



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

National
Water and Wastewater Engineering Company



آب بدون درآمد و مدیریت مصرف

فصلنامه تخصصی-پژوهشی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

سال اول/شماره ۱/ زمستان / ۱۳۹۴

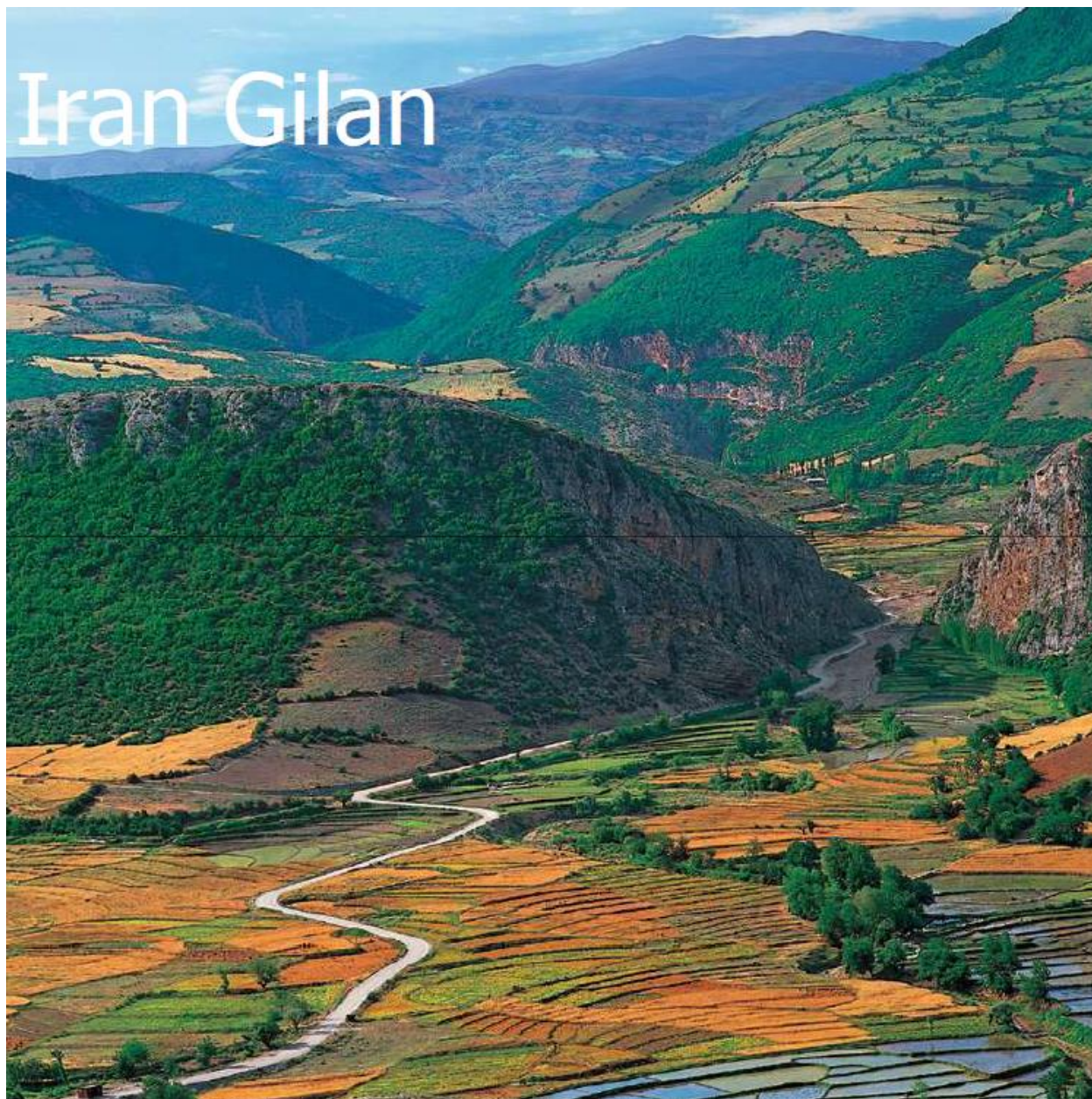
Non-Revenue Water Journal (NRWJ)

Issue No.1

February-march 2016

فصلنامه آب بدون درآمد و مدیریت مصرف

Non Revenue Water Journal (NRWJ)





هیئت تحریریه فصلنامه آب بدون درآمد و مدیریت مصرف
Editorial Board of Non-Revenue Water Journal (NRWJ)



حمیدرضا تاشیعی Hamid Reza Tashauoei
مدیر مسئول Editor-in-Chief
دکتری / مهندسی بهداشت محیط PhD, Environmental engineering
h.tashauoei@nww.ir



سید علی سیدزاده Seyed Ali Seyedzadeh
دبیر اجرایی Associate Editor
کارشناسی ارشد / مهندسی صنایع MSc., Industrial engineering
seyedzadeh@nww.ir



کاوه حریری اصلی kaveh Hariri Asli
دبیر علمی Associate Editor
دکتری / مهندسی مکانیک / تبدیل انرژی PhD, Mechanical engineering, energy conversion
hariri_k@yahoo.com



علی اکبر غزلی
Ali Akbar Ghazali
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / مهندسی عمران / مهندسی آب
MSc., Civil engineering, water



محسن داودی سرشت
Mohsen Davodi Seresht
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / مهندسی عمران / مهندسی آب و فاضلاب
MSc., Civil engineering, water & wastewater



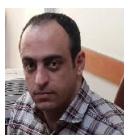
اردوان نیکنام
Ardavan Niknam
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / مهندسی محیط زیست / مهندسی آب و فاضلاب
MSc., Environmental engineering, water & wastewater



محمد فدوی اولیایی
Mohammad Fardouy Oliaee
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / مهندسی عمران / سازه
MSc., Civil engineering, structure



سیاوش پاکدل
Siyavush Pakdel
عضو Editorial Board
کارشناسی / مهندسی عمران / آب و فاضلاب
BSc., Civil engineering, water & wastewater



فخرالدین آزاد شهرکی
Fakhraldin Azad Shahraki
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / GIS
MSc., GIS engineering,



سید محسن صالح
Saeed Mohsen Saleh
عضو Editorial Board
کارشناسی / مهندسی عمران / آب و فاضلاب
BSc., Civil engineering, water & wastewater



فریدون عباسپور
Faridoun Abbasipour
عضو Editorial Board
کارشناس / مهندسی مکانیک / سیالات
BSc., Mechanical engineering, fluid mechanic



سعید آزاده مافی
Saeed Azadeh Mafi
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / مهندسی صنایع
MSc., Industrial engineering



هادی جعفری
Hadi Jafari
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / GIS
MSc., GIS engineering,



محرم حیدر زاده
Mohammod Hider Zadeh
عضو Editorial Board
کارشناسی ارشد / مهندسی مکانیک / تبدیل انرژی
MSc., Mechanical engineering energy conversion

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶.....	بیانات رهبر معظم انقلاب در اجتماع بزرگ زائران و مجاوران حضرت علی بن موسی الرضا(ع) مورخ ۱۳۸۸/۱/۱
۶.....	مقدمه شورای آگاهی بخشی و فرهنگ سازی دفتر روابط عمومی وزارت نیرو-بهمن ۹۲
۷.....	پیشگفتار مدیر مسئول
۸.....	پیشگفتار دبیر اجرایی و دبیر علمی
۹.....	مقالات تخصصی و پژوهشی.....
	برآورد مدل اتورگرسیو میانگین متحرک جمع بسته فصلی برای تقاضای آب آشامیدنی در روستاهای شهرستان شیراز/
۹.....	نویسنده: مهندس علی حیدری
۱۴.....	کلاس های رابطه ای و مدلسازی آب بدون درآمد/نویسنده: دکتر کاوه حریری اصلی
۲۱.....	بررسی آب بدون درآمد در آبفای فارس بر مبنای بالانسینگ آب در سال ۹۳/نویسنده: مهندس اردوان نیکنام
	فرآیند جمع آوری اطلاعات سیستم اطلاعات جغرافیایی شبکه های توزیع آب، شبکه های جمع آوری فاضلاب و مشترکین
۲۷.....	شرکت های آب و فاضلاب /نویسنده: مهندس هادی جعفری
	ده سال تجربه در استفاده از فرمول UARL جهت محاسبه ILI
۳۳.....	/نویسنده: مهندس علی موسی خانی، مهندس فخرالدین آزاد شهرکی
۳۸.....	معرفی کتاب، مقاله، نشریه و مطالب کاربردی مرتبط

آدرس: تهران، بلوار کشاورز، خ شهید برادران عبدالله زاده(دهکده)، پ ۸ ساختمان آبی، دبیرخانه مرکزی،
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
پست الکترونیک: maghale@nww.ir



بیانات رهبر معظم انقلاب در اجتماع بزرگ زائران و مجاوران حضرت علی بن موسی الرضا(ع) مورخ ۱۳۸۸/۱/۱

"آب را صرفه جویی کنیم؛ یعنی از سدهایمان صیانت کنیم، شبکه آب رسانی را اصلاح کنیم، آبیاری های با صرفه در کشاورزی را آموزش بدهیم که چه جوری آبیاری بشود."

مقدمه

امروزه نقش و اهمیت صنعت آب و برق و تاثیر آن در اقتصاد بر کسی پوشیده نیست چرا اینکه این دو کالای حیاتی به مهمترین عوامل رشد و توسعه مبدل گشته است. لذا شناخت عوامل موثر بر مصرف و تقاضای آب و برق امری اجتناب ناپذیر است. از طرف دیگر افزایش بی رویه مصرف انرژی در کشورمان اقتصاد ملی را در معرض تهدیدی جدی قرار داده است. به این ترتیب آشنایی علمی و عملی با چگونگی مدیریت مصرف آب و برق در مفهوم، تکنیک و کاربرد در قرن حاضر از ضروریات است. این در حالی است که بسیاری از جوامع به علت عدم آگاهی و آشنایی کامل با نحوه استفاده صحیح این دو کالا، زمینه اتلاف و نابودی منابع ارزشمند انرژی و آلودگی محیط زیست را ایجاد می کنند. این مهم توجه به آموزش مدیریت مصرف آب و برق را دو چندان نموده است. چرا که آموزش مدیریت مصرف بهینه سبب بینش و بصیرت عمیق تر، دانش و معرفت افزون تر و یادگیری مهارت های بیشتر سرمایه های انسانی شده و در نتیجه مشارکت آنان را در ترویج فرهنگ استفاده منطقی از آب و برق و همچنین تحقق اهداف در راستای پذیرش فرهنگ استفاده منطقی از آب و برق را هموارتر نموده و نیز تحقق اهداف مدیریت مصرف بهینه را در راستای پذیرش فرهنگ استفاده صحیح از آن با اثر بخشی بهتر و بیشتری رقم خواهد زد. [شورای آگاهی بخشی و فرهنگ سازی دفتر روابط عمومی وزارت نیرو- بهمن ۹۲]

پیشگفتار مدیر مسئول

کشور ایران با قرارگیری در ناحیه خشک و نیمه خشک بیابانی، تغییرات اقلیمی، کاهش نزولات جوی، افت سطح آب‌های زیرزمینی، افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی و به طبع آن افزایش مصرف آب با کم آبی مواجه گردیده است. در حال حاضر به دلیل کمبود ذخایر آبی و هزینه‌های گزاف استحصال و انتقال ذخایر موجود، یکی از مهمترین و کاربردی‌ترین راه‌کارها حفظ منابع آبی موجود در شبکه آب شهرها و جلوگیری از هدررفت آن می باشد.

مهمترین اقدامی که در این زمینه باید در سطح مدیران صنعت آب و فاضلاب کشور انجام گردد تغییر نگرش از مدیریت تامین به مدیریت تقاضای آب می‌باشد.

مطابق یک تعریف جامع مدیریت تقاضای آب عبارتست از انطباق و پیاده‌سازی یک استراتژی شامل سیاست‌ها و طرح‌های مشخص توسط یک نهاد آب، به منظور تاثیرگذاری بر میزان تقاضا، مصرف و دستیابی به اهداف بهره‌وری اقتصادی، توسعه اجتماعی، امنیت ملی، عدالت اجتماعی، حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار منابع آب و خدمات آبرسانی.

دو فعالیت اساسی و مهم در زمینه مدیریت تقاضای آب در صنعت آب و فاضلاب، کاهش آب بدون درآمد و مدیریت مصرف می‌باشد. در این زمینه طی سال‌های گذشته خدمات ارزشمندی توسط دفاتر نظارت بر کاهش آب بدون درآمد در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی در کشور ایران انجام گرفته است که تاثیر آن در عبور از بحران‌های آبی مشهود بوده است.

در همین راستا و جهت استفاده از تجربیات کلیه کارشناسان و دست اندرکاران این بخش در صنعت آب و فاضلاب کشور، معاونت نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور با محوریت دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد برآن شده است تا با انتشار فصلنامه مدیریت آب بدون درآمد و مدیریت مصرف نسبت به فراهم نمودن بستری مناسب جهت تبادل اطلاعات و ارتقاء سطح دانش فنی مدیران و کارشناسان مرتبط اقدام نماید. امید است با همکاری کلیه اساتید و کارشناسان علاقه‌مند در این حوزه گام‌های موثری در زمینه حفظ منابع آبی موجود در کشور عزیزمان ایران برداشته شود.

حمیدرضا تشیعی
مدیر مسئول

پیشگفتار دبیر اجرایی و دبیر علمی

بهره برداری علمی در صنعت آب همانا اتکاء بر مدیریت کارآمد، توان پژوهشی، فنی، تخصصی و نیروهای انسانی ضمن مشارکت بخش خصوصی در جهت ارتقای سطح بهداشت عمومی و منطبق بر ساختار اقلیمی و جمعیتی و نحوه گسترش شهرها و در نظر گرفتن صرفه اقتصادی است. منظور از بهره برداری علمی، بهره‌گیری مناسب از تاسیسات و تجهیزات در محدوده عمر مفید آن است. به عبارت دیگر تاسیسات آبی باید بر اساس استاندارد و دستورالعمل‌های مشخص مورد استفاده قرار گرفته و در محدوده زمانی مورد قبول و با کارکرد مناسب، حداقل هزینه نگهداری و هدررفت آب را داشته باشند. بکارگیری فناوری‌های نوین جهت استفاده صحیح از منابع و تاسیسات موجود و نوسازی و بهره‌برداری از تاسیسات فرسوده بموازات احداث تاسیسات جدید از طریق تولید و تبادل تجربیات و دانش فنی کار امکان‌پذیر است. در این راستا فصلنامه آب بدون درآمد و مدیریت مصرف (NRWJ) بمنظور تبادل تجربه کاهش آب بدون درآمد در تصفیه‌خانه‌ها، خطوط انتقال آب، شبکه‌های توزیع، انشعابات و مشترکین آب تدوین گردیده است. هدف از انتشار فصلنامه آب بدون درآمد و مدیریت مصرف آب، کمک به بهبود روش‌های اجرایی در عرصه کاهش آب بدون درآمد و مدیریت مصرف آب از طریق انتشار تجربیات موفق اجرایی و نتایج تحقیقات کاربردی است. دامنه موضوعی نشریه محدود به کاربردهای آب در صنعت آبفای کشور و جهان و نیز رابطه متقابل آنها با مدلینگ تاسیسات و مدیریت و کنترل آب بدون درآمد و مدیریت مصرف آب از دیدگاه علمی- کاربردی خواهد بود. بنابراین فصلنامه آب بدون درآمد و مدیریت مصرف با اتکاء بر فناوری‌های پیشرفته روز دنیا در جهت مدیریت جامع، هوشمند و اثر بخش در بخش‌های تولید، تصفیه، انتقال، توزیع و مصرف آب راه اندازی شده و ضمن ارائه مدل‌ها و روش‌های جدید کاهش و کنترل آب بدون درآمد در تاسیسات آب، به عنوان یکی از جدیدترین کارهای علمی- پژوهشی صنعت آب و فاضلاب به مجموعه متخصصین کشور عزیزمان تقدیم می‌گردد. در انتها ضمن تقدیر از حمایت همکاران محترم مجموعه صنعت آبفا و آبفا که در خصوص انتشار اولین شماره فصلنامه ما را یاری نموده‌اند، امید است که اساتید، دانش پژوهان، دانشجویان و سایر محققین محترم نیز جهت ارتقا سطح دانش فنی کار در این صنعت، مقالات خود را به دبیرخانه فصلنامه ارسال فرمایند.

کاوه حریری اصلی
دبیر علمی فصلنامه کاهش آب بدون
درآمد و مدیریت مصرف

سید علی سیدزاده
دبیر اجرایی فصلنامه کاهش آب بدون
درآمد و مدیریت مصرف

Fitting a seasonal autoregressive integrated moving average model to the drinking water demand of rural regions in Shiraz city

Abstract

Population growth today is most rapid in developing countries and it is linked with more drinking water demand. Undoubtedly, awareness of water demand in future has an important role in managing of drinking water supply, distribution and consumption. Time series analysis accounts for this fact that data points taken over time may have an internal structure (such as autocorrelation, trend or seasonal variations) help us to understand or model a stochastic mechanism that gives rise to an observed series and also to forecast the future values of a series based on the history of that series. In this paper, first we identify an optimal Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) model to the time series data of water consumption of Shiraz city rural subscribers, and then to evaluate accuracy of the fitted model we do diagnostic checking. Finally by using the fitted SARIMA model, we will forecast short-termed future values of the time series.

Keywords: Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average model; time series analysis

برآورد مدل اتورگرسیو میانگین متحرک جمع بسته فصلی برای تقاضای آب آشامیدنی در روستاهای شهرستان شیراز

علی حیدری

کارشناسی ارشد آمار ریاضی، فارغ التحصیل دانشکده علوم، دانشگاه شیراز. شرکت آب و فاضلاب روستایی استان فارس، شیراز،
Ali110Heidari@gmail.com

چکیده

امروزه رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه با حداکثر سرعت در حال انجام است. رشد این جوامع با افزایش حجم تقاضای آب آشامیدنی گره خورده است. بدون شک پیش بینی حجم تقاضای آب، نقش مهمی در مدیریت تولید، توزیع و مصرف آب آشامیدنی خواهد داشت. تجزیه و تحلیل سری های زمانی، با توجه به این حقیقت که مشاهداتی که در طول زمان به دست می آیند ممکن است دارای یک ساختار داخلی باشند (شبیه خودهمبستگی، روند و یا تغییرات فصلی)، به ماکم می کند تا مکانیسم تصادفی را که منجر به مشاهدات سری شده است، را شناخته و مدل بندی کرده و همچنین مقادیر آینده سری زمانی را براساس مشاهدات قبلی پیش بینی کنیم. در این مقاله، ابتدا یک مدل بهینه اتورگرسیو- میانگین متحرک جمع بسته فصلی (SARIMA) برای میزان مصرف آب مشترکین روستایی در شهرستان شیراز شناسایی کرده، سپس به بررسی درستی مدل شناسایی شده می پردازیم و در آخر با استفاده از مدل برازش شده، مقادیر آینده حجم تقاضای آب مشترکین روستایی در این شهرستان را پیش بینی می کنیم.

کلمات کلیدی: مدل اتورگرسیو میانگین متحرک جمع بسته فصلی، تحلیل سری های زمانی

۱. ۱- مقدمه

امروزه رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه با حداکثر سرعت در حال انجام است. در کشور ما در طی سال‌های اخیر افزایش جمعیت و نیز تغییرات آب و هوایی باعث شده تا سرانه آب تجدید شونده به شدت کاهش یابد. سرانه آب تجدید شونده ایران در سال ۱۳۴۰، پنج هزار و پانصد متر مکعب بود که طی یک روند کاهشی پیش بینی می شود در افق سال ۱۴۰۰ به یک هزار و سیصد مترمکعب برسد [۱].

در چنین شرایطی که کشور با بحران خشکسالی و محدودیت شدید در منابع آب از لحاظ کمی و کیفی مواجه است، افزایش تقاضای آب آشامیدنی از مهمترین چالش های شرکت های آب و فاضلاب می باشد. از این رو اطلاع از میزان تقاضای آب مشترکین در آینده، نقش مهمی در مدیریت تولید، توزیع و مصرف آب آشامیدنی دارد.

تحلیل سری های زمانی با توجه به این حقیقت که مشاهداتی که در طول زمان به دست می آیند ممکن است دارای یک ساختار داخلی باشند (شبیه خودهمبستگی، روند و یا تغییرات فصلی)، به ماکمک می کند تا مکانیسم تصادفی را که منجر به مشاهدات سری شده است، شناسایی و مدل بندی کرده و با آن مقادیر آینده سری زمانی را بر اساس مشاهدات قبلی پیش بینی کنیم. مدل های اتورگرسیو میانگین متحرک جمع بسته (آریمای) یک نوع مدل پیش بینی کوتاه مدت در تجزیه و تحلیل سری های زمانی است که ابتدا توسط باکس و جنکینز در دهه هفتاد میلادی معرفی شده است. در حالت کلی مدل های آریمای برای سری های زمانی نالیستایی که دارای روندهای قابل شناسایی هستند، به کار گرفته می شود. با توجه به اینکه بسیاری از سری های زمانی تمایل به رفتار تکراری منظم در دوره های زمانی با طول ثابت دارند علاوه بر مدل آریمای، تغییرات متناوب سری که به آن تغییرات فصلی گفته می شود نیز باید به مولفه های سری زمانی - افزود. (این تغییرات می تواند شامل تغییرات هفتگی، ماهیانه، فصلی و یا سایر تغییرات طبیعی باشد) [۲].

تحقیقات انجام گرفته در زمینه پیش بینی تقاضا آب از سال های دور مورد توجه محققین بوده اما روش های به کار گرفته شده توسط آنها متفاوت است. اولین تحقیقات در زمینه پیش بینی مصرف آب با انگیزه تعیین حداکثر تقاضای روزانه Graser (۱۹۵۸) صورت گرفته - است. همچنین Young (۱۹۷۳)، Wong (۱۹۷۲)، (۱۹۷۴) Willise & Pratte سری زمانی مصرف سالانه آب شهری را به متغیرهای جمعیت، درآمد خانوار، قیمت آب، بارش جوی، درجه حرارت هوا و تبخیر وابسته کردند و توابی را برای تخمین تقاضا آب سالانه - ارائه کرده اند. Maidment & Parzen (۱۹۸۴) مدلی را برای - مقادیر سری زمانی مصرف آب ماهانه شهر تگزاس با تفکیک مدل به دو مولفه قطعی و تصادفی، به دست آوردند. مولفه های قطعی شامل مولفه های روند و تغییرات فصلی است که مولفه روند را بوسیله - رگرسیون بین میانگین مصرف آب سالانه و جمعیت شهر مدل کردند و مولفه فصلی را با استفاده از سری های فوریه تخمین زدند. همچنین برای مدل کردن مولفه های تصادفی از دو معادله استفاده نمودند، یکی

همبستگی بین مصرف آب بامقادیر مصرف روزهای قبل و دیگری همبستگی مصرف آب با سایر متغیرها همچون حداکثر درجه حرارت ماهانه، تبخیر و بارش جوی. Chen (۱۹۸۶) با استفاده از تجزیه و تحلیل سری های زمانی، مصرف روزانه و ساعتی آب را توسط یک مدل اتورگرسیو ساده پیش بینی نمود. Zhou (۲۰۰۰) و همکاران نیز مصرف روزانه آب شهر ملبورن را به صورت مجموعه ای از معادلات - که شامل چهار مولفه روند، تغییرات فصلی، همبستگی آب و هوایی و خودهمبستگی است، مدلسازی کردند. تابش و همکاران (۱۳۸۷) نیز با استفاده از تحلیل سری زمانی، مصرف آب شهر تهران را با توجه به تأثیری پذیری مصرف آب از عوامل آب و هوایی و الگوی مصرف مورد بررسی قرار داده اند.

۲. ۲- روش تحقیق

۲-۱- مفهوم مدل ARIMA فصلی

سری نالیستای $\{X_t\}$ را که در معادله تفاضلی

$$\phi_p(B)\Phi_p(B^s)\nabla^d\nabla_s^D X_t = \theta_q(B)\Theta_q(B^s)Z_t \quad (1)$$

صدق کند، سری اتورگرسیو- میانگین متحرک جمع بسته فصلی با دوره تناوب S نامیده و می نویسیم:

$$X_t \approx SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$$

در معادله (۱)، $\phi_p(B)$ عملگر اتورگرسیو مرتبه p،

$$\phi(B) = 1 - \phi_1(B) - \phi_2(B^2) - \dots - \phi_p(B^p) \quad (2)$$

$\Phi_p(B^s)$ عملگر اتورگرسیو فصلی مرتبه P،

$$\Phi_p(B^s) = 1 - \Phi_1(B^s) - \Phi_2(B^{2s}) - \dots - \Phi_p(B^{Ps}) \quad (3)$$

$\theta_q(B)$ عملگر میانگین متحرک مرتبه q،

$$\theta(B) = 1 + \theta_1(B) + \theta_2(B^2) + \dots + \theta_q(B^q) \quad (4)$$

و $\Theta_q(B^s)$ عملگر میانگین متحرک فصلی مرتبه Q است:

$$\Theta_q(B^s) = 1 + \Theta_1(B^s) + \Theta_2(B^{2s}) + \dots + \Theta_q(B^{Qs}) \quad (5)$$

همچنین در این معادله سری $\{Z_t\}$ ، سری نوفه سفید با توزیع نرمال میانگین صفر و واریانس σ^2 است:

$$Z_t \approx N(0, \sigma^2)$$

∇^d مولفه تفاضل عادی مرتبه d،

$$\nabla^d = (1 - B)^d \quad (6)$$

و ∇_s^D مولفه تفاضل فصلی مرتبه D است،

$$\nabla_s^D = (1 - B^s)^D \quad (7)$$

عملگر B نیز عملگر انتقال پسرو است:

$$B^k(X_t) = X_{t-k} \quad (8)$$

با توجه به اینکه در این تحقیق داده های سری زمانی میزان مصرف مشترکین به صورت ماهانه می باشد، از اینرو $s=12$ است و معادله (۱) را می توان به صورت زیر نوشت:

حاصل از برازش انجام می شود. مانده ها، اختلاف مقادیر برازش شده از مقادیر مشاهده شده سری می باشند. رسم نمودار مانده ها در برابر زمان، نمودار Q-Q، نمودار خودهمبستگی مانده ها و استفاده از آزمون هایی همچون آزمون لجانگ- باکس می تواند در این مرحله روشن ساز باشد.

۲-۵- پیش بینی

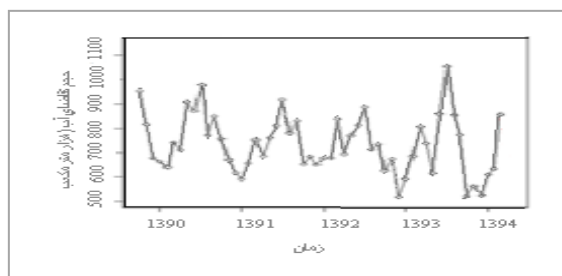
هنگامی که مدل بهینه شناسایی و پارامترهای موجود در آن برآورد گردید و با بررسی درستی تشخیص کارایی مدل برازش شده مورد تایید قرار گرفت، می توان مقادیر آینده سری زمانی را با استفاده از مدل برازش شده، پیش بینی کرد.

۲-۶- داده ها

داده های سری زمانی در این پژوهش، حجم مصرف ماهیانه آب - آشامیدنی در روستاهای شهرستان شیراز در ۵۴ ماه اخیر بین سال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ است (به هزار متر مکعب). همچنین در تجزیه و تحلیل سری زمانی از نرم افزار R استفاده شده است. آماره های توصیفی این سری در جدول ۱ و نمودار سری زمانی در شکل ۱ نمایش داده شده است.

جدول (۱): آماره های توصیفی حجم تقاضای آب ماهانه مشترکین روستایی شهرستان شیراز (به هزار متر مکعب)

تعداد مشاهدات	کمینه	میانگین	میان	انحراف معیار	یشینه
۵۴	۵۲۰	۷۳۳	۷۲۵	۱۱۹	۱۰۵۳



شکل (۱): نمودار سری زمانی حجم تقاضای ماهیانه آب آشامیدنی روستاهای شهرستان شیراز (هزار متر مکعب)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^{12})\nabla^d\nabla_{12}^D X_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^{12})Z_t \quad (9)$$

۲-۲- شناسایی مدل

درفاز شناسایی مدل، به دنبال گویی هستیم که با کمترین تعداد پارامتر ممکن، به طور قابل قبولی داده ها را مشخص سازد. روش باکس و جنکینز در تجزیه و تحلیل سری های زمانی فقط برای سری های ایستامناسب است. برای تشخیص نایستایی یک سری از نمودار سری زمانی کمک می گیریم. برای تعیین مرتبه های D و d در معادله (۹) رفتار تابع خودهمبستگی نمونه ای (ACF) را مورد بررسی قرار می دهیم خودهمبستگی مرتبه k به صورت زیر تعریف می شود:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (10)$$

نزول کند و متوالی در نمودار این تابع نیاز به تفاضل گیری عادی و نزول کند و متناوب نیاز به تفاضل گیری فصلی را نشان می دهد. برای تعیین p, q, P, Q در معادله (۹) رفتار توابع خودهمبستگی نمونه ای و خودهمبستگی جزئی نمونه ای (PACF) بعد از تفاضل گیری تعیین کننده خواهد بود. خودهمبستگی جزئی برای تاخیر $k \geq 2$ ، در واقع همبستگی (COIT) بین X_t و X_{t-k} بعد از حذف اثر متغیرهای $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-k+1}$ است و با ϕ_{kk} نمایش داده می شود:

$$\phi_{kk} = \text{corr}(X_t, X_{t-k} | X_{t-1}, \dots, X_{t-k+1}) \quad (11)$$

در این مرحله شناختی که رفتار توابع ACF و PACF مدل های مختلف داریم، کمک بسیاری در تعیین مراتب اتورگرسیوی و میانگین متحرک مدل به ما می رساند. در صورتی که این تشخیص - امکان پذیر نباشد و یا بیش از یک مدل شناسایی گردد، می توانیم از معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC) که به صورت زیر تعریف می شود، برای تشخیص مدل نهایی استفاده کنیم:

$$AIC = -2\log L + 2K \quad (12)$$

L برآورد مقدار ماکزیمم درستنمایی و K تعداد پارامترهای موجود در مدل شناسایی شده است.

۲-۳- برآورد پارامترها

بعد از شناسایی مدل و فرض بر درستی تشخیص، پارامترها را می توان با استفاده از روش هایی همچون کمترین توانهای دوم، بیشینه درستنمایی و یا استفاده از معادلات یول- واکر برآورد کرد.

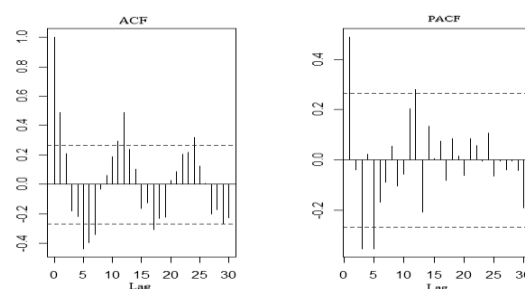
۲-۴- بررسی درستی تشخیص

نارسای های یک مدل برازش شده معمولاً به دلیل انحراف از فرض های اساسی است که در هنگام برازش مدل، در نظر گرفته می شود. این فرض ها عبارتست از میانگین صفر، واریانس ثابت و عدم وابستگی و در برخی موارد نرمال بودن توزیع Z_t ها. ارزیابی مدل - برازش شده در تحلیل سری های زمانی با استفاده از مانده های

۳.۳- نتیجه

در شکل ۲ نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی نمونه‌ای برای داده های اصلی سری نشان داده شده است. نمودار خودهمبستگی نمونه‌ای

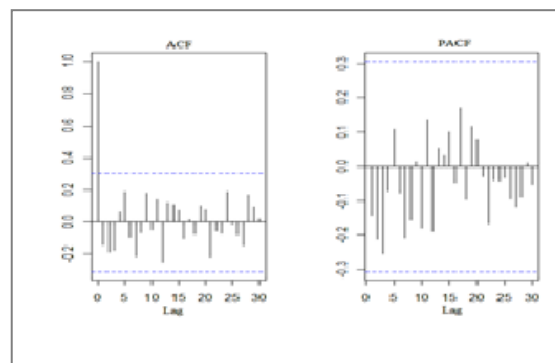
این سری، دارای نزولی کند و متناوب با دوره $S=12$ است. نقاط پیک در نقاط مضارب $S=12$ واقع شده است، از این رو وجود تغییرات فصلی در سری محرز می باشد. برای برقراری رفتار ایستایی، لزوم استفاده از تفاضل گیری فصلی و تفاضل گیری عادی، با توجه به مشاهده روند کاهشی در میانگین سری، احساس می شود. در شکل ۳ نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی داده های سری زمانی بعد از انجام یک بار تفاضل گیری عادی و یک بار تفاضل گیری



شکل (۲): سمت چپ نمودار خودهمبستگی (ACF) و سمت راست نمودار خود همبستگی جزئی برای داده های اصلی سری

فصلی نمایش داده شده است. اکنون باید با استفاده از دانش هایمان از الگوی رفتاری نمودارهای ACF و PACF مراتب p, q, P, Q را در مدل $SARIMA(p,1,q) (P,1,Q)_{12}$ تعیین کنیم.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود به ازای تمام تاخیر های k مقادیر همبستگی و خودهمبستگی معنی دار نیستند و هیچ گونه سرنخی از اینکه از مرحله ای بعد مقادیر همبستگی یا خودهمبستگی غیرمعنی دار باشند، نشان نمی دهند. بنابراین بهتر است برای مشخص شدن مراتب میانگین متحرک و اتورگرسیوی فصلی مدل، از معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC) استفاده کنیم.



شکل (۳): سمت چپ نمودار خودهمبستگی (ACF) و سمت راست نمودار خودهمبستگی جزئی (PACF) پس از یک بار تفاضل گیری عادی و فصلی

تمامی ۲۷ ترکیب ممکن (p, q, P, Q) را برای مقادیر صفر، یک و دو در مدل $SARIMA(p,1,q) (P,1,Q)_{12}$ در نظر گرفته و برآورد آماره AIC را برای آنها محاسبه می کنیم. در جدول ۲ پنج - مدل با کمترین مقدار معیار AIC نمایش داده شده است. ملاحظه می شود که مدل بهینه از لحاظ مینیمم شدن معیار آکائیک، مدل $SARIMA(1,1,1)(1,1,1)_{12}$ است. پارامترهای مدل با استفاده از روش درستنمایی ماکزیمم و به کارگیری نرم افزار R برآورد شده و نتیجه در جدول ۳ نمایش داده شده است.

جدول (۲): پنج مدل پیشنهادی با کمترین مقدار آماره AIC

	مدل پیشنهادی	AIC
۱	$SARIMA(1,1,1)(1,1,1)_{12}$	۹,۵۹۳
۲	$SARIMA(2,1,2)(1,1,1)_{12}$	۹,۶۰۳
۳	$SARIMA(2,1,1)(0,1,1)_{12}$	۹,۶۰۷
۴	$SARIMA(2,1,2)(1,1,0)_{12}$	۹,۶۱۱
۵	$SARIMA(0,1,0)(1,1,1)_{12}$	۹,۶۱۳

ϕ	θ	Φ	Θ	σ^2
۰,۵۰۱	-۰,۹۵۰	-۰,۸۴۵	۰,۶۲۹	۴۶۵۱

بنابراین برای پیش بینی تقاضای آب مشترکین مدل اتورگرسیو میانگین متحرک جمع بسته فصلی زیر پیشنهاد می شود:

$$(1-0.501B)(1+0.845B^{12}) \nabla V_{12} X_t = (1+0.95B)(1-0.629B^{12})Z_t \quad (13)$$

که در آن

$$Z_t \approx N(0, 4651)$$

در شکل ۴ درستی تشخیص مدل برازش شده مورد بررسی قرار گرفته است. رسم نمودار مانده های استاندارد شده در برابر زمان فاقد الگوی خاصی است. برای استقلال مولفه های نوفه سفید در مدل، تابع خودهمبستگی باقیمانده ها ترسیم شده است، همانطور که ملاحظه می شود به ازای تمام مقادیر، خودهمبستگی مانده ها معنی دار نیستند و مشاهدات شواهدی را برای تخطی از فرض استقلال مانده ها ارائه نمی کند. علاوه بر بررسی خودهمبستگی مانده ها در تاخیر های -تکی، با استفاده از آزمون لجانگ-باکس، بزرگی آنها به صورت گروهی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. اگر الگوی نادرستی را برازش داده باشیم، آماره لجانگ-باکس معنی دار خواهد بود. همانطور که در نمودار ۵ ملاحظه می شود، در سطح معنی داری ۰,۰۵، با توجه به بزرگی $-p$ مقدارها برای تاخیرهای $k \geq 5$ ، آزمون معنی دار نیست و دلیلی برای رد فرض استقلال مانده ها نداریم. همچنین نمودار $Q-Q$ در شکل ۴ نرمال بودن توزیع مانده ها تایید می کند. برای آزمون فرض نرمال بودن مانده ها، مقدار آماره شاپیرو-ویلک ۰,۹۶۵ است،

شکل (۵): نمودار سری زمانی حجم تقاضای ماهیانه آب آشامیدنی روستاهای شهرستان شیراز به همراه پیش بینی حجم مورد تقاضا در کوتاه مدت (نقطه چین)

مراجع

[۱]. دفتر معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری،

نگاهی به وضعیت منابع آب در ایران و جهان، هفته

نامه برنامه شماره ۲۷۳، صفحه ۲۱، تیر ۱۳۸۷.

[۲]. کرایر، جانانان. تجزیه و تحلیل سری های زمانی، ترجمه

نیرومند، حسین علی، دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ چهارم،

۱۳۸۷.

[۳]. تابش، مسعود، دینی، مهدی. خوش خلق، علی جعفر. زهرایی،

بنفشه. "برآورد آب مصرف روزانه تهران با

استفاده از سری های زمانی"، تحقیقات منابع آب ایران،

سال چهارم، شماره ۲، پاییز ۱۳۸۷.

[4]. Graser, H.J., *Meter records in system planning*, Journal of American Water Works Association, Vol.50, No.11, pp.1395-1402,1958.

[5]. Wong, S.T., *A model on municipal water demand ; A case study of northeastern Illinois*, Land Economy, Vol. 48.No.1, pp.34-44,1972.

[6]. Young, R.A., *Price elasticity of demand for municipal water:A case study of Tucson and Arizona*, Journal of Water Resources Research, Vol.9, No.4, pp.1068-1072,1973.

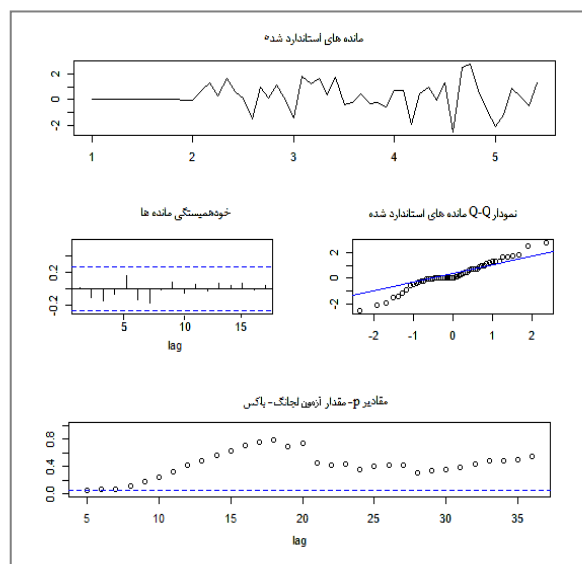
[7]. Willsie, R.H., Pratte, H.L., *Water use relationships and projection corresponding with regional growth*, Water Resources Bulletin, Vol.10, No.2, pp.360-371,1974.

[8]. Maidment,D.R, Parzen,E., *Cascade model of monthly municipal water use*, Journal of Water Resources Research, Vol.20, No.1, pp.15-23,1984.

[9]. Chen, C.Y., *Application of time series analysis to water demand prediction*, Proceedings of water and data processing, Presse ponts et Chaussees, Paris,1986.

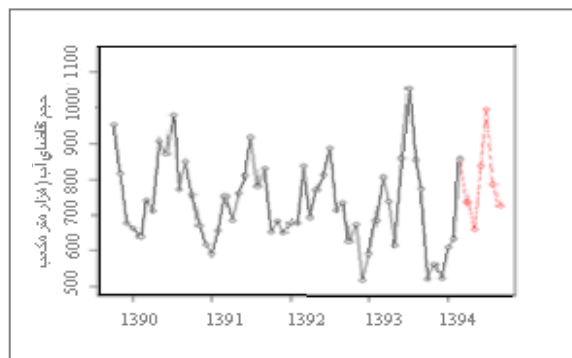
[10]. Zhou, S.L, McMahon, T.A., Lewis,J., *Forecasting daily urban water demand:A case study of Melbourne*, Journal of Hydrology, Vol.236, No.2, pp. 153-164,2000.

P- مقدار ۰.۱۱، نشان دهنده تایید فرض نرمال بودن مانده ها در سطح ۰.۰۵ است. در آخر بعد از پذیرش درستی تشخیص الگوی برآورد شده، می توانیم با استفاده مدل (۱۳) حجم تقاضای آب آشامیدنی در روستاهای شهرستان شیراز را در کوتاه مدت پیش بینی کنیم. در شکل ۵ حجم آب پیش بینی شده مورد تقاضای مشترکین در روستاهای شهرستان شیراز در کوتاه مدت (در شش ماه آتی سال ۹۴) به صورت نقطه چین نمایش داده شده است.



شکل (۴): بررسی درستی تشخیص مدل برازش شده

نکته مهم در استفاده از این مدل آن است که به دلیل اینکه مکانیسم تصادفی مصرف آب مشترکین در ماههای مختلف سال بسیار پیچیده است و به متغیرهای تصادفی طبیعی متعددی مثل دما، میزان نزولات جوی، موقعیت مکانی و غیره وابسته است، استفاده از مدل فوق فقط در زمان های با فاصله کوتاه مدت از سری توصیه می شود.



Relationship Classes for Non Revenue Water (NRW) Modeling

Abstract

Present research was defined for investigation of leakage points in the water distribution network at Rasht city in order to reduce the real case amount of Non-Revenue Water (NRW). In this research, the Relationship Classes between the spatial data and non spatial data is a tool for communication between coordination of water system elements related to NRW data. Therefore the relationship class for water system elements is affected according to the type of connection (simple or complex) and this method provides the access to the leakage points. Hence in present research the hydraulic model of non-revenue water for analysis of water loss was defined in compliance with Geography Information System (GIS) and by HAMMER & WATERGEMS8.2 software under management of ArcGIS9-ArcMap9.3 software. The result of this research is to reduce the amount of 200 liters per second of water.

Keywords: Non-Revenue Water; Geography Information System; Relationship Classes; Hydraulic Model.

کلاس های رابطه ای و مدلسازی آب بدون درآمد

کاوه حریری اصلی

دکترای مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)، مدیردفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، آبفای شهری گیلان، رشت،

HARIRI_K@YAHOO.COM

چکیده

تحقیق حاضر بمنظور تعیین نقاط نشت در تاسیسات آب شهر رشت در راستای کاهش آب بدون درآمد و در بخش هدر رفت واقعی آن انجام شده است. در این تحقیق کلاس های رابطه ای (Relationship Classes) بین داده های مکانی و غیرمکانی ابزار ایجاد ارتباط مکانی عارضه به داده مرتبط به هدررفت است. لذا کلاس رابطه ای برای عارضه مورد نظر با توجه به نوع ارتباط (ساده یا مرکب) و میزان آن مشخص شده و با این روش امکان دسترسی به نقاط نشت فراهم گردید. بنابراین در تحقیق حاضر مدل هیدرولیکی آب بدون درآمد در قالب تحلیل هدر رفت در انطباق با سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و در محیط HAMMER & WATERGEMS8.2 تحت مدیریت ArcGIS9-ArcMap9.3 تعریف شد. نتیجه این تحقیق کاهش هدر رفت واقعی به میزان ۲۰۰ لیتر بر ثانیه است.

کلمات کلیدی: آب بدون درآمد، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کلاس رابطه ای، مدل هیدرولیکی.

۱-مقدمه

بطور کلی مدل هیدرولیکی تاسیسات آب بمنظور دستیابی به اهداف ذیل تهیه می گردد:

- مطالعات کیفیت آب
- برآورد و ارزیابی سیستم توزیع آب
- مطالعات جلوگیری از هدر رفت انرژی
- اصلاح و توسعه سیستم توزیع آب
- برقراری ارتباط با شبکه های مجاور
- به روز کردن تاسیسات موجود
- فرآیند انتخاب مدل و نوع نرم افزار جهت تهیه مدل هیدرولیکی

بشرح ذیل است :

- آنالیز هیدرولیکی
- آنالیز کیفیت آب
- خصوصیات و مشخصات شبیه سازی
- خصوصیات گرافیکی
- نیازهای سخت افزاری
- ملزومات نرم افزاری
- قابلیت های نرم افزاری
- داده های مورد نیاز
- هزینه

اطلاعات مورد نیاز در تهیه مدل هیدرولیکی سیستم توزیع آب شامل ، اطلاعات مربوط به لوله ها، شیرآلات ، پمپها ، گره ها ، وضعیت بهره برداری، مصارف و نیازهای آبی ، نوسانات مصرف و الگوهای مصرف آب در شهر و ضریب تلفات است . از اینرو اطلاعات کمی مورد نیاز مدلسازی و تحلیل هیدرولیکی تحت سه شاخه به شرح زیر تهیه و مورد بررسی قرار می گیرد :

- اطلاعات مربوط به شبکه
- اطلاعات مربوط به بهره برداری
- اطلاعات مربوط به مصرف
- اطلاعات مربوط به شبکه شامل لوله ها بشرح ذیل است:

- کد لوله
- جهت جریان در لوله
- کد گره ابتدا و انتهائی لوله
- قطر
- جنس
- طول
- ضریب زبری
- ضریب C
- ضرایب افت جزیی
- فشارکار و فشار طراحی
- اطلاعات مربوط به پمپها بشرح ذیل است:
- کد گره ابتدا و انتها

- قطر لوله مکش و رانش
- هد پمپ
- ظرفیت پمپ
- رقوم ارتفاعی محل
- رقوم ارتفاعی نصب پمپ

گام نخست در بهره برداری علمی از تاسیسات بروز رسانی اطلاعات نقشه ای تاسیسات در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS است. با توجه به حجم گسترده اطلاعات بهره برداری،ضمن بروز رسانی اطلاعات نقشه ای تاسیسات در قالب GIS می توان داده های متفاوتی را در حداقل زمان از آن استخراج نمود. یک بانک اطلاعات قوی و کارآمد بعنوان سرور اصلی می تواند راه گشای بسیاری از مشکلات عدیده باشد. اگر اطلاعات مربوط به تاسیسات در حافظه افراد متخصص و کارگران با تجربه قرار داشته باشد با گذشت زمان از دسترس سیستم خارج می گردد . لذا در ابتدا نقشه های تاسیسات بایستی اسکن و ادیت شده و لایه بندی گردند. ضمناً لازم است تغییرات بعدی بوجود آمده در شبکه و اماکن بر روی این نقشه ها منعکس شود تا به مرور زمان کارایی خود را از دست ندهند. اجزای تاسیسات و تجهیزات عمدتاً شامل موارد زیر است [۸] :

- لوله ها: در نقشه های کامپیوتری تهیه شده ، لوله های موجود در شبکه با دقت به روز گردیده و با ذکر جنس و قطر در قالب GIS بر روی نقشه ها منعکس می گردند.
- شیرآلات: موقعیت مکانی شیرآلات اعم از شیرآلات مرئی، شیرآلات نامرئی و کلیه شیر آلات جدید، در قالب GIS بر روی نقشه های شبکه توزیع منعکس می گردند.
- امروزه روشهای آنالیز سیستم های توزیع آب شهری بصورت یک تکنیک مطرح و کارا در شناخت رفتار هیدرولیکی ، ارزیابی طرحهای اصلاح و توسعه ، بهره برداری و بطور کلی غلبه بر خلا اطلاعاتی مورد پذیرش قرار گرفته است. در این راستا ، هنوز ابهامات بسیاری در توصیف روابط پایه که تاثیر پارامترهای مختلف را در سیستم های توزیع آب شهری نشان میدهد ، وجود دارد.لذا این تحقیق از مدل مدیریت هوشمند فشار بعنوان ابزاری موثر و مناسب در برآورد و ارزیابی هیدرولیکی سیستم توزیع آب شهری استفاده نموده است [۲] . در تحقیق حاضر مبانی طراحی استاندارد صنعت آب کشور و معیارهای زیرمورد استفاده قرار گرفته است:
- فشار سنج ها: موقعیت مکانی فشار سنج ها در قالب GIS ، بر روی نقشه های شبکه توزیع منعکس می گردند.
- چاهها: مشخصات فنی چاهها ، در قالب GIS بر روی نقشه های تاسیسات منعکس می گردند.
- ایستگاه کلرژنی: مشخصات فنی ایستگاه های کلرژنی ، بر روی نقشه های تاسیسات منعکس می گردند.
- معیار انتخاب لوله براساس قطر لوله، قراردادن لوله در شبکه حلقوی، گستردگی یکنواخت و مورد نیاز در مناطق مختلف بوده است.

در تحقیق حاضر تحلیل ریاضی تعیین مقدار و موضع نشت از طریق تحلیل انتشار موج فشاری در سیال با فرض شرایط الاستیک در انطباق با سیستم اطلاعات جغرافیایی مد نظر قرار گرفت. این فرآیند با حل معادلات تقریبی یکمک راه حل های عددی معادلات غیر خطی ناویر استوکس، بر اساس روش "MOC" Method of Characteristic آغاز گردید:

$$-\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{\partial P}{\partial S} - \frac{\partial Z}{\partial S} - \frac{4\tau}{\gamma D} = \frac{1}{g} \cdot \frac{dV}{dt}, \quad (1)$$

$$\Delta A = \frac{\Pi \cdot D^2}{4} - \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{\partial P}{\partial S} - \frac{\partial Z}{\partial S} - \frac{4\tau_0}{\gamma D}, \quad (2)$$

$$\tau_0 = \frac{1}{8} \rho \cdot f \cdot V^2, \quad -\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{\partial P}{\partial S} - \frac{\partial Z}{\partial S} - \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{1}{g} \cdot \frac{dV}{dt}, \quad (3)$$

$$V^2 = V |V|, \quad \frac{dV}{dt} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial S} + g \frac{dZ}{dS} + \frac{f}{2D} V |V| = 0, \quad (4)$$

(معادله اولر)

$$\rho A V - \left[\rho A V - \frac{\partial}{\partial S} (\rho A V) dS \right] = \frac{\partial}{\partial t} (\rho A dS) - \frac{\partial}{\partial S} (\rho A V) dS = \frac{\partial}{\partial t} (\rho A dS) - \left(\rho A \frac{\partial V}{\partial S} dS + \rho V \frac{\partial A}{\partial S} dS + A V \frac{\partial \rho}{\partial S} dS \right) = \rho A \frac{\partial}{\partial t} (dS) + \rho dS \frac{\partial A}{\partial t} + A dS \frac{\partial \rho}{\partial t}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + V \frac{\partial \rho}{\partial S} = \frac{d\rho}{dt}, \quad \frac{\partial A}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial S} = \frac{dA}{dt}, \quad \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dt} + \frac{1}{A} \cdot \frac{dA}{dt} + \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{dS} \cdot \frac{1}{dt} (dS) = 0, \quad (6)$$

$$K = \left(\frac{d\rho}{\left(\frac{d\rho}{\rho} \right)} \right) \quad (\text{ضریب الاستیسته سیال})$$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dt} = \frac{1}{k} \cdot \frac{d\rho}{dt}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{k} \cdot \frac{d\rho}{dt} + \frac{1}{A} \cdot \frac{dA}{dt} + \frac{1}{dS} \cdot \frac{d}{dt} (dS) = 0, \quad (8)$$

- به دلیل تاثیرات لوله های خارج از پایلوت در این تحقیق در شرایط هیدرولیکی شبکه توزیع پایلوت، خطوط اصلی خارج پایلوت نیز در مدل وارد شده است.
- با توجه به پیمایش محلی صورت گرفته و تهیه نقشه های به روز از شبکه توزیع، مدل کامپیوتری براساس این اطلاعات به روز گردید.

۲- روش تحقیق

تحقیق حاضر در راستای کاهش آب بدون درآمد و در بخش هدر رفت واقعی آن بمنظور تعیین نقاط نشت در تاسیسات آب شهر رشت انجام شده است. در این تحقیق مدل مبتنی برگردش سریع اطلاعات و منطبق بر سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS مد نظر قرار گرفت. درچندین منطقه مستقل اندازه گیری "DMA" District Metering Area بااستناد نقشه های برش شده در قالب CAD و SCAN به تفکیک، محدوده پایلوت های منتخب جهت اجرای DMA تعیین شدند. سپس برای نقشه های برش شده CAD و SCAN مربوط به پایلوت های منتخب، مختصات GPS دو نقطه از پایلوت برداشت شده و پس از تهیه Shapefile کلیه نقشه ها Georeference گردیده و فیلد های اطلاعات مکانی و توصیفی ایجاد شده است. بااستناد نتایج تحلیل هیدرولیکی در محیط نرم افزاری WATER GEMS8.2 تحت مدیریت مدیریت نرم افزار ArcGIS9-ArcMap9.3 و با توجه به داده های دریافتی از فلو متر ها و فشار سنج های لاگ رد قرائت از راه دور، مدل واقعا موجود شبکه های توزیع آب با مدل تحلیل شبکه کالیبره گردید. در این تحقیق مدل سازی هدر رفت واقعی شبکه توزیع آب شامل فرآیند آمارگیری کامپیوتری در شبیه سازی شبکه است. شبکه توزیع آب شهر رشت در تقسیم بندی شبکه ها، در گروه شبکه پمپاژ مستقیم و شبکه نقلی بصورت توأم قرار گرفته است. منابع تامین کننده آب در این تحقیق، مخزن زمینی و چاه های عمیق و نیمه عمیق داخل و خارج شهر است. این چاه ها بطور مستقیم و یا غیرمستقیم (پمپاژ از مخزن ذخیره) آب را به داخل شبکه توزیع پمپاژ می نمایند. معمولا مدل های کامپیوتری با استفاده از روش های عددی، تعداد زیادی معادله را به روش تکراری (روش هاردی کراس) یا بصورت همزمان (روش های نیوتن رافسون و تئوری خطی) حل می کنند.

مدل هیدرولیکی تحقیق حاضر در انطباق با سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط نرم افزاری HAMMER& WATERGEMS8.2 در قالب تحلیل هدررفت و تحت مدیریت نرم افزار ArcGIS9-ArcMap9.3 تعریف گردید (۱۶-۱). این مدل هیدرولیکی بمنظور دستیابی به اهداف ذیل صورت طرح ریزی شد:

- برآورد و ارزیابی سیستم توزیع آب
- تعیین مقدار و موضع نشت
- اصلاح و توسعه سیستم توزیع آب
- به روز کردن تاسیسات موجود

T برابر با سرعت موج ضربه در هر لوله باشد. به عبارت دیگر، عدد کورانت باید به عدد ۱ نزدیک گردد. در این تحقیق برای عدد کورانت مقدار ۰.۹۹۷ محاسبه گردید. جدی ترین چالش در مدل میدانی تحقیق، ثبت تغییرات فشار ناشی از موج ضربه با سرعت ۱۰۸۴ متر بر ثانیه در زمانی برابر با ۰.۰۰۵ ثانیه بود. در مدل مرکب تعریف شده در این تحقیق ثبت وانتقال تغییرات فشار ناشی از موج ضربه بعنوان ورودی به مدل زمین مرجع در زمانی برابر با ۰.۰۰۵ ثانیه امکان تعیین موضع نشت را فراهم آورد. معمولاً پس از تعیین موضع نشت افت فشار در لوله از سه فرمول هیزن - ویلیامز، دارسی - وایسباخ و سزی - مانینگ قابل محاسبه است. در این تحقیق از فرمول هیزن - ویلیامز در طراحی و تحلیل استفاده شده و جهت تعیین میزان هدررفت آب ناشی از شکستگی لوله ها با حل روابط پیوستگی و برنولی معادله سرعت آب در هنگام خروج از مقطع شکستگی و دبی هدررفت آب از مقطع شکستگی محاسبه گردید:

$$V_2 = \left(V_1^2 + \frac{2\Delta P}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (۱۵)$$

V2- (m/s) سرعت آب در هنگام خروج از مقطع شکستگی
(Bar) حدود ۵۰ درصد از کاهش فشار داخل لوله پس از شکستگی

نسبت به فشار در حالت عادی - ΔP

(m/s) سرعت آب درون لوله - V1

ρ - چگالی آب- 1000 (Kg/m³)

(pa) فشار درون خط لوله - P1

$$Q = A * V_2 \quad , \quad (۱۶)$$

Q- دبی هدررفت آب از مقطع شکستگی (m³/s)

A- (m²) سطح مقطع شکستگی

سطح مقطع شکستگی یا منافذ ایجاد شده ۵ درصد از سطح مقطع

کل هر لوله است. دامنه معمول ضرایب زبری را برای انواع و جنس های مختلف لوله ها (جدول ۱) نشان می دهد که این ضرایب تنها برای لوله های نو قابل استفاده می باشد [۷-۱۰].

جدول (۱): ضریب زبری لوله های نو

ردیف	مانینگ N	دارسی - وایسباخ E(mm)	هیزن ویلیامز C	جنس
۱	0.012 - 0.015	0.26	130-140	چدن داکتیل
۲	0.012 - 0.017	0.3 - 3.05	120-140	بتن یا پیش تنیده
۳	0.015 - 0.017	0.152	120	چدن گالوانیزه
۴	0.011 - 0.015	0.00152	140-150	پلاستیک
۵	0.015 - 0.017	0.046	140-150	فولاد

$$\rho \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{d\rho}{dt} \rho \left[\frac{1}{k} + \frac{1}{A} \cdot \frac{dA}{d\rho} + \frac{1}{\frac{dS}{d\rho}} \cdot \frac{d}{d\rho} (dS) \right] = 0 \quad , \quad (۹)$$

$$\rho \left[\frac{1}{k} + \frac{1}{A} \cdot \frac{dA}{dt} + \frac{1}{dS} \cdot \frac{d}{d\rho} (dS) \right] = \frac{1}{C^2}$$

$$\frac{2}{C} \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dt} = 0 \quad , \quad (۱۰)$$

(معادله پیوستگی)

با بکارگیری "MOC" Method of Characteristic روش تفاوت محدود Finite Differences (FD) فشار در راستای لوله و در یک بازه زمانی مشخص محاسبه شد. در این روش محاسبه، لوله به بخش های کوچک تر تقسیم شده و بازه زمانی مناسب برای محاسبه اختیار شد. از ضمنا از اصطکاک صرف نظر گردید [۳-۶]:

$$V_p = \frac{1}{2} \left[\frac{(V_{Le} + V_{Re}) + \frac{g}{c} (H_{Le} - H_{Re}) - (f \cdot \Delta t / 2D)(V_{Le}|V_{Le}| - V_{Re}|V_{Re}|)}{V_{Re}|V_{Re}|} \right] \quad , \quad (۱۱)$$

$$H_p = \frac{1}{2} \left[\frac{\frac{c}{g} (V_{Le} + V_{Re}) + (H_{Le} - H_{Re}) - \frac{c}{g} (f \cdot \Delta t / 2D)(V_{Le}|V_{Le}| - V_{Re}|V_{Re}|)}{V_{Re}|V_{Re}|} \right] \quad , \quad (۱۲)$$

$$\Delta p : p = p_0 + \Delta p \quad .$$

$$\Delta p = \left(\frac{C \cdot \Delta V}{g} \right) \quad , \quad (۱۳)$$

(معادله ژاکوفسکی)

$$C = \sqrt{\frac{g \cdot \frac{E_w}{\rho}}{1 + \frac{d}{t_w} \cdot \frac{E_w}{E}}} \quad , \quad (۱۴)$$

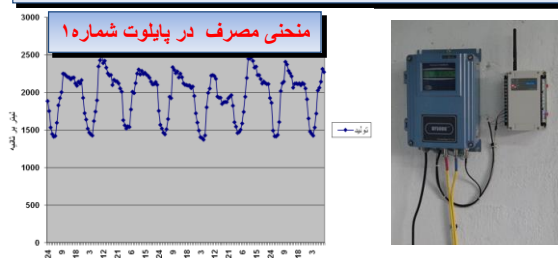
(سرعت موج ضربه)

بازه زمانی لازم جهت محاسبه فشار در راستای لوله برای خطوط لوله ای که دارای دو جنس متناقض باشند متفاوت از یکدیگر است. با استفاده از یک مدل دینامیکی "ضربه چکشی آب" محاسبه بسیاری از شرایط مرزی، مانند به دست آوردن فشار و دبی در محل اتصال دو یا چند لوله مقدور می گردد. چالش اصلی در این مرحله انتخاب بازه زمانی برابر برای همه لوله ها است. چالش بعدی به ماهیت خود "MOC" بر می گردد بطوریکه بایستی نسبت مسافت X به زمان

۳- نتیجه

نتایج انتخاب مدل مرکب مدیریت هوشمند فشار (جدول ۲) تعریف شده در این تحقیق برای شهر رشت شرح ذیل است:

مدیریت هوشمند فشار
(فرمان از میدان گیل - ورودی پایلوت شماره ۱)
کنترل ارتفاع مخزن ذخیره اصلی پایلوت شماره ۱ (۵۰۰۰ مترمکعب)
۱- کنترل فشار (کنترل زمانی) بر اساس زمان در پایلوت شماره ۱
۲- کنترل فشار (کنترل پیشرفته) بر اساس جریان مصرفی در پایلوت شماره ۱



شکل (۴): کنترل دبی در مدل مدیریت هوشمند فشار شهر رشت

جدول (۲): تجهیزات مدیریت هوشمند فشار شهر رشت

ردیف	نام تجهیز	تعداد
۱	تابلوی انتقال اطلاعات	۱۱
۲	مودم وای ماکس تحت LAN	۲۲
۳	مبدل RS232 به LAN	۱۱
۴	شیر کنترل دبی و فشار سایز ۱۰۰	۲
۵	شیر کنترل دبی و فشار سایز ۲۰۰	۳
۶	شیر کنترل دبی و فشار سایز ۲۵۰	۴
۷	شیر کنترل دبی و فشار سایز ۳۰۰	۱
۸	شیر کنترل دبی و فشار سایز ۵۰۰	۱
۹	منهول GRP	۱۱
۱۰	نرم افزار	نامحدود

درفرآیند تحقیق تحلیل مدل هیدرولیکی شرایط واقعا موجود بمنظور دستیابی به نتایج ذیل مد نظر قرار گرفت [۸-۱۰]:

ایجاد سیستم هوشمند کنترل شبکه و خط انتقال آب با وارد کردن عوارض.

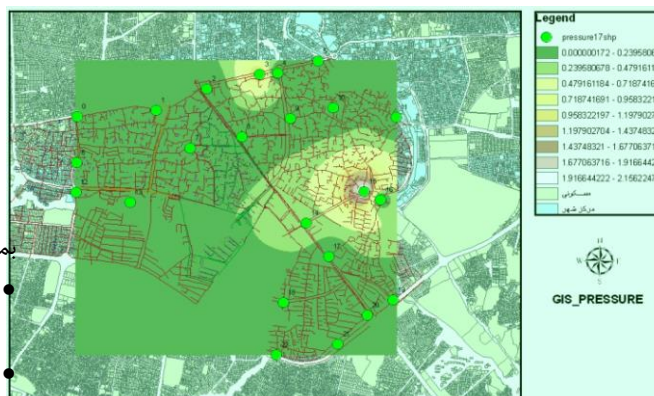
ایجاد قابلیت ردیابی و اجرای تحلیل هیدرولیکی شبکه و خط انتقال آب.

- مدلسازی شبکه و خط انتقال در فضای ARCGIS9.3 و سیستم مبتنی بر داده های قرائت از راه دور AMR برای دبی و فشار واحده ناشی از ضربه قوچ (Transient flow analysis) (شکل ۴-۲).

- تهیه مدل هیدرولیکی شبکه WATERGEMS8.2 تحت مدیریت نرم افزار ArcGIS9-ArcMap9.3.



شکل (۱): کنترل فشار در مدل مدیریت هوشمند فشار شهر رشت

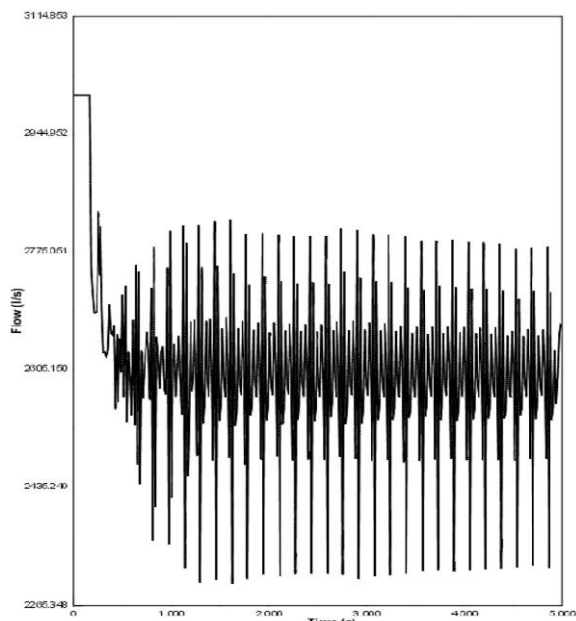


شکل (۲): تحلیل توزیع فشار در بستر GIS شهر رشت

فشارسنج و فلومتر قرائت از راه دور میدان گیل حلقه کنترل اصلی پایلوت شماره ۱ تحت ارتفاع مخزن ۵۰۰۰ (مترمکعب)



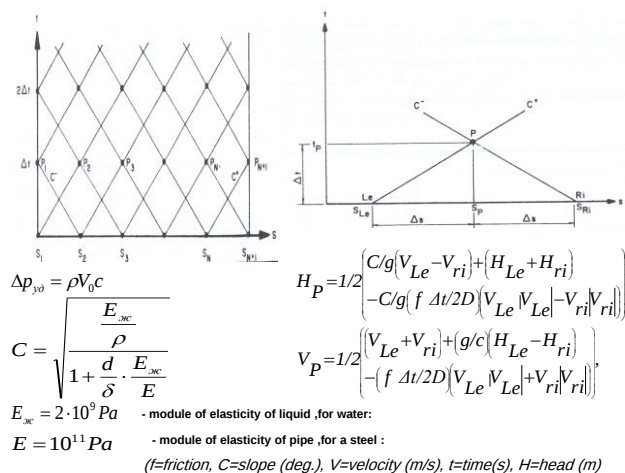
شکل (۳): کنترل فشار در مدل مدیریت هوشمند فشار شهر رشت



شکل (۸): ناپایداری هیدرولیکی در موضع نشت

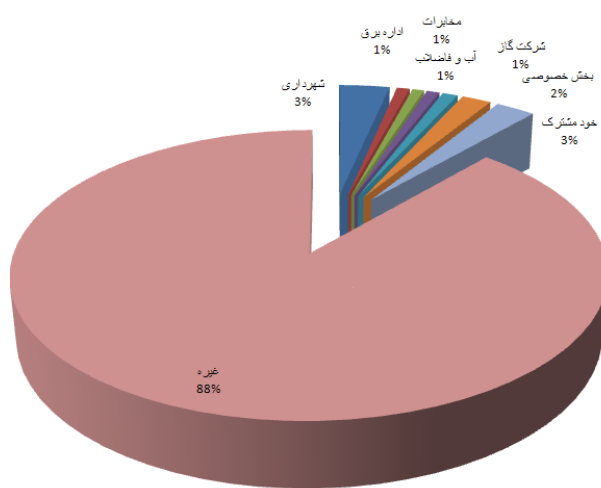
کلاس های رابطه ای (Relationship Classes) بین داده های مکانی و غیرمکانی ابزار ایجاد ارتباط مکانی عارضه به داده مرتبط به هدررفت است. لذا کلاس رابطه ای برای عارضه مورد نظر با توجه به نوع ارتباط (ساده یا مرکب) و میزان آن مشخص شده و با این روش امکان دسترسی به نقاط نشت در این تحقیق فراهم گردید. لذا نتایج این فعالیت عبارت است از:

- تعیین مواضع نشت (Leakage Location) با استفاده از تعریف کلاس رابطه ای (Relationship Classes) برای عارضه.

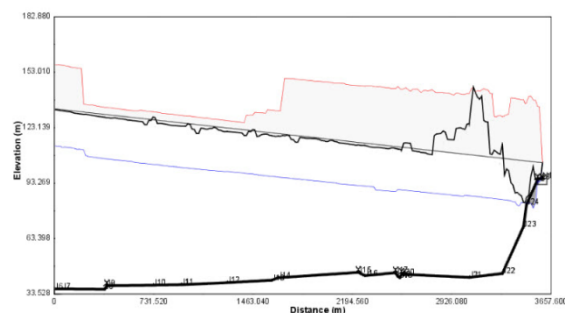


شکل (۹): مدل جریان ناماندگار و تعیین مواضع نشت

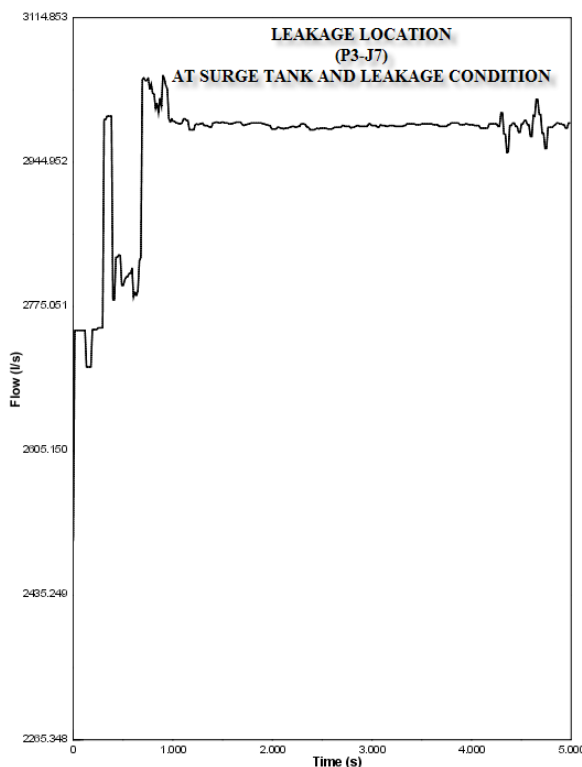
بنابراین تحقیق حاضر ضمن مقایسه نتایج مربوط به مدل محاسباتی انتقال سیالات تحت فشار و مدل زمین مرجع آن، امکان فراخوانی این مدل های مرکب در نرم افزارهای پیشرفته با هدف تعیین مواضع نشت را تشریح نموده است. بطوریکه با استفاده از نتایج



شکل (۵): درصد حادثه به تفکیک عامل خارجی



شکل (۶): مدل سازی خط انتقال در محیط HAMMER & WATERGEMS 8.2 تحت مدیریت ArcGIS9-ArcMap9.3



شکل (۷): تعیین مواضع نشت (Leakage Location)

[2] Kodura, Weinerowska, *Modeling of Water Hammer in Pipelines*, p. 125-133, warsaw, 2005.

[3] Hariri Asli K., *interpenetration of two fluids at parallel between plates and turbulent moving in pipe*, 9th Conference on Ministry of Energetic works at research week, Tehran, Iran, p.73-89, 2008, <http://isrc.nww.co.ir>.

[4] Hariri Asli K., Nagiyev F.B., Haghi A.K., Aliyev S.A., *Physical and Numerical Modeling of Fluid Flow in Pipelines: A computational approach*, International Journal of the Balkan Tribological Association, ISSN: 1310-4772, Vol.16, No 1, Sofia, Bulgaria, pp. 20-34, 2010, jbalkta@gmail.com

[5] Hariri Asli K., Aliyev S.A., *Fluid Mechanics and Heat Transfer; Advances Research in Nonlinear Dynamics Modeling*, Simulation and Modeling of Two Phases Flow, Published by the Apple Academic Press, Inc., Exclusive worldwide distribution by CRC Press, a Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-926895-82-6, Toronto, Canada, 2015, www.AppleAcademicPress.com

کالیبراسیون و بررسی چگالی حوادث شبکه و خط انتقال ، محدوده موضع نشت در بخش هدر رفت واقعی مشخص گردیده است(شکل ۵-۹).

سپاسگزاری

بدینوسیله از کلیه پژوهشگران و دست اندرکاران صنعت آبفا که در این تحقیق از تجربیات ارزشمند آنان بهره گیری شده است سپاسگزاری می گردد.

مراجع

[1] Hariri Asli K., GIS & water hammer disaster at earthquake in Rasht water pipeline, 3rd International Conference on Integrated Natural Disaster Management, Tehran university, ISSN: 1735-5540, 18-19 Feb., INDM, Tehran, Iran, 2008, http://www.civilica.com/Paper-INDM03-INDM03_001.html

Water balancing Analysis in 2014 -2015 in Fars Province

Abstract

Factors Such as the Development of Cities and Urbanization, the Uncontrolled Growth of Population, the Increased Costs of Potable Water supply, the higher Public Sanitation and the Reduced Water Quality Highlight the Need for Maintaining the Water losses and Non Revenue Water (NRW) to an Absolute Minimum. During the last decade, a large effort has been made by many organizations, including the IWA, to promote new concepts and methods to improving efficiency in the management of water utilities and, in particular, in the reduction of Non Revenue Water. The reduction and sustainable control of non revenue water in a water supply system is more complex that many people believe. It is necessary to look into the topic from a holistic and multi-dimensional perspective. The key to developing a strategy for management of non-revenue water (NRW) is to gain a better understanding of the reasons for NRW and the factors which influence its components. The components of NRW can be determined by conducting a water balance. In this paper analyzed the water balance components in 2014-2015 in Fars province in accordance with the International water Association of patterns.

Keywords: Iran, Fars Province, Water Losses, Water Resources, Water Balance, NRW.

بررسی آب بدون درآمد در آبفای فارس بر مبنای بالانسینگ آب در سال ۹۳

اردوان نیکنام

مدیر دفتر مدیریت مصرف و مطالعات آب بدون درآمد شرکت آبفای فارس
۰۹۱۷۳۳۲۰۱۳۲ ، ardavannik@yahoo.com

چکیده

عواملی نظیر توسعه شهرها و شهرنشینی، افزایش بی رویه جمعیت، افزایش هزینه های تامین آب شرب، بالارفتن معیارهای بهداشت مردم و کاهش کیفیت آب به سبب آلودگی های گسترده، لزوم به حداقل رساندن مقدار هدررفت آب و آب بدون درآمد را دو چندان ساخته است. از طرفی برنامه ریزی و اقدام برای کاهش هدررفت آب، با توجه به تعداد زیاد شهرهای استان و پراکندگی آنها نیاز به حجم بالایی از سرمایه گذاری بلند مدت و ساختار پیچیده ای از مدیریت خواهد بود. در بنگاه های اقتصادی، سود یا زیان از مقایسه ارقام کلی درآمدها با هزینه ها بدست می آید و طبیعی است که اگر درآمدها بیشتر از هزینه ها باشد بنگاه با سود آوری مواجه بوده و در صورت افزایش هزینه های یک بنگاه اقتصادی نسبت به درآمدهای آن، زیان پدید می آید که استمرار آن در دوره های زمانی منجر به انباشت زیان در آن بنگاه یا شرکت می گردد. بنابراین در یک بنگاه زیان آور مثل شرکت آب و فاضلاب، هر فرآیندی که منجر به افزایش درآمد و یا کاهش هزینه شود قطعاً زیان را کاهش خواهد داد. در این نوشتار، ابتدا کلیات و ضرورت های کاهش هدررفت آب را مرور کرده و سپس با استفاده از مفاهیم نوین و ادبیات رایج موضوع و بکارگیری نتایج بالانسینگ آب سال ۱۳۹۳ در استان فارس، استراتژی ها و پروژه های زیرمجموعه مقوله هدر رفت آب و پیشنهادات کاهش آن را بحث خواهیم کرد.

کلمات کلیدی: استان فارس، هدررفت آب، منابع آب، بالانس آب، آب بدون درآمد.

۱- مقدمه

ساده مدیریتی می توان مقدار زیادی از هدررفت ظاهری درون سیستم را کاهش داد که هزینه آن در مقایسه با پروژه های کاهش هدررفت واقعی بسیار کمتر و آثار و تبعات ناشی از آن نیز دارای بازدهی بیشتر و ملموس تر باشد.

۱- بالانسینگ آب

بر اساس آخرین پژوهشهای صورت گرفته در مبحث هدررفت آب، روش بالانس آب در واقع یک روش تحلیلی است که به همراه تکنولوژی های نوین قادر است اجزاء آب بدون درآمد را در اختیار مدیریت سیستم قرار دهد و اولین گام در برنامه ریزی استراتژیک کاهش آب بدون درآمد می باشد. این روش در بسیاری از کشورهای جهان به کار گرفته شده و کارآیی خود را به اثبات رسانده است. طبق تعریف، بالانس آب* عبارت از اندازه گیری یا تخمین آب تولید شده (تامین شده)، آب ورودی، آب خروجی، آب مصرف شده و هدررفت برای یک سیستم می باشد. فرم بالانس آب از دیدگاه انجمن بین المللی آب (IWA) در جدول شماره ۱ آمده است.

۱-۱- مصارف مجاز

به مجموع مصارفی که شرکت آب و فاضلاب اجازه استفاده از آن را داده است، مصارف مجاز می گویند که شامل دو بخش زیر است: الف- مصارف مجاز با درآمد ب- مصارف مجاز بدون درآمد.

۱-۱-۱- مصارف مجاز با درآمد

به مجموع مصارفی که شرکت آب و فاضلاب بابت آن، آب بها دریافت می نماید، چه قبض صادر کند چه نکند، مصارف مجاز با درآمد گویند که خود شامل بخش های زیر است: الف- آب تحویلی به شبکه های دیگر (فروش کلی) ب- مصارف اندازه گیری شده دارای قبض ج- مصارف اندازه گیری نشده دارای قبض.

آب بدون درآمد شامل سه قسمت است: ۱- هدررفت واقعی یا فیزیکی شامل: سرریز ازمخازن، نشت ازمخازن شبکه، نشت از خطوط انتقال، نشت از شبکه توزیع و نشت از انشعابات مشترکین ۲- هدررفت ظاهری یا غیرفیزیکی شامل: مصارف غیرمجاز، خطای ثبت، انتقال ومحاسبه داده ها (خطای مدیریت داده ها و سیستم)، عدم دقت تجهیزیات اندازه گیری ۳- مصارف مجاز بدون درآمد شامل: مصارف اندازه گیری شده بدون درآمد، مصارف اندازه گیری نشده بدون درآمد.

۱- کلیات

مقوله درآمد در شرکت های آب وفاضلاب که عمده فعالیت آنها استحصال آب و فروش آن می باشد بر اساس فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$\text{درآمد} = \text{مقدار فروش آب (مترمکعب)} \times \text{نرخ هر مترمکعب آب (ریال)}$$

با توجه به فرمول فوق، نرخ آب بهاء بصورت مکانیسم ویژه ای وبا دخالت شورای اقتصاد تعیین می گردد. بنابراین جهت افزایش درآمد، می بایست پارامترهای مرتبط با مقدار فروش بر اساس مترمکعب افزایش یابد. جهت افزایش مقدار فروش آب می بایست یا تعداد مشترکین افزایش یابد و یا مقدار آب بدون درآمد را کاهش ودر قبال آن مقدار فروش آب با درآمد را افزایش دهیم. آمارها نشان می دهد که طی ۵۰ سال اخیر، جمعیت ۶ میلیون نفری کشور به حدود ۷۵ میلیون نفر افزایش و میانگین پتانسیل سرانه آب حدود ۹۰ درصد کاهش یافته است. بنابراین با توجه به کمبود ذاتی منابع آب کشور، بهره برداری بهینه از آب ورودی به شبکه های توزیع بایداز شاخص های اصلی ارزیابی شرکتهای آب و فاضلاب کشور باشد. دراین میان توجه به کاهش هدررفت آب به ویژه در شهرهای کشور از جمله اقدامات مفید برای کنترل هدررفت آب و رساندن آن تا سطح اقتصادی، اهمیتی دوچندان دارد. از آنجایی که کنترل و کاهش هدررفت ظاهری به مراتب راحت تر از کاهش هدررفت واقعی در شبکه هاست، بنابراین کاهش هدررفت ظاهری باید یکی ازاولویت های کاهش آب بدون درآمد در شهرهای کشور باشد. همچنین با توجه به بزرگ بودن شبکه توزیع آب درشهرها، بررسی کلی آن به عنوان یک شبکه توصیه نمی شود و باید آن را به صورت مناطق جدا از یکدیگر بررسی کرد، در این حالت امکان مطالعه و تحلیل اقتصادی و اولویت بندی پروژه ها نیز ممکن خواهد بود. همانطور که اشاره شد مقوله هدررفت واقعی بیشتر با منابع آبی و مقوله هدررفت ظاهری بیشتر با منابع مالی شرکتهای سروکار دارد و از آنجایی که تامین منابع مالی و درآمدی بعنوان یک شریان اصلی و حیاتی در فعالیتهای شرکت آب و فاضلاب محسوب می گردد و از طرفی همانطور که گفته شد با اعمال یک سری تمهیدات، بهینه سازی سیستم و ارتقاء روشهای

* Water Balance

جدول (۱): استاندارد IWA برای بالانس آب (منبع: IWA)

F m ³ /y	E m ³ /y	D m ³ /y	C m ³ /y	B m ³ /y	A m ³ /y		
آب با درآمد (RW) (∇ _{RW})	آب تحویلی به شبکه‌های دیگر (فروش کلی)	مصارف مجاز دارای صورت حساب (قبض) (BAC) (∇ _{BAC})	مصارف مجاز (AC) (∇ _{AC})	حجم آب ورودی به سیستم (∇ _{IN})	تولید چاهها (∇ _{in1})		
	مصارف اندازه‌گیری شده دارای قبض (∇ ₁)				قنات (∇ _{in2})		
	مصارف اندازه‌گیری نشده دارای قبض (∇ ₂)				چشمه (∇ _{in3})		
آب بدون درآمد (NRW) (∇ _{NRW})	مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد (∇ ₃)	مصارف مجاز بدون درآمد (UAC) (∇ _{UAC})		هدررفت آب (WL) (∇ _{WL})	خرید آب تصفیه شده (∇ _{in4})		
	مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد (∇ ₄)						
	مصارف غیرمجاز (∇ ₅) (UC)	هدررفت ظاهری (AL) (∇ _{AL})					
	خطای مدیریت داده‌ها و سیستم (∇ ₆)						
	عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری (∇ ₇)						
	نشت از خطوط انتقال (∇ ₈)	هدررفت واقعی (RL) (∇ _{RL})					ورودی به تصفیه خانه (∇ _{in5})
	نشت از شبکه توزیع (∇ ₉)						
	نشت از انشعابات (∇ ₁₀)						
	نشت از مخازن شبکه (∇ ₁₁)						
	سرریز از مخازن شبکه (∇ ₁₂)						

۳- مصارف مجاز اندازه‌گیری شده

بدون درآمد

شامل موارد زیر خواهد بود:

- مصارف معاف از پرداخت آب بهاء بر اساس نظام تعرفه‌ها
 - مصارف داخلی شرکت یا سایر ادارات و ارگان‌ها که اندازه‌گیری می‌شود ولی پولی بابت آن دریافت نمی‌شود (البته آنچه جزء طلب شرکتها است مربوط به این سرفصل نمی‌باشد).
 - شیرهای آتش‌نشانی و یا شیرهای برداشت عمومی در صورتی که دارای کنتور باشند.
 - مصرف تاسیسات (دارای کنتور)
- سایر موارد (مواردی که اندازه‌گیری می‌شود اما پولی دریافت نمی‌شود).

۴- مصارف مجاز اندازه‌گیری شده با درآمد

درآمد

شامل موارد زیر خواهد بود: شستشوی شبکه توزیع آب و جمع‌آوری فاضلاب، مصارف آتش‌نشانی (تذکر: در صورتی که مصارف شیرهای مربوطه در مقدار تهاتر با شهرداری لحاظ گردد در این سرفصل نمی‌آید)، شستشوی مخازن، شستشوی شبکه آب، شستشوی شبکه فاضلاب، شستشوی خط انتقال، شستشوی فیلترهای تصفیه‌خانه آب، مصارف فضای سبز شرکت (بدون کنتور)، پر کردن شبکه‌های جدید، تحویل آب تانکری در شرایط خاص، حجم مورد نیاز برای تست فشار لوله‌های جدید، مصارف داخلی شرکت (در صورتی که دارای کنتور نبوده و تخمین زده شود). سایر موارد (مواردی که تخمین زده می‌شود اما پولی دریافت نمی‌شود). با در نظر گرفتن این مصارف و متوسط مصرف ماهانه مشترکین، تعداد مشترک معادل این مصرف قابل محاسبه بوده که به این ترتیب تصور بهتری از حجم مربوط به این مصارف می‌توان داشت.

۵- هدررفت

به مجموع هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی، هدررفت آب می‌گویند.

۶- هدررفت واقعی

شامل موارد زیر می‌باشد: الف- نشت از خطوط انتقال، ب- نشت از شبکه توزیع، ج- نشت از انشعابات، د- نشت از مخازن شبکه، ه- سرریز از مخازن شبکه.

۷- هدررفت ظاهری

به بخشی از هدررفت آب، که بدلیل خطا و اشتباه در اندازه‌گیری و نیز استفاده‌های (مصارف) غیر مجاز ایجاد می‌شود، هدررفت ظاهری گویند. بخشی از این خطاها مربوط به ساختار وسایل اندازه‌گیری (در

۲- مصارف مجاز بدون درآمد

مجموع مصارف مجازی که به علل گوناگون درآمدی برای شرکت آب و فاضلاب نداشته است. این عوامل ممکن است به دلایل قانونی و یا مربوط به مصارف فرایند و تاسیسات آب و فاضلاب باشد که خود شامل بخش‌های زیر است: الف- مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد ب- مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد.

جدول (۲): جدول بالانسینگ آب فارس در سال ۹۳

باسمه تعالی سامانه اطلاع رسانی مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد									
فرم بالانس آب مورد ۱۳۹۳ - بالانس ۹۳									
مرکز	A	B	C	D	E	F	خرودی ها mmyear	خرودی ها mmyear	خرودی ها mmyear
	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی	درصد نسبت به آب ورودی
شرکت فارس	چاه	۷۲۸۰۸	۱۰۰	۷۲۴۹۵	۷۲۴۹۷	۷۲۴۹۷	۷۲۴۹۷	۷۲۴۹۷	۷۲۴۹۷
	قنات	۱۳۰۱۹۹							
		۰۰۰۷۵							
	چشمه	۷۲۴۹۵۰۰							
		۴۴۴۷							
	خرید آب تصفیه شده	۲۰۸۹۹۱۲۰							
		۱۷۶۸۱							
	ورودی به تصفیه خانه								
	سایر منابع								
آب									
بدون درآمد									

واقع غیر قابل اجتناب) و بخشی مربوط به خطای مدیریتی و سیستمی می باشد. بطور کلی هدررفت ظاهری را می توان به بخشهای زیر تقسیم کرد: الف- مصارف غیرمجاز، ب- خطای مدیریت داده ها و سیستم، ج- عدم دقت تجهیزات اندازه گیری.

۸- مصارف غیرمجاز

مصارف مربوط به انشعابات غیرمجاز

۹- خطای مدیریت داده ها و سیستم

خطای مدیریت داده ها به سه بخش خطای بهره برداری، خطای مدیریتی و خطای انسانی تقسیم می شود.

۱۰- عدم دقت تجهیزات اندازه گیری

عدم دقت تجهیزات اندازه گیری شامل خطای اندازه گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور، خطای اندازه گیری دبی متوسط تا حداکثر و مصارف انشعابات دارای کنتورهای کم کار یا خراب می باشد.

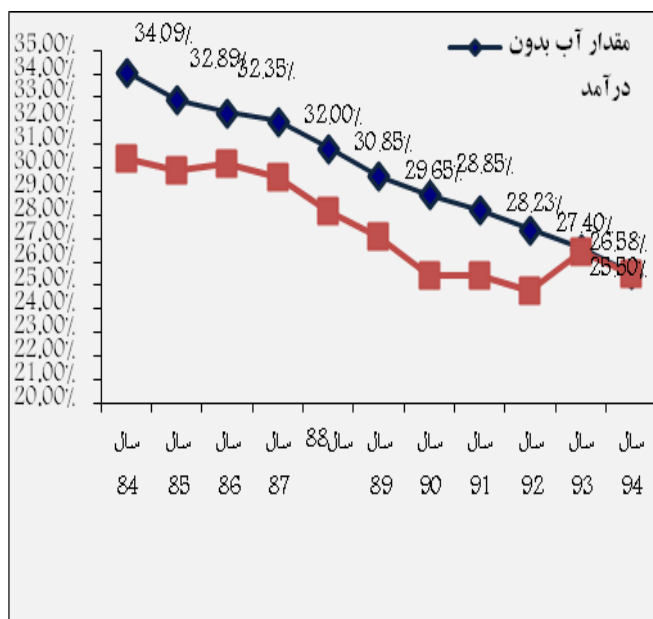
۱- موقعیت، وضعیت و منابع آب استان فارس

وسعت استان ۱۲۳ هزار کیلومتر مربع، جمعیت تحت پوشش شرکت ۱۶۸۰۰۰ نفر، ۳۰ شهرستان ۷۳ بخش ۸۲ شهر ۱۹۶ دهستان، تعداد مشترکین آب شهری ۶۳۰ هزار، تعداد مشترکین فاضلاب شهری ۳۵ هزار، طول شبکه آب ۶۷۰۰ کیلومتر، طول خطوط انتقال آب ۲۳۰۰ کیلومتر، تعداد چاه فعال ۴۷۰ حلقه (آمارها مربوط به شهرستان های استان به غیر از شهر شیراز است).

۱- وضعیت آب بدون درآمد در آبفای فارس:

وضعیت آب بدون درآمد در سطح شرکت آب و فاضلاب فارس (برمبنای بالانسینگ ۹۳):

- آب با درآمد ۷۳,۴٪ نسبت به کل ورودی به سیستم
- مصارف مجاز بدون درآمد ۱,۰۲٪ نسبت به کل ورودی به سیستم
- هدرفت ظاهری ۸,۸٪ نسبت به کل ورودی به سیستم
- هدرفت واقعی ۱۶,۷٪ نسبت به کل ورودی به سیستم
- کل آب بدون درآمد برابر ۲۶,۵۸ درصد کل تولید آب استان در سال ۹۳ برابر ۱۷۴,۵ میلیون متر مکعب بوده است که مقدار ۴۶,۴ میلیون مترمکعب از آن معادل حجم آب بدون درآمد شرکت فارس می باشد.



شکل (۱): عملکرد شرکت آبفای فارس در کنترل آب بدون درآمد ۸۴-۹۳

۱- تحلیل اقتصادی زیان وارده به شرکت

قیمت تمام شده هر متر مکعب آب در فارس، حدود ۱۲۰۰ تومان در سال ۹۳ بوده است. مقدار زیان وارده از محل آب بدون درآمد به شرکت، معادل ۵۵ میلیارد تومان در سال است و این مبلغ معادل منابع تخصیصی عمرانی سال پیش در شرکت است. در شکل شماره ۳ نیز روند کاهشی آب بدون درآمد شرکت آبفا استان فارس در فاصله سالهای ۹۳-۸۴ نمایش داده شده است.

۱- پیشنهادات اجرایی

بخش ضمایم یک بخش اختیاری است و دارای شماره نیست. عنوان آن را با - ممیزی انشعابات و اصلاح کاربری ها متناسب با شرایط فعلی.

- شناسایی و اصلاح کنتورهای خراب.
- کنترل و دقت بیشتر در قرائت کنتور و صدور قبض .
- تلاش بیشتر در وصول مطالبات .
- نصب کنتور برای انشعابات فاقد کنتور.
- تعیین تکلیف انشعابات فاقد مصرف .
- فراهم کردن شرایط برای فروش و نصب انشعابات جدید آب.
- فراهم کردن شرایط برای فروش و نصب انشعاب جدید فاضلاب.
- تکمیل و بهره برداری پروژه های در شرف اتمام.
- تبدیل داراییهای غیر موثر به داراییهای موثر .
- اصلاح و بازسازی تاسیسات و شبکه های فرسوده .
- اجرای نقاط انفصال خطوط و شبکه فاضلاب و آب .
- پیگیری و هماهنگی بیشتر با مسئولین نیروهای مسلح برای شناسایی دقیق درآمد و وصول مطالبات از نیروها.

هدررفت ظاهری به اجزاء زیر تقسیم میشود (بالانس فارس ۹۳):

- مصارف غیر مجاز ۳٫۹٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۶٫۸۳ میلیون مترمکعب در سال .
- خطای مدیریت داده ها و سیستم ۱٫۱٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۱٫۹۴ میلیون مترمکعب در سال .
- عدم دقت تجهیزات اندازه گیری ۳٫۷۷٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۶٫۵۹ میلیون مترمکعب در سال .
- کل حجم آب هدررفت ظاهری استان معادل ۱۵٫۳ میلیون متر مکعب در سال ۹۳ می باشد (معادل ۸٫۸ درصد از

کل آب ورودی به سیستم در سال ۹۳) .

مصارف مجاز بدون درآمد نیز شامل اجزای زیر می باشد (مطابق بالانس ۹۳):

- مصارف مجاز بدون درآمد ۱٫۰۲٪ نسبت به کل آب ورودی به سیستم (معادل حجمی ۱٫۸ میلیون مترمکعب در سال) می باشد.

هدررفت واقعی به اجزاء زیر تقسیم می شود (فارس ۹۳):

- نشت از شبکه های توزیع ۵٫۸۲٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۱۰٫۱۶ میلیون مترمکعب در سال .
- نشت از خطوط انتقال ۱٫۷۴٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۳٫۰۴ میلیون مترمکعب در سال .
- نشت از انشعابات مشترکین ۸٫۰۸٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۱۴٫۱ میلیون مترمکعب در سال.
- نشت از مخازن ۰٫۸٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۱٫۳۹ میلیون متر مکعب در سال .
- سرریز از مخازن ۰٫۴۲٪ نسبت به کل ورودی به سیستم و معادل حجمی ۷۴۲ هزار متر مکعب در سال .
- کل حجم آب هدررفت واقعی استان معادل ۲۹٫۲۵ میلیون متر مکعب در سال ۹۳ می باشد (معادل ۱۶٫۷۵ درصد از کل آب ورودی به سیستم در سال ۹۳) .

- همراهی بیشتر مدیران ارشد سیستم و پشتیبانی به موقع از برنامه ها.
- همکاری لازم بخشهای دیگر شرکت مانند معاونت مشترکین، مهندسی، برنامه ریزی و مالی، جهت ساماندهی به این موضوع.
- تخصیص و تامین اعتبارات مالی عملیات از منابع ملی و استانی.

۱- نتیجه گیری

طبق الگوی ارایه شده توسط انجمن بین المللی آب (IWA) و با توجه ژرف و عمیق به این مولفه ها روشن می گردد که کل مصارف آب مجاز با درآمد و بدون درآمد ریشه در قرائت مصرف مشترکین و تخمین سایر مصارف دارد و علاوه بر این، بخش عمده هدر رفت ظاهری وابسته به مصارف و نحوه قرائت مصارف مشترکین و تجهیزات آنها می شود. همواره مشکل عدم تطبیق بین مقدار مصرف قرائت شده از کنتور مشترکین و تولید آب وجود دارد و این باعث افزایش یا کاهش در آب بدون درآمد می گردد. از آنجائی که هدف ما رسیدن به راهکارهای افزایش درآمد و کاهش هزینه های شرکت آب و فاضلاب با تاکید بر کنترل هدر رفت ظاهری و مصارف مجاز بدون درآمد می باشد در این بخش به اقدامات و راهکارهای کنترلی در این دو حوزه پرداخته شد، اگرچه راهکارهای کنترل هدررفت واقعی نیز به جای خود مهم و تعیین کننده هستند. واقعیت این است که وجود آب بدون درآمد زیاد در یک سیستم، نشانه یک مشکل می باشد و این مشکل می تواند عمیق و زیرساختی یا مدیریتی باشد، مانند تب در بدن انسان که می تواند نشانه یک سرماخوردگی ساده یا یک عفونت شدید باشد. همانطور که قبلا هم اشاره شد، آب بدون درآمد ناشی از هدر رفت ظاهری بسیار بیشتر از دیگر مؤلفه ها، متاثر از عملکرد مدیریتی در سیستم است و به همین دلیل با پایش و کنترل فعالیتهای حوزه هدررفت ظاهری می توان با صرف هزینه کمتر در جهت کاهش هدررفت ظاهری، به بازده بیشتری از کاهش آب بدون درآمد دست یافت.

۱- مراجع

بالانسینگ آب در فارس، معاونت بهره برداری شرکت، دفتر مدیریت مصرف و آب بدون درآمد.
راهنمای تهیه برنامه های عملیاتی آب بدون درآمد، دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.

Water Balance, IWA, 2010.

- پیگیری و هماهنگی بیشتر با سازمانها و ارگانهای دولتی برای اجرای دقیق قوانین و آیین نامه ها به منظور شناسایی کلیه حقوق شرکت.

- شناسایی انشعابات غیرمجاز به روشهای شناسایی انشعاب های غیرمجاز شهرداری از طریق اندازه گیری کلر باقیمانده در آب و کنترل افت فشار خط نزدیک به فضای سبز که احتمال برداشت آب وجود دارد در زمان آبیاری فضای سبز. بررسی مصرف هتل ها، دانشگاه ها، ادارات دولتی بزرگ، هنرستان های صنعتی و مانند آنها. تطابق تعداد انشعابات آب یک منطقه با تعداد انشعابات برق و گاز. بررسی کد شناسایی قرائت کنتور و کد پستی ملک. حساس نمودن ماموران قرائت کنتور به حفاری های غیرمعمول در سطح شهر و گزارش آن به اداره آب و فاضلاب مربوطه. ممیزی خانه به خانه موجود در شهر و پیدا نمودن انشعابات غیرمجاز. فعال نمودن ماموران قرائت کنتور و آموزش دادن به آنها جهت شناسایی انشعاب های غیرمجاز و تشویق آنها به ارائه گزارش انشعابات غیرمجاز (در این شرکت مطابق مصوبه هیئت مدیره، به ازای هر مورد انشعاب غیرمجازی که مامور قرائت کنتور به اداره اعلام نماید مبلغ ۵۰۰۰ ریال (پنج هزار ریال) پاداش تعلق خواهد گرفت).

- برگزاری آموزشهای مهارتی برای پرسنل عملیاتی و مشترکین.
- دقت و کنترل در هنگام خرید کالاها و خدمات.
- رعایت قوانین و مقررات و آیین نامه ها.
- تعیین حداکثر ظرفیت قراردادی برای مشترکین بزرگ و پر مصرف. فعالیت های آتی:

- ممیزی دقیق مقادیر مطرح در فرمهای بالانس توسط شرکت.
- در اولویت قرار گرفتن تجزیه و تحلیل عوامل ایجاد هدررفت با توجه به شاخصها.
- مشخص کردن راهکارهای مربوط به هر بخش از فرم بالانس.
- تحلیل اقتصادی جهت اجرایی نمودن راهکارها.
- تحلیل و ممیزی انشعابات غیرمجاز، تحلیل و ممیزی مصارف مجاز بدون درآمد.
- تجدید نظر در سازماندهی دفتر آب بدون درآمد جهت نظارت بر فعالیت شهرها در سطح ستاد شرکت.
- مد نظر قرار گرفتن مدیران شهرها به عنوان هسته اصلی عملیاتی برای اجرای اهداف.
- ادامه عملیاتی نمودن برنامه هادرشهرهای پایلوت و بالاتر از ۳۰۰۰۰ انشعاب.

The process of GIS system data collection, water distribution networks, sewage networks and water and wastewater subscribers

Abstract

The absence of a mechanized system, up to date, accurate and reliable management system, damage annually to customers and water and wastewater companies directly. At present this can specially due to water shortage and the high percentage of water loss in water distribution networks, is essential for applied research in water and wastewater companies in the country. Therefore, the use of geographic information systems (GIS) as one of the most advanced science and technology of obtaining and management of spatial information in order to model and manage water distribution networks is necessary and Any investment in the development and implementation of these systems is completely justified and necessary.

Keywords: GIS; IT; networks; water distribution; sewage collection; subscribers.

فرآیند جمع آوری اطلاعات سیستم GIS شبکه های توزیع آب، شبکه های جمع آوری فاضلاب و مشترکین شرکت های آب و فاضلاب

هادی جعفری

مدیر دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب شهری استان همدان
پست الکترونیکی: jafari_h47@yahoo.com

چکیده

عدم وجود یک سیستم مکانیزه، به روز، دقیق و قابل اعتماد در مدیریت شبکه های توزیع آب شهری و سیستم مشترکین سالیانه خسارات زیادی به مشترکین و شرکت های آب و فاضلاب شهری وارد می نماید. این موضوع بویژه در حال حاضر با توجه به مشکلات بحران کمبود آب و درصد بالای پرت واقعی آب در شبکه های توزیع آب شهری از ضروری ترین اقدامات جهت پیاده سازی در شرکت های آب و فاضلاب می باشد. 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 سازی اینگونه سیستم ها کاملاً توجیه پذیر و الزامی می باشد.

کلمات کلیدی: GIS، فناوری اطلاعات، شبکه، توزیع آب، جمع آوری فاضلاب، مشترکین

۱- مقدمه

خسارات زیادی به مشترکین و شرکت های آب و فاضلاب شهری وارد نموده و ارائه خدمات مطلوب به مشترکین را مختل می نماید. وجود انشعابات غیر مجاز، کامل نبودن سیکل قرائت، عدم وجود امکان گزارش گیری توصیفی و مکانی از اطلاعات متنوع مشترکین، تاخیر و مراجعه اضافی به محل در فروش انشعاب بدلیل نبود نقشه مشترکین و سایر موارد مشابه از مصادیق نبود سیستم GIS مشترکین می باشد. از طرفی بهبود بخشیدن به کارایی سیستم امور مشترکین صرفاً از طریق به خدمت گرفتن علوم و فن آوری های مدرن امکان پذیر می باشد. به همین دلیل استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی (GIS) به عنوان یکی از پیشرفته ترین علوم و فن آوریهای اخذ و مدیریت بهینه اطلاعات مکان مرجع، به منظور مدل سازی و مدیریت نقشه مشترکین ضروری می باشد. لذا هرگونه سرمایه گذاری اصولی در تهیه و پیاده سازی اینگونه سیستم ها کاملاً توجیه پذیر بوده و در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه بعنوان یک ضرورت مورد بهره برداری قرار می گیرند.

۲- کلیات تحقیق

۲-۱- دستورالعمل تهیه نقشه با استفاده از نرم

افزار AUTO CAD بصورت GIS Ready

جهت رقمی سازی نقشه های تجهیزات شبکه توزیع آب، شبکه جمع آوری فاضلاب، شبکه انشعابات یا املاک مشترکین با استفاده از نرم افزار AUTO CAD و بصورت GIS Ready موارد زیر رعایت گردد. بدیهی است پس از جمع آوری اطلاعات بصورت GIS Ready می توان براحتی اطلاعات را به یک سیستم GIS انتقال نمود.

-عوارض مختلف شبکه توزیع یا جمع آوری فاضلاب از جمله لوله ها، شیرها یا منهول ها باید بر اساس قطر و جنس در لایه های اطلاعاتی مختلف ترسیم شوند.

-جهت ترسیم خطوط لوله از دستور polyline، شیرها یا منهول ها از دستور point و ساختمان های مشترکین از دستور polygon یا polyline و بصورت پلی گون بسته استفاده گردد.

-جهت ترسیم خطوط لوله ابتدا گره ها، اتصالات، شیرها یا منهول ها مشخص و سپس با استفاده از دستور snap نسبت به ترسیم اقدام گردد.

-محل شیرها یا منهول ها دقیقاً بر روی خطوط لوله و در محل گره های مرتبط لوله و شیرها یا منهول ها باید ترسیم گردد.

-در صورت نیاز به استفاده از سمبول ها حتماً از سمبول های نرم افزار AUTO CAD استفاده گردد.

-خطوط لوله نباید بصورت تکراری و روی هم ترسیم گردند.

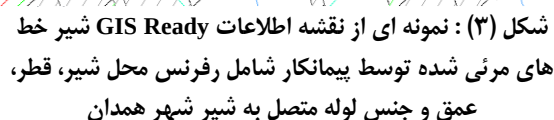
-انتهای لوله های بسته باید بصورت خطی مورب و در یک لایه مجزا ترسیم گردد. (مخصوص شبکه های توزیع آب)

-تقاطع لوله ها با یکدیگر و عبور لوله ها از روی هم باید تفکیک شده و بدین منظور باید خطی مورب و در لایه ای مجزا بر روی لوله های متقاطع ترسیم گردد. (مخصوص شبکه های توزیع آب)

از مهمترین واحدهای مرتبط با شبکه توزیع می توان به واحد حوادث و اتفاقات، واحد بهره برداری از شبکه، واحد فنی و واحد نصب انشعابات نام برد که به دلیل عدم وجود اطلاعات و متأسفانه با توجه به وجود سیستم کارگری در واحدهای فوق روشی صحیح برای جمع آوری، دسته بندی و استفاده از اطلاعات مکان مرجع و توصیفی وجود ندارد و بنابراین کلیه عملیاتی که در واحدهای فوق بر روی شبکه توزیع آب یا جمع آوری فاضلاب انجام می گردد، با مدت زمان طولانی، هزینه ای بسیار بیشتر از هزینه واقعی، غیر سیستماتیک و همچنین بدون داشتن کیفیت لازم صورت می پذیرد. به عنوان نمونه در خصوص واحدهای حوادث و اتفاقات و طبق آمار ارائه شده توسط شبکه اطلاع رسانی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، به طور سالیانه نزدیک به یک میلیون حادثه در شبکه های توزیع آب شهری ایران به وقوع می پیوندد و بیش از ۲۰ درصد از کل درآمدهای شرکت های آب و فاضلاب صرف ترمیم این حوادث می شود. از طرفی بهبود بخشیدن به کارایی سیستم تأمین و توزیع آب صرفاً از طریق به خدمت گرفتن علوم و فن آوریهای مدرن امکان پذیر می باشد. 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 مدل سازی و مدیریت شبکه های توزیع آب شهری ضروری بوده و هرگونه سرمایه گذاری اصولی در تهیه و پیاده سازی اینگونه سیستم ها کاملاً توجیه پذیر و الزامی می باشد.

از طرفی مشکل اساسی که اکثر شرکت های آب و فاضلاب با آن درگیر می باشند این است که از اکثر شبکه های توزیع آب بدلیل قدمت، اطلاعات مستند و رقمی تاسیسات شامل لوله ها و انواع شیرآلات موجود نمی باشند. از طرفی یک دستورالعمل اجرایی و کاربردی جهت جمع آوری اطلاعات تاسیسات شبکه توزیع و پیاده سازی GIS در شرکت های آبفا وجود ندارد. به همین دلیل با یک بررسی اجمالی در شرکت های آب و فاضلاب مشاهده می نمائید که در شرکت ها روش ها و راه حل های متفاوتی در این خصوص اتخاذ و اجرا می گردد. همچنین با توجه به اینکه اطلاعات در یک سیستم GIS دارای وزن بسیار بالایی (بیش از ۸۵ درصد) می باشد، لذا در این مقاله سعی شده است که با توجه به کلیه مستندات موجود، نتایج بدست آمده از پایلوت های اجرا شده و تجربیات چند ساله کسب شده از انجام عملیات اجرایی مرتبط، دستورالعمل ها و شرح خدمات اجرایی و کاربردی تهیه شده در خصوص روش های جمع آوری اطلاعات تاسیسات شبکه توزیع که دارای نتایج موفقیت آمیزی بوده اند ارائه گردد. بدیهی است پس از جمع آوری اطلاعات مطابق روش ارائه شده می توان نسبت به انتقال آنها به یک سیستم GIS اقدام نمود. علاوه بر آن جهت جمع آوری اطلاعات توصیفی مربوطه می توان از فرمت های ارائه شده توسط شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در بخش های مرتبط استفاده نمود.

از طرفی عدم وجود یک سیستم مکانیزه، به روز، دقیق و قابل اعتماد در مدیریت نقشه مشترکین شرکت های آب و فاضلاب سالیانه



بمنظور رقمی سازی و بروز رسانی نقشه های تجهیزات شبکه توزیع آب با ساختار GIS برای شهرهایی که فاقد اطلاعات از شبکه توزیع می باشند (بخصوص شهرهای بزرگ) پیشنهاد می گردد به روش زیر اقدام گردد. همچنین علاوه بر این روش می توان با استفاده از تکنولوژی های روز نیز نسبت به جمع آوری اطلاعات اقدام نمود اما بدلیل پیچیدگی فرآیند کار در حال حاضر تکنولوژی های موجود قابلیت لازم را نداشته و با هزینه های بسیار زیاد قابل انجام هستند. -تشکیل واحدی بنام واحد GIS در حوزه بهره برداری آب شهر متشکل از یک یا دو نفر نیروی انسانی با شرایط زیر :

الف) یک نیروی فوق دیپلم عمران مسلط به نرم افزار AUTO CAD بنحوی که کلیه اطلاعات مکانی ارسالی از واحدهای مختلف به انضمام اطلاعات موجود قبلی را مطابق با دستورالعمل مربوطه با استفاده از نرم افزار AUTO CAD بکومر نماید.

ب) یک نیروی کارشناس عمران مسلط به نرم افزار AUTO CAD و ARCGIS و آشنا به شبکه های توزیع آب شهری و دارای سابقه کار در شرکت بنحوی که با جمع آوری و سامان دهی کلیه اطلاعاتی که بنحوی در تکمیل اطلاعات مکانی و توصیفی شبکه توزیع موثر هستند اقدام نموده و پس از سامان دهی اطلاعات، آنها را در اختیار همکار خود قرار دهد.

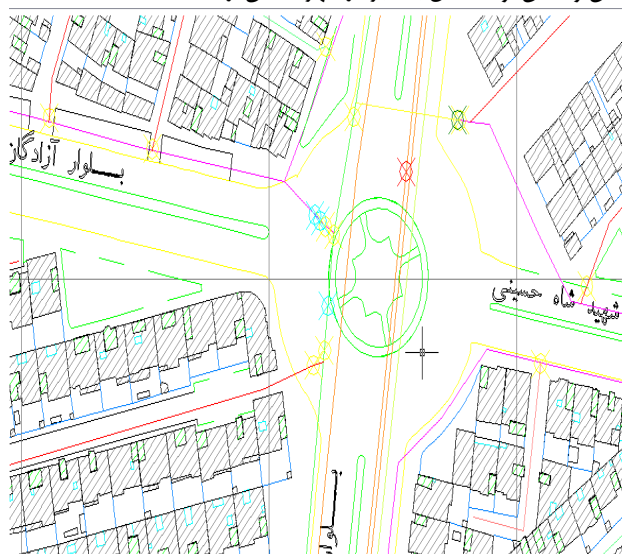
پس از تهیه اطلاعات رقومی نقشه ها و انتقال آنها به یک سیستم GIS و سیستماتیک نمودن جمع آوری اطلاعات تنها با یک نیروی کارشناس می توان سیستم GIS را مدیریت نمود.

-مقیاس تهیه نقشه ها مقیاس ۱:۱۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰ نقشه های شهری تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری استان مربوطه در نظر گرفته شوند.

-لایه های اطلاعاتی در نرم افزار AUTO CAD باید بصورت یکپارچه باشند.

-عوارض مکانی باید دارای کد شناسایی منحصر بفرد در یک لایه اطلاعاتی مجزا باشند.

در شکل های (۱)، (۲) و (۳) نمونه ای از نقشه اطلاعات GIS Ready لوله های شبکه توزیع شامل قطر، عمق و جنس لوله شهر همدان و همچنین نمونه ای از نقشه اطلاعات GIS Ready شیر خط های مرئی شده توسط پیمانکار شامل رفرنس محل شیر، قطر، عمق و جنس لوله متصل به شیر در شهر همدان، ارائه شده است.



شکل (۱): نمونه ای از نقشه اطلاعات GIS Ready لوله های شبکه توزیع شامل قطر، عمق و جنس لوله شهر همدان



شکل (۲): نمونه ای از نقشه اطلاعات GIS Ready شیر خط
های مرئی شده توسط پیمانکار شامل وفرنس محل شیر، قطر،
عمق و جنس لوله متصل به شیر در شهر همدان

واحدهای داخلی شرکت پس از اعمال و تأیید اطلاعات توسط واحد GIS انجام گردد.

۲-۳- دستورالعمل و شرح فرآیند رقومی سازی نقشه های تجهیزات شبکه جمع آوری فاضلاب با ساختار GIS

بمنظور رقومی سازی و بروز رسانی نقشه های تجهیزات شبکه جمع آوری فاضلاب با ساختار GIS برای شهرهایی که دارای شبکه جمع آوری و دفع فاضلاب می باشند (بخصوص شهرهای بزرگ) پیشنهاد می گردد به روش زیر اقدام گردد. همچنین علاوه بر این روش می توان با استفاده از تکنولوژی های روز نیز نسبت به جمع آوری اطلاعات اقدام نمود اما بدلیل پیچیدگی فرآیند کار در حال حاضر تکنولوژی های موجود قابلیت لازم را نداشته و با هزینه های بسیار زیاد قابل انجام هستند.

-تشکیل واحدی بنام واحد GIS در حوزه بهره برداری آب شهر متشکل از یک یا دو نفر نیروی انسانی با شرایط زیر :

الف) یک نیروی فوق دیپلم عمران مسلط به نرم افزار AUTO CAD بنحوی که کلیه اطلاعات مکانی ارسالی از واحدهای مختلف به انضمام اطلاعات موجود قبلی را مطابق با دستورالعمل مربوطه با استفاده از نرم افزار AUTO CAD رقومی نماید.

ب) یک نیروی کارشناس آب و فاضلاب مسلط به نرم افزار AUTO CAD و ARCGIS و آشنا به شبکه های جمع آوری فاضلاب و دارای سابقه کار در شرکت بنحوی که با جمع آوری و سامان دهی کلیه اطلاعاتی که بنحوی در تکمیل اطلاعات مکانی و توصیفی شبکه جمع آوری موثر هستند اقدام نموده و پس از سامان دهی اطلاعات، آنها را در اختیار همکار خود قرار دهد.

پس از تهیه اطلاعات رقومی نقشه ها و انتقال آنها به یک سیستم GIS و سیستماتیک نمودن جمع آوری اطلاعات تنها با یک نیروی کارشناس می توان سیستم GIS را مدیریت نمود.

- جهت تکمیل نمودن اطلاعات نقشه ها علاوه بر استفاده از نقشه های قبلی (نقشه های دستی موجود، نقشه های رقومی فعلی، نقشه های فاز دو و نقشه های خطوط انتقال) و اطلاعات جمع آوری شده حوزه های بهره برداری، فنی و امور مشترکین (واحد نصب) فرآیند جمع آوری اطلاعات از واحدهای فوق بصورت زیر انجام می گردد. بدیهی است با استفاده از این روش علاوه بر رقومی نمودن اطلاعات جدید، اطلاعات نقشه مینا نیز کنترل و اصلاح می گردد. لازم به ذکر است با توجه به وجود نقشه های پایه شهری با مقیاس ۱/۱۰۰۰ یا ۱/۲۰۰۰ شهرها کلیه نقشه ازبیلته ها، کروکی ها و موارد مشابه با استفاده از نقشه ۱/۱۰۰۰ یا ۱/۲۰۰۰ باید تهیه گردد.

الف) واحد فنی

کلیه ازبیلته های تهیه شده توسط پیمانکار در هر دو عملیات توسعه و اصلاح به واحد GIS ارسال و اطلاعات توسعه شبکه مستقیماً و اطلاعات اصلاح شبکه پس از تطابق با وضع موجود رقومی می گردند. (مختصات محل توسط دستگاه GPS برداشت می گردد)

-جهت تکمیل نمودن اطلاعات نقشه ها علاوه بر استفاده از نقشه های قبلی (نقشه های دستی موجود، نقشه های رقومی فعلی، نقشه های فاز دو و نقشه های خطوط انتقال) و اطلاعات جمع آوری شده حوزه های بهره برداری، فنی و امور مشترکین (واحد نصب) فرآیند جمع آوری اطلاعات از واحدهای فوق بصورت زیر انجام می گردد. بدیهی است با استفاده از این روش علاوه بر رقومی نمودن اطلاعات جدید، اطلاعات نقشه مینا نیز کنترل و اصلاح می گردد. لازم به ذکر است با توجه به وجود نقشه های پایه شهری با مقیاس ۱/۱۰۰۰ یا ۱/۲۰۰۰ شهرها کلیه نقشه ازبیلته ها، کروکی ها و موارد مشابه با استفاده از نقشه ۱/۱۰۰۰ یا ۱/۲۰۰۰ باید تهیه گردد.

الف) واحد فنی

کلیه ازبیلته های تهیه شده توسط پیمانکار در هر دو عملیات توسعه و اصلاح به واحد GIS ارسال و اطلاعات توسعه شبکه مستقیماً و اطلاعات اصلاح شبکه پس از تطابق با وضع موجود رقومی می گردند. (مختصات محل توسط دستگاه GPS برداشت می گردد)

ب) واحد بهره برداری

- اطلاعات مربوط به حوادث شبکه با فرمت های موجود جمع آوری شده به همراه پرینت نقشه محل حادثه جهت اعمال به واحد GIS ارسال می گردد (مختصات محل توسط دستگاه GPS برداشت می گردد)

- اطلاعات مربوط به حوادث خطوط انتقال مطابق با فرمت های مربوطه جمع آوری و به واحد GIS ارسال می گردد (مختصات محل توسط دستگاه GPS برداشت می گردد)

ج) واحد نصب انشعاب (بهره برداری و امور مشترکین)

پس از درخواست متقاضی یا مشترک در فاز اول، بازدید محلی و برداشت مختصات محل با GPS انجام و در صورت وجود امکان واگذاری انشعاب، ارجاع به واحد نصب جهت تهیه کروکی و جمع آوری اطلاعات توصیفی و پس از آن ارسال به واحد GIS جهت اعمال در کامپیوتر

-پس از سامان دهی ابتدایی اطلاعات رقومی موجود، نتیجه آن در اختیار کلیه واحدهای استفاده کننده از نقشه قرار گرفته و با توجه به فرآیند بروز رسانی اطلاعات، در بازه های زمانی یک ماهه اطلاعات جدید نقشه ها در اختیار واحدهای استفاده کننده قرار می گیرد. بدیهی است پس از انتقال اطلاعات به سیستم GIS و در صورت استفاده از سیستم GIS تحت وب (WEB GIS) کلیه واحدهای استفاده کننده از نقشه می توانند تغییرات را بصورت آنلاین مشاهده نمایند.

-به انضمام مراحل فوق نیاز به انعقاد قرارداد با بخش خصوصی جهت برداشت مشخصات دقیق اطلاعات توصیفی و مکانی شیر آلات (مختصات دقیق شیر آلات) و همچنین بازنگری و برداشت اطلاعات دقیق خطوط انتقال می باشد.

-پیشنهاد می گردد جهت ضمانت اجرایی انجام فرآیند بالا، تأیید صورت وضعیت عملیات انجام شده توسط پیمانکاران، مشاوران و

اطلاعاتی که بنحوی در تکمیل اطلاعات مکانی و توصیفی مشترکین موثر هستند اقدام نماید.

- اقدام بعدی درج شماره پرونده مشترکین (بعنوان فیلد اطلاعاتی منحصر بفرد سیستم مشترکین) در بانک اطلاعاتی نقشه املاک می باشد. این فرآیند در شرکت آب و فاضلاب استان همدان مطابق با فرآیند زیر انجام شد.

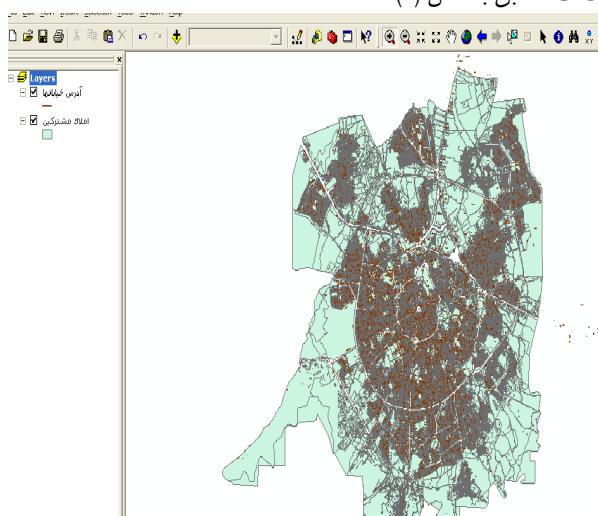
(*) منطقه بندی شهر همدان بر اساس فرآیند قرائت کنتور مشترکین
(*) گرفتن پرنیت در قطع A4 از هر منطقه (به تعدادی که کل هر منطقه را پوشش دهد و املاک مشترکین براحتی قابل رویت باشد).
(*) توزیع پرنیت های گرفته شده از مناطق مابین کنتور خوان ها بنحوی کنتورخوان ها پس از مراجعه به محل جهت ثبت کارکرد کنتور، شماره پرونده مشترک را روی ملک مشترک در صفحه پرنیت شده ثبت و واحد GIS تحویل نماید.

(*) درج شماره پرونده ملک در سیستم GIS مشترکین توسط واحد GIS مطابق با شکل (۵)

(*) پس از تکمیل فرایند جمع آوری و درج اطلاعات در سیستم GIS مشترکین می توان سایر اطلاعات توصیفی مشترکین را که در نرم افزار امور مشترکین وجود دارد به سیستم GIS انتقال داد.

- پس از تکمیل اطلاعات سیستم GIS مشترکین می توان انواع گزارشات کاربردی و تحلیلی زیر را از سیستم GIS اخذ نمود. بنحوی که این گزارشات از هیچ طریق دیگری قابل استخراج و بررسی نبوده و تاثیر مستقیم و قابل توجهی در افزایش درآمد شرکت خواهند داشت.

- بررسی وجود انشعابات غیر مجاز
- کامل نمودن سیکل قرائت مشترکین
- بالا بردن سرعت و کیفیت فروش انشعاب با حذف مراحل اضافی
- فرآیند فروش با توجه به وجود نقشه مشترکین
- بررسی نقشه مشترکین با مصرف زیر ۷ متر مکعب
- بررسی نقشه مشترکین تجاری و بازنگری اطلاعات پرونده آنها
- بررسی نقشه بدهکاران حق انشعاب و آب بهاء
- منطقه بندی مشترکین با استفاده از سیستم رنگ بندی در سیستم GIS مطابق با شکل (۶)



شکل (۴): نمایی از سیستم GIS مشترکین شهر همدان در محیط نرم افزار ARC GIS

ب) واحد بهره برداری

- اطلاعات مربوط به حوادث شبکه با فرمت های موجود جمع آوری شده به همراه پرنیت نقشه محل حادثه جهت اعمال به واحد GIS ارسال می گردد (مختصات محل توسط دستگاه GPS برداشت می گردد)

- اطلاعات مربوط به حوادث خطوط انتقال مطابق با فرمتهای مربوطه جمع آوری و به واحد GIS ارسال می گردد (مختصات محل توسط دستگاه GPS برداشت می گردد)

ج) واحد نصب انشعاب (بهره برداری و امور مشترکین)

پس از درخواست متقاضی یا مشترک در فاز اول، بازدید محلی و برداشت مختصات محل با GPS انجام و در صورت وجود امکان واگذاری انشعاب، ارجاع به واحد نصب جهت تهیه کרוکی و جمع آوری اطلاعات توصیفی و پس از آن ارسال به واحد GIS جهت اعمال در کامپیوتر

- پس از سامان دهی ابتدایی اطلاعات رقومی موجود، نتیجه آن در اختیار کلیه واحدهای استفاده کننده از نقشه قرار گرفته و با توجه به فرآیند بروز رسانی اطلاعات، در بازه های زمانی یک ماهه اطلاعات جدید نقشه ها در اختیار واحدهای استفاده کننده قرار می گیرد. بدیهی است پس از انتقال اطلاعات به سیستم GIS و در صورت استفاده از سیستم GIS تحت وب (WEB GIS) کلیه واحدهای استفاده کننده از نقشه می توانند تغییرات را بصورت آنلاین مشاهده نمایند.
- به انضمام مراحل فوق نیاز به انعقاد قرارداد با بخش خصوصی جهت برداشت مشخصات دقیق اطلاعات توصیفی و مکانی منتهول ها و همچنین بازنگری و برداشت اطلاعات دقیق خطوط انتقال می باشد.
۳- پیشنهاد می گردد جهت ضمانت اجرایی انجام فرآیند بالا، تأیید صورت وضعیت عملیات انجام شده توسط پیمانکاران، مشاوران و واحدهای داخلی شرکت پس از اعمال و تأیید اطلاعات توسط واحد GIS انجام گردد.

۲-۴- دستورالعمل و شرح فرآیند رقومی سازی نقشه های املاک مشترکین با ساختار GIS

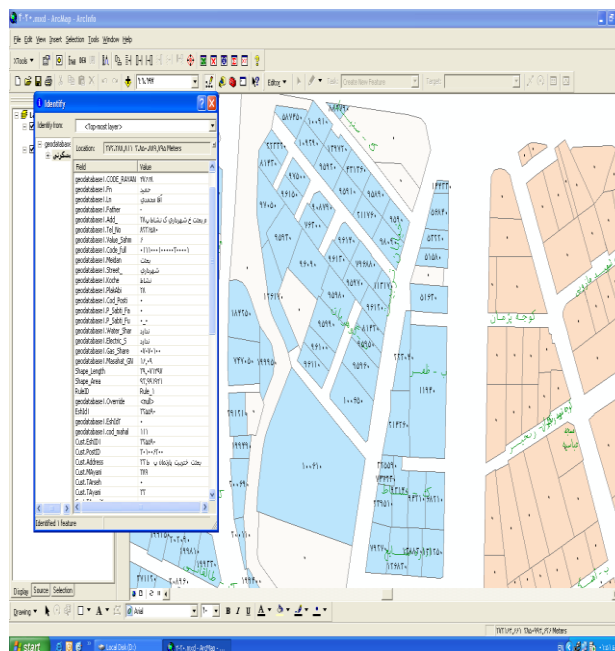
بمنظور رقومی سازی و بروز رسانی نقشه های املاک مشترکین با ساختار GIS مطابق با شکل (۴) پیشنهاد می گردد به روش زیر اقدام گردد.

- تهیه اطلاعات پایه املاک مشترکین بصورت GIS READY از طریق یکی از مراحل زیر :

- سازمان نقشه برداری (در صورتی که تهیه شده باشد)
- شهرداری (در صورتی که تهیه شده باشد)
- انعقاد قرارداد با شرکت های پیمانکار تهیه نقشه
- تشکیل واحدی بنام واحد GIS مشترکین در حوزه معاونت درآمد و امور مشترکین از یک نفر نیروی انسانی با شرایط زیر :
- یک نیروی کارشناس کامپیوتر مسلط به نرم افزار AUTO CAD و ARCGIS و آشنا به سیستم امور مشترکین و دارای سابقه کار در شرکت بنحوی که با جمع آوری و سامان دهی کلیه

۳- نتیجه

با توجه به قدمت و فرسودگی اکثر شبکه های توزیع آب و عدم وجود اطلاعات از تاسیسات شبکه های توزیع و از طرفی زمان بر و پرهزینه بودن جمع آوری اطلاعات تاسیسات بدلیل گستردگی و مدفون بودن آنها در زمین، به خصوص در شهرهای بزرگ از یک طرف و از طرفی با توجه به اینکه اطلاعات در یک سیستم GIS دارای وزن بسیار بالایی (بیش از ۸۵ درصد) می باشد. لذا با در نظر گرفتن اهمیت بسیار بالای اطلاعات مکانی و توصیفی رقومی از تاسیسات شبکه های توزیع آب، جمع آوری فاضلاب و مشترکین و کاربرد بالای اینگونه اطلاعات در شرکت های آب و فاضلاب و یا سایر شرکتهای خدمات شهری، منطقی ترین راه این است که شرکت های آب و فاضلاب بدون از دست دادن زمان با ایجاد بسترهای مناسب نسبت به جمع آوری اطلاعات اقدام نمایند. لذا در این مقاله سعی شده است به روش های عملی و امکانپذیر و بر اساس شرایط موجود در شرکت های آب و فاضلاب اشاره گردد. بدیهی است پس از جمع آوری اطلاعات مطابق روش فوق الذکر می توان نسبت به انتقال آنها به یک سیستم GIS اقدام نمود.

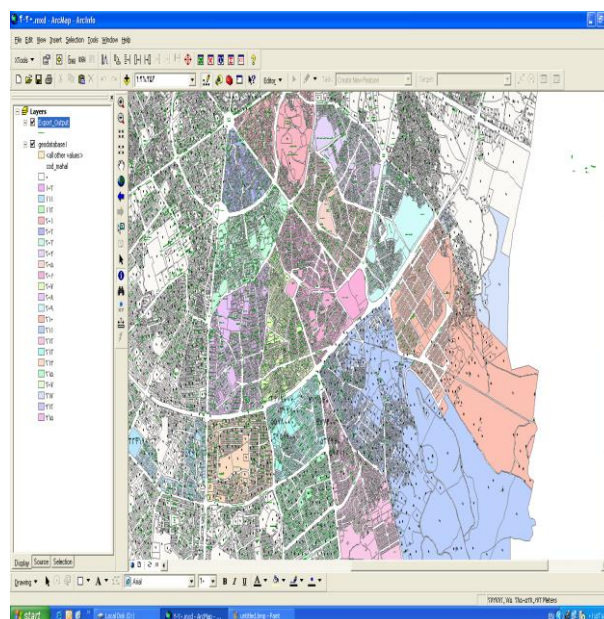


شکل (۵): درج شماره پرونده مشترکین در سیستم GIS
مشترکین شهر همدان و اتصال اطلاعات مکانی مشترکین به اطلاعات نرم افزار امور مشترکین با استفاده از شماره پرونده مشترک

مراجع

- [1] - تابش م. و هنری ج. ر، تحلیل حوادث شبکه های توزیع آب شهری (مطالعه موردی)، مجله آب و محیط زیست شماره ۵۰، (۱۳۸۱-۱۳۸۲)، ۱۳۸۱.
- [2] - تائبی. ا و چمنی. م، « شبکه های آب شهری »، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷۹.
- [3] - راهنمای عملیاتی کاهش و کنترل آب به حساب نیامده، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی آب کشور، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۷۸.
- [4] - طرح جامع سیستم اطلاعات مکانی آب و فاضلاب شهری، طرح ملی تحقیق، توسعه و بهسازی آب کشور، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۷۸.
- [5] Choi . B and Choi . G , : "A Development of Deterioration Estimation and Managment System on Water Lines Using GIS", 2000.
- [6] Poulton.M.D and Conroy.P.J(), , "GIS-Based Analysis for Selecting, 2001.

[7] www.esri.com.



شکل (۶): منطقه بندی مشترکین با استفاده از سیستم رنگ بندی در سیستم GIS

Ten years experience in using the UARL formula to calculate Infrastructure Leakage Index

Abstract

The formula for Unavoidable Annual Real Losses (UARL) was published by the 1st Water Loss Task Force in 1999, as a structured and auditable approach to estimating 'how low could you go?' The equation was developed using the BABE (Bursts and Background Estimates) component analysis concept, and the FAVAD (Fixed and Variable Area Discharges) concept for pressure leak flow rate relationships.

In addition to estimating 'how low could you go' for Real Losses in any distribution system (subject to lower limits for system size and pressure), the UARL permitted the calculation of a new non-dimensional performance indicator – the Infrastructure Leakage Index (ILI). The ILI is the ratio of the Current Annual Real Losses (CARL), derived from a Water Balance, to the UARL calculated from the formula.

Since 1999, UARL and ILI have been calculated for many hundreds of systems internationally, and ILI has been adopted as a key performance indicator by national organizations in several countries. The UARL formula and ILI have been the subject of much comment (both for and against), and some misunderstandings. The paper reviews these issues, to try to assist future users of UARL and ILI, and Unavoidable Background Leakage (UBL), to better understand their advantages and limitations, and when their use is appropriate or otherwise.

Keywords: Unavoidable Annual Real Losses; Infrastructure Leakage Index.

ده سال تجربه در استفاده از فرمول UARL جهت محاسبه ILI

علی موسی خانی^۱، فخرالدین آزاد شهرکی^۲

^۱ شرکت آب و فاضلاب، قزوین، mousakhani.a61@gmail.com

^۲ شرکت آب و فاضلاب روستایی، قزوین، azadshahraki@gmail.com

چکیده

در این فرمول هدررفت واقعی اجتناب ناپذیر سالیانه در سال ۱۹۹۹ بوسیله اولین گروه کاری هدررفت آب، با این عنوان که یک روش قابل ممیزی و ساخت یافته جهت تخمین اینکه "تا چه اندازه شما می توانید پایین تر بروید؟" منتشر شد. این معادله با استفاده از مدل BABE (تخمین شکستگی ها و نشت زمینه) یا مفهوم تحلیل مؤلفه ها و مدل FAVAD (منافذ ثابت و متغیر) یا مفهوم نسبت نرخ جریان نشت و فشار، توسعه داده شده بود. UARL علاوه بر تخمین اینکه برای هدررفت واقعی در هر سیستم "تا چه اندازه شما می توانید پایین تر بروید؟" (مشروط به کمترین محدودیت ها برای سایز و فشار سیستم)، منجر به محاسبه یک شاخص عملکرد بدون بعد به نام شاخص نشت زیرساخت (ILI) گردید. از فرمول UARL و ILI تفسیر های زیادی شد و برخی برداشت های اشتباه از این فرمول ها اتفاق افتاد. این مقاله به مرور و بازنگری این موضوعات می پردازد تا امکان کمک به کاربرانی که از UARL, ILI و UBL (نشت زمینه اجتناب ناپذیر) استفاده می کنند را فراهم آورد تا درک بهتری از مزیت ها، محدودیت ها و زمان مناسب یا نامناسب استفاده از آنها را داشته باشند.

کلمات کلیدی: هدررفت واقعی اجتناب ناپذیر سالیانه، شاخص نشت

۱- مقدمه

اولین بخش از این مقاله بطور خلاصه مفاهیم و پارامترهایی را که بطور منظم جهت توسعه استفاده شده‌اند را جمع بندی می کند :

- معادلات UARL و UBL
- روند تدریجی اعمال محدودیت‌ها برای فرمول UARL از سال ۱۹۹۹

- دومین بخش از این مقاله نقدهای مهمی که در رابطه با استفاده از UARL و ILI ایجاد شده بود را مطرح می کند. بعنوان مثال :
 - اگر فرمول UARL صحیح است چگونه ممکن است که یک ILI کمتر از ۱ محاسبه شود؟
- برخی کاربران جهت تعیین قابل اطمینان فشار متوسط با مشکل مواجهند!
- سومین بخش از این مقاله "نگاه آینده" عناوین زیر را مطرح می کند :
- آیا مواردی جهت تغییر در معادله UARL وجود دارد؟
- آیا ILI باید برای محک‌زنی (سنجش) مقایسه‌ای یا فرآیندی یا هر دو استفاده شود؟

۱- معادلات UARL و UBL

شاغلین مدیریت نشت موضوع عدم امکان حذف هدررفت واقعی از سیستم توزیع را به رسمیت شناخته‌اند. بنابراین باید یک مقدار حداقلی برای هدررفت واقعی وجود داشته باشد (تا چه اندازه شما می‌توانید پایین‌تر بروید؟) که بتوان در هر فشار کاری منحصر بفردی به آن دست یافت، البته برای سیستم‌هایی که در شرایط مناسب، زیرساخت آنها بخوبی مدیریت شده باشد.

برای بالاترین سالانه آب، UARL شامل UBL با اضافه نشت و شکستگی-های گزارش شده و نشده‌ای قابل کشف می باشد.

هر دو معادله UBL و UARL با فشار تغییر خواهند کرد بنابراین بطور تجربی پارامترهای استفاده شده در محاسبه UBL و UARL در آغاز در فشار استاندارد ۵۰ متر تعیین شده‌اند. اخیراً برخی از بخش‌های این ترمینولوژی (اما نه این مقادیر) برای استفاده آسان و ساده کاربران اصلاح شده اند بطوریکه با فرمت اصلی مقاله AQUA ۱۹۹۹ منطبق هستند. جدول ۱ فرمت اصلاح شده را نشان می‌دهد.

آزمایش‌ها در انگلستان و برزیل (۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹) نشان داد که نشت زمینه نوعاً با فشار به توان ۱٫۵ تغییر می‌کند (توان N1 در رابطه FAVAD برابر

۱٫۵ است). بنابراین وقتی که در حال تحلیل مؤلفه‌های جریان شبانه هستیم،

معادله UBL برای خطوط اصلی و انشعابات تا مرز ملک برابر است با :

$$UBL \text{ (litres/hour)} = (20 \times Lm + 1.25 \times Ns) \times (AZNP/50)^{1.5} \quad (1)$$

Lm : طول خطوط اصلی بر حسب کیلومتر، Ns : تعداد انشعابات (از خطوط اصلی تا مرز ملک)، AZNP : متوسط فشار شبانه ناحیه بر حسب متر، (liters / hour) : لیتر بر ساعت

وقتی که در حال محاسبه UARL هستیم، جهت اضافه شدن به UBL، ضرورت دارد که تعداد حوادث، نرخ جریان و طول زمان ترکیدگی ها و نشت-های گزارش شده و نشده در جدول ۱ نیز پذیرفته شود. تعداد حوادث مطرح شده در جدول ۱ بر اساس میانگینی از اطلاعات بین‌المللی می‌باشند، با فرض اینکه ۵٪ ترکیدگی‌های خطوط اصلی و ۲۵٪ ترکیدگی‌های انشعابات گزارش نشده هستند. نرخ‌های جریان ترکیدگی‌های انشعابات (۱٫۶ مترمکعب بر ساعت) بر اساس اطلاعات منتشر شده در انگلستان، برزیل و آلمان از سال ۱۹۹۴ می-باشند. در حالیکه UBL با فشار به توان ۱٫۵ تغییر می‌کند ($N1=1.5$) ترکیدگی‌های گزارش شده و نشده با فشار به توان ۰٫۵ ($N1=0.5$) تغییر می‌کند (نشت از منافذ ثابت مانند گردبر شدن، سوراخ‌های حاصل از خوردگی و غیره) یا با فشار به توان ۱٫۵ یا بیشتر (نشت از منافذ متغیر مانند ترک در لوله‌های انعطاف پذیر). برای سیستم‌های بزرگ با ترکیبی از لوله‌هایی از هر جنس، معمولاً فرض شده است که متوسط نرخ جریان نشت بطور خطی با فشار متوسط تغییر می‌کند ($N1=1$)، بنابراین اطلاعات جدول ۱ می‌تواند به یک محاسبه روزانه UARL، با فرض یک فشار ثابت در تمام ۲۴ ساعت، تبدیل شود.

هیچ مرز حداقلی و تعیین شده‌ای برای استفاده از فرمول UBL وجود ندارد. اما در فشارهای پایین‌تر (کمتر از ۲۰ متر) یا موقعیت‌هایی که کشف مؤثر نشت آکوستیک دشوار می‌شود، بعید است در عمل بتوان به ارقام UBL پیش‌بینی شده دست یافت.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای استفاده شده در محاسبه UBL و UARL در فشار ۵۰ متر

Infrastructure Component	Unavoidable Background Leakage	Detectable Reported Leaks and Bursts	Detectable Unreported Leaks and Bursts
On Mains	20 litres/km/hr	12.4 bursts/100 km/yr. at 12 m ³ /hr for 3 days = 864 m ³ /burst	0.6 bursts/100 km/yr. at 6 m ³ /hr for 50 days = 7200 m ³ /burst
On Service Connections, Main to Property Line	1.25 litres/conn/hr	2.25/ 1000 conns/yr. at 1.6 m ³ /hr for 8 days = 307 m ³ /burst	0.75/1000 conns/yr. at 1.6 m ³ /hr for 100 days = 3840 m ³ /burst
On Service Conns from Property Line to meter, if customer meter is not located at the property line	0.50 litres/conn/hr*	1.5/ 1000 conns/yr.* at 1.6 m ³ /hr for 9 days = 346 m ³ /burst	0.50/1000 conns/yr.* at 1.6 m ³ /hr for 101 days= 3878 m ³ /burst

* for 15 metres average length

جدول ۲: مؤلفه‌های هدررفت واقعی اجتناب ناپذیر سالانه

Components of Unavoidable Annual Real Losses at 50 metres pressure (metric units)					
Infrastructure Component	Unavoidable Background Leakage UBL	Reported Breaks	Unreported Breaks	Unavoidable Annual Real Losses UARL	
Mains	480 litres/km/day	290 litres/km/day	130 litres/km/day	900 litres/km/day	18 litres/km/day/ metre of pressure
Service Connections, main to curb-stop	30 litres/conn/day	2 litres/conn/day	8 litres/conn/day	40 litres/conn/day	0.80 litres/conn/day/ metre of pressure
Service Connections, curb-stop to meter	800 litres/km/day	95 litres/km/day	355 litres/km/day	1250 litres/km/day	25 litres/km/day/ metre of pressure
Typical FAVAD N1	Close to 1.5	0.5 to 2.5, depends on pipe materials and types of leaks		Assumed as average of 1.0 for UARL formula	

جدول ۳: روند محدودیت‌های اعمال شده به فرمول هدررفت واقعی اجتناب ناپذیر سالانه از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹

Parameter	Limits	Lambert et al, AQUA 1999	Lambert & McKenzie 2001	Liemberger & McKenzie 2005	Lambert 2009
Density of Connections/km	Minimum	20	20	Removed	No lower limit
	Maximum	100	Removed		No upper limit
Average Pressures (m)	Minimum	20	25	25	See Graph
	Maximum				See Graph
System Size	Minimum	Not stated	Nc > 5000	Nc > 3000	Nc + 20 x Lm > 3000

$$\text{UARL (liters/day)} = (18 \times L_m + 0.8 \times N_s + 25 \times L_p) \times P \dots\dots\dots(2)$$

معادله اصلی برای محاسبه UARL برابر است با :

(پ) انجام عجلانه محاسبات بعد از پایان سال آبی قبل از اینکه تمام کنتورهای حجیم و اطلاعات مصارف کنترل و اعتبار سنجی شده باشند.
(ت) تخمین بالای تعداد انشعابات (با برابر فرض کردن تعداد مشترکین دارای صورتحساب با تعداد انشعابات)؛ تخمین بالای فشار متوسط
(ث) سیستم خارج از محدودیت‌های سایز و متوسط فشار جدول ۳ و شکل ۱ این مقاله باشد.
(ج) در تعداد کمی از سیستم‌های بین‌المللی جائیکه هیچ ترکیب‌گذاری گزارش نشده‌ای وجود ندارد، UARL ۲۰٪ کمتر از پیش‌بینی فرمول استاندارد خواهد شد.

۳-۱ نقد: برخی کاربران در تعیین مطمئن فشار متوسط مشکل دارند!

در بیشتر کشورها پرداختن به ارزیابی یا گزارش از فشار متوسط رایج نیست. اگر سطح اطمینان هدررفت واقعی برابر $\pm 3\%$ (در یک ILI کمتر از یک) و سطح اطمینان فشار متوسط برابر $\pm 10\%$ باشد (با فرض اینکه طول خطوط اصلی و تعداد انشعابات شناخته شده‌اند) سطح اطمینان ILI برابر است با $\pm 31.6\% = 0.5(10\% + 30\%)$

۴- بخش سوم: نگاه به آینده

۴-۱: آیا مواردی برای تغییر فرمول UARL وجود دارد؟

در مقاله اصلی (لامبرت و همکاران، ۱۹۹۹) یک ممیزی ایجاد شده که به ۱۵ پارامتر جدول یک که در استخراج UARL استفاده شده‌اند، اجازه می‌دهد در صورت نیاز در آینده اصلاح شوند. توضیحات مربوط به این پارامترها مطابق شرح زیر است:

- آزمایش‌های بیشتر در انگلیس (UKWIR, 2005) هیچ چیزی جهت رد کردن مؤلفه‌های UBL بر روی خطوط اصلی و انشعابات تا مرز ملک بدست نیاوردند.
- رنود و همکاران (۲۰۰۷) اظهار می‌کنند که پیشگویی‌های UARL برای سیستم‌های روستایی کوچک با چگالی انشعابات پایین ممکن است بیش از حد زیاد باشد. این موضوع با تمام ترکیب‌های گزارش شده خطوط اصلی سازگار است اما جهت توجیه تغییر در UARL بدون اطلاعات اضافی ناکافی است.
- متوسط نرخ جریان برای ترکیب‌های لوله‌های انشعابات باید ۰٫۶ متر مکعب بر ساعت بجای ۱٫۶ متر مکعب بر ساعت باشد اما در مقاله اصلی متوسط زمان فرضی جهت تعمیر شکستگی احتمالاً خوشبینانه بود.
- در تجربه استرالیا اظهار می‌شود که در خشکسالی‌های جدی، متوسط زمان هدررفت شکستگی‌های خطوط اصلی ممکن است از ارقام فرض شده در جدول ۱ کوتاهتر باشد.
- در تعداد کمی از سازمان‌های آب که تمام نشت‌ها و ترکیب‌های قابل کشف گزارش شده هستند، UARL می‌تواند تا ۳۰٪ کمتر از فرم پیش‌بینی شده فرمول اصلی باشد.

۴-۲: آیا ILI باید برای محک زنی فرآیندی یا مقایسه‌ای یا هر دو استفاده شود؟

دو هدف کلیدی اولین گروه کاری هدررفت آب انجمن بین‌المللی آب (لامبرت و همکاران، ۱۹۹۹) این بود که یک ترمینولوژی بین‌المللی استاندارد برای

LM: طول خطوط اصلی بر حسب کیلومتر، NC: تعداد انشعابات، LP: طول لوله موجود بین مرز ملک تا کنتور مشترک بر حسب کیلومتر، P: فشار متوسط ۲۴ ساعته سیستم بر حسب متر، (liters/day): لیتر بر روز
در خصوص میزان حساسیت معادله UARL، جدول ۲ نشان می‌دهد که در فشار ۵۰ متر، UBL بزرگترین مؤلفه‌ی UARL را تشکیل می‌دهد. (۴۸۰ واحد از ۹۰۰ واحد (۵۳٪) بر روی خطوط اصلی، ۳۰ واحد از ۴۰ واحد (۷۵٪) بر روی انشعابات، و ۸۰۰ واحد از ۱۲۵۰ واحد (۶۴٪) بر روی لوله‌های اختصاصی املاک (مرز ملک تا کنتور مشترک)). مؤلفه‌های ترکیب‌های گزارش شده و نشده، نوعاً برای یک سوم (۱/۳) باقیمانده‌ی UARL محاسبه می‌شود. برای هیچ سیستم و سازمان منحصربفردی، محاسبه این پارامترها برای بخشی از یک "سیستم معین" مشابه فرضیات جدول یک نخواهد شد (هر کدام از نرخ-های جریان و حوادث که اشاره شده‌اند). بنابراین اگر تمام ترکیب‌های گزارش شده و نشده قابل کشف، موقعیت یابی و در مقطع زمانی نشان داده شده تعمیر شوند حجم تجمعی تمام این مؤلفه‌ها باید برابر پیش‌بینی UARL گردد. اگر در جدول ۱ فرض شده بود که ۱۰۰٪ تمام نشت‌ها و ترکیب‌های گزارش شده باشند، نتیجه معادله UARL به لیتر بر انشعاب بر روز بصورت زیر خواهد شد:

$$(15.8 \times Lm + 0.65 \times Ns + 18.5 \times Lp) \times P$$

که ۲۰٪ از فرمول اصلی UARL کمتر است. اکنون مشخص شده است که عدد اصلی ۱٫۶ مترمکعب بر ساعت استفاده شده برای نرخ‌های جریان نشت لوله‌های انشعابات در فشار ۵۰ متر بیش از حد بالاست. عدد ۰٫۶ متر مکعب بر ساعت برای استفاده‌های بین‌المللی مناسب‌تر است. هر چند ممکن است بحث شود که متوسط زمان ۸ روز هدرروی برای نشت لوله‌های انشعابات خوشبینانه بوده است و اگر در هر ترکیب‌ی با نرخ ۰٫۶ مترمکعب بر ساعت ۲۱ روز زمان هدررفت باشد جدول ۱ بدون تغییر خواهد بود.

۲-۲ محدودیت‌های اعمال معادله UARL

جدول ۳ نشان می‌دهد که چگونه اعمال محدودیت‌های استاندارد برای محاسبه UARL بطور تدریجی از زمان انتشار مقاله اصلی در سال ۱۹۹۹ کاهش یافته است.

۳- بخش دوم: نقدهای وارد شده به UARL و ILI

۳-۱ چگونه فرمول UARL می‌تواند صحیح باشد در حالیکه ILI کمتر از یک محاسبه شده باشد؟

شرح اینکه یک ILI کمتر از یک چگونه ممکن است بوجود آید در زیر دنبال شده است:

(الف) در ILI‌های پایین سطح اطمینان برای CARL محاسبه شده از بالانس آب احتمالاً حداقل ۲۰٪ $\pm$ است، حتی اگر سیستم کاملاً کنتورگذاری شده باشد.

(ب) وجود خطاهای سیستماتیک در محاسبات بالانس آب - کم ثبت کردن کنتورهای حجیم ورودی سیستم، زیاد ثبت کردن کنتورهای حجیم صادر کننده آب، تخمین زیاد مصارف اندازه‌گیری شده اگر هیچ اصلاح تأخیر زمانی اندازه‌گیری وجود نداشته باشد، تخمین زیاد مصارف کنتورهایی که کم ثبت می‌کنند، تخمین زیاد مصارف مجاز بدون درآمد و غیر مجاز.

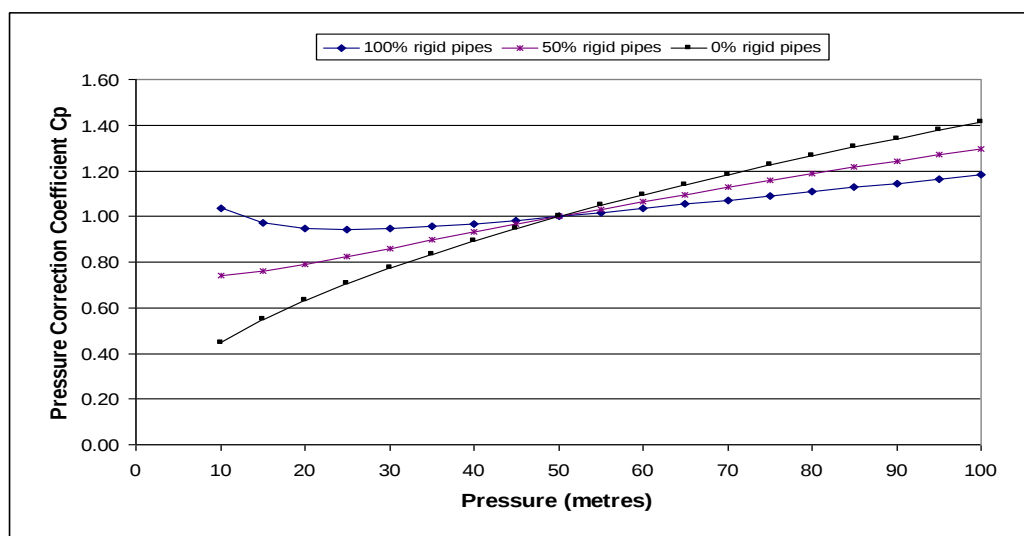
۵- نتایج

- پارامترهای استفاده شده برای محاسبه UARL و UBL در یک فرمت متفاوت در جدول ۱ و ۲ مشخص شده‌اند تا به کاربران جهت تجزیه و تحلیل هایشان کمک کنند.
- معادله UBL برای استفاده در تحلیل مؤلفه‌های جریان شبانه بطور واضح با یک $FANVAD N1=1.5$ تعیین شده است.
- شرایط و محدودیت‌های اعمالی در معادله UARL در جدول ۳ به‌روز و آماده شده است.
- جائیکه ILI ها کمتر از یک محاسبه شده بودند، تمام جوانب محاسبه حجم هدررفت واقعی باید با اعمال سطح اطمینان کنترل و اعتبار سنجی شوند.
- در سیستم‌هایی که هیچ نشت گزارش نشده‌ای وجود ندارد، ILI های کم تا ۰.۷ امکان پذیر است.
- اکنون جوانب کمی از پارامترهای UARL می‌تواند اصلاح شود اما امکان دارد مزایای آن با به اشتباه انداختن کاربران کاهش یابد.
- ILI بهترین شاخص عملکرد موجود برای ارزیابی استاندارد (محک زنی مقایسه‌ای) هدررفت واقعی می‌باشد. اما بعنوان یک شاخص عملکرد برای محک زنی فرآیندی، در صورتیکه مدیریت فشار بخشی از استراتژی کاهش هدررفت واقعی باشد، مناسب نیست.

بالانس آب پیشنهاد و شاخص‌های عملکرد را برای مقایسه‌های بین‌المللی هدررفت در سیستم‌های توزیع آب بازنگری کند تا در نسخه اول شاخص‌های عملکرد برای سیستم‌های خدماتی توزیع آب نیز لحاظ شوند (الگری و همکاران، ۲۰۰۰). در آن زمان، تقریباً ده سال پیش، هیچ تمایزی در دو نسخه شاخص‌های عملکردی منتشر شده توسط IWA ایجاد نشده بود تا اختلاف بین محک زنی مقایسه‌ای و محک زنی فرآیندی را نشان دهد (کابریا، ۲۰۰۸).

- محک زنی مقایسه‌ای (ارزیابی استاندارد)، شاخص‌های عملکرد مقداری سازمان‌های مختلف با ویژگی‌های بسیار متفاوت را مقایسه می‌کند. مقایسه بین "سیب‌ها" و "کلابی‌ها"
- محک زنی فرآیندی، بهترین اقدامات جهت بهبود عملکرد در داخل یک سازمان منحصربفرد را شناسایی و ایجاد می‌کند تا میزان پیشرفت در اهداف آینده را اندازه‌گیری کنند.

تجربه ده سال گذشته نشان می‌دهد که ILI مفیدترین شاخص عملکردی است که بطور رایج جهت محک زنی مقایسه‌ای در سازمان‌ها، ایالات، کشورها و سطوح بین‌المللی در دسترس می‌باشد. اما برای محک زنی فرآیندی، در صورتیکه مدیریت فشار بخشی از استراتژی کاهش هدررفت باشد، ILI یک شاخص عملکرد مناسب نیست (فانو و همکاران، ۲۰۰۷) بلکه لیتر بر انشعاب بر روز (اگر چگالی انشعابات بیشتر از ۲۰ انشعاب در هر کیلومتر از خطوط اصلی باشد) و متر مکعب بر کیلومتر بر روز (اگر چگالی انشعابات کمتر از ۲۰ انشعاب در هر کیلومتر از خطوط اصلی باشد) یک شاخص عملکرد مناسب برای محک زنی فرآیندی می‌باشد.



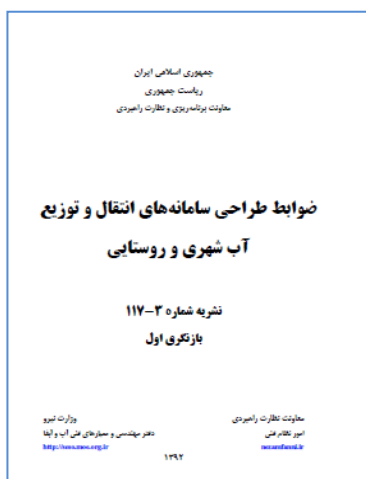
شکل ۱: تأثیر نوع جنس لوله بر روی نشت اجتناب ناپذیر سالانه با تغییر فشار

۶- منابع

Lambert A, (2009). Ten years experience in using the UARL formula to calculate Infrastructure

Leakage Index. Water Loss 2009 Conference Proceedings, April 2009, Cape Town.

معرفی کتاب، مقاله، نشریه و مطالب کاربردی مرتبط



Water Hammer Research
Kaveh Hariri Asli, PhD,
Taylor & Francis Group,
2013



Iran Aras River

فصلنامه آب بدون درآمد و مدیریت مصرف / سال اول / زمستان ۱۳۹۴
Non-Revenue Water Journal (NRWJ)/ Issue No.1/ February-march 2016



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

National
Water and Wastewater Engineering Company



Non-Revenue Water Journal (NRWJ)

Issue No.1

February-march 2016

