Integration of Geographic Information System (GIS) Web-based and the intelligent pressure control system in water distribution network in the city of Hamadan in order to optimal management of the distribution network pressure

In order to consumption management and reduction of non-revenue water in Hamadan, pressure controllers system of water distribution network and geographic information systems (GIS) in Hamadan province ABFA widely have been used and significant results have been achieved. On the other hand, how to calculate the output pressure of the pressure reducers to achieve the ideal pressure in the covered zone while distribution network pressure become minimum and minimum required customers pressure is provided are constant challenges in output pressure controller of pressure reducers. In Water and wastewater Hamadan province company by integration of web-based GIS and pressure controllers system as well as GIS analysis, efficient, fast and practical approach to estimate suitable pressure of pressure reducers was successfully operated that in this essay, practical way and results are presented.

Keywords: DSM; DEM; Pressure reducer controllers; Non-revenue water; Geographic Information system

تلفیق سیستم اطلاعات مکانی (GIS) تحت وب و سامانه کنترل هوشمند فشار شبکه توزیع آب شهر همدان در راستای مدیریت بهینه فشار شبکه توزیع

علی انصاری[۱]، هادی جعفری[۲]، حمید رضا نیک داد[۳]

[۱]کارشناس سیستم های اطلاعات جغرافیایی شرکت آبفای شهری استان همدان

پست الکترونیکی : ansari۱۹۰۶۱@yahoo.com

[۲]مدیر دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب شهری استان همدان

پست الکترونیکی : jafari_h۴۷@yahoo.com

[۳]معاون بهره برداری شرکت آبفای شهری استان همدان

چکیده

بمنظور انجام مدیریت مصرف و کاهش میزان آب بدون درآمد شهر همدان، به طور گسترده دو سیستم کنترل گرهای فشار شکن شبکه توزیع آب و سامانه اطلاعات مکانی (GIS) در شرکت آبفای شهری استان همدان مورد استفاده قرار گرفته و نتایج قابل توجهی بدست آمده است. از طرفی نحوه محاسبه فشار خروجی دستگاه های فشارشکن جهت رسیدن به فشار ایدآل در زون پوششی فشارشکن ها به نحوی که فشار شبکه توزیع به حداقل ممکن و در حد استاندارد رسیده و همچنین حداقل فشار مورد نیاز مشترکین تامین شود از چالش های همیشگی در تنظیم خروجی کنترل گرهای فشار شکن می باشد. در شرکت آب و فاضلاب استان همدان با ترکیب سامانه اطلاعات مکانی تحت وب و سامانه کنترل گرهای فشار شکن و استفاده از تحلیل های GIS ، روشی کارآمد و در عین حال سریع و عملی در برآورد فشار خروجی فشارشکن ها با موفقیت مورد بهره برداری قرار گرفت که در این مقاله روش اجرایی و نتایج آن ارائه می گردد.

کلمات کلیدی: DSM, DEM ،کنترل گرهای فشار شکن، آب بدون درآمد، سامانه اطلاعات مکانی (GIS)

۱- مقدمه

در سال های اخیر بحران کمبود منابع آب شرب به علت کاهش بارندگی و کاهش سطح آب های زیرزمینی در کنار افزایش روز افزون تقاضا به یکی از دغدغه های اصلی مسئولین و برنامه ریزان تبدیل شده است. یکی از روش های مقابله با این بحران مدیریت بهینه منابع موجود به جای سرمایه گذاری بر روی اکتشاف و گسترش منابع جدید آب می باشد. از طرف دیگر به علت عمر بالای شبکه های توزیع آب موجود، مدیریت بهینه فشار شبکه توزیع بر اساس شناخت کامل شبکه توزیع و برآورد حجم آب مورد تقاضا در قسمت های مختلف شبکه توزیع می تواند نقش بسزایی در جلوگیری از هدر رفت آب و مدیریت بهینه منابع آب موجود داشته باشد.

سامانه کنترل هوشمند فشار شبکه توزیع و سیستم اطلاعات مکانی به عنوان دو سامانه مهم، در سال های اخیر به صورت روز افزون در شرکت آب و فاضلاب همدان مورد استفاده قرار گرفته است. بنحوی که اولین سامانه به منظور کنترل هوشمند فشار فشارشکن ها و دومین سامانه برای نگهداری اطلاعات شبکه توزیع، میزان تقاضا در زون های مختلف شبکه توزیع آب و انجام تحلیل های مورد نیاز بکار می رود. در این مقاله، نحوه ترکیب دو سامانه مورد اشاره جهت مدیریت بهینه فشار شبکه توزیع آب به منظور به حداقل رساندن هدر رفت آب شبکه توزیع ارائه می گردد.

۲- کلیات تحقیق

۲-۱- اطلاعات حجم تولید، تاسیسات آبرسانی و شبکه توزیع آب شهر همدان در سال ۱۳۹۳

شهر همدان دارای ظرفیت تامین میانگین ۱.۴۷ متر مکعب آب در ثانیه می باشد که سهم تولید هر یک از منابع در جدول شماره (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱) : سهم تولید منابع(متوسط روزانه)

منابع تولید	تولید متوسط روزانه (لیتر بر ثانیه)	حجم کل تولید در روز (لیتر بر ثانیه)
سطحی	۸۶۷	۱۴۷۷
چاهها	۶۱۰	

تعداد مشترکین آب برابر ۱۵۱۵۳۷ فقره می باشد که حدود ۹۵ درصد مشترکین در سامانه GIS ثبت شده اند. طول شبکه توزیع و خطوط انتقال شهر همدان به ترتیب برابر ۱۰۱۶ و ۱۶۷ کیلومتر می باشد که ۴۷ درصد از شبکه توزیع با عمر بالای ۲۵ سال فرسوده می باشد. همچنین۹۰ درصد اطلاعات شبکه توزیع و خطوط انتقال در سامانه GIS ثبت شده است. تعداد ۵۹ عدد شیر فشارشکن بر روی شبکه توزیع نصب گردیده است که از این تعداد تا پایان سال ۹۳ ، ۳۲ دستگاه به کنترلگر هوشمند فشار مجهز شده اند. اطلاعات کلیه فشار شکن ها و کنترلگرها در سامانه GIS ثبت شده است. از طرف دیگر به علت فرسوده بودن شبکه توزیع، میزان هدر رفت واقعی آب تا پایان سال ۹۳ برابر ۱۶ درصد و میزان آب بدون درآمد شهر همدان ۲۷ درصد میزان تولید آب می باشد.

۲-۲- مدیریت فشار و مزایای آن

فشار زیاد آب در لوله ها و نوسان های مداوم آن برای شبکه های توزیع بسیار نامطلوب است. از سوی دیگر کمبود و یا عدم تامین کافی آب برای مشترکین نیز قابل قبول نمی باشد. مدیریت فشار مجموعه عملیات کنترل و تنظیم فشار برای رسیدن به فشار بهینه در شبکه توزیع آب می باشد. تنظیم و کاهش فشار شبکه مزایای زیر را به همراه دارد[۱] و[۳] :

۱) کاهش نشت آب
۲) کاهش حوادث و ترکیدگی در شبکه
۳) کاهش مصرف آب
۴) افزایش عمر شبکه و تاسیسات آبرسانی
۵)کاهش مینیمم جریان شبانه مخازن سطح شهر
۶) افزایش حجم ذخیره شبانه مخازن

کاهش میزان فشار باید به گونه ای باشد که قابلیت اطمینان سیستم در حد قابل قبولی باقی بماند، به این معنا که کاهش میزان فشار مورد نیاز در گره های مصرف صورت پذیرد تا تقاضای مصرف در تمامی زمان ها بر آورده گردد. حالت ایده آل زمانی اتفاق می افتد که میزان فشار در تمامی گره ها به حدی باشد که دقیقا مقدار تقاضا در گره مصرف را برآورده نماید. بطور کلی محاسبات تنظیمات بهینه شیر آلات کار نسبتا پیچیده می باشد که نیازمند در نظر گرفتن عوامل بسیاری از قبیل توپوگرافی محدوده، جنس و اقطار شبکه زیر دستی و ارتباط شبکه توزیع با یکدیگر، برآورد میزان مصرف بر اساس تعداد مشترکین در محدوده های مورد نظر می باشد. سامانه اطلاعات مکانی (GIS) با توجه به قابلیت های خود ابزاری قدرتمند جهت فائق آمدن بر این پیچیدگی و مدیریت بهینه فشار شبکه در اختیار ما قرار می دهد.

۲-۳- انواع روش های مدیریت فشار

برای اجرای مدیریت فشار لازم است ابتدا دلایل نوسان فشار شناسایی و روش های مقابله با آن طراحی شود. یکی از دلایل یکنواخت نبودن فشار آب در شبکه های توزیع, تغییرات مکانی و وجود پستی و بلندی در محدوده شبکه است. از آنجایی که سامانه های توزیع آب برای تامین فشار مشترکینی که در مرتفع ترین یا دورترین نقطه شبکه قرار گرفته اند طراحی می شوند. سایر نقاط شبکه فشار های بیشتری را خواهند داشت. دلیل دیگر وجود نوسان فشار و تغییرات زمانی مصرف آب مشترکین است. سامانه های توزیع آب برای تامین سطح حداقل فشار، در حالت حداکثر ظرفیتی جمعیتی پروژه و در زمان حداکثر مصرف(زمانی که افت های اصطکاکی در بالاترین حد هستند) طراحی می شوند. در نتیجه در اوایل دوره طرح و زمان های غیر پیک، فشارهای بالاتر از مقدار مورد نیاز در شبکه وجود خواهد داشت. با توجه به این شرایط، روش های مدیریت فشار باید قادر باشند فشارهای شبکه را در محدوده ی بهینه کنترل کنند. عمده ترین روش های مدیریت فشار به شرح زیر است[۲]:

۱) مانور شیر آلات
۲) استفاده از مخازن با ارتفاع مختلف
۳) استفاده از پمپ های دور متغیر
۴) استفاده از لوله های موازی
۵) استفاده از شیر های فشار شکن هوشمند

با توجه به موارد روش های مدیریت فشار، شهر همدان برای انجام مدیریت فشار روش ۱ و ۵ را اتخاذ کرده است و با نصب سیستم کنترل هوشمند فشار این مهم را انجام می دهد.

۲-۴- معرفی دستگاه های کنترلگر فشار شکن

به منظور تنظیم فشار خطوط یا شبکه های آبرسانی معمولا از شیر های فشار شکن استفاده می شود. مکانیزم کنترل فشار خروجی این شیرها مکانیکی بوده و بستگی به اختلاف فشار آب در ورودی و خروجی شیر دارد. پایلوت تعبیه شده روی این شیرها عمل تنظیم فشار خروجی را انجام می دهد. پس از تنظیم فشار خروجی در یک فشار خاص، شیر در تمام زمان کار خود سعی در حفظ فشار خروجی طبق تنظیم انجام شده دارد، در حالی که نیاز فشار در شبکه های آبرسانی در ساعات مختلف شبانه روز متغیر است. بعنوان مثال در ساعات شب که مصرف مشترکین کم می شود می توان فشار شبکه را کاهش داد. تغییر در تنظیم شیر بدون استفاده از یک سیستم اتوماتیک امکان پذیر نیست. دستگاه کنترلگر شیر فشار شکن این توانایی را دارد که با تغییر در تنظیم فشار خروجی شیر فشار شکن در ساعات مختلف شبانه روز فشار مناسب را برای شبکه های آبرسانی تهیه کند.

از قابلیت های این دستگاه ها عبارتند از:

۱) قابلیت تنظیم فشار خروجی به تعداد دلخواه در ساعات مختلف شبانه روز

۲) امکان ارتباط با سیستم های GIS به صورت آنلاین

۳) امکان ارسال فرمان از مرکز کنترل به شیر جهت تغییر فشار خروجی

۲-۵- سیستم کنترل هوشمند فشار آب شرکت آب و فاضلاب شهری همدان

در سال های ۱۳۹۲ شهر همدان با کاهش ۴۴ درصدی نزولات جوی مواجه گردید که این امر باعث شد سطح قابل دسترس منابع زیر زمینی آب به شدت دچار افت گردد. با توجه به روند افزایش جمعیت و بالا رفتن سرانه مصرف از طرفی و از طرف دیگر نا مطلوب گردیدن شرایط جوی شهر همدان (کاهش نزولات جوی) مشکل کم آبی و بحران آب کاملا قابل درک بود. مساله نگران کننده دیگر بالا بودن درصد پرت آب در این شهر می باشد. هدر رفت واقعی آب در همدان حدود ۱۶ درصد می باشد. بطور کلی بدلیل عدم توجه به اصول و مبانی هیدرولیکی جریان آب در لوله ها (کنترل فشار) و فرسودگی شبکه های توزیع آب، شاهد فزونی حوادث و ترکیدگی لوله ها و همچنین بروز نشتی های بزرگ و کوچک در شبکه های توزیع آب در سطح کشور می باشیم که نهایتا درصد بالایی از حجم آب تامین شده که با صرف هزینه بالایی تولیده شده به هدر می رود. بنابراین اساسی ترین و عاجل ترین اقدام موثر بهبود کیفیت نظارت بر بهره برداری از طریق به کارگیری سیستم های مدرن کنترل هوشمند می باشد. یکی از راهکارهای ارایه شده برای مقابله با بحران کم آبی و کاهش آب بدون درآمد در شهر همدان مدیریت فشار می باشد. مدیریت فشار در شبکه های آب رسانی یکی از روش های عملی مدیریت تقاضای آب و کاهش مقدار آب بدون در آمد است. [۲]

بهمین دلیل تعداد ۵۹ عدد شیر فشارشکن بر روی شبکه توزیع آب شهر همدان نصب گردیده است که از این تعداد تا پایان سال ۹۳ ، ۳۲ دستگاه به کنترلگر هوشمند فشار مجهز شده اند. اطلاعات کلیه فشار شکن ها و کنترلگرها در سامانه GIS ثبت شده است

۲-۶- سیستم اطلاعات مکانی (GIS) شرکت آب و فاضلاب شهری همدان

مطابق جلد سوم دستوالعمل های همسان نقشه برداری، سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، مجموعه ای سازمان یافته متشکل از سخت افزار، نرم افزار، داده، رویه ها و نیروهای انسانی برای جمع آوری، آماده سازی، ساختاردهی، ذخیره سازی، بروزرسانی، پردازش، نمایش و تجزیه و تحلیل (آنالیز) انواع داده های مکانی است. در این سیستم ها هدف مدیریت اطلاعات مکان مرجع به منظور اتخاذ تصمیمات بهینه می باشد. به طور خاص در شرکت های آب و فاضلاب از این سیستم برای مدیریت اطلاعات توصیفی و مکانی مشترکین، تاسیسات تهیه، انتقال و توزیع آب به اضافه تاسیسات جمع آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب استفاده می شود. از ویژگی های این سیستم می توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱) قابلیت پیاده سازی در بستر اینترانت یا اینترنت

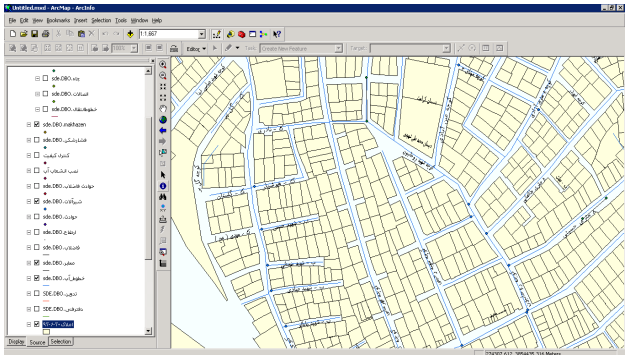
۲) قابلیت اتصال به سایر سیستم ها مانند سیستم مشترکین، حوادث، کنترلگرهای هوشمند فشارشکن و ....

۳) امکان تنظیم سطح دسترسی برای کاربران گوناگون

۴) استفاده از پردازش ها و تحلیل های موجود در سامانه GIS به منظور کسب اطلاعات مکانی و توصیفی مورد نیاز

به همین دلیل استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان یکی از پیشرفته ترین علوم و فن آوری های اخذ و مدیریت بهینه اطلاعات مکان مرجع، به منظور مدلسازی و مدیریت شبکه های توزیع آب شهری ضروری بوده و هرگونه سرمایه گذاری اصولی در تهیه و پیاده ساری اینگونه سیستم ها کاملا توجیه پذیر و الزامی می باشد.

طبق شکل (۱) سیستم اطلاعات مکانی شهر همدان که در بستر شبکه کامپیوتری داخلی شرکت تعریف شده است شامل اطلاعات مشترکین، خطوط آب و فاضلاب، شیرآلات شبکه توزیع، مخازن و ... می باشد.



شکل (۱) : نمایی از سیستم اطلاعات مکانی شهر همدان

۲-۷- نحوه ترکیب سیستم GIS و سامانه کنترل هوشمند فشار شبکه توزیع

فشار بهینه خروجی فشار شکن ها تابعی از توپوگرافی منطقه، قطر لوله ها و نحوه اتصال شبکه زیر دستی و میزان مصرف در گره های مختلف شبکه می باشد. محاسبه دقیق فشار در گره های مختلف شبکه توزیع به علت فرسوده بودن شبکه و نشت پنهان و عدم شناخت کامل شبکه عملا امکان پذیر نمی باشد. تنها دو عامل توپوگرافی و تعداد مشترکین تحت پوشش به طور دقیق در هر منطقه قابل اندازه گیری است. لذا در این تحقیق و جهت سهولت و اجتناب از محاسبات پیچیده از دو عامل مورد اشاره جهت برآورد فشار در نقاط مختلف شبکه استفاده شده است. بنحوی که مراحل کار به شرح ذیل می باشد.

۲-۷-۱- مشخص کردن محدوده تحت پوشش فشار شکن ها و تعداد مشترکین

بر اساس نقشه های GIS شبکه توزیع، بعنوان نمونه در شکل (۲) محدوده تحت پوشش فشارشکن منطقه سعیدیه شهر همدان بر اساس نقشه های موجود و پیمایش محلی نشان داده شده است.

۲-۷-۲- تعیین ارتفاع حداقل و حداکثر منطقه و ارتفاع محل نصب دستگاه فشار شکن

بر اساس اطلاعات DEM (Digital Terrain Model) موجود در سامانه GIS ارتفاع حداقل و حداکثر منطقه و ارتفاع محل نصب دستگاه فشار شکن استخراج می شود. با توجه به شکل شماره (۲) ارتفاع حداقل منطقه برابر ۱۹۱۰ متر، ارتفاع حداکثر منطقه برابر ۱۹۳۰ متر و ارتفاع محل نصب دستگاه فشار شکن برابر ۱۹۱۸ متر می باشد.

۲-۷-۳- تعیین نقاط بحرانی منطقه فشاری

با توجه به تعداد طبقات هر مجتمع مسکونی که از اطلاعات توصیفی موجود در GIS استخراج می گردد و همچنین با کمک گرفتن از DEM موجود در سامانه GIS، DSM (Digital Surface Model) منطقه تهیه می گردد. طبق استاندارد (نشریه شماره ۳-۱۱۷) حداکثر تعداد طبقات هر مجتمع مسکونی که باید فشار آن توسط شبکه توزیع آب تامین گردد، ۴ طبقه بانظام پارکینگ می باشد. بنابراین با این روش مجتمع های مسکونی مرتفع موجود در منطقه(نقاط بحرانی) که می بایست فشار استاندارد در آن تامین شود به دست می آید.

۲-۷-۴- تعیین کمترین فشار خروجی دستگاه فشار شکن در شب(بازه زمانی کمترین میزان مصرف توسط مشترکین)

کمترین میزان فشار خروجی فشار شکن ها باید به نحوی تنظیم شود که بر اساس استاندارد نشریه شماره ۳-۱۱۷فشار حداقل ۱/۴ بار در طبقه هم کف و به ازای هر طبقه اضافی ۰.۴ بار اضافه گردد بنحوی که حداکثر تا ۴ طبقه به فشار ورودی ساختمان اضافه شود(حداکثر فشار مجاز طبق استاندارد ۲.۶ بار برای ساختمان های ۴ طبقه می باشد). با استناد به شرایط مورد اشاره و استخراج بالاترین نقطه محدوده که نقطه بحرانی می باشد و بر اساس مدل DSM منطقه، حداقل فشار خروجی فشار شکن در حالت استاتیک در هنگام شب که مصرف به حداقل می رسد محاسبه و به خروجی فشار شکن اعمال می گردد.

۲-۷-۵- تعیین کمترین فشار خروجی دستگاه فشار شکن در روز (بازه زمانی پیک مصرف توسط مشترکین)

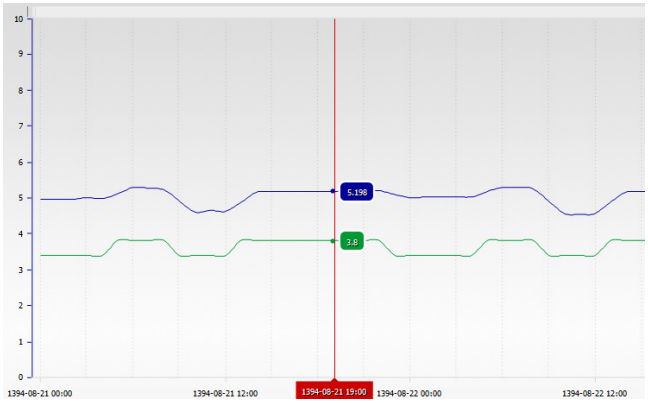
جهت تعیین فشار خروجی دستگاه فشارشکن در پیک مصرف ابتدا نسبت به فشار سنجی محلی در نقطه بحرانی و در پیک مصرف اقدام می گردد و فشار خروجی فشار شکن بنحوی تنظیم می گردد که فشار حداقل در نقطه بحرانی و در زمان پیک مصرف تامین گردد.

شکل (۲) : محدوده تحت پوشش فشارشکن منطقه سعیدیه شهر همدان

بعنوان نمونه با توجه به DSM منطقه مورد مطالعه نقطه بحرانی نقطه A با حداکثر ارتفاع ۳ طبقه می باشد و باید مطابق استاندارد ۲/۲ بار فشار در طبقه همکف تامین شود. که با توجه به اختلاف ارتفاع ۱۲ متری (معادل ۱/۲ بار) فشار شکن با نقطه بحرانی، حداقل فشار خروجی فشار شکن مطابق شکل (۳)، ۳/۴ بار تنظیم می گردد.

شکل (۳) : حداقل فشار خروجی فشارشکن در شب

در زمان پیک مصرف و طبق مشاهدات میدانی در صورتی که فشار خروجی فشار شکن ۳/۴ بار تنظیم شود. فشار در طبقه هم کف نقطه بحرانی ۱/۸ بار اندازه گیری شد که دلیل آن مصرف مشترکین می باشد. بنابراین به منظور تامین فشار حداقل در نقطه بحرانی (۲/۲ بار) فشار خروجی فشار شکن طبق شکل شماره (۴) ۳/۸ بار تنظیم می گردد.



شکل (۴) : حداقل فشار خروجی فشار شکن در ساعات پیک مصرف

از مزایای دیگر تلفیق دو سیستم اطلاعات مکانی و مدیریت هوشمند فشار شبکه نوزیع آب می توان به امکان برآورد فشار در نقاط مختلف شبکه با توجه به فشار خروجی فشار شکن و اختلاف ارتفاع فشار شکن و نقطه مورد نظر اشاره کرد.

۳- نتیجه

مدیریت فشار در شبکه توزع آب کاری پیچیده است که المان های مختلفی مانند شکل و قطر لوله های شبکه توزیع، توپوگرافی منطقه، میزان مصرف و ... در آن دخیل است. از طرف دیگر محاسبات پیچیده برآورد فشار در نقاط مختلف شبکه در عمل امکان استفاده از روابط فوق را نمی دهد.

در این تحقیق از ترکیب و تلفیق سیستم اطلاعات مکانی و سیستم کنترلگرهای فشار شکن در کنار مشاهدات میدانی به منظور مدیریت فشار در شبکه توزیع آب استفاده گردیده است. اگرچه دقت محاسبه فشار با توجه به مدل های کلاسیک بالاتر از روش فوق می باشد، روش مورد استفاده به علت سادگی و عملی بودن و برآورد فشار با دقت نسبتا مورد قبول مورد استفاده گسترده در شرکت آب و فاضلاب همدان می باشد. با مدیریت هوشمند فشار در شبکه توزیع از سال ۱۳۹۰ نتایج زیر به دست آمده است.

۱- مدیریت مصرف (کاهش مصرف)

۲-کاهش تعداد حوادث و اتفاقات

۳- افزایش عمر شبکه و تاسیسات آبرسانی

۴- کاهش مینیمم جریان شبانه مخازن

۵- کاهش هدر رفت واقعی آب

۶- افزایش حجم ذخیره شبانه مخازن

استفاده از تکنیک تلفیق مدیریت هوشمند فشار شبکه توزیع آب با سیستم اطلاعات مکانی باعث کاهش ۵ درصد از میزان آب بدون در آمد شهر همدان مطابق یا اطلاعات جدول(۲) شده است. که با توجه کاهش منابع آب موجود و کاهش بارندگی ها نتیجه بسیار ارزشمندی می باشد.

جدول (۲) : میزان کاهش درصد آب بدون درآمد شهر همدان

سال	حجم تولید (متر مکعب)	حجم فروش (متر مکعب)	درصد آب بدون درآمد
۱۳۹۰	۴۵۵۵۹۰۶۷	۳۰۹۹۸۷۵۷۰	۳۲
۱۳۹۱	۴۷۳۳۵۶۵۵	۳۳۵۷۴۴۸۳	۲۹.۱
۱۳۹۲	۴۷۸۷۷۲۴۷	۳۴۶۵۵۹۸۳	۲۷.۶
۱۳۹۳	۴۷۱۱۲۴۹۷	۳۴۳۴۹۳۶۷	۲۷.۱

مراجع

[۱] جلیلی قاضی زاده,محمد رضا,**مبانی و کاربردهای مدیریت فشار در شبکه های توزیع آب**,مجله تخصصی آب و محیط زیست,شماره ۷۵, ,صفحات ۵۳-۶۶, پاییز۱۳۸۸.

[۲] زارعی,علی,**کنترل هوشمند فشار در شبکه توزیع آب شهری**,دومین همایش ملی آب و فاضلاب تهران, ,صفحات ۱-۱۱، مهر ماه۱۳۸۷.

[۳] *Pressure management a growing trend in Australia* – ۲۰۰۲.