فصلنامه آینده پژوهی مدیریت
سال سی و یکم /شماره ۱۲۷ / زمستان ۱۴۰۰

تحلیل عوامل موثر بر مکان یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب کشور

مجید کلانتری
دانشجوی دکتری، مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

جلال حقیقت منفرد (مسئول مکاتبات)
عضو هیئت علمی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی
jhm1847 @gmail.com

محمد علی کرامتی
عضو هیئت علمی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۹/۱۰/۰۱

چکیده

در صنعت آب و فاضلاب ایران، علی رغم توجه به سامانه‌های مدیریت هوشمند، اهداف عملیاتی و پیش نیازهای استقرار آنها، چندان مورد توجه قرار نگرفته و با وجود سرمایه‌گذاری فراوان، عدم توجه به این موضوع، تا حد بسیار زیادی، اثربخشی آنها را با ابهام مواجه کرده و بر همین اساس، این پژوهش به منظور تحلیل عوامل موثر بر مکان یابی تاسیسات آب و فاضلاب هوشمند، از منظر الزامات استقرار آنها انجام شده است. پس از بررسی مستندات موجود، مصاحبه، تحلیل مضمون، تشکیل گروه کانونی و طراحی شبکه مضامین در گام نخست، در گام دوم و جهت بررسی روایی مضامین، از تدوین پرسشنامه، تعیین حجم نمونه و آزمون نرمال بودن ، ضریب کیسر- میرالکین، آزمون کرویت بارتلت، تحلیل عاملی و آزمون‌های نیکویی برازش استفاده، عوامل موثر بر مکان یابی تاسیسات هوشمند شناسایی و در نهایت از بارعاملی جهت رتبه‌بندی متغیرهای قابل اندازه‌گیری استفاده شده است. نتایج گواه است که متغیر مکنون پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب تاثیر بیشتری در قیاس با متغیر اهداف دارد. بیشترین تاثیر در میان پیش نیازها ، متعلق به گزینه " وجود استراتژی اجرایی مناسب " است و"مدیریت هوشمند شبکه توزیع"بیش‌ترین تاثیر را بین اهداف استقرار تاسیسات آب هوشمند دارد.

واژه های کلیدی: مدیریت هوشمند،مکان یابی، الزامات، صنعت آب و فاضلاب

مقدمه

آب منشا زندگی و یکی از سه عنصر اصلی اکوسیستم می باشد که خصوصا درسنوات 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 تاسیسات مرتبط با فرآیندهای آب و فاضلاب به‌دلیل تاثیرات عمیق بر روی سلامت انسان و محیط زیست 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 درصورت‌نیاز و باتوجه به سطح دسترسی بتوانند این فرآیندها را کنترل و هدایت نمایند. در واقع عدم‌دسترسی به آب برای مصارف شرب و صنعتی و همچنین فقدان تصفیه خانه‌های مجهز فاضلاب، محدودیتی عمده برای توسعه پایدار محسوب می شود و این بدان معناست که در کشورهایی مانند کشور ما که با میزان بارندگی کم روبرو هستند و در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد باید از حداقل آب مناسب شرب موجود بیشترین استفاده را کرد. محدودیت منابع آب شرب و تناوب وقوع بلایای طبیعی خصوصاً خشکسالی از یک سو 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 بیش از پیش 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. (کلانتری، ۱۳۹۳ ،۲۰-۱) در کشور ما با توسعه صنعت آب و فاضلاب در بیش از ۱۰۵۰ شهر و وجود بالغ بر ۲۳۰۰۰ تاسیسات در این صنعت، لزوم نگرش کلان مدیریتی در این حوزه بسیار مشهود می باشد. در این‌خصوص شاخص‌های تعریف شده وزارت نیرو در زمینه مدیریت سیستماتیک منابع آب و تاسیسات آب و فاضلاب در افق سال ۱۴۰۴ لزوم گذر از بهره‌برداری سنتی به یک سیستم نوین مبتنی بر فناوری روز را دوچندان می‌نماید. بند هفتم و دوازدهم این شاخص‌ها عبارتست از: بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند در مدیریت و بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع؛ برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع آب و عملا کاهش ریسک‌پذیری ناشی از پیش بینی‌های ضعیف و بعضا 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 تاکید می‌کند(کنترل سازان فرآیند،۱۳۹۲، ۱۲) پیش از این، بند چهل-وهفتم قانون اصلاح الگوی مصرف در سال ۱۳۹۰ به‌صراحت وزارت‌خانه‌های نفت و نیرو را به تهیه و ابلاغ دستورالعمل فنی همسان طراحی، ساخت، تأمین، نصب و بهره‌برداری زیرساخت و تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل شبکه هوشمند، به‌عنوان الزامی قانونی مکلف کرده است که بر همین اساس و در سال ۱۳۹۵، پژوهشگاه نیرو طی تدوین سند راهبرد ملی توسعه دانش بنیان شبکه هوشمند برق ایران، به‌تناوب بر هم‌افزایی میان فعالیت های بخش‌های برق، گاز، آب و ارتباطات در زمینه توسعه فناوری‌های شبکه هوشمند با محوریت یکپارچه‌سازی قرائت کنتورهای گاز و آب با کنتورهای هوشمند برق تاکید کرده است. نظر به تمرکز این پژوهش بر صنعت آب و فاضلاب، ذکر این نکته ضروری است که با وجود سابقه بسیار مثبت این‌گونه سامانه های 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 موارد و علی‌رغم هزینه‌های سنگین اجرای این سامانه‌های کنترلی، به دلیل لحاظ نکردن پیش‌نیازهای لازم، اثربخشی آنها در هاله‌ای از ابهام قرار دارد. لذا این پژوهش درصدد است تا ضمن تبیین ویژگی‌های مدیریت هوشمند آب در سطح ملی و بیان تمایزات آن با سایر سامانه‌های خدمت-رسان هوشمند، رویکردی یکپارچه را به‌منظور تبیین اهداف استقرار شبکه هوشمند آب فراهم آورد و از این طریق، ضمن هدایت سرمایه‌گذاری‌های صورت‌گرفته به مسیر مناسب و مکان درست، با شناسایی پیش‌نیازهای موردنیاز، مانع اتلاف هزینه و کاهش بهره‌وری این‌گونه سامانه‌های مدیریتی گردد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش:

شهر هوشمند۱

شهر، به‌عنوان خاستگاه تمدن بشری همواره موردتوجه 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، ۱-۲۰) اما علی‌رغم این توجه مثبت، تا به‌حال هیچ اتفاق نظری در مورد تعریف شهر هوشمند به‌دست نیامده است. تنها نقطه مشترک بین مفاهیم موجود، استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات[۲] است. (محمد اسماعیل قربانی و محمد غلامی،۱۳۹۷، ۱). هدف اصلی شهرهای هوشمند، دستیابی به پایداری (توسعه پایدار) در شهر با کمک فناوری‌های مدرن در برخی از ساختارهای (هدف‌گذاری شده موردنظر) است. شهر هوشمند سعی می‌کند فناوری‌های دیجیتال پیشرفته را با روش‌های برنامه‌ریزی شهری برای یافتن راه حل‌های نوآورانه که در ارتقاء پایداری کمک می‌کند، یکپارچه کند. فرارو شهر هوشمند را در قالب سه ویژگی برنامه‌ریزی و مدیریت، زیر ساخت‌ها و در نهایت مردم به‌عنوان سرمایه انسانی تعریف می کند. او معتقد است که در یک شهر هوشمند لازم است که تمام جنبه‌های فوق توسعه یابد. گیفینگر شش بعد اصلی شهر هوشمند را در قالب اقتصاد هوشمند، جابه‌جایی و تردد هوشمند، جامعه هوشمند، محیط هوشمند، حکمروایی هوشمند ودر نهایت زندگی هوشمند ارائه کرده است. این موارد به عنوان ابعاد اصلی شهر هوشمند شناخته شده‌اند (شهبازی،۲۰۱۸،۷۱). در عمل و در دنیای امروز به‌موازات رشد جمعیت، نیازهای روزافزونی در بسیاری از جنبه‌های زندگی شهری مانند مدیریت محیط زیست، 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 می شود. شکست در پاسخ به هر یک از نیازهای فوق ممکن است پروسه توسعه پایدار شهر را تهدید کند. شهر هوشمند ممکن است راه‌حلی باشد که اساسا 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[۳] محیط‌های شهری توزیع شده اند، بنا شده است. این شبکه توزیع شده گره‌های حسگر[۴] هوشمند و همچنین مراکز داده[۵] / ابرها[۶] که در آن حسگرها مورد استفاده قرار گرفته اند، ساختار خاصی از زیرساخت های شهر هوشمند را ایجاد می کنند.(یوان هی[۷] ،۲۰۱۴، ۱۲۲)

شبکه آب هوشمند۸:

شهر هوشمند در درجه اول شهر را به‌عنوان سیستمی که دارای زیرسیستم‌های متعدد است بررسی می‌کند(سی حافظ و همکاران[۹] ، ۲۰۱۲، ۲). از دیگر سوی بدیهی است که آب منبع حیات انسان است و با افزایش جمعیت و توسعه شهری،کمبود منابع آب مناسب شرب به‌طور فزاینده ای برجسته می شود و موضوع آلودگی آب نیز بیشتر و بیشتر اهمیت پیدا می کند. به‌دلیل تاثیر جدی ناشی از سیل، خشکسالی و هوای مخاطره انگیز در سرتاسر جهان، نظارت و مدیریت منابع آب به مشکلی بزرگ برای توسعه شهری بدل شده است. به‌عنوان بخش مهمی از شهر هوشمند، انتظار می رود 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 به‌دلیل استفاده بیش از حد توسط مردم و وضعیت بغرنج منابع آبی مانند سوانح شدید و خشکسالی و تخریب زیست‌بوم های محیط زیست را حل کند، پذیرفته شود. شکل یک نشان‌گر برخی ارکان شهر هوشمند و کاربردهای آن است که شامل مدیریت آب و فاضلاب نیز است. با اجرای سامانه مدیریت هوشمند آب انتظار می‌رود که بهره‌وری منابع آبی بهبود یابد، فرهنگ جمعی ترویج صرفه‌جویی در مصرف آب پدید آید و در نهایت پروسه صیانت از منابع آبی به‌واسطه اطلاعات مرتبط با حفاظت از آب، توسعه یابد. (وانگ یوانوآن و همکاران[۱۰]، ۲۰۱۷، ۱۲۲).

شکل ۱: ارکان و موارد کاربرد متنوع شهرهای هوشمند(پراوین ویجیا و باگاواتی سیواکومار[11]،۲۰۱۶،۵۸۴)

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی دلیل اصلی افزایش تقاضا برای آب شیرین در سراسر جهان است.تاثیرات 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 (تامین) آب برای جمعیت شهری را بسیار دشوار و پرهزینه خواهد ساخت.(دی ساویچ و همکاران[12]،۲۰۱۴، ۱۱۰۵) در سنوات اخیر، تغییر میزان و محل بارش‌ها باتوجه به تغییرات آب و هوایی، مدیریت آب را دشوارتر نموده است. افزون بر این، تعصبات منطقه ای درخصوص (تملک و توزیع) منابع آبی و مسائل مربوط به حقوق آب باعث اختلافات در هر بخش و منطقه ای به‌دلیل کمبود آب می شود. سیستم متمرکز تامین آب، قادر به پاسخ‌گویی مناسب به تغییرات آب و هوا و همچنین بلایای طبیعی مانند تغییرات جمعیتی و تروریسم نیست و آسیب‌پذیر است. بر اساس بررسی‌ها و برای حل این مشکل، درتمام منابع آبی در دسترس، یک روش مدیریت آب یکپارچه براساس عرضه و تقاضای منطقه‌ای موردنیاز 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) به تازگی شبکه آب هوشمند به‌عنوان یک گزینه برای تکمیل سیستم مدیریت آبی موجود معرفی شده است (دونگون کواکا و یون جانگ کیما و ونتایی کیما[13]،۲۰۱۶،۱). ما در جهانی فناوری محور زندگی می‌کنیم که در آن فناوری اطلاعات و ارتباطات برای نیل به اهداف توسعه پایدار اهمیت دارد . مدیریت آب یکی از حوزه‌هایی است که این فناوری، نقشی کلیدی در پاسخ به چالش‌های مختلف مرتبط مانند تشخیص نشت و بهینه‌سازی دینامیک فرایند بازی می‌کند (نونهلانهلا انتولی و عدنان ابو محفوظ[14]،۲۰۱۶ ، ۱۱۶۵-۱۱۶۴) درواقع امروزه فناوری شبکه هوشمند آب به‌عنوان راهکار امیدبخش حل و فصل بحران ناشی از مشکلات عرضه آب در سطح جهانی در نظر گرفته می شود. (سئونگ وون لی و همکاران[15]،۲۰۱۵، ۳۴۰) 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[16] که مبنای فعالیت آنها نظارت مستمر بر شبکه، پارامترهای هیدرولیکی و کیفیت آب است وجود دارد. این ساختار به وسیله شبکه هوشمند آب شکل می‌گیرد که به شرکت آب و فاضلاب، اجازه می‌دهد تا به سمت بهبود بهینه‌سازی عملکرد سیستم، کنترل موثرتر مدیریت نشت و کاهش مدت زمان تعمیر و نگهداری و نرخ خرابی تجهیزات حرکت کند.(مایکل النا و همکاران[17]، ۲۰۱۲ ،۲-۱) از منظر مدیریت شهری نیز دو هدف اصلی پیاده‌سازی شهر هوشمند، ارتقای کیفیت و سطح زندگی و توسعه پایدار اقتصاد می‌باشد. شبکه هوشمند آب، یکی از اجزای موثر در بهبود کیفیت خدمات‌رسانی و تامین پایدار و مطمئن آب به‌عنوان یکی از نیازهای اساسی شهروندان می‌باشد. با توجه به گستردگی پارامترهای موثر در شبکه‌های آب که یک شبکه درهم‌تنیده را ایجاد می کند، برخی از پارامترهای موثر در کنترل بهینه تاسیسات مشاهده می شوند که بعضا 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 غالبا خارج از توان فکری و زمانی بهره‌برداران می‌نماید. به این منظور و برای افزایش سطح کیفی و کمی خدمات و کاهش هزینه‌های مرتبط، فناوری نوینی تحت‌عنوان شبکه‌های هوشمند آب با تعریف کلی زیر ثبت گردید: شبکه‌های هوشمند، شبکه‌هایی با کارایی بالا هستند که امکان مدیریت بهنگام، بهینه و مطمئن را برای تولید، بهره‌برداری و توزیع منابع آبی فراهم می‌کنند. (بهپویان امین منتظر،۱۳۹۴، ۱۴-۲) مدیریت بهنگام شبکه آب هوشمند، ما را دچار چالش‌هایی اساسی در سنجش، تجزیه و تحلیل و انجام بهینه عملیات سازمانی می‌کند،

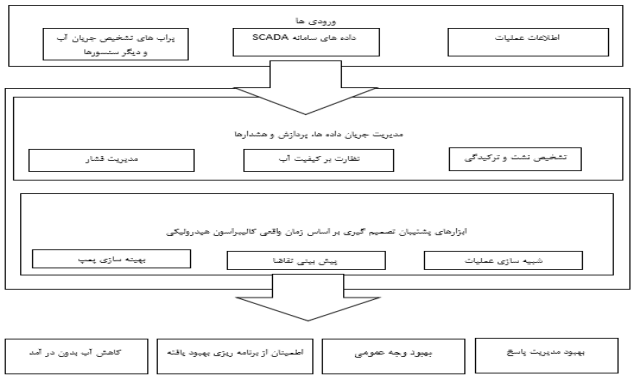
به این معنی که باید اندازه‌گیری انجام شود و فراتر از آن، منافعی از این اندازه گیری‌ها برای ما فراهم شود. یعنی تجزیه و تحلیل هوشمند برای تبدیل انبوه داده‌های خام به اطلاعات مفید، باید در دسترس باشد و این اطلاعات به صورت مناسب و به موقع به کار گرفته شود. (مایکل النا و همکاران،۲۰۱۲، ۲-۱) درواقع بدون مجموعه ای از اطلاعات جمع‌آوری شده، از طریق اندازه گیری لحظه‌به‌لحظه و در یک بازه زمانی طولانی، نمی‌توان (سیستم توزیع آب) را در قالب مدیریت "شبکه‌محور" توصیف کرد. شبکه آب، مفهومی شناخته شده است که به‌منظور تضمین ظرفیت و افزایش امنیت مشتریان در شبکه‌های توزیع آب معرفی و استفاده شد و ایده اصلی آن، این است که از چندین منبع استفاده شود که به صورت شبکه‌ای به هم متصل هستند. بر این اساس، شبکه آب هوشمند، یک ساختار توسعه فناوری با هدف تلفیق کسب و کار (آب) با کسب و کار اطلاعاتی (هوشمند) و کسب و کار زیرساخت (شبکه آبرسانی) و رفع کمبود منابع آبی است که هدف نهایی آن حصول کیفیت و ایمنی آب با استفاده از انرژی کم، راندمان بالا و در عین حال مدیریت تغییرات اقلیمی می‌باشد. رویکرد جدید می‌تواند با ترکیبی از چند منبع، برای تأمین امنیت توزیع آب و همچنین افزایش قابلیت اطمینان آن مورد استفاده قرار گیرد (سئونگ جون بیون و همکاران[۱۸]،۲۰۱۵، ۴۲۴۵-۴۲۴۳). اولین تلاش‌ها در راستای استقرار مدیریت انرژی و کیفیت آب[۱۹]، مربوط به مدیریت انرژی مصرف شده توسط پمپ‌ها می‌شود که بیش از دو دهه پیش توسط پژوهش‌گران دانشگاهی و خبرگان صنعت آب، بررسی گردید. در سال ۲۰۰۳ کلرادور اسپرینگز[۲۰]، سیستم (مدیریت کیفیت آب و انرژی) را برپایه تلاش‌های صورت گرفته در منطقه خدمات شهری خلیج شرقی[۲۱] ایجاد کرد. به این ترتیب که یک برنامه‌ریزی عملیاتی زمان‌بندی شده 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 به‌روزشده و تجاری سیستم (مدیریت کیفیت آب و انرژی) در مناطق مختلف جهان نظیر نیوزلند، بریتانیا، استرالیا، کانادا و کره نصب و اجرا شدند. به صورت اجمالی، مفهوم سامانه مدیریت یکپارچه انرژی و کیفیت آب در اوایل دهه نود میلادی برای ایجاد یک شرکت آب و فاضلاب، بر پایه سامانه مدیریتی مبتنی بر کنترل سیستم و به‌منظور حصول هم‌زمان کارایی در حوزه انرژی و تحقق اهداف کیفی آب طراحی و تبیین شد. چنین مفهومی، مشتل بر دسته‌ای از برنامه‌های نرم‌افزار کاربردی منحصربه‌فرد در حال توسعه یا تجاری‌سازی شده است که امکان اجرای مجموعه‌ای از استراتژی‌های کاهش هزینه انرژی را با توجه به محدودیت-های تعریف شده به ما می‌دهد (کارلا چرچی و همکاران[۲۲]،۲۰۱۵،۱۰۹). 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[۲۳]،۲۰۱۵).

جدول ۱: بهترین فرصت ها برای بهبود عملکرد شرکت آب و فاضلاب با استقرار شبکه هوشمند آب (گروه سنوس،۲۰۱۵)

	عامل	فرصت صرفه جویی	مأخذ
مدیریت فشار و نشت	کاهش میزان آب تولیدی	۲ تا ۵ درصد کاهش نشت	SWAN's way- in " ,Global Water Intelligence search of lost water," (June 2011)
	کاهش هزینه انرژی پمپاژ	۲ تا ۵ درصد کاهش نشت	SWAN's way- in " ,Global Water Intelligence search of lost water," (June 2011)
	کاهش هزینه نشت یابی	۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش نشت	D.C. Water case study, referenced in AWWA Customer Service Webcast, "AMI Improves Efficiency," (February 2012) and Operational
	کاهش نرخ ترکیدگی لوله ها	۵ تا ۱۰ درصد کاهش اتلاف آب و ترکیدگی	Malaysia case study, referenced in Global Water SWAN's way - in search of lost"Intelligence, water," (June 2011)

	عامل	فرصت صرفه جویی	مأخذ
	کاهش اتلاف مواد شیمیایی در اثر کاهش نشت	۲ – ۵ درصد کاهش	SWAN's way- in " ,Global Water Intelligence search of lost water," (June 2011)
بهینه سازی توزیع سرمایه	کاهش هزینه سرمایه ای ثابت لازم برای لوله گذاری	۱۵-۱۰ درصد کاهش هزینه سرمایه ای ثابت لازم برای لوله گذاری	مطالعه موردی آب و فاضلاب آلاسکا،(نتایج) از مصاحبه با یک متخصص صنعت حاصل شده است.
مدیریت کیفیت آب	کاهش هزینه نمونه برداری دستی	۳۰- ۷۰ درصد کاهش هزینه نمونه برداری	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
بهینه سازی و نگهداری شبکه	کاهش هزینه باربری مرتبط با بهینه سازی و نگهداری	۲۰-۱۰ درصد صرفه جویی در هزینه ها	D.C. Water case study, referenced in AWWA Webcast, "AMI Improves Customer Service and Operational Efficiency," (February 2012)

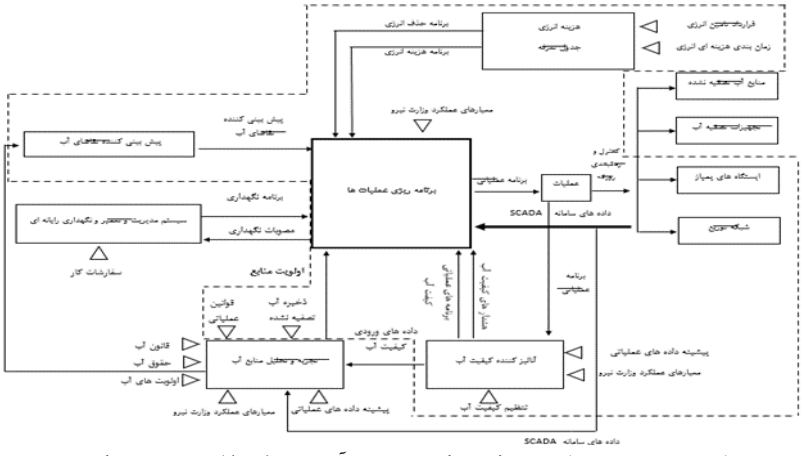
مطابق شکل دو، ارتباطات بلادرنگ نرم‌افزار مدیریت یکپارچه انرژی و آب بر پایه داده‌های ورودی سیستم، این امکان را میسر می‌سازد تا به کنترل و صدور توصیه‌های مستمر و پیشنهادات پویا در مورد عملکرد سیستم (مثل پمپاژ، سرریز مخزن ذخیره و ... بر اساس زمان استفاده روزانه از برق، تعرفه مربوطه، پیش‌بینی تقاضا و برنامه‌ریزی (کارکرد) پمپ‌ها) بپردازد. این پلتفرم نشان می‌دهد که داده‌های اسکادا [۲۴]در کنار ورودی‌های سنسورها و اطلاعات عملیاتی فرآیند، ورودی‌های اصلی سیستم یکپارچه داده و هشدارهای الکترونیکی و ماژول پشتیبانی از تصمیم شبکه آب هوشمند هستند. (کارلا چرچی و همکاران،۲۰۱۵،۱۰۹).



شکل ۲: بررسی اجمالی عملکرد پلتفرم WaterWiSe با کاربردهای فعال شده توسط سیستم یکپارچه داده[۲۵] و هشدارهای الکترونیکی و ماژول پشتیبانی از تصمیم[۲۶] و مجموعه ای منتخب از مزایای درنظر گرفته شده (مایکل النا و همکاران ، ۲۰۱۲، ۲-۱).

اسکادا، سیستم کنترل رایانه ای است که جهت نظارت و واپایش فرایندهای فیزیکی استفاده می‌شود و غالبا شامل مجموعه‌ای تجهیزات شبکه‌محور نظیر کنترل‌گرها، حسگرها، ترانزیستورها، دستگاه‌های ارتباطی و... است. ویژگی این سامانه، پراکندگی زیاد است که برای کنترل دارایی‌های توزیع‌شده در یک محدوده جغرافیایی استفاده می‌شود و در آنها جمع‌آوری متمرکز داده‌ها و کنترل توزیع دارایی‌ها برای (تداوم) عملکرد سیستم حیاتی می باشد. این سیستم‌ها که اغلب به‌طور متقابل به سیستم‌های دیگر وابسته و متصل هستند برای عملیات زیرساخت‌های بحران‌زای ایالات متحده حیاتی هستند. (رزا تنگ [۲۷]،۲۰۱۲، ۱) ابزارهای مرسوم مدل‌سازی سریع پیش‌بینی مصرف آب، اغلب عملکردی مشابه را درقالب پیش‌بینی ساعتی فرآیند دارند و صحت آن‌ها بستگی به دقت و پیش‌بینی‌پذیری داده‌های اسکادا، پیچیدگی،کالیبراسیون و سطح نگهداری نرم‌افزارها دارد. شکل

سه مثالی مفهومی ونمادین از اجزای یک سیستم مدیریتی یکپارچه انرژی و آب را با لحاظ نمودن مواردی که معمولا در محصولات نرم‌افزار ی تجاری تلفیق می‌شوند، درکنار معماری داخلی آنها، نمایش می‌دهدکه درآن، عملیات خدمت‌رسانی توسط یک برنامه‌ریز عملیاتی و مدیر پروژه‌ای که نقش اصلی- اش ایجاد و توسعه روزانه برنامه‌عملیاتی کل سیستم است



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 دارای پنج لایه فیزیکی،

شکل ٤:رابطه میان اجزای مختلف در یک شبکه هوشمند آبرسانی (بهپویان امین منتظر،۱۳۹٤،۱٤)

مطابق این شکل، خروجی‌های لایه تحلیل و برنامه‌های کاربردی که در واقع اهداف مورد انتظار استقرار این‌گونه سامانه‌های هوشمند می باشند، عبارتند از: پایش، تصمیم‌گیری بهینه و اولویت‌بندی اقدامات، به‌روزرسانی نقشه‌ها و مدل‌ها، یادگیری و ارتقا فرآیند، طراحی استراتژی، مدیریت انرژی، تضمین کیفیت آب، پایش و نمایش، ایجاد موتور هیدرولیکی، مدیریت

هماهنگ می‌شود. نرم افزار با اسکادا مرتبط و یکپارچه می‌شود به‌گونه‌ای که رویکرد آن براساس پیش‌بینی‌های دقیق و افزایش دقت پیش‌بینی عملکرد های هیدرولیکی ، کارکرد پمپ، ساختار تعرفه برق، تغییرات، تقاضای سیستم (دیماند) و کیفیت آب است. (کارلا چرچی و همکاران،۲۰۱۵،۱۰۹).

اندازه‌گیری و دریافت، جمع‌آوری و ارتباطات، مدیریت داده و لایه تحلیل و برنامه‌های کاربردی است و لایه امنیت و حفاظت هم چون چتری برتمام مراحل سایه افکنده است.

تولید، بهینه‌سازی شبکه بزرگ ابعاد، گزارش‌گیری و مستند- سازی، بهینه‌سازی ایستگاه پمپاژ، مدیریت فشار، مدیریت مشترکین، مدیریت حساب و تعاملات کاربری، بهینه‌سازی چاه‌ها، آب بدون درآمد، توسعه ساختار، پیش بینی و مدیریت اتفاق، تحلیل تقاضا و کشف الگو. در منابع متاخرتر و طبق گزارش طرح پژوهشی" تهیه طرح نرم‌افزار جامع مکان‌یابی بهینه سنسورهای فشار جهت هوشمندسازی شبکه توزیع

آب"در سال۱۳۹۸که توسط دانشگاه شهید چمران اهواز برای شرکت آب و فاضلاب خوزستان انجام شده است، جهت دهی استقرار شبکه هوشمند آب در ایران به سمت پایش رفتار و ثبت پاره‌ای از اطلاعات شبکه توزیع آب سوق داده شده است. در خصوص پیش‌نیازهای استقرار مدیریت هوشمند آب باید به این نکته مهم پرداخت که مطابق پژوهش صورت گرفته توسط الگا مارتیشوا[۱] ، در مسیر استقرار شبکه هوشمند آب ، چند مشکل اساسی به شرح زیر وجود دارد. علاوه بر فقدان بودجه و انگیزه‌های ارائه شده توسط دولت فدرال برای اجرای این فن‌آوری ، هزینه‌های به‌روزرسانی زیرساخت موجود و پیاده-سازی آن، زیاد است و این موضوع، به کارگیری آنها را نامطلوب می سازد. دوره‌های طولانی مدت بازگشت سرمایه ممکن است در سنجش معیارهای محاسباتی مشکل‌زا و نویدآور افزایش قیمت آب مصرف‌کنندگان باشد. یکی دیگر از مشکلات، فقدان آگاهی عمومی در مورد این فناوری و ضرورت صیانت از منابع آبی است. بعضی معایب دیگر، مشتمل بر دسترسی مشکل به زیرساخت‌ها و عدم‌اطمینان از میزان تاثیرپذیری شبکه از بلایای طبیعی است. همچنین یک اثر منفی اتوماسیون،کاهش میزان اشتغال است. اما درسمت مقابل، با استفاده از دستگاه‌های هوشمند اندازه گیری آب و انتقال پیوسته اطلاعات، شرکت‌های آب و فاضلاب، دارای حجم زیادی از داده می‌شوند، اما این فقط زمانی مفید است که آن داده‌ها به خوبی سازماندهی و نگهداری شوند. یکی از نظرات منفی مرسوم در زمینه فناوری شبکه آب هوشمند، ناشی از انتقال داده‌ها درقالب فرکانس‌های رادیویی است. آحاد جامعه در معرض این امواج هستندکه ممکن است اثرات نامطلوب بر سلامتی آنها داشته باشد. مفهوم شبکه‌های آب آشامیدنی سالهاست که مطرح شده، اما اجرای آن بسیار کند بوده است که علت آن، فقدان درک مناسب مورد کسب و کار، بودجه، حمایت مسئولین، دستاوردها و راه‌کارهای مناسب اجرای آن است. (الگا مارتیشوا [۲۸]، ۲۰۱٤ ،۳۰-۲۷) با بررسی مستندات متاخرتر درمی‌یابیم که در سنوات اخیر و به‌عنوان یک فناوری نو ظهور در سراسر جهان، اینترنت اشیا[۲۹] در استقرار و پیاده‌سازی شبکه-های هوشمند آب، به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته و استقرار شبکه هوشمند آب، به موازات پایش هوشمند شبکه توزیع به مباحث مرتبط با نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه و قرائت هوشمند کنتورهای آب خانگی جهت دهی شده است که از میان آنها و پروژه‌های پایلوت تعریف شده می توان به مستندات جدول دو اشاره کرد.

جدول ۲: پروژه های تحقیقاتی در حوزه شبکه آب هوشمند و بر بستر اینترنت اشیا

ردیف	هدف	عنوان مقاله	سال چاپ	توضیحات
۱	نگهداری و تعمیرات پیش بینانه تجهیزات حیاتی صنعت آب و فاضلاب	Monitoring to Using Wireless Vibration Enable Condition-based Maintenance of the Water and Rotating Machinery in Wastewater Industries	۲۰۱٤	در برگیرنده پایلوت مرتبط با صنعت آب و فاضاب در نروژ
۲		Internet of Things – A Predictive Machinery Maintenance Tool for General Petrochemicals and Water Treatment	۲۰۱٦	دربرگیرنده پایلوت مرتبط با تاسیسات تصفیه آب در آمریکا
3		Maintenance Application of Predictive System in Drinking Water Pumping Stations	۲۰۱۷	مطالعه موردی در ترکیه در زمینه ایستگاه های پمپاژ
4		An Industrial Digitalization Platform for Condition Monitoring and Predictive Equipment Maintenance of Pumping	۲۰۱۹	مرتبط با پایش تجهیزات ایستگاه پمپاژ
5		performance of Improving sustainability heating facilities in a central boiler room by condition-based maintenance	۲۰۱۹	مرتبط با کاربرد در تاسیسات دیگ بخار
6		Predictive Maintenance for Pump Systems Thermal Power Plants: State-of-the-Art & Challenges&Review Trends	۲۰۲۰	مقاله مروری کاربرد نت پیشبینانه برای سامانه پمپاژ و برق حرارتی

[۱] Martyusheva Olga

7	قرائت هوشمند کنتورهای خانگی	A novel smart water-meter based on IoT smartphone app for city distribution and management	۲۰۱۷	قرائت کنتور با سامانه مبتنی بر اپلیکیشن موبایل
8	پایش هوشمند شبکه توزیع آب	Real time implementation of IoT structure pumping stations in a water distribution for system	۲۰۱۷	مروری بر یک پروژه عملیاتی
9		Smart Water Distribution Management Architecture Based on Internet of System Computing Things and Cloud	۲۰۱۷	معماری مدیریت هوشمند شبکه توزیع مبتنی بر اینترنت اشیا و رایانش ابری
10		Smart Water Management System using the as IoT Solution ۰۸S۱۶Microcontroller ZR	۲۰۱۹	طراحی و ساخت افزاره کاربردی
11		Construction design system of constant pressure control in water distribution based method using PLC system with PID on IoT	۲۰۱۹	کنترل فشار در شبکه توزیع
12		IoT based model for monitoring and controlling water distribution	۲۰۱۹	پایش هوشمند شبکه توزیع
13		Design and Implementation of a Pressure Monitoring System Based on IoT for Water Supply Networks	۲۰۲۰	پایش فشار در شبکه توزیع

اما علی‌رغم همه این مزایا، نباید فراموش کرد که پیاده‌سازی مدیریت یکپارچه انرژی و آب با چالش‌های بسیاری مواجه است که عمده آنها به زیرساخت، مرزهای سیستم، انرژی برآوردشده و پیکربندی جغرافیایی اختصاص دارد. اگر چه تمام اجزا سامانه مدیریت یکپارچه آب و انرژی پیکربندی مشابهی دارند اما هر یک نیاز به بسط و تغییر درقالب ویژگی‌های خاص سیستمی، اهداف و محدودیت‌ها یا ملاحظات هر سایت جهت نصب می باشند. تاکنون تنها بنگاه‌های بزرگ که قادر به ایجاد و پرداخت هزینه مالی یک پلتفرم خودکار هستند و یا همه‌گونه با سخت افزار و نرم افزار پیچیده تجهیز شده اند کنترل مبتنی بر مدیریت یکپارچه آب و انرژی را برگزیده‌اند که این دلیلی کلیدی بر انجام این تحقیق است که با علم به مزایای استفاده از این سامانه هوشمند و علی‌رغم هزینه‌های گزاف طراحی و پیاده‌سازی، پیش‌نیازها و اهداف استقرار آنها در صنعت آب و فاضلاب ایران چیست و کدام محل، براساس چه معیاری مناسب استقرار شبکه هوشمندآب می باشد؟ بر این اساس و طبق آنچه در نگاه نخست، از مرور پیشینه پژوهش حاصل آمده است به نظر می‌رسد بیشترین مشکل در بحث استقرار شبکه‌های آب هوشمند در دنیا به کمبود منابع مالی و فقدان سیاست‌گذاری مناسب درزمینه استقرار آنها برمی‌گردد و درعین‌حال عمده هدف‌گذاری‌های صورت گرفته در جهت استقرار آن از دیرباز، بر پایه مدیریت مصرف انرژی و کیفیت آب و مدیریت هوشمند شبکه توزیع آب می باشد. لذا در ادامه و با واکاوی دقیق‌تر موضوع برمبنای تجارب عملیاتی استقرار سامانه مذکور در کشورهای استرالیا، آمریکا، کانادا، ایرلند، کره‌جنوبی، هند و ایران و انجام گام‌به‌گام پژوهش، الزامات استقرار شبکه آب هوشمند در کشور ایران استخراج و اولویت بندی مکان مناسب جهت اجرای آن صورت خواهد پذیرفت.

روش شناسی:

این تحقیق به لحاظ مخاطب پژوهش و جهت‌گیری‌های اصلی در زمره پژوهش‌های بنیادی قرار می گیرد. همچنین به لحاظ هدف، در گروه پژوهش‌های اکتشافی قرار می‌گیرد. چرا که با هدف مکان‌یابی، برمبنای ایجاد تصویری کلی از سامانه‌های مدیریت هوشمند آب ساختار یافته است و به تبیین الزامات و ایجاد یک ساختار نظام‌مند به‌منظور استقرار این گونه سامانه‌های نظارتی می پردازد. در این پژوهش از روش تحقیق آمیخته متوالی استفاده شده است. به‌منظور تحقق اهداف پژوهش، با مطالعه سوابق پیشین، شناختی از وضع موجود در این زمینه حاصل و مدل‌ها و چارچوب‌های اجرایی موجود بررسی گردید. باعنایت به وجود پاره‌ای مقالات و گزارشات امکان‌سنجی استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی در صنعت، از روش بررسی مستندات استفاده شد و کلیه مدارک اجرایی و سوابق اجرای دردسترس ، تا حد امکان، مورد بررسی دقیق قرارگرفت.

در ادامه با بهره‌گیری از نتایج این گام و به منظور شناخت دقیق‌تر عوامل موثر بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب ایران از منظر مدیران ارشد وزارت نیرو و شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، از طریق مصاحبه عمیق و نیمه‌ساختاریافته با هفت نفر از خبرگان این حوزه (در سطح مدیران)، مولفه‌های مرتبط با اهداف و پیش‌نیازهای استقرار مدیریت هوشمند آب شناسایی و پس از مقایسه و تلفیق با الزامات استقرار سامانه مدیریت هوشمند حاصل شده از مرحله قبل، داده‌های حاصل با روش کارآمد و انعطاف‌پذیر تحلیل مضمون و به‌وسیله نرم افزارMAXQDA10 تحلیل شد. برای انتخاب خبرگان این حوزه، از ترکیب روش‌های هدفمند قضاوتی و روش غیراحتمالاتی گلوله‌برفی استفاده شده است. بر این اساس، بر پایه سابقه فعالیت در حوزه هوشمندسازی آب، افرادی از خبرگان این حوزه در سطح مدیران شناسایی و براساس معیارهای لازم انتخاب و در ادامه بر اساس روش گلوله برفی، خبرگان دیگر شناسایی گردید. در طی انجام فرآیند مصاحبه از خبرگان درخواست گردید که خبرگان دیگر را معرفی نمایند. اکثر خبرگان علاوه بر بررسی معیارهای مرتبط مشتمل بر دارا بودن دانش، تخصص و تجربه بالا در حوزه مربوطه، شناسایی‌شده توسط سایرین، فهم نظری موضوع، سابقه فعالیت درحوزه هوشمندسازی و دارای انگیزه مشارکت در تحقیق، توسط خبرگان دیگر معرفی و تایید گردیده‌اند. در گام بعدی و به‌منظور اخذ نظرات بخش خصوصی ذی‌مدخل و بخش دانشگاهی فعال در زمینه هوشمندسازی شبکه‌های خدمت‌رسان، 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 و پیمانکاران فعال در زمینه اتوماسیون صنعتی و دو نفر از اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر در این حوزه برای اعتبار بخشی به نتایج مراحل پیشین، لحاظ‌گردید که در این خصوص هم‌اندیشی و توافق صورت پذیرفت.در نهایت به‌منظور اعتباربخشی و اولویت‌بندی مولفه‌های حاصل از بخش کیفی و برمبنای توزیع پرسشنامه بین ۱۵۲ نفر از مدیران اجرایی شرکت آب و فاضلاب استان تهران (به‌عنوان بزرگترین شرکت آب و فاضلاب کشور)، مشتمل بر معاونین نظارت بر بهره‌برداری، مدیران بهره‌برداری، روسای گروه‌های اجرایی، کارشناسان مسئول و نیروهای عملیاتی، به‌عنوان متولیان مستقیم بهره‌برداری از سامانه‌های مذکور و افراد فنی دارای بیشترین اشراف و آگاهی نسبت به مشکلات اجرایی و سوابق عملیاتی استقرار این‌گونه سامانه‌های هوشمند در سطوح مختلف، از تحلیل عاملی[۳۰] استفاده گردید و بر مبنای نتایج حاصله، یک الگوی مکان یابی بر مبنای اهداف و پیش‌نیازهای استقرار شبکه هوشمند آب در ابعاد موردنظر ارائه شد که می‌تواند مبنای توسعه اجرای آن باشد. تحلیل مضمون به باور" بارون" و " کلارک"[۳۱]، 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 ظاهرا نامرتبط، تحلیل اطلاعات کیفی، مشاهده نظام مند 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 سوالات تحقیق است و تاحدی معنی و مفهوم الگوی موجود در مجموعه‌ای از داده‌ها را نشان می‌دهد. (حسین خنیفر، ناهید مسلمی. ۱۳۹۷) به منظور شناخت دقیق عوامل موثر بر مکان یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب ایران، نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تحلیل مضمون و با کمک نرم افزار 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 مضمون طی شش فاز آشنایی با داده‌ها، ایجاد کدهای اولیه، جستجوی تم‌ها، بازنگری تم‌ها، تعریف و نام‌گذاری تم‌ها و نهایتا تهیه گزارش صورت پذیرفته است. در مرحله نخست نسبت به مطالعه و مرور چندباره داده‌ها، یادداشت برداری‌ها و برجسته نمودن ایده‌ها، ایجاد فهرستی از داده‌ها نگارش‌شده 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 به اندازه کافی خاص، مجزا و غیرتکراری و در عین‌حال کلان و دربرگیرنده تمامی ایده‌های مطروحه

باشد؛ کدهای مختلف در قالب تم ها مرتب، مرتبط و تحلیل شده است .فاز چهارم شامل پالایش تم‌ها است. از این‌رو در این تحقیق تمام داده های کدگذاری شده زیر مجموعه هر تم خوانده و اطمینان حاصل شد که الگوی منسجمی را تشکیل می‌دهند و درنهایت تم های 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 ارائه‌کند، مشخص گردید و در مرحله نهایی یعنی تدوین گزارش، روایت مختصر، منسجم، منطقی و غیرتکراری که داده‌های تحت هر تم و میان تم‌ها بیان‌کند و ضرورت وجود تم را نشان دهد ارائه شده است. (بارون و کلارک، ۲۰۰۶، ۱۰۱-۷۷) برای سنجش روایی تحقیق در بخش کیفی، علاوه بر این‌که مضامین فراگیر، سازمان‌دهنده و پایه، با مطالعه مبانی نظری، پیشینه تحقیق و کلیه منابع و مستندات اجرایی در دسترس انتخاب و تایید شدند، نظرات و راهنمایی گروهی از خبرگان نیز لحاظ و قبل از کدگذاری، جرح و تعدیل نهایی انجام شد. در این تحقیق، ابتدا کدگذاری با مطالعه سطر به سطر کلیه مستندات موجود به شکل دستی صورت گرفت و پس از اتمام و بدون مراجعه مجدد به آن، کدگذاری رایانه ای با نرم افزارMaxqda.10 به‌صورت مستقل انجام، سپس نتایج این دو کدگذاری با یکدیگر مقایسه و از روش هولستی[۳۲] طبق رابطه یک، برای محاسبه پایایی استفاده شد.

$$PAO = 2M / (N_1+N_2)$$ (رابطه ۱)

در فرمول فوق M تعداد موارد کد مشترک بین دو کدگذاری می باشد.N_1 و N_2 به‌ترتیب تعداد کلیه موارد کدگذاری شده توسط کدگذار در مراحل اول و دوم است. مقدار PAO بین صفر (عدم توافق) و یک (توافق کامل) است و اگر از ۰/۷ بزرگتر باشد مطلوب می‌باشد. رابطه هولستی جهت تعیین پایایی داده‌های اسمی برحسب «درصد توافق مشاهده‌شده»[۳۳] است که مقدار آن در این تحقیق برابر است با:

/2* 692)۳۷+۷۷٤(=۰.۹۱٦

تامین اعتبارپذیری پژوهش در بخش کیفی بر مبنای روش‌های ارزیابی کیفیت پژوهش تحلیل مضمون، مشتمل بر رعایت معیارهای قابل قبول بودن (روایی ورودی‌های پژوهش)، انتقال-پذیری، قابلیت اطمینان و تاییدپذیری (عرضه توصیفی غنی و ثبت ممیزی)، در قالب معرفی مصاحبه‌شوندگان بعدی توسط مصاحبه‌شوندگان قبلی، انتخاب مصاحبه‌شوندگان براساس توصیه متخصصان و از میان مدیران ذی‌ربط صنعت، بهره‌گیری از عبارات توصیفی مانند نقل‌قول‌ها در تفسیرها، ارائه یک تصویر مفصل از زمینه انجام پژوهش، انجام کدگذاری مستقل دستی و رایانه‌ای و مقایسه و تایید آن بر اساس رابطه هولستی، تشکیل گروه کانونی و در اختیار گذاشتن داده‌ها، روش‌ها و تصمیمات با هدف بازبینی و موشکافی تحقیق توسط دیگر پژوهشگران و در نهایت ارائه گزیده مصاحبه‌ها و توضیح روند تحلیل داده‌ها صورت پذیرفته است. (حسین خنیفر،ناهید مسلمی، ۱۳۹۷، ۷۳-۵۰) فرآیند جمع آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها تا جایی ادامه می‌یابد که محقق در داده‌ها به مرز اشباع برسد و مفاهیم مرتبط با پدیده موردنظر که توسط مصاحبه‌شوندگان مشتمل بر هفت نفر از خبرگان این حوزه (در سطح مدیران)، درخصوص اهداف و پیش‌نیازهای استقرار مدیریت هوشمند آب و همچنین وجوه افتراق آن با سایر سامانه‌های هوشمند خدماتی مشابه مطرح می‌شود تکراری گردد و هیچ‌گونه تغییری در جریان مفاهیم و مقولات خاص ایجاد نشود و حصول کفایت نظری صورت پذیرد. با توجه به نوپا بودن مفاهیم موردبحث در صنعت آب و فاضلاب، پس از مصاحبه با هفت نفر از مدیران و انجام تحلیل لازم، اشباع نظری حاصل شد. پنج نفر از مصاحبه‌شوندگان دارای مدرک کارشناسی ارشد، دو نفر کارشناسی و همگی آقا می باشند. در خصوص گروه کانونی نیز با توجه به پرسش ها، هدف تحقیق و ضرورت انجام مصاحبه گروهی به‌منظور اخذ نظرات بخش خصوصی ذی‌مدخل و بخش دانشگاهی فعال در زمینه هوشمندسازی شبکه‌های خدمت‌رسان، از نمونه‌گیری هدفمند سهمیه‌ای، با لحاظ نمودن حضور متناسب شش نفر از افراد مطلع مرتبط با موضوع مشتمل بر معاونین ارشد شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و وزارت نیرو (دو نفر) و مشاورین و پیمانکاران فعال در حوزه هوشمند سازی آب (دو نفر) و و اساتید دانشگاهی صاحب‌نظر (دو نفر) بهره‌گیری و درنهایت، پس از شناسایی مضامین و در بخش میدانی، از روش

تحلیل عاملی[۳۴] بر پایه اطلاعات حاصل از توزیع ۱۵۲پرسشنامه (با سوالات بسته و به صورت غیرحضوری) استفاده شد که بر مبنای طیف پنج گزینه‌ای (لیکرت) ، در اختیار مدیران اجرایی شرکت آب و فاضلاب استان تهران (به‌عنوان بزرگترین شرکت آب و فاضلاب کشور) مشتمل بر معاونین نظارت بر بهره-برداری، مدیران بهره‌برداری، روسای گروه‌های اجرایی، کارشناسان مسئول و نیروهای عملیاتی، به‌عنوان متولیان مستقیم بهره‌برداری از سامانه‌های مذکور و افراد فنی دارای بیشترین اشراف و اگاهی نسبت به مشکلات اجرایی و سوابق عملیاتی استقرار این‌گونه سامانه های هوشمند (در سطوح مختلف) قرار گرفت. سوالات پژوهش در این قسمت عبارت است از: سؤال یک: عوامل موثر بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب کشور کدامند؟ سؤال دوم: اولویت عوامل موثر بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب کشور کدامند؟ تحلیل عاملی، روشی برای کشف و شناسایی ساختار بنیادی مجموعه‌ای از متغیرها یا الگوهای احتمالی در داده‌ها است و پیش فرض اولیه آن این است که هر متغیری ممکن است با هر عاملی ارتباط داشته باشد و به تعبیری، محقق هیچ پیش‌فرض اولیه‌ای ندارد. هدف تحلیل عاملی این است که یک عامل (متغیر غیرقابل مشاهده) از ترکیب چند متغیر (شاخص) مشاهده شده، ساخته شود. در شیوه آماری تحلیل عاملی فرض می‌شود متغیرهای لحاظ شده ترکیبی خطی از متغیرهای فرضی یا ساختگی می‌باشند. هر متغیر فرضی که یک عامل نامیده می‌شود از ترکیب چند متغیر که دارای وجوه مشترکی هستند ساخته می‌شود. مدل تحلیل عاملی برای p و m متغیر مطابق رابطه دو است:

(رابطه ۲)

$$x_i = \mu_i + \sum_j \lambda_{ij} + f_i + e_i \quad (i = 1, 2, 3, \ldots m \ , \ j = 1, 2, 3, \ldots p)$$

در رابطه فوق:

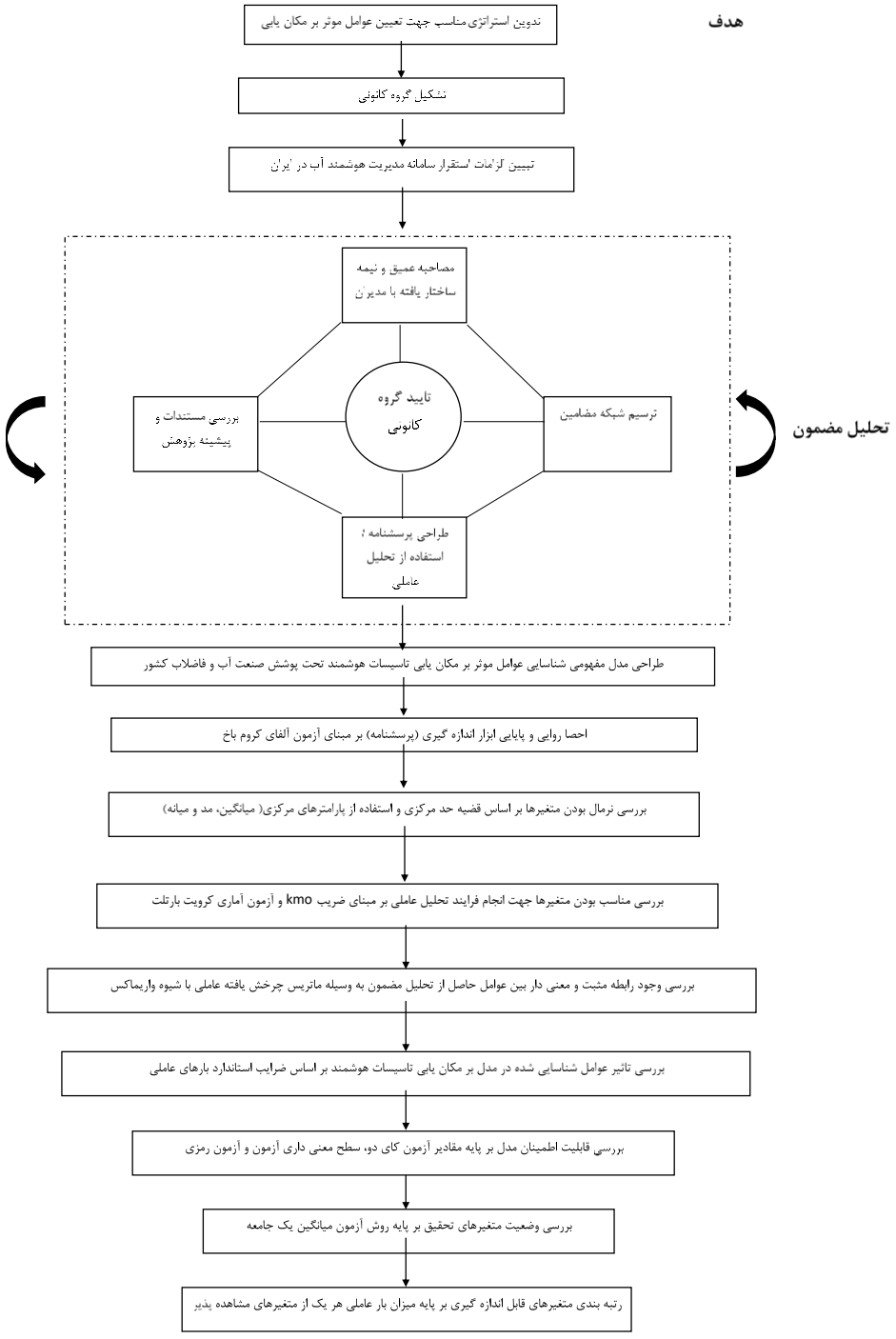
μ_i: میانگین iام تمام مشاهدات.

λ_{ij}: ضرایب عامل jام در ارتباط با متغیر iام (کواریانس متغیر jام و عامل iام).

f_j : تعداد m عامل موثر.

e_i : خطاهای مدل.

نکته این که در شیوه تحلیل عاملی فرض می‌شود، تمام متغیرها منتسب به عامل pام با یکدیگر همبستگی قوی دارند، در حالی که متغیرهای هر عامل نسبت به متغیرهای عوامل دیگر هیچ همبستگی ندارند. تحلیل عاملی، شامل تحلیل عاملی اکتشافی[۳۵] و تاییدی[۳۶] است. در تحلیل عامل اکتشافی، هدف کشف ساختار زیربنایی مجموعه‌ای بزرگ از متغیرها است و پیش‌فرض اولیه، آن است که هر متغیری به احتمال قوی با هر عامل دیگری ارتباط داشته باشد. معادلات ساختاری[۳۷] (تحلیل عاملی تاییدی)، که مدل اصلی و کاربردی تحقیق است، تعیین میزان توان مدل عاملی از قبل تعریف شده با مجموعه‌ای از داده‌های مشاهده شده است. در تحلیل عاملی تاییدی، پیش‌فرض اصلی آن است که هر عاملی با زیرمجموعه خاصی از متغیرها ارتباط دارد. یعنی درصدد تعیین آن است که آیا تعداد عامل‌ها و بارهای متغیرهایی که روی این عامل‌ها اندازه‌گیری شده‌اند با آنچه بر اساس تئوری و مدل نظری انتظار می‌رفت انطباق دارد؟ تحلیل عاملی به آزمون میزان انطباق و هم‌نوایی بین سازه نظری و سازه تجربی پژوهش می‌پردازد و در آن، ابتدا متغیرها و شاخص‌های مربوطه برپایه تئوری اولیه انتخاب و سپس از این روش استفاده می‌شود تا ثابت گردد که آیا این متغیرها و شاخص‌ها آن‌گونه که پیش‌بینی می‌شد بر عامل‌های پیش‌بینی شده بارشده‌اند و یا این‌که ترکیب آن‌ها عوض شده و روی عامل‌های دیگری بار شده‌اند. بر این اساس مدل مفهومی مراحل مختلف انجام این پژوهش، مطابق شکل پنج است.



شکل ۵: مدل مفهومی پژوهش

یافته ها

تجزیه و تحلیل یافته های پژوهش می تواند به شیوه‌های مختلف در جهت حمایت نیازهای مخاطبین پژوهش و تسهیل تحصیل اهداف تحقیق صورت پذیرد. در تحقیق حاضر و در گام نخست با استفاده از مرورگسترده ادبیات، بررسی پیشینه پژوهش، مطالعه مستندات و انجام مصاحبه با متولیان موضوع، الزامات استقرار سامانه شبکه هوشمند آب در ایران، از منظر صاحب‌نظران این حوزه تبیین گردید. پس از 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) مطابق جداول سه و چهار، نهایتا یک نقشه تماتیک راضی‌کننده از داده ها به دست آمد.

جدول۳ : تم های فرعی، مفاهیم و فراوانی تکرار آن ها در خصوص تم اصلی پیش نیازهای استقرار مدیریت هوشمند آب

تم اصلی	تم فرعی	مفهوم	مراجع (با تکرار)	فراوانی (بدون تکرار)
پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب	پیش نیازهای جمع آوری، پردازش و تحلیل داده ها	لزوم جمع آوری اطلاعات در زمان واقعی و در یک بازه زمانی طولانی	۳	۳
		لزوم یکپارچه سازی و مدیریت حجم داده	۷	٦
		لزوم نرم افزار تحلیل گر مناسب	۳	۳
		لزوم حل مشکل وابستگی تکنولوژیکی	۳	۳
		لزوم لحاظ نمودن تغییرات اقلیمی در فناوری بکار گرفته شده	۱	۱
		ضرورت بکارگیری فناوری جامع اطمینان بخش و مناسب	۳	۲
		فقدان فناوری جامع کاربر پسند	۲	۲
	پیش نیازهای فرهنگی	فقدان درک مناسب ازکسب و کار هوشمند	۳	۲
		فقدان آگاهی عمومی و لزوم فرهنگ سازی در خصوص اهمیت اجرای سامانه	٦	٦
		فقدان انگیزه و مشوق های لازم جهت هوشمند سازی فرآیندهای آب	٦	٦
	لزوم لحاظ نمودن الزامات امنیت سایبری	ـــــ	۱	۱
	پیش نیازهای اقتصادی	هزینه های اجرا و به روز رسانی بالا و لزوم حل مشکل فقدان بودجه کافی	٦	۵
		ضرورت انجام مطالعات اقتصادی قبل از اجرای طرح	۱	۱
	لزوم وجودمدل هیدرولیکی کالیبره شبکه توزیع	ـــــ	۱	۱
	استقرار سامانه GIS	ـــــ	1	۱
	ضرورت وجود یک استراتژی اجرایی مناسب	لزوم اصلاح و بازسازی زیر ساختهای اصلی	۱۲	۹
		ضرورت شناخت کافی وضعیت تجهیزات	۹	٦
		تعریف هدف نهایی استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب	۳	۳
		تعریف یک برنامه عملیاتی جهت رسیدن به هدف مورد نظر در هوشمندسازی	٤	۱
		لزوم لحاظ نمودن مخاطرات در طراحی شبکه هوشمند	۳	۳
	لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی متخصص	ـــــ	3	۳
	استقرار سامانه اسکادا	ـــــ	۱۸	۱۷

پس از انجام گام نخست بخش کیفی پژوهش و شمارش فراوانی بدون تکرار در جدول سه ، مهمترین پیش نیازهای استقرار شبکه هوشمند آب به ترتیب شامل ضرورت وجود استراتژی اجرایی مناسب، فراهم آوردن مقدمات لازم جهت جمع آوری، پردازش و تحلیل داده ها و استقرار اسکادا می باشد.

جدول ٤: تم های فرعی، مفاهیم و فراوانی تکرار آن ها در خصوص تم اصلی اهداف استقرار مدیریت هوشمند آب

تم اصلی	تم فرعی	مفهوم	مراجع (با تکرار)	فراوانی (بدون تکرار)
اهداف استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب	تاثیر مثبت زیست محیطی	ـــــ	۳	۲
	مدیریت منابع انسانی	کاهش نیروی انسانی غیر متخصص	۳	۳
		حل معضل بیکاری باجذب افراد متخصص	۱	۱
	مدیریت یکپارچه منابع آبی	صیانت از منابع آبی	۷	۷
		مدیریت یکپارچه شبکه آبی برای کلیه منابع	۲	۲

		حل مشکلات منطقه ای تقسیم آب	۱	۱
		حل مشکل خشکسالی و تغییرات اقلیمی	٦	٦
	مدیریت هوشمند شبکه توزیع آب	سنجش و مدیریت پارامترهای هیدرولیکی	۸	۷
		مدیریت مصرف و تقاضای آب	۷	۷
		پیش بینی تقاضای آب	۵	۵
		مدیریت آب بدون درآمد	۹	۹
		کاهش شکستگی لوله ها	۸	۸
		تشخیص نشت	۱۱	۱۱
	تلفیق کسب و کارهای آب بافناوری اطلاعات و شبکه	ـــــ	۱	۱
	پاسخگویی به نیازها و افزایش رضایت مشترکین	ـــــ	۱۰	۸
	نگرش جدید در مدیریت امور شهری	ابزار بهینه مدیریت شهری	۱	۱
		مدل جدید توسعه پایدار شهری	۱	۱
	تحقق ابزار توسعه پایدار	ـــــ	٦	٦
	هوشمند سازی فرآیند در مدار بهره برداری	ارائه اطلاعات دقیق و برخط و تصمیم گیری لحظه ای	۵	۵
		پایش مداوم و پیوسته تاسیسات و فرآیندها	۱	1
		دادن هشدارهای لازم به بهره برداران	۱	1
		کنترل هوشمند فرایند	۵	۵
	مدیریت اقتصادی پروژه ها	کاهش هزینه های سرمایه ای	۳	۳
		کاهش هزینه های عملیاتی	۳۱	۳۰
		اقتصادی کردن پروژه ها (با اجرای صحیح)	۳	۳
	مدیریت اثربخش مصرف انرژی	ـــــ	۱۰	۱۰
	حصول اهداف پدافند غیرعامل	ـــــ	۱۰	۱۰
	کنترل کیفی آب	ـــــ	۱۷	۱۷
	شناسایی و تشخیص خودکار عیوب و مدیریت هوشمند تعمیر و نگهداری	ـــــ	۹	۸
	مدیریت مخاطره	ـــــ	۲٦	۲۰
	افزایش تاب آوری و قابلیت اطمینان	ـــــ	۸	۷
	بهینه سازی فرآیندهای مدیریتی	شبیه سازی فرایند مدیریت	٤	٤
		بهینه کردن عملکرد سیستم	۱۱	۱۰
		مدیریت بهینه و به هنگام	۱۵	۱۳
		بهبود بهره وری	۱۱	۱۰

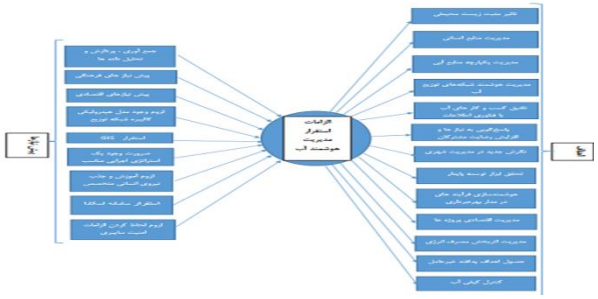
پس از انجام گام نخست بخش کیفی و شمارش فراوانی بدون تکرار در جدول چهار، از میان هفده هدف احصاء شده در زمینه استقرار سامانه مدیریت هوشمند تاسیسات آبی، بیشترین تاکید بر مقوله"مدیریت هوشمند شبکه توزیع" بوده است و سایر مقوله‌ها مشتمل بر بهینه‌سازی فرآیندها، کاهش هزینه‌های عملیاتی و مدیریت مخاطره در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند. به منظور کمک به قضاوت بهتر گروه کانونی، اولویت‌بندی تمایزات شبکه هوشمند آب در قیاس با سایر سامانه‌های هوشمند مشابه، پس از انجام مصاحبه و بررسی دقیق پیشینه فعالیت‌های مشابه، بر اساس فراوانی (بدون تکرار) در جدول پنج ذکر شده است تا با استفاده از آن، به تبیین دقیق‌تر بافت سازمانی استقرار این‌گونه ساختارهای هوشمند در صنعت آب بپردازیم.

جدول ۵: اولویت‌بندی وجوه افتراق شبکه هوشمند آب با سایر سامانه‌های هوشمند خدمات‌رسان

رتبه	عنوان ویژگی متمایز کننده
۱	چند وجهی بودن مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب
۲	میزان بالای آسیب پذیری تاسیسات آب و فاضلاب نسبت به سایر سامانه های صنعتی
۳	حساسیت های موجود به لحاظ کمیت و کیفیت خدمات
٤	ضرورت تهیه نرم افزار بومی تحلیل گر در صنعت آب و فاضلاب
۵	پراکنش و گستردگی زیاد تاسیسات آب و فاضلاب

رتبه	عنوان ویژگی متمایز کننده
٦	بی وقفه بودن خدمات شبکه های آب و فاضلاب
۷	ضرورت انجام کنترل های لازم با توجه به فلسفه کنترل
۸	ضرورت لحاظ کردن قابلیت اطمینان حداکثری برای سامانه مدیریت هوشمند
۹	وجود نقشه راه هوشمند سازی تاسیسات در صنعت آب و فاضلاب
۱۰	وجود پیش نیازهای متعدد و متنوع

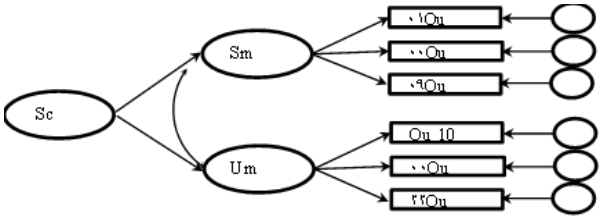
مطابق جدول پنج، عمده تمایزات سامانه مدیریت هوشمند آب، به چندوجهی بودن آن، میزان بالای آسیب‌پذیری تاسیسات، حساسیت‌های موجود به لحاظ کمیت و کیفیت تامین آب شرب مشترکین و ضرورت تهیه نرم‌افزار بومی تحلیل‌گر در این صنعت برمی‌گردد که این موارد باید به‌هنگام مکان‌یابی و تدوین الزامات عملیاتی استقرار آنها لحاظ شود. در ادامه، با استفاده از نتایج این جدول و به‌منظور برقراری تعامل بین شرکت‌کنندگان در تحقیق، برای ایجاد داده‌ها و دستیابی به بینش و آگاهی بیشتر و منسجم‌تر در زمینه الزامات استقرار شبکه هوشمند آب، گروه کانونی تشکیل شد که در آن، موارد مطروحه در گام‌های قبلی مورد تایید ضمنی قرارگرفت. لیکن در بخش اهداف استقرار، شناسایی و تشخیص خودکار عیوب و مدیریت هوشمند نگهداری و تعمیرات، مدیریت مخاطره و مقوله افزایش تاب‌آوری (در غالب ادغام با مقوله‌های مدیریت مخاطره و بحران) جزو اهداف استقرار سامانه اسکادا لحاظ گردید و بر ضرورت افزایش تاب‌آوری در صنعت آب و فاضلاب با اجرای اسکادا، به عنوان یکی از پیش‌نیازهای اصلی استقرار شبکه هوشمند آب، تاکید گردید. همچنین بهینه‌سازی فرایندهای مدیریتی معادل هوشمندسازی فرآیند در مدار بهره‌برداری دانسته شد. پس از تایید نهایی گروه کانونی، شبکه مضامین استقرار شبکه هوشمند آب مطابق شکل شش حاصل شد.



شکل ٦- شبکه مضامین استقرار شبکه هوشمند آب

در گام کمی، به‌واسطه آن که در فرآیند مصاحبه و تشکیل گروه کانونی، به دلیل انتخاب گروه‌های کوچک، قابلیت تعمیم به جمعیت بزرگتر به‌شدت محدود می شود و از طرفی کسب اطلاعات ناهم سنگ ناشی از پویایی گروه‌ها و عدم قطعیت در مورد درستی پاسخ‌های مصاحبه شوندگان، نقیصه‌های غیرقابل اجتناب شیوه‌های کیفی می‌باشد، از روش تحلیل‌عاملی و به‌منظور تسهیل در محاسبات از بسته نرم‌افزارهای $SPSS_{24}$ و $AMOS_{24}$ به فراخور نیاز استفاده شده است. نظر به ساختار و ارتباط متغیرهای مکنون (پنهان) قابل اندازه‌گیری در مدل ساختاری اولیه، اولین گام به شرح زیر و مطابق شکل هفت انجام خواهد شد. مدل ساختاری اولیه: ضرایب همبستگی

وکوواریانس متغیرهای مکنون مستقل با آزمون سطح معنی‌داری مسیرها مشخص می‌شود. مدل ساختاری ثانویه: مطابق این مدل بار عاملی متغیرهای مکنون مستقل و وابسته با آزمون سطح معنی‌داری مسیرها همراه با خطای اندازه‌گیری متغیرهای قابل مشاهده و آزمون‌های متنوع نیکویی برازش و در صورت لزوم مدل اصلاحی مشخص می‌شود.



شکل۷: مدل مفهومی شناسایی عوامل موثر بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب کشور

این مدل مشخصه‌های زیر را دارد:

متغیرهای مستقل مکنون (پنهان) شامل دو متغیر پیش‌نیازها و اهداف اجرای مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب است که به‌ترتیب با علائم اختصاری Sm و Um نشان داده شده‌اند. یک مسیر همبستگی. دو مسیر بار عاملی. خطای اندازه‌گیری: ۲۲ مورد. متغیرهای قابل مشاهده (اندازه‌گیری): شامل ۲۲ متغیر (جدول شش).

جدول ٦: فهرست متغیرهای مکنون قابل اندازه‌گیری در پژوهش

پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند	اهداف استقرار سامانه مدیریت هوشمند
جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها	تاثیر مثبت زیست محیطی
پیش نیازهای فرهنگی	مدیریت منابع انسانی
پیش نیازهای اقتصادی	مدیریت یکپارچه منابع آبی
لزوم وجود مدل هیدرولیکی کالیبره شبکه‌ی توزیع	مدیریت هوشمند شبکه‌های توزیع آب
استقرار سامانه‌های GIS	تلفیق کسب و کارهای مرتبط با آب با فناوری اطلاعات
ضرورت وجود یک استراتژی اجرایی مناسب	پاسخ‌گویی به نیازها و افزایش رضایت مشترکان
لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی متخصص	نگرش جدید در مدیریت امور شهری
استقرار سامانه‌های اسکادا	تحقق ابزار توسعه پایدار
لزوم لحاظ کردن الزامات امنیت سایبری	هوشمندسازی فرآیند در مدار بهره‌برداری
	مدیریت اقتصادی پروژه‌ها
	مدیریت اثربخش مصرف انرژی
	حصول اهداف پدافند غیرعامل
	کنترل کیفی آب

این پژوهش در سطح صنعت آب و فاضلاب ایران و برای نمونه در شرکت آب و فاضلاب استان تهران و با جامعه آماری محدود انجام گردید. مطابق مستندات کتابخانه‌ای شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، این شرکت در سال ۱۳۹۷، از منظر تعداد مشترکین، حجم فروش آب و دفع پساب ، بزرگترین شرکت آب و فاضلاب کشور و دارای ده شرکت فرعی مستقل عملیاتی است. نظر به ساختار و هدف این پژوهش، اعضای جامعه آماری این پژوهش (n) مشتمل بر معاونین نظارت بر بهره‌برداری، مدیران بهره‌برداری آب و فاضلاب، روئسای گروه‌های اجرایی، کارشناسان مسؤول و نیروهای عملیاتی (در مجموع ۱۵۲ نفر) می‌باشند و به دلیل آن‌که حجم جامعه برابر نمونه است (N=n)، لذا از شیوه آماری خاصی در این قسمت استفاده نشده است. پس از انجام تحلیل مضمون در گام‌های قبلی، در بخش میدانی از پرسشنامه استفاده شد که سؤالات آن از نوع بسته و غیرحضوری و منطبق بر طیف پنج گزینه‌ای (لیکرت) و شامل دو بخش سیمای آزمودنی پاسخگویان و سؤال‌های پرسشنامه (بسته) می‌باشد. روایی پرسشنامه: پس از طراحی اولیه پرسشنامه و هماهنگی و اخذ نظرات تفضیلی گروه کانونی و انجام اصلاحات موردنظر، پرسشنامه نهایی تهیه و تنظیم شد. برای آن که سایر اشکالات پرسشنامه در عمل برطرف شود، تعداد سی پرسشنامه در بین جامعه آماری مورد نظر، به شکل تصادفی توزیع شد تا اشکالات احتمالی و موارد ابهام جزیی آن

نیز مشخص شود. پرسشنامه در مطالعه مقدماتی، به دقت تکمیل، موارد ابهام آن مشخص و قبل از توزیع نسبت به اصلاح آن اقدام شد. پایایی (اعتماد و ثبات): پایایی، یعنی ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد و نشانگر همبستگی میان مجموعه‌ای از نمرات و مجموعه دیگری از نمرات در یک آزمون معادل که به‌صورت مستقل بر یک گروه آزمودنی به دست آمده است، می‌باشد. بنابراین، دامنه ضریب پایایی بین بازه صفر (عدم ارتباط) تا ۱+ (ارتباط کامل) در نوسان است. ابزار پایایی این پژوهش آلفای-کرونباخ انتخاب شده که نتایج آن مطابق جدول هفت می‌باشد.

جدول ۷: ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش پایایی پرسشنامه برای هر گروه از متغیرهای پنهان

متغیر	تعداد گزینه	تعداد سؤال	الفای کرونباخ با داده‌های استاندارد	الفای کرونباخ
پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند	۳۰	۹	۰/۷۳۲	۰/۷۶۱
اهداف استقرار سامانه مدیریت هوشمند	۳۰	۱۳	۰/۸۰۱	۰/۸۳۳
جمع	۳۰	۲۲	۰/۸۰۳	۰/۸۱۱

مطابق جدول هفت، ضریب آلفای کرونباخ برای مجموع پرسشنامه ۸۱/۱ درصد است که در سطح آلفای صددرصد معنی‌دار می‌باشد و حکایت از اعتبار بسیاربالای ابزار اندازه‌گیری دارد. همچنین مطابق همین جدول، ضریب آلفای کرونباخ برای متغیرهای پیش‌نیازهای استقرار شبکه هوشمند (۹ سوال یا متغیر قابل مشاهده)، ۷۳/۲درصد و برای متغیر پنهان اهداف استقرار سامانه مذکور(۱۳ سوال یا متغیر قابل مشاهده)، ۸۰/۱ درصد در سطح آلفای کرونباخ با داده های استاندارد، معنی‌دار است. با ارسال ۱۵۲ پرسشنامه به اعضای جامعه آماری، تعداد ۱۴۲ پرسشنامه به‌طورکامل دریافت و تجزیه و تحلیل شد (نرخ بازگشت ۹۳ درصدی) یعنی در واقع جامعه آماری پژوهش ۱۴۲ نفر می‌باشد. یکی از پیش‌نیازهای هر آزمون آماری، بررسی نرمال‌بودن توزیع آن است. با توجه به قضیه حد مرکزی[۳۸]، هنگامی که حجم نمونه ها بالامی رود، توزیع به سمت نرمال شدن پیش‌می رود. لذا با این پیش‌فرض، نرمال بودن داده‌ها در این پژوهش، پذیرفتنی است.

جدول ۸: پارامترهای مرکزی نمونه سؤال‌های شناسایی روایی گویه‌های پرسشنامه

متغیر	میانگین	میانه	مد
پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند	۳/۴۱	۳/۵۵	۳/۵۶
اهداف استقرار سامانه مدیریت هوشمند	۳/۳۸	۳/۳۸	۳/۰۱

یک از شیوه‌های دیگر مرسوم برای شناسایی نرمال‌بودن متغیرها، استفاده از پارامترهای مرکزی (میانگین، مد و میانه) و پارامترهای پراکندگی (انحراف معیار) است. در دانش آمار، اگر میانه، مد و نما نزدیک یکدیگر باشند، جامعه آماری از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. در این راستا؛ اطلاعات جدول هشت قابل ملاحظه است که طبق آن و نظر به نزدیکی مقادیر پارامترهای مرکزی، به نظر می‌رسد توزیع دو متغیر پیش‌نیازها و اهداف استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب نرمال است. برای بررسی بیشتر مناسب بودن متغیرهای مشاهده‌پذیر جهت انجام فرآیند تحلیل عاملی از ضریب kmo[39] و آزمون آماری کرویت بارتلت[۴۰] به شرح زیر و مطابق جدول نه استفاده شد.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \ldots = \sigma_{10}^2$$

$$H_1: \text{At least one } \sigma_i^2 \text{ is not equal to the others}$$

جدول ۹: ضریب KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		۰/۷۲۵
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	۸۴/۱۳۶
	df	231

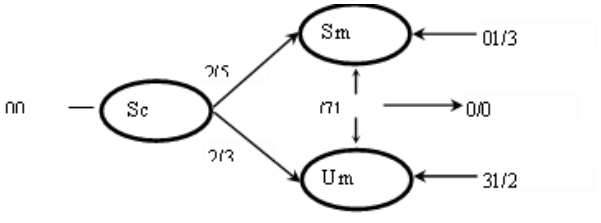
۰/۰۰۰	Sig.	

بر اساس جدول نه، مقدار ضریب KMO معادل ۰/۷۲۵ است. یعنی تعداد داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب است. سطح معنی‌داری آزمون کرویت بارتلت نیز معنی‌دار است. یعنی بین متغیرها (شاخص‌ها)، ضریب همبستگی معنی‌داری وجود دارد و داده‌ها با حداکثر ۹۹ درصد اطمینان برای انجام تحلیل عاملی مناسب‌اند. هدف گام نخست تحلیل عاملی، استخراج عوامل زیربنایی یک سری متغیرهای مشاهده‌گر می‌باشد و محقق درصدد کشف ساختار زیربنایی مجموعه به نسبت بزرگی از متغیرها می‌باشد و پیش‌فرض اولیه تحقیق آن است که هر متغیری ممکن است با هر عاملی ارتباط داشته باشد. به تعبیری در این شیوه، محقق هیچ گونه تئوری اولیه‌ای ندارد. از این رو برای هر ۲۲ سوال پرسشنامه، تحلیل عاملی انجام شده است. به عبارت دیگر در این بخش، ابتدا از متغیرهای مشاهده‌گر (گویه ها) به متغیر مکنون رسیدیم (از سوالات پرسشنامه به عامل ها رسیدیم) و سپس، صحت مدل اندازه‌گیری در بستر نرم‌افزار $SPSS_{24}$ مورد آزمون قرار گرفت.

جدول ۱۰: ماتریس چرخش یافته عاملی با شیوه واریماکس ۴۱

پیش نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب		اهداف استقرار سامانه مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب	
عنوان	بارعاملی	عنوان	بارعاملی
سؤال ۱	۰/۷۲	سؤال ۱۰	۰/۸۱
سؤال ۲	۰/۵۷	سؤال ۱۱	۰/۷۰
سؤال ۳	۰/٦۸	سؤال ۱۲	۰/۷۷
سؤال ٤	۰/۸۳	سؤال ۱۳	۰/٦۱
سؤال ۵	۰/۷٤	سؤال ۱٤	۰/۷۱
سؤال٦	۰/٦۸	سؤال ۱۵	۰/۸۰
سؤال ۷	۰/۷۱	سؤال ۱٦	۰/٦۷
سؤال ۸	۰/٦٦	سؤال ۱۷	۰/٦۳
سؤال ۹	۰/۷۷	سؤال ۱۸	۰/٦۹
		سؤال ۱۹	۰/۷٤
		سؤال ۲۰	۰/۸۱
		سؤال ۲۱	۰/۷۹
		سؤال ۲۲	۰/٦۸

نتایج جدول ده نشان می‌دهد که بین عوامل حاصل از تحلیل مضمون، رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. در تحلیل عاملی تاییدی، پیش‌فرض اساسی محقق آن است که هر عاملی با زیرمجموعه خاصی از متغیرها ارتباط دارد. حداقل شرط لازم برای تحلیل عاملی، این است که محقق در مورد تعداد عامل‌های مدل، قبل از انجام تحلیل پیش‌فرض معینی دارد. به طور کلی برای آزمون فرض‌های مربوط به مدل‌های اندازه گیری فقط باید از شیوه تحلیل عاملی تائیدی استفاده شود. پس از انجام پیش–آزمون‌های آماری که بایستی قبل از تحلیل عاملی تاییدی، صورت‌پذیرد و تایید آنها، مدل نهایی تحلیل عاملی در بستر نرم افزار $AMOS_{0.7}$ انجام شد که خروجی آن در وضعیت استاندارد مطابق شکل هشت است.



شکل ۸: بارهای عاملی مدل پژوهش در وضعیت استاندارد

طبق نتایج تحلیل عاملی تائیدی، وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین عوامل موثر بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند صنعت آب و فاضلاب کشور مورد تائید قرارگرفت. نظر به آنکه تمام ضرایب

استاندارد بالای ۰/۵ هستند و عدد معنی‌داری آنها نیز بیشتر از 1.96 است می‌توان نتیجه گرفت که تمام عوامل شناسایی شده بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند آب موثرند. مطابق شکل و بر پایه مقادیر آزمون کای دو[42] (۱۰۳۵/۱)، سطح معنی‌داری آزمون (0/00) و آزمون رمزی[43] (۰/۰۱۳)، قابلیت اطمینان مدل بسیار بالا است. در این بین، بیش‌ترین تاثیر به متغیر مکنون رعایت پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب (بارعاملی ۵/۲۸) اختصاص دارد. لذا به نظر می رسد مشکل اصلی فقدان اثربخشی استقرار سامانه های مدیریت هوشمند آب به عدم رعایت و احصا پیش‌نیازهای موردنیاز بر- می گردد و سیاست‌گذاری مدیران ارشد باید در این بخش متمرکز شود. کم‌ترین تاثیر نیز به متغیر مکنون هدف‌گذاری مناسب جهت استقرار سامانه مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب (بارعاملی ۳/۲۱) اختصاص دارد. هر چند بارعاملی این متغیر مکنون از متغیر رعایت پیش‌نیازها کمتر است، اما نظر به بار عاملی آن که در سطح معنی‌دار است، مدیریت ارشد باید با توجه به شرایط موجود، هدف گذاری مناسب را انجام دهد و از این قسمت غافل نماند. ضریب همبستگی دو متغیر مکنون، به تقریب ۷۲ است که یک ضریب مثبت و مستقیم است. هم چنین مقدار سطح معنی‌داری آزمون صفر و کم‌تر از α است، بنابراین با اطمینان ۹۹ درصد نتیجه می‌گیریم که یک رابطه خطی بین دو متغیر فوق وجود دارد و مقدار همبستگی اتفاقی نمی- باشد. بر این اساس، پاسخ سؤالات پژوهش به شرح زیر است. سؤال یک: موثرترین عامل بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند صنعت آب و فاضلاب کشور، رعایت پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند با بار عاملی ۵/۲۸ است. سؤال دوم: اولویت عوامل موثر بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب کشور، ابتدا رعایت پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند و بعد از آن هدف‌گذاری مناسب جهت استقرار شبکه هوشمند آب است. برای بررسی وضعیت متغیرهای تحقیق، از آزمون میانگین یک جامعه[44] استفاده شد که طبق آن، در صورتی بین وضعیت متغیر و میانگین لحاظ شده (عدد سه در وسط طیف لیکرت) تفاوت معنی‌دار وجود نخواهد داشت که عدد معنی‌داری بزرگتر از ۰/۰۵ باشد.

جدول ۱۱: نتایج آزمون میانگین تک متغیره سؤالات

عنوان	ارزش آزمون = ۳					
	آماره آزمون	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	اختلاف میانگین آزمون	فاصله تفاوت با ۹۹ درصد اطمینان	
					بالاتر	پایین تر
پیش نیازهای استقرار	٥/٤	141	۰/۰۰	۰/٤٧١	۰/٢٤٤	۰/٦٩٩
اهداف استقرار	٥/٥	141	۰/۰۰	۰/٤٤٣	۰/٢٣٣	۰/٦٥٥

مطابق جدول یازده، تمام عوامل دارای عدد معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵هستند. در این آزمون، چنان چه حد بالا و پایین هر دو مثبت باشند به این معنی است که عامل مورد نظر وضعیت مناسبی دارد و اگر حد بالا و پایین هر دو منفی باشند، یعنی عامل مربوطه وضعیت نامناسبی دارد. بر این اساس و نظر به سطح معنی‌داری آزمون، هر دو متغیر مکنون پژوهش در سطح مناسبی هستند. به منظور رتبه‌بندی متغیرهای قابل اندازه‌گیری و 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 چگونه می‌باشد. برای پاسخ به این سؤال از میزان بار عاملی هر یک از متغیرهای مشاهده- پذیر (گویه‌های پرسشنامه) که همگی به احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار می باشند استفاده شد.

جدول۱۲: رتبه بندی پیش نیازهای استقرار مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب

رتبه	سوال	میزان بار عاملی		عنوان
۱	سؤال- ٦	۱/۹۸	■	وجود یک استراتژی اجرایی مناسب
۲	سؤال- ۸	۱ /٦۱	■	استقرار سامانه اسکادا
۳	سوال- ٤	۱ /۵۵	■	لزوم وجود مدل هیدرولیکی کالیبره شبکه توزیع
٤	سؤال- ۱	۱ /۰۲	■	جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها
۵	سوال- ۲	۰ /۹۸	■	استقرار GIS
٦	سؤال- ۷	۰ /۸۸	■	لزوم آموزش و جذب نیروی انسانی
۷	سؤال- ۹	۰ /۷۱	■	لزوم لحاظ نمودن الزامات امنیت سایبری
۸	سؤال- ۳	۰ /٦۹	■	پیش نیازهای فرهنگی
۹	سؤال- ۵	۰ /٦۱	■	پیش نیازهای اقتصادی

مطابق جدول دوازدهم، بیشترین تاثیر در متغیر مکنون پیش- نیازهای استقرار سامانه‌های مدیریت هوشمند آب و فاضلاب، به سؤال ٦ "وجود یک استراتژی اجرایی مناسب" و کم‌ترین به سؤال ۵"پیش نیازهای اقتصادی" اختصاص دارد.

جدول ۱۳: رتبه بندی اهداف استقرار مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب

رتبه	سوال	میزان بار عاملی		عنوان
۱	سؤال- ۱۳	۲ /۰۲	■	مدیریت هوشمند شبکه توزیع
۲	سؤال- ۱۵	۱ /۹۳	■	پاسخ‌گویی به نیازها و افزایش رضایت مشترکان
۳	سوال- ۱۱	۱ /۸۸	■	مدیریت منابع انسانی
٤	سؤال- ۱۸	۱ /٦٦	■	هوشمندسازی فرآیند در مدار بهره برداری
۵	سوال- ۲۲	۱ /۲۵	■	کنترل کیفی آب
٦	سؤال- ۱۹	۱ /۲۱	■	مدیریت اقتصادی پروژه‌ها
۷	سؤال- ۱۰	۱ /۰۳	■	تاثیر مثبت زیست محیطی
۸	سؤال- ۲۱	۰ /۹۱	■	پیش نیازهای فرهنگی
۹	سؤال-۱٦	۰ /۸۸	■	نگرش نوین در مدیریت امور شهری
۱۰	سؤال- ۱۲	۰ /۸۱	■	مدیریت یکپارچه منابع آب
۱۱	سؤال- ۲۰	۰ /۷۱	■	مدیریت اثربخش مصرف انرژی
۱۲	سؤال- ۱٤	۰ /٦۸	■	تلفیق کسب و کارهای مرتبط با آب با فناوری اطلاعات
۱۳	سؤال- ۱۷	۰ /٦۱	■	تحقق ابزار توسعه‌ی پایدار

مطابق جدول سیزده ، بیشترین تاثیر در متغیر مکنون اهداف استقرار سامانه‌های مدیریت هوشمند آب و فاضلاب، به سؤال ۱۳ "مدیریت هوشمند شبکه توزیع" و کم‌ترین به سؤال ۱۷ "تحقق ابزار توسعه پایدار" اختصاص دارد.

بحث و نتیجه گیری:

این مقاله با هدف تحلیل عوامل موثر بر مکان‌یابی تاسیسات هوشمند تحت پوشش صنعت آب و فاضلاب کشور از منظر الزامات استقرار آنها انجام پذیرفت. امروزه، هدف از اتوماسیون این است که بخشی از وظایف انسان در صنعت به تجهیزات خودکار واگذار گردد. اتوماسیون می‌تواند میزان تعاملات مورد- نیاز را کم کند و منجر به کاهش ماشین‌افزار و سایر تجهیزات احتمالی شود. همچنین استقرار آن در هر سایت صنعتی، سبب بهبود تولید می‌گردد که این بهبود هم بر کمیت و میزان تولید و هم بر کیفیت محصولات موثر است. ما در جهانی فناوری‌محور زندگی می‌کنیم که در آن برای تحقق اهداف توسعه پایدار، فناوری اطلاعات و ارتباطات اهمیت زیادی دارد. مدیریت آب یکی از حوزه‌هایی است که این فناوری، نقش کلیدی در

رسیدگی به چالش‌هایی نظیر تشخیص نشت و بهینه سازی پویا بازی می‌کند. در واقع امروزه شبکه هوشمند آب به‌عنوان نسل بعدی طرح مدیریت آب پیشنهاد شده است که فناوری اطلاعات و ارتباطات را به‌منظور افزایش اثربخشی تمام عناصر ساختار شبکه آب به‌هم مرتبط می کند. بررسی‌ها نشان می دهد که نظر به نوپا بودن بحث هوشمندسازی در جوامع پیشرو، هوشمندسازی در کشور ما نیز با چالش‌های مشابهی روبرو خواهد بود و در گام اول ضروری است تا نقشه راه هوشمند-سازی در ابعاد مختلف آن ترسیم شود. با چنین رویکردی، اتوماسیون به‌عنوان پیش‌نیاز شبکه هوشمند از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود و باید سرمایه‌گذاری لازم در آن صورت پذیرد. مطابق مستندات موجود، ضمن استقرار چند پایلوت شبکه هوشمند آب در شرکت‌های آب و فاضلاب مشهد و تهران، حجم عظیم سرمایه‌گذاری در زمینه طراحی و پیاده سازی زیرساخت‌های کنترلی این شبکه هوشمند در کل صنعت آب و فاضلاب صورت گرفته و مطابق برنامه، باید تا پایان سال ۱۴۰۴ تمامی تاسیسات آب و فاضلاب کشور، مجهز به این‌گونه سامانه‌های نظارتی گردند. لذا این پژوهش درصدد است تا رویکردی یکپارچه را به‌منظور مکان‌یابی بهینه سایت‌های مناسب استقرار شبکه هوشمند آب (مشتمل بر شهر، روستا، مجتمع آبرسانی و...) بر مبنای تبیین الزامات استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب اتخاذ کند و از این طریق، سرمایه‌گذاری های صورت گرفته را به مسیر مناسب سوق دهد، به گونه‌ای که با تعریف درست اهداف و شناسایی پیش نیازهای مورد نیاز و انتخاب محل مناسب، مانع از اتلاف هزینه وکاهش بهره‌وری این‌گونه سامانه‌های نظارتی گردد. پژوهش اخیر نشان داد که عمده تمایز سامانه مدیریت هوشمند آب در مقایسه با سایر شبکه‌های هوشمند مشابه به چندوجهی بودن آن، حساسیت‌های بالای موجود در زمینه تامین آب شرب مشترکین، میزان بالای آسیب‌پذیری تاسیسات و ضرورت تهیه نرم‌افزار بومی تحلیل‌گر برمی‌گردد که این تفاوت‌ها باید به‌هنگام تدوین الزامات عملیاتی استقرار شبکه هوشمند آب لحاظ شود. مطابق نتایج به دست آمده، بیشترین تاثیر در بحث مکان‌یابی به متغیر مکنون رعایت پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب با بارعاملی ۵.۲۸ اختصاص دارد که بر اساس آن، به نظر می‌رسد مشکل اساسی فقدان ثربخشی استقرار سامانه‌های مدیریت هوشمند آب در کشور، به عدم‌رعایت و احصا پیش‌نیازهای مورد نیاز برمی‌گردد و سیاست‌گذاری‌ها باید در این بخش متمرکز و از حالت پرنقیصه موجود خارج شود. کم ترین تاثیر بین عوامل موثر بر مکان‌یابی نیز به متغیر مکنون هدف‌گذاری مناسب جهت استقرار سامانه مدیریت هوشمند تاسیسات آب و فاضلاب با بارعاملی ۳.۲۱ اختصاص دارد. به نظر می‌رسد دلیل اصلی وزن بیشتر رعایت پیش‌نیازها در قیاس با هدف گذاری مناسب، درکنار فقدان عینی یک استراتژی اجرایی مناسب (به عنوان اصلی ترین پیش نیاز) و ملموس بودن عدم تخصیص منابع مالی مناسب (به‌عنوان یکی از پیش‌نیازهای اصلی) برای نگهداری، به‌روزرسانی و احصا پیش‌نیازهای لازم اجرا و بهره برداری شبکه هوشمند آب که عملا اجرای سامانه‌های مذکور را با مشکل مواجه کرده است، به تحقق نسبی اهداف تعریف شده ناشی از پیاده سازی شبکه هوشمند آب در سطوح مختلف آن بر می گردد که تا حد زیادی توانسته است پاسخ‌گوی نیازهای متنوع بهره برداران طرح مذکور، به‌ویژه در سنوات آغازین اجرا و حداقل بودن هزینه های نگهداری و تعمیرات باشد. همچنین وجود این تفکر غلط که استقرار این سامانه‌ها در هر حالتی و با هر سطح نگهداری و به‌روزرسانی، سبب بهبود کارایی و افزایش بهره وری در شرکت های آب و فاضلاب می شود عملا توجه به مقوله هدف‌گذاری مناسب را به سمت و سوی احصا پیش‌نیازهای لازم سوق داده است. هر چند بارعاملی این متغیر مکنون از متغیر رعایت پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب کمتر است، اما نظر به معنی‌داری بار عاملی آن، مدیریت ارشد باید برنامه ریزی‌های لازم را در این‌خصوص انجام دهد و با توجه به شرایط موجود هدف‌گذاری مناسب را انجام دهد و در هر منطقه ای متناسب با مشکلات موجود، اقدام به استقرار زیر-ساخت‌های شبکه هوشمند آب کند. پس از رتبه بندی متغیرهای قابل اندازه گیری بر اساس میزان بار عاملی هر یک از متغیرهای مشاهده‌پذیر و در بعد پیش‌نیازهای استقرار سامانه مدیریت هوشمند آب، وجود یک استراتژی اجرایی مناسب و استقرار اسکادا حایز بیشترین اهمیت و پیش‌نیازهای فرهنگی در خصوص ایجاد آمادگی پذیرش فناوری جدید توسط کاربران و

مشترکین شرکت آب و فاضلاب دارای کمترین اهمیت گردید. در این میان آن‌چه جلوه می‌کند ضرورت استقرار اسکادا به عنوان پیش‌نیاز اصلی اجرای مدیریت هوشمند آب است که مبین جایگاه رفیع و نقش موثر استقرار این زیرساخت کنترلی جهت هوشمندسازی فرایندهای صنعت آب و فاضلاب می‌باشد که کاملا با پیشینه تحقیق و پلتفرم‌های مورد بررسی تطابق دارد. 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 ضرورت تمرکز مباحث فنی هوشمند سازی آب بر فرایندهای شبکه توزیع آب و نه کل شبکه آبرسانی می باشد. در پایان پیشنهاد می گردد تا ضمن لحاظ کردن عوامل موثر شناسایی شده در این پژوهش و اولویت بندی آنها به هنگام مکان یابی سایت مناسب جهت استقرار شبکه هوشمند آب توسط مدیران و بهره برداران شرکت های آب و فاضلاب استانی، با توجه به اهمیت موضوع آب، نوین بودن مقوله استقرار مدیریت هوشمند آب و خلأ مطالعاتی موجود در این زمینه، زیان‌ده بودن شرکت های آب و فاضلاب استانی، هزینه بر بودن استقرار سامانه های مذکور و اهمیت فراوان استقرار آن در جهت بهبود بهره وری و کسب رضایت مشترکین و نیز تنوع بسیار فرآیندهای صنعت آب و فاضلاب، پژوهشگران ضمن تمایز بخشیدن به مفاهیم مدیریت هوشمند آب و اسکادای آب و فاضلاب، به طراحی یک مدل علمی (ترجیحا چند هدفه) جهت استقرار شبکه هوشمند آب بر مبنای نتایج حاصل از این تحقیق بپردازند تا به واسطه آن، ضمن حرکت گام به گام به سمت محل فرآیند مورد نظر، به موازات هدایت سرمایه گذاری های صورت گرفته به مکان مناسب، با طراحی یک مدل اجرایی هوشمند بر مبنای هدف تعیین شده، مانع از اتلاف هزینه ،کاهش بهره وری و افزایش تاب آوری هر یک از این سامانه های مدیریتی گردند.

منابع

۱. بهپویان امین منتظر. (۱۳۹٤)، هوشمند سازی سیستم آبرسانی شهر مشهد ، مستندات کتابخانه ای شرکت آب و فاضلاب مشهد، صص ۲-۱٤

۲. حقیقی،علی. (۱۳۹۸)، تهیه طرح نرم‌افزار جامع مکان‌یابی بهینه سنسورهای فشار جهت هوشمند-سازی شبکه توزیع آب، مستندات کتابخانه ای شرکت آب و فاضلاب خوزستان، ۷

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

٤. 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، صص ۷-۱۰۸

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

۶. 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)، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت شهری، دوره ٦، شماره ۱۸، صص ۱-۲۰

۷. 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، صص ۱۲-۹۱

۸. محمدی، غ. (۱۳۹۵)، تبیین الگوی شهر هوشمند درکلانشهر مشهد مبتنی برتوسعه پایدار ،دانشگاه فردوسی مشهد ،دانشکده جغرافیا، صص ۱-۲۰

1) 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.
2) Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3 (2), 77-101.
3) Byeon, S., Choi, G., Maeng, S., Gourbesville, P .(2015). Sustainable Water Distribution Strategy with Smart Water Grid. Sustainability, 7(4), 4243-4245.
4) Cherchi, C .(et al.). (2015). Energy and water quality management systems for water utility's operations: A review. Journal of Environmental Management , 153, 109.
5) C.Hafedh, N. (et al.). (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. 45th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE Computer Society, 2.
6) He, Y. (et al.). (2014). smart city, International Journal of Distributed Sensor Networks, 1.
7) 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.
8) Martyusheva, Olga. (2014). Smart Water Grid.In Partial Fulfilment of The Requirements For Degree Master Of Science. Colorado State University.27-30
9) 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
10) 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.
11) Sensus Group. (2015). Water 20/20, bringing smart water network into focus, 13
12) 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.
13) Tsang, R. (2012). Cyberthreats, Vulnerabilities and Attacks on SCADA Networks. berkeley.edu. Archived from the original (PDF) on 13 August 2012. Retrieved 1, 1.
14) 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.
15) Won Lee, S. (et al.). (2015). Smart water grid: the future water management platform. Desalination and Water Treatment, 55, 340.
16) Yuanyuan, W. (et al.). (2017). A New Framework on Regional Smart Water. International Congress of Information and Communication Technology (ICICT 2017), 122.

یادداشت ها

[1] *Smart City*
[2] *ICT: Information and Communications Technology*
[3] *Real time*
[4] *Sensor*
[5] *Data centers*
[6] *Clouds*
[7] *YuanHe*
[8] *Smart Water Grid*
[9] *C.Hafedh et al.*
[10] *Wang Yuanyuanet al.*
[11] *Praveen Vijaia & Bagavathi Sivakumar P*
[12] *D. Savić et al.*
[13] *Donggeun Kwaka & Yunjung Kima & Wontae Kima*
[14] *Nonhlanhla Ntuli & Adnan Abu-Mahfouz*
[15] *Seung Won Lee et al.*
[16] *DCS: Decision Support System*
[17] *Michael Allen et al.*
[18] *Seongjoon Byeon et al.*
[19] *EWQM: Energy and Water Quality Management*
[20] *Colorado Springs*
[21] *EBMUD: East Bay Municipal Utility District*
[22] *Carla Cherchi et al.*
[23] *Senus Group*
[24] *Supervisory control and data acquisition*
[25] *IDEAS: Integrated Data and Electronic Alerts System*
[26] *DSTM: the Decision Support Tools Module*
[27] *Rosa tang*
[28] *Olga martyusheva*
[29] *IOT: Internet of things*
[30] *Confirmatory Factor Analysis*
[31] *Braun & Clarke*
[32] *Holsti's method*
[33] *Percentage of Agreement Observation*
[34] *Factor analysis*
[35] *Exploratory factor analysis*
[36] *Confirmatory factor analysis*
[37] *Structural equation modeling*

[38] *Central limit theorem*
[39] *Kaiser-Meyer-Olkin Measure of sampling adequancy*
[40] *Bartlett's Test of Sphericity*
[41] *Varimax Rotation*
[42] *Chi-squared test*
[43] *Ramsey-reset-test*
[44] *One Sample T test*