DOI: 10.22092/irn.2026.371203

دیدگاه

راهبردهای مدیریت آب در ایران: گذشته، حال و آینده

فرشته بتوخته [1*] ، حسین دهقانی سانیج [2] و اسکندر زند [2]

مقدمه

ایران با اقلیم عمدتاً خشک و نیمه‌خشک، ازجمله کشورهایی است که همواره با محدودیت منابع آب و چالش‌های متعدد در مدیریت این منبع حیاتی روبه‌رو بوده است. با رشد جمعیت، توسعه بخش کشاورزی و صنعتی، تغییرات اقلیمی و کاهش بارندگی سالانه، مدیریت بهینه منابع آب به یکی از مسائل حیاتی کشور بدل شده است. بررسی روندهای تاریخی مدیریت آب، ارزیابی وضعیت کنونی و ترسیم آینده‌ای پایدار در این حوزه، نیازمند بازنگری در سیاست‌ها، فناوری‌ها و نهادهای مرتبط با مدیریت آب است. مطالعات متعددی که طی سال‌های اخیر درباره مدیریت منابع آب ایران انجام شده، نشان‌دهنده گستردگی و پیچیدگی چالش‌های این حوزه است. بخش عمده‌ای از تحقیقات به بحران افت منابع آب زیرزمینی و ضرورت اتخاذ سیاست‌های کنترلی برای مهار برداشت‌های غیرمجاز و مدیریت جامع سفره‌های آب تأکید دارند (Noori *et al*., 2023؛ Safdari *et al*., 2022؛ Madani *et al*., 2016؛ Dehnavi, 2015؛ Madani, 2014). استفاده روزافزون از فناوری‌های نوین و سیستم‌های هوشمند پایش مصرف، راهکاری مهم برای افزایش بهره‌وری و کاهش هدررفت منابع آب معرفی شده است (سیدان و همکاران، ۱۳۹۷؛ سیدان و متقی، ۱۳۹۸؛ Ahmadi *et al*., 2018؛ Deh-ghanisanij *et al*., 2023؛ Farsi Aliabadi *et al*., 2020). همزمان، ساختارهای نهادی و حکمرانی منابع آب، به‌خصوص نبود هماهنگی میان نهادهای مختلف و ضعف قوانین اجرایی، به‌عنوان مانع اصلی در مدیریت پایدار آب مطرح شده‌اند (رهبرقاضی و طالعی حور، ۱۴۰۳؛ اسلامی و رحیمی، ۱۳۹۸؛ میرنظامی و باقری، ۱۳۹۶؛ Enteshari and Safavi, 2020؛ Mirzaei *et al*., 2017؛ *et al*., 2020؛ Mirnezami *et al*., 2019). علاوه‌براین، وجود شکاف‌های علمی میان گروه‌های ذی‌نفع (ازجمله کشاورزان، نهادهای دولتی و جوامع محلی) سبب اتخاذ تصمیم‌های مبتنی بر قدرت و برداشت‌های غیرعلمی شده و پایداری مدیریت منابع آب را تضعیف کرده است (Sara-mi-Foroushani *et al*., 2024). همچنین، فقدان تعاریف دقیق و جامع برای مفاهیمی مانند بهره‌وری، پایداری و تکنولوژی مناسب، منجر به ورود فناوری‌هایی شده است که نه‌تنها اثربخش نبوده‌اند، بلکه به زیان محیط و ساختار اجتماعی کشور تمام شده‌اند، چراکه در برخی موارد ابزارهای نوین بدون آزمایش کیفیت و سنجش کارایی، جایگزین راهکارهای بومی مناسب شده‌اند (Balali *et al*., 2009).

از سوی دیگر، تأثیرات گسترده تغییرات اقلیمی، ازجمله کاهش بارش و افزایش دما، فشار مضاعفی بر منابع آب وارد کرده که نیازمند رویکردهای سازگاری انعطاف‌پذیر و برنامه‌های جامع مقابله با خشکسالی است (Bijani *et al*., 2020؛ Mirzaei and Zibaei, 2020؛ Nouri and Homaee, 2020؛ Rahimi *et al*., 2018؛ Jamali *et al*., 2022؛ Ghasemi, 2015؛ Chaparinia *et al*., 2025؛ Rastegaripour et al., 2024). علاوه‌براین، گسترش تجارت داخلی و خارجی محصولات کشاورزی با نیاز آبی بالا و افزایش جریان‌های آب مجازی، نقش چشمگیری در تعمیق بحران آب در کشور ایفا کرده است (Karandish and Hoekstra, 2017). تغییر رژیم غذایی به‌ویژه با گرایش به مصرف بیشتر گوشت قرمز و کاهش مصرف غذاهای محلی متناسب با اقلیم، ردپای آب مواد غذایی کشور را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده‌اند، این در حالی است که ضایعات گسترده محصولات کشاورزی نیز موجب اتلاف منابع آب و تشدید بحران‌های پایداری در بخش غذا و آب شده است (سلطانی و همکاران، ۱۴۰۰؛ Qasemipour *et al*., 2020؛ Karandish *et al*., 2021). برآوردها نشان می‌دهند،

۱ دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران، پست الکترونیک: F.batoukhteh@gmail.com
۲ استاد، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، البرز، ایران
۳ استاد پژوهش، بخش تحقیقات علف‌های هرز، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

در ایران، تنها در فاصله زمانی بین برداشت محصول تا عرضه در بازار، سالانه حدود ۹/۳ میلیارد مترمکعب آب به‌واسطه این ضایعات از دست می‌رود (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۵).

در چنین شرایطی، جبران فشار فزاینده بر منابع متعارف آب کشور، مستلزم بهره‌گیری از منابع جایگزین، اصلاح الگوهای مصرف و اتخاذ رویکردهای نوآورانه در مدیریت تقاضاست. توسعه منابع آب غیرمتعارف مانند بازچرخانی پساب و نمک‌زدایی، به‌عنوان گزینه‌های مکمل برای کاهش فشار بر منابع آب معمولی، مطرح شده است، هرچند که مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی مرتبط با این منابع باید موردتوجه قرار گیرند (Charkhestani *et al*., 2016؛ Esfandiari *et al*., 2022؛ Hadi-Akbar-Safarpour *et al*., 2022؛ Moshtagh *et al*., 2019؛ zadeh *et al*., 2023؛ Al-Saidi and Dehnavi, 2024). علاوه‌براین، مطالعات نشان می‌دهند، مدیریت تقاضا از طریق آموزش عمومی، فرهنگ‌سازی و استفاده از فناوری‌های اندازه‌گیری و کنترل مصرف، می‌تواند به پایداری تأمین آب کمک کند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۸؛ Bagherian *et al*., 2009؛ Noori *et al*., 2023). نقش سازمان‌های محلی و مشارکت جوامع بهره‌بردار نیز به‌عنوان عاملی کلیدی در توزیع عادلانه و مدیریت مؤثر منابع آب مورد تأکید است (نوری اسفندیاری، ۱۳۹۴؛ وحید و رنجبر، ۱۳۹۷؛ احمدی‌پور و احمدی، ۱۳۹۹؛ قاسمی و همکاران، ۱۴۰۱). درنهایت، ضرورت رویکرد یکپارچه مدیریت منابع آب (IWRM) به‌منظور هماهنگی میان بخش‌های مختلف و کاهش تعارضات، به‌عنوان مسیر پیشرو برای مدیریت پایدار و جامع منابع آبی ایران موردتوجه قرار گرفته است (میرصانع و کاویانپور، ۱۳۸۷؛ یوسفیان و همکاران، ۱۴۰۰؛ زمان و عادلی، ۱۴۰۰ اسکوهی و اسماعیلی، ۱۴۰۰؛ Kalantari *et al*., 2018؛ Ghafari *et al*., 2024). این مجموعه یافته‌ها نشان می‌دهد، موفقیت در مدیریت آب نیازمند تلفیق راهکارهای فنی، نهادی، اجتماعی و اقلیمی است تا بتوان به‌طور مؤثر به چالش‌های پیش‌رو پاسخ داد. با توجه به گستره و پیچیدگی چالش‌های مطرح‌شده، روشن است که مدیریت منابع آب در ایران تنها از طریق اقدامات مقطعی و بخشی حل‌شدنی نیست، بلکه نیازمند واکاوی در راهبردها و سیاست‌های کلان گذشته، اصلاح مسیر در حال حاضر و طراحی آینده‌ای هماهنگ با اصول توسعه پایدار و واقعیت‌های اقلیمی کشور است. در این میان، منظور از راهبرد، مجموعه‌ای از تصمیمات بلندمدت و جهت‌گیری‌های کلان است که با هدف رسیدن به اهداف کلیدی، به تخصیص بهینه منابع، تعیین اولویت‌ها و انتخاب مسیرهای مناسب اقدام می‌کند (امینی‌حاجی‌باشی و بیات، ۱۳۹۷). این تعریف، راهبرد را فراتر از یک اقدام یا سیاست مقطعی می‌داند و آن را به‌مثابه یک نقشه راه هدفمند در مواجهه با شرایط پیچیده و متغیر معرفی می‌کند. در این رابطه، بررسی و تحلیل راهبردهای طی‌شده در سه بازه زمانی «گذشته»، «حال» و «آینده»، می‌تواند ضمن شناسایی نقاط قوت و ضعف مسیرهای طی‌شده، چشم‌انداز روشنی برای بهبود حکمرانی آب در کشور ترسیم کند. در ادامه به بررسی تحولات این سه دوره و سیاست‌های کلیدی هر یک پرداخته می‌شود.

راهبردهای گذشته مدیریت آب در ایران

الف) راهبردها و اقدامات بومی و تاریخی مدیریت خشک‌سالی و مصرف آب

جوامع انسانی در سرزمین ایران، که اقلیم غالب آن خشک و نیمه‌خشک است، از دیرباز ناگزیر به توسعه راهکارهایی برای مقابله با کم‌آبی و خشک‌سالی بوده‌اند. کشاورزان و ساکنان محلی با بهره‌گیری از دانش بومی، تجربه‌های تاریخی و سازوکارهای اجتماعی، الگوهای معیشتی سازگار با محدودیت‌های آبی ایجاد کرده بودند. یکی از راهبردهای کلیدی، تنظیم الگوی کشت براساس اقلیم محلی و انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی بود، محصولات کم‌آب‌بر مانند جو، گندم، عدس، زعفران و پسته در مناطقی با بارندگی اندک کشت می‌شدند، به‌مرورزمان ارقام بومی سازگار با شرایط خشک‌سالی توسعه یافتند (ابریشمی، ۱۴۰۰)، در کنار آن، بهره‌گیری از معیشت سیار و نظام کوچ‌نشینی ایلات و عشایر نیز یک راهبرد تطبیقی مهم برای توزیع فصلی فشار بر منابع آب و مراتع محسوب می‌شد. ایلات با جابه‌جایی میان قشلاق و ییلاق، نه‌تنها از منابع آب مناطق مختلف بهره‌برداری متوازن می‌کردند، بلکه تاب‌آوری خود را نیز در برابر نوسانات اقلیمی افزایش می‌دادند (جلیلی و زند، ۱۴۰۴؛ گل‌محمدی و میر، ۱۴۰۱). همچنین بررسی الگوی غذایی ایرانیان نشان می‌دهد، در گذشته الگوی غذایی کشور از لحاظ رژیم، تنوع و اقلام، یک الگوی غذایی پایدار و کم‌آب‌بر بوده است (عینی زیناب و سبحانی، ۱۳۹۶؛ جلیلی و زند، ۱۴۰۴). تأمین آب از طریق سامانه‌های طبیعی و ساده نیز نقش مهمی در مدیریت منابع ایفا می‌کرد. پیش از حفر گسترده قنات‌ها، در بسیاری از مناطق، جوامع محلی با ساخت آب‌انبار، برکه، بندسار و حوضچه‌های سنگی، اقدام به ذخیره آب باران و رواناب سطحی می‌کردند. این سازه‌ها، که با مصالح بومی و متناسب با اقلیم ساخته می‌شدند، در دوران خشک‌سالی پشتیبان اصلی مصرف خانگی و زراعی بودند (سعیدیان، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، دانش بومی مردم درباره تقویم‌های زراعی و پیش‌بینی فصول بر پایه نشانه‌های طبیعی و نجومی، آنان را قادر می‌ساخت تا فعالیت‌های کشاورزی را به‌گونه‌ای زمان‌بندی کنند که کمترین آسیب را از نوسانات بارش و خشک‌سالی ببینند (ابریشمی، ۱۴۰۰؛ اکرامی و فاطمی، ۱۳۹۷). همچنین، نظام‌های اجتماعی مشارکتی مانند میرآبی، انجمن‌های آب‌بر و شوراهای محلی آب، در تخصیص عادلانه و به‌موقع منابع آبی نقشی تعیین‌کننده داشتند و در شرایط بحران، از بروز تعارض جلوگیری می‌کردند (نجف‌لو و

همکاران، ۱۳۹۸). درنهایت، مدیریت منابع طبیعی همچون مراتع و آب، از طریق تنظیم جمعیت دام و چرای دوره‌ای، بخشی از راهبرد کلان برای جلوگیری از فروپاشی اکوسیستم‌های شکننده خشک‌سالی‌خیز بود (صابری و کرمی دهکردی، ۱۳۹۱؛ فروزه و همکاران، ۱۳۹۶). این مجموعه اقدامات سنتی، اگرچه فناوری‌محور نبودند، اما با تکیه بر اصل سازگاری و مدیریت جمعی، الگویی مؤثر از تاب‌آوری در برابر کم‌آبی در تاریخ ایران ارائه داده‌اند.

ب) استحصال آب از طریق حفر قنات‌ها

استحصال آب از طریق قنات، به‌عنوان نظامی نوآورانه در بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی، یکی از برجسته‌ترین دستاوردهای فنی و اجتماعی ایرانیان بود (زند، ۱۴۰۳). این فناوری نه‌تنها پاسخی پایدار به شرایط اقلیمی دشوار محسوب می‌شد، بلکه به‌تدریج در قالب یک نهاد اجتماعی، حقوقی و اقتصادی در ساختار جوامع شهری و روستایی تثبیت شد. افزون بر قنات، ساخت بندها، آب‌انبارها، آسیاب‌های آبی و سیستم‌های تقسیم سنتی آب در مناطق کویری، بیانگر سطح بالای سازماندهی، مهندسی و درک زیست‌محیطی در مدیریت منابع آب بوده‌اند (علیان و طاهری دهکردی، ۱۴۰۳). در دوره‌های باستان، به‌ویژه در دوران هخامنشیان، حکومت‌ها با درک ژرف از اهمیت منابع آب، سیاست‌های حمایتی را نظیر معافیت مالیاتی پنج نسل برای حفاران قنات‌ها و احیاگران اراضی موات به کار گرفتند. این اقدامات، مدیریت آب را به حوزه‌ای از اتحاد میان حاکمیت سیاسی، سرمایه اجتماعی و خرد فنی تبدیل کرد که نمونه‌ای از حکمرانی پیشرفته منابع طبیعی در جهان باستان محسوب می‌شود (هنری، ۱۳۵۶). در دوره ساسانی، ساختار نهادی مدیریت آب منسجم‌تر شد. دیوانی به نام «کاست‌افزود» با ثبت دقیق مالکیت‌ها، معاملات آبی و تعیین حقوق حقابه‌داران، عدالت نسبی را در توزیع آب تضمین می‌کرد. تفکیک حقوقی آب از زمین و تدوین مرزهای بهره‌برداری، از دیگر جلوه‌های بلوغ حقوقی این نظام در ایران پیش از اسلام بود. با ورود اسلام، برخلاف بسیاری از حوزه‌ها که دچار بازنگری در قوانین شدند، درزمینه آب، قواعد بومی بیشتر حفظ و در چهارچوب فقه اسلامی بازتعریف شدند. اصولی مانند «حیازت» (تملک منابع مباح از طریق تصرف)، «حریم» (حدود بهره‌برداری مشروع) و قاعده «لاضرر» مبنای تداوم ساختار سنتی مدیریت آب قرار گرفت. این هماهنگی میان عرف ایرانی و شریعت اسلامی، موجب پایداری و مشروعیت نظام‌های محلی آبی شد (کریمی، ۱۳۸۴؛ فداکار داورانی، ۱۳۸۸؛ چراغی، ۱۴۰۰). با تسلط و فرمانروایی مغول‌ها بر ایران، ساختار پایدار بهره‌برداری از آب دچار اختلال شد. زمین‌های کشاورزی به تیول‌دارانی واگذار شد که اغلب مالک موقت و فاقد تعهد درازمدت نسبت به منابع بودند. همین ساختار، موجب متروکه شدن بسیاری از قنوات و از دست رفتن اراضی حاصلخیز شد. پیوستگی سنتی میان زمین، کشاورز و قنات فروپاشید و مدیریت منابع آب دچار زوال ساختاری شد (sedayemiras.ir).

در دوره صفویه، با بازگشت ثبات سیاسی، بازسازی نهادهای سنتی و قنوات از سر گرفته شد. در دوره قاجار، الگوی فئودالی مالکیت زمین و آب رواج یافت، اما نهادهای محلی مانند شوراهای آبیاری، همچنان نقشی اساسی در تعیین نوبت آبی، حل اختلافات و حفاظت از منابع بر عهده داشتند، با نهضت مشروطه (۱۲۸۵ هـ‌ش)، بحث اصلاحات قانونی و نوین‌سازی نهادهای حکمرانی مطرح شد. هرچند در حوزه آب هنوز قوانین رسمی و مدونی وجود نداشت، اما اهمیت آن در اصلاحات ساختاری موردتوجه قرار گرفت (لمبتون، ۱۳۷۷). باوجود نبود فناوری نوین، ایرانیان با مهندسی سنتی خود، راهکارهایی مؤثر برای تأمین آب شهری پدید آوردند. به‌عنوان نمونه، در تهران دوره قاجار، قنات‌هایی مانند شاه، زرگنده و امیرآباد، آب را از دامنه‌های البرز به شهر می‌رساندند. در اصفهان، شبکه پیچیده مادی‌ها با بهره‌گیری از زاینده‌رود، آب را به باغ‌ها، بازارها و محلات شهری هدایت می‌کرد. در شیراز، قنات رکن‌آباد با آب زلال خود، به‌گونه‌ای مؤثر شهر را سیراب می‌کرد، تا جایی که در اشعار حافظ نیز بازتاب یافته است. شهرهایی چون تبریز، مشهد و کرمان نیز هر یک با نظام‌هایی متناسب با اقلیم و توپوگرافی خاص خود، ساختارهای کارآمدی برای مدیریت آب شهری ایجاد کرده بودند. این سامانه‌ها نه‌تنها کارکرد معیشتی داشتند، بلکه زیرساخت تعاملات اجتماعی نیز محسوب می‌شدند. حمام‌ها، بازارها و کاروانسراها در مجاورت منابع آب احداث می‌شدند و فضاهای سبز عمومی (مانند باغ‌ها) با قنات سیراب می‌شدند (مهدی پور و همکاران، ۱۳۸۴؛ فداکار داورانی و سام آرام، ۱۳۸۹؛ یوسفیان و همکاران، ۱۴۰۰؛ چراغی، ۱۴۰۰) همه این‌ها نشانگر پیوند عمیق میان نظام آبی و زندگی اجتماعی بود. این پیشینه غنی نشان می‌دهد، فرهنگ ایرانی از گذشته تاکنون، توجهی عمیق و ساختارمند به مقوله آب داشته است و می‌تواند بستری الهام‌بخش برای توسعه سیاست‌ها و فناوری‌های نوین در مدیریت پایدار منابع آب در قرن بیست‌ویکم باشد.

ج) ورود فناوری و تغییر ساختار بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

در زمان سلسله پهلوی، از همان اوایل، تمایل زیادی بر مدرنیزه کردن قنات داشتند و به فنون جدید روی آوردند. ورود پمپ‌های مکانیکی و بعدها دستگاه‌های حفاری چاه، موجب دگرگونی در الگوی سنتی شد. اگرچه در ابتدا این فناوری‌ها مکمل قنات بودند، اما با دسترسی آسان‌تر به انرژی ارزان در دهه‌های ۱۳۳۰ و ۱۳۴۰ خورشیدی، چاه‌های عمیق به راهکاری سریع‌تر، اما مخرب‌تر تبدیل شدند. از دهه ۱۳۵۰ به بعد، نظام مدیریت آب در ایران به‌تدریج از یک مدل مشارکتی و سازگار با اقلیم به مدلی متمرکز، فنی و بیشتر ناپایدار تغییر یافت. قنات‌ها که قرن‌ها با کمترین هزینه و بالاترین پایداری، نقش اساسی

در تأمین آب ایفا کرده بودند، جای خود را به چاه‌هایی دادند که بیشتر بدون ملاحظه ظرفیت‌های تجدید منابع، به بهره‌برداری ادامه دادند (فداکار داورانی، ۱۳۸۸). نتیجه این روند، استخراج بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی و خشک‌شدن تدریجی قنوات بود. در بسیاری از مناطق، افت شدید سطح آب، نه‌تنها کشاورزی سنتی را با بحران مواجه کرد، بلکه موجب فرسایش ساختارهای اجتماعی و از بین رفتن نظام‌های محلی مدیریت آب شد. به موازات این تحول، تلاش‌هایی نظیر قانون‌گذاری برای کنترل حفاری، تعیین حریم چاه‌ها و اعمال نظارت بر شرکت‌های حفاری انجام شد، اما فقدان ضمانت اجرایی و گسترش اقتصاد مبتنی بر رانت مجوزهای چاه، موجب ناکارآمدی بسیاری از این تدابیر شد (اندیشکده تدبیر آب ایران، ۱۴۰۰).

قانون‌گذاری رسمی منابع آب در ایران از دهه ۱۳۴۰ خورشیدی آغاز شد و نقطه عطف آن تصویب «قانون آب و نحوه ملی شدن آن» در سال ۱۳۴۷ بود که کلیه منابع آب کشور را در مالکیت عمومی اعلام کرد و مدیریت آن را به دولت سپرد. در ادامه، قوانینی نظیر «تعیین حریم و بستر رودخانه‌ها» (۱۳۴۸) و «توزیع عادلانه آب» (۱۳۶۱) چهارچوب‌های حقوقی مهمی برای بهره‌برداری، حفاظت و تخصیص منابع آبی فراهم کردند. این روند در دهه‌های بعد با ایجاد نهادهایی چون شورای‌عالی آب و تدوین اسناد ملی مانند «سند ملی آب کشور» (۱۳۹۶) تکمیل شد، اما چالش‌هایی نظیر ضعف ضمانت اجرایی، پراکندگی نهادی و ناهماهنگی در اجرا، اثربخشی این قوانین را محدود کرده است.

د) توسعه سدسازی و آثار محیط‌زیستی

سدسازی به‌عنوان یکی از راهبردهای مهم بهره‌برداری و تنظیم منابع آب سطحی، سابقه‌ای دیرینه در تمدن ایرانی دارد. نخستین نمونه‌های تاریخی سدهای سنگی و خاکی در ایران، متعلق به دوران پیش از اسلام، به‌ویژه دوره ساسانیان و هخامنشیان است. نمونه‌هایی مانند سد کبار در قم، سد بند امیر در فارس و سد دربند میمه، بیانگر مهارت فنی و شناخت دقیق سازندگان ایرانی از شرایط زمین‌شناسی و اقلیم منطقه بودند (پشوتن، ۱۳۷۵). این سدها اغلب با هدف ذخیره‌سازی آب برای مصارف کشاورزی، کنترل سیلاب و توسعه سکونتگاه‌ها احداث می‌شدند و نقشی کلیدی در شکل‌گیری تمدن‌های حوزه داخلی ایران ایفا می‌کردند.

با ورود به دوره معاصر، به‌ویژه از دهه ۱۳۴۰ خورشیدی، توسعه سدسازی در ایران با هدف تحقق سیاست‌های نوسازی و خودکفایی کشاورزی، با حمایت نهادهایی چون سازمان برنامه و بودجه و وزارت آب و برق (و سپس وزارت نیرو) گسترش یافت. در این دوره، ساخت سدهای بزرگی نظیر سد دز (۱۳۴۱)، سد کرخه، کارون ۳ و لار با بهره‌گیری از مشاوران بین‌المللی آغاز شد. به گزارش ایسنا، تاکنون ۱۷۲ سد ملی در سطح ایران به بهره‌برداری رسیده است که از این تعداد، ۱۹ طرح مربوط به پیش از انقلاب اسلامی و مابقی به پس از انقلاب مربوط می‌شود (جدول ۱). این روند، گرچه در تأمین برق آبی، کنترل سیلاب‌ها و توسعه اراضی کشاورزی مؤثر بود، اما به‌مرور پیامدهای محیط‌زیستی و اجتماعی نگران‌کننده‌ای را نیز به همراه آورد. تغییر الگوهای جریان طبیعی رودخانه‌ها، کاهش جریان‌های پایین‌دست، خشک‌شدن تالاب‌ها و اراضی حاشیه‌ای، افزایش تبخیر از سطح مخازن و برهم‌خوردن چرخه‌های اکولوژیکی، ازجمله آثار منفی سدها در برخی حوزه‌های آبخیز ایران بوده است. در مواردی مانند سد گتوند، جانمایی نامناسب و بی‌توجهی به ویژگی‌های زمین‌شناسی، منجر به شوری گسترده منابع آب شد و خسارت‌های قابل‌توجهی به

جدول ۱- آمار سدهای ملی بهره‌برداری‌شده توسط وزارت نیرو به تفکیک دولت‌ها (منبع: www.isna.ir)

دوره/ دولت‌ها	تعداد	حجم کل مخزن (میلیون مترمکعب)	آب قابل‌تنظیم سالانه (میلیون مترمکعب)	ظرفیت اسمی نیروگاه (مگاوات)
پیش از انقلاب اسلامی (تا سال ۱۳۵۷)	۱۹	۱۳۴۰۴	۱۴۰۶۹	۲۸۳۶
دولت اول و دوم: ۱۳۵۹-۱۳۵۸	۱	۲۲۴	۱۱۰	۰
دولت سوم: ۱۳۶۳-۱۳۶۰	۳	۱۹۶۵	۱۰۰۴	۱۱۶
دولت چهارم: ۱۳۶۷-۱۳۶۴	۳	۸۶	۲۸۸	۰
دولت پنجم: ۱۳۷۱-۱۳۶۸	۲	۴۲۸	۳۰۷	۳۲
دولت ششم: ۱۳۷۵-۱۳۷۲	۱۳	۱۲۰۶	۱۰۵۰	۲۹
دولت هفتم: ۱۳۷۹-۱۳۷۶	۱۳	۱۷۷۳	۱۳۳۰	۱۵۰
دولت هشتم: (نیمه اول سال)۱۳۸۴-۱۳۸۰	۳۵	۱۲۳۳۴	۷۶۷۲	۴۴۳۱
دولت نهم: ۱۳۸۸- (نیمه دوم سال) ۱۳۸۴	۱۸	۵۷۸۴	۳۴۳۴	۲۳۷
دولت دهم: از مهر ۱۳۸۸ تا پایان مرداد ۱۳۹۲	۳۹	۹۹۷۴	۳۸۹۴	۳۰۹۵
دولت یازدهم: از اول شهریور ۹۲ تا پایان مرداد ۹۶	۲۵	۴۵۳۷	۳۴۰۰	۱۱۵۶
دولت دوازدهم: از اول شهریور ۹۶ تا آبان ۱۳۹۷	۳	۴۹	۴۳	۶
مجموع	۱۷۲	۵۱۷۶۵	۳۶۶۰۰	۱۲۰۸۶

محیط‌زیست و کشاورزی وارد آورد. از سوی دیگر، بسیاری از جوامع محلی نیز به‌دلیل زیر آب رفتن اراضی، کوچ اجباری، یا محدودشدن دسترسی به منابع آب، با مشکلات معیشتی و فرهنگی روبه‌رو شدند (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۵؛ اسماعیلی و همکاران، ۱۴۰۳).

بااین‌حال، تجربه چند دهه اخیر نشان داده است، اتکای صرف به توسعه سازه‌های آبی نه‌تنها راه‌حلی پایدار برای مدیریت منابع آب در شرایط خشک‌سالی نبوده، بلکه در برخی موارد منجر به گسترش سطح زیرکشت بدون لحاظ ظرفیت واقعی منابع آبی شده است. این رویکرد تقاضامحور، در عمل تراز بیلان آب کشور را با چالش جدی مواجه ساخته است (وصال و تجرشی، ۱۳۹۸؛ Madani *et al.*, 2016). در مقابل، تأکید بر مدیریت تقاضا و ایجاد تعادل در بیلان مصرف آب، به‌ویژه در سال‌های خشک، راهکاری اساسی برای پایداری منابع است. مدیریت مبتنی بر داده، استفاده از فناوری‌های نوین آبیاری، اصلاح الگوی کشت و ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، باید در اولویت سیاست‌گذاری‌ها قرار گیرد. این تغییر رویکرد از توسعه کمی به سمت مدیریت کیفی منابع، می‌تواند کشور را در برابر تنش‌های اقلیمی و کم‌آبی مقاوم‌تر سازد (باقری، ۱۴۰۱؛ اسماعیلی و همکاران، ۱۴۰۳؛ مرادی اندرزی و قنبری، ۱۴۰۳)

راهبردهای معاصر مدیریت منابع آب در ایران

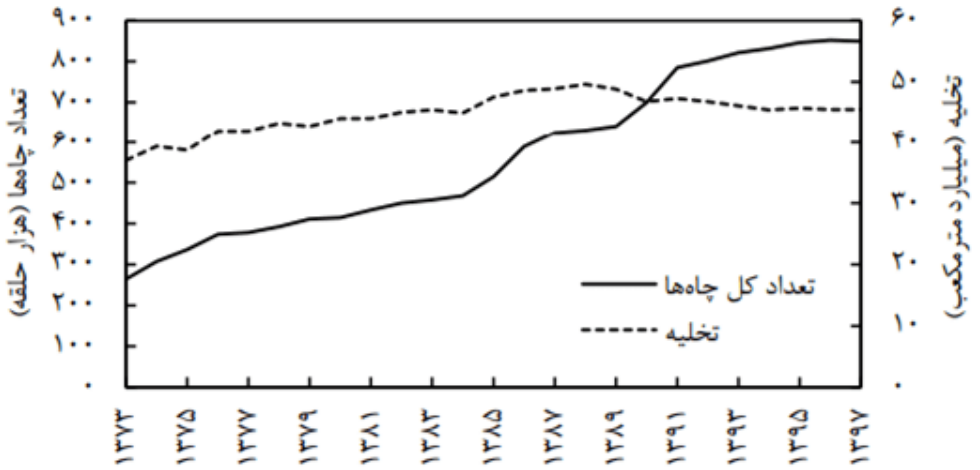
ایران در چند دهه اخیر با بحران فزاینده‌ای در حوزه منابع آب مواجه بوده که ناشی از ترکیبی از عوامل اقلیمی، جمعیتی، اقتصادی و نهادی است. کاهش بارندگی، افزایش دما، نوسانات شدید اقلیمی، رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و وابستگی بالای بخش کشاورزی به منابع آب سطحی و زیرزمینی، فشار مضاعفی بر منابع آبی کشور وارد کرده است (Madani, 2014).

بررسی حکمرانی آب نشان می‌دهد، تعارض منافع میان دستگاه‌های دولتی، نبود نظام داده و اطلاعات یکپارچه، عدم شفافیت و نظارت بر اجرای قوانین و ناکارآمدی در سیاست‌گذاری، الگوهای ناپایدار بهره‌برداری و ضعف در اجرای قوانین سبب تشدید بحران آب و تخریب منابع آب تجدیدپذیر شده‌اند (معاونت راهبردی رئیس‌جمهور، ۱۴۰۳). یکی از تحولات نگران‌کننده، افت مستمر منابع آب زیرزمینی در کشور است که بیشتر به‌دلیل حفر بی‌رویه چاه‌های غیرمجاز و برداشت‌های مازاد بر تغذیه طبیعی سفره‌های آب زیرزمینی رخ داده است. شکل ۱ روند تغییرات تعداد چاه‌ها و میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در دوره‌های ابتدایی، افزایش تعداد چاه‌ها با رشد قابل‌توجه حجم تخلیه همراه بوده است. بااین‌حال، در سال‌های اخیر، باوجود تداوم روند افزایشی در تعداد چاه‌ها، حجم برداشت در عمل ثابت مانده است. این امر نشان‌دهنده آن است که منابع آب زیرزمینی کشور به آستانه بهره‌برداری خود رسیده‌اند، به‌طوری‌که توسعه کمی بیشتر در زیرساخت برداشت، منجر به افزایش حجم استحصال نمی‌شود. این وضعیت، بیانگر فشار بیش از حد بر مخازن و کاهش توان تولیدی آن‌ها در بلندمدت است. مطالعات Ashraf و همکاران (۲۰۲۱) نشان می‌دهد، در فاصله زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۵، بیش از ۷۴ کیلومترمکعب از ذخایر آب زیرزمینی ایران از بین رفته است.

در مواجهه با این بحران، ایران در دوران معاصر اقدام به طراحی و اجرای مجموعه‌ای از راهبردها و سیاست‌های کلان در سطح ملی و منطقه‌ای کرده است. مهم‌ترین این راهبردها عبارتند از:

الف) تدوین طرح‌های جامع مدیریت منابع آب کشور

برای ارتقای توان سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان در بخش آب، «طرح جامع منابع آب کشور» به‌عنوان مهم‌ترین مطالعه ملی در این حوزه، از دهه ۱۳۴۰ آغاز شده و در قالب طرح‌های متعددی ازجمله طرح‌های مهندسین مشاور جاماب و برنامه‌های وزارت نیرو و سازمان مدیریت دنبال شده است. آخرین نسخه این طرح، با عنوان «به‌هنگام‌سازی



شکل ۱- تعداد چاه‌ها و میزان تخلیه آب زیرزمینی (منبع: شرکت مدیریت منابع آب ایران)

مطالعات جامع منابع آب»، از سال ۱۳۸۶ و بر پایه اطلاعات سال آبی ۱۳۸۵–۱۳۸۶ آغاز شد. اهداف آن شامل ارزیابی دقیق منابع و مصارف، تهیه بیلان ملی آب، طراحی بانک اطلاعاتی جامع و ایجاد سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری بود. با وجود جامعیت در طراحی، بخش زیادی از این اهداف به‌دلیل چالش‌هایی مانند ضعف اجرایی، ناکارآمدی ساختار داده‌ها و تأخیر در ارائه نتایج محقق نشد. نتایج نهایی این طرح تا سال ۱۳۹۴ تأیید نشد و با توجه به تغییرات گسترده در وضعیت منابع آب، بخش‌هایی از آن در عمل غیرقابل استفاده شد. همچنین، دو رکن اصلی آن یعنی بانک اطلاعاتی و سامانه تصمیم‌یار، هیچ‌گاه به‌صورت مؤثر پیاده‌سازی نشدند. این تجربه، ضرورت بازنگری بنیادی را در طرح جامع آب با تأکید بر حکمرانی داده‌محور، ملاحظات زیست‌محیطی و هم‌سویی با سند آمایش سرزمین و الزامات توسعه پایدار برجسته می‌سازد (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۲).

ب) تشکیل شورای‌عالی آب

شورای‌عالی آب با هدف هماهنگی سیاست‌گذاری درزمینه تأمین، توزیع و مصرف آب کشور، طبق ماده ۱۰ قانون تشکیل وزارت جهاد کشاورزی مصوب ششم دی‌ماه ۱۳۷۹ مجلس شورای اسلامی تشکیل شد. این شورا به ریاست رئیس‌جمهور و با عضویت وزرای نیرو، جهاد کشاورزی، کشور، نفت، صنعت، معدن و تجارت، راه و شهرسازی، امور اقتصادی و دارایی، معاونت محیط‌زیست و سازمان برنامه و بودجه کشور فعالیت می‌کند (اکبری و همکاران، ۱۳۹۸).

ج) اجرای برنامه‌های احیای تالاب‌ها و دریاچه‌ها

طرح حفاظت از تالاب‌های ایران از سال ۲۰۰۵ با همکاری سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، برنامه توسعه ملل متحد (UNDP) و صندوق تسهیلات محیط‌زیست جهانی (GEF) آغاز شد. این طرح با هدف کاهش تهدیدها و تضمین پایداری اکوسیستم‌های تالابی، در سه سطح محلی، حوضه آبریز و ملی، رویکرد زیست‌بومی را به کار گرفته است. در سطح محلی، توانمندسازی جوامع و ظرفیت‌سازی ذی‌نفعان در مدیریت تالاب‌ها دنبال شده، در سطح حوضه آبریز، بر تعامل میان ذی‌نفعان و مدیریت یکپارچه تأکید شده و در سطح ملی، ظرفیت‌سازی نهادی و هماهنگی بین‌بخشی مدنظر قرار گرفته است. تاکنون برای ۱۷ تالاب کشور، برنامه مدیریت زیست‌بومی تصویب و اجرا شده و تدوین برنامه برای ۱۷ تالاب دیگر در جریان است. همچنین، اجرای پایلوت‌های کشاورزی پایدار در اطراف دریاچه ارومیه نشان داد، امکان کاهش مصرف آب و نهاده‌های شیمیایی بدون کاهش درآمد کشاورزان وجود دارد. در ادامه، پروژه «الگوسازی مشارکت مردم برای احیای دریاچه ارومیه» با همکاری دولت ژاپن و UNDP در سال ۱۳۹۳ به این طرح افزوده شد تا مشارکت مردمی را در حفاظت از تالاب‌ها تقویت کند. براساس گزارش‌های ارزیابی پروژه حفاظت از تالاب‌های ایران (UNDP, 2022؛ Krijnen and Rahmaniy, 2013)، چالش‌های ساختاری، نهادی، اقتصادی و محیط‌زیستی به‌طور هم‌زمان، روند احیای تالاب‌های ایران را با موانع جدی مواجه کرده‌اند. از یک سو، ناتوانی در هم‌راستا کردن توصیه‌های بین‌المللی با ظرفیت اجرایی موجود در سطح ملی و استانی، اجرای کامل رویکردهای زیست‌بومی را دشوار ساخته است، از سوی دیگر، ضعف تبادل داده میان نهادهای کلیدی، فقدان منابع انسانی و مالی در سطوح استانی و نبود الگوهای اقتصادی جایگزین برای معیشت جوامع محلی موجب شده است، اجرای برنامه‌ها به‌صورت گسترده و پایدار تحقق نیابد. درنهایت، تشدید تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آبی، ضرورت بازنگری در رویکردها، تقویت همکاری بین بخشی و ایجاد زیرساخت‌های داده‌محور را برجسته می‌کند.

باوجود این چالش‌ها، نتایج به‌دست‌آمده از اجرای پروژه حفاظت از تالاب‌های ایران در سال‌های اخیر (۲۰۲۱–۲۰۲۴) نشان می‌دهد، بهره‌گیری از رویکردهای مشارکتی و معیشت‌محور می‌تواند در سطوح محلی به بهبود ملموس شاخص‌های زیست‌محیطی و اقتصادی منجر شود. در قالب این پروژه، که در تالاب‌های ارومیه، شادگان و بختگان به‌صورت پایلوت اجرا شده، مصرف آب آبیاری به‌طور متوسط ۲۷/۵ درصد کاهش یافته، درحالی‌که تولیدات کشاورزی با رشد ۲۲/۵درصدی همراه بوده است. همچنین مصرف کودهای شیمیایی بین ۲۵ تا ۳۰ درصد کاهش یافته و درآمد کشاورزان آموزش‌دیده به‌طور میانگین ۱۴درصد افزایش یافته است. در کنار این، ظرفیت‌سازی اجتماعی نیز تقویت شده و ۲۶ سازمان غیردولتی و ۱۸۱ گروه حمایت معیشتی در ۴۴ روستا شکل گرفته‌اند. افزون بر آن، برنامه مدیریت زیست‌بومی برای ۴۹ تالاب (معادل ۲۲درصد کل تالاب‌های کشور) تدوین شده است. این دستاوردها نشان می‌دهند، با آموزش جوامع محلی، ترویج فناوری‌های نوین آبیاری و ایجاد انگیزه‌های اقتصادی، می‌توان مسیر حفاظت از منابع طبیعی را با توانمندسازی اقتصادی ساکنان مناطق هدف هم‌راستا ساخت، رویکردی که می‌تواند به‌عنوان الگویی کارآمد در سیاست‌گذاری منابع طبیعی و مقابله با اثرهای تغییر اقلیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک موردتوجه قرار گیرد (کمیته راهبری طرح بین‌المللی حفاظت از تالاب‌های ایران، ۲۰۲۴)

د) برنامه‌های تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی

با توجه به تشدید بحران منابع آب زیرزمینی در ایران و کسری ۶۸/۸ میلیارد مترمکعب مخزن تا انتهای سال آبی ۱۳۸۴–۱۳۸۳، وزارت نیرو در سال ۱۳۸۴ طرحی را با عنوان «تعادل‌بخشی، تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب» با هدف کنترل برداشت، افزایش بهره‌وری منابع زیرزمینی و به تعادل رساندن آبخوان‌ها تدوین و اجرا کرد. این طرح در قالب یک برنامه ۲۰ ساله و در چهار فاز پنج‌ساله طراحی شده بود. متأسفانه این طرح، به‌دلیل مشکلاتی نظیر کمبود اعتبارات، ضعف همکاری بین‌بخشی و عدم پذیرش نهادی در ساختار مدیریت آب کشور، تصویب و اجرای طرح‌های غیرکارشناسی، همچون قانون تعیین تکلیف چاه‌های آب فاقد پروانه بهره‌برداری در سال ۱۳۸۹، همچنین رخداد خشک‌سالی طولانی‌مدت در کشور از سال ۱۳۸۷ به بعد، به موفقیت قابل‌توجهی دست نیافت و درنهایت متوقف شد. تداوم روندهای ناپایدار مدیریتی و اقلیمی، در سال آبی ۱۳۹۴–۱۳۹۳، به

شکاف عمیقی میان منابع و مصارف انجامید که رقم آن بیش از ۱۲۴ میلیارد مترمکعب گزارش شده است (ناصری، ۱۴۰۳). در سال ۱۳۹۳ و با فعال‌سازی مجدد شورای‌عالی آب، نسخه به‌روز شده این برنامه با عنوان «طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور» با هدف کنترل برداشت‌های غیرمجاز، جبران کسری مخازن و به تعادل رساندن آبخوان‌ها و مشتمل بر ۱۵ پروژه تخصصی به تصویب رسید. باوجود اهمیت راهبردی این طرح، ارزیابی‌ها نشان داد، اغلب پروژه‌ها به‌دلیل ضعف در فعال‌سازی مشارکت جامعه بهره‌بردار، ناکارآمدی و وجود تعارض منافع در مدیریت آب‌های زیرزمینی، تعارض در سیاست‌ها، اسناد بالادستی و منافع بین‌بخشی و فقدان برنامه‌ریزی جامع، از اهداف تعیین‌شده عقب مانده‌اند (مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب، ۱۴۰۰). بسیاری از پروژه‌ها همچون تعدیل پروانه‌های بهره‌برداری، نصب کنتورهای هوشمند و انسداد چاه‌های غیرمجاز، یا به‌صورت ناقص اجرا شده‌اند یا با مقاومت اجتماعی و موانع فنی و حقوقی مواجه بوده‌اند. آمارها نشان می‌دهند، در برخی مناطق، حجم برداشت غیرمجاز از چاه‌های مجاز اصلاح‌نشده حتی از کل برداشت چاه‌های غیرمجاز نیز فراتر رفته است. همچنین، نادیده گرفتن پیامدهای اجتماعی انسداد چاه‌های غیرمجاز، بدون ارائه راهکارهای معیشتی جایگزین، موجب مقاومت محلی و کاهش اثربخشی اجرایی شده است. افزون بر این، فقدان الزامات قانونی مؤثر برای نصب و نگهداری کنتورها، نبود انگیزه مالی و نهادی در بین بهره‌برداران و ناتوانی در تثبیت و تقویت نیروهای گشت و نظارت، از دیگر عوامل ناکامی در تحقق اهداف این اقدامات بوده‌اند (میرنظامی، ۱۴۰۰؛ ناصری، ۱۴۰۳). بر پایه ارزیابی‌های انجام‌شده، پروژه تشکیل گروه‌های گشت و بازرسی، که نقش کلیدی در پایش برداشت آب زیرزمینی ایفا می‌کند، بیشترین میزان پیشرفت را داشته است (۸۲درصد). در مقابل، چهار پروژه مهم دیگر که به‌طور مستقیم در کاهش مصرف آب مؤثرند، ازجمله اصلاح و تعدیل پروانه‌های بهره‌برداری، نصب کنتورهای حجمی، تعیین تکلیف چاه‌های حفرشده پیش از سال ۱۳۸۵ و انسداد چاه‌های غیرمجاز، به‌ترتیب با پیشرفت‌هایی معادل ۴۷، ۶، ۹ و ۳۳ درصد مواجه بوده‌اند (مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب، ۱۴۰۰).

هـ) برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی

در پاسخ به تشدید بحران کم‌آبی در ایران و ناکارآمدی رویکردهای گذشته در مدیریت تقاضا، «برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی» از سال ۱۳۹۶ با هدف ایجاد هماهنگی بین‌بخشی و تدوین راهکارهای واقع‌بینانه برای تخصیص و مصرف بهینه منابع آب آغاز شد. این برنامه با مشارکت نهادهای مختلف ازجمله وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان حفاظت محیط‌زیست و سایر دستگاه‌های اجرایی، تلاش دارد تا از طریق رویکردهای تلفیقی، بر مبنای توان اکولوژیکی و ظرفیت واقعی منابع آب هر حوزه، الگوهای کشت و بهره‌برداری را بازنگری کند. ازجمله اهداف کلیدی این برنامه می‌توان به تنظیم طرح‌های سازگاری در سطح استان‌ها، کنترل برداشت از منابع آب زیرزمینی، بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی و ارتقای بهره‌وری اشاره کرد (کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی، ۱۴۰۰). برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی باوجود تلاش برای نهادینه‌سازی مدیریت تقاضا، با چالش‌هایی اساسی روبه‌روست. تأخیر در آماده‌سازی بانک‌های اطلاعاتی به‌روز و فقدان سامانه ملی حسابداری آب، موجب شد اطلاعات برنامه‌ها در بسیاری از استان‌ها با شرایط واقعی تطابق نداشته باشد. ضعف در تبادل داده میان نهادهای کلیدی مانند وزارت نیرو و جهاد کشاورزی، عدم دسترسی متقابل به سامانه‌های اطلاعاتی و تداوم بخشی‌نگری، کارآمدی برنامه‌ریزی را مختل کرده است. همچنین، نبود مبنای مشترک برای محاسبه صرفه‌جویی، بی‌اعتمادی به داده‌ها و مقاومت در برابر استفاده از فناوری‌های نوینی چون سنجش از دور، از دیگر موانع کلیدی بوده‌اند. درمجموع، فقدان ساختار و فرهنگ کار بین‌بخشی، تضاد در اهداف دستگاه‌ها و نبود اجماع بر واقعیت بحران، تحقق کامل اهداف برنامه را با دشواری مواجه ساخته است (زهرایی، ۱۴۰۰).

و) مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) (Integrated Water Resources Management)

در دهه‌های اخیر، ضرورت گذار از رویکردهای بخشی و سنتی به سمت مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) در ایران به‌صورت فزاینده‌ای موردتوجه قرار گرفته است. از اوایل دهه ۱۳۸۰، تلاش‌هایی برای پیاده‌سازی این رویکرد آغاز شد که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تهیه و تصویب سند ملی مدیریت یکپارچه منابع آب (۱۳۸۴)، تدوین برنامه‌های جامع برای حوضه‌های آبریز اصلی کشور مانند زاینده‌رود، کارون و دریاچه ارومیه و گنجاندن اصول IWRM در برنامه‌های توسعه پنج‌ساله، به‌ویژه برنامه‌های چهارم تا ششم اشاره کرد. همچنین، ورود این رویکرد به آموزش‌های دانشگاهی و بهره‌گیری از همکاری‌های بین‌المللی با نهادهایی مانند JICA و UNDP در گسترش مفهوم IWRM نقش داشته‌اند. اقدامات دیگری نظیر مشارکت‌دهی ذی‌نفعان محلی، به‌کارگیری ابزارهای اقتصادی مانند قیمت‌گذاری آب و توجه به پیوند آب، غذا، انرژی و محیط‌زیست نیز در برخی سیاست‌ها و طرح‌ها لحاظ شده‌اند. بااین‌وجود، اجرای کامل IWRM در کشور با موانعی جدی ازجمله ساختار بخشی، ضعف در نهادهای هماهنگ‌کننده، نبود داده‌ها و اطلاعات یکپارچه، مشارکت محدود ذی‌نفعان و کمبود ظرفیت‌های نهادی و قانونی روبه‌روست. بااین‌حال، برخی تجربه‌های موفق در سطوح محلی و تلاش برای بازنگری در سیاست‌های ملی آب، نویددهنده گام‌هایی تدریجی به‌سوی نهادینه‌سازی این رویکرد در نظام مدیریت منابع آب ایران هستند (زرگرپور و نورزاد، ۱۳۸۸؛ قاسمیه و همکاران، ۱۳۹۵؛ فرخیان و همکاران، ۱۳۹۵؛ Sobhani *et al.*, 2022).

راهبردهای آینده مدیریت منابع آب در ایران

با توجه به شدت‌یافتن بحران منابع آب در ایران، طراحی و اجرای راهبردهای نوین با رویکردی جامع، داده‌محور و مشارکتی، برای گذار به حکمرانی پایدار آب ضروری است. در این چهارچوب، مهم‌ترین

محورهای سیاستی آینده‌نگر را می‌توان در هشت حوزه کلیدی دسته‌بندی کرد:

الف) حکمرانی داده‌محور و هوشمندسازی مدیریت آب

گذار از رویکردهای سنتی به سوی حکمرانی داده‌محور از طریق توسعه سامانه‌های ملی پایش و حسابداری آب، به‌کارگیری فناوری‌های سنجش از دور، اینترنت اشیا (IoT) و هوش مصنوعی، بستر تصمیم‌سازی مبتنی بر شواهد را فراهم می‌کند. یکپارچه‌سازی بانک‌های اطلاعاتی و تضمین دسترسی متقابل میان بخش‌های آب، کشاورزی و محیط‌زیست، پیش‌نیاز تحقق این رویکرد است (Bharani Baanu and Jinesh Babu, 2021؛ Madani, 2014). به‌عنوان نمونه‌ای مستند از حکمرانی داده‌محور در مدیریت آب، می‌توان به پروژه توسعه پلتفرم WATERMED اشاره کرد. این بستر دیجیتال، با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی و طراحی داشبوردهای تصمیم‌یار در سطح مزارع و حوضه‌های آبریز توانسته است، ضمن افزایش شفافیت و مشارکت ذی‌نفعان، کیفیت تصمیم‌گیری را در تخصیص و مصرف آب به‌طور قابل‌توجه بهبود دهد. پیاده‌سازی پروژه در مناطق نیمه‌خشک مدیترانه‌ای (اسپانیا، الجزایر و ترکیه) و کارگاه‌های مشارکتی با کشاورزان و مدیران محلی نشان داده است، این مدل می‌تواند بستر سیاست‌گذاری مبتنی بر داده، هوشمندسازی آبیاری و هماهنگی نهادی را به‌طور مؤثری تقویت کند (Argente Garcia *et al.*, 2024).

ب) تقویت مدیریت مشارکتی و نهادهای محلی

مشارکت جوامع محلی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، علاوه‌بر افزایش پذیرش اجتماعی، می‌تواند در کاهش تعارضات و افزایش بهره‌وری مؤثر باشد. احیای شوراهای سنتی آب، نهادهای حقابه‌دار و ترویج مدل‌های مشارکتی، راهبردی کلیدی برای بومی‌سازی سیاست‌های کلان به‌شمار می‌رود (پالوج و بنی‌اسدی، ۱۳۹۷؛ اسلامی و رحیمی، ۱۳۹۸؛ یوسفیان و همکاران، ۱۴۰۰؛ هاشمی، ۱۴۰۱؛ حیدری، ۱۴۰۳). تجربه موفق روستای Ralegan Siddhi در ایالت مهاراشترا در هند نشان می‌دهد، مدیریت مشارکتی، همراه با بازسازی سرمایه اجتماعی و بسیج منابع بومی، می‌تواند نتایج ملموسی به همراه داشته باشد. در این پروژه، به کمک نهادهای محلی، طرح‌های آبخیزداری، احیای منابع زیرزمینی و اعمال ممنوعیت برداشت بی‌رویه به اجرا درآمد. با مشارکت فعال مردم و تصمیم‌گیری در مجمع روستایی، ساخت ۳۱ سازه آبگیر با ظرفیت حدود ۲۸۲ هزار مترمکعب در گستره‌ای به مساحت ۶۰۵ هکتار از حوضه آبریز روستا و انجام کشت مشارکتی، منجر به افزایش سطح آب زیرزمینی از حدود ۳۰ متر به حدود ۱۲ متر و افزایش درآمد کشاورزی به سه برابر مقدار اولیه شد. این نمونه نشان می‌دهد، توانمندسازی جوامع و ایجاد حس مالکیت جمعی نسبت به منابع، یک عامل کلیدی در پایداری بلندمدت منابع آب به‌شمار می‌رود (Deshmukh, 2016؛ Patil, 2012).

یکی دیگر از نمونه‌های موفق درزمینه مشارکت محلی در مدیریت منابع آب، ساختار هماهنگی و تصمیم‌گیری چندبازیگری در کشور هلند است. در این کشور، مدیریت منابع آب نه‌تنها وظیفه دولت مرکزی است، بلکه نهادهای محلی، شرکت‌های خصوصی و سازمان‌های غیردولتی نیز در فرایند تصمیم‌گیری و اجرای سیاست‌ها نقش فعال دارند. به‌ویژه در دوره‌های خشک‌سالی، ساختارهایی مانند «کمیته ملی هماهنگی توزیع آب (LCW)» فعال می‌شوند و با مشارکت نمایندگان بخش‌های مختلف، تصمیمات تخصیص آب به‌صورت هماهنگ و شفاف اتخاذ می‌شود (SWECO, 2020). بررسی‌های میدانی و مطالعات آماری نشان می‌دهند، این مدل مشارکتی موجب ارتقای اثربخشی سیاست‌های مقابله با خشک‌سالی شده است. برای مثال، در خشک‌سالی سال‌های اخیر، میزان خسارت‌های واردشده به بخش کشاورزی کاهش یافته و روند بهبود توزیع منابع، بهینه‌تر انجام شده است (Havekes, 2023). همچنین، وجود اعتماد متقابل میان نهادهای دولتی، ذی‌نفعان محلی و شهروندان، نقش کلیدی در موفقیت این مدل داشته است. این تجربه نشان می‌دهد، طراحی ساختارهای پاسخگو و انعطاف‌پذیر در سطح محلی، به ارتقای تاب‌آوری نظام‌های آبی و افزایش ظرفیت تطبیق با بحران‌ها منجر می‌شود (Voogd *et al.*, 2021).

ج) اصلاح نظام‌های قیمتی و انگیزشی

بازنگری در تعرفه‌های آب، اصلاح یارانه‌های غیرهدفمند و طراحی سازوکارهای انگیزشی برای کاهش مصرف، به‌ویژه در بخش کشاورزی، ضروری است. اجرای نظام تعرفه‌گذاری پلکانی و تخصیص بر پایه نیاز واقعی، می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف کمک کند (Farsi Aliabadi *et al.*, 2020؛ Mottaghi *et al.*, 2023). یک نمونه موفق از اصلاح نظام‌های قیمتی و انگیزشی برای کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری، به‌کارگیری بازار تجارت حقوق آب در حوزه موری– دارلینگ استرالیا است. در این سیستم، با امکان خرید و فروش سهمیه‌های آب و اعمال تعرفه‌های مصرف پلکانی، مصرف آب کشاورزی حدود ۳۰درصد کاهش یافت، درحالی‌که تولید تنها ۸درصد افت کرد، این امر نشانگر بهبود قابل‌توجه عملکرد آب در کشاورزی است. گردش مالی بالای بازار (بیش از ۲ میلیارد دلار در سال) و مشارکت گسترده کشاورزان کوچک در معاملات، مزایای اقتصادی قابل‌توجهی ایجاد کرد. این تجربه نشان می‌دهد، نظام‌های انگیزشی و اقتصادی به‌درستی طراحی‌شده می‌توانند به‌عنوان ابزارهای قدرتمند اصلاح الگوی مصرف و تخصیص راندمان در زمان محدودیت منابع آبی عمل کنند (Grafton *et al.*, 2011؛ Grafton *et al.*,., 2019).

د) استفاده از منابع آب غیرمتعارف و بازچرخانی

توسعه فناوری‌های بازچرخانی فاضلاب و استفاده از آب‌های خاکستری

به‌عنوان مکمل منابع متعارف، نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری آبی کشور ایفا می‌کنند. البته، مسائل اقتصادی و ملاحظات زیست‌محیطی این رویکردها باید هم‌زمان بررسی شوند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷؛ سادات تارا و همکاران، ۱۴۰۱). تجربه اسپانیا نمونه‌ای موفق در مدیریت پایدار منابع آب محسوب می‌شود. اسپانیا دومین کشور در اتحادیه اروپا ازنظر میزان استفاده مجدد از آب است و با بیش از ۲۰۰۰ تصفیه‌خانه فاضلاب، در سال ۲۰۲۲ حدود ۳۴۳ میلیون مترمکعب آب تصفیه‌شده را بازچرخانی کرده است. سهم عمده این آب در بخش کشاورزی (۶۱/۹درصد)، فضای سبز شهری (۱۸درصد) و صنایع (۱۷/۴درصد) مصرف می‌شود که نقش مهمی در کاهش فشار بر منابع آب طبیعی و افزایش تاب‌آوری اقلیمی ایفا می‌کند. پروژه‌های شاخص مانند مدیریت یکپارچه آب در منطقه مورسیا و سیستم بازچرخانی شرکت Canal de Isa-bel II در مادرید، با تولید بیش از ۱۰۰ میلیون مترمکعب آب بازچرخانی‌شده سالانه، نشان‌دهنده اثربخشی فناوری‌های پیشرفته تصفیه مانند اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون در تضمین کیفیت آب بازچرخانی‌شده هستند. این تجربه، اهمیت ادغام سیاست‌گذاری، فناوری و ساختارهای حکمرانی قوی را در توسعه بازچرخانی آب به‌عنوان راهکاری کلیدی برای مقابله با کم‌آبی و تغییرات اقلیمی برجسته می‌سازد (Zarza, 2024).

هـ) سازگاری با تغییرات اقلیمی

ایران نیازمند راهبردهایی برای تطبیق با خشک‌سالی، سیلاب‌ها و تغییر الگوهای بارندگی است. استفاده از مدل‌سازی‌های اقلیمی، سناریوپردازی و توسعه زیرساخت‌های تاب‌آور اقلیمی باید در دستور کار سیاست‌گذاران قرار گیرد (Rastegaripour *et al.*, 2024).

استرالیا به‌عنوان یکی از کشورهایی که به‌شدت با پیامدهای تغییرات اقلیمی ازجمله خشک‌سالی‌های شدید، سیلاب‌ها و نوسانات بارندگی مواجه است، برنامه‌های جامع سازگاری اقلیمی را توسعه داده است. اجرای پروژه Water for the Future، که توسط دولت استرالیا حمایت می‌شود، نمونه موفقی از به‌کارگیری مدل‌سازی‌های اقلیمی و سناریوپردازی برای مدیریت منابع آب است. این پروژه شامل توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر خشک‌سالی، بهینه‌سازی تخصیص آب، استفاده از فناوری‌های پیشرفته پایش و شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی برای پیش‌بینی بهتر دوره‌های کم‌آبی و پرآبی است. همچنین، این برنامه با افزایش مشارکت ذی‌نفعان محلی و تقویت نهادهای مدیریت منابع آب، تاب‌آوری سیستم‌های آب را ارتقا داده است. براساس گزارش وزارت کشاورزی، آب و محیط‌زیست استرالیا (DAWE. Annual Report 2020–21)، اجرای این راهبردها منجر به بهبود چشمگیر بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی، کاهش زیان‌های اقتصادی ناشی از خشک‌سالی تا ۱۵درصد و افزایش آمادگی در مقابله با سیلاب‌های ناگهانی شده است. همچنین، استفاده از داده‌های اقلیمی دقیق و مدل‌سازی پیشرفته به برنامه‌ریزان امکان داده است که سیاست‌های تطبیقی مؤثرتری طراحی و اجرا کنند (DAWE, 2021).

و) ارتقای بهره‌وری و مدیریت تقاضا

تمرکز بر کاهش برداشت‌های غیرمجاز، بهینه‌سازی الگوی کشت و ارتقای کارایی آبیاری، از الزامات کاهش فشار بر منابع محدود و تجدیدناپذیر است. برنامه‌هایی نظیر «سازگاری با کم‌آبی» می‌توانند نقشی کلیدی در اجرای این راهبرد ایفا کنند (Khazaei *et al.*, 2019؛ Gholami *et al.*, 2024). یکی از نمونه‌های موفق اجرای راهبرد ارتقای بهره‌وری و مدیریت تقاضای آب، پروژه نوسازی آبیاری بزرگ‌مقیاس در کشور مراکش است. مراکش به‌عنوان یکی از ۲۵ کشور دارای بیشترین تنش آبی جهان، طی دو دهه گذشته سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای برای بهره‌برداری بهینه از منابع محدود آب انجام داده است. یکی از پروژه‌های کلیدی در این رابطه، با حمایت بانک جهانی و هم‌سو با برنامه ملی صرفه‌جویی در آب آبیاری (PNEEI) و طرح مراکش سبز (PMV)، در حوضه آبریز رودخانه Oum Er Rbia اجرا شد. این حوضه آبریز تأمین‌کننده آب سه سامانه بزرگ آبیاری (تادلا، حوض و دکاله) به وسعت بیش از ۳۲۰ هزار هکتار است. در چهارچوب این پروژه (۲۰۱۷–۲۰۱۰)، حدود ۶۸۰۰ کشاورز (ازجمله ۶۲۲ زن) خدمات آبیاری بهبودیافته دریافت کردند و بیش از ۲۳۰۰ نفر به سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با بهره‌وری بالا دست یافتند. نتایج این پروژه شامل کاهش ۴۳درصدی برداشت آب زیرزمینی در تادلا و افزایش قابل‌توجه بهره‌وری آب و عملکرد کشاورزی است، به‌گونه‌ای که تولید مزارع کوچک (کمتر از ۵ هکتار) تا ۱۶۶درصد و مزارع بزرگ‌تر تا بیش از ۳۰۰درصد افزایش یافت. هرچند در مراحل بعدی، مصرف کل آب به‌واسطه افزایش کشت و تنوع محصولات افزایش یافت، اما اقدامات سیاستی و تنظیمی همچنان در حال پیگیری است تا بهره‌وری واقعی منجر به صرفه‌جویی پایدار در منابع آبی شود (World Bank, 2019).

ز) نهادینه‌سازی عدالت آبی و ملاحظات اجتماعی

در طراحی سیاست‌های آبی، رعایت عدالت بین‌نسلی، تخصیص منصفانه منابع میان بخش‌ها و مناطق و توجه به معیشت جوامع محلی باید لحاظ شود. جلوگیری از طرح‌های انتقال بین‌حوزه‌ای فاقد ارزیابی‌های جامع اجتماعی و زیست‌محیطی نیز ضروری است (وزارت نیرو، ۱۳۸۴؛ ارشدی، ۱۳۹۷؛ ولی‌پور و کتابچی، ۱۴۰۲؛ Hashem, 2012). نمونه‌هایی از تجارب موفق در نهادینه‌سازی عدالت آبی و ملاحظات اجتماعی را می‌توان در پروژه‌های مدیریت منابع آب در هند مشاهده کرد. در شهر کاتاک در ایالت اودیشا، پروژه‌ای با محوریت ارتقای دسترسی طبقات محروم به آب و بهداشت با تمرکز بر مشارکت زنان و جوانان اجرا شد که به کاهش نابرابری در بهره‌مندی از خدمات، بهبود کیفیت آب آشامیدنی و توسعه نظام‌های کم‌هزینه تصفیه و برداشت آب انجامید. این

اقدامات با تکیه بر گروه‌های خودیار محلی، استفاده از فناوری‌های بومی و مدل‌های مالی مشارکتی، به ایجاد حس تعلق، عدالت در تخصیص منابع و ارتقای تاب‌آوری اجتماعی در جوامع کم‌برخوردار شهری کمک کرد. این نمونه‌ها تأکید می‌کنند، طراحی و اجرای سیاست‌های آبی، زمانی پایدار و عادلانه خواهد بود که با مشارکت واقعی جوامع محلی، شناخت ساختارهای اجتماعی و تقویت نهادهای مردمی همراه باشد (Poricha and Dasgupta, 2011).

ح) توسعه دیپلماسی آب و مدیریت منابع مشترک

با توجه به وابستگی ایران به منابع مشترک مرزی مانند رودخانه‌های هیرمند و ارس، توسعه چهارچوب‌های حقوقی، فنی و نهادی برای همکاری با کشورهای هم‌جوار در مدیریت این منابع، یک ضرورت راهبردی محسوب می‌شود (عراقچی، ۱۳۹۳؛ دهشیری و حکمت‌آرا، ۱۳۹۷؛ خوش‌سیما و محجوبی، ۱۴۰۰؛ علوی‌نیا و نظری بیرگانی، ۱۴۰۱). یک نمونه موفق از دیپلماسی آب و مدیریت منابع مشترک را می‌توان در تشکیل «کمیسیون رودخانه مکونگ» (Mekong River Commission -MRC) میان چهار کشور لائوس، تایلند، کامبوج و ویتنام مشاهده کرد. این کمیسیون در سال ۱۹۹۵ براساس «توافق‌نامه همکاری برای توسعه پایدار حوضه رودخانه مکونگ» شکل گرفت تا چهارچوبی برای مدیریت مشارکتی، تبادل اطلاعات و جلوگیری از منازعات آبی فراهم کند. مکونگ، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های بین‌المللی آسیا، نقش حیاتی در امنیت غذایی، انرژی و معیشت میلیون‌ها نفر در منطقه دارد و کشورهای ذی‌نفع با بهره‌گیری از ابزارهای دیپلماسی آب تلاش کرده‌اند تا درزمینه‌هایی چون زمان‌بندی ساخت سدها، توسعه پروژه‌های برق‌آبی و تخصیص منصفانه منابع به توافق برسند. باوجود چالش‌های سیاسی و اختلاف‌های گاه‌به‌گاه، این همکاری منطقه‌ای نمونه‌ای از ظرفیت دیپلماسی آب برای کاهش تنش‌ها، افزایش شفافیت و هماهنگی در مدیریت منابع مشترک و تقویت حکمرانی منطقه‌ای منابع طبیعی به‌شمار می‌رود (MRC, 2025).

ط) نهادینه‌سازی رویکرد همبست آب، انرژی، غذا و محیط‌زیست (WEFE Nexus)

براساس گزارش مرکز بررسی‌های استراتژیک ریاست جمهوری (۱۳۹۶)، از میان ۱۰۰ چالش اصلی کشور، ۱۴ مورد به‌طور مستقیم با امنیت آب، انرژی، غذا و محیط‌زیست در ارتباط هستند. این چالش‌ها شامل بحران آب (رتبه ۲)، طوفان گردوغبار (رتبه ۷)، پیامدهای بحران آب (رتبه ۸)، بحران آلودگی هوا (رتبه ۱۵)، تخریب تنوع زیستی (رتبه ۲۷)، ناپایداری محیط‌زیستی (رتبه ۳۰)، تخریب خاک (رتبه ۳۱)، مناقشات آبی ناشی از پیامدهای فرامرزی و بین‌حوزه‌ای (رتبه ۳۳)، تغییرات اقلیمی (رتبه ۳۶)، راندمان پایین انرژی (رتبه ۳۸)، آلودگی آب (رتبه ۳۹)، تحولات بازار جهانی انرژی (رتبه ۴۴)، آلودگی محیط‌زیست (رتبه ۵۹) و سهم پایین بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی (رتبه ۹۳) هستند. این گستره از چالش‌های درهم‌تنیده، ضرورت رویکردی کل‌نگر را در سیاست‌گذاری و حکمرانی منابع نمایان می‌سازد. در این رابطه، پذیرش و نهادینه‌سازی رویکرد نکسوس آب– انرژی– غذا– محیط‌زیست، بستر مناسبی برای شکل‌گیری سیاست‌های منسجم، کاهش تعارض‌های بین‌بخشی و ارتقای بهره‌وری سامانه‌ای فراهم می‌آورد. این رویکرد با تأکید بر تعاملات پیچیده و چندبعدی میان منابع، به بهینه‌سازی تخصیص‌ها و افزایش تاب‌آوری ملی کمک می‌کند. بهره‌گیری از ابزارهایی چون ارزیابی چرخه حیات (LCA)، حسابداری اکولوژیکی و مدل‌سازی نکسوس می‌تواند نقش مؤثری در تصمیم‌سازی‌های شواهدمحور ایفا کند. نهادینه‌سازی این رویکرد مستلزم بازنگری در ساختارهای نهادی، تقویت ظرفیت کارشناسی و تدوین سیاست‌های فرابخشی با مشارکت ذی‌نفعان متنوع است (لونی و شریف‌زاده، ۱۴۰۱؛ Al-Ansari *et al*., 2015؛ Li and Ma, 2020؛ Momblanch *et al*., 2021؛ Batoukhteh *et al*., 2025).

در چهارچوب راهبرد نهادینه‌سازی رویکرد همبست آب، انرژی، غذا و محیط‌زیست (WEFE Nexus)، نتایج مطالعه‌ای در ایالات‌متحده نشان داد، در سال ۲۰۱۲، درمجموع ۶۴۳ میلیون تن مواد غذایی در سطح ملی مبادله شد که این میزان با مصرف ۳۲۲ میلیارد مترمکعب آب مجازی، ۵۸۴ میلیارد مگاژول انرژی برای آبیاری و انتشار ۴۲ میلیارد کیلوگرم گازهای گلخانه‌ای معادل دی‌اکسیدکربن (Co_2) همراه بود. این یافته‌ها بیانگر پیوند مستقیم و چندبعدی بین امنیت غذایی، مصرف منابع آبی و انرژی و آثار زیست‌محیطی هستند. برآورد شد، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از آبیاری در این سال معادل کل انتشار دی‌اکسیدکربن صنعت سیمان کشور بوده است که بر ضرورت اتخاذ رویکردهای تلفیقی و سیاست‌گذاری هماهنگ در بخش کشاورزی تأکید دارد. همچنین، ایالت‌هایی مانند کارولینای شمالی (NC)، داکوتای شمالی (ND) و یوتا (UT) به‌عنوان صادرکنندگان بزرگ آب مجازی و مناطق با انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای شناسایی شدند. این مطالعه بر اهمیت نهادینه‌سازی راهبردهای مدیریت یکپارچه منابع، شامل به‌کارگیری سامانه‌های آبیاری کم‌فشار، کاهش تلفات آب و بهینه‌سازی مصرف انرژی تأکید می‌کند تا هم‌افزایی مؤثری میان بهره‌وری در کشاورزی و پایداری محیط‌زیستی برقرار شود.

این مجموعه راهبردها نشان می‌دهند، آینده مدیریت منابع آب ایران، مستلزم ترکیبی از اقدامات فناورانه، نهادی، اجتماعی و سیاستی است که با تکیه بر شواهد علمی، مشارکت عمومی و هماهنگی بین‌بخشی، بتواند تاب‌آوری کشور را در برابر بحران آبی ارتقا بخشد.

نتیجه‌گیری

راهبردهای مدیریت منابع آب در ایران طی دهه‌های اخیر، از مرحله مداخلات سازه‌ای به سمت رویکردهای نرم‌افزاری و بین‌رشته‌ای تحول یافته‌اند، بااین‌حال، استمرار بحران آب نشان‌دهنده آن است

که این گذار هنوز ناتمام و ناکافی بوده است. راهبردهای آینده باید فراتر از اقدامات فنی، به اصلاح ساختارهای نهادی، ارتقای ابزارهای سیاست‌گذاری و استقرار نظام‌های حکمرانی انعطاف‌پذیر و مبتنی بر شواهد علمی توجه کنند. شکل‌گیری شورای‌عالی آب، تدوین برنامه‌های جامع و اجرای سیاست‌های هم‌افزا می‌توانند به‌عنوان زیرساخت‌های کلیدی استفاده شوند، مشروط بر آن که همکاری بین‌بخشی، مشارکت جوامع محلی و استفاده مؤثر از فناوری‌های نوین در اولویت قرار گیرند. آینده مدیریت آب در ایران، به میزانی که بر شفافیت، داده‌محوری، عدالت آبی و پیوند سیاست‌ها در سطح ملی و محلی تأکید کند، می‌تواند به سمت پایداری و تاب‌آوری حرکت کند. بنابراین، هم‌گرایی میان سیاست‌های کلان، اصلاحات نهادی، فناوری و مشارکت اجتماعی، تنها راه عبور از بحران فعلی و تضمین امنیت آبی برای نسل‌های آینده خواهد بود.

منابع

ابراهیمی، ا.، سرایی تبریزی، م. و صارمی، ع.، ۱۳۹۷. بررسی استفاده از آب‌های نامتعارف و بازچرخانی در مدیریت منابع آب. همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست‌محیطی. ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۷، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۰ صفحه.

ابریشمی، ح.، ۱۴۰۰. تاریخ شفاهی کشاورزی در قرن اخیر. قسمت بیستم: گفت‌وگو با استاد محمدحسن ابریشمی، محقق، نویسنده و پژوهشگر. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۶۲ صفحه.

احمدی‌پور، ز. و احمدی، ا.، ۱۳۹۹. تحلیل عوامل مؤثر بر ناکامی حکمرانی آب در ایران. سیاست‌های راهبردی و کلان، ۸ (شماره ویژه)، ۱۴۰–۱۱۰.

اسکوهی، م. و اسماعیلی، ک.، ۱۴۰۰ . تحلیلی بر نظریه‌های حکمرانی و مدیریت منابع آب در ایران. آب و توسعه پایدار، ۸ (۱): ۱۰–۱.

اسلامی، ر. و رحیمی، ا.، ۱۳۹۸. سیاست‌گذاری و بحران آب در ایران. فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، ۷ (۳): ۴۳۵–۴۱۰.

اسماعیلی، ک.، اسکوهی، م. و مرتضوی امیری، و.، ۱۴۰۳. کنکاشی در سدسازی ایران. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱۱ (۱): ۱۳۹–۱۰۰

اکبری، م.ر.، رضوانفر، ا.، حسینی، س.م.، علم‌بیگی، ا. و لیاقت، ع.ا.، ۱۳۹۸. بررسی کنشگری شورای‌عالی آب در حکمرانی منابع آب ایران: تحلیلی مبتنی بر مصوبات (۱۳۹۷–۱۳۸۹). فصلنامه علمی پژوهشی سیاست‌گذاری عمومی، ۵ (۴):۳۱–۹.

اکرامی، م. و فاطمی، م.، ۱۳۹۷. نقش دانش بومی در مدیریت خشک‌سالی کشاورزی. سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست با محوریت آبخیزداری و صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست. ۱۰ مهر ۱۳۹۷، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی و انجمن آبخیزداری ایران، ۷صفحه.

امیری، م.، ۱۳۹۴. مالک و زارع در ایران (ترجمه). انتشارات علمی و فرهنگی، ۸۶۲ صفحه.

امینی‌حاجی‌باشی، آ. و بیات، ا.، ۱۳۹۷. مدیریت راهبردی در سازمان. انتشارات ادیبان روز. ۱۳۶ صفحه.

پالوج، م. و بنی‌اسدی، م.، ۱۳۹۷. تدوین الگوی ترتیبات نهادی مناسب برای مدیریت یکپارچه منابع آب. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۲۶ (۱۰۳): ۲۷۲–۲۳۹.

جلیلی، ع. و زند، ا.، ۱۴۰۴. هوشمندی به اقلیم، پیش‌نیاز تحول در حکمرانی آب ایران: بازنگری راهبردها و سیاست‌ها. طبیعت ایران. ۱۰ (۱): ۹۱۳–۹.

چراغی، ز.، ۱۴۰۰. مدیریت آب در حوزه‌های رودخانه‌ای و قناتی ایران (دوران باستان تا عصر صفوی). پژوهش‌نامه تاریخ اجتماعی و اقتصادی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی. ۱۰ (۱): ۱۲۲–۱۰۳.

خوش‌سیما، ا. و محجوبی، ع.، ۱۴۰۰. شناسایی مسائل مدیریت منابع آب مرزی از دیدگاه دیپلماسی آب (مطالعه موردی: رودخانه هریرود). فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب، ۱(۱): ۶۹–۴۸.

دهشیری، م.ر. و حکمت‌آرا، ح.، ۱۳۹۷. دیپلماسی آب ایران در قبال همسایگان. فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان. ۶(۴): ۶۱۷–۵۹۶.

فروزه، م.ر.، حشمتی، غ. و بارانی، ح.، ۱۳۹۶. بررسی دانش بومی شناخت و طبقه‌بندی اجزای محیطی در جهت مدیریت بهینه مراتع (مطالعه موردی: عشایر دیلگان در استان کهگیلویه و بویراحمد). دو فصلنامه دانش‌های بومی ایران، ۴ (۷): ۷۲–۳۳.

رهبرقاضی، م.ر. و طالعی حور، ر.، ۱۴۰۳. چالش‌های حکمرانی آب در ایران: بررسی علل و پیامدها از منظر داده بنیاد. فصلنامه سیاست، مجله دانشکده حقوق و علوم سیاسی، (۳) ۵۴: ۴۳۸–۱۴۵.

زرگرپور، ر. و نورزاد، ع.، ۱۳۸۸. ارائه مدل مفهومی و تدوین الگوی مدیریت یکپارچه منابع آب با تأکید بر امنیت آبی کشور. تحقیقات منابع آب ایران، ۵ (۳): ۱۳–۱.

زمان، م. و عادلی، م.، ۱۴۰۰. مسائل نظام حکمرانی از دیدگاه اندیشکده‌ها. گزارش مرکز توانمندسازی حاکمیت و جامعه جهاد دانشگاهی، ۱۰۹ صفحه.

زند، ا.، ۱۴۰۳. راهبردهای گذشته و آینده کشور در حوزه کشاورزی و غذا. طبیعت ایران. ۹(۴): ۱۵–۹.

زهرایی، ب.، ۱۴۰۰. موانع موجود پیش‌روی تدوین فازهای بعدی برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی. پژوهشکده آب و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد. https://weri.um.ac.ir/index.php/fa/۲۰۲۱-۱۲-۲۵-۲۰-۱۵-۰۱-۲۰۲۲/۰۱-۱۸-۰۸-۳۹-۳۱۹/۵۲-۲۰۲۲-۰۱-۱۸-۰۸-۴۸-۵۶

سادات تارا، س.، موسوی رینه، س.م. و یوسفی، ح.، ۱۴۰۱. مدیریت پایدار منابع آب با استفاده از ارائه طرح بازچرخانی رواناب شهری با هدف آبیاری فضای سبز (مطالعه موردی کانال الهیه منطقه ۳ تهران). اکوهیدرولوژی، ۹(۴): ۷۸۲–۷۷۱.

سعیدیان، ح.، ۱۴۰۰. نگرشی جامع بر روش‌های جمع‌آوری آب باران در ایران و دنیا. مجله ترویجی حفظ و بهره‌وری آب، ۲ (۴): ۴۰–۲۶.

سیدان، س.م.، بهراملو، ر. و ناصری، ا. ۱۳۹۷. تعیین بهره‌وری مصرف آب در زراعت گندم با سیستم آبیاری بارانی و نشتی در استان همدان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳ (۱۲): ۷۳۲–۷۴۳.

سیدان، س.م. و متقی، م. ۱۳۹۸. تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در زراعت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای تحت سامانه‌های آبیاری مدرن و سنتی در استان همدان. فصلنامه آب و توسعه پایدار. ۶ (۱): ۱–۸.

صابری، ا. و کرمی دهکردی، ا.، ۱۳۹۱. مقایسه فرهنگ و دانش بومی با دانش رسمی در حوزه آبخیزداری. دو فصلنامه دانش‌های بومی ایران، ۱ (۱): ۲۰۳–۱۸۱.

عراقچی، س.ع.، ۱۳۹۳. دیپلماسی آب، از منازعه تا همکاری. فصلنامه سیاست جهانی، ۳(۴): ۱۱۹–۹۱.

علیان، ع. و طاهری دهکردی، م.، ۱۴۰۳. قنات کهروم، دریچه‌ای به فناوری بومی و نقش آن در معماری پایدار از دوره صفویه در اصفهان. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱۱ (۴): ۴۴–۳۵.

علوی نیا،س.ح. و نظری بیرگانی، غ.، ۱۴۰۱. دیپلماسی آب راهکاری برای تثبیت امنیت و بهره‌برداری بهینه از حوزه‌های آبخیز مشترک. هفدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران با محوریت آبخیزداری و امنیت پایدار غذایی. ۹ اسفند ۱۴۰۱، جیرفت، انجمن آبخیزداری ایران و دانشگاه جیرفت، ۷ صفحه.

عینی زیناب، ح. و سبحانی، س.ر.، ۱۳۹۶. رژیم‌های غذایی پایدار و غذاهای سنتی/ بومی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱۲(۱): ۱۵۸-۱۵۱.
فداکار داورانی، م.م.، ۱۳۸۸. قنات و سرمایه اجتماعی. برنامه‌ریزی رفاه و توسعه اجتماعی، ۱(۱): ۱۷۹-۱۴۹. https://doi.org/۱۰,۲۲۰۵۴/۲۰۱۰,۵۶۹۶.qjsd
فداکار داورانی،م.م. و سام آرام،ع.ا.، ۱۳۸۹. نقش قنات در توسعه پایداری روستایی.
فصلنامه روستا و توسعه، ۱۳(۲): ۱۹۱-۱۶۷.
فرخیان، ف.، آلبوغبیش، ز.، عیسوند دهداری، م. و سلیمانی بابادی، م.، ۱۳۹۵. کاربرد مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM) در تالاب‌ها و رودخانه‌ها. دومین کنفرانس بین‌المللی تحقیقات در عمران، معماری و شهرسازی و محیط‌زیست پایدار. ۱۳ خرداد ۱۳۹۵، استانبول- ترکی، مؤسسه مدیران ایده‌پرداز پایتخت ویرا، ۱۷ صفحه
قاسمی، ا.، علویان، م. و حسینی، م.، ۱۴۰۱. واکاوی تعاملات دولت و جامعه در حکمرانی آب ایران: دلالت‌های راهبردی. فصلنامه علمی پژوهش‌های راهبردی سیاست، ۱۱ (۴۲): ۲۲۰-۱۸۱.
قاسمیه، ه.، اسدی نیلوان، ا.، محمدی، ط.، سلحشور، م. و سقازاده، ن.، ۱۳۹۵. ابعاد و چالش‌های مدیریت یکپارچه منابع آب. یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، ۳۱ فروردین ۱۳۹۵، یاسوج، دانشگاه یاسوج و انجمن آبخیزداری ایران، ۹ صفحه.
کارگروه ملی سازگاری با کم‌آبی، ۱۴۰۰. برنامه ملی سازگاری با کم‌آبی، ۱۲۰ صفحه. ۱۴۰۰ -http://assc.ir/upload/upload/khoshksali- pdf.
کشاورز،ع.، شریعتمدار، م.ح.، خسروی،ع،ا.، شیخی مهرآبادی، ا.ع.، بیکی خشک، ا.، شعبانی، م.، بخشایش، م.، کیان‌پور، ر. و فکاری، ب.، ۱۳۹۵. برآورد ارزش اقتصادی آب ازدست‌رفته ناشی از ضایعات محصولات کشاورزی. آب و توسعه پایدار، ۳ (۱): ۸۲-۷۳.
کریمی، گ.، ۱۳۸۴. تمدن قنات. مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی قنات در ایران. ۲ و ۳ آذر ۱۳۸۴، کرمان، جهاد دانشگاهی دانشگاه کرمان، ۷ صفحه.
گل‌محمدی، ف. و میر، ن.، ۱۴۰۱. سیر تکاملی نظام‌های کشاورزی در ایران از آغاز تاریخ تمدن تا اوایل دوران اسلامی و پایان آل‌بویه (با نگاهی بر استان‌های خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان). ششمین کنگره بین‌المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و گردشگری ایران، ۲۷ دی ۱۴۰۱، تبریز، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ۵۲ صفحه.
لونی، ر. و شریف‌زاده، م.، ۱۴۰۱. مروری بر مطالعات همبست آب، انرژی و غذا در ایران: ضرورت، چالش‌ها و راهکارهای پیشنهادی. نشریه پایداری، توسعه و محیط‌زیست. ۱۱(۳): ۴۹-۲۹.
لمبتون،ا. ک. س. ۱۳۷۷. مالک و زارع در ایران، ویراسته‌ی جدید، ترجمه منوچهر امیری، چاپ چهارم، تهران، انتشارات علمی و فرهنگی، ۸۸۴ صفحه.
وحید، م. و رنجبر، م.، ۱۳۹۷. آسیب‌شناسی بعد سیاسی حکمرانی آب در ایران (۱۳۹۲-۱۳۶۸). سیاست‌گذاری عمومی، ۴(۴): ۲۰۳-۲۲۳.
مرادی اندرزی، پ. و قنبری، ف. ۱۴۰۳. مدیریت تقاضای آب: مفاهیم، سیاست های اجرایی و چارچوب پیاده سازی. فصلنامه آب و توسعه پایدار. ۱۱ (۲): ۱۰۶-۱۱۵.
مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۹۵. بررسی وضعیت سدها و عملکرد سدسازی در کشور. ۴۷ صفحه.
مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران، ۱۴۰۰. آسیب‌شناسی طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی، ۸۸ صفحه.
https://iranthinktanks.com/pathology-of-the-restoration-and-balancing-plan-of-underground-water-resources
مهدی‌پور، آ.، مهدی‌پور، س. و حاج سیدعلی خانی، ن.، ۱۳۸۴. تاریخچه قنات و تأثیر آن بر تمدن ایرانیان. کنفرانس بین‌المللی قنات. ۸ صفحه. ۲ آذر ۱۳۸۴. کرمان. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
میرصانع، ز.و کاویانپور، م.ر.، ۱۳۸۷. بررسی شرایط و اصول به‌کارگیری مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب در سطح حوضه آبریز، راهکارها و نحوه اجرایی کردن آن، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، ۲۳ مهر ۱۳۸۷، دانشگاه تبریز، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، تبریز، ۱۱ صفحه
میرنظامی، س.ج.، ۱۴۰۰. تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی: از وعده تا واقعیت. اندیشکده تدبیر آب ایران، ۱۹۰صفحه.
نجف‌لو، پ.، یعقوبی، ج. و نیکبخت، ج.، ۱۳۹۸. مدیریت بهره‌برداری سنتی از منابع آب در روستاهای ایران. نشریه آب و توسعه پایدار، ۶ (۲): ۳۸-۲۷.
میرنظامی، س.ج. و باقری، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی سیستم حکمرانی آب در فرایند حفاظت از منابع آب زیرزمینی ایران. تحقیقات منابع آب ایران. ۱۳ (۲): ۳۲-۵۵.
نوری اسفندیاری، ا.، ۱۳۹۴. ارزیابی حکمرانی آب در ایران. ضمیمه روزنامه شرق. ۲۱ شهریور ۱۳۹۴.
وحید، م. و رنجبر، م.، ۱۳۹۷. آسیب‌شناسی بعد سیاسی حکمرانی آب در ایران. سیاست‌گذاری عمومی، ۴(۴): ۲۰۳-۲۲۳
وزارت نیرو، ۱۳۸۳. اصول و تحلیل سیاست‌های مدیریت آب. نشریه شماره ۱۴۳-ن. شرکت مدیریت منابع آب. معاونت پژوهش و مطالعات پایه. دفتر استانداردها و معیارهای فنی. ۲۹ صفحه.
ولی‌پور، ا. و کتابچی، ح.، ۱۴۰۲. عدالت و انصاف در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب زیرزمینی. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۹(۳): ویژه‌نامه تخصصی آب زیرزمینی، ۱۷۹-۱۵۴.
هاشمی، س.م.، ۱۴۰۱. حکمرانی محلی آب در ایران: پیامدها و توصیه‌های سیاسی. ۹ (۱): ۱۴۴-۱۳۵.
هنری، م.، ۱۳۵۶. مطالعه‌ای در گسترش کاریز از ایران به دیگر نقاط جهان. مجله هنر و مردم، تهران، وزارت فرهنگ و هنر، ۱۸۲: ۴۲-۳۹
یوسفیان، ا.، فقیهی،ا. و دانشفرد، ک.، ۱۴۰۰. طراحی الگوی خط‌مشی منسجم حکمرانی آب در ایران. فصلنامه علوم مدیریت ایران، ۱۶ (۶۴): ۳۲-۱.

Al-Ansari, T., Korre, A., Nie, Z. and Shah, N., 2015. Development of a life cycle assessment tool for the assessment of food production systems within the energy. water and food nexus. Sustainable Production and Consumption 2: 52-66.
Ahmadi, A., Ohab-Yazdi, S.A., Zadehvakili, N and Safavi, H.R., 2018. A dynamic model of water resources management using the scenario analysis technique in downstream of the Zayandehroud basin. International Journal of River Basin Management. 17: 451–463. https://doi.org/ 10.1080/15715124.2018.1505734.
Argente García, J.E., Yazici, B., Richa, A., Touil, S., Richart Díaz, V.J., Ramallo-Gonz´alez, A.P. and Skarmeta G´omez, A.F., 2024, Digitalising governance processes and water resources management to foster sustainability strategies in the Mediterranean agriculture. Environmental Science and Policy. 158 (2024) 103805. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103805
Ashraf, S., Nazemi, A. and AghaKouchak, A., 2021. Anthropogenic drought dominates groundwater depletion in Iran. Nature. Scientific Reports. 11:9135
Akbarzadeh, A., Valipour, A., Meshkati, S.M.H. and Hamnabard, N., 2023. Municipal wastewater treatment in Iran: current situation, barriers and future policies. Journal of Advances in Environmental Health Research.

wastewater treatment Technologies in Iran. Journal of Water and Wastewater Science and Engineering (JWWSE). 6: 4–14. doi: 10.22112/jwwse.2021.273237.1260
Hashemi M., 2012. A Socio-Technical Assessment Framework for Integrated Water Resources Management) IWRM (In Lake Urmia Basin, Iran Submitted for the degree of Doctor of Philosophy) PhD (at School of Civil Engineering and Geosciences, Newcastle University, Newcastle upon Tyne, England.
Jamali, M., Gohari, A., Motamedi, A. and Haghighi, A.T., 2022. Spatiotemporal changes in air temperature and precipitation extremes over Iran. Water. 14 (21): 3465
Kalantari, K., Maknoon, R. and Karimi, D., 2018. Developing sustainable legal framework for the establishment of integrated water resources Management in Iran. International Journal of Environmental Research. 12: 223–231. doi: 10.1007/s41742-018-0071-5
Karandish, F. and Hoekstra, A.Y., 2017. Informing National Food and Water Security Policy through Water Footprint Assessment: The Case of Iran. Water 9: 831. doi:10.3390/w9110831.
Karandish, F., Nouri, H. and Brugnach. M., 2021. Agro-economic and socio-environmental assessments of food and virtual water trades of Iran. Nature, 11:15022. https://doi.org/10.1038/s41598-021-93928-9.
Ketabchy, M., 2021. Investigating the impacts of the political system components in iran on the existing water bankruptcy. Sustainability, 13: 13657. https://doi.org/10.3390/su132413657.
Khazaei, B., Khatami, S., Alemohammad, S.H., Rashidi, L., Wu, C., Madani, K., Kalantari, Z., Destouni, G. and AghaKouchak, A., 2019. Climatic or Regionally Induced by Humans? Tracing Hydro-climatic and Land-use Changes to Better Understand the Lake Urmia Tragedy. Journal of Hydrology, 19: 203-217. doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.12.004
Krijnen, J.F.A. and Rahmani, S., 2013. Conservation of Iranian Wetlands Project. Conservation of Iranian Wetlands Project (CIWP). CIWP TE Report. 55p.
Li, P.C. and Ma, H.W., 2020. Evaluating the environmental impacts of the water-energy-food nexus with a life-cycle approach. Resources, Conservation & Recycling.157: 104789. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104789
Madani, K., 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of Environmental Studies and Sciences. 4: 315–328. https://doi.org/10.1007/s13412-014-0182-z.
Madani, K., AghaKouchak, A. and Mirchi, A., 2016. Iran's socio-economic drought: challenges of a Water-Bankrupt Nation. Iran. Stud. 49: 997–1016. https://doi.org/10.1080/00210862.2016.1259286.
Mirzaei, A., Knierim, A., Fealy Nahavand, S. and Mahmoudi, H., 2017. Gap analysis of water governance in Northern Iran: A closer look into the water reservoirs. Environmental Science & Policy. 77:98–106. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.004.
Mirzaei, A. and Zibaei, M., 2020. Water conflict management between agriculture and wetland under climate change: application of economic-hydrological-behavioral modelling. Water Resources Management. 35: 1–21. https://doi.org/10.1007/s11269-020- 02703-4.
Mirnezami, S.J., de Boer, C. and Bagheri, A., 2019. Groundwater governance and implementing the conservation policy: the case study of Rafsanjan Plain in Iran. Environment, Development and Sustainability. 22: 11: 60–71. doi: 10.34172/jaehr.2023.08
Al-Saidi, M. and Dehnav, S., 2024. Growing the portfolio: circular economy through water reuse in Iran. Frontiers in Water, 6:1341715. doi: 10.3389/frwa.2024.1341715
Bagherian, R., Bahaman, A.S, Asnarulkhadi, A.S and Shamsuddin, A., 2009. A Social Exchange Approach to People's Participation in Watershed Management Programs in Iran. European Journal of Scientific Research, 34 (3): 428-441.
Balali, M.R., 2009. Towards Reflexive Land and Water Management in Iran Linking Technology, Governance and Culture. Thesis, Wageningen University, Wageningen, NL (2009). ISBN 978-90-8585-427-2.
Batoukhteh, F., Darzi-Naftchali, A., Motevali, A., Karandish, F. and Berger, M., 2025. Evaluating the Sustainability of Wheat Irrigation Systems: Using Life Cycle Assessment to Monitor the Water-Energy-Food-Environment Nexus. Agricultural Water Management. 315 (2025), 109521. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109521
Bijani, M., Hayati, D., Azadi, H., Tanaskovik, V. and Witlox, F., 2020. Causes and consequences of the conflict among agricultural water beneficiaries in Iran. Sustainability, 12: 6630. https://doi.org/10.3390/su12166630.
Bharani Baanu, B. and Jinesh Babu, K.S., 2021. Smart water grid: a review and a suggestion for water quality monitoring. Water Supply, 22 (2): 1434–1444. https://doi.org/10.2166/ws.2021.342
Charkhestani, A., Ziri, M.S. and Rad, H.A., 2016. Wastewater reuse: potential for expanding Iran's water supply to survive from absolute scarcity in future. Journal of Water Reuse and Desalination, 6: 437–444. doi: 10.2166/wrd.2015.210
Chaparinia, F., Hadei, M., Yaghmaeian, K., Hadi, M. and Naddafi, K., 2025. Evaluation of climate indices related to water resources in Iran over the past 3 decades. Scientific Reports. 15:11846. https://doi.org/10.1038/s41598-025-95370-7.
Dehghanisanij, H., Emami, S., Emami, H. and Elbeltagi, A., 2023. Evaluating performance indicators of irrigation systems using swarm intelligence methods in Lake Urmia basin, Iran. Environ. Dev. Sustain. https://doi.org/10.1007/s10668-022-02878-3.
Dehnavi, S., 2015. National Food Security Strategies, availability of water resources and farmers' reactions in Darab, Iran. Kassel: Kassel University Press.
Esfandiari, S., Dourandish, A., Firoozzare, A. and Taghvaeian, S., 2022. Strategic planning for exchanging treated urban wastewater for agricultural water with the approach of supplying sustainable urban water: a case study of Mashhad, Iran. Water Supply. 22: 8483–8499. doi: 10.2166/ws.2022.359.
Farsi Aliabadi, M.M., Daneshvar Kakhky, M., Sabohi Sabouni, M., Dourandish, A. and Amadeh, H., 2020. Effect of Water Conservation Policies on Groundwater Depletion in Iran. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 51 (3): 109-116. DOI: 10.29417/JCSWC.202009_51(3).0003
Gholami, M., Heidary, B., Afkhami, M. and Kiani, M.A., 2025. Strategies for Enhancing Water Security in Iran's Agricultural Sector under Climate Change. Journal of Agricultural Science and Technology, 28(4): ARTICLES IN PRESS
Ghasemi, A., 2015. Changes and trends in maximum, minimum and mean temperature series in Iran. Atmospheric Science Letters. 16: 366–372.
Hadi, M.S.M., Hamnabard, N., Valipour, A. and Akbarzadeh, A., 2022. Strategies and policies for the development of

8183–8210. https://doi.org/10.1007/s10668-019-00488- 0.
Mottaghi, A., Jafarpour Ghal hteimouri, K. and Ghareh-Beygi, M., 2023. Water resources management scenarios and transboundary hydro-political concerns in Iran's eastern border areas. Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum, 22 (3):359-372.
Moshtagh, M. and Mohsenpour, M., 2019. Community viewpoints about water crisis, conservation and recycling: a case study in Tehran. Environment, Development and Sustainability. 21: 2721–2731. doi: 10.1007/s10668-018-0158-3
Noori, R., Maghrebi, M., Jessen, S., Bateni, S.M., Heggy, E., Javadi, S., Noury, M., Pistre, S., Abolfathi, S. and AghaKouchak, A., 2023. Decline in Iran's groundwater recharge. Nature Communications, 14:6674. https://doi.org/10.1038/s41467-023-42411-2.
Nouri, M. and Homaee, M., 2020. Drought trend, frequency and extremity across a wide range of climates over Iran. Meteorol. Appl. 27, e1899. https://doi.org/10.1002/met.1899.
Nouri, M., Homaee, M., Pereira d, L.S. and Bybordi, M., 2023. Water management dilemma in the agricultural sector of Iran: A review focusing on water governance. Agricultural Water Management, 288: 108480. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108480
Patil, R., 2012. Participatory watershed management: A review of studies on Ralegan Siddhi Village in India. Conference: Second ISA Forum of Sociology.
Rahimi, J., Malekian, A. and Khalili, A., 2018. Climate change impacts in Iran: assessing our current knowledge. Theoretical and Applied Climatology. 135: 545–564. https://doi.org/10.1007/ s00704-018-2395-7.
Rastegaripour, F., Tavassoli, A., Babaeian, M., Fernandez-Galvez, J. and Caballero-Calvo, A., 2024. Assessing the impacts of climate change on water resource management and crop patterns in Eastern Iran. Agricultural Water Management, 295:108774. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108774
Safarpour, H., Tabesh, M. and Shahangian, S.A., 2022. Environmental assessment of a wastewater system under water demand management policies. Water Resources Management. 36: 2061–2077. doi: 10.1007/s11269-022-03129-w
Safdari, Z., Nahavandchi, H. and Joodaki, G., 2022. Estimation of Groundwater Depletion in Iran's Catchments Using Well Data. Water. 14:131. https://doi.org/10.3390/w14010131
Sarami-Foroushani, T., Balali, H. and Movahedi, R., 2024. Assessing the role of stakeholders in sustainable groundwater resources management using power-interest matrix (PIM): in Hamedan-Bahar plain, Iran. Front. Water 6:1344856. doi: 10.3389/frwa.2024.1344856.
Ghafari, S., Ghorbani, M., Salajegheh, A., Fritsch, O., Naderi, A. and Kumar Gain, A., 2024. Tracing water governance across different levels in Iran. Environmental Science & Policy, 162:10393. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103933
Sobhani, P., Esmaeilzadeh, H., Sadeghi, S.M.M., Wolf, I.D. and Deljouei, A., 2022. Prioritizing Water Resources for Conservation in a Land Of Water Crisis: The Case of Protected Areas of Iran. Water, 14:4121. https://doi.org/10.3390/w14244121
UNDP, 2022. UNDP Country Program (2017-2022) Evaluation, Islamic Republic of Iran – Final Report.
Zarza, L.F., 2024. Reclaimed water reuse: dealing with water scarcity in Spain. Smart Water Magazine. https://smartwatermagazine.com/newsroom.