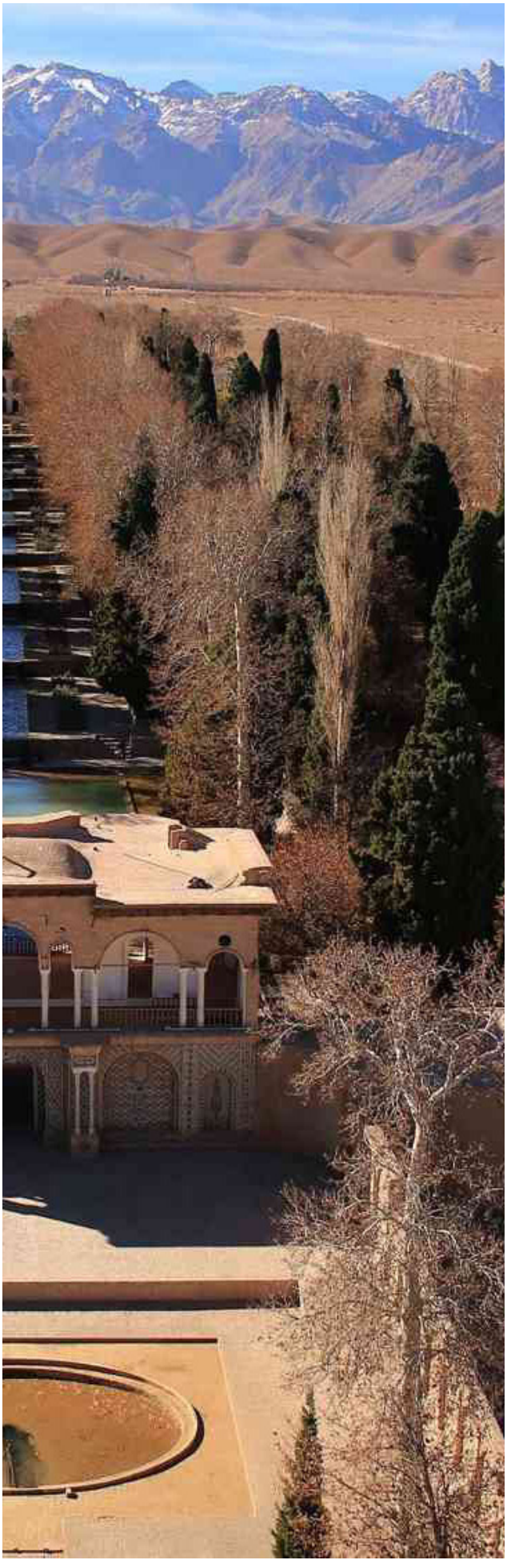


برقراری توازن در بیلان آب زیرزمینی

گردآوری و تلخیص: حمید پشتوان

خالی شدن آبخوان زمانی پدید می‌آید که خروجی آب از آبخوان، از ورودی آب به آن بیشتر می‌شود. این گزاره ساده، درست است، ولی بررسی بیلان آب زیرزمینی با جزئیات بیشتر و توجه به اینکه برداشت آب زیرزمینی به شکل دینامیک، ورودی‌ها و خروجی‌های آبخوان را تغییر می‌دهد اهمیت دارد.

ضوابط بهره‌برداری از آب زیرزمینی در سال‌های اولیه، به اشتباه بر این پایه بود که آبدهی مطمئن حوضه آب زیرزمینی، معادل نرخ تغذیه طبیعی آب زیرزمینی است. این اعتقاد درباره بیلان آب، این واقعیت را نادیده می‌گیرد که برداشت آب زیرزمینی می‌تواند به افزایش تغذیه و/ یا کاهش تخلیه منجر شود.

ازاین‌رو، سیستم‌های آب زیرزمینی را باید سیستم‌های پیچیده‌ای فهم کرد که واکنش آن‌ها به آشفتگی ناشی از برداشت، دینامیک است. چون زمان پاسخ هیدرولیک آبخوان‌ها طولانی است، ممکن است حالت تعادلی جدید با ذخیره ثابت، به آسانی در مقیاس زمانی بشر حاصل نشود. پیچیدگی‌های بیشتر، به سبب تغییرات در اقلیم و کاربری اراضی به وجود می‌آید. بنابراین، در بررسی بیلان آب آبخوان‌ها باید تحول دینامیک این سیستم را به حساب آورد و نمی‌توان تنها نرخ‌های تغذیه طبیعی و برنامه‌ریزی‌شده برداشت را منظور کرد. با وجود این، بحث درباره خالی‌شدن آبخوان و گزینه‌های مدیریت برحسب تغذیه و برداشت، منطقی است. این دو پارامتر، مهم‌ترین مؤلفه‌هایِ قابل مدیریت بیلان آب زیرزمینی به شمار می‌آیند.

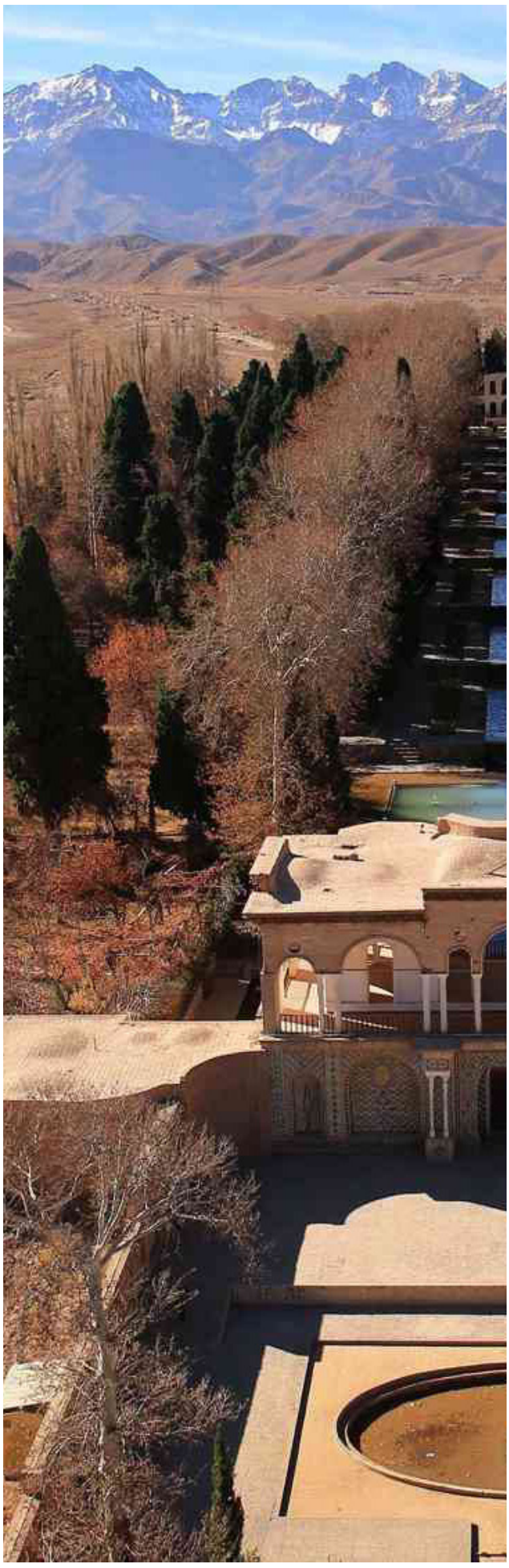
استراتژی‌های مدیریت آب را می‌توان به دو دسته استراتژی‌های طرف تقاضا که هدفشان کاهش برداشت آب زیرزمینی است، و استراتژی‌های طرف عرضه که می‌کوشند به‌طورکلی تأمین آب، و به‌طور خاص تغذیه آب زیرزمینی را افزایش دهند تقسیم‌بندی کرد. نخست برداشت و استراتژی‌های طرف تقاضا را بررسی می‌کنیم و سپس به بحث درباره عواملی می‌پردازیم که برتغذیه و استراتژی‌های احتمالی طرف عرضه تأثیر می‌گذارند.

برداشت آب زیرزمینی مستقیماً بر بیلان آب آبخوان‌ها تأثیر می‌گذارد، و ممکن است عامل اصلی در خالی‌شدن آبخوان باشد. در بسیاری از حوضه‌های مهم آب زیرزمینی، میزان خالی‌شدن سفره، درصد قابل ملاحظه‌ای از برداشت کل آب زیرزمینی است (۷ تا ۸۷ درصد از میانگین ملی). برداشت آب زیرزمینی وابستگی شدیدی به الگوها، روش‌ها و کارایی آبیاری دارد، چون

بیشتر استفاده مصرفی آب در سطح جهانی به‌منظور آبیاری است. بنابراین، تقاضای رو به افزایش برای آب زیرزمینی درنهایت متأثر از تقاضای رو به افزایش غذا است که به نوبه خود ناشی از رشد جمعیت و تغییر رژیم غذایی است.

با توجه به اینکه خالی‌شدن آبخوان‌ها با کشاورزی آبی پیوند دارد، بررسی راه و رسم‌های آبیاری اهمیت می‌یابد. ارتقای کارایی آبیاری غالباً به‌عنوان راهی برای کاهش تقاضای آب و بنابراین برداشت توصیه می‌شود. ولی در نواحی کشاورزی که آبخوان‌های کم‌عمق قرار دارد، خالی‌شدن سفره آب زیرزمینی تا اندازه زیادی تحت کنترل نرخ تبخیر و تعرق است تا فقط نرخ برداشت، چون اضافه‌برداشت آب زیرزمینی به آبخوان باز می‌گردد. به این دلیل، کاهش برداشت آبیاری که در جلگه شمال چین بعد از میانه دهه ۷۰ اتفاق افتاد، نرخ اُفت سطح آب زیرزمینی را کاهش نداد. در هایپلینز در ایالات متحده، آبیاری کارآ به زارعان اجازه داده است اراضی بیشتری را آبیاری کنند. این کار به تبخیر تعرق بالاتر، به هزینه کاهش جریان برگشتی آبیاری منجر می‌شود و بدین ترتیب و برخلاف انتظار، آبخوان را بیشتر خالی می‌کند. افزایش کارایی آبیاری می‌تواند به شورشدن خاک نیز منجر شود. در نهایت، اگر آبیاری با آب زیرزمینی، تبخیرتعرق گیاه را تا بیشتر از میزان ورودی‌های آب به منطقه (از طریق بارش و جریان ورودی) افزایش دهد، خالی‌شدن آب زیرزمینی اجتناب‌ناپذیر است. در عوض، نرخ خالی‌شدن سفره آب زیرزمینی می‌تواند با رشددادن گیاهان کمتر یا آبیاری اراضی کمتر، کاهش یابد. البته این کار معمولاً ازنظر سیاسی به اندازه استفاده از تکنولوژی افزایش کارایی آبیاری جذابیت ندارد. از دید مدیریت آب، جبران کمبود آب با واردکردن غذا در قالب آب مجازی می‌تواند گزینه جذابی برای برخی کشورها باشد. یک گزینه برای کاهش خالی‌شدن آبخوان، و درعین‌حال حفظ تولید کشاورزی می‌تواند بهینه‌سازی استفاده تلفیقی از آب سطحی و زیرزمینی برای آبیاری باشد، با اینکه آبیاری با آب زیرزمینی معمولاً بهره‌وری بیشتری دارد، و استفاده تلفیقی در مناطقی که آب سطحی اندکی دارند، ارزش محدودی دارد.

خالی‌شدن سفره آب زیرزمینی، به در دسترس‌بودن آب برای پرکردن دوباره ذخایر آب زیرزمینی بستگی دارد. این گفته بدین معنا است که مناطق خشک در برابر اثرات برداشت، آسیب‌پذیرتر هستند. خالی‌شدن سفره آب زیرزمینی، بیشتر از همه‌جا در مناطق نیمه‌خشک و مرطوب جهان مشاهده می‌شود و حاکی از آن است که در حال حاضر، عامل برداشت در مقایسه با عوامل اقلیمی حاکم بر تغذیه، غلبه دارد. تاکنون تغییرات مرتبط با اقلیم در آبخوان‌ها در مقایسه با عوامل غیر اقلیمی، کوچک بوده است. با این همه، سیستم‌های آب زیرزمینی نشان داده‌اند که در گذشته نسبت به تغییر اقلیم، پاسخ داده‌اند. براساس دانش کنونی ما، هیچ موردی از خالی‌شدن عمده آبخوان در سطح منطقه‌ای با تغییر اقلیم تاریخی توضیح داده نشده است. با این همه در آینده، تغییرات مرتبط با اقلیم در نرخ‌های تغذیه می‌تواند بر نرخ‌های خالی‌شدن سفره‌های آب زیرزمینی تأثیر بگذارد.



پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی، چالش‌برانگیز است، و در تمام گام‌های این فرایند، از سناریوهای انتشار گاز گلخانه‌ای تا مدل‌های جهانی اقلیم و روش‌های کاهش مقیاس (downscaling) برای تطبیق پیش‌بینی‌ها با مقیاس آبخوان‌ها و در نهایت، مدل‌های هیدرولوژیکی و اثرات تغییر اقلیم بر پوشش گیاهی و دینامیک تغذیه، عدم قطعیت وجود دارد. شاید بتوان بزرگترین منبع عدم قطعیت را انتخاب مدل چرخش جهانی دانست، چون این مدل‌ها در پیش‌بینی‌های خود از متغیرهای اقلیمی مانند بارش، تفاوت اساسی دارند. ارزیابی جهانی آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی نسبت به اثرات تغییر اقلیم، بیشترین آسیب‌پذیری را در شمال و جنوب غرب آفریقا، شمال شرق برزیل و آند مرکزی نشان می‌دهد. برخی از این مناطق هم‌اکنون شاهد خالی‌شدن سفره‌های آب زیرزمینی هستند، و کاهش نرخ‌های تغذیه ممکن است عامل فشار افزون‌تری باشد. پیش‌بینی می‌شود تغذیه در سایر مناطقی که شاهد خالی‌شدن سفره‌های آب زیرزمینی هستند افزایش یابد.

گزینه‌های مدیریت عرضه به دنبال افزایش تغذیه با به کارگیری راهکارهای فنی هستند. برای نمونه، تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی در برخی مناطق مانند دره مرکزی کالیفرنیا انجام می‌شود. در برخی موارد از پساب تصفیه‌شده نیز استفاده

> **«ارزیابی جهانی آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی نسبت به اثرات تغییر اقلیم، بیشترین آسیب‌پذیری را در شمال و جنوب غرب آفریقا، شمال شرق برزیل و آند مرکزی نشان می‌دهد.»**

می‌شود. طرح‌های تغذیه مصنوعی نیز برای جلگه شمال چین و هند پیشنهاد شده است. در مقایسه با ذخیره آب در مخزن‌های سطحی، ذخیره زیرسطحی معمولاً تلفات تبخیری ندارد. برای کشور هند، یک استراتژی امیدوارکننده ممکن است تبدیل شبکه موجود کانال‌ها به سامانه‌های تغذیه مصنوعی بزرگ‌مقیاس باشد. یک راهکار سخت‌افزاری برای افزایش تأمین آب، انحراف بزرگ‌مقیاس آب است، آن گونه که در گذشته در دره مرکزی کالیفرنیا اتفاق افتاده است. پروژه بزرگ انتقال آب از جنوب به شمال چین، آب را از جنوب پرآب چین برای تأمین نیاز شمال کم‌آب انتقال خواهد داد. ولی حتی چنین ابرپروژه‌ای ممکن است برای پرکردن شکاف میان بارش و تبخیرتعرق در جلگه شمال چین کفایت نکند و هزینه‌های اجتماعی اقتصادی و اکولوژیکی چنین پروژه‌هایی زیاد هستند.

مأخذ: خالی‌شدن سفره‌های آب زیرزمینی، علت‌ها و استراتژی‌های مقابله: www.iwpri.ir