ارائه راهکارهای عملی جهت کاهش مصرف آب شهری مشهد

وحید یزدانی[1*]، الهام لاری[2]، هادی نجف زاده[3]، سمانه توکلی امینیان[4]، سپیده یکه باش[5]

۱) دکتری علوم و مهندسی آب، مدیرعامل شرکت مشاور هیدروپی میراب شمس

۲) کارشناسی ارشد عمران محیط زیست، مدیر دفتر فنی مشاور هیدروپی میراب شمس

۳) کارشناسی ارشد عمران،کارشناس گروه عمران شرکت آب و فاضلاب مشهد

۴) دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی شهری، رئیس گروه تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد

۵) کارشناسی معماری، کارشناس واحد تحقیق و توسعه مشاور هیدروپی میراب شمس

*** نویسنده مسئول:** v.yazdany@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۸/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳**

چکیده

رشد و توزیع مجدد جمعیت و تغییر الگوهای تولید و مصرف، دو عاملی هستند که آسیب‌پذیری یک منطقه، بخش‌های اقتصادی و یا گروه‌های جمعیتی را نسبت به منابع آب تعریف می‌کنند. تحقیق حاضر بر اساس تجربیات سایر کشورها پیشنهاداتی جهت کاهش مصرف آب ارائه و با توجه به شرایط شهر مشهد میزان تاثیرگذاری آن ارائه شده است. همچنین بر اساس تئوری بازی‌ها، شروط لازم برای رسیدن به ائتلافی پایدار ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصله با اصلاح خطوط آبرسانی فرسوده می‌توان از هدر رفت حدود ۳۵ تا ۵۲ میلیون مترمکعب آب تصفیه شده در سال جلوگیری نمود؛ هرچند این راهکار مستلزم برنامه‌ریزی گسترده، صرف هزینه‌های گزاف و نیز فرایندی زمان‌بر است. در صورتیکه بتوان در ۱۰ الی ۲۰ درصد از مصارف شهری، پساب تصفیه شده را جایگزین آب تصفیه شده نمود، در نهایت می‌توان حدود ۱۷/۵ تا ۳۵ میلیون مترمکعب در سال آب شرب را ذخیره کرد. راهکارهای عنوان شده نظیر راهکارهای آموزشی، فرهنگ-سازی، به منظور کاهش مصرف آب در بخش خانگی (بزرگترین مصرف‌کننده آب تصفیه شده با ۸۱ درصد) راهکارهایی کوتاه مدت و نسبتاً کم هزینه‌تری هستند اگر این راهکارها بطور متوسط منجر به کاهش مصرف در بخش خانگی به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد شود، در نهایت ۲۱ تا ۲۸ میلیون در سال صرفه‌جویی در مصرف آب شهری خواهیم داشت. در حال حاضر تنها ۲۰ درصد از آب مورد نیاز در فضای سبز از منابع آب شرب تأمین می‌شود که این میزان حدود چهار میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بنابراین با جایگزین نمودن این میزان با آب غیرشرب می‌تواند سالیانه چهار میلیون مترمکعب آب شرب ذخیره نمود. در صورتی که راهکارهایی به منظور کاهش مصرف در بخش صنعتی و تجاری موثر واقع شده و حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش مصرف آب در این دو بخش را به دنبال داشته باشند، در نهایت منجر به صرفه‌جویی میزان ۱/۵ تا ۳ میلیون مترمکعب آب در سال خواهند شد.

واژه‌های کلیدی: کاهش مصرف، مدیریت منابع آب، مشهد، مصرف آب شهری.

مقدمه

رشـد و توزیع مجدد جمعیت، و تغییر الگوهای تولید و مصـرف دو عاملی هسـتند که آسـیب‌پذیری یک منطقه، بخش‌های اقتصادی و یا گروه‌های جمعیتی را نسبت به منابع آب تعریف می‌کنند (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۰). اگر چه توسعه سیاست‌های خشـک‌سـالی و طرح‌های آماده‌سـازی، تعهد و مسـئولیتی چالش برانگیز و مسـئله‌سـاز محسـوب می‌شـوند، با این حال نتایج و خروجی این فرآیندها به طرز قابل توجهی می‌توانند انعطاف‌پذیری اجتماعی را نسـبت به این شـوک‌های آب و هوایی افزایش دهد(علیزاده، ۱۳۸۰). در اکثر کشـورها تشـکیلات و یا ارگانی، مسـئولیت برنامه‌ریزی امور آب آن کشـور را به عهده دارد. به طور معمول این مؤسـسـات دولتی هسـتند که زیر نظر نظر یک وزارتخانه و در انطباق با قوانین کشـوری و براسـاس دسـتور اجرایی صـادره فعالیت می‌نمایند. وظایف محوله به ارگان‌ها در کشـورها به هر حال متفاوت می‌باشـد (عرب و مهدی‌خانی، ۱۳۸۴). در چین، قبرس، مصر، فرانسـه، آلمان، فلسـطین اشـغالی، هند، کره جنوبی، مغولسـتان، نیجریه، پاکسـتان، اسـپانیا، آفریقای جنوبی، ترکیه، انگلسـتان و ایالات متحده این ارگان‌ها وظیفه تخصیص آب به مصرف‌کنندگان بخش‌های مختلف را به عهده دارند (مرید و مقدسی، ۱۳۸۴). در ایتالیا، آفریقای جنوبی، اتریش و اسـترالیا ارگان‌های مربوطه همچنین مسئولیت پیگیری و نظارت بر امور مصـرف آب را نیز به عهده دارند(Gautam, 2006). در اندونزی، مالزی، اسـلوونی و تایلند این ارگان‌ها (شـرکت‌ها) همچنین نظارت بر رعایت صـرفه‌جویی و روش‌های اجرای صـحیح آن را بر عهده دارند(یزدانی و همکاران، ۱۳۹۷). دولت فیلیپین در اثر وقوع کمبودهای شدید آب در سال ۱۹۹۷ اقدامات یک ساله‌ای را تحت عنوان "مردم در قبال مصرف آب مسئولیت دارند"، به منظور حفاظت آب در این کشـور آغاز نمود. مدیریت این برنامه به عهده سـازمان محیط زیسـت و منابع طبیعی آن کشـور و با مشـارکت یک شـرکت خصوصـی فعال در زمینه اقدامات حفاظتی آب به نام سـازمان محیط زیسـت و منابع طبیعی فیلیپین بود (Inc Report, 2000).

در ایالت کالیفرنیا در آمریکا پلیس آب با هدف آموزش مشـترکین نسـبت به اهمیت آب و نحوه صـرفه‌جویی در مصـرف آن و همچنین نظارت بر روند اجرای مصوبات محدود کننده مصرف آب توسط مشـترکین تشکیل شد (Sivakumar, et al. 2014). کسـانی که پس از سـه بار اخطار، بیش از اندازه آب را صرف چمن، محوطه‌سازی اطراف خانه و شـسـتن ماشـین کنند روزانه بین ۱۰۰ الی ۵۰۰ دلار جریمه خواهند شـد. در این ایالت مدرسـه‌های آب برای آموزش افراد با سابقه مصرف زیاد آب تشکیل و این افراد ملزم به پاس کردن واحدهای آن (نوعی روش تنبیهی اجتماعی) شدند. همچنین تلفن امداد به منظور اطلاع رسانی درباره زیاده‌روی در مصرف و دزدی آب اختصاص داده شد (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۷). از نمونه‌های برنامه‌های موفق در کشور استرالیا برنامه "هدف ۱۵۵" در شـهر ملبورن اسـت که هدف از راه‌اندازی این کمپین کاهش سـرانه روزانه مصـرف آب به کمتر ۱۵۵ لیتر در روز در بخش خانگی است. این برنامه گزینه‌های مختلفی را جهت کاهش سرانه مصرف آب پیش روی مصرف‌کنندگان بخش خانگی قرار داده است از جمله: نصب سردوش کاهنده مصرف، کاهش زمان دوش گرفتن به زیر چهار دقیقه، عدم استفاده از آب

آشـامیدنی برای آبیاری باغچه و پیروی از محدودیت‌های آبی اسـت (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به شـرایط حاکم در مشهد و در اغلب مناطق ایران و کاهش بارش‌ها و وقوع خشکسالی‌های متعدد و به تبع آن کمبود آب باعث شده است که برای تأمین آب شـرب اقدامات گسـترده‌ای که طبعاً دارای هزینه‌های بالایی اسـت صـورت گیرد (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۲). از جمله این اقدامات می‌توان به انتقال آب بین حوضه‌ای، حفر چاه‌های متعدد، احداث سـدهای بزرگ و کوچک و ... اشـاره نمود. چنانچه بتوان با انجام مدیریت‌هایی در مصـرف آب صـرفه‌جویی کرد و به عبارت دیگر بهره‌وری آب را افزایش داد می‌توان انتظار کاهش هزینه‌های مربوط به تأمین آب را داشت. در همین راسـتا، سـازمان آب و فاضـلاب شـهر مشـهد طرح پژوهشـی تحت عنوان ارائه طرح جامع بهینه و اقتصادی سـازگاری با خشـک‌سـالی با رویکرد اسـتفاده از تجربیات موفق بین‌المللی (ارائه راهکارهای عملیاتی برای شـهر مشـهد) مطرح نمود. پژوهش حاضر، به بیان بخشـی از نتایج طرح پژوهشـی مذکور در خصوص ارائه راهکارهای اجرایی جهت مدیریت مصرف آب شهری و به تبع آن کاهش مصرف آب می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

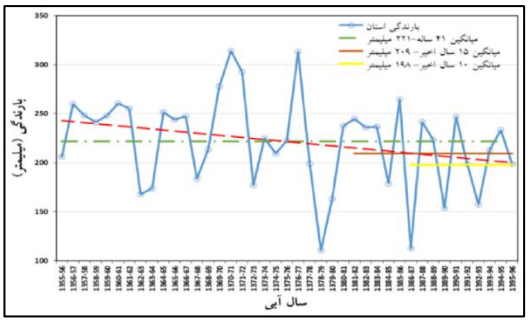
منطقه مورد مطالعه

مشهد مقدس مرکز استان خراسان رضوی به لحاظ موقعیت در ۵۹ دقیقه و ۳ درجه تا ۶۰ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و از شمال به شهرستان کلات، از شمال غربی به درگز، از غرب به چناران و نیشابور و از شرق به سرخس و تربت جام محدود می‌گردد.

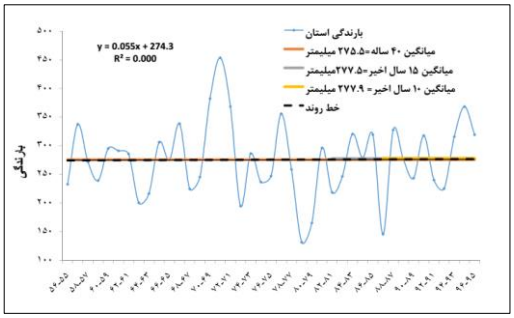
شهر مشهد بر اساس شاخص دومارتن در اقلیم نیمه خشک و بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه در اقلیم نیمه خشک معتدل قرار می‌گیرد. شکل (۱) تغییرات بارندگی استان خراسان رضوی در ۴۱ سال گذشته را نشان می‌دهد. به طوری که مشاهده می‌شود، روند کلی بارندگی اسـتان نزولی بوده اسـت. نرخ کاهش سـالانه بارندگی در حدود ۱/۱ میلی‌متر اسـت و میانگین بارندگی ۱۰ و ۱۵ ساله اخیر به ترتیب ۱۰ و ۵ درصد کاهش را نسبت به میانگین بلند مدت نشان می‌دهند (شکل ۱ الف).

بررسی وضعیت منابع آبی دشت مشهد

با توجه به شکل (۲) وضعیت بارندگی در محدوده مطالعاتی مشهد-چناران نسبت به میانگین بلندمدت تغییر خاصی نکرده است. مجموع بارش دریافتی شهر مشهد در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ معادل ۲۰۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است که نسبت به سال گذشـته هشـت درصـد کاهش و نسـبت به میانگین درازمدت ۲ درصـد افزایش داشـته اسـت. در سـال آبی ۹۶-۱۳۹۵، حجم آب تجدید شـونده حاصـل از بارش برابر ۸۸۲/۶ میلیون مترمکعب برآورد و بیلان آبی محدوده مشـهد-چناران محاسـبه شـده اسـت. با توجه به نتایج موجود محدوده مشهد در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ با ۲۵ میلیون مترمکعب کسری مخزن مواجه بوده است (شکل۱-ب).



شکل ۱: الف) تغییرات بارندگی استان در ۴۱ سال



شکل ۱: ب) تغییرات بارندگی ۴۰ ساله محدوده مشهد- چناران

تئوری بازی‌ها

در این پژوهش هر دو رویکرد مدل همکارانه و غیر همکارانه در مورد بخش‌های مختلف به کار گرفته شد. در خصوص راهکارهای ارائه شده هر ارگان مرتبط (با توجه به منافع سازمانی) بازیکنی مجزا در نظر گرفته شد و مردم (تمامی گروه‌های هدف) به عنوان بازیکنان با منافع مجزا تلقی می‌شوند. بر این اساس اگر راهکار ارائه شده متضمن منافع مشترک تمامی گروه‌ها باشد مبنا بر همکاری کامل تمامی بازیکنان گذاشته خواهد شد و در نتیجه مدل تبدیل به تک هدفی (یک تابع هدف مشترک: به عنوان مثال کاهش هدررفت آب در شبکه) و تک تصمیم گیرنده (مثلا کارگروه تشکیل شده) خواهد شد. به طور کلی، مدیریت تقاضا شامل برنامه‌های کنترل مصرف در بخش‌های مختلف (صنعتی، تجاری، فضای سبز و خانگی) می‌باشد که با روش‌های گوناگون محقق می‌گردد. مدیریت تقاضا را می‌توان به شکل یک مساله بهینه‌سازی مدل کرد، مانند کمینه کردن هزینه مشترکین و بیشینه کردن سود شرکت آبفا در تابع هزینه ظاهر و بهینه شده‌اند. معمولاً مشترکین به ازای دریافت تخفیف در قیمت، حاضر هستند کاهش مصرف آب را در برنامه‌های خود قرار دهند. در اینجا باید شرکت تأمین‌کننده (آبفا) با بررسی میزان سود خود تعرفه‌ای را انتخاب کند که هم سود خود را تضمین کند و هم مشترک قانع به کاهش مصرف شود. بدین منظور یک بازی با دو بازیگر در نظر گرفته شد. بازیگر اول، شرکت تأمین‌کننده آب (آبفا) است که تلاش دارد جهت بهینه کردن مصرف آب، با دادن مشوق و امتیاز مالی، مصرف کننده را به کم کردن مصرف ترغیب کند. از طرفی، مشترک تمایل دارد بیشترین رفاه را با کمترین هزینه بدست آورد. فرض می‌شودکه هر مصرف کننده (مشترک صنعتی یا اختصاصی) پتانسیل لازم را برای کاهش مصرف آب به میزان xi (بسته به قیمت تشویقی) را داراست که در بازه [xmin, xmax] قرار دارد. بنابراین کل کاهش مصرف آب شهری بسته برابر $X = \sum_{i=1}^{n} x_i$ است که در بازه [Xmin , Xmax] قرار می‌گیرد.

رابطه ۱:

$$X_{min} = \sum_{i=1}^{n} x_{i\,min}\,;\;\; X_{max} = \sum_{i=1}^{n} x_{i\,max}$$

در این صورت تابع هدف تأمین‌کننده آب به نحوی تعریف می‌شود که با کمترین میزان تخفیف، بیشترین میزان کاهش مصرف را بوجود آورد.

تابع مطلوبیت تأمین کننده = (منافع ناشی از کاهش مصرف کلی) − (تخفیف در ازای کاهش مصرف به مشترکین داده است)

در مقابل تابع هدف مشترکین به صورتی تعریف خواهد شد که با توجه به کاهش سطح رفاه تحمیل شده در اثر کاهش مصرف آب، بیشترین سود را از تخفیف‌ها ببرد.

تابع مطلوب مصرف کننده = (منافع ناشی از تخفیف) − (کاهش سطح رفاهی که در اثر کاهش مصرف آب به او تحمیل شده است)

همچنین، قیمت تشویقی در بازه‌ای در نظر گرفته می‌شود که هر دو تابع هدف نامنفی باشند، چرا که در خارج از این محدوده توافقی بین بازیگران صورت نخواهد گرفت. بنابراین:

$$\frac{\text{سود تامین کننده}}{\text{کاهش مصرف}} \leq \text{قیمت تشویقی} \leq \frac{\text{کاهش سطح رفاه مشترکین}}{\text{کاهش مصرف}}$$

بنابراین شرط لازم و کافی این است که سود کلی تأمین‌کننده بیشتر از کاهش سطح رفاه مشترکین باشد. به این معنی که مکانیسم قیمت تشویقی در صورتی منطقی است که تابع هدف تأمین‌کننده، در هر سطح از کاهش مصرف آب، بزرگتر از کاهش رفاه تحمیل شده بر مصرف کنندگان باشد. از سوی دیگر کاهش مصرف آب در ازای تشویق کمتر به سود تأمین کننده و به ضرر مشترکان خواهد بود.

بحث و نتایج

ارائه راهکارهای مدیریت سازگاری با خشک‌سالی در شهر مشهد

راهکارهای آموزشی

آموزش گسترده متمرکز بر تمام گروه‌های سنی، آگاهی از استراتژی‌های جدید مربوط به مدیریت و سازگاری با خشک‌سالی، اهمیت آمادگی و کاهش خطر، مسائل تأمین آب در کوتاه‌مدت و بلندمدت و دیگر پیش‌شرط‌های حیاتی برای پذیرش عموم مردم و پیاده‌سازی سیاست‌های خشک‌سالی و اهداف آمادگی، لازم و ضروری است. شناسایی گروه‌های اصلی هدف (سازمان‌های منابع و تأمین آب، ادارات دولتی و رهبران جامعه، سازمان‌های غیر دولتی (NGOs)، آموزگاران و معلمان، آموزش به زنان،

کودکان و دانش آموزان، کارکنان بخش بهداشت، رسانه‌های گروهی، هنرمندان و بازیگران و رهبران مذهبی) که نیازمند آگاهی یافتن و متقاعد شدن در زمینه مزایای ارتقاء حفاظت از آب برای عموم مردم می‌باشند، امری الزامی است. با توجه به مطالب مطرح شده، پیشنهاد نویسنده مقاله تشکیل واحدی تحت عنوان واحد حفاظت آب در آبفا مشهد می‌باشد. این واحد شامل سه نفر نیروی دفتری (شامل مدیر و معاون و کارشناس واحد حفاظت) و نیروهای گشت و بازرسی می‌باشد. طرح پیشنهادی در نظر گرفتن سه اکیپ گشت و بازرسی (شامل راننده و یک نفر کارشناس) برای هر منطقه امور مشترکین آبفا است. البته تفویض اختیارات جهت اعمال جرائم و بازرسی‌ها می‌بایست بطور کامل بررسی شده و سپس در قالب بروشورهای ضمیمه قبوض، به مشترکین اطلاع‌رسانی گردد. به طور کلی وظایف این واحد شامل موارد زیر می‌شود. در این راستا واحد حفاظت آب می‌تواند اقدام به آموزش اقشار مختلف جامعه در زمینه مصرف بهینه آب نماید.

جدول ۲: خلاصه راهکارهای آموزشی

راهکار کلی	برنامه‌ها	سازمان‌های درگیر	الزامات	طرح پیشنهادی	طرح‌های اجرا شده
تشکیل واحد حفاظت آب	تشکیل واحد حفاظت آب	آبفا- استانداری	آموزش افراد و پرسنل شاغل در این واحد	تشکیل مدیریت مجزا جهت مدیریت	-
آموزش مستقیم به کودکان	آموزش در مدارس	آبفا، آموزش و پرورش	آموزش معلمان تهیه برنامه و امکانات آموزشی	آموزش در کلاس‌های ضمن خدمت گنجاندن ساعت آب در برنامه هفتگی	جشنواره نخستین واژه آب
	برنامه‌های فرهنگی و اردوها	آبفا، آموزش و پرورش	ایجاد زیرساخت‌ها و امکانات لازم	برگزاری اردوها، مسابقات و جشنواره‌ها	
	همیار آب	آبفا، آموزش و پرورش	برگزاری دوره‌های آموزشی و ارتقاء فرهنگی	اختصاص نشان مخصوص و دفترچه ثبت تخلفات	طرح نجات آب
آموزش بانوان	آموزش به بانوان شاغل	آبفا، کلیه ادارات دولتی و خصوصی، بیمارستان‌ها و ...	تعیین مشوق‌ها	برگزاری کلاس‌های آموزشی	
	آموزش به بانوان خانه دار	آبفا	تهیه محتوای آموزشی	ارسال بروشورهای آگاهی دهنده	
		آبفا، صدا و سیما	تهیه برنامه‌های آموزشی	آموزش در برنامه‌های خانواده	
	آموزش به مشترکین پر مصرف	آبفا	شناسایی مشترکین پر مصرف و آموزش نیروها	مراجعه حضوری و آموزش چهره به چهره	
برنامه‌های فرهنگی	احداث موزه و اردوگاه آبی	آبفا، آب منطقه‌ای، آموزش و پرورش	ایجاد زیرساخت‌ها و بودجه مالی	برگزاری دوره‌ها و بازدیدها جهت همیاران آب	
آموزش‌های عمومی	افزایش آگاهی عمومی در خصوص خشکسالی	آبفا، آب منطقه‌ای، وزارت بهداشت، شهرداری، حوزه-های علمیه	هماهنگی تمامی سازمان‌های درگیر و تدوین برنامه مشخص	آموزش در جلسات مذهبی، صدا و سیما و ...	

به عنوان مثال مربیان آموزش دیده در این واحد می‌توانند در دوره‌های فنی حرفه‌ای و کلاس‌های فنی برای مسائل لوله‌کشی و مرتبط با شبکه آب دوره‌های مربوط به صنوف مانند کارواش، قالیشویی‌ها، هتل ها و ... ، دوره‌های آموزشی برای معلمان و دانش‌آموزان و ... اقدام به آموزش راهکارهای صرفه‌جویی و مصرف بهینه آب نمایند. همکاری با گروه‌های داوطلب و NGO ها در جهت ترویج مصرف بهینه آب.

راهکارهای نهادی و زیرساختی

اصلاح خطوط آبرسانی، اصلاح شبکه‌های فرسوده، نشت یابی، جلوگیری از آلایندگی شبکه فرسوده

فرسودگی شبکه‌های آبرسانی، معضلی فراگیر در بیشتر کشورهاست. معضلی که تا حادثه‌ای به وجود نیاورد به صورت طبیعی احساس نمی‌شود. این معضل که مسلما از زمان اعلام آن تا رفع مشکل بازه زمانی طولانی را انتظار می‌کشد پیامدهای بسیاری دارد که در سال‌های آینده بروز خواهد کرد. هدر رفت و آلودگی آب به مواد مضر دو پیامد مهم برای سیستم‌های آبرسانی است. هر چند اصلاح و نوسازی شبکه‌های فرسوده آبرسانی، هزینه‌های گزافی را در بر می‌گیرد که بسیاری از کشورها از عهده پرداخت این هزینه بر نمی‌آیند، اما سلامت عمومی و جلوگیری از هدر رفت آب به مراتب موضوعی مهم‌تر محسوب می‌شود که باید مورد توجه کارشناسان و مسئولین قرار گیرد. یکی از آسیب‌های مهم خط لوله ایجاد نشتی و خارج شدن سیال از آن است. این امر سبب خسارت‌های اقتصادی، زیست محیطی و حتی جانی می‌شود.

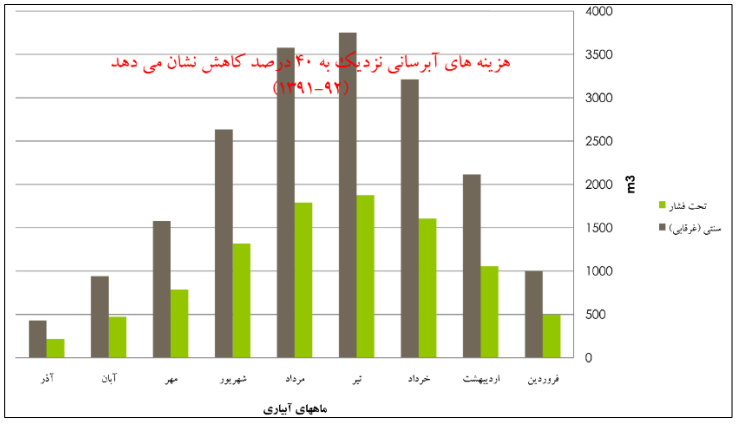
اصلاح قوانین ساخت و ساز ساختمان

هنگام طراحی نقشه‌های تأسیساتی جهت کلیه ساختمان‌ها اعم از مسکونی، تجاری، اداری، خدماتی و صنعتی، مهندسین تأسیسات مکانیکی ملزم به رعایت مقررات مندرج در مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان می‌باشند. استفاده از آب شویه (فلاش تلنک دوگلنه، ۳ الی ۶ لیتر در هر ریزش)، استفاده از سر دوش‌های کاهنده جهت دوش حمام (۱۱ الی ۱۳ لیتر در دقیقه)، استفاده از سرشیر کاهش‌دهنده مصرف جهت ظرفشویی، روشویی، توالت، روشویی حمام و شیر توالت فرنگی (پنج الی هفت لیتر در دقیقه)، استفاده از شیرهای الکترونیکی و پدالی برای مراکز عمومی، استفاده از شیرهای فشاری زمان‌دار برای آبخوری‌های عمومی، پیش‌بینی مخزن ذخیره آب جهت مصارف مورد نیاز آب مصرفی ساختمان طبق مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان در صورت لزوم، پیش‌بینی لوله‌کشی آب باران به منظور جداسازی از فاضلاب ساختمان طبق بند ۱۶-۸ مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان، کنترل چک لیست طراحی براساس مصرف بهینه آب، تناسب فشار خط لوله آب شهری با تعداد طبقات و آب مورد نیاز ساختمان (مفاد عمده مبحث ۱۶ مقررات ساختمان)، از جمله مشکلاتی که در مبحث قوانین ساختمان وجود دارد، عدم وجود قوانین و مقررات الزامی برای مدیریت آب و حضور مهندس آب در مبحث ۱۶ به منظور کنترل مواردی ذیل می‌باشد: سایبان کولرها، نصب شیرآلات کاهنده مصرف آب، نصب رگلاتور در مسیر آب، نصب مخازن ذخیره آب

باران، بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، متوسط پروانه‌های ساخت و ساز در سال ۲۰۰۰ مجوز و زیربنای اعیان ۲,۰۳۱,۷۶۳ مترمربع در سال می‌باشد که متاسفانه در ساخت و ساز از آب شهری استفاده می‌شود. متوسط مصرف آب به ازای هر مترمربع اعیان ۲/۲ مترمکعب است (۱/۲ مترمکعب برای بتن و یک مترمکعب برای سایر مصارف). بنابراین هرساله در شهر مشهد هزاران مترمکعب آب جهت امور ساخت و ساز مصرف می‌شود که در بسیاری موارد مصرف آب شهری ضرورتی نداشته و می‌توان آب‌های جایگزین استفاده نمود.

استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین

با توجه به سطح بسیار پایینی از فضای سبز شهر مشهد تحت پوشش سیستم آبیاری تحت فشار است (۴۰ درصد) و با در نظر گرفتن اینکه در سایر روش‌ها تلفات آبیاری بسیار بالاست، در صورتیکه سیستم‌های آبیاری نوین جایگزین سیستم‌های سنتی گردد، راندمان آبیاری به شکل قابل ملاحظه‌ای بالا رفته و در نتیجه مصرف آب در این بخش کاهش خواهد داشت. نتایج نشان داد با بهره‌برداری از سیستم آبیاری تحت فشار در بلوار مذکور سالانه ۳۹۹۳۰ مترمکعب معادل ۴۷ درصد در مصرف آب و همچنین ۴۰۲،۱۹۵،۰۰۰ ریال در هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌گردد. در صورت آبیاری در روز میزان تبخیر از سطح چمن تا سه میلی‌متر افزایش می‌یابد. در این حالت راندمان آبیاری به ۴۳ درصد رسیده و آبی معادل ۱۸۸۹۰ مترمعکب در روز هدر می‌رود. و با احتساب ۲۰۰ روز رشد فعال این گیاه بالغ بر ۸,۸۱۵,۶۰۰ مترمکعب در سال نیاز آبی این بخش است. مدیریت آبیاری و انجام آن در شب علاوه بر افزایش جذب و جلوگیری از تنش ناشی از آفتاب سوختگی قطرات آب بر روی چمن، روزانه ۱۸۸۹۰ و در سال ۳,۷۷۸,۱۱۴ مترمکعب امکان صرفه‌جویی را فراهم می‌آورد. استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی و سازگار با شرایط آب و هوایی مشهد و جایگزینی آنها با چمن در بخش‌های مختلف شهری امکان کاهش نیاز آبی را فراهم می‌آورد.



شکل۳: مقایسه حجم آب استفاده شده در سیستم قطره‌ای و آبیاری ثقلی در آبیاری فضای سبز

راهکارهای فنی

شناسایی صنایع پرمصرف و مدیریت مصارف آنها

اصلاح الگوی مصرف مواد غذایی توسط مردم (مانند نوشابه)، نصب برچسب میزان آب مصرف شده برای تولید مواد غذایی روی بسته‌بندی آنها، شناسایی صنایع پرمصرف و مدیریت مصرف آنها (با بکارگیری مشاور در این بخش، ضمن شناسایی صنایع پرمصرف، اقدام به بهینه‌سازی مصرف آب در بازه زمانی پنج ساله شود، بطوریکه راندمان مصرف آب در بخش صنعتی به ۹۰درصد و بیشتر برسد.) و تشکیل کارگروه صدور مجوزها برای احداث صنایع (پیشنهاد مشاور حضور یک نفر کارشناس آب از مجموعه وزرات نیرو در کارگروه صنایع به منظور بررسی مصرف آب صنایع و منابع آب موجود و سپس صدور مجوزات قانونی می‌باشد.)

شکل۴: برچسب میزان مصرف آب روی کالاها

استفاده از تجهیزات کاهنده

سردوش‌های کم مصرف: یکی از موارد اصلی مصرف آب در کاربری‌های خانگی، استحمام و دوش حمام است. استفاده از سردوش‌های مناسب با قابلیت اختلاط آب و هوا، کنترل میزان جریان خروجی آب و حالت‌های مختلف پاشش، می‌تواند تا حدود ۵۰ درصد در کاهش مصرف آب موثر باشد.

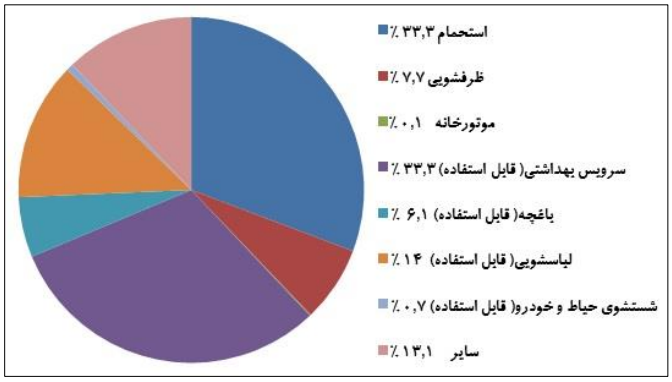
فلاش تانک‌های دو مرحله‌ای کم مصرف (دوال): استفاده از آن‌ها به عنوان یک استاندارد ملی می‌تواند در بهینه‌سازی مصرف آب (۷۵ درصد صرفه‌جویی) مطرح گردد. محدودکننده جریان آب (رگلاتور): در شیر روشویی، حمام، آشپزخانه و سردوش‌ها قابل استفاده می‌باشد. عملکرد این وسیله به گونه‌ای است که بدون توجه به مقدار فشار آب، همواره دبی ثابتی را از خود عبور می‌دهد و با استفاده از آن می‌توان ۲۰ تا ۳۰ درصد از مصرف آب کاست. درافشان (پرلاتور): ساده‌ترین، اثربخش‌ترین و همچنین کم هزینه‌ترین وسیله کاهش مصرف آب، تعویض سرشیرها و مجهز نمودن شیرآلات به درافشان‌های کاهنده مصرف می‌باشد که این قطعه باعث کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی در مصرف آب می‌شود.

انواع شیرآلات و سر شیرها

سرشیرهای فشاری خودکار، گزینه‌ای بسیار مناسب جهت استفاده در اماکن عمومی می‌باشد. این سرشیر دارای امکان کاهش مصرف آب تا سقف ۸۹ درصد می‌باشد. سرشیرهای فشاری غیرخودکار با قابلیت‌های ذکر شده بهترین گزینه جهت نصب روی شیرآلات اماکن عمومی نظیر پارک‌ها، بیمارستان‌ها، هتل‌ها، سرویس‌های بهداشتی عمومی و سایر اماکن مشابه می‌باشد. سرشیرهای فشاری غیرخودکار یکی از بهترین گزینه جهت کاهش مصرف آب در روشویی سرویس‌های بهداشتی می‌باشد. این سرشیر با قابلیت اختلاط هوا با آب خروجی، میزان مصرف آب را تا ۴۸ درصد کاهش می‌دهد.

استفاده از آب باران در منازل

جمع آوری آب باران و استفاده مستقیم از آن یکی از شیوه‌های موثر در استفاده بهینه از آب ناشی از ریزش‌های جوی است که در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک دنیا به عنوان راهکاری جدی برای مقابله با خشکسالی و کم آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این رابطه، پروژه‌های بزرگی در مناطق شهری کشورهای اروپایی نظیر آلمان و کشورهای آسیای شرقی نظیر چین اجرا شده است. علی‌رغم سابقه اجرای اینگونه طرح‌ها در نقاط مختلف دنیا، مطالعه و اجرای آن در ایران بسیار محدود بوده و برای رفع این مشکل برنامه‌ریزی جدی صورت نپذیرفته است.



شکل۵: درصد مصارف خانگی آب و مصارف قابل جایگزینی با آب باران

جدول۳: خلاصه راهکارهای نهادی و زیرساختی

راهکار کلی	برنامه‌ها	سازمان‌های درگیر	الزامات	طرح پیشنهادی	طرح‌های اجرا شده
اصلاح خطوط آبرسانی	نشت یابی و ترمیم خطوط فرسوده انتقال آب	آبفا-سازمان برنامه و بودجه	تأمین بودجه و عزم استانی جهت رفع مشکل	اختصاص بخشی از هزینه-های ساخت و ساز به مرمت خطوط	
اصلاح قوانین ساخت و ساز	تنظیم دستورالعمل استفاده از تجهیزات کاهنده در ساختمان‌های نوساز	آبفا، نظام مهندسی ساختمان، شهرداری، کلیه شرکت‌های مشاور و پیمانکار ساختمانی	اصلاح قوانین و تنظیم و ابلاغ دستورالعمل توسط نظام مهندسی ساختمان	منوط کردن مجوز ساختمان به اجرای مقررات و نصب تجهیزات کاهنده	
	عدم استفاده از آب شهری در ساخت و ساز		قطع انشعاب آب هنگام تخریب	فروش آب شهری با تعرفه بالا	
بازچرخانی پساب	استفاده از پساب در تغذیه مصنوعی	آبفا، آب منطقه‌ای، جهاد کشاورزی، محیط زیست	تصفیه و انتقال آب به محل اجرا	طرح تغذیه مصنوعی در غرب مشهد	طرح انتقال پساب به غرب مشهد
	استفاده از پساب در صنعت	آبفا، سازمان صنایع و معادن، شرکت شهرک‌های صنعتی و کلیه واحدهای صنعتی	رعایت استانداردهای تصفیه	بهبود کیفیت پساب خروجی و فروش به صنایع	
مدیریت آب فضای سبز شهری	استفاده از آب‌های نامتعارف در آبیاری	آبفا، شهرداری، سازمان پارکها	تصفیه فاضلاب	تصفیه خانه‌های لوکال، انتقال مستقیم از تصفیه خانه‌های موجود به اراضی	تصفیه خانه لوکال سیدی و چهل بازه
			جمع آوری آب باران	بررسی و جانمایی مخازن مناسب	طرح پایلوت بلوار سرافرازان
	جداسازی آب شرب از فضای سبز		-	عدم اختصاص آب تصفیه شده به فضای سبز	طرح پایلوت بلوار ثامن
	استفاده از سیستم-های آبیاری نوین آبیاری در زمان مناسب	آبفا، شهرداری، سازمان پارکها	طراحی و اجرای سیستم های نوین نصب سیستم‌های هوشمند	بازنگری و اختصاص آب به فضای سبز بر اساس راندمان آبیاری در شب و مواقع موردنیاز	
	جایگزین کردن گیاهان کم آب‌طلب	آبفا، شهرداری، سازمان پارکها	شناسایی گیاهان بومی و کم آب‌طلب	اجرای طرح‌های پایلوت و بررسی کاهش مصرف آب	طرح فضای سبز میدان قائم
جمع آوری آب‌های سطحی	بازنگری در طرح‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی	آبفا، آب منطقه‌ای، شهرداری	ایجاد زیرساخت‌ها و مخازن	بازنگری و اجرای طرح‌های پایلوت	

جدول ۴: خلاصه راهکارهای فنی

راهکار کلی	برنامه‌ها	سازمان‌های درگیر	الزامات	طرح پیشنهادی	طرح‌های اجرا شده
پایش خشکسالی	نظام پایش و پیش آگاهی خشکسالی	آبفا، آب منطقه‌ای، سازمان هواشناسی، جهاد کشاورزی	استفاده از سیستم پایش در برنامه‌ریزی‌ها و طرح‌ها	-	مرکز ملی خشکسالی
مدیریت مصرف صنایع	مدیریت مصرف آب در صنایع اصلاح الگوی غذایی مردم کنترل مجوز صنایع	آبفا، آب منطقه‌ای، استانداری، سازمان صنایع و معادن، شرکت شهرک‌های صنعتی	بکارگیری مشاوران آب، همکاری واحد حفاظت آب تهیه استاندارد مصرف، آموزش و فرهنگ‌سازی بکارگیری کارشناس آب از وزارت نیرو یا آبفا در کارگروه	ارائه برنامه مدون جهت بهینه-سازی مصرف صنایع در بازه ۵ ساله نصب برچسب مصرف آب روی محصولات طرح مدون جهت بهینه‌سازی مصرف آب در صنایع بررسی توجیه فنی و زیرساخت‌ها قبل از صدور مجوز	
استفاده از تجهیزات کاهنده	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در ادارات و شرکت های خصوصی	آبفا، کلیه ادارات دولتی، شرکت‌های خصوصی، مساجد و ...	مراجعه کارشناس واحد حفاظت آب	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در ادارات و اماکن پرتردد	
	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در صنایع و واحدهای تجاری	آبفا، سازمان صنایع و معادن	مراجعه کارشناس واحد حفاظت آب و صدور اخطاریه (در صورت وجود قوانین بالادستی)	الزام به نصب در واحدهای تجاری نظیر استخرها و پارک-های آبی، کارواش، قالیشویی و ...	
	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در منازل	واحد حفاظت آب آبفا	شناسایی مشترکین پرمصرف تبلیغات گسترده	فروش تجهیزات کاهنده و درج هزینه روی قبوض، اختصاص یارانه به خرید تجهیزات کسر هزینه بصورت قسطی در قبوض	
جمع آوری آب باران در منازل	استفاده از آب باران در مصارف خانگی	واحد حفاظت آب آبفا	نصب تجهیزات و فیلترها	وضع قوانین در خصوص نصب تانکر در ساختمان‌ها	
جداسازی آب شرب	تفکیک آب شرب و غیر شرب	آبفا، آب منطقه‌ای	اصلاح زیرساخت‌ها و توزیع آب شرب	توزیع آب شرب	طرح پایلوت منطقه ثامن

ردپای آب

ردپای آب[1] شاخصی است برای نشان دادن حجمی از آبی که به طور مستقیم یا غیر مستقیم برای تولید کالا و یا ارائه هرگونه خدمات به مصرف می‌رسد. این عدد شامل مجموع آب مصرف شده در طی فرآیندهای زنجیره تولید یک محصول خواهد بود. اما مقادیر مصارف غیرمستقیم آب، برای تولید نیازهای بشر، مانند مواد اولیه خوراکی، کاغذ، لباس و غیره، بسیار

[1] Water Footprint

بیشتر از مصارف مستقیم آن است. ردپای آب عبارت است از حجم کل آب شیرینی که یک فرد، یک جامعه یا یک سازمان برای تولید محصول یا ارائه خدمت خود مصرف می‌نماید.

ردپای آب در برنج: با احتساب ورود روزانه حداقل ۲۰ دانه برنج به داخل فاضلاب منازل و وجود ۱,۲۸۰,۰۰۰ مشترک در مشهد، روزانه ۵۶۳ کیلوگرم برنج وارد فاضلاب می‌گردد. که با احتساب ۳/۲ مترمکعب آب مصرفی به ازای هر کیلوگرم برنج به رقمی بالغ بر ۴۷۰,۹۵۶ مترمکعب آب در سال می‌رسد.

ردپای آب در نان: با احتساب ضایعات ۲۵ کیلوگرمی نان به ازای هر نفر در مشهد و جمعیت سه میلیون نفری شهر مشهد و حضور سالانه ۲۰ میلیون زائر (با متوسط اقامت ۳روز) و ۸/۱ مترمکعب ردپای آب هر کیلوگرم گندم به رقمی بالغ بر ۱۴۲,۳۹۷,۲۳۵ مترمکعب در سال می‌رسد. لذا می‌توان با نصب بیلبوردها و تابلوهایی با مضمون ردپای آب در ضایعات و دورریز برنج، نان (واحدهای تولید نان و نانوایی‌ها) و سایر مواد غذایی در کاهش مصرف آب در این بخش فرهنگ‌سازی کرد (شکل ۶)

شکل ۶: نمونه پوستر پیشنهادی برای کاهش ضایعات نان

ردپای آب در مصرف برق: ۸۰ درصد آب بخش صنعت در نیروگاه‌ها مصرف می‌شود. بیشتر نیروگاه‌های قدیمی کشور دارای برج خنک کننده‌تر هستند که این اصلی‌ترین عامل در میزان مصرف بالای آب این نیروگاه‌ها است. آمار رسمی نشان‌دهنده مصرف متوسط چهار لیتر برای هر کیلووات ساعت است اما این رقم حتی از کشورهای پیشرفته نیز پایین‌تر است. ردپای آب سوخت ورودی به نیروگاه، مصارف مختلف جاری در نیروگاه و برج‌های خنک کننده ردپای آب به ازای هر یک کیلووات ساعت، ۹۰ لیتر است. همچنین باید اشاره داشت که حالت standby وسایل برقی بین ۵ الی ۱۰ درصد مصرف برق دارد. بنابراین با در نظر گرفتن برق مصرف سرانه هر خانوار ایرانی (۳۰۱۴ کیلووات ساعت)، متوسط هدررفت برق در هر خانوار در سال بالغ بر ۲۲۶ کیلووات ساعت می‌گردد. ردپای برق هدر رفته معادل ۳/۲۰ مترمکعب در سال است. که متوسط ۱۵۶ لیتر در روز مصرف آب یک فرد (۱۳۰ لیتر در روز) است. در این خصوص می‌توان با نصب پوسترهایی که نشان‌دهنده میزان آب مصرف شده برای تولید برق باشند. درج ردپای آب مصرف شده روی قبوض برق به این صورت که مشترکین علاوه بر میزان مصرف برق، میزان آب استفاده شده برای تولید برق را مشاهده نمایند، مصرف را کنترل کرد. فرهنگ‌سازی و اطلاع رسانی برای قطع دستی برق دستگاه و استفاده از قطع‌کننده‌های اتومات برق در مسیر وسایل پرمصرف برق مانند تلویزیون و کامپیوتر.

شکل۷: نمونه بیلبورد پیشنهادی برای اصلاح الگوی مصرف خانواده

فرهنگ‌سازی استفاده بهینه از آب

کولرهای آبی

هر کولر آبی به طور متوسط با ۱۰ ساعت کار در روز مقدار ۲۰۰ لیتر آب در شرایط استاندارد (سلامت کامل کولر) مصرف می‌کند. که از استاندارد سرانه مصرف فرد در ایران (۱۳۰ لیتر در روز) بیشتر است. بنابراین می‌توان فرض کرد که هر خانوار (به طور متوسط چهار نفر) در صورتی که از یک کولر آبی استفاده کنند گویی یک نفر به سرانه افراد افزوده شده است. با در نظر گرفتن ۱,۲۸۰,۰۰۰ مشترک در شهرستان مشهد و ضریب پوشش ۸۰ درصدی کولر آبی: لیتر در روز ۱۲۸۰۰۰۰×۸/۰×۲۰۰=۲۰۴,۸۰۰,۰۰۰

با در نظر گرفتن تنها ۱۰ ساعت کار برای هر کولر و عدم نقص فنی میزان ۲۰۴,۸۰۰ مترمکعب آب در روز در فصل گرم صرف خنک کردن محیط منازل و کار می‌گردد. با در نظر گرفتن ۱۰۰ روز گرم در سال این رقم در مجموع به ۲۰,۴۸۰,۰۰۰ مترمکعب در سال می‌رسد که رقمی بسیار بالاست. یکی از معضلات استفاده از کولرهای آبی عدم تنظیم شناور و خروج آب از مخزن کولرها است که این مورد به ویژه در زمان خاموشی که مصادف با شب و زمان اوج فشار آب می‌باشد بسیار شایع است. در این حالت با در نظر گرفتن خروج یک قطره در هر ثانیه از مخزن کولر (کمترین خروجی ممکن)، ۸/۲ لیتر آب در هر روز به ازای هر کولر اتلاف خواهد شد. بالغ بر ۴۰ درصد کولرها با این مشکل مواجه می‌باشند که رقمی بالغ بر ۳,۳۵۸,۷۲۰ لیتر در روز می‌رسیم که با در نظر گرفتن ۱۰۰ روز گرم سال به رقمی در حدود ۳۳۵,۸۷۲ مترمکعب در سال می‌رسیم(لیتر در روز ۱,۰۲۴,۰۰۰×۰/۴×۸/۲=۳,۳۵۸,۷۲۰). استفاده از سایه بان در روزهای گرم سال می‌تواند تا ۳۰ درصد در مصرف آب کولر صرفه جویی کند. در این صورت در دوره گرم سال با این روش ساده می‌توان حداکثر تا ۶,۱۴۴,۰۰۰ مترمکعب در سال صرفه جویی کرد که رقم قابل توجهی است.پایش مداوم کولر، تنظیم شناور و رفع نشتی‌ها می‌تواند ۳۳۵,۸۷۲ مترمکعب در سال در شهر مشهد صرفه جویی داشته باشد.

راهکارهای قانونی (تشکیل پلیس آب و همیار آب)

انجام بازرسی از صنایع، هتل‌ها، رستوران‌ها، کارواش، قالیشویی و... ؛ گشت زنی در محلات و جریمه مشترکین در صورت مشاهده اسراف در آب، فروش تجهیزات کاهنده به متخلفین؛ ارسال اخطارنامه و قبوض احتمالی جریمه همراه با قبوض دوره‌ای برای مشترکین. علاوه بر نیروی پلیس آب، تشکیل نیرویی تحت عنوان همیار آب در واحد حفاظت آب پیشنهاد می‌گردد که می‌توانند نیروهای شرکتی قرائت‌کننده کنتور و پخش‌کننده قبوض باشند. تذکرهای لازم به ساکنین درصورت مشاهده هدررفت آب در ساختمان‌ها، از دیگر وظایف نیروهای همیار آب تهیه فهرست ۱۰ درصد مشترکان پرمصرف و پایش مداوم قبوض آنهاست. مراحل پایش می تواند به شرح زیر باشد: ارائه یک چک لیست توسط همیار آب به هر مشترک پرمصرف برای تعیین میزان مصرف در بخش‌های مختلف منزل و ارسال تصویر آن پس از تکمیل به سامانه‌ای در شرکت آبفا. در صورت عدم تغییر مصرف، توزیع بروشورهای آموزشی کاهش مصرف آب و مراجعه حضوری همیار آب برای آموزش و در صورت تداوم مصرف بالا، اخطاریه حضوری توسط همیار و گزارش به نیروهای گشت آب جهت اقدامات مقتضی توسط نیروهای گشت آب نظیر اعمال جریمه سنگین و فروش اجباری تجهیزات کاهنده به مشترکین متخلف.

ارائه سازوکار جهت اجرایی کردن روش‌های مدیریت

امروزه آب به عنوان یکی از عوامل اساسی و لازم در بخش صنعت، کشاورزی و شهری مطرح است. کمبود و توزیع نامتناسب زمانی و مکانی منابع آب باعث بروز اختلافاتی بین مصرف‌کنندگان این ماده حیاتی شده است. از سویی دیگر افزایش تقاضای آب، تخلیه منابع آبی و آلودگی مفرط منابع آب، باعث تشدید این اختلافات در زمینه‌های مختلف، از جمله اجتماعی و سیاسی شده است. با توجه به این وضعیت، رفع اختلاف بین مصرف‌کنندگان آب تبدیل به یکی از ضروری‌های برنامه‌ریزی منابع آب شده است. از همین رو تعیین روشی برای حل اختلافات به وجود آمده بر سر منابع آب اهمیت می‌یابد. یکی از روش‌های حل چنین اختلاف‌هایی تئوری بازی‌هاست که می‌تواند در مدل‌سازی این مسائل به کار رود. تئوری بازی‌ها به دلیل ماهیت آن قابلیت در نظر گرفتن رفتار استراتژیک بازیکنان را داراست و می‌تواند همکاری یا عدم همکاری آنها را در درون مدل لحاظ کند.

جدول۵ : شروط لازم برای رسیدن به ائتلافی پایدار در تئوری بازی‌های همکارانه

جنبه	اصل	خروجی مورد انتظار
اجتماعی	تأمین عدالت	تأمین نیازهای اساسی برای جامعه هدف - تأمین آب آشامیدنی مورد نیاز برای جامعه - تأمین آب برای مصارف بهداشتی - امنیت شغلی و اجتماعی-
اقتصادی	بهینه بودن برنامه	استفاده حداکثری از آب به عنوان یک کالای با ارزش - وجود انگیزه اقتصادی برای همه شرکت‌کنندگان در ائتلاف – بهینه‌شدن سود کلی ائتلاف
محیط زیستی	پایداری	حفظ محیط زیست برای جامعه هدف - حفظ و پایداری کمیت و کیفیت منابع آبی برای تأمین اهداف و نیازهای محیط زیستی و زیستگاهها - حفظ چرخه طبیعی آب در محیط تا حد امکان

جدول۶ : خلاصه راهکارهای فرهنگی و اجتماعی

راهکار کلی	برنامه‌ها	سازمان‌های درگیر	الزامات	طرح پیشنهادی	طرح‌های اجرا شده
اصلاح الگوی مصرف	بررسی ردپای آب	واحد حفاظت آب آبفا، سازمان صنایع و معادن، استانداری، صدا و سیما	وضع قوانین لازم تبلیغات و اطلاع رسانی	الزام به نصب برچسب میزان آب مصرف شده روی محصولات نصب بیلبوردهای آگاهی دهنده	-
فرهنگ‌سازی مصرف بهینه	اصلاح مصرف آب در بخش خانگی	واحد حفاظت آب آبفا، صدا و سیما	تبلیغات و اطلاع رسانی	برنامه‌های اطلاع رسانی	-
آموزش و اطلاع‌رسانی همگانی	اطلاع‌رسانی در خصوص وضعیت منابع و مصوبه‌های جدید	واحد حفاظت آب آبفا	آموزش و اطلاع‌رسانی	بیلبوردهای آگاهی‌دهنده در مناطق، توزیع بروشور همراه با قبوض و ...	-
کنترل جمعیت	کنترل مهاجرت به شهر مشهد	وزارت کشور، استانداری، شهرداری	بررسی و حذف دلایل مهاجرت	ایجاد اشتغال در شهرستان‌ها و بخش روستایی استان	-
دخالت دادن مردم در تصمیم‌گیری‌ها	ایجاد سایت و برگزاری نظرسنجی در خصوص قوانین جدید آب	واحد حفاظت آب آبفا	وضع قوانین بالادستی	نظرسنجی قبل از وضع قوانین جدید	-
اتحادیه‌های مردم نهاد	NGO ها، اصناف	واحد حفاظت آب آبفا	امضای تفاهم‌نامه همکاری تعیین شرح خدمات و دامنه فعالیت طرفین	استفاده از ظرفیت این اتحادیه‌ها جهت فرهنگ-سازی	ناجیان آب
تیزرها و تابلوهای تبلیغاتی	نصب تیزرها و تابلوهای تبلیغاتی	آبفا، شهرداری	شناسایی مکان‌های پرتردد، تدوین محتوا		-

بنابراین راهکارهای عنوان شده در بخش کشاورزی می‌تواند به ذخیره مقدار بسیار زیادی از منابع آب شهر مشهد بیانجامد. اما در این میان مصرف شرب و شهری نیز از سهم قابل توجهی برخوردار است و مصرف بهینه در این بخش می‌تواند در صرفه‌جویی میلیون ها مترمکعب آب تصفیه شده موثر باشد. ضمن اینکه راهکارهای عنوان شده در این گزارش عمدتاً بر کاهش مصرف آب در بخش شهری تأکید داشته‌اند. اگر میزان هدررفت کلی در اثر خطوط فرسوده و نشت‌های احتمالی ۲۰ تا ۳۰ درصد در نظر گرفته شود، با اصلاح این هدر رفت‌ها می‌توان از هدر رفتن حدود ۳۵ تا ۵۲ میلیون مترمکعب آب تصفیه شده در سال جلوگیری نمود، هرچند این راهکار مستلزم برنامه‌ریزی گسترده، صرف هزینه‌های گزاف و نیز فرایندی زمان بر است. با توجه به وجود تصفیه خانه‌های فاضلاب در شهر مشهد و ظرفیت بالای این شهر به منظور استفاده از پساب تصفیه شده در بخش‌های مختلف، در صورتیکه بتوان در ۱۰ الی ۲۰ درصد از مصارف شهری، پساب تصفیه شده را جایگزین آب تصفیه شده

نمود، در نهایت می‌توان حدود ۱۷/۵ تا ۳۵ میلیون مترمکعب در سال آب شرب را ذخیره نمود. بخش خانگی با حدود ۸۱ درصد بزرگترین مصرف کننده آب تصفیه شده است.

جدول۷ :خلاصه راهکارهای قانونی

راهکار کلی	برنامه‌ها	سازمان‌های درگیر	الزامات	طرح پیشنهادی	طرح های اجرا شده
تشکیل پلیس آب	نیروی پلیس آب تحت نظارت آبفا	استانداری، آبفا، آب منطقه‌ای، نیروی انتظامی	آموزش نیروها و تفویض اختیارات خاص، قوانین بالادستی	انجام بازرسی‌ها و گشت زنی و شناسایی تخلف‌ها	-
تشکیل نیروی همیار آب	همیاران آب تحت نظارت آبفا	آبفا، آب منطقه‌ای، آموزش و پرورش	آموزش نیروها، فرهنگ‌سازی، ایجاد زیرساخت‌ها	استفاده از نیروهای قرائت کنتور و پخش قبوض	-
افزایش قیمت آب	برای مشترکین پرمصرف	آبفا	شناسایی مشترکین پرمصرف	افزایش ستون تنبیه/تشویق روی قبوض	-
تشکیل بازار آب و پساب	قیمت‌گذاری منابع آب بر اساس کیفیت	آبفا، آب منطقه‌ای، استانداری، شهرداری، جهاد کشاورزی	ایجاد زیرساختها، فرهنگ‌سازی، قیمت‌گذاری منابع آب	قیمت‌گذاری منابع آب بر اساس کیفیت	-
کنترل میزان مصرف در ادارات دولتی	نصب تجهیزات کاهنده	کلیه ادارات دولتی و شرکت‌های خصوصی	امضای تفاهم‌نامه با ارگان‌های دولتی	اعزام کارشناس به منظور تشخیص راه‌های کاهش مصرف آب	-

راهکارهای عنوان شده نظیر راهکارهای آموزشی، فرهنگ‌سازی، به منظور کاهش مصرف آب در بخش خانگی راهکارهایی کوتاه مدت و نسبتاً کم هزینه‌تری هستند اگر این راهکارها بطور متوسط منجر به کاهش مصرف در بخش خانگی به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد شود، در نهایت ۲۱ تا ۲۸ میلیون در سال صرفه‌جویی در مصرف آب شهری خواهیم داشت. در حال حاضر تنها ۲۰ درصد از آب موردنیاز در فضای سبز از منابع آب شرب تأمین می شود که این میزان حدود چهار میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بنابراین با جایگزین نمودن این میزان با آب غیرشرب می‌تواند سالیانه چهار میلیون مترمکعب آب شرب ذخیره نمود. در این گزارش راهکارهایی به منظور کاهش مصرف در بخش صنعتی و تجاری عنوان شد. در صورتی که این راهکارها موثر واقع شده و حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش مصرف آب در این دو بخش را به دنبال داشته باشند، در نهایت منجر به صرفه‌جویی میزان ۱/۵ تا ۳ میلیون مترمکعب آب در سال خواهند شد (جدول ۱۱).

جدول ۸: میزان صرفه‌جویی راهکارهای مختلف

راهکار	میزان صرفه‌جویی در سال (درصد)	میزان صرفه‌جویی در سال (میلیون مترمکعب)
اصلاح خطوط آبرسانی	۲۰-۳۰	۳۵-۵۲
استفاده از آب‌های نامتعارف	۱۰-۲۰	۱۷/۵-۳۵
مصرف بهینه در بخش خانگی	۱۵-۲۰	۲۱-۲۸
جداسازی آب فضای سبز از شرب	۲/۴	۴
کاهش مصرف در بخش صنعتی و تجاری	۱۰-۲۰	۱/۵-۳

نتیجه‌گیری

با توجه به شـرایط حاکم در مشـهد و در اغلب مناطق ایران و کاهش بارش‌ها و وقوع خشـکسـالی‌های متعدد و به تبع آن کمبود آب باعث شده است که برای تأمین آب شرب اقدامات گسترده‌ای که طبعاً دارای هزینه‌های بالایی است صورت گیرد. از جمله این اقدامات می‌توان به انتقال آب بین حوضـه‌ای، حفر چاه‌های متعدد، احداث سـدهای بزرگ و کوچک و ... اشـاره نمود. چنانچه بتوان با انجام مدیریت‌هایی در مصرف آب صـرفه‌جویی کرد و به عبارت دیگر بهره‌وری آب را افزایش داد می‌توان انتظار کاهش هزینه‌های مربوط به تامین آب را داشـت. با توجه به مطالب عنوان شـده در بخش‌های مختلف گزارش، بطور میانگین در محدوده دشـت مشـهد سـالیانه حدود ۵۷۳ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی در بخش کشـاورزی مصـرف شـده، ۴۱ میلیون مترمکعب در بخش صنعتی به مصرف می‌رسد و ۲۵۸ میلیون مترمکعب به مصارف شرب و شهری می‌رسد. لذا چنانچه بتوان با انجام مدیریت‌های لازم میزان کاهش مصرف آب را در هر بخش برابر ۱۵ درصـد لحاظ کرد، در بخش‌های کشـاورزی، صـنعت و شـرب به ترتیب به مقدار حدود ۸۶، ۶ و ۳۹ میلیون مترمکعب آب از منابع آب زیرزمینی صـرفه‌جویی خواهد شـد. مجدداً تأکید می‌شود اصول، شاخص‌ها و الگوهای توسعه پایدار باید راهنما و مبنای اتخاذ استراتژی و سیاست‌های این برنامه باشد. در بررسی راهکارهای موفق سـازگاری با خشـکسـالی در دیگر کشـورها، این نکته به چشـم می‌خورد که علاوه بر راهکارهای فنی، همواره آموزش کودکان و بانوان به عنوان عاملی مؤثر در برنامه‌های و مدیریت ریسک خشکسالی در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به اینکه حجم زیادی از منابع آبی مربوط به هدررفت در زیرسـاخت‌ها و خطوط می‌باشـد، انتخاب راهکارهای نهادی و زیرساختی و فنی به عنوان اولویت دوم و سوم منطقی به نظر می‌رسد. ضمن اینکه در زمینه مسائل اجتماعی و فرهنگی تاکنون اقدامات زیادی انجام شده است. در انتها باید اشاره نمود که با توجه به اینکه کارشناسان راهکارهای قانونی را در جایگاه انتهایی انتخاب خود قرار داده‌اند، می‌توان اینگونه برداشت کرد که بهتر است اجرای راهکارهای مدیریت ریسک خشکسالی بر عهده خود مردم و بدون دخالت مستقیم دولت باشد.

منابع

عرب، د. و مهدی‌خانی، ح. (۱۳۸۴). گذار از مدیریت بحران به‌سوی مدیریت ریسک: استراتژی‌های مدیریت خشک‌سالی. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه. ۱۰-۹ بهمن، تهران.

علیزاده، ا. (۱۳۸۰). خشک‌سالی و ضرورت افزایش بهره‌وری آب. فصلنامه خشکی و خشک‌سالی کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. شماره۲: ص ۸-۳.

مرید، س. و مقدسی، م. (۱۳۸۴). حرکت از مدیریت بحران به مدیریت ریسک خشک‌سالی در آمریکا و افق‌های کاری ما. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران آب در حوادث غیرمترقبه. ۱۰-۹ بهمن، تهران.

میرابوالقاسمی، ه. و مرید، س. (۱۳۸۰). طرح جامع خشک‌سالی، حلقه گمشده در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب ایران. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملّی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ۱۸ و ۱۹ اسفند، دانشگاه زابل. جلد اول: ۴۵۴-۴۴۳.

یزدانی، و.، داوری، ک.، قهرمان، ب. و زارع ابیانه، ح. (۱۳۹۲). اعتبارسنجی چهار نمایه خشک‌سالی هواشناسی بر اساس حلقه‌های رشد درختان غیر مثمر (مطالعه موردی مشهد). مجله مهندسی منابع آب، دوره۶، شماره ۲۴، ص ۳۸-۲۳.

یزدانی، و.، غیبی، ف.، لاری، ا. و فاطمی، م. (۱۳۹۷). ارائه طرح جامع بهینه و اقتصادی در خصوص سازگاری با خشک‌سالی (بر اساس تجارب جهانی و پتانسیل منطقه‌ای). طرح پژوهشی، شرکت آب و فاضلاب شهر مشهد.

یزدانی، و.، زارع‌ابیانه، ح. و شادمانی، م. (۱۳۹۰). تحلیل فراوانی و پهنه‌بندی خشک‌سالی‌های ایران با کاربرد نمایه شاخص استاندارد شده بارش، فصلنامه مهندسی آب، دوره۴، شماره ۸، ص ۴۷-۳۵.

Gautam, M. (2006). Managing drought in Sub-Saharan Africa: Policy perspectives. IAAE Conference, Gold Coast, Queensland, Australia, 12-18 August.

INC Report. (2000). Corporate Image Dimensions. Philippines.

Sivakumar, M. V. K., Wilhite, D. A., Pulwarty, R. S. and Stefanski, R. (2014). The high-level meeting on national drought policy. Bulletin of the American Meteorological Society, 95(4), pp: ES85-ES88.

Wang, H., Ching, L. and Kwangsun, Y. (1981). Methods for multiple attribute decision making. Multiple attribute decision making. Springer, Berlin, Heidelberg, 58-191.

Providing practical solutions to reduce water consumption in Mashhad

Vahid Yazdani *[1], Elham Lari[2], Hadi Najafzadeh[3], Samaneh Tavakoli Aminian[4], Sepideh Yeke Bash[5]

1) Doctor of Water Science and Engineering, CEO of Mirab Shams Hydropy Consulting Company

2) Master of Environmental Civil Engineering, Director of Mirab Shams Hydropay Consulting Technical Office

3) Master of Civil Engineering, Expert of Civil Engineering Department of Mashhad Water and Sewerage Company

4) PhD student in Urban Planning, Head of Research Department of Mashhad Water and Sewerage Company

5) Bachelor of Architecture, Expert of Research and Development Unit of Mirab Shams Hydropy Consultant

Correspondence author: v.yazdany@yahoo.com

Received Data: 2020. 11. 06 **Accepted Data: 2021. 09.14**

Abstract

Population growth and redistribution and changing production and consumption patterns are two factors that define the vulnerability of an area, economic sector or population group to water resources. The present study offers suggestions for reducing water consumption according to Mashhad conditions and its effectiveness is presented. Also the necessary conditions for achieving a lasting coalition are provided based on game theory. Results show it is possible to prevent the loss of about 35 to 52 million cubic meters per year by repairing worn-out water supply lines. However, this solution requires extensive planning, costly and time consuming process. If it is possible to replace treated water with treated wastewater in 10 to 20% of urban consumption, it is finally possible to store about 17.5 to 35 million cubic meters of drinking water per year. The mentioned solutions such as educational and cultural solutions to reduce water consumption in the home sector are short-term and relatively less costly solutions if these solutions lead to a reduction in consumption on average. In the household sector, by 15 to 20 percent, we will eventually save 21 to 28 MCM per year in municipal water consumption. Currently, only 20% of the water needed in green space is supplied from drinking water sources, which is about four million cubic meters per year. Therefore, by replacing this amount with non-drinking water, it can store 4 million cubic meters of drinking water annually. If solutions are found to reduce consumption in the industrial and commercial sectors and lead to a 10 to 20 percent reduction in water consumption in these two sectors, it will ultimately lead to savings of 1.5 to 3 MCM Water will be in the year.

Keywords: Consumption reduction, water resources management, Mashhad, urban water consumption