



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



هوشمندسازی شبکه توزیع آب، اهداف، ملزومات

محمدحسین مسعودی

شرکت آب و فاضلاب شیراز

m2h2m1357@gmail.com

فرزاد جهانمرد

شرکت آب و فاضلاب شیراز

Fjahanmard@yahoo.com

مینا جمشیدی

شرکت آب و فاضلاب شیراز

Jamshidi23@yahoo.com

خلاصه

درسالهای اخیر رویارویی با چالشهایی از قبیل کاهش شدید ظرفیت منابع تامین کننده، کاهش رضایت مشتری به دلیل ناپایداری ارائه خدمات و ازطرفی هزینه های قابل توجه تولید و انتقال آب، باعث تغییر رویکرد مدیریتی و توجه به مدیریت توزیع و مصرف گردیده است. اهمیت این موضوع زمانی دو چندان خواهد شد که بدانیم سالانه در کشور ما حدود ۳۰ درصد از حجم آب تولیدی بعنوان آب بدون درآمد محاسبه می گردد که حجمی معادل ۱,۳ میلیون مترمکعب است، آب مورد نیاز حدود ۲۳ میلیون نفر در سال! مدیریت سنتی آبرسانی، بر اساس تجارب فردی و قائم به شخص، با سعی و خطای زیاد، هزینه های بالا و حل مشکلات بصورت مقطعی است. لذا تغییر درنگرش توزیع آب بر پایه روشهای نوین باهدف کاهش حداکثری چالشهای پیش روی صنعت آب کشور اجتناب ناپذیری باشد. شبکه هوشمند بعنوان تنها راهکار موجود باهدف کاهش حداکثری دخالت انسان در امر تولید، انتقال و توزیع، تلاش میکند چالشهای موجود و پیش روی صنعت آب کشور را به حداقل برساند.

کلمات کلیدی: شبکه هوشمند، تحلیل هیدرولیکی، آب بدون درآمد، زیرساخت اندازه گیری پیشرفته

۱- مقدمه

در مدیریت سنتی توزیع آب که عموماً متکی بر تجربه افراد و یافتن راه حل بر اساس سعی و خطا در سیستم توزیع میباشد، با استفاده از تجهیزات مرسوم مانند شیرهای قطع و وصل، شیرهای فشار شکن، ایستگاههای پمپاژ و سایر



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

تجهیزات موجود در شبکه توزیع سعی می گردد آب مورد نیاز مشترکین تامین گردد، که با توجه به گسترده شدن شبکه های توزیع و عدم امکان راهبری سنتی، حل چالشها و معضلات در این مدل به صورت موردی و مقطعی و با صرف هزینه زیاد که گاهی فقط برای مقطع خاص زمانی مورد نیاز است انجام و بعد از عبور از آن مقطع زمانی هزینه های انجام شده بدون استفاده رها می گردد. ضمن اینکه در این مدل بهره برداری امکان لحاظ نمودن مصارف ساعتی، روزانه، هفتگی و ماهیانه مشترکین وجود نداشته و عموماً تنظیمات انجام شده بصورت فصلی خواهد بود. این موضوع باعث ایجاد هزینه های بالای بهره برداری بواسطه تولید بیش از نیاز واقعی، بالا رفتن حوادث و اتفاقات، افزایش نشت های نامرئی و زمینه، صرف هزینه بالا جهت تامین انرژی، افزایش میزان آب بدون درآمد و از همه مهمتر از دست رفتن منابع آب موجود می گردد. با توجه به گزارشهای موجود در کشورهای آمریکا و کانادا نرخ شکستگی (حوادث) سالیانه بر روی شبکه های اصلی برابر ۶,۸ حادثه در هر ۱۰۰ کیلومتر میباشد. [۳] در حالی که در شهری مانند شیراز علی رغم تمام تلاشهای انجام شده این نرخ برابر ۷۷ حادثه در هر ۱۰۰ کیلومتر شبکه بوده که حدود ۱۱,۵ برابر کشورهای مذکور میباشد. یکی از نکات مهم میزان شناخت این کشورها از وضعیت شبکه موجود خود میباشد، در کشورهای مذکور از کل شبکه موجود فقط ۱,۳ درصد شبکه از لحاظ عمر ناشناخته است و این نشان از فعالیت گسترده این کشورها جهت شناخت وضعیت فعلی شبکه آب را دارد [۳].

مدیریت هوشمند شبکه توزیع بر مبنای تحلیل هیدرولیکی و با اتکا به نقطه بحرانی (Critical Point) می تواند با ایجاد یک فشار ثابت در طول شبانه روز، هفته، ماه و سال در شبکه، شرکت های مربوطه را در رسیدن به اهداف مدیریت توزیع و مصرف کمک کند. علاوه بر این از مزوومات این نوع هوشمند سازی شناخت کامل فیزیکی شبکه و رفتارهای هیدرولیکی آن میباشد.

۲- تعریف

- ایجاد زیرساختهای لازم شامل زیرساختهای سخت افزاری، نرم افزاری، ارتباطی جهت به حداقل رساندن دخالت انسان در مدیریت سیستم توزیع آب با رویکرد نیل به اهداف زیر راهوشمند سازی شبکه توزیع گویند:
- مدیریت بهینه توزیع: توزیع عادلانه آب، کاهش قطعی آب، جیره بندی و استفاده حداکثری از منابع فعلی
 - مدیریت بهینه فشار: فشار ثابت در طول شبانه روز، توزیع عادلانه آب، کاهش حوادث، مدیریت مصرف و نشت.
 - مدیریت حوادث: کاهش حوادث، شناسایی حوادث، کاهش عمر حادثه، کاهش زمان رفع، مدیریت اصلاح شبکه
 - مدیریت بهداشت آب: اطمینان از سلامت آب، مدیریت آلودگی و طرح اختلاط و تزریق مواد ضد عفونی کننده.
 - مدیریت انرژی: کاهش مصرف انرژی، انتخاب پمپ، افزایش راندمان، استفاده از توزیع ثقلی، کاهش قیمت
 - مدیریت نشت: کاهش نشت های گزارش نشده، نامرئی و زمینه و امکان تشخیص نشت ها.
 - مدیریت مشترکین: بررسی امکان و تاثیر فروش انشعاب، شناسایی انشعاب و برداشت غیر مجاز
 - مدیریت سرمایه و هزینه: کاهش استهلاک تجهیزات، کاهش هزینه تعمیرات، کاهش قیمت تمام شده.
 - اقتصاد آب: گام برداشتن در جهت توسعه پایدار با حفظ منابع موجود و مدیریت بهینه آب در دسترس.
 - بهینه سازی و مهندسی مجدد شبکه: طراحی مجدد، اقطار بهینه، اسکلت بندی بهینه شبکه.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۳- هوشمند سازی شبکه توزیع

بر اساس تعریف ارائه شده در بند ۲، هوشمند سازی شبکه توزیع بارویکرد رسیدن به اهداف خاص انجام می پذیرد که در تعریف ارائه شده به آنها اشاره گردید و ملزومات اساسی آن نیز در ۳ بخش زیر بیان شد.

الف - ملزومات سخت افزاری شامل تجهیزات کنترلی، اندازه گیری، ابزار دقیق و سایر تجهیزات لازم بوده که در شبکه نصب میگردد.

ب - ملزومات نرم افزاری رانیز می توان در ۵ گروه دسته بندی کرد:

- Scada سیستم کنترل و فرمان مرکزی، GIS: سیستم اطلاعات جغرافیایی، ERP: برنامه ریزی منابع سازمانی، AMI: زیرساخت اندازه گیری پیشرفته، Hydraulic Model: مدل هیدرولیکی شبکه
 - ج- ملزومات ارتباطی نیز مرتبط باحوزه IT و ارسال اطلاعات به روشهای مختلف میباشد.
- با توجه به هزینه بسیار بالا، تکنولوژی پیشرفته و ماهیت مشکلات فعلی بهره برداری از شبکه توزیع آب بایستی هوشمند سازی شبکه در سطوح مختلفی انجام پذیرد. در این مطلب سعی شده با انجام این تفکیک و توضیح هر سطح شامل ملزومات مورد نیاز و اهداف محقق شونده، پایه های استفاده از این تکنولوژی در شرکت های آب وفاضلاب به نحو موثری گذاشته شود.

۳-۱- سطوح ۳گانه هوشمند سازی

الف- سطح اول هوشمند سازی: در این سطح از هوشمند سازی، پایه و ستون اصلی هوشمند سازی شکل می گیرد و سطوح بعد بر اساس این سطح توسعه می یابد، لذا مهمترین بخش هوشمند سازی بوده و دقت بالایی جهت ایجاد ساختارهای لازم نیاز دارد، مهمترین و اساسی ترین نیاز این بخش شناخت دقیق (Accurate Recognition) وضعیت فعلی شبکه توزیع و نحوه بهره برداری از آن می باشد. منظور از شناخت در این سطح، دقیق سازی نقشه های موجود برای خطوط آبرسانی، تحلیل هیدرولیکی شبکه ایجاد شده، کالیبراسیون شبکه ایجاد شده و نزدیک شدن رفتارهای هیدرولیکی مدل به واقعیت میباشد. با توجه به چالشهای زیاد پیش روی تحلیل هیدرولیکی وضعیت فعلی، پیشنهادات زیر جهت رسیدن بهتر به اهداف تعریف شده ارائه میگردد:

- تهیه و دقیق سازی نقشه های موجود بر پایه اتوکد یا GIS
- ورود اطلاعات موجود به نرم افزارهای تحلیلی و انجام مرحله اعتبار سنجی (Validation)
- تخصیص مصارف (Demand) گره ها (Node) بر اساس تراکم خالص با توجه به شرایط محیطی منطقه شامل تراکم مشترکین و متوسط مصرف سرانه
- تخصیص ارتفاع گره ها از فایل های معتبر (DEM)
- برداشت ارتفاع مخازن بصورت مجزا جهت دقیق سازی تحلیل
- اعمال مشترکین با مصرف بالا بصورت مجزا در نرم افزار
- مجهز شدن کلیه مبادی ورودی و خروجی به فلومترهای الکترومغناطیس



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

- استفاده از منحنی تولید جهت ایجاد الگوی مصرف مشترکین (Pattern)
 - کالیبراسیون (Calibration) مدل ایجاد شده تارسیدن به مشخصات واقعی شبکه توزیع
- پس از حصول اطمینان از عملکرد صحیح مدل و شناخت رفتارهای هیدرولیکی شبکه، براساس محدودیت موجود در نقاط بحرانی منطقه (فشار مورد نیاز)، مدل ایجاد شده به زون های کوچکتر تقسیم و تحلیل شبکه با سناریو های مختلف انجام می گردد (برای توضیحات بیشتر به منبع [۲] مراجعه شود) و جانمایی مناسب شیرآلات پیشنهادی شامل شیرهای فشارشکن، کنترل فشار و کنترل جریان ونحوه ارتباط آنها با نقطه بحرانی و نقاط تامین کننده مشخص والگوریتم برنامه پیشنهادی برای هر کنترل گر منصوبه روی شیرهای مذکور توسط کارشناس تحلیل گر شبکه ارائه می گردد. در این سطح از هوشمندسازی صرفا یک نقطه بحرانی در هر زون مشخص و ارتباط سایر المانها برپایه همین نقطه تعریف می شود و با توجه به اهداف تعریف شده در این سطح حتی امکان ارتباط محلی المانهای منصوبه وجود داشته و در صورت عدم وجود زیرساخت لازم جهت انتقال اطلاعات به مراکز تحلیل و تصمیم گیری (scada)، میتوان با کمک نصب PLC روی کنترل گر ها شرایط خود کنترلی در شبکه را ایجاد نمود. اجرای این سطح از هوشمند سازی نیازمند برنامه ریزی منابع سازمانی (ERP) نمی باشد.
- موارد ذکر شده در بالا ملزومات نرم افزاری این سطح از هوشمند سازی بوده و ملزومات سخت افزاری مورد نیاز دیگر شامل مواردی از قبیل شیرهای کنترل فشار (PRV)، شیرهای نگهدارنده فشار (PSV)، شیرهای کنترل جریان (FCV)، فشارسنجهای ثابت با امکان ارسال اطلاعات در قالبهای مختلف، کنترل گر جهت شیرآلات نصب شده با امکان نصب PLC و برنامه نویسی حداقل در ۳ سطح، اینورتر ایستگاههای پمپاژ و... می باشد. البته تشخیص و تعیین لوازم مورد نیاز برعهده تحلیل گر شبکه بوده و ایجاد زیرساخت لازم جهت ارتباط بین المانهای نصب شده و باروشهای مختلف برعهده کارشناسان IT شرکتها خواهد بود. اهداف یا بخشی از اهداف تعریف شده در قالب هوشمند سازی که در این بخش محقق می گردد در جدول ۱ بصورت خلاصه آورده شده است. همانطور که مشاهده میگردد این سطح از هوشمند سازی علی رغم نداشتن هزینه زیاد تا حدود زیادی از اهداف هوشمند سازی رامحقق و کمک زیادی در حل مشکلات پیش روی بهره برداران خواهد نمود.
- ب- سطح دوم هوشمند سازی: در این سطح از هوشمند سازی، نیاز است با توجه به اهداف تعریف شده و با تکمیل نمودن زیرساختهای اجرا شده در سطح اول امکان دستیابی به اهداف مورد نظر را ایجاد نمود. عمده هدف این سطح تکمیل اهداف سطح قبل خصوصا اهداف مرتبط با مدیریت حوادث و اتفاقات میباشد در این سطح از هوشمند سازی سعی می گردد با افزایش المانهای اندازه گیری در زون های ایجاد شده در سطح ۱، امکان تشخیص سریع حوادث شبکه، نشست های نامرئی بزرگ، انشعابات غیر مجاز بزرگ و تکمیل اهداف دیگر رامحقق نمود. همچنین نیاز است با نصب تجهیزات اندازه گیری بیشتر، رفتارهای هیدرولیکی شبکه دقیق تر شناخته شود و این رفتارها در شاخه های فرعی نیز منطبق برواقعیت موجود در شبکه گردد. این سطح از هوشمند سازی نیاز به وجود یک مرکز کنترل با سیستم هوشمند و تحلیل گر داشته و با توجه به توابع بدست آمده از مدل های هیدرولیکی، روابط خاص بین المانها برقرار و در زمان عدم برقراری این روابط تشخیص لازم توسط نرم افزار کنترلی انجام و نتایج تحلیل جهت بررسی به اکیپهای تعریف شده ارجاع می گردد.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

جدول ۱: اهداف هوشمند سازی و تحقق آنها در سطح اول

مدیریت بهینه توزیع	در حد قابل قبولی محقق می گردد.
مدیریت فشار	در حد قابل قبولی محقق می گردد.
مدیریت حوادث	بخش مرتبط با کاهش حوادث بواسطه مدیریت فشار محقق می گردد.
مدیریت بهداشت	بخش مرتبط نحوه اختلاط و مبادی ورودی مواد ضد عفونی کننده محقق می گردد.
مدیریت انرژی	در حد قابل قبولی محقق می گردد.
مدیریت نشت	بخش مرتبط با کاهش نشت ها محقق می گردد.
مدیریت مشترکین	دید کلی از مشترکین ایجاد ولی امکان استناد کامل وجود ندارد.
مدیریت سرمایه	در حد قابل قبولی محقق می گردد.
اقتصاد آب	باتوجه به اعمال مدیریت توزیع و فشار، محقق می گردد.
بهینه سازی	محقق نمی گردد.

در این سطح باتوجه به سیاستها و امکانات شرکتها، علاوه بر نقطه بحرانی یکسری نقاط کنترلی در بخش های مختلف شبکه مشخص و بانصب تجهیزات لازم (از قبیل فشارسنج و دبی سنج) و بتعریف رابطه بین این نقاط خصوصا زمان، دبی و فشار، امکان تشخیص حوادث احتمالی، نشت های احتمالی، برداشت های غیر مجاز و... میسر میگردد. ذکر این نکته ضروری است که حوادث گزارش نشده موجود از قبل و نشت های موجود در زمان کالیبراسیون، باتوجه به تاثیر درمدل کالیبره شده در این سیستم قابل شناسایی نمی باشد. اهداف یابخشی از اهداف تعریف شده در قالب هوشمند سازی در این بخش محقق می گردد که در جدول ۲ بصورت خلاصه آورده شده است. همانطور که دیده می شود این سطح از هوشمند سازی بخش زیادی از اهداف تکمیل نشده سطح اول را محقق مینماید.

ج- سطح سوم هوشمند سازی: در این سطح از هوشمند سازی، نیاز است باتوجه به اهداف تعریف شده و بتکمیل نمودن زیرساختهای اجرا شده در سطح اول و دوم امکان دستیابی به اهداف مورد نظر را ایجاد نمود. عمده هدف این سطح مدیریت نشت و کنترل کیفی و بهینه سازی میباشد که همزمان با تحقق آنها، اهداف قبلی نیز به طور کامل و با دقت بالا محقق میگردد. نیاز اولیه این سطح تطبیق کامل مشخصات واقعی شبکه با مدل هیدرولیکی می باشد که خود مستلزم صرف هزینه بسیار بالایی است. در این سطح از هوشمند سازی حتی انشعابات مشترکین نیز وارد شده و زونهای تشخیصی کوچکتر شده و امکان تشخیص نشت در محدوده کوچکتری وجود دارد.

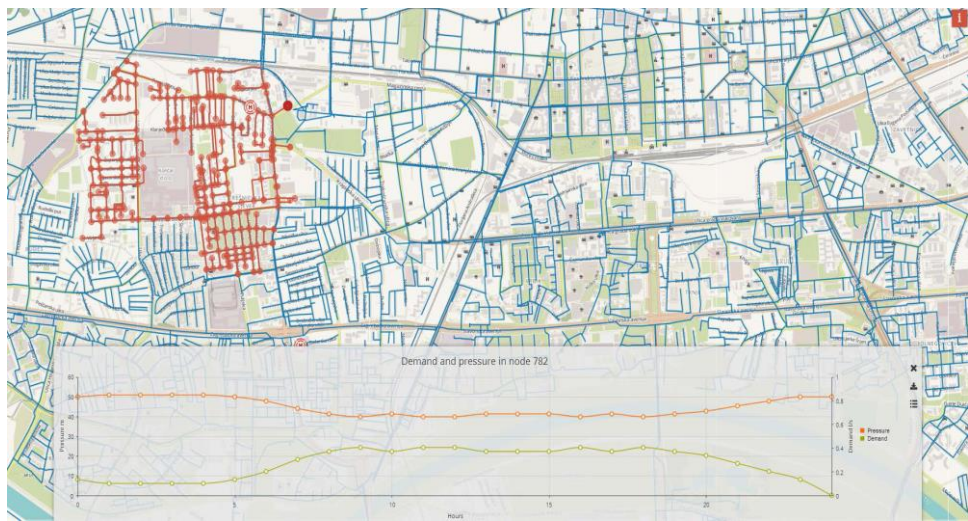
عمده پایه های اصلی در این فاز 'Scada'، 'Gis'، 'ERP'، 'AM I' و 'Hydraulic Model' می باشد. نصب سنسورهای اندازه گیری در این سطح روی تمامی گره های شبکه و انشعاب مشترکین انجام و تحلیل اطلاعات دریافتی در سیستم

¹ Supervisory control and data acquisition
² Geographic information system
³ Enterprise resource planning
⁴ Advanced metering infrastructure

جدول ۲: اهداف هوشمند سازی و تحقق آنها در سطح دوم

مدیریت بهینه توزیع	قبلا محقق گردیده است.
مدیریت فشار	قبلا محقق گردیده است.
مدیریت حوادث	قسمت مربوط به تشخیص حوادث محقق می گردد.
مدیریت بهداشت	دقیق تر شدن درصد اختلاط
مدیریت انرژی	قبلا محقق گردیده است.
مدیریت نشت	تشخیص نشت های بزرگ محقق می گردد.
مدیریت مشترکین	امکان شناسایی برداشت های غیر مجاز قابل توجه وانشعابات غیر مجاز محقق می گردد.
مدیریت سرمایه	در سطح قبل تکمیل می گردد.
اقتصاد آب	در سطح قبل تکمیل می گردد.
بهینه سازی	محقق نمی گردد.

پردازش مرکزی که عموماً تحت وب بوده و در هر شرایطی قابل دسترس می باشد انجام می گیرد. همزمان اطلاعات مدل هیدرولیکی نیز در دسترس سیستم پردازش مرکزی قرار داشته و بر اساس تطبیق هر دو مدل و بر اساس الگوریتم از قبل معرفی شده، سیستم پردازش مرکزی اقدام به پردازش اطلاعات کرده و نتایج حاصله بر مبنای کدهای اجرایی به سخت افزارهای موجود در شبکه ارسال می گردد. یک نمونه از این نوع شبکه در شکل ۱ نشان داده شده است. در این سطح از هوشمند سازی کلیه اهداف تعریف شده در حد بالای خود در دسترس قرار می گیرد.



شکل ۱: یک نمونه شبکه هوشمند سازی شده در سطح ۳



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



خلاصه موارد بحث شده جهت سطوح مختلف هوشمند سازی در قالب جداول شماره ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- وضعیت ملزومات سخت افزاری در سطوح مختلف هوشمند سازی

ملزومات نرم افزاری					ملزومات سخت افزاری و کنترلی				
					درجه بندی نیاز : + : عدم نیاز ۱۰ : بالاترین حد نیاز				
HM	AMI	ERP	Gis	scada	ارتباطی	ابزار دقیق	اندازه گیری	کنترلی	سطح
*			*		۲	۰	۲	۲	سطح ۱
*			*	*	۷	۴	۵	۵	سطح ۲
*	*	*	*	*	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	سطح ۳

جدول ۴- وضعیت اهداف محقق شونده در سطوح هوشمند سازی (۰: عدم تحقق ۵: بهترین حالت تحقق)

سطح	مدیریت توزیع	مدیریت فشار	مدیریت حوادث	مدیریت بهداشت	مدیریت انرژی	مدیریت مشترکین	مدیریت سرمایه	اقتصاد آب	بهینه سازی
سطح ۱	۳,۵	۳,۵	۱	۱	۳	۱	۳	۳	۰
سطح ۲	۴,۵	۴,۵	۲	۲	۴,۵	۲	۴	۴	۱
سطح ۳	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵

۴ - نتیجه گیری و بحث

اساس روشهای به حداقل رسانیدن چالشهای پیش رو صنعت آب، شناخت دقیق شبکه های انتقال و توزیع می باشد و بایستی در گام نخست اقدام به تکمیل نقشه های موجود نمود. تهیه مدل هیدرولیکی شبکه (حتی بصورت اولیه) میتواند کمک زیادی جهت شناخت رفتارهای هیدرولیکی شبکه نموده و دید مناسبی به بهره برداران از شبکه ارائه می نماید. نرم افزار Gis یکی از پایه های اصلی هوشمند سازی میباشد. پیشنهاد میگردد شرکتهای که به تازگی شروع به تهیه نقشه های شبکه در این نرم افزار نموده اند با مشاوره گرفتن از کارشناسان تحلیل شبکه با رعایت اصول مورد نیاز نرم افزارهای تحلیل شبکه اقدام به تهیه نقشه های Gis نمایند. باتوجه به چالشهای موجود در صنعت آب خصوصا در بخش توزیع پیشنهاد می گردد شرکتهای مربوطه با برنامه ریزی لازم زیرساختهای مورد نیاز در سطح ۱ هوشمند سازی را ابتدا در پایلوتهای کوچک ایجاد و از تجارب حاصله استفاده و اقدام به توسعه آن به کل محدوده تحت پوشش نمایند.

اجرای طرح هوشمند سازی سطح ۲ در شهرهایی توجیه اقتصادی دارد که درصد آب بدون درآمد حقیقی آنها زیر ۲۰ درصد بوده و هدررفت واقعی حداقل ۵۰ درصد سهم آب بدون درآمد را داشته باشد. هوشمند سازی سطح ۳



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

در حال حاضر و با توجه به ماهیت چالشهای موجود توجه اجرایی ندارد و صرفاً می توان جهت کسب تجربه در پایلوت های خیلی کوچک در قالب طرح های مطالعاتی اجرا گردد. در خرید و نصب تجهیزات سخت افزاری بایستی نهایت دقت در ارزیابی مشخصات فنی صورت گیرد، سپس از خرید و نصب مشکلاتی مانند خاص بودن اطلاعات ارسالی، انحصاری بودن دریافت و ارسال اطلاعات و... بوجود نیاید. رویکرد اصلی هوشمند سازی به طور کلی می تواند کاهش آب بدون درآمد باشد لذا پیشنهاد می گردد انجام این پروژه ها مستند به مطالعات اولیه و توجه فنی اقتصادی باشد.

۵- مراجع

۱. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و وزارت نیرو، (۱۳۹۱). " راهنمای شناخت و بررسی عوامل موثر در آب حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن (نشریه شماره ۵۵۶) "، اردیبهشت ماه ۱۳۸۶ ضوابط طراحی سامانه های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی (نشریه شماره ۳-۱۱۷ بازنگری اول) "، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری. تهران، ایران
۲. امیری، م. (۱۳۹۵) طراحی و بهره برداری شبکه آب با watergems.
3. Folman, s. (200). Water main break rates in USA and CANADA, Utah state university.
4. Miller, J.M. ,Leinmiller , M., Schneider Electric White Paper ,Revition
5. Helmbrecht, J., Pastor , J., & Moya, C.,(2017). Smart solution to improve water energy next for water supply system, Procedia Engineering, 186
6. www.i20WATER.COM
7. www.telstra.com.au
8. fathy , R.A., Chairman, IUT-T focus on smart water management(fg swn)
9. public utilities board singapor, smart water (2016)
10. www.bentley.com
11. Won lee , S. , Sarp, S., Jin Jeon , D., & Kim , J., smart water grid: the future water management platform, desalination and water treatment, online journal, <http://www.tandfonline.com/loi/tdwt2>
12. www.emersonprocess.com/smartwireless