

تحلیل عوامل و چالش‌های ناترازی آب و اثرات آن بر تاب‌آوری شهری

محمدامین صارمی^۱، ساناز قندهاری^۲

۱- رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب نیشابور

۲- کارشناسی ارشد آب و سازه‌های هیدرولیکی، کارشناس دیسپاچینگ شرکت آب و فاضلاب نیشابور.

(SanazGhandehari93@Gmail.com)

چکیده

ناترازی آب، به‌عنوان عدم تعادل پایدار میان عرضه و تقاضا، امروزه به یکی از چالش‌های اصلی مدیریت منابع در شهرهای ایران و جهان تبدیل شده است. این مسئله، ناشی از ترکیب عواملی همچون تغییر اقلیم، برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی، هدررفت گسترده در شبکه‌های توزیع، الگوهای مصرف ناکارآمد و نارسایی در سیاست‌گذاری‌های کلان است. هدف این پژوهش، شناسایی عوامل مؤثر بر ناترازی آب و تحلیل اثرات آن بر تاب‌آوری شهری، با ارائه راهکارهای اجرایی برای کاهش پیامدها است.

روش تحقیق مبتنی بر رویکرد ترکیبی بوده است: تحلیل اسناد و مطالعات پیشین برای تدوین چارچوب نظری، گردآوری و تحلیل داده‌های کمی از شرکت‌های آب و فاضلاب (شامل شاخص‌های عرضه، تقاضا و کیفیت آب) و بررسی میدانی با مصاحبه از خبرگان و مدیران بخش آب.

یافته‌ها نشان می‌دهد که ناترازی آب به‌طور مستقیم شاخص‌های تاب‌آوری شهری را در حوزه‌های دسترسی پایدار به آب، کیفیت خدمات، و توان بازگشت از بحران تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این میان، شهر نیشابور به‌عنوان مطالعه موردی، با میانگین هدررفت ۳۵٫۹۰٪، نمونه‌ای شاخص از آسیب‌پذیری بالا است. نتایج تحلیل‌ها حاکی از آن است که مدیریت تقاضا، استفاده از فناوری پایش هوشمند، تنوع‌بخشی به منابع و تقویت مشارکت مردمی، می‌تواند تا ۱۰ تا ۱۵٪ میزان ناترازی را کاهش دهد.

این پژوهش می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری مدیران شهری و سیاست‌گذاران برای ارتقای تاب‌آوری در شرایط تنش آبی باشد.

واژگان کلیدی: ناترازی آب، تاب‌آوری شهری، مدیریت منابع، نیشابور

۱- مقدمه

کمبود و ناترازی آب، به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی قرن بیست‌ویکم، نه‌تنها امنیت غذایی و بهداشتی را تهدید می‌کند، بلکه مستقیماً بر تاب‌آوری شهرها در برابر بحران‌های طبیعی و انسانی اثر می‌گذارد. ناترازی در بخش آب، که به معنای عدم تعادل پایدار بین منابع موجود و نیازهای مصرفی (در دو بعد کمی و کیفی) است، پدیده‌ای فزاینده در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران محسوب می‌شود. عواملی چون تغییرات اقلیمی، کاهش بارندگی‌های مؤثر، برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی، هدررفت قابل توجه در شبکه‌های آبرسانی، رشد

جمعیت و توسعه شهری بدون توجه به ظرفیت‌های آبی، سبب تشدید این روند شده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تداوم این شرایط، در کنار نقص‌های موجود در سیاست‌گذاری و ضعف در مدیریت تقاضا، باعث کاهش چشمگیر توان شهرها برای مدیریت بحران و بازگشت به شرایط پایدار می‌شود. این مسئله نه تنها در سطح ملی بلکه در مدیریت شهری نیز به دغدغه‌ای جدی تبدیل شده است. هرچند پژوهش‌های متعددی در زمینه مدیریت منابع آب انجام شده، اما تمرکز کمتر بر پیوند میان ناترازی و شاخص‌های تاب‌آوری شهری، به‌ویژه با بهره‌گیری از داده‌های واقعی و تحلیل میدانی، دیده می‌شود. این پژوهش، با رویکردی ترکیبی، به شناسایی عوامل و پیامدهای ناترازی آب و ارائه راهکارهای ارتقای تاب‌آوری شهری می‌پردازد.

در بخش مطالعه موردی، شهر نیشابور به‌عنوان نمونه‌ای برجسته در مناطق نیمه‌خشک انتخاب شده است تا یافته‌ها علاوه بر بُعد نظری، پشتوانه داده‌محور نیز داشته باشند و قابلیت تعمیم به سایر شهرهای کشور را فراهم کنند.

۲- پیشینه

مسئله آب بدون درآمد، چالشی جهانی است که در بسیاری از شهرهای جهان، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، با شدت‌های متفاوتی وجود دارد. مطالعات متعددی در سال‌های اخیر در سراسر جهان و همچنین در ایران، به بررسی ابعاد مختلف این پدیده پرداخته‌اند. این مطالعات اغلب بر دو جنبه کلیدی تمرکز دارند: اندازه‌گیری دقیق آب بدون درآمد و شناسایی عوامل مؤثر بر آن.

در سطح بین‌المللی، سازمان‌هایی مانند اتحادیه بین‌المللی آب، استانداردهایی را برای تعریف و محاسبه آب بدون درآمد ارائه داده‌اند. این استانداردها به سازمان‌های آب در سراسر جهان کمک می‌کنند تا بتوانند عملکرد خود را در این زمینه به صورت قابل مقایسه ارزیابی کنند. مطالعات انجام شده در شهرهای بزرگ و کوچک در اروپا، آمریکا، آسیا و آفریقا، نشان‌دهنده طیف وسیعی از درصدهای آب بدون درآمد هستند. به عنوان مثال، در برخی از شهرهای پیشرفته، این رقم به کمتر از ۱۰٪ می‌رسد، در حالی که در برخی دیگر، این رقم می‌تواند از ۵۰٪ نیز فراتر رود.

در ایران نیز، کاهش آب بدون درآمد به عنوان یکی از اهداف استراتژیک در صنعت آب و فاضلاب کشور مطرح بوده است. بسیاری از پژوهشگران و سازمان‌های آب و فاضلاب استانی، مطالعاتی را در خصوص وضعیت آب بدون درآمد در شهرهای مختلف انجام داده‌اند. این مطالعات، یافته‌های مشابهی را در خصوص عوامل مؤثر بر آب بدون درآمد گزارش کرده‌اند. نتایج این مطالعات نشان داده است که کاهش آب بدون درآمد می‌تواند تا ۲۰٪ ظرفیت تولید آب را آزاد کند و به طور قابل توجهی هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری در بخش تأمین آب را کاهش دهد. این امر به معنای امکان افزایش بهره‌وری از منابع آبی موجود، به تعویق انداختن پروژه‌های پرهزینه توسعه منابع جدید و بهبود پایداری مالی سازمان‌های آب است. برخی از تحقیقات در ایران بر روی شناسایی سهم هر یک از عوامل (نشت، مصارف غیرمجاز، و خطاهای فنی) در کل آب بدون درآمد تمرکز داشته‌اند. یافته‌ها حاکی از آن است که در بسیاری از شهرهای ایران، به‌ویژه در شهرهای با سابقه طولانی و شبکه فرسوده، نشت فیزیکی در شبکه توزیع آب، سهم قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین، انشعابات غیرمجاز در مناطق مختلف شهری، به خصوص در نواحی در حال توسعه یا مناطق حاشیه‌نشین، به عنوان یکی از چالش‌های جدی شناسایی شده است. علاوه بر این، خطاهای سیستمی و انسانی در فرآیندهای اندازه‌گیری، قرائت کنتور، و ثبت داده‌ها نیز در بالا رفتن شاخص آب بدون درآمد نقش دارند.

با توجه به پیشینه مطالعاتی انجام شده، این پژوهش بر آن است تا با اتخاذ رویکردی مشابه و با استفاده از داده‌های

مختص شهر نیشابور، به تحلیل دقیق وضعیت آب بدون درآمد در این شهر پرداخته و راهکارهایی متناسب با شرایط محلی ارائه دهد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- تعریف ناترازی آب

ناترازی آب به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن میزان برداشت و تقاضا از منابع آبی با ظرفیت تجدیدپذیر و موجود این منابع در یک تعادل پایدار قرار ندارد. این وضعیت می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی، انسانی یا ترکیبی از هر دو باشد.

۲-۲- مفهوم تاب‌آوری شهری

تاب‌آوری شهری در حوزه آب به توانایی یک شهر برای حفظ عملکرد خدمات آبی در مواجهه با شوک‌ها و فشارها مانند خشکسالی، آلودگی ناگهانی، یا افزایش ناگهانی تقاضا گفته می‌شود. شاخص‌های کلیدی تاب‌آوری شامل دسترسی پایدار به منابع آب، انعطاف‌پذیری در توزیع، کیفیت خدمات و توان بازگشت سیستم پس از بحران است.

۳- عوامل مؤثر بر ناترازی آب

۳-۱- تغییرات اقلیمی

افزایش دما، کاهش بارش‌های مؤثر، و تشدید تبخیر باعث کاهش منابع سطحی و زیرزمینی شده است.

۳-۲- برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی

برداشت بیش از ظرفیت تجدید از آبخوان‌ها در برخی مناطق موجب افت تراز آب و شور شدن تدریجی منابع شده است.

۳-۳- هدررفت در شبکه‌های توزیع

فرسودگی لوله‌ها و نشت آب سهم مهمی در ناترازی دارند. در برخی شهرهای کشور، هدررفت شبکه به بیش از ۳۵٪ نیز می‌رسد که علاوه بر اتلاف منابع، هزینه‌های اقتصادی سنگینی تحمیل می‌کند.

۳-۴- ضعف در سیاست‌گذاری و مدیریت

هم‌پوشانی وظایف سازمان‌ها، نبود برنامه‌ریزی بلندمدت، فشارهای سیاسی و نگاه بخشی‌نگر از مهم‌ترین عوامل مدیریتی ناترازی محسوب می‌شوند.

۴- پیامدهای ناترازی بر تاب آوری شهری

- کاهش کیفیت و کمیت آب شرب و افزایش هزینه‌های تصفیه.
- وابستگی بیشتر به انتقال آب از مناطق دیگر و در نتیجه آسیب‌پذیری در برابر تنش‌های سیاسی و اجتماعی.
- افزایش احتمال بحران‌های ناگهانی مانند خشکسالی یا آلودگی شیمیایی منابع.
- کاهش توان مدیریت شهری در ارائه خدمات پایدار.
- تأثیر منفی بر توسعه اقتصادی و سرمایه‌گذاری در شهرها.

۵- مواد و روش‌ها

این مطالعه با رویکردی توصیفی-تحلیلی و با استفاده از داده‌های کمی، وضعیت آب بدون درآمد در شهر نیشابور را طی یک دوره زمانی مشخص (سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳) مورد بررسی قرار داده‌است.

۵-۱- جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های مورد نیاز برای این تحقیق از منابع رسمی و مستند سازمان آب و فاضلاب نیشابور استخراج شده است. این داده‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

حجم تولید آب (Total Production): میزان کل آبی که در طول دوره زمانی مورد بررسی، توسط منابع تأمین آب شهر نیشابور (شامل چاه‌ها، منابع سطحی و ...) تولید و به شبکه انتقال یافته است.

حجم مصرف آب (Actual Consumption/Billed Volume): میزان آبی که به صورت قانونی به مصرف‌کنندگان (خانگی، تجاری، صنعتی، عمومی و ...) فروخته شده و صورتحساب آن صادر گردیده است.

تلفات فیزیکی (Physical Losses): نشت آب از لوله‌ها، اتصالات، شیرآلات و سایر اجزای شبکه توزیع آب به دلیل فرسودگی، آسیب‌دیدگی یا طراحی نامناسب.

تلفات ظاهری (Apparent Losses): شامل مصارف غیرمجاز (انشعابات غیرقانونی، دست‌کاری کنتور) و خطاهای قرائت کنتور و ثبت داده‌ها.

۵-۲- روش محاسبه آب بدون درآمد

مفهوم آب بدون درآمد بر اساس اختلاف بین حجم آبی که وارد شبکه توزیع می‌شود و حجمی که به مشترکین فروخته می‌شود، تعریف می‌گردد. فرمول کلی محاسبه آب بدون درآمد به صورت زیر است:

(۱) حجم مصرف فروخته شده - حجم تولید آب = آب بدون درآمد

این محاسبه معمولاً بر اساس واحدهای حجمی مانند متر مکعب (m^3) یا لیتر (L) انجام می‌شود.

درصد آب بدون درآمد (NRW%) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$(۲) \quad \text{درصد آب بدون درآمد (NRW\%)} = \frac{\text{حجم مصرف فروخته شده} - \text{حجم تولید آب}}{\text{حجم تولید آب}} \times 100$$

در این مطالعه، داده‌های تولید و مصرف آب به صورت سالانه در نظر گرفته شده و درصد آب بدون درآمد نیز به صورت سالانه محاسبه و تحلیل شده است.

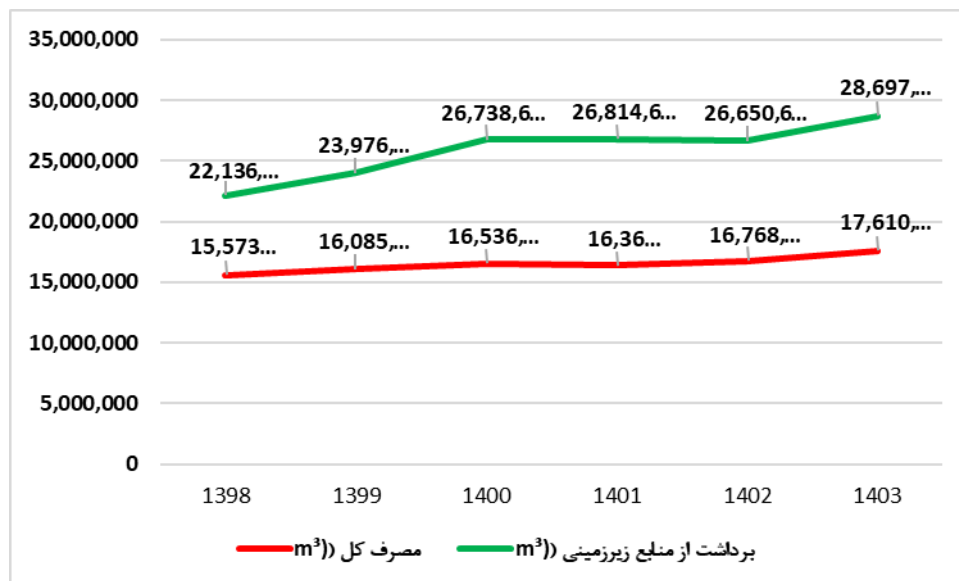
۶- تحلیل داده‌ها

به منظور بررسی دقیق وضعیت ناترازی و هدررفت آب شهر نیشابور، داده‌های سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ شامل مصرف کل، برداشت از منابع زیرزمینی، حجم و درصد هدررفت شبکه مورد استفاده قرار گرفت. جدول زیر نتایج حاصل از گردآوری و تحلیل این داده‌ها را نشان می‌دهد:

جدول ۱- تولید، مصرف و درصد آب بدون درآمد در شهر نیشابور (۱۳۹۸-۱۴۰۳)

سال	مصرف کل (m^3)	برداشت از منابع زیرزمینی (m^3)	هدررفت شبکه (m^3)	هدررفت شبکه (%)
1398	15,573,943	22,136,745	6,562,802	29.64664408
1399	16,085,339	23,976,509	7,891,170	32.91208964
1400	16,536,027	26,738,634	10,202,607	38.15679871
1401	16,363,800	26,814,656	10,450,856	38.97441666
1402	16,768,519	26,650,608	9,882,089	37.08016342
1403	17,610,130	28,697,676	11,087,546	38.63569301
مجموع ۶ سال	98,937,758	155,014,827	56,077,069	35.90096759

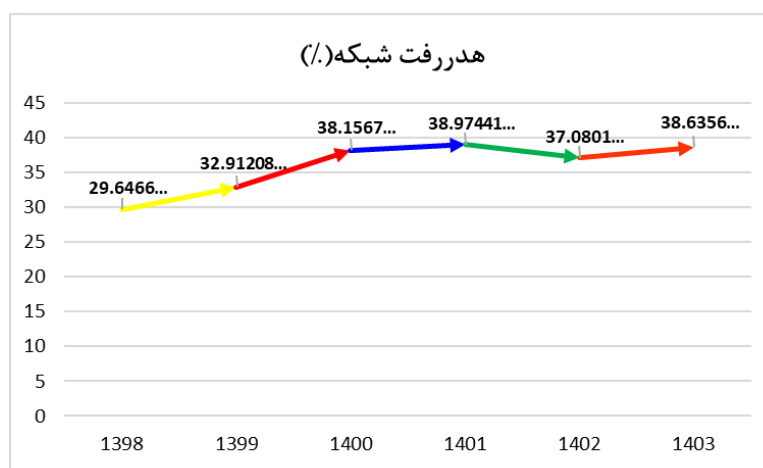
با توجه به جدول ۱- درصد هدررفت شبکه در طی این دوره افزایش چشمگیری داشته، به‌ویژه بین سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱، و در سال ۱۴۰۲ کاهش نسبی یافته است.



شکل ۱- روند مصرف و برداشت آب نیشابور در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳

همان‌طور که در نمودار شکل ۱- مشاهده می‌شود، مصرف کل آب در نیشابور طی دوره مورد بررسی با رشد ۱۳ درصدی از ۱۵,۵۷ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۸ به ۱۷,۶۱ میلیون مترمکعب در سال ۱۴۰۳ افزایش یافته است. در همین بازه، برداشت از منابع زیرزمینی رشد بسیار بیشتری، معادل ۲۹,۶ درصد داشته و از ۲۲,۱۳ میلیون مترمکعب به ۲۸,۶۹ میلیون مترمکعب رسیده است.

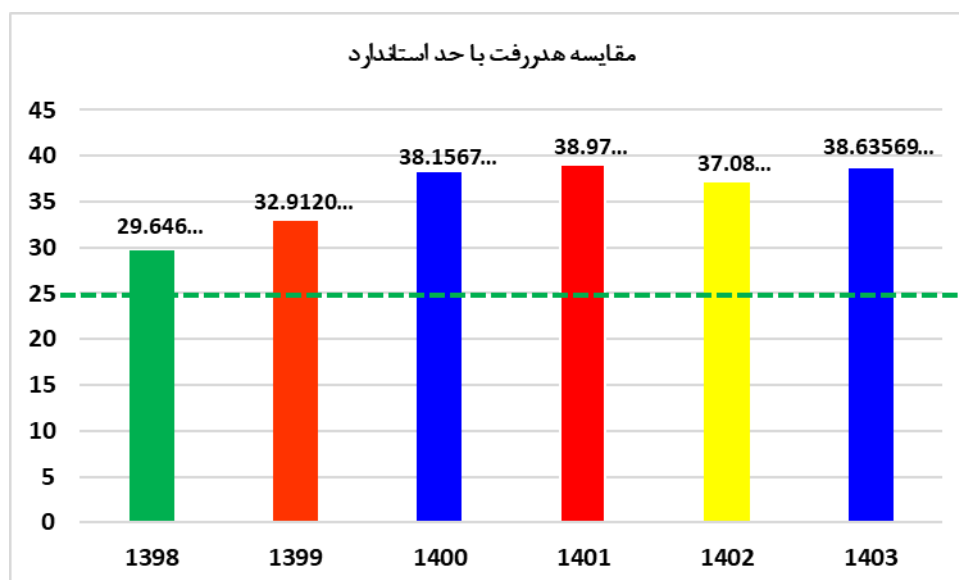
این اختلاف سرعت رشد برداشت نسبت به مصرف بیان‌گر فشار روبه افزایش بر منابع زیرزمینی و ضعف در مدیریت منابع است. روند دو خط نشان می‌دهد که وابستگی شبکه آبرسانی به منابع زیرزمینی رو به افزایش بوده که می‌تواند منجر به کاهش سطح آبخوان‌ها و تشدید مشکلات کیفی و کمی منابع آب در سال‌های آینده شود.



شکل ۲- روند تغییرات درصد هدررفت شبکه آب نیشابور در دوره ۱۳۹۸-۱۴۰۳

همان‌طور که در شکل ۲- مشاهده می‌شود، میزان هدررفت شبکه از حدود ۲۹,۸٪ در سال ۱۳۹۸ به بیشینه ۳۸,۹٪ در

سال ۱۴۰۱ رسیده و سپس کاهش نسبی در سال ۱۴۰۲ داشته و مجدد در سال ۱۴۰۳ افزایشی ثبت شده است. این روند رو به افزایش بیانگر فشار فزاینده بر منابع، فرسودگی زیرساخت، ضعف کنترل آب غیر درآمدی و احتمال افزایش برداشت غیرمجاز یا نشتی در شبکه است.



شکل ۳- درصد هدررفت شبکه توزیع آب نیشابور در سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ و مقایسه با حد استاندارد ملی

نمودار شکل ۳- نشان می‌دهد که درصد هدررفت شبکه توزیع آب نیشابور طی دوره شش ساله مورد بررسی به‌طور پیوسته بالاتر از حد استاندارد ملی (۲۵ درصد) بوده است. میانگین هدررفت در این بازه برابر با ۳۵٫۹۷ درصد است و از سال ۱۴۰۰ به بعد، مقدار آن تقریباً ثابت و بالاتر از ۳۷ درصد مانده است. افزایش هدررفت از ۲۹٫۶۴ درصد در سال ۱۳۹۸ به ۳۸٫۶۴ درصد در سال ۱۴۰۳، معادل رشد ۹ واحد درصد، بیانگر فرسودگی شبکه، ضعف در کالیبراسیون کنتورها و احتمال بروز نشتی‌های گسترده است. این وضعیت منجر به تولید آب بدون درآمد (NRW) سالانه حدود ۱۱ میلیون مترمکعب در سال ۱۴۰۳ شده که پتانسیل صرفه‌جویی آن نزدیک به ۵ میلیون مترمکعب است. کاهش این شاخص به استاندارد ملی می‌تواند علاوه بر حفظ منابع آب، بهبود قابل توجهی در درآمد و کاهش هزینه‌های تولید ایجاد کند.

۶- نتایج و بحث

روند صعودی درصد آب بدون درآمد در شهر نیشابور طی سالهای اخیر، مؤید ضرورت توجه جدی به این مسئله است. دلایل متعددی می‌توانند در این افزایش نقش داشته باشند که در ادامه به مهمترین آنها اشاره می‌شود:

۱-۶ شبکه توزیع آب: شبکه توزیع آب در بسیاری از شهرها، به ویژه شهرهای با قدمت طولانی مانند نیشابور، با فرسودگی

تدریجی مواجه است. فرسودگی لوله‌ها، خوردگی، نشست زمین و تنش‌های مکانیکی ناشی از عواملی چون عبور و مرور سنگین، همگی می‌توانند منجر به بروز نشتی‌های متعدد در نقاط مختلف شبکه شوند. این نشتی‌ها، خواه کوچک و پراکنده و خواه بزرگ و مشخص، حجم قابل توجهی از آب را قبل از رسیدن به دست مصرف کننده هدر می‌دهند. با گذشت زمان و عدم اجرای به موقع طرح‌های تعمیر و نگهداری یا اصلاح شبکه، میزان نشتی‌ها افزایش یافته و به تبع آن، آب بدون درآمد نیز بیشتر می‌شود.

۲-۶- مصارف غیرمجاز: مصارف غیرمجاز شامل انشعابات غیرقانونی از شبکه توزیع برای مصارف خانگی، کشاورزی، یا تجاری، دستکاری در کنتورهای موجود برای کاهش میزان مصرف ثبت شده، و همچنین استفاده بدون مجوز از آب برای مصارفی که صورت حساب دریافت نمی‌کنند، می‌شود. این نوع مصارف، به دلیل عدم ثبت در سیستم، مستقیماً به سهم آب بدون درآمد اضافه می‌شوند. در مناطقی با تراکم جمعیتی بالا یا مناطقی که دسترسی به انشعابات رسمی با محدودیت مواجه است، این معضل می‌تواند برجسته‌تر باشد.

۳-۶- خطاهای قرائت و ثبت داده‌ها: فرآیند قرائت کنتورهای آب مشترکین و ثبت داده‌های حاصله در سیستم‌های شرکت آب و فاضلاب، می‌تواند مستعد بروز خطا باشد. این خطاها ممکن است ناشی از اشتباهات اپراتورها در هنگام قرائت (مانند خطای دید یا اشتباه در ثبت ارقام)، خرابی کنتورها (که قرائت دقیقی ارائه نمی‌دهند)، یا مشکلات در سیستم‌های نرم‌افزاری ثبت و پردازش داده‌ها باشد. اگر این خطاها به صورت سیستماتیک رخ دهند، می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر محاسبه حجم مصرف فروخته شده و در نتیجه بر میزان آب بدون درآمد داشته باشند.

۴-۶- فرسودگی و عدم به روزرسانی تجهیزات: قدیمی بودن و عدم به روزرسانی تجهیزات اندازه‌گیری در مبادی ورودی و خروجی شبکه، مانند کنتورهای اصلی و تجهیزات پایش جریان، می‌تواند منجر به عدم دقت در اندازه‌گیری حجم کلی تولیدی و یا حجم مصرف شده در مناطق مختلف شود. این عدم دقت، خود عامل دیگری در افزایش آب بدون درآمد محسوب می‌شود.

۵-۶- تغییرات در الگوهای مصرف: اگرچه در این تحقیق به طور مستقیم به تحلیل الگوهای مصرف پرداخته نشده است، اما تغییرات ناگهانی یا نامتعارف در الگوهای مصرف (مانند افزایش مصرف در بخش‌های غیررسمی یا در زمان‌های پیک مصرف) می‌تواند نشانه‌هایی از وجود مشکلاتی نظیر نشت یا مصارف غیرمجاز را در خود داشته باشد.

۷- جمع‌بندی و پیشنهادات

پدیده آب بدون درآمد چالشی پیچیده و چندوجهی است که مدیریت آن نیازمند رویکردی جامع و سیستماتیک است. نتایج این مطالعه نشان داد که شهر نیشابور نیز از این معضل مستثنی نبوده و طی سالهای ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳، درصد آب بدون درآمد روندی افزایشی را تجربه کرده است. عوامل متعددی از جمله نشت شبکه، مصارف غیرمجاز، خطاهای قرائت و ثبت داده‌ها، در بروز و تشدید این پدیده نقش دارند. با توجه به یافته‌های این تحقیق و تجربیات موفق در سایر نقاط، راهکارهای زیر برای کاهش آب بدون درآمد در شهر نیشابور پیشنهاد می‌شود:

۱-۷- اجرای برنامه‌های مدون جستجوی نشتی:

۷-۱-۱- استفاده از تجهیزات پیشرفته:

به کارگیری فناوری‌های نوین مانند سنسورهای تشخیص صدا (Acoustic Leak Detection)، دستگاه‌های تشخیص نشتی با استفاده از امواج رادار (Ground Penetrating Radar - GPR) و سیستم‌های مانیتورینگ فشار و جریان در نقاط مختلف شبکه.

۷-۱-۲- تقسیم‌بندی شبکه:

پیاده‌سازی سیستم DMA به منظور تفکیک شبکه به مناطق کوچکتر و قابل مدیریت‌تر. این امر امکان شناسایی دقیق‌تر مناطق دارای نشتی و اندازه‌گیری حجم آب ورودی و خروجی هر منطقه را فراهم می‌آورد.

۷-۱-۳- برنامه‌های بازرسی دوره‌ای:

انجام بازرسی‌های منظم و برنامه‌ریزی شده از شبکه، به ویژه در مناطق پرخطر و یا نقاطی که سابقه نشتی داشته‌اند.

۷-۲- نصب و استفاده از کنتورهای هوشمند (Smart Meters):

۷-۲-۱- پایش لحظه‌ای مصرف:

کنتورهای هوشمند قابلیت قرائت از راه دور و پایش لحظه‌ای میزان مصرف را دارند. این امر امکان شناسایی سریع الگوهای مصرف غیرعادی و کشف زود هنگام نشتی‌ها در داخل شبکه مشترکین یا انشعابات غیرمجاز را فراهم می‌کند.

۷-۲-۲- کاهش خطاهای قرائت:

حذف خطاهای انسانی در فرآیند قرائت کنتور و افزایش دقت در محاسبه حجم مصرف فروخته شده.

۷-۲-۳- مدیریت فعال مصرف:

ارائه اطلاعات دقیق مصرف به مشترکین از طریق پلتفرم‌های دیجیتال، که می‌تواند به افزایش آگاهی و مسئولیت‌پذیری آنها در مصرف بهینه آب منجر شود.

۷-۳- مقابله با مصارف غیرمجاز:

۷-۳-۱- تشدید نظارت و گشت‌زنی:

افزایش گشت‌زنی‌های میدانی توسط مأموران سازمان آب و فاضلاب، به ویژه در مناطق شناسایی شده به عنوان کانون مصارف غیرمجاز.

۷-۳-۲- برنامه‌های شناسایی و قطع انشعابات غیرمجاز:

اجرای طرح‌های شناسایی و جمع‌آوری انشعابات غیرمجاز و برخورد قانونی با متخلفان.

۷-۳-۳- اصلاح تعرفه‌گذاری:

بازنگری در نظام تعرفه‌گذاری به منظور ایجاد انگیزه برای مصرف بهینه و کاهش مصارف بیرویه.

۷-۴- بهیود فرآیند قرائت و ثبت داده‌ها:

۷-۴-۱- آموزش و توانمندسازی کارکنان:

برگزاری دوره‌های آموزشی منظم برای کارکنان مسئول قرائت کنتور و ثبت داده‌ها با هدف افزایش دقت و کاهش خطا.

۷-۴-۲- استفاده از سیستم‌های مکانیزه ثبت داده:

به‌کارگیری ابزارها و نرم‌افزارهای مدرن برای ثبت و پردازش داده‌ها به صورت مکانیزه و کاهش اتکا به روش‌های دستی.

۷-۴-۳- کنترل کیفیت داده‌ها:

ایجاد سازوکارهایی برای کنترل کیفیت داده‌های وارد شده به سیستم و تشخیص و اصلاح داده‌های پرت یا مشکوک.

۷-۵- اصلاح و بازسازی شبکه فرسوده:

۷-۵-۱- اولویت‌بندی مناطق:

شناسایی مناطق با بیشترین میزان نشت و فرسودگی شبکه و اولویت‌بندی آنها برای اجرای پروژه‌های اصلاح و بازسازی.

۷-۵-۲- استفاده از مصالح نوین:

در پروژه‌های بازسازی، استفاده از لوله‌ها و اتصالات باکیفیت و عمر مفید بالا.

۷-۶- آموزش و فرهنگ‌سازی برای مصرف‌کنندگان:

۷-۶-۱- افزایش آگاهی عمومی:

برگزاری کمپین‌های آموزشی و اطلاع‌رسانی در خصوص اهمیت آب، پیامدهای هدررفت آب، و راه‌های صرفه‌جویی در مصرف.

۷-۶-۲- تولید محتوای آموزشی:

انتشار بروشور، پوستر، و مطالب آموزشی در رسانه‌ها و شبکه‌های اجتماعی با هدف ترویج فرهنگ مصرف بهینه آب.

۷-۶-۳- همکاری با مدارس و نهادهای آموزشی:

گنجاندن مفاهیم مدیریت مصرف آب در برنامه‌های آموزشی مدارس.

اجرای همزمان و مستمر این راه‌کارها، با حمایت مدیریت سازمان آب و فاضلاب نیشابور و همکاری شهروندان، می‌تواند گام مؤثری در جهت کاهش آب بدون درآمد و تضمین پایداری منابع آب برای نسل‌های آینده این شهر باشد.

۸- منابع

- [۱] شرکت آب و فاضلاب نیشابور. (۱۳۹۸-۱۴۰۳). گزارش سالانه عملکرد تولید، مصرف و تلفات شبکه. نیشابور: واحد بهره‌برداری.
- [۲] شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. (۱۴۰۲). دستورالعمل محاسبه و پایش آب بدون درآمد. تهران: معاونت بهره‌برداری.
- [۳] وزارت نیرو. (۱۴۰۱). طرح جامع کاهش آب بدون درآمد در شرکت‌های آب و فاضلاب. تهران: اداره کل دفتر مدیریت مصرف آب.
- [۴] Lambert, A., Hirner, W., & Wyatt, A. (۲۰۲۱). *Managing Non-Revenue Water*. London: IWA Publishing.
- [۵] Kingdom, B., Liemberger, R., & Marin, P. (۲۰۰۶). *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries*. Washington, DC: The World Bank.
- [۶] Farley, M., Wyeth, G., et al. (۲۰۰۸). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook – A guide to understanding water losses*. USAID.
- [۷] Alegre, H., Baptista, J.M., et al. (۲۰۱۶). *Performance Indicators for Water Supply Services*. London: IWA Publishing.
- [۸] حمیدی، علی و حیدری، پوریا. (۱۳۹۱). «پیش‌بینی تقاضای آب با شبکه‌های عصبی مصنوعی». مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، جلد چهارم، دانشگاه فردوسی مشهد، صفحات ۱۹۵-۲۰۲.
- [۹] حسینی، محمد و موسوی، رضا. (۱۳۹۸). «راهکارهای کاهش آب بدون درآمد در شهرهای ایران»، نشریه آب و فاضلاب ایران، ۳۰(۲)، صفحات ۴۵-۵۸.
- [۱۰] کریمی، سعید. (۱۴۰۰). «بررسی تأثیر فناوری کنتور هوشمند بر کاهش تلفات آب»، فصلنامه مهندسی آب و محیط‌زیست، ۵(۳)، صفحات ۸۸-۹۶.
- [۱۱] تابش، م.، بهبودیان، ص.، و بیگی، س.، (۱۳۹۳)، پیش‌بینی بلندمدت تقاضای آب شرب (مطالعه موردی: شهر نیشابور)، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۰(۳)، ۱۴-۲۵.
- [۱۲] موسوی‌نژاد، ح.، و رضوی، م.، (۱۳۹۹)، ارزیابی عملکرد شبکه توزیع آب شهری با تأکید بر شاخص‌های هدررفت (مطالعه موردی: سبزوار)، فصلنامه مهندسی آب و فاضلاب ایران، ۳۱(۲)، ۱۱۵-۱۲۶.
- [۱۳] کریمی، س.، و هاشمی، ر.، (۱۳۹۶)، راهبردهای کاهش آب بدون درآمد در شبکه‌های آبرسانی شهری ایران، کنفرانس ملی مدیریت منابع آب، دانشگاه یزد.
- [۱۴] نیکو، ح.، و طاهری، ر.، (۱۴۰۰)، کاربرد سامانه‌های GIS در پایش و کاهش هدررفت آب شهری (مطالعه موردی: مشهد)، مجله مهندسی منابع آب، ۱۷(۴)، ۴۵-۵۸.
- [۱۵] WHO, (2011), Nitrate and nitrite in drinking-water – background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality, World Health Organization, Geneva