

سیاست‌ها و ابزارهای کاهش برداشت آب زیرزمینی



انديشكده تدبير آب ايران
انلي بازرگاني، صنايع، معادن و كشاورزي كرمين

سیاست‌ها و ابزارهای کاهش برداشت آب زیرزمینی

نوشتار حاضر ترجمه‌ای است از:

OECD (2015), *Drying Wells, Rising Stakes: Towards Sustainable Agricultural Groundwater Use. Chapter 3. What policy instruments help to manage agricultural groundwater use sustainably?*

طراحی و صفحه‌بندی: دبیرخانه اندیشکده تدبیر آب ایران

چاپ اول: اردیبهشت ۹۷

کلیه حقوق این مقاله، محفوظ و متعلق به اندیشکده تدبیر آب ایران است. استفاده از مطالب با ذکر مأخذ بلامانع است. دیدگاه‌های طرح‌شده در این نوشتار، لزوماً به معنای دیدگاه‌های اندیشکده تدبیر آب ایران نیست.

نشانی: تهران. خیابان کریمخان. خیابان نجات‌اللهی شمالی. روبروی بیمارستان یاس. پلاک ۲۱۲. طبقه ۴. واحد ۴.

تلفن: ۸۸۹۴۷۴۰۰ - ۸۸۹۴۷۳۰۰

www.iwpri.ir



اندیشکده تدبیر آب ایران
اتاق بازرگانی، صنایع معادن و کشاورزی کرمان

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- مقدمه
۱	۲- مدیریت خالی شدن منابع آب زیرزمینی و آثار خارجی
۴	۳- سیاست‌ها و گزینه‌های مدیریت مصرف آب زیرزمینی
۷	۴- ابزارهای طرف تقاضا برای مدیریت مصرف آب زیرزمینی
۸	۴-۱- وضع مقررات: مجوزهای پمپاژ، سهمیه و پهنه‌بندی
۹	۴-۲- ابزارهای اقتصادی: تأثیرگذاری بر انگیزه‌های بهره‌برداران
۱۶	۴-۳- مدیریت به دست بهره‌برداران: منطبق با شرایط محلی ولی متکی به مشارکت ذینفعان
۱۷	۴-۴- سایر شرایط ضروری برای مدیریت اثربخش آب زیرزمینی: نظارت و هماهنگی سیاست‌ها
۲۲	۵- رویکردهای طرف عرضه: برداشت بار محدودیت‌ها از دوش بهره‌برداران، با صرف هزینه
۲۳	۶- جمع‌بندی

۱- مقدمه

آب زیرزمینی در بسیاری از کشورها منبع مهم تأمین آب نیازهای کشاورزی و شهری به شمار می‌آید. متأسفانه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی غالباً بدون پایش و فارغ از مقررات کافی صورت می‌گیرد. برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی، پیامدهای منفی مانند کاهش آبدهی چاه‌ها، نشست زمین و ... و کاهش موجودی آب برای جمعیت رو به رشد خواهد داشت. پرداختن به این چالش‌ها به شیوه‌ای کارآمد، پرسش کلیدی برای سیاست‌گذارانی است که نگرانی فزاینده‌ای درباره امنیت غذایی و پایداری منابع آب دارند.

در این نوشتار، سیاست‌ها و ابزارهایی که می‌تواند در مدیریت آب زیرزمینی و کاهش مصرف، و در نتیجه کاهش برداشت از آبخوان‌ها در حوزه‌های تقاضا و عرضه به کار گرفته شود معرفی می‌شوند. همچنین، نقاط قوت و ضعف آنها به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲- مدیریت خالی‌شدن منابع آب زیرزمینی و آثار خارجی

نخستین پرسش محوری که بر تحلیل سیاست‌های مدیریت مصرف آب زیرزمینی تقدم دارد، توجیه ضرورت مدیریت منابع آب زیرزمینی است. نظریه اقتصاد عمومی، از اقدام در شرایط نقص و شکست بازار پشتیبانی می‌کند. با این همه، تعریف کالای عمومی در مقابل خصوصی همیشه درباره آب روشن نیست، و حتی درباره آب زیرزمینی پیچیده‌تر است.

آب زیرزمینی، غالباً یک منبع مشترک^۱ در نظر گرفته می‌شود، یعنی ویژگی آن، منع‌پذیری^۲ پرهزینه و کاهش‌پذیری^۳ است. وقتی به کالایی منع‌پذیر گفته می‌شود که متقاضیان تا شرایط ویژه‌ای را احراز نکنند، از حق دسترسی به آن کالا محروم خواهند بود. از سویی دیگر، هر واحدی را که یک مصرف‌کننده برداشت می‌کند، برای دیگران در دسترس نیست. با این همه، این تعریف می‌تواند گمراه‌کننده باشد. منابعی که تمام و کمال، مشترک و *دارایی شخصی* دانسته می‌شوند، دو کرانه یک طیف به شمار می‌آیند، و بیشتر

¹ Common pool resources

² Exclusion

³ Subtractability

آبخوان‌ها در نقطه‌ای در حد فاصل این دو جای می‌گیرند. بر این اساس، نسبت دادن شأن منبع مشترک به آب زیرزمینی غالباً قابل کاربرد نیست، چون به ماهیت آبخوان بستگی دارد. یک آبخوان با قابلیت ذخیره بالا و قابلیت انتقال پائین، بیشتر به یک دارایی خصوصی نزدیکتر است تا یک منبع مشترک. در نتیجه، منافع حاصل از تدابیر مدیریت ممکن است کمتر از انتظار و کاملاً متغیر باشد. افزون بر این، درجه پیوستگی با پیکره‌های آب سطحی نیز می‌تواند بر اینکه آیا آب زیرزمینی به عنوان یک منبع خصوصی یا مشترک عمل می‌کند تأثیر بگذارد.

منابع مشترک با مشکلات حد برداشت مجاز و ساز و کار بهره‌برداری روبرو هستند، یعنی چگونگی اطمینان یافتن از حفاظت و پایداری منبع، و چالش‌های تخصیص منبع. پاسخ‌های نهادی مختلفی به این مشکلات وجود دارد، از شیوه مدیریت تعاونی تا شیوه غیر تعاونی یا وضع مقررات به دست نهادهای مسئول. مشکل حد برداشت غالباً نیازمند مداخله دولت خواهد بود، ولی چالش‌های تخصیص در برخی موارد می‌تواند به دست خود بهره‌برداران حل شود.

چه هنگام مدیریت به رفاه جامعه منجر می‌شود؟ در مورد مدیریت آب زیرزمینی به عنوان یک منبع تجدیدپذیر، هیچ پاسخ عمومی وجود ندارد. شماری از نوشتارهای اقتصادی این پرسش را عمدتاً با تمرکز بر مسئله برداشت آب زیرزمینی یا نمونه‌ای از مدیریت منبع تجدیدپذیر، با تکیه بر وضعیت‌های نسبتاً ساده‌شده، با فرض عدم اثرگذاری خارجی منفی، حقوق بسامان مالکیت، و آبخوان‌های نسبتاً بزرگ (قابلیت ذخیره بالا، قابلیت انتقال کم) مطالعه کرده‌اند. جمع‌بندی کار آنان این است که منافع مدیریت آب زیرزمینی همیشه قابل ملاحظه نخواهد بود، و وابستگی زیادی به پارامترهای اقتصادی، هیدرولوژیکی و اجتماعی دارد.

با این همه، تردیدی نیست که مدیریت آب زیرزمینی در شرایطی که با آثار خارجی منفی بهره‌برداری روبرو هستیم، و بهره‌برداران، این پیامدها را به حساب نمی‌آورند انکارناپذیر است. بحث قابل توجهی در نوشتارها درباره معیار احتمالی برای تعریف زمانی که پمپاژ آب زیرزمینی خسارت‌آفرین می‌شود انجام شده است. با این همه، موضوع مقابله با خالی شدن ذخیره ثابت به ندرت مورد توجه قرار گرفته است. در نوشتارها معمولاً به آثار

خارجی ناشی از پمپاژ پرداخته می‌شود. آثار منفی، انواع مختلفی دارد، با درجات مختلف خسارت، و در سیستم‌های آب زیرزمینی مختلف پدید می‌آیند. ولی حتی متداول‌ترین موارد شامل کاهش آبدهی چاه و افزایش هزینه‌های پمپاژ ممکن است مستلزم مدیریت باشد، به ویژه اگر تشدید آنها به پیامدهای مهم‌تری منجر گردد.

خالی شدن آب زیرزمینی در درازمدت (در آبخوان‌های نسبتاً بزرگ) معمولاً مستلزم سیاست‌گذاری عمومی است. در چنین مواردی، خصوصیات منبع مشترک ممکن است غالب‌تر شود. نگرانی درباره کیفیت و آثار منفی بهره‌برداری بی‌رویه، احتمالاً به نسبت‌افت تراز افزایش می‌یابد. بنابراین، مشکل حد مجاز برداشت در چنین وضعیتی، ممکن است برنامه‌ریزی و مدیریت بلندمدت را برای اجتناب از مشکلات آتی تخصیص ایجاد نماید.

توجه بالا بازتاب‌دهنده راه و رسم‌های عملی است. در دهه گذشته، دو دسته نگرانی اصلی در برخی کشورها، انگیزه تغییر سیاست مدیریت آب زیرزمینی را به وجود آورده است. نخست، نگرانی درباره‌افت فیزیکی سیستم‌های آبخوان، شامل تغییرات در کیفیت و کمیت آب زیرزمینی (از جمله شوری)، و نیز پتانسیل فرونشست برگشت‌ناپذیر. دوم، برهم‌کنش‌ها میان سیستم‌های آب زیرزمینی و آب سطحی. برای نمونه، نگرانی درباره کاهش جریان رودخانه، به وضع مقررات درباره مصرف آب زیرزمینی در شماری از حوضه‌های آبریز مشترک در ایالات متحده شده است، از جمله، رودخانه Pecos (میان تگزاس و نیومکزیک)، رودخانه آرکانزاس (کانزاس و کلرادو)، و رودخانه Republican (کانزاس، نبراسکا و کلرادو)، و نیز در کشورهای دیگر مانند حوضه Guadalquivir در اسپانیا. اثرات منفی کاهش جریان بر زیستگاه‌های رودخانه‌ای و گونه‌های در معرض خطر نیز به وضع مقررات در چندین ایالت آمریکا منجر شده است.

در مقابل، تأثیرگذاری چاه‌های مجاور، و پتانسیل رفتار بهره‌برداران در پاسخ به این مسئله، با اینکه تمرکز مهم پژوهش اقتصادی در سی سال گذشته بوده است، با اندک استثنا، محرک مهم تغییر الزامی در سیاست مدیریت آب زیرزمینی نبوده است. یک دلیل این روند را می‌توان چنین توضیح داد که چون کشاورزی آبی بزرگ‌مقیاس، حداقل در برخی کشورها متداول است، فاصله‌گذاری چاه‌ها به اندازه کافی زیاد بوده است که اثرات پمپاژ بر مالکان چاه‌های مجاور، در مقایسه با‌افت ناشی از پمپاژ یک چاه کوچک بوده است. در واقع، ضوابط فاصله‌گذاری چاه‌ها، نوعی سیاست به شمار می‌آید که می‌تواند در مقیاس موضعی، به دقت برای کاهش پتانسیل تأثیرگذاری چاه‌های مجاور به کار گرفته می‌شود.

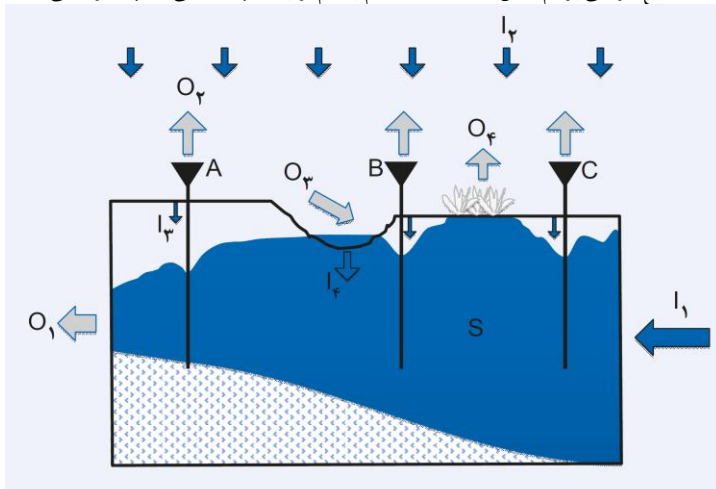
افزون بر این در برخی پژوهش‌ها، مصاحبه با زارعان نشان می‌دهد که نگرانی‌های تولیدکننده معمولاً بر رفتار احتمالی همسایگانش تمرکز ندارد. از این رو، این نوشتار بر رفتار استراتژیک، به عنوان انگیزه کلیدی تولیدکنندگان کشاورزی یا محرک تغییر سیاست تمرکز نخواهد داشت.

۳- سیاست‌ها و گزینه‌های مدیریت مصرف آب زیرزمینی

مدیریت آب زیرزمینی نیازمند شناخت کافی و تفصیلی جریان آب زیرزمینی و اثرات مستقیم پمپاژ برای شناسایی اهرم تأثیرگذاری در تدابیر انتخابی است. کادرا، مدل ساده‌شده‌ای از یک آبخوان نامحصور را در پیوند با آب سطحی توصیف می‌کند. در این مثال، جنبه‌های کلیدی و دینامیک برهم‌کنش سیستم طبیعی - انسانی نشان داده می‌شود. این مدل ساده‌شده نشان می‌دهد که: الف) جریان‌های مختلفی در سیستم‌های آب زیرزمینی وجود دارد؛ ب) چاه‌های مختلف، بر اساس موقعیت نسبی و عمق آنها می‌توانند اثرات مختلفی داشته باشند؛ و ج) راه و رسم‌های آبیاری نیز ممکن است مهم باشد.

کادرا ۱- مدل ساده برهم‌کنش‌های انسان - طبیعی در یک آبخوان

مقطع عرضی برهم‌کنش‌ها در یک سیستم به هم‌مرتبط آب سطحی - آب زیرزمینی



توضیح: A و B و C سه چاه هستند. S آبخوان، و قسمت هاشورخورده، آب شور واقع در زیر آبخوان است. هزینه‌های پمپاژ برای چاه A، بیشترین مقدار خواهد بود، چون عمق آن تا آب زیرزمینی، بیشترین فاصله است. افزون بر این، ضخامت لایه اشباع در زیر چاه A نیز کمتر از چاه‌های B و C است، یعنی چاه A پائین‌ترین آبدهی را خواهد داشت.

ادامه کادر ۱

شکل بالا، برش عرضی یک سیستم به هم مرتبط آب سطحی- زیرزمینی را نشان می‌دهد. در این شکل، سه چاه (A، B و C) وجود دارد که برای پمپاژ آب زیرزمینی برای تولید کشاورزی استفاده می‌شود. چندین ورودی به این سیستم آبخوان وجود دارد: جریان ورودی آب زیرزمینی به محدوده مورد نظر (I_1)، بخشی از بارش که آبخوان را تغذیه می‌کند (نفوذ عمقی حاصل از بارش، I_2)، آب برگشتی آبیاری (I_3)، و تغذیه از رودخانه (I_4). خروجی‌ها نیز عبارتند از: جریان خروجی از آبخوان (O_1)، تبخیر/تعرق کشت (O_2)، جریان سطحی و زیرسطحی به درون رودخانه (O_3)، و تبخیر/تعرق پوشش طبیعی (O_4) که برای پشتیبانی اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی لازم است. موازنه جرم برای این آبخوان در هر دوره زمانی معین، رابطه مجموع ورودی‌ها ($I_1 - I_4$)، مجموع خروجی‌ها ($O_1 - O_4$)، و تغییر در آب ذخیره شده در آبخوان را نشان می‌دهد (ΔS):

$$\sum_{n=1}^4 I_n - \sum_{n=1}^4 O_n = \Delta S$$

موازنه جرم نشان می‌دهد که اگر آبخوان بخواند در حالت پایا قرار داشته باشد، یعنی حالتی که هیچ تغییری در ذخیره آب وجود ندارد، ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم باید در توازن باشند. اگر مجموع خروجی‌ها از سیستم آب سطحی- زیرزمینی از مجموع ورودی‌ها پیشی بگیرد، تغییر در ذخیره منفی خواهد بود، یعنی آبخوان خالی خواهد شد. اگر مجموع ورودی‌ها از مجموع خروجی‌ها پیشی بگیرد، آبخوان تغذیه خواهد شد.

در مقیاس منطقه‌ای، اگر جریان ورودی زیرسطحی به این سیستم (I_1) یا بارش (I_2) کاهش یابد، حتی اگر پمپاژ آب زیرزمینی (O_1) افزایش نیابد، جریان خروجی از سیستم کاهش می‌یابد یا سهم آب زیرزمینی در جریان پایه رودخانه (O_3) یا اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی (O_4) کاهش می‌یابد. کاهش در جریان نهر ممکن است بر زیستگاه رودخانه‌ای و پائین دست تأثیر بگذارد، یا بر سر تخصیص‌های آب سطحی مشترک تعارض پدید آورد. اگر بهره‌برداران کشاورزی، کارآیی سامانه‌های آبیاری را افزایش دهند و همزمان پمپاژ را همان میزان قبلی نگاه دارند، تغذیه (I_2) افزایش خواهد یافت، و دوباره کاهش در خروجی‌ها، ذخیره، یا ترکیبی از این دو وجود خواهد داشت. نکته مهم‌تر اینکه، انتظار می‌رود در زمان خشکسالی که تمام ورودی‌ها کاهش می‌یابد، نیازهای آبی گیاه و نیز پوشش طبیعی افزایش یابد، در نتیجه جریان نهر در رودخانه‌ای که ارتباط هیدرولوژیکی با آبخوان دارد، و نیز موجودی آب برای دیگر اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی کاهش می‌یابد.

افزون بر اثرات منطقه‌ای بر سیستم آب زیرزمینی، ممکن است اثرات موضعی ناشی از پمپاژ آب زیرزمینی نیز وجود داشته باشد. این قبیل آثار خارجی ممکن است شامل کاهش جریان رودخانه و آفت موضعی سطح آب زیرزمینی باشد. برای نمونه، تداوم پمپاژ در چاه B به کاهش جریان رودخانه منجر خواهد شد. همچنین، چون چاه B نسبت به چاه‌های A و C به رودخانه نزدیکتر است، تأثیر پمپاژ به ازای هر واحد آب پمپاژ شده از چاه B نسبت به چاه‌های دیگر بیشتر خواهد بود. از سویی دیگر، هر دو چاه B و C می‌توانند بالقوه بر اکوسیستم وابسته به آب زیرزمینی تأثیر بگذارند (O_4)، اگر مخروط آفت این دو چاه، سطح آب زیرزمینی را که اکوسیستم به آن وابسته است پائین ببرد.

اگر آب شور در زیر آبخوان آب شیرین واقع باشد، تداوم کاهش آبخوان ممکن است به کاهش کیفیت آب در چاه پمپاژ منجر شود. بدین ترتیب، به آبیاری کشت‌ها لطمه می‌زند. در شکل ترسیم شده، عدسی‌های آب شور در زیر آبخوان آب شیرین قرار دارد. وقتی مقدار ذخیره در آبخوان آب شیرین کاهش می‌یابد، آب شور به بالا نفوذ می‌کند. وقتی به بخش اسکرین شده چاه برسد - چاه A - کیفیت آب به سرعت کاهش خواهد یافت.

حتی اگر در هدف‌ها و سیستم‌های آب زیرزمینی، تفاوت وجود داشته باشد، مقابله با کاهش آب زیرزمینی در بلندمدت و/ یا آثار منفی ناشی از آن، نیازمند ساز و کارهایی برای کنترل پمپاژ و/ یا افزایش دسترسی به منابع آب جایگزین است. بر این اساس، دو دسته از تدابیر را می‌توان به کار گرفت:

- تدابیر و راهکارهای تأثیرگذار بر تقاضا برای کاهش مصرف آب. این قبیل راهکارها می‌تواند بر صدور مجوز چاه‌ها، یا بر میزان برداشت از چاه‌ها، با استفاده از رویکردهای مستقیم و غیر مستقیم تمرکز کنند. وضع ضوابط خاص درباره کاربری اراضی، الگوی کشت، شیوه آبیاری، یا تأمین انرژی می‌تواند به عنوان اهرم غیر مستقیم برای کنترل بهره‌برداری از آب زیرزمینی استفاده شوند. سیاست‌های کشاورزی نیز می‌تواند بر استفاده از آب زیرزمینی تأثیر بگذارد.

- تدابیر معطوف به عرضه برای افزایش موجودی آب برای مصارف. این دسته از راهکارها تلاش خواهند کرد ذخیره آب زیرزمینی را افزایش دهند و/ یا از منابع آب جایگزین استفاده کنند (برای نمونه آب سطحی، پساب تصفیه‌شده). افزایش دسترسی به آب سطحی برای آبیاری، از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، و استفاده یا ذخیره پساب بازیافتی از جمله راهکارهای نوین به شمار می‌آیند، در حالی که نمک‌زدایی و ذخیره‌سازی آب زیرزمینی^۱ به سبب هزینه‌های بالای آن، هنوز در سطح گسترده در کشاورزی استفاده نمی‌شوند.

رویکردها و راهکارهای مختلف در جدول ۱ خلاصه شده‌اند. همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود، راهکارهای مختلف را می‌توان در سه دسته رویکرد تفکیک کرد: وضع مقررات، رویکردهای اقتصادی، و مدیریت به دست بهره‌برداران. در عمل ممکن است میان انواع مختلف، تا اندازه‌ای همپوشانی وجود داشته باشد. برای نمونه، وضع مقررات غالباً زیربنای تدابیر اقتصادی است، و تدابیر اقتصادی بر مقررات تکیه دارد. افزون بر این، راهکارها غالباً در ترکیب با یکدیگر به کار گرفته می‌شوند. هر یک از خانه‌های جدول، ابزارهایی را که می‌تواند بر مدیریت آب زیرزمینی تأثیر بگذارد نشان می‌دهد. چون سیستم‌های آب زیرزمینی متنوع بوده و با چالش‌های خاص همراه هستند، همه گزینه‌ها در

¹ Groundwater banking

تمام شرایط مفید نخواهند بود. اقتصاد مدیریت آب زیرزمینی می تواند مبنای مفیدی برای تصمیم گیری و انتخاب فراهم آورد.

۴- ابزارهای طرف تقاضا برای مدیریت مصرف آب زیرزمینی

در همین ابتدا باید یادآور شد که هیچ ابزاری نسبت به ابزارهای دیگر برتری ندارد. به بیانی دیگر، انتخاب ابزار مناسب، به درک شرایط هیدروژئولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی، و آثار خارجی مورد نظر بستگی دارد. علاوه بر این، حتی در یک مکان خاص، انتخاب راهکارها به سطح مورد نظر کاهش در مصرف آب نیز بستگی خواهد داشت: رتبه بندی راهکارها بر اساس تغییر در مصرف کل آب یا شرایط هیدروژئولوژیکی مورد نظر، تغییر می کند.

جدول ۱- راهکارهای مدیریت مصرف آب زیرزمینی

مدیریت جمعی	ابزارهای اقتصادی	تدابیر مقرراتی		
سرمایه گذاری و تصمیم مشترک برای حفر چاهها	وضع مالیات بر چاه	الزام به دریافت مجوز برای چاه	چاهها	رویکردهای طرف تقاضا
مستقیم: اقدامات دوطالبانه برای کاهش پمپاژ آب زیرزمینی	مستقیم: نرخ گذاری آب زیرزمینی، بازار آب زیرزمینی؛ طرح های ارتقای کارایی آب	مستقیم: مجوز بهره برداری، پایش الزامی، تعیین سهمیه، الزام به رعایت کارایی حداقل	مصرف	
	غیر مستقیم: طرح های حمایتی، پرداخت در قبال شیوه های دوستدار محیط زیست و حفاظت داوطلبانه، بازار انرژی و زمین	غیر مستقیم: مقررات درباره اراضی، حفاظت و مصرف انرژی		
ساخت تأسیسات با مشارکت در هزینه، طرح های ذخیره سازی و بازپایی آبخوان	طرح های مشارکت در هزینه، وام ها و یارانه برای ذخیره سازی آب زیرزمینی	اعمال مقررات درباره ذخیره به همراه مجازات عدم رعایت مقررات	تأمین آب برای ذخیره سازی	رویکردهای طرف عرضه
برنامه های مدیریت جمعی، استفاده از آب بازیافتی	تأمین مالی زیرساخت ها (سدها، تصفیه، نمک زدایی)	بازتخصیص آب سطحی	تأمین آب بیشتر	

در ادامه این بخش، ابزارهای تعریف شده در جدول ۱ به اختصار مرور می‌شوند. چون هدف این بخش، آشنایی کلی با راهکارها است، انفرادی معرفی می‌شوند، ولی باید توجه داشت که معمولاً چندین راهکار در ترکیب با یکدیگر به کار می‌روند. در پایان این بخش، الزامات مهم برای موفقیت راهکارها، مانند پایش و نظارت و انسجام تدابیر با ابزارهای دیگر به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرد.

۴-۱- وضع مقررات: مجوزهای پمپاژ، سهمیه و پهنه‌بندی

به طور کلی، مدیریت آب زیرزمینی با وضع مقررات سر و کار دارد. یکی از رویکردهای مهم، تخصیص پمپاژ مجاز آب زیرزمینی برای هر چاه است. مقدار مجاز پمپاژ می‌تواند بر پایه مساحت اراضی آبی و نیاز آبی گیاه باشد، یا بر پایه سابقه گذشته مصرف تعیین شود. میزان تخصیص به ازای واحد مساحت آبیاری ممکن است یکسان تعیین شود، یا ممکن است بر اساس شرایط هیدروژئولوژیکی آبخوان یا تکنولوژی آبیاری تعیین گردد.

از دید اقتصادی، وضع محدودیت‌های یکنواخت کمی (یا سهمیه‌ها) روش اثربخش هزینه‌ای برای تحقق بخشیدن به هدف گذاری‌های هیدروژئولوژیکی نیست، مگر آن که منافع به دست آمده و اثرات مصرف کنندگان و اثرات بهره‌برداران بر آبخوان، یکسان باشد. علت آن است که به طور کلی، تخصیص یکسان به هر بهره‌بردار با منافع نهایی مصرف آب مساوی نخواهد بود. با این همه، تعیین سهمیه معمولاً ابزار تنظیم عادلانه در نظر گرفته می‌شود، چون به طور یکسان بر دارندگان مجوز بهره‌برداری اعمال می‌شود. بر این اساس، اگر محدوده‌های اثرگذاری بهره‌برداران بر آبخوان، از نظر مکانی پراکنده‌گی اندکی داشته باشد، و نیز اگر منافع حاصل از بهره‌برداری یکسان باشد، تعیین سهمیه یکنواخت می‌تواند ابزار اثربخش مدیریت آب زیرزمینی به شمار آید. به نسبتی که پیچیدگی هیدروژئولوژیکی و ناهمگنی بهره‌برداران افزایش می‌یابد، سهمیه‌ها باید متناسب با افزایش دقت و اطلاعات لازم برای تنظیم اثربخش هدف گذاری شود.

پهنه‌بندی شکل دیگری از مقررات در مدیریت آب زیرزمینی به شمار می‌آید. در این شیوه، انجام فعالیت‌های معین در محدوده‌های مشخص شده محدود می‌شود. برای نمونه، ممکن است پمپاژ در فاصله معینی از رودخانه‌ای که یک زیستگاه حیاتی را پشتیبانی

می‌کند، یا در فاصله معینی از تأمین آب شرب یک شهر محدود شود. الزام به رعایت فاصله چاه‌ها نیز از مقررات پهنه‌بندی به شمار می‌آید.

۴-۲- ابزارهای اقتصادی: تأثیرگذاری بر انگیزه‌های بهره‌برداران

تفاوت ابزارهای اقتصادی با مقررات در این است که محدودیت‌های مطلق برای تغییر رفتار مصرف‌کنندگان قرار داده نمی‌شود، بلکه قصد آنها تشویق مصرف‌کنندگان به تغییر رفتار خود به گونه‌ای است که نتیجه هیدرولوژیکی مورد نظر محقق شود. این قبیل تدابیر مشوق پایه ممکن است برای دستگاه‌های نظارتی درآمدزا باشد (مالیات)، ممکن است هزینه‌بر باشد (یارانه‌ها)، یا ممکن است تنها شامل پرداخت میان بهره‌برداران باشد (مبادله آب). ابزارهایی که در این دسته جای می‌گیرند عبارتند از مالیات (مالیات بر آب پمپاژشده یا بر شاخصی از آن)، مجوزهای قابل مبادله، و خرید اراضی یا مجوزهای بهره‌برداری.

تفاوت مهمی که میان ابزارهای گوناگون اقتصادی وجود دارد، گستره پایش لازم و قابل انجام است. ابزارهایی که مشوق‌های مرتبط با کمیت فیزیکی آب زیرزمینی برداشت‌شده را هدف قرار می‌دهند، مانند مالیات بر پمپاژ و خرید و فروش مجوزهای بهره‌برداری، به توان پایش دقیق میزان مصرف آب و تأیید تغییر مصرف آب در نتیجه مشوق‌ها نیاز دارند. ابزارهایی که متوجه مشوق‌هایی مرتبط با کمیت اراضی آبی هستند ممکن است مشکلات کمتری برای پیاده‌سازی داشته باشند، چون معمولاً نظام پایش مرتبط با ارزیابی ارزش و مالیات‌داری دایر است.

البته در شرایطی که هیچ نوع مقررات الزام‌آور و قابل پیگرد درباره مصرف آب زیرزمینی وجود نداشته باشد، پیاده‌سازی ابزارهای مشوق‌پایه، و کمی‌سازی نتیجه آنها نیز دشوار خواهد بود. از این رو، وقتی ابزارهای مختلف برای مدیریت آب زیرزمینی از دید عملی مورد توجه قرار می‌گیرد، باید توجه داشت که ابزارهای مشوق‌پایه غالباً در ترکیب با مقررات استفاده می‌شوند. به بیانی دیگر، مقررات امکان پایش و پیگرد را به طور مستقل فراهم می‌آورند.

از دید مدل‌سازی اقتصادی، به آسانی می‌توان نشان داد که اگر یک بهره‌بردار با مالیات بر آب زیرزمینی که به عنوان نهاده تولید استفاده می‌شود روبرو باشد، تصمیم خواهد گرفت از مقداری استفاده کند که سود نهایی حاصل از مصرف آب (یعنی ارزش تولید نهایی حاصل از آب) با مالیات مساوی باشد. پس می‌توان برای برآورده ساختن شرایط بهینه در مدل، مالیاتی را انتخاب کرد که ابزار اثربخش هزینه برای دست یافتن به هر گونه هدف کمی هیدرولوژیکی باشد. اگر وضع‌کننده مقررات، مجموع پمپاژ از آبخوان را مورد توجه قرار دهد، این مالیات یکنواخت خواهد بود. اگر اضافه‌برداشت در مکان‌های خاصی رخ داده باشد، این مالیات نیز در مکان‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد. طبیعی است مالیات چاه‌هایی که تأثیر بیشتری بر آبخوان دارند بیشتر خواهد بود.

از دید وضع‌کننده مقررات، مالیات ممکن است ابزار مطلوبی باشد، چون هم راه‌حل بالقوه بهینه‌ای برای مشکل مدیریت به شمار می‌آید، و هم درآمدزا است. با این همه باید هشدارهایی را گوشزد نمود. نخست، ممکن است برای تولیدکنندگان، وضع مقررات جدید بر نهاده‌ای که در تولید کشاورزی استفاده می‌شود، ناموجه باشد و همه نهاده‌های مدیریت نیز اختیار قانونی برای انجام چنین کاری نداشته باشند. اشکال دوم مالیات این است که تقاضای آب آبیاری می‌تواند کاملاً کُشش‌ناپذیر باشد. برای نمونه، در یکی از مطالعاتی که در ایالت آرکانزاس انجام شده، به برآورد ۰/۱- رسیده است، و پاسخ‌ها در قلمرو تراکم چاه‌ها پدید آمده است، نشان‌دهنده انعطاف‌ناپذیری احتمالی زارعان نسبت به شرایط جدید است (در ایالت آرکانزاس، آب زیرزمینی برای آبیاری از آبخوان‌های پلینز پمپاژ می‌شود). در نمونه‌ای دیگر از این دست مطالعات، ۰/۱- متوسط کُشش معقول برای مصرف آب زیرزمینی در کشاورزی در سطح جهانی در نظر گرفته شده است. مطالعات چندی نیز به فقدان شواهد تأثیر مالیات بر استفاده از آب زیرزمینی اشاره می‌کنند. این نتایج بدین معنا است که به طور کلی ممکن است برای تغییر معنادار رفتار مصرف‌کنندگان در راستای تحقق تغییرات مهم در وضعیت هیدرولوژیکی، باید مالیات بالایی به ازای واحد پمپاژ وضع شود. با این همه، دریافت مالیات بالا ممکن است از نظر سیاسی عملی نباشد.

حتی اگر وضع مالیات بر استفاده از آب امکان‌پذیر نباشد، ممکن است وضع مالیات بر برخی نهاده‌های دیگر مرتبط با آب در فرایند تولید امکان‌پذیر باشد. یک راهکار ممکن، مالیات بر اراضی آبی بر پایه واحد مساحت است. در اینجا نیز ممکن است به سطح بالای مالیات نیاز باشد، ولی از نظر سیاسی ممکن است چندان محبوبیتی نداشته باشد.

امکان دیگر، استفاده از شیوه‌های غیر مستقیم است، برای نمونه وضع مالیات بر انرژی برای کاهش پمپاژ آب زیرزمینی، ولی نتیجه را نمی‌توان تضمین کرد. در یکی از مطالعات جهانی نشان داده شده است که با دوبرابر شدن قیمت انرژی، تنها کاهش محدودی در بهره‌برداری آب زیرزمینی نتیجه خواهد شد (۷/۵- درصد در خالی شدن آب زیرزمینی). در یکی از مطالعاتی که در ایالات متحده انجام شده به این نتیجه رسیده است که افزایش قیمت انرژی (با وضع مالیات) به طور میانگین ابزار اثربخشی برای مدیریت مصرف آب زیرزمینی در آبخوان‌ها پیلینز نخواهد بود. با این همه، در برخی دیگر از مطالعات، با تمرکز بر ناحیه خاصی از این آبخوان و با بررسی مشخص تر قیمت‌های برق، کشش‌پذیری را بیشتر از مطالعه پیش گفته یافته‌اند. این نتیجه گویای آن است که افزایش قیمت‌ها در این منطقه در عمل به تغییرات در رفتار و کاهش مصرف آب زیرزمینی در کشاورزی منجر خواهد شد (درباره نرخ‌گذاری انرژی در قسمت‌های بعدی توضیح بیشتری داده می‌شود).

دادن یارانه برای تحقق کاهش مصرف آب زیرزمینی ممکن است تأثیر محیط‌زیستی و رفاهی مشابه مالیات داشته باشد، ولی مستلزم جابجایی بودجه از وضع‌کنندگان مقررات به تولیدکنندگان است. جای شگفتی نیست که یارانه‌ها از نظر سیاسی برای تولیدکنندگان، مقبولیت بسیار بیشتری نسبت به مالیات دارند. در حال حاضر بیشتر طرح‌های یارانه در مدیریت آب زیرزمینی مستقیماً به کاهش پمپاژ یارانه نمی‌دهند، بلکه مشوق‌هایی را برای سهم‌شدن در هزینه برای تولیدکنندگان برای پیاده‌سازی راه و رسم‌های جدیدی که استفاده مصرفی آب را کاهش می‌دهد عرضه می‌کنند. برای نمونه، مشارکت در تأمین هزینه برای تکنولوژی حسگر رطوبت خاک یا برای به روزرسانی تکنولوژی آبیاری. در چنین مواردی، هدف‌گیری درست مصرف‌کنندگان و هدف‌ها بسیار مهم بوده و در وضعیت‌هایی که عدم تقارن اطلاعات وجود دارد چالش‌برانگیز است. حتی اگر طرح‌های یارانه به خوبی هدف‌گذاری شوند، می‌توانند اثربخش باشند، ولی ممکن است برای

وضع کننده مقررات هزینه بر باشند. افزون بر این، چنانچه نیاز باشد محدوده‌ای در مقیاس کوچک برای دستیابی به هدف‌های محیط‌زیستی در نظر گرفته شود، ممکن است پیاده‌سازی برنامه پرداخت یارانه‌ها دشوار باشد، چون معمولاً مستلزم ثبت نام داوطلبانه مردم در این طرح‌ها است.

پرداخت یارانه برای ارتقای کارآیی آبیاری، همان‌گونه که در استرالیا تجربه شده می‌تواند به عنوان یک شمشیر دولبه در مدیریت آب زیرزمینی عمل کند. افزایش کارآیی می‌تواند به نفع منابع آب زیرزمینی و کشاورزی باشد، ولی تغذیه را کاهش می‌دهد و ممکن است به مصرف اضافه‌تر آب، فارغ از ضوابط منجر شود. نخست، مشخص شده است دادن یارانه برای ارتقای کارآیی آبیاری، مصرف آب را افزایش می‌دهد، چون محصول بیشتر به تبخیر تعرق بیشتر، بدون آب برگشتی یا تغذیه آبخوان‌ها منجر می‌شود. افزون بر این، پاسخ‌های رفتاری نیز می‌تواند چنین طرح‌هایی را بی‌تأثیر سازد. برای نمونه، طرح‌های حمایت از ارتقای کارآیی آبیاری با آب زیرزمینی در آبخوان هایپلینز در آرکانزاس، زارعان را به افزایش سطح زیر کشت و تغییر به سمت گزینه‌های آب‌برتر واداشت، و در مجموع به مصرف بالاتر آب منجر گردید. برقراری پیوند میان کارآیی و سهمیه‌های برداشت می‌تواند از برخی از این تأثیرات پیشگیری نماید. محدودسازی برداشت، به خودی خود نیز می‌تواند صرفه‌جویی در مصرف آب را تشویق نماید و کارآیی آبیاری را افزایش دهد.

باید یادآوری شود که معافیت‌های مالیاتی (یا نرخ‌گذاری پائین) برای آب آبیاری را می‌توان یک یارانه ضمنی برای مصرف آب زیرزمینی به شمار آورد، و عدم احتساب کمیابی و آثار خارجی می‌تواند هزینه فرصت نهایی آب را کاهش دهد، و بدین ترتیب به مشوق استفاده ناکارآمد آب زیرزمینی تبدیل شود.

بازار آب

بازار آب، ساز و کاری است که از طریق آن، دارندگان مجوز بهره‌برداری از منابع آب، حبابه خود را با یکدیگر یا با متقاضیان جدید مبادله می‌کنند. اصولاً مبادله زمانی انجام می‌شود که عرضه و تقاضا موجود باشد و درباره آب نیز با توجه به نیاز بهره‌برداران به آن، زمینه خرید و فروش، چه به صورت رسمی و چه غیر رسمی به وجود می‌آید. چنانچه

حقابه‌دار بداند که با صرفه‌جویی در مصرف آب، امکان عرضه و فروش مازاد آن وجود خواهد داشت، انگیزه صرفه‌جویی و کسب درآمد برای آنها ایجاد می‌گردد. از این طریق، راه‌حل‌هایی برای تخصیص مجدد و استفاده کارآتر از منابع آب بین مصارف و مصرف‌کنندگان رقیب ممکن می‌شود.

بازارهای آب معمولاً به دو شکل پدید می‌آیند. بازارهای رسمی آب، بازارهایی هستند که از پشتیبانی نظام حقوقی برخوردارند. به بیانی دیگر، نظام حقوقی، مبادلات کارآمد بازار را تقویت می‌کند و حل و فصل اختلافات قرارداد را امکان‌پذیر می‌سازد. بازارهای غیر رسمی، بازارهایی هستند که قراردادها به جای قواعد حقوقی، بر پایه پیوندهای اجتماعی رفع و رجوع می‌شوند. موفقیت بازارهای رسمی آب، وابستگی زیادی به چارچوب نهادی دارد تا از آنها پشتیبانی کند، ولی در بازارهای غیر رسمی آب، به شکل درون‌زا، چارچوب های نهادی متناسب با نیازهای بهره‌برداران شکل می‌گیرد.

در شرایطی که مقررات ناظر بر برداشت آب زیرزمینی دایر باشد، ممکن است امکان استفاده از ابزارهایی که به بهره‌برداران امکان مبادله حقابه‌ها را می‌دهد وجود داشته باشد. بازار آب می‌تواند روش اثربخشی برای کاهش مصرف آب باشد، ولی پیش‌شرط‌های مهمی برای موفقیت بازار آب زیرزمینی وجود دارد: حقوق روشن مالکیت بر دارایی، ساز و کار منطقی تعیین قیمت و اطلاعات و زیرساخت‌های لازم.

چنانچه مصرف آب زیرزمینی اندازه‌گیری نمی‌شود، ممکن است امکان استقرار بازار آب زیرزمینی وجود داشته باشد. برای نمونه، اگر مجموع مساحت اراضی آبی در یک منطقه، به کمتر از مساحت بالقوه کشت محدود شود، بنابراین حقابه آبیاری اراضی می‌تواند با خرید و فروش آن در بازار بازتخصیص یابد.

بازارهای آب ممکن است آثار جانبی منفی، به سبب ماهیت به هم‌وابسته منابع آب در پی داشته باشد. برداشت آب سطحی بر آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارد و بالعکس. انحراف آب در بالادست بر میزان جریان در پائین دست تأثیر می‌گذارد. تغییرات در استفاده مصرفی، میزان نفوذ عمقی آب را تغییر می‌دهد. تغییر در نقطه انحراف می‌تواند جریان‌های برگشتی را کاهش دهد و تأمین آب زارعانی را که در مبادله آب دخیل نیستند مختل سازد. در جاهایی که غالب مصرف آب از آب زیرزمینی تأمین می‌شود، اضافه‌برداشت از سفره در

غیاب مدیریت آب زیرزمینی می‌تواند به نشست زمین، نفوذ آب شور و اُفت سطح آب زیرزمینی منجر شود. با اینکه این پیامدها به بازارهای آب منحصر نیستند، ولی در اثر جایگزینی پمپاژ آب زیرزمینی به جای آب سطحی تشدید می‌شوند. آثار خارجی، بیماری متداول بازارهای آب به شمار می‌آید، با این همه بدون چاره نیستند. آثار جانبی منفی می‌تواند در قیمت‌های بازار برای جبران هزینه‌های اجتماعی توأم با مبادلات بازار گنجانده شود. گنجاندن آثار خارجی در قیمت‌های بازار، هزینه‌های اجتماعی مبادله را جبران می‌کند، ولی از آن پیشگیری نمی‌کند.

مسئله حقوق مالکیت دارایی، به ویژه در بحث استقرار ساز و کارهای بازار برای تخصیص آب در کشورهای در حال توسعه اهمیت می‌یابد. حقوق انتفاعی برای آب، هم‌اکنون وجود دارد، چه به صورت تلویحی (رسوم عرفی) و چه صریح (قوانین و مقررات). با این همه، دو پدیده، تعریف، یا شاید رسمیت بخشیدن به این قبیل حقوق را پیچیده می‌کند. نخست، تمایل بهره‌برداران به سازماندهی جمعی، که تعریف حقوق فردی را دشوار می‌سازد. دوم، از این واقعیت نشأت می‌گیرد که حقوق آب در رژیم دسترسی آزاد به منابع، غالباً تعریف نشده باقی است. حتی اگر بتوان آثار خارجی را با موفقیت در ساز و کارهای بازار گنجانند، و نهادها اصلاح شوند، بازارهای آب تنها با پذیرش ذینفعان و مشارکت آنان موفق خواهد شد. از چالش‌های پیش روی بازار آب، اکراه زارعان از فروش حقاچه است، به ویژه زارعانی که بزرگترین سهم منابع آب را در اختیار دارند.

بازارهای آب غالباً بابت انحراف بیشتر در توزیع احتمالاً ناعادلانه کنونی منابع میان گروه‌های فقیر و پردرآمد، با انتقاد روبرو هستند. این انتقاد برخاسته از این مشاهده است که در برخی کشورهای در حال توسعه که در آنها بازارهای آب شکل گرفته است، شکاف اساسی میان خریداران و فروشندگان درباره منبع وجود دارد. در این بازارها بسیاری از مبادلات در کشاورزی صورت می‌گیرد. خریداران، معمولاً تولیدکنندگان بزرگ‌مقیاس و بهره‌مند از تکنولوژی آبیاری هستند. فروشندگان معمولاً زارعان کوچکتر با منابع محدود، دسترسی محدود به تکنولوژی و دسترسی ضعیف به اعتبار یا نقدینگی محدود هستند. در بازارهای آب زیرزمینی، این الگو برعکس است، ولی این شکاف ناخوشایند درباره منابع میان خریداران و فروشندگان همچنان باقی است.

بازارها می‌توانند به عنوان یک رویکرد طرف تقاضا به رفع ناکامی‌های مدیریت کمیابی آب نقش داشته باشند. با این همه، بازارها می‌توانند به سبب ناکامی‌های سیاسی و نهادی، به مایه دردسر نیز تبدیل شوند. به همین دلیل است که درباره نقش آنها به عنوان یک راه‌حل برای بحران موجودی آب برای مصارف تولیدی، تردیدهای ابراز می‌شود. بازارهای آب را نباید داروی همه دردهای بحران آب پنداشت. شواهد فزاینده‌ای وجود دارد که بسیاری از عیب‌های بازار آب، وقتی تجربه بیشتری درباره این ساز و کار به دست می‌آید قابل حل هستند.

کنترل غیر مستقیم: از دور خارج کردن مجوزهای آبیاری

در این شیوه، اراضی زراعی دارای حقابه، خریداری شده و مجوز آبیاری از دور خارج می‌شود. اراضی که قبلاً آبیاری می‌شده به کشاورزی دیم تبدیل می‌شوند. از این رو، مجموع مصرف آب در محدوده مورد نظر، تا مجموع مجوزهای پمپاژ اراضی خریداری شده کاهش می‌یابد. یا مجوز آبیاری خریداری می‌شود و جدا از زمین از دور خارج می‌شود. از دید اقتصادی، این راهکار نسبتاً هزینه‌بر است. افزون بر این، ممکن است شمار مجوزهای قابل خریداری محدود باشد.

این قبیل طرح‌ها ممکن است بر پایه ارزان‌ترین اراضی (کاهش سطح آبیاری به سریع‌ترین شیوه ممکن)، ارزان‌ترین آب (کاهش مجموع پمپاژ به سریع‌ترین شیوه ممکن)، یا بر اساس تأثیر بر سیستم هیدرولوژیکی (بستن چاه‌هایی که بیشترین تأثیر منفی را دارند، به سریع‌ترین شیوه ممکن) تعریف شود. هر یک از این گزینه‌ها، تأثیرات متفاوت فردی و تجمعی و هزینه متفاوت خواهند داشت. چنانچه هدف نهایی وضع مقررات، پرداختن به یک تأثیر منفی در یک سیستم آب سطحی- زیرزمینی، مانند کاهش جریان رودخانه باشد، بنابراین هدف گذاری در این طرح بر پایه تأثیر منفی مورد نظر (یعنی خرید مجوزهایی که تأثیر بیشتری دارند) اثربخش هزینه‌ای خواهد بود. با این همه باید توجه داشت که اگر همبستگی قوی و مثبت میان منافع بهره‌برداری از آب زیرزمینی و آثار منفی بهره‌برداری وجود داشته باشد، راه‌حل بهینه ممکن است این باشد که مساحت نسبتاً زیاد اراضی کمتر خسارت‌آفرین (از نظر هیدرولوژیکی) و کم‌هزینه از چرخه تولید کنار گذاشته شوند.

۴-۳- مدیریت به دست بهره‌برداران: منطبق با شرایط محلی ولی متکی به مشارکت ذینفعان

دسته سوم از ابزارهایی که چالش‌های طرف تقاضا را مورد توجه قرار می‌دهد، مقوله کلی مدیریت به دست خود بهره‌برداران است. این دسته شامل اقدامات داوطلبانه به دست بهره‌برداران برای مدیریت یا کاهش بهره‌برداری آب زیرزمینی، یا ساز و کارهای جمعی مطابق الزامات مقررات است. گروه‌های محلی مصرف‌کننده آب زیرزمینی می‌توانند داوطلبانه و جمعی، تدابیر الزامی مدیریت را، غالباً در ترکیب با دیگر ابزارهای سطح بالاتر، یا گاهی مستقل از آنها تعریف نمایند.

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، آب زیرزمینی نمونه‌ای از منابع مشترک به شمار می‌آید. تدارک بهره‌برداری از آن نسبتاً کم‌هزینه است؛ دسترسی به آن تقریباً همگانی و غیر مستقیم نیز قابل دسترسی است (از طریق بازار آب)؛ در حالی که منع آن، اگر ناممکن نباشد، به شکل سرسام‌آوری هزینه‌بر است. اگر یک بهره‌بردار، آب زیرزمینی را استخراج و مصرف کند، آن آب برای سایر استفاده‌کنندگان، حداقل در همان زمان و مکان قابل دسترسی نخواهد بود. افزون بر این، چون یک «منبع پنهان از دیده» است، شناخت گستره و حدود آن دشوار است. اُفت بلندمدت سطح آب زیرزمینی غالباً در مقیاسی بزرگ پدید می‌آید و اقدامات فردی نمی‌تواند روند آن را معکوس کند. علاوه بر این، تا زمانی که آگاهی درباره اُفت آب زیرزمینی گسترش یابد؛ بیشتر مصرف‌کنندگان به ترازهای ناپایدار استفاده منبع عادت کرده‌اند. هر اندازه بازیابی بالقوه آب زیرزمینی، به زمان زیادی نیاز دارد و مستلزم اطلاعات با کیفیت بالا، نظارت کارآمد و همکاری میان شمار زیاد بهره‌برداران است.

اُستروم^۱ استدلال می‌کند که بهره‌برداران در صورتی قواعد مدیریت پایدار منبع را طراحی و به کار می‌بندند که منافع متصور حاصل از آن، از هزینه‌های قاعده‌سازی، پایش و اعمال قواعد بیشتر باشد؛ و اگر دریابند که می‌توانند از منافع مدیریت بهتر بهره‌مند شوند. برای

1- Ostrom, E. 2001. Reformulating the Commons. In: Burger, J., Ostrom, E., Norgaard, R.B., Policansky, D. and Goldstein, B.D. (eds.) "Protecting the Commons: A framework for resource management in the Americas". Washington DC: Island Press, pp. 17-41.

تحقق این وضعیت، استروم خصوصیات منبع و بهره‌بردار را تعریف می‌کند که حکمرانی به دست بهره‌برداران را تسهیل خواهد کرد (جدول ۲).

چندین نگرانی بالقوه وجود دارد که می‌تواند بهره‌برداران را به شکل‌دهی اقدامات داوطلبانه سوق دهد. نخست، ذینفعان درباره توانایی نسل‌های آینده برای استمرار کشاورزی آبی سودآور، نگرانی دارند و ساختارهای مدیریت در سطح محلی (برای نمونه تشکل آب‌بران)، انطباق‌پذیری کافی برای خودساماندهی و عمل به تعهدات (بدون الزام بیرونی) کاهش مجموع پمپاژ دارد. دوم، خودساماندهی می‌تواند پیاده‌سازی مقررات را برای کمک به پیشگیری از آثار خارجی تسهیل نماید. سوم، چنانچه محدوده‌های مدیریت آب زیرزمینی تعریف شده باشد، و امکان اعمال مقررات سخت‌گیرانه از جانب دولت در این نواحی وجود داشته باشد. در چنین مواردی، دستگاه‌های محلی مدیریت، تلاش کرده‌اند اجرای داوطلبانه مقررات را با هدف تحقق نتایج مورد نظر، در عین تداوم کنترل محلی در پیش بگیرند. حتی در این موارد نیز اهمیت پایش و نظارت بر رعایت مقررات به قوت خود باقی است. یکی از امتیازهای مدیریت به دست بهره‌برداران، دامنه اقدام است، چون از نزدیک با آبخوان سر و کار دارند، بنابراین به خوبی می‌توانند چالش‌ها و شرایط خاص خود در نظر بگیرند.

۴-۴- سایر شرایط ضروری برای مدیریت اثربخش آب زیرزمینی: نظارت، و هماهنگی سیاست‌ها

افزون بر انتخاب سیاست و ابزار مناسب، دغدغه‌های دیگری نیز وجود دارد که لازم است در طراحی و پیاده‌سازی تدابیر به آنها پرداخته شود. برخی از این موارد، مانند ضرورت پایش و نظارت بر رعایت محدودیت‌ها، در تمام مقررات آب و به طور کلی در مقررات زیست‌محیطی مشترک هستند. سایر دغدغه‌ها مانند ضرورت شناخت شرایط هیدروژئولوژیکی در مقیاس محلی و منطقه‌ای، و نحوه‌ای که بر جریان آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارند، تغذیه، و بر هم‌کنش آب سطحی-زیرزمینی، مختص مدیریت آب زیرزمینی هستند. همواره باید توجه داشت که سیاست‌های دیگری، مانند سیاست‌های کشاورزی یا انرژی هم وجود دارند که قصد اصلی آنها ممکن است مدیریت مصرف آب نباشد، ولی به راه‌های پیش‌بینی‌نشده بر تصمیم‌گیری فردی یا گروهی درباره مصرف آب تأثیر می‌گذارند.

جدول ۲- خصوصیات منبع و بهره‌برداران برای تسهیل مدیریت آب زیرزمینی به دست بهره‌برداران

آب زیرزمینی	توصیف	خصوصیات
خصوصیات منبع		
در بیشتر موارد امکان‌پذیر است، با اینکه میزان بازیابی بسیار پائین است.	بهبود موجودی منبع از طریق کنش مصرف‌کننده باید امکان‌پذیر باشد.	امکان‌پذیر بودن بهبود
تحقق این موارد، با توجه به ماهیت نامرئی آب زیرزمینی دشوار است. با این همه، بهره‌برداران بر مبنای سالیان متمادی تجربه، قواعد تجربی را درباره نحوه رفتار چاه‌ها و آبخوان‌های خود شکل می‌دهند.	نشانه‌های قابل اطمینان و معتبر وضعیت منبع باید با هزینه‌های نسبتاً پائین فراهم باشد.	نشانه‌های قابل اطمینان
	جریان منبع باید قابل پیش‌بینی باشد.	قابلیت پیش‌بینی
	سیستم مورد نظر باید به اندازه کافی کوچک باشد تا بهره‌برداران بتوانند درباره مرزهای بیرونی و محیط‌های درونی آن، دانش دقیق به دست آورند.	گسترش مکانی
خصوصیات بهره‌برداران		
معمولاً درباره آب زیرزمینی صادق است.	وابستگی افراد به منبع زیاد است.	سطح اتکا
بهره‌برداران به تجربه سنتی خود درباره منبع متکی هستند؛ ولی غالباً فردی انجام می‌شود، نه جمعی.	بهره‌برداران درک خوبی از نحوه عملکرد منبع و تأثیرگذاری کنش‌های خود بر آن دارند.	درک مشترک
زارعان غالباً متهم می‌شوند که به منافع کوتاه‌مدت، در مقایسه با منافع بلندمدت، وزن بیشتری می‌دهند.	بهره‌برداران درباره منافع آتی حاصل از منبع، از نرخ تنزیل پائین استفاده می‌کنند.	نرخ تنزیل پائین
حتی وقتی چنین اعتمادی در سطح روستا وجود داشته باشد، بهره‌برداران غالباً درباره بهره‌برداران ناشناخته در روستاهای دیگری که در همین آبخوان سهمیم هستند مشکوک هستند.	بهره‌برداران در پیروی از قواعد متقابلاً تعیین شده، به یکدیگر اعتماد می‌کنند و همیاری متقابل دارند.	اعتماد و همیاری متقابل
بهره‌برداران اختیار رسمی اندکی برای کنترل منبع دارند.	بهره‌برداران قادر هستند قواعد را مستقل و بدون کنارگذاشتن از جانب مرجع بیرونی تعریف کنند.	استقلال
متغیر است.	جامعه بهره‌برداران، تجربه سازمانی قبلی و توان راهبری محلی دارد.	تجربه قبلی

پایش و نظارت: شرط لازم و کلیدی برای مفیدبودن سیاست‌ها

ظرفیت پایش و نظام اطلاعات، یک ملاحظه اساسی در پی‌ریزی تدابیر به شمار می‌آید و بر پیاده‌سازی هر نوع سیاست تقدم دارد. آب زیرزمینی یک منبع پنهان از دیده است، و بنابراین می‌تواند بیرون از دایره هر گونه اقدام، حتی تدابیر توجیه‌پذیر و ضروری در قلمرو عمومی قرار گیرد. پایش براساس ابزارهای مستقیم و غیر مستقیم، و مصارف می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد. برای نمونه می‌تواند شامل ذخیره، جریان، کیفیت و برهم‌کنش با پیکره‌های آب سطحی باشد و فردی یا به دست نهادهای ذیربط انجام گیرد.

باید توجه داشت که تمام سیاست‌های مدیریت آب زیرزمینی تنها زمانی اثربخش خواهند بود که با پایش معتبر و پیگرد موارد نقض همراه باشند. در حال حاضر، نه پایش اثربخش مصرف آب زیرزمینی صورت می‌گیرد و نه هیچ راهی برای نظارت قابل اعتماد بر رعایت محدودیت‌های مصرف آب زیرزمینی وجود دارد. در نتیجه، هیچ راه آسانی برای پیاده‌سازی سیاست‌هایی که رفتار فردی یا گروهی را تغییر خواهد داد وجود ندارد.

پایش مصرف آب زیرزمینی تنها وقتی برای مدیریت منبع معنادار است که بر رعایت مقررات، نظارت انجام شود و نقض آنها مورد پیگرد قرار گیرد. اگر گزارش قرائت کنتور، داوطلبانه و بدون مجازات باشد، مشوق چندانی برای انجام قرائت‌های به موقع یا دقیق نخواهد بود. به عکس، این کار می‌تواند به دست کارمندان حقوق‌بگیر انجام گیرد، به همراه جریمه کنتورهای شکسته، و مجازات‌های شدید برای نقض‌کنندگان مقررات.

باید یادآوری شود که حتی اگر چاه‌ها کنتورگذاری نشده باشند و پیاده‌سازی آن از نظر سیاسی پذیرفتنی نباشد، می‌توان پایش را به شیوه‌ای دیگر انجام داد. برای نمونه، ممکن است وضع مقررات برای شاخصی از حجم آب مصرفی در کشاورزی، مانند سطح اراضی آبی امکان‌پذیر باشد. اگر میزان مصرف به ازای واحد سطح آبیاری تغییر زیادی نداشته باشد (اگر تکنولوژی آبیاری و راه و رسم‌های کشت در محدوده مورد نظر یکسان باشد)، بنابراین عدم قطعیت ناشی از فقدان کنتور ممکن است کوچک باشد. قرائت کنتور برق ممکن است به عنوان نماینده پمپاژ آب زیرزمینی استفاده شود، یا اراضی آبی پرسابقه را می‌توان تنها اراضی به شمار آورد که می‌تواند با استفاده از آب زیرزمینی آبیاری شود. البته

در این حالت هم نیاز به نظارت بر رعایت محدودیت‌ها وجود دارد (یا دیگر شاخص‌های استفاده‌شده) تا بتوان به موفقیت این نظام امیدوار بود.

تأثیرپذیری متقابل سیاست‌ها: هماهنگی سیاست‌های انرژی و کشاورزی

توجه به چگونگی تأثیرپذیری سیاست‌های مدیریت آب زیرزمینی از دیگر سیاست‌هایی که بر تصمیم‌گیری درباره کشت تأثیر می‌گذارند بسیار مهم است. در برخی موارد، سیاست سایر بخش‌ها ممکن است ناخواسته به پیشران‌های عمده تصمیمات درباره مصرف آب تبدیل شوند. یکی از بارزترین نمونه‌ها، نرخ‌گذاری انرژی است.

نخست، سیاست‌های نرخ‌گذاری انرژی ممکن است بر تصمیمات پمپاژ آب زیرزمینی تأثیر بگذارند. در کشورهایی مانند هند و مکزیک، یارانه زیادی برای مصرف برق در کشاورزی پرداخت می‌شود. این سیاست‌ها، با کاهش هزینه‌های نهایی مصرف آب زیرزمینی، انگیزه پمپاژ آب زیرزمینی را افزایش می‌دهند. در برخی مطالعات، مشخص شده است که این یارانه‌ها مصرف آب را افزایش داده‌اند، و به مصرف انرژی و هزینه‌های مالی زیاد انجامیده‌اند، در حالی که منافع بسیار محدودی برای زارعان داشته‌اند. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که کاهش یا حذف یارانه‌ها به کاهش قابل ملاحظه مصرف آب زیرزمینی در کشورهای هند و مکزیک منجر شده است.

جدول ۳- ارتباط سیاست‌های انرژی و مصرف آب زیرزمینی

کشور	کاهش قیمتی تقاضای آب یا انرژی	تأثیر
هند	۰/۱۳- (آب)	۱۰ درصد کاهش یارانه به کاهش ۴/۴ درصدی در برداشت آب منتهی شده است.
مکزیک		حذف یارانه برق، در کوتاه‌مدت به ۱۵ درصد، و در درازمدت به ۱۹ درصد پمپاژ کمتر می‌انجامد.

دوم، دغدغه‌های تأمین‌کنندگان انرژی روستایی بابت مدیریت اوج مصرف، سبب شده است که بسیاری از بهره‌برداران به شیوه‌های دیگر تأمین برق روی بیاورند که حتی ممکن است در زمان‌های تقاضای زیاد، قطع شود، ولی بسیار ارزان‌تر از تأمین بی‌اختلال انرژی

است. با این همه، چون تأمین اختلال‌پذیر برق، بهره‌برداران را به آبیاری در زمان‌هایی که از دید تبخیر تعلق گیاه، بهینه نیست سوق می‌دهد، ممکن است مشوق آبیاری بیش از حد شود. در چنین مواردی، ممکن است میان هدف‌های مدیریت انرژی و مدیریت آب زیرزمینی، تنش بنیادی وجود داشته باشد.

سوم، سیاست‌های جاری درباره زیست‌سوخت^۱ در ایالات متحده ممکن است مشوق استفاده بیشتر از آب زیرزمینی را از طریق ساز و کارهای مختلف فراهم آورد، شامل افزایش قیمت کالا، تقاضای آب در تأسیسات فرآوری اتانول، و اثرات افزایش شمار چاه‌ها و نیز افزایش پمپاژ چاه‌ها بر اراضی آبی.

در نهایت، طرح‌های بیمه کشاورزی می‌تواند بر استفاده از آب زیرزمینی تأثیر بگذارد. در ایالات متحده، بسیاری از قراردادهای بیمه محصول، بهره‌برداران را ملزم می‌کنند که کشت‌های خود را تا انتهای فصل رشد آبیاری کنند تا مشمول پرداخت بیمه قرار گیرند، حتی اگر کشت به نتیجه نرسیده باشد. این وضعیت بنا به دلایل اقتصادی و نیز حفظ آب مشکل‌آفرین است. در نگاهی گسترده‌تر، طرح‌های بیمه خشکسالی می‌تواند ابزار سازگاری باشد، ولی اگر نامناسب قیمت‌گذاری شود، ممکن است به افزایش مصرف آب زیرزمینی نیز منجر شود. با جداکردن نیازهای آبی از جریان درآمد، بیمه خشکسالی ممکن است انگیزه سازگاری را تضعیف کند، و بنابراین از صرفه‌جویی مصرف آب زیرزمینی در درازمدت جلوگیری نماید. به بیانی دقیق‌تر، یارانه‌هایی که از بیمه محصول، شامل کشت‌های آبی پشتیبانی می‌کنند ممکن است استفاده اضافه‌تر آب زیرزمینی را در برخی نواحی نتیجه دهد. با این همه، ارتباط میان بیمه محصول و مصرف آب برای آبیاری همچنان ناروشن است.

طرح‌های حمایت از درآمد کشاورزی نیز ممکن است مشوق مصرف آب زیرزمینی باشد، به ویژه اگر از تولید محصولات آب‌بر (مانند ذرت)، در مناطقی که با آب زیرزمینی آبیاری می‌شود پشتیبانی کنند. این یارانه‌ها به هزینه فرصت پائین‌تر آب، از جمله آب زیرزمینی، و مصرف کمتر بهینه آب زیرزمینی منجر می‌شود.

¹ Biofuel

۵- رویکردهای طرف عرضه: برداشتن بار محدودیت‌ها از دوش بهره‌برداران، با صرف هزینه

رویکردهای طرف عرضه، بر افزایش آب در دسترس برای مصرف‌کنندگان با استفاده از منابع جایگزین (آب سطحی) در کوتاه‌مدت، یا با ذخیره‌سازی آب زیرزمینی در بلندمدت مبتنی هستند. دسترسی به آب اضافه‌تر، به قصد کاستن از فشار بر آبخوان‌ها فراهم می‌شود. این رویکردها با افزایش تأمین از آب سطحی یا آب زیرزمینی، بار محدودیت‌ها را از دوش مدیران و بهره‌برداران بر می‌دارند. در واقع به جای تلاش برای حل مشکل، آن را به تعویق می‌اندازند. با این همه، آنها می‌توانند در کنار سایر تدابیر مدیریت، به ایفای نقش پردازند، و محدودیت‌های اجباری را در هنگام مواجهه با مشکلات شدید کیمیایی و آثار خارجی ناشی از آن، مانند شوری یا نشست زمین بردارند.

به بیانی دقیق‌تر، رویکردهای طرف عرضه، فی‌نفسه از مدیریت مصرف آب زیرزمینی پشتیبانی نمی‌کنند و بنابراین نباید در اولویت قرار گیرند. آنها به همان شیوه رویکردهای طرف تقاضا، بر کشاورزی تأثیر نمی‌گذارند و ممکن است به همان اندازه کارآمد نباشند. رویکردهای طرف تقاضا، تاب‌آوری نظام تولید را در برابر فشارها افزایش می‌دهند، در حالی که رویکردهای طرف عرضه ممکن است انگیزه اقدام برای محدودسازی پمپاژ را به وجود نیاورند.

رویکردهای طرف عرضه، چه به صورت مکمل، و چه از طریق ذخیره‌سازی، از آب سطحی به عنوان محافظ آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، و می‌تواند ذیل طیف گسترده‌تر مدیریت تلفیقی آب سطحی- زیرزمینی منظور شود. مدیریت تلفیقی بر اصول ساده‌ای مبتنی است: آب زیرزمینی برای پشتیبانی در مواقعی که آب سطحی ناکافی است به کار گرفته می‌شود، و در مقابل، آب سطحی برای پرکردن منابع آب زیرزمینی استفاده می‌شود. در مواردی که سطح ایستابی خیلی افزایش می‌یابد، مصرف آب سطحی با پمپاژ آب زیرزمینی جایگزین می‌شود.

امکان‌پذیری اقتصادی این قبیل رویکردها وابستگی شدیدی به هزینه‌های ثابت دارد. البته همه این راهکارها به یک اندازه به سرمایه‌گذاری عمومی نیاز ندارند. گردآوری آب باران می‌تواند به دست خود زارعان انجام شود، و حوضچه‌های نفوذ می‌تواند به دست گروه‌های زارعان یا نهادهای محلی ساخته شوند. در مقابل، مخزن آب و نمک‌زدایی به زیرساخت

نسبتاً سنگین و هزینه‌های متغیر نیاز دارند. مقیاس ذخیره و بازیابی آبخوان و ذخیره‌سازی آب زیرزمینی، با توجه به هزینه آن اهمیت می‌یابد، ولی تجربه گذشته نشان داده است که مدیریت جمعی در مقیاس محلی توانسته است به طور مستقل، تأمین مالی و بهره‌برداری چنین راهکارهایی را به انجام رساند.

۶- جمع‌بندی

سیاست عمومی برای پرداختن به آثار خارجی ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه آب زیرزمینی و مقابله با خالی‌شدن آبخوان‌ها ضرورت دارد. در موارد دیگر، مانند اُفت موقتی یا مدیریت آب زیرزمینی تجدیدپذیر به عنوان مکمل آب سطحی، ویژگی‌های آب زیرزمینی، شرایط اقتصادی-اجتماعی و محدودیت‌های توأم با آنها باید در بررسی و گزینش سیاست‌ها تعیین شود.

در میان طیف ابزارهای موجود برای مدیریت چالش‌های آب زیرزمینی، ابزارهای طرف تقاضا باید در اولویت قرار گیرند، چون با انگیزه‌ها سر و کار می‌یابند و تأثیر بلندمدت خواهند داشت؛ ابزارهای طرف عرضه باید به شیوه مکمل به کار گرفته شوند. ابزارهای مختلفی برای کاهش تقاضا یا افزایش عرضه آب برای مصرف‌کنندگان، مستقیم و غیر مستقیم وجود دارد. ابزارهای طرف تقاضا، مانند کاهش کمی برداشت، وضع مقررات درباره چاه‌ها یا نرخ‌گذاری، بر انگیزه‌های بهره‌برداران تأثیر می‌گذارند، در حالی که ابزارهای طرف عرضه مانند تغذیه آبخوان، یا ذخیره آب سطحی، تنها بار محدودیت‌ها را بدون تأثیر بر انگیزه‌های بنیادی، از دوش بهره‌برداران و مصرف‌کنندگان برمی‌دارند.

در جدول‌های ۴ و ۵ ابزارهای مدیریت آب زیرزمینی مقایسه شده‌اند. هر یک از ابزارها، قوت‌ها و ضعف‌هایی دارند. در مدیریت آب زیرزمینی، هیچ ابزاری به تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی وضعیت‌های مختلف باشد. حتی در یک منطقه خاص، رتبه‌بندی سیاست‌های مختلف ممکن است بر اساس هدف‌های مورد نظر و شرایط هیدروژئولوژیکی تغییر کند. در تحلیل کارآمد سیاست‌ها باید محرک‌های اقتصادی که زیربنای تصمیم‌گیری را درباره بهره‌برداری از آب زیرزمینی تشکیل می‌دهند، رفاه اجتماعی بالقوه و اثرات زیست‌محیطی سیاست‌های مختلف، و پیامدهای آن برای مدیریت بلندمدت آبخوان را درک کرد.

این گفته بدین معنا است که سیاست گذاران باید بر پشتیبانی از مدیریت تطبیقی منابع آب زیرزمینی تمرکز کنند. این کار می تواند به دو راه انجام شود. نخست، باید از عوامل مساعد برای اثربخشی مقررات پشتیبانی شود: بهبود گردآوری و تحلیل اطلاعات، بهبود پایش و نظارت، و تقویت طرح های تأمین مالی. دوم، باید از گزینه های منطبق با شرایط محلی پشتیبانی شود. برای نمونه، طراحی مقررات با مشارکت ذینفعان، و ترکیب ابزارهایی که در کنار یکدیگر بهتر اثرگذار خواهند بود.

جدول ۴- مقایسه ابزارهای مدیریت آب زیرزمینی (مدیریت عرضه)

عوامل موفقیت	ضعفها	قوتها	ابزار	رویکرد اصلی	مدیریت عرضه
	نتایج محدود، وابسته به شرایط آب و هوایی	سرمایه گذاری پائین	گردآوری آب باران	منابع دیگر تأمین	
سرمایه گذاری بلندمدت	به هزینه ها و سرمایه گذاری های زیاد نیاز دارد، خسارت دیدگی احتمالی اکوسیستم ها، وابسته به شرایط آب و هوایی	حذف محدودیت ها	گسترش مخازن آب		
سرمایه گذاری بلندمدت	به هزینه ها و سرمایه گذاری های زیاد نیاز دارد، خسارت دیدگی احتمالی اکوسیستم ها	حذف محدودیت ها	نمک زدایی		
دانش تخصصی	نرخ های تغذیه ممکن است متغیر باشد	تغذیه کم هزینه	حوضچه های نفوذ	ذخیره آب زیرزمینی	
تخصص کافی و تأمین مالی	هزینه های بالا و عدم قطعیت نتایج	محدودیت ها را حذف می کند و بازچرخانی را تشویق می کند.	ذخیره و بازیابی آبخوان ذخیره سازی آب زیرزمینی		

جدول ۵- مقایسه ابزارهای مدیریت آب زیرزمینی (مدیریت تقاضا)

رویکرد اصلی	ابزار	قوتها	ضعفها	عوامل موفقیت
ابزارهای مقرراتی	مجوز بهره‌برداری	اقدام محوری برای کنترل مصرف آب زیرزمینی	به ساز و کار تخصیص وابسته است	قواعد تخصیص انعطاف‌پذیر و تطبیق‌پذیر
	سهمیه‌های یکنواخت	عادلانه	به نسبت هزینه، اثربخش نیست	محدودبودن پیچیدگی مکانی
	پهنه‌بندی	چاه‌ها را محدود می‌کند	متأثر از شرایط هیدرولوژیکی است	به شناخت دقیق آبخوان نیاز دارد
ابزارهای اقتصادی	مالیات بر آب زیرزمینی	راه‌حل بهینه و درآمدزا	در سطح پائین، اثربخش نیست، مردم‌پسند نیست.	تعیین و تعدیل سطح مالیات، نیازمند کارشناسی دقیق است
	مالیات بر اراضی	جایگزین مناسبی است. درآمدزایی دارد.	در سطح پائین، اثربخش نیست. مردم‌پسند نیست.	تعیین و تعدیل سطح مالیات، نیازمند کارشناسی دقیق است
	مالیات بر انرژی	جایگزین مناسبی است. درآمدزایی دارد.	معمولاً اثربخش نیست. ممکن است به بازار انرژی وابسته باشد.	تعیین و تعدیل سطح مالیات، نیازمند کارشناسی دقیق است
	یارانه‌ها (سهمیه هزینه)	راه‌حل مقبول و اثربخش	پیاده‌سازی دشوار و پرهزینه، داوطلبانه	طراحی مشوق‌ها برای مشارکت مصرف‌کنندگان
	حمایت از ارتقای کارایی	کاهش مصرف در بلندمدت	تغذیه را کاهش می‌دهد، ریسک اثر بومرنگ، پرهزینه	با تعیین سهمیه‌های کلی، عملکرد بهتری دارد.
	بازار آب زیرزمینی	راه‌حل بهینه و اثربخش (به نسبت هزینه)	هزینه‌های مبادله	پیش‌شرط‌های مهم
	واگذاری اراضی	راه‌حل رتبه دوم	نتایج را تضمین نمی‌کند	
	از دور خارج کردن مجوزهای بهره‌برداری	راه‌حل رتبه دوم	می‌تواند پرهزینه باشد و اثربخشی نداشته باشد.	هزینه‌های مبادله پائین‌تر
مدیریت جمعی	اقدامات داوطلبانه	محدودیت‌های محلی را می‌گنجاند هزینه‌های مبادله پائین‌تر است.	ریسک سواری رایگان	چارچوب مقرراتی فراگیر

- در طرف تقاضا، وضع مقررات معمولاً با محدودیت اطلاعات روبرو است که مانع ساماندهی هدفمند و اثربخش می‌شود. تدابیر اقتصادی می‌تواند به نتایج کارآمد منجر شوند، ولی ممکن است با هزینه‌های بالایی توأم باشند. مدیریت به دست بهره‌برداران، ذاتاً با محدودیت‌های محلی تطبیق می‌یابند، ولی به مشارکت و تعهد مصرف‌کنندگان وابستگی دارد.
- رویکردهای طرف عرضه ممکن است مکمل محدودیت‌های الزامی به کار گرفته شوند، ولی می‌توانند هزینه‌بر باشند و از این رو نیازمند تأمین مالی و سرمایه‌گذاری قابل توجه هستند.
- تمامی ابزارها به گردآوری داده و اطلاعات، پایش کارآمد مصرف و نظارت بر رعایت محدودیت‌ها نیاز دارند.

آب زیرزمینی در بسیاری از کشورها منبع مهم تأمین آب نیازهای کشاورزی و شهری به شمار می‌آید. متأسفانه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی غالباً بدون پایش و فارغ از مقررات کافی صورت می‌گیرد. برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی، پیامدهای منفی مانند کاهش آبدهی چاه‌ها، نشست زمین و ... و کاهش موجودی آب برای جمعیت رو به رشد خواهد داشت. پرداختن به این چالش‌ها به شیوه‌ای کارآمد، پرسش کلیدی برای سیاست‌گذارانی است که نگرانی فزاینده‌ای درباره امنیت غذایی و پایداری منابع آب دارند. در این نوشتار، سیاست‌ها و ابزارهایی که می‌تواند در مدیریت آب زیرزمینی و کاهش مصرف، و در نتیجه کاهش برداشت از آبخوان‌ها در حوزه‌های تقاضا و عرضه به کار گرفته شود معرفی می‌شوند. همچنین، نقاط قوت و ضعف آنها به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرد.



نشانی: تهران، خیابان کریمخان، خیابان نجات‌اللهی شمالی.

روبروی بیمارستان یاس، پلاک ۲۱۲، طبقه ۴، واحد ۴.

تلفن: ۸۸۹۴۷۳۰۰-۸۸۹۴۷۴۰۰

www.iwpri.ir