

## بررسی روند رشد مصرف آب در شهر اصفهان

### با نگرشی بر مفهوم مدیریت تقاضا

\* علی ابراهیمیان \* \* احمد ابریشم‌چی \* \* \* مسعود تجریشی

#### چکیده

در این مقاله، ضمن شناسایی منابع آب سطحی و زیرزمینی شهر اصفهان، میزان مصرف آب در سالهای گذشته مورد بررسی قرار گرفته و میزان رشد مصرف طی سالهای گذشته مشخص شده است. در این میان، بطور نمونه، برای برخی سالها، جزئیات مصرف آب در بخشهای مختلف شهری (مسکونی، دولتی و...) ارائه شده است. آگاهی از مقدار مصرف در بخشهای مختلف به برنامه‌ریزان و مدیران بخش آب برای بکار بستن روشهای موثرتر صرفه‌جویی در مصرف آب کمک زیادی می‌کند. در ادامه مطالعه، با در نظر گرفتن چند فرض، میزان آب شرب مورد نیاز در سالهای آتی برآورده شده است. مقایسه این نیازها با منابع آب و ظرفیت موجود تصفیه‌خانه، زمان محتمل وقوع کمبود آب شرب را در آینده مشخص کرده است. در پایان نیز، به بحث مدیریت تقاضا پرداخته شده و راهکارهایی برای صرفه‌جویی در مصرف آب در بخشهای مختلف شهری ارائه شده است. با بکار بستن این اقدامات، می‌توان بدون ایجاد ظرفیتهای جدید، زمان وقوع کمبود آب را تا حد زیادی به تعویق انداخت.

\* علی ابراهیمیان؛ کارشناس ارشد مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

\* \* احمد ابریشم‌چی؛ دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

\* \* \* مسعود تجریشی؛ استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

شهر اصفهان دارای آب و هوای نیمه بیابانی است. خشکی هوا و کمی بارندگی، از مشخصات شاخص و بارز این نوع آب و هواست. میانگین سالیانه بارندگی چهل سال اخیر اصفهان، حدود ۱۱۷ میلیمتر بوده در حالیکه تبخیر سالیانه حدود ۱۸ برابر میانگین میزان بارندگی است (۱). اما وجود رودخانه زاینده رود، به طرز چشمگیری آب و هوای این ناحیه را تحت تاثیر قرار داده و آن را تعدیل می‌کند. شهر اصفهان، به علت رشد صنایع سنگین مانند ذوب آهن و پلی‌اکریل و همچنین توسعه کشاورزی در سالهای ۶۰-۱۳۵۰، از رشد جمعیت نسبتاً زیادی در مقایسه با رشد جمعیت کشور و سایر شهرها برخوردار بوده است.

طرح اولیه مطالعات تامین آب آشامیدنی شهر اصفهان، در سال ۱۳۵۳ توسط مهندسین مشاور پارس کنسولت شروع و عملیات اجرایی نیز از سال ۱۳۵۵ آغاز شد. در این طرح، تامین آب به میزان ۷/۵ مترمکعب در ثانیه از رودخانه زاینده رود در محل پل کله و ۲ مترمکعب در ثانیه از چاههای فلن واقع در نزدیکی شهر اصفهان در پای کوه دنبه، جمعاً به مقدار ۹/۵ مترمکعب در ثانیه در نظر گرفته شده بود (۲).

طرح تکمیلی بعد از انقلاب و با پذیرفته شدن مسئولیت تامین و انتقال آب به اصفهان و حومه و محورهای چهارگانه برخوردار، کوهپایه، نجف‌آباد و جرقویه توسط شرکت آب و فاضلاب اصفهان، انجام مطالعات مرحله اول و دوم طرح تکمیلی در اسفندماه ۱۳۶۲ به کمیته تحقیقات آب و فاضلاب اصفهان محول شد. این طرح که تکمیل کننده طرح قبلی است، حدوداً ۲۰ شهر و ۲۰۰ روستا را با جمعیتی در حدود ۴ میلیون نفر در برمی‌گیرد. این طرح در فاصله حدود ۶۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در محلی بنام چم آسمان، مستقیماً از رودخانه زاینده رود آبرگیری و بوسیله یک رشته تونل به طول حدود ۸ کیلومتر، آب رودخانه را به تصفیه‌خانه بابا شیخ‌علی منتقل می‌کند. این تصفیه‌خانه دارای ظرفیت نهایی ۱۰ مترمکعب در ثانیه است که در حال حاضر ۵ مترمکعب آن در دست بهره‌برداری است. آب تصفیه‌شده، توسط یک رشته تونل (دو تونل و کالورت ارتباطی بین آنها) به طول حدود ۱۸ کیلومتر، به خطوط اصلی انتقال آب (که لوله‌هایی بتنی به قطر ۱۴۰۰ میلیمتر هستند و تا مخازن ذخیره ادامه دارند) متصل می‌شود. خطوط اصلی انتقال، آب را به مخازن ذخیره جنوبی، شمالی و شرقی اصفهان منتقل کرده که از این خطوط یا مخازن، علاوه بر تامین آب شهر اصفهان و حومه، محورهای چهارگانه یادشده نیز تامین آب می‌شوند.

## وضعیت موجود منابع آب

منابع تامین کننده آب شهر اصفهان، علاوه بر رودخانه زاینده رود، عبارت از چاههای متفرقه، که فقط در مواقع کم آبی و اوج مصرف مورد استفاده قرار می گیرند است. در حال حاضر، از هفت حلقه چاه فلن، هر یک با آبدهی ۶۰۰ - ۲۰۰ لیتر در ثانیه، بهره برداری می شود که بنا به نظر کارشناسان شرکت آب و فاضلاب، حداکثر آب برداشتی از مجموع این چاهها حدود ۲ مترمکعب در ثانیه است. جدول شماره ۱، میزان تولید آب چاههای فلن را در سالهای ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ نشان می دهد.

جدول شماره ۱- میزان تولید آب چاههای فلن (  $m^3$  ۱۰۰۰ )

سال	۱۳۶۵	۱۳۶۶	۱۳۶۷	۱۳۶۸	۱۳۶۹	۱۳۷۰	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵
میزان تولید	۶۲۸۴۱	۶۴۱۴۶	۶۴۷۱۵	۶۴۸۹۰	۶۴۸۸۸	۳۶۱۴۳	۴۰۵۶۷	۴۴۲۷۶	۵۰۵۹۰	۵۵۶۳۱	۶۴۰۹۶

تعدادی چاه متفرقه نیز، با آبدهی ۷۰ - ۳۰ لیتر در ثانیه، در نقاط مختلف شهر وجود دارد که از آنها نیز، فقط در فصول گرما و اوج مصرف و به هنگام وجود کمبود آب استفاده می شود. بنا به نظر کارشناسان، با توجه به وجود تصفیه خانه آب و چاههای فلن، حداکثر آب برداشتی از چاههای متفرقه، در حال حاضر حدود ۳۰۰ لیتر در ثانیه است.

## بررسی روند رشد مصرف آب در گذشته

جدول شماره ۲، مصرف سالیانه و مصرف سرانه خالص آب (مصرف سرانه بدون در نظر گرفتن آب به حساب نیامده، شامل پرت شبکه و برداشتهای بدون کنتور) در شهر اصفهان را طی سالهای ۱۳۴۸ تا ۱۳۶۲ نشان می دهد. در این جدول، اعداد مصرف سرانه، براساس فرض متوسط ۵ نفر برای جمعیت استفاده کننده از هراشعاع، بدست آمده اند.

جدول شماره ۲- مصرف سالیانه و مصرف سرانه خالص آب در شهر اصفهان (۳)

سال	مصرف سالیانه $m^3$	مصرف سرانه خالص (لیتر در روز)	سال	مصرف سالیانه $m^3$	مصرف سرانه خالص (لیتر در روز)
۱۳۴۸	۲۰,۴۰۰,۵۹۰	۵۶	۱۳۵۶	۲۸,۸۹۸,۵۷۷	۱۵۹
۱۳۴۹	۴,۵۱۸,۸۲۱	۶۵	۱۳۵۷	۲۱,۱۱۷,۵۲۶	۱۱۱
۱۳۵۰	۸,۴۷۲,۷۲۴	۹۷	۱۳۵۸	۳۲,۷۲۸,۰۰۱	۱۵۶
۱۳۵۱	۱۰,۲۰۹,۰۱۱	۱۰۰	۱۳۵۹	۳۷,۸۸۳,۴۱۴	۱۶۴
۱۳۵۲	۱۲,۴۵۰,۶۳۲	۱۰۸	۱۳۶۰	۳۸,۰۱۱,۶۲۱	۱۵۰
۱۳۵۳	۱۸,۸۳۳,۳۱۱	۱۴۹	۱۳۶۱	۴۰,۲۷۹,۱۷۰	۱۴۹
۱۳۵۴	۲۷,۱۸۵,۰۶۷	۱۸۲	۱۳۶۲	۴۶,۰۵۸,۹۵۳	۱۵۹
۱۳۵۵	۲۸,۵۰۰,۵۰۶	۱۷۱			

کاهش چشمگیر مصرف سرانه در سال ۵۷ بیش از آنکه ناشی از کاهش مصرف آب باشد بر اثر اعتصابات قبل از انقلاب در سال ۵۷ و عدم قرائت کنتورهای مشترکین در چهارماهه آخر سال ۵۷ است. همچنین کاهشهای مقطعی در ارقام مصرف سرانه در سالهای ۵۵ و ۶۰ ناشی از افزایش نرخ انشعاب آب و فاضلاب در سال ۵۴ و افزایش نرخ آب بها و تصاعدی شدن آن در سال ۶۰ است.

#### آنالیز جمعیت و مصرف سرانه در سالهای اخیر

مصرف سرانه، که معمولاً بر حسب لیتر در روز به ازای هر نفر بیان می‌شود، از تقسیم کل حجم مصرف شده در طول سال بر تعداد جمعیت مصرف کننده و تعداد روزهای سال بدست می‌آید. اگر به هر دلیل، میزان تلفات آب، در محاسبه مصرف سرانه منظور نشود، عدد بدست آمده، مصرف سرانه خالص نامیده می‌شود. به دو روش می‌توان جمعیت مصرف کننده را برآورد کرد. روش اول، در نظر گرفتن رقمی بعنوان تعداد نفرات استفاده کننده از هر انشعاب (مثلاً ۵ نفر، در جدول ۲) و ضرب این رقم در انشعابات موجود و روش دوم، بسته به وضع موجود، در نظر گرفتن درصدی از جمعیت شهر یا کل آن، بعنوان جمعیت تحت پوشش شبکه است. در قسمتهای

بعدی، هر دو روش یادشده مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

آمار مصرف مورد استفاده در این قسمت، فهرست‌های ماهانه آمار مصرف مشترکین به تفکیک بخشهای مختلف مصرف (مسکونی، تجاری و ....) و نوع (یا قطر) انشعاب در سالهای ۷۳ تا ۷۵ و فهرستهای ماهانه بدهکار آب بها در همان سالها است. آمار تعداد مشترکین نیز، از امور برنامه‌ریزی بودجه شرکت آب و فاضلاب اصفهان اخذ شده است. از آنجاییکه این اطلاعات، مربوط به مناطق پنجگانه شرکت آب و فاضلاب اصفهان بوده است، قبل از هر اقدامی، لازم بوده تا محدوده تحت پوشش مناطق و در نتیجه جمعیت متناظر، شناسایی و تعیین می‌شده است. در بررسی‌های بعمل آمده بر روی نقشه مناطق پنجگانه و با توجه به نظرات کارشناسان شرکت آب و فاضلاب، مشخص شد که در بین شهرهای بخش مرکزی شهرستان اصفهان، فقط شهر رهنان است که در محدوده مناطق پنجگانه قرارداد، بنابراین، در محاسبات جمعیت تحت پوشش شبکه آب آشامیدنی شهر اصفهان، جمعیت شهر رهنان نیز به جمعیت نواحی دهگانه شهرداری اصفهان اضافه شده است. جدول شماره ۳، جمعیت شهرهای اصفهان و رهنان را در سالهای ۱۳۴۵ تا ۷۵ نشان می‌دهد. نرخ رشد جمعیت این دو شهر نیز، در جدول شماره ۴ آمده است.

جدول شماره ۳- جمعیت شهرهای اصفهان و رهنان

مرجع	رهنان	اصفهان	شهر سال
[۳]	۱۱.۷۹۷	۴۲۴.۰۴۵	۱۳۴۵
[۴]	۱۷.۸۳۰	۶۶۱.۵۱۰	۱۳۵۵
[۴]	۳۴.۶۲۰	۹۸۶.۷۵۳	۱۳۶۵
[۴]	۳۸.۰۷۹	۱.۱۲۷.۰۳۰	۱۳۷۰
[۵]	۴۱.۸۱۹	۱.۲۶۶.۰۷۲	۱۳۷۵

جدول شماره ۴- نرخ رشد جمعیت در شهرهای اصفهان و رهنان (درصد)

شهر / دوره زمانی	اصفهان	رهنان
۱۳۴۵-۵۵	۴٫۶	۴٫۲
۱۳۵۵-۶۵	۴٫۱	۶٫۹
۱۳۶۵-۷۵	۲٫۵	۱٫۹
۱۳۶۵-۷۰	۲٫۷	۱٫۹
۱۳۷۰-۷۵	۲٫۴	۱٫۹

از آنجاییکه جمعیت شهر اصفهان در سال ۱۳۷۰، براساس نتایج طرح جاری، جمعیت (و نه سرشماری عمومی) و انجام تعدیلاتی در آن، بدست آمده است، لذا نمی‌توان بطور دقیق به آن استناد کرد. اما با توجه به نرخ ۲٫۵ درصدی در سالهای ۶۵-۷۵ و در نظر گرفتن سیر نزولی نرخ رشد تا سال ۷۵، به نظر می‌رسد که عدد ۲٫۴ درصد بعنوان نرخ رشد جمعیت اصفهان در سالهای ۷۰-۷۵، فرض معقولی باشد. با استدلالی مشابه، عدد ۱٫۹ درصد نیز به عنوان نرخ رشد جمعیت شهر رهنان در سالهای ۷۰-۷۵، در نظر گرفته می‌شود. لذا جمعیت شهرهای اصفهان و رهنان در سالهای ۷۰ تا ۷۵ با در نظر گرفتن جمعیت سال ۷۵ و نرخهای یادشده، بصورت جدول شماره ۵ خواهد بود.

جدول شماره ۵- جمعیت شهرهای اصفهان و رهنان در سالهای ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵

سال	۱۳۷۰	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵
جمعیت اصفهان	۱.۱۲۷.۰۳۰	۱.۱۵۱.۴۸۵	۱.۱۷۹.۱۲۱	۱.۲۰۷.۴۲۰	۱.۲۳۶.۳۹۸	۱.۲۶۶.۰۷۲
جمعیت رهنان	۳۸.۰۷۹	۳۸.۷۸۶	۳۹.۵۲۳	۴۰.۲۷۴	۴۱.۰۳۹	۴۱.۸۱۹
مجموع	۱.۱۶۵.۱۰۹	۱.۱۹۰.۲۷۱	۱.۲۱۸.۶۴۴	۱.۲۴۷.۶۹۴	۱.۲۷۷.۴۳۷	۱.۳۰۷.۸۹۱

در ادامه، با در نظر گرفتن چهار فرض بشرح زیر، مصرف سرانه در سالهای ۷۳ تا ۷۵ محاسبه شده است.  
فرض A - کل جمعیت محاسبه شده (مجموع جمعیت اصفهان و رهنان) تحت پوشش شبکه آب آشامیدنی  
قرار دارند؛

فرض B - ۹۵ درصد جمعیت محاسبه شده تحت پوشش شبکه آب آشامیدنی قرار دارند؛

فرض C - جمعیت استفاده کننده از هر انشعاب، بطور متوسط برای سال ۷۳ برابر ۴/۹ نفر و برای بقیه سالها ۴/۸۵ نفر است.

فرض D - جمعیت استفاده کننده از هر انشعاب، بطور متوسط برای سال ۷۳ برابر ۵/۱۵ نفر و برای بقیه سالها ۵/۱ نفر است.

میزان آب مصرفی (بدون در نظر گرفتن آب به حساب نیامده) و تعداد انشعابات در سالهای ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۵ در جدول شماره ۶ آمده است. مصرف سرانه خالص در سالهای فوق و در قالب چهار فرض یادشده نیز، در جدول شماره ۷ ارائه شده است.

جدول شماره ۶- میزان آب مصرفی بدون در نظر گرفتن آب به حساب نیامده ( $m^3$ ) و تعداد انشعابات

سال	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵
میزان مصرف آب	* ۱۱۹,۰۰۲,۰۵۱	۱۳۹,۶۹۰,۱۰۶	۱۳۴,۹۲۵,۳۴۸
تعداد انشعابات	۲۴۲,۶۷۱	۲۵۱,۲۷۸	۲۵۶,۰۸۴

\* بدون در نظر گرفتن متر از معاف از پرداخت آب بها

جدول شماره ۷- مصرف سرانه خالص آب در شهر اصفهان در سالهای ۷۳ تا ۷۵

(لیتر در روز به ازای هر نفر)

فرض سال	A	B	C	D
۱۳۷۳	۲۶۱,۳	۲۷۵,۱	۲۷۴,۲	۲۶۰,۸
۱۳۷۴	۲۹۴,۵	۳۰۹,۹	۳۲۰,۸	۳۰۵,۰
۱۳۷۵	۲۸۱,۹	۲۹۶,۷	۲۹۶,۸	۲۸۲,۳

از آنجاییکه تقریباً همه جمعیت شهر اصفهان تحت پوشش شبکه آب آشامیدنی است، شاید فرض B بی‌مورد به نظر رسد. اما چون در طول سال، شاهد قطعی آب در برخی مناطق بوده‌ایم و همچنین با توجه به برداشتهای غیرقانونی از شبکه، قطعاً رقم واقعی مصرف سرانه بیش از مقداری است که در فرض A آمده است. لذا شاید فرض B بتواند اعداد را به مصرف سرانه خالص واقعی نزدیکتر کند. از طرف دیگر، بدلیل دسترس نبودن مترای معاف از پرداخت آب بها در سال ۷۳ (یعنی میزان مصارفی که بدلیل کم بودن، از پرداخت آب بها معاف شده‌اند)، این مقدار آب، در میزان مصرف این سال لحاظ نشده است و بنابراین مصرف سرانه خالص واقعی در این سال، کمی بیش از اعداد جدول ۷ است که این خود دلیل دیگری برای استناد به نتایج فرض B، بویژه در سال ۷۳ است. انتخاب اعداد در نظر گرفته شده بعنوان جمعیت استفاده کننده از هر انشعاب در فرض‌های C و D نیز، صرف نظر از حدسی بودن آنها، از آن جهت قابل توجه است که نتایج بدست آمده برای مصرف سرانه خالص براساس این دو فرض، تا حد زیادی به نتایج فرض‌های A و B نزدیک است.

بار دیگر، یادآوری می‌شود که ارقام جدول ۷ مربوط به مصرف سرانه خالص است و آب به حساب نیامده منظور نشده است. میزان آب به حساب نیامده (ناشی از نشت و شکستگی لوله‌ها و اتصالات، تلفات آب در مخازن و تاسیسات و همچنین مصارف و تلفات متفرقه، همانند شیرهای برداشت عمومی، انشعابات غیرمجاز، کنتورهای قرائت نشده، کنتورهای خراب و یا دخل و تصرف مشترکین در کنتورها)، معمولاً با مقایسه میزان آب ورودی به شبکه در یک مقطع خاص زمانی و میزان فروش آب در همان مقطع، بصورت درصد بیان می‌شود. با اعمال ضریب مربوط به آب بحساب نیامده در ارقام جدول ۷، می‌توان به میزان کل مصرف سرانه (یا مصرف سرانه نهایی)



دست یافت. این ضریب برای شهر اصفهان، در بسیاری از مراجع، برابر ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است (۳ و ۶).  
 جزئیات مصرف آب در سالهای ۷۳ و ۷۴ به تفکیک بخشهای مختلف مصرف، در جدول شماره ۸ آورده شده است. مقدار آب معاف شده از پرداخت آب بها (که البته میزان بسیار کمی است) در این جداول منظور نشده است.

جدول شماره ۸- جزئیات مصرف آب در سالهای ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴

سال ۱۳۷۴			سال ۱۳۷۳		
درصد	مقدار مصرف ( $m^3$ )	نوع مصرف	درصد	مقدار مصرف ( $m^3$ )	نوع مصرف
۵۷٫۷	۸۰٫۳۶۷٫۰۶۹	مسکونی	۶۰٫۴۷	۷۱٫۹۶۳٫۷۰۱	مسکونی
۲۱٫۲	۲۹٫۴۷۵٫۳۷۶	صنعتی	۳۵٫۵۹	۴۲٫۳۵۷٫۱۸۵	دولتی
۱۶٫۰	۲۲٫۳۶۱٫۸۱۰	دولتی	۲٫۴۵	۲٫۹۱۰٫۸۸۸	تجاری
۳٫۳	۴٫۶۱۶٫۷۸۶	خدماتی	۰٫۶۲	۷۳۳٫۲۵۹	حمام
۰٫۷	۹۲۱٫۰۳۵	فرهنگی	۰٫۴۰	۴۷۸٫۷۸۸	مجتمع
۰٫۶	۸۷۵٫۶۸۷	عمومی	۰٫۳۷	۴۵۵٫۵۹۴	مسجد
۰٫۴	۵۱۰٫۸۰۳	مجتمع	۰٫۰۹	۱۰۴٫۲۰۶	خیریه
۰٫۱	۱۵۸٫۱۷۰	سایر	۰٫۰۱	۸٫۴۳۰	آتش نشانی

#### تخمین میزان آب شرب مورد نیاز اصفهان در سالهای آتی

برای بدست آوردن میزان آب شرب مورد نیاز، از یک طرف به جمعیت تحت پوشش شبکه و از طرف دیگر به مصرف سرانه در سالهای مورد نظر، نیاز است. آمار جمعیت شهر اصفهان از سال ۱۳۴۵ تا بحال، نمایانگر سیر نزولی نرخ رشد جمعیت است. (صرف نظر از نرخ رشد سالهای ۵۵ تا ۶۵ که مربوط به مهاجرتهای زمان جنگ بوده است). با پایان یافتن جنگ و مسائل اسکان مهاجرین جنگی، تغییر سیاستهای دولت در جهت کنترل جمعیت، بالا رفتن سطح فرهنگ جامعه، تبلیغات رسانه‌های گروهی و بیشتر شدن مشکلات معیشتی مردم، احساس می‌شود که رشد جمعیت در سالهای اخیر تا حدی کنترل شده است. البته، باز هم نمی‌توان انتظار کاهش نرخ رشد در آینده را

داشت ولی با ادامه این سیاستها، پیش‌بینی می‌شود که روند رشد جمعیت، حالت پایداری پیدا کند. لذا طبق آنچه که قبلاً نیز بحث شد، نرخ رشد جمعیت برای شهر اصفهان و رهنان به ترتیب برابر ۲/۴ و ۱/۹ درصد در نظر گرفته و بر مبنای جمعیت سال ۷۵، جمعیت این دو شهر تا سال ۱۴۰۰ برآورد شده است. همچنین می‌توان گفت که در سالهای آتی، همه جمعیت این دو شهر، تحت پوشش شبکه آب آشامیدنی قرار خواهند داشت. با توجه به نتایج قسمتهای قبل، میزان مصرف سرانه خالص ( با فرض تحت پوشش شبکه بودن همه جمعیت شهر) در سالهای ۷۳ تا ۷۵ بشرح جدول ۹ است.

جدول شماره ۹- مصرف سرانه خالص در شهر اصفهان بر اساس فرض A

سال	لیتر در روز	مترمکعب در سال
۱۳۷۳	۲۶۱	۹۵
۱۳۷۴	۲۹۵	۱۰۸
۱۳۷۵	۲۸۲	۱۰۳

با توجه به محدودیت منابع آب، تبلیغات گسترده‌ای که اخیراً برای صرفه‌جویی در مصرف آن از سوی نهادهای ذیربط صورت می‌گیرد، درک مسئله بحران کمبود آب از سوی مردم و نیز اقداماتی که از سوی سازمانها و شرکتهای مربوط در جهت کاهش میزان آب بحساب نیامده ( یا تلفات شبکه) انجام می‌شود، بنظر میرسد که مصرف سرانه در سالهای آتی کاهش تدریجی داشته باشد و یا حداقل دارای افزایش قابل ملاحظه‌ای نباشد. لذا با توجه به جدول شماره ۹، در نظر گرفتن رقم ۱۰۵ مترمکعب در سال (حدود ۲۸۷ لیتر در روز) بعنوان مصرف سرانه خالص در سالهای ۱۳۸۰ و بعد از آن، می‌تواند منجر به حصول نتایج نسبتاً قابل اطمینانی برای نیاز آب شرب شهر اصفهان در بیست سال آتی شود. برای بدست آوردن میزان آب مورد نیاز سالانه، بایستی مقدار پرت شبکه را نیز در محاسبات منظور کرد. چنانچه قبلاً نیز اشاره شد، این رقم برای شهر اصفهان حدود ۲۰ درصد است. از آنجاییکه یکی از اهداف این تحقیق، نشان دادن اثر اقدامات مدیریتی و صرفه‌جویی در مصرف آب است، محاسبات پیش‌بینی نیاز آبی، در قالب سه فرضیه، بشرح زیر انجام شده است:

الف) میزان تلفات آب (شامل تلفات انتقال از تصفیه‌خانه و چاهها به شهر و تلفات توزیع آب در شهر) که رقمی معادل ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است. این رقم، تقریباً مطابق وضعیت فعلی شبکه است و در صورتیکه

اقدامات موثری در زمینه کاهش تلفات در آینده صورت نگیرد، نتایج حاصل از این فرض، به واقعیت نزدیکتر خواهد بود.

ب) میزان تلفات آب معادل ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است. در صورت انجام اقدامات موثر در جهت کاهش تلفات شبکه در آینده، رسیدن به این رقم دور از دسترس نیست.

ج) میزان تلفات آب معادل ۷ درصد در نظر گرفته شده است (اگر چه در مقایسه با میزان تلفات فعلی شبکه، این رقم کمی دور از دسترس بنظر می‌رسد، ولی برای نشان دادن تاثیر کاهش تلفات در میزان نیاز آب شرب، در شهر بزرگی همچون اصفهان، این فرض صورت گرفته است. برای رسیدن به این سطح تلفات، علاوه بر اقدامات فیزیکی، به اقدامات و نظارتهای مدیریتی نیز نیاز است. جدول شماره ۱۰، نیاز سالیانه آب شرب شهر اصفهان را در بیست سال آینده بر اساس فرضیات بالا نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱۰- نیاز سالیانه آب شرب شهر اصفهان ( $Mm^3$ )

سال	فرض الف	فرض ب	فرض ج
۱۳۸۰	۱۸۵	۱۷۸	۱۶۵
۱۳۸۵	۲۰۹	۲۰۰	۱۸۶
۱۳۹۰	۲۳۵	۲۲۵	۲۰۹
۱۳۹۵	۲۶۴	۲۵۳	۲۳۵
۱۴۰۰	۲۹۷	۲۸۵	۲۶۵

نتایج بدست آمده از جدول ۱۰، حاکی از آن است که ۵ درصد کاهش تلفات آب در شبکه (فرض ب)، می‌تواند در هر سال مقداری معادل بیش از مصرف ۱۸ روز کل شبکه، صرفه‌جویی، به دنبال داشته باشد. این مقدار صرفه‌جویی با در نظر گرفتن فرض خوش‌بینانه (ج)، به رقمی بیش از مصرف ۴۷ روز کل شبکه افزایش می‌یابد. با در نظر گرفتن منابع و تاسیسات موجود، حداکثر آب ورودی به شبکه شهر اصفهان، حدود ۷/۵ مترمکعب در ثانیه است. با در نظر گرفتن عدد ۷/۵ مترمکعب در ثانیه (۲۳۶/۵ میلیون مترمکعب در سال) به عنوان حداکثر آب موجود، محاسبات نشان می‌دهد که حتی با در نظر گرفتن فرض خوش‌بینانه ۷ درصد برای پرت شبکه (فرض ج)، تا قبل از سال ۱۴۰۰، شهر اصفهان دچار کمبود آب آشامیدنی خواهد شد. توسعه منابع آب و تاسیسات

موجود و همچنین اقدامات مدیریتی و صرفه‌جویی در مصرف دو راهکار عمده برای جلوگیری از بحران آب در شهر اصفهان است.

### مدیریت تقاضای آب

مدیریت تقاضا، مجموعه‌ای از شیوه‌ها یا تکنیکها است که هر یک از آنها، به یکی از ویژگیهای خاص مدیریت آب رسیدگی می‌کند و اقدام لازم را انجام می‌دهد. برخی از اهداف متداول مدیریت تقاضا عبارتند از: تخصیص بهینه آب در بین مصرف‌کنندگان، افزایش درآمدهای بخش آب، تعویق عملیات احداث تاسیسات جدید آبی، مدیریت خشکسالی، کاهش تلفات و مصارف غیر ضروری، حفاظت از منابع، کنترل کیفیت آب و در نهایت توسعه پایدار (۷). محدوده اقدامات مدیریت تقاضا، از شناسایی نشت‌ها و تعمیر و نگهداری شبکه تا اطلاع‌رسانی عمومی و ممنوعیتهای مصرف آب است. در زیر، روشهای مختلف برای تاثیرگذاری مستقیم یا غیرمستقیم بر کاهش مصرف آب، از طریق قانونگذاری مستقیم، تغییر در فن‌آوری و یا رفتار اداری و روشهای مدیریتی، بطور مختصر مورد اشاره واقع شده است.

### کاهش تلفات آب

در بخشهای قبل، درباره تلفات شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اصفهان و امتیازاتی که کاهش این تلفات به ارمغان می‌آورد، بحث شد. بطور کلی، راهکارهای موجود برای کاهش تلفات آب را می‌توان، به دو دسته نشت‌یابی و رفع آن و شناسایی انشعابات غیرقانونی تقسیم کرد. برخی اقدامات موثر در این زمینه‌ها عبارتند از: استفاده از لوله‌ها و دیگر لوازم با کیفیت مرغوب، اجرای صحیح، رعایت دقیق مشخصات فنی و نظارت کامل بر عملیات اجرائی تاسیسات، استفاده از یک نظام بازرسی دقیق و منظم برای شناسایی انشعابات غیرقانونی، آموزش و هشدارهای لازم به صاحبان منازل و احداث کنندگان واحدهای مسکونی جدید برای رعایت مشخصات فنی و آئین‌نامه‌های موجود درباره شبکه لوله‌کشی آب منازل.

### تعمیرات شبکه و نگهداری پیشرفته

با توجه به هزینه سنگین توسعه و ایجاد شبکه آب جدید، تعمیرات و نگهداری دقیق شبکه موجود اهمیت زیادی پیدا می‌کند. از جمله این اقدامات، شناسایی نقاط نشت و پایش منظم شبکه از نظر تلفات آب است. نتیجه اینگونه

تعمیرات و نگهداری‌ها، ایجاد قابلیت اطمینان بالا برای شبکه، حفاظت از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده، جلوگیری از اثرات نامطلوب بهداشتی و کاهش نشت آب در شبکه است. در مقابل، نقایص عملیاتی و تعمیراتی، ممکن است باعث کاهش مقطعی فشار و یا در مواردی قطعی آب شود. تجربه نشان داده که در اینگونه مواقع، با استفاده از تبلیغات زیاد برای تشویق به صرفه‌جویی، مصرف‌کنندگان تمایل بیشتری به ذخیره آب پیدا می‌کنند.

### فن‌آوری مصرف پائین آب

یکی از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، تشویق مصرف‌کنندگان به استفاده از وسایلی است که در کاهش مصرف آب در شهر تاثیر زیادی دارند. برخی از این وسایل به شرح زیر می‌باشند:

- مخازن کوچک سیفون توالت: با استفاده از مخازن ۱۰ لیتری، بجای مخازن معمول ۲۰ لیتری بدون ایجاد مشکل بهداشتی، مصرف در این بخش به نصف تقلیل می‌یابد. حتی امروزه، در سطح شهرهای بزرگ دنیا، استفاده از فلاش تانک‌های ۶ لیتری، در جهت کاهش هر چه بیشتر مصرف آب، بشدت رواج یافته است (۸).
- سردوش‌های مخصوص حمام: این سردوش‌ها که دارای فشار زیاد و خروجی کم هستند، آب خروجی را از ۲۵ به ۱۰ لیتر در دقیقه یا کمتر کاهش می‌دهند (۹). کاهش مصرف آب هنگام استحمام، صرفه‌جویی در مصرف انرژی را نیز به دنبال خواهد داشت، چون آب گرم کمتری مصرف خواهد شد.
- سرشیرهای پودرکننده آب: با استفاده از این سرشیرها در آشپزخانه، می‌توان مقدار آب خروجی شیر آب را از ۲۰ به ۱۰ لیتر در دقیقه رساند [۹].

توجه به سهم بالای مصارف خانگی در مصرف سرانه (در حدود ۶۰ درصد کل مصرف خالص) و لزوم انجام اقدامات صرفه‌جویی در این بخش از یکطرف و هزینه بسیار پائین وسایل پیشنهادی از طرف دیگر، استفاده از این وسایل را بیش از پیش توجیه می‌کند. اقدامات دیگری را نیز به شرح زیر می‌توان در راستای صرفه‌جویی در مصرف آب شهری انجام داد:

- عایق‌بندی حرارتی لوله‌های آب گرم بین وسیله آب گرم‌کن و دورترین نقطه مصرف، بویژه در ماه‌های سرد سال و ساختمانهایی که از یک شبکه آب گرم مرکزی استفاده می‌کنند. از مزایای این کار، صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز است (۷).

- کاهش فشار آب شبکه، از موثرترین راه‌های جلوگیری از افزایش مصرف آب و کاهش میزان نشت آب در لوله‌ها است. چگونگی و میزان این کاهش را با در نظر گرفتن قيودی نظیر حداقل فشار در مواقع اضطراری مثل

آتش‌سوزی باید به دقت مورد بررسی قرار داد.

- تهیه دستورالعملهایی که میزان آب موردنیاز درختان، گلها و گیاهان تزئینی را به شهروندان معرفی می‌کند. با انجام این کار، از آبیاری اضافی گیاهان جلوگیری که طبق بررسیهای به عمل آمده، حدود ۲۵ درصد در مصرف آب فضای سبز صرفه‌جویی می‌شود(۹).

- محدودکردن گیاهان چمنی و معرفی گونه‌هایی از گیاهان که آب کمتری برای رشد نیاز دارند. همچنین موظف کردن ادارات دولتی و شرکتهای تابع دولت به استفاده از این گونه از گیاهان در محوطه فضای سبز خود. با این روش می‌توان مصرف آب فضای سبز عمومی را حتی به نصف تقلیل داد(۹).

- صرفه‌جویی در مصارف صنعتی: صنایع استان اصفهان آب مصرفی موردنیاز خود را اکثراً از آبهای سطحی تامین می‌کنند. میزان مصارف صنعتی استان در سالهای ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ به ترتیب حدود ۱۰۰ و ۱۱۰ میلیون مترمکعب (حدود ۶ درصد کل مصرف آبهای سطحی) محاسبه شده است(۱۰ و ۱۱). با توجه به صنایع بزرگ موجود در منطقه از جمله ذوب آهن، مجتمع فولاد مبارکه، سیمان سپاهان، نیروگاه‌ها و پالایشگاه اصفهان و روند توسعه آنها در آینده، پیش‌بینی شده است که در سال ۱۳۸۰، میزان مصرف آب در بخش صنعت تا ۲/۵ برابر(حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب در سال) افزایش یابد(۱۰). توجه به این نکته که بخش صنایع، برخلاف بخش کشاورزی، فقط جزء کمی از آب را واقعاً مصرف می‌کنند و قسمت عمده آن، برای سردکردن و سایر فعالیتها بکار می‌رود و گرم یا آلوده می‌شود، بنابراین می‌توان امکان بازیابی آب در اکثر کارخانجات و ایجاد چرخش و استفاده مجدد از آب و پساب صنعتی را فراهم آورد. در این زمینه، تحقیقات موردی (مورد پژوهی) لازم است. قیمت‌های واقع بینانه و بالاتر آب، مشاوره فنی و آموزش نیز می‌توانند منجر به صرفه‌جویی بیشتر آب در واحدهای صنعتی و تجاری شوند.

#### تغییرات رفتاری در مصرف آب

رفتار شخص در مصرف آب، حتی در میان کسانی که دارای سبک و سطح زندگی مشابهی هستند، می‌تواند بطور محسوسی از یک شخص به شخص دیگر فرق داشته باشد. برخی اقدامات قابل انجام برای تاثیر روی رفتار مصرف آب شهروندان عبارتند از: تماسهای مستقیم بوسیله پست یا ثبت پیام بر روی قبوض آب‌بها، تماسهای غیر مستقیم از طریق سازمانها، مجامع و یا آموزش دانش آموزان در مدارس و آگاهی‌رسانی از طریق رسانه‌ها یا وسایل ارتباط جمعی همانند روزنامه‌ها، رادیو و تلویزیون و پوستره‌های عمومی. بعنوان مثال، مطالعاتی که از نتایج

اقدامات انجام شده در برابر خشکسالی سالهای ۹۱-۱۹۹۰ در شهرهای لوس آنجلس و سن دیه‌گو صورت گرفته است، نشان از کاهش ۲۲ تا ۲۵ درصدی مصرف آب در هر دو شهر داشته است. جالب توجه است که اکثر این اقدامات، متکی بر برنامه‌های آموزشی، تبلیغات نهادهای مختلف و آگهی‌های گسترده رادیویی، تلویزیونی و روزنامه‌ای بوده است (۱۲). لازم به ذکر است که در انجام اقدامات فوق، علاوه بر ایجاد انگیزه صرفه‌جویی در افراد، بایستی ارائه اطلاعات و روشهای خاص صرفه‌جویی در هر بخش را نیز مدنظر داشت.

#### محدودیتها، سهمیه‌بندی ها و ممنوعیتها

مثل ممنوعیتهای بعضی مصارف همچون شستن خودرو، پرکردن استخر و غیره در زمانها و مکانهای خاص، این محدودیت و ممنوعیتهای توسط مراجع ذیربط اعمال می‌شود.

#### نرخ‌گذاری آب

مطالعات انجام شده در بعضی کشورها نظیر استرالیا، کانادا و آمریکا نشان داده است که افزایش نرخ آب، به نحو موثری در کاهش مصرف آن اثر داشته است (۸). اما از آنجا که آب جزء کالاهای ضروری و تا حد زیادی بدون جایگزین تلقی می‌شود، افزایش قیمت آن به یک نسبت موجب کاهش مصرف آن نمی‌شود. مطالعات انجام شده در برخی شهرهای بزرگ ایران نظیر تهران و شیراز و قم نیز نشانگر عدم تاثیرپذیری تقاضای آب نسبت به قیمت، در این شهرها است (۱۳ و ۱۴ و ۱۵). تاثیرپذیری یا عدم تاثیرپذیری تقاضای آب نسبت به قیمت یک امر کلی نیست. در واقع بسته به شرایط مختلف اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و غیره میزان این تاثیرپذیری از یک منطقه به منطقه دیگر تغییر می‌کند. بطوریکه علیرغم این انتظار که نتایج مطالعات مشابه در این زمینه برای شهر اصفهان، شبیه شهرهای بزرگ دیگر مثل تهران و شیراز باشد، ملاحظه می‌شود که در شهر اصفهان افزایش قیمت انشعاب آب و فاضلاب در سال ۱۳۵۴ و افزایش آب بها و تصاعدی شدن آن در سال ۱۳۶۰، منجر به کاهش نسبتاً قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب شده است. به نظر می‌رسد که بالاترین قیمت انشعاب و نرخ آب بها، تا حدی که مردم نسبت به آن حساسیت نشان دهند، می‌تواند در کاهش مصرف آب موثر باشد. تعیین قیمت مورد اشاره، جز با نظرسنجی‌های وسیع در سطح جامعه موردنظر، ممکن نیست. در انجام مطالعات فوق، بایستی مشکلات بهداشتی، اجتماعی و فرهنگی ناشی از افزایش قیمت، بخصوص برای اقشار آسیب‌پذیر جامعه، مورد توجه قرار

گیرد. اختصاص یارانه در این بخش، برای اقشار آسیب‌پذیر نیز می‌تواند به عنوان یک گزینه، مورد بررسی قرار گیرد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با در نظر گرفتن منابع آب و تاسیسات موجود، حتی در خوش‌بینانه‌ترین حالت، شهر اصفهان تا قبل از سال ۱۴۰۰ دچار کمبود آب آشامیدنی خواهد شد. با توجه به هزینه‌های زیاد توسعه منابع آب و تاسیسات مربوطه، مناسبترین راهکار برای جلوگیری از بحران آب در شهر اصفهان، روی آوردن به اقدامات مدیریتی برای صرفه‌جویی در مصرف آب است. مدیریت منابع آب شهری، بایستی با توجه به نیازهای درازمدت و کوتاه مدت و تداوم در تامین آب با کیفیت و کمیت برای تمام مصارف رقیب در سطح شهر، همسو با اهداف گسترده‌تر اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی عمل کند. سپردن اداره امور آب شهری به بخش خصوصی، تحت نظارت و کنترل دولت به عنوان یک پیشنهاد می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. همکاری سازمانهای غیردولتی (NGO) با دولت در زمینه اشاعه فرهنگ صرفه‌جویی و حفاظت کمی و کیفی منابع آب، موضوعی است که بایستی بیشتر به آن توجه شود. همچنین، انجام مطالعات موردی درباره میزان تاثیر هر یک از موضوعات یادشده در بندهای شش گانه مدیریت تقاضا در کاهش مصرف آب در شهر اصفهان، ضروری بنظر میرسد.



## منابع و مآخذ

- ۱- « مروری بر اوضاع اقتصادی - اجتماعی استان اصفهان » ۱۳۷۲، سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان.
- ۲- « طرح توسعه آبرسانی و تامین آب آشامیدنی شهر اصفهان » بهمن ۱۳۶۱، مهندسین مشاور پارس کنسولت.
- ۳- « طرح جامع و تفصیلی توزیع آب آشامیدنی شهر اصفهان و حومه و محورهای چهارگانه نجف‌آباد - برخوار - کوهپایه - جرقویه، گزارش مرحله اول » خرداد ۱۳۶۴، کمیته تحقیقات آب و فاضلاب اصفهان.
- ۴- « مطالعات توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان اصفهان، گزارش ششم: جمعیت » ۱۳۷۵، سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان.
- ۵- « گزارش شماره ۴۱۰۱۲، نتایج سرشماری عمومی سال ۱۳۷۵ »، مرکز آمار ایران.
- ۶- « مطالعات توسعه اقتصادی اجتماعی و فرهنگی استان اصفهان، گزارش هفتم: جامعه شهری و عمران شهری »، ۱۳۷۵، سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان.
- ۷- فلاحی، حسین (مترجم)، ۱۳۷۴، « مدیریت تقاضا، برخوردهای قانونی و اقتصادی در مدیریت تقاضای آب » وزارت نیرو، معاونت امور آب و فاضلاب شهری.
- ۸- وهابزاده، عبدالحسین و علیرزاده، امین، ۱۳۷۳، « آب، آخرین واحه » تألیف ساندرایوستل، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۹- تجریشی، مسعود، ۱۳۷۶، « نگرشی جامع به رفع بحران آب در تهران »، مجله آب و فاضلاب، شماره ۲۲.
- ۱۰- « مطالعات توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان اصفهان، گزارش دوازدهم: صنعت »، ۱۳۷۵، سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان.
- ۱۱- « شکوه سازندگی در استان اصفهان »، ۱۳۷۵ سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان.

12-Shaw,D,T,Henderson,R.T.and Cardona,M.E,Urban Drought Response in Southern

California:1990-91,Management and Operations,Oct.1992,PP.34-41

- ۱۳- صدر، سیدکاظم، عبدیان، مسعود و خدارحمی، روح‌اله، ۱۳۷۳، «برآورد تابع تقاضای آب شهر تهران» مجله آب، شماره ۱۳.
- ۱۴- شرزهای، غلامعلی و کلاهی، رضا، ۱۳۷۵، برآورد تابع تقاضای آب شهری شیراز، « فصلنامه آب و توسعه، شماره ۱۴.
- ۱۵- سعیدنیا، اسماعیل، ۱۳۷۵، « برآورد تابع تقاضا برای آب شهری و سیاستهای قیمت‌گذاری آن»، فصلنامه آب و توسعه، شماره ۱۵.