یادداشت تحلیلی

چرا تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی سهلِ ممتنع است؟

هاشم درخشان؛ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب و پژوهشگر پژوهشکده آب و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، ایران. * h.derakhshan@um.ac.ir

مهار افت مستمر تراز آب‌زیرزمینی که معمولاً به تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی یاد می‌گردد؛ موضوع جدیدی نیست و اقدامات فراوانی مانند ممنوعه اعلام کردن دشت‌ها، طرح تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی، طرح سازگاری با کم‌آبی و ... در راستای آن تدوین و ابلاغ شده است. اما سوال اساسی این است که چرا در عرصهٔ عمل، این گونه طرح‌ها کارایی لازم را نداشته و همچنان کشور با افت مستمر تراز آبخوان مواجه می‌باشد؟ این یاداشت فنی سعی در پاسخ به این سوال اساسی دارد و برای تبیین پاسخ این سوال، عبارت «تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی سهل ممتنع»، را بسط و کاربرد نموده است. این عبارت بر این مفهوم دلالت دارد که حرکت از شرایط کنونی (حاکمیت نهادهای دولتی) به شرایط مطلوب (مدیریت یکپارچه و مشارکتی در سطح حوضه آبریز) تغییری کوتاه‌مدت نبوده، بلکه فرآیندی مبتنی بر ظرفیت‌سازی برای تکامل و تحول در نهادهای مدیریت می‌باشد. لذا ضروری است برنامه‌های تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی به فراخور این مسیر پیچیده و طاقت‌فرسا تنظیم گردد.

مقدمه

آب‌زیرزمینی بزرگترین منبع آب شیرین محسوب می‌شود که بیش از ۹۶ درصد از حجم آب شیرین غیر منجمد را به خود اختصاص داده است. آب‌زیرزمینی تقریباً ۵۰ درصد از کل آب آشامیدنی و ۴۳ درصد از آب مصرفی به منظور آبیاری در بخش کشاورزی را در سراسر جهان تأمین می‌کند (Margat و Van der Gun، ۲۰۱۳). در ایران میزان سهم آب‌زیرزمینی در تأمین آب بسیار بیشتر از متوسط جهانی است، به طوریکه بیش از ۵۵ درصد کل منابع آب مورد نیاز کشور از منابع آب‌زیرزمینی تأمین می‌شود. سهم منابع آب‌زیرزمینی در تأمین نیازهای آب در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار بزرگ است. به عنوان نمونه در دشت مشهد، از ۵۴۸۱ میلیون متر مکعب آب استحصالی بیش از ۹۲٪ که معادل ۵۰۱۶ میلیون مترمکعب می‌شود، از منابع آب‌زیرزمینی تأمین می‌گردد (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۴۰۰). لذا آب‌زیرزمینی را می‌توان یگانه منبع تأمین آب مخصوصاً در شرایط خشکسالی دانست.

ورود تکنولوژی پمپاژ، محدودیت‌های استحصال منابع آب‌زیرزمینی را مرتفع نمود و در پی این دسترسی آسان به آب‌زیرزمینی، بسیاری از مناطق جهان از جمله کشورمان بدون توجه به پیچیدگی‌های ظرفیت تجدیدپذیری آب‌زیرزمینی به توسعه استحصال آب از این منابع پرداختند. این توسعه برداشت موجب گردید تا میزان پمپاژ از ظرفیت تجدیدپذیری منابع آب‌زیرزمینی، به سرعت عبور نماید؛ لذا چندین دهه است که کشورمان در حال برداشت از ذخایر استاتیک و تجدیدناپذیر می‌باشد. بدیهی است که در صورت عدم کنترل افت مستمر تراز آبخوان، اتمام ذخایر تجدیدناپذیر و نابودی توسعهٔ وابسته به آب‌زیرزمینی حتمی است. امروزه نابودی این ذخایرِ با ارزش و غیر قابل جایگزین، با فرونشست زمین، خشک شدن چشمه و قنوات، شور شدن آب‌زیرزمینی و نابودی اکوسیستم‌های وابسته به آب‌زیرزمینی، در حال ظهور است.

بازخوانی تجارب گذشته نشان داده است که عدم توفیق در تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی می‌تواند ناشی از درک ناقص (عدم شمول کافی طرح‌ها به ابعاد مختلف مسأله) و یا حل ناقص (نداشتن اولویت و در نتیجه عدم تخصیص اعتبار کافی) بوده است. وقتی که افراد بخواهند یک موضوع کاملاً پیچیده و گسترده را با فهم و اجرای ناقص و ناکافی بدون توجه به ابعاد مسأله، یعنی مبتنی بر «ساده‌انگاری» حل نمایند؛ «سهلِ ممتنع» اتفاق می‌افتد. در ادامه دلایل «سهل ممتنع» بودن مسأله تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی مورد تشریح قرار می‌گیرد.

باورهای ساده‌انگارانه در مورد آب‌زیرزمینی

در حدود یکی دو قرن پیش که هنوز تکنولوژی پمپاژ از منابع آب‌زیرزمینی توسعه نیافته بود؛ جوامع بشری در کنار رودخانه‌ها توسعه یافتند و میزان استحصال با میزان تخلیه طبیعی آبخانه در قالب چشمه و رودخانه‌ها محدود بود. سپس با حفر چاه‌های دستی و حفر قنات استحصال غیرطبیعی از منابع آب‌زیرزمینی شروع شد. لذا جوامع بشری برای اضافه‌برداشت آب از منابع آب‌زیرزمینی امکانات و تجهیزات مناسب را در اختیار نداشت و میزان برداشت تقریباً معادل همان مقداری بود که توسط چشمه و رودخانه از آب‌زیرزمینی تخلیه می‌گردید. شاید بتوان یکی از هوشمندانه‌ترین تکنولوژی‌هایی که جوامع بشری برای افزایش استحصال آب از آب‌زیرزمینی ساخته را سیستم قنات نام برد. سیستم قنات توانست به صورت سازگار با طبیعت، ظرفیت برداشت از منابع آب‌زیرزمینی را افزایش دهد؛ اما با ورود تکنولوژی پمپاژ به صورت کلی محدودیت‌های استحصال توسط چاه‌های دستی و زحمت فراوان در حفر قنوات، برداشته شد. به بیان دیگر تکنولوژی پمپاژ دسترسی به منابع آب‌زیرزمینی را آسان نمود. این دسترسیِ راحت به منابع آب‌زیرزمینی موجب شده تا در میان مردم عوام و نا آشنا به سیستم پیچیدهٔ آب‌زیرزمینی، این افسانه که آب‌زیرزمینی به مثابه رودخانه و یا دریاچه‌ای مملو از آب شیرین در زیر پایمان قرار دارد، رواج یابد. این افسانه که ناشی از ساده‌انگاری در مورد سیستم پیچیدهٔ آب‌زیرزمینی است؛ در میان مردم عوام این فهم را جا انداخته بود که در برداشت آب از منابع آب‌زیرزمینی هیچ محدودیتی وجود ندارد. شکل (۱)

یک نقاشی است که فهم مردم ناآشنا به پیچیدگی‌های سیستم آب‌زیرزمینی مبتنی بر این افسانه (ناشی از باور ساده‌انگارانه) را به نمایش گذاشته است. در این باور ساده‌انگارانه بهره‌برداران فکر می‌کنند که آب‌زیرزمینی مانند رودخانه و یا دریاچه‌ای مملو از آب شیرین در زیر پایمان است که هیچ محدودیتی در استحصال ندارد (Chevalking و همکاران، ۲۰۰۸).

شکل ۱-باور ساده‌انگارانه بهره‌برداران ناآشنا به پیچیدگی‌های سیستم آب‌زیرزمینی

امروزه همه مدیران و سیاست‌گذاران بر این باور غلط، و اینکه آب‌زیرزمینی آب موجود در شکستگی‌های سنگ‌های زیرزمین و یا آب موجود در آبرفت‌ها بوده، و لذا منبعی محدود می‌باشد، واقف هستند. این منبع محدود در هر منطقه‌ای متناسب با شرایط زمین‌شناسی و شرایط آب‌وهوایی حجم کاملاً مشخصی را به خود اختصاص می‌دهد که از طریق منافذ بسیار کوچک و میلی‌متری بین لایه‌های سطح زمین و بین ذرات خاک تغذیه می‌گردد.

این فهم اشتباه و باور غلط در مورد آب‌زیرزمینی ناشی از ساده‌انگاری سیستم پیچیده آب‌زیرزمینی، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای آب و در نهایت برداشته شدن محدودیت‌های استحصال آب‌زیرزمینی ناشی از ورود تکنولوژی پمپاژ، موجب گردید تا اضافه‌برداشت از این منبع حیاتی افزایش یابد. برخی از منابع، این تحول در اضافه‌برداشت را به «انقلابی خاموش در استفاده بیش از حد از آب‌زیرزمینی» نام‌گذاری نموده‌اند (Llamas و Martínez-Santos، ۲۰۰۵).

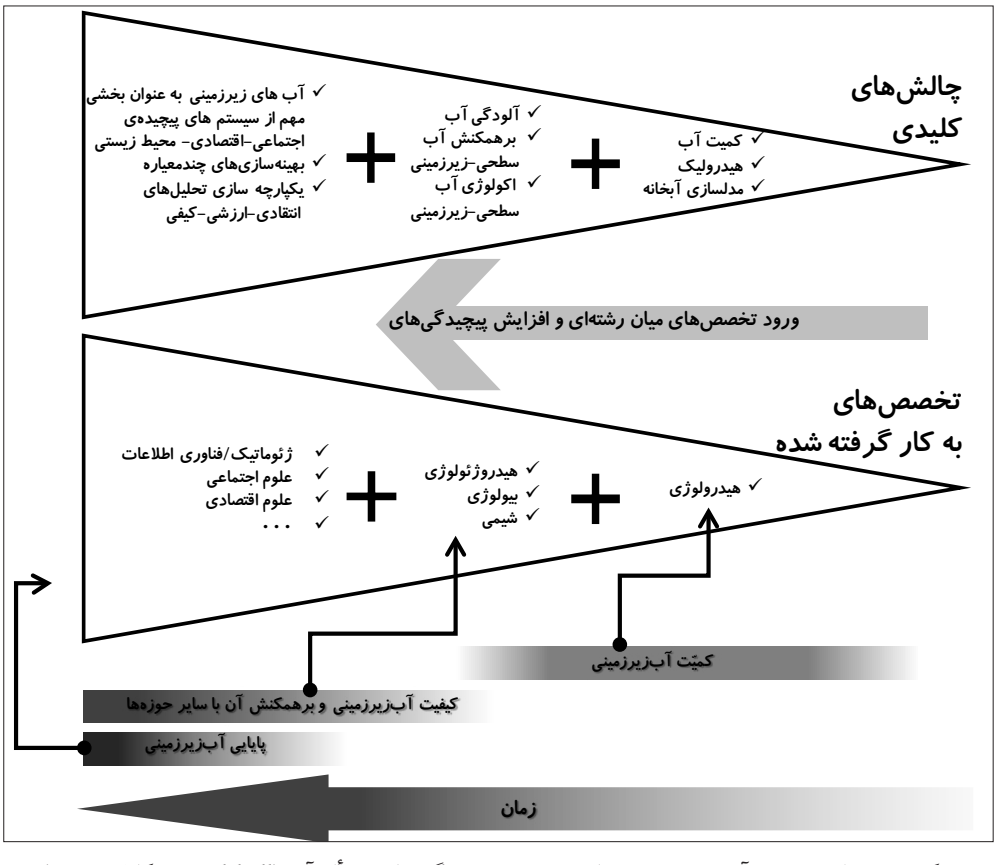
سهم بسیار بزرگی از این انقلاب خاموش در استفاده بیش از حد از منابع آب‌زیرزمینی، به توسعه کشاورزی فاریاب مخصوصاً در اکثر کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا اختصاص یافته است. شاید بتوان این‌گونه تعبیر نمود که با ورود تکنولوژی پمپاژ تحولی جدی در مدیریت آب‌زیرزمینی رخ داده است. برداشتی که عمدتاً بصورت ثقلی اتفاق می‌افتاد و کاملاً تابع شرایط طبیعت بود اکنون به وسیله پمپاژ، این امکان برای جوامع بشری فراهم شد تا بتواند بیش از ظرفیت تجدیدپذیر آبخانه آب برداشت نماید (Noori و همکاران، ۲۰۲۱). این تجاوز از ظرفیت تجدیدپذیری در بسیاری از کشورهای دنیا تجربه شد و به زودی همه دریافتند که این برداشت اضافه، پایایی توسعه را به خطر می‌اندازد. اما این رشد و بلوغ هنوز در کشورمان رخ نداده و طی دهه‌های اخیر با عنوان سیاست خودکفایی گندم و امنیت غذایی، به توسعه کشاورزی فاریاب مبتنی بر برداشت از ذخایر استاتیک و تجدیدناپذیر آب‌زیرزمینی پرداخته شده است. در کنار این «سیاست ساده‌انگارانه» سایر سیاست‌های حمایتی دولت مانند وام‌های بلاعوض آبیاری تحت فشار و یارانه‌های انرژی باعث تشویق بیشتر کشاورزان به برداشت آب از منابع آب‌زیرزمینی شده است. بدیهی است که این باور غلط در مورد آب‌زیرزمینی موجب افزایش تعداد چاه‌های غیر مجاز شده است. از طرف دیگر این عدم درک درست در میان مالکین چاه‌های مجاز و غیر جاز مانع از درک وضعیت بحرانی آب‌زیرزمینی شده و مانع از مشارکت جدی آب‌بران شده است.

تحول مدیریت آب‌زیرزمینی

در ابتدای ورود تکنولوژی پمپاژ، کمیّت قابل پمپاژ از ذخایر آب‌زیرزمینی مورد توجه بود که از تخصص هیدرولوژی برای پاسخ به این نیاز استفاده می‌گردید. پس از گذشت چند دهه با شروع افت مستمر تراز آب‌زیرزمینی و رشد شهرنشینی، پیامدهای نامطلوب «انقلاب خاموش در استفاده بیش از حد از آب‌زیرزمینی» آشکار گردید. برخی از این پیامدهای نامطلوب مانند آلودگی آبخانه، خشک شدن چشمه‌ها، رودخانه‌ها و نابودی اکوسیستم‌های وابسته به آب‌زیرزمینی، چالش‌های جدیدی بود که ظهور نمود. برای پاسخ به این چالش‌ها، دیگر علم هیدرولوژی کفایت نداشت و علوم دیگر مانند هیدروژئولوژی، بیولوژی و شیمی نیز در مدیریت منابع آب‌زیرزمینی سهیم شدند. علاوه بر کمیت، برهمکنش مدیریت آب‌زیرزمینی با سایر علوم مورد توجه جدی قرار گرفت. امروزه سیستم آب‌زیرزمینی به عنوان بخشی بسیار مهم از سیستم پیچیده اجتماعی-اقتصادی-زیست‌محیطی پذیرفته شده است.

با توجه به شکل (۲) مدیریت آب‌زیرزمینی از مورد توجه قرار دادن کمیّت قابل برداشت از آب‌زیرزمینی به رویکرد پایای آب‌زیرزمینی[1] در پاسخ به این چالش‌های پمپاژ از آب‌زیرزمینی، متحول شده است. این رویکرد به هم‌تکاملی سیستم‌های مرتبط با آب توجه نموده و همچنین بر ضرورت اقدام مبتنی بر برنامه بلندمدت برای حفاظت از اکوسیستم تأکید شده است. در شکل (۲) سعی شده است تا مسیر تکامل مدیریت آب‌زیرزمینی از توجه به کمیّت تا توجه به پایایی تشریح گردد. امروزه مسأله مدیریت آب‌زیرزمینی با گسترش چالش‌های آن، به یک مسأله فرارشته‌ای تبدیل شده که تخصص‌های علوم اقتصاد، جامعه شناسی و ... نیز به آن افزوده گردیده است. بنابراین دستیابی به تحول اساسی در مدیریت آب‌زیرزمینی لازم است، تا معیارهای متناسب با سطح پیچیدگی

چالش‌های مدیریت آب‌زیرزمینی اتخاذ گردد. تحول مدیریت آب‌زیرزمینی تا حدودی در سطح پژوهش‌های دانشگاهی مورد بحث قرار گرفته و تخصص‌های متفاوت به مسأله اضمحلال آب‌زیرزمینی و چگونگی جلوگیری از آن، توجه نموده‌اند؛ اما هنوز اقدام اجرایی که بتواند افت مستمر تراز آبخوان را متوقف نماید، رخ نداده است. به نظر می‌رسد که غفلت از پارادایم پایایی آب‌زیرزمینی در طرح‌ریزی و اجرا، یکی از مهمترین اصول در عدم توفیق در تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی باشد.

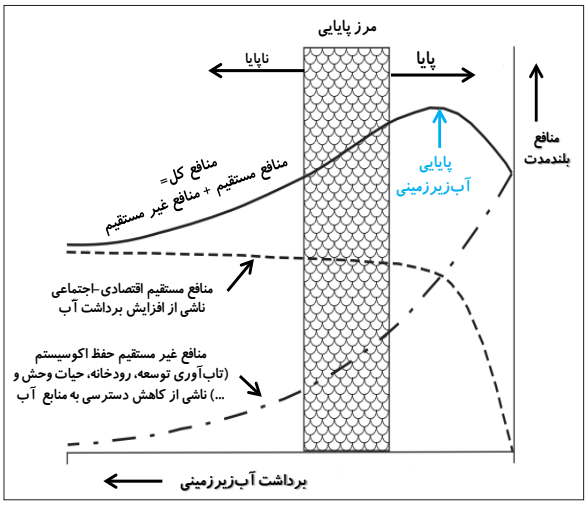


شکل ۲- تحول مدیریت آب‌زیرزمینی در پاسخ به رشد پیچیدگی‌های مسأله آب (Elshall و همکاران، ۲۰۲۰)

پارادایم پایایی آب‌زیرزمینی

شکل (۳) به تبیین مفهوم «پایایی آب‌زیرزمینی» پرداخته است. پایایی آب‌زیرزمینی را Gleeson و همکاران (۲۰۲۰) به صورت «حفظ کمیّت و کیفیت ذخایر آبخوان در یک دوره درازمدت [و جریان‌های آن] با استفادهٔ عادلانه مبتنی بر حکمرانی خوب و مدیریت در یک دوره بلندمدت» تعریف نمودند. سیستم مدیریت پایای آب‌زیرزمینی، سیستمی است که در آن پمپاژ می‌تواند به طور مطمئن در مدت نامحدودی ادامه یابد. مدیران آب در صورتی می‌توانند راه‌حل‌های استفادهٔ پایا از آب‌زیرزمینی را شناسایی کنند که حداکثر پمپاژ را در یک دوره بسیار طولانی‌مدت تعریف نموده و پیامدها و محدودیت‌های محیط‌زیستی، قانونی، اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی را بپذیرند. هنگامی می‌تواند مدیریت آب در محدوده پایا قرار گیرد که دنبال حداکثر نمودن منافع بلندمدت به جای کسب منافع کوتاه‌مدت باشد (Hardin، ۱۹۶۸). زیرا منافع اقتصادی حاصل از پمپاژ که باعث توسعه اقتصادی-اجتماعی می‌شود، با منافع حفاظت اکوسیستم برای دوام و بقاء حیات در تعارض است. هنگامی می‌توان به پایایی آب‌زیرزمینی دست یافت که مدیریت آب به دنبال حداکثر نمودن منافع کلی که مجموع منافع کوتاه‌مدت اقتصاد-اجتماعی و منافع غیرمستقیم و بلندمدت حاصل از حفظ اکوسیستم است، باشد.

در پارادایم پایایی آب‌زیرزمینی مشخص نمودن نقطه بهینه برای بیشینه نمودن منافع کل در یک دوره بلندمدت، امری اجتماعی-اقتصادی-محیط زیستی بوده، که تعیین تکلیف آن در سطح کلان، شدنی نیست؛ لذا با توجه به ماهیت پراکنده منبع آب‌زیرزمینی و متفاوت بودن شرایط اقتصادهای وابسته به آب‌زیرزمینی، لازم است تا در سطح محلی و با کمک خود مردم، راه حل بهینه که بیشترین سود منافع مستقیم و غیر مستقیم اقتصادی-اجتماعی-محیط زیستی را به همراه دارد، شناسایی و برای دستیابی به آن برنامه‌ریزی و اقدام گردد.



شکل ۳- پارادایم پایایی آب‌زیرزمینی

امروزه مدیریت آب در کشورمان فقط منافع مستقیم پیشرانه‌های اقتصادی-اجتماعی را در نظر گرفته و توجه به منافع غیرمستقیم حفظ اکوسیستم را مورد غفلت قرار داده است. بدیهی است چنین رویکردی بدون در نظر گرفتن منافع مستقیم و غیرمستقیم بلندمدت، محکوم به جانبداری از منافع کوتاه‌مدت و مستقیم اقتصادی-اجتماعی بوده، و اثربخشی در بهبود وضعیت آب‌زیرزمینی نخواهد داشت.

تبیین وضعیت پایایی آب‌زیرزمینی

بدیهی است که با رشد برداشت‌ها از منابع آب‌زیرزمینی، باید پایش منابع آب با دقت بیشتری صورت پذیرد؛ و از نظر تخصیص، دریافت مجوز برداشت، اجباری می‌شود. سپس حسابداری آب و مدل‌سازی چندمعیاره ضرورت می‌یابد (البته با داده کافی و موثق) تا به کمک نتایج آن بتوان وضعیت منابع و مصارف آب را در هر جزئی از محدوده، تحلیل نمود. در این مرحله و پس از آن، نیاز مبرمی به روش‌های رفع تعارض و اجماع‌سازی است؛ تا به کمک همکاری گرودارن بتوان به تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی دست یافت. شرح این مراحل بر اساس نسبت مصرف به تجدیدپذیری (C/RW)[۲] در ذیل آورده شده است (شکل ۴).

۱- در این شرایط پایش و فراهم‌آوری بیلان ساده منابع آب، پاسخ‌گوی چالش‌های تخصیص منابع آب‌زیرزمینی می‌باشد. در این وضعیت (C/RW<۳۰٪) بوده، آب‌زیرزمینی در وضعیت پایا قرار دارد و لذا بین منابع و مصارف تعادل برقرار است.

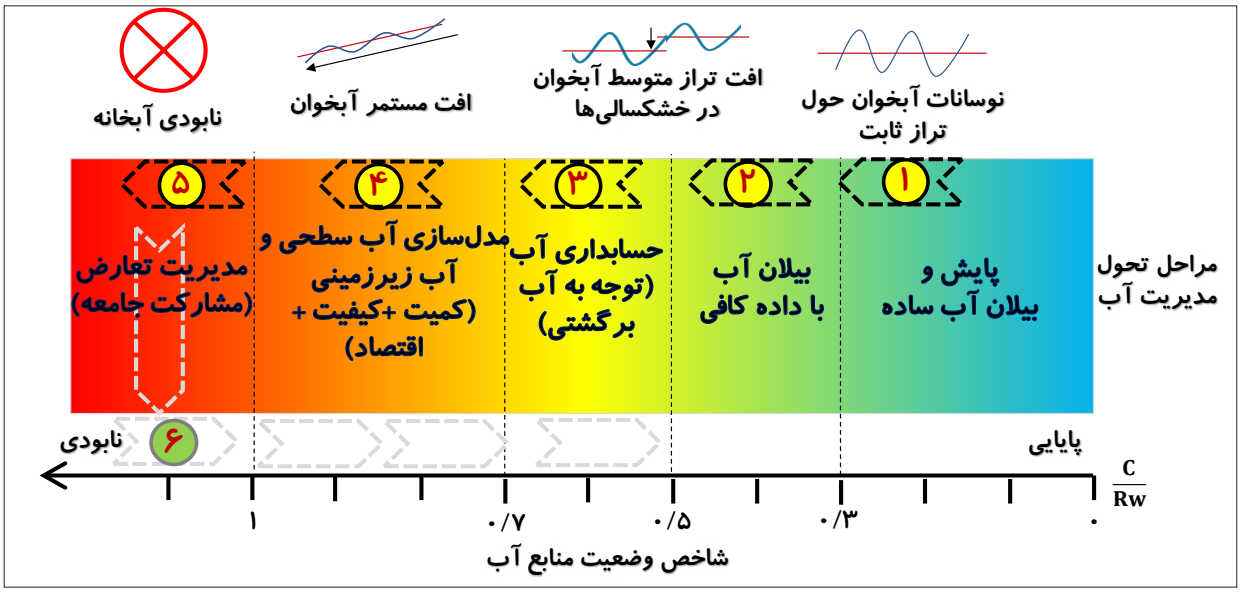
۲- با گذر مقدار مصارف از ۳۰ درصد نسبت به ظرفیت تجدیدپذیری آب‌زیرزمینی، پایش برداشت‌ها و تنظیم آن با نرخ تجدیدپذیری با یک بیلان ساده و با داده‌های کافی امکان‌پذیر است. این دوره همراه با گذر از شار طبیعی ورود به آبخانه بوده و در صورت افزایش مصارف برداشت‌ها، وارد ذخایر استاتیک آبخانه می‌شود.

۳- با گذر مقدار مصارف از ۵۰ درصد نسبت به ظرفیت تجدیدپذیری آب‌زیرزمینی (C/RW>۵۰٪)، پایش کامل مبتنی بر داده‌های کافی و استفاده از حسابداری آب (WA+) ضرورت می‌یابد. در این مرحله در صورتیکه حسابداری آب به درستی انجام نشود، در شرایط اضطراری مانند وقوع خشکسالی‌ها که ظرفیت تجدیدپذیری به شدت کاهش می‌یابد، موجب برداشت از ذخایر استاتیک و افت تراز آبخوان خواهد گردید. در این شرایط تراز آب‌زیرزمینی نسبت به میانگین بلندمدت یک پله پایین می‌افتد که در صورت عدم مدیریت صحیح و جبران آن در شرایط ترسالی، بازگشت به تراز اولیه مقدور نخواهد بود. در این وضعیت به دلیل کمبود آب در سیستم حسابداری آب، حجم و میزان برگشت‌ها نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

۴- در این شرایط به دلیل تجاوز از ظرفیت تجدیدپذیر آب‌زیرزمینی (C/RW>۷۰٪)، شناسایی اثرات و پیامدهای نامطلوب سیستم پیچیده آب‌زیرزمینی بسیار دشوار است و لذا مدل‌سازی‌های چند معیاری برای تعیین نقطه تعادل بین منافع اقتصادی پمپاژ و حفظ اکوسیستم‌های وابسته به آب‌زیرزمینی ضروری است. در این وضعیت عدم تعادل کیفی منابع آب زیرزمینی خودنمایی می‌کند. در صورت عدم مدیریت صحیح مصارف در این شرایط، افت مستمر تراز آبخوان قطعی خواهد بود.

۵- با عبور مصارف از ظرفیت تجدیدپذیر حوضه آبریز (C/RW>۱۰۰٪)، پیامدهای نامطلوب برداشت از ذخایر استاتیک و تجدیدناپذیر آب‌زیرزمینی مانند فرونشست، کاهش کیفیت آب، تعارض حقابه‌ها و... ظهور یافت. لذا برای حل تعارضات بر سر منابع محدود آب، علاوه برای موارد قبلی (حسابداری و مدل‌سازی چندمعیاره) توجه جدی به جلب مشارکت جدی مصرف‌کنندگان برای کاهش مصارف نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

۵- در این مرحله دو راه وجود دارد: راه اول اینکه به ادامه نابودی آبخوان ادامه داده و اقدامی خاصی انجام ندهیم. راه دوم مدیریت مصارف و بازگشت به سمت پایایی آب‌زیرزمینی است که تشریح کامل آن در شکل (۵) آورده شده است. در صورتی که کنش‌گران[۳] راه حل دوم را انتخاب نمایند، لازم است تا برای توانمندسازی خود تلاش نموده و مبتنی بر درک گستردگی و پیچیدگی سیستم منابع-مصارف آب، برای کاهش برداشت‌ها تصمیم‌گیری نمایند.



شکل ۴- ارتباط پایایی آب‌زیرزمینی با شاخص نسبت مصرف به تجدیدپذیری (C/RW)

۶- این مرحله، آغاز اصلاح برای مدیریت آب‌زیرزمینی و حرکت به سمت رویکرد پایایی آب‌زیرزمینی است. این اصلاح مدیریت آب‌زیرزمینی در سه گام اصلی مطابق شکل (۵) قابل انجام است. گام اول این اقدام، اصلاح در مدیریت آب‌زیرزمینی، «کاهش برداشت‌ها و کنترل افت» یا همان سناریوی کاهش استخراج از منابع آب‌زیرزمینی می‌باشد. گام دوم بعد از انجام کامل گام اول، «صفر کردن افت مزمن و ایجاد تعادل جدید در آبخانه» بوده که با سناریوی ایجاد تعادل جدید در آبخانه مشخص شده است. گام سوم بعد از اجرای موفق گام اول و دوم، «احیاء و بازگشت به تعادل اولیه» می‌باشد؛ که هدف نهایی، دستیابی به رویکرد پایایی آب‌زیرزمینی است.

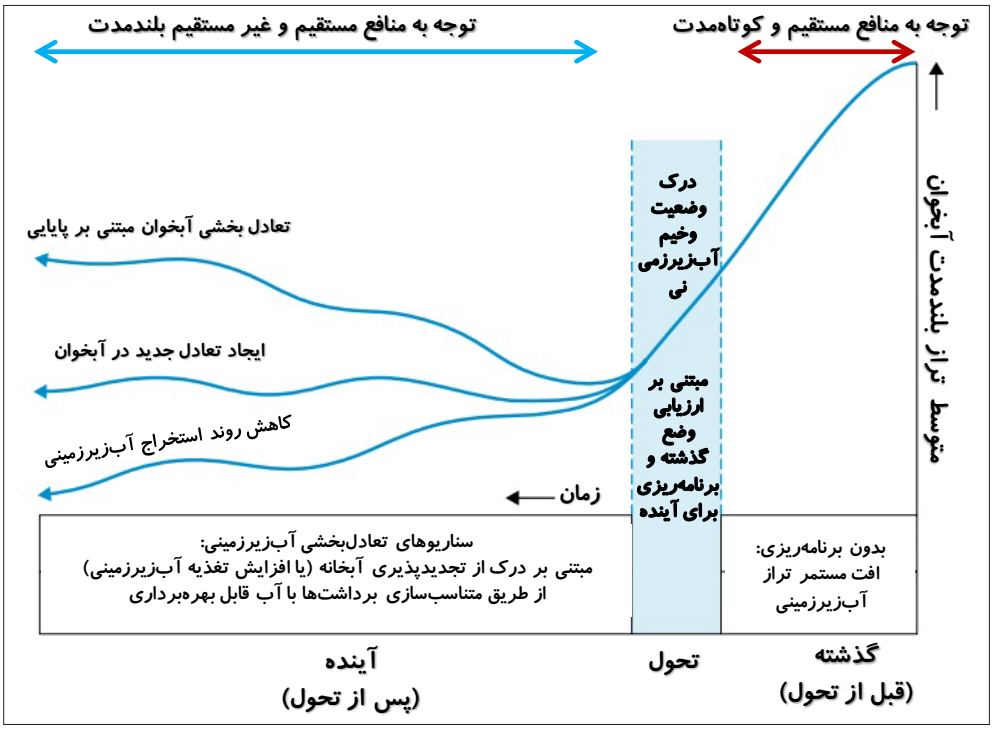
تحول‌خواهی و اصلاح نقطه شروع تعادل‌بخشی

بازخوانی تجارب کشورهای مختلف که دچار اضافه برداشت از ذخایر آب‌زیرزمینی شده‌اند، گویای این امر است که هر کشوری به فراخور شرایط اقتصادی-اجتماعی خویش راهکارهای متفاوتی برای پایش حفاظت از آب زیرزمینی اتخاذ نموده است. شکل (۵)، وضعیت عمومی کشورهای درگیر با مسأله اضافه برداشت از آب‌زیرزمینی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد، تا زمانی که بدون برنامه‌ریزی، از آبخوان برداشت می‌شود، تراز آبخوان با افت مستمر روبه رو است. دوره‌ای که در شکل (۵) به صورت رنگی نشان داده شده، دوره تحول‌خواهی برای تغییر در مدیریت آب‌زیرزمینی است. در این دوره، کلیه کنشگران حوضه آبریز، به اجماع می‌رسند که مدیریت آب‌زیرزمینی خویش را متحول نموده، و به سمت پایایی آب‌زیرزمینی پیش بروند. به بیان دیگر این دوره، دورهٔ ظرفیت‌سازی و تحول‌خواهی برای تغییر وضع موجود منابع آب است. تحول‌خواهی و ایجاد اجماع در میان کنشگران که هدف اصلی آن تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی است، می‌تواند سه سناریو در تحول وضع مدیریت منابع آب‌زیرزمینی ایجاد کند.

سناریوی کاهش روند استخراج آب‌زیرزمینی: در این حالت تحول در مدیریت آب‌زیرزمینی تحولی حداقلی است که هدف اصلی جلوگیری از صدور مجوزهای جدید برداشت از ذخایر آب‌زیرزمینی و کاهش شیب اضمحلال ذخایر تجدیدناپذیر آب‌زیرزمینی می‌باشد.

سناریوی ایجاد تعادل جدید در آبخوان: در این حالت تحول مدیریت آب‌زیرزمینی به اندازه‌ای است که موفق می‌شود تا بین منابع (ظرفیت تجدیدپذیری آب‌زیرزمینی) و مصارف (مدیریت منافع اقتصادی ناشی از پمپاژ آب) تعادل برقرار نماید. این رویکرد می‌تواند تعادل جدید در تراز آبخوان ایجاد نموده و از برداشت ذخایر تجدیدناپذیر آبخوان جلوگیری نماید. به بیان ساده‌تر هدف اصلی این حالت همگام نمودن تقاضا با ظرفیت تجدیدپذیری آب‌زیرزمینی، می‌باشد.

سناریوی تعادل‌بخشی آبخوان مبتنی بر پایایی: در این سناریو هدف اصلی تعادل‌بخشی و بازگشت به تراز اولیه آبخوان است. در این حالت کاهش مصارف (مدیریت منافع اقتصادی ناشی از پمپاژ آب) و یا افزایش تغذیه آبخوان تا حدی انجام می‌شود که میزان برداشت خیلی کمتر از منابع (ظرفیت تجدیدپذیری آب‌زیرزمینی) گردد؛ و لذا این فرصت فراهم می‌شود تا تعادل‌بخشی و بازگشت به تراز اولیه آبخوان امکان‌پذیر گردد. به بیان دیگر از این حالت، حرکت به سمت پایایی آب‌زیرزمینی نیز یاد می‌گردد.



شکل ۵- وضعیت عمومی کشورهای درگیر با مشکل افت تراز آبخوان و نحوه برخورد با مسأله تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی (Foster و همکاران، ۲۰۰۵)

مدیریت آب‌زیرزمینی کشورمان هنوز وارد مرحله درک وضعیت وخیم منابع آب‌زیرزمینی مبتنی بر ارزیابی وضع گذشته و برنامه‌ریزی برای آینده نشده است. لذا مادامی که مدیریت آب‌زیرزمینی در مرحله قبل از تحول قرار دارد، بدیهی است که همان رفتار اشتباه گذشته را تکرار می‌کند و افت مستمر بدون کاهش شیب تراز بلندمدت در حال وقوع است. تعادل‌بخشی هم در فهم مسأله و هم در اجرای آن دچار نقص جدی است. دلیل نقص در فهم این است که هنوز هم تعادل‌بخشی به عنوان یک مسأله چند وجهی مبتنی بر بهینه نمودن منافع اقتصادی-اجتماعی-محیط‌زیستی نمی‌باشد. در حوزهٔ اجرا، اگرچه که وضعیت مدیریت آب‌زیرزمینی در وضعیت ۵ در شکل (۴) قرار دارد، ولی الزامات پیاده‌سازی تعادل‌بخشی در حد و اندازه الزامات وضعیت ۱ در شکل (۴) است.

جمع‌بندی

بازخوانی تجارب کشورهای موفق در مدیریت و تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی، گویای این امر بدیهی است که مدیریت پایای آب‌زیرزمینی یکی از پیچیده‌ترین موضوعات است؛ به گونه‌ای که حل مسأله تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی در هم‌تکاملی با سایر مدیریت‌ها تعریف می‌گردد. باید اذعان نمود که تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی، مسأله‌ای میان رشته‌ای بوده و مبتنی بر مدیریت آب‌زیرزمینی در یک دوره بلندمدت (بین‌نسلی) می‌باشد. برای دستیابی به تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی، باید عزمی راسخ در تمام سطوح کنشگران مرتبط با آب‌زیرزمینی پدید آید؛ که این ظرفیت‌سازی امری زمان‌بر و طاقت‌فرسا است و نیازمند توجه ویژه به اصل تفویض اختیار[۴]، است که باید به آن توجه ویژه نمود. رعایت اصل تفویض اختیار، باعث ارتقاء جایگاه جوامع محلی شده، که زیرساخت توانمندسازی ایشان را برای مدیریت مشارکتی و یکپارچه حوضه‌ای فراهم می‌کند. بدیهی است که توانمندسازی جوامع محلی برای حل پیچیدگی‌های مدیریت آب‌زیرزمینی، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

هم اکنون اکثر محدوده‌های مطالعاتی کشور، از ذخایر تجدیدناپذیر آبخوان برداشت می‌نمایند و در شرایط مرحله ۵ (شکل ۴) قرار دارند. بدیهی است که الزامات قرارگیری در مرحله ۵ استفاده از تمامی ابزارهای مدیریتی (حسابداری آب، مدل‌سازی چندمعیاره، تخصیص مبتنی بر رعایت پایایی آب‌زیرزمینی و...) و از همه مهم‌تر جلب مشارکت آب‌بران برای کاهش برداشت‌ها می‌باشد. این در حالی است که افت افسارگسیختهٔ منابع آب‌زیرزمینی ناشی از شکاف نظام حکمرانی و بهره‌برداری، در حال خشک نمودن سفره‌های آب‌زیرزمینی مطابق با آنچه در مرحله پنجم (شکل ۴) در حال تجربه شدن است، می‌باشد؛ ولی ساختارهای مدیریت آب‌زیرزمینی و تعادل‌بخشی این منبع حیاتی، بسیار ساده‌انگارانه تنظیم شده، که متناسب با قرارگیری برداشت در شرایط مرحله ۱ (شکل ۴) است. این وضعیت مانع از

نتیجه یافتن اقدامات تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی شده که از آن به اصطلاح «تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی سهل ممتنع» به عنوان یک ناسازنما (پارادوکس) می‌توان یاد نمود.

امروزه ساختار موجود مدیریت آب‌زیرزمینی در مقایسه با وضعیت مطلوب (رویکرد پایایی آب زیرزمینی) فاصله بسیار زیاد دارد. این فاصله بسیار زیاد به گونه‌ای است که می‌توان طرح‌های مرتبط با تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی را «سیل وعده‌ها، اما تحقق قطره‌چکانی» نامید. شاید بتوان امر را شالودهٔ پاسخ به این سوال که چرا در عرصه عمل، تعادل‌بخشی کارایی لازم را نداشته و همچنان کشور با افت مستمر تراز آبخوان مواجه می‌باشد؟ دانست. به بیان ساده‌تر این دستیابی بسیار کم نسبت به رویکرد پایایی آب‌زیرزمینی ناشی از ساده‌انگاری در حل مسأله چندوجهی و پیچیدهٔ تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی، «مسأله سهل ممتنع» را یادآوری می‌نماید.

پیشنهادات

با توجه به موارد پیش‌گفته برخی پیشنهادها به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- تبدیل تمرکزگرایی به تفویض (اخذ تصمیمات در پایین‌ترین سطح تا جای ممکن): میزان تمرکزگرایی در مدیریت آب بسیار زیاد است. شاید بتوان برخی از چالش‌های مرتبط با آب را به صورت متمرکز حل نمود. اما مسأله تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی مسأله‌ای محلی بوده و در هر منطقه به فراخور شرایط، راه‌حل‌ها بسیار متفاوت خواهد بود. برای تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی ضروری است تا رویکرد دستیابی به پایایی آب‌زیرزمینی مطابق شکل (۳) مورد توجه قرارگیرد. مطابق این تعریف، رویکرد پایایی آب‌زیرزمینی به دنبال بهینه کردن منافع اقتصادی جوامع بشری در کنار حفظ محیط زیست است. لذا نهادهای دولت مانند وزارت نیرو از نهاد مسئول و مجری تعادل‌بخشی، به نهاد تسهیل‌گر تبدیل گردد. بنابراین ضروری است تا بر اساس اصل تفویض اختیار، مسئولیت‌های خویش را به شورای حوضه‌های آبریز و سپس به جوامع مردمی/ محلی واگذار نماید؛ تا با ایجاد ظرفیت‌سازی و کمک به بهره‌برداران بتوان به سمت پایایی آب‌زیرزمینی حرکت نمود.

- بعد از انجام تفویض اختیار برای رشد نهادهای مردمی فراتسهیل‌گری لازم است: برای اینکه کنشگران متفرق بتوانند از شرایط موجود به شرایط مطلوب (ساختار و سازماندهی مردم محلی) برسند، جلب مشارکت مبتنی بر اعتمادسازی برای اجماع و افزایش مهارت برای حل مسائل گوناگون لازم است. در این شرایط نهادهای دولتی در سطح محلی نقش تسهیل‌گر را بازی نموده و در سطح حوضه‌آبریز برای ایجاد اجماع و یکپارچگی در سیاست‌های حوضه آبریز، باید نقش فراتسهیل‌گری را داشته باشند.

- لزوم بسترسازی در نظام حکمرانی کنونی برای ایجاد عزم سیاسی در تحول مدیریت آب: بدیهی است که حرکت از شرایط کنونی (حاکمیت نهادهای دولتی) به شرایط مطلوب (مدیریت یکپارچه و مشارکتی در سطح حوضه‌آبریز) مسیری پیچیده و طاقت‌فرسا است. این بسیار ساده‌انگارانه است که فرآیندی تعادل‌بخشی که مبتنی بر تکامل و تحول می‌باشد را واقعه و یا رخدادی ناگهانی پنداشت. بنابراین اساسی‌ترین اقدام برای شروع دوره تحول‌خواهی، ایجاد بسترهای قانونی برای یاری‌گری بهره‌برداران و شروع فرآیند تحول در مدیریت آب‌زیرزمینی است.

- توجه به چرخه دمینگ[5] (برنامه‌ریزی، ارزیابی، یادگیری و در نهایت پیاده‌سازی) در برنامه تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی: متأسفانه مدیریت آب‌زیرزمینی دارای چرخه یک طرفه و ناقص است، به گونه‌ای که رابطه بالا به پایین و با اعمال قانون توسط سازمان دولتی بدون رابطه پایین به بالا و دریافت بازخورد از بهره‌برداران، سالیان متوالی است که در حال اجرا است؛ در حالی که در رویکرد پایایی مبتنی بر مصرف بهینه، و تقویت سرمایه اجتماعی و مشارکت بهره‌برداران می‌باشد. برنامه‌ریزی مبتنی بر جلب مشارکت بهره‌برداران در پیاده‌سازی اقدامات و توجه به نحوهٔ استمرار این مدیریت (پایش و ارزیابی اقدامات انجام شده) توسط نهادهای تسهیل‌گر (مانند وزارت نیرو و جهاد کشاورزی) می‌تواند در بهبود تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی، مفید واقع شود.

- توجه به پیچیدگی‌های برنامه زمان‌بندی بلندمدت (راهبردی): اگرچه که تاکنون طرح‌های تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی که تصویب و ابلاغ شده‌اند، از نظر کارشناسی و تئوری قابل قبول و مناسب هستند، اما واقعیت‌هایی که حل مسأله پیچیده آب با آن مواجه است را مورد غفلت قرار داده‌اند. در برخی از موارد سیاست‌گذاران از واقعیت روشن (بهره‌برداران غیرمجاز، تغییرات اقلیمی و ...) غفلت نموده، و لذا طبیعتاً نمی‌توان از طرح انتظار موفقیت داشت. واقعیت این است که در اجرای تعادل‌بخشی، محدودیت‌های جدی وجود دارد. محدودیت‌های اعتباری و مالی (جهت تأمین به موقع اعتبارات مورد نیاز در دستورالعمل‌های مختلف)، محدودیت‌های اجتماعی (بیکاری و معرفی نشدن فرصت‌های شغلی جایگزین برای بهره‌برداران غیرمجاز، فقدان پذیرش بهره‌برداران برای مشارکت در حفظ منابع آب، فقدان سرمایه اجتماعی و ...)، محدودیت‌های نهادی و ساختاری (تداخل وظایف و اختیارات و اثر غیرقابل انکار مراجع تصمیم‌گیری خارج از سازمان آب و ...) و محدودیت‌های فنی (در زمینه تکنولوژی‌های استفاده بهینه از آب و ...) از جمله برخی از این محدودیت‌ها می‌باشند. این محدودیت‌ها، برای تمام مدیران و کارشناسان ملموس و آشنا هستند. لازم است تا این محدودیت‌ها در برنامه بلندمدت مدیریت آب‌زیرزمینی پیش‌بینی شده و برای مواجهه با آنها برنامه‌ریزی گردد، تا بتوان به سمت پایایی آب‌زیرزمینی حرکت نمود.

- **متناسب نمودن برنامه‌ها با واقعیت‌های جامعه:** ذینفعان، صاحبان و محافظان اصلی آب، آحاد مردم هستند. اما روح حاکم بر قوانین تعادل‌بخشی که توسط بخش دولتی تدوین شده است؛ نگاه حاکمیتی در تمام بخش‌های آن دیده می‌شود. بر اساس رویه‌های پیشنهادی حکمرانی مطلوب آب، دستورالعمل‌ها و اقدامات حفاظتی آب باید منبعث و مستخرج از اراده مردم باشند تا ضمانت اجرایی و پایداری در استمرار طرح، فراهم گردد. از این رو باید از دیدگاه بهره‌برداران آب نیز دستورالعمل‌ها مورد ارزیابی، نظرسنجی، بازنگری و اصلاح قرار گیرد تا در نهایت بتواند بین آنان مقبولیت داشته باشد.

- **اصلاح نظام سیاست‌گذاری تعادل‌بخشی:** متأسفانه به دلیل عدم پایش نظام سیاست‌گذاری، برخی از سیاست‌ها مانند آبیاری تحت‌فشار، تخصیص پساب و ... اگرچه ظاهراً به عنوان سیاست‌های تعادل‌بخشی آب‌زیرزمینی یاد می‌شوند، اما در واقع پیاده‌سازی به گونه‌ای است که افت آبخانه را شتاب بیشتری می‌بخشد. این سیاست‌ها را می‌توان به ضرب‌المثل معروف «از قضا سرکنگبین صفرا فزود؛ روغن بادام خشکی می‌نمود» تشبیه کرد.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر کامران داوری که در تدوین ساختار یاداشت تحلیلی و همچنین جناب آقای مهندس امین فخرمحمدی که از نظرات ارزشمندشان در بهبود یاداشت استفاده شده است، قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت

1-Groundwater Sustainability
2-Ratio of consumption to renewability
3-Actors
4-subsidiarity
5-Deming cycle

منابع

شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی. ۱۴۰۰. گزارش سیمای آب استان خراسان رضوی. مشهد.

Chevalking S., Knoop L. and van Steenbergen F. 2008. Ideas For Groundwater Management. International Union for Conservation of Nature (IUCN), ISBN: 978-90-79658-01-5.

Elshall AS., Arik AD., El-Kadi AI., Pierce S., Ye M., Burnett KM., Wada CA., Bremer LL. and Chun G. 2020. Groundwater sustainability: A review of the interactions between science and policy. Environmental Research Letters, 15(9): 1-57.

Foster S., Nanni M., Kemper K., Garduño H. and Tuinhof A. 2005. Utilization of Non-Renewable Groundwater: A Socially-Sustainable Approach to Resource Management. The World Bank, Washington DC. (GWMTE Briefing Note Series, Note 11).

Gleeson T., Cuthbert M., Ferguson G. and Perrone D. 2020. Global Groundwater Sustainability, Resources, and Systems in the Anthropocene. https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055251. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 48: 431–463.

Hardin G. 1968. The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. science. American Association for the Advancement of Science, 162(3859): 1243–1248.

Llamas M.R. and Martínez-Santos P. 2005. Intensive Groundwater Use: Silent Revolution and Potential Source of Social Conflicts. American Society of Civil Engineers Journal of Water Resources Planning and Management, 131: 337-341.

Margat J. and van der Gun J. 2013. Groundwater around the World: A Geographic Synopsis. CRC Press/Balkema. Leiden.

Noori R., Maghrebi M., Mirchi A., Tang Q., Bhattarai R., Sadegh M., Noury M., Torabi Haghighi A., Kløve B. and Madani K. 2021. Anthropogenic depletion of Iran's aquifers. Proceedings of the National Academy of Sciences. National Acad Sciences, 118(25): e2024221118.