بررسی تفصیلی هدررفت آب در شبکه‌های توزیع آب شهری

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۳۹۵۷
آبان‌ماه ۱۳۹۳

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۱
۱. تعاریف آب به حساب نیامده ۲
۲. تقسیم‌بندی آب به حساب نیامده ۳
۱-۲. آب به حساب نیامده غیرفیزیکی (تلفات ظاهری) ۵
۲-۲. آب به حساب نیامده فیزیکی (هدررفت واقعی) ۸
۳. نشت در شبکه‌های آب شهری ۱۲
۱-۳. وابستگی فشار و نشت ۱۲
۲-۳. انواع نشت در شبکه‌های آب شهری ۱۳
۳-۳. مدیریت نشت ۱۵
٤. شاخص‌های آب به حساب نیامده ۱٦
٥. بررسی وضعیت آب به حساب نیامده شبکه‌های شهری در ایران ۱۹
۱-٥. شاخص‌های آب به حساب نیامده در ایران ۲۱
۲-٥. محاسبه ارزش ریالی آب به حساب نیامده ۲۸
٦. ملاحظات اقتصادی کاهش آب به حساب نیامده ۲۹
۷. راهبردهای مدیریت آب به حساب نیامده ۳۱
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۳٤
منابع و مآخذ ۳٥

بررسی تفصیلی هدررفت آب در شبکه‌های توزیع آب شهری

چکیده

در حال حاضر وجود مقادیر زیاد آب به حساب نیامده در شبکه های توزیع آب شهری یکی از معضلات این بخش به شمار می‌رود. آب به حساب نیامده دارای مؤلفه‌های زیادی است که در یک دید کلی به آب به حساب نیامده فیزیکی و آب به حساب نیامده غیرفیزیکی تقسیم می شود. آب به حساب نیامده فیزیکی یا تلفات واقعی ناشی از نشت و فرار فیزیکی آب از شبکه توزیع است، ولی آب به حساب نیامده غیرفیزیکی یا تلفات ظاهری به‌دلیل خطای انسانی، ابزار اندازه‌گیری و یا خطای مدیریت و راهبری سامانه اتفاق می افتد. وضعیت آب به حساب نیامده در یک شبکه توزیع را می‌توان توسط شاخص‌های آب به حساب نیامده بررسی کرد. توسط این شاخص‌ها می‌توان شبکه‌های توزیع مختلف را با هم مقایسه نمود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در حال حاضر متوسط درصد آب به حساب نیامده در کشور برابر با ۲۵ درصد است که ۱۳/٤ درصد آن مربوط به تلفات واقعی و ۱۱/٦ درصد آن نیز مربوط به تلفات ظاهری است. همچنین به‌طور متوسط در کشور میزان دبی آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک برابر با ۱۱ لیتر در ساعت بر مشترک و همچنین میزان دبی آب به حساب نیامده به ازای واحد طول خط اصلی برابر با ۱۱۳٦ لیتر در ساعت بر کیلومتر است که همگی حاکی از بالا بودن آن است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که در کشور شرکت های آب و فاضلاب خوزستان، تهران، البرز و اهواز دارای بدترین وضعیت و شرکت های آب و فاضلاب یزد و آذربایجان شرقی به‌طور نسبی دارای بهترین وضعیت از منظر تلفات آب به حساب نیامده هستند. با توجه به کمبود آب در کشور و وقوع خشکسالی‌های اخیر، لزوم کاهش آب به حساب نیامده در کشور به‌شدت احساس می‌شود.

مقدمه

در چند دهه اخیر مجامع بین‌المللی و کشورهای پیشرفته توجه خاصی به مسئله محدودیت منابع آب و یافتن راه‌حل‌هایی در زمینه مقابله با کمبود آب به‌ویژه جلوگیری از تلفات آب معطوف داشته‌اند. موضوع آب به حساب نیامده و نشت در سامانه‌های آبرسانی و شبکه‌های توزیع آب شهری از مواردی است که در سه دهه اخیر در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار گرفته و با برنامه‌ریزی

مدون علمی، تجارب خوبی نیز درخصوص مباحث نظری و موارد اجرایی کاهش آن، حاصل شده است. کشور ایران با متوسط بارش سالیانه حدود ۲٤۰ تا ۲۵۰ میلیمتر در زمره مناطقی از جهان است که از موهبت نزولات جوی به اندازه کافی بهره‌مند نیست. قسمت عمده مساحت کشور را مناطق خشک و کم آب فرا گرفته و لذا از دیرباز آب نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه اقتصادی آن داشته است. نظر به اینکه در گذشته آب به قیمت ارزان و به آسانی در دسترس بوده، لذا دستگاه‌های مسئول توزیع آب شهری تا قبل از تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب نسبت به کاهش آب به حساب نیامده به‌عنوان راه‌حلی برای صرفه‌جویی در منابع آب، کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و افزایش بازده یا درآمد، توجه کافی نداشته‌اند. در سال‌های اخیر کمبود شدید منابع آب و افزایش سریع هزینه‌های تولید آب باعث شده که موضوع آب به حساب نیامده مورد توجه قرار گیرد. بنابراین در کنار تأمین آب از منابع جدید باید از هدر رفتن آب در مراحل مختلف انتقال، تصفیه، ذخیره و توزیع به‌عنوان یک فعالیت بلندمدت و با برنامه‌ریزی مدون جلوگیری کرد. کاهش مقدار آب به حساب نیامده دارای مزایای زیادی ازجمله کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای ساخت تأسیسات جدید و توسعه سامانه‌های آبرسانی، بالا بردن عمر تأسیسات آبرسانی ازجمله تجهیزات تصفیه آب و پمپاژ، کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، کاهش امکان ورود آلودگی از محل‌های نشت لوله‌ها و بالا بردن درآمد شرکت‌های آب و فاضلاب نام برد.

۱. تعاریف آب به حساب نیامده

امروزه مطالعات، عملیات و فناوری‌های مربوط به شناسایی و کاهش آب به حساب نیامده (UFW)[1] براساس نظریه‌هایی صورت می‌گیرد که در طول سه دهه اخیر توسعه یافته و ازسوی مراجع معتبر جهانی ازجمله بانک جهانی، انجمن جهانی آب و انجمن کارهای آبی آمریکا توصیه شده است. این تعاریف و مبانی با استفاده از تجارب به‌دست آمده از مطالعات دفتری و میدانی، به‌طور مستمر توسط مراجع فوق مورد بازنگری قرار گرفته و بهنگام می‌شود.

طبق تعریف بانک جهانی، آب به حساب نیامده عبارت است از تفاوت بین حجم آبی که به شبکه وارد می‌شود و حجم آبی که به مصارف مجاز می‌رسد. بر این اساس آب به حساب نیامده عبارت است از:

$$UFW_{total}=V_{in}-V_{out}$$

1. Unaccounted For Water (UFW)

در این رابطه UFW_{total}، کل آب به حساب نیامده یک منطقه در یک مدت زمان مشخص، V_{in}، حجم آب ورودی اندازه‌گیری شده طی همان مدت زمان و V_{out} نیز حجم آب خروجی مصرفی مجاز اندازه‌گیری شده طی همان مدت زمان می‌باشد.

حجم آب خروجی اندازه‌گیری شده مجاز، میزان اندازه‌گیری شده توسط کنتورهای مشترکین و کنتورهای خروجی منطقه، صرفنظر از پرداخت یا عدم پرداخت قیمت آب مصرف شده، است. در تعریف فوق نشت ایجاد شده بعد از کنتورهای مشترکین در میزان آب به حساب نیامده دخالت نخواهد داشت، زیرا درصورتی که دقت و حساسیت کنتور بالا باشد مقدار نشت داخلی به‌عنوان بخشی از مصرف مشترک منظور شده و وجه آن دریافت می‌شود و اگر دقت کنتور کم باشد در قالب آب به حساب نیامده ناشی از عدم دقت کنتور ارزیابی می‌شود.

۲. تقسیم‌بندی آب به حساب نیامده

آب به حساب نیامده در یک نگاه به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شود:

ـ آب به حساب نیامده غیرفیزیکی یا تلفات ظاهری که به‌دلیل خطای انسانی، ابزار اندازه‌گیری و یا خطای مدیریت و راهبری سامانه، دقیقاً اندازه‌گیری نشده است،

ـ آب به حساب نیامده فیزیکی یا تلفات واقعی که ناشی از فرار فیزیکی آب از شبکه توزیع و انشعابات مشترکین است. در این نوع تلفات بخشی از آب تولید شده به دست مصرف‌کننده نرسیده و هزینه آن نیز به‌وسیله شرکت آب و فاضلاب وصول نمی‌گردد.

مشکلاتی که در مورد هدر رفتن آب و درآمد ناشی از آن وجود دارد به سه عامل زیر بستگی دارد:

ـ **عامل فنی**: باعث می‌شود همه آب تولید شده به‌وسیله شرکت آب و فاضلاب به دست مصرف‌کننده نرسد،

ـ **عامل مالی**: باعث می‌شود تمام آبی که به دست مصرف‌کننده رسیده به درستی اندازه‌گیری نشود و یا هزینه آن دریافت نشود،

ـ **عامل نظری**: ناشی از فقدان تعاریف استاندارد در مورد هدر رفتن آب و درآمد آن است.

در سال‌های اخیر به‌علت تنوع زیاد تعاریف و روش‌های مورد استفاده در این زمینه، بسیاری از صاحبنظران وجود یک تعریف بین‌المللی را ضروری تشخیص دادند. بر پایه تجربیات موفق گذشته شماری از کشورها، انجمن جهانی آب، استانداردی جهانی برای تعریف آب به حساب نیامده و مؤلفه‌های آن ارائه کرد. استفاده از این تعریف موجب بروز یک وفاق بین‌المللی در زمینه

محاسبات و مؤلفه‌های آب به حساب نیامده شده و زمینه را برای انجام مقایسه بین سامانه‌های مختلف آبرسانی و حتی کشورهای مختلف هموارتر می‌کند. جدول ۱ مؤلفه‌های تعادل آب در زمینه آب به حساب نیامده، تعریف شده توسط انجمن جهانی آب را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مؤلفه‌های تعادل آب در روش انجمن جهانی آب

حجم آب ورودی به سامانه	**مصارف مجاز**	مصارف مجاز با درآمد	مصارف مجاز اندازه‌گیری شده با درآمد	آب با درآمد
			مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده با درآمد	
		مصارف مجاز بدون درآمد	مصارف مجاز اندازه‌گیری شده بدون درآمد	
			مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده بدون درآمد	
	تلفات کل	تلفات ظاهری	مصارف غیرمجاز	آب بدون درآمد
			خطاها	
		تلفات واقعی	شکستگی‌های گزارش شده	
			شکستگی‌های گزارش نشده	
			نشت زمینه	
			نشت و سرریز از مخزن	

تعاریف مربوط به اجزای جدول ۱ به شرح ذیل است:

ورودی به سامانه: حجم آب سالیانه ورودی به شبکه منطقه مورد مطالعه است. این ورودی می‌تواند از طریق تصفیه‌خانه و مخازن ذخیره، چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها و همچنین آب خریداری شده از منابع دیگر باشد.

مصارف مجاز: حجم آب اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده‌ای است که به‌وسیله مشترکین مجاز ثبت شده، مصرف می‌شود و یا آبی که به‌وسیله شرکت‌های آب و فاضلاب و تمام کسانی که به‌صورت مشروط یا غیرمشروط مجاز به مصرف هستند، مصرف می‌شود و می‌تواند شامل کاربری‌های تجاری، خانگی، صنعتی و غیره باشد.

مصرف مجاز با درآمد: حجمی از مصرف مجاز است که آب‌بهای آن به شرکت آب و فاضلاب پرداخت می‌شود. این مصارف شامل دو قسمت اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده است.

مصارف مجاز بدون در آمد: معمولاً جزء کوچکی از مصارف آب را تشکیل داده و خود به دو قسمت اندازه‌گیری شده و اندازه‌گیری نشده تقسیم می‌شود.

آب بدون درآمد: مابه‌التفاوت حجم آب ورودی به منطقه و مصرف مجاز با درآمد بوده و دارای دو جزء است: مصارف مجاز بدون درآمد و تلفات آب (ظاهری و واقعی). میزان آب بدون

درآمد به عواملی همچون نرخ تعرفه‌های آب، سطح درآمد و فرهنگ عمومی مردم و میزان گسترش شبکه بستگی دارد.

۱-۲. آب به حساب نیامده غیرفیزیکی (تلفات ظاهری)

در این قسمت موارد مربوط به آب به حساب نیامده غیرفیزیکی (تلفات ظاهری) و عوامل مؤثر در آن توضیح داده می‌شود.

۱-۱-۲. خطای ابزارهای اندازه‌گیری

ابزارهای اندازه‌گیری مربوط به شبکه‌های آب شرب به‌طور معمول کنتورهای حجمی می‌باشند. در یک شبکه معمولاً دو نوع کنتور اندازه‌گیری وجود دارد:

الف) کنتورهای مشترکین،

ب) کنتورهای مبادی ورودی و خروجی منطقه و تأسیسات.

تقریباً تمامی ابزارهای اندازه‌گیری جریان دارای خطاهایی با نسبت‌های مختلف هستند که این خطاها در سه حالت جریان‌های کم، متوسط و زیاد ممکن است اتفاق افتد. در بده‌های کم، برخی کنتورها ازجمله کنتورهای معمولی خانگی قادر نیستند جریان عبوری را اندازه‌گیری کنند و مواردی نظیر نشت کم در داخل منازل، مصارف کولرها و مصارف منابع انبساط تأسیسات گرمایی، قابل اندازه‌گیری نیست، زیرا مقدار این نوع مصارف کم‌تر از بده شروع حرکت کنتورهاست. در بده‌های متوسط و زیاد هم ابزار اندازه‌گیری به‌دلایل زیادی ازجمله بالا بودن فشار آب، عبور جریان بیش از ظرفیت کنتور، ترسیب مواد روی اجزای کنتور و غیره، دارای خطا هستند. این خطاها از طریق آزمایش کنتورها در بده‌های انتقال تا حداکثر مشخص می‌شود.

برخی کنتورها به‌علت فرسودگی، جرم گرفتگی و برخی مشکلات دیگر ارقام مصرف را عمدتاً کمتر و یا در برخی موارد بیشتر از حد جریان عبوری نشان می‌دهند. در هر صورت خطاهای اندازه‌گیری از طریق آزمایش در محل و یا در آزمایشگاه و از طریق مقایسه با کنتور استاندارد و یا اندازه‌گیری حجمی قابل محاسبه است. همچنین بخشی از آب تحویلی به مشترکین به‌دلایل گوناگون ازجمله نشت از شیرآلات و اتصالات و یا پوسیدگی تأسیسات داخلی ساختمان‌ها از بین می‌رود. این میزان تلفات عموماً در بده‌های کم و زمان‌های طولانی اتفاق می‌افتد، اما از آنجا که بخش قابل توجهی از مشترکین را دربرمی‌گیرد، حجم قابل ملاحظه‌ای را تشکیل می‌دهد. به‌علت دقت کم اکثر کنتورها در بده‌های کم، این مقدار ثبت نمی‌شود و به‌عنوان تلفات غیرفیزیکی شناخته می‌شود. لازم به ذکر است که همیشه خطای کنتورها در جهت زیان بهره‌بردار نیست، بلکه در موارد متعددی نیز

کنتور، مقداری بیشتر از حجم مصرف را نشان می‌دهد.

عموماً آبی که برای مصرف و توزیع در شبکه در نظر گرفته می‌شود از خروجی تصفیه‌خانه‌ها و یا چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها وارد مخازن ذخیره شده و بعد از عملیات گندزدایی، از طریق خطوط ارتباطی بین مخازن و شبکه وارد مدار مصرف می‌شود. خروجی‌های مخازن که در حقیقت ورودی‌های شبکه را تغذیه می‌کنند ممکن است فاقد ابزار اندازه‌گیری بوده و یا تأسیسات اندازه‌گیری آنها دقیق نباشد. در بقیه موارد نیز اندازه‌گیری‌ها مستمر نبوده و فقط در زمان مورد نیاز اقدام به خواندن کنتورها می‌شود. در حالی که به منظور تعیین آب ورودی به شبکه‌های توزیع باید تمامی خروجی‌های مخازن و هر منبع آب دیگری که مستقیماً وارد شبکه می‌شود اندازه‌گیری شود. این اندازه‌گیری‌ها نباید مقطعی بوده، بلکه باید دائم و به‌صورت خودکار و ثابت عمل نموده و اطلاعات آنها به‌صورت تله‌مترینگ جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شود. با پیشرفت فناوری و ورود به عصر بحران آب، نیاز مبرم به اجرای این مقوله محسوس است. در هر حال محاسبه خطای ابزار اندازه‌گیری مبادی ورودی و خروجی منطقه و تأسیسات برای واقعی کردن مقدار آب تولید و مصرف شده که مبنای سایر محاسبات است ضروری می‌باشد.

۲-۱-۲. خطاهای انسانی

تا زمانی که خواندن کنتورها توسط فرد و به‌صورت دوره‌ای انجام می‌شود کماکان خطاهای ناشی از اشتباه در خواندن و ثبت وجود دارد. در هر حال تا موقعی که عامل انسانی در این کار دخالت دارد و یا ابزار اندازه‌گیری به‌صورت کنونی باشد مشکل یاد شده قابل کاهش بوده، ولی حذف شدنی نیست مگر آنکه با استفاده از فناوری پیشرفته خواندن از راه دور بتوان از طریق خطوط ارتباطی یا راه‌های دیگر بدون دخالت انسان، اطلاعات را کسب و حتی قبض صادر نمود. ازاین‌رو ناگزیر باید با کنترل مجدد کار کنتورخوان‌ها و واردکنندگان اطلاعات، این نوع خطا را شناسایی کرد.

۲-۱-۳. خطاهای مدیریتی

مربوط به انشعاباتی است که اطلاعات آنها در پرونده‌های شرکت آب و فاضلاب و پرونده‌های کامپیوتری وجود ندارد. خوانده نشدن و عدم ثبت مصارف چنین مشترکینی باعث می‌شود که بخشی از آب مصرفی اندازه‌گیری نشود.

۲-۱-۴. خطاهای بهره‌برداری

این خطاها ناشی از انشعاباتی است که کارکرد نداشته و برای بررسی آنها لازم است در یک دوره خواندن کنتورها، تعداد این گونه انشعابات فعال ازجمله انشعابات جدید، بررسی و شناسایی شوند.

این خطا بیشتر به مشترکین جدید که انشعاب آب دریافت کرده‌اند، ولی به‌دلیل عدم اطلاع کنتورخوان‌ها، قبض برای آنها صادر نمی‌شود و نیز خرابی کنتورهای تعدادی از مشترکین مرتبط می‌شود.

۵-۱-۲. مصارف غیرمجاز

مصارف غیرمجاز از تأسیسات که در طیف گسترده‌ای می‌تواند اتفاق افتد آن دسته از مصارفی است که از طریق غیرقانونی از قبل از کنتور مشترک دیگر و یا از خط لوله شبکه توزیع، آب گرفته‌اند.

۶-۱-۲. مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده بدون درآمد

در صورت وجود مصرف‌کنندگان مجاز که آب را از شبکه، بدون اندازه‌گیری برداشت و مصرف می‌کنند لازم است میزان آب مصرفی آنها به طریقی برآورد گردد. هر شرکت آب و فاضلاب برای مقاصد مختلف از آب شبکه استفاده کرده و یا مجبور است اجازه دهد بخشی از آب بدون اخذ وجه به مصرف‌کننده خاصی تحویل شود و یا به‌دلایلی به هدر رود. مثال‌هایی از این موارد عبارتند از: شستشوی شبکه ، مصارف آتش‌نشانی، شستشوی خطوط آب و فاضلاب، تمیز کردن مخازن و تانک‌های ذخیره آب، جریان خروجی از شیرهای آتش‌نشانی، شستشوی خیابان‌ها، آبیاری فضای سبز، مصرف انشعابات عمومی، جلوگیری از یخ‌زدگی و غیره. معمولاً محاسبه دقیق این نوع مصارف بسیار مشکل است. مشهورترین این نوع مصارف عبارتند از:

الف) مصارف مجاز توسط شرکت‌های آب و فاضلاب

در هر شرکت آب و فاضلاب مصارف متعددی وجود دارد که به‌دلیل عدم اندازه‌گیری و نبود مشترک خاص، مقدار آن مشخص نبوده و هزینه آب مصرفی نیز توسط شرکت آب و فاضلاب تأمین می‌شود، ازجمله:

- استفاده از آب شبکه برای آزمایش و شستشوی خطوط لوله جدید،
- تلفات آب هنگام انجام عملیات مختلف روی شبکه مانند تعویض شیرآلات، نصب فشارشکن، نصب شیر خط و دیگر تأسیسات جدید روی شبکه، تعویض اتصالات شبکه و غیره،
- استفاده از آب شبکه برای شستشوی شبکه‌های آب و فاضلاب، شستشوی معابر، مخازن و غیره.

ب) مصارف مجاز توسط سازمان‌های عمومی و یا دولتی دیگر

تعدادی از مؤسسات دولتی یا عمومی از شبکه توزیع آب شهری استفاده می‌کنند که ممکن است روی انشعاب آنها هیچ گونه ابزار اندازه‌گیری نصب نشده باشد و بدین ترتیب هیچ نوع اندازه‌گیری

از مقدار مصرف آب این گونه سازمان‌ها وجود نداشته باشد. مواردی مانند آب مصرفی سازمان‌های انتظامی و آب مصرفی مساجد و یا شهرداری‌ها برای فضای سبز و یا آتش‌نشانی از این جمله‌اند.

لازم به ذکر است که تفاوت تعریف آب بدون درآمد و آب به حساب نیامده در آن است که در آب بدون درآمد، مصارف مجاز بدون درآمد اندازه‌گیری نشده جزء هدررفت محسوب نمی‌شود، ولی در آب به حساب نیامده، به‌عنوان هدررفت ظاهری درنظر گرفته می‌شود.

۲-۲. آب به حساب نیامده فیزیکی (هدررفت واقعی)

آب به حساب نیامده فیزیکی طیف گسترده‌ای از تلفات آب در شبکه را شامل می‌شود و عموماً در قالب نشت مورد بررسی قرار می‌گیرد. نشت آب از طریق سوراخ‌ها و ترک‌های کوچک و بزرگ و یا شکستگی‌های لوله‌ها، انشعابات، شیرآلات و اتصالات شبکه روی می‌دهد. عموماً نشت آب از محل اتصالات و شیرآلات با بده کم همراه است، ولی زمان و تعداد آنها در شبکه به گونه‌ای است که شناسایی این گونه نشت‌ها را اقتصادی و ضروری می‌سازد، زیرا سرعت کم آب سبب می‌شود آب به راحتی در درون خاک بستر لوله نفوذ کرده و مسیر مناسبی را برای خود پیدا کند. در عملیات بهره‌برداری بارها مشاهده شده که نشت آب از شبکه، انشعابات یا اتصالات سبب جریان آب به زیر ساختمان‌های مجاور شده و موجب شسته شدن خاک زیر ساختمان‌ها، نشست ساختمان و یا تخریب بخشی از آن شده است. خساراتی که شرکت‌های آب و فاضلاب سالیانه در این‌گونه موارد می‌پردازند قابل توجه است. بدیهی است تا زمانی که تلفات فیزیکی رؤیت نشده است تحت عنوان تلفات زمینه (نشت نامرئی) و پس از مرئی شدن، به‌صورت حادثه تلقی شده و تحت عنوان نشت مرئی نامگذاری می‌شود.

علل ایجاد نشت به شرح زیر است: فشار زیاد آب، بارترافیک و پوشش (عمق) ناکافی لوله‌ها، خورده شدن (شیمیایی یا الکتروشیمیایی) لوله‌ها و اتصالات در اثر گذشت زمان، ضربه، بی‌دقتی در حمل، بسترسازی و نصب غیرصحیح لوله‌ها و اتصالات، کیفیت نامناسب لوله‌ها و اتصالات، عمر زیاد لوله‌ها و اتصالات، لغزش زمین و رانش خاک و ضربه قوچ.

مجموعه عوامل مؤثر در نشت را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد: کیفیت نامناسب طراحی، کیفیت نامناسب اجرا، کیفیت نامناسب لوله‌ها و تجهیزات، فرسودگی لوله‌ها و تجهیزات، تخریب لوله‌ها و تجهیزات ناشی از حوادث.

قبل از تعیین علل اصلی شکستگی در لوله‌ها نمی‌توان هیچ گونه برنامه‌ریزی برای از بین بردن

مشکلات ناشی از شکستگی و نشت انجام داد. آگاهی از علل شکستگی‌های گذشته و نشت می‌تواند در جلوگیری از نشت‌های آینده کمک کند. برای مثال بالا بودن میزان شکستگی بلافاصله بعد از نصب لوله نشان‌دهنده این است که مشکلاتی در ساخت لوله وجود دارد، لوله در حین حمل و نقل صدمه دیده است و یا بسترسازی خوب انجام نشده است. نصب انشعاب بدون نصب کمربند روی لوله‌های با ضخامت کم و یا ضعیف بودن بستر و خاک روی لوله می‌تواند موجب شکستگی و نشت شود. حتی در بسترسازی خوب نیز اگر نشت اتفاق افتد باعث شسته شدن بستر شده و در اثر خالی شدن زیر لوله و فشارهای خارجی، شکستگی و نشت اتفاق می‌افتد. نفوذ سرما به داخل خاک نیز باعث یخزدگی و شکستگی لوله می‌شود. فرم و شکل شکستگی نیز می‌تواند در تشخیص علت آن نقش داشته باشد. سوراخ ریز می‌تواند نشانه خوردگی باشد. شکستگی محیطی نشان‌دهنده اعمال بار خارجی و یا ضعف بسترسازی است. نشت در اتصالات معمولاً در اثر حرکت لوله، تورم یا نشست خاک می‌باشد.

تلفات فیزیکی در یک سامانه آبرسانی را به دو طریق می‌توان دسته‌بندی کرد: نشت از خطوط انتقال، شبکه توزیع، انشعابات، سرریز و نشت مخزن و یا نشت از شکستگی‌های گزارش شده (نشت مرئی یا حوادث)، نشت زمینه و شکستگی‌های گزارش نشده (نشت نامرئی)، سرریز و نشت مخزن.

۱-۲-۲. نشت از خطوط لوله و انتقال

منظور از خطوط انتقال آب آن دسته از خطوط لوله‌ای است که آب را از منابع آب خام تا تصفیه‌خانه و از تصفیه‌خانه تا مخزن منتقل کرده یا آب را مستقیماً وارد شبکه توزیع می‌کند. شکستگی‌های بزرگ در این گونه خطوط لوله به سرعت آشکار می‌شود، زیرا تأثیرات ناگهانی در ظرفیت انتقال داشته و بالطبع بهره‌بردار فوراً متوجه خواهد شد.

۲-۲-۲. تلفات از مخازن ذخیره

مخازن ذخیره نیز دارای تلفات مختلفی ازجمله سرریز، نشت از دیواره‌ها و کف هستند. درصورتی که محل اندازه‌گیری جریان به منظور محاسبه آب به حساب نیامده خروجی مخازن باشد، نشت و سرریز مخازن جزء آب به حساب نیامده منظور نمی‌شود.

۳-۲-۲. نشت از شبکه توزیع و انشعابات مشترکین

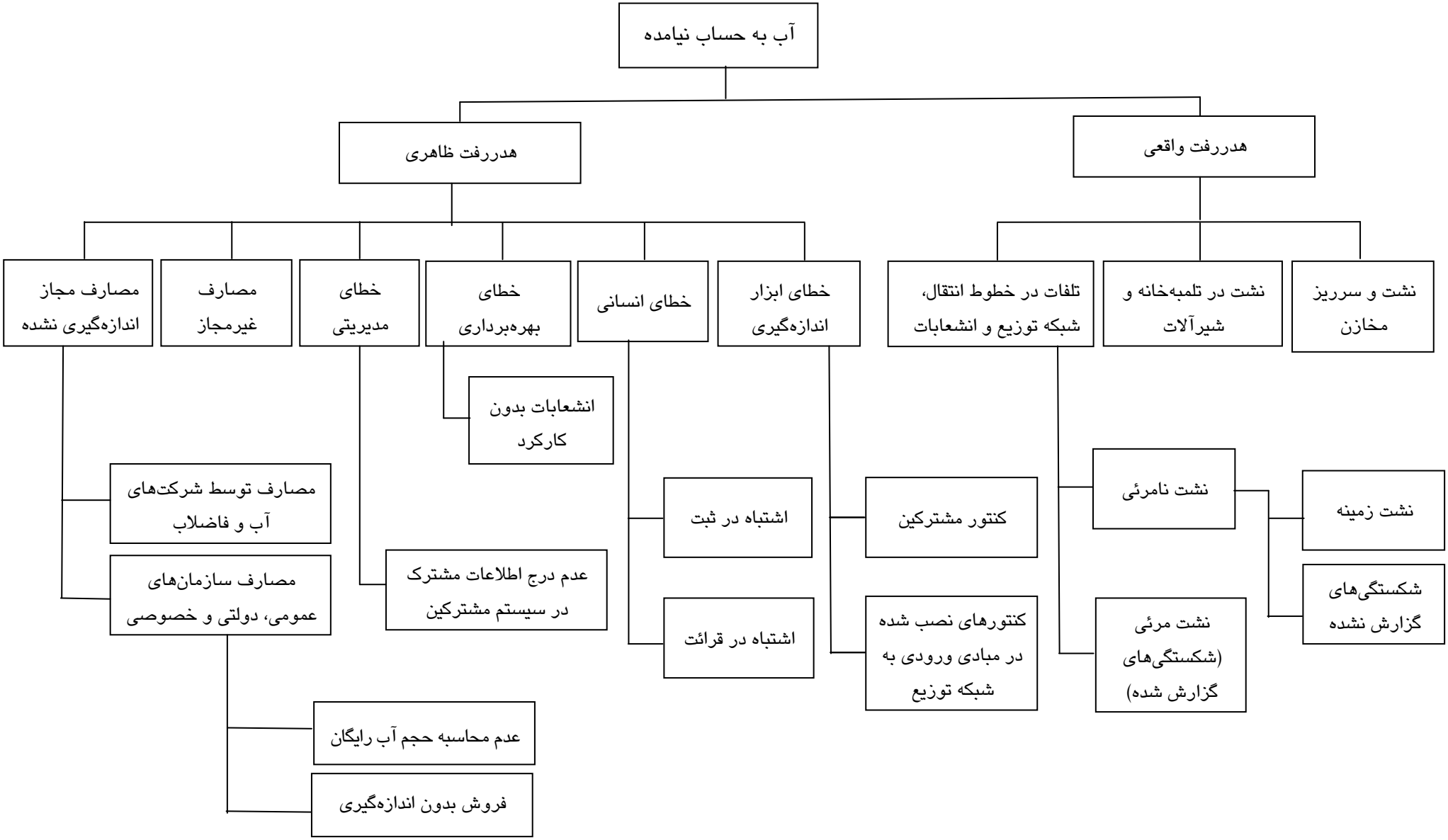
شبکه توزیع و انشعابات مشترکین به‌دلیل طول زیاد، تنوع مصالح، کیفیت اجرا و شرایط محلی، مستعد وقوع نشت و تلفات قابل توجهی است. نشت از شبکه و انشعابات مشترکین به راحتی قابل شناسایی و تعمیر نیست و تعمیر آنها هم پرهزینه می‌باشد.

۴-۲-۲. تلفات از تلمبه‌ها و شیرآلات

عمده تلفات آب در تلمبه‌ها از محل پکینگ‌ها، در سامانه خنک‌کننده یاتاقان‌ها و محل اتصالات شیلنگ‌های مربوط صورت می‌گیرد. بخشی از این تلفات معمولاً به‌طور عادی و به میزان بسیار کم، متداول است. در صورت شل شدن پکینگ‌ها و یا از بین رفتن نوار آب‌بندی در محل اتصالات، میزان نشت بسیار بیشتر می‌شود که باید با مراقبت مستمر از آن جلوگیری شود. ضمناً به‌دلیل بالا رفتن فشار آب در خط رانش، باید با سفت کردن پیچ‌ها در محل گلند شیرآلات، نشت آب را قطع کرد. نشت از شیرآلات و شیرهای آتش‌نشانی عموماً با عملیات مانور شناسایی می‌شود و تعمیرات آن نیز آسان و کم هزینه است. شیرآلات می‌توانند برروی هر یک از خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات قرار داشته باشند.

شکل ۱ اجزای آب به حساب نیامده را نشان می‌دهد. با انجام مطالعات آب به حساب نیامده، اجزا و مؤلفه‌های فوق مشخص و در نهایت میزان تلفات ظاهری و حقیقی تعیین می‌شود.

شکل ۱. اجزای آب به حساب نیامده



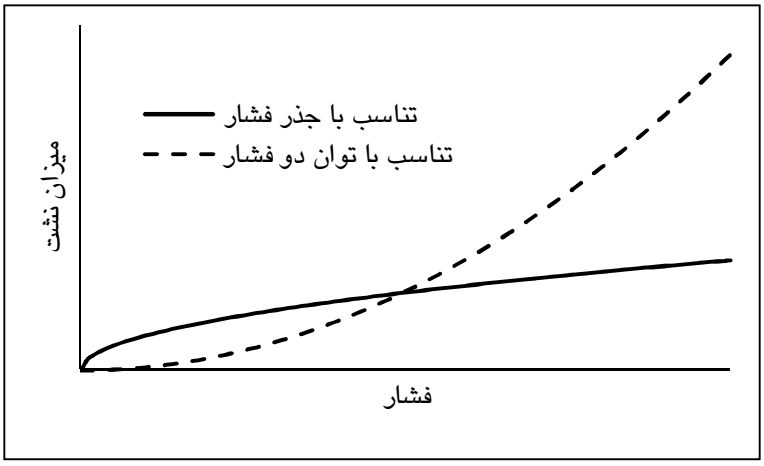
۳. نشت در شبکه‌های آب شهری

وابستگی بین مقدار نشت و میزان فشار در شبکه‌های آبرسانی شهری امر شناخته شده‌ای است. با وجود تجارب و تحقیقات میدانی کمی که در این مورد وجود دارد، در زیر مفهوم وابستگی فشار و نشت به اختصار بررسی می‌شود.

۳-۱. وابستگی فشار و نشت

از دیدگاه نظری، جریان از درون یک سوراخ با ابعاد ثابت با جذر فشار آب درون آن متناسب است، یعنی $Q=K\sqrt{P}$، که در این رابطه Q معرف دبی جریان نشتی، P معرف فشار درون شبکه و K نیز یک ضریب ثابت است. اگر چه یکسری آزمایش‌ها نشان داده است که در مورد تأثیر فشار بر روی نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری، این رابطه برقرار نیست. براساس این آزمایش‌ها در فشارهای بالای درون شبکه و در جاهایی که به‌دلیل فرسودگی لوله‌ها و اتصالات نشت زیادی وجود دارد، میزان نشت تقریباً با توان دوم فشار درون شبکه متناسب است، یعنی $Q=KP^2$. شکل ۲ رابطه میزان نشت با فشار را در هر دو حالت نشان می‌دهد. همان‌گونه که این شکل نشان می‌دهد، رابطه میزان نشت با فشار در شرایط تناسب توان دوم با حالت تناسب جذر فشار تفاوت چشمگیری دارد. براساس این شکل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در شرایط فشار بالا (برای مثال در لوله‌های اصلی شبکه) با کاهش فشار یا اصلاح شبکه می‌توان به میزان قابل توجهی میزان نشت را کاهش داد.

شکل ۲. رابطه میزان نشت با فشار



۲-۳. انواع نشت در شبکه‌های آب شهری

محاسبه هدررفت آب و نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری با اهداف و کاربردهای مختلفی از قبیل مدیریت و بهره‌برداری بهینه از شبکه، کنترل فعال نشت، برآورد خسارت اقتصادی مربوط و یا پیش‌بینی تقاضای کوتاه‌مدت یا بلندمدت در طرح‌های توسعه شبکه انجام داده می‌شود. هر روش به داده‌ها و اطلاعات اولیه ویژه نیازمند است که می‌تواند شامل اطلاعات مربوط به مشترکین و مصرف آنها، میزان آب تولیدی، اطلاعات مربوط به اجزای شبکه، ازجمله طول لوله‌های شبکه توزیع و انشعابات مشترکین، وضعیت مخازن، اندازه‌گیری‌های فشار و جریان و اطلاعات مربوط به حوادث و شکستگی‌ها باشد. در یک دید کلی تلفات شبکه توزیع می‌تواند به دو بخش نشت‌های ناشی از ترکیدگی و نشت زمینه تقسیم شود.

۱-۲-۳. نشت زمینه

تقریباً تمامی هدررفت از اتصالات روی لوله‌های اصلی و فرعی (شامل کلیه شیرها ازجمله شیرهای آتش‌نشانی، منابع و مخازن آب و غیره) و نشت از منافذ ریز، در طبقه‌بندی نشت‌های زمینه قرار دارد. تلفات زمینه، نشت تجمعی از تمام سوراخ‌های نسبتاً کوچک و تراوش‌هایی است که بده آنها کمتر از بده آستانه بین شکستگی و نشت زمینه است. آستانه بین شکستگی و نشت زمینه، ثابت نبوده و در کشورهای مختلف ارقام متفاوتی گزارش شده است. عموماً پیدا کردن و تعمیر این نشت‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و با نوسازی و بازسازی لوله‌ها و سایر تأسیسات وابسته، از بین خواهند رفت. نشت زمینه همواره همراه یک سامانه توزیع آب است، ولی نباید مقدار آن از حد مجاز تجاوز کند. به‌صورت کلی نشت زمینه خود به سه مؤلفه تقسیم می‌شود که عبارتند از:

الف) نشت زمینه از خطوط اصلی و فرعی: بنا به اهمیتی که خطوط اصلی شبکه توزیع در توزیع آب دارند و با توجه به بده و فشار زیاد آنها، نشت‌های زمینه در آنها معمولاً سریع‌تر از سایر قسمت‌های شبکه قابل شناسایی بوده و برطرف می‌شود.

ب) نشت زمینه از انشعابات: لوله انشعاب، لوله‌ای است که از خط اصلی شبکه تا کنتور مشترک یا تا مرز اشتراک (در مواردی که کنتور وجود ندارد) ادامه دارد. در بیشتر سامانه‌های توزیع آب، نشت از انشعابات، بیشترین مقدار نشت از شبکه است. به‌صورت معمول، هر اشتراک تنها یک لوله انشعاب دارد. بنابراین تعداد انشعابات معمولاً با استفاده از تعداد اشتراک‌ها برآورد می‌شود. اجرای نامناسب، مصالح نامرغوب، ضربه، فشارهای جانبی و پوسیدگی‌های عمومی، بیشتر از علل به وجود آورنده نشت زمینه از انشعابات هستند.

ج) نشت زمینه از شبکه داخلی مشترک: این نشت از لوله خروجی کنتور تا داخل ساختمان یا

از لوله‌کشی داخلی ساختمان رخ می‌دهد. همواره این نشت کمتر از میزان نشت زمینه از انشعابات است. در حالت کلی، با توجه به اینکه قسمت اعظم آب هدر رفته داخل اشتراک توسط کنتور مشترکین قابل اندازه‌گیری است و بخشی از آن به‌دلیل عدم دقت کنتورها قابل اندازه‌گیری نیست، نشت‌های پس از کنتور و داخل ملک مشترک جزء تلفات ظاهری محسوب می‌شود. جدول ۲ برخی مقادیر پیشنهاد شده را برای نشت زمینه در شرایط مختلف ارائه می‌دهد.

جدول ۲. مقادیر پیشنهاد شده برای نشت زمینه در شرایط مختلف

مؤلفه‌های نشت زمینه	واحد	شرایط زیربنایی بد	شرایط زیربنایی متوسط	شرایط زیربنایی خوب
تلفات زمینه در لوله‌های اصلی توزیع	لیتر بر کیلومتر بر ساعت	٦٠	٤٠	٢٠
تلفات زمینه در لوله‌های انشعاب مشترکین	لیتر بر انشعاب بر ساعت	٤/٥	٣	١/٥
تلفات زمینه در لوله‌های درون اشتراک	لیتر بر مشترک بر ساعت	١/٥	١	٠/٥

۲-۲-۳. نشت از شکستگی‌ها

شکستگی‌ها باعث بروز نشت‌هایی هستند که پیدا کردن موقعیت و تعمیر آنها اهمیت دارد. شکستگی‌ها به دو قسمت شکستگی‌های گزارش شده و گزارش نشده تقسیم می‌شوند. طبق تعریف، شکستگی وقتی رخ می‌دهد که نرخ تلفات آب از یک محل منحصر به فرد، از مقدار ۱۰ لیتر بر ساعت به ازای هر متر فشار بیشتر باشد.

شکستگی‌ها و نشت‌هایی که بدون نیاز به انجام کنترل فعال نشت، به‌صورت مرئی و قابل شناسایی در می‌آیند، شکستگی‌های گزارش شده نامیده می‌شوند. شکستگی‌های گزارش شده، بده بیشتری نسبت به نشت‌های زمینه دارند و معمولاً خیلی زود پس از وقوع، گزارش شده و به‌دلیل اینکه بر مصرف مشترکین اثر گذاشته یا اینکه باعث خسارت به منازل، تأسیسات، خیابان‌ها و غیره می‌شوند، به سرعت تعمیر می‌شوند. این شکستگی‌ها اگرچه بده زیادی دارند، ولی به‌علت کم بودن فراوانی وقوع و مدت زمان کوتاه نشت، معمولاً قسمت کوچکی از کل نشت را در یک شبکه با مدیریت مناسب تشکیل می‌دهند.

شکستگی‌های گزارش نشده، معمولاً بده کمتری نسبت به شکستگی‌های گزارش شده دارند، اما

بده آنها از نشت‌های زمینه بیشتر است و تنها به‌وسیله انجام عملیات کنترل فعال نشت قابل شناسایی هستند. آنها می‌توانند تنها برای چند روز وجود داشته باشند، یا آنکه سال‌ها به‌صورت پنهان به فعالیت خود ادامه دهند. این موارد بستگی به سیاست کنترل فعال نشت دارد. این‌گونه نشت‌ها ممکن است پس از مدتی به‌طور خود به خود مرئی شده و قابل تشخیص شوند، اما مدت زمان چنین رویدادی مشخص نیست و معمولاً از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست که اجازه داده شود تا این نشت‌ها به‌صورت گزارش شده در آمده، سپس اقدام به تعمیر آنها کرد.

عوامل مؤثر بر میزان تلفات از شکستگی‌ها عبارتند از: نرخ جریان خروجی از محل شکستگی‌ها، فراوانی وقوع شکستگی‌ها، مدت زمان شکستگی‌ها، زمان آگاهی، زمان تعیین موقعیت و رسیدن به محل و زمان تعمیر.

۳-۳. مدیریت نشت

چگونگی کاهش تلفات آب در گام اول، مستلزم آگاهی از میزان هدررفت، مؤلفه‌های آن، علل بروز آنها، روش‌های مقابله با هر جزء و اولویت مبارزه با هر مؤلفه است. گام بعد، در گرو مکان‌یابی و تعیین موقعیت نقاط پر خطر از لحاظ نشت، تعمیر، بازسازی و نوسازی شبکه، تجهیزات و تأسیسات آن، است. در آخرین گام نیز کاهش تلفات، منوط به ارزیابی مجدد وضعیت نشت و هدررفت آب در شبکه، پس از اقدامات صورت گرفته و آگاهی از میزان کارآیی روش‌ها و شیوه‌های به کار گرفته شده برای این منظور و در نهایت، اعمال مدیریت صحیح و اصولی همراه با استفاده از فناوری‌های جدید به منظور جلوگیری از وقوع مجدد آنهاست.

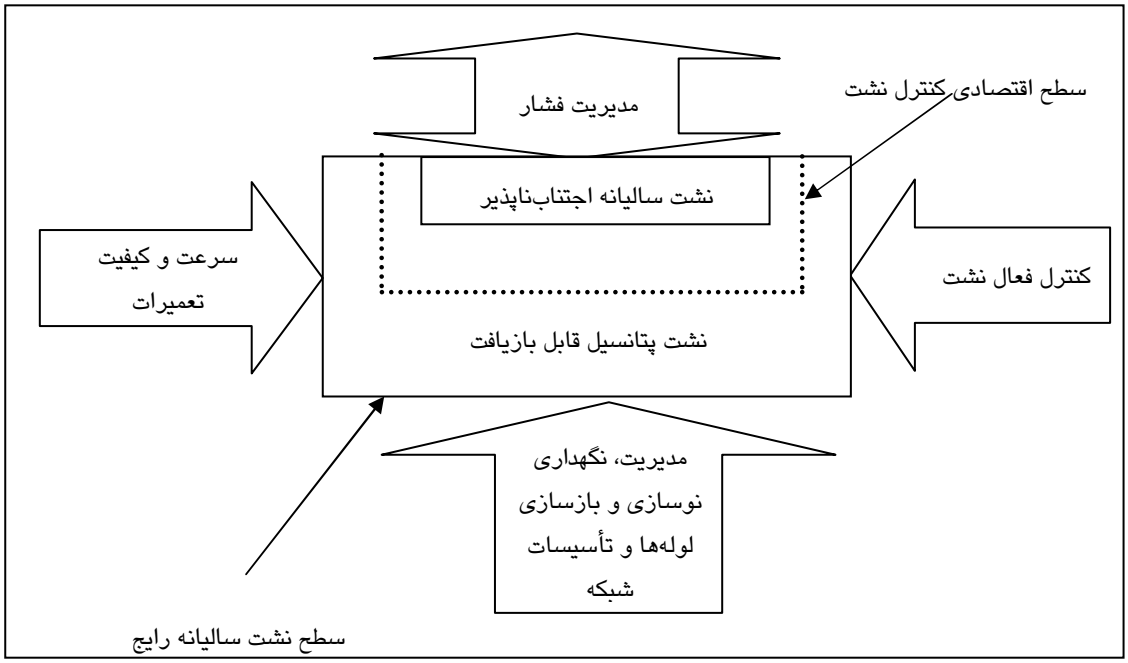
در روش‌های مدرن کنترل نشت سه روش مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارتند از:

- کنترل غیرفعال (شامل برخورد مقطعی با حوادث)،
- کنترل فعال و بازرسی منظم (شامل بازرسی‌های منظم و نشت‌یابی)،
- پایش نشت (شامل ایجاد مناطق مجزا در شبکه و پایش پیوسته جریان شبانه و فشار).

به منظور مدیریت مناسب نشت، شناخت پارامترهای مؤثر بر آن ضروری است. سطوح مختلف نشت در یک سامانه را می‌توان به سه بخش اصلی تلفات واقعی سالیانه اجتناب‌ناپذیر، سطح اقتصادی تلفات واقعی و تلفات واقعی سالیانه موجود تقسیم‌بندی کرد. با شناسایی عوامل کلیدی تأثیرگذار بر نشت می‌توان آثار احتمالی فعالیت‌های مختلف بر روی کاهش آن را پیش‌بینی کرد. براساس تحقیقات صورت گرفته، چهار عامل زیر ازجمله مهمترین عواملی هستند که بیشترین اثر را روی نشت شبکه دارا هستند: سرعت و کیفیت تعمیرات؛ کنترل فعال نشت؛ مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری، نوسازی و بازسازی لوله‌ها و تأسیسات شبکه و مدیریت فشار (شکل ۳). برای کنترل

مؤثر نشت، توجه به هر چهار عامل فوق مهم است. برای مثال می‌توان سرعت و کیفیت تعمیر را به‌وسیله استفاده از روش‌های مؤثر تعمیر و گروه‌های مجرب افزایش داد و از طریق کاهش مدت زمان تعمیر شکستگی‌ها باعث کاهش نشت شد. همچنین می‌توان با مدیریت، نگهداری صحیح، بازسازی و نوسازی لوله‌ها و تأسیسات، اقدام به کاهش نشت زمینه در طول سال کرد. با انجام دادن کنترل فعال نشت و تشخیص شکستگی‌های گزارش نشده در مدت زمان کمتر نیز می‌توان اقدام به کاهش نشت کرد. در نهایت با مدیریت فشار می‌توان به‌صورت مؤثری باعث کاهش نشت سالیانه شد. لازم به ذکر است که مدیریت فشار علاوه‌بر کاهش نشت، نشت سالیانه اجتناب‌ناپذیر را که وابسته به فشار است نیز کاهش می‌دهد.

شکل ۳. عوامل اثرگذار بر سطح نشت



۴. شاخص‌های آب به حساب نیامده

شاخص‌های آب به حساب نیامده برای ارزیابی شبکه‌های توزیع آب، مقایسه عملکرد شبکه‌ها با یکدیگر و یا تعیین یک هدف اقتصادی برای سرمایه‌گذاری در زمینه کاهش آب به حساب نیامده به کار می‌روند. بعد از محاسبه میزان آب به حساب نیامده یک شبکه، این سؤالات مهم طرح می‌شوند، که آیا این میزان آب به حساب نیامده در حد مناسبی است؟ همچنین وضعیت در این شبکه (این منطقه) نسبت به سایر شبکه‌ها یا حتی سایر نقاط جهان در چه سطحی قرار دارد؟ پاسخ به این

سؤالات با استفاده از مفهوم شاخص‌های مربوط به آب به حساب نیامده ممکن خواهد بود. ٦ عامل محلی مهم که بر روی تلفات آب و در نتیجه، بر روی شاخص‌های مربوط به آب به حساب نیامده در یک سامانه اثرگذار می‌باشد، عبارتند از:

- تداوم تأمین آب (درصد زمانی که سامانه تحت فشار است)،
- طول خطوط اصلی (انتقال و شبکه)،
- تعداد انشعابات مشترکین،
- موقعیت کنتور مشترکین بر روی انشعابات،
- فشار متوسط سامانه،
- نوع خاک و زمین منطقه.

یک شاخص مناسب، شاخصی است که بتواند تعداد بیشتری از این عوامل را در خود جای دهد. البته لازم به‌ذکر است که در عمل همیشه اطلاعات فوق به‌صورت دقیق معلوم نبوده و تعریف یک شاخص کامل و دقیق به آسانی عملی نیست. شاخص‌های پایه اولین رده از شاخص‌ها را شامل می‌شود و یک دید کلی از وضعیت آب به حساب نیامده را در شبکه مورد بررسی، فراهم می‌کند. برخی از شاخص‌های پایه مرسوم عبارتند از:

- حجم آب به حساب نیامده برحسب درصد حجم آب ورودی به منطقه،
- حجم آب به حساب نیامده بر طول خط اصلی بر واحد زمان،
- حجم آب به حساب نیامده بر تعداد مشترکین (انشعابات) بر واحد زمان.

به‌نظر می‌رسد که شاخص‌های پایه براساس سادگی محاسبات، دسترسی ساده به داده‌های اولیه برای محاسبات و عرف هر کشور انتخاب می‌شوند. اما انتخاب مناسب باید بر این مبنا استوار شود که کدام شاخص، بیشترین منطق فنی برای انجام مقایسه را داراست. لازم به‌ذکر است که شاخص‌های پایه اگر چه می‌توانند برای مقایسه و ارزیابی شبکه‌های موجود در یک کشور و به‌صورت کلی به کار روند، ولی در هر حال به‌دلیل سادگی پارامترهای دخیل از دقت کافی برخوردار نیستند.

یکی از شاخص‌هایی که برای مقایسه و ارزیابی آب به حساب نیامده فیزیکی یا تلفات واقعی به کار می‌رود، شاخص عملکرد زیرساخت (ILI)[1] است. این شاخص توسط انجمن کارهای آبی آمریکا ارائه شده است و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$ILI=\frac{CARL}{UARL}$$

1. Infrastructure Leakage Index (ILI)

در رابطه فوق CARL[1] نشت سالیانه موجود و UARL[2] نشت سالیانه اجتناب‌ناپذیر است. لازم به‌ذکر است که حذف نشت از شبکه‌های توزیع بزرگ عملاً غیرممکن است و حتی در یک سامانه آبرسانی با شرایط زیربنایی خوب و مدیریت کارآمد نشت، مقداری تلفات سالیانه غیرقابل اجتناب وجود خواهد داشت که به عوامل محلی شبکه بستگی دارد. نشت حداقل، مقداری است که از لحاظ فنی، بدون در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و مالی می‌توان بدان دست یافت. مقدار نشت سالیانه اجتناب‌ناپذیر را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$UARL=(18L_m+0.8N_c+25L_p)\times P$$

در رابطه فوق UARL مقدار نشت اجتناب‌ناپذیر بر حسب لیتر در روز، L_m طول خط اصلی بر حسب کیلومتر، N_c تعداد مشترکین، L_p طول لوله موجود از مرز انشعاب تا کنتور مشترک بر حسب کیلومتر و P فشار متوسط شبکه بر حسب متر است. جدول ۳ راهنمای عمومی تعیین محدوده شاخص عملکرد زیرساخت را براساس ملاحظات مختلف مربوط به منابع آب، بهره‌برداری و اقتصادی، مطابق با استاندارد انجمن کارهای آبی آمریکا نشان می‌دهد.

جدول ۳. راهنمای عمومی تعیین محدوه شاخص عملکرد زیرساخت

محدوده شاخص هدف ILI	ملاحظات مربوط به منابع آب	ملاحظات مربوط به بهره‌برداری	ملاحظات اقتصادی
۳-۱	منابع موجود آب، بسیار محدود بوده و توسعه آنها و دستیابی به منابع جدید بسیار مشکل و یا از نظر فنی، اقتصادی و محیط زیستی غیرقابل اجراست.	بهره‌برداری از شبکه با نشت شبکه بالاتر از این مقدار، نیازمند توسعه زیربناهای موجود شبکه و منابع جدید آب برای پاسخگویی به تقاضای مشترکین است.	خرید آب یا توسعه منابع آب هزینه بر است، به دلیل وجود قوانین یا عدم توانایی مالی مشترکین، امکان افزایش گردش مالی شرکت آبفا از طریق تعرفه های آب بسیار محدود است.
۵-۳	نسبت به کفایت منابع آب موجود، جهت ارضای تقاضای بلندمدت آب، اطمینان وجود دارد، ولی انجام دادن برنامه مدیریت تقاضا (مدیریت نشت و صرفه‌جویی آب) در برنامه‌ریزی بلندمدت دخیل هستند.	مادامی که کنترل‌های مدیریت فشار معقول انجام داده می‌شود توانایی ساختار موجود تأمین آب برای تأمین تقاضای بلندمدت کافی است.	منابع آب می‌تواند با هزینه قابل قبول توسعه یافته یا خریده شود، افزایش‌های تعرفه آب‌بها به‌صورت دوره‌ای می‌تواند انجام و به‌وسیله جمعیت مصرف‌کننده تحمل شود.

1. Current Annual Real Losses (CARL)
2. Unavoidable Annual Real Losses (UARL)

محدوده شاخص هدف ILI	ملاحظات مربوط به منابع آب	ملاحظات مربوط به بهره‌برداری	ملاحظات اقتصادی
۵-۸	منابع آب، بسیار زیاد، قابل اطمینان و به راحتی قابل استخراج هستند.	قابلیت اطمینان بسیار بالای ظرفیت سامانه و یکپارچگی ساختار تأمین آب، شبکه را از کمبود آب ایمن می‌سازد.	هزینه خرید (تأمین) و تصفیه آب پایین است و به همین دلیل تعرفه‌های آب بهای مشترکین نیز ناچیز است.
>۸	در حالی که ملاحظات بهره‌برداری مالی ممکن است یک شاخص بلندمدت ILI هدف بزرگ‌تر از ۸ را مجاز بداند، چنین مقداری از نشت، مطلوب نیست، بنابراین تعیین یک مقدار ILI بالاتر از ۸، توصیه نمی‌شود.		

۵. بررسی وضعیت آب به حساب نیامده شبکه‌های شهری در ایران

در حال حاضر ۳۵ شرکت آب و فاضلاب شهری در کشور وجود دارد. این شرکت‌ها زیرمجموعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور هستند و مأموریت‌های ساماندهی فعالیت‌های تصدی وزارت نیرو در امور آب و فاضلاب، استفاده مطلوب از امکانات شرکت‌های زیرمجموعه در چارچوب سیاست‌های وزارت نیرو و در جهت افزایش بازدهی و بهره‌وری و کارگزاری وزارت نیرو برای انجام نظارت‌ها و تدوین برنامه‌ها در زمینه راهبری صنعت آب و فاضلاب کشور را بر عهده دارد. جدول ٤ شرکت‌های آب و فاضلاب زیرمجموعه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و برخی از مشخصات آنها را در سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد.

جدول ۴. اسامی شرکت‌های آب و فاضلاب و برخی از مشخصات آنها در سال ۱۳۹۲

ردیف	شرکت آب و فاضلاب	تعداد شهرهای تحت پوشش	درصد جمعیت تحت پوشش آب	درصد جمعیت تحت پوشش فاضلاب	ردیف	شرکت آب و فاضلاب	تعداد شهرهای تحت پوشش	درصد جمعیت تحت پوشش آب	درصد جمعیت تحت پوشش فاضلاب
۱	اردبیل	۲۳	۹۹/۹	۴۸/۱	۱۹	فارس	۷۷	۹۶/۰	۷/۸
۲	آذربایجان شرقی	۵۷	۹۹/۹	۵۷/۰	۲۰	قزوین	۲۶	۱۰۰	۶۷/۲
۳	آذربایجان غربی	۳۸	۹۹/۹	۵۸/۹	۲۱	قم	۶	۱۰۰	۲۳/۷
٤	اصفهان	۹۳	۱۰۰	۶۵/۸	۲۲	کاشان	۱۱	۹۹/۵	۱۳/۷
۵	البرز	۱۹	۹۸/۹	۲۰/۸	۲۳	کردستان	۲٤	۹۹/۹	۹۱/۳
۶	اهواز	۵	۱۰۰	۸۹/۵	۲٤	کرمان	۶۷	۹۹/٤	۷/۰
۷	ایلام	۱۹	۱۰۰	٤٤/۶	۲۵	کرمانشاه	۲۷	۹۹/۳	۶٤/۵
۸	بوشهر	۳۲	۹۶/۸	۲۳/٤	۲۶	کهگیلویه و بویراحمد	۱۵	۹۹/۵	۲۳/۳
۹	تهران	٤۱	۹۷/٤	۳۰/۵	۲۷	گلستان	۲۲	۱۰۰	۱۰/۱
۱۰	چهارمحال و بختیاری	۳٤	۱۰۰	۵۲/٤	۲۸	گیلان	٤۸	۹۹/۷	۶۵/۳
۱۱	خراسان جنوبی	۲۱	۹۹/۸	۳٤/۵	۲۹	لرستان	۲۳	۹۹/۸	۵۵/۵
۱۲	خراسان رضوی	۷۳	۱۰۰	۲٤/۵	۳۰	مازندران	۵۲	۹۹/۲	۶/۰
۱۳	خراسان شمالی	۱۸	۹۹/۹	۲۹/۷	۳۱	مرکزی	۲۸	۹۹/٤	۵۳/۰
۱٤	خوزستان	۵۷	۱۰۰	۳۷/۱	۳۲	مشهد	۱	۹۹/۹	۵۷/۸
۱۵	زنجان	۱۹	۹۹/۹	۳۱/۱	۳۳	هرمزگان	۳۶	۹۹/۵	٤٤/٤
۱۶	سمنان	۱۸	۱۰۰	۱۸/۳	۳٤	همدان	۲۹	۹۹/۵	۶۳/٤
۱۷	سیستان و بلوچستان	۳۷	۹۹/۷	۱۷/۱	۳۵	یزد	۱۶	۹۷/۸	۱۶/۹
۱۸	شیراز	۱	۱۰۰	۵۲/۰					

مأخذ: محاسبات جدول براساس اطلاعات دریافتی از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، سال ۱۳۹۳.

در میان ۳۵ شرکت آب و فاضلاب ذکر شده از نظر جمعیت تحت پوشش آب شهری، شرکت‌های آب و فاضلاب تهران، اصفهان و مشهد به‌ترتیب دارای بیشترین جمعیت تحت پوشش آب شهری و از نظر تعداد شهرهای تحت پوشش نیز شرکت‌های آب و فاضلاب اصفهان، فارس و خراسان رضوی به‌ترتیب دارای بیشترین شهرهای تحت پوشش هستند.

۱-۵. شاخص‌های آب به حساب نیامده در ایران

در این قسمت شاخص‌های مربوط به آب به حساب نیامده که در بخش‌های قبل توضیح داده شد، برای هر یک از شرکت‌های آب و فاضلاب ارائه می‌شوند تا در نهایت بتوان درک صحیحی از وضعیت آب به حساب نیامده در کشور داشت. لازم به ذکر است که کلیه شاخص‌ها و اطلاعات مربوطه در این قسمت بر اساس آمار و ارقام مربوط به سال ۱۳۹۲ محاسبه شده‌اند.

۱-۱-۵. شاخص اول: شاخص حجم آب به حساب نیامده برحسب درصد حجم آب ورودی به منطقه

جدول ۵ و شکل ٤ مقادیر حجم آب به حساب نیامده بر حسب درصد حجم آب ورودی به منطقه (درصد آب به حساب نیامده) را به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب و از زیاد به کم نشان می‌دهند. براساس این اطلاعات شرکت‌های آب و فاضلاب خوزستان، کردستان و مازندران به‌ترتیب با درصدهای آب به حساب نیامده ٣٦/٤، ۳۰/۳ و ۲۹/۹ درصد دارای بیشترین مقادیر آب به حساب نیامده در کشور هستند. همچنین شرکت‌های آب و فاضلاب یزد، اصفهان و قزوین به‌ترتیب با مقادیر ۱۸/۲، ۱۸/۳ و ۱۸/۵ درصد نیز دارای کمترین مقادیر آب به حساب نیامده در بین سایر شرکت‌های آب و فاضلاب هستند.

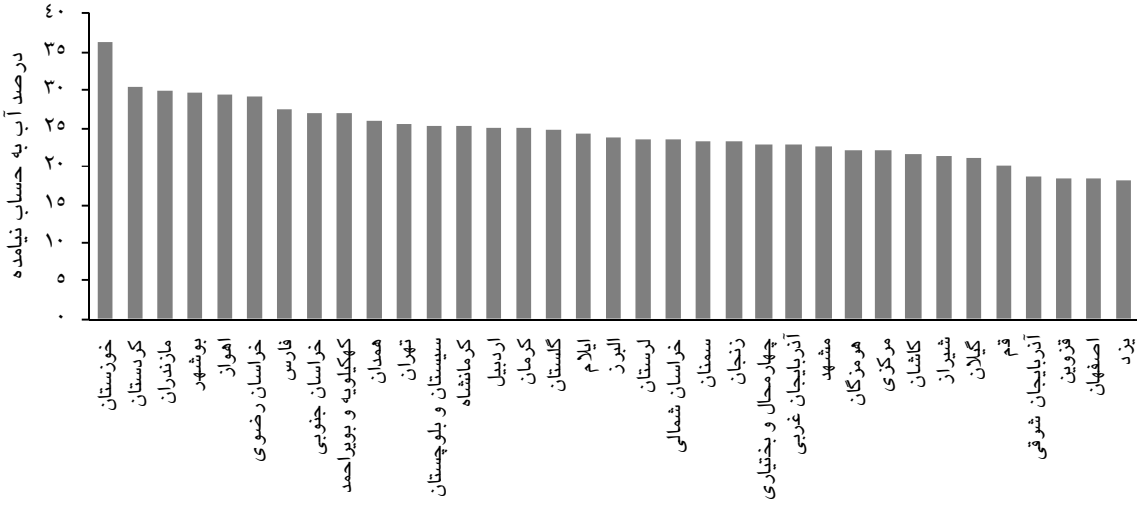
لازم به ذکر است که شاخص حجم آب به حساب نیامده برحسب درصد حجم آب ورودی به منطقه به‌دلیل سادگی محاسبه و عدم دخالت بسیاری از پارامترهای مؤثر در محاسبه آن از دقت کافی برخوردار نبوده و فقط بیانگر وضعیت کلی است.

جدول ۵. درصد آب به حساب نیامده به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب

ردیف	شرکت آب و فاضلاب	درصد آب به حساب نیامده	ردیف	شرکت آب و فاضلاب	درصد آب به حساب نیامده
۱	خوزستان	۳۶/٤	۱۹	لرستان	۲۳/۷
۲	کردستان	۳۰/۳	۲۰	خراسان شمالی	۲۳/٦
۳	مازندران	۲۹/۹	۲۱	سمنان	۲۳/٤
٤	بوشهر	۲۹/۷	۲۲	زنجان	۲۳/٤
٥	اهواز	۲۹/٥	۲۳	چهارمحال و بختیاری	۲۲/۸
٦	خراسان رضوی	۲۹/۲	۲٤	آذربایجان غربی	۲۲/۸
۷	فارس	۲۷/٤	۲٥	مشهد	۲۲/٦
۸	خراسان جنوبی	۲۷/۱	۲٦	هرمزگان	۲۲/۱
۹	کهگیلویه و بویراحمد	۲٦/۹	۲۷	مرکزی	۲۲/۱
۱۰	همدان	۲٥/۹	۲۸	کاشان	۲۱/٦
۱۱	تهران	۲٥/٤	۲۹	شیراز	۲۱/٤
۱۲	سیستان و بلوچستان	۲٥/٤	۳۰	گیلان	۲۱/۱
۱۳	کرمانشاه	۲٥/٤	۳۱	قم	۲۰/۲
۱٤	اردبیل	۲٥/۱	۳۲	آذربایجان شرقی	۱۸/۸
۱٥	کرمان	۲٥/۰	۳۳	قزوین	۱۸/٥
۱٦	گلستان	۲٤/۷	۳٤	اصفهان	۱۸/۳
۱۷	ایلام	۲٤/۲	۳٥	یزد	۱۸/۲
۱۸	البرز	۲۳/۷			

مأخذ: همان.

شکل ۴. درصد آب به حساب نیامده به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب



۲-۱-۵. شاخص دوم: شاخص حجم آب به حساب نیامده بر طول خط اصلی بر واحد زمان

جدول ٦ و شکل ٥ مقادیر حجم آب به حساب نیامده بر طول خط اصلی بر واحد زمان را به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب و از زیاد به کم نشان می‌دهند. با توجه به تعریف دبی به‌عنوان حجم آب عبوری در واحد زمان، تعبیر دیگری که از این شاخص می‌توان داشت، عبارتست از: دبی آب به حساب نیامده در واحد طول خط اصلی. با توجه به جدول ٦ و شکل ٥ می‌توان دریافت که شرکت‌های آب و فاضلاب تهران، البرز و خوزستان به‌ترتیب با مقادیر ٢٦٠٤/٧، ٢٢٢٧/٤ و ٢١١٥/٤ لیتر در ساعت بر کیلومتر دارای بدترین وضعیت و شرکت‌های آب و فاضلاب یزد، کرمان و کاشان به‌ترتیب با مقادیر ٣٥٢/٥، ٥٢٧/٤ و ٥٥٨/٨ لیتر در ساعت بر کیلومتر دارای بهترین وضعیت از این نظر هستند. این شاخص از شاخص قبل دقیق‌تر بوده و وضعیت واضح‌تری را از آب به حساب نیامده به دست می‌دهد. این امر بدین علت است که شاخص حجم آب به حساب نیامده بر طول خط اصلی بر واحد زمان نسبت به شاخص آب به حساب نیامده برحسب درصد حجم آب ورودی به منطقه، پارامترهای بیشتری از شبکه را در نشان دادن وضعیت آب به حساب نیامده دخالت می‌دهد. جالب توجه است که دو شاخص ذکر شده وضعیت‌های متفاوتی را از منظر بهترین و بدترین وضعیت شرکت‌ها از نظر آب به حساب نیامده ارائه می‌دهند. شرکت‌های آب و فاضلاب تهران و البرز از منظر وضعیت نامناسب آب به حساب نیامده براساس شاخص دوم به‌ترتیب در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند، ولی این دو شرکت بر اساس شاخص اول در رتبه‌های یازدهم و هجدهم قرار دارند.

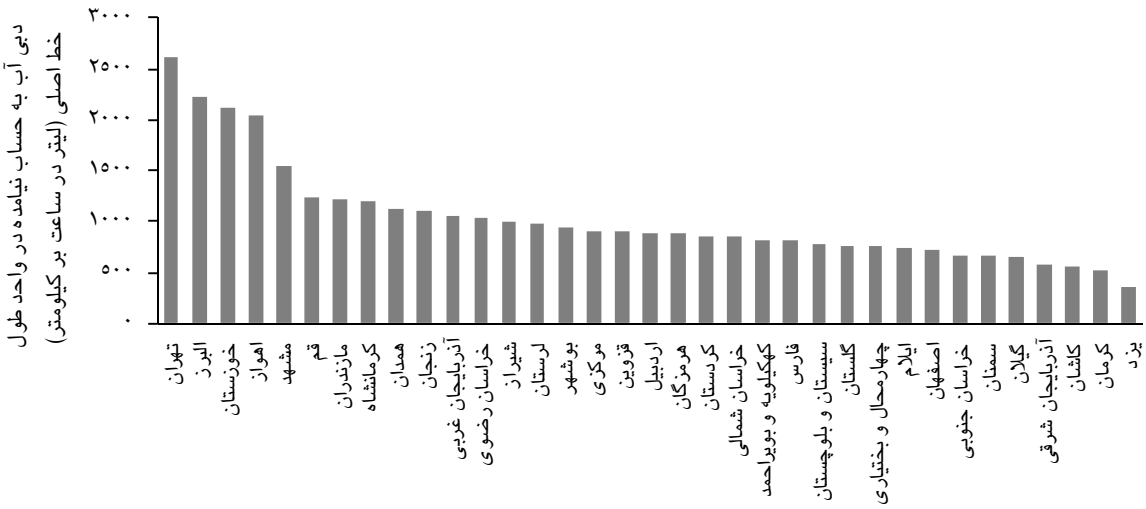
جدول ۶. دبی آب به حساب نیامده در واحد طول خط اصلی به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب

ردیف	شرکت آب و فاضلاب	دبی آب به حساب نیامده در واحد طول خط اصلی (لیتر در ساعت بر کیلومتر)	ردیف	شرکت آب و فاضلاب	دبی آب به حساب نیامده در واحد طول خط اصلی (لیتر در ساعت بر کیلومتر)
١	تهران	٢٦٠٤/٧	١٩	هرمزگان	٨٨٥/١
٢	البرز	٢٢٢٧/٤	٢٠	کردستان	٨٥٦/٠
٣	خوزستان	٢١١٥/٤	٢١	خراسان شمالی	٨٤١/٥
٤	اهواز	٢٠٣٦/١	٢٢	کهگیلویه و بویراحمد	٨١٧/٢
٥	مشهد	١٥٤٨/٠	٢٣	فارس	٨٠٦/٤
٦	قم	١٢٤٠/٣	٢٤	سیستان و بلوچستان	٧٧٧/٧
٧	مازندران	١٢١٢/١	٢٥	گلستان	٧٦٢/٣
٨	کرمانشاه	١١٩٦/١	٢٦	چهارمحال و بختیاری	٧٥٠/٩

ردیف	شرکت آب و فاضلاب	دبی آب به حساب نیامده در واحد طول خط اصلی (لیتر در ساعت بر کیلومتر)	ردیف	شرکت آب و فاضلاب	دبی آب به حساب نیامده در واحد طول خط اصلی (لیتر در ساعت بر کیلومتر)
۹	همدان	۱۱۲۲/۵	۲۷	ایلام	۷٤۸/٤
۱۰	زنجان	۱۱۰٤/۸	۲۸	اصفهان	۷۱٦/۱
۱۱	آذربایجان غربی	۱۰۵٦/۰	۲۹	خراسان جنوبی	٦۷۲/۱
۱۲	خراسان رضوی	۱۰۲۹/۹	۳۰	سمنان	٦٦۳/۱
۱۳	شیراز	۹۹۵/۰	۳۱	گیلان	٦۵٦/٤
۱٤	لرستان	۹۷۸/۳	۳۲	آذربایجان شرقی	۵۸۱/٦
۱۵	بوشهر	۹٤٦/۱	۳۳	کاشان	۵۵۸/۸
۱٦	مرکزی	۹۰٤/۲	۳٤	کرمان	۵۲۷/٤
۱۷	قزوین	۹۰۲/۱	۳۵	یزد	۳۵۲/۵
۱۸	اردبیل	۸۹٤/٤			

مأخذ: همان.

شکل ۵. دبی آب به حساب نیامده در واحد طول خط اصلی به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب



۳-۱-۵. شاخص سوم: حجم آب به حساب نیامده بر تعداد مشترکین (انشعابات) بر واحد زمان

جدول ۷ و شکل ٦ مقادیر حجم آب به حساب نیامده بر تعداد مشترکین بر واحد زمان را به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب و از زیاد به کم نشان می‌دهند. با توجه به تعریف دبی به‌عنوان حجم آب عبوری در واحد زمان، تعبیر دیگری که از این شاخص می‌توان داشت، عبارت است از: دبی آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک. با توجه به جدول ۷ و شکل ٦ می‌توان دریافت که شرکت‌های آب

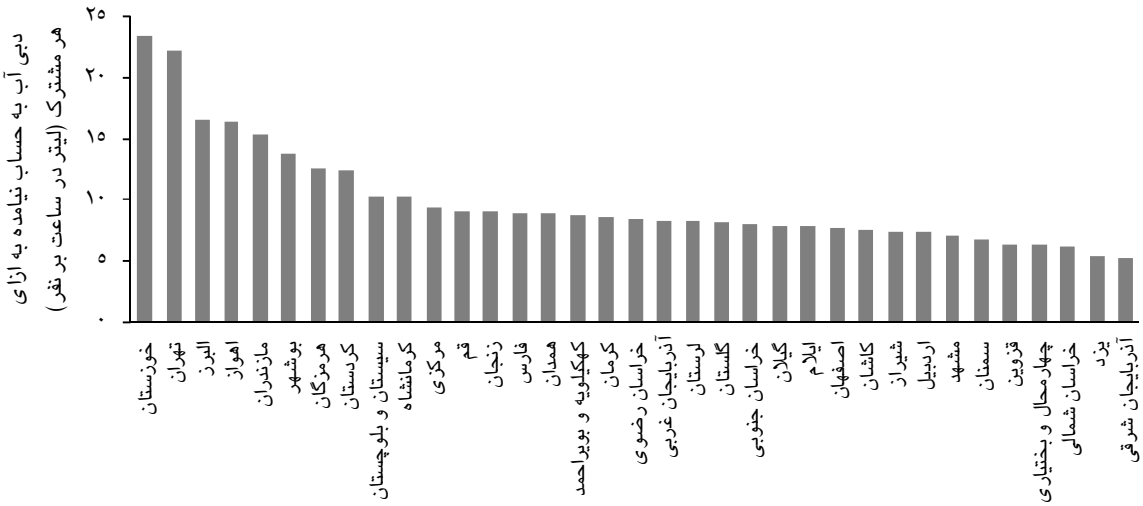
و فاضلاب خوزستان، تهران و البرز به‌ترتیب با مقادیر ۲۳/۵، ۲۲/۲ و ۱۶/۵ لیتر در ساعت بر مشترک، دارای بدترین وضعیت و شرکت‌های آب و فاضلاب آذربایجان شرقی، یزد و خراسان شمالی به‌ترتیب با مقادیر ۵/۳، ۵/٤ و ٦/۱ لیتر در ساعت بر مشترک، دارای بهترین وضعیت از این نظر هستند. قابل توجه است که با توجه به استاندارد متوسط مصرف سرانه خانگی به میزان ۷۵ تا ۱۵۰ لیتر به ازای هر نفر در شبانه‌روز مقادیر این شاخص بیانگر این امر است که مقدار آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک در بسیاری از شهرها می‌تواند نیازهای بسیاری از خانوارها را برآورده کند.

جدول ۷. دبی آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب

ردیف	شرکت	دبی آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک (لیتر در ساعت بر مشترک)	ردیف	شرکت	دبی آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک (لیتر در ساعت بر مشترک)
۱	خوزستان	۲۳/۵	۱۹	آذربایجان غربی	۸/٤
۲	تهران	۲۲/۲	۲۰	لرستان	۸/۲
۳	البرز	۱٦/۵	۲۱	گلستان	۸/۲
٤	اهواز	۱٦/٤	۲۲	خراسان جنوبی	۸/۱
۵	مازندران	۱۵/۳	۲۳	گیلان	۷/۹
٦	بوشهر	۱۳/۹	۲٤	ایلام	۷/۹
۷	هرمزگان	۱۲/٦	۲۵	اصفهان	۷/٦
۸	کردستان	۱۲/٤	۲٦	کاشان	۷/۵
۹	سیستان و بلوچستان	۱۰/۳	۲۷	شیراز	۷/٤
۱۰	کرمانشاه	۱۰/۲	۲۸	اردبیل	۷/٤
۱۱	مرکزی	۹/۳	۲۹	مشهد	۷/۱
۱۲	قم	۹/۱	۳۰	سمنان	٦/۸
۱۳	زنجان	۹/۱	۳۱	قزوین	٦/۳
۱٤	فارس	۸/۹	۳۲	چهارمحال و بختیاری	٦/۳
۱۵	همدان	۸/۹	۳۳	خراسان شمالی	٦/۱
۱٦	کهگیلویه و بویراحمد	۸/۷	۳٤	یزد	۵/٤
۱۷	کرمان	۸/٦	۳۵	آذربایجان شرقی	۵/۳
۱۸	خراسان رضوی	۸/۵			

مأخذ: همان.

شکل ۶. دبی آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب



۴-۱-۵. شاخص چهارم: شاخص عملکرد زیرساخت (ILI)

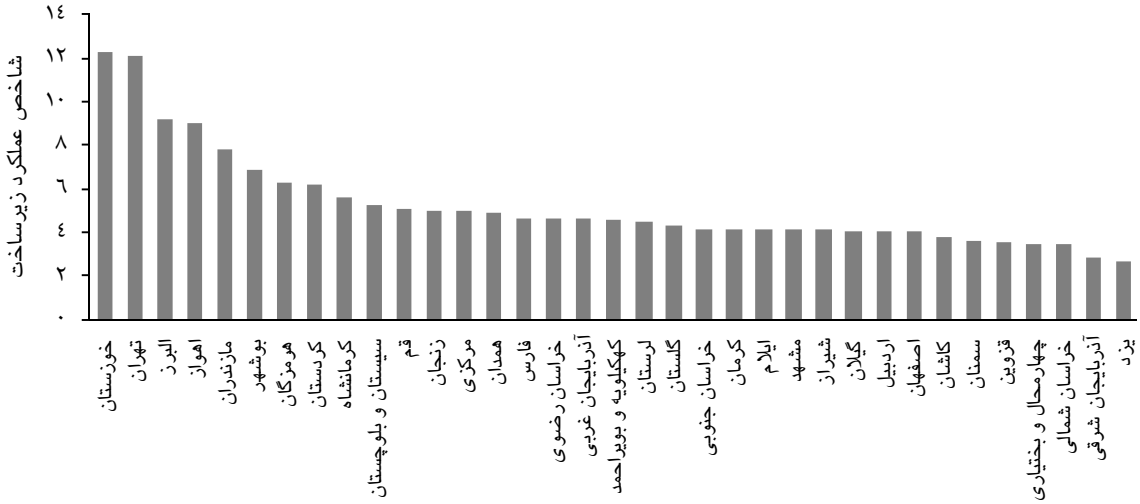
جدول ۸ و شکل ۷ شاخص عملکرد زیرساخت (ILI) را به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب و از زیاد به کم نشان می‌دهند. با توجه به این اطلاعات می‌توان دریافت که شرکت‌های آب و فاضلاب خوزستان، تهران و البرز به‌ترتیب با مقادیر ۱۲/۳، ۱۲/۱ و ۹/۲ دارای بدترین وضعیت و شرکت‌های آب و فاضلاب یزد و آذربایجان شرقی به‌ترتیب با مقادیر ۲/۶ و ۲/۹ دارای بهترین وضعیت از این نظر هستند. شاخص عملکرد زیرساخت یکی از بهترین شاخص‌ها برای مقایسه و ارزیابی آب به حساب نیامده فیزیکی یا تلفات واقعی است. این شاخص به نوعی بیان‌کننده عملکرد زیرساخت‌های شبکه آبرسانی از منظر نشت و فرار آب است. با توجه به شکل ۷ می‌توان دریافت که ابتدا شرکت‌های آب و فاضلاب خوزستان و تهران و سپس البرز و اهواز از نظر نشت آب از شبکه توزیع آب شهری دارای بحرانی‌ترین وضعیت در کشور هستند. در تمامی این شرکت‌ها مقدار شاخص ILI بالاتر از ۸ بوده و این امر در حالی است که براساس استانداردها شاخص ILI بالاتر از ۸ تحت هیچ شرایطی نباید وجود داشته باشد. با توجه به جدول ۳ که نشان‌دهنده مقادیر مجاز شاخص ILI با لحاظ ملاحظات مختلف است، می‌توان دریافت که به غیر از شرکت‌های آب و فاضلاب یزد و آذربایجان شرقی، نه تنها در هیچ یک از شرکت‌ها مقدار این شاخص در محدوده مجاز نمی‌باشد، بلکه در بسیاری از شهرها مقدار این شاخص از حد مجاز (ILI=۳) بسیار بالاتر بوده که این امر نشان‌دهنده نشت و فرار آب بیش از حد از شبکه آب می‌باشد. لازم به ذکر است که شاخص عملکرد زیرساخت بین ۵ تا ۸ فقط تحت شرایط وجود منابع آب بسیار زیاد، قابل اطمینان و به راحتی قابل استخراج و ملاحظات اقتصادی هزینه‌های پایین تأمین و تصفیه آب قابل توجیه است.

جدول ۸. شاخص عملکرد زیرساخت به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب

ردیف	شرکت	شاخص عملکرد زیرساخت	ردیف	شرکت	شاخص عملکرد زیرساخت
۱	خوزستان	۱۲/۳	۱۹	لرستان	٤/٥
۲	تهران	۱۲/۱	۲۰	گلستان	٤/۳
۳	البرز	۹/۲	۲۱	خراسان جنوبی	٤/۲
٤	اهواز	۹/۰	۲۲	کرمان	٤/۲
٥	مازندران	۷/۸	۲۳	ایلام	٤/۲
٦	بوشهر	٦/۹	۲٤	مشهد	٤/۱
۷	هرمزگان	٦/۳	۲٥	شیراز	٤/۱
۸	کردستان	٦/۲	۲٦	گیلان	٤/۱
۹	کرمانشاه	٥/٦	۲۷	اردبیل	٤/۰
۱۰	سیستان و بلوچستان	٥/۲	۲۸	اصفهان	٤/۰
۱۱	قم	٥/۱	۲۹	کاشان	۳/۸
۱۲	زنجان	٥/۰	۳۰	سمنان	۳/٦
۱۳	مرکزی	٥/۰	۳۱	قزوین	۳/٥
۱٤	همدان	٤/۹	۳۲	چهارمحال و بختیاری	۳/٤
۱٥	فارس	٤/۷	۳۳	خراسان شمالی	۳/٤
۱٦	خراسان رضوی	٤/٦	۳٤	آذربایجان شرقی	۲/۹
۱۷	آذربایجان غربی	٤/٦	۳٥	یزد	۲/٦
۱۸	کهگیلویه و بویراحمد	٤/٦			

مأخذ: همان.

شکل ۷. شاخص عملکرد زیرساخت به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب



۲-۵. محاسبه ارزش ریالی آب به حساب نیامده

جدول ۹ و شکل ۸ ارزش ریالی سالیانه آب از دست رفته را به تفکیک شرکت‌های آب و فاضلاب و از زیاد به کم نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که ارزش‌های ریالی مشخص شده بر مبنای قیمت تمام شده آب در شرکت‌ها و در نظر گرفتن آب به حساب نیامده به میزان ۱۰ درصد به‌عنوان میزان مجاز محاسبه شده است. به‌عبارت دیگر با توجه به اینکه حتی در پیشرفته‌ترین کشورها میزان حداقلی از آب به حساب نیامده وجود دارد و بر اساس استانداردها میزان ۱۰ درصد به‌عنوان آب به حساب نیامده قابل قبول تلقی می‌شود، مقادیر جدول ۹ و شکل ۸ ارزش‌های ریالی سالیانه را بر مبنای آب به حساب نیامده از ۱۰ درصد به بالا نشان می‌دهند. جالب توجه است که بر این اساس در شرکت‌های آب و فاضلاب تهران و خوزستان به‌ترتیب مقادیر ۱۳۷۸/۱ و ٤٨٨ میلیارد ریال در سال در اثر بالا بودن آب به حساب نیامده هدر می‌رود که مقادیر مذکور به نحو چشمگیری از بقیه نقاط کشور بالاتر است. البته لازم به ذکر است که در مقایسه ارزش ریالی آب به حساب نیامده در شرکت‌های آب و فاضلاب مختلف باید تعداد مشترکین شرکت‌ها را نیز لحاظ کرد و ارزش ریالی را آب از دست رفته را به ازای هر مشترک در نظر گرفت. با لحاظ این امر باز هم شرکت‌های آب و فاضلاب تهران و خوزستان، از این نظر دارای بدترین وضعیت در کل کشور هستند.

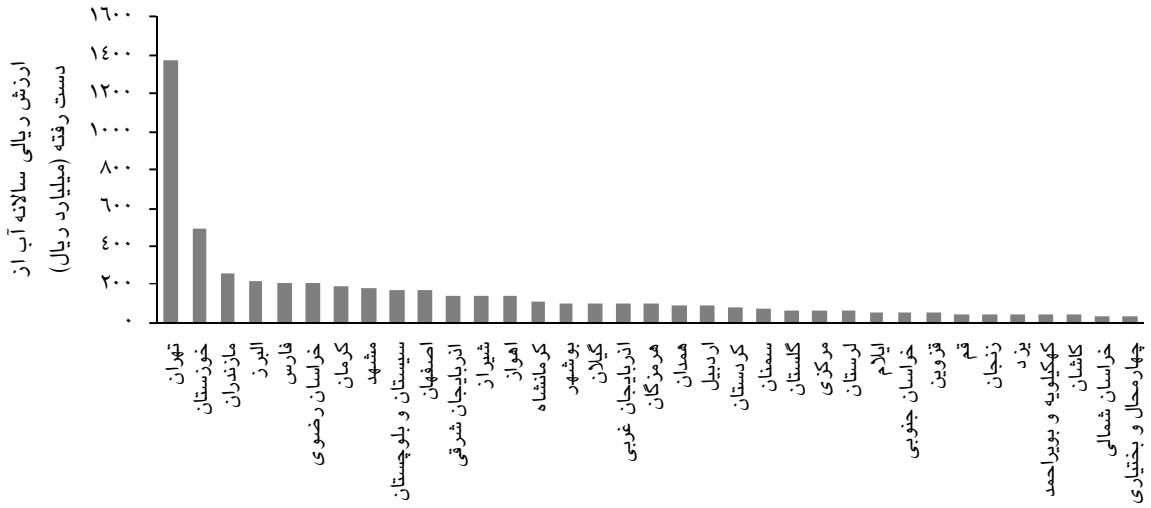
جدول ۹. ارزش ریالی سالیانه آب ازدست رفته

ردیف	شرکت	ارزش ریالی سالیانه آب از دست رفته (میلیارد ریال)	ردیف	شرکت	ارزش ریالی سالیانه آب از دست رفته (میلیارد ریال)
۱	تهران	۱۳۷۸/۱	۱۹	همدان	۸۸/۱
۲	خوزستان	٤٨٨/۰	۲۰	اردبیل	۸۷/۱
۳	مازندران	۲٦۰/۲	۲۱	کردستان	۷۹/۸
٤	البرز	۲۲۱/۳	۲۲	سمنان	٦٦/۹
٥	فارس	۲۰۹/٦	۲۳	گلستان	٦٥/۸
٦	خراسان رضوی	۲۰٤/۲	۲٤	مرکزی	٥۷/۲
۷	کرمان	۱۸٥/۳	۲٥	لرستان	٥٦/۷
۸	مشهد	۱۷۹/٦	۲٦	ایلام	٥۳/۳
۹	سیستان و بلوچستان	۱۷۱/٤	۲۷	خراسان جنوبی	٤۷/۸
۱۰	اصفهان	۱٦۸/٤	۲۸	قزوین	٤۷/۲
۱۱	آذربایجان شرقی	۱۳۸/۷	۲۹	قم	٤٥/۳
۱۲	شیراز	۱۳۷/٦	۳۰	زنجان	٤٤/۳
۱۳	اهواز	۱۳٤/۸	۳۱	یزد	٤۱/٦

ردیف	شرکت	ارزش ریالی سالیانه آب از دست رفته (میلیارد ریال)	ردیف	شرکت	ارزش ریالی سالیانه آب از دست رفته (میلیارد ریال)
۱٤	کرمانشاه	۱۱۲/۰	۳۲	کهگیلویه و بویراحمد	۳۹/۲
۱۵	بوشهر	۱۰۲/۲	۳۳	کاشان	۳۷/۱
۱٦	گیلان	۱۰۱/۲	۳٤	خراسان شمالی	۳۵/۳
۱۷	آذربایجان غربی	۹٦/۸	۳۵	چهارمحال و بختیاری	۳٤/۵
۱۸	هرمزگان	۹٦/۵		**جمع**	**۵۳۱۳/۱**

مأخذ: همان.

شکل ۸. ارزش ریالی سالیانه آب ازدست رفته



۶. ملاحظات اقتصادی کاهش آب به حساب نیامده

در توجیه اقتصادی رفع تلفات فیزیکی و غیرفیزیکی، بررسی و تعیین دو عامل زیر رکن اساسی را ایفا می‌کند:

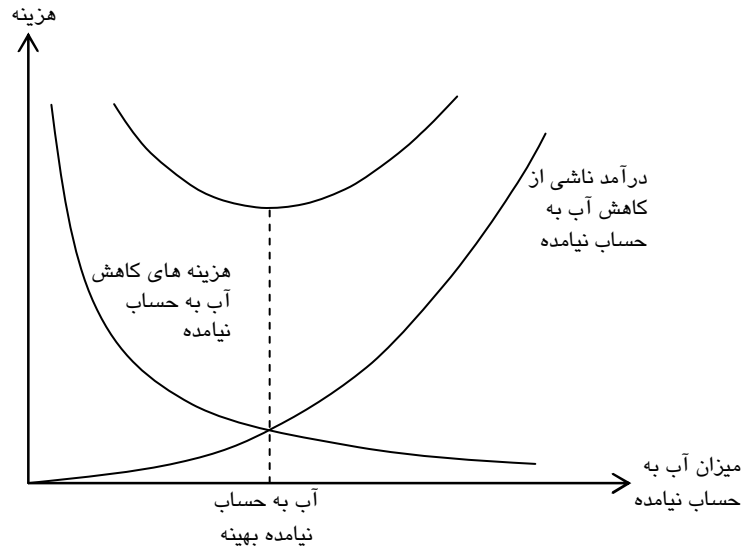
الف) کل هزینه‌های عملیات رفع تلفات،

ب) ارزش آب بازیافتی.

از آنجا که انجام مطالعات آب به حساب نیامده و اجرای راهکارهای کاهش آن باید دارای توجیه اقتصادی باشد، لذا لازم است پس از انجام مطالعات، بررسی‌های هزینه ـ فایده ناشی از اجرای طرح کاهش آب به حساب نیامده فیزیکی و غیرفیزیکی صورت گرفته و شرکت‌های آب و فاضلاب نسبت به میزان سرمایه‌گذاری‌های لازم و منافع اقتصادی حاصل از این مطالعات آگاهی و اطلاعات لازم را به دست آورند. انجام طرح مطالعات شناخت و کاهش آب به حساب نیامده زمانی

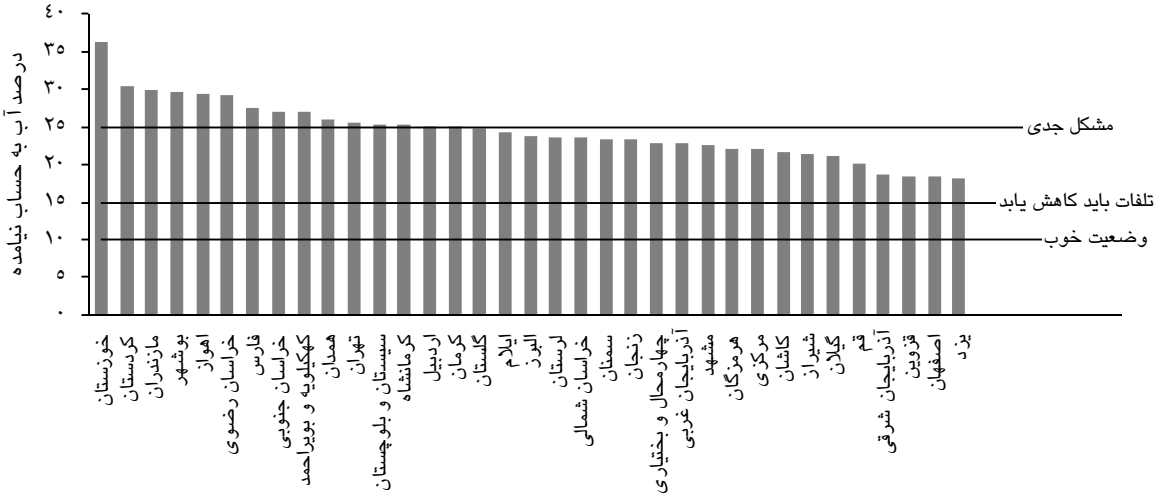
اقتصادی است که میزان هزینه‌های پرداختی برای این امر از درآمدهای ناشی از کاهش آب به حساب نیامده کمتر باشد. شکل ۹ نمودار هزینه ـ فایده و میزان بهینه کاهش آب به حساب نیامده را نشان می‌دهد.

شکل ۹. نمودار هزینه-فایده و میزان بهینه کاهش آب به حساب نیامده



منظور از توجیه اقتصادی در اینجا مقایسه کلیه هزینه‌های مربوط به رفع تلفات فیزیکی با هزینه‌های تأمین، انتقال، ذخیره‌سازی و توزیع آن است، تا مشخص شود که انجام این عملیات صرفه اقتصادی دارد یا خیر؟ در مبحث آب به حساب نیامده، هدف، بازگرداندن آبی است که قسمتی از آن به‌علت تلفات مختلف از دست می‌رود. یعنی بازگرداندن آبی که قبلاً مخارج تأمین آن پرداخت شده و در مورد تأمین آن سرمایه‌گذاری‌های لازم انجام شده است. با شناسایی مقدار آب برگشتی براساس عملیات کاهش تلفات و تعمیرات لازم و تعیین هزینه این عملیات، می‌توان با مقایسه بین مقدار سرمایه برگشتی و هزینه انجام عملیات، به بررسی بازده اقتصادی آن پرداخت. البته لازم به ذکر است که این سوددهی باید در یک مدت زمان مشخص، تا قبل از عملیات مجدد کاهش تلفات، مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل در مورد میزان آب به حساب نیامده در شرکت‌های مختلف آب و فاضلاب در کشور و همچنین ارزش ریالی آب از دست رفته، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاهش آب به حساب نیامده در بیشتر شرکت‌های آب و فاضلاب در کشور دارای توجیه اقتصادی است. شکل ۱۰ مقایسه درصد آب به حساب نیامده با مقادیر توصیه شده جهانی در شرکت‌های مختلف آب و فاضلاب را نشان می‌دهد.

شکل ۱۰. مقایسه درصد آب به حساب نیامده با مقادیر توصیه شده جهانی



براساس شکل ۱۰، در تمام شرکت‌های آب و فاضلاب تلفات مربوط به آب به حساب نیامده در حدی است که باید کاهش یابد و از بین ۳۵ شرکت آب و فاضلاب ۱۴ شرکت دارای مشکل جدی هستند.

۷. راهبردهای مدیریت آب به حساب نیامده

در یک دید کلی می‌توان راهبردهای مدیریت آب به حساب نیامده را به سه گروه راهبردهای کاهش هدررفت واقعی، راهبردهای کاهش هدررفت ظاهری غیرمجاز و راهبردهای کاهش هدررفت ظاهری مجاز تقسیم کرد. در ادامه راهبردهای یاد شده و راهکارهای ذیل هر کدام ارائه می‌شوند:

الف) راهبردهای کاهش هدررفت واقعی

- **راهبرد ۱: افزایش سرعت وکیفیت تعمیرات:**
  - ساماندهی اولیه حوادث،
  - مدیریت برای کاهش تعداد اتفاقات،
  - ساماندهی اتفاقات شبکه و انشعابات،
  - ساماندهی اتفاقات خطوط انتقال.
- **راهبرد ۲: نشت یابی فعال:**
  - شناسایی اجزای شبکه و رفع مشکلات آن،
  - بازرسی دیداری شبکه، انشعابات، خطوط انتقال و مخازن،

- تهیه و به‌روزرسانی نقشه‌ها،
- شناسایی و رفع نشت و سرریز از مخازن،
- دبی سنجی و رسم منحنی ورودی به شبکه،
- آنالیز جریان حداقل شبانه،
- تهیه نقشه جانمایی تأسیسات،
- استقرارحوزه‌های مستقل اندازه‌گیری دائمی،
- کنترل سطح نشت.

- **راهبرد ۳: مدیریت فشار:**

- فشارسنجی و تحلیل فشار،
- لوپ شماری و برش شبکه،
- ساماندهی هیدرولیکی شبکه،
- ساماندهی هیدرولیکی خطوط انتقال،
- امکان‌سنجی مدیریت فشار شبکه،
- پایش و کنترل مداوم فشار شبکه.

- **راهبرد ۴: مدیریت دارایی‌ها و خطوط لوله:**

- ساماندهی طراحی، اجرا و راه‌اندازی لوله‌ها،
- استانداردسازی انشعابات،
- بررسی آثار شیمیایی و میکروبی بر لوله‌ها،
- بررسی افت بر اثر رسوب گرفتگی لوله‌ها،
- بررسی پاسخگویی شبکه به تقاضا،
- ساماندهی شبکه حاشیه شهرها،
- آب‌بندی لوله‌های قطر بزرگ،
- لاینینگ لوله‌ها،
- بازسازی و رفع نشت مخازن،
- تعویض لوله‌ها.

ب) راهبردهای کاهش هدررفت ظاهری غیرمجاز

- راهبرد ۱: کنترل مصارف غیرمجاز:

- شناسایی و رفع مصارف غیرقانونی،
- شناسایی مصارف غیرمجاز از محل‌های مجاز،
- شناسایی انشعابات غیرمجاز فضای سبز شهرداری،
- شناسایی انشعابات غیرمجاز بزرگ،
- شناسایی انشعابات غیرمجاز معمولی،
- مرئی‌سازی انشعابات غیرمجاز،

• **راهبرد ۲: مدیریت کنتورهای مشترکین:**

- ساماندهی انشعابات فضای سبز شهرداری،
- کنتورگذاری اشتراک‌های بدون کنتور،
- اصلاح کنتورهای ثابت،
- تعویض کنتورهای خراب،
- تهیه نقشه مشترکین،
- تهیه نقشه انشعابات،
- به‌روزرسانی نرم‌افزار صدور قبض،
- مکانیزاسیون سیستم امور مشترکین،
- استفاده از کنتورهای با تکنولوژی بالاتر.

• **راهبرد ۳: کنترل درستی داده‌های مشترکین:**

- شناسایی و حذف انشعابات جا افتاده از فایل مشترکین و صدور قبض،
- شناسایی و حذف انشعابات جا افتاده از قرائت و قرائت نشده،
- شناسایی و کاهش خطای قرائت،
- بررسی صحت و دقت مصرف.

• **راهبرد ۴: بررسی داده‌ها و آنالیز آن:**

- یافتن گروه‌های مصرف و همبستگی مصرف آنها با درآمد،
- آنالیز مصرف از دیدگاه محاسبه دقیق آب بدون درآمد،
- آنالیز مصرف با دیدگاه درآمدزایی و تدوین تعرفه.

ج) راهبردهای کاهش هدررفت ظاهری مجاز

• **راهبرد ۱: شناسایی محل و اندازه‌گیری دقیق و ثبت مقادیر:**

- شناسایی، اندازه‌گیری و ثبت مصارف مجاز بدون درآمد.

- **راهبرد ۲: کنترل فروش و مصارف رایگان:**
  - ساماندهی مصارف زیر ۷ مترمکعب در ماه و رایگان.
- **راهبرد ۳: کنترل مصارف اداری و تأسیسات:**
  - ساماندهی مصارف ساختمان‌های اداری و شرکت‌ها.
- **راهبرد ۴: مدیریت مصارف فرآیندی:**
  - ساماندهی مصارف فرآیندی.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ذکر شده در بخش‌های قبل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تلفات مربوط به آب به حساب نیامده در کشور در وضعیت مناسبی نیست. به‌طور کلی می‌توان گفت که متوسط درصد آب به حساب نیامده در کشور برابر با ۲۵ درصد (معادل ۱٤۱۰ میلیون متر مکعب در سال) است که از این میان ۱۳/٤ درصد (معادل ۷٥٦ میلیون متر مکعب در سال) مربوط به تلفات واقعی، ۹/۹ درصد (معادل ٥٥۸ میلیون متر مکعب در سال) مربوط به تلفات ظاهری و ۱/۷ درصد (معادل ۹٦ میلیون متر مکعب در سال) نیز مربوط به مصارف مجاز بدون درآمد است. با لحاظ حداکثر تلفات مجاز به میزان ۱۰ درصد بر اساس استانداردهای جهانی، ارزش ریالی کل آب به حساب نیامده سالیانه حدود ٥۳۱۳ میلیارد ریال می‌شود که بسیار جای تأمل دارد.

شاخص دبی آب به حساب نیامده به ازای واحد طول خط اصلی و شاخص دبی آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک به‌ترتیب برابر ۱۱۳٦ لیتر در ساعت بر کیلومتر و ۱۱ لیتر در ساعت بر مشترک است. قابل توجه است که با توجه به استاندارد متوسط مصرف سرانه خانگی به میزان ۷٥ تا ۱٥۰ لیتر به ازای هر نفر در شبانه‌روز مقادیر این شاخص‌ها بیانگر این امر است که مقدار آب به حساب نیامده به ازای هر مشترک در بسیاری از شهرها می‌تواند نیازهای بسیاری از خانوارها را برآورده کند. متوسط شاخص عملکرد زیرساخت در کشور ٦ است. لازم به ذکر است که شاخص عملکرد زیرساخت بین ٥ تا ۸ فقط تحت شرایط وجود منابع آب بسیار زیاد، قابل اطمینان و به راحتی قابل استخراج و ملاحظات اقتصادی هزینه‌های پایین تأمین و تصفیه آب قابل توجیه است. با توجه به نبود این شرایط در کشور و حتی وجود شرایط وخیم آبی لزوم و اهمیت بهبود شبکه‌های توزیع آب شهری و کاهش آب به حساب نیامده بسیار چشمگیر است.

با توجه به محاسبات انجام شده و شاخص‌های به دست آمده به‌ترتیب شرکت‌های آب و فاضلاب خوزستان، تهران، البرز و اهواز دارای بدترین وضعیت و شرکت‌های آب و فاضلاب یزد و

آذربایجان شرقی دارای بهترین وضعیت از منظر تلفات آب به حساب نیامده هستند. قابل توجه است که ارزش ریالی آب به حساب نیامده مربوط به شرکت آب و فاضلاب تهران تقریباً برابر یک‌چهارم کل ارزش ریالی آب به حساب نیامده در کل کشور است.

با توجه به مطالب ذکر شده لزوم کاهش آب به حساب نیامده در کشور به شدت احساس می‌شود. محدودیت منابع آب و وقوع خشکسالی‌های اخیر از یک طرف و نیاز به آب به‌عنوان زیربنای هر گونه توسعه و آمایش سرزمین، حساسیت موضوع را مضاعف ساخته و توجه بیشتری طلب می‌کند. در این راستا برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی جهت اقدامات اجرایی کاهش آب به حساب نیامده بر اساس راهبردهای از پیش تعیین شده باید در اسرع وقت در دستور کار متولیان امر قرار گیرد تا بتوان طی برنامه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت میزان آب به حساب نیامده در کشور را کاهش داده و در سطح استانداردهای جهانی حفظ کرد.

منابع و مآخذ

۱. راهنمای شناخت و بررسی عوامل مؤثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن، ، وزارت نیرو، معاونت امور آب و آبفا، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، ش: ۳۰۸-الف، ۱۳۸۹.

۲. مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری، وزارت نیرو، معاونت امور آب و آبفا، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، ش: ۳-۱۱۷، ۱۳۷۱.

۳. آمار و ارقام دریافت شده از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، نامه شماره ۹۳/۲۰۰/۵۷۰۷، مورخ ۱۳۹۳/٤/۱٤.

4. Performance Indicators of Water Losses in Distribution Systems, Saroj Sharma, UNESCO-IHE, Institue for Water Education, 2008.

شناسنامه گزارش	مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی	شماره مسلسل: ۱۳۹۵۷

عنوان گزارش: بررسی تفصیلی هدررفت آب در شبکه‌های توزیع آب شهری

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب)

تهیه و تدوین‌کنندگان: مهدی مظاهری، نرجس‌السادات عبدالمنافی

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

ناظران علمی: محمدرضا محمدخانی، محسن صمدی

متقاضی: معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی: ـــــ

تاریخ انتشار: ۱۳۹۳/۸/۵