

# آکادمی

## توسعه در خشکسالی

چرخه آب و محیط زیست چگونه می چرخد؟

فشار مستمر ناشی از برداشت آب برای پشتیبانی از توسعه جوامع انسانی، باعث تخریب تنوع زیستی و زیست بوم‌های وابسته به آب در سراسر جهان شده است. این بهانه‌ای است تا در مقاله حاضر به این پرسش بنیادی پاسخ داده شود.

نوش

چون آسیا با انتظار رشد اقتصادی بالاتر آن، بیش از رقم میانگین پیش‌بینی می‌شود. در این میان، هزینه‌های اقتصادی تخریب محیط زیست بسیار زیاد است و همچنان افزایش می‌یابد. بر اساس مطالعات بانک جهانی برای کشورهای خاورمیانه و شمال افریقا هم‌اکنون این خسارت‌ها بین ۲/۱ درصد تولید ناخالص داخلی در تونس تا ۷/۱ درصد تولید داخلی در ایران برآورد شده است. این خسارت در بودجه عمومی، بودجه خانوار، قدرت رقابت اقتصادی، و عدالت بین نسلی خود را نشان می‌دهد. در صورت ادامه روند موجود و زوال محیط زیست، بخش مهمی از این امکانات ممکن است در آینده در دسترس نباشد.

در ایران، با عبور از مرز بهره‌برداری بدون تنش یا کم‌تنش از منابع آب تجدیدپذیر که دو تا سه دهه پیش اتفاق افتاد و تقریباً قطع جریان لازم برای اکوسیستم‌ها در حال حاضر، خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌های متعدد، تخلیه مخازن آب زیرزمینی و آلودگی آنها و منابع آب سطحی، کاهش شدید رطوبت خاک، تشکیل کانون‌های انتشار غبار و ریزگرد و تشدید فرایند بیابان‌زایی در کشور مزمن شده است. این مقاله به توضیح دلایل بروز این وضعیت از دیدگاه رابطه آب و محیط زیست (سامانه پشتیبانی از حیات، اکوسیستم‌های خشکی و اکوسیستم‌های آبی) و ضرورت توجه به آن می‌پردازد. به عبارتی، تمرکز این مقاله تحلیل رابطه‌های میان جامعه انسانی، منابع آب و اکوسیستم‌ها، برای روشن کردن چرایی و چگونگی اجبار به حفاظت اکوسیستم‌های حیاتی است

تمامی اشکال حیات در سیاره زمین به آب نیاز دارند. از زمانی که موجودات تک‌سلولی حدود ۳.۵ میلیارد سال پیش با به عرصه حیات گذاشتند و آب و انرژی مصرف کردند و رشد و تولیدمثل کردند تا مدت‌ها بعد، در مقیاس تاریخ زمین‌شناسی، نوعی موازنه بین نیازهای زندگی و آب در دسترس بود. انسان به صحنه طبیعت آمد و از حدود ده‌هزار سال قبل، آموخت که می‌تواند به جای جمع‌آوری، غذای خودش را کشت کند. تمدن تأسیس کند و دست به مهاجرت بزند. در ۲۰۰ سال گذشته جمعیت انسان‌ها رشد کرد. افراد بیشتری تغذیه شدند و آب بیشتری برای هر نفر تقاضا شد. در انتهای هزاره دوم میلادی، شاید نیمی از همه منابع آب شیرین در دسترس برای تأمین نیازهای انسانی استفاده شد. یعنی دو برابر آنچه که در دهه ۱۹۶۰ استفاده می‌شد. چون این منابع بین انسان‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی مشترک است، انسان درباره‌ای که در اکوسیستم‌های طبیعی برای نگهداری آن باید باقی بماند، دچار تردید و دغدغه شد. شواهدی وجود داشت که جامعه انسانی در آستانه هزاره سوم در حال نزدیک شدن، و در مواردی عبور کردن از حد توانایی است که قادر باشد بیش از این سهم آب محیط زیست را کاهش دهد و همچنان سلامت آن و به نوعی خودش را حفظ کند. با شروع هزاره سوم این دغدغه افزایش یافت و ضرورت صیانت و حفاظت از سهم آب اکوسیستم‌ها شکل جدی‌تری پیدا کرد.

در سطح جهانی برآورد شده است مقدار آبی که در مناطق مختلف از محیط زیست کاسته می‌شود در سال ۲۰۲۵ حدود ۱/۳ برابر میزان برداشت سال ۲۰۰۰ است. این افزایش برای مناطقی



انوش نوری اسفندیاری

تحلیل‌گر حوزه آب

**چرا باید خواند:**  
**چرخه آب و محیط زیست در کنار هم و متاثر از هم هستند.**  
**در این مقاله سعی شده این رابطه و اثرگذاری آن بر همدیگر مورد بررسی قرار گیرد.**



و نشان دادن آنکه چگونه این تلاش‌ها باید در مسیر مدیریت به‌هم پیوسته منابع آب مشهود و بارز بشود.

### آب کره و زیست کره

زمین سومین سیاره در منظومه شمسی است، که دارای اتمسفری با اکسیژن آزاد، اقیانوس‌هایی متشکل از آب مایع و بزرگ‌ترین مکانی است که حیات بر روی آن جریان دارد. از دیدگاه «جغرافیای فیزیکی» زمین به لایه‌هایی تقسیم می‌شود که عبارت‌اند از زیست کره، جو کره، سنگ کره و آب کره. زیست کره یا بیوسفر به آن لایه کره زمین گفته می‌شود که در آن زندگی وجود دارد. این لایه زیستگاه و پرورنده حیات انسان‌ها، حیوانات، پرندگان، ماهیان، خزندگان، حشرات، باکتری‌ها و سایر موجودات و اشکال حیات است. بیوسفر تا لایه‌ها و اقیانوس‌های زیرین زمین که ریشه‌های درختان و دیگر موجودات زنده در آن می‌توانند نفوذ کنند، ادامه دارد. بیوسفر در اراضی سخت لیتوسفر (سنگ کره) فقط تا عمق چندمتری ادامه دارد، به استثنای برخی انواع باکتری‌ها که در لایه‌های عمیق‌تر نیز حضور دارند. زیست کره در لایه‌های آب کره، جو کره و سنگ کره قرار دارد. آب کره یا هیدروسفر مجموعه آب موجود در زیر، رو و فضای یک سیاره است. زمین تنها سیاره در نظام شمسی است که مقادیر زیاد آب مایع در سطح آن وجود دارد. میان آب کره و دیگر لایه‌های زمین رابطه متقابلی است که در اینجا تمرکز بر رابطه بین آب کره و زیست کره است.

آب کره منشأ حیات و تداوم آن در کره زمین است. آب کره از دو بخش ثابت و متحرک تشکیل شده است. آب شور اقیانوس‌ها بخش اعظم ذخایر آبی ثابت کره زمین یا آب کره را تشکیل می‌دهند. بخش عمده منابع آب شیرین نیز به صورت ثابت است که در قطب‌ها یا اعماق زمین قرار دارد و به راحتی در دسترس نیست. با تبخیر آب از اقیانوس‌ها و سایر پیکره‌های آبی، ذخایر متحرک آب شیرین و پاک در چرخه آب وارد می‌شوند. آب تبخیر شده در این چرخه در جو زمین حرکت می‌کند. بخار آب متراکم و تبدیل به ابر می‌شود، می‌بارد و در سطح و زیر زمین حرکت می‌کند و دوباره به اقیانوس می‌بویند. حجم آب ورودی به این چرخه در طول یک سال نسبت به کل ذخایر آب کره زمین بسیار کم (حدود چهارصدم درصد حجم آب کره) است. آب ورودی به چرخه آب در طبیعت با توده‌های آب و هوایی، اقیانوس‌ها و دریاها، کوه‌ها و دشت‌ها ارتباط مستمر و گسترده‌ای دارد. مبنای آب تجدیدپذیر، همین چرخه آب است (البته پس از کسر بارش‌های مربوط به اقیانوس‌ها) که به شکل کارآمدی آب را در زیست کره در دسترس جانداران و موجودات سطح خشکی‌ها، از جمله انسان، قرار می‌دهد. نسبت آب تجدیدپذیر ۲۰ درصد از کل حجم آب در گردش سالانه بدون در نظر گرفتن تبخیر و نزدیک به ۸ درصد پس از کسر تبخیر از سطح خشکی‌هاست. بدین ترتیب حجم منابع تجدیدپذیر آب در قاره‌ها با کسر تبخیر ۴۴ هزار و ۸۰۰ میلیارد مترمکعب در سال است که ۹۵ درصد آن به صورت جریان‌های سطحی ظاهر و فقط ۵ درصد آن به صورت نفوذ مستقیم در آبخاها (ذخایر آب زیرزمینی) ذخیره می‌شود. از این نظر است که ذخایر آب شیرین قابل دسترس زیست کره، محدود و آسیب‌پذیر تلقی می‌شود. هرچند بهره همه قاره‌ها و

### نکته‌هایی که باید بدانید

- ▶ **آبخیز/حوضه واحدی است که در آن توازن بین انسان و طبیعت می‌تواند محقق شود. تمامی بارش‌ها بعد از رسیدن به سطح زمین به دو بخش آب سبز و آب آبی تقسیم می‌شود.**
- ▶ **تولید دیم ۶۰ درصد تولید مواد غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. این نسبت برای کشور ایران به دلیل شرایط اقلیمی و مدیریتی آن حدود ۱۰ درصد است.**
- ▶ **آب سبز جریان آب تبخیر شده‌ای است که اکوسیستم‌های خشکی را پشتیبانی می‌کند و آب آبی روانابی است که اکوسیستم‌های آبی را پشتیبانی می‌کند و برای مصارف انسانی در دسترس است.**
- ▶ **استمرار ورود آلودگی‌ها، سرانجام از تاب و توان تحمل زیست‌بوم فراتر می‌رود و به خسارت‌های فراوان و احتمالاً برگشت‌ناپذیری ختم می‌شود. سامانه‌های آب زیرزمینی به ویژه منابع آب شیرین آسیب‌پذیر هستند؛ وقتی آلوده شدند، برگشت به شرایط قبلیشان دشوار و پرهزینه است.**

کشورها از این منبع محدود، یکسان نیست. از این نظر توجه به امکانات و محدودیت‌ها الفبای مدیریت جدید آب است. سهم کشور ایران از سطح خشکی‌های جهان ۱،۲ درصد و از جمعیت جهان یک درصد و از آب تجدیدپذیر ۰،۳ درصد است.

### آب و اکوسیستم‌ها

اکوسیستم مجموعه‌ای از موجودات زنده و محیط زندگی آنهاست. اکوسیستم‌ها دارای ساختار مرکزی از کارکردهای به‌هم پیوسته‌اند که توسط میلیون‌ها موجود زنده متفاوت ایجاد می‌شود. سامانه‌های انسان ساخت در مقام مقایسه با اکوسیستم‌ها، مجموعه ساده‌ای با اثر بخشی محدود است. بزرگ‌ترین اکوسیستم شناخته شده، زیست کره است. اکوسیستم‌های بی‌شماری در داخل زیست کره شکل گرفته‌اند که به دو دسته کلی اکوسیستم‌های آبی و اکوسیستم‌های خاکی تقسیم می‌شوند.

### اکوسیستم خشکی، اکوسیستم آبی (آب سبز و آب آبی)

در یک آبخیز/حوضه آبریز، بارش بین طبیعت و جامعه انسانی و بین سامانه خشکی و آبی به اشتراک گذاشته می‌شود. بنابراین آبخیز/حوضه واحدی است که در آن توازن بین انسان و طبیعت می‌تواند محقق شود. تمامی بارش‌ها بعد از رسیدن به سطح زمین به دو بخش آب سبز و آب آبی تقسیم می‌شود. آب سبز جریان آب تبخیر شده‌ای است که اکوسیستم‌های خشکی را پشتیبانی می‌کند و آب آبی روانابی است که اکوسیستم‌های آبی را پشتیبانی می‌کند و برای مصارف انسانی در دسترس است. سامانه جریان آب سبز بیانگر آب مصرفی جنگل‌ها، مراتع و اراضی دیم کاری است. به طور کلی این آب اکوسیستم‌های خشکی را و به طور اخص تولیدات دیم را برقرار نگاه می‌دارد. تولید دیم ۶۰ درصد تولید مواد غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. این نسبت برای کشور ایران به دلیل شرایط اقلیمی و مدیریتی آن حدود ۱۰ درصد است. آب آبی از بالای بلندی‌ها به پایین، از زمین به سیستم‌های آبی در جایی که برای مصارف جوامع انسانی در دسترس است، جریان می‌یابد. با برداشت آب برای پشتیبانی از فعالیت‌های وابسته به آب انسان، آب آبی، ذخیره‌سازی و استحصال می‌شود و به مناطق شهری و صنعتی انتقال می‌یابد. اکوسیستم‌ها، حتی آنهایی که سکونتگاه برای گیاهان و جانوران در بیابان فراهم می‌کنند، واقعاً به آب وابسته‌اند. برخی از اکوسیستم‌ها مانند جنگل‌ها، باتلاق‌ها، یا مراتع، به آب باران و برخی دیگر مانند تالاب‌ها، به آب زیرزمینی یا تلفیقی متفاوتی از آب شور و شیرین در اکوسیستم‌های ساحلی وابسته‌اند.

### خدمات محیط زیستی

اکوسیستم‌ها خدمات اساسی را برای بشر مانند توسعه اقتصادی-اجتماعی و سامانه پشتیبانی از حیات تأمین می‌کنند. خدمات برای توسعه اقتصادی-اجتماعی از طریق ظرفیت مولد اکوسیستم‌های خشکی (جوب، هیزم، دارو، گیاه و نظایر آن) و اکوسیستم‌های آبی (ماهی، غذاهای دریایی و نظایر آن) ارائه می‌شود. از این رو، ظرفیت مولد هر دو نوع این اکوسیستم‌ها باید حفظ شود. اکوسیستم‌های خشکی نقش اساسی در فرایند تولید رواناب به عهده دارند، چون آنها مقادیر کلانی از آب سبز را مصرف می‌کنند. یعنی دوسوم بارش بر خشکی‌ها را به عنوان مثال هم‌اکنون جنگل کاری افریقای جنوبی فعالیت‌های بالقوه کاهنده رواناب‌ها عنوان می‌شود. چنان‌که اشاره شده، خدمات اکوسیستمی، علاوه بر پشتیبانی از حیات، به طور مستقیم جنبه‌های مولد برای توسعه اقتصادی و اجتماعی نیز دارد. اکوسیستم‌های مناظر طبیعی ممکن است بر اساس خصوصیات کاملاً از یکدیگر متفاوت باشند، بر اساس تفاوت اصلی میان مراتع و جنگل‌ها و بر اساس خصوصیات پوششی با گونه‌های غالب که با تغییر آب و هوا تغییر می‌کنند. سامانه‌های آب آبی و اکوسیستم‌های آبی که از آنها میزبانی می‌کنند، نه تنها منافع «در جریان» مانند استفاده‌های تفریحی، تفریحی، رفیق‌سازی آلوده‌کننده‌ها، ایجاد سکونتگاه‌هایی چون تالاب عرضه می‌کنند، بلکه منابع زنده‌ای نیز مانند ماهی، پرندگان آبی، صدف‌دارها و غیره از آنها صید می‌شوند.

خدمات محیط زیستی ایجاد شده مهمی در چرخه آب بعضاً مربوط به تالاب‌ها است. این تالاب‌ها می‌توانند در داخل خشکی یا در مناطق ساحلی باشند. وسعت تالاب‌های جهان ۵۷۰ میلیون هکتار است که تقریباً چهار دهم درصد مساحت خشکی‌های کره زمین را تشکیل می‌دهند. طبق تقسیم‌بندی کنوانسیون رامسر ۴۲ تیپ تالاب در سه دسته اصلی «تالاب‌های ساحلی-دریایی»، «تالاب‌های داخل خشکی» و «تالاب‌های مصنوعی» در جهان وجود دارد. ۳۰ درصد گیاهان و جانوران کره زمین در تالاب‌ها زندگی می‌کنند و تالاب‌ها ۲۰ درصد وزن خود قابلیت ذخیره‌سازی

خدمات محیط زیستی تالابها در مسیر توسعه اقتصادی و اجتماعی معمولاً در چهار گروه تأمین و تدارک (آب و غذا)، تنظیم و حفاظت (ریزغبار، امواج دریا و سیل، تغییرات آب و هوایی، آلودگی‌ها و امراض)، پشتیبانی (چرخه غذایی و گرده‌افشانی) و فرهنگی (احساس آرامش، تفریح و احترام به طبیعت) مورد توجه قرار می‌گیرند.

کربن دارند. خدمات محیط زیستی تالابها در مسیر توسعه اقتصادی و اجتماعی معمولاً در چهار گروه تأمین و تدارک (آب و غذا)، تنظیم و حفاظت (ریزغبار، امواج دریا و سیل، تغییرات آب و هوایی، آلودگی‌ها و امراض)، پشتیبانی (چرخه غذایی و گرده‌افشانی) و فرهنگی (احساس آرامش، تفریح و احترام به طبیعت) مورد توجه قرار می‌گیرند. در گذشته نزدیک دیدگاه منفی نسبت به تالابها وجود داشت و با توجه به سابقه بیماری‌هایی چون مالاریا، موم معتقد بودند که آنها مکانی بی‌ارزش و حتی زیان‌بار و محل پرورش حشرات موفدی و موجب آلودگی‌های محیط زیستی اند. اما با دریافت و درک بیشتر کارکرد آنها، دیدگاه‌ها در حال تغییر است و حتی متخصصان اقتصاد محیط زیست ارزش تالابها را ده برابر جنگل‌ها و دوپست برابر زمین‌های زراعی برآورد می‌کنند. در ایران بیش از ۸۴ تالاب با اهمیت بین‌المللی با وسعت تقریبی ۳ میلیون هکتار شناسایی که از بین آنها تاکنون ۳۵ تالاب در قالب ۲۴ عنوان با مساحت یک میلیون و نیم هکتار در کنوانسیون رامسر ثبت شده‌اند. در حال حاضر ۶ تالاب بین‌المللی به لحاظ شرایط در وضعیت مطلوبی نیستند و در لیست منتهی به عنوان تالاب‌های در معرض خطر قرار گرفته‌اند.

واژه خدمات در اصطلاح «خدمات اکوسیستمی» مضمون اقتصادی دارد. جنبه قابل اندازه‌گیری و سنجش دارد تا برای مخاطبان عمومی و حتی برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران بیشتر قابل لمس و سبک و سنگین کردن باشد. در واقع این کار کردها واقعاً ارزش اقتصادی و مالی دارند و می‌توانند برای تعریف و راه‌اندازی کسب و کارها مورد توجه قرار گیرند. این دیدگاه در طرح حفاظت از تالاب‌های ایران نیز وجود دارد. شروع این طرح از سال ۱۳۸۴ بوده، در ۳ پایلوت اولیه اجرا شده، برای ۱۴ تالاب برنامه تهیه شده و برای ۴ تالاب دیگر در دست تهیه است. در همین طرح، پرداختن به موضوع «تدوین طرح‌های کسب و کار» و «پرداخت برای خدمات اکوسیستمی» قرار است به طور پایلوت آغاز شود، با این دیدگاه که چنانچه معیشت جوامع محلی و بومی با محیط زیست و تالاب گره بخورد، این جوامع خود به بهترین شکل ممکن وظیفه حفاظتی خود را انجام می‌دهند. به تبعیت از این دیدگاه، ممکن است مناطقی بتوانند به نحوی اداره شوند که نیازشان به منابع عمومی و دولتی کمتر شود و به ظرفیت‌ها و امکانات محلی متکی شوند. این برنامه برای ۵ تالاب «کالی برازان»، «آذربایجان غربی»، «زریوار»، «کردستان»، «چغاقور»، «چهارمحال بختیاری»، «حله» بوشهر و «شادگان» خوزستان در حال تهیه و تدوین است.

بنیادی‌ترین وظیفه در استفاده پایدار از یک سرزمین، به رسمیت شناختن وابستگی انسان‌های ساکن آن سرزمین به سامانه پشتیبانی‌کننده از حیاتی است که بدون آن نه غذا، نه سوخت و چوب، نه حیات وحش، نه گرده‌افشانی گیاهان و نظایر آن وجود نخواهد داشت. به طور ویژه، مناطق ساحلی، رودها، دریاچه‌ها، مصب رودها، ایخوان‌ها، اجزایی از چرخه آب هستند که فواید زیادی برای جوامع انسانی به ارمغان می‌آورند و باید حفاظت شوند، فوایدی چون ماهی‌گیری، تریبوری، فعالیت‌های تفریحی، پایداری حیات گیاهان آبی و رودخانه‌ای، استحصال آب برای آبیاری، تولید انرژی، مصارف شهری و خانگی.

## آب و حفاظت اکوسیستم‌ها

در قرن گذشته، منابع آب برای افزایش رفاه اقتصادی و اجتماعی مورد استفاده قرار گرفت، بدون آنکه سازگاری آن با پایداری اکوسیستم‌های حیاتی مورد توجه قرار گیرد. شهرنشینی و سایر تغییرات در کاربری اراضی، عملیات کشاورزی نادرست، و صنعتی شدن از فعالیت‌هایی بودند و هستند که می‌توانند رژیم‌های کمی و کیفی آب را در زیست‌بومها تغییر دهند و در نتیجه آنها را به شکل نامطلوبی دچار دگرگونی سازند. مداخلات انسانی از نظر تأثیرات اکوسیستمی آب مداخله‌های متعددی دارد، برخی به صورت مستقیم از طریق مداخله در جریان‌ها و مسیرهای محلی آب و برخی غیرمستقیم از طریق مداخله در نفوذپذیری خاک، پوشش گیاهی و تولید رواناب. چون کار کردهای اکولوژیک آب به طور مستمر توسط فعالیت‌های انسانی به صورت تغییر کاربری اراضی، تولید زیست توده، آلودگی و زوال کیفیت آب دچار اختلال می‌شود، مقابله با به‌هم‌پیوستگی زیستی بین آب شیرین در گردش و اکوسیستم‌ها چالشی کلیدی است. بر این اساس، بین کار کردهای گوناگون آب، نیاز به دادوگرفت است، وظیفه‌ای که انجام آن حتی از تلاش‌های متعارف برای تحویل آب به خانوارها، صنعت و کشاورزی پیچیده‌تر است. آب و غذا و مواد اولیه لازم برای امنیت معیشتی انسان، از محیط زیست پیرامون مراکز جمعیتی سرچشمه می‌گیرد. هر چند که این منابع نمی‌توانند بدون تغییر دادن بخش‌هایی از مناظر طبیعی (حفر چاهها، انتقال آب با تونل، ساخت سدهای مخزنی، و چین کشتزارها، پاک‌سازی جنگل برای استفاده از چوب، زه‌کشی، تسطیح اراضی و نظایر

آن) مورد بهره‌برداری واقع شوند. این تغییرات اکوسیستم‌های محلی را به هم می‌زند. هرچقدر غذای بیشتری برای تغذیه جمعیت رو به رشد باید تولید شود، اول به مصرف کود شیمیایی و بعد علف‌کش‌ها تکیه دارد تا محصولات گیاهی بیشتری تولید شوند. آب استحصال شده پس از استفاده به صورت فاضلاب آلوده و آب برگشتی به سیستم منابع آب بازمی‌گردد، مگر آنکه روی آن در حد بالا عملیات پالایش انجام شود. آب آبی همچنین برای آبیاری برداشت می‌شود. طی استفاده از بخشی از این آب - بهره‌برداری مصرفی - به جریان آب سبز برمی‌گردد در شرایطی که مازاد آن (بخش مصرف‌نشده) آب برگشتی به آب آبی را تشکیل می‌دهد. آب برگشتی به طور معمول با موارد شیمیایی عملیات کشاورزی و مواد غذایی موجود در خاک آلوده می‌شود. در مناطق خشک که برای تولید کشاورزی، اراضی «آبیاری» می‌شوند، این اقدام نیز به آثار جنسی محیط زیستی می‌انجامد (خوارکوری، آلودگی آب، زهدارشدن اراضی، شسوری خاک و آب و نظایر آن). برخی از این آثار قابل اجتناب و برخی اجتناب‌ناپذیر است. تولید پسماند (زباله‌های انسانی، صنعتی و...) نیز موجب به‌هم‌ریختگی بیشتر اکوسیستم‌های محلی می‌شود. با رشد جمعیت این به‌هم‌ریختگی تشدید می‌شود، و آثار جنسی اکولوژیکی افزایش می‌یابد که توجه بیشتر بخش‌هایی از اقشار اجتماعی را به اهمیت این موضوعات جلب می‌کند. توسعه انسانی به طور جدانشدنی با ذخیره‌سازی و کنترل آب همراه است. طی قرن بیستم، برای توسعه زیرساخت‌های آبی در اثر عوامل متعددی که بر جسته‌ترین آنها جمعیت‌شناسی، سیاسی و اقتصادی بودند، اقداماتی انجام شد. این اقدامات به تغییرات بسیار هیدرواکولوژیکی با طیف وسیعی از پیامدها منجر شد. فشار مستمر ناشی از برداشت آب برای پشتیبانی از توسعه جوامع انسانی، باعث تخریب تنوع زیستی و زیست‌بوم‌های وابسته به آب در سراسر جهان شده است. هم‌زمان با آن زوال کیفی آب و افزایش درجه حرارت باعث کاهش ظرفیت زیستگاه‌های حیاتی می‌شود و به سرعت گونه‌هایی را نابود می‌کند. نواحی واقع در مجاورت آب‌راهها پاک و هموار می‌شوند، و زیستگاه‌های حاشه‌ای، غنی از تنوع محیط زیستی، به آسانی از دست می‌روند. در شرایطی که ارزیابی اقتصادی از چنین محدوددهایی قابل انجام است، این ارزیابی نمی‌تواند پیچیدگی به لحاظ اکولوژیکی ناشناخته‌ای را که جزو ذاتی تصمیمات انسانی درباره نحوه استفاده و مدیریت آب و خاک است در خود منعکس کند.

در چند دهه آینده پیش‌ران‌های قوی به صورت ادامه رشد جمعیت، جهانی شدن، صنعتی شدن و تلاش برای محو فقر و گرسنگی قابل پیش‌بینی هستند که حتی تغییرات محیط و مناظر طبیعی را بیشتر می‌کنند. همه اینها ورود به رویکردهای منطقی‌تر به محیط زیست را الزامی می‌سازد، چگونه؟ با در نظر گرفتن موضوعاتی که به یکدیگر وابسته‌اند.

کیفیت آب ورودی به اندازه کمیت آب با اهمیت است. تغییرات زیست‌بوم ممکن است در اثر تغییرات جزئی در کیفیت آب باشد. آلودگی‌های چندگانه معمولاً به طور هم‌افزایی با هم ترکیب می‌شوند و پیامدهای شدت‌یافته یا متفاوتی بروز پیدا می‌کند، نسبت به آثار جمعی که هر آلوده‌کننده به صورت تفکیکی ممکن است داشته باشد. استمرار ورود آلودگی‌ها، سرانجام از تاب و توان تحمل زیست‌بوم فراتر می‌رود و به خسارت‌های فراوان و احتمالاً برگشت‌ناپذیری ختم می‌شود. سامانه‌های آب زیرزمینی به ویژه منابع آب شیرین آسیب‌پذیر هستند؛ وقتی آلوده شدند، برگشت به شرایط قبلیشان دشوار و پرهزینه است.

## مدیریت تطبیقی اکوسیستم‌محور

برای اطمینان از محیط زیست آبی پایدار برای مردم و اکوسیستم‌ها، به توسعه محیط سیاست‌گذاری که بر خوردار از اطلاعات مناسب و سامانه‌های مدیریتی صاحب برنامه مشخصی باشد، نیاز است. محیط زیست آبی شامل مناطق ساحلی، رودها، دریاچه‌ها، مصب رودها، آب زیرزمینی، آب موجود در خاک و حتی جو زمین، جزئی از چرخه آب محسوب می‌شوند. مدیریت این محیط برای منفعت پایدار انسان آشکارا به توسعه سیاست‌های محیط زیستی مشوق سلامت اکوسیستم‌ها و ایمنی انسان‌ها نیاز دارد، بر طبق مدیریت و بهره‌برداری از تسهیلات و سامانه‌های مرتبط. در همین سیمپوزیوم بین‌المللی رودها و کنفرانس نیاز محیط زیستی، برگزار شده در بریس‌بین استرالیا، در ۳ تا ۶ سپتامبر ۲۰۰۷ حدود ۷۵۰ دانشمند، اقتصاددان، مهندس، مدیر منابع و سیاست‌گذار از ۵۰ کشور باینیه معروف به «باینیه بریس‌بین» را صادر کردند که نکات کلیدی آن درباره اهمیت، اختلالها، توجهات و تدابیر لازم، در ۱۵ بند تنظیم شد که در تدوین شیوه مدیریتی مورد نظر در این بخش، از آنها نیز استفاده شده است. در مجموع شیوه مدیریتی مطلوب باید دارای جامعیت و کل‌نگری، توانمندی از نظر تشخیص دادوگرفت میان کار کردهای مختلف اکوسیستمی و

توانمندی از نظر اصول مدیریت تطبیق پذیر با توجه به یادگیری اجتماعی، انعطاف پذیری و تاب آوری اکوسیستم‌ها باشد.

### جامع‌نگری

از دهه ۱۹۷۰ توجه به آثار توسعه منابع آب بر محیط زیست جلب شد و روش‌هایی برای ارزیابی اثر محیط زیستی طرح‌های آب بسط و گسترش پیدا کرد. در این میان کوشش‌های به مراتب کمتری صرف ارزیابی آثار محیط زیستی استراتژی‌های مدیریت منابع آب شد که لازم است به ویژه در کشور ما، این گامی برطرف شود. به علاوه قبلاً اکوسیستم‌های خشکی به طور سنتی به عنوان بخشی از کاربری اراضی عنوان می‌شدند، بدون توجه به مقادیر عمده آبی که آنها از طریق فتوسنتز مصرف می‌کنند، اما توجه به آب سبز، اکوسیستم‌های خشکی را در برنامه‌های مشترک مدیریت به هم پیوسته آب و خاک حایز اهمیت کرده است. تاکنون، مهندسان عمران و محیط زیست به مطالعه بخشی از سیستم و طراحی اجزای مشخص یک سامانه مهندسی توجه داشته‌اند. از حالا به بعد، توجهات فراتر از کارکرد اجزای منفرد می‌رود و کارکرد کل سیستم‌ها و تعامل سیستم‌ها با یکدیگر در نظر گرفته می‌شود - برای نمونه، به تأثیر بهره‌برداری از طرح‌های بزرگ آبی بر مصب رودخانه و ماهی‌گیری ساحلی توجه می‌شود، بر این اساس آبی که به دریا می‌ریزد، «تلف» نمی‌شود، چون این درک به وجود آمده که تغییر جریان آب به سمت اکوسیستم‌های آب و مصب رودخانه‌ها بر کارکرد آنها تأثیر دارد و باید برای آنها نیز سهمی قابل بود.

### توانایی در تشخیص دادوگرفت‌ها

چنان‌که از هم کنشی انسان‌ها و پدیده‌های اکولوژیکی در سامانه پشتیبانی از حیات برمی‌آید، دادوگرفتی باید در فرایندهای مدیریت به هم پیوسته اتفاق بیفتد. در این فرایند، باید به ابعاد مهم بالادست پایین دست توجه شود. بخش بالادستی آبخیز یا آبریز میزان تعدادی فعالیت متأثر از آب است، شامل تغییر کاربری اراضی، تعدیل جریان‌ها، بار آلودگی، و نظایر آن. همه آنها با هم بر جریان رودخانه، از نظر تغییرات فصلی و کیفیت جریانی که به منطقه پایین دست می‌رود، اثر گذارند. گروه‌داران (Stakeholders) پایین دست در تعدادی از فعالیت‌ها و پدیده‌های وابسته درگیرند: هم در استفاده مستقیم برای مصارف خانگی، خدمات شهرداری‌ها، صنعت، کشت آبی و نظایر آن و هم خدمات اکولوژیکی در تالاب‌های مجاور آبراه‌ها، اکوسیستم‌های آبی و اکوسیستم‌های ساحلی. چنان‌که قبلاً اشاره شد، در این نوع بررسی‌ها دو نقطه تمرکز مکمل در مقیاس اکوسیستم باید از یکدیگر تفکیک شوند: در یک طرف حفظ یک اکوسیستم در مکان معین برای نیازهای مشخص جامعه محلی؛ و در طرف دیگر، هنگامی که تمرکز بر ظرفیت تولید پایدار سامانه حیات در مقیاس آبخیز آبریز قرار دارد. به همین منظور، ایجاد ظرفیت انسانی و نهادی برای انجام بررسی‌ها و مشارکت فعال گروه‌داران و یادگیری از تجربیات گذشته و مستندسازی آنها، در فرایند تشخیص و تصمیم‌گیری درباره دادوگرفت‌ها، اکیداً توصیه می‌شود. می‌توان تعارض رو به افزایشی را بین استفاده‌های «در جریان» و «خارج از جریان» آب برای حفاظت از اکوسیستم‌ها پیش‌بینی کرد. خوشبختانه در سال‌های اخیر تشخیص بهتر و رو به پیشرفتی به وجود آمده که آب استفاده‌شده برای حفظ محیط زیست، یا به هم پیوستگی اکوسیستمی، نیازهای انسانی را نیز، با عرضه خدماتی که برای مردم مفید است، می‌تواند تأمین کند. مطالعات نقش آب در اکوسیستم‌ها توانایی ما را برای ارزش‌گذاری آن و درک فرایندهای اکوسیستمی بزرگ‌مقیاس، درازمدت و میزان جریان آب مورد نیاز آنها ارتقا داده است.

### مدیریت تطبیق پذیر

انگاره متعارف قبلی برای تأمین «هوازانه اکوسیستمی»، یعنی ثبات دائمی و حفاظت مطلق، در حال حاضر به دلایلی هواداری ندارد. انسان باید بیاموزد که با تغییر زندگی کند. پژوهش تأثیرگذار در این تغییر نگاه از آن «واندرلی یو» و همکاران در سال ۲۰۰۰ درباره زوال اراضی در منطقه مدیترانه در اثر فعالیت‌های جامعه انسانی در طول بیست‌هزار سال است. مفهوم‌سازی «هم‌تجولی فرایندهای جامعه و محیط زیست» از نتایج این بررسی بود. براساس نتایج این بررسی جهان بینی گذشته درباره جامعه و طبیعت که آنها را سیستم‌هایی نزدیک به تعادل فرض می‌کرد، کنار گذاشته شده و به جای آن نگرش پویایی انتخاب شده است. در این نگاه این «ثبات» است که احتمالاً باید یک استئنا تلقی شود و از این رو ارزش تحلیل ویژه را دارد. یعنی، به جای مفروض دانستن ثبات و تحلیل تغییر، به

مفروض دانستن تغییر و تحلیل ثبات نیاز افتاده است. از این مقدمه باید دریافت که ثبات یک استئنا از نظر تشدید پیوندهای میان اقدام انسانی و اکوسیستم‌های محلی است. مشابه آن، انگاره حفاظت بیشتر از اکوسیستم‌ها به طور ثابت و متواتر به نفع رویکردهای مدیریت اکوسیستم‌محور در حال تضعیف شدن است. یک نگاه دیگر به رابطه بین مدیریت به هم پیوسته آب و خدمات اکوسیستمی، مدیریت آبخیزها به عنوان دارایی است که مجموعه‌ای از کالاها و خدمات اکولوژیکی عرضه می‌کند. برخی از این خدمات با یکدیگر هم‌فزونی دارند و برخی در تعارض‌اند. بنابراین، انجام دادوگرفت هدفمند از دیدگاه انسانی لازم است تا موازنه جدیدی در محیط طبیعی اکوهیدرولوژیکی، ریشه‌دار شود. خدمات اکوسیستمی و منابع آب باید به شکل به هم پیوسته مدیریت شود. آبخیز و آبریز باید به روشی تطبیقی مدیریت شوند تا تاب‌آوری سامانه پشتیبانی از حیات در قبال حوادث غافلگیرکننده و نکته‌های، حفاظت و از سوق دادن اکوسیستم‌ها به سمت شرایط آسیب‌پذیرتر، پرهیز شود.

### تعیین و ارتقای معیارها

معیارهایی باید برای حفاظت از ظرفیت تولید پایدار پشتیبانی از حیات توسعه پیدا کند. این به معنی تشخیص کارکردهای کلیدی برای تولید کالاها یا اجتماعی و اقتصادی مهم، خدمات اکوسیستم‌های خشکی مهم از نظر اکولوژیکی، کالاها یا اجتماعی و اقتصادی مهم اکوسیستم آبی و خدمات اکوسیستمی آبی مهم از دیدگاه‌های مختلف، ضروری است. در این میان، سیل و خشک‌سالی نوعی به هم ریختگی اکوسیستم است که می‌تواند پیامدهای زیادی بر زیست‌بوم‌های تالابی و جنگلی داشته باشد. دوره‌های خشک‌سالی و سیل، بخش طبیعی زیست‌بوم‌ها هستند و زیست‌بوم‌ها خود را با آنها سازگار می‌کنند و از آنها تأثیر می‌پذیرند. سیلاب‌ها و رسوب‌های همراه آنها می‌توانند زیست‌بوم‌های طبیعی را دوباره از آب فراوان کنند و باعث انباشت خاک حاصل خیز برای گیاهان (شامل نباتات غذایی) باشند. انسان از طریق فعالیت‌هایش رژیم‌های به هم‌ریزی که موجودات زنده را در طول زمان تغییر می‌دهد، به وجود می‌آورد. بنابراین، به هم ریختگی ممکن است کاملاً متنوع باشد: به هم ریختگی طبیعی، غیرطبیعی، و ترکیبی. بنابراین نیاز به تأمین «کشسانی یا انعطاف‌پذیری» کافی اکوسیستم نسبت به تغییرات ناگهانی در شرایط محیطی مانند طوفان، آتش‌سوزی، خشک‌سالی یا حوادث ناگهانی آلوده‌کننده وجود دارد. اکولوژیست‌ها از این «کشسانی» به عنوان «تاب‌آوری» نسبت به به هم ریختگی یاد می‌کنند.

### بهره‌سخن

آب از طریق کارکردهای بسیار گوناگونش، نقش‌های چندگانه‌ای در دینامیک اکوسیستم‌ها و سامانه‌های اجتماعی ایفا می‌کند. کارکرد تعیین‌کننده و اکسیر حیاتی اکوسیستم‌های خشکی، به عنوان حامل مواد غذایی، و اکوسیستم‌های آبی به عنوان زیستگاه، در سامانه‌های اجتماعی آب کارکردهای اجتماعی بنیادی برای پشتیبانی زندگی انسان، تولید غذا و تولید انرژی و به عنوان محیط واسطه برای حمل‌درزرها و ترابری و حل‌الی روان و جاری، به عنوان یک تعدیل‌کننده میکرو کلیما در انتشار پیوسته پیامدها، یک حامل انرژی در مقیاس جهانی و نظایر آن بر عهده دارد. به شکل عمومی‌تر، اکوسیستم می‌تواند به صورت «عامل تولید» اصلی و پویایی برای توسعه اجتماعی و اقتصادی در نظر گرفته شود. اکوسیستم‌ها مقادیر زیادی منابع تجدیدپذیر و خدمات اکوسیستمی تولید می‌کنند که بهزیستی جامعه انسانی بر پایه آنها استوار است. این به معنی آن است که استفاده انسانی از این منابع و خدمات به وجود، نگهداری و بهره‌برداری از اکوسیستم‌های چندکاره‌ای وابسته است که گردش آب در آنها به مثابه «جریان خون» در بدن، حیاتی است. از مطالب مدیریتی بررسی شده نیز برمی‌آید که چگونگی حفظ تاب‌آوری سامانه پشتیبانی‌کننده از حیات آبخیز یا به طور مشخص کارکردهای کلیدی تولیدی آن سامانه، یک ملاحظه مهم است که باید در برنامه‌ها به آن توجه شود. موضوع کلیدی، تأمین ظرفیت برای جذب تغییرات دائمی بدون از دست دادن ظرفیت دینامیکی اکوسیستم برای عرضه کالاها و خدمات اکولوژیکی است. وظیفه برجسته در این خصوص، «مدیریت تطبیقی آبخیز‌محور» (آن گونه که در مقاله پایه‌ای شماره ۹ همیاری جهانی آب تألیف خانم فالکن مارک آمده است) با هدف حرکت به سمتی است که حق انتخاب‌ها را برای آینده به طور مطمئنی، بتوان حفظ کرد و از کف‌نند، باید از فروپاشی و نابودی کامل سیستم به هر طریقی و با اقدام در اولین فرصت ممکن، اجتناب کرد تا هم از تزلزل بیشتر معیشت اقشار آسیب‌پذیر جوامع محلی کاسته و هم منابع آب و خاک برای نسل آینده حفاظت شود. ■