

# چالش های مهندسی در قرن بیست و یکم\*

## فصل اول

### دسترسی به آب سالم

پرویز دوامی<sup>۱</sup> - مریم خدابخش پیرکلانی<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه صنعتی شریف

۲- کتابخانه و مرکز اطلاع رسانی جامعه ریخته گران ایران

هنگامی که ساموئل تیلور نوشت: "آب، آب، همه جا، اما نه حتی قطره ای برای نوشیدن"، موقعیت جهانی آب در قرن بیست و یکم را در ذهن نداشت. اما او به راستی از حقیقت بسیار دور نبود. در حال حاضر در بسیاری از نقاط جهان دسترسی به آب سالم و کاربردهای آن یک مساله بحرانی است. [1]

آب مایه حیات و تداوم زندگی موجودات زنده وابسته به آن است. همچنین آب عامل اساسی در پیدایش اجتماعات و تمدن های بشری است. امروزه حجم کل آب کره زمین که منبع زندگی تمام موجودات به شمار می رود از زمان تشکیل تا کنون، تقریباً ثابت و غیر قابل تغییر مانده است. این منابع آب حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش به وجود آمده است. مقدار کل آب موجود در کره زمین ۱۶۵۰ میلیون کیلومتر مکعب است که تقریباً ۹۷ درصد آن برای مصارف انسانی غیر قابل استفاده اند و تنها سه درصد منابع آب شیرین وجود دارد که در مجموع ۷۸ درصد از منابع آب شیرین هم به طور مستقیم در دسترس نیستند به این دلیل که یا در یخچال ها و سفره های آب زیرزمینی قرار دارند یا اینکه آلوده شده اند. به عبارت دیگر ۲/۳ درصد آب های شیرین در توده های یخ و کلاهک های یخی قطب و سفره های زیر زمینی محصور شده اند. در یک قرن

---

\* گزارش پژوهشی، مرکز پژوهش متالورژی رازی، فروردین ۸۹

گذشته با افزایش جمعیت و بالا رفتن استاندارد زندگی، رشد اقتصادی و پیشرفت های صنعتی و توسعه کشاورزی، مصرف آب افزایش یافته و این امر منجر به کاهش سرانه آب شده است.

در طول قرن گذشته بهره برداری از منابع آب جهان هفت برابر و مصارف صنعتی سی برابر شده است و تقاضا بر آب هر سال ۲/۳ درصد افزایش می یابد. [2]

### چالش دسترسی به آب سالم تا چه حد حساس است ؟

نبود آب سالم بیش از کشته شدگان جنگ جهانی عامل مرگ و میر در جهان است. یک نفر از هر شش نفری که در جهان زندگی می کنند به آب سالم دسترسی ندارد و بیش از دو برابر این عدد را کسانی که منازل آنها فاقد سیستم تخلیه فاضلاب که خود نیز نیازمند آب است، تشکیل می دهند.

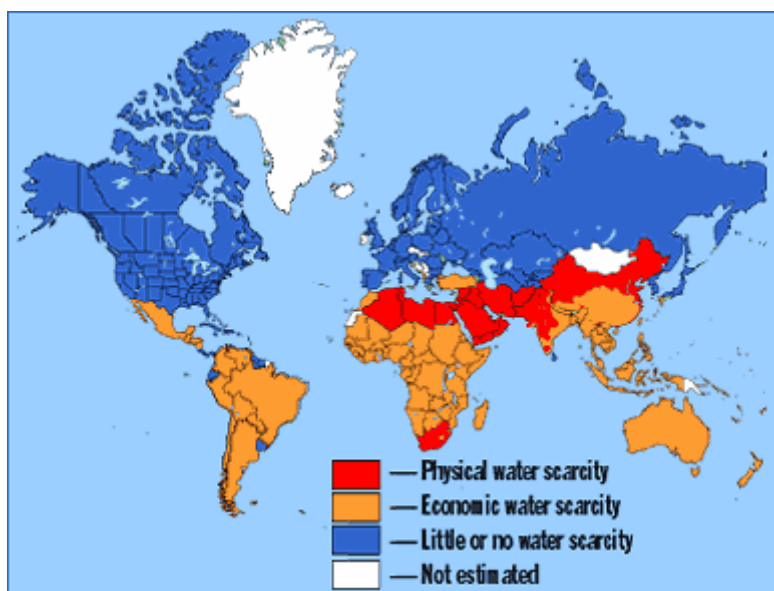
در برخی از کشورها نیمی از جمعیت به آب سالم دسترسی نداشته و لذا با بحرانهای سلامتی مواجه هستند. بر اساس یک تخمین هر روزه نزدیک به پنج هزار کودک در جهان در اثر اسهال و بیماری های مربوط به آن جان خود را از دست می دهند. [1]



هر سال کودکان ۴۴۳ میلیون روز از مدرسه را به علت بیماری های ناشی از آب ناسالم از دست می دهند. ۱/۸ میلیارد نفر که دسترسی به منبع آب تا شعاع یک کیلومتری محل سکونت خود و نه در خانه یا حیاط آن را دارند، روزانه حدود ۲۰ لیتر آب مصرف می کنند. میانگین مصرف آب در بریتانیا برای هر نفر ۱۵۰ لیتر است. بیشترین میانگین مصرف در جهان مربوط

به ایالات متحده است که روزانه هر نفر ۶۰۰ لیتر آب مصرف می کند. نزدیک به ۱۲٪ از جمعیت جهان حدود ۸۵٪ از آب آن را مصرف می کنند و این ۱۲٪ در کشورهای جهان سوم زندگی نمی کنند. [3]

این آمار می تواند از طریق استقرار سیستم های تخلیه فاضلاب شدیداً کاهش یابد. واقعیت آن است که مشکل کافی نبودن آب در جهان نیست. بلکه آب به اندازه کافی وجود دارد. مشکل آن است که همیشه آب در جایی که نیازمند آن هستیم وجود ندارد. برای مثال کانادا دارای آب فراوان و بیش از نیاز مردم خود می باشد. در حالیکه مردم خاورمیانه و شمال آفریقا و بسیاری از نقاط دیگر از کمبود همیشگی آب سالم در رنج هستند. حتی در کشورهای خاصی نظیر برزیل برخی از مکانها لبریز از آب تازه و سالم است در حالیکه بعضی جاها با مشکل خشکسالی روبرو هستند. در بسیاری از شرایط موانع سیاسی و اقتصادی مانع از انتقال آب از مکانهای پر آب به بخش هایی که نیازمند آن هستند، می شود. [1]



تقریباً یک سوم جمعیت جهان در مناطقی زندگی می کنند که یا آب در آنها به ندرت یافت می شود و یا از کم آبی رنج می برند. پیش بینی شده است که با رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی این عدد به نصف جمعیت جهان برسد. بر طبق آنچه Maude Barlow بیان می کند الزاماً جمعیت زیاد باعث کمبود آب نیست.

بر طبق گزارش توسعه انسانی سازمان ملل در سال ۲۰۰۶، عقیده توماس مالتوس که معتقد بود مشکل جهانی آب در اثر کمبود آب و رشد جمعیت است رد شده است. دسترسی به آب برای بعضی کشورها یک نگرانی است. اما کمیابی آب در قلب بحران جهانی آن ریشه در قدرت، فقر و نابرابری دارد و نه دسترسی فیزیکی.

در حقیقت بحران کنونی آب، عدم دسترسی فیزیکی نیست بلکه بحران مدیریت آب است. علت اصلی بحران آب، استفاده از آب به عنوان یک کالا است. در نتیجه بسیاری از فقرا استطاعت خرید این کالا را ندارند.

این روزها دسترسی به آب سالم بیشتر از آنکه یک معضل تکنیکی باشد، مشکل سیاسی است. مسائلی که در این رابطه بیان می شود فهرست وار به قرار زیر است :

۱- آب به عنوان حقوق بشر

۲- مدیریت آب نه کمبود آب به عنوان مشکل

۳- اخلاق جدید آب، آب یک مشکل مدیریتی و فرهنگی است بیشتر از آنکه مشکل منابع طبیعی باشد.

۴- دولت ها باید در پروژه های مردم شرکت کنند به جای آنکه مردم در پروژه های دولت همکاری کنند.

۵- فرهنگ آب و جنسیت. درگیری زنان در این مساله بیشتر است. معمولاً زنها نقش موثرتری در معضلات فرهنگی ایفا می کنند.

۶- خصوصی سازی آب : آب باید به عنوان یک منبع همگانی و میراث ملی باشد. هرچند ممکن است مردم هزینه

هایی برای ساخت زیر ساختارها و خدمات متحمل شوند. [3]

در برخی از کشورهای پیشرفته، آب دارای آلودگی هایی است که منشاء آن ورود مواد سمی از فاضلاب ها به منابع آب آشامیدنی است. اما ورود آرسنیک یا سایر مواد سمی به سفره های زیرزمینی آب ها نیز می تواند به آلودگی آب آشامیدنی منجر گردد. آب آشامیدنی و آب مربوط به مصارف خانگی تنها بخش کوچکی از نیاز بشر به آب را شامل می شود. آب مصرفی در خانواده کمتر از ۵٪ مجموع آب مورد نیاز جوامع را تشکیل می دهد. به علاوه بیشتر آبی که ما مصرف می کنیم در حوزه صنعت و کشاورزی است. البته برای فرایند های اکولوژیکی نیز آب لازم است که مستقیماً با نیازهای انسان ارتباط

ندارد. برای جهانی سالم و آینده ای پایدار، توسعه روشهای تامین آب سالم مهم ترین چالش مهندسی در قرن بیست و یکم را تشکیل می دهد.

در حقیقت بهترین منبع آب مورد نیاز بشر اقیانوس ها هستند اما این آب شور بوده و بدون شیرین کردن قابل استفاده نمی باشد. حدود ۳٪ آب موجود در کره زمین آشامیدنی است که بیشتر آن از طریق برف و یخ به وجود می آید.

آب های موجود در سفره های زیر زمینی در طی سالیان دراز در مواقعی که بارندگی کافی بوده است به وجود آمده اند. اما سرعت مصرف این منابع در حال حاضر بیش از قابلیت پر شدن آنها است. غلبه بر این بحرانها در حوزه های تامین آب آشامیدنی و سیستم های بهینه فاضلاب یکی از مهم ترین چالش های توسعه ای در قرن ۲۱ را تشکیل می دهد.[1]

### **آب آشامیدنی مورد نیاز ما از چه منابعی خواهد بود ؟**

مهندسان در طول تاریخ از حفر چاه ها گرفته تا ساختن سدها، همواره از پیشروان روش های تامین آب و افزایش کیفیت زندگی مورد نیاز جامعه به شمار رفته اند. روش های تامین نیازهای بشر که همواره در حال افزایش بوده و موارد مربوط به حفاظت محیط زیست و اکوسیستم را شامل می شود، روز به روز پیچیده تر می گردد. یک راه حل موثر در این رابطه که در چین، آمریکا و هند و بسیاری از کشورهای دیگر از آن استفاده می شود تغییر مسیر آب از مکانهای پر آب به منطقه های فقیر از این منبع حیاتی است. چنین روشی راه حل کوتاه مدت برای مساله تامین آب شهرها بوده اما از نظر عملی مسائل اکولوژیکی را در دراز مدت حل نمی کند. این روش عموماً نمی تواند آب مورد نیاز کشاورزی را تامین کند. به علاوه تغییر مسیر جریان آب از منطقه ای به منطقه دیگر اغلب به معنی سلب حقوق دیگران بوده و ممکن است به معضلات سیاسی منجر می گردد.[1]



## شیرین کردن آب چیست ؟

نمک زدایی آب دریا را اصطلاحاً شیرین سازی می گویند. این فرایند روش نونین نبوده بلکه در بسیاری از نقاط جهان چون خاورمیانه کاربرد داشته است. در عربستان سعودی به تنهایی ۰/۱ شیرین سازی آب در کل جهان انجام می گیرد. اسرائیل از این طریق یک چهارم آب مصرفی مورد نیاز خود را تامین می کند. در تاسیسات مدرن نمک زدایی، از فرایند اسمزی معکوس استفاده می شود که در آن از لایه های نازکی جهت جدایش نمک از آب استفاده می شود. در حال حاضر در جهان بیش از ۱۲ هزار سیستم نمک زدایی آب وجود دارد. به هر حال این سیستم ها گران بوده و برای استفاده نیاز به مصرف انرژی بالایی دارند. این سیستم ها بیشتر مناسب شهرهای کنار دریا و کشورهای ثروتمند بوده و به این دلیل کاربرد آنها در کشورهای فقیر که نیاز جدی به آب آشامیدنی سالم دارند با محدودیت های بسیاری همراه است. فناوری های جدید که بتواند انرژی مصرفی و قیمت را در حوزه نمک زدایی آب شور کاهش دهد شدیداً مورد بررسی و پژوهش قرار دارد. یک روش جدید مفید و موثر فرایند نانو اسمزی است. در این فرایند از تیوب های ظریف کربنی به عنوان فیلتر برای نمک زدایی آب شور استفاده می گردد. این تیوب های ظریف در حد نانومتر دارای قابلیت فیلترینگ فوق العاده بالا هستند. حتی با چنین پیشرفتی نمک زدایی به تنهایی نمی تواند مشکل آب آشامیدنی مورد نیاز بشر را حل کرده و لذا استقرار روشهای دیگر ضروری به نظر می رسد. [1]

سیستم نمک زدایی آب با استفاده از غشاهای مبتنی بر نانو تیوب های کربنی، می تواند هزینه های تصفیه آب اقیانوس را کاهش دهد. محققین معتقدند غشاهای جدیدی که توسط دانشمندان در آزمایشگاه ملی لارنس لیومور (LLNL) ساخته شده اند، می توانند هزینه های نمک زدایی را در مقایسه با روش های اسمز معکوس امروزی تا ۷۵ درصد کاهش دهند.

همچنین این غشاهای که مولکول ها را بر اساس اندازه و توسط نیروهای الکترواستاتیک جداسازی می نماید، می تواند گازهای مختلف را جدا کرده و راهکارهایی اقتصادی برای جمع آوری دی اکسید کربن متصاعد از نیروگاه ها ارائه دهد.

نانوتیوب های کربنی مورد استفاده محققین، ورقه های لوله شده محکمی از اتم های کربن هستند که تنها ۷ مولکول آب می تواند در قطر آن ها جای گیرد. کوچکی ابعاد آنها موجب تفکیک مولکول ها به نحو مطلوب می شود. علی رغم ابعاد کوچک، این نانوتیوب ها آب را به همان سرعتی که از منافذ بسیار بزرگ تر عبور می کند، جاری می سازند. در این روش، فشار مورد نیاز برای عبور آب، همچنین انرژی و هزینه ها در مقایسه با روش اسمز معکوس کاهش می یابد. [4]

### تاثیرات زیست محیطی:

یکی از ملاحظات مهم در مورد آب شیرین کن ها نحوه تامین آب شور ورودی واحد نمک زدایی به ویژه در مواردی که آب شیرین کن با یک نیروگاه ترکیب شده است، می باشد. علیرغم این که نحوه تامین آب شور ورودی تاثیر قابل ملاحظه ای بر زندگی موجودات دریایی دارد ولی در بسیاری از واحدهای نمک زدایی این موضوع مورد غفلت واقع شده است. تخمین زده می شود که نود درصد جانوران دریایی موجود در آب ورودی، اعم از پلانکتون ها، تخم و لارو ماهی ها، در حین فرایند شیرین سازی از بین می رود. برای حل این مشکل یک راه حل وجود دارد و آن هم تامین آب مورد نیاز از طریق چاه های ساحلی است که فاقد جانوران دریایی هستند ولی این راه حل با افزایش هزینه ناشی از پمپاژ آب از چاه همراه است. مسئله زیست محیطی دیگری که در مورد آب شیرین کن ها مطرح است مسئله نشر گازهای گلخانه ای است.

در همه واحدهای نمک زدایی صرف نظر از این که از چه فناوری برای شیرین سازی استفاده می شود، مسئله پساب شور خروجی مسئله دیگر زیست محیطی است. این ماده غلیظ بر اساس تقسیم بندی آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا به عنوان یک پساب صنعتی شناخته شده است. در نواحی ساحلی می توان بدون این که نگران تغییر در غلظت نمک

اقیانوس‌ها بود این پساب را به دریا باز گرداند. ولی در مورد روش اسمز معکوس به علت این که غلظت پساب دو برابر آب دریا است ممکن است باعث تغییر در غلظت نمک دریاها شود و به خصوص در مورد گونه‌هایی که در اعماق اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند این تغییرات باعث تهدید حیات آن‌ها شود. در حال حاضر مشکل اصلی در نواحی سرزمینی است که دفع پساب شور باعث وارد آمدن آسیب جدی به محیط زیست به ویژه سفره‌های آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می‌شود و از سوی دیگر دفع صحیح این پساب باعث افزایش هزینه‌های شیرین‌سازی می‌شود.

برای به حداقل رساندن آثار زیان‌بار زیست محیطی بازگرداندن پساب شور به دریاها آن را با جریان‌های دیگر آب، مثلاً پساب نیروگاه‌ها یا ...، رقیق می‌کنند. اگر نیروگاه متوسط یا بزرگ باشد و واحد نمک‌زدایی کوچک باشد، حجم آب واحد خنک‌کننده نیروگاه چند برابر پساب شور خواهد بود و به راحتی می‌توان آن را رقیق نمود. روش دیگر برای به حداقل رساندن آسیب‌های زیست محیطی پساب شور رها کردن آن در سطح وسیعی از دریا است به این ترتیب که پساب به چند بخش تقسیم شده و در قسمت‌های مختلف دریا رها می‌شوند. [5]

### چه تکنولوژی‌های دیگری را می‌توان برای تامین آب آشامیدنی به کار برد؟

تکنولوژی در حال توسعه است. به عنوان مثال می‌توان از بازیابی فاضلاب‌ها و پساب‌ها به گونه‌ای که آب به دست آمده را بتوان برای مصارف غیر شخصی نظیر آبیاری محصولات کشاورزی و یا مقاصد صنعتی استفاده کرد، یاد نمود. اما این نکته را باید به خاطر داشت که تصفیه سازی موثر فاضلاب‌ها و پساب‌ها نیاز به کنترل و بازیابی‌های بسیار دقیقی دارد. همچنین روش‌های متنوعی از فناوری نانو را می‌توان در این رابطه مورد استفاده قرار داد که از این میان می‌توان به استفاده از نانوفیلترها که قادر به جذب مواد آلوده کننده به خصوص و تصفیه آنها هستند اشاره کرد. [1]

یک روش دیگر برای حل مشکل آب توسعه راهکارهایی است که منجر به کاهش مصرف آب می‌گردد. کشاورزی مقدار بسیار زیادی آب مصرف می‌کند. در کشورهای درحال توسعه آبیاری بیش از ۸۰٪ آب مصرفی را تشکیل می‌دهد. استفاده از روش‌هایی مانند آبیاری قطره‌ای می‌تواند آب مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد. کشور اردن از طریق تکنولوژی آبیاری قطره‌ای مصرف آب خود را به مقدار بسیار زیادی کاهش داده است. اما به هر حال این روش آب

دهی بهترین راه حل برای رشد گیاهان نیست زیرا نمی تواند خاک را کاملاً تمیز کند. همچنین تلفات آب در شهرها نیز یک مشکل اساسی دیگر است.[1]



یک استراتژی دیگر برای بهبود ذخیره آب آشامیدنی و ایمنی آن استفاده از واحدهای نمک زدا در نقاطی است که مشکلات زیربنایی و انتقال آب در آنجا اساسی است. یک راه حل عملی و موثر در این رابطه استقرار چنین سیستمی در مناطق فقیر و کم درآمد است و از این طریق می توان آب سالم برای این مناطق را تامین کرد.[1]

در حال حاضر برخی از پروژه ها به ایجاد و ساخت واحدهای نمک زدای ارزان قیمت با قابلیت زدایش مواد ناخالص آب می پردازد. این واحدها از یک ماشین ظرفشویی کوچکتر بوده و می تواند آب مصرفی ۱۰۰ نفر را تامین کند. چنین روشهایی به رفع توزیع غیر عادلانه آب در جهان کمک می کند. حتی در یک کشور آب تمیز و ارزان ممکن است در اختیار ثروتمندان قرار گرفته در حالیکه فقرا آب را با هزینه های بالاتر از واسطه ها خریداری کرده و یا از آب غیر ایمن استفاده می کنند. راه حل های تکنولوژیکی برای حل مشکلات آب جهان بایستی در همه سیستم ها به درستی درک شده و عدالت جهانی در مورد تقسیم آب لحاظ گردد. [1]

## منابع مراجعه:

- 1- Providing access to clean water; [www.engineeringchallenges.org](http://www.engineeringchallenges.org)
- 2- حسین پور مطلق، مهدی، جنگ آب در هزاره سوم، روزنامه کارگزاران
- 3- <http://www.globalissues.org/article/601/water-and-development>
- 4- آنا خاقانی، تصفیه آب اقیانوس با نانوتیوب های کربنی، آب آشامیدنی ارزان، نامه مکانیک شریف، سال دهم، شماره ۲۹، صفحه ۷
- 5- <http://www.tafda.org/other/desmeh/w/desmeh-wiki/191.aspx>

## منابع برای مطالعه بیشتر:

- 1- Gleick, P.H., et al. [The World's Water 2006-2007: Biennial Report on Freshwater Resources](#). Chicago: Island Press.
- 2- Hillie, T. et al. 2006. [Nanotechnology, Water, and Development](#). Dillon, CO: Meridian Institute.
- 3- United Nations Development Programme. 2006. [Human Development Report 2006: Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis](#). New York: Palgrave Macmillan.
- 4- U.S. Census Bureau, Population Division. [International Programs Data](#). Accessed July 2007.
- 5- The World Bank, Middle East and North Africa Region. 2007. [Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management in the Middle East and North Africa: A MENA Development Report](#). Washington, D.C.: World Bank Publications.
- 6- World Health Organization (WHO)/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. 2005. [Water for Life: Making It Happen](#). Paris: WHO Press.
- 7- World Water Assessment Programme. 2006. [Water: A Shared Responsibility: The United Nations World Water Development Report 2](#). Paris and New York: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and Berghahn Books.