک دهه اخیر، به‌عنوان راهکار بی‌بدیل حل معضلات شهری مورد توجه شهرسازان و مدیران شهری واقع شده است (غلامرضا محمدی،۱۳۹۵) تابه‌حال هیچ اتفاق‌نظری در مورد تعریف شهر هوشمند به دست نیامده است. تنها نقطه مشترک بین مفاهیم موجود، استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)[2]است. فناوری اطلاعات و ارتباطات، عامل کلیدی در پشتیبانی از سرویس‌های ارائه‌شده به شهروندان، به‌عنوان اصلی‌ترین المان یک شهر، است (محمد اسماعیل قربانی و محمد غلامی،۱۳۹۷). تعاریف بسیاری برای شهر هوشمند وجود دارد و انواع مدل‌های مفهومی با جایگزین کردن \"هوشمند\" با سایر صفات (برای مثال خبره و یا دیجیتال) ایجاد شده‌اند اما بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، تعریفی واحد برای شهر هوشمند در میان متخصصان امر وجود ندارد (آودهل[3]،۲۰۱۷). می‌توان گفت شهر هوشمند یعنی شهر زنده‌ای که قدرت درک معنا و رفتار و علائم انسانی را دارد و به‌عنوان توانایی مشخص یک شهر و نه تمرکز بر جنبه‌های منفرد آن درک می‌شود (غلامرضا محمدی،۱۳۹۵). هدف اصلی شهرهای هوشمند، دستیابی به پایداری (توسعه پایدار) در شهر با کمک فن‌آوری‌های مدرن در برخی از ساختارهای (هدف‌گذاری شده مورد نظر) است. شهر هوشمند سعی می‌کند فناوری‌های دیجیتال پیشرفته را با روش‌های برنامه‌ریزی شهری برای یافتن راه‌حل‌های نوآورانه که در ارتقاء پایداری کمک می‌کند، یکپارچه کند. درواقع، هوشمندی واقعی چیزی است که به‌واسطه استراتژی‌های منطقی برای بسط کاربرد نوآوری‌های دنیای فناوری اطلاعات و ارتباطات و تطبیق آن‌ها در پروسه حمایت از اهداف بلندمدت (توسعه) پایدار شهری به دست می‌آید. فرارو ویژگی‌های شهر هوشمند را در سه جنبه مهم قرار می‌دهد: برنامه‌ریزی و مدیریت،

1. Smart City
2. Information and Communications Technology
3. Aawdahl

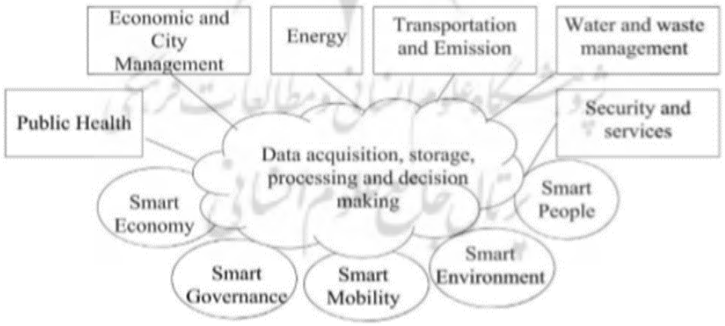
مردم یا سرمایه انسانی و زیرساخت‌ها او معتقد است که در یک شهر هوشمند، لازم است که تمام جنبه‌های فوق توسعه یابد.گیفینگر شش بعد عمده برای شهر هوشمند ارائه داد: جامعه هوشمند، حکمروایی هوشمند، جابه‌جایی و تردد هوشمند، محیط هوشمند و زندگی هوشمند این موارد به‌عنوان ابعاد اصلی شهر هوشمند شناخته شده‌اند (شهبازی،۲۰۱۸). امروزه و با گسترش جمعیت شهرها، نیازهای روزافزونی در بسیاری از جنبه‌های زندگی شهری مانند مدیریت محیط‌زیست، امنیت عمومی، برنامه‌ریزی شهری، تدارکات نیازهای صنعت، استفاده از منابع، صرفه جویی در انرژی، کنترل ترافیک، مراقبت از راه دور، نگهبانی منازل، ارتباطات بین فردی، فعالیت‌های اجتماعی و سرگرمی مطرح می‌شود. شکست در پاسخ به هر یک از نیازهای فوق ممکن است پروسه توسعه پایدار یک شهر را تهدید کند. شهر هوشمند ممکن است راه‌حلی باشد که اساساً بر پایه دستگاه‌های هوشمندی که به‌صورت گسترده و برای پاسخ در زمان مناسب، ایجاد کنترل خودکار، جمع‌آوری اطلاعات برای تصمیم‌گیری هوشمندانه و تسهیل خدمات مختلف و بهبود کیفیت زندگی شهری و نظارت در زمان واقعی[1]محیط‌های شهری توزیع شده‌اند، بنا شده است. این شبکه توزیع‌شده گره‌های حسگر[2]هوشمند و همچنین مراکز داده[3]/ ابرها[4]که در آن حسگرها مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ساختار خاصی از زیرساخت‌های شهر هوشمند را ایجاد می کنند (هه[5]۲۰۱۴).

شبکه آب هوشمند[6]

شهر هوشمند در درجه اول شهر را به‌عنوان یک سیستم که دارای زیرسیستم‌های متعدد است بررسی می کند (هافد و همکاران[7] ۲۰۱۲). از دیگر سوی بدیهی است که آب منبع حیات انسان است و با افزایش جمعیت و توسعه شهری، کمبود منابع آب مناسب شرب به‌طور فزاینده‌ای

1. Real Time
2. Sensor
3. Data Centers
4. Clouds
5. Yuan He
6. Smart Water Grid
7. Hafedh et al.

برجسته می‌شود و موضوع آلودگی آب نیز بیشتر و بیشتر اهمیت پیدا می‌کند. به دلیل تأثیر جدی ناشی از سیل، خشک‌سالی و هوای مخاطره انگیز در سرتاسر جهان، نظارت و مدیریت منابع آب به یک مشکل بزرگ برای توسعه شهری بدل شده است. به‌عنوان بخش مهمی از شهر هوشمند، انتظار می‌رود تا (فرآیند) آب هوشمند به‌عنوان المانی مهم برای کمک به جوامع توسط نسلی جدید از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات که می‌تواند چند مشکل نظیر تغییرات اقلیمی در سطح جهان، کمبود منابع آب به دلیل استفاده بیش‌ازحد توسط مردم و وضعیت بغرنج منابع آبی مانند سوانح شدید و خشک‌سالی و تخریب زیست‌بوم‌های محیط‌زیست را حل کند، پذیرفته شود (یوان یوان و همکاران[1] ۲۰۱۷). شکل یک برخی ارکان شهر هوشمند و کاربردهای آن را نشان می‌دهد که مدیریت آب و فاضلاب را نیز در بر می‌گیرد. با اجرای سامانه مدیریت هوشمند آب انتظار می‌رود که بهره‌وری منابع آبی بهبود یابد، فرهنگ جمعی برای ترویج صرفه جویی در مصرف آب پدید آید و درنهایت فرایند صیانت از منابع آبی به‌واسطه اطلاعات مرتبط با حفاظت از آب، توسعه یابد. آب هوشمند، شبکه آب هوشمند، آب اینترنتی، مدیریت آب هوشمند و ... نیز نامیده می‌شود. بعضی تعاریف بر هدف آب هوشمند تمرکز می‌کنند، برخی کاربرد ابزارهای فناوری اطلاعات را لحاظ می‌کنند و برخی بر نوآوری در ساختار و اجزا متشکله آن‌ها، یکپارچگی منابع و همکاری تجاری با دیدگاهی عمل محور تأکید می‌کنند (وانگ یوانوآن و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل ۱: ارکان و موارد کاربرد متنوع شهرهای هوشمند (ویجیا و سیواکومار[2] ۲۰۱۶)

1. Yuanyuan et al.
2. Vijaia & Sivakumar

در حوزه آب و در طی سنوات اخیر، تغییر میزان و محل بارش‌ها با توجه به تغییرات آب و هوایی، مدیریت آب را دشوارتر نموده است. علاوه بر این، تعصبات منطقه‌ای در خصوص (تملک و توزیع) منابع آبی و مسائل مربوط به حقوق آب باعث اختلافات در هر بخش و منطقه‌ای به دلیل کمبود آب می‌شود. سیستم متمرکز تأمین آب که به منابع آبی وابسته است، قادر به پاسخگویی مناسب به تغییرات آب‌وهوا و همچنین بلایای طبیعی مانند تغییرات جمعیتی و تروریسم نیست و آسیب‌پذیر است. بر اساس بررسی صورت گرفته و برای حل این مشکل و برای تمام منابع آبی در دسترس، یک روش مدیریت آب یکپارچه بر اساس عرضه و تقاضای منطقه‌ای مورد نیاز است که می‌بایست قادر باشد توزیع منابع آبی را متناسب با تعصبات (منطقه‌ای) موجود بر سر منابع آبی مدیریت کند و منجر به افزایش بهره‌وری عملیاتی و پوشش تقاضاهای نگهداری و تعمیرات از طریق ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات و با توجه به طرح کلی موجود برای استفاده از تمام منابع آبی شناسایی شده در سایت هدف شود. (بر همین اساس) به‌تازگی شبکه آب هوشمند به‌عنوان گزینه‌ای برای تکمیل سیستم مدیریت آبی موجود معرفی شده است (کواکا و همکاران[1]۲۰۱۶). مسائل مربوط به کمبود آب و تنش آبی به تهدیدی برای جوامع تبدیل شده است که این امر، مدیریت (منابع) آبی را به یک جنبه حیاتی جهت اطمینان از پایداری شبکه آب‌رسانی بدل می‌سازد. یک سیستم مدیریت کارآمد آب، نیازمند هزاران دستگاه (حسگرها و / یا محرک‌ها) در سراسر شبکه توزیع آب است که امکان نظارت و کنترل اجزای شبکه آب را به‌صورت بلادرنگ فراهم می‌کند. ما در جهانی فناوری محور زندگی می‌کنیم. جایی که فناوری اطلاعات و ارتباطات برای توسعه پایدار اهمیت دارد. مدیریت آب یکی از حوزه‌هایی است که این فناوری، نقش کلیدی در رسیدگی به چالش‌های مختلف مرتبط مانند تشخیص نشت و بهینه‌سازی پویای فرایند بازی می‌کند (انتولی و ابو محفوظ[2]۲۰۱۶). امروزه فناوری شبکه هوشمند آب به‌عنوان راه‌حلی امیدبخش برای حل‌وفصل بحران ناشی از مشکلات در عرصه آب در سطح جهانی در نظر گرفته می‌شود (وون

1. Kwaka et al.
2. Ntuli & Abu-Mahfouz

لی و همکاران[1](۲۰۱۵). دلیل این موضع آن است که ما با افزایش تقاضا جهت زیرساخت‌های توزیع آب مناسب شرب روبرو هستیم و نیاز واقعی برای یکپارچه‌سازی سیستم‌های پشتیبان تصمیم که مبنای فعالیت آن‌ها نظارت مستمر بر شبکه، پارامترهای هیدرولیکی و کیفیت آب است وجود دارد. این ساختار به‌وسیله شبکه هوشمند آب شکل می‌گیرد که به شرکت آب و فاضلاب، به‌عنوان نهاد خدمت رسان، اجازه می‌دهد تا به سمت بهبود بهینه‌سازی عملکرد سیستم، کنترل مؤثرتر مدیریت نشت و کاهش مدت‌زمان تعمیر و نگهداری و نرخ خرابی تجهیزات حرکت کند (الین و همکاران[2] ۲۰۱۲). در واقع، شبکه‌های آب هوشمند، مدل جدید توسعه پایدار شهری است. در جهان امروز شهر الکترونیک و نوع تکامل‌یافته آن شهر هوشمند به‌عنوان راهکار بی‌بدیل در حل معضلات شهری مورد توجه شهرسازان و مدیران شهری واقع شده است. آنچه یک شهر را به سمت هوشمندی پیش می‌برد، صرفاً استفاده از ابزار الکترونیک و سیستم ارتباطاتی آن شهر نیست بلکه استفاده از این ابزار جهت ارتقای کیفی سطح زندگی شهروندان یک شهر است. دو هدف اصلی از پیاده‌سازی شهر هوشمند، ارتقای کیفیت و سطح زندگی و توسعه پایدار اقتصاد است. شبکه هوشمند آب، یکی از اجزای مؤثر در ارتقا کیفیت خدمات‌رسانی و تأمین پایدار و مطمئن آب به‌عنوان یکی از نیازهای اساسی شهروندان است. با توجه به گستردگی پارامترهای مؤثر در شبکه‌های آب که یک شبکه درهم‌تنیده را ایجاد می‌کند، برخی از پارامترهای مؤثر در کنترل بهینه تأسیسات مشاهده می‌شوند که بعضی حسب توابع هدف، هر یک در تقابل با یکدیگر بوده و کنترل بهینه سیستم آب‌رسانی را در شرایط مختلف بهره‌برداری و بحران‌های احتمالی به‌شدت مشکل و غالباً خارج از توان فکری و زمانی بهره‌برداران می‌نماید. به این منظور و برای افزایش سطح کیفی و کمی خدمات و کاهش هزینه‌های مرتبط فنّاوری نوینی تحت عنوان شبکه‌های هوشمند آب با تعریف کلی زیر ثبت گردید:

1. Won Lee et al.
2. Allen et al.

شبکه‌های هوشمند شبکه‌هایی با کارایی بالا هستند که امکان مدیریت بهنگام، بهینه و مطمئن را برای تولید، بهره‌برداری و توزیع منابع آبی را فراهم می‌کنند. (بهپویان امین منتظر،۱۳۹۴)

اسکادا

امروزه سیستم‌های اسکادا به طور گسترده‌ای برای نظارت و کنترل بر اجزای سخت‌افزاری پراکنده در تأسیسات صنعتی مانند نیروگاه‌ها، شبکه‌های برق و تصفیه آب استفاده می‌شوند. اغلب این سامانه‌ها در زیرساخت‌های بحرانی استفاده می‌شوند که امنیت و ایمنی در آن‌ها جزو عوامل حیاتی هستند. به همین دلیل، آن‌ها باید استانداردهای سخت‌گیرانه‌ای را رعایت کنند. به شکل مرسوم، سیستم‌های اسکادا در قالبی همگون و به‌صورت یکپارچه با یک مرکز داده[1] مرکزی و با حجم زیاد کابل‌کشی که برای اتصال تجهیزات سخت‌افزاری مختلف با مرکز داده لازم است، پیاده‌سازی می‌شوند (ام گریلو و همکاران[2] ۲۰۱۴). در واقع اسکادا، سیستم‌های کنترل رایانه‌ای هستند که برای نظارت و واپایش فرایندهای فیزیکی استفاده می‌شوند و معمولاً از مجموعه‌ای از تجهیزات شبکه محور نظیر کنترل‌کننده‌ها، حس‌گرها، ترانزیستورها، دستگاه‌های ارتباطی و... تشکیل شده‌اند. اسکادا، سیستم‌هایی با ویژگی پراکندگی زیاد هستند که برای کنترل دارایی‌های توزیع‌شده در یک محدوده جغرافیایی به کار می‌روند. در این سیستم‌ها، جمع‌آوری متمرکز داده‌ها و کنترل توزیع دارایی‌ها برای (تداوم) عملکرد سیستم حیاتی است. این سیستم‌های کنترل که اغلب به‌طور متقابل به سیستم‌های دیگر وابسته و متصل هستند برای عملیات زیرساخت‌های بحران‌زای ایالات‌متحده حیاتی هستند (تنگ[3]،۲۰۱۲). سیستم‌های بزرگ و کوچک می‌توانند با استفاده از مفهوم اسکادا ساخته شوند. این سیستم‌ها می‌توانند از ده ها تا هزاران حلقه کنترلی، بسته به نوع برنامه استفاده کنند (ای بویر[4]،۲۰۱۰). مفهوم اسکادا به‌عنوان یک ابزار متداول در سطح دنیا، در قالب دسترسی از راه دور به انواع

1. Data Cenetr
2. M. Grilo et al.
3. Tang
4. A Boyer

ماژول‌های[1] کنترل محلی، توسعه یافته است که می‌تواند اجازه دسترسی (به تجهیزات صنعتی) را از طریق پروتکل‌های استاندارد خودکارسازی و از تولیدکنندگان مختلف داشته باشد. در عمل، سیستم‌های اسکادای بزرگ، توسعه یافته و بسیار شبیه به سیستم‌های کنترل توزیع‌شده[2] در حوزه عملکردی خود می‌شوند؛ اما نکته مهم آن است که این اتفاق، با استفاده از تجهیزات ارتباطی می‌افتد. آن‌ها می‌توانند فرآیندهای بسیار متنوعی را در گستره خیلی وسیع یا کوچک کنترل کنند که می‌توانند شامل چندین سایت و کارخانه باشد. سیستم اسکادای غیرمتمرکز (توزیع‌شده)، از یک مرکز کنترل مرکزی و تعدادی مراکز کنترل محلی که شامل پایانه‌های دوردست[3] و یا کنترل کننده‌های قابل‌برنامه‌ریزی[4] هستند تشکیل شده‌اند که از طریق یک شبکه مخابراتی با یکدیگر متصل هستند (تشیعی و محمدی،۱۳۹۵).

پیشینه پژوهش

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی دلیل اصلی افزایش تقاضا برای آب شیرین در سراسر جهان است. تأثیرات احتمالی تغییرات آب و هوایی و افزایش روند شهرنشینی باعث افزایش سهم استفاده از آب‌های موجود در جهان برای رفع تقاضای شهرها شده و امنیت (تأمین) آب برای جمعیت شهری را بسیار دشوار و پرهزینه خواهد ساخت (ساویچ و همکاران[5]،۲۰۱۴). به دلیل آنکه زیرساخت‌های توزیع آب سالم با تقاضاهای زیاد مواجه می‌شوند، نیازی واقعی برای یکپارچه‌سازی سیستم‌های پشتیبان تصمیم[6] بر پایه نظارت مستمر بر شبکه، پارامترهای هیدرولیکی و کیفیت آب در خصوص آن‌ها وجود دارد. چنین سیستم‌هایی در قالب یک شبکه هوشمند آب ساختار می‌یابند و به شرکت آب و فاضلاب اجازه می‌دهند برای بهبود فرایند بهینه‌سازی عملکرد سیستم، کنترل مؤثرتر مدیریت نشت و کاهش مدت‌زمان تعمیر و نگهداری و نرخ خرابی تجهیزات حرکت کند. شبکه آب هوشمند، ما را دچار چالش‌هایی اساسی در

1. Module
2. Distributed Control System
3. Remote Terminal Unit
4. Programmable Logic Controller
5. Savić et al.
6. Decision Support System

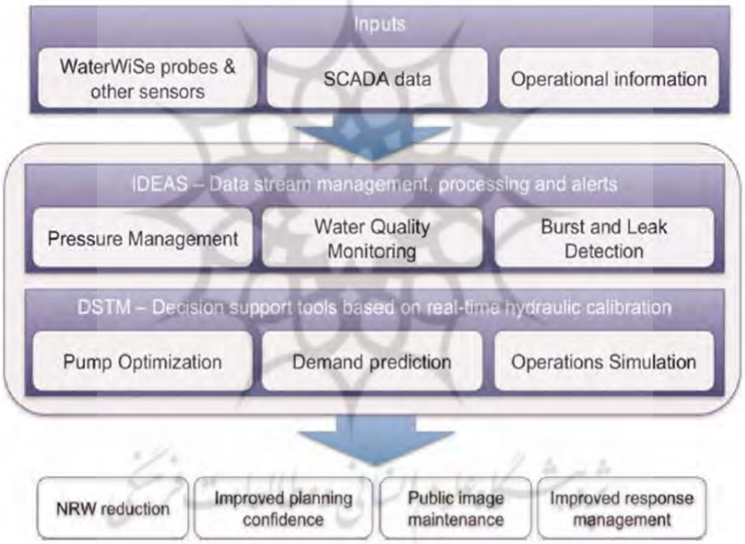
سنجش، تجزیه‌وتحلیل و انجام بهینه عملیات سازمانی می‌کند، بدین معنی که باید اندازه‌گیری انجام شود و فراتر از آن، منافعی از این اندازه‌گیری‌ها برای ما فراهم شود؛ یعنی تجزیه‌وتحلیل هوشمند برای تبدیل انبوه داده‌های خام به اطلاعات مفید، باید در دسترس باشد و این اطلاعات باید به‌صورت مناسب و به موقع به کار گرفته شود (النا و همکاران[1] ۲۰۱۲). در واقع، بدون مجموعه‌ای از اطلاعات جمع‌آوری‌شده، از طریق اندازه‌گیری لحظه‌به‌لحظه و در یک بازه زمانی طولانی‌مدت، نمی‌توان (سیستم توزیع آب) را در قالب مدیریت "شبکه محور" توصیف کرد. مفهوم شبکه آب، رویکردی شناخته شده است که تدریجاً و به‌منظور تضمین ظرفیت و افزایش امنیت مشتریان در شبکه‌های توزیع آب معرفی و به کار گرفته شد و ایده اصلی آن، این است که از چندین منبع استفاده شود که به‌صورت شبکه‌ای به هم متصل هستند. این رویکرد با گسترش تدریجی شبکه‌های آب‌رسانی و ضرورت غلبه بر ریسک‌های ناتوان‌کننده (در پاسخ‌گویی به نیازهای مشتریان) ترویج شد. پیاده‌سازی و مدیریت شبکه آب، مستلزم مدیریتی کارآمد – عمدتاً بهینه‌سازی عملیات – است که این موضوع، بسیار پیچیده‌تر از رویکرد سنتی است که تنها بر روی یک منبع واحد تمرکز دارد. از دیگر سوی، امکانات ارائه‌شده توسط شبکه هوشمند و به‌ویژه نسل جدید حس‌گرها، در کنار شبکه ارتباطی اجازه می‌دهد تا به‌صورت بلادرنگ، کیفیت منابع به‌منظور بهینه‌سازی عملیات توزیع و تضمین امنیت مصرف‌کنندگان، نظارت و پایش گردد. معرفی راه‌حل‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در حوزه آب، فرصتی برای بهبود مدیریت شبکه‌های آب و افزایش بسیج منابع مختلف برای خلق مدیریت پایدار است. بر این اساس مفهوم شبکه آب به رویکرد شبکهٔ آب هوشمند افزوده می‌شود که در آن راه‌حل‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات نقش کلیدی ایفا می‌کنند. لحاظ کردن شبکه در کنار استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای مدیریت آب می‌تواند مفهوم جدید " شبکه آب هوشمند " را تعریف کند. در این میان، ضروری است که تغییرات اقلیمی در رابطه با فعالیت‌ها و چرخه فوق مورد توجه قرار گیرد. ازاین‌رو، یک مدیریت یکپارچه و مؤثر آب با مصرف پایین انرژی و کارایی بالا مورد نیاز است. شبکه آب هوشمند می‌تواند از توانایی‌های فناوری

1. Allena et al.

اطلاعات در سطح فیلد، برای حل این مشکل در سطح کلان استفاده کند که خود می‌تواند عامل ایجاد صنعت آب سبز شود. برای غلبه بر محدودیت‌های سیستم موجود مدیریت منابع آب، شبکه آب هوشمند توسعه یافته که یک سیستم مدیریت هوشمند است که در کنار خود پیشرفته‌ترین فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات را به همراه دارد. پروژه شبکه آب هوشمند، یک ساختار توسعه فن‌آوری با هدف تلفیق کسب‌وکار (آب) با کسب‌وکار اطلاعاتی (هوشمند) و کسب‌وکار زیرساخت (شبکه آب‌رسانی) و پر کردن شکاف منابع آبی است. هدف نهایی دستیابی به کیفیت و ایمنی آب با استفاده از انرژی کم و راندمان بالا و درعین‌حال مقابله با تغییرات اقلیمی است. رویکرد جدید می‌تواند با ترکیبی از چند منبع، برای تأمین امنیت توزیع آب و همچنین افزایش قابلیت اطمینان آن مورد استفاده قرار گیرد (جون بیون و همکاران[1]، ۲۰۱۵). اولین تلاش‌های صورت گرفته در راستای مدیریت انرژی و کیفیت آب[2] مربوط به مدیریت انرژی مصرف‌شده توسط پمپ‌ها می‌شود که بیش از دو دهه پیش توسط پژوهشگران دانشگاهی و خبرگان صنعت آب، بررسی گردید. در سال ۲۰۰۳ کلرادور اسپرینگز[3] سیستم (مدیریت کیفیت آب و انرژی) را بر پایه تلاش‌های صورت گرفته در منطقه خدمات شهری خلیج شرقی[4] ایجاد کرد. به‌این‌ترتیب که یک برنامه‌ریزی عملیاتی زمان‌بندی‌شده بر اساس فرآیندهای سازمانی مرتبط که توسط کاربر تنظیم می‌شد، به دست آمد. در نهایت این گزارش، شدنی بودن کنترل عملیات روزانه سیستم (مدیریت کیفیت آب و انرژی) را نشان داد. در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ نرم‌افزار به‌روز شده و تجاری سیستم (مدیریت کیفیت آب و انرژی) در مناطق مختلف جهان از جمله نیوزلند، بریتانیا، استرالیا، کانادا و کره نصب و اجرا شدند. در واقع، مفهوم سامانه مدیریت یکپارچه انرژی و کیفیت آب در اوایل دهه نود میلادی برای ایجاد یک شرکت آب و فاضلاب، بر پایه یک سامانه مدیریتی مبتنی بر کنترل سیستم و به‌منظور دستیابی هم‌زمان به کارایی در حوزه انرژی و تحقق اهداف کیفی آب طراحی و تبیین شد. چنین مفهومی، مجموعه‌ای از برنامه‌های نرم‌افزار کاربردی منحصربه‌فرد در حال

1. Byeon et al.
2. EWQM: Energy and Water Quality Management
3. Colorado Springs
4. East Bay Municipal Utility District

توسعه یا تجاری‌سازی شده‌اند که امکان اجرای مجموعه‌ای از استراتژی‌های کاهش هزینه انرژی را با توجه به محدودیت‌های تعریف‌شده به ما می‌دهد (چرچی و همکاران[1]،۲۰۱۵). جدول شماره یک، شامل تجارب کشورهای مختلف در خصوص اجرای بخشی از این طرح است که از مستندات کتابخانه‌ای گروه سنوس استخراج شده است (گروه سنوس[2]،۲۰۱۵). درباره جایگاه اسکادا در فرایند مدیریت هوشمند آب باید به این نکته اشاره کرد که ارتباطات بلادرنگ نرم‌افزار مدیریت یکپارچه انرژی و آب با اسکادا این امکان را فراهم می‌آورد تا به کنترل و صدور توصیه‌های مستمر و پیشنهادهای پویا در مورد عملکرد سیستم (مثل پمپاژ، سرریز مخزن ذخیره و ... بر اساس زمان استفاده روزانه از برق، تعرفه مربوطه، پیش‌بینی تقاضا و برنامه‌ریزی (کارکرد) پمپ‌ها) بپردازد (چرچی و همکاران،۲۰۱۵).



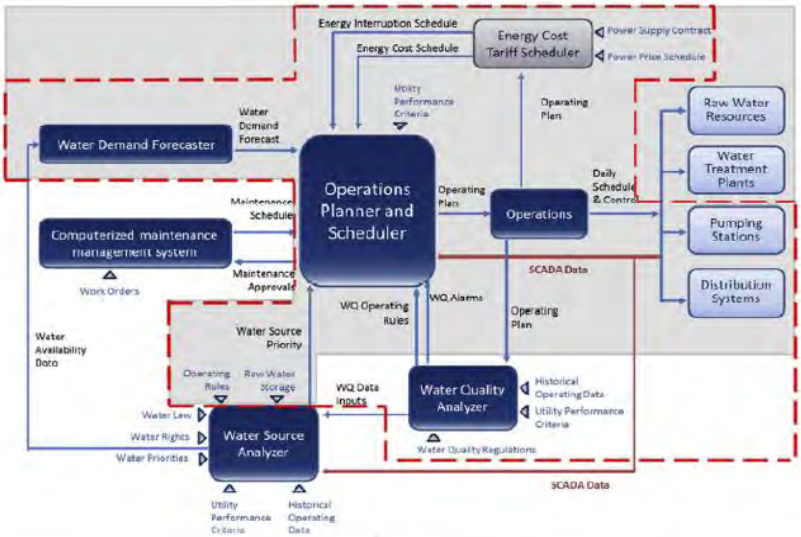
شکل ۲: بررسی اجمالی عملکرد پلت فرم WaterWiSe با کاربردهای فعال‌شده توسط سیستم یکپارچه داده‌و هشدارهای الکترونیکی و ماژول پشتیبانی از تصمیم‌و یک مجموعه منتخب از مزایای دیده شده (مایکل النا و همکاران، ۲۰۱۲).

1. Cherchi et al.
2. Senus Group
3. Integrated Data and Electronic Alerts System
4. Decision Support Tools Module

جدول ۱: بهترین فرصت‌ها برای بهبود عملکرد شرکت آب و فاضلاب با استقرار شبکه هوشمند آب

	عامل	فرصت صرفه جویی	مأخذ
مدیریت فشار و نشت	کاهش میزان آب تولیدی	۲ تا ۵ درصد کاهش نشت	Global Water Intelligence, "SWAN's way- in search of lost water," (June 2011)
	کاهش هزینه انرژی پمپاژ	۲ تا ۵ درصد کاهش نشت	Global Water Intelligence, "SWAN's way- in search of lost water," (June 2011)
	کاهش هزینه نشت‌یابی	۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش نشت	D.C. Water case study, referenced in AWWA Webcast, "AMI Improves Customer Service and Operational Efficiency," (February 2012)
	کاهش نرخ ترکیدگی لوله‌ها	۵ تا ۱۰ درصد کاهش اتلاف آب و ترکیدگی	Malaysia case study, referenced in Global Water Intelligence,"SWAN's way - in search of lost water," (June 2011)
	کاهش اتلاف مواد شیمیایی در اثر کاهش نشت	۲ – ۵ درصد کاهش	Global Water Intelligence, "SWAN's way- in search of lost water," (June 2011)
بهینه‌سازی توزیع سرمایه	کاهش هزینه سرمایه‌ای ثابت لازم برای لوله‌گذاری	۱۵-۱۰ درصد کاهش هزینه سرمایه‌ای ثابت لازم برای لوله‌گذاری	مطالعه موردی آب و فاضلاب آلاسکا، (نتایج) از مصاحبه با یک متخصص صنعت حاصل شده است.
مدیریت کیفیت آب	کاهش هزینه نمونه‌برداری دستی	۳۰- ۷۰ درصد کاهش هزینه نمونه‌برداری	تخمینی بر اساس نتایج کارشناسان صنعت
	کاهش هزینه خرید مواد شیمیایی	۱۰-۵ درصد کاهش هزینه خرید مواد شیمیایی	تخمین بر اساس نظر کارشناسان آزمایشگاه کنترل کیفیت آب
بهینه‌سازی و نگهداری شبکه	کاهش هزینه باربری مرتبط با بهینه‌سازی و نگهداری	۲۰-۱۰ درصد صرفه جویی در هزینه‌ها	D.C. Water case study, referenced in AWWA Webcast, "AMI Improves Customer Service and Operational Efficiency," (February 2012)

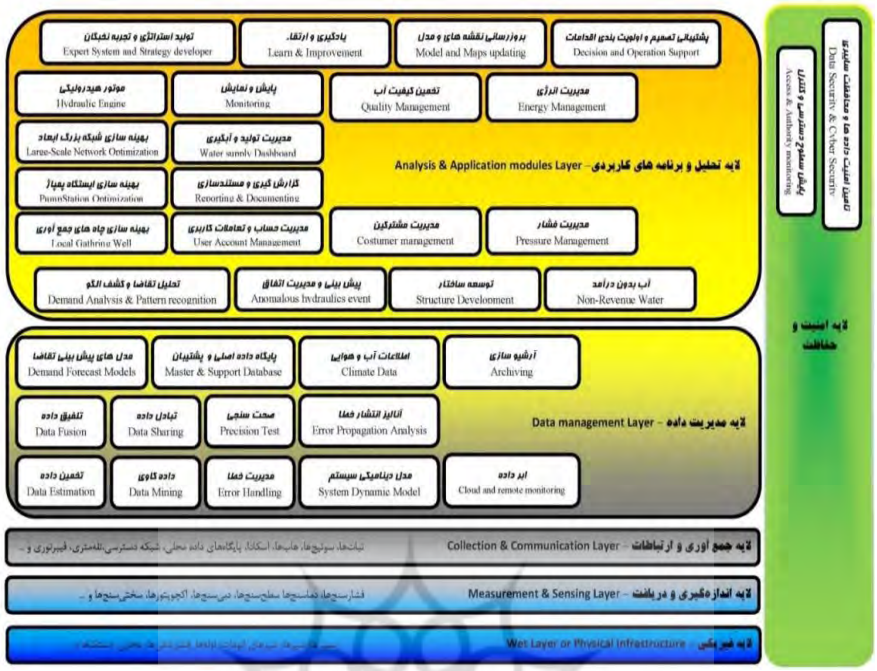
در زمینه تبیین جایگاه سامانه اسکادا در پلت فرم شبکه هوشمند آب، شکل دو نشانگر آن است که داده‌های سامانه اسکادا در کنار ورودی‌های سنسورها و اطلاعات عملیاتی فرآیند، ورودی‌های اصلی سیستم یکپارچه داده و هشدارهای الکترونیکی و ماژول پشتیبانی از تصمیم یک شبکه آب هوشمند هستند. ابزار پیش‌بینی مصرف آب در یک بازه زمانی بسیار کوتاه‌مدت شامل مدل‌سازی با روش‌های معمول رگرسیون، تجزیه‌وتحلیل سری‌های زمانی، تکنیک‌های هوش مصنوعی، سیستم‌های خبره، شبکه‌های عصبی مصنوعی، تکنیک‌های مدل‌سازی مانند مدل‌های اکتشافی، شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیون، اغلب عملکردی مشابه را در قالب پیش‌بینی ساعت‌به‌ساعت فرآیند نشان می‌دهد و دقت آن‌ها بستگی به دقت و پیش‌بینی پذیری داده‌های حاصل از سیستم اسکادا، پیچیدگی و همچنین کالیبراسیون و سطح نگهداری ابزارهای نرم‌افزاری دارد. شکل سه شمای ارتباط بین اجزای مختلف در یک شبکه هوشمند (مبتنی بر مدیریت انرژی و کیفیت آب) را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، اسکادا یکی از زیرمجموعه‌های کلیدی شبکه هوشمند آب است. این شکل مثالی نمادین از اجزای یک سیستم مدیریتی یکپارچه انرژی و آب مرسوم را در قالب یک چارچوب مفهومی و با لحاظ نمودن مواردی که معمولاً در محصولات نرم‌افزاری تجاری تلفیق می‌شوند و همچنین معماری داخلی آن‌ها، نمایش می‌دهد. به‌صورت اجمالی، عملیات خدمت‌رسانی در حوزه آب توسط یک برنامه‌ریز عملیاتی و مدیر پروژه‌ای که نقش اصلی آن ایجاد و توسعه روزانه یک برنامه عملیاتی برای کل سیستم است هماهنگ می‌شود. نرم‌افزار با سامانه اسکادا ارتباط برقرار می‌کند و با آن یکپارچه می‌شود و رویکرد آن بر اساس پیش‌بینی‌های دقیق و افزایش دقت پیش‌بینی عملکردهای هیدرولیکی، عملکرد پمپ، ساختار تعرفه برق، تغییرات، تقاضای سیستم (دیماند) و کیفیت آب است. (کارلا چرچی و همکاران،۲۰۱۵).



شکل ۳: رابطه میان اجزای مختلف در یک شبکه هوشمند آب‌رسانی (کارلا چرچی و همکاران،۲۰۱۵).

در میان منابع داخلی و مطابق مستندات کتابخانه‌ای شرکت آب و فاضلاب مشهد، شکل کلی ارتباطات طرح شبکه هوشمند آب شرب به شرح شکل چهار است که جایگاه سامانه اسکادا در لایه جمع‌آوری اطلاعات کاملاً مشهود به نظر می‌رسد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۴: رابطه میان اجزای مختلف در یک شبکه هوشمند آب‌رسانی (بهپویان امین منتظر،۱۳۹۴)

اما علیرغم همه این مزایا، نباید فراموش کرد که پیاده‌سازی مدیریت یکپارچه انرژی و آب با چالش‌های بسیاری مواجه است که عمده این چالش‌ها به زیرساخت، مرزهای در نظر گرفته شده برای سیستم، انرژی برآورد شده و پیکربندی جغرافیایی اختصاص دارد. اگرچه تمام اجزا سامانه مدیریت یکپارچه انرژی و آب دارای پیکربندی مشابهی هستند اما هر یک نیاز به بسط و تغییر در قالب ویژگی‌های خاص سیستمی، اهداف و محدودیت‌ها یا ملاحظات هر سایت جهت نصب دارند. تاکنون تنها بنگاه‌های بزرگ که قادر به ایجاد و پرداخت هزینه مالی یک پلت فرم خودکار هستند و یا همه گونه با سخت‌افزار و نرم‌افزار پیچیده تجهیز شده‌اند کنترل مبتنی بر مدیریت یکپارچه آب و انرژی را انتخاب کرده‌اند که این دلیلی کلیدی بر انجام این پژوهش است که با علم به مزایای استفاده از این‌گونه سامانه هوشمند و علیرغم هزینه‌های سرسام‌آور طراحی و پیاده‌سازی آن‌ها، پیش‌نیازها و اهداف استقرار آن‌ها در صنعت آب و

فاضلاب چگونه است؟ در پاسخ باید گفت که به‌طورکلی فرآیند اجرای مدیریت یکپارچه انرژی و آب در قالب گام‌هایی صورت می‌گیرد، ابتدا با بهینه‌سازی عملیات در قسمت‌های کنترل پهنه‌ای از سیستم توزیع که می‌توانند مستقل شود و سپس مادامی‌که پیش‌بینی ذخیره کردن و بازگشت سرمایه‌گذاری تضمین شده باشد، گسترش مستمر مسیر حرکت به کل شبکه. کنترل واقعی بر فرایندهای آبی و به‌ویژه تأمین آب سیستم‌های توزیع بدون (زیرساخت) تله‌متری مناسب یا اسکادای کافی امکان‌پذیر نیست. استفاده از یک زیرساخت مدیریتی یکپارچه انرژی و آب، نیاز به ارتباط با یک سیستم کنترل در دسترس دارد. اگر سیستم اسکادای موجود و سیستم تله‌متری دربرگیرنده قابلیت کنترل از راه دور پمپ و شیرآلات، مطابق منطق از پیش تعریف شده نباشد، شرکت آب و فاضلاب نیاز به سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در زمینه توسعه منطق کنترلی دارد (به‌عنوان‌مثال، سخت‌افزار کنترل و اندازه‌گیری از دور یا نرم‌افزار) که ارتباط با سیستم اسکادا را برقرار کند. در تعامل اسکادا و مدیریت یکپارچه انرژی و آب و به‌منظور تحقق عملیات بلادرنگ این سامانه مدیریتی، ورودی دقیق و به موقع مقادیر حاصل از سامانه اسکادا به سیستم مدیریت یکپارچه انرژی و آب مهم است. در غیر این صورت، اگر ورودی‌های مدل نادرست باشند یا به‌موقع تحویل داده نشوند تا بتوان از آن‌ها به‌صورت مؤثری در امر بهینه‌سازی استفاده کرد، شرکت آب و فاضلاب مزایای مورد انتظار را دریافت نخواهد کرد. شبکه اسکادا، جز کلیدی و حیاتی پروسه نظارت و کنترل فرایندهای تأسیسات تحت پوشش است. یک خطا در سامانه اسکادا می‌تواند عملکرد سیستم را تا آنجا تغییر دهد که تأثیر منفی بر سلامت عمومی و ایمنی بگذارد و یا ضررهای اقتصادی برای یک بنگاه خدمات رسان در حوزه آب را به ارمغان بیاورد؛ بنابراین بنگاه‌های خدمات رسان در حوزه آب، (سرنوشت) زیرساخت‌های اسکادای موجود خود را با اجزا نرم‌افزار سیستم مدیریت یکپارچه انرژی و آب جدید پیوند نمی‌زنند (و از آن‌ها به‌صورت مستقل استفاده می‌کنند). در اصل، اکثر امکاناتی که پیاده‌سازی مدیریت یکپارچه انرژی و آب را محقق می‌کنند نیاز به یک سیستم کنترل قوی

دارند که در برگیرنده سرورهای آماده‌به‌کار اصلی[1] و پشتیبان[2] اسکادا به‌عنوان بخشی از معماری سیستم است که آماده پاسخ به هر نوع حادثه سخت‌افزاری و شکست در پروسه برقراری ارتباط است (کارلا چرچی و همکاران،۲۰۱۵). حضور زیرسامانه اسکادا به‌عنوان جز کلیدی پلت فرم شبکه هوشمند آب در کنار لزوم استفاده از آن به‌صورت مستقل، عاملی شد تا اهداف و پیش‌نیازهای مدیریت هوشمند آب و سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب، هر یک به شکل مستقل مورد بررسی و جایگاه سامانه اسکادا در پلت فرم مدیریت هوشمند آب مورد راستی آزمایی قرار گیرد. در خصوص اثربخشی اسکادا باید به دو پژوهش زیر در میان منابع داخلی اشاره کرد که به شکل خاص به اهداف استقرار این‌گونه سامانه‌ها در صنعت آب و فاضلاب پرداخته‌اند. مجید کلانتری، طی پژوهشی با عنوان " تعیین میزان اثربخشی استفاده از سامانه‌های اسکادا در مدیریت بحران شرکت‌های آب و فاضلاب شهری (مطالعه موردی شرکت آب و فاضلاب شهری استان البرز) " در سال ۱۳۹۳، اثربخشی استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی را بر مدیریت بحران شرکت‌های آب و فاضلاب به اثبات رسانده است. از دیگر سوی ناهید شاه‌حسینی طی پژوهشی با عنوان " بررسی تأثیر هوشمند سازی کسب‌وکار بر رضایتمندی مشتریان با تأکید بر سیستم اسکادا شرکت آب و فاضلاب شهری استان تهران " در سال ۱۳۹۷ بر تأثیر مثبت استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی بر رضایتمندی مشتریان و کارمندان شرکت آب و فاضلاب صحه گذاشته است. در سایر منابع مرتبط با صنعت آب و فاضلاب، نظیر پایان‌نامه با عنوان " بررسی و امکان‌سنجی استفاده از سیستم‌های تله‌متری و کنترل از راه دور در صنعت آب، مطالعه موردی: تأسیسات آب‌رسانی به روستاهای مجتمع پشتکوه شهرستان دشتی "، نوشته زهرا فرهمند پور در سال ۱۳۹۰، به‌صورت فهرست‌وار به مزایای استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی پرداخته شده است. پس از بررسی پیشینه و مبانی علمی جایگاه سامانه اسکادا در بطن شبکه هوشمند آب، مثال‌های عملیاتی استقرار و پیاده‌سازی شبکه‌های هوشمند آب و اجرای سامانه‌های اسکادا در کشورهایی نظیر استرالیا، آمریکا، کانادا، ایرلند، کره جنوبی، هند

1. Hot Server
2. Cold Server

و ایران مورد بررسی قرار گرفت و اهداف و پیش‌نیازهای استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی استخراج گردید.

روش‌شناسی پژوهش

طرح‌های پژوهشی، نقشه‌ها و شیوه‌هایی برای انجام پژوهش هستند که تصمیمات مختلف از مفروضات گسترده تا جزییات گردآوری و تحلیل داده‌ها را در بر می‌گیرند (کرسول،۱۳۹۶). تحقیقات به لحاظ مخاطب استفاده از پژوهش و جهت‌گیری‌های اصلی مشتمل بر بنیادی[1] کاربردی[2] و توسعه‌ای[3] است (سرمد، بازرگان و حجازی،۱۳۸۵). از این منظر، این پژوهش در زمره پژوهش‌های بنیادی قرار می‌گیرد. همچنین به لحاظ هدف از میان سه دسته اهداف اکتشافی، توصیفی و تبیینی (نیومن،۱۳۹۵) این پژوهش در گروه پژوهش‌های اکتشافی قرار می‌گیرد. چراکه پژوهش حاضر با هدف ایجاد یک تصویر کلی از جایگاه سامانه‌های اسکادا در بطن سامانه‌های مدیریت هوشمند، ساختار یافته است و به تبیین اهداف و پیش‌نیازهای استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی می‌پردازد. این پژوهش از روش تحقیق آمیخته استفاده کرده است. با شیوه‌های گوناگونی می‌توان این روش‌ها را ترکیب کرد. یک راه استفاده از روش‌ها به‌صورت متوالی است. یعنی ابتدا یکی و بعد دیگری. راه دیگر استفاده از روش‌ها به‌صورت موازی یا هم‌زمان است (نیومن،۱۳۹۵). روش‌های آمیخته متوالی، شیوه‌هایی هستند که پژوهشگر به کمک آن‌ها سعی می‌کند تا یافته‌های یک روش را با روش دیگر تشریح کند یا بسط دهد (کرسول،۱۳۹۶) در این پژوهش شیوه متوالی به کار برده شده است. به‌منظور تحقق اهداف پژوهش، با مطالعه سوابق پیشین، شناختی از وضع موجود در این زمینه حاصل و مدل‌ها و چارچوب‌های موجود بررسی گردید. با عنایت به وجود پاره‌ای مقالات و گزارش‌های امکان‌سنجی استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی در صنعت، از روش بررسی مستندات استفاده شد و کلیه مدارک اجرایی در دسترس و سوابق استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی در دنیا تا

1. Fundamental
2. Applied
3. Developmental

حد امکان، مورد بررسی دقیق قرار گرفت. در ادامه با بهره‌گیری از نتایج این گام و از طریق مصاحبه عمیق و نیمه ساختاریافته با هفت نفر از مدیران ذی‌ربط صنعت آب و فاضلاب کشور، مؤلفه‌های مرتبط با اهداف و پیش‌نیازهای استقرار سامانه‌های اسکادا و مدیریت هوشمند آب شناسایی و پس از مقایسه و تلفیق با اهداف و پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند و زیرسامانه اسکادای حاصل شده از مرحله قبل، داده‌های حاصل با روش تحلیل تم، به‌عنوان یکی از روش‌های کارآمد و انعطاف‌پذیر و به وسیله نرم‌افزار MAXQDA10 تحلیل شد. در گام بعدی انجام مصاحبه گروهی در قالب تشکیل گروه کانونی با حضور دو نفر از مدیران ارشد صنعت آب و فاضلاب کشور، دو متخصص از جامعه مشاورین طراح و پیمانکاران اجرای سامانه‌های اسکادای صنعت آب و فاضلاب کشور و دو نفر از اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر در این حوزه برای اعتباربخشی به نتایج حاصل شده لحاظ گردید که در این خصوص هم‌اندیشی و توافق صورت پذیرفت. در نهایت به‌منظور اعتبار دهی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های مزبور، توزیع پرسشنامه بین سی‌ودو نفر از معاونین بهره‌برداری شرکت‌های آب و فاضلاب (حاصل از فرمول کوکران) به عنوان گام دیگر پژوهش مورد نظر قرار گرفت و با بهره‌مندی از نتایج حاصله، چارچوب نهایی اهداف و پیش‌نیازهای استقرار شبکه هوشمند آب و سامانه اسکادا در تأسیسات آب و فاضلاب در ابعاد مورد نظر ارائه شده است که می‌تواند مبنای توسعه اجرای آن‌ها باشد. تحلیل تم به باور " بارون " و " کلارک "[1] روشی برای شناخت، تحلیل و گزارش الگوهای موجود در داده‌های کیفی و فرآیندی برای تحلیل داده‌های متنی است که داده‌های پراکنده و متنوع را به داده‌هایی غنی و تفصیلی بدل می‌کند و در دیدن متن، برداشت و درک مناسب از اطلاعات ظاهراً نامرتبط، تحلیل اطلاعات کیفی، مشاهده نظام‌مند شخص، گروه، موقعیت، سازمان یا فرهنگ و نیز تبدیل داده‌های کیفی به داده‌های کمی کاربرد دارد. مفهوم تم دارای معانی چندگانه و مبین اطلاعات مهمی درباره ایده‌ها و سؤالات تحقیق است و تا حدی معنی و مفهوم الگوی موجود در مجموعه‌ای از داده‌ها را نشان می‌دهد. استفاده از روش تحلیل مضمون، زمانی مفید است که پژوهش در زمینه‌ای نامشخص صورت گیرد و یا نظر افراد درباره موضوع

1. Braun & Clarke

مورد پژوهش معلوم نباشد. همچنین زمانی که عرضه تفضیلی‌تر و جزئی‌تر مضمونی خاص یا گروهی از مضامین در درون داده‌ها مدنظر باشد و یا مواردی که پژوهشگر به دنبال بررسی سؤالی خاص و حل نشده و یا حوزه علاقه خود در درون داده‌ها باشد، به کار می‌رود (خنیفر و مسلمی، ۱۳۹۷). نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تحلیل تم و با کمک نرم‌افزار Maxqda.10 در قالب تم‌های اصلی، تم‌های فرعی و مفاهیم ارائه شده است. بر اساس رویکرد براون و کلارک، فرایند به کار گرفته شده در این پژوهش برای تحلیل تم طی شش فاز آشنایی با داده‌ها، ایجاد کدهای اولیه، جستجوی تم‌ها، بازنگری تم‌ها، تعریف و نام‌گذاری تم‌ها و نهایتاً تهیه گزارش صورت پذیرفته است. در مرحله نخست نسبت به مطالعه و مرور چندباره داده‌ها، یادداشت‌برداری‌ها و برجسته نمودن ایده‌ها، ایجاد فهرستی از داده‌ها نگارش شده و بررسی عمیق آن‌ها اقدام شده است. در فاز دوم پس از تحلیل و سازمان‌دهی داده‌ها در گروه‌های معنادار اقدام به ایجاد کدهای اولیه شده است و در گام سوم با تمرکز بر تحلیل در سطحی کلان‌تر، پس از حصول اطمینان از اینکه تم‌ها به‌اندازه کافی خاص، مجزا و غیرتکراری و درعین‌حال کلان و دربرگیرنده تمامی ایده‌های مطروحه باشد؛ کدهای مختلف در قالب تم‌ها مرتب، مرتبط و تحلیل شده است. فاز چهارم شامل پالایش تم‌ها است. ازاین‌رو، در این پژوهش تمام داده‌های کدگذاری شده زیرمجموعه هر تم خوانده و اطمینان حاصل شد که الگوی منسجمی را تشکیل می‌دهند و در نهایت تم‌های به‌دست‌آمده در گروه‌های مشابه و منسجم و بر اساس محتوا و با لحاظ مبانی نظری تحقیق دسته‌بندی گردید و عنوان نهایی هر تم با لحاظ اینکه در عین اختصار به خواننده درکی صحیح از آنچه تم در مورد آن است ارائه کند، مشخص گردید و در مرحله نهایی یعنی تدوین گزارش، روایت مختصر، منسجم، منطقی و غیرتکراری که داده‌های تحت هر تم و میان تم‌ها بیان کند و ضرورت وجود تم را نشان دهد ارائه شده است (بارون و کلارک، ۲۰۰۶). برای سنجش روایی این پژوهش، علاوه بر اینکه مضامین فراگیر، سازمان دهنده و پایه، با مطالعه مبانی نظری، پیشینه تحقیق و کلیه منابع و مستندات اجرایی در دسترس انتخاب و تائید شدند. نظرات و راهنمایی گروهی از خبرگان نیز لحاظ شد و قبل از کدگذاری، جرح‌وتعدیل نهایی به عمل آمد. در این پژوهش، نخست، کدگذاری با مطالعه سطر

به سطر کلیه مستندات موجود به‌صورت دستی صورت گرفت و پس از اتمام کدگذاری دستی و بدون مراجعه مجدد به آن، کدگذاری رایانه‌ای با نرم‌افزار Maxqda.10 به‌صورت مستقل انجام شد. سپس نتایج این دو کدگذاری با یکدیگر مقایسه و از روش هولستی[1]برای محاسبه پایایی استفاده شد که فرمول آن عبارت است از:

$PAO = 2M / (N_1+N_2)$

در فرمول فوق M تعداد موارد کدگذاری مشترک بین دو کدگذار است.N_1 و N_2 به ترتیب تعداد کلیه موارد کدگذاری شده توسط کدگذار در مراحل اول و دوم است. مقدار PAOبین صفر (عدم توافق) و یک (توافق کامل) است و اگر از ۰/۷ بزرگ‌تر باشد مطلوب است. فرمول هولستی جهت تعیین پایایی داده‌های اسمی بر حسب «درصد توافق مشاهده‌شده»[2] است که مقدار آن در این پژوهش برابر است با:

$692*2/(۷۷۴+۷۳۷)=0.۹۱۶$

در فاز کمی تحقیق نیز جهت تعیین پایایی ابزار اصلی گردآوری داده‌ها که پرسشنامه است، از معمول‌ترین آزمون پایایی هماهنگی منطقی درونی یعنی محاسبه ضریب آلفای کرونباخ[3]از طریق نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. در خصوص جامعه و نمونه آماری و روش نمونه‌گیری نیز با عنایت به آن‌که در این پژوهش برای شناسایی وضع موجود و دریافت نقطه نظرات مخاطبین پژوهش، مصاحبه صورت گرفت. در مصاحبه از روش نمونه‌گیری غیر احتمالی و هدفمند با تأکید بر بهره‌مندی از نظرات مدیران ذی‌ربط میانی صنعت آب و فاضلاب کشور و وزارت نیرو استفاده شده است. به‌گونه‌ای که از هر یک از معاونت‌های چهارگانه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و یا دفاتر متناظر آن در مجموعه وزارت نیرو، حداقل دو نماینده (ترجیحاً مدیر) که با شرایط کاملاً آشنا باشند، مدنظر قرار گرفت و تلاش گردید تا از هر چهار مدیر معاونت نظارت بر بهره‌برداری، به‌عنوان کاربران نهایی استفاده از این‌گونه سامانه‌های نظارتی، مصاحبه به عمل آید. در این میان و با عنایت به نو پا بودن مفاهیم مورد بحث

1. Holsti’s Method
2. Percentage of Agreement Observation
3. Cronbach's Alpha

در سطح صنعت آب و فاضلاب، پس از مصاحبه با هفت نفر از مدیران ذی‌ربط و انجام تحلیل لازم، اشباع نظری حاصل شد. از میان مصاحبه‌شوندگان، پنج نفر، کارشناسی ارشد و دو نفر دارای مدرک کارشناسی و همگی آقا می‌باشند. در خصوص گروه کانونی نیز با توجه به پرسش‌ها و هدف پژوهش و با توجه به ضرورت مصاحبه گروهی، نمونه گیری قضاوتی مد نظر قرار گرفت. بدین ترتیب که شش نفر از افراد مطلع و مرتبط با موضوع، اعم از معاونین ارشد شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، وزارت نیرو و مشاورین و پیمانکاران فعال در عرصه طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های اسکادا در صنعت آب و فاضلاب کشور و اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر در این حوزه انتخاب شدند. در مرحله پیمایش نیز با توجه به هدف این مرحله و اعتبار یابی یافته‌های مرحله قبل، سی‌ودو نفر از معاونین بهره‌برداری شرکت‌های آب و فاضلاب بر اساس فرمول کوکران انتخاب شده‌اند. از سی‌ودو پرسشنامه توزیع شده، سی نفر به پرسش‌ها پاسخ دادند که همگی مرد بوده‌اند. افراد دارای بیست تا بیست‌وپنج سال سابقه بیشترین پاسخ‌گویان را تشکیل دادند و بیشتر آن‌ها دارای تحصیلات در سطح کارشناسی ارشد بودند.

یافته‌ها

تجزیه‌وتحلیل یافته‌های پژوهش می‌تواند به شیوه‌های مختلف در جهت حمایت نیازهای مخاطبین پژوهش و تسهیل تحصیل اهداف آن صورت پذیرد. در پژوهش حاضر و در گام نخست با استفاده از مرور گسترده ادبیات و مطالعه مستندات و انجام مطالعات تطبیقی و انجام مصاحبه با متولیان موضوع، اهداف و پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب و فاضلاب و اهداف و پیش‌نیازهای استقرار سامانه اسکادا به‌عنوان جزئی از پلت فرم شبکه هوشمند آب، از منظر صاحب‌نظران این حوزه تبیین گردید.

بر این اساس و مطابق جدول دو، از میان هفده هدف احصا شده در خصوص استقرار سامانه مدیریت هوشمند تأسیسات آب و فاضلاب، بیشترین تأکید بر مقوله " مدیریت هوشمند شبکه توزیع " بوده است و سایر مقوله‌ها مشتمل بر بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌های عملیاتی و مدیریت مخاطره در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

جدول ۲: عناوین اهداف استقرار سامانه مدیریت هوشمند تأسیسات آب و فاضلاب

ردیف	عنوان هدف
۱	مدیریت هوشمند شبکه توزیع
۲	بهبود بهره‌وری
۳	کاهش هزینه‌های عملیاتی
۴	مدیریت مخاطره
۵	مدیریت یکپارچه منابع آبی
۶	کنترل کیفی آب
۷	کنترل هوشمند فرآیندها
۸	مدیریت نگهداری و تعمیرات
۹	پاسخ‌گویی به نیازها و افزایش رضایت مشترکین

ردیف	عنوان هدف
۱۰	مدیریت مصرف انرژی
۱۱	حصول اهداف پدافند غیرعامل
۱۲	افزایش تاب‌آوری و قابلیت اطمینان
۱۳	تحقق ابزار توسعه پایدار
۱۴	مدیریت منابع انسانی
۱۵	تأثیر مثبت زیست‌محیطی
۱۶	ایجاد مدل جدید توسعه پایدار شهری
۱۷	تلفیق کسب‌وکارهای آب با فناوری اطلاعات و شبکه

جدول سه نشان می‌دهد که مهم‌ترین پیش‌نیازهای استقرار شبکه هوشمند آب به ترتیب، ضرورت وجود استراتژی اجرایی مناسب، احصا پیش‌نیازهای لازم برای جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها و پیاده‌سازی سامانه اسکادا بوده است. تحلیل صورت گرفته روی مستندات موجود و ادبیات تحقیق نیز به‌وضوح نشان‌دهنده اهمیت فراوان استقرار اسکادا به‌عنوان جز کلیدی پلت فرم شبکه هوشمند آب است.

جدول ۳: عناوین پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند تأسیسات آب و فاضلاب

ردیف	عنوان پیش‌نیاز
۱	ضرورت وجود یک استراتژی اجرایی مناسب
۲	احصا پیش‌نیازهای لازم برای جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها
۳	ضرورت استقرار سامانه اسکادا
۴	لزوم فرهنگ‌سازی در خصوص شبکه هوشمند آب

ردیف	عنوان پیش‌نیاز
۵	ضرورت تأمین اعتبار اجرا و به‌روزرسانی شبکه‌های هوشمند آب
۶	لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی متخصص
۷	لزوم وجود مدل هیدرولیکی کالیبره شبکه توزیع
۸	ضرورت استقرار GIS

طبق جدول چهار، مهم‌ترین هدف استقرار سامانه اسکادا، به‌عنوان جزئی از پلت فرم شبکه هوشمند آب، هوشمند سازی یک مجموعه در سطح صنعتی است و در گام‌های بعدی، بهبود شاخص‌های مرتبط با کارایی فرایندها و مدیریت مخاطره قرار دارد.

جدول ۴: عناوین اهداف استقرار سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب

ردیف	عنوان هدف
۱	هوشمند سازی یک مجموعه در سطح صنعتی
۲	بهبود شاخص‌های مرتبط با کارایی فرایندها
۳	مدیریت مخاطره
۴	بهبود فرایندهای بهره‌برداری تأسیسات آب و فاضلاب
۵	مدیریت بحران
۶	مدیریت مصرف انرژی و کاهش هزینه برق مصرفی

ردیف	عنوان هدف
۷	بهبود شاخص‌های مرتبط با اقتصاد آب از طریق مدیریت هزینه
۸	افزایش بهره‌وری منابع انسانی و کاهش هزینه و خطای نیروی انسانی
۹	ایجاد زیرساخت برای سیستم‌های پشتیبان تصمیم
۱۰	افزایش رضایتمندی مشترکین
۱۱	بهبود شاخص‌های مرتبط با فرآیند نگهداری و تعمیرات

جدول پنج نیز مهم‌ترین پیش‌نیاز استقرار سامانه اسکادا در صنعت آب و فاضلاب را لزوم تدوین استراتژی اجرایی مناسب می‌داند و در گام‌های بعدی بیشترین تأکیدات روی مبحث لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی آگاه و متخصص، اهمیت رعایت الزامات امنیت سایبری و پدافند غیرعامل و تأمین منابع مالی لازم است.

جدول ۵: عناوین پیش‌نیازهای استقرار سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب

ردیف	عنوان پیش‌نیاز
۱	لزوم تدوین استراتژی اجرایی مناسب
۲	لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی آگاه و متخصص
۳	لزوم رعایت الزامات امنیت سایبری و پدافند غیرعامل
۴	تأمین منابع مالی لازم
۵	تحلیل هیدرولیکی شبکه
۶	استقرار سامانه GIS
۷	لزوم پیگیری خدمات پس از فروش مناسب جهت تجهیزات منصوبه
۸	ضرورت انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های مرتبط

در گام بعدی و پس از انجام مراحل فوق و تخصیص کلیه مفاهیم به تم‌های فرعی و دسته‌بندی تم‌های فرعی در قالب تم‌های اصلی، بازنگری فرایند مذکور در چندین نوبت انجام گرفت و ضمن تفکیک مفاهیم، در قالب فراوانی (بدون تکرار) و مراجع (با تکرار)، نهایتاً یک نقشه شماتیک راضی‌کننده از داده‌ها به دست آمد. بر این اساس و به‌منظور کمک به قضاوت گروه کانونی، اولویت‌بندی تمایزات شبکه هوشمند آب و سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب در قیاس با سایر سامانه‌های مدیریت هوشمند مشابه، پس از انجام مصاحبه و بررسی دقیق پیشینه فعالیت‌های قبلی، بر اساس فراوانی (بدون تکرار)، در جدول شش و هفت ذکر شده است تا بدین‌وسیله به تبیین بافت سازمانی استقرار این‌گونه ساختارهای هوشمند بپردازیم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۶: اولویت‌بندی وجوه افتراق شبکه هوشمند آب با سایر سامانه‌های مدیریت هوشمند خدمات رسان

ردیف	عنوان ویژگی متمایزکننده	ردیف	عنوان ویژگی متمایزکننده
۱	چندوجهی بودن مدیریت هوشمند تأسیسات آب و فاضلاب	۶	بی‌وقفه بودن خدمات شبکه‌های آب و فاضلاب
۲	میزان بالای آسیب‌پذیری تأسیسات آب و فاضلاب نسبت به سایر سامانه‌های صنعتی	۷	ضرورت انجام کنترل‌های لازم با توجه به فلسفه کنترل
۳	ضرورت تهیه نرم‌افزار بومی تحلیل‌گر در صنعت آب و فاضلاب	۸	ضرورت لحاظ کردن قابلیت اطمینان حداکثری برای سامانه مدیریت هوشمند
۴	حساسیت‌های موجود به لحاظ کمیت و کیفیت خدمات	۹	وجود نقشه راه هوشمند سازی تأسیسات در صنعت آب و فاضلاب
۵	پراکنش و گستردگی زیاد تأسیسات آب و فاضلاب	۱۰	وجود پیش‌نیازهای متعدد و متنوع

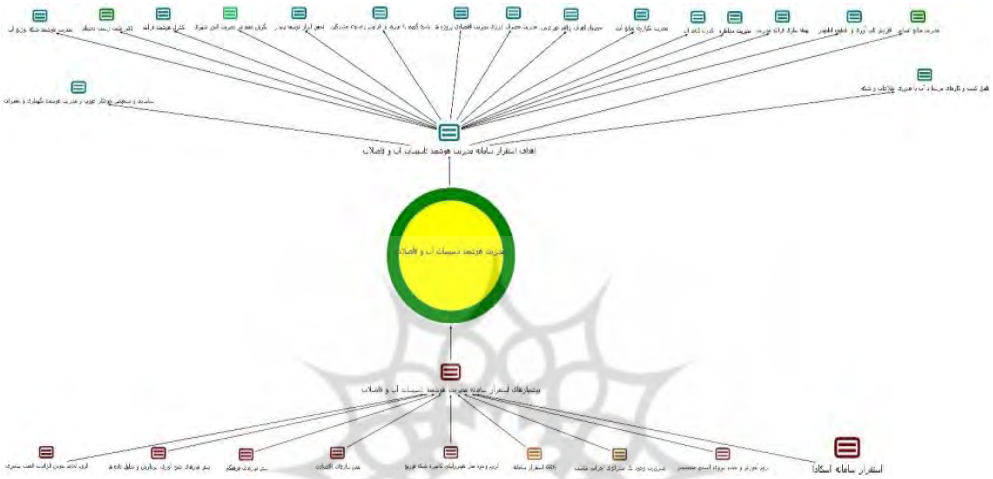
مطابق جدول شش، عمده تمایز سامانه مدیریت هوشمند آب با سایر شبکه‌های هوشمند مدیریتی خدمت رسان به چندوجهی بودن مدیریت هوشمند آب، حساسیت‌های موجود به لحاظ کمیت و کیفیت تأمین آب شرب مشترکین، میزان بالای آسیب‌پذیری تأسیسات آب و فاضلاب و ضرورت تهیه نرم‌افزار بومی تحلیل‌گر در این صنعت بر می‌گردد که این موارد باید به هنگام تدوین پیش‌نیازها و اهداف عملیاتی استقرار این‌گونه سامانه‌های مدیریتی هوشمند لحاظ شود.

جدول ۷: اولویت‌بندی وجوه افتراق اسکادای آب و فاضلاب با سایر سامانه‌های مشابه کنترل صنعتی

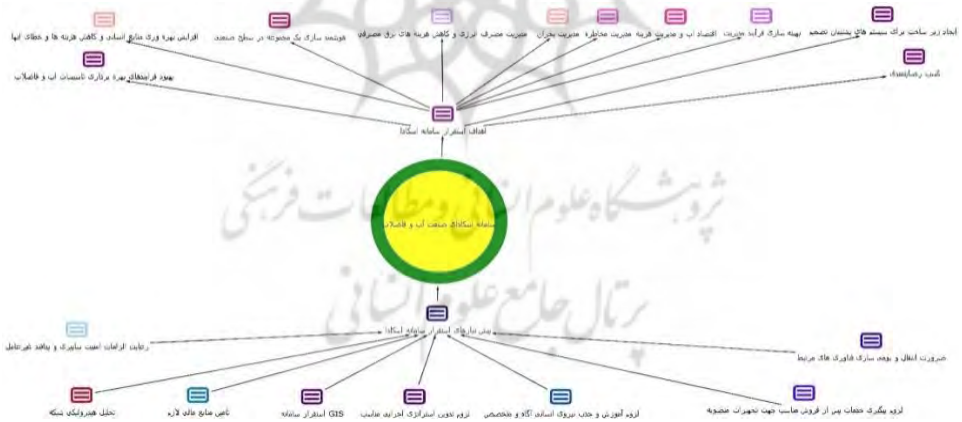
ردیف	عنوان ویژگی متمایزکننده	ردیف	عنوان ویژگی متمایزکننده
۱	پراکندگی زیاد تأسیسات تأمین، انتقال، ذخیره و توزیع آب	۶	عدم اتکای صددرصدی به اسکادا و سایر زیرسیستم‌های مدیریت هوشمند آب و نیاز به قضاوت‌های انسانی در تصمیم‌گیری‌ها
۲	عدم یکپارچگی و به هم‌پیوستگی منابع آبی در سطح کشور	۷	ضرورت تحلیل داده‌های عملیاتی مستخرج از اسکادای صنعت آب
۳	ضرورت ایجاد شبکه ارتباطی قوی و مؤثر	۸	ضرورت حداکثری جهت بهره‌گیری از سیستم‌های کنترل محلی در صنعت آب
۴	لختی فرایندهای سیستم‌های آب و فاضلاب در قیاس با صنایع دیگر	۹	رعایت فوق‌العاده و حداکثری ملاحظات امنیتی

مطابق جدول هفت، آنچه مشهود است، اهمیت توجه به پراکندگی زیاد تأسیسات تأمین، انتقال، ذخیره و توزیع آب، عدم یکپارچگی و به هم‌پیوستگی منابع آبی در سطح کشور، ضرورت ایجاد شبکه ارتباطی قوی و مؤثر و همچنین عدم اتکای صددرصدی به اسکادا و سایر زیرسیستم‌های مدیریت هوشمند آب و نیاز به قضاوت‌های انسانی در تصمیم‌گیری‌ها است که باید به هنگام تدوین پیش‌نیازها و اهداف عملیاتی استقرار این‌گونه سامانه‌های هوشمند لحاظ گردد. در ادامه پژوهش حاضر از گروه کانونی، به‌منظور برقراری تعامل بین شرکت‌کنندگان در پژوهش جهت ایجاد داده‌ها و دستیابی به بینش و آگاهی بیشتر و منسجم‌تر در خصوص اهداف و پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب و همچنین اهداف و پیش‌نیازهای استقرار سامانه‌های اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب بهره گرفته شده است. در گروه کانونی موارد مطروحه در گام‌های قبلی مورد تائید ضمنی قرار گرفت. لیکن در بخش اهداف استقرار شبکه هوشمند آب، مقوله تاب‌آوری بیش از سایر موارد مورد تأکید قرار گرفت و در مبحث اهداف استقرار سامانه اسکادا بر بهبود شاخص‌های مرتبط با اقتصاد آب از طریق مدیریت هزینه و افزایش بهره‌وری منابع انسانی و کاهش هزینه و خطای نیروی انسانی تأکید شد. بر این اساس و پس از تائید نهایی کارشناسان گروه کانونی، شبکه مضامین استقرار شبکه هوشمند آب در شکل پنج و شبکه مضامین استقرار سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب در شکل شش نمایش داده شده است. در آخرین گام، به واسطه آن‌که در فرآیند مصاحبه و تشکیل گروه کانونی به دلیل انتخاب گروه‌های کوچک، قابلیت تعمیم به جمعیت بزرگ‌تر به‌شدت محدود می‌شود و از طرفی کسب اطلاعات ناهمسنگ در نتیجه پویایی گروه‌ها و عدم قطعیت در مورد درستی پاسخ‌های مصاحبه‌شوندگان، به‌عنوان نقیصه‌های غیرقابل‌اجتناب شیوه‌های کیفی مدنظر است، پیمایش پژوهش انجام و از پرسشنامه استفاده شد و بر اساس نتایج آن اولویت‌بندی اهداف و پیش‌نیازها صورت پذیرفت روایی پرسشنامه وقتی تحقق پیدا می‌کند که پرسشنامه به‌درستی بتواند مشخصه مورد نظر را اندازه‌گیری نماید. برای تحقق روایی پرسشنامه به این صورت عمل شده است که پس از طراحی اولیه پرسشنامه، از افراد حاضر در گروه کانونی، دیدگاه‌های اصلاحی اخذ و پس از انجام اصلاحات موردنظر، پرسشنامه نهایی تهیه و تنظیم گردید. همچنین

با نظرخواهی از چند نفر از مخاطبین پرسشنامه که به‌صورت تصادفی انتخاب شدند سؤال‌ها با چندین مرتبه بررسی و بازنگری، واضح و قابل‌فهم شد و با مقدمه‌ای هدف پژوهش تشریح گردید. ابزار پایایی این پژوهش آلفای کرونباخ انتخاب شده است که نتایج آن مطابق جدول هشت و نه است.



شکل ۵: شبکه مضامین استقرار شبکه هوشمند آب



شکل ۶: شبکه مضامین سامانه اسکادا در تأسیسات آب و فاضلاب مبتنی بر شبکه هوشمند آب

مطابق جدول هشت، ضریب آلفای کرونباخ پرسشنامه ۰/۸۱۱ درصد است که در سطح آلفای ۱۰۰ درصد معنی‌دار و حاکی از اعتبار بسیار بالای ابزار اندازه‌گیری است.

جدول ۸: ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش پایایی پرسشنامه

تعداد گزینه	تعداد سؤال	آلفای کرونباخ با داده‌های استاندارد	آلفای کرونباخ
۳۰	۴۰	۰/۸۰۳	۰/۸۱۱

جدول ۹: پارامترهای ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش پایایی پرسشنامه

عنوان	میانگین	کمینه	بیشینه	دامنه تغییرات	نسبت کمینه به بیشینه	واریانس
اقلام میانگین	۳/۴۵	۲/۸۰	۳/۹	۱/۱	۱/۳	۰/۰۶
اقلام واریانس	۱/۲۶	۱/۷	۲/۳	۱/۶	۳/۲	۰/۱۴

مطابق پرسشنامه برای بررسی سؤالات تعدادی گویه مطرح شده و اکنون این سؤال مطرح است که آیا تمامی سؤالات پرسشنامه برای متغیرهای مستقل اثر یکسانی داشته‌اند و در غیر این صورت، ترتیب اثر این سؤالات به چه نحو است. برای پاسخ به این سؤال از آزمون فریدمن استفاده می‌شود که در این آزمون، معنی‌داری تفاوت سؤالات بررسی می‌شوند و درصورتی‌که این تفاوت معنی‌دار باشد آنگاه میانگین رتبه‌های هر سؤال برای بررسی ترتیب اثرات در رد فرضیه مورد بررسی قرار می‌گیرند. مطابق جدول ده مقدار سطح معنی‌داری آزمون تمام متغیرها کم‌تر از α است، بنابراین با اطمینان ۹۹ درصد نتیجه می‌گیریم بین عوامل متغیر فوق تفاوت محسوسی وجود دارد. بر این اساس میزان تأثیر هر یک از عوامل متغیر فوق مطابق جداول ده تا سیزده است.

جدول ۱۰: نتایج آزمون فریدمن

عنوان	تعداد	آماره آزمون (کای دو)	درجه آزادی	سطح معنی-داری آزمون
پیش‌نیازهای استقرار سامانه‌های مدیریت هوشمند آب	۳۰	۸۳/۴۵	۸	۰/۰۰
اهداف استقرار سامانه‌های مدیریت هوشمند آب	۳۰	۶۶/۷۸	۱۲	۰/۰۰۲
پیش‌نیازهای استقرار سامانه‌های اسکادای آب و فاضلاب	۳۰	۷۰/۰۷	۷	۰/۰۰
اهداف استقرار سامانه‌های اسکادای آب و فاضلاب	۳۰	۵۹/۷۶	۹	۰/۰۳

بر این اساس و نظر به معنی‌داری تفاوت سؤالات، رتبه‌بندی عوامل در قالب جداول یازده تا چهارده ارائه شده است. مطابق جدول یازده و در بعد پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب، وجود یک استراتژی اجرایی مناسب و استقرار سامانه اسکادا حائز بیشترین اهمیت و پیش‌نیازهای فرهنگی دارای کمترین اهمیت می باشد.

جدول ۱۱: رتبه‌بندی عوامل عدم پذیرش فرضیه‌ی متغیر -پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب

رتبه	سوال	میانگین	عنوان
۱	سؤال- ۶	۶/۹۰	وجود یک استراتژی اجرایی مناسب
۲	سؤال- ۸	۶/۹۰	استقرار سامانه‌ی اسکادا
۳	سوال- ۴	۶/۰۴	لزوم وجود مدل هیدرولیکی کالیبره شبکه توزیع
۴	سؤال- ۱	۶/۰۲	جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها
۵	سوال- ۲	۵/۳۶	پیش نیازهای اقتصادی
۶	سؤال- ۷	۵/۲۸	لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی
۷	سؤال- ۹	۴/۹۸	لزوم لحاظ نمودن الزامات امنیت سایبری
۸	سؤال- ۳	۴/۸۵	استقرار GIS
۹	سؤال- ۵	۴/۵۱	پیش نیازهای فرهنگی

جدول ۱۲: رتبه‌بندی عوامل عدم پذیرش فرضیه‌ی متغیر-اهداف استقرار سامانه‌های مدیریت هوشمند آب

رتبه	سوال	میانگین	عنوان
۱	سؤال- ۱۳	۶/۷۶	مدیریت هوشمند شبکه توزیع
۲	سؤال- ۱۵	۶/۵۵	پاسخ گویی به نیازها و افزایش رضایت مشترکان
۳	سوال- ۱۱	۶/۰۹	مدیریت منابع انسانی
۴	سؤال- ۱۸	۶/۰۱	هوشمند سازی فرآیند در مدار بهره برداری
۵	سوال- ۲۲	۵/۸۸	کنترل کیفی آب
۶	سؤال- ۱۹	۵/۶۶	مدیریت اقتصادی پروژه‌ها
۷	سؤال- ۱۰	۵/۴۱	تاثیر مثبت زیست محیطی
۸	سؤال- ۲۱	۵/۲۹	حصول اهداف پدافند غیرعامل
۹	سؤال-۱۶	۵/۰۶	نگرش جدید در مدیریت امور شهری
۱۰	سؤال- ۱۲	۴/۸۸	مدیریت یکپارچه منابع آب
۱۱	سؤال- ۲۰	۴/۵۱	مدیریت اثربخش مصرف انرژی
۱۲	سؤال- ۱۴	۴/۳۳	تلفیق کسب و کارهای مرتبط با آب با فناوری اطلاعات
۱۳	سؤال- ۱۷	۴/۰۸	تحقق ابزار توسعه پایدار

مطابق جدول دوازده در بعد اهداف استقرار شبکه هوشمند آب، مدیریت هوشمند شبکه توزیع دارای بیشترین و آیتم تحقق ابزار توسعه پایدار دارای کمترین میزان اهمیت است.

جدول ۱۳: رتبه‌بندی عوامل عدم پذیرش فرضیه‌ی متغیر-پیش‌نیازهای استقرار سامانه اسکادای آب و فاضلاب

رتبه	سوال	میانگین	عنوان
۱	سؤال- ۲۳	۶/۹۸	لزوم تدوین استراتژی اجرایی مناسب
۲	سؤال- ۲۵	۶/۷۳	ضرورت تامین منابع مالی مکفی
۳	سوال- ۲۴	۶/۱۸	ضرورت تحلیل هیدرولیکی شبکه
۴	سؤال- ۲۸	۵/۷۸	لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی آگاه و متخصص
۵	سوال- ۳۰	۵/۲۳	ضرورت انتقال و بومی سازی فناوریهای مرتبط
۶	سؤال- ۲۶	۴/۹۱	رعایت الزامات امنیت سایبری و پدافند غیرعامل
۷	سؤال- ۲۹	۴/۴۴	لزوم پیگیری خدمات پس از فروش مناسب برای تجهیزات منصوبه
۸	سؤال- ۲۷	۴/۰۹	استقرار GIS

جدول سیزده نشان می دهد که در بعد پیش نیازهای استقرار سامانه اسکادا، لزوم تدوین استراتژی اجرایی مناسب دارای بیشترین اهمیت و استقرار GIS حایز کمترین اهمیت است

جدول ۱۴: رتبه‌بندی عوامل عدم پذیرش فرضیه‌ی متغیر-اهداف استقرار سامانه‌های اسکادای آب و فاضلاب

رتبه	سوال	میانگین	عنوان
۱	سؤال- ۳۵	۸۸/۶	مدیریت مخاطره
۲	سؤال- ۳۴	۶/۶۶	مدیریت بحران
۳	سوال- ۳۷	۶/۳۲	افزایش بهره وری منابع انسانی و کاهش هزینه و خطای آن‌ها
۴	سؤال- ۴۰	۵/۹۴	هوشمند سازی یک مجموعه در سطح صنعتی
۵	سوال- ۳۱	۵/۵۱	بهبود شاخصهای مرتبط با نگهداری و تعمیرات
۶	سؤال- ۳۳	۰۱/۵	بهبود فرآیندهای بهره برداری تأسیسات آب و فاضلاب
۷	سؤال- ۳۹	۴/۸۴	اقتصاد آب و مدیریت هزینه
۸	سؤال- ۳۸	۴/۶۵	بهینه سازی فرآیند مدیریت
۹	سؤال- ۳۶	۴/۳۳	کسب رضایت مندی
۱۰	سؤال- ۳۲	۴/۱۹	ایجاد زیر ساخت برای سامانه های پشتیبانی تصمیم

مطابق جدول چهارده، در بعد اهداف استقرار سامانه اسکادای آب و فاضلاب، مدیریت مخاطره حایز بیشترین اهمیت و ایجاد زیر ساخت برای سامانه های پشتیبانی تصمیم دارای کمترین درجه اهمیت است. با توجه به نتایج و لحاظ کردن اهداف و پیش نیازهای دارای میانگین زیاد (پنج به بالا) میتوان چارچوبی را جهت اولویت بندی اهداف و رعایت تقدم و تاخر پیش نیازهای مورد نیاز استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب و زیر سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب متصور شد که این موارد در جداول پانزده و شانزده ارائه شده است.

جدول ۱۵: اولویت اهداف و پیش نیازهای استقرار سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب در سطح ملی

ردیف	اهداف	پیش نیازها
۱	مدیریت مخاطره	لزوم تدوین استراتژی اجرایی مناسب
۲	مدیریت بحران	ضرورت تامین منابع مالی مکفی
۳	افزایش بهره وری منابع انسانی و کاهش هزینه و خطای انسانی	ضرورت تحلیل هیدرولیکی شبکه
۴	هوشمند سازی یک مجموعه در سطح صنعتی	لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی آگاه و متخصص
۵	بهبود شاخصهای مرتبط با نگهداری و تعمیرات	ضرورت انتقال و بومی سازی فناوریهای مرتبط
۶	بهبود فرآیندهای بهره برداری تأسیسات آب و فاضلاب	

جدول ۱۶: اولویت اهداف و پیش نیازهای استقرار شبکه هوشمند آب و فاضلاب در سطح ملی

ردیف	اهداف	پیش نیازها
۱	مدیریت هوشمند شبکه توزیع	وجود یک استراتژی اجرایی مناسب
۲	پاسخ گویی به نیازها و افزایش رضایت مشترکان	استقرار سامانه اسکادا
۳	مدیریت منابع انسانی	لزوم وجود مدل هیدرولیکی کالیبره شبکه توزیع
۴	هوشمند سازی فرآیند در مدار بهره برداری	جمع آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها
۵	کنترل کیفی آب	پیش نیازهای اقتصادی
۶	مدیریت اقتصادی پروژه ها	
۷	تاثیر مثبت زیست محیطی	
۸	حصول اهداف پدافند غیرعامل	
۹	نگرش جدید در مدیریت امور شهری	

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تبیین الزامات سامانه مدیریت هوشمند آب در ایران انجام پذیرفت. ویژگی های مهم محیط های هوشمند این است که آن‌ها دارای درجه ای از خود مختاری هستند و خود

را با محیط های در حال تغییر منطبق و به طور طبیعی با انسانها ارتباط برقرار می کنند. اتوماسیون هوشمند می تواند میزان تعاملات مورد نیاز ساکنان را کاهش دهد و همچنین منجر به کاهش ماشین افزار و سایر تجهیزات احتمالی شود. با نگاهی به اطراف در زندگی روز مره خود در می یابیم که این روزها فعالیتهای کمی هستند که بدون داشتن حداقل یک سطح از فرایند اتوماسیون فعالیت می کنند و خدماتی که سامانه های اتوماسیون ارائه می کنند تقریبا همه کاربران را به صورت یکسان منتفع می کند. چرایی این حضور گسترده به آن بر می گردد که دنیای فناوری اطلاعات روز به روز در حال گسترش است و اتوماسیون در هر سایت صنعتی، سبب بهبود تولید می گردد که این بهبود هم بر کمیت و میزان تولید و هم بر کیفیت محصولات موثر است. هدف از اتوماسیون این است که بخشی از وظایف انسان در صنعت به تجهیزات خودکار واگذار گردد. از دیگر سوی و در دنیای امروز ما، مسائل مربوط به کمبود آب و تنش آبی به تهدیدی برای جوامع جهانی تبدیل شده است. این امر، مدیریت (منابع) آبی را به یک جنبه حیاتی برای اطمینان از پایداری شبکه آبرسانی بدل می سازد. یک سیستم مدیریت کارآمد آب، نیازمند هزاران قطعه (سنسورها و / یا عملگرها) در سراسر شبکه توزیع آب است که امکان نظارت و کنترل اجزای شبکه آب را در زمان واقعی فراهم می کند. ما در جهانی فناوری محور زندگی می کنیم. جایی که برای نیل به اهداف توسعه پایدار، فناوری اطلاعات و ارتباطات اهمیت زیادی دارد. مدیریت آب یکی از حوزه هایی است که این فناوری، نقش کلیدی در رسیدگی به چالش های مختلف مانند تشخیص نشت و بهینه سازی پویا بازی می کند (انتولی و ابو محفوظ،۲۰۱۶). در واقع امروزه شبکه هوشمند آب به عنوان نسل بعدی طرح مدیریت آب پیشنهاد شده است که فناوری اطلاعات و ارتباطات را به منظور افزایش اثربخشی تمام عناصر ساختار شبکه آب به هم مرتبط می کند(وون لی و همکاران،۲۰۱۵). در این میان سامانه اسکادا، یک سیستم جمع آوری داده مبتنی بر رایانه است که طراحی می شود تا داده‌های عملیاتی را از یک مجموعه اماکن جغرافیایی محلی و از راه دور جمع آوری کند و از طریق لینک های ارتباطی برای یک یا چند مرکز کنترل ارسال کند تا عملیات نمایش، کنترل و گزارش گیری روی آن‌ها انجام شود. اپراتورها در این مراکز کنترل یکتا یا چندگانه، داده‌های مذکور را مانیتور

می کنند. در مرحله بعدی آن‌ها ممکن است دستورات نظارتی معمول را به مکان های دوردست و در پاسخ به داده‌های دریافتی ارسال کنند. به علاوه آنکه برنامه های نرم‌افزاری که بر پایه بستر اسکادا بنا شده اند می توانند به وسیله گزارش بعضی تغییرات یا ارسال اتوماتیک فرامین به مکان های واقع در فواصل راه دور، برای پاسخ مناسب به تغییرات ایجاد شده به کار روند. بررسی ها نشان می دهد که نظر به نوپا بودن بحث هوشمند سازی در جوامع پیشرو، هوشمند سازی در کشور ما نیز با چالشهای مشابهی روبرو خواهد بود. در گام اول ضروری است تا نقشه راه هوشمند سازی در ابعاد مختلف آن ترسیم شود. با چنین رویکردی، اتوماسیون به عنوان پیش نیاز شبکه هوشمند از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود و باید سرمایه گذاری لازم در آن صورت پذیرد (شهسواری پور،۱۳۹۶). از دیگر سوی و مطابق مستندات موجود، حجم عظیمی از سرمایه گذاری در زمینه طراحی و پیاده سازی سامانه اسکادا در صنعت آب و فاضلاب صورت گرفته و مطابق برنامه و تا پایان سال ۱۴۰۴ تمامی تأسیسات آب و فاضلاب کشور در تمامی شهرها باید مجهز به اینگونه سامانه های نظارتی گردند (شاه حسینی،۱۳۹۷). لذا این پژوهش درصدد است تا رویکردی یکپارچه را به منظور تبیین اهداف و پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب و زیر سامانه اسکادای تأسیسات آب و فاضلاب فراهم آورد و از این طریق، سرمایه گذاری های صورت گرفته را به مسیر مناسب سوق دهد، به گونه ای که با تعریف درست اهداف و شناسایی پیش نیازهای مورد نیاز، مانع از اتلاف هزینه وکاهش بهره وری اینگونه سامانه های نظارتی گردد. لذا نظر به اهمیت استقرار سامانه های مدیریت هوشمند و کارآمدی سامانه های اسکادا در جهت بهره برداری بهینه از منابع آبی، پژوهش اخیر نشان داد که عمده تمایز سامانه مدیریت هوشمند آب با سایر شبکه های هوشمند مدیریتی خدمت رسان به چند وجهی بودن مدیریت هوشمند آب، حساسیت های موجود به لحاظ کمیت و کیفیت تامین آب شرب مشترکین، میزان بالای آسیب پذیری تأسیسات آب و فاضلاب و ضرورت تهیه نرم‌افزار بومی تحلیل گر در این صنعت بر می گردد که این موارد باید به هنگام تدوین پیش نیازها و اهداف عملیاتی استقرار این گونه سامانه های مدیریتی هوشمند لحاظ شود. از دیگر سوی و در بعد پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب، وجود یک استراتژی اجرایی

مناسب و استقرار سامانه اسکادا حایز بیشترین اهمیت و پیش نیازهای فرهنگی دارای کمترین اهمیت می باشد. ضرورت استقرار سامانه های اسکادا به عنوان پیش نیاز اصلی اجرای مدیریت هوشمند آب، نشانگر جایگاه رفیع و نقش موثر استقرار اینگونه سامانه های نظارتی جهت هوشمند سازی فرایندهای صنعت آب و فاضلاب می باشد. در بعد اهداف استقرار شبکه هوشمند آب نیز مدیریت هوشمند شبکه توزیع دارای بیشترین و آیتم تحقق ابزار توسعه پایدار دارای کمترین میزان اهمیت است که این موضوع نشانگر تمرکز مباحث فنی هوشمند سازی آب بر فرایندهای شبکه توزیع آب و نه کل شبکه آبرسانی می باشد. پژوهش اخیر نشان می دهد که تمایز سامانه اسکادای آب در قیاس با سایر صنایع به ضرورت توجه به پراکندگی زیاد تأسیسات تامین، انتقال، ذخیره و توزیع آب، عدم یکپارچگی و به هم پیوستگی منابع آبی در سطح کشور، ضرورت ایجاد شبکه ارتباطی قوی و موثر و همچنین عدم اتکای صد درصدی به اسکادا و سایر زیرسیستمهای مدیریت هوشمند آب و نیاز به قضاوت های انسانی در تصمیم گیری ها بر می گردد که باید به هنگام تدوین پیش نیازها و اهداف عملیاتی استقرار این گونه سامانه های هوشمند لحاظ گردد. در بعد پیش نیاز استقرار سامانه اسکادا، لزوم تدوین استراتژی اجرایی مناسب دارای بیشترین و استقرار GIS حایز کمترین درجه اهمیت است. در بعد اهداف استقرار سامانه اسکادای آب و فاضلاب، مدیریت مخاطره دارای بیشترین و ایجاد زیر ساخت برای سامانه های پشتیبانی تصمیم دارای کمترین درجه اهمیت است که این موضوع خود به تنهایی، نشانگر اهمیت فراوان استقرار زیر ساخت های اسکادا جهت کاهش آسیب پذیری فرایندها و تأسیسات در مدار بهره برداری این صنعت می باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

محمدی، غ. (۱۳۹۵). ت*بیین الگوی شهر هوشمند درکلانشهر مشهد مبتنی برتوسعه پایدار*، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده جغرافیا.

شاه حسینی، ن. (۱۳۹۷). *بررسی تاثیر هوشمند سازی کسب و کار بر رضایتمندی مشتریان با تاکید بر سیستم اسکادا شرکت آب و فاضلاب شهری استان تهران*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، دانشکده مدیریت.

کلانتری، م. (۱۳۹۳). تعیین میزان اثر بخشی استفاده از سامانه‌های اسکادا در مدیریت بحران شرکتهای آب و فاضلاب شهری (مطالعه موردی شرکت آب و فاضلاب شهری استان البرز)، *مطالعات مدیریت شهری*، دوره ۶، شماره ۱۸، ۲۰-۱.

قربانی سرکتی، م.؛ غلامی، م. (۱۳۹۷)، بررسی شاخص های شهر هوشمند با تکنولوژی اینترنت اشیا IOT و بکارگیری ارتباطاتM2M ،*سومین کنفرانس سالانه ملی مهندسی برق، کامپیوتر و بیو الکتریک ایران*، ۸-۱.

شهسواری پور، ع؛ فاتحی دینارلو، م.ح؛ لشگری، سروش. (۱۳۹۶)، چالش ها و فرصتها در شبکه های هوشمند برق قدرت، *کنفرانس ملی پژوهش های نوین در برق، کامپیوتر و مهندسی پزشکی*، ۱۹-۱.

بهپویان امین منتظر. (۱۳۹۴). *هوشمند سازی سیستم آبرسانی شهر مشهد، مستندات کتابخانه ای شرکت آب و فاضلاب مشهد*، ۱۴-۲.

کنترل سازان فرایند. (۱۳۹۲). *گزارش مطالعات راهبردی و استقرار سیستم اسکادا و دیسپاچینگ ملی آب و فاضلاب کشور*، مستندات کتابخانه ای شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۹۱-۱۲.

تشیعی، ح.ر؛ محمدی، م. (۱۳۹۵). *راهنمای جامع بهره‌برداری از تأسیسات آب و فاضلاب: راهکارهای استقرار سامانه اسکادا در تأسیسات آب و فاضلاب*، جلد هفتم، چاپ اول، انتشارات مکث نظر، تهران، صص ۲۵-۱۷.

کرسول، جان دبلیو. (۱۳۹۶). *طرح پژوهش: رویکردهای کیفی، کمی و ترکیبی*، چاپ ششم، علیرضا کیامنش، مریم دانای طوس، تهران، انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد علامه طباطبایی. (۲۰۰۹)،۳۴-۶۲.

سرمد، ز. بازرگان، ع. حجازی، ا. (۱۳۹۶). *روش های تحقیق در علوم رفتاری*، چاپ سی ام، تهران، انتشارات آگه، ۱۳۸-۷۷.

نیومن، لارنس. (۱۳۹۵). *روش های پژوهش اجتماعی رویکردهای کمی و کیفی*، جلد اول، چاپ سوم، ابوالحسن فقیهی، عسل آغاز، تهران، انتشارات ترمه، انجمن علوم مدیریت ایران، ۶۵-۲۰.

خنیفر، ح.مسلمی، ن. (۱۳۹۸). *اصول و مبانی روش های پژوهش کیفی*، جلد اول، چاپ اول، تهران، انتشارات نگاه دانش، ۷۳-۵۰.

Aawdahl, A. (2017). An Exploratory Study of Smart City Initiatives:Theory, Practice, and Linkage to Sustainability. *Lawrence Technological University* .College of Management,40.

Shahbazi, M. (2018). A Review on Importance of Smart City Indexes for Citizens' Health Case Study: Esfahan City. *Global Journal of Health Science*, 10(2), 71.

He, Y. (2014). smart city, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 1.

C.Hafedh, N. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. 45th Hawaii International Conference on System Sciences. *IEEE Computer Society*, 2.

Yuanyuan, W. (2017). A New Framework on Regional Smart Water. *International Congress of Information and Communication Technology (ICICT 2017)*, 122.

Kwaka, D. Kima, Y. Kima, W. (2016). Development of SWG Standard Model by Location Type and Case Study of Inland. *12th International Conference on Hydroinformatics*, 1.

Vijai, P & Bagavathi Sivakumar, P. (2016). Design of IoT Systems and Analytics in the Context of Smart City Initiatives in India. *Procedia Computer Science*, 584.

Ntuli, N. & Abu-Mahfouz, A. (2016). A Simple Security Architecture for Smart Water Management System. *The 11th International Symposium on Intelligent Techniques for Ad hoc and Wireless Sensor Networks*, 1164–1165.

Won Lee, S. (2015). Smart water grid: the future water management platform. *Desalination and Water Treatment*, 55, 340.

M. Grilo, A. (2014). An Integrated WSAN and SCADA System for Monitoring a Critical Infrastructure.*IEEE Transaction on Industrial Informatics*, 10 (3), 1.

Tsang, R. (2012). *Cyberthreats, Vulnerabilities and Attacks on SCADA Networks*. berkeley.edu. Archived from the original (PDF) on 13 August 2012. Retrieved 1, 1.

Boyer, S. (2010). SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. *International Society of Automation*, 6.

Savić, D. Vamvakeridou-lyroudia, l., kapelan, Z. (2014). Smart Meters,Smart Water,Smart Societies:The iWIDGET Project. *16th Conference on Water Distribution System Analysis*, WDSA, 1105.

Allen, M., Preis, A., Iqbal, M., j.whittle, A. (2012). Case study: a smart water grid in Singapore. IWA Publishing. *Water Practice & Technology*, 7(4), 1-2.

Byeon, S., Choi, G., Maeng, S., Gourbesville, P. (2015). Sustainable Water Distribution Strategy with Smart Water Grid. *Sustainability*, 7(4), 4243-4245.

Cherchi, C. (2015). Energy and water quality management systems for water utility's operations: A review. *Journal of Environmental Management*, 153, 109.

Sensus Group (2015). *Water 20/20, Bringing smart water network into focus*, 13

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3 (2), 77-101.