خلاصه مدیریتی
آثار متقابل دو حوزه علم و سیاستگذاری در پایداری منابع آب‌های زیرزمینی

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱-۱۷۹۱۵
آذرماه ۱۴۰۰

دفتر مطالعات زیربنایی

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
ضرورت و اهداف ۳
روش مطالعه ۳
بخش اول- تعریف پایداری آب‌های زیرزمینی از دیدگاه سیاستگذاری ۴
۱-۱. دیدگاه‌های متنوع در مورد پایداری آب‌های زیرزمینی ۴
۱-۲. تنوع ارزش‌ها در مورد پایداری آب‌های زیرزمینی ۵
۱-۳. نوع عوامل پایداری آب‌های زیرزمینی ۶
۱-۴. تعریف پایداری آب‌های زیرزمینی ۶
بخش دوم- رابطه سیاستگذاری و علم پایداری آب‌های زیرزمینی ۷
۲-۱. از جنبه سیاستگذاری ۷
۲-۲. از جنبه علمی ۸
بخش سوم- ارزیابی علمی پایداری آب‌های زیرزمینی ۹
۳-۱. مدل‌سازی چندفرایندی ۱۰
۳-۱-۱. مدل‌سازی هیدرولوژیکی ۱۰
۳-۱-۲. مدل‌سازی خدمات اکوسیستم ۱۰
۳-۱-۳. مدل‌سازی فعالیت‌های انسانی ۱۰
۳-۲. تحلیل عدم‌قطعیت ۱۱
۳-۲-۱. تحلیل چندروایتی ۱۱
۳-۲-۲. مدیریت تطبیقی ۱۲
۳-۳. مشارکت ۱۲
بخش چهارم- چالش‌ها، مسائل و مشکلات روش‌های رایج مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی ۱۳
۴-۱. چالش‌های اجرای مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی ۱۴
۴-۲. پیشنهادهایی برای مواجهه با چالش‌های اجرای مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی ۱۵
۴=۲=۱. ضرورت شناخت واقعیت‌های وضع موجود از منظر قانونی، اقتصادی، اجتماعی، عرضه و تقاضای آب با توجه به سیر تکاملی و جهانی مفهوم پایداری آب‌های زیرزمینی ۱۵
۴-۲-۲. تدوین برنامه‌های مدیریت منابع آب با مشارکت همه گروداران، براساس شرایط اقلیمی و تغییرات پیشرو در فرایند گفتگوی اجتماعی و روشن شدن ابعاد مسئله آب ۱۶
۴-۲-۳. لزوم مدل‌سازی چندفرایندی (هیدرولوژیکی، خدمات اکوسیستم و فعالیت‌های انسانی) با توجه به همه بخش‌های سیستم درهم تنیده و جفت شده آبی - انسانی- محیطی ۱۶
۴-۲-۴. بهبود مدیریت مناقشات آبی با توجه به مدیریت تطبیقی، تحلیل‌های چندروایتی و سازگاری با کم‌آبی ۱۷
۴-۲-۵. لزوم تحلیل عدم‌قطعیت ۱۷
۴-۲-۶. تقویت رویکرد و نگاه اجتماعی در مدیریت منابع آب با استفاده از ظرفیت‌های اجتماعی سازمان‌های مردم‌نهاد و مشارکت تشکل‌های بهره‌برداران ۱۸
۴-۲-۷. ایجاد بازار آب برای حرکت به سمت واقعی شدن بهای آب و بهینه‌سازی مصرف ۱۸
نتیجه‌گیری ۱۹
منابع و مآخذ ۲۰

خلاصه مدیریتی
آثار متقابل دو حوزه علم و سیاستگذاری در پایداری منابع آب‌های زیرزمینی

چکیده

براساس آمار و اطلاعات وزارت نیرو، منابع آب زیرزمینی حدود ۵۷ درصد از نیاز آب شرب شهری، ۸۳ درصد از نیاز آب شرب روستایی و ۵۲ درصد آب کشاورزی کشور را تأمین می‌کند. در سال‌های خشک نسبت تأمین آب از این منبع برای مصارف مختلف افزایش می‌یابد. این آمار و اطلاعات نشان می‌دهد که تأمین نیازهای مختلف آبی در کشور وابسته به برداشت آب‌های زیرزمینی است. عواملی نظیر کمبود بارش و رخداد خشکسالی‌های پی در پی در سال‌های اخیر، حفر چاه‌های غیرمجاز با پیشرفت فناوری و تسهیل حفاری چاه و بهره‌برداری‌های بیش از حد منجر به کسری ذخیره آب‌های زیرزمینی شده که افت تراز آب زیرزمینی، تأثیرات منفی روی محیط‌زیست، فرونشست زمین و به‌طور کلی کاهش توان مدیریتی آبخوان‌ها از تبعات آن است.

نگرانی در مورد کاهش آب‌های زیرزمینی و تخریب اکوسیستم‌ها منجر به توسعه مفهوم پایداری آب‌های زیرزمینی به‌عنوان ابزاری برای سیاستگذاری آب‌های زیرزمینی در برنامه‌های مدیریت منابع آب در سراسر جهان شده است. از آنجا که مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در درون سیستم‌های تلفیقی هیدرولوژیکی، محیط‌زیستی و اجتماعی - اقتصادی تعبیه شده است، اجرای این سیاست‌ها چالشی برای مدیران آب و جامعه علمی محسوب می‌شود. این مسئله در صورت عدم وجود فرایندهای مشارکتی منجر به ایجاد شکاف ارتباطی بین مقامات آبی، دانشمندان و جامعه می‌شود. ازاین‌رو می‌توان مفهوم پایداری آب‌های زیرزمینی را به‌منظور ارائه رویکردهای مشارکتی و یکپارچه‌تر و به جهت کاربرد در حوزه سیاستگذاری و وضع قوانین برای برقراری امنیت آبی ارائه داد که رسالتی حیاتی در این زمینه بر دوش مسئولانی مانند نمایندگان مجلس شورای اسلامی است.

مؤلفه‌های اصلی ارزیابی علمی و مؤثر سیاست پایداری آب‌های زیرزمینی، مدل‌سازی چندفرایندی، تحلیل عدم‌قطعیت و مشارکت هستند. سیاستگذاری پایدار و کارامد آب‌های زیرزمینی مستلزم یک ارزیابی علمی، شامل موارد زیر است:

۱. مشارکت ذی‌نفعان در یک فرایند مشارکتی از طریق مدل‌سازی مشارکتی و یادگیری اجتماعی،

۲. درک درست از سناریوهای درحال توسعه بین آب‌های سطحی - زیرزمینی، اکوسیستم‌ها و

فعالیت‌های انسانی،

۳. بررسی و در نظر گرفتن عدم‌قطعیت و تنوع اولویت‌های جامعه با استفاده از تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت چندمدله و مدیریت تطبیقی.

مقدمه

حفاظت از آب‌های زیرزمینی به‌عنوان بزرگ‌ترین ذخایر آب شیرین به‌منظور حفاظت از اکوسیستم‌ها و سازگاری انسان‌ها با تنوع و تغییر اقلیم امری اساسی است. با این‌حال، منابع آب زیرزمینی به‌عنوان منبعی حیاتی برای بقای انسان و اکوسیستم، اغلب در معرض بهره‌برداری و تخلیه ناپایدار قرار می‌گیرند که با افزایش تقاضا و بهره‌برداری‌های بیش از حد از منابع آب‌های زیرزمینی، نفوذ آب شور، فرونشست، تهدیدات محیط‌زیستی و مخاطرات جغرافیایی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. برای مقابله با این تهدیدها، مفهوم پایداری اغلب با مفاهیم آبدهی مطمئن،[1] آبدهی پایدار،[2] توسعه پایدار آب‌های زیرزمینی و مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی وارد برنامه‌ریزی‌ها و اقدامات مربوط به آب‌های زیرزمینی شده است.

اهداف مورد انتظار از پایداری آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یک ابزار سیاستگذاری ممکن است متغیر باشد؛ اغلب به‌منظور جلوگیری از اضافه برداشت آب‌های زیرزمینی پیاده‌سازی می‌شود و ممکن است شامل اقدام‌هایی برای اطمینان از تأمین آب در آینده یا محافظت از سیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی باشد. عملیاتی‌سازی مؤثر سیاستگذاری آب‌های زیرزمینی مستلزم ایجاد بنیادی برای انتقال علم به تصمیم‌گیری‌های اجتماعی است. لذا مستلزم بررسی دقیق سه چالش اصلی است: چالش اول، علم پایداری آب‌های زیرزمینی پیچیده است که علوم طبیعی و اجتماعی را شامل می‌شود، چالش دوم، مدل‌های یکپارچه دارای عدم‌قطعیت هستند که شامل جنبه‌های طبیعی و انسانی هستند و سیستم‌های درهم‌تنیده و پویای انسانی - طبیعی را به هم مرتبط می‌کنند و چالش سوم، غالباً یک شکاف ارتباطی بین جامعه دانشگاهی، تصمیم‌گیرندگان و دست‌اندرکاران وجود دارد که باعث می‌شود تولیدات علمی تقاضای کمتری داشته باشند. بنابراین سیاستگذاری پایدار و کارامد آب‌های زیرزمینی مستلزم یک ارزیابی علمی است که شکاف ارتباطی ذکر شده را کمتر کند و شامل موارد زیر است:

۱. مشارکت ذی‌نفعان در یک فرایند مشارکتی از طریق مدل‌سازی مشارکتی و یادگیری اجتماعی

۲. درک درست از سناریوهای درحال توسعه بین آب‌های سطحی - زیرزمینی، اکوسیستم‌ها و فعالیت‌های انسانی،

۳. بررسی و در نظر گرفتن عدم‌قطعیت و تنوع اولویت‌های جامعه با استفاده از تجزیه و تحلیل

---

1. Safe Yield
2. Sustainable Yield

عدم‌قطعیت چندمدله و مدیریت تطبیقی.[1]

ضرورت و اهداف

حفاظت از منابع آب‌های زیرزمینی در جهت مقابله با تهدیدها و کاستن از مصرف یا هدررفت و با هدف پایداری منابع آب ضروری است. در این راستا، پرداختن به مقوله پایداری منابع آب‌های زیرزمینی به‌ویژه در آبخوان‌هایی که با بهره‌برداری بیش از حد مواجهند، با هدف ارزیابی وضعیت فعلی این منابع و برنامه‌ریزی آتی به جهت توسعه پایدار این منابع از اهمیت بسیاری برخوردار است. ازاین‌رو این مطالعه می‌تواند نشانگر رئوس گام‌های مهمی به جهت سیاستگذاری و مدیریت پایدار این منابع ارزشمند باشد. انجام این مطالعات، ارکان لازم برای مدیریت صحیح این منابع را در مواجهه با تجربیات بین‌المللی و ملی فراهم می‌آورد که در عرصه قانونگذاری در این حوزه می‌تواند به‌کار رود. در این راستا اهداف زیر مد نظر است:

- بررسی پایداری آب‌های زیرزمینی از دیدگاه سیاستگذاری،
- تعیین رابطه علم و سیاستگذاری پایداری آب‌های زیرزمینی در راستای کمک به عرصه قانونگذاری در این زمینه،
- ارزیابی علمی پایداری آب‌های زیرزمینی برای کاستن از شکاف ارتباطی میان جامعه علمی و جامعه سیاستگذار و عملیاتی در حوزه آب زیرزمینی.

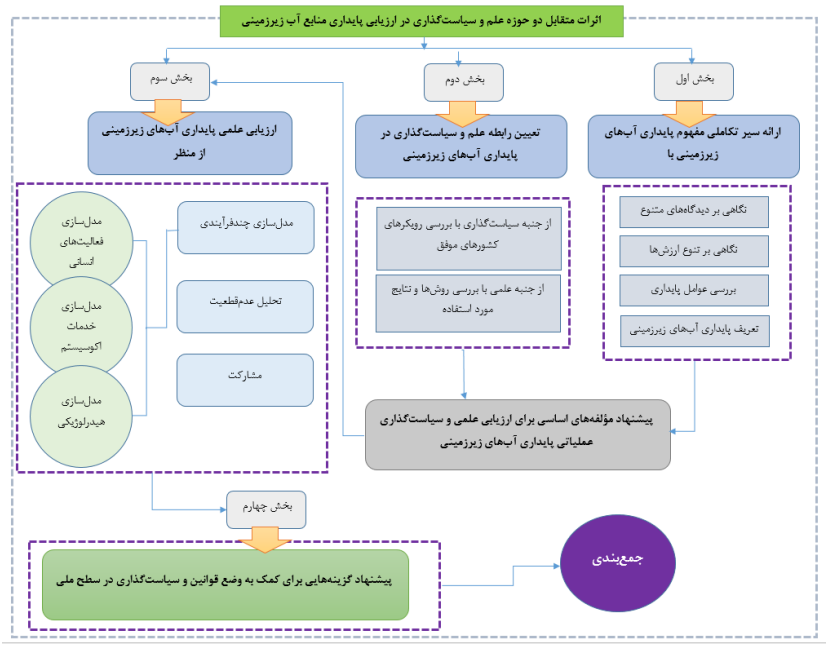
روش مطالعه

تحقق اهداف این مطالعه، برمبنای مطالعات کتابخانه‌ای و تجزیه و تحلیل اطلاعات دردسترس، طبق فرایند ارائه شده در شکل ۱ است. در بخش اول تلاش شده است با نشان دادن روند تکامل این مفهوم، پایداری آب‌های زیرزمینی تعریف شود و سپس در مورد رابطه علم و سیاستگذاری در بخش دوم بحث می‌شود. بخش سوم ارزیابی علمی پایداری آب‌های زیرزمینی را با تمرکز بر سه مؤلفه اساسی این فرایند بررسی می‌کند. سه مؤلفه ارزیابی علمی و مؤثر سیاست پایداری آب‌های زیرزمینی که عبارتند از: مدل‌سازی چندفرایندی، تحلیل عدم‌قطعیت و مشارکت. مطالعه حاضر با بررسی روند قوانین و سیاست‌های ایران در رابطه با پایداری آب‌های زیرزمینی با هدف ارائه راهکارهایی، براساس چالش‌ها و شکاف‌های شناسایی شده، به پایان می‌رسد. لزوم توجه به مراحل توسعه، ارزیابی و اجرای قوانین سیاست‌های پایداری آب‌های زیرزمینی از مرحله جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز تا نظارت و

1. Adaptive Management

کنترل کیفیت اجرای این سیاست‌ها در چارچوب و ساختار نظام‌مند با توجه به فرایندهای مشارکتی و مدیریت تطبیقی، به‌عنوان خروجی مطالعه حاضر و مؤلفه‌های کمک‌کننده برای سیاستگذاری قابل اجرا و مؤثر در جهت پایداری آب‌های زیرزمینی پیشنهاد می‌شود. بنابراین حوزه‌های سیاستگذار کشور ازجمله مجلس شورای اسلامی می‌تواند براساس اولویت‌ها با تخصیص و تصویب بودجه‌های لازم برای سازمان‌های متولی، مسیر برنامه‌ریزی، توسعه و پیاده‌سازی راهکارهای پیشنهاد شده به‌منظور پایداری آب‌های زیرزمینی را هموار کند.

شکل ۱. فرایند انجام مطالعه



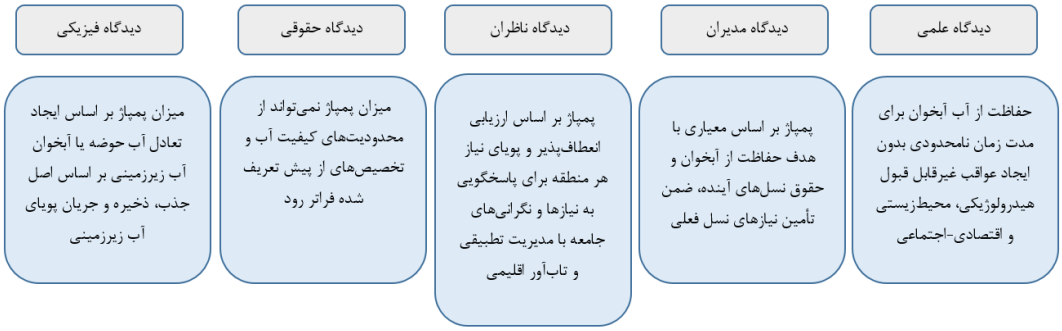
بخش اول- تعریف پایداری آب‌های زیرزمینی از دیدگاه سیاستگذاری

۱-۱. دیدگاه‌های متنوع در مورد پایداری آب‌های زیرزمینی

دسترسی به این اطلاعات که چگونه اجرای توسعه و مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی منجر به «تخمین واقعی» و دسترسی پایدار به منابع آب می‌شود؛ در عمل دشوار است. این امر عمدتاً به‌دلیل وجود دیدگاه‌های مختلف در مورد پایداری آب‌های زیرزمینی است. ازاین‌رو تفسیرهای مختلف از این موضوع از دیدگاه بازیگران مختلف در شکل ۲ خلاصه شده است (Rudestam and Langridge, 2014). این دیدگاه‌های متنوع دارای موضوعات اساسی مشترکی هستند که می‌توان آنها را در سه گروه اصلی مرتبط با مفهوم پایداری آب‌های زیرزمینی یعنی ارزش‌های اجتماعی، عوامل عملکرد و عوامل حکمرانی آبخوان

دسته‌بندی و معیارهای پایداری آب‌های زیرزمینی را تجمیع و تلفیق کرد.

شکل ۲. دیدگاه‌های مختلف در مورد پایداری آب‌های زیرزمینی



۲-۱. تنوع ارزش‌ها در مورد پایداری آب‌های زیرزمینی

در طول فرایند ارزیابی پایداری آب‌های زیرزمینی تعریف ارزش‌های اصلی برای تصمیم‌گیری در میان گروداران مختلف مورد بحث و مناقشه قرار می‌گیرد. شکل ۳ طبقه‌بندی ارزش‌های اجتماعی مربوط به پایداری آب‌های زیرزمینی را نشان می‌دهد (Elshall et al., 2020). اگرچه بحث برای ارزش‌های ابزاری یا برای ارزش‌های ذاتی می‌تواند منطقی باشد، اما امروزه ضروری است با تأکید بر ارتباط بین این دو ارزش متضاد به بازنگری در ارزش‌های محیط‌زیستی پرداخته شود (Chan et al., 2016).

شکل ۳. طبقه‌بندی ارزش‌های اجتماعی مربوط به پایداری آب‌های زیرزمینی

	توافق گروهی	تاب‌آوری	سلامت عمومی	عدالت	ارزش‌های زیبایی شناختی	ارزش‌های ارتباطی	ارزش‌های ذاتی	ارزش‌های ابزاری
تعریف	گروداران مرتبط و استفاده‌کنندگان از آب‌های زیرزمینی موافقت می‌کنند از یک تصمیم پشتیبانی کنند.	مقابله یا بحران و بازگشت سریع به وضعیت قبل از بحران	شیوه‌های توسعه‌ی آب‌های زیرزمینی و کیفیت آب بر سلامت عمومی تأثیر می‌گذارد.	منابع به صورت عادلانه توزیع می‌شوند.	یک سیستم علاوه بر عملکرد قابل قبول از بعد زیبایی‌شناختی نیز برخوردار است.	ارتباط و علاقه‌ای که مردم به محل زندگی خود دارند، مهم است	محیط‌زیست دارای ارزشی مستقل از فعالیت‌های انسانی است.	محیط‌زیست برای فعالیت‌های انسانی مهم است.
اهداف	حمایت از بهترین تصمیم به نفع جوامع درگیر	در نظر گرفتن تاب‌آوری در برابر بحران در روند برنامه‌ریزی	کاهش ریسک‌ها و اثرات آنها بر سلامت عمومی	در نظر گرفتن عدالت درون و بین نسلی	حفظ و تقویت زیبایی مناظر یک مکان	حفظ هویت و نظارت فرهنگی	حفظ و افزایش کیفیت محیط	تقویت اقتصاد محلی و کیفیت زندگی ساکنان
مثال	پمپاژ آب زیر زمینی باعث ایجاد اختلاف نمی‌شود و و حقوق مردم بومی را در نظر می‌گیرد.	پمپاژ آب‌های زیرزمینی سبب فرونشست، شوری، خشکسالی، افزایش تراز آب دریا و غیره می‌شود.	پمپاژ آب‌های زیرزمینی باعث جابجایی قلزات سنگین، آلودگی‌های انتقال و غیره نمی‌شود.	پمپاژ آب‌های زیر زمینی نتایج اجتماعی و نسل‌های آینده را در نظر می‌گیرد.	پمپاژ آب‌های زیر زمینی به زیبایی مناظر حوضه‌ها تأثیر می‌گذارد.	پمپاژ آب‌های زیرزمینی بر هویت و نظارت فرهنگی تأثیر نمی‌گذارد.	پمپاژ آب‌های زیرزمینی باعث تخلیه اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی می شود.	پمپاژ آب‌های زیرزمینی برای فعالیت‌های انسانی (به عنوان مثال آبیاری، استفاده شهری و صنعتی).

۳-۱. نوع عوامل پایداری آب‌های زیرزمینی

ارزیابی علمی پایداری آب‌های زیرزمینی با درک اصول هیدرولوژیکی، رابطه علم و سیاست و با هدف تعریف عوامل پایداری آب‌های زیرزمینی انجام می‌شود. ازاین‌رو در شکل ۴ هشت عامل پایداری آب‌های زیرزمینی نشان داده شده است. از جنبه سیاستی زیرمجموعه‌ای از این هشت عامل در سیاستگذاری‌های پایداری آب‌های زیرزمینی گنجانده شده است و از جنبه علمی، ترکیبی از این عوامل به‌عنوان اهداف پایداری آب‌های زیرزمینی برای مطالعه و مدیریت آب‌های زیرزمینی حوضه‌های خاص یا برای مدیریت کلی آب‌های زیرزمینی در موارد مختلف ارائه شده است (Pierce et al., 2013; Srinivasan et al., 2017).

شکل ۴. عوامل عملکرد پایدار و حکمرانی آبخوان برای ارزیابی پایداری آب‌های زیرزمینی

۴-۱. تعریف پایداری آب‌های زیرزمینی

پایداری آب‌های زیرزمینی که تابعی از عملکرد و مؤلفه‌های حکمرانی آبخوان است؛ با معرفی مفاهیم آبدهی مطمئن، آبدهی پایدار، توسعه پایدار آب زیرزمینی و مدیریت پایدار آب زیرزمینی همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، مورد توجه و بحث قرار گرفته است.

شکل ۵. انتقال سیاستگذاری و مدیریت آب‌های زیرزمینی از آبدهی مطمئن به آبدهی، توسعه و مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی

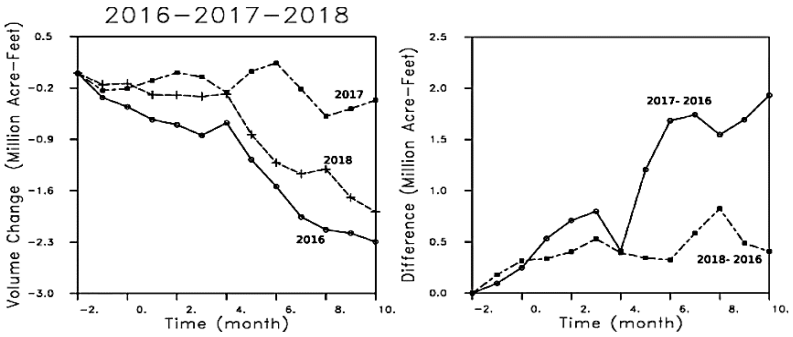
بخش دوم- رابطه سیاستگذاری و علم پایداری آب‌های زیرزمینی

۱-۲. از جنبه سیاستگذاری

علم، سیاستگذاری و راهکارهای عملی مدیریت پایدار، فرایندهای اجتماعی هستند که توسط افراد، هنجارها و سازمان‌های مرتبط در درک و انتقال اطلاعات و همچنین در تصمیم‌گیری در رابطه با پایداری آب‌های زیرزمینی نقش مؤثری دارند. رابطه بین علم و سیاستگذاری و همچنین بین علم و عمل، به این‌صورت است که از دیدگاه منطقی، علم پتانسیل تأثیرگذاری بر تمام مراحل چرخه سیاست، از تنظیم دستورکار، تدوین خط‌مشی، تا اجرا و ارزیابی را دارد. با این‌حال تولید و استفاده از علم منطقی یا عینی نیست. جهان‌بینی‌ها، دیدگاه‌ها و گاه علائق افراد و سازمان‌های تولیدکننده علم، در چارچوب‌بندی، طراحی و اجرای تحقیقات و همچنین تفسیر و ارائه نتایج نقش دارند (van den Hove 2007; Sarkki et al., 2014; Saarela et al., 2015). تصمیم‌گیران همچنین تولید، بازتولید، ارائه و استفاده از علم را مدیریت می‌کنند و می‌توانند از علم به‌صورت گزینشی برای حمایت یا پیشبرد سیاست‌ها یا برعکس، برای تأخیر یا اجتناب از اقدامات استفاده کنند (Saarela et al., 2015). به‌علاوه، علم و سیاست همیشه به‌طور مستقیم به راهکاهاری عملی تبدیل نمی‌شود. راهکارهای عملی ممکن است بیشتر بر دانش غیررسمی متکی باشد تا دانش علمی. بنابراین راهکارهای عملی ممکن است از خط‌مشی نیز فاصله بگیرد و حتی در صورت نبود خط‌مشی نیز رخ می‌دهد. درنتیجه، علم، سیاست و راهکارهای عملی ممکن است با هم هماهنگ باشند یا نباشند. ازاین‌رو در ادامه، روش مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی کالیفرنیا برای مثال بیان شده و سپس مواردی که منجر به موفقیت طرح‌های پایداری در این ایالت شده است، استخراج و در بخش آسیب‌شناسی مدیریت منابع آب ایران استفاده شده است.در ایالت کالیفرنیا با توجه به اضافه برداشت آب‌های زیرزمینی و خشکسالی که از سال ۲۰۱۲ آغاز شده بود، در سال ۲۰۱۴ قانون مدیریت پایدار منابع آب تصویب شد. طبق این قانون، پایداری تمامی آبخوان‌ها تا سال ۲۰۴۰ به ثبات رسیده و در صورت امکان احیا می‌شوند (افزایش تراز آب) و این برنامه در افقی ۵۰ ساله برنامه‌ریزی شده است. با توجه به این قانون آبخوان‌های بحرانی با بیشترین نرخ برداشت در اولویت برنامه‌های مدیریت پایدار قرار گرفتند به‌نحوی که در تمامی این محدوده‌ها در طی سه سال و تا سال ۲۰۱۷ دستگاه‌های اجرایی و تصمیم‌گیرنده در زمینه مدیریت آب زیرزمینی شناسایی و ایجاد گردید و برنامه پایدارسازی این آبخوان‌های بحرانی با میزان برداشت و افت بالا تا سال ۲۰۲۰ تدوین و اجرا شده است. برنامه پایدارسازی دیگر آبخوان‌ها نیز باید تا سال ۲۰۲۲ تدوین و اجرا شود. برای مثال تغییرات ذخیره آبخوان در دره مرکزی کالیفرنیا در فواصل ماهیانه در شکل ۶ بررسی شده است. در سمت چپ شکل ۶، تغییر حجم تجمعی در بازه یک‌ساله از اکتبر سال قبل تا اکتبر سال ذکر شده، رسم شده است. در سال ۲۰۱۶ یک

افت چشمگیری در تغییرات حجم وجود دارد که ادامه اثر خشکسالی شدید سال ۲۰۱۵ است. به‌دنبال آن در طی دوره مرطوب از اکتبر ۲۰۱۶ تا اکتبر ۲۰۱۷، کاهش حجم آبخوان به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. کاهش تجمعی حجم آبخوان در سمت راست شکل ۶ نشان داده شده است. تفاوت بین سال‌ها کاملاً قابل‌توجه و نشان‌دهنده پاسخ سریع سیستم آبخوان به تغییرات میزان پمپاژ است. با وجود این باید توجه داشت، حتی در سال مرطوب از اکتبر ۲۰۱۶ تا اکتبر ۲۰۱۷ نیز کاهش کلی در حجم وجود دارد. با مقایسه ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ تغییرات کمتر چشمگیر است که به‌دلیل خشکسالی سال ۲۰۱۸ است (Babbitt et al., 2018; Owen et al., 2019).

شکل ۶. تغییرات کل حجم آبخوان در بازه یک‌ساله (چپ) و تفاوت بین تغییرات حجمی آبخوان (راست) در دره مرکزی کالیفرنیا از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸



۲-۲. از جنبه علمی

ارزیابی علمی پایداری آب‌های زیرزمینی برای اجرای سیاست‌های آب‌های زیرزمینی در مکان‌های مختلف جغرافیایی **مانند** استرالیا **(**Tan et al., 2012**)**، کالیفرنیا (Babbitt et al., 2018; Owen et al., 2019) **چین** (Wang et al., 2018) دانمارک (Refsgaard et al., 2010; Jorgensen et al., 2017) فلوریدا (Asefa et al., 2014) هند (Saha and Ray., 2019) کانزاس (Sophocleous, 2012) هلند (Griffioen et al., 2014) آفریقای جنوبی (Seward, 2010) جنوب‌شرق آسیا (Sikdar, 2019) اسپانیا (Llamas et al., 2015) تگزاس (Sheng, 2013) **و** آبخوان فرامرزی High Plains ایالات متحده (Sophocleous, 2010) انجام شده است. نتایج کلی این مطالعات در سه چالش اصلی پیچیدگی علم پایداری آب‌های زیرزمینی، عدم‌قطعیت عمیق و شکاف موجود بین جامعه علمی دانشگاهی، سیاستگذاران و مدیران آب خلاصه شده است. بنابراین، یک فرایند علمی برای اجرای بهتر سیاستگذاری پایداری آب‌های زیرزمینی باید شامل موارد زیر باشد:

۱. بررسی چندفرایندی مسائل از طریق تجزیه و تحلیل بازخوردها، فرایندهای همزمان و سناریوهای

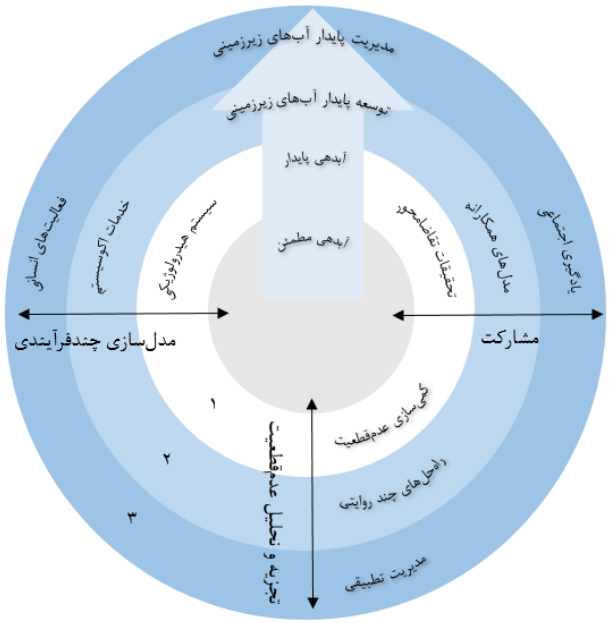
مختلف بین سیستم آب‌های سطحی و زیرزمینی، اکوسیستم‌ها و فعالیت‌های انسانی؛

۲. تحلیل روایتی مسائل از طریق ارزیابی منابع مختلف عدم‌قطعیت با ترکیب چندگانه مدل‌های آب زیرزمینی به همراه مدیریت تطبیقی برای بیان «آنچه شناخته شده است، چه چیزی ممکن است، چه چیزی ناشناخته است»؛

۳. مشارکت به‌گونه‌ای که «نتایج علمی از تبادل مکرر، همکارانه و دوطرفه جوامع مدیریتی و سیاستگذار پدیدار شوند».

با توجه به سه مؤلفه فوق (مدل‌سازی چندفرایندی، تحلیل عدم‌قطعیت و مشارکت)، شکل ۷ نشان می‌دهد که چگونه این سه مؤلفه اصلی دارای سطوح درگیر و یکپارچه هستند.

شکل ۷. اجزای اساسی ارزیابی علمی و مؤثر پایداری آب‌های زیرزمینی مدل‌سازی چندفرایندی، تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت و مشارکت (تعداد دایره‌ها نشان‌دهنده افزایش درجه ادغام است)



بخش سوم- ارزیابی علمی پایداری آب‌های زیرزمینی

داشتن اطلاعات دقیق در هر فرایند تصمیم‌گیری ضروری است. این اطلاعات باید توسط جامعه معتبر و توسط دانشمندان و محققان قابل دفاع باشد. ازاین‌رو برای دستیابی به نتایج پایدار در مدیریت منابع آب، نیاز به درک مشترکی از سیستم منابع آب و عدم‌قطعیت‌های مرتبط با آن وجود دارد که توسط علم مبتنی‌بر تحقیق و دانش تجربی محلی پشتیبانی شود.

۱-۳. مدل‌سازی چندفرایندی

مدل ریاضی آب‌های زیرزمینی شبیه‌سازی یک سامانه هیدروژئولوژیکی است که از قوانین فیزیک و ریاضی کمک می‌گیرد. یک سامانه واقعی مانند یک آبخوان، متشکل از مجموعه‌ای از فرایندها و پدیده‌های طبیعی فیزیکی و شیمیایی و فعالیت‌های انسانی است. بنابراین مدل باید مبتنی‌بر وضعیت هندسی دقیق سامانه مورد مطالعه (برای مثال آبخوان) و اطلاعاتی درباره پارامترهای فیزیکی (مرزهای ورودی و خروجی)، پارامترهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی آن سامانه باشد (Alley, 2018; Gleeson et al., 2020).

۱-۱-۳. مدل‌سازی هیدرولوژیکی

اولین مرحله از مدل‌سازی چندفرایندی برای ارزیابی پایداری آب‌های زیرزمینی، مدل‌سازی هیدرولوژیکی است که هر دو فرایند آب‌های سطحی و زیرزمینی را به‌صورت تلفیقی شبیه‌سازی می‌کند. برای ارزیابی پایداری آب‌های زیرزمینی از مجموعه گسترده‌ای از مدل‌های مکانیکی (برای مثال مدل‌های عددی و راه‌حل‌های تحلیلی) و مدل‌های پدیدارشناختی (برای مثال مدل‌های تحلیلی) استفاده می‌شود. دسته اول مدل‌ها توصیف مکانیکی سیستم‌های جریان، انتقال و رابطه گیاهان و زمین با پوشش گیاهی را به‌گونه‌ای اتخاذ می‌کنند که معادلات حاکم فیزیکی با اصول اولیه سازگار باشد. مدل‌های پدیدارشناختی روابط، فعل و انفعالات بین متغیرها را فراتر از داده‌های اندازه‌گیری شده توصیف می‌کنند، به روشی که با تئوری و مشاهدات مطابقت داشته باشد، اما لزوماً مبتنی‌بر فیزیک نیستند (Provost and Voss, 2019).

۲-۱-۳. مدل‌سازی خدمات اکوسیستم[۱]

برای در نظر گرفتن خدمات اکوسیستم در ارزیابی پایداری آب‌های زیرزمینی، دو سؤال مرتبط وجود دارد؛ با توجه به یک برنامه پمپاژ، چه مقدار آب اکولوژیکی در دسترس خواهد بود؟ نیازهای زیست‌محیطی اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی چیست؟ پاسخ سؤال اول را می‌توان با مدل‌سازی هیدرولوژیکی داد و پاسخ سؤال دوم را می‌توان با استفاده از شاخص‌های هیدرولیکی، بیلان آب، مدل‌سازی هیدرولوژیکی و رویکردهای عملی مثل مدیریت تطبیقی تعیین نمود. با توجه به اینکه فعالیت‌های انسانی و نگرش‌های اجتماعی نسبت به اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی متنوع و متغیر هستند، مدیریت تطبیقی با رویکردی عملگرا، انعطاف‌پذیر و تجربی به‌عبارتی با «یادگیری در عمل» این نگرانی‌ها را کمرنگ می‌کند (Gleeson and Richter, 2018).

۳-۱-۳. مدل‌سازی فعالیت‌های انسانی

مدیریت پایدار منابع آب به‌دلیل عوامل نامعلوم و ویژگی‌های محدودکننده در تعامل سیستم‌های انسانی

---

۱. Ecosystem Services

- آب‌های زیرزمینی و متغیر بودن این عوامل در مقیاس‌های زمانی و مکانی نیازمند ارزیابی تغییرات، فعل و انفعالات و بازخوردهای این عوامل در سیستم‌های مشترک منابع آبی - انسانی است. علم مدیریت یکپارچه منابع آب، هیدرولوژی اجتماعی و مدل‌سازی هیدرواقتصادی به مدل‌سازی فعالیت‌های انسانی به‌منظور توسعه پایدار آب‌های زیرزمینی پرداخته است. مدیریت یکپارچه منابع آب توسط شبکه مشارکت جهانی آب «فرایندی که بدون به مخاطره انداختن پایداری اکوسیستم‌های حیاتی، توسعه هماهنگ و مدیریت آب، زمین و منابع وابسته را با هدف حداکثر کردن برآیند اقتصادی و رفاه اجتماعی و با شیوه‌ای منصفانه ترویج و ارتقا می‌دهد» تعریف شده است. درحالی که هیدرولوژی اجتماعی، مطالعه سیستم‌های پیوسته انسان - آب مبتنی‌بر هم‌تکاملی سیستم‌های اجتماعی و هیدرولوژیکی است که چگونگی وقوع بازخوردها و برهم‌کنش‌های متقابل را تجزیه و تحلیل می‌کند. در مقایسه هیدرولوژی اجتماعی و مدیریت یکپارچه منابع آب، می‌توان گفت مدیریت یکپارچه منابع آب چارچوبی است که در آن برهم‌کنش میان توسعه انسانی و منابع آب جستجو می‌شود، اما توانایی آن برای درک و دریافت هم‌تکاملی و برهم‌کنش سیستم پیوسته در بلندمدت کافی نیست. هدف مدل‌سازی هیدرواقتصادی نیز بهینه‌سازی اهداف اقتصادی سیستم‌های آبی تحت محدودیت‌های طبیعی و اجتماعی و یا ارزیابی گزینه‌های بهینه برای ذخیره منابع آب و پروژه‌های توسعه منابع آب است (Gohar et al., 2019; Wurl et al., 2018).

۲-۳. تحلیل عدم‌قطعیت

سیاستگذاری‌های آب‌های زیرزمینی مستلزم تحلیل عدم‌قطعیت برای مدیریت ریسک هستند؛ زیرا مدیران آب با پیچیدگی فزاینده سیستم‌های آبی - اجتماعی مواجه هستند، از طرفی برای حفاظت از منافع جمعی و پایداری منابع آب‌های زیرزمینی نیاز به تدوین راهبردهای بلندمدت دارند. تجزیه و تحلیل عدم‌قطعیت در ارزیابی پایداری آب‌های زیرزمینی حداقل با هشت هدف بررسی محدودیت‌های مدل، ایجاد سناریوهای پیش‌بینی‌کننده، کمی‌سازی تأثیر عدم‌قطعیت پارامتری، ارزیابی مدل مفهومی و سناریو در پیش‌بینی‌ها، ارزیابی نقش هریک از پارامترهای عدم‌قطعیت‌دار در پیش‌بینی، ارزیابی ارزش فراهم‌آوری داده جدید، شناسایی یا طراحی برنامه‌های استوار، شناسایی مدل‌ها یا سناریوها و ارائه بینش عمیق‌تر از مسئله انجام می‌شود (Pholkern et al., 2019; Urrutia et al., 2018; Piscopo et al., 2019).

۱-۲-۳. تحلیل چندروایتی

تخمین آبدهی پایدار از این جهت که علم آب‌های زیرزمینی پیچیده و دارای عدم‌قطعیت است، دشوار است. بنابراین، سؤال اساسی به‌منظور حمایت از تصمیم‌گیری‌های منابع آب، چگونگی ارائه علم است. علوم شناختی تأکید می‌کنند که مدل‌ها، با دانش نسبی پدیده‌های طبیعی را توصیف می‌کنند؛ ازاین‌رو با ترکیب دانش می‌توان فرضیه‌های جایگزین معتبری را فراهم کرد. بنابراین، رویکرد مدل‌سازی شناختی

یک چارچوب مدل‌سازی چند فرضیه احتمالاتی مبتنی‌بر داده است که از احتمال به‌عنوان وسیله‌ای در برابر عدم‌قطعیت به‌منظور برآورد یک پارامتر استفاده می‌کند. در عمل، یک رویکرد چندمدله شناختی دارای مزایایی نظیر کاهش خطای مدل، ارائه دقیق‌تر خصوصیات مهم مسئله، ارائه راه‌حل‌های متعدد نسبت به مدل‌های قطعی است. از طرفی رویکرد شناختی مبتنی‌بر داده‌های مشاهداتی است، بنابراین با دسترسی به داده‌های جدید، می‌تواند به‌روز شود. این موضوع تأکید می‌کند که در دیدگاه شناختی هدف از ابتدا شناخت یک مسیر توسعه نهایی نیست (Elshall et al., 2019; Xu et al., 2017).

۲-۲-۳. مدیریت تطبیقی

مدیریت منابع آب تطبیقی، نگرش یکپارچه و نظام‌مند برای بهبود مدیریت و ایجاد تغییرات با یادگیری از تجارب و نتایج حاصل از اعمال سیاست‌های مدیریت است. مدیریت تطبیقی زمانی که شکافی در دانش و عدم‌قطعیت‌هایی در خدمات اکوسیستم وجود دارد، ابزار مؤثری برای مدیریت به‌شمار می‌آید. این رویکرد مبتنی‌بر یادگیری به دلیل ویژگی‌های نامشخص منابع آب‌های زیرزمینی، خدمات اکوسیستم و فعالیت‌های انسانی برای مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی مورد نیاز است. مدیریت تطبیقی همچنین ابزاری برای محاسبه پارامترهای نامعلوم شناخته شده و ناشناخته است. درواقع مدیریت تطبیقی مناسب‌ترین رویکرد برای مقابله با عدم‌قطعیت دانش و تغییر رفتار جامعه نسبت به منابع آب‌های زیرزمینی است. باید توجه داشت که ترکیب رویکردهای نظارتی و مدل‌سازی این امکان را برای مدیران منابع آب و گرودارن فراهم می‌کند تا سیاستگذاری و مدیریت منابع آب را براساس پارامترهای شناخته و ناشناخته، مورد بازبینی قرار دهند و به‌طور پویا هر تصمیمی را با شرایط محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی متغیر تطبیق دهند (Piscopo et al., 2019; Seward and Xu, 2019).

۳-۳. مشارکت

اصطلاح مشارکت در این مطالعه به هر سطحی از مشارکت گرودارن در برنامه‌ریزی، مدل‌سازی و مدیریت منابع آب اشاره دارد. گرودارن افراد یا نهادهای علاقمند یا دغدغه‌مند (برای مثال، مقامات آبی، سازمان‌های غیردولتی و یا اعضای جامعه) نسبت به مسائل هستند. مشارکت شامل بهره‌گیری از دانش نهادی و سنتی، تبادل تجربیات، درک عمیق‌تر، ایجاد توافق و افزایش تعهد نسبت به مدیریت منابع آب است. اگرچه شناسایی و تعریف راه‌های مشارکت گرودارن عمدتاً بستگی به مطالعات موردی دارد، اما می‌توان در سه سطح طبقه‌بندی نمود. سطح اول مربوط به انجام ارزیابی‌های علمی تقاضامحور براساس نیازهای گرودارن برای کمک به حل مسائل دنیای واقعی در یک جامعه یا منطقه است. در این‌گونه تحقیقات این تضمین وجود دارد که نتایج علمی، پیشنهادهای مدیریتی و سناریوهای آینده با توجه به نیازها و اولویت‌های گرودارن طراحی می‌شوند. سطح دوم مشارکت و تعامل گرودارن از طریق توسعه

مدل‌های مشارکتی و توصیف پیامدهای گزینه‌های جایگزین است. درحالی که دو سطح قبل گروداران اصلی منابع آب عمدتاً مدیران آب و نهادهای نظارتی آب متمرکز هستند، با این‌حال می‌توان در سطح سوم به‌منظور مشارکت عمومی و تحقق یادگیری اجتماعی گروداران را گسترش داد. از آنجا که مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با فرایندهای سیستمی چندگانه و عدم‌قطعیت ناشی از درهم‌تنیدگی این سیستم‌ها تعامل دارند، ازاین‌رو یادگیری اجتماعی با مشارکت عمومی، ارزیابی‌های علمی و تصمیم‌گیری ارتباط متقابل دارد (Mckenzie et al., 2014; Custodio et al., 2019).

به‌طور کلی علم، توانایی تأثیرگذاری بر سیاست را در تمام مراحل فرایند سیاستگذاری، از تنظیم دستورکار، تدوین سیاست، تا اجرا و ارزیابی دارد. با وجود این تولید و استفاده از علم منطقی و هدفمند نیست. جهان‌بینی، دیدگاه‌ها و در بعضی مواقع، علایق افراد و سازمان‌های تولیدکننده علم در قالب‌بندی، طراحی و اجرای تحقیقات و همچنین تفسیر و ارائه نتایج علم تأثیرگذار هستند. ازطرفی تصمیم‌گیرندگان تولید، بازتولید، ارائه و استفاده از علم را مدیریت می‌کنند و می‌توانند به‌صورت انتخابی از علم برای حمایت یا پیشبرد سیاست‌ها یا برعکس، برای به تأخیر انداختن یا جلوگیری از اقدام استفاده کنند. به‌علاوه، علم و سیاست همیشه مستقیماً به‌عمل تبدیل نمی‌شود. گاهی چیزی که در عمل اتفاق می‌افتد ممکن است از سیاست دور باشد و گاهی حتی در صورت نبود سیاست نیز اتفاق می‌افتد. درنتیجه، علم، سیاست و عمل ممکن است با هم هماهنگ عمل کنند یا نکنند.

بخش چهارم- چالش‌ها، مسائل و مشکلات روش‌های رایج مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی

توسعه پایدار منابع آب در ایران در طی یک دهه اخیر همچون سایر نقاط جهان، پیش کشیده شده است و در این زمینه با چالش‌ها و موفقیت‌های بنیادینی روبه‌رو بوده و هست. درواقع با وجود تلاش‌های زیاد برای پیروی از جریان توسعه پایدار منابع آب در دشت‌های کشور، عمدتاً پروژه‌ها در پیاده‌سازی اصول پایداری با شکست مواجه می‌شوند، زیرا روند سابق مدیریت منابع آب با تخریب بیشتر محیط‌زیست و تعمیق نابرابری‌های اجتماعی تحت عنوان توسعه پایدار دنبال می‌شود. این وضعیت منجر به طرح مسئله به این‌صورت می‌شود که پایداری منابع آب در ایران با چه چالش‌هایی مواجه است؟ ازاین‌رو در این مطالعه و با تکیه بر مفاهیم جهانی پایداری و با تحلیل اسنادی – تاریخی زمینه‌های هیدرولوژیکی، جمعیتی، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی به بررسی چالش‌های پایداری در مدیریت منابع آب پرداخته شده است تا به قانونگذار در این زمینه کمک شود. با این‌حال تجربه‌های موفقی از مدیریت پایدار منابع آب در کشور وجود دارد. برای مثال می‌توان مدیریت و بهره‌برداری منابع آب مجن در شهرستان شاهرود را به‌عنوان نمونه‌ای

موفق در نیم قرن مدیریت شبکه آبیاری نام برد. علل موفقیت و پایداری نظام توزیع آب در شهر مجن، منطبق بودن نظام توزیع آب به خواست مردم، عدالت‌محور بودن این نظام، بازدهی بالای آبیاری، قابل کنترل بودن عملیات توزیع آب توسط کلیه آب‌بران و خصوصیت اجتماعی مردم منطقه در مشارکت‌پذیری و ترجیح فوائد جمعی به منافع شخصی است.

۱-۴. چالش‌های اجرای مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی

مسئله آب در کشور که ناشی از قرارگیری در کمربند خشک و نیمه‌خشک، تغییرات اقلیمی، الگوی مصرف نادرست، اسراف‌کارانه و کم‌بهره، رشد جمعیت، توسعه کشاورزی، شرب و صنعت، کم‌توجهی به دانش بومی، ارزشگذاری نامناسب آب، همراه با عدم سیاستگذاری و برنامه‌ریزی برای مدیریت سیستم‌های منابع آب است و نزدیک به دو دهه است که تبدیل به مسئله‌ای مهم برای مردم و سیاستگذاران شده است. با توجه به عدم تحقق کامل اهداف طرح تعادل‌بخشی موجود، با رویکرد حاکم بر آن به‌عنوان تنها برنامه کشور برای بهبود و علاج‌بخشی وضعیت منابع آب زیرزمینی کشور، در آسیب‌شناسی این طرح عوامل اثرگذار را می‌توان به عوامل مختلف سیاسی، جمعیتی، اقتصادی، اجتماعی، آمایشی و حکمرانی با توجه به عدم وجود همکاری، هماهنگی و برنامه‌ریزی‌های لازم بین سازمان‌های مسئول در سطح ملی و استانی، خلأهای قانونی و عدم اجرای قوانین موجود، بی‌توجهی به برخورد با متخلفان، سیاست‌های توسعه‌محور در بخش کشاورزی و به‌تبع آن تأمین آب به هر نحوی برای این بخش؛ مالکیت خرد اراضی، عدم معرفی فرصت‌های شغلی جایگزین برای کاهش وابستگی اشتغال به منابع آب، عدم توجه به تنش‌های مسائل آبی و پیامدهای فردی و اجتماعی آن و عدم تخصیص اعتبارات لازم تقسیم نمود. از منظر سیاسی به‌دلیل در اولویت نبودن مسئله آب در کشور، نبود برنامه مدون و کارکرد بخشی و سلیقه‌ای سازمان‌های مسئول بدون توجه کافی به کمبود منابع آب کشور این امر مورد غفلت واقع شده است. از منظر نهادی، نهادهای سیاستگذار و نهادهای مختلف اجرایی در مدیریت منابع آب ایران نقش دارند که به‌صورت کلی نهادهای سیاستگذار به‌دلیل نداشتن سیاست‌های منسجم و مشخص در زمینه درک مسئله آب و نهادهای اجرایی نیز با تأمین آب بیشتر در راستای اهداف سازمان‌های ذی‌ربط بدون توجه به تبعات اجرای اقدامات بخشی بر منابع آب، باعث بدترشدن وضعیت منابع آبی کشور شده‌اند.

براساس اسناد و گزارش‌های موجود، عمده مصرف آب کشور که منجر به کسری ذخیره ۵ میلیاردی سالیانه در کشور شده است، مربوط به حوضه‌هایی است که مرکز سیاسی – اقتصادی – جمعیتی کشور می‌باشند. به‌عبارتی سه عامل تمرکز اداری – سیاسی – تصمیم‌گیری، تمرکز سرمایه – صنعت و تمرکز امکانات خدماتی – فرهنگی – آموزشی – بهداشتی – رفاهی در یک چرخه هم‌افزا با افزایش طبیعی جمعیت و مهاجرت به تمرکزگرایی شدت بخشیده و منجر به مشکلات زیادی ازجمله مصرف بیش از حد

آب، انتقال آب از سایر حوضه‌ها و جذب تولیدات دامی و کشاورزی از سایر مناطق شده است. متعاقباً با اعمال فشار به طبیعت، ایجاد کمبود آب در سایر مناطق و به‌هم زدن اکوسیستم با ایجاد آلودگی، تعادل منطقه را به‌هم می‌زند. درنتیجه شدت یافتن و پیچیده شدن روند تمرکزگرایی در چند دهه اخیر در ایران، مدیریت پایدار منابع آب را به چالش کشیده است. علاوه‌بر وضعیت اجتماعی و جمعیتی، عدم انطباق تقسیمات هیدرولوژیکی با تقسیمات سیاسی کشور مهم‌ترین و کلیدی‌ترین مشکل ساختاری در بحث مدیریت پایدار منابع است. درواقع عدم انطباق مرزبندی‌های سیاسی ملی و فروملی با مرزبندی‌های هیدرولوژیک، چالش‌های فراوانی را از منظر پایداری محیط‌زیستی و همچنین از منظر بیلان منابع آب و تعیین منابع ورودی و خروجی حوضه‌ها ایجاد کرده است.

۲-۴. پیشنهادهایی برای مواجهه با چالش‌های اجرای مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی

با توجه به چالش‌های مطرح شده بی‌توجهی به مقیاس مکانی و زمانی و عدم توجه به خصوصیات طبیعی، هیدرولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی حوضه‌ها در تدوین برنامه‌های مدیریت منابع آب ازجمله مواردی است که نیاز به تجدیدنظر دارد. برای مواجه با این مسئله نیز، برنامه مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در نمونه‌های موفق مانند کالیفرنیا مد نظر قرار داده شده است و اهم پیشنهادهای بلندمدت در این زمینه عبارتند از:

۱. لزوم ایجاد و تصویب قوانین و مقررات مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی با تأکید بر اصل مدیریت محلی آب‌های زیرزمینی،

۲. لزوم ایجاد یک نهاد فرابخشی و تأکید بر نقش نظارتی و حمایتی این نهاد و سازمان‌های دولتی مربوطه در زمینه،

۳. لزوم ایجاد سازمان پایداری آب زیرزمینی محلی با مشارکت شرکت‌های محلی، سایر بهره‌برداران و گرودارن آب‌های زیرزمینی در یک حوضه با هدف:

- رهبری حوضه آبریز در زمینه توسعه و ارتباط با سایر حوضه‌ها
- تهیه، پیاده‌سازی و مدیریت برنامه پایداری آب‌های زیرزمینی
- پایش، ارزیابی و گزارش‌دهی روند دستیابی به اهداف پایداری.

۱-۲-۴. ضرورت شناخت واقعیت‌های وضع موجود از منظر قانونی، اقتصادی، اجتماعی، عرضه و تقاضای آب با توجه به سیر تکاملی و جهانی مفهوم پایداری آب‌های زیرزمینی

بهره‌برداری فعلی از آب‌های زیرزمینی در ایران براساس حجم ثابت انجام می‌شود که مبتنی‌بر معیاری معقول با توجه به معیارهایی نظیر افت کمّیت‌وکیفیت آب‌های زیرزمینی، فرونشست، کاهش آب‌های سطحی، پیشروی آبشور در مناطق ساحلی و کاهش ذخایر استراتژیک برای برداشت آب از این منابع

نیست. از طرفی این مجوزها توانایی سازگاری با تغییرات اقلیم را ندارند و نمی‌توان توسط آنها پیامدهای نامطلوب بهره‌برداری از آب زیرزمینی را مدیریت کرد. ازاین‌رو اهم پیشنهادهای بلندمدت عبارتند از:

- اولویت‌بندی و تعیین حوضه‌های بحرانی با توجه به محدودیت‌های طبیعی و هیدروژئولوژیکی، فرهنگی و اجتماعی، اقتصادی و سیاسی در حوضه‌های آبی مشترک و مستقل در مقیاس‌های فروملی، ملی و فراملی،

- تعریف پایداری آب‌های زیرزمینی با توجه به تجمیع و تلفیق دیدگاه‌های مختلف، تعیین ارزش‌های اصلی، تعیین عوامل پایداری با توجه به موجودی آب‌های زیرزمینی ، عوامل عملکرد و حکمرانی آبخوان و تعریف مقیاس زمانی برای برنامه‌های پایداری توسط سازمان محلی و با مشارکت گرودارن محلی.

۴-۲-۲. تدوین برنامه‌های مدیریت منابع آب با مشارکت همه گروداران، براساس شرایط اقلیمی و تغییرات پیشرو در فرایند گفتگوی اجتماعی و روشن شدن ابعاد مسئله آب

در طرح احیا و تعادل‌بخشی در برخی موارد تناقض‌هایی بین سیاست‌ها و دستورالعمل‌های مختلف وجود دارد. برای مثال اختلاف مابین دو وزارتخانه نیرو و جهاد کشاورزی در ارتباط با مسئله آب که ناشی از تناقض در اهداف این دو وزارتخانه در برخورد با مباحث امنیت آبی و امنیت غذایی است، گاهی منجر به تناقض‌هایی در محدوده‌های مطالعاتی شده و مانعی برای اجرا و پیاده‌سازی طرح احیا و تعادل‌بخشی محسوب می‌شوند. پیشنهاد اصلی و کوتاه‌مدت در این زمینه، اولویت‌بندی پروژه‌های موجود در طرح احیا و تعادل‌بخشی با توجه به محدودیت‌های هر پروژه اعم از اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی، نهادی و فنی هر پروژه و متعاقب آن برآورد بودجه‌های لازم برای بالا بردن امکانات سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، تجهیزات و فناوری است.

۴-۲-۳. لزوم مدل‌سازی چندفرایندی (هیدرولوژیکی، خدمات اکوسیستم و فعالیت‌های انسانی) با توجه به همه بخش‌های سیستم درهم تنیده و جفت شده آبی - انسانی- محیطی

تغییرات اقلیم، فعالیت‌های انسانی و آثار آن بر طبیعت، باعث ایجاد چالش‌های زیادی در سیستم زمین، چرخه هیدرولوژی آب و جوامع انسانی شده است که برای حل این چالش‌ها باید از رویکردهایی که سیستم انسانی و طبیعت را به‌صورت جفت‌شده در نظر گیرد، استفاده شود. ازاین‌رو در این زمینه پیشنهادهای زیر مطرح است:

- ارائه استاندارد و دستورالعمل اجرایی و جامع در سطح کل کشور توسط سازمان‌ها و مراجع ذی‌ربط جهت پایش سیستم درهم تنیده جفت شده آبی - انسانی- محیطی و مدل‌سازی چندفرایندی شامل مدل‌سازی هیدرولوژیکی، مدل‌سازی فعالیت‌های انسانی و مدل‌سازی خدمات اکوسیستم

- تکمیل اطلاعات آبخوان‌های مختلف (مستقل، مشترک، ساحلی و کارستی) کشور و مدل‌سازی

هیدرلوژیکی با توجه به در دسترس بودن داده‌ها، نوع آبخوان و عوامل پایداری مورد انتظار جهت تعیین تراز بهره‌برداری پایدار آب‌های زیرزمینی برای هر آبخوان

- شناسایی خدمات اکوسیستم منحصر به هر حوضه شامل تأمین خدمات، تنظیم خدمات و حمایت از تولید سایر خدمات اکوسیستم مانند چرخه آب و غذا در جهت کمک به مسائلی از قبیل تنظیم سند آمایش سرزمین

- کمّی‌سازی و ارزشگذاری خدمات اکوسیستمی تأثیرگذار بر مدیریت پایدار منابع آب‌های زیرزمینی از طریق تعیین شاخص‌های قابل اندازه‌گیری برای توصیف آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های وابسته به آب‌های زیرزمینی در چندین مقیاس مکانی و زمانی با چندین فاکتور (فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی)

۴-۲-۴. بهبود مدیریت مناقشات آبی با توجه به مدیریت تطبیقی، تحلیل‌های چندروایتی و سازگاری با کم‌آبی

درحال حاضر به‌دلیل کمبود و پراکندگی داده‌های مشاهداتی، شکاف دانش اکوهیدرولوژیکی، چگونگی وابستگی اکوسیستم‌ها به محرک‌های هیدرولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و چگونگی پاسخ آنها به تغییرات پیش‌بینی‌شده هیدرولوژیکی در موضوعات و مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف به‌خوبی توصیف نشده است. ازاین‌رو مدیریت تطبیقی منابع آب در استفاده بهینه از منابع کمیاب آب و جلوگیری از تنازعات و تطبیق شرایط فعلی دشت‌ها با شرایط اقلیمی در موفقیت مدیریت منابع آب اهمیت بسیار دارد. پیشنهادهای زیر در این زمینه مطرح می‌شود:

- تهیه دستورالعمل‌های لازم برای سازمان‌های مسئول به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات خام پایه مورد نیاز مدیریت منابع آب به‌عنوان سیستم‌های درهم تنیده جفت شده آبی - انسانی- محیطی برای پاسخگویی به محرک‌های هیدرولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی با توجه به خصوصیات متفاوت محدوده‌های مطالعاتی کشور،

- آموزش عمومی و مدیریت جمعی منابع آب به‌منظور مدیریت تطبیقی،

- ارزیابی وضع موجود سیستم با توجه به محدودیت‌های هیدرولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی و عدم‌قطعیت‌های موجود جهت تطبیق سیستم منابع آبی با شرایط پیش‌رو و پیشنهاد بهترین سناریو از نظر تطابق با شرایط منطقه مورد مطالعه.

۵-۲-۴. لزوم تحلیل عدم‌قطعیت

با توجه به بررسی مستندات موجود، روش‌های حاضر جهت مدیریت منابع آب زیرزمینی، منابع عدم‌قطعیت زیادی به همراه دارند که در محاسبات هیدرولوژیکی در نظر گرفته نمی‌شوند. همچنین

شدت اثر این عدم‌قطعیت‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای به تعامل پویای سیستم‌های هیدرولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی بستگی دارد. پیشنهادهای زیر در این زمینه مطرح می‌شود:

- تهیه دستورالعمل‌های لازم در سازمان‌های مسئول به‌منظور ارزیابی عدم‌قطعیت‌های موجود براساس ویژگی‌های محدوده‌های مطالعاتی با ارزیابی دقیق ابعاد علمی، هیدرولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و اجرایی پروژه‌های طرح احیا و تعادل‌بخشی،

- مطالعه هیدروژئولوژیکی آبخوان‌های مهم، تعیین حجم آب‌های زیرزمینی ذخیره شده و نیز چگونگی تغییرات کیفیت با افزایش عمق و شناخت کامل خصوصیات آبخوان،

- توجه به عدم‌قطعیت‌های داده‌های مشاهده‌ای، پارامتری، مدل مفهومی و سناریوهای مورد ارزیابی.

۴-۲-۶. تقویت رویکرد و نگاه اجتماعی در مدیریت منابع آب با استفاده از ظرفیت‌های اجتماعی سازمان‌های مردم‌نهاد و مشارکت تشکل‌های بهره‌برداران

مدیریت مناسب سیستم درهم تنیده و پویای آبی - انسانی- محیطی، مستلزم این است که مدل‌سازان درک درستی از سیستم‌های فوق‌الذکر داشته باشند و بتوانند با برقراری ارتباط متقابل با گروداران به بررسی نقش عوامل مختلف بر منابع آب و هیدرولوژی حوضه و آثار متقابل انسان - حوضه و بازخوردهای ایجاد شده به تدوین تحلیل‌های چندروایتی بپردازند. پیشنهادها در این زمینه عبارتند از:

- آگاه‌سازی، توانمندسازی و فرهنگ‌سازی گروداران با توجه به جایگاه و ویژگی‌های اجتماعی‌شان برای مشارکت در مدیریت منابع آب،

- لزوم قبول، شناخت و تحلیل عدم‌قطعیت دقیق در ابعاد هیدرولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و اجرایی پروژهای طرح احیا و تعادل‌بخشی،

- لزوم توجه به عملیات مشارکت گروداران در جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات جهت پایش، برداشت داده‌های مؤلفه‌های بیلان، داده‌های اجتماعی و اقتصادی مورد نیاز با توجه به ویژگی‌های هر محدوده مطالعاتی جهت برآورد منابع آب زیرزمینی و مدیریت منابع آب.

۴-۲-۷. ایجاد بازار آب برای حرکت به سمت واقعی شدن بهای آب و بهینه‌سازی مصرف

با وجودی که در خط‌مشی‌های مدیریت منابع آب کشور عناوینی مانند «بهره‌وری»، «اقتصاد آب» و حفاظت از منابع آب وجود دارد، اما در عمل همچنان به شیوه‌های سنتی، بدون توجه به مدیریت نوین منابع آب به استحصال و مدیریت منابع آب با رویکرد مدیریت سازه‌ای پرداخته می‌شود. مهم‌ترین راهکار استرالیا و کالیفرنیا برای افزایش بهره‌وری مصرف آب و برقراری تعادل بین عرضه و تقاضا از طریق سازوکار قیمت و استفاده از بازار تجارت آب است. پیشنهادهای زیر در این زمینه مطرح می‌شود:

- بررسی نحوه تخصیص و صدور مجوز بهره‌برداری از چاه‌های زیرزمینی به‌منظور شناسایی وجود

بازار پس از انجام مطالعات لازم برای طرح بازار آب و تعیین وظایف مختلف دستگاه‌ها و بخش‌های مرتبط در حوضه‌های مطالعاتی کشور،

- بررسی نحوه انجام مبادلات در حوضه‌های مطالعاتی کشور،
- تحلیل و ارزیابی بهره‌برداران به‌عنوان رکن اصلی بازار در حوضه‌های مطالعاتی کشور،
- بررسی شیوه قیمتگذاری و نحوه اطلاع‌رسانی در حوضه‌های مطالعاتی کشور،
- سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های لازم برای ثبت معاملات،
- ایجاد تشکل‌های آب‌بران در هر منطقه و مشارکت گرودارن در مدیریت بازار.

نتیجه‌گیری

مسائل مربوط به منابع آب که امروزه ساختارهای حکمرانی، مبانی مهارتی و ظرفیت‌های سازمانی کنونی را به چالش کشیده است، به درکی عمیق ازسوی بهره‌برداران و حکومت‌ها نیاز دارد، مبنی‌بر اینکه راه‌حل‌های این مسائل ساده و ثابت نیست؛ بلکه به‌دلیل روابط متقابل بین دامنه وسیعی از عوامل تأثیرگذار به رهیافت‌های وسیع‌تر و دقیق‌تر نیاز دارد. بنابراین برای گام نهادن در فرایند مواجهه با این مسائل ضمن تغییر نگاه اکسیری به راهکارهای ارائه شده در این زمینه، لازم است فرایند گفتگوی ملی بر سر ماهیت، ابعاد و پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت این مسائل با هدف کاستن از ابعاد پیچیدگی و عدم‌قطعیت و تقلیل منازعات آغاز شود. از طرفی با توجه به اینکه مسائل آب‌های زیرزمینی با مسائل اقتصادی و اجتماعی گره خورده است، تعدیل قدرت نهادهای دولتی و واردکردن تشکل‌های گرودارن و سازمان‌های مردم‌نهاد و دانشگاهیان حوزه علوم آب، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیست در شبکه سیاستگذاری منابع آب به‌منظور احیای حکمرانی آب در کشور بسیار ضروری است. همچنین برای پاسخگویی به تقاضای فزآینده آب بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب نیاز به بازنگری در سیاست‌های اقتصادی کشور در زمینه مدیریت منابع آب، روش تولید و غیره وجود دارد. همچنین توسعه و اجرای مؤثر سیاست‌های پایدار آب‌های زیرزمینی با کمترین سطح عدم‌قطعیت، منوط به انجام تحقیقات میان‌رشته‌ای بیشتر مبتنی‌بر مدل‌سازی چندفرایندی، تحلیل عدم‌قطعیت و مشارکت است که خود منوط به تهیه آمار و اطلاعات پایه است. از طرفی مدل‌سازی چندفرایندی به همراه ادغام عدم‌قطعیت‌های سیستم‌های طبیعی، مهندسی شده، اجتماعی و سازمانی در یک چارچوب نظام‌مند، از منظر اقتصادی هزینه‌بر است. لکن انجام چنین تحقیقاتی با هدف مشارکت جامعه علمی و سیاستگذاران، اتخاذ تصمیمات و سیاست‌های اثربخش و قابل اجرا، با مصوب کردن قوانین و تخصیص بودجه‌های لازم برای فعالیت‌های اولویت‌دار از طرف سیاستگذاران، مفید واقع خواهد شد. درواقع حوزه‌های سیاستگذار کشور می‌توانند در این مسیر ایفای نقش کرده و با اصلاح ساختارها، تخصیص و تصویب بودجه‌های لازم برای سازمان‌های

متولی مانند وزارت نیرو و در صورت نیاز اصلاح ردیف‌های بودجه‌ای فعالیت‌های سازمان‌های ذی‌ربط مسیر را هموار کنند. گزارش حاضر نشان می‌دهد که عبور کشور از وضعیت نامناسب کنونی در ارتباط با منابع آب، چندان آسان نیست و نیازمند انجام اصلاحاتی اساسی در نظام سیاستگذاری و حکمرانی با بهره‌گیری از اصول علمی و دانش‌محور است؛ زیرا علت اصلی پیدایش وضعیت کنونی وجود نواقصی جدی در این نظام است و این موضوع عموماً در پیشنهادهای سیاستی ارائه شده برای مواجهه با این بحران به‌طور جدی در نظر گرفته شده است.

منابع و مآخذ

1. Alley, W.M., Clark, B.R., Ely, D.M. and Faunt, C.C., 2018. Groundwater development stress: Global-scale indices compared to regional modeling. Groundwater, 56(2).
2. Asefa, T., Adams, A. and Kajtezovic-Blankenship, I., 2014. A tale of integrated regional water supply planning: Meshing socio-economic, policy, governance, and sustainability desires together. Journal of Hydrology, 519.
3. Ayyub, B.M., 2020. Infrastructure resilience and sustainability: Definitions and relationships. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, 6(3).
4. Babbitt, C.H., Gibson, K.E., Sellers, S., Brozovic, N., Saracino, A., Hayden, A., Hall, M. and Zellmer, S., 2018. The future of groundwater in California: Lessons in sustainable management from across the West.
5. Chan, K.M., Balvanera, P., Benessaiah, K., Chapman, M., Díaz, S., Gómez-Baggethun, E., Gould, R., Hannahs, N., Jax, K., Klain, S. and Luck, G.W., 2016. Opinion: Why protect nature? Rethinking values and the environment. Proceedings of the national academy of sciences, 113(6).
6. Custodio, E., Sahuquillo, A. and Albiac, J., 2019. Sustainability of intensive groundwater development: experience in Spain. Sustainable Water Resources Management, 5(1).
7. Elshall, A.S., Arik, A.D., El-Kadi, A.I., Pierce, S., Ye, M., Burnett, K.M., Wada, C.A., Bremer, L.L. and Chun, G., 2020. Groundwater sustainability: A review of the interactions between science and policy. Environmental Research Letters, 15(9).
8. Elshall, A.S., Ye, M., Niu, G.Y. and Barron-Gafford, G.A., 2019. Bayesian inference and predictive performance of soil respiration models in the presence of model discrepancy. Geoscientific Model Development, 12(5).
9. Flindt Jørgensen, L., Villholth, K.G. and Refsgaard, J.C., 2017. Groundwater management and protection in Denmark: a review of pre-conditions, advances and challenges. International journal of water resources development, 33(6).
10. Gleeson, T. and Richter, B., 2018. How much groundwater can we pump and protect environmental flows through time? Presumptive standards for conjunctive management of aquifers and rivers. River research and applications, 34(1).
11. Gleeson, T., Cuthbert, M., Ferguson, G. and Perrone, D., 2020. Global groundwater

sustainability, resources, and systems in the Anthropocene. Annual review of earth and planetary sciences, 48.

12. Gohar, A.A., Cashman, A. and Ward, F.A., 2019. Managing food and water security in Small Island States: New evidence from economic modelling of climate stressed groundwater resources. Journal of Hydrology, 569.
13. Griffioen, J., van Wensem, J., Oomes, J.L., Barends, F., Breunese, J., Bruining, H., Olsthoorn, T., Stams, A.J. and van der Stoel, A.E., 2014. A technical investigation on tools and concepts for sustainable management of the subsurface in The Netherlands. Science of the total environment, 485.
14. Llamas, M.R., Custodio, E., De la Hera, A. and Fornés, J.M., 2015. Groundwater in Spain: increasing role, evolution, present and future. Environmental Earth Sciences, 73(6).
15. McKenzie, E., Posner, S., Tillmann, P., Bernhardt, J.R., Howard, K. and Rosenthal, A., 2014. Understanding the use of ecosystem service knowledge in decision making: lessons from international experiences of spatial planning. Environment and Planning C: Government and Policy, 32(2).
16. Owen, D., Cantor, A., Nylen, N.G., Harter, T. and Kiparsky, M., 2019. California groundwater management, science-policy interfaces, and the legacies of artificial legal distinctions. Environmental Research Letters, 14(4).
17. Pholkern, K., Saraphirom, P., Cloutier, V. and Srisuk, K., 2019. Use of alternative hydrogeological conceptual models to assess the potential impact of climate change on groundwater sustainable yield in central Huai Luang Basin, Northeast Thailand. Water, 11(2).
18. Pierce, S.A., Sharp, J.M., Guillaume, J.H., Mace, R.E. and Eaton, D.J., 2013. Aquifer-yield continuum as a guide and typology for science-based groundwater management. Hydrogeology Journal, 21(2).
19. Piscopo, V., Di Luca, S., Dimasi, M. and Lotti, F., 2019. Sustainable yield of a hydrothermal area: from theoretical concepts to the practical approach. Groundwater, 57(2).
20. Provost, A.M. and Voss, C.I., 2019. SUTRA, a model for saturated-unsaturated, variable-density groundwater flow with solute or energy transport—Documentation of generalized boundary conditions, a modified implementation of specified pressures and concentrations or temperatures, and the lake capability (No. 6-A52). US Geological Survey.
21. Refsgaard, J.C., Højberg, A.L., Møller, I., Hansen, M. and Søndergaard, V., 2010. Groundwater modeling in integrated water resources management—visions for 2020. Groundwater, 48(5).
22. Rudestam, K. and Langridge, R., 2014. Sustainable yield in theory and practice: Bridging scientific and mainstream vernacular. Groundwater, 52(S1).
23. Saarela, S.R., Söderman, T. and Lyytimäki, J., 2015. Knowledge brokerage context factors–What matters in knowledge exchange in impact assessment?. Environmental Science & Policy, 51.
24. Saha, D. and Ray, R.K., 2019. Groundwater resources of India: potential, challenges and management. In Groundwater Development and Management (pp. 19-42). Springer, Cham.

25. Sarkki, S., Niemelä, J., Tinch, R., Van Den Hove, S., Watt, A. and Young, J., 2014. Balancing credibility, relevance and legitimacy: a critical assessment of trade-offs in science–policy interfaces. Science and Public Policy, 41(2).
26. Seward, P. and Xu, Y., 2019. The case for making more use of the Ostrom design principles in groundwater governance research: a South African perspective. Hydrogeology Journal, 27(3).
27. Seward, P., 2010. Challenges facing environmentally sustainable ground water use in South Africa. Groundwater, 48(2).
28. Sheng, Z., 2013. Impacts of groundwater pumping and climate variability on groundwater availability in the Rio Grande Basin. Ecosphere, 4(1).
29. Sikdar, P.K., 2019. Problems and challenges for groundwater management in South Asia. In Groundwater development and management (pp. 1-18). Springer, Cham.
30. Sophocleous, M., 2012. The evolution of groundwater management paradigms in Kansas and possible new steps towards water sustainability. Journal of Hydrology, 414.
31. Srinivasan, V., Konar, M. and Sivapalan, M., 2017. A dynamic framework for water security. Water Security, 1.
32. Tan, P.L., Bowmer, K.H. and Mackenzie, J., 2012. Deliberative tools for meeting the challenges of water planning in Australia. Journal of Hydrology, 474.
33. Urrutia, J., Jódar, J., Medina, A., Herrera, C., Chong, G., Urqueta, H. and Luque, J.A., 2018. Hydrogeology and sustainable future groundwater abstraction from the Agua Verde aquifer in the Atacama Desert, northern Chile. Hydrogeology Journal, 26(6)
34. Van den Hove, S., 2007. A rationale for science–policy interfaces. Futures, 39(7).
35. Wang, Y., Zheng, C. and Ma, R., 2018. Safe and sustainable groundwater supply in China. Hydrogeology Journal, 26(5).
36. Webb, D. and Ayyub, B.M., 2017. Sustainability quantification and valuation. I: Definitions, metrics, and valuations for decision making. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, 3(3).
37. Wurl, J., Gámez, A.E., Ivanova, A., Lamadrid, M.A.I. and Hernández-Morales, P., 2018. Socio-hydrological resilience of an arid aquifer system, subject to changing climate and inadequate agricultural management: a case study from the Valley of Santo Domingo, Mexico. Journal of Hydrology, 559.
38. Xu, T., Valocchi, A.J., Ye, M. and Liang, F., 2017. Quantifying model structural error: Efficient Bayesian calibration of a regional groundwater flow model using surrogates and a data-driven error model. Water Resources Research, 53(5).

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش | **شماره مسلسل: ۱-۱۷۹۱۵**

عنوان گزارش: خلاصه مدیریتی آثار متقابل دو حوزه علم و سیاستگذاری در پایداری منابع آب‌های زیرزمینی

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب)

تهیه و تدوین‌کنندگان: المیرا ولی‌پور، حامد کتابچی

ناظر علمی: علیرضا رهایی

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

اظهارنظرکنندگان: فاطمه سادات میراحمدی (دفتر مطالعات سیاسی)، محسن کرمانی نصرآبادی (دفتر مطالعات اجتماعی)

ویراستار تخصصی: ـــــــ

ویراستار ادبی: ـــــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. ارزیابی علمی
۲. فرایند مشارکتی
۳. طرح احیا و تعادل‌بخشی
۴. مدیریت آب‌های زیرزمینی
۵. مدیریت تطبیقی

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۹/۲۵