Journal of Business Intelligence Management Studies
Vol. 10, No.37, Autumn 2021
ims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/IMS.2021.54715.1800

ATU PRESS

Original Research
Received: 2020/08/26 Revised: 2020/10/26 Accepted: 2021/04/07
ISSN: 1735/112X eISSN: 2538-2527

Investigating the Effectiveness of Using Smart Meters on the Water Crisis Caused by the Outbreak of Coronavirus

Majid Kalantari — Phd, Information Management, Islamic Azad University, Central Tehran Branch. Tehran, Iran.

Seyed Rasoul Albourzi Gahroei * — Bachelor, Electrical Engineering, AlborzTavan Meter Company, Chaharmahal and Bakhtiari, Iran.

Elaheh Lotfizadeh Dehkurdi — MSc., Electrical Engineering, AlborzTavan Meter Company, Chaharmahal and Bakhtiari, Iran.

Ahmad Reza Kasraei — Phd, Information Management, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.

Abstract

The global crisis caused by the spread of the coronavirus has created new management scenarios in various economic and social sectors. In this study, by introducing smart water meters and examining their effectiveness in the process of remote reading of water consumption of subscribers, we seek to use the benefits of information technology solutions in the water industry to reduce or eliminate the risks of future crises. And after introducing and expressing the benefits of such intelligent measurement systems, using data from projects implemented in the country, their key role in facing and solving the global crisis caused by the outbreak of the virus from the perspective of reducing water consumption and we will review the guarantee of providing services in absentia.

Keywords: Coronavirus, Smart Water Meter, Reduce Water Consumption, Remote Reading.

* Corresponding Author: alborztavan.co@gmail.com

How to Cite: kalantari, M., Albourzi Gahroei, S, R., Kasraei, E., Lotfizadeh Dehkurdi, A., (2021). Investigating the effectiveness of Uusing Smart Meters on the Water Crisis Caused by the Outbreak of Coronavirus, *Journal of Business Intelligence Management Studies*, 10(37), 185-214.

مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند
سال دهم، شماره ۳۷، پاییز ۱۴۰۰، ص ۱۸۵ تا ۲۱۴
ims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/IMS.2021.54715.1800

مقاله پژوهشی
تاریخ ارسال: ۹۹/۰۶/۰۵
تاریخ بازنگری: ۹۹/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۱/۱۸
ISSN: 1735/112X
eISSN: 2538-2527

اثربخشی استفاده از کنتورهای هوشمند بر بحران مصرف آب ناشی از شیوع ویروس کرونا

مجید کلانتری — دکتری مدیریت فناوری اطلاعات، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.

سید رسول البرزی گهروئی * — کارشناس مهندسی برق، شرکت کنتورسازی البرزتوان، چهارمحال و بختیاری، ایران.

الهه لطفی زاده دهکردی — کارشناسی ارشد مهندسی برق، شرکت کنتورسازی البرزتوان، چهارمحال و بختیاری، ایران.

احمد رضا کسرایی — دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

چکیده

بحران جهانی ناشی از گسترش ویروس کرونا، سناریوهای مدیریتی جدیدی را در بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی ایجاد کرده است. در این زمینه، علم و فناوری نقش اساسی در حل مسئله و رفع چالش‌های مرتبط، ازجمله افزایش میزان مصرف آب دارد. در این پژوهش با معرفی کنتورهای آب هوشمند و بررسی میزان اثربخشی آن‌ها در فرایند قرائت از راه دور میزان مصرف آب مشترکین، به دنبال استفاده از مزایای راهکارهای فناوری اطلاعات در صنعت آب، به‌منظور کاهش و یا حذف مخاطرات ناشی از بحران‌های پیش رو هستیم و پس از معرفی و بیان مزایای این‌گونه سامانه‌های اندازه‌گیری هوشمند، با بهره‌گیری از داده‌های حاصل از پروژه‌های اجراشده در سطح کشور، نقش اساسی آن‌ها در مواجهه و رفع چالش بحران جهانی ناشی از شیوع ویروس را از منظر کاهش مصرف آب و تضمین ارائه خدمات به‌صورت غیرحضوری موردبررسی قرار خواهیم داد.

کلیدواژه‌ها: ویروس کرونا، کنتور آب هوشمند، کاهش مصرف آب، قرائت از راه دور.

* نویسنده مسئول: alborztavan.co@gmail.com

مقدمه

آب، منشأ زندگی و یکی از سه عنصر اصلی اکوسیستم می‌باشد که خصوصاً در سال‌های اخیر بیش از سایر منابع حیاتی با بحران جدی و کمبود روبرو شده است. اهمیت نقش حیاتی آب و دفع بهداشتی فاضلاب، در سلامتی و رفاه انسان و نقش آن‌ها در پیشبرد توسعه بر همگان واضح است (کلانتری، ۱۳۹۳). مطابق چشم‌انداز زیست‌محیطی، انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ میزان تقاضای جهانی آب ۵۵ درصد افزایش یابد (با در نظر گرفتن سال ۲۰۰۰ به‌عنوان پایه) و بیش از ۴۰ درصد از جمعیت جهانی تا سال ۲۰۵۰ در بحران شدید کمبود آب قرار خواهند گرفت. رشد جمعیت و توسعه اقتصادی دلایل اصلی افزایش تقاضا برای آب شیرین در سراسر جهان است (ساویچ و همکاران[1]، ۲۰۱۴).

بسیاری از کشورها در دنیای امروز، براثر 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. بدین‌وسیله، مدیران ارشد بهره‌بردار در هرلحظه 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 می‌توانند این فرآیندها را کنترل و هدایت نمایند.

دنیای امروزی بر مبنای فناوری است؛ جایی که برای نیل به اهداف توسعه پایدار، فناوری اطلاعات و ارتباطات[2] اهمیت زیادی دارد. یکی از حوزه‌هایی که این فناوری، نقش کلیدی در رسیدگی به چالش‌های مختلف مانند تشخیص نشت و بهینه‌سازی دینامیک و پویا در آن بازی می‌کند، مدیریت آب است. درواقع، 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 به هم مرتبط می‌کند.

در کشور ایران، با توسعه صنعت آب و فاضلاب در بیش از ۱۰۵۰ شهر و وجود بالغ بر ۲۳۰۰۰ تأسیسات در این صنعت، لزوم نگرش کلان مدیریتی در این حوزه بسیار مشهود

1. Savić et al.
2. ICT: Information and Communications Technology

می‌باشد. در این خصوص شاخص‌های تعریف‌شده وزارت نیرو در زمینه مدیریت سیستماتیک 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 دو چندان می‌نماید. بند هفت و دوازدهم این شاخص‌ها عبارت است از:

- بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند در مدیریت و بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع
- 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 سوی دیگر و با عنایت به ماده چهل‌وهفت قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب سال ۱۳۸۷، مقررشده است تا به‌منظور مدیریت تولید و مصرف برق، گاز و آب در کشور، وزارتخانه‌های نیرو و نفت حسب مورد موظف‌اند تا دستورالعمل فنی همسان طراحی، ساخت، تأمین، نصب و بهره‌برداری زیرساخت و تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل شبکه هوشمند را تعیین، ابلاغ و اجرا نمایند و برای همه متقاضیان جدید اشتراک، فقط کنتورهای هوشمند مجهز به سیستم قرائت و کنترل هوشمند بار و امکانات فناوری اطلاعاتی روزآمد را نصب نمایند. همچنین، مقرر شده است تا حداکثر ظرف مدت پنج سال کنتورهای همه مشترکین موجود با اولویت مشترکین پرمصرف و همچنین شبکه‌های توزیع و انتقال را با کنتورها، زیرساخت و تجهیزات مجهز به سامانه قرائت و کنترل هوشمند بار و فناوری اطلاعاتی روزآمد جایگزین نمایند. در تبصره همین بند قانون آمده است که سامانه‌های قرائت، کنترل و فناوری اطلاعات برق، گاز و آب به‌صورت هماهنگ و یکپارچه طراحی، اجرا و بهره‌برداری خواهد شد.

صرف‌نظر از الزامات قانونی، آنچه مشخص است این‌که به‌منظور تحقق استقرار شهر هوشمند و به دلیل رشد صنعتی سریع و لزوم توسعه زیربنایی، مدیریت ساختارهای زیربنایی

نیز باید تجهیز و تکمیل شود. ازجمله ساختارهای زیر بنایی دارای اهمیت، شبکه‌های آب‌رسانی می‌باشند که این موضوع، هوشمندسازی را به یک الزام حیاتی در صنعت آب و فاضلاب تبدیل کرده است که به‌واسطه آن، محققین همواره به دنبال ایجاد روش‌های نوین برای استفاده در جهت طراحی و بهره‌برداری بهینه از شبکه‌های آب بوده‌اند. لحاظ کردن نوآوری‌های فنی، پویایی سیستم آب‌رسانی و تغییر و تحول‌پذیری آن، عوامل توفیق مدیریت مصرف آب می‌باشد که بر مبنای آن‌ها و از میان تمام روش‌های هوشمند سازی، می‌توان به استفاده از کنتورهای آب هوشمند به‌عنوان یک روش اقتصادی در جهت هوشمند سازی و به‌روزآوری آن اشاره نمود.

بر همین اساس و با استفاده از داده‌های موجود در این پژوهش، مدارک و مستندات اثربخشی استفاده از کنتورهای هوشمند و بازخورد میزان مصرف و مدیریت آب در بخش خانگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در بررسی ادبیات پژوهش، ضمن بررسی مقوله شهر هوشمند و شبکه آب هوشمند[1]، به آنچه تحت عنوان تعریف کنتور هوشمند و دستاوردهای آن در صنعت آب و فاضلاب پرداخته شده است.

شهر هوشمند[2]

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 موردتوجه شهرسازان و مدیران شهری واقع شده است (محمدی، ۱۳۹۵: ۲۰ -۱). بر اساس

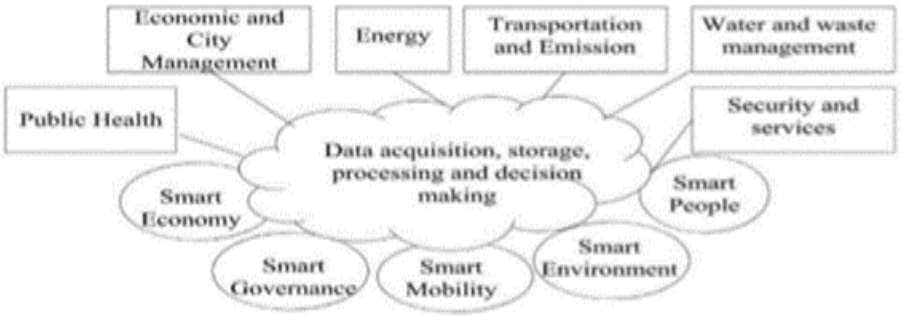
1. Smart Meter
2. Smart City

بررسی‌های صورت گرفته، تعریفی واحد برای شهر هوشمند در میان متخصصان امر وجود ندارد؛ اما می‌توان گفت که هدف اصلی شهرهای هوشمند، دستیابی به وضعیت پایدار در شهر با کمک فن‌آوری‌های مدرن در برخی از ساختارهای (هدف‌گذاری شده و موردنظر) 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. ویژگی‌های شهر هوشمند را می‌توان در قالب سه ویژگی اصلی برنامه‌ریزی و مدیریت، مردم یا سرمایه انسانی و زیرساخت‌ها قرار داد و لازم است که تمام جنبه‌های فوق در یک شهر هوشمند توسعه یابد (آودهل، ۲۰۱۷: ۴۰).

شبکه آب هوشمند

شهر هوشمند، در درجه اول شهر را به‌عنوان یک سیستم که دارای زیر سیستم‌های متعدد است بررسی می‌کند (هاف و همکاران، ۲۰۱۲: ۲). بدیهی است که آب منبع حیات انسان است و با افزایش جمعیت و توسعه شهری، کمبود منابع آب مناسب شرب به‌طور فزاینده‌ای 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. شکل ۱، برخی ارکان شهر هوشمند و کاربردهای آن را نشان می‌دهد که مدیریت آب و فاضلاب را نیز در برمی‌گیرد. با اجرای سامانه مدیریت هوشمند آب انتظار می‌رود که بهره‌وری منابع آبی بهبود یابد، فرهنگ جمعی برای ترویج صرفه‌جویی در مصرف آب پدید آید و در نهایت پروسه

صیانت از منابع آبی به‌واسطه اطلاعات مرتبط با حفاظت از آب، توسعه یابد (یوانوآن و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۲۲).



شکل ۱. ارکان و موارد کاربرد متنوع شهرهای هوشمند (ویجیا و سیواکومار، ۲۰۱٦:٥٨٤)

درواقع شبکه آب هوشمند، مدل جدید توسعه پایدار شهری است که به شرکت آب و فاضلاب، اجازه می‌دهد تا به سمت بهینه‌سازی عملکرد سیستم، کنترل مؤثرتر مدیریت نشت و کاهش زمان تعمیر و نگهداری و نرخ خرابی تجهیزات حرکت کند (الین و همکاران، ۲۰۱۲: ۲-۱). 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 می‌باشد. شبکه هوشمند آب، یکی از اجزای مؤثر در ارتقا کیفیت خدمات‌رسانی و تأمین پایدار و مطمئن آب به‌عنوان یکی از نیازهای اساسی شهروندان می‌باشد. 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 بعضاً 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، تکنولوژی نوینی تحت نام شبکه‌های هوشمند آب با تعریف کلی زیر ثبت شد:

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: ۱۴-۲).

کنتور آب هوشمند

کنتور آب دستگاهی است که به‌طور پیوسته حجم آبی که از درون مبدل اندازه‌گیری در شرایط سنجش می‌گذرد را اندازه‌گیری، ذخیره‌سازی و نمایش می‌دهد (سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی، ۲۰۱۳: ۵).

به‌منظور اندازه‌گیری و ثبت مصرف آب، تکنولوژی‌های مختلف، با اصول اندازه‌گیری متفاوت وجود دارد که به‌صورت کلی، عمده این تکنولوژی‌ها در چهار گروه کنتورهای مکانیکی یا جابجایی مثبت، کنتورهای سرعتی یا توربینی، ترکیبی و کنتورهای الکترومغناطیسی قرار خواهند گرفت (بویل، ۲۰۱۳: ۱۰۵۲-۱۰۸۱).

همان‌گونه که اشاره شد اندازه‌گیری جریان با روش‌های مختلف انجام می‌شود که برای کاربردهای مسکونی، متداول‌ترین آن، استفاده از فناوری توربین یا همان کنتورهای توربینی می‌باشد (کراینیک، ۲۰۱۱: ۶۳-۸۳؛ یودر، ۲۰۰۹: ۳۴؛ یودر، ۲۰۰۳: ۲۶).

قرائت کنتورهای معمولی آب به‌صورت دستی و عموماً در فواصل ماهانه یا سه‌ماهه انجام می‌شوند تا میزان مصرف آب برای شرکت‌های آب و مشترک ثبت شود. از طرف دیگر، در قرائت‌های دستی توسط مأمورین قرائت با چالش‌های اساسی دیگر مواجه خواهیم بود که به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

خطای قرائت به علت ثبت اطلاعات توسط نیروی انسانی؛

افزایش دوره قرائت به دلیل محدودیت در نیروهای قرائت و افزایش تعداد مشترکین؛

هزینه‌های قابل‌توجه صدور، چاپ و توزیع قبوض و همچنین هزینه‌های وصول آن؛

عدم شناسایی به‌موقع انشعابات غیرمجاز؛

عدم امکان تجزیه‌وتحلیل اطلاعات مشترکین؛

عدم امکان اعمال الگوهای مدیریت مصرف ازجمله برخورد با مصارف غیرمتعارف؛

ظهور کنتورهای هوشمند در اواخر دهه ۱۹۹۰، به‌منظور اندازه‌گیری و کنترل مداوم میزان مصرف آب، علاوه بر رفع چالش‌های فوق، امکان استفاده از ابزارهای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها را فراهم کرد (کمینولا، ۲۰۱۶: ۹).

کنتور هوشمند آب نه‌تنها جریان آب را اندازه‌گیری می‌کند بلکه از طریق ارتباطات بی‌سیم[1] و اتصال به شبکه‌های محلی[2] یا گسترده، امکان نظارت و کنترل از راه دور و نگهداری زیرساخت‌ها از طریق تشخیص نشت را فراهم می‌کند. از طرف دیگر، سیستم‌های اندازه‌گیری هوشمند آب امکان مدیریت مشترکین، صدور صورتحساب، شناسایی و جلوگیری از سو استفاده و دست‌کاری در کنتور و گزارش‌های آماری ازجمله وضعیت باتری، وضعیت دریچه، نشتی، میزان مصرف روزانه و تجمعی و غیره را از طریق سامانه‌های نرم‌افزاری فراهم می‌کنند.

کنتور هوشمند به‌نوعی کنتور پیشرفته اشاره دارد که میزان مصرف آب را با جزئیات بیشتر نسبت به یک کنتور معمولی مشخص می‌کند و اطلاعات دریافتی را از طریق برخی شبکه‌های ارتباطی برای نظارت و صدور صورتحساب به شرکت‌های آب ارسال می‌کند (کراینیک، ۲۰۱۱: ۶۳-۸۳).

کنتورهای هوشمند مزایای بسیاری برای مشترکین و شرکت‌های آب و فاضلاب خواهند داشت. برای مشترکین، این سیستم‌ها امکان تصمیم‌گیری آگاهانه در خصوص مدیریت مصرف و برای شرکت‌های آب و فاضلاب، ارائه خدمات غیرحضوری، کاهش هزینه‌های نیروی کار و از طرف دیگر تشخیص نشت را نیز فراهم می‌آورند. استفاده از کنتورهای هوشمند اطلاعات پایه را جهت ساخت مدل‌های رفتاری مصرف‌کنندگان فراهم می‌کند که به‌طور مؤثر نگرش کاربران را به سمت رفتارهای منجر به کاهش و مدیریت مصرف آب اصلاح می‌کند. به‌طور خاص، کنتورهای هوشمند، تغییرات رفتاری و نگرش صرفه‌جویی در مصرف آب را از طریق بازخوردهای متناسب ترویج می‌کنند (فیلدینگ، ۲۰۱۳: ۳۴۳-۳۵۱).

1. Wire Less
2. LAN: Local Area Network

از طرف دیگر، کنتورهای هوشمند مصرف را در زمان واقعی یا نزدیک به آن، ثبت و برای شرکت‌های آب و مشترک ارسال می‌کنند (کمیسیون فدرال رگولاتوری انرژی، ۲۰۱۳). این امر باعث می‌شود تا اطلاعات به‌روز در مورد مصرف، با مزایای قرائت‌های دقیق، شناسایی آسان‌تر و سریع‌تر نشت و هدر رفت آب و همچنین شفافیت بیشتر در مورد میزان مصرف برای مصرف‌کننده فراهم شود. با توجه به این موضوع که پیش‌بینی می‌شود استقرار کنتورهای هوشمند منجر به کاهش مصرف آب فراتر از موارد مرتبط با کنتورهای معمولی فعلی شود، دولت‌ها و شرکت‌های آب به‌طور فزاینده‌ای بر روی نصب کنتورهای هوشمند متمرکز شده‌اند. (بریتون و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۶۶-۱۷۶؛ بیل، ۲۰۱۵: ۳۲؛ آندا و همکاران، ۲۰۱۳: ۶۶-۷۲)

مزایای عام استفاده از کنتورهای آب هوشمند

با نگاهی دقیق‌تر به مزایای استفاده از کنتورهای هوشمند آب درمی‌یابیم که قرائت و دسترسی از راه دور به داده‌های مربوط به میزان مصرف آب به‌عنوان هدف اصلی استقرار سامانه‌های اندازه‌گیری هوشمند عنوان‌شده است. در طراحی و پیاده‌سازی کنتورهای هوشمند آب قرائت از راه دور تلاش شده است تا چالش‌های مربوط به عدم دسترسی به کنتورها در منازل مشترکین، خطاهای ناشی از قرائت دستی، هزینه‌های نیروی انسانی، هزینه‌های چاپ، صدور و توزیع قبوض و خطرات بهداشتی و ایمنی شغلی مرتبط با خواندن دستی کنتورهای معمولی آب برطرف شود (بویل و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۰۵۲-۱۰۸۱).

مزایای ذکرشده، اثرات بسیار مثبتی، از لحاظ فنی در بهره‌برداری از شبکه‌های آب‌رسانی به وجود آورده؛ کنترل و نظارت همیشگی بر روی شبکه آب‌رسانی از طریق نرم‌افزارهای کنتورهای هوشمند این امکان را برای بهره‌بردار فراهم می‌سازد که در همه حال بدون نیاز به اعزام نیرو، طی مسافت و صرف زمان و هزینه زیاد بتواند کلیه تغییرات به وجود آمده در سیستم و کلیه شرایط موجود را مشاهده نموده و در مواقع موردنیاز تغییرات لازم را بر روی کنتورهای هوشمند موجود اعمال نماید.

وجود کنتورهای هوشمند و استفاده از جداول و نمودارها و ثبت اطلاعات به‌دست‌آمده از نرم‌افزارهای این سیستم در آنالیز و تحلیل میزان مصرف مشترکین کمک شایانی می‌کند.

مزیت دیگر استفاده از کنتورهای آب هوشمند، کنترل میزان آب هدر رفت در شبکه انتقال و توزیع است. مطالعات کاهش آب بدون در آمد اولاً " با هدف شناسایی مؤلفه‌های آب بدون درآمد در دو بخش هدر رفت ظاهری شامل: مصارف غیرمجاز، خطای مدیریت داده و سیستم و عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری و هدر رفت واقعی شامل: نشت از شبکه توزیع، نشت از خطوط انتقال، سرریز مخازن، نشت از مخازن و نشت از انشعابات مشترکین و ثانیاً" هدفمند نمودن کلیه فعالیت‌های اجرایی اعم از اصلاح شبکه، اصلاح خطوط انتقال، بازسازی انشعابات مشترکین، تعویض کنتورهای خراب و دارای خطای غیرمجاز و غیره جهت کنترل و کاهش آب بدون درآمد صورت می‌گیرد (مرادی نژاد، ۱۳۸۸: ۱).

هشدارهای مربوط به نشتی، ازجمله ویژگی‌های سامانه کنتورهای آب هوشمند قرائت از راه دور می‌باشد. استفاده از این سامانه، سالیانه از هدر رفت حجم قابل‌توجهی از آب تولیدشده جلوگیری خواهد کرد.

کنترل هدر رفت آب در بخش شکستگی لوله‌های داخل ساختمان، مزیت مهم دیگر استقرار این سامانه‌های اندازه‌گیری هوشمند است. شکستگی لوله‌های داخل ساختمان باعث هدر رفت حجم قابل‌ملاحظه‌ای از آب ورودی به ساختمان می‌گردد. این شکستگی‌ها در زمان استفاده از کنتورهای آب معمولی پس از دریافت قبوض بالای آب‌بهای برای مشترکان خانگی قابل‌تشخیص و پیگیری خواهد بود؛ که این امر علاوه بر ایجاد نارضایتی در مشترکین، موجب هدر رفت حجم بالایی از آب خواهد شد.

استفاده از خروجی‌های قابل‌تحلیل و نمودارهای مصرف در سامانه‌های نرم‌افزاری کنتورهای آب هوشمند و بررسی میزان مصرف روزانه توسط مشترکین تشخیص شکستگی و هدر رفت آب را در کوتاه‌ترین زمان ممکن میسر ساخته است.

بحران جهانی ویروس کرونا و مزایای بهره‌مندی از کنتورهای آب هوشمند

در روزهایی که نگرانی عمومی نسبت به ویروس کرونا باعث ایجاد نوعی فرهنگ خودکنترلی شده، مشخص شده است که رعایت دستورالعمل‌ها به یک اندازه برای همه افراد قابلیت اجرایی ندارد.

گروه‌هایی وجود دارند که ماهیت کار آن‌ها ارتباط هرروزه با عموم آحاد جامعه است که وجود چنین شرایطی، ریسک ابتلا به ویروس را افزایش می‌دهد. با توجه به مستندات کتابخانه‌ای شرکت آب و فاضلاب استان تهران، در روزهای عادی مأمورین قرائت کنتورهای آب به ۱۰۰ تا ۱۱۰ خانه مراجعه می‌کنند و اگر پروتکل‌های بهداشتی رعایت نشود، درصد امکان تماس مستقیم آن‌ها با افراد ناقل بسیار بالا می‌باشد. در چنین شرایطی، در بخش‌هایی این اجازه به سیستم داده شده است تا مشترکینی که خانه نیستند یا درب منزل خود را باز نکردند، میانگین مصرف سال گذشته آن‌ها در قبضشان منظور شود و برای سی درصد از مشترکین هم به‌صورت پیامکی، شناسه قبض و پرداختشان ارسال شود.

از طرف دیگر، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی در گزارشی درباره تأثیر کرونا بر منابع آب به موضوع افزایش حدود ۴۰ درصدی مصرف آب در هفته اول فروردین‌ماه سال ۱۳۹۹، نسبت به مدت‌زمان مشابه در سال قبل در استان‌های مختلف کشور اشاره کرده است.

مطابق مستندت دفتر مدیریت مصرف شرکت آب و فاضلاب شهری استان تهران، رکورد مصرف آب تهران در طی ۵۰ سال اخیر شکسته شد و مصرف آب در شهر تهران، حتی در زمان حضیض کرونا و در تاریخ یازدهم خرداد سال جاری، نسبت به مدت مشابه سال قبل در همین زمان، بیست درصد افزایش یافته است.

از دیگر سوی و مطابق مستندات معاونت راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، مصرف آب در شهر شیراز با شیوع ویروس کرونا تا حدود ۳۰ درصد هم افزایش داشته که در میان سایر شرکت‌ها در کشور بالاترین میزان

مصرف بوده است و این میزان مصرف در فصول گرم با وارد مدار شدن کولرهای آبی نیز افزایش می‌یابد.

در عرصه‌ای وسیع‌تر، بحران جهانی درنتیجه گسترش ویروس کرونا، سناریوهای جدیدی را در بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی باز می‌کند که در این زمینه، فناوری اطلاعات نقش اساسی در حل مسئله و رفع چالش‌های مرتبط دارند.

در صنعت آب و به هنگام بحران، اثربخشی راهکارهای فناورانه بر مبنای ایجاد تغییرات رفتاری و نگرش صرفه‌جویی محور و مدیریت در مصرف آب، از طریق ایجاد بازخوردهای متناسب برای مصرف‌کنندگان و تضمین ارائه خدمات غیرحضوری به آن‌ها، در زمانی که شهروندان باید در داخل خانه بمانند، اثبات شده است.

کنتورهای هوشمند امکان نظارت و کنترل بر رفتار مصرف، هشدارهای احتمالی ازجمله نشتی، ارائه نمودارهای تحلیلی از مصرف (به‌صورت روزانه و تجمیعی) را فراهم نموده است. از طرف دیگر، قرائت خودکار و جمع‌آوری اطلاعات از راه دور از طریق بسترهای شبکه ارتباطات سیار و بدون نیاز به حضور مستقیم در محل، اعزام مأمورین جهت قرائت کنتورهای مشترکین را حذف می‌کند و قرار گرفتن آن‌ها در معرض ویروس را به حداقل می‌رساند.

بر این اساس و در این پژوهش به واکاوی میزان اثربخشی استقرار کنتور هوشمند آب بر معیارهای مدیریتی مرتبط در صنعت آب و فاضلاب در عرصه مواجه با ویروس کرونا می‌پردازیم.

پیشینه پژوهش

یکی از راه‌هایی که می‌توان از کنتورهای هوشمند برای بهبود بهتر فرآیند مدیریت مصرف آب استفاده کرد، استفاده از داده‌های ثبت و ارسال‌شده توسط کنتورهای هوشمند برای ارائه بازخورد میزان مصرف، به‌صورت مکرر و دقیق‌تر به مصرف‌کنندگان است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶: ۶۵).

نتایج مطالعات تجربی در زمینه بررسی کاهش و مدیریت مصرف آب به هنگام استفاده از کنتورهای هوشمند توسط مشترکین، حاکی از کاهش ۷/۹٪ تا ۲۸/۶٪ در مصرف آب می‌باشد.

از طرف دیگر در این مطالعات تمایل مشترکین برای ادامه استفاده از سیستم‌های هوشمند به‌منظور دسترسی به نمودارها و اطلاعات به‌روز از مصرف اشاره شده است (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶: ۱) و این موارد عامل مهمی در تسریع استفاده از کنتورهای آب هوشمند است.

سیر تکاملی روش‌های قرائت خودکار و از راه دور کنتورهای آب در جدول یک نشان داده شده است. قرائت خودکار کنتورها ابتدا با همکاری‌ای تی اند تی[1] و وستینگ هاوس[2] و همچنین برخی شرکت‌های دیگر در آمریکای شمالی به‌صورت آزمایشی اجرا شد.

جدول ۱. سیر تکاملی روش‌های قرائت خودکار و از راه دور کنتورهای آب (کراینیک، ۲۰۱۲:٤٤-٥٢)

سال	طرز کار
-	قرائت دستی
۱۹۵۰	قرائت از راه دور به شیوه بصری
۱۹۷۰	قرائت از راه دور به شیوه اسکن اطلاعات
۱۹۸۰	قرائت از طریق شبکه تلفن ثابت
۱۹۸۰-۱۹۹۰	قرائت از طریق شبکه امواج رادیویی
۲۰۰۰	ارتباطات دو طرفه

برای درک بیشتر از پیشینه ساخت کنتورهای هوشمند باید به این نکته مهم اشاره کرد که در حال حاضر دو دسته اصلی، کنتورهای هوشمند آب طراحی و در بازار ارائه‌شده است: (کراینیک، ۲۰۱۱: ۶۳-۸۳)

1. AT&T
2. Westinghouse

کنتورهای قرائت از راه دور[1]:

با توجه به چالش‌های اشاره‌شده در بخش قرائت سنجی در محل مشترکین، به‌ویژه در ایام کرونا، بسیاری از شرکت‌های آب با سرمایه‌گذاری بر روی فناوری‌های نوین بر قرائت خودکار و از راه دور کنتورهای معمولی آب متمرکز شده‌اند.

قرائت خودکار کنتورها یا قابلیت قرائت از راه دور و بدون نیاز به اعزام مأمورین قرائت در محل می‌باشد. به‌طورکلی انتقال و قرائت سیگنال‌ها در این روش به‌صورت‌های زیر انجام می‌شود: (کراینیک، ۲۰۱۱: ۶۳-۸۳؛ الوسی، ۲۰۱۹: ۱۸۵۳)

- قرائت از طریق اتصال-صفحه لمسی[2]
- قرائت از طریق فرکانس‌های رادیویی
- قرائت از طریق شبکه ارتباطات سیار- GSM/GPRS
- قرائت از طریق انتقال اطلاعات در شبکه‌های قدرت از طریق سیستم خطوط انتقال برق[3]
- قرائت از طریق اینترنت اشیا[4] و پروتکل LoRaWAN
- قرائت از طریق اینترنت اشیا و پروتکل NB-IOT

در این پژوهش با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در مقالات موجود صرفاً بر روی روش‌های فوق و نتایج به‌کارگیری آن‌ها تمرکز شده است. (کراینیک، ۲۰۱۱: ۶۳-۸۳؛ الوسی، ۲۰۱۹: ۱۸۵۳؛ ایوب، ۲۰۱۹: ۱۵۶۱-۱۵۸۱؛ بویار، ۲۰۱۸: ۹۹۹-۱۰۰۲)

کنتورهای پیش‌پرداخت[5]:

در کنتورهای پیش‌پرداخت، آب، در مرحله اول توسط شرکت‌های آب به فروش می‌رسد و فقط درصورتی‌که پیش‌پرداخت انجام‌شده باشد، دریچه‌های کنتور باز و اجازه استفاده از

1. AMR: Automatic Meter Reading/ Remote Reading Meters
2. Touch Pad
3. PLC: Power Line Carrier
4. IOT: Internet of Things
5. Prepaid Meters

آن برای مشترک فراهم می‌گردد. پس از استفاده از اعتبار خریداری‌شده در مرحله اول، دریچه کنتور به‌صورت خودکار بسته‌شده و عبور جریان آب متوقف می‌شود و مشترک برای استفاده مجدد آن می‌بایست اقدام به خرید مجدد آب از شرکت‌های آب نماید (کراینیک، ۲۰۱۱: ۶۳-۸۳)

در بحث بررسی پیشینه اثربخشی استقرار کنتورهای آب هوشمند باید به این نکته اساسی اشاره کرد که مطالعات و پروژه‌های زیادی در سطح جهانی به‌منظور بررسی اثربخشی استقرار این‌گونه کنتورهای آب انجام شده است. طبق گزارش اکونومیست[1] تا چند سال گذشته بالغ بر نصف لوله‌کشی‌های ۱۶۰۰۰ کیلومتری شبکه آب شهر لندن بیش از صدسال عمر داشتند. در اواسط دهه ۲۰۰۰، لندن یکی از پر نشتی‌ترین سیستم‌های خط لوله آب در دنیا را داشت و هر روز حدود ۹۰۰ میلیون لیتر آب تصفیه‌شده هدر می‌رفت و به‌طور متوسط ۲۴۰ نشتی برطرف می‌شد.

مطابق مستندات شرکت آب و فاضلاب شهری استان زنجان، در سال ۲۰۱۱ در ایالت ماساچوست در پی افزایش صدور قبوض با مبالغ نامتعارف، یکی از دلایل مبالغ نامتعارف قبوض، صدور ۲۵ درصد از قبوض از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ بدون قرائت کنتورها و بر اساس تخمین اعلام شده است.

همین مستندات عیان گر آن است که نتایج برخی از این پژوهش‌ها از جمله پروژه شبکه قرائت سنجی کنتورهای آب از راه دور کوینلند شامل جایگزینی ۲۰۰۰۰ کنتور آب معمولی با کنتورهای هوشمند آب، پروژه جنوب غربی ویکتوریا شامل ۵۰ مشترک خانگی کنتورهای هوشمند، پروژه شبکه قرائت سنجی کنتورهای آب از راه دور شهر دیترویت شامل ۱۱۵۰۰۰ کنتور هوشمند جدید و غیره، شناسایی نشتی، بهبود مدیریت دارایی‌ها و سرمایه‌گذاری، کاهش هزینه‌ها و سود مشترک را نشان داده است.

نتایج نصب ۳۹۰۰۰ کنتور آب هوشمند شهر تاورانگا[2] نیوزیلند با ۱۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت، کاهش ۳۰٪ حداکثر مصرف که زمان موردنیاز برای توسعه شبکه را ۱۰ سال به

1. Economist
2. Tauranga

تأخیر انداخته است، نشان داده است. طی مطالعات انجام‌شده در این تحقیق جمع هزینه‌های قرائت و صدور قبض هر کنتور آب معمولی در یک سال ۱۸,۹۶ دلار محاسبه شده است که با استقرار کنتورهای آب هوشمند طی دوره یک‌ساله ۴,۷۰۰,۶۱۳ دلار صرفه‌جویی هزینه محاسبه و مشاهده شده است.

به‌طور مشابه، طی مطالعه انجام‌شده توسط شرکت پلکسوس[1]، نتیجه استقرار ۶۰۰۰۰۰ کنتور هوشمند شهر ساکرامنتو[2] آمریکا به‌صورت زیر تحلیل و بررسی شده است.

جدول ۲. تحلیل اقتصادی سود خالص و برگشت سرمایه

نوع تحلیل	برگشت سرمایه – درصد ٪	سودآوری خالص- میلیون دلار
نتایج اولیه	۲۰-۸,۶	۶۱-۱۶
نصب سیستم در ۴ سال	۲۰,۹-۹,۲	۶۷-۲۱
۱۰٪ افزایش هزینه	۱۸,۱-۷,۱	۵۶-۷
۵٪ کاهش سودآوری	۱۷,۴-۶,۵	۴۸-۳

(تحلیل حساسیت پارامترها در جدول فوق: کاهش زمان نصب، افزایش ۱۰٪ هزینه، کاهش ۵٪ سودآوری)

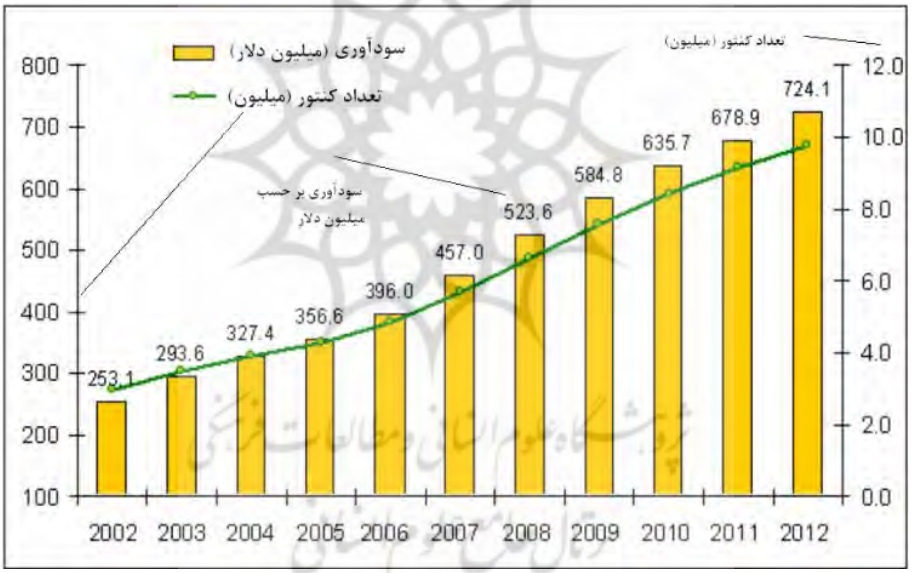
علاوه بر موارد فوق، یافته‌های سایر پژوهش‌ها به‌صورت خلاصه به شرح زیر استخراج‌شده است:

- نرخ رشد استفاده از این کنتورها تا سال ۲۰۱۲ در آمریکا حدود ۱۱/۶٪ تخمین زده می‌شود.
- از این بازار حدود ۵۱/۴٪ مربوط به کنتور برق، ۳۴/۱٪ کنتور آب و ۱۴/۵٪ مربوط به کنتور گاز می‌باشد. در بخش درآمد نیز برق با ۵۱ درصد در مکان اول و پس‌ازآن بخش آب با ۳۳/۵ درصد و گاز با ۱۵/۵ درصد در مکان‌های بعدی قرار داشتند.
- درآمد کل بازار قرائت سنجی کنتورهای آب از راه دور در آمریکای شمالی از ۱۳/۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۷ به ۲/۰۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۲ افزایش داشته است.

1. Plexus
2. Sacramento

- بازار زیرساخت کنتورهای هوشمند (آب، برق، گاز) در آمریکا از ۲/۵۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ به ۵/۸۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۵ رسیده است، بدین ترتیب رشد کنتورهای هوشمند دارای رشد ۱۸ درصدی می‌باشد.
- بازار کنتورهای هوشمند آب در سرتاسر جهان طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ به ۴/۲ میلیارد دلار رسیده است.
- هدف اصلی از نصب این شبکه در آمریکای شمالی، کنترل مصرف با استفاده از ارسال اطلاعات قیمتی به مصرف‌کننده می‌باشد.

در نمودار زیر، میزان رشد استفاده از کنتورهای آب هوشمند و میزان سودآوری و نتایج اثربخشی استقرار این سامانه‌ها در آمریکای شمالی نشان داده شده است.



نمودار ۱. رشد استفاده از کنتورهای آب هوشمند و میزان سودآوری در آمریکای شمالی

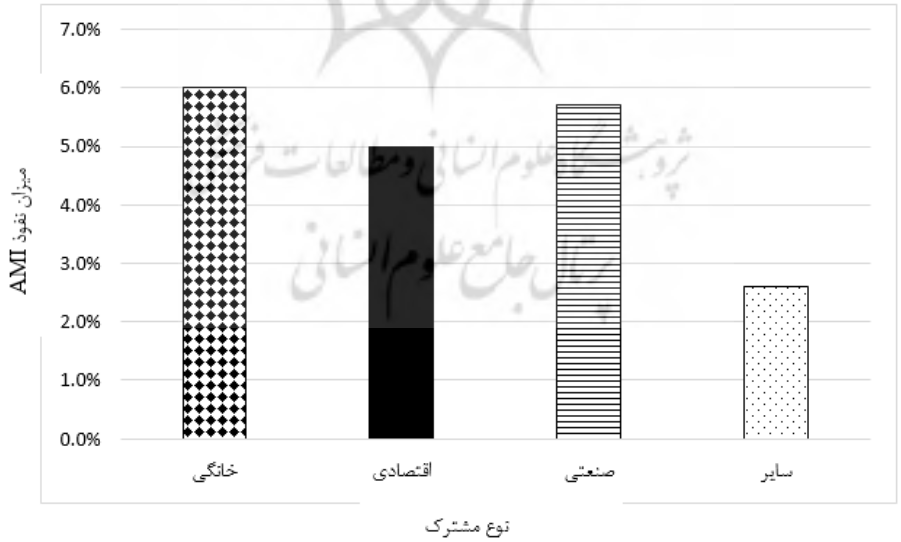
با توجه به نمودار فوق روند افزایشی استقرار و سودآوری این کنتورها در آمریکای شمالی تا سال ۲۰۱۲ قابل مشاهده است.

در جدول ۳ نیز نتایج عددی این بررسی به همراه نرخ رشد سودآوری و تعداد کنتور تا سال ۲۰۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۳. نرخ رشد استفاده از کنتورهای هوشمند و سودآوری آن در فاصله سال ۲۰۰۲-۲۰۱۲

سال	تعداد- میلیون	رشد- ٪	سودآوری- بیلیون دلار	رشد- ٪
۲۰۰۲	۹,۶۱	-	۰,۸۳	-
۲۰۰۳	۱۰,۸۸	۱۳,۳۰	۰,۹۴	۱۲,۳۰
۲۰۰۴	۱۱,۸۶	۹,۰۲	۱,۰۱	۸,۰۹
۲۰۰۵	۱۲,۹۸	۹,۴۰	۱,۱۰	۸,۵۶
۲۰۰۶	۱۴,۳۷	۱۰,۷۳	۱,۲۰	۹,۳۷
۲۰۰۷	۱۶,۶۷	۱۵,۹۹	۱,۳۶	۱۳,۶۹
۲۰۰۸	۱۹,۲۴	۱۵,۴۲	۱,۵۴	۱۲,۸۸
۲۰۰۹	۲۱,۶۶	۱۲,۵۹	۱,۷۰	۱۰,۰۷
۲۰۱۰	۲۳,۷۴	۹,۶۰	۱,۸۲	۷,۱۶
۲۰۱۱	۲۵,۳۳	۶,۶۶	۱,۹۱	۵,۲۹
۲۰۱۲	۲۶,۸۱	۵,۸۵	۲,۰۱	۵,۱۸

همچنین با توجه به نتایج تحقیقات انجام‌شده میزان گسترش کنتورهای آب هوشمند در بخش‌های مختلف در نمودار زیر نشان داده شده است.



نمودار ۲. میزان گسترش کاربرد کنتورهای هوشمند در مصارف مختلف

نتایج مطالعات و بررسی‌های انجام شده در سراسر جهان، مزایای قابل‌دستیابی استفاده از کنتورهای آب هوشمند برای مشترکین و برای شرکت‌های آب و فاضلاب را به‌درستی نشان داده است. لذا با توجه به بحران آب و مطرح‌شدن آب به‌عنوان کالای اقتصادی و همچنین سایر مزایای حاصل، استفاده از این کنتورها لازم و ضروری می‌نماید.

روش[1]

تحقیق حاضر، در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. همچنین به لحاظ هدف، این پژوهش در گروه پژوهش‌های ارزشیابی قرار می‌گیرد. چراکه با هدف بررسی اثربخشی استفاده از کنتورهای هوشمند بر بحران مصرف آب ناشی از شیوع ویروس کرونا ساختار یافته است. در این پژوهش از روش کمی استفاده شده است چراکه مبتنی بر تحقیقات تجربی سیستماتیک از پدیده‌های قابل‌مشاهده از طریق روش‌های آماری 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 اثربخشی استقرار این‌گونه سامانه‌های هوشمند در صنعت، از روش بررسی مستندات استفاده شد و کلیه مدارک اجرایی در دسترس و سوابق استقرار این‌گونه سامانه‌های نظارتی در دنیا تا حد امکان، موردبررسی دقیق قرار گرفت.

در ادامه با بهره‌گیری از نتایج این گام و تطبیق آن با یک نمونه داخلی، تأثیر استقرار کنتور هوشمند آب بر کاهش میزان مصرف دو مشترک خانگی موردبررسی قرارگرفته است و در ادامه ضمن بررسی آماری چگونگی کاهش هزینه‌های مربوط به قرائت کنتورهای قدیمی و صدور قبوض به‌واسطه استقرار کنتورهای هوشمند آب در استان هدف، از آزمون تی[2] برای بررسی معنی‌داری تفاوت میانگین هزینه و میانگین مصرف مشترکین قبل و بعد از نصب کنتور استفاده شده است.

---

1. Method
2. T-test

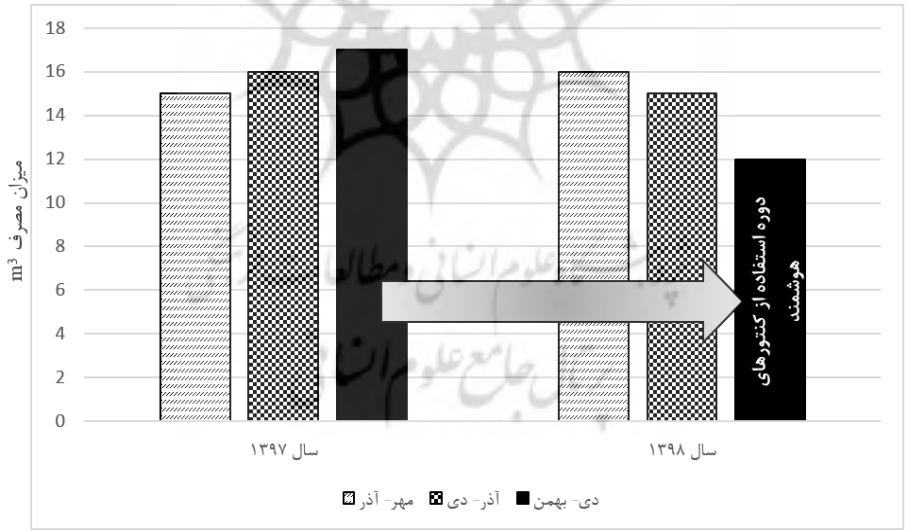
یافته‌ها

در این بخش نتایج و مستندات گردآوری‌شده در خصوص استقرار کنتورهای آب هوشمند، در یک استان کشور و در دو بخش کاهش مصرف آب و کاهش هزینه‌ها ارائه شده است.

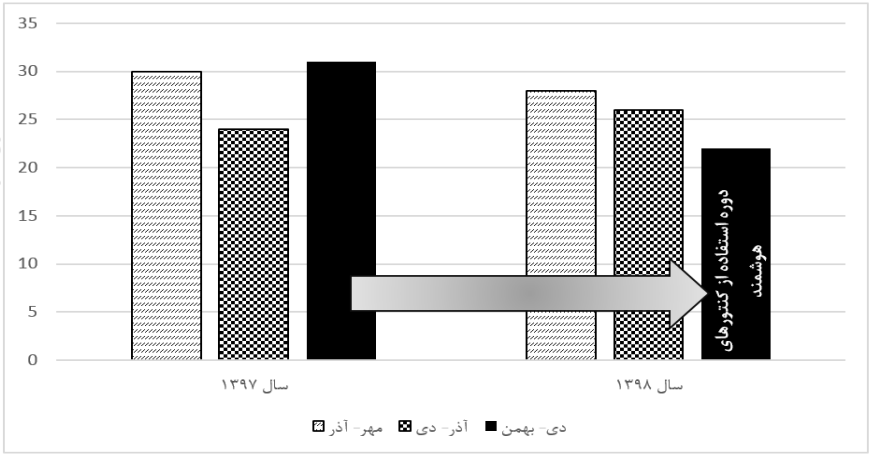
اعداد، ارقام و نمودارهای ارائه‌شده در این بخش، نتایج و مستندات پروژه‌های اجرایی یک شرکت دانش‌بنیان داخلی، برای مشترکین خانگی قبل و بعد از استفاده از کنتورهای آب هوشمند قرائت از راه دور تولیدی آن شرکت می‌باشد (البرزی، ۱۳۹۵).

کاهش و مدیریت مصرف آب در مشترکین خانگی

به‌عنوان یک مطالعه موردی و در گام نخست، مقایسه میزان مصرف آب در دو مشترک خانگی، قبل و بعد از استفاده از کنتورهای آب هوشمند قرائت از راه دور در نمودارهای یک و دو نشان داده شده است.



نمودار ۳. مقایسه میزان مصرف مشترک خانگی شماره یک در دوره‌های مشابه در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸



نمودار ٤. مقایسه میزان مصرف مشترک خانگی شماره دو در دوره‌های مشابه در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

با توجه به نمودارهای فوق کاهش قابل‌ملاحظه میزان مصرف آب در یک مشترک خانگی در طی یک دوره مشابه (در بازه زمانی دوساله پژوهش)، قبل و بعد از نصب کنتور آب هوشمند مشهود است.

کاهش هزینه‌ها

در شرکت‌های آب و فاضلاب، سالیانه هزینه‌های زیادی صرف چاپ، صدور و توزیع قبوض، گروه‌های وصول مطالبات و قرائت کنتورهای آب معمولی می‌شود. با توجه به تحقیقات انجام‌شده، تعداد کل انشعابات برای پایلوت تحقیقاتی هدف برابر با **۲۱۳,۲۱۵** انشعاب می‌باشد. همچنین، بر اساس استعلام و مستندات دریافتی از شرکت آب و فاضلاب استان موردمطالعه، هزینه‌های مربوط به صدور قبوض و قرائت آن‌ها مطابق جدول زیر است. (با در نظر گرفتن سال **۱۳۹۵** به‌عنوان سال پایه)

جدول ۳. هزینه‌های مربوط به صدور قبض آب‌بها (در یک سال)

پیش بینی هزینه های صدور قبض آب بها		پیش بینی هزینه های وصول مطالبات	
هزینه های صدور قبض	مبلغ (ریال)	تعداد قراردادها (در یک سال)	مبلغ قرارداد (ریال)
قبض آب بها خام	۱۹۰	۱۰	۹۶۰,۰۰۰,۰۰۰
چاپ یک قبض	۱۳۳		
قرائت کنتور و توزیع قبوض	۳,۳۵۰		
جمع هزینه های قبض	۳,۶۷۳		
تعداد کل قبوض صادره	۱,۶۲۴,۷۷۹		
حقوق و دستمزد کارشناسان صدور قبض	۷۵۰,۰۰۰,۰۰۰		
دستگاه قرائت	۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰		

مطابق جدول فوق، جمع هزینه‌های صدور قبض برای یک مشترک در هر دوره برابر **۳,۶۷۳** ریال می‌باشد. از طرف دیگر در طول یک سال، هشت دوره قرائت از طرف شرکت‌های آب و فاضلاب انجام می گیرد که در این صورت سالیانه مبلغ **۶,۲۶۶,۱۶۷,۳۸۴** ریال صرف صدور و توزیع قبوض می گردد. علاوه بر هزینه صدور قبوض، هزینه‌های متفرقه نظیر هزینه‌های مربوط به قراردادهای وصول مطالبات، هزینه حقوق و دستمزد کارشناسان قرائت و صدور قبض، هزینه برق مصرفی، هزینه دستگاه قرائت کنتور نیز به هزینه‌های سالیانه شرکت‌های آب اضافه خواهد شد که مجموع این هزینه‌ها مطابق با جدول بالا برابر ۱,۸۴۵,۰۰۰,۰۰۰ ریال می‌باشد؛ بنابراین کل هزینه‌های مربوط به قرائت کنتورهای قدیمی و صدور قبوض در سال ۱۳۹۵ برابر ۸,۱۱۱,۱۶۷,۳۸۴ ریال می‌باشد. (البرزی، ۱۳۹۵)

ازجمله مزایای استفاده از کنتورهای هوشمند حذف کامل هزینه‌های این بخش می‌باشد. لذا استفاده از چنین سامانه‌هایی در کاهش هزینه‌های شرکت‌های آب لازم و ضروری می‌نماید.

تحلیل نتایج

در انتخاب آزمون‌های آماری، برقراری برخی از پیش‌فرض‌های آماری در مورد داده‌های موردبررسی تعیین‌کننده است. یکی از مهم‌ترین آن‌ها برقراری توزیع نرمال (یا عدم آن) در مورد متغیرهای کمی است (اصغری، ۱۳۹۲: ۲۶۵-۲۹۱).

آزمون تی، نوعی ابزار آمار استنباطی است که می‌توان برای تعیین وجود یا عدم وجود تفاوت‌های معنادار بین میانگین دو گروه از آن استفاده کرد؛ تفاوت‌هایی که می‌توانند نشان‌دهنده وجود ویژگی‌های خاص باشند.

در این بخش از پژوهش، از این آزمون برای بررسی معناداری تفاوت میانگین هزینه و میانگین مصرف مشترکین قبل و بعد از نصب کنتورهای آب هوشمند استفاده شده است.

جدول ٤. آزمون تی برحسب مقدار مصرف

		تست لوین برای تساوی واریانس‌ها		تست t برای تساوی میانگین‌ها						
									فاصله اطمینان۹۵ ٪	
		F	Sig.	t	درجه آزادی	سطح معناداری	میانگین خطا	اختلاف خطا	کران پایین	کران بالا
مصرف	تساوی واریانس ها	۱/۲۲۹	۰/۲۸۹	۲/۲۳۷	۱۲	۰/۰۴۵	۳/۴۷۷۱۴	۱/۵۵۴۳۴	۰/۰۹۰۵۳	۶/۸۶۳۷۶
	عدم تساوی واریانس ها	–	–	۲/۲۳۷	۹/۶۵۲	۰/۰۵۰	۳/۴۷۷۱۴	۱/۵۵۴۳۴	-۰/۰۰۳۱۲	۶/۹۵۷۴۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۵. آزمون تی برحسب مقدار هزینه

		تست لوین برای تساوی واریانس‌ها		تست t برای تساوی میانگین‌ها						
									فاصله اطمینان ۹۵٪	
		F	Sig.	t	درجه آزادی	سطح معناداری	میانگین خطا	اختلاف خطا	کران پایین	کران بالا
هزینه	تساوی واریانس ها	۱/۷۶۲	۰/۲۰۹	۳/۰۰۱	۱۲	۰/۰۱۱	۱۳۸۲۴	۴۶۰۷	۳۷۸۵	۲۳۸۶۲
	عدم تساوی واریانس ها	–	–	۳/۰۰۱	۹/۳۷۲	۰/۰۱۴	۱۳۸۲۴	۴۶۰۷	۳۴۶۴	۲۴۱۸۳

قبل از تصمیم‌گیری درباره اختلاف آماری باید درباره برابری واریانس‌های داده‌های فوق آگاه شد. برای این کار باید از نتایج آزمون لوین[1] استفاده کرد. آزمون لوین، آزمونی برای تشخیص برابری و عدم برابری واریانس‌ها است. در این آزمون اگر عدد معناداری بیشتر از ۰۵ ۰ باشد، یعنی واریانس دو متغیر یکسان است و اگر کمتر از ۰۵ ۰ باشد، یعنی واریانس دو متغیر یکسان نیست. در جداول فوق، اگر آزمون لوین برابری دو واریانس را نشان دهد از سطر اول نتایج استفاده می‌نماییم. در غیر این صورت باید از سطر دوم نتایج استفاده نمود.

در جدول شماره سه عدد معناداری بیشتر از ۰۵ ۰ محاسبه‌شده است؛ این به آن معناست که واریانس‌های دو متغیر یکسان هستند و مقدار ۰/۰۴۵، مقداری کمتر از ۰۵ ۰، در قسمت سطح معناداری آزمون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین مقدار مصرف آب قبل و بعد از استفاده از کنتورهای آب هوشمند می‌باشد.

مشابه آنچه در جدول شماره سه بررسی شد، در جدول شماره چهار نیز سطر اول برای آزمون تی که با پیش‌شرط برابری واریانس‌ها است، بررسی می‌شود و با توجه به

1. Levene's Test

مقدار ۰,۰۱۱ برای سطح معناداری آزمون، تفاوت معنادار داده‌های مقدار هزینه قبل و بعد از نصب کنتورهای هوشمند نیز قابل استنتاج می‌باشد.

با توجه به توضیحات فوق، میانگین مصرف و میانگین هزینه در بین مشترکین قبل و بعد از نصب کنتورهای هوشمند، تغییرات قابل‌ملاحظه و تفاوت معنی‌داری خواهد داشت که این موضوع نشانگر اثربخشی استقرار کنتور هوشمند آب بر مدیریت مصرف و هزینه می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به معرفی کنتورهای آب هوشمند، به‌عنوان یکی از اجزای مؤثر در ارتقا کیفیت خدمات‌رسانی و تأمین پایدار و مطمئن آب در شبکه هوشمند آب و به‌عنوان بخش مهمی از شهر هوشمند، پرداخته شده است. بررسی میزان اثربخشی این سامانه‌ها در فرایند قرائت از راه دور میزان مصرف آب مشترکین با بهره‌گیری از داده‌های حاصل از پروژه‌های اجراشده در سطح کشور موردبررسی قرار گرفته است. نتایج پروژه‌های اجراشده، نقش اساسی آن‌ها در مواجهه با بحران‌های پیش رو ناشی از شیوع ویروس از منظر کاهش مصرف آب، کاهش ریسک ابتلا به ویروس و همچنین ایجاد عملکرد مطلوب برای شرکت‌های آب و فاضلاب با تضمین ارائه خدمات به‌صورت غیرحضوری را نشان داده است.

در مبحث کاهش مصرف آب، پژوهش‌های پیشین در سراسر جهان، از کاهش ۷/۹ تا ۲۸,۶ درصد در مصرف و در بین مشترکین موردبررسی در پروژه‌های اجراشده در سطح کشور نیز از کاهش ۲۸ درصدی مصرف آب حکایت دارد. داده‌های حاصل از این پروژه‌ها با استفاده از روش‌های آماری و آزمون تی نیز موردسنجش قرار گرفت و نتایج، تفاوت معنادار در میزان مصرف آب قبل و بعد از استفاده از کنتورهای آب هوشمند را نشان داد.

از طرف دیگر، همان‌طور که در این مقاله به‌تفصیل موردبررسی قرار گرفت، قابلیت قرائت از راه دور میزان مصرف آب مشترکین، ریسک ابتلا به ویروس ناشی از مراجعات حضوری مأمورین قرائت به منازل را به‌طورکلی حذف خواهد کرد.

دستیابی به مزایای فوق علاوه بر حذف و یا کاهش مشکلات موجود ناشی از استفاده از کنتورهای آب معمولی ازجمله خطای قرائت به علت ثبت اطلاعات توسط نیروی انسانی؛ افزایش دوره قرائت به دلیل محدودیت در نیروهای قرائت و افزایش تعداد مشترکین؛ هزینه‌های قابل‌توجه صدور، چاپ و توزیع قبوض و همچنین هزینه‌های وصول آن؛ عدم شناسایی به‌موقع انشعابات غیرمجاز؛ عدم امکان اعمال الگوهای مدیریت مصرف ازجمله برخورد با مصارف غیرمتعارف؛ عدم امکان تجزیه‌وتحلیل اطلاعات مشترکین، ضرورت استفاده از کنتورهای آب هوشمند را بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد.

ORCID

Majid kalantari https://orcid.org/0000-0001-5230-9753
Seyed Rasoul Albourzi Gahroei https://orcid.org/0000-0002-3822-4312
Elaheh Lotfizadeh Dehkurdi https://orcid.org/0000-0002-2970-4621
Ahmad reza Kasraei https://orcid.org/0000-0001-8606-1039

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

البرزی، سید رسول؛ توکلی زانیانی، فاطمه و رضامند چالشتری، عاطفه. (۱۳۹۵). سیستم کنتور هوشمند آب پیش‌پرداخت با قابلیت ذخیره‌سازی اطلاعات مشترک، *اولین همایش ملی عرضه و تقاضای آب شرب و بهداشت، چالش‌ها و راهکارها.*

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

References

Alvisi, S., Francesco, C., Franchini, M., Govoni, M., & Luciani, C. (2019). Wireless Middleware Solutions for Smart Water Metering, *Sensors*, *19*(8), 1853.

Anda, M., &Brennan, J., E. (2013). Combining smart metering infrastructure and behavioural change for residential water efficiency. *Water*, 66-72.

Ayoub, W., Samhat, A., Fabienne, M., & Mroue, M. (2019). Internet of mobile things: Overview of LoRaWAN, DASH7, and NB-IoT in LPWANs standards and supported mobility, Communications Surveys and Tutorials, IEEE Communications Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1561-1581.

Beal, C., & J. (n.d.). Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs, Utility Policy, 29-37.

Bhoyar, D. (n.d.). (2018). LoRa Technology Based Low Cost Water Meter Reading System, *SSRN Electronic Journal*.

Boyle, T., Giurco, D., Mukheibir, P., Liu, A., Moy, C., White, S., & Stewart, R. (2013). Intelligent Metering for Urban Water: A Review, Water,1052-1081.

Britton, T., & Stewart, R. (2013). Smart metering: Enabler for rapid and effective post meter leakage identification and ater loss management. *Journal of Cleaner Production*, 54, 166-176.

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

Cardell-Oliver, R., Wang, J., & Gigney, H. (2016). Smart meter analytics to pinpoint opportunities for reducing household water use, *Journal of Water Resources Planning and Management*. 10.

Cominola, A. (2016). Modelling Residentalwater Consumers' behavior, Politecnico diMilano, Department of Electronics, Information, and Bioengineering.

Crainic, M. (April, 2011). A Short History of Residential Water Meters, Installations for Buildings and Ambiental Comfort Conference, 63-83.

Crainic, M. (2011). Overview of the Current State of the Art in the Domain of Domestic Water Meters, Installations for Buildings and Ambiental Comfort Conference, 63-83.

Federal Energy Regulatory Commission, Assessment of demand response and advanced metering. (2013). Retrieved from http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/2013/oct-demand-response.pdf

Fielding, K., A, R., Russell, M., Stewart, R., & Gardner, J. (2013). An experimental test of voluntary strategies to promote urban water demand management. *Journal of Environmental Management*,343-351.

J., K. (2016). Effectiveness of Smart Meter-Based Consumption Feedback in Curbing Household Water Use: Knowns and Unknowns. *Journal of Water Resources Planning and Management*.

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

Savić, D., Vamvakeridou, L., & Kapelan, Z. (2014). Smart Meters, Smart Water, Smart Societies: The iWIDGET Project. *Procedia Engineering*, 89, 1105 – 1112.

Alborzi, Seyed Rasool; Tavakoli Zaniani, Fatemeh and Rezamand Chaleshtari, Atefeh. (1395). Prepaid smart water meter system with the ability to store shared information, *the first national conference on drinking water supply and demand and health, challenges and solutions*. [In Persian]

Behpooyan Amin Montazer. (2014). Intelligence of Mashhad water supply system. *Library documents of Mashhad Water and Sewerage Company*, (pp. 2-14). [In Persian]

استناد به این مقاله: کسرایی، احمد رضا، البرزی گهروئی، سید رسول، لطفی زاده دهکردی ، الهه، کلانتری، مجید. (۱۴۰۰). اثربخشی استفاده از کنتورهای هوشمند بر بحران مصرف آب ناشی از شیوع ویروس کرونا، *مطالعات مدیریت کسب وکار هوشمند*، ۱۰(۳۷)، ۱۸۵-۲۱۴.

DOI: 10.22054/IMS.2021.54715.1800

Journal of Business Intelligence Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License..

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی