

# گفت و گوشی آب

فصلنامه اندیشکده تدبیر آب ایران

سال دهم، شماره سی و چهارم، پاییز ۱۴۰۰



بازارهای آب زیرزمینی  
برای مبادله حقوق استفاده و تخصیص‌ها

۰۵



در یادبود جان تونی آلن (۱۹۳۷-۲۰۲۱)

۰۷





**فصلنامه گفت و گوی آب**  
**سال دهم ، شماره سی و چهارم ، پاییز ۱۴۰۰**

صاحب امتیاز: اندیشکده تدبیر آب ایران  
سردبیر: سید احمد علوی  
امور اجرایی نشریه: دبیرخانه اندیشکده تدبیر آب ایران  
طراحی و صفحه آرایی: نوید جهدی

نشانی: خیابان فتحی شقاقی، بین خیابان چهلستون و سیدجمال الدین اسدآبادی، پلاک ۴۵، طبقه ۴

تلفن: ۸۸۷۰۲۸۰۵-۸۸۷۰۲۰۱۳

[www.iwpri.ir](http://www.iwpri.ir)

کلیه حقوق این نشریه محفوظ و متعلق به اندیشکده آب ایران می باشد.  
مسئولیت محتوای مقالات برعهده نویسندگان است.

اندیشکده تدبیر آب ایران از آبان ماه سال ۱۳۹۱ به عنوان یکی از زیرمجموعه های کمیسیون کشاورزی و آب اتاق بازرگانی و صنایع و معادن و کشاورزی کرمان به منظور توسعه ظرفیت ها و ایجاد فضای تعامل و گفت و گو میان ارکان مختلف جامعه، محیط کسب و کار و تشکیلات بخشی و فرابخشی مدیریت آب در کشور در مسیر بهبود حکمرانی آب تأسیس گردیده است.



# فهرست مطالب

سخن سردبیر

بازارهای آب زیرزمینی؛ برای مبادله حقوق استفاده و تخصیص‌ها  
سعید علوی

در یادبود جان تونی آلن (۱۹۳۷-۲۰۲۱)  
تهیه‌کننده: حمید پشتوان

فرسایش ظرفیت امنیت آبی کشور  
انوش نوری اسفندیاری

فرونشست زمین، «نزدیک به یک پنجم جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار خواهد داد».  
تهیه‌کننده: مهدیار حمیدی

## سختن سردبیر

در ایران، منابع آب زیرزمینی در تأمین آب بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و مراکز جمعیتی کشور، سهم مؤثر و عمده‌ای دارند و در سال‌های معمولی، سهم این منابع بیش از ۵۵ درصد و در سال‌های خشک به بیش از ۷۰ درصد می‌رسد. آب زیرزمینی در مواقع خشکسالی، اصلی‌ترین ذخیره استراتژیک به شمار می‌آید و همانند پس‌انداز در بانک که در روز مبادا به کار می‌آید، در دوران فقر باران و برف به جوامع کمک می‌کند؛ بنابراین، بدون ذخیره آب زیرزمینی پایدار، امنیت آبی با ریسک بسیار بزرگی روبرو خواهد شد. کاهش ذخایر آب زیرزمینی، تهدید بسیار جدی برای امنیت آبی کشور است؛ اما به نظر می‌رسد چندان جدی گرفته نشده است.

گفتنی است علی‌رغم اهمیت حیاتی آب زیرزمینی، در مقایسه با منابع رؤیت‌پذیرتر آب سطحی در رودخانه‌ها و مخزن‌ها، از مدیریت درخوری بهره‌مند نبوده، پایش و مدیریت آن در پائین‌ترین سطح کیفی است و نظارت چندانانی بر آن وجود ندارد. این وضعیت، آب زیرزمینی را در اذهان به منبعی تبدیل کرده که بی‌حساب و کتاب قابل برداشت است و صاحبان اراضی با حفر چاه، دسترسی تقریباً نامحدود به آب زیرزمینی پیدا می‌کنند. یارانه هزینه برق مورد نیاز برای پمپاژ آب از چاه نیز مشوقی برای تولید کشاورزی بیشتر به شمار می‌آید، غافل از اینکه تولید بیشتر به ازای اُفت سطح آب زیرزمینی انجام شده است. بنابراین، بیشتر خشک و نیمه‌خشک،

اتسکای زیسادی به به سرعت خالی زیرزمینی با آهنگی طبیعی آبخوان پمپاژ دیگر همانند یک ماده استخراج می‌شود و

یعنی مناطقی که آب زیرزمینی دارند، می‌شوند. آب بسیار بیشتر از تغذیه می‌شود، به بیانی معدنی تمام‌شدنی تجدیدشدنی نیست.

«علیرغم اهمیت حیاتی آب زیرزمینی، در مقایسه با منابع رؤیت‌پذیرتر آب سطحی در رودخانه‌ها و مخزن‌ها، از مدیریت درخوری بهره‌مند نبوده، پایش و مدیریت آن در پائین‌ترین سطح کیفی است و نظارت چندانانی بر آن وجود ندارد.»





# بازارهای آب زیرزمینی برای مبادله حقوق استفاده و تخصیص‌ها

سعید علوی

”

«باید بدانیم که بازارهای آب، به کار محدودسازی برداشت کل آب زیرزمینی یا استفاده مصرفی نمی‌آیند، و در واقع اگر محدودیت‌هایی وضع نشود، ممکن است تأثیر معکوس داشته باشند.»

راه‌اندازی «بازارهای آب» غالباً از جنبه تسهیل مدیریت منبع، جانبداری می‌شود، چون می‌تواند به تخصیص آب به استفاده‌هایی که ارزش بالاتری دارند، به گونه‌ای قابل قبول برای تمام طرف‌ها و بنابراین پیشبرد رشد اقتصادی و همزمان، کاهش تنش اجتماعی کمک کند. ممکن است چنین باشد، اما بسیار مهم است بدانیم که چنین بازارهایی، به کار محدودسازی برداشت کل آب زیرزمینی یا استفاده مصرفی نمی‌آیند، و در واقع اگر محدودیت‌هایی وضع نشود، ممکن است تأثیر معکوس داشته باشند. با این همه، اگر در چارچوب تثبیت شده مدیریت منبع آب زیرزمینی به کار گرفته شوند که در آن، سقف برداشت قابل نظارت برای مجموع استفاده مصرفی اعمال گردد (در عمل به عنوان بازاری برای حجم ثابت حقوق برداشت آب زیرزمینی) می‌تواند ابزار مفیدی برای مدیریت منبع باشد. با این همه حتی پس از آن نیز لازم است مبادله در محدوده‌های مشخص یک آبخوان برای استفاده‌های مشخص مقید گردد.

“



بازار آب در مورد منابع آب زیرزمینی، به معنای مبادله حقوق استفاده یا تخصیص‌ها در بازار است، نه به معنای فروش حجمی آب و نه انتقال چنین حقوقی در زمان فروش دارایی و انتقال مالکیت زمین. برای موفقیت «بازارهای آب زیرزمینی» از این نوع، رویکردی تدریجی بسیار ضرورت دارد:

- نخست، پی‌ریزی نظام مناسب برای اندازه‌گیری استفاده آب زیرزمینی، و ساماندهی و تعریف حقوق استفاده و ساز و کارهای مشارکت بهره‌برداران آب، و همزمان، دادن زمان به ذینفعان برای تطبیق‌یافتن با مجموعه قواعد جدید، و
- دوم، وقتی این نظام برقرار شد، قابل مبادله ساختن حقوق استفاده از آب زیرزمینی.

در اصل، مبادله حقوق آب زیرزمینی تنها زمانی اثربخش خواهد بود که برپایه مدیریت دولتی سنجیده، و با استفاده از مقررات ناظر بر مدیریت منبع، استوار شود. بازار آب، جایگزین کنترل منبع نیست، بلکه راهکاری تکمیل‌کننده است که نیازمند اهتمام بیشتر از نظر مدیریت دولتی در ازای منافع اقتصادی بیشتر برای جامعه است.

معمولاً هدف نهایی، کاهش استفاده مصرفی آب زیرزمینی، به نفع پایداری بلندمدت تولید اقتصادی و اکوسیستم‌های آبی است، و مبادله حقوق آب زیرزمینی، ساز و کاری را برای اطمینان یافتن از اینکه بهره‌برداران جدید و با بهره‌وری بالاتر، می‌توانند به این منبع دسترسی یابند فراهم می‌آورد. برای محقق ساختن این هدف، و همزمان حفاظت از بهره‌برداران قانونی موجود و اکوسیستم‌های آبی وابسته به آب

زیرزمینی، بازار نیازمند ضوابط مهم زیر خواهد بود:

- محدودسازی انتقال حقوق آب زیرزمینی در داخل واحدهای هیدروژئولوژیکی مشخص (که بر حسب مکان و عمق بر پایه موجودی منبع، روندهای کیفیت و کارکردهای محیط‌زیستی تعریف می‌شود) و استفاده‌های مشخص که استفاده مصرفی یا بار آلودگی را افزایش ندهد، از طریق قواعد استاندارد روشن.
  - حفاظت از بهره‌برداران قانونی موجود (شامل محیط آبی) در قالب شروط تکمیل‌کننده درباره انتقال‌ها و با ارزشیابی مورد به مورد، و
  - کاهش‌های دوره‌ای حجم کل حقوق استفاده آب زیرزمینی در گذر زمان.
- شمار فزاینده‌ای از کشورها یا ایالت‌های فدرال (مشخصاً و نه منحصر به اتحادیه اروپایی، ایالات متحده آمریکا و استرالیا) وجود دارند که کوشیده‌اند، یا می‌کوشند مبادله حقوق استفاده آب زیرزمینی یا تخصیص‌ها را به کار گیرند. مبادله ممکن است در آبخوان اولویت‌دار یا واحدهای مدیریت آب زیرزمینی به کار گرفته شود، و معمولاً بخشی از استراتژی یکپارچه مدیریت منبع آب زیرزمینی هستند. بر پایه تجربه محدود بازارهای آب زیرزمینی، می‌توان گام‌های عملیاتی را برای کمک به اطمینان از موفقیت مدیریت مبادله حقوق استفاده آب زیرزمینی و تخصیص‌ها برشمرد:
- فراهم‌سازی عمومی اطلاعات تجمیعی درباره حجم‌ها و روندهای مبادله برای تسهیل بازار
  - تشویق به مبادله موقتی (فصلی یا با

دوره زمانی محدود) تخصیص‌های استفاده آب زیرزمینی، چون در جاهایی که امکان پذیر باشد، رسیدگی به این شیوه مبادله آسان‌تر است و هم می‌تواند برای ارزیابی و هم برانگیختن به انتقال دائمی حقوق استفاده آب زیرزمینی به کار گرفته شود.

- حفظ «حجم محفوظ» (آب کنار گذاشته شده)، پس از کسر سهم توافق‌شده منابع آب زیرزمینی به عنوان جریان محیط‌زیستی، تا بتوان از عهده نیازهای اضطراری اجتماعی بیرون بازار برآمد.
- اطمینان از اینکه ارزیابی منابع آب زیرزمینی موجود با شناخت پیوند متقابل با سیستم‌های آب سطحی صورت گرفته است (و دو بار احتساب منابع رخ نداده است)، و ارتباط و برهم‌کنش میان آب زیرزمینی و مبادله حقوق استفاده آب سطحی همخوانی دارد.
- اندیشیدن تمهیداتی برای شرایط خشکسالی برای کاهش حقاچه به تناسب، چون در این دوره‌ها است که اثرات طرف ثالث و محیط‌زیستی برداشت‌های فردی، شدیدترین حالت است (یا مقررکردن حقاچه به صورت کسر ثابتی از تخصیص متغیر کل بر اساس سابقه)، و
- وجود روال‌های مناسب پیگیری و پایش برای ارزشیابی پیوسته اصلاحات در برداشت و استفاده آب زیرزمینی ناشی از مبادله حقوق و تخصیص، و تأثیر آن بر رژیم جریان آبخوان و تخلیه‌های محیط‌زیستی آن.



## در یادبود جان تونی آلن (۱۹۳۷-۲۰۲۱)

تهیه‌کننده: حمید پشتوان

«... راه‌حل موضوع، ساده است. اما کجا هستند سیاستمداران شجاعی که به سمت آن حرکت کنند؟ چند سد و پروژه انتقال آب بیشتر، پیش از آنکه کسی به میدان درآید و با شور و حرارت، در راستای یک تغییر بین‌المللی در رژیم غذایی استدلال کند، ساخته خواهد شد؟ ترسم از این است که هنگام روشن شدن پاسخ این پرسش‌ها، دیگر این دور و برها نباشم.»\*

مردم آشکار ساخت. (۵) در سال ۲۰۰۸، جایزه آب استکهلم (۶) را به خاطر این نگاه نوآورانه به آب دریافت کرد.

ایده‌های پیشگامانه آلن به آب مجازی محدود نبود. او ایده «*problemshed*» را در جستجوی راه‌حل‌های کمیابی آب، غیر از آبخیز فیزیکی (۷) مطرح ساخت. (۸) همچنین، اصطلاح آب «بزرگ» (۹) (آب استفاده‌شده در کشاورزی) را به کار برد تا بر این مهم تأکید کند که تا چه اندازه صحبت از مدیریت منابع آب بدون صحبت درباره غذا نامعقول است. اکنون مفهوم آب مجازی در سیاست‌های ملی آب، راه و رسم شرکت‌ها، دوره‌های دانشگاهی و برنامه آموزشی در مدارس ریشه دوانده و تأثیر گسترده و جهانی یافته است.

کشاورزی در لیبی آغاز کرد، و به اهمیت فراوان درک نظام‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی در مدیریت آب پی برد. او در ابتدا در دهه ۱۹۸۰، از *embedded water* سخن گفت، و بعدها مفهوم آب مجازی (۲) را به طور کامل در مجموعه‌ای از مقالات در میانه دهه ۱۹۹۰ و کتاب بسیار مهم «مسئله آب در خاورمیانه: هیدروپولیتیک و اقتصاد جهانی» (۳) در سال ۲۰۰۱ پروراند. او مفهوم آب مجازی را برای توضیح اهمیت آب استفاده‌شده برای پرورش و تولید محصولات کشاورزی به کار برد. بعدها در سال ۲۰۱۱، با نگارش کتاب «آب مجازی: مقابله با تهدید ارزشمندترین منبع سیاره ما» (۴)، این نگاه نوین به آب را با زبانی ساده و آسان‌فهم، به طیف گسترده‌تری از مخاطبان معرفی کرد و حقایق مهمی را برای

دکتر تونی آلن همواره از پیشگامان مباحث پایداری آب به شمار می‌آمد و حضور طولانی و پربراری در این عرصه داشت. او بیشتر به خاطر تأملات نوآورانه خود درباره آب مجازی نامبردار شد. او با این مفهوم نشان داد که چگونه فرایندهای سیاسی و اقتصادی، آب، غذا و تجارت را به هم پیوند می‌دهد. تونی آلن از صاحب‌نظران پیشرو درباره مسائل آب در خاورمیانه و شمال آفریقا شناخته می‌شد، و تا زمان درگذشت، در حوزه پژوهش و آموزش در رشته جغرافی در مدرسه مطالعات شرقی و آفریقایی (۱)، و کینگزکالج لندن فعال بود. بی‌اغراق باید او را از رهبران فکری تأثیرگذار و کم‌نظیر در قلمرو آب دانست.

او حرفه دانشگاهی خود را در مدرسه مطالعات شرقی در اواخر دهه ۱۹۶۰ با کند و کاو درباره موضوعات مختلف از جمله

بینش‌های وی درباره آب مجازی، الهام‌بخش دیگر پژوهشگران و دانشوران در کند و کاو بیشتر درباره پیوندهای آب و اقتصاد شد. آرن هوکسترا (۱۰) یکی از آنان بود. وی براساس مفهوم آب مجازی، چارچوب «رد پای آب» را پی‌ریزی کرد که براساس آن، پیوند میان مصرف و تولید و تخصیص منابع آب شیرین تحلیل می‌شود. رد پای آب، به این بحث دامن زد که رفتارهای مصرف‌گرا در کشورهای ثروتمندتر جهان، کمیابی آب را در بخش‌های فقیرتر جهان تشدید می‌کند.

تونی آلن در انجمن‌های حرفه‌ای و تخصصی نیز مشارکت درازمدتی داشت. از جمله مشارکت‌های او در مجله بین‌المللی آب (۱۱)، اهمیت ویژه‌ای داشت، چرا که ویتترین پژوهش مستمر وی درباره آب مجازی به شمار می‌آمد. مقاله وی در سال

۲۰۰۳ با عنوان «آب مجازی - همبستگی آب، غذا، و تجارت. مفهومی مفید یا استعاره‌ای گمراه‌کننده؟» (۱۲) بخشی از یک گفت و گو بود که درباره این مفهوم کلیدی، با جزئیات بیشتری سخن گفت و ابعاد آن را روشن‌تر ساخت. وی مفیدبودن مفهوم آب مجازی را از جمله در این می‌دانست که تحلیل مسائل را به فراتر از حوضه گسترش می‌دهد و ذینفعان نظام جهانی تجارت غذا از جمله تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان کشاورزی را در دایره مسئله جای می‌دهد. بینش کلیدی وی درباره این ذینفعان، بعدها در مقاله سال

۲۰۱۲ با عنوان «همزونی آب مجازی: نقش کسب و کار کشاورزی در حکمرانی جهانی آب» (۱۳) بیشتر بسط یافت. این مقاله استدلال‌های نوآورانه‌ای را درباره تأثیر بازیگران صنعت کشاورزی و اثرات تجارت کالاهای کشاورزی ارائه کرد. این مقاله در

سال ۲۰۱۲، جایزه بهترین مقاله را برای وی به ارمغان آورد. در سال‌های اخیر، تونی آلن تفسیر به موقعی درباره پیوندهای شیوع کووید ۱۹ و آب ارائه کرد. در مقاله سال ۲۰۲۰ به همراه دیگران با عنوان «تأثیر کووید ۱۹ بر سیستم‌های آب و غذا: عبور از پیچ بسیار بزرگتر بعدی» (۱۴)، درباره در پیش‌گرفتن سیاست اطمینان از خودکفایی غذا هشدار

می‌دهد، که می‌تواند کمیابی و پایداری آب را در سطح محلی تشدید نماید.

به عنوان یک دانشگاهی، سیاست‌گذاران را درباره مدیریت آب حوضه‌های آبریز توصیه می‌کرد و همکاری گسترده‌ای با دولت‌ها، نهادهای مالی بین‌المللی و جامعه مدنی داشت. تمرکز و تأکید وی بر استفاده پایدار آب، او را به آموختن از زارعان نیز سوق داد. آلن در آثار خود، زارعان را مدیران بالفعل و واقعی آب توصیف می‌کرد و بر نقش کلیدی و ارزشمند آنان در پاسداری از منابع آب تأکید می‌ورزید.

در سال‌های اخیر، کوشید توجه بهتری به نقش آنان داشته باشد که در کتاب مهم «راهنما نامه غذا، آب و جامعه» (۱۵) در سال ۲۰۱۹، با همکاری دیگر پژوهشگران تجلی یافت. این کتاب، آخرین کتابی بود که در آن مشارکت داشت.

اندیشه‌ها و آثار وی، برآمده از بینش میان‌رشته‌ای وی بود. براین اساس او هیدرولوژی، مهندسی، اقتصاد، سیاست و قانون را در کنار هم قرار می‌داد. با این نگاه، در اوایل دهه ۲۰۰۰، در مدرسه مطالعات شرقی، گروه مسائل آب (۱۶) و در کینگزکالج لندن، گروه پژوهش آب (۱۷) را تشکیل داد که با رویکرد میان‌رشته‌ای به تحلیل مسائل آب می‌پردازند.

تونی آلن همه را به زیرسئوال بردن فرضیات، اندیشه نامتعارف و نقادانه فرامی‌خواند. او غیر از پژوهش علمی، یک استاد و معلم پر اشتیاق، و در بیان و رسانیدن ایده‌ها، صاحب مهارت بود. به گفته خود وی: «یک ایده خوب، اگر به خوبی بیان و معنا نشود، ایده خوبی نیست!» او منبع الهام برای همه کسانی باقی خواهد بود که فرصت یافتند با نگرش‌های وی آشنایی یابند.

#### پی‌نوئیس‌ها:

\* آب پنهان. جلد دوم. صفحه ۱۹۷. ترجمه آرش حسینیان.

(1) School of Oriental and African Studies (SOAS)

(2) Virtual water

(3) The Middle East Water Question: Hydropolitics and the Global Economy (2001)

(4) Virtual Water: Tackling the Threat to Our Planet's Most Precious Resource (2011)

(۵) خوشبختانه ترجمه فارسی این کتاب با عنوان «آب پنهان: نگاهی متفاوت به گران‌ترین دارایی زمین» با ترجمه آرش حسینیان در دو جلد در سال ۱۳۹۳ (نشر مثلث) انتشار یافت و زمینه آشنایی گسترده‌تر جامعه ایرانی نیز با این نگاه نوین درباره آب فراهم آمد.

(۶) از دید برخی مفسران، جایزه آب استکهلم معادل جایزه نوبل محیط‌زیستی است.

(7) Watershed

(۸) در این رویکرد به جای آنکه هویت هیدرولوژیکی آبخیز (یا حوضه)، واحد تحلیل باشد، همان گونه که متخصصان آب (بر اساس منطق) توصیه و پشتیبانی می‌کنند، فهم و تحلیل مسائل، بر پایه پیچیدگی مسائل آب (برای نمونه اقتصاد سیاسی آن) استوار می‌شود.

(9) Big water

(۱۰) دکتر هوکسترا در ۲۷ آبان ۱۳۹۸ (۱۸ نوامبر ۲۰۱۹) به طور غیر منتظره‌ای در ۵۲ سالگی درگذشت.

(11) Water International

(12) Virtual Water - the Water, Food, and Trade Nexus. Useful Concept or Misleading Metaphor?

(13) Virtual water hegemony: the role of agribusiness in global water governance

(14) The impact of COVID-19 on water and food systems: flattening the much bigger curve ahead

(15) Oxford Handbook of Food, Water and Society

(16) SOAS Water Issues Group

(17) London Water Research Group



# فرسایش ظرفیت امنیت آبی کشور

انوش نوری اسفندیاری

چندین دهه است که منابع آب کشور به صورت بی‌رویه و ناپایداری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. با تغییرات چشمگیر در روال حکمرانی آب از دهه ۱۳۴۰، دست دولت یا حکومت در حل و فصل امور باز و مقدرات بقیه جامعه در مشارکت در امور مختلف محدود شد. در نتیجه ساز و کارهای حکمرانی کشور عمدتاً منحصر شده است به تنظیم رویه‌هایی برای برنامه‌ریزی بخشی در نظام متمرکز دولتی، استفاده از رویه‌های قضایی و به‌کارگیری امکانات اداری. یعنی در مقابله با مشکلات و چالش‌هایی که در این چند دهه بروز پیدا کرده، تدابیر اقتصادی و بازار و توافق، همفکری و مشارکت عموم از سهم ناچیزی برخوردار است. فاصله میان عرضه و تقاضای آب، پیامدهای آلودگی منابع و افت مداوم سطح آب زیرزمینی، به طور روزافزونی گستره و عمق بیشتری پیدا می‌کند.



شمار ساکنین کشور ایران در طول کمتر از یک قرن نزدیک به ۸ برابر و در نیم قرن اخیر سه و نیم برابر شد. عمده افزایش جمعیت در مکان‌های محدودی متراکم و از این بابت فشار زیادی به منابع طبیعی وارد می‌شود. سهم جمعیت شهری در طول ۶۰ سال از ۳۲ درصد به ۷۱ درصد رسیده است. هم‌اکنون متوسط نرخ رشد جمعیت شهری در کشور در بعضی مناطق دورقمی شده است. بنیادهای اقتصادی کشور از دهه ۱۳۴۰ تغییر پیدا کرد و درآمدهای نفتی در طرح‌های عمرانی از جمله طرح‌های آب و به صورت یارانه در ارائه خدمات آب و برق به جامعه تزریق شد. تغییرات سطح کشت آبی در طول نیم سده بیش از سه برابر و حجم برداشت آب کشاورزی دو برابر شد. قیمت‌گذاری غیر واقعی آب و انرژی در بخش کشاورزی و عدم توجه به ارزش کمیابی آب و ارزش سرمایه‌های به کاررفته برای تأمین و انتقال آب، از یک سو منجر به افزایش کاذب تقاضا برای آب و از سوی دیگر راندمان‌های بسیار پائین در مصرف و هدررفت بالای آب شده است. هم‌اکنون تقاضای شتابان در مکان‌های نامناسب برای آب، بسیار بسیار بیشتر از عرضه آن است و هزینه‌های تأمین و انتقال آب و ارائه خدمات اضافی در جای جای کشور (به لحاظ مالی، اقتصادی و محیط‌زیستی) با شیب تندی روند صعودی دارند که همین امر موجب گسترش محدودیت‌ها و زمینه‌سازی برای افزایش مناقشات اجتماعی شده است.

در طرف عرضه آب، استفاده از تکنولوژی چاه عمیق موجب استفاده از ذخایر ثابت و تاریخی آب زیرزمینی و تغییراتی چشمگیر در نظام بهره‌برداری از منابع آب شد. چاه‌های عمیق در ابتدا به صورت مکمل در کنار قنات‌ها بودند؛ اما در مدت زمان کوتاهی جایگزین آنها شدند و مشکلات بسیاری را برای سفره‌های آب زیرزمینی به وجود آوردند. مخازن گسترده آب زیرزمینی سراسر کشور در سال‌های عادی بیش از نیمی از مصارف سالانه و در سال‌های خشک، اغلب مصارف را تأمین می‌کنند. اما این مخازن راهبردی رو به

زوال کامل است. چون با استفاده از ذخایر انباشت شده در طول هزاران سال، امکان جایگزینی آن در حال از بین رفتن است.

در مورد منابع آب سطحی نیز، جریان پایه رودخانه‌ها تقریباً به طور کامل از طریق پمپاژ و بندها و سدهای انحرافی و بخش مهمی از جریان‌های فصلی و سیلابی از طریق احداث سدهای مخزنی و خدشه‌دار کردن نفوذ آب در بستر رودها و جابجایی بناحق «حقاب‌ها»، مورد استفاده قرار می‌گیرد. گره سامانه‌های توزیع آب سدهای مخزنی و تمام شبکه‌های آبیاری و یکپارچه‌سازی و تجهیز مزارع، بعد از گذشت حداقل نیم قرن هنوز ناگشوده مانده و تحویل حجمی آب کشاورزی و ایجاد انگیزه برای انجام آبیاری شبانه، بعد از ۲۵ سال به جایی نرسیده است.

به این ترتیب در طول دهه‌های گذشته، اکثر حوضه‌های آبریز کشور به صورت گسترده‌ای وارد مرحله تنش شدید یا بحران آبی شده و در صورت عدم توجه به مدیریت تقاضا و مصرف، تأمین آب به شکل گذشته برای آحاد مردم بسیار مشکل و با تنش‌های اجتماعی روبرو خواهد بود. نکته قابل توجه آن است که در حال حاضر بدون در نظر گرفتن نیازهای پای‌های محیط‌زیست، نسبت برداشت آب به منابع آب تجدیدشونده کشور حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد است. براساس یکی از شاخص‌های بین‌المللی به نام نسبت بحران آب، هر کشوری که برداشت آب آن نسبت به منابع آب تجدیدشونده خود بیش از ۴۰ درصد باشد، وارد مرحله بحرانی (از نظر این نشانگر) شده است. عبور از مرز ۴۰ درصد برای کشور ایران در سال‌های اخیر و به تازگی اتفاق نیفتاده بلکه حتی در ۴۰ تا ۵۰ سال پیش هم کشور از آن عبور کرده بود.

در کنار شاخص فوق، که فقط بُعد مقداری و کمی آب را مورد توجه قرار می‌دهد، باید به زوال کیفیت آب نیز اشاره داشت. اگر میزان آب برداشتی کشور را ۹۰ تا ۱۰۰ میلیارد متر مکعب در سال در نظر بگیریم، حدود یک سوم آن به عنوان «آب برگشتی» به همراه آلاینده‌ها به منابع آب پذیرنده و طبیعت باز می‌گردد. علاوه بر

آلودگی آب به کود و سم در بخش کشاورزی (که حجم بیشتر کل آب برگشتی را تشکیل می‌دهد)، آلودگی‌های فاضلاب صنعتی و شهری نیز در طول چند دهه اخیر به طور فزاینده‌ای به آن اضافه شده و مصرف مجدد این فاضلاب‌ها در کشت سبزیجات و جالیز حاشیه شهرهای بزرگ، خود به معضل پیچیده‌ای تبدیل شده است. گرچه استانداردهایی نه چندان کافی برای کنترل آلودگی منابع آب تعیین شده‌اند، اما انگیزه و امکانات مالی لازم و ضمانت اجرایی کارآمدی برای رعایت آنها وجود ندارد.

در شرایط عادی، برداشت سرانه آب کشور، بیش از ۱۲۰۰ مترمکعب در سال است که گرچه همه آن به مصرف نمی‌رسد، اما نشانه‌ای است که ایران را در شمار پرمصرف‌ترین کشورهای جهان قرار می‌دهد. چنین رکوردی اساساً با شرایط اقلیمی این کشور نمی‌تواند سازگار باشد و نیست. نشانه دیگر ردپای آب یک فرد، یک جامعه یا یک فعالیت است، یعنی مجموع حجم آب شیرینی که برای تولید کالاها و خدمات مصرف‌شده از سوی مصرف‌کننده، جامعه یا فعالیت مشخص، استفاده شده است. براساس مطالعاتی که بر روی شاخص آب مصرفی پایه کشورهای جهان در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۷ انجام شده، ردپای جهانی آب، ۷۴۵۰ گیگا متر مکعب در سال است که به طور متوسط برای هر نفر ۱۲۴۰ متر مکعب در سال برآورد می‌شود. رد پای ایران برای دوره ۱۹۹۹-۱۹۹۵، ۱۴۷۵ متر مکعب در سال به ازای هر نفر برآورد شده است، که حدود ۲۰ درصد از متوسط جهانی بیشتر است. ایران علاوه بر برداشت بی‌رویه از منابع آب خود، واردکننده آب مجازی (به صورت آب پنهان در خالص واردات) است. جالب توجه است که علی‌رغم کاهش چشمگیر رشد جمعیت در دهه‌های اخیر، همچنان تقاضاهای شتابان برای مصرف بیشتر آب در کشور مشهود است.

# فرونشست زمین، «نزدیک به یک پنجم جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار خواهد داد.»

تهیه‌کننده: مهدیار حمیدی

یونسکو هشدار می‌دهد که مراکز شهری به دلیل کشاورزی ناپایدار و برداشت آب زیرزمینی در حال نشست هستند.

66

تأثیر خواهد داشت. دستیابی به پایداری در تولید جهانی غذا امکان‌پذیر بود، ولی این مشکل باید زودتر مورد توجه قرار می‌گرفت.

افزون بر این، پیش‌بینی می‌شود گرم شدن زمین، دوره‌های خشکسالی را طولانی‌تر می‌سازد، از این رو نرخ فرونشست را افزایش می‌دهد، چون آب بیشتری از زیرزمین پمپاژ می‌شود. در این میان، انتظار می‌رود تراز آب دریا در قرن بعدی تا یک متر افزایش یابد. این یعنی بیشتر شهرهای ساحلی با مشکلاتی مشابهی روبرو خواهند شد.

به گفته پژوهشگران این پروژه، فرونشست تهدید بزرگی برای محیط‌زیست به شمار می‌آید، ولی می‌تواند بسیار آسان‌تر از تغییر اقلیم رفع شود. تکنولوژی‌هایی مانند ماهواره‌ها و رادارها می‌توانند به سرعت محدوده‌های فرونشست را شناسایی کنند، در حالی که مراجع مسئول می‌توانند «سیاست‌ها و ابزارهای اثربخش» را برای مقابله با این مشکل به کار گیرند. از نمونه‌های موفق می‌توان ژاپن را نام برد. شهر توکیو در سال‌های نخست قرن بیستم، با مشکل بسیار بزرگ فرونشست روبرو بود. مدیران و برنامه‌ریزان با سیاست‌گذاری و وضع مقررات مناسب، مشکل را حل کردند.

دیگر تدابیر کاهش و جلوگیری از فرونشست عبارتند از یافتن منابع جایگزین برای تأمین آب، بهبود کارایی استفاده از آب در کشاورزی، و تزریق آب به آبخوان‌ها. با این همه باید یادآور شد که پیاده‌سازی اثربخش راهکارها مستلزم اصلاحات نهادی مناسب، و فراهم آوردن ظرفیت حکمرانی آب زیرزمینی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه است.

زمین سبب نشست سطح زمین می‌شود، ولی فقدان مدیریت یا مدیریت ضعیف، و افزایش سریع جمعیت و بنابراین افزایش نیازهای آب و غذا را می‌توان محتمل‌ترین عوامل مؤثر در افزایش فرونشست برشمرد. در ایران جمعیت در ۵۰ سال گذشته بیش از دوبرابر شده است، در حالی که حکمرانی آب زیرزمینی همچنان نامطلوب و ناتوان باقی مانده است. اکنون شهرهای ایران در زمره سریع‌ترین مراکز شهری در حال نشست جهان قرار دارند، و تا ۲۵ سانتی‌متر در سال نشست می‌کنند.

مسئله فرونشست در قرن بیستم نیز مطرح بود، ولی تا پیش از این، بیشتر در مقیاس و شرایط محلی تحلیل شده است.

در این پروژه جدید که یک تیم بین‌المللی از متخصصان در آن مشارکت داشتند، تلاش شد تا پژوهش‌های انجام‌شده تاکنون تلفیق شوند. تیم متخصصان برای پیش‌بینی اینکه کدام یک از محدوده‌ها در معرض بیشترین ریسک فرونشست قرار دارد، یک مدل جهانی طراحی کردند.

## نتایج مطالعه

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که فرونشست یک مسئله جهانی است، و با گرم شدن زمین و نیز شیوه‌های زراعی ناپایدار پیوند دارد. بسیاری از آبخوان‌های مهم جهان برای مقاصد کشاورزی خالی می‌شوند.

منابع آب زیرزمینی در کشورهایی مانند ایالات متحده، مکزیک، چین و هند، برای تأمین تقاضای جهانی غذا به سرعت در حال خالی شدن هستند. فرونشست مستمر در این مناطق بر جمعیت در سطح جهان

بر اساس پژوهش جدیدی که با حمایت مالی یونسکو انجام شده است، نشست تدریجی زمین تا سال ۲۰۴۰، نزدیک به ۱۹ درصد جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

اگر چاره‌اندیشی نشود، بهره‌برداری بیش از اندازه کنونی از منابع آب زیرزمینی در ترکیب با افزایش شمار و شدت خشکسالی‌ها، این مشکل را گسترده‌تر خواهد ساخت و پیامدهای زیان‌بارتری در پی خواهد داشت. افزون بر این، با افزایش تراز دریا که در اثر گرم شدن زمین تشدید می‌شود، بسیاری از شهرهای ساحلی جهان در معرض خطر آب‌گرفتگی قرار خواهند گرفت. برای نمونه شهر جاکارتا در ۱۰ سال گذشته، بیش از ۲/۵ متر نشست کرده و دولت اندونزی را به برنامه‌ریزی برای جابجایی پایتخت کشور به یکی از جزیره‌ها واداشته است. در نمونه‌ای دیگر در اروپا، در اثر نشست زمین، اینک ۲۵ درصد کشور هلند در زیر تراز دریا قرار گرفته است. مناطق هموار ساحلی، و نیز مراکز شهری و کشاورزی در اقلیم‌های خشک، پرخطرترین مناطق به شمار می‌آیند.

از یک سو محدوده‌های پرجمعیت یا محدوده‌های تولید کشاورزی، برای تأمین نیازهای آبی، اتکای زیادی به منابع آب زیرزمینی دارند، و از سوی دیگر، دوره‌های طولانی خشک را تجربه می‌کنند، در نتیجه، فشار بر منابع آب زیرزمینی با افزایش پمپاژ، دوچندان می‌شود. افزایش پمپاژ در حالی است که تغذیه طبیعی آبخوان، کمتر از حجم برداشت آب است و بدین ترتیب، خطر نشست زمین تشدید می‌شود.

درست است که برداشت آب از زیر

## اندیشکده تدبیر آب ایران

نشانی: خیابان فتحی شقایق، بین خیابان چهلستون و سیدجمال‌الدین اسدآبادی، پلاک ۴۵، طبقه ۴

تلفن: ۸۸۷۰۲۸۰۵-۸۸۷۰۲۰۱۳

[www.iwpri.ir](http://www.iwpri.ir)

