

## مدیریت تقاضای منابع آب در کشور

مسعود تجربی و احمد ابریشم چی

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

### چکیده

کمبود آب در ایران یکی از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیتهای اقتصادی در دهه های آینده به شمار می رود. متأسفانه در کشور ما هنوز استفاده مطلوب از آب به شکل یک فرهنگ جایگاه خاص خود را پیدا نکرده است، به همین جهت دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و مصرف آب یک اصل اساسی و ضروری است که این مهم جز با ایجاد یک نظام جامع مدیریت آب میسر نیست. مجموعه اقداماتی که تاکنون در کشور در ارتباط با تأمین آب کشاورزی، شهری و صنعتی انجام شده، عمدتاً در زمینه مدیریت تولید و عرضه آب بوده است و کمتر توجهی به مدیریت مصرف گردیده است. در نگرش جدید جهانی، آب کالایی اقتصادی- اجتماعی و به عنوان نیاز اولیه انسان محسوب می شود. هر چند آب یکی از منابع تجدید شونده به شمار می رود، اما مقدار آن محدود است. با توجه به رشد جمعیت، گسترش صنعت، بالا رفتن سطح بهداشت و رفاه عمومی، سرانه منابع تجدید شونده رو به کاهش می باشد.

در این مقاله ضمن طرح و بیان اهمیت موضوع مدیریت تقاضا و صرفه جویی آب در بخشهای شهری، کشاورزی و صنعتی به الگوی مصرف و تلفات آب شهری، عوامل مؤثر بر کاهش تقاضای آب شهری و وضعیت مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت پرداخته شده و سپس به گوشه ای از مطالعات و اقدامات انجام شده در کاهش تلفات در این بخشها اشاره خواهد شد. در انتها روشهایی برای جلوگیری از کاهش مصرف و اسراف آب ارائه می گردد.

### مقدمه

در نگرش جدید جهانی، آب کالایی اقتصادی- اجتماعی و به عنوان نیاز اولیه انسان محسوب می‌شود. هرچند آب یکی از منابع تجدید شونده به شمار می‌رود، اما مقدار آن محدود است. با توجه به رشد جمعیت، گسترش صنعت، بالا رفتن سطح بهداشت و رفاه عمومی، سرانه منابع تجدید شونده رو به کاهش می‌باشد.

ایران با متوسط نزولات جوی ۲۶۰ میلی متر در سال از کشورهای خشک جهان و دارای منابع آب محدود است. عواملی همچون رشد جمعیت، نیاز به غذای بیشتر، ضرورت ارتقای سطح بهداشت و رفاه اجتماعی، توسعه صنعتی و حفاظت اکوسیستمها، تقاضای آب را روز به روز بیشتر می‌کند. با توجه به رشد جمعیت در ایران، سرانه منابع آب تجدید شونده سالانه که در سال ۱۳۳۵، ۷۰۰۰ مترمکعب بوده، در سال ۱۳۷۵ به ۲۰۰۰ مترمکعب کاهش یافته و پیش بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۰ به حدود ۸۰۰ مترمکعب کاهش یابد که پایین تر از مرز کم آبی (۱۰۰۰ مترمکعب) است. با توجه به تقسیم بندی سازمان ملل متحد، در سال مزبور ایران نه تنها شرایط تنش و فشار ناشی از کمبود آب را تجربه خواهدکرد، بلکه وارد شرایط کمیابی شدید آب می‌گردد [۱]. در سالهای خشک، از هم اکنون شاهد کمبود و بحران آب هستیم که می‌تواند نه تنها خسارات اقتصادی بلکه تنش های اجتماعی- سیاسی و مخاطرات بهداشتی به بار آورد.

همانگونه که ذکر شد، متوسط نزولات جوی کشور ۲۶۰ میلی متر در سال می‌باشد و این مقدار کم، توزیع مکانی بسیار ناهمگن دارد. به طوری که فقط ۱٪ از مساحت ایران بارشی بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر دارد، در حالی که ۲۸٪ از سطح کشور، بارش سالیانه کمتر از ۱۰۰ میلیمتر را دارد. از ۴۱۵ میلیارد مترمکعب نزولات سالانه در ایران، حدود ۷۰٪ آن تبخیر می‌شود. با ورود سالیانه دوازده میلیارد مترمکعب آب ورودی از مرزها به داخل کشور، کل منابع آبی تجدید پذیر کشور ۱۳۵ میلیارد مترمکعب است که تا سال ۱۳۷۹، ۹۵ میلیارد مترمکعب از این آب استحصال شده است. از این مقدار آب استحصال شده، به ترتیب ۹۳، ۵ و ۲ درصد در بخشهای کشاورزی، شهری و صنعتی به مصرف رسیده است. علاوه بر محدودیت مقدار منابع آب، هزینه های استحصال آب و محدودیت منابع مالی نیز طرحهای توسعه منابع آب جدید را با مشکل و محدودیت مواجه کرده است.

بانک جهانی در گزارشی از کاهش سرانه آب قابل استحصال و از دست دادن کیفیت آن، استفاده ناکارآمد راندمان پایش مصرف در بخشهای کشاورزی، صنعتی و کشاورزی؛ شوری و زهدار شدن

اراضی، وضعیت نامطلوب تعمیرات و نگهداری، محدودیت جبران هزینه ها و نبود هماهنگی بین سازمانهای ذیربط، بعنوان چالشهای پیش رو آب کشور نام برده است [۲].

توزیع غیریکنواخت آب در طول مکان و زمان، وجود بیشترین تقاضای آب در زمان وقوع کمترین بارندگی، عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب و خصوصاً افزایش تقاضای آب به دلایل ذکر شده و محدودیت منابع آبی و در بعضی مکانها کاهش آن با تنزل کیفیت آب سفره های زیرزمینی به دلیل برداشت بیش از حد مجاز، پیشروی آبهای شور، دفع غیرصحیح فاضلابهای خانگی و پساب های صنعتی، بالابودن هزینه های تأمین آب جدید با رقابت شدید بین گروههای مصرف کننده آب به دلیل کم بودن منابع آبی، استفاده ناکارآمد از آب، اتلاف زیاد آب در بخش کشاورزی و بالابودن آب به حساب نیامده در بخش شهری، و مکانیزم قیمت گذاری ناکارآمد از جمله دیگر مشکلات آبی کشور می باشد که مدیریت منابع آب کشور را پیچیده کرده است.

با این مشکلات، یکی از اهداف بلندمدت مدیریت راهبردی آب کشور تعادل برقرار کردن بین تقاضای آب و منابع آب موجود با کمترین هزینه ممکن می باشد [۳]. برای پاسخگویی به نیاز روز افزون تقاضای آب در کشور، توسعه منابع آبی جدید شامل بهره برداری بهینه از منابع آبی باقیمانده، استفاده مجدد از فاضلاب، شیرین کردن آب های شور و افزایش ظرفیت تولید منابع موجود، در نظر گرفتن راهبردهای صرفه جویی آب در بخشهای مختلف اقتصادی، و توسعه روشهای مدیریت کارآمد جدید می توان نام برد.

بیش از دو دهه است که جهان پی برده است که در مدیریت منابع آب باید بیشتر به مدیریت تقاضا تا مدیریت عرضه توجه کرد. بدین منظور دانشمندان مدیریت تلفیقی آب را مطرح نموده اند. مدیریت تلفیقی، دو سیاست کلی و یک هدف اصلی دارد. سیاستهای مدیریت تلفیقی عبارتند از: (۱) با آب باید به عنوان یک کالای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برخورد شود و (۲) سیاستها و گزینه هایی که مدیریت آب را هدایت می کند باید در چارچوبی یکپارچه تحلیل شود. هدف اصلی مدیریت تلفیقی این است که به واسطه مدیریت تلفیقی آب، توسعه پایدار، کارآمد و عادلانه منابع آب حاصل شود. بنابراین مبانی مدیریت تلفیقی بر پایه ترکیب پذیری مدیریت تأمین با مدیریت تقاضا استوار بوده که جنبه های زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی را در نظر می گیرد [۴].

به طور کلی تمامی اقداماتی که بر کیفیت و کمیت آب ورودی به یک سیستم مصرف مؤثرند، بخشی از مدیریت عرضه می باشد و هرآنچه که بر مصرف و یا اتلاف آب پس از آن مؤثر است مدیریت

تقاضا می‌باشد. به عبارت دیگر مدیریت تقاضای آب به فعالیتهایی اطلاق می‌شود که کمک می‌کند تا تقاضای آب کاهش یابد، راندمان مصرف بهبود یافته و از آلوده شدن یا نابود شدن منابع جلوگیری شود [۵].

در این مقاله ضمن طرح و بیان اهمیت موضوع مدیریت تقاضا و صرفه جویی آب در بخشهای شهری، کشاورزی و صنعتی به الگوی مصرف و تلفات آب شهری، عوامل مؤثر بر کاهش تقاضای آب شهری و وضعیت مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت پرداخته شده و سپس به گوشه‌ای از مطالعات و اقدامات انجام شده در کاهش تلفات در این بخشها اشاره خواهد شد. در انتها روشهایی برای جلوگیری از کاهش مصرف و اسراف آب ارائه می‌گردد.

### الگوی مصرف و تلفات آب شهری

در مطالعاتی که توسط سازمان ملل متحد در سنگاپور صورت گرفت، حداقل آب مصرفی هر شهروند برای حفظ بهداشت و سلامت جامعه ۹۹ لیتر در روز تعیین گردیده است [۶]. برطبق برنامه سوم توسعه، الگوی مصرف آب هر خانوار ۲۲/۵ مترمکعب در ماه تعیین شده که در نتیجه هر نفر بطور متوسط در شبانه روز می‌تواند ۱۵۰ لیتر آب مصرف نماید (جدول ۱) [۷]. متأسفانه باتوجه به رشد بی‌رویه شهرنشینی در کشور، آمار چند ساله اخیر نیز نشان از مصرف سرانه بطور متوسط ۲۵۰ تا ۳۰۰ لیتر در شبانه روز می‌دهد. در سال ۱۳۷۳ متوسط تقاضای سرانه آب شهری در کشور ۲۴۲ لیتر نفر روز بدست آمده است [۸ و ۹]. به عنوان مثال در سال ۱۳۷۹، فقط ۴۷ درصد مشترکان کشور کمتر از الگوی مصرف، آب مصرف کرده و در مجموع ۲۴ درصد آب شرب تولیدی در کشور را به کار بردند. در حالی که ۱۱ درصد مشترکان، ۲۴ درصد آب شرب تولیدی را مصرف کردند [۱۰]. با توجه به هزینه‌های بالای تأمین، انتقال و توزیع آب، افزایش بی‌رویه مصرف و منابع محدود آب قابل دسترس، شهروندان با بحرانهای جدی جدیدی در آینده روبرو می‌باشند.

جمعیت شهری کشور از ۶ میلیون نفر در سال ۱۳۳۵ به ۳۱ میلیون نفر در سال ۱۳۷۰ و در حال حاضر به بیش از ۴۶ میلیون نفر رسیده است. مصارف آب شهری در سال ۱۳۷۲ نسبت به سال ۱۳۶۲، ۱/۵ برابر شده است. در جدول ۲ میزان رشد جمعیت، برداشت آب و سرانه مصرف آب شهری در طی سالهای ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۵ برای شهر تهران به عنوان نمونه ارائه شده است [۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴].

جدول ۱- الگوی توصیه شده مصارف سرانه خانگی برحسب لیتر در روز (تا سال ۱۳۹۰) [۷]

نوع مصرف	حداقل (لیتر)	حداکثر (لیتر)
آشامی‌دن	۳	۵
پخت و پز	۵	۱۰
حمام	۲۵	۵۰
لباسشویی	۱۰	۲۰
ظرفشویی	۵	۱۵
دستشویی و توالت	۲۰	۳۰
شستشوی خانه	۳	۱۰
کولر و تهویه مطبوع	۲	۵
متفرقه	۲	۵
جمع	۷۵	۱۵۰

جدول ۲- جمعیت تهران و مصرف سرانه آب طی سالهای ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۰ [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴]

سال	۱۳۴۵	۱۳۵۵	۱۳۵۹	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵
جمعیت (۱۰۰۰ نفر)	۲۷۲۰	۴۵۳۰	۵۴۵۴	۶۰۴۲	۶۴۷۵	۶۷۵۹
مصرف سالانه آب (MCM)	۹۸	۳۴۶	۴۴۳	۵۴۲	۶۸۱	۸۷۰
مصرف سرانه (لیتر در روز) <sup>۱</sup>	۹۹	۲۰۹	۲۲۲	۲۴۴	۲۸۸	۳۵۲

همانطور که از جدول ۲ مشاهده می شود، مصرف سرانه آب طی ۳۰ سال بیش از ۳ برابر و میزان مصرف سالانه تقریباً ۴ برابر شده است. نکته قابل توجه این است که برخلاف رشد حدود ۲/۵ درصدی جمعیت شهر تهران در این دوره، مصرف آب با رشد سالانه تقریباً ۵ الی ۶ درصد همراه بوده است. جزئیات مصرف سرانه خانگی در شهر تهران در سال ۱۳۶۵ در جدول ۳ ارائه شده است.

۱- غیر از مصرف فضای سبز عمومی

جدول ۳- جزئیات مصرف سرانه خانگی در تهران (۱۳۶۵) [۱۵]

نوع مصرف	لیتر/ نفر/ روز	میلیون مترمکعب	درصد
خانگی	۱۲۰	۲۶۴/۹	۴۳
مصارف عمومی	۱۲۰	۴۴/۱	۸
تجاری و صنعتی	۳۰	۶۶/۲	۱۱
فضای سبز عمومی	۳۰	۶۶/۲	۱۱
تلفات تأمین، انتقال و توزیع	۷۴	۱۶۳/۴	۲۷
جمع کل استحصال	۲۷۴	۶۰۴/۸	۱۰۰

جدول ۴، میزان آب مصرفی بعضی از شهرها و کشورهای جهان را نشان می‌دهد. همانطور که از این جدول مشاهده می‌شود، مصرف آب در تهران و دیگر شهرهای کشور به مراتب بیشتر از مصرف سرانه آب در مکانهایی است که از لحاظ آب و هوایی، زندگی اجتماعی و اقتصادی در ردیف تهران قرار دارند.

جدول ۴- مصرف سرانه آب در بعضی از کشورها [۱۶ و ۱۷]

شهر	کشور	مصرف سرانه (لیتر در روز)	شهر	کشور	مصرف سرانه (لیتر در روز)
شیراز	ایران	۱۵۵	تهران	عربستان	۸۷
قم	ایران	۱۶۶	-	اندونزی	۸۷
لرستان	ایران	۱۷۸	-	مالزی	۹۰
خوزستان	ایران	۲۳۴	-	مکزیک	۱۰۰
اصفهان	ایران	۱۸۸	-	بلژیک	۱۰۸
تنکابن	ایران	۲۰۰	آتن	یونان	۱۲۸
صنعا	یمن	۵۰	ریاض	عربستان	۱۳۱
الجزیره	الجزایر	۷۰	نیکوزیا	قبرس	۱۳۳
عمان	عمان	۸۰	-	مجارستان	۱۵۰
تونس	تونس	۸۰	آمستردام	سوئد	۱۷۷
کازابلانکا	کازابلانکا	۱۱۰	-	آمریکا	۲۴۲
کویت	کویت	۱۸۴	لندن	انگلستان	۲۶۳

مطالعه و اجرای روشهای مدیریت تقاضای آب (کاهش تقاضا و مصرف، کاهش تلفات آب، استفاده مجدد از آب و فاضلاب، شیوه‌های جدید توزیع آب در شهر، ...) نه تنها فشار بر منابع آب را

کاهش داده، بلکه کم هزینه تر از پروژه های جدید تأمین آب (انتقال بین حوزه ای از راههای دور، احداث سدهای جدید و ...) بوده و هزینه مدیریت فاضلاب را نیز کاهش می دهد.

میزان آب به حساب نیامده در استانهای مختلف کشور بین ۲۵ تا ۶۰ درصد گزارش شده است [۱۷]. در مطالعه ای که در سال ۱۳۷۴ در خصوص تلفات آب در شهرهای بوشهر، تبریز و اهواز بعمل آمد، میزان تلفات آب در این شهرها به ترتیب ۳۴، ۳۰ و ۵۰ درصد گزارش شده است [۱۸]. بیشترین سهم تلفات مربوط به این شهرها، شکستگی لوله ها گزارش شده است. طبق استانداردهای جهانی برای کشورهای خشک و نیمه خشک و کم آب، حداکثر آب به حساب نیامده در یک شبکه توزیع حدود ۱۵٪ و برای کشورهای پرآب حدود ۲۵٪ توصیه شده است. طبق این استاندارد، برای شرایط ایران چنانچه آب به حساب نیامده از میزان ۱۵٪ تجاوز نماید، ضرورت سرمایه گذاری برای بازیافت الزامی است. آب به حساب نیامده به میزان آبی گفته می شود که در صورت حساب فروش شرکت های آب و فاضلاب منظور نمی شود و اغلب به دلیل قرائت غلط کنتورها، انشعابهای غیرمجاز، کنتورهای با پلمپ باز و نشت در شبکه به دلیل پوسیدگی و از کارافتادگی لوله ها صورت می گیرد. میزان آب به حساب نیامده شهرها از ۲۵ تا ۶۰ درصد می باشد [۱۷]. آب به حساب نیامده شبکه های شهری برخی از شهرهای کشور و دیگر کشورها به ترتیب در جدولهای ۵ و ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- آب به حساب نیامده شبکه های شهری برخی استانهای کشور [۱۷]

نام استان	آذربایجان شرقی	آذربایجان غربی	اصفهان	بوشهر	تهران	خوزستان	لرستان	کردستان	رق
میزان تلفات (برحسب درصد)	۲۴	۲۴	۲۹	۲۸	۳۰	۲۹	۳۹	۲۴	۲۵

جدول ۶- آب به حساب نیامده شبکه های شهری برخی کشورها [۱۹]

نام کشور	ایتالیا	انگلیس	اسپانیا	ژاپن	آلمان	سنگاپور	مالتی	چین	ایران
میزان تلفات (برحسب درصد)	۱۵	۲۵	۱۳	۱۵	۷	۷	۲۱	۸	۲۸

به عنوان مثال، آب تصفیه شده ورودی به شهر تهران در سال ۶۸۲،۱۳۷۱ میلیون مترمکعب و آب فروخته شده ۳۷۷ میلیون مترمکعب و بالطبع آب به حساب نیامده ۳۰۶ میلیون مترمکعب یا ۴۵ درصد بدست می‌آید. از این مقدار ۱۶۳ میلیون مترمکعب آب، یعنی ۲۴ درصد مربوط به تلفات شبکه توزیع و ۳۷ میلیون مترمکعب آن یعنی ۵ درصد مربوط به استفاده غیرمجاز می‌باشد. حدود ۴۵ درصد آبی که با سرمایه‌گذاری‌های کلان در زمینه‌های تأمین، انتقال، تصفیه و توزیع تولید می‌شود نه تنها تلف می‌شود که ضایعاتی را نیز به وجود می‌آورد.

بنابراین سرمایه‌گذاری لازم برای رساندن مقدار آب به حساب نیامده به حدود استانداردهای جهانی الزامی است. طبق برآورد دفتر مطالعات کاهش آب به حساب نیامده در سال ۱۳۷۹، کاهش یک درصد آب به حساب نیامده به معنی بازگشت ۲/۵ میلیارد تومان به توان مالی شرکت‌های آب و فاضلاب و برابر است با ایجاد ۲۰۰ میلیون مترمکعب ظرفیت جدید تأمین آب در شرکت‌های آب و فاضلاب که بالطبع، نیاز به سرمایه‌گذاری جدید در ایجاد تأسیسات را کاهش خواهد داد [۲۰]. این افزایش درآمد به معنای ارتقای توان اجرایی این شرکتهاست.

در مطالعه‌ای که در مورد دلایل اتلاف آب در شبکه آب شهر بوشهر و تأثیر آن در اقتصاد صورت پذیرفت نشان داد که کاهش هزینه‌های اجرای طرح‌های جلوگیری از آب به حساب نیامده بعد از پایان سال اول و از طرفی افزایش درآمد حاصل از آب به حساب نیامده جلوگیری شده، باعث گردیده که نقطه سر به سر (درآمد- هزینه) در سال دوم از دوره چهارساله برنامه ریزی جهت کاهش آب به حساب نیامده قرار گیرد که توجیه پذیری طرح را نشان می‌دهد [۲۱]. قابل توجه است که این نتیجه براساس هزینه توزیع آب شبکه در داخل شهر محاسبه شده که اگر هزینه تأمین آب از محل برداشت تا ورودی شهر نیز به قیمت هر مترمکعب آب اضافه شود نقطه سر به سر زودتر و توجیه پذیری طرح بیشتر خواهد شد.

### عوامل مؤثر بر کاهش تقاضای آب شهری

به طور کلی در مدیریت تقاضا، کاهش آب به حساب نیامده، کاهش فشار در شبکه، نوع سیستم توزیع آب در شهر، اصلاح سیستم لوله کشی آب منازل، استفاده از قطعات و وسایل کاهنده مصرف آب، نرخ گذاری آب و آموزش صرفه جویی در مصارف آب شهری روش‌های مناسب برای کاهش تقاضا و مصرف آب می‌باشند که باید از طریق ابزار قانونی، فنی، مالی و نیز برنامه آگاه کردن و آموزش همگانی به طور فعال و مستمر پیگیری گردد.



رفتارها یا نیات رفتاری مردم نسبت به صرفه جویی در مصرف آب به نگرش و میزان آگاهی آنان نسبت به مسائل مربوط به آب بستگی دارد. از اینرو، برای اینکه فعالیتهای مدیریت تقاضای آب به طور موفقیت آمیز اجرا شوند، لازم است که آگاهی ها و نگرشهای مردم نسبت به صرفه جویی در مصرف آب اصلاح شود تا همکاری آنها در اجرای این برنامه ها بیشتر شود. شهر کاشان یکی از شهرهایی است که با کمبود آب مواجه بوده و قرار است به زودی پروژه انتقال آب از رودخانه زاینده رود به این شهر بهره برداری شود. به منظور اطلاع از میزان آگاهی ها و سنجش نگرش مردم کاشان نسبت به صرفه جویی آب، ارتقای سطح آگاهی آنها از اهمیت و وضعیت آب شهر، آموزش راههای صرفه جویی، تغییر نگرش آنها به سمت صرفه جویی و بالا بردن قابلیت پذیرش آنها برای اجرای اقدامات مدیریت تقاضا تحقیقی پیمایشی در این شهر انجام شد [۲۲]. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان آگاهی مردم نسبت به ضرورت صرفه جویی در مصرف آب و کارایی روشهای مختلف صرفه جویی بر نگرش آنها به آب و نیز بر رفتار آنها در جهت صرفه جویی آب تأثیر معنی داری دارد. با تحلیل روند تغییرات مصرف سالانه آب برخی از خانوارها (کاهش و یا افزایش ناگهانی) معلوم شد که عامل اصلی این تغییرات، اصلاح سیستم لوله کشی منزل و یا برعکس پیدایش نشت در لوله کشی بوده است.

کمبود اطلاع از میزان مصرف و الگوی بهینه مصرف آب، کمبود اطلاعات کافی در مورد عوامل افزایش تقاضا، پایین بودن قیمت آب، تصور مردم از آب به عنوان یک کالای اجتماعی و ارزان قیمت، راحت تر بودن اجرای برنامه های عرضه آب، کمبود درک مفاهیم، فلمرو و پتانسیل های مدیریت تقاضا، پایین بودن قابلیت پذیرش جامعه برای اجرای فعالیتهای مدیریت تقاضا، کمبود همکاری و هماهنگی بین نهادها و سازمانهای آبی، مقاومت سازمانهای آبی برای تغییر در سیستم سنتی خود، و اشتغال زایی بیشتر اقدامات عرضه آب از جمله موانع اجرای فعالیتهای مدیریت تقاضا می باشند. بسیاری از این موانع به آسانی به واسطه برنامه های آموزش و آگاهی عمومی و ابزار قانونی برداشته می شوند.

یکی از پارامترهای موثر بر الگوی مصرف و مدیریت تقاضای آب، نرخ آب می باشد. تعیین قیمت مناسب برای آب هم موجب صرفه جویی آن توسط مصرف کنندگان و کاربرد بهینه آن در مصارف تجاری و صنعتی شده و هم درآمدی از فروش آن برای شرکتهای آب و فاضلاب حاصل می شود تا بخش عمده ای از هزینه های خدمات آبرسانی و تصفیه آن را تأمین نماید. از طرفی رعایت بهداشت و سلامتی شهروندان به شدت به عرضه آب بستگی دارد و گرانی آب بهداشت عمومی را با مشکل مواجه

می‌سازد. در ایران وضعیت موجود سیستم نرخ گذاری آب در درجه اول تحت تأثیر ملاحظات سیاسی- اجتماعی می‌باشد و به تبع آن عملکردهای مالی و اقتصادی از درجه اهمیت کمتری برخوردار است. در همه استانهای کشور به جز استان چهارمحال و بختیاری، میانگین فروش آب کمتر از قیمت تمام شده آن در شرکت های آب و فاضلاب می‌باشد. جهت مقایسه، متوسط فروش و قیمت تمام شده آب استان تهران و استان کردستان در سال ۱۳۷۵ در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷- مقایسه میانگین فروش آب شهری و قیمت تمام شده آن در سال ۱۳۷۵<sup>۲</sup>

شرکت آب و فاضلاب	میانگین فروش	قیمت تمام شده
تهران	۱۶۴	۲۰۴
قم	۱۲۷	۲۳۷
غرب استان تهران	۱۳۰	۱۷۴
شرق استان تهران	۲۱۰	۲۵۱
جنوب غربی تهران	۱۶۲	۱۷۷
شرکهای غرب تهران	۱۳۹	۱۷۷
ورامین	۱۶۱	۱۳۸
کردستان	۱۱۹	۲۱۴

در طی سالهای ۱۳۶۵-۱۳۵۵، با افزایش ۲۵ درصدی درآمد خانوارها و افزایش ۴۵ درصدی شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی، میانگین قیمت یک مترمکعب آب تنها ۱۴ درصد افزایش یافته است. در بعضی از نقاط کشور از جمله شهر تهران، «بی کشش بودن تقاضای آب» یعنی عدم تأثیرپذیری کاهش مصرف آب با افزایش قیمت نشان داده شده است. بنابراین در این شرایط، قیمت گذاری تصاعدی آب به تنهایی سیاست مؤثری برای ایجاد انگیزه در مصرف کنندگان به صرفه جویی در مصرف آب نخواهد بود.

در طرح آبرسانی تبریز از زرینه رود، کل هزینه طرح بدون تنزیل به حال، ۴۲۰ میلیارد ریال، بعلاوه ۱۰۵ میلیون دلار بوده است [۲۳]. هزینه طرح آبرسانی به یزد از زاینده رود، هر مترمکعب تقریباً ۱۳۰۰ ریال هزینه دربر داشته است. اگر مصرف کنندگان آب و تصمیم گیرندگان اطلاع کافی از

۲- قیمت تمام شده آب در نقطه سر به سری کل صنعت آب و فاضلاب کشور در سال ۱۳۸۰، ۶۱۰ ریال بوده است.

هزینه های اجتماعی- اقتصادی این طرح ها داشته باشند (غیر از هزینه های احتمالی زیست محیطی)، علاقه‌مندی و رویکرد آنها به صرفه جویی بیشتر خواهد شد.

موضوع بسیار مهم در مدیریت آب شهرهایی که انتقال بین حوزه ای و یا از مسافتهای طولانی به آنها انجام می شود این است که قبل از طراحی، اجرا و بهره برداری از این پروژه ها، مطالعات جامع آب شهری انجام شود. با انتقال آب و افزایش منابع آب این شهرها، مسئله کمبود آب در کوتاه مدت حل خواهد شد؛ چراکه رسیدن آب به این شهرها، می تواند موجب افزایش جمعیت و تقاضاهای آبی از طریق مهاجرت و نیز تغییر الگوی مصرف شود و مجدداً این شهرها را با کمبود آب مواجه کند. از اینرو، مطالعه نحوه مناسب توزیع آب در شهر و دیگر روشهای مدیریت تقاضا همزمان با عرضه آب بیشتر امری ضروری برای پایداری سیستم آب شهری است.

### آب کشاورزی

از مجموع ۹۵ میلیارد مترمکعب آب استحصالی سالانه در ایران، بیش از ۸۷ میلیارد مترمکعب آن در بخش کشاورزی برای آبیاری ۷/۵ میلیون هکتار سطح زیر کشت آبی شامل ۶/۳ میلیون هکتار زمین زراعی و ۱/۲ میلیون هکتار باغ مصرف می شود. برنامه ریزان کشاورزی (FAO) معتقدند برای تأمین مواد غذایی سه نفر در سال، یک هکتار زمین کشاورزی مورد نیاز است. بنابراین برای ۷۰ میلیون جمعیت فعلی کشور، سطح زیر کشت آبی باید به میزان قابل توجهی افزایش یابد. در حال حاضر راندمان آبیاری که عمدتاً بصورت غرقابی می باشد، بین ۳۰ الی ۴۰ درصد تخمین زده می شود [۲۴]. ارزیابی شبکه آبیاری سد دز در طول ۹ سال (۱۳۶۱-۱۳۶۹) نشان می دهد که متوسط بازدهی کل آبیاری با ۲۱ درصد، از متوسط بازدهی در جهان سوم (۳۵ درصد) نیز کمتر بوده است. در کشور امریکا با بکارگیری روشهای ترویجی و آموزش کشاورزان و تحقیقات توانسته اند میزان مصرف آب در هر هکتار را در طی سالهای ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۵ میلادی ۱۶ درصد کاهش دهند [۲۵].

میزان مصرف آب برای آبیاری محصولات مهم کشاورزی نیز در مقایسه با نرمهای جهانی بسیار بالا است. جدول ۸ مقدار متوسط مصرف آب اقلام مهم کشاورزی در کشور را در مقایسه با مصرف جهانی نشان می دهد [۲۶].

جدول ۸- مقایسه مصرف آب کشاورزی در آبیاری انواع محصولات

مصرف جهانی (مترمکعب در هکتار)	مصرف در ایران (مترمکعب در هکتار)	
۴۵۰۰-۶۵۰۰	۶۴۰۰	گندم (شتوی)
۷۰۰۰-۱۰۵۰۰	۱۷۹۰۰	صیفی جات
۵۵۰۰-۷۵۰۰	۱۰۰۰۰-۱۴۰۰۰	چغندر قند
۴۵۰۰-۷۰۰۰	۸۰۰۰-۱۰۰۰۰	برنج
۱۵۰۰۰-۲۵۰۰۰	۱۸۰۰۰-۲۰۰۰۰	نی‌شکر
۵۰۰۰-۸۰۰۰	۱۰۰۰۰-۱۲۰۰۰	ذرت

قیمت گذاری فعلی آب کشاورزی براساس حجم آب مصرفی نیست؛ لذا باید ترتیبی اتخاذ گردد تا در مصارف کشاورزی نیز قیمت براساس حجم آب برآورد گردد تا موجب افزایش راندمان آبیاری و مدیریت مصرف آب در کشاورزی گردد. همچنین مشاهده بیلان مالی مجموعه شرکت‌های آب منطقه ای در دوره ۱۳۴۸-۱۳۷۲ نشان می دهد که در طی این سالها آب بهای دریافتی از کشاورزان همواره کمتر از هزینه های نگهداری، بهره برداری و جاری بوده و در نتیجه شرکت‌های آب منطقه‌ای که تقبل کننده هزینه های نگهداری و بهره برداری تأسیسات احداث شده بودند، بدون دریافت کمک از بودجه عمومی قادر به ایجاد موازنه در تراز حسابهای مالی خود نبودند. جدول ۹ مقایسه هزینه های جاری و آب بهای دریافتی در بعضی از شبکه های آبیاری موجود کشور را نشان می دهد [۲۷].

جدول ۹- مقایسه هزینه‌های جاری و آب‌بهای دریافتی در بعضی از شبکه‌های آبیاری موجود کشور (۱۳۷۵)

شبکه آبیاری	مساحت اراضی (هزار هکتار)	هزینه (هزار ریال)	آب بهای دریافتی (درآمد) (هزارریال)	تراز هزینه - درآمد	درصد کمبود
زای‌نده رود	۱۲۵	۱۷۷۶۳۰۸	۱۶۰۲۹۵۰	-۱۷۳۳۵۸	۹۰۷
سفی‌درود	۲۶۷	۴۱۴۱۶۴۹	۴۰۵۰۷۴۰	-۹۰۹۰۹	۲۰۱
درودزن	۱۱۶	۲۲۴۷۰۸۶	۱۳۹۰۷۷۷	-۸۵۶۳۰۹	۳۸۰۱
گتوند	۴۷	۲۲۰۰۴۸۷	۱۴۸۲۱۱۷	-۷۱۸۳۷۰	۳۲۰۶
گلپایگان	۷	۳۸۴۲۱۸	۱۳۷۵۲۲	-۲۴۶۶۹۶	۶۴۰۲
قزوین	۸۰	۴۷۷۸۲۲۱	۲۲۲۷۲۴۰	-۲۵۵۰۹۸۱	۵۳۰۴
جمع کل	۶۴۲	۱۵۵۲۷۹۶۹	۱۰۸۹۱۳۴۶	-۴۶۳۶۶۲۳	۲۹۰۹

## آب صنعت

در بخش صنعت نیز الگوهای مصرف بدرستی تنظیم نشده و هیچ مطالعه گسترده ای از وضعیت مصرف آب صنایع بزرگ و پتانسیل صرفه جویی در آنها به چشم نمی خورد و بهره برداری در حدی بسیار پایین تر از استانداردهای جهانی است.

حجم کل آب برداشتی کارگاههای صنعتی کشور در سال ۱۳۶۶ معادل ۵۷۴ میلیون مترمکعب بوده که ۴۶ درصد آن از منابع زیرزمینی کشور و ۵۴ درصد از منابع آب سطحی تأمین شده است [۲۸]. در سال ۱۳۷۷، صنایع کانی و غیرفلزی با یک میلیارد مترمکعب و صنایع غذایی با حدود ۶۰۰ میلیون مترمکعب مصرف آب سالانه در مقام اول و دوم مصرف آب قرار می گیرند.

امروزه در جهان ملاحظات زیست محیطی از یک طرف و هزینه های ناشی از تولید پسابها از طرف دیگر، واحدهای تولیدی را مجبور به توجه خاص نسبت به کاهش مصرف آب کرده است. در این راستا طراحان سعی می کنند که با انتخاب مناسب فرایند تولید و کاربرد حداقل مواد اولیه لازم، به نحوی عمل کنند که میزان مصرف آب و در نتیجه تولید پساب به حداقل ممکن تقلیل یابد. این دیدگاه هزینه تصفیه پسابها و دفع آنها را کاهش می دهد و از آلودگی و ویرانی اکوسیستم طبیعی نیز جلوگیری می کند.

هم اکنون باتوجه به اهمیت برنامه های کاهش مصرف آب در حفظ منابع آب، این طرح در بسیاری از کشورهای جهان به شکل یک حرکت ملی درآمده است. در کشورهای توسعه یافته و پیشرفته، برنامه های کاهش مصرف آب به شکل دقیق و درون و با مدیریتی صحیح انجام می شوند. همچنین در بسیاری از کشورهای در حال توسعه حرکتهای موثری در اجرای طرحهای کاهش مصرف آب در حال انجام است. فعالیتهای انجام شده در جهت انجام این برنامه ها در کشورهایمانند هندوستان، چین، تایوان، و دیگر کشورهای در حال توسعه گویای این مطلب است.

در مطالعه ای که در سال ۱۳۷۵ بر روی پالایشگاه تهران انجام پذیرفت نشان داده شد که به سهولت می توان آب مصرفی این مجتمع که به مصارف مختلفی از جمله تولید بخار، تزریق به برج خنک کننده به عنوان آب جبرانی، شستشوی واحدها، مصرف آتش نشانی، آشامیدنی و تعمیرات اساسی می رسد را تا حدود ۳۵ درصد کاهش داد. این مجتمع روزانه ۲۰۰۰۰ مترمکعب آب از شبکه آب تهران دریافت می کند [۲۹].

در مطالعه دیگری که در سال ۱۳۸۰ بر روی کارخانه قند اصفهان صورت گرفت، نشان داده شد که با اعمال روشهای پیشنهادی کاهش مصرف آب در مرحله اول، میزان مصرف آب تازه کارخانه از ۳۳۸ مترمکعب به کمتر از ۱۵۰ مترمکعب به ازای هر صد تن چغندر قند کاهش می یابد. در این مطالعه ضمن ارائه برنامه کاهش مصرف آب در مراحل بعدی نشان داده شده که می توان میزان مصرف آب تازه کارخانه را تا میزان ۵۰ مترمکعب به ازای صد تن چغندر نیز کاهش داد [۳۰].

در مطالعات مشابهی که در نقاط مختلف جهان صورت گرفته نشان داده شده که به راحتی می توان با ممیزی آب در کارخانه ها، تا ۴۰ درصد در مصرف آب صنایع صرفه جویی نمود [۳۱]. قیمت‌های واقع بینانه و بالاتر آب، مشاوره فنی و آموزش می تواند مصرف آب و صرفه جویی آن را در واحدهای صنعتی و کارگاهها تشویق نماید.

### نتیجه گیری

کمبود آب در ایران یکی از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیتهای اقتصادی در دهه های آینده به شمار می رود. متأسفانه در کشور ما هنوز استفاده مطلوب از آب به شکل یک فرهنگ جایگاه خاص خود را پیدا نکرده است، به همین جهت دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و مصرف آب یک اصل اساسی و ضروری است که این مهم جز با ایجاد یک نظام جامع مدیریت آب میسر نیست. مجموعه اقداماتی که تاکنون در کشور در ارتباط با تأمین آب کشاورزی، شهری و صنعتی انجام شده، عمدتاً در زمینه مدیریت تولید و عرضه آب بوده است و کمتر توجهی به مدیریت مصرف گردیده است. بهمین دلیل تجدید نظر در الگوی مصرف و صرفه جویی آب خصوصاً در بخش کشاورزی و افزایش بهره وری و راندمان تولید کلیه بخشهای تولید و مصرف کننده آب و نیز بخش مصرف خانگی از اهمیت و اولویت بالایی برخوردار است.

### منابع و مراجع

- 1- United Nations, 1997, Sustainable development of Water Resources in Asia and the Pacific: An overview.
- 2- Internal World Bank, Report, 2004 (Unpublished).
- ۳- راهبرد سند ملی آب، ۱۳۸۲، دولت جمهوری اسلامی ایران.
- 4- Yevjevich, V., 1995, Effect of area time horizons in comprehensive and integrated water resources management, Water Science and Technology, Vol. 31(8), pp 19-25.

- 5- Herbertson, P.W. and E.L. Tate, 2001, Tools for water use and demand management in South Africa, World Meteorological Organization, Technical Reports in Hydrology and Water Resources, No. 73.
- 6- United Nations, 1976, The Demand for water: Procedures and methodologies for projecting water demands in the context of regional national planning, Nat. Resour, Water Ser. 3, United Nations Publications, New York.
- ۷- سازمان برنامه و بودجه و وزارت نیرو، ۱۳۷۱، مبانی و ضوابط طراحی طرحهای آبرسانی شهری، نشریه شماره ۳-۱۱۷.
- ۸- شرکت مهندسی مشاور جاماب، ۱۳۷۵، کلیات و سیمای مدیریت موجود آب کشور.
- ۹- وزارت نیرو، ۱۳۷۵، بخش آب و فاضلاب شهری، مروری بر روند پیدایش تحولات، اهداف و سیاستها.
- ۱۰- نشریه و هفته نامه شهراب، دی ماه ۱۳۸۰، سخنرانی معاون آب و فاضلاب وزارت نیرو، شماره ۲۵۱.
- ۱۱- علوی، علی اکبر، ۱۳۷۱، روند افزایش مصرف آب تهران و لزوم اعمال روشهای صرفه جویی، کنفرانس صرفه جویی در مصارف کشاورزی، شرب و صنعت، صفحات ۱-۱۵ و ۳۱-۱۵.
- ۱۲- صدر، کاظم، ۱۳۷۳، برآورد تابع تقاضای آب شهر تهران، مجله آب، شماره ۱۳.
- ۱۳- مالکی، احمد، ۱۳۷۱، احداث شبکه لوله کشی آب تهران و مشکلات ناشی از آن، اولین سمینار بررسی مسائل آب و فاضلاب در شهرهای بزرگ، صفحات ۱-۳۱.
- ۱۴- روابط عمومی شرکت آب و فاضلاب استان تهران، ۱۳۷۵، سیمای آب و فاضلاب استان تهران.
- ۱۵- شرکت جاماب، ۱۳۷۲، گزارش آب تهران.
- ۱۶- تجریشی، مسعود، ۱۳۷۶، نگرشی جامع به رفع بحران آب در تهران، مجله آب و فاضلاب، شماره ۲۲، صفحه ۲ الی ۱۲.
- ۱۷- منوچهری، غلامرضا، ۱۳۸۰، مدیریت آب و فاضلاب شهری، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.
- ۱۸- حبیبی، محمدحسن، ۱۳۷۸، مدیریت مصرف آب، اولین همایش منطقه ای بیلان آب، اهواز، صفحه ۴۱۲ الی ۴۲۹.
- ۱۹- خبرنامه نخستین همایش ملی کاهش و کنترل آب به حساب نیامده، ۱۳۷۶.

- ۲۰- ابرار اقتصادی، ۱۳۷۹/۳/۲۲، مصاحبه با آقای مهندس فریدون بیگی مدیر دفتر مطالعات کاهش آب به حساب نیامده، صفحه ۱۲.
- ۲۱- امین کاظمی، بیتا، ۱۳۷۵، بررسی دلایل اتلاف آب در شبکه های آب شهری و تأثیر آن در اقتصاد منابع آب، آب و توسعه، سال چهارم، صفحات ۱۰۰ الی ۱۰۴.
- ۲۲- نظرزاده، مهدی، ابریشم چی، احمد، تجربی، مسعود، ارزیابی نگرش و نیات رفتاری شهروندان کاشان نسبت به آب شهری، مجله علمی- پژوهشی آب و فاضلاب، شماره ۴۶، تابستان ۱۳۸۲، صفحات ۲۸-۲۱.
- ۲۳- دستاورد بزرگ دولت در تأمین آب شهر تبریز، گزارش مختصر وزارت نیرو، ۱۳۷۹.
- ۲۴- ظفرنژاد، فاطمه، محدودیت، تلفات و نرخ آب کشاورزی، ۱۳۷۵، فصلنامه آب و توسعه، شماره ۱۵.
- 25- Urban Age, Americans using less Water, Winter 1999, page 23.
- ۲۶- منوچهری، غلامرضا، ۱۳۷۲، مسائل مربوط به الگوی مصرف آب، بولتن کمیسیون آب، شماره ۶، صفحه ۴ الی ۶.
- ۲۷- وزارت نیرو، ۱۳۷۵، دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب، استاندارد ۳۰- الف- امور آب.
- ۲۸- مردوخ، بایزید، ۱۳۷۳، آب و صنعت در ایران، بخش اول: نقش آب در تولید صنعتی، آب و توسعه، فصلنامه امور آب، وزارت نیرو، سال دوم، شماره ۴.
- ۲۹- نوریمند، کاوس، ۱۳۷۶، مدیریت مصرف آب در پالایشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست تحت سرپرستی دکتر تجربی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.
- ۳۰- بابایی نژاد، تجربی و ابریشم چی، ۱۳۸۱، ممیزی و کاهش مصرف آب در کارخانه قند اصفهان، مجله آب و فاضلاب، شماره ۴۳، صفحه ۱۷ الی ۲۷.
- 31- U.S. Army Corps of Engineers, 1985, Handbook of Methods for the Evaluation of Water Conservation for Municipal and Industrial Water Supply, Contract Report 58-C-3.