



## جایگاه فناوری در تأمین ایمن آب برای آیندگان

به باور بسیاری، آب از اصلی‌ترین چالش‌های امروزی ایران بوده و شاید اصلی‌ترین عامل محدودکننده توسعه همه جانبه کشور است. مسئله کم‌آبی، تمام گستره ایران را متأثر کرده و به دغدغه بزرگی برای مردم، مسئولین و سازمان‌های مردم‌نهاد بدل شده است. رشد بی‌رویه و رقابتی مصرف آب با رشد ۶ برابر در جهان به رغم افزایش ۳ برابری جمعیت و رشد ۱۴ برابری تولید ناخالص داخلی کشورها طی یک قرن گذشته، در کنار گرمایش جهانی و آشوب‌های اقلیمی، وضعیت نگران‌کننده‌ای را برای سال‌های پیش‌رو، به خصوص برای کشوری همچون ایران با قرار گرفتن در کانون بحران آب (منطقه ژئوپلیتیک خاورمیانه)، ترسیم می‌نماید.

بدون تردید، مدیریت و حکمرانی غیرموثر، چالش بزرگ در حوزه آب در کشور است که ضرورت دارد سیاستگذاری مدون، راهبرد مشخص و بر پایه دانش امروزی به جای تکیه بر بحران‌سازی و شعارزدگی اتخاذ گردد. حکمرانی آب شامل مجموعه‌ای از رویکردهای مدیریتی است که با هدف حفاظت و بهبود کارایی منابع آب، در طیف وسیعی از سامانه‌های سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و اداری، قابل تعریف است. در عمل، وجوه حکمرانی موثر آب از منظر زیست‌محیطی (با حفظ ارزش‌های زیستی)، سیاسی (با شفافیت)، اجتماعی (با عدالت) و اقتصادی (کارایی) مشخص و متمایز گردیده و در نهایت موجب پایداری منابع آب می‌گردد.

برای گذار از مشکل آب، نگاه مسئله‌محور راه‌گشاست. لازم است مفهوم آب‌پایگی و آب‌محوری به وجه غالب طراحی و توسعه همه جانبه کشور تبدیل گردد. در این راستا اصلاح ساختار اقتصادی آب یک اصل پایه در گذار از شرایط منفعت همگانی - که به مفهوم تشویق برای مصرف بیشتر است - به منفعت خصوصی شده که متضمن رویکرد سود تضمینی برای بخش خصوصی و اولویت‌دینفعان خواهد شد.

مدیریت و مهار مصرف بی‌رویه آب، یک رویکرد سازنده در مدیریت کلان منابع است؛ اصرار بر تولید مواد غذایی و افزایش آمار تولید محصولات کشاورزی، بدون توجه به ظرفیت‌های

اکولوژیک و شعارمحوری در زمینه خودکفایی تمامی محصولات، رویه دهه‌های گذشته بوده است. این درحالی است که در ایران کشاورزی با مصرف نزدیک ۹۰ درصد منابع آب و دارابودن صدها دانشگاه و مراکز تحقیقاتی، امنیت غذایی پایدار را باعث نشده و کشور همواره وابسته به واردات مواد و محصولات غذایی و نهاده‌ها بوده است. دلیل این امر کشاورزی کم‌اثر، بهره‌وری پایین آب، نظام خرده مالکی و سنتی، توسعه بی‌رویه کشت آبی، غیر علمی بودن سیاست‌ها و برنامه‌های ایشان بوده است. استفاده از توسعه دانش به‌زراعی و به‌نژادی، مهمتر از همه فناوری‌های نوین در کشاورزی از جمله کشت‌های مترکم و مزارع هوشمند، می‌تواند بسترساز کشاورزی کارآمدتر گردد. از طرفی شناسایی و ترویج گونه‌های سازگار با تنش‌های محیطی از قبیل شوری و خشکی، بر اساس اصل تطابق اقلیمی، موجب کاهش مصرف آب و افزایش کارایی بخش کشاورزی خواهد شد. علاوه بر آن اتخاذ سازوکارهای نوین در تجارت و بازاریابی محصولات و کاهش ضایعات غذایی با بکارگیری فناوری در بسته‌بندی و توزیع محصولات غذایی، وضع تعرفه بیشتر در صادرات محصولات غذایی با تکیه بر آب نهفته در تولید محصول و کاهش عوارض و تعرفه واردات کالاهای آب‌بر، توصیه می‌شود.

دولت محوری و دولت‌سالاری در مدیریت آب، مسئله مشهود دیگر کشورمان است. سالهاست که بسیاری از تصمیمات و سیاست‌ها، جامعه‌محور و مردم‌پایه نیستند. پیوسته‌های فرهنگی و اجتماعی در برنامه‌های توسعه، اقدامی ظاهری به شمار می‌رود. باید پذیرفت که در مدیریت جامع‌نگر آب در دهه گذشته، ابعاد فرهنگی و اجتماعی زیر سایه الزامات فنی و اقتصادی قرار گرفته است.

پایه‌سازی آمایش سرزمینی، متضمن توسعه منطقه‌ای، متوازن و پایدار است. از اصول اولیه طرح‌ریزی و برنامه‌سازی آمایش سرزمینی، توجه به امکانات محیطی، ظرفیت‌های اکولوژیک و محدودیت‌های منابع طبیعی از جمله آب می‌باشد. گذار به توسعه پایدار بدون داشتن طرح آمایش سرزمینی در مقیاس ملی، منطقه‌ای و محلی که بر مبنای ظرفیت‌های محیطی، انسانی و راهبردی تنظیم شده باشد، امکان‌پذیر نیست.

مدل‌سازی پویای سامانه‌های آبی بر مبنای استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات مکانی، جمع‌آوری داده و پایش برخط منابع و مصارف، همراه با برپایی سامانه‌های پشتیبانی تصمیم، برآوردهای واقع‌بینانه از تخصیص بخش‌های مختلف مصرف و حسابداری هوشمندانه آب را موجب شده و پایداری سامانه‌های آبی را به دنبال خواهد داشت.

استفاده از آب‌های نامتعرف، شور و لب‌شور در دو نوار ساحلی شمال و جنوب کشور، حتی آب‌های شور سطحی و زیرزمینی در نواحی مرکزی کشور، با استخدام فناوری‌های امروزی حرارتی و غشایی و بارعبایت الزامات زیست‌محیطی مدیریت شورا، اقدامی اصولی در تأمین و توسعه منابع آب به شمار می‌رود.

از دیگر واقعیات دنیای امروز توسعه روزافزون شهرنشینی است، باید در نظر داشت که بیش از نیمی از جمعیت جهان در نواحی شهری اسکان دارند. در کشور ما نیز از اواسط دهه ۶۰، جمعیت شهری از جمعیت روستایی پیشی گرفت. هرچند توسعه شهرنشینی جذابیت‌های فراوانی را برای ساکنین آن فراهم می‌کند، لیکن تبعات عدیده‌ای را نیز به دنبال دارد که از آن جمله صدمات زیست‌محیطی است. بنابراین مدیریت شهرها به شیوه پایدار را به عنوان یک ضرورت مطرح می‌کند. از رویکردهای امروزی در مدیریت آب مناطق شهری، اطمینان از عدم بروز مشکل در شهرها و حومه‌ی آن به هنگام وقوع رخداد حدی، از جمله سیل و دوره‌های طولانی خشکسالی است.

تجربه کشورهای توسعه یافته، بکارگیری فناوری‌های نوین و تعاملات متقابل زیرساخت‌های آب شهری در برنامه‌ریزی فضایی و بهینه‌سازی عملکرد زیست‌بوم‌ها است. این امر با اقداماتی همچون جمع‌آوری آب باران و بازچرخانی آب به کمک فناوری‌های نوین ساختمان و ایجاد تصفیه‌خانه‌های مدرن فاضلاب شهری و صنعتی، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

نمونه‌های کاربردی و مطالعات موردی در این خصوص که می‌تواند به‌عنوان الگو مطرح بوده و حاکی از توجه به فناوری در مدیریت

آب باشد، شامل مجموعه اقدامات انجام شده در کشورهای نظیر کره جنوبی، استرالیا، انگلستان، ایالات متحده و ... است. در سئول کره جنوبی، به منظور حفظ آب و کاهش تقاضا، کاهش خطر سیل و کاهش مصرف انرژی، سامانه‌های غیرمتمرکز مدیریت آب باران توسعه یافته و به عنوان یک راه حل کوتاه‌مدت و درازمدت برای سازگاری با تغییرات اقلیمی عمل نموده و مکمل زیرساخت‌های موجود آب شهری هستند. طرح توسعه مسکن شهری بر مبنای اصول "طراحی شهری حساس به آب" در ملبورن استرالیا، نمونه‌ای از راهبرد توسعه فناوری محیط‌زیست دوست در آن منطقه می‌باشد. برنامه سالانه "شهر سبز، آب‌های پاک"، برنامه‌ای ۲۵ ساله را در راستای حفاظت و ارتقای کیفی آب‌خیزها، با بهره‌گیری از زیرساخت‌ها برای مدیریت آب رگبارها، در شهر فیلادلفیای آمریکا هدف گذاری نموده است. بازچرخانی آب در بریزن استرالیا، نمایشی از یک رویکرد به هم پیوسته است که شامل برداشت آب باران، بازچرخانی آب‌های خاکستری و مدیریت تقاضای آب می‌شود. توسعه زیست‌محیطی انرژی صفر، شامل توسعه مسکن سازگار با محیط‌زیست در والینگتون انگلستان، در نزدیکی لندن و در شهر ساتون بوده و توسط معمار مشهور بیل دانستر طراحی گردیده و به دنبال روش پایدارتر برای توسعه مسکن شهری می‌باشد. موارد فوق نمونه‌هایی از کاربرد زیست فناوری در مدیریت آب شهری است.

در انتها یادآور می‌شود، توسعه فناوری، مستلزم تولید دانش با حمایت از شرکت‌های دانش‌پایه و نوپا، ایجاد دره‌های ابتکار و استفاده از تجارب متراکم و البته مقدم بر همه آنها، بسط و ترویج فرهنگ توسعه در کشور خواهد بود.

۴۰ درصد جمعیت جهان با کمبود شدید آب مواجه باشند. به روایت آمار، خشک شدن سالانه ۱۳ هزار هکتار باغ پسته در کرمان، خالی شدن روستاها و مهاجرت به شهرها، گسترش پدیده حاشیه‌نشینی در شهرها و افزایش آمار آسیب‌های اجتماعی، زوال اکوسیستم‌های آبی از جمله کم‌شدن آب دریاچه‌ها، تالاب‌ها، کاهش آبدی رودخانه و پایین رفتن سطح آب زیرزمینی، خشک شدن قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌های آب، تنزل کیفیت آب، نشست زمین، شوری اراضی و بیابان‌زایی و توسعه بیابان‌ها بخشی کوچکی از پیامدهای بحران آب در ایران - با ۸۵ درصد اقلیم خشک و فراخشک - می‌باشد.

نگاهی به شاخص سرانه منابع آب تجدیدپذیر نیز، نشان‌دهنده کاهش منظم آن است. به طوری که مقدار آن از ۵۵۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۴۴ به ۲۱۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۷۶ و به ۱۸۶۰ متر مکعب در سال ۱۳۸۵ کاهش یافته و در سال ۱۴۰۴

## یادداشت کوتاه

### آب و فناوری



محمد سهرابی/سرپرست شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی

برخوردراری از آب آشامیدنی سالم و اصول اولیه بهداشتی جزو حقوق اولیه انسانهاست. با این وجود تقریباً ۷۸۰ میلیون نفر از جمعیت جهان به آب آشامیدنی سالم دسترسی نداشته و ۲/۶ میلیارد نفر هم بدون امکانات بهداشتی زندگی می‌کنند.

با وجود این کمبودها، درحال حاضر حوزه‌های کشاورزی و تولید، بیش از چهار پنجم این ثروت با ارزش را مصرف می‌کنند و تقاضا برای این کالا همچنان روبه افزایش است که با ادامه روند کنونی پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۵۰ میلادی، حدود

به کمتر از ۱۳۰۰ متر مکعب خواهد رسید. بنابراین می‌توان گفت کشور در دهه اخیر وارد مرحله تنش آبی شده و در صورت ادامه روند فعلی افزایش جمعیت و مدیریت تقاضا و عدم رعایت الگوی مصرف آب، با مرحله بحران نیز مواجه خواهد شد (اگرچه بعضی از نقاط کشور از مرحله تنش عبور کرده و در حال حاضر در مرحله بحران می‌باشند).

رفع چالش‌های یاد شده مستلزم بهره‌گیری هر چه گسترده‌تر، بهتر و کارآمدتر فناوری‌های نوین و روزآمد در حوزه آب می‌باشد. فناوری‌هایی از جمله پایش از راه دور منابع آب، مدل‌سازی منابع سطحی و زیرزمینی آب، مدل‌سازی و طراحی شبکه‌های آب، حسگرهای سنجش کیفیت آب، حسگرهای کشف نشت آب، مراکز کنترل و دیسپاچینگ آب، مدیریت انرژی در فعالیت‌های آب و فاضلاب، مدیریت تقاضا و مصرف آب، کنتورهای چندتعرفه‌ای آب و ... که در حوزه آب در حال حاضر در حال اجرا می‌باشد.

در راستای کم اثر نمودن نتایج حاصل از بحران اخیر، نیاز به هدف‌گذاری دقیق با نگاه کوتاه‌مدت، میان‌مدت و طولانی‌مدت در زمینه فناوری آب می‌باشد که به بخشی از آن در ذیل اشاره شده است:

- یافتن حلقه‌های مفقوده بین نهادهای علمی- فناوری، اقتصادی و فرهنگی فعال کشور و ایجاد هماهنگی و هم‌افزایی در زمینه‌های حفظ منابع آب، مقابله با خشکسالی و حفظ محیط‌زیست
- افزایش سهم تولید محصولات دانش‌بنیان و خدمات مبتنی بر دانش و فناوری داخلی با کاربردی نمودن و تجاری‌سازی نتایج حاصل از پژوهش‌ها
- استقرار الگوی بومی از همکاری وسیع ملی با مشارکت دولت، بنگاه‌های خصوصی، نهادهای علمی- تحقیقاتی و بهره‌مندی از ابزارهای توسعه فناوری
- تهیه و تدوین نقشه راه و سند راهبردی توسعه فناوری آب و محیط زیست
- بکارگیری منابع و ظرفیت‌های تخصصی انسانی (دانشجویان، نخبگان، انجمن‌های علمی و ...) و سایر امکانات موجود در کشور در بخش‌های دولتی و غیردولتی، به منظور ایجاد همکاری وسیع ملی
- ارتقای سطح علمی و فناوری مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی
- برنامه‌ریزی استفاده از ظرفیت‌های آموزشی و پژوهشی

دانشگاه‌ها به منظور ارائه خدمات فنی و مهندسی به مبتکران، مخترعان و پروژه‌های دانشجویان تحصیلات تکمیلی برای ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی و ارزیابی فناوری‌های توسعه یافته در زمینه آب

• برگزاری سمینارها، همایش‌های علمی، کارگاه‌های آموزشی- تخصصی و نشست‌های علمی و مسابقات دانشجویی در زمینه علوم و فناوری‌های آب

• حمایت، هدایت و برنامه‌ریزی لازم برای تعریف موضوعات پژوهشی منطبق با محورهای مورد نیاز صنعت و به‌کارگیری دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری در رشته‌های مختلف و انجام پژوهش‌های بین رشته‌ای در زمینه فناوری آب

• حمایت از نشر و ترویج دستاوردهای فناورانه آب از طریق انتشار کتب تخصصی، نشریات تخصصی، گزارش‌های فنی و برگزاری نمایشگاه‌های فناوری آب

در این میان موضوعات زیر در زمینه فناوری‌های مرتبط با آب دارای اولویت می‌باشد که در حوزه‌های مختلف آب می‌بایست پی‌گیری گردد:

۱. فناوری‌های شناسایی منابع جدید آب‌های غیر متعارف
۲. فناوری‌های مرتبط با استفاده از آب‌های شور و زه‌آب
۳. توسعه و بومی‌سازی روش‌های نوین کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری سیستم‌های انتقال و شبکه‌های توزیع آب
۵. فناوری‌های کاهش تبخیر بارش و کاهش تبخیر از سطوح آزاد آب
۶. فناوری کاهش آلودگی‌های زیست محیطی
۷. فناوری نرم‌افزاری در مدیریت خشکسالی و تغییر اقلیم
۸. فناوری‌های جدید در زمینه کنترل کیفیت آب
۹. طرح‌های الگویی تعادل‌بخشی منابع و مصارف آب زیرزمینی
۱۰. فناوری‌های مدیریت منابع آب
۱۱. فناوری‌های مرتبط با حذف آلاینده‌های آب

شکی نیست که راهکارهای علمی، می‌تواند انقلابی در تولید و توسعه فناوری‌های مورد بهره‌برداری برای بهینه‌سازی و صرفه‌جویی آب به وجود آورد، ولی تنها زمانی می‌توان از تمامی منابع موجود استفاده بهینه کرد که تمامی این راهکارها از جمله بکارگیری فناوری‌ها، صرفه‌جویی، قیمت‌گذاری آب، مکانیسم‌های تشویقی و فرهنگ‌سازی به صورت یک بسته کامل در راستای حل مسائل مختلف آب و مقابله با بحران کم‌آبی دیده شود.