

## ارزیابی مدیریت بهره وری از شبکه های آبرسانی با محاسبه شاخصه های مدیریتی آب بدون درآمد

### مطالعات موردی شهر فاروج

علی بهمن

کارشناس فنی شرکت آب و فاضلاب خراسان شمالی Email: [borna\\_bahman1387@yahoo.com](mailto:borna_bahman1387@yahoo.com)

#### چکیده

نشت آب در تمامی شبکه های آبرسانی وجود دارد ، این مقدار می تواند درصد قابل توجهی باشد و یا با مدیریت ایده آل به درصد بسیار کم تقلیل یابد. بالانسینگ سالانه آب برای ارزیابی آب بدون درآمد و اجزای آن به کار می رود، با توجه به تنوع در تعاریف و اشکال به کار رفته در محاسبات آن و گاهاً عدم کفایت این تعاریف جهت مدیریت عملی شبکه های آبرسانی، این محاسبات صرفاً یک روال اداری محسوب می شود. با مطرح شدن بحث هدر رفت آب و تقسیم بندی آن به هدر رفت ظاهری و واقعی در شبکه های آبرسانی شناسایی عوامل موثر بر میزان آن از اهمیت زیادی برخوردار شده و درک مفاهیم ، شناخت شاخص های هدر رفت و دقت در اندازه گیری آن مورد توجه مدیران ارشد قرار گرفته است. به آن قسمت از آب تولید شده که بر اساس داده های فروش به مصرف مشترکین نرسیده است " آب بدون درآمد " اطلاق می گردد. معمولاً عوامل موثر در شاخصهای آب بدون درآمد از منطقه ای به منطقه ای دیگر متفاوت بوده و به عوامل متعددی من جمله نحوه بهره برداری از شبکه ، طول و جنس شبکه ، تعداد مشترکین ، توپوگرافی منطقه ، کیفیت آب و نحوه رفع اتفاقات بستگی دارد. بنابراین ارزیابی هر منطقه به خودی خود می تواند متفاوت باشد. برخی از شاخص ها وجود دارند که می تواند میزان مدیریت شبکه را به وضوح نشان دهد. طی این مقاله عملکرد مدیریت شبکه آب شهر فاروج (خراسان شمالی) با ارزیابی مؤلفه های مؤثر بر آب بدون درآمد و میزان تغییرات آن مورد بررسی قرار گرفته است.

#### واژه های کلیدی:

مدیریت شبکه های توزیع آب، شاخص های آب بدون درآمد ، نشت ، بالانسینگ ، هدر رفت.

آمار و اطلاعات نشان می‌دهد کشور ما در معرض خشکسالی است [۱]. بنابراین با نگاهی به آینده مصرف رو به افزایش آب، نیاز به تعیین معیار های کاهش تلفات آب در سطح مدیریت کلان ضروری به نظر می‌رسد. به طور کلی مقدار هدر رفت آب بیانگر بازدهی شبکه توزیع آب و نحوه نگهداری از آن و به طور مستقیم میزان سوددهی مجموعه را بیان میکند. بدین معنی که هزینه های تولید، بهره برداری و نگهداری از شبکه های آب در صورتی قابل توجیه هستند که از وجوه پرداختی مصرف کننده کمتر باشند در غیر اینصورت مجموعه متضرر میگردد.

با توجه به اهمیت معیار هایی مثل بقای آب در اکوسیستم و حفاظت از محیط زیست در دنیا، کنکاش در زمینه کاهش آب به حساب نیامده و کنترل شاخصهای آن روز به روز مورد توجه قرار گرفته و ارزش واقعی خود را در میان مدیران ارشد بدست می‌آورد.

هدر رفت آب به دو دسته تقسیمبندی می‌شوند. اول هدر رفت ظاهری که شامل تلفات غیر قابل رویت مثل مصارف غیر مجاز، خطای اندازه گیری و دوم هدر رفت واقعی یا فیزیکی که شامل نشت و سر ریز از مخازن خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات میباشد.

محمدرضا اسدی [۱۰] ضمن بررسی افزایش راندمان سیستم های آبرسانی از طریق کنترل آب بدون درآمد به موضوع تنوع کنترل های آب موجود و تاثیری که دقت آنها بر میزان هدررفت ظاهری می‌گذارد، پرداخته است. فریدون عباسپور طی یک گزارش در روزنامه به بررسی اشکالات بالانسینگ آب و استاندارد های بین المللی پرداخته است. پذیرش استاندارد بالانس آب سازمان بین المللی آب، در سطح دنیا به شکل فزاینده ای رو به گسترش است. این استاندارد هم اکنون توسط شرکت های آلمانی، انجمن خدمات آب و آژانس حفاظت از محیط زیست کویزلند استرالیا، شرکت های خدمات آب مالت، کمیسون تحقیقات آب آفریقای جنوبی، انجمن آب و فاضلاب نیوزلند، انجمن مدیریتی آب آمریکا، فدراسیون شهرداری ها و مرکز تحقیقات ملی کانادا، شرکت های مشاور شاغل در اتریش، برزیل، قبرس، غنا، اردن، قزاقستان، مالزی، عمان، فلسطین، عربستان سعودی، انگلستان، ازبکستان، مورد تاکید قرار گرفته است. صرف نظر از اینکه در محاسبه هدررفت آب از چه روش یا روش هایی استفاده می‌شود، همواره عدم قطعیت در اعداد محاسبه شده آب بدون درآمد، هدررفت ظاهری و واقعی وجود خواهد داشت. سعی بر این است که با بررسی این عدم قطعیت ها، دیدگاه ها عملی در تعیین مقدار هدررفت اعمال شود. محاسبات عدم قطعیت امری است که سال ها به عنوان یک روش استاندارد در اندازه گیری عامل های هیدرولوژیک جریان رودخانه ها به کار می‌رود، اما استفاده از آن در محاسبات هدررفت آب به تازگی مورد توجه قرار گرفته است. البته هدررفت واقعی را نمی‌توان به طور کامل حذف کرد. در سامانه هایی که به خوبی مدیریت و نگهداری می‌شوند، کمترین حجم هدررفت سالانه واقعی که با روش های فنی قابل دستیابی است را تحت عنوان هدر رفت واقعی غیر قابل اجتناب می‌نامند. [۱۱]

آلن لمبر [۷] در مقاله ای به موضوع عوامل موثر در کاهش آب بدون درآمد یا همان آب به حساب نیامده پرداخته است. شاخص های آب بدون درآمد از سال ۲۰۰۰ میلادی مورد توجه شرکت آب و فاضلاب خراسان شمالی قرار گرفت و اقدامات گسترده ای در جهت کاهش آب بدون درآمد صورت پذیرفت. در این مقاله به بررسی تغییرات شاخصهای آب بدون درآمد بر اثر تغییرات در نحوه مدیریت شبکه با رویکرد شناسایی عوامل موثر بر میزان آن خواهد پرداخت. در ابتدا مقدار استاندارد شاخص ها محاسبه کرده و بعد از محاسبه مقدار واقعی نسبت به مقایسه آنها می‌پردازد.

### دلایل بررسی شاخص های آب به حساب نیامده:

زمانی که نیازها و چالش های پیش رو را بشناسیم قادر خواهیم بود با واکنش مناسب بر آنها پیروز شویم. از مهمترین دلایل بررسی شاخص های آب به حساب نیامده تامین آب، حفظ منابع آب، کاهش فشار بر منابع آب موجود در منطقه و در نهایت مصرف آن مقدار از منابع که صرفه جویی شده اند در سایر بخشها است. علت اصلی کم توجهی به شاخص های آب به حساب نیامده پیگیری طرح های مطالعاتی بصورت مقطعی و عدم وجود برنامه ریزی بلند مدت در زمینه مدیریت منابع آب است. مهمترین دلیل بررسی شاخص های آب به حساب نیامده نگهداری منابع آب شیرین در دنیاست.

### منطقه مورد مطالعه :

شهرستان فاروج در شرق استان خراسان شمالی قرار گرفته است. این شهرستان از شمال به شهر باجگیران، از جنوب به شهرستان اسفراین، از غرب به شهرستان شیروان و از شرق به قوچان در استان خراسان رضوی منتهی می‌شود. شهرستان فاروج در دره رود اترک بین رشته کوههای کپه داغ- هزار مسجد در شمال و آلاداغ بینالود در جنوب شکل گرفته است. آب و هوای این شهرستان در تابستانها معتدل و در زمستانها بسیار سرد است. کشاورزی در شهرستان فاروج به دلیل وجود منابع آب کافی، از جمله رودخانه اترک، رونق دارد و به یکی از مراکز مهم تولید غلات روغنی و انواع آجیل تبدیل شده است. شهرستان فاروج که در قدیم با نام فرج آباد نیز شناخته می‌شده، با قدمتی تاریخی و تمدنی کهن (ساسانیان) در سال ۱۳۸۸ از بخش به شهرستان ارتقاء یافت. بطور کلی شرایط زیست محیطی و اقلیمی شهرستان فاروج برای ایجاد مراکز سکونتی بسیار مناسب است و از آنجا که شواهدی مبنی بر بروز تغییرات اساسی مورفولوژیکی و هیدرولوژیکی

## همایش مدیران آب و فاضلاب شهری و روستایی سراسر کشور

در دره رود اترک وجود ندارد، احتمالاً این وضعیت در دوره باستان نیز وجود داشته است. پراکندگی فراوان تپه ها، محوطه ها و ابنیه باستانی در بخش های مختلف این شهرستان از دوره پیش از تاریخ تا دوره اسلامی گواه این مدعاست. بیشترین فعالیت مردم شهرستان کشاورزی، دامداری و پرورش طیور می باشد. وضعیت خاص آب و هوایی اواخر تابستان (روزهای گرم و شبهای خنک) باعث تولید انگور بسیار مرغوب می شود که کشمش حاصل از آن

شهرت ملی دارد.

شهرستان فاروج از ظرفیت های طبیعی، تاریخی، فرهنگی برای جذب گردشگر برخوردار می باشد. فاروج در ایران بنام شهر آجیل معروف می باشد. این شهرستان دارای کارخانه های رب، کشمش، کالباس، دوغ، کنستانتیره و بسته بندی خشکبار می باشد.

شبکه آبرسانی شهر فاروج مشتمل بر ۷ حلقه چاه آب شرب، ۲ باب مخزن زمینی، ۱ باب مخزن هوایی، ۶/۶ کیلومتر شبکه آبرسانی و ۴۸۸۵ رشته انشعاب آب می باشد. از این مقدار شبکه ۲/۷ کیلومتر فرسوده هستند. ۵۸٪ از شبکه از جنس آزیست، ۳۶٪ پلی اتیلن، ۵٪ گالوانیزه و ۱٪ پی وی سی است.

### شرح مطالعه :

#### ۱- تعیین آب به حساب نیامده غیر قابل اجتناب (UARL) :

آن قسمت از هدر رفت آب است که در سیستم های کاملاً مدیریت شده (ایده آل) هم وجود دارد و از میزان آن نمی توان کم کرد. این مقدار نسبت به حجم هدر رفت واقعی میزان کمی است اما با مدیریت مناسب شبکه آبرسانی می توان مقدار هدر رفت را به UARL نزدیک کرد. این میزان با فرمول شماره (۱) قابل اندازه گیری است. نکته قابل ملاحظه این است که مقدار UARL با مدیریت فشار در شبکه آبرسانی ارتباط مستقیم دارد.

شکل شماره (۱) چهار اصل اساسی مدیریت هدر رفت آب را نشان میدهد [۷]. تنها به توضیح این مسئله بسنده می گردد که با مدیریت منسجم و صرف هزینه میتوان میزان هدر رفت را کاهش داد.

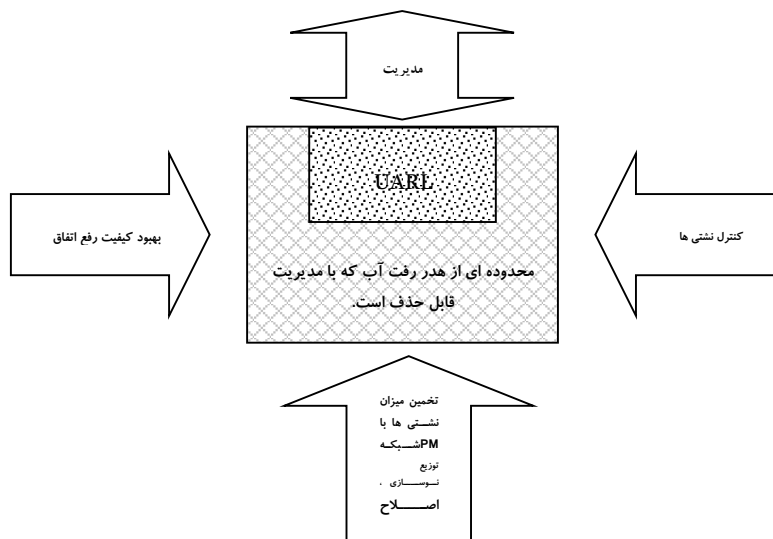
$$UARL(lit/day) = (18(L_m / N_c) + 0/8 + 25(L_p / N_c))P \quad (1)$$

جهت محاسبه مقدار آب به حساب نیامده غیر قابل اجتناب (UARL) به مقادیر زیر نیاز می باشد:

$L_m$ طول شبکه های اصلی بر حسب کیلومتر	این مقدار در شهر فاروج برابر است با : ۶۵,۶ کیلومتر
$N_c$ تعداد گره ها یا انشعابات	این مقدار در شهر فاروج برابر است با : ۴۸۸۵ رشته
$L_p$ طول انشعابات بر حسب کیلومتر	این مقدار در شهر فاروج برابر است با : ۲۹,۹۵ کیلومتر
$p$ فشار بهره برداری از شبکه آبرسانی بر حسب متر	این مقدار در شهر فاروج برابر است با : ۳۰ تا ۴۰ متر

با جایگذاری اعداد و در نظر گرفتن متوسط فشار به میزان ۴۰ متر به عدد ۴۷,۷۹۳۴ لیتر در روز میرسیم. [۸]

یعنی با اجرای مدیریت منسجم و فشرده که به همراه بهبود کیفیت رفع اتفاقات، کنترل میزان نشتی، نوسازی و اصلاح شبکه های فرسوده مقدار پرت آب شهر فاروج در یکسال ۱۷/۵ متر مکعب خواهد بود. اما نکته اینست که برای رسیدن به این عدد هزینه های بسیار زیادی در جهت مکانیزاسیون و بازسازی تاسیسات نیاز است.



## همایش مدیران آب و فاضلاب شهری و روستایی سراسر کشور

شکل شماره (۱) چهار اصل اساسی مدیریت هدر رفت آب

از سال ۱۹۹۷ برخی از کشورها مطالعات گسترده‌ای را در این زمینه آغاز کردند جدول زیر نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در آن کشورها را نمایش می‌دهد.

جدول شماره ۱

ردیف	نام منطقه	میزان تلفات (در صد)	سایر توضیحات
۱	سنگاپور	۵	
۲	دانمارک	۶	
۳	هلند	۶	
۴	آلمان	۷	سال ۲۰۰۵
۵	ژاپن	۷	سال ۲۰۰۷
۶	مانیلا شرقی در فیلیپین ۲۰۱۱	۱۱	در سال ۱۹۹۷ این مقدار حدود ۶۳ درصد بوده است.
۷	تونس	۱۸	۲۰۰۴
۸	انگلستان و ولز	۱۹	۲۰۰۵
۹	جاکارتا در اندونزی	۳۹	در سال ۱۹۹۸ این مقدار حدود ۵۷ درصد بوده است.
۱۰	مکزیک	۵۱	۲۰۰۳
۱۱	امان در اردن	۳۴	۲۰۱۰

### ۲- تعیین شاخص فنی هدر رفت واقعی (TIRL) :

TIRL نشاندهنده میزان هدر رفت واقعی به ازاء هر مشترک است و بر حسب lit/con.day تعیین میگردد. [۸]

TIRL (lit/con.day) : تعداد انشعابات / حجم کلی هدررفت

میزان حجم کلی هدر رفت آب در سال ۱۳۹۲ مقدار ۱۸۳۳۴۱ متر مکعب بوده که معادل ۵۰۲۳۰۴/۱۱ لیتر در روز است.

لیتر به ازاء هر انشعاب در روز ۱۰۲,۸۲۶ =  $TIRL = 502304,11 / 4885$

شاخص فنی هدر رفت واقعی (TIRL) در حالت استاندارد ۰/۰۱۰ لیتر به ازاء هر انشعاب در روز است. فاصله این عدد با مقدار واقعی اختلاف بسیاری وجود دارد.

### ۳- تعیین شاخص زیر ساخت هدر رفت (شاخص مدیریت) (ILI) :

ILI نشاندهنده نحوه مدیریت شبکه توزیع آب (نگهداری، تعمیرات و نوسازی) برای کنترل و کاهش هدر رفت واقعی در فشار بهره برداری است. مقدار آن از رابطه زیر قابل محاسبه است: [۸]

$$ILI = TIRL / UARL$$

به ازاء هر اشتراک در شرایط استاندارد  $ILI = 0,010 / 47,7934 = 0,0002092$

این شاخص نبایستی از یک بیشتر باشد در شبکه آبرسانی فاروج ۲/۱۵۲ است. نزدیکتر بودن این عدد به صفر بیانگر مدیریت بهتر در شبکه، کیفیت رفع اتفاقات و کیفیت اجرای شبکه است.

## همایش مدیران آب و فاضلاب شهری و روستایی سراسر کشور

### سایر شاخصهای کاربردی:

در مدیریت شبکه آبرسانی شاخصهایی وجود دارند که بصورت تجربی مورد استفاده مدیران قرار می گیرند. مهمترین این شاخصها میزان شبکه فرسوده به ازاء هر مشترک ، درصد اشتراکهای فرسوده و درصد کنتور های خراب، درصد تغییرات تولید آب، درصد تغییرات مصرف آب، درصد تغییرات اتفاق در شبکه، تعداد اتفاق درواحد طول شبکه ، درصد اتفاق در انشعابات، مقایسه سرانه تولید، مقایسه سرانه مصرف و درصد کنتورهای قرائت نشده می باشند.

### بحث :

این مقادیر در سال ۹۲ اندازه گیری شد و در راستای کاهش آنها اقدامات گسترده ای مانند اجرای تعدیل فشار در شبکه ، نوسازی و اصلاح، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و کنترل نشت از مخازن صورت پذیرفت. جدول زیر تغییرات شاخص های آب به حساب نیامده بعد از مدیریت شبکه در سال های ۹۲ و ۹۳ را نمایش میدهد.

جدول شماره ۲- مقایسه شاخصهای آب بدون درآمد بعد از مدیریت

ردیف	شرح	استاندارد	۱۳۹۲	۱۳۹۳
۱	UARL	۴۷/۷۹۳۴	۴۷/۷۹۳۴	۴۷/۷۹۳۴
۲	TIRL	۰/۰۱۰	۱۰۲/۸۲۶	۹۴/۲۸
۳	ILI	۰/۰۰۰۲۰۹۲	۲/۱۵۲	۱/۹۷۲
۴	میزان شبکه فرسوده به ازاء هر مشترک (متر)	*	۰/۶۳	۰/۵۵
۵	درصد انشعابات فرسوده	۰	۶/۳	۴/۰۹
۶	درصد کنتور های خراب	۰	۲/۶	۱/۳
۷	درصد اتفاق در انشعابات	۰	۵/۳	۴/۲۹
۸	تعداد اتفاق درواحد طول شبکه	۰	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۳

### نتیجه گیری :

با توجه به سختی هایی که در اندازه گیری و محاسبه مقادیر هدر رفت آب در تمامی جوانب وجود دارد، به فرجام رساندن آن غیر ممکن نیست. دستیابی به کمترین میزان هدر رفت و تعیین راهکارهای مناسب با توجه به منطقه نیازمند مطالعه است، لکن نیاز است تا نقاط سیستم از صفر تا صد مورد نقد و کنکاش قرار گیرد. مقایسه میزان تلفات در شهر فاروج با سایر کشورهای دنیا بیانگر این واقعیت است که اعداد فاصله زیادی با استانداردها دارند و نیاز است تا مطالعات کاملی در این خصوص صورت پذیرد.

میزان تلفات آب بین ۱۰ تا ۲۰ درصد از لحاظ اقتصادی و فنی قابل توجیه است لکن رسیدن به اعداد پایین تر توجیه اقتصادی نداشته و نیازمند سرمایه گذاری کلان خواهد بود. نگاهی به نتایج جدول شماره (۲) نشان میدهد امور آب و فاضلاب شهر فاروج عملکرد بسیار خوب و قابل قبولی داشته است.

با توجه به مطالب مذکور راهکارهای پیشنهادی در جهت کاهش تلفات آب در شهر فاروج به ترتیب اولویت به شرح زیر عنوان میگردد:

۱. نصب و کالیبراسیون و تعیین دقت تجهیزات اندازه گیری جریان در منابع و مخازن ( ورودی و خروجی) و تست خوشه ای کنتور ها
۲. اصلاح خطوط انتقال فرسوده، بازسازی و نوسازی انشعابات و شبکه های فرسوده
۳. یکنواخت سازی فشار شبکه و اجرای DMA در شبکه آبرسانی
۴. تعیین ضریب تصحیح کنتورهای مشترکین بر اساس جامعه آماری مناسب در مناطق مختلف شهر [۴]

۹- قدردانی :

شایسته است از زحمات و حمایت های همه جانبه مدیر عامل محترم شرکت آب و فاضلاب خراسان شمالی و معاونین محترم ایشاندر جهت تهیه این مقاله قدر دانی نمایم.

۱۰- مراجع :

۱. مطالعات کاهش آب بدون درآمد شهر بجنورد، مهندسین مشاور بهسازان محیط آریا ، ۱۳۸۶.
  ۲. ارزیابی هدررفت واقعی شهر بجنورد به روش حداقل جریان شبانه، محمد حسین اسلامی، ۱۳۸۶.
  ۳. راهنمای بالانسینگ در شبکه های آبرسانی ، مهندسین مشاور سما.
  ۴. بررسی شیوه ها و روشهای کاهش آب بدون درآمد ، بوستانی فردین ۱۳۸۴.
  ۵. محمد تقی منزوی ، آبرسانی شهری ، انتشارات دانشگاه تهران.
  ۶. هدررفت سیستم های آبرسانی : اصطلاحات استاندارد و معیارهای عملکرد توصیه شده ، انجمن بین المللی آب ، ترجمه اداره مطالعات آب بدون در آمد ، شرکت آب و فاضلاب استان قم .
- ۷- A Practical Approach to Water Loss Reduction , ALLAN LAMBERT in Water ۲۱- ۲۰۰۳ .
- ۸- Managing leakage by managing pressure a practical approach, JULIAN THORNTON, in Water ۲۱, chair of the Water Loss Task Force.
- ۹- THE EFFECT OF PRESSURE ON LEAKAGE IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS JE van Zyl and CRI Clayton.
- ۱۰- اسدی، محمدرضا، ۱۳۸۸، افزایش راندمان سیستم های آبرسانی از طریق کنترل آب بدون درآمد، سومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره برداری، تهران، دانشگاه صنعت آب و برق، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور،
- ۱۱- فریدون عباسپور ، مدیردفتر مطالعات آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب مشهد ، ارزیابی آب بدون درآمد و اجزای آن، آرشیو روزنامه.