توسعه محلی
(روستایی-شهری)
https://jrd.ut.ac.ir

دورهٔ چهاردهم، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱: ۲۵۵-۲۷۶، DOI: 10.22059/JRD.2022.346563.668747

بازاندیشی نوسازی بوم‌شناسانه مبتنی بر فناوری کنتور هوشمند در بخش توزیع آب‌های زیرزمینی ایران*

عباس فقیه خراسانی[۱]، غلامرضا غفاری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۸

چکیده

میزان کسری مخازن آب زیرزمینی در ایران از مرز ۱۳۰ میلیارد مترمکعب فراتر رفته است؛ این درحالی است که دولت از سال ۱۳۸۴ کوشید تا با واردکردن فناوری کنتور هوشمند به شبکهٔ حکمرانی آب، مخازن آب زیرزمینی را به تعادل برساند. این سیاست می‌توانست یک کوشش کارساز به نفع محیط‌زیست باشد. بااین‌حال، پروژهٔ کنترل بهره‌برداری از مخازن آب زیرزمینی، با ادامهٔ روند هوشمندسازی توزیع آب و تلاش برای کاستن از حجم برداشت از چاه‌ها در طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور از سال ۱۳۹۳ نیز راه به‌جایی نبرد. چشم‌اندازهای آرمانی سند سازگاری با کم‌آبی که از اردیبهشت ۱۴۰۰ برمبنای طرح‌های پیشین ابلاغ شده است نیز تاکنون به نتیجهٔ مورد انتظار نرسیده است. از آنجا که ورود یک فناوری دوستدار طبیعت به شبکهٔ حکمرانی آب را می‌توان ایده‌ای در راستای فرایند نوسازی بوم‌شناسانه قلمداد کرد، این مقاله با بازاندیشی در نظریهٔ نوسازی بوم‌شناسانه و به‌کارگیری ابزار ارزیابی دستاورد زیست‌محیطی آن در ذیل روش سیاست‌پژوهی، مسئلهٔ پیش‌روی طرح اجباری‌شدن نصب کنتور هوشمند روی چاه‌های کشاورزی را تحلیل می‌کند. در این مقاله، فرایند نوسازی بوم‌شناسانه در حکمرانی آب ایران در بخش‌های مختلف بازار، نوآوری و فناوری، دولت، جامعهٔ مدنی و آگاهی زیست‌محیطی بررسی می‌شود. برمبنای مدل کیفی ارزیابی فرایند نوسازی بوم‌شناختی، نتیجهٔ زیست‌محیطی این فرایند در کشور با کسب نمرهٔ ۵ از ۵۰ نمرهٔ دستاورد کامل نوسازی بوم‌شناسانه، در مرحلهٔ بسیار ضعیف قرار دارد. صورت‌مسئلهٔ نهایی سیاست‌پژوهی نصب کنتور هوشمند برای کنترل برداشت آب این است که شبکهٔ حکمرانی و بهره‌برداری آب در ایران آمادگی لازم را برای چنین دگرگونی فناوری‌محوری را در فرایند توزیع آب ندارد. با توجه به فوق‌بحرانی‌بودن شرایط آب زیرزمینی در ایران می‌توان با حفظ روند نوسازی بوم‌شناختی، ۴۵ نمرهٔ کسب‌نشده در ارزیابی نتیجهٔ زیست‌محیطی این طرح را با رویکردی اجتماعی و با توجه به اصول مشارکتی فرایند نوسازی بوم‌شناسانه جبران کرد.

واژه‌های کلیدی: جامعه‌شناسی محیط‌زیست، حکمرانی آب ایران، کنتور هوشمند، نوسازی بوم‌شناسانه، یزد.

---

*مقالهٔ پژوهشی مستخرج از رسالهٔ دکتری با عنوان «بررسی جامعه‌شناختی مواجههٔ کشاورزان با فرایند نوسازی بوم‌شناسانهٔ حکمرانی آب‌های زیرزمینی از طریق به‌کارگیری کنتور هوشمند»، دانشکدهٔ علوم اجتماعی دانشگاه تهران.

۱. دانشجوی دکتری مطالعات توسعهٔ، دانشکدهٔ علوم اجتماعی دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول)، abbas.faghih@ut.ac.ir

۲. دانشیار گروه جامعه‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، ghaffary@ut.ac.ir

Journal of Community Development
(Rural and Urban Communities)

Vol. 14, No. 1, Spinger and Summer 2022

Reflections on the Ecological Modernization Process through the Use of Smart Meters in Iran's Groundwater Distribution Sector[1]

Abbas Faghih Khorasani[2], Gholam Reza Ghaffari[3]
Received: February 28, 2022 Accepted: August 19, 2022

Abstract

The deficit of underground water reservoirs in Iran has exceeded 130 billion cubic meters. At the same time, since 2004, the Iranian Water Authority has been trying to balance the underground water reservoirs by introducing smart meter technology in the water governance network. This policy could be an effective measure for the benefit of the environment. However, the project of controlling the use of underground water reservoirs with the continuation of the process of smart water distribution and trying to reduce the amount of withdrawal from wells in the "Restoration and Balancing Plan" of the country's underground water resources in 2013 was also unsuccessful. The ideal prospects of the "Water Scarcity Adaptation Document" announced since May 2021 based on the previous plans have also not yielded any results yet. Since the introduction of nature-friendly technology into the water governance network can be considered as an idea within the process of ecological modernization (EM), this article has tried to explain the problems of mandatory installation of smart meters on agricultural wells using the assessment tools of EM. In this article, the EM process in Iran's water governance was analyzed in different sectors of market, innovation and technology, government, civil society and environmental awareness. Based on the qualitative model for evaluating the ecological modernization process, the ecological result of this process in the country was classified in the very weak stage of such modernization with a score of 5 out of 50 for the full realization of EM. The final result of the policy analysis of smart meter in Iran is that the water governance and stakeholder network are not fully prepared for such technology-driven transformation of water distribution. Considering the supercritical condition of underground water in Iran, the 45 points that were not achieved in the environmental outcome assessment of this project can be compensated through a social approach and according to the participatory principles of the ecological renewal process.

Keywords: Environmental Sociology, Ecological Modernization, Smart Meter, Iran's Water Governance, Policy Analysis, Yazd.

1. Paper from PhD dissertation titled "Sociological study of farmers' exposure to the process of ecological modernization of groundwater governance through the use of smart meters"

2. PhD Candidate of Development Studies, University of Tehran, Iran (Corresponding author), abbas.faghih@ut.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Sociology, University of Tehran, Iran, ghaffary@ut.ac.ir

مقدمه

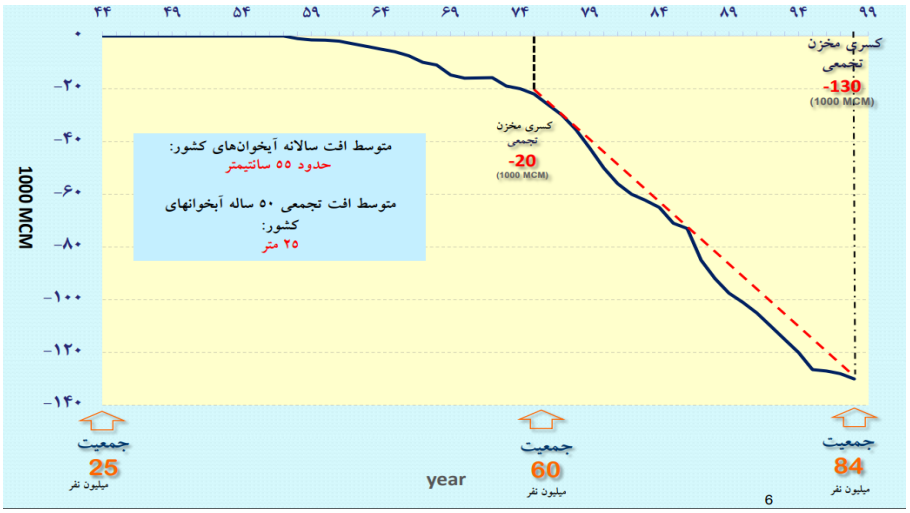
متوسط کسری مخازن آب زیرزمینی در ایران سالانه بیش از ۴ میلیارد مترمکعب است. این میزان کسری تا سال ۱۴۰۰ به بیش از ۱۳۲ میلیارد مترمکعب رسیده است.[۱] شورای عالی آب، در سال ۱۳۸۴ با معرفی ۱۲ پروژه با عنوان «طرح تعادل‌بخشی، تغذیهٔ مصنوعی و پخش سیلاب» کوشید تا از افت آب‌خوان‌ها جلوگیری کند. قرار بود در این ۱۲ پروژه، با دو رویکرد اصلی افزایش تغذیهٔ آب‌خوان‌ها و کنترل و کاهش حجم برداشت‌ها از طریق اقداماتی نظیر اطلاع‌رسانی و آموزش، تشکیل شورای آب‌بران، استفاده از کنتورهای هوشمند و انسداد چاه‌های غیرمجاز طی چهار برنامهٔ توسعه (چهارم تا هفتم) آب‌خوان دشت‌های کشور به تعادل برسد. بدین‌معنا که ورودی و خروجی مخازن آب زیرزمینی یکسان باشد. این در حالی است که میزان آب قابل‌برنامه‌ریزی در ایران، ۷۵ درصد مجموع آب ورودی به مخزن اعلام شده است. در همین‌حال، اگر کشوری بیش از ۴۰ درصد از کل منابع آب تجدیدپذیر خود را برداشت کند، با بحران کم‌آبی مواجه خواهد شد. علاوه بر این با ادامهٔ رشد صعودی حفر چاه‌های کشاورزی تا سال آبی ۱۳۹۰–۱۳۹۱ و پس از فعال‌شدن شورای عالی آب در دولت یازدهم (۱۳۹۲–۱۳۹۶)، وزارت نیرو برنامه‌های خود را در جلسهٔ هشتم شورای عالی آب در سال ۱۳۹۲ مطرح کرد. وزارت نیرو ابتدا مصوبه‌ای با عنوان «برخورد قانونی با برداشت‌های غیرمجاز» ارائه داد و درنهایت این مصوبه به طرحی با عنوان «طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور» مشتمل بر پانزده پروژه تبدیل شد که در جلسهٔ پانزدهم شورای عالی آب کشور، در تاریخ ۲۵ شهریور ۱۳۹۳ به تصویب رسید و در کنار این طرح، تکالیفی نیز برای وزارتخانه‌های نیرو، جهاد کشاورزی، صمت (صنعت، معدن و تجارت) و کشور مشخص شد.

طرح جامع «احیا و تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی»، ابتدا در طول برنامهٔ ششم توسعه، کل اضافه برداشت‌ها از منابع آب زیرزمینی (کسری مخزن سالانه) را در کشور متوقف ساخت و سپس ظرف مدت بیست سال، میزان کسری مخزن تجمعی آب‌خوان‌ها را جبران کرد و به سطح تراز اولیه و متعادل رساند. این یک رویکرد تمام‌عیار «فرمان و کنترل» در حکمرانی آب بود. پروانه‌های بهره‌برداری کاهش یافت و سپس به‌وسیلهٔ کنتورهای هوشمند کنترل شد. برای دومین

۱. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

بار بحث از وساطت فناوری در روابط میان بهره‌برداران آب و محیط‌زیست به میان آمد و این بار دولت مصمم مطابق با پروانه‌های اصلاح و تعدیل‌شده، با کنترل فناوری از اضافه‌برداشت آب جلوگیری کرد و سپس آب‌خوان‌ها را به مرحلهٔ تعادل و حتی به تراز مثبت رساند.

کسری مستمر سالیانهٔ مخازن آب زیرزمینی از زمان ابلاغ طرح جامع احیا و تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی همچنان به‌شدت ادامه یافت. تصویر ۱ برآورد کسری تجمعی مخازن آب زیرزمینی را از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۹ نشان می‌دهد.



تصویر ۱. کسری تجمعی مخازن آب زیرزمینی از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۹۹

منبع: گزارش چهل‌وسومین شورای عالی آب، آبان ۱۴۰۰

در اردیبهشت ۱۴۰۰ با «برنامهٔ ملی سازگاری با کم‌آبی» که وزارت نیرو ابلاغ کرد، آخرین تلاش حکمرانی آب کشور تا به امروز برای به‌تعادل‌رسیدن سفره‌های آب زیرزمینی انجام شده است. تأکید این برنامه بر واژهٔ «سازگاری»، و هدف‌گذاری آرمان‌گرایانهٔ آن برای تعادل آب‌خوان‌ها در فاز اول اجرا تا ۱۴۰۵ و جبران کسری مخازن تا پایان فاز دوم آن در ۱۴۱۰، بیش از آنکه نشان‌دهندهٔ برنامه جدیدی باشد، بیان‌کنندهٔ رسیدن به نقطه‌ای بحرانی بود. در اینجا از همهٔ شهروندان در همهٔ بخش‌ها خواسته شد با این نقطهٔ بحرانی طبیعت سازگار شوند تا بتوان بر مشکلات در بخش آب‌های زیرزمینی فائق آمد. درواقع اولویت‌بخشی به آب‌های سطحی در پروژه‌های بزرگ سدسازی و رهاشدن آب‌های زیرزمینی از سوی حکمرانی آب، برق‌کشی برای

چاه‌های آب کشاورزی و تبدیل موتورهای دیزلی که قاعدتاً براساس ضعف‌های تکنیکی نمی‌توانست تمام سال یکسره روشن بماند به موتورهای برقی با قدرت بالای بهره‌برداری در تمام ساعات سال، ضعف نظارت بر عملکرد بهره‌برداران چاه و رایگان‌ماندن برق و آب کشاورزی در کنار ترویج اهمیت محصول در برابر اهمیت آب برای رسیدن به خودکفایی و مشوق‌های کشاورزی که عمدتاً به‌صورت سنتی آبیاری می‌شد، بحران آب را به نقطه‌ای رسانده بود که از سال ۱۳۹۶ احساس می‌شد باید با چنین شرایطی «سازگار» شد. در اولین سال اجرای مفاد دستورالعمل‌های کارگروه سازگاری با کم‌آبی (۱۳۹۹–۱۴۰۰) و پس از همهٔ تمهیدات پیشین و تمهیدات جدید از جمله کنترل برداشت آب زیرزمینی از طریق تحویل حجمی با کنتور هوشمند براساس پروانه‌های بهره‌برداری کاهش‌یافتهٔ چاه‌ها، کشور همچنان با کسری مخازن آب زیرزمینی مواجه بود؛ بنابراین فرایند نوسازی حکمرانی آب، از طریق کنتور هوشمند به اهداف خود نرسیده بود. تحت چنین شرایطی پرسش‌های مورد بحث در این مقاله عبارت‌اند از:

۱. تا چه میزان فرایند دوستدار محیط‌زیست توانسته به اهداف خود دست پیدا کند؟

۲. نوسازی حکمرانی آب از طریق به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند با چه چالش‌هایی مواجه می‌شود؟

نوسازی بوم‌شناختی

نوسازی بوم‌شناختی، مجموعه نظریه‌هایی است که از اوایل دههٔ ۱۳۸۰ در حوزهٔ سیاست‌گذاری برای مواجههٔ فناورانه و نوآوری‌محور با مسائل محیط‌زیستی جوامع صنعتی و دقیقاً در میانه اندیشه‌های ضدایده‌های نوسازی در اروپا مانند تردمیل تولید مطرح شد. درواقع نیاز جامعهٔ صنعتی به ورود بخش حکمرانی برای سرمایه‌گذاری ساختاری در بخش نوآوری به نفع محیط‌زیست، موضوعی بود که ابتدا در جنبش‌های زیست‌محیطی مطرح شد. اصطلاح «نوسازی بوم‌شناسانه» ابتدا در «مرکز علم برلین[1]» مطرح شد و سپس میان عده‌ای از جامعه‌شناسان آلمانی که در مطالعات سیاست‌گذاری محیط‌زیست به اندیشمندان مکتب برلین مشهور هستند، شهرت اندکی یافت (زیمرمن، ۱۹۹۰؛ هوبر، ۲۰۰۰؛ ژانیک، ۲۰۰۷). درنهایت با استفادهٔ دولت سبز آلمان از اصطلاح نوسازی بوم‌شناسانه، در اکتبر ۱۹۸۸ این مفهوم به شهرت رسید (هیجر، ۱۹۹۵؛ مول، ۲۰۰۱).

1. Berlin Science Center

جدول ۱. تعاریف نوسازی بوم‌شناسانه

نظریه‌پرداز	تعریف نوسازی بوم‌شناختی
سیمونیس (۱۹۸۹)	مفهوم نوسازی بوم‌شناختی راه‌حل مشکلات زیست‌محیطی از طریق هماهنگ‌کردن اکولوژی و اقتصاد است.
هیجر (۱۹۹۵)	نوسازی بوم‌شناختی ماهیت ساختاری مشکل زیست‌محیطی را تشخیص می‌دهد؛ با این فرض که نهادهای موجود می‌توانند مراقبت از محیط‌زیست را درونی کنند.
کوهن (۲۰۰۰)	نوسازی بوم‌شناختی توصیف‌کننده‌ای کلی از روندهای کاربرد علم و فناوری در مشکلات زیست‌محیطی است و برای تلاش به وفق‌دادن اهداف متضاد بین مسئولیت در قبال محیط‌زیست و توسعهٔ مستمر اقتصادی استفاده می‌شود.
مول و سوننفلد (۲۰۰۰)	نوسازی بوم‌شناختی رابطهٔ بین اقتصاد و نوآوری، مداخلات دولت–ملت و مشارکت آژانس‌های امنیت ملی در تصمیم‌گیری برای دستیابی به نتایج زیست‌محیطی است.
لانگهل (۲۰۰۰)	نوسازی بوم‌شناختی مجموعه‌ای از نظریه‌های جامعه‌شناختی نیست، بلکه برنامه‌ای سیاسی در جهت حمایت از مجموعه‌ای از سیاست‌ها است.
مول (۲۰۰۱)	مفهوم نوسازی بوم‌شناختی را می‌توان به‌عنوان تفسیر علمی–اجتماعی از فرایندهای اصلاح زیست‌محیطی در مقیاس‌های مختلف در جهان معاصر دید. مطالعات نوسازی بوم‌شناختی نشان می‌دهد چگونه نهادها و بازیگران اجتماعی مختلف تلاش می‌کنند تا نگرانی‌های زیست‌محیطی را در عملکرد روزمرهٔ خود ادغام کنند.
اشفورد (۲۰۰۲)	اصول درحال‌تکامل نظریهٔ نوسازی بوم‌شناختی در نظریهٔ زیر ادغام شده است: سرمایه‌داری کنترل‌نشده مسئول مشکلات زیست‌محیطی و اکولوژیکی کنونی است و این تا حدی به این دلیل است که قیمت کالاها و خدمات به‌اندازهٔ کافی نشان‌دهندهٔ هزینهٔ اجتماعی تولید و مصرف نیستند. فعالان صنعتی حاضر و روشنفکر می‌توانند با تأملی متفکرانه، در پیشبرد رفاه مادی شهروندان موفق شوند، به رقابت‌پذیری ملت خود کمک کنند و همچنین می‌توانند در تغییرات علمی و فنی (نوآوری‌ها) لازم در محصولات، فرایندها و خدمات به‌منظور پاسخگویی مناسب به چالش‌های محیط‌زیست –به‌ویژه اگر طیف وسیعی از ذی‌نفعان درگیر باشند– کمک کنند.
جانیک (۲۰۰۸)	نوسازی بوم‌شناختی، یک نوآوری اکوسیستماتیک و انتشار آن است.
مول (۲۰۰۸)	ایدهٔ اصلی نوسازی بوم‌شناختی این است که در پایان هزارهٔ دوم، جوامع مدرن شاهد حرکتی متمرکز از منافع، ایده‌ها و ملاحظات اکولوژیکی در طراحی نهادی خود هستند.
هاوس و همکاران (۲۰۱۰)	دستیابی به وضعیتی است که در آن، اصول زیست‌محیطی توسط دولت، بازار و بازیگران جامعهٔ مدنی به‌عنوان هدف سیاستی مورد نیاز مؤسسات و تجارت دیده شود.

براساس نظریهٔ نوسازی بوم‌شناختی، یک شبکهٔ پایدار بین «اقتصاد» و «نوآوری در فناوری» و «مداخلات دولت» و «جامعهٔ مدنی» برای دستیابی به بهترین نتایج زیست‌محیطی مورد نیاز است. جوزف هوبر (۱۹۹۱) بر نقش دولت در نوسازی بوم‌شناختی تأکید می‌کند و معتقد است که مبانی قانونی سیاست‌گذاری و مقررات زیست‌محیطی توسط مقامات رسمی کاملاً ضروری است و عوامل لازم ثبات را برای فرایندهای تصمیم‌گیری تجاری درجهت نوآوری فراهم می‌کند. هوبر معتقد است دولت–ملت عامل تعادل در برابر رفتار بی‌قید بازار است و نقش آن به‌عنوان تنظیم‌کننده‌ای فعال برای سیاست‌های مؤثر زیست‌محیطی اساسی است. دیدگاه‌های هوبر (۱۹۹۱) بر اندیشه‌های هیجر (۱۹۹۵)، سوننفلد (۲۰۰۰) و کوهن (۱۹۹۷) به‌عنوان دیگر پیشگامان نوسازی بوم‌شناسانه نیز تأثیرگذار بود. فردریک باتل (۲۰۰۰) در مطالعه‌ای، برآمدن نوسازی بوم‌شناختی و نفوذ آن بر سیاست‌های زیست‌محیطی را یک «نظریهٔ اجتماعی به‌خوبی بسط‌یافته و بسیار مدون» دربارهٔ سیاست و جامعه می‌خواند. موری کوهن (۱۹۹۷) استدلال می‌کند که دو نظریهٔ اجتماعی اصلی که گفتمان سیاست زیست‌محیطی را شکل می‌دهند، تئوری‌های جامعهٔ ریسکی اولریش بک (۱۹۹۲) و نوسازی بوم‌شناختی هستند. لانگ و گارلتز (۲۰۰۷)، با بررسی چگونگی معرفی ریسک به سیاست عمومی ادعا می‌کنند که نوسازی بوم‌شناختی مؤثرترین رویکرد نظری برای حل مشکلات سیاست زیست‌محیطی است.

جدول ۲. نوسازی بوم‌شناختی و چارچوب سازگار با نوآوری مقررات زیست‌محیطی

هدف سیاست	محتوای سیاست
ابزارها سازگار با نوسازی بوم‌شناختی و نوآوری هستند، درصورتی‌که:	- مشوق‌های اقتصادی ایجاد کنند؛ - ترکیبی عمل کنند؛ - مبتنی بر برنامه‌ریزی راهبرد و تدوین هدف باشند؛ - از نوآوری به‌عنوان یک فرایند حمایت کنند و مراحل مختلف نوآوری/انتشار را درنظر بگیرند.
یک سبک سیاست، سازگار با نوسازی بوم‌شناختی و نوآوری است، درصورتی‌که:	- براساس گفت‌وگو و اجماع باشد؛ - قابل‌محاسبه، قابل‌اعتماد و دارای تداوم باشد؛ - قاطع، فعال و سخت‌گیر باشد؛ - باز و انعطاف‌پذیر باشد؛ - مدیریت‌محور باشد.

هدف سیاست	محتوای سیاست
پیکربندی بازیگران، سازگار با نوسازی بوم‌شناختی و نوآوری است، درصورتی‌که:	- از یکپارچگی سیاست‌های افقی و عمودی حمایت کند؛ - اهداف مختلف مقررات، شبکه باشند؛ - شبکهٔ بین قانون‌گذار و قانون‌پذیر محکم باشد؛ - ذی‌نفعان مربوطه، در شبکه گنجانده شده باشند.

منبع: جانیک (۲۰۰۸)

ضرورت کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی از سوی حکمرانی

با توجه به مطالب گفته‌شده، مدیریت منابع آبی در مرحلهٔ اول از سمت توزیع امری عملی‌تر تلقی می‌شود. برای مدیریت آب‌های زیرزمینی باید میزان برداشت از آب زیرزمینی تک‌تک کشاورزان اندازه‌گیری شود. اولین موضوع برای اقدام، ایجاد یک مبنای درست برای کنترل است. این با تشخیص شرایط حاکم بر آب‌های زیرزمینی فعلی در منطقهٔ مربوطه شروع می‌شود. مؤسسات دولتی ملزم هستند با اندازه‌گیری کیفیت فعلی آب و براساس برنامه‌های بلندمدت خود دربارهٔ مدیریت آب، مقدار آبی را که باید هر چاه مجاز برداشت کند، تعیین کنند. پس از مشخص‌شدن دقیق سهمیهٔ هر چاه برای برداشت آب، نوبت به اعمال کنترل بر برداشت آب کشاورزان می‌رسد. این کار به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم قابل‌اجرا است. در روش‌های غیرمستقیم، از پروکسی‌هایی برای تخمین حجم برداشتی آب استفاده می‌کنند–برای مثال، زمان آبیاری سنتی و سطح آبیاری. بااین‌حال، تخمین مصرف آب براساس سطح محصول و روش‌های آبیاری تا حدودی نادرست است؛ زیرا آب درنظرگرفته‌شده به واحد سطح یک محصول می‌تواند به‌طور چشمگیری از مزرعه‌ای به مزرعهٔ دیگر متفاوت باشد؛ حتی اگر شرایط آب‌وهوایی و خاک یکسان باشند. به‌دلیل ناکارآمدی این روش‌ها و احتمال خطای کمتر در روش‌های مستقیم، استفاده از آن‌ها منطقی‌تر خواهد بود (یوزمن و همکاران، ۲۰۱۵؛ کاستانیو و همکاران، ۲۰۱۰؛ اکبری و همکاران، ۲۰۰۷).

ارزان‌ترین روش اندازه‌گیری مستقیم برداشت آب، استفاده از کنتورهای مکانیکی در لولهٔ خروجی پمپ است. این روش آسیب‌زننده‌ترین و بدنام‌ترین روش برای دستکاری است. شایان ذکر است که این روش دیگر استفاده نمی‌شود (ونگ و همکاران، ۲۰۲۰). از دیگر روش‌های مستقیم می‌توان به اندازه‌گیری برق اشاره کرد. سال‌ها راهکار محققان برای نظارت بر پمپاژ آب

زیرزمینی، استفاده از قیمت‌گذاری برق یا سهمیهٔ برق بوده است (چاندراکانت و رام، ۱۹۹۰؛ کمپر و همکاران، ۲۰۰۴؛ استرند، ۲۰۱۰؛ کومار، ۲۰۱۳)؛ زیرا پس از نصب چاه، هزینهٔ عمده در استخراج آب‌های زیرزمینی، انرژی مورد نیاز برای افزایش آب است و از آنجا که انرژی اندازه‌گیری می‌شود، می‌توان آن را به‌راحتی کنترل کرد (ذکری و همکاران، ۲۰۱۷). قیمت آب زیرزمینی و برق به هم مرتبط هستند. چندین مطالعه، محدودکردن برق را از طریق یک ساختار قیمت‌گذاری، به‌عنوان جایگزینی برای کنترل مستقیم پمپاژ آب زیرزمینی پیشنهاد کرده‌اند (ذکری، ۲۰۰۹). اسکات و شاه (۲۰۰۴) برای کاهش پمپاژ بیش‌ازحد آب زیرزمینی در مکزیک، راهکار اجرای تعرفهٔ برق دوبلوکی را درنظر گرفتند. کشاورزان هر بار که از سهمیهٔ برقشان فراتر می‌روند، باید تعرفهٔ بلوک دوم را بپردازند. بااین‌حال، تعرفهٔ بلوک دوم در سطح پایینی تعیین شده و بعید است که کشاورزان را از پمپاژ بیش‌ازحد منصرف کند (ذکری، ۲۰۰۹). مهم‌تر از آن این است که در ایران، قیمت برق مصرفی کشاورزان نزدیک به صفر است که مانع استفاده از این روش می‌شود. به‌علاوه رابطهٔ بین پمپاژ آب و مصرف برق، خطی نیست. علاوه بر این، راندمان الکتریسیته‌ای که برای پمپاژ استفاده می‌شود، از یک پمپ به پمپ دیگر کاملاً متفاوت است و موجب می‌شود در اندازه‌گیری برق، از روشی نادقیق برای نظارت بر آب‌های زیرزمینی استفاده شود (ذکری و همکاران، ۲۰۱۷).

روش پیشرفته‌تر برای نظارت بر آب‌های زیرزمینی، استفاده از کنتور آب هوشمند است که با کارت کار می‌کند. این روش اساساً ضد دستکاری است؛ زیرا در زمان واقعی به یک سرور متصل می‌شود؛ جایی که می‌توان عملکرد آن را چندین بار در روز تأیید کرد. در این راهکار، مالکان چاه به‌اجبار مؤظف به نصب کنتورهای آب می‌شوند که از این طریق می‌توان بهره‌برداری بهینه از آب‌های زیرزمینی را تنظیم کرد (ونگ و همکاران، ۲۰۲۰). بااین‌حال، استفاده از چنین سیستم اندازه‌گیری، با هزینهٔ نصب و نگهداری محدود می‌شود (موهاپاترا و میچل، ۲۰۰۹؛ ونگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ یورسیتی و همکاران، ۲۰۱۸). تنها در موارد معدودی اندازه‌گیری هوشمند آب در کشاورزی اجرا شده است و این رویکرد فقط زمانی موفق است که منابع مالی و فنی کافی و پایدار برای حفظ سیستم در دسترس باشد. نمونه‌های برخی از موارد موفق را می‌توان در اردن، عمان، ایران و شمال غربی چین یافت (چبان و همکاران، ۲۰۰۴؛ ذکری، ۲۰۰۹؛ جهرمی و

همکاران، ۲۰۱۴؛ ذکری و همکاران، ۲۰۱۷؛ ونگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ونگ و همکاران، ۲۰۲۰).

کنتور هوشمند آب مزایای زیادی دارد که از جملهٔ آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. کشاورزان می‌توانند به‌طور دقیق میزان مصرف آب خود را به‌دست آورند؛

۲ .داده‌های اساسی را می‌توان برای کنترل مقدار کل آب و تجزیه و تحلیل آماری در مقیاس‌های مختلف ارائه کرد؛

۳. با توجه به تغییرات مصرف آب برای محصولات مختلف، دولت می‌تواند محل کاشت را با توجه به تولید آب مشاهده‌شده، برای صرفه‌جویی در مصرف آب بهینه کند؛

۴. سهمیه را می‌توان با از پیش تعیین‌کردن آن، در سیستم مدیریت کرد؛

۵. کشاورزان را می‌توان تشویق کرد تا شیوه‌های مصرف آب خود را برای کاهش هزینه‌ها با بهبود کارایی مصرف آب و کاهش ضایعات اصلاح کنند؛

۶. پس از ثبت سهمیهٔ دقیق، انتقال و تجارت حق آبه نه‌تنها بین دولت و کشاورزان، بلکه بین کشاورزان، کشاورزی و صنعت نیز امکان‌پذیر خواهد بود. این مسئله، مبنای ایدهٔ ایجاد بازار آب در ایران است.

۷. انتقال دادهٔ بی‌سیم و فوری، در سیستم طراحی شده که می‌تواند به کاهش هزینه و اشتباه‌خواندن کنتور به‌صورت دستی کمک کند و کارایی مدیریت را بهبود بخشد؛

۸. این سیستم را می‌توان با سایر ابزارهای مدیریتی برای نتایج بهتر ترکیب کرد؛ برای مثال، ارتباط این ابزار با سیاست‌های قیمت‌گذاری متفاوت می‌تواند حفاظت از آب را بیشتر ترویج کند.

اما کنتور هوشمند دارای کاستی‌هایی به شرح زیر است:

۱. پیاده‌سازی سیستم هزینهٔ بسیاری دارد که نیاز به سرمایه‌گذاری اولیهٔ زیادی برای نصب کلی دارد؛

۲ .نگهداری آن به‌دلیل چاه‌های زیاد و پراکنده دشوار است؛

۳. تأسیسات پایانهٔ نصب‌شده روی چاه‌ها تحت شرایط بد کاری، آسیب‌های طبیعی و مصنوعی فراوانی را متحمل می‌شوند (ونگ و همکاران، ۲۰۱۷).

به‌دلیل مزایای کنتور هوشمند، حاکمیت آب از سال ۱۳۸۴ تصمیم به استفاده از آن در بخش توزیع آب گرفت. این در حالی بود که بخش مصرف آب همچنان به روش‌های سنتی آبیاری

ادامه می‌داد. برعکس، فرایند نوسازی بوم‌شناسانه در اروپای دهۀ ۱۹۸۰، ورود مستقل حکمرانی آب در ایران بدون پیش‌زمینۀ آگاهی زیست‌محیطی بهره‌برداران آب از وضعیت آب‌های زیرزمینی و همچنین مشارکت‌نکردن همۀ بخش‌های حکمرانی آب درزمینۀ اجباری‌شدن نصب کنتور هوشمند روی چاه‌ها، نوع دستوری نوسازی بوم‌شناسانه آغاز شد. هزینۀ نصب کنتورهای هوشمند برعهدۀ مالکان چاه‌های کشاورزی بود.

شیوۀ انجام پژوهش

اهمیت نظریۀ نوسازی بوم‌شناختی برای سیاست‌گذاری در بخش محیط‌زیست، مشخص است. بااین‌حال، هنوز محدودیت‌هایی برای کاربرد آن وجود دارد. از جملۀ همین محدودیت‌ها، هزینۀ اجتماعی کاربرد فناوری‌های مدرن است. سوننفلد (۲۰۰۰) معتقد است قبل از اینکه کاربرد نوسازی بوم‌شناختی بررسی شود، ابتدا باید به‌طور رسمی تعریف عملیاتی شود. فرایند عملیاتی‌سازی نوسازی بوم‌شناختی استاندارد نیست. این نقص در فرایند ارزیابی نوسازی بوم‌شناختی، نظریه‌پردازان را در معرض این انتقاد قرار داده است که نشان نداده‌اند استفاده از نوسازی بوم‌شناختی به‌عنوان یک چارچوب روش‌شناختی به بهبود یا دگرگونی اکولوژیکی منجر می‌شود یا اینکه اثرات مستقیم بر محیط را کاهش می‌دهد. بررسی اثربخشی سیاست تغییر اقلیم که در چارچوب نوسازی بوم‌شناختی اندازه‌گیری می‌شود، ممکن است نقطۀ مرجعی باشد که از آن بتوان روشی برای عملیاتی‌کردن چارچوب ایجاد کرد و رویکردهای تحقیقاتی کمی و کیفی را به کار برد. سنجش اثربخشی و یافتن موانع به‌حداکثررسیدن آن، می‌تواند به شیوۀ سیاست‌پژوهی انجام شود. سیاست‌پژوهی به معنای فرایند تشخیص مشکل، تصمیم سیاستی و جست‌وجوی راه‌های کاهش یا حل مشکل است (کارنی، ۲۰۲۱: ۲۰).

تعریف مسئله، برمبنای سیاست‌پژوهی نوسازی بوم‌شناسانه را می‌توان برمبنای اثرگذاری سیاست‌های مبتنی بر فناوری‌های سبز بر محیط‌زیست انجام داد؛ برای مثال، استی و پورتر مزایایی را برای تجزیه و تحلیل سیاست‌های زیست‌محیطی شناسایی کردند و یک شاخص عملکرد زیست‌محیطی (EPI)[1] را با استفاده از معیارهای کمی و کیفی ارائه دادند (استی و پورتر، ۲۰۰۵). این مقیاس و سایر مقیاس‌ها، برای تعیین عملکرد محیطی «ضعیف» و «قوی» استفاده

1. Environmental Performance Index (EPI)

شده‌اند. نوسازی بوم‌شناختی قوی، فرایندی مشارکتی و مشورتی به تصویر کشیده می‌شود که در آن، دولت دسترسی به تمام اطلاعات و نهادهای لازم برای دستیابی به نتایج زیست‌محیطی مطلوب را برای بازارها و بازیگران جامعهٔ مدنی فراهم می‌کند. سپس دولت قوانین را تنظیم و برای اطمینان از پیروی از آن، اقدام به کنترل می‌کند. نوسازی بوم‌شناختی ضعیف نتیجهٔ مشارکت کمتر است. دولت با سوگیری به‌سمت بازار، قوانین را وضع می‌کند. به‌جای تمرکز بر گفت‌وگوهای بین‌المللی، تمرکز بر کنترل ملی است و راهبرد قدرت متمرکز در دولت به‌جای ارائهٔ فرصت‌های متنوع به ذی‌نفعان حاکم است. عملکرد محیطی ضعیف سیاست نوسازی بوم‌شناسانه، مبنای تعریف مسئله است.

جدول ۳. نوسازی بوم‌شناختی برمبنای مشاهدات هاوس و همکاران

	نوسازی بوم‌شناختی ضعیف	نوسازی بوم‌شناختی قوی
تصور از محیط‌زیست	اقتصادی و سودمند برای مصرف	زیست‌محیطی
نقش دولت	تسهیل منافع بازار	مداخلهٔ فراوان پس از قانون‌گذاری مشارکتی، تجدید ساختار نهادی، اصلاحات در سیاست‌های اقتصادی و نظارتی
رویکرد سیاست‌گذاری	ابزاری	ارتباطاتی
سبک تصمیم‌گیری	تکنوکراتیک/تصمیم‌گیری بسته به‌وسیلهٔ نخبگان اقتصادی و سیاسی	دموکراتیک مشورتی/تصمیم‌گیری باز، با مشارکت
مقیاس تمرکز	کنترل ملی	بین‌المللی
راهبرد نوسازی بوم‌شناختی	متمرکز	متنوع، امکانات متعدد با ارائهٔ جهت‌گیری نوسازی بوم‌شناختی

منبع: هاوس و همکاران (۲۰۱۰)

ورود کنترل‌محور حکمرانی آب به بحث نوسازی بوم‌شناسانه در ایران، از بهره‌برداری از کنتور هوشمند در بخش توزیع آب آغاز شد. نوسازی هوشمند توزیع آب در ایران، پیش از آگاهی عمومی از مخاطرات بحران آب و درخواست کشاورزان برای ورود بخش حکمرانی بود. بااین‌حال

پس از این ورود همه‌جانبه به کنترل حوزهٔ توزیع آب، تسهیلگری دربرگیرندهٔ اجتماعی نیز صورت نپذیرفت. در نوسازی بوم‌شناسانه، مرحلهٔ نظارت و ارزیابی توسعه و اجرای سیاست برای ارزیابی نیاز به سیاست‌ها و اینکه آیا آن‌ها به اهداف اعلام‌شدهٔ خود دست می‌یابند، ضروری است. معیارهای ارزیابی توسط گویات و همکاران (۲۰۰۸) تعیین شد که در آن، کیفیت شواهد در مقیاسی بین کیفیت بسیار قوی، قوی، متوسط، ضعیف و بسیار ضعیف رتبه‌بندی می‌شود.

نظریه‌پردازان نوسازی بوم‌شناختی به‌طورکلی از نوسازی بوم‌شناختی در مقیاس ضعیف تا قوی صحبت می‌کنند. برای این منظور و با درنظرگرفتن مسیرهایی برای عملیاتی‌کردن نوسازی بوم‌شناختی، معیارهای کم، متوسط و زیاد اتخاذ و مقادیر ۰ و ۵ و ۱۰ برای کم، متوسط و زیاد (ضعیف به قوی) در مدل‌های نوسازی بوم‌شناختی اعمال شد. جدول ۴ ارزیابی حکمرانی آب را در ورود به عرصهٔ نوسازی بوم‌شناسانه در یک برنامه با نتایج زیست‌محیطی بسیار قوی نوسازی بوم‌شناسانه نشان می‌دهد.

جدول ۴. مدل ارزیابی نتیجهٔ زیست‌محیطی نوسازی بوم‌شناسانه

هدف از سیاست	نوسازی بوم‌شناختی
	جداسازی توسعهٔ اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست
۱. بازار	۱۰
۲. نوآوری و فناوری	۱۰
۳. دولت	۱۰
۴. جامعهٔ مدنی	۱۰
۵. آگاهی زیست‌محیطی	۱۰
نتیجهٔ زیست‌محیطی	۵۰

در نمرهٔ کامل، از همهٔ بخش‌های یک برنامهٔ قوی نوسازی بوم‌شناسانه می‌توان انتظار داشت که همهٔ نتایج پیش‌بینی‌شدهٔ زیست‌محیطی حاصل شود. مطابق با معیار گوبات و همکاران (۲۰۰۸) می‌توان نتیجهٔ زیست‌محیطی را در معیارهای بسیار ضعیف (۰–۱۰)، ضعیف (۱۰–۲۰)، متوسط (۲۰–۳۰)، قوی (۳۰–۴۰) و بسیار قوی (۴۰–۵۰) دسته‌بندی کرد؛ بنابراین براساس معیار سه‌نمره‌ای (۰–۵–۱۰) برای هر گزینه، می‌توان نتیجهٔ نهایی زیست‌محیطی یک فرایند نوسازی بوم‌شناسانه را ارزیابی کرد.

تحلیل و نتیجه‌گیری

جدول ۴ در این بخش با هدف امتیازدهی به فرایند نوسازی بوم‌شناسانه در حکمرانی آب ایران قابل‌تحلیل است. در بخش «هدف از سیاست»، هدف حکمرانی آب در ایران از ابتدای اضافه‌کردن کنتور هوشمند به شبکهٔ حکمرانی برای کنترل بخش توزیع آب در سال ۱۳۸۴، بهبود بیلان منابع آب زیرزمینی (سطح ایستابی) با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب اعلام شد. به‌دلیل کاهش اعتبارات اجرای طرح، تحقق‌نیافتن جامع پروژهٔ شکل‌گیری شورای آب‌بران، عمدتاً به‌دلیل ناآگاهی بهره‌برداران آب از چیستی طرح، تخصیص‌ندادن اعتبارات لازم و نبود جایگاه حقوقی مشخص شورای آب‌بران در نظام حکمرانی آب (زارعی، ۱۳۸۷؛ ساعی و همکاران، ۱۳۹۸؛ شکری و همکاران، ۱۳۹۳)، افزایش میزان اراضی کشت آبی تا ۱۰/۵ میلیون هکتار در طرح موسوم به «فدک» در سال ۱۳۹۰ و رهاشدن پروژهٔ نصب کنتورهای هوشمند در کنار تغییر نوع مصرف آب (بیگلری و همکاران، ۱۳۹۵)، عدم اطلاع‌رسانی دقیق (گرانمایه‌پور، ۱۳۹۵) و مشارکت‌نکردن کشاورزان (عطایی و ایزدی، ۱۳۹۳؛ تبریزی دخت‌فرد و همکاران، ۱۳۹۵) به سرانجام نرسید. در مرحلهٔ دوم نوسازی بوم‌شناسانه از سال ۱۳۹۲ نیز همچنان به‌دلایل مختلفی از جمله نارضایتی عمومی کشاورزان از اصلاح و تعادل‌بخشی اجباری پروانه‌های بهره‌برداری از چاه، بی‌توجهی به معیشت جایگزین برای کشاورزان، خردشدن مستمر اراضی کشاورزی و تغییر کاربری آن‌ها، کمبود نیروی انسانی متخصص در استان‌ها به‌ویژه در بخش امور اجتماعی برای تسهیلگری اجتماعی، ارزان‌بودن آب کشاورزی از طریق برداشت از چاه‌ها، نبود آمار دقیق و پشتوانه‌های مالی دقیق تعریف‌شده برای اجرای طرح و انگیزه‌نداشتن کشاورزان برای مشارکت در طرح و درنهایت امکان حفر غیرقانونی چاه بدون نیاز به نصب کنتور هوشمند، طرح نوسازی بوم‌شناختی به مخاطره افتاد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵؛ فرزانه و همکاران، ۱۳۹۸؛ کارگروه سازگاری با کم‌آبی، ۱۳۹۹).

۱. **بازار:** دربارهٔ مصرف آب زیرزمینی و به‌کارگیری کنتور هوشمند برای کنترل هوشمند، حکمرانی آب در ایران برای «مصارف صنعتی» آب زیرزمینی، نصب کنتور هوشمند را اجباری نساخته است. به‌دلیل قیمت بالای آب برای صنعت، اصولاً صنایع خود می‌توانند برای کاهش مصرف آب از طریق روش‌های نوین مصرف پایدار تصمیم‌گیری کنند. از سوی

دیگر، بازار کشاورزی نیز خود را ملزم به استفاده از کنتور هوشمند نمی‌داند. آب ابژهٔ تولید محصول است؛ بنابراین به‌دلیل اجبارنکردن بازار برای مشارکت در نصب کنتور هوشمند و دیده‌نشدن شواهدی مبنی بر حمایت بخش اقتصاد از ایدهٔ کنتور هوشمند، نوسازی بوم‌شناسانه در این مرحله نمره‌ای کسب نمی‌کند؛

۲. **نوآوری و فناوری:** فناوری کنتور هوشمند اگرچه ورود به دنیای حکمرانی هوشمند آب است، نداشتن ارتباط آنلاین کنتورهای هوشمند با مراکز تصمیم‌گیری و همچنین نصب‌نکردن صددرصدی کنتور هوشمند روی چاه‌های کشاورزی[۱]، در کنار بهره‌برداری‌نکردن از فناوری‌های کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی مانند «اینترنت اشیا»، بخش نوآوری و فناوری نوسازی بوم‌شناسانه تنها تا نیمهٔ راه پیش آمده است؛

۳. **دولت:** دولت به‌عنوان حکمران اصلی آب، توسعهٔ اقتصادی و مسائل معیشتی را بر مسئلهٔ آب مقدم قرار داده است. سیاست‌های دولت پس از تصویب الزام کنتور هوشمند در طرح‌های طوبی (۱۳۷۸) و فدک (۱۳۹۰) از دلایلی است که می‌توان اولویت دولت در تأمین اشتغال و معیشت پیش از حفظ آب را مشخص ساخت. تعارض منافع بخش‌های مختلف دولت در مسئلهٔ آب میان وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو و همچنین قیمت ارزان آب و رایگان‌شدن برق چاه‌های کشاورزی از دلایلی است که می‌توان دولت را در اجرای موفق نوسازی بوم‌شناسانه ضعیف قلمداد کرد. از سویی، به‌دلیل ضعف آگاهی‌بخشی به بهره‌برداران آب برای نصب کنتورهای هوشمند، شکایت کشاورزان از تصمیم کمیسیون‌های صدور پروانه چاه‌های کشاورزی برای اصلاح و تعدیل میزان بهره‌برداری[۲] و افزایش تعداد چاه‌های غیرمجاز که الزامی برای نصب کنتور هوشمند ندارند و همچنین تحقق‌نیافتن برنامه‌های دولت در این زمینه، ۱۰ نمره از این بخش کم می‌شود.

۴. **جامعهٔ مدنی:** تحلیل مصوبات شورای عالی آب از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ نشان داد سهم کشاورزان از مجموع فضای تخصیص‌یافته برای کنشگری در حکمرانی آب تنها ۰/۶۲ درصد

---

۱. حدود ۱۲/۵ درصد کل چاه‌های کشاورزی کشور تا پایان سال ۱۴۰۰ به کنتور هوشمند مجهز شده‌اند.

۲. برای مثال، در استان یزد که صددرصد پروانه‌های بهره‌برداری از چاه‌های کشاورزی اصلاح و تعدیل و سپس به مالکان چاه ابلاغ شده و نصب کنتور هوشمند روی همهٔ چاه‌های کشاورزی به اتمام رسیده است، تمام بهره‌برداران چاه از تصمیم کمیسیون شکایت کرده‌اند (مصاحبه با اعضای کمیسیون رسیدگی به شکایات آب در استان یزد).

است (اکبری و همکاران، ۱۳۹۸). براساس همین پژوهش، بیش از ۳۰ درصد فضای کنشگری کل حکمرانی آب در اختیار وزارت نیرو است. فضای کنشگری وزارت نیرو به‌تنهایی بیش از فضای کنشگری دو کنشگر کلیدی دیگر، یعنی سازمان برنامه و بودجهٔ کشور (۱۷/۶۷) و وزارت جهاد کشاورزی (۹/۹۸) است. همچنین اگر تشکل‌های آب‌بران (۸۳/۰ درصد)، سمن‌ها (۶۲/۰ درصد)، کشاورزان (۶۲/۰ درصد) و نمایندگان صنف کشاورزان (۴۲/۰ درصد) کنشگران جامعهٔ مدنی محسوب شوند، مجموع فضای کنشگری این کنشگران ۲/۴۹ درصد از مجموع فضای کنشگری در حکمرانی آب ایران است (همان). بدین‌سان می‌توان امتیاز این بخش را صفر ارزیابی کرد؛

۵. **آگاهی زیست‌محیطی:** برای سنجش امتیاز این بخش، استان یزد به‌عنوان پایلوت انتخاب شد. دلیل انتخاب یزد، کامل‌شدن نصب کنتور هوشمند روی چاه‌های کشاورزی پس از تکمیل فرایند اصلاح و تعدیل تمام پروانه‌های بهره‌برداری از چاه‌ها بر طبق محاسبات عرضه‌شده در دستورالعمل شماره ۳ طرح «احیا و تعادل‌بخشی» مصوب ۱۳۹۴ بوده است. با مشارکت در پنج جلسه «رویداد آبی[1]» در استان یزد در شهرستان‌های اردکان، بافق، مهریز، تفت و ابرکوه و کدگذاری بحث ۷۳ کشاورز حاضر در جلسات و ۱۶ کشاورز مراجعه‌کننده به مسئولان شرکت آب منطقه‌ای یزد و تحلیل تماتیک گفت‌وگوها در بخش سطح آگاهی از بحران محیط‌زیست، جدول ۵ به‌دست آمد.

جدول ۵. تحلیل تماتیک گفت‌وگوی کشاورزان در جلسات رویداد آبی استان یزد

مفهوم (کد اولیه)	تم‌های فرعی	تم اصلی
خودکفایی کشور تنها از طریق کشاورزی	**تقلیل‌گرایی**	ناآگاهی کشاورزان از مسائل زیست‌محیطی
امکان حل بحران آب زیرزمینی از طریق انتقال آب و توزیع آن در بخش کشاورزی		
اهمیت نسل حاضر به آیندگان		
تصور مصرف بالای آب در صنعت		

۱. جلساتی که در محل فرمانداری برگزار می‌شود: با مشارکت مسئولان مرتبط با مسئلهٔ آب از جمله فرماندار، بخشداران، فرماندهی نیروی انتظامی، دادستان، رئیس نمایندگی‌های آب و فاضلاب و شرکت آب منطقه‌ای، شهردار و سایرین با محوریت مسئلهٔ آب و با حضور مدیرعامل آب منطقه‌ای استان یزد برای بحث و گفت‌وگو با کشاورزان منطقه دربارهٔ مسائل مرتبط با اصلاح و تعدیل پروانه‌های بهره‌برداری از آب و کنتور هوشمند.

مفهوم (کد اولیه)	تم‌های فرعی	تم اصلی
تصور سهم بالای اقتصاد کلان از صادرات محصولات کشاورزی		
فرافکنی بحران‌های طبیعی	**تقدیرگرایی**	
اهمیت مناسک برای اصلاح وضع موجود طبیعی		
انگیزگی برای تغییر سنت کشت و آبیاری	**سنت‌گرایی**	
اهمیت نوع محصول به‌عنوان معرف منطقه		
اهمیت نوع زندگی نسل‌های قبل		
ابهام در قوانین	**احساس مالکیت به آب**	
قدمت چاه		
اعتمادنکردن به حکمرانی آب و توانایی قانون‌گریزی		
زیان مالی اثبات‌نکردن مالکیت		

نتایج جدول نشان می‌دهد آگاهی عمومی بهره‌بردان کشاورزی آب از بحران زیست‌محیطی و لزوم کنترل توزیع آب با ابزار کنتور هوشمند، کافی نیست. درواقع، آب برای کشاورزان به‌اندازهٔ درخت، محصول و درآمد کشاورزی اهمیت ندارد. از سوی دیگر، به‌دلیل سوابق کشاورزی و اهمیت آن در مناطق روستایی و همچنین ابهام در قوانین آب[1] و امکان خرید و فروش آن بر روی اراضی کشاورزی، آب از موضوع یک سرمایهٔ ملی همگانی به ابزار تولید خصوصی تبدیل شده و جایگاه زیست‌محیطی خود را تا اندازهٔ زیادی از دست داده است.

برمبنای داده‌های به‌دست‌آمده از مباحث پیشین، نوسازی بوم‌شناختی بر مبنای کنتور هوشمند در ایران در جدول ۶ ارزیابی شده است.

۱. برای مثال، به‌موجب مادهٔ ۵ قانون توزیع عادلانهٔ آب مصوب ۱۳۶۱ در مناطق غیرممنوعه حفر چاه و استفاده از آب آن برای مصرف خانگی و شرب و بهداشتی و باغچه تا ظرفیت آبدهی ۲۵ مترمکعب در شبانه‌روز بدون نیاز به صدور پروانهٔ حفر و بهره‌برداری مجاز اعلام شده است.

جدول ۶. ارزیابی نتیجهٔ زیست‌محیطی نوسازی بوم‌شناسانه در حوزهٔ حکمرانی آب ایران

	نوسازی بوم‌شناختی
هدف از سیاست	بهبود بیلان منابع آب زیرزمینی (سطح ایستابی) با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب از طریق به‌کارگیری کنتور هوشمند
بازار	۰
نوآوری و فناوری	۵ متوسط[1]
دولت	۵/-۱۰ متوسط[2]
جامعهٔ مدنی	۰
آگاهی زیست‌محیطی	۵ متوسط
نتیجهٔ زیست‌محیطی	۱۵/-۱۰ +۵

۱. نوآوری و فناوری در بخش کنتور هوشمند تکمیل نشده و در بخش مصرف آب نیز استفاده از ابزارهای مدرن فناورانهٔ زیست‌محیطی مانند اینترنت اشیا الزامی نیست.

۲. دولت با ورود همه‌جانبه برای کنترل در بخش توزیع منابع آب زیرزمینی با ابزار کنتور هوشمند می‌کوشد تا به تعادل و سپس مثبت‌شدن بیلان آب‌های زیرزمینی برسد. کافی‌نبودن ابزار، نمرهٔ آن را به ۵ تقلیل می‌دهد. همهٔ اجزای دولت با این طرح همراهی کامل ندارند و نتیجهٔ ترسیم‌شده از پیش محقق نشده است. به همین دلیل یک نمرهٔ کامل از بخش دولت در نوسازی بوم‌شناسانه کاسته می‌شود.

در این مقاله تلاش شد تا با درنظر گرفتن رویکرد حکمرانی آب در ایران برای به‌کارگیری فناوری کنتور هوشمند در بخش توزیع به‌عنوان آغاز یک فرایند نوسازی بوم‌شناسانه و به‌کارگیری مدل کیفی سنجش نتیجهٔ زیست‌محیطی این رویکرد، دستاورد آبی چنین نوسازی‌ای ارزیابی شود. نتایج در بخش‌های مختلف سنجش نتیجهٔ نهایی زیست‌محیطی این رویکرد در ایران نشان داد با وجود گذشت ۱۷ سال از اجرایی‌شدن این فرایند، ما همچنان در سطح بسیار ضعیف نوسازی بوم‌شناسانه قرار داریم. نتایج کسری آب‌های زیرزمینی در اولین سال اجرای مفاد دستورالعمل‌های کارگروه سازگاری با کم‌آبی (۱۳۹۹–۱۴۰۰) و پس از همهٔ تمهیدات پیشین و تعهدات جدید، نتایج این مقاله را تأیید می‌کند. برای مثال در این دستورالعمل، برای استان

یزد، صرفه‌جویی ۲۲۳/۸۱۶ میلیون مترمکعبی در طول فاز اول برنامه (۱۳۹۹-۱۴۰۵) پیش‌بینی شد. تصور می‌شد در صورت صرفه‌جویی به این میزان سفرهٔ آب زیرزمینی در طول شش سال (یعنی تا سال ۱۴۰۵) به تعادل خواهد رسید. با وجود تجهیز صددرصدی چاه‌های کشاورزی یزد به کنتور هوشمند و اصلاح تمام پروانه‌های بهره‌برداری از آب، در همان سال اول برنامه (۱۳۹۹-۱۴۰۰)، این استان با کسری ۳۸۰ میلیون مترمکعبی سفره‌های آب زیرزمینی (در حدود ۱۵۰ میلیون مترمکعب بیش از پیش‌بینی برای سال ۱۴۰۵ با درنظرگرفتن تغییر اقلیمی، رشد جمعیت و سایر فاکتورهای مؤثر) مواجه شد(مصاحبه مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای یزد). براساس نتایج به‌دست آمده با رویکرد سیاست‌پژوهی، ورود کنتور هوشمند به‌عنوان ابزار نوسای بوم‌شناسانه به شبکهٔ حکمرانی و بهره‌برداران آب که می‌توانست روند توزیع آب را دگرگون کند، نتوانسته به اهداف خود دست یابد. این شبکه همچنان آمادگی کاملی برای این دگرگونی فناوری‌محور در فرایند توزیع آب را ندارد. با توجه به فوق‌بحرانی‌بودن شرایط آب زیرزمینی در ایران می‌توان با حفظ روند نوسازی بوم‌شناختی، ۴۵ نمرهٔ کسب‌نشده در ارزیابی نتیجهٔ زیست‌محیطی این طرح را با یکپارچگی مواضع همهٔ ارکان دولت دربارهٔ آب، گسترش نوسازی بوم‌شناسانه به بخش مصرف آب با استفاده از فناوری‌های مدرن مانند اینترنت اشیا، اتخاذ رویکردهای اجتماعی و توجه به اصول مشارکتی فرایند نوسازی بوم‌شناسانه جبران کرد.

امتیاز نتیجهٔ زیست‌محیطی نوسازی بوم‌شناسانه در حکمرانی آب ایران با استفاده از ابزار کنتور هوشمند ۵ از کل ۱۵ (بازار ضعیف، نوآوری و فناوری متوسط، دولت متوسط، جامعهٔ مدنی ضعیف و آگاهی زیست‌محیطی متوسط) ارزیابی می‌شود و بنابراین می‌توان گفت دستاوردهای زیست‌محیطی نوسازی بوم‌شناسانه حکمرانی آب با بهره‌گیری از کنتور هوشمند به‌عنوان ابزار فراگیر این فرایند در ایران از سال ۱۳۸۴ همچنان در بخش بسیار ضعیف (۰-۱۰) قرار دارد. براساس رویکرد متأخر سیاست‌پژوهی، نتیجهٔ بسیار ضعیف زیست‌محیطی حاصل از سیاست اجباری‌شدن کنتور هوشمند در توزیع آب ایران، می‌تواند منشأ تعریف مسئله باشد. با توجه به بحث در زمینه‌های مختلف ارزیابی نوسازی بوم‌شناختی، مسئلهٔ اصلی را می‌توان چنین تعریف کرد که شبکهٔ حکمرانی آب در ایران شامل دولت و بهره‌برداران بخش‌های صنعتی و کشاورزی آن، آمادگی کامل برای دگرگونی فناوری محور را ندارد. آموزش کشاورزان و اطلاع‌رسانی دربارهٔ بحران جدی آب، بخشیدن امتیازات بیشتر به شورای آب‌بران و توسعهٔ آن،

همچنین افزوده‌شدن بخش‌های اجتماعی به نهادهای سیاست‌گذار در حکمرانی آب از سویی و شکل‌گیری گروه‌های آموزشی جامعه‌شناسی و روان‌شناسی محیط‌زیست در نهادهای آموزشی کشور از سوی دیگر و از همه مهم‌تر، فناوری‌محورشدن بخش مصرف آب با استفاده از ابزارهای هوشمند که اصولاً نیاز آبی کشاورزی کمتر شود نیز می‌تواند در فرایند مشارکتی‌ترشدن حکمرانی آب و تسهیل روند نوسازی بوم‌شناسانهٔ آن مؤثر باشد.

منابع

اکبری، محمدرضا و همکاران (۱۳۹۸). بررسی کنشگری شورای عالی آب در حکمرانی منابع آب ایران: تحلیلی مبتنی بر مصوبات (۱۳۸۹-۱۳۹۷)، *فصلنامهٔ علمی-پژوهشی سیاست‌گذاری عمومی*، دورهٔ پنجم، شمارهٔ ۴: ۹-۳۱.

بیگلری، شیرین و موسوی راد، سیدحامد (۱۳۹۵). توسعهٔ مدلی جهت تحلیل مصرف آب در زنجیره‌های تأمین صنایع با توجه به مطالعهٔ موردی صنایع فلزی، *سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع*، بابلسر.

تبریزی‌دخت فرد، النا و همکاران (۱۳۹۵). عوامل مؤثر بر میزان رضایت بهره‌برداران از تشکل‌های آب‌بران در حوضهٔ سد سهند هشترود، *پژوهش آب در کشاورزی*، دورهٔ سی‌ام، شمارهٔ ۳: ۴۰۱-۴۱۵.

زارعی دستگردی، زهرا و همکاران (۱۳۸۷). تحلیل و بررسی مسائل و مشکلات تشکل آب بران در مدیریت شبکهٔ آب‌رسانی بخش جرقویهٔ شهرستان اصفهان، *علوم کشاورزی ایران*، دورهٔ سی‌ونهم، شمارهٔ ۱ (ویژهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی): ۲۲۷-۲۳۵.

ساعی، فریناسادات و همکاران (۱۳۹۸). ارزیابی و مقایسهٔ کارایی فنی تشکل‌های آب‌بران شهرستان مراغه، *فصلنامهٔ تعاون و کشاورزی*، دورهٔ هشتم، شمارهٔ ۳۲: ۲۷-۴۹.

شکری، زهرا و همکاران (۱۳۹۳). شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر موفقیت تشکل‌های آب بران در پروژهٔ مدیریت جامع آب و خاک البرز، *پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)*، دورهٔ بیست‌وهشتم، شمارهٔ ۱ب: ۲۴۱-۲۵۰.

عطایی، پوریا و ایزدی، نسیم (۱۳۹۳). عوامل تأثیرگذار بر تمایل کشاورزان به ایجاد تشکل‌های آب‌بران، *فصلنامهٔ تحقیقات اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی ایران*، دورهٔ پنجاه‌وچهارم، شمارهٔ ۲: ۲۶۹-۲۷۹.

علی‌پور و همکاران (۱۳۹۵). بررسی طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی، مطالعهٔ موردی: دشت پایلوت ممنوعهٔ بحرانی نیشابور، *دومین کنگرهٔ ملی آبیاری و زهکشی*. دانشگاه صنعتی اصفهان (۲-۴ شهریور ۱۳۹۵).

فرزانه، محمدرضا و همکاران (۱۳۹۵). تحلیل بستر نهادی سیستم منابع آب زیرزمینی محدودهٔ رفسنجان با رویکرد پویایی سیستم، *تحقیقات منابع آب ایران*، سال دوازدهم، شمارهٔ ۲: ۶۷-۸۲.

گرانمایه‌پور، علی و بیگدلی‌نژاد، مجید (۱۳۹۵). بررسی نقش آموزشی رسانهٔ ملی در اصلاح الگوی مصرف آب در بین شهروندان تهرانی، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

Akbari, M., Toomanian, N., Droogers, P., Bastiaanssen, W., & Gieske, A. (2007). Monitoring irrigation performance in Esfahan, Iran, using NOAA satellite imagery. *Agricultural water management*, *88*(1-3), 99-109.

Castaño, S., Sanz, D., & Gómez-Alday, J. J. (2010). Methodology for quantifying groundwater abstractions for agriculture via remote sensing and GIS. *Water resources management*, *24*(4), 795-814.

Chandrakanth, M. G., & Romm, J. (1990). Groundwater depletion in India—institutional management regimes. *Natural Resources Journal*, 485-501.

Chebaane, M., El-Naser, H., Fitch, J., Hijazi, A., & Jabbarin, A. (2004). Participatory groundwater management in Jordan: development and analysis of options. *Hydrogeology Journal*, *12*(1), 14-32.

Dunnivant, F. M., & Anders, E. (2006). *A basic introduction to pollutant fate and transport: an integrated approach with chemistry, modeling, risk assessment, and environmental legislation*. John Wiley & Sons.

Glynn, P., Cadman, T., & Maraseni, T. N. (2017). *Business, organized labor and climate policy: forging a role at the negotiating table*. Edward Elgar Publishing.

Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Kunz, R., Jaeschke, R., Helfand, M., Liberati, A., ... & Schünemann, H. J. (2008). Incorporating considerations of resources use into grading recommendations. *Bmj*, *336*(7654), 1170-1173.

Howes, M., McKenzie, M., Gleeson, B., Gray, R., Byrne, J., & Daniels, P. (2010). Adapting ecological modernisation to the Australian context. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, *7*(1), 5-21.

Jahromi, H. N., Hamedani, M. J., Dolatabadi, S. F., & Abbasi, P. (2014). Smart energy and water meter: a novel vision to groundwater monitoring and management. *Procedia Engineering*, *70*, 877-881.

Jänicke, M. (2008). Ecological modernisation: new perspectives. *Journal of cleaner production*, *16*(5), 557-565.

Zekri, S., Madani, K., Bazargan-Lari, M. R., Kotagama, H., & Kalbus, E. (2017). Feasibility of adopting smart water meters in aquifer management: An integrated hydro-economic analysis. *Agricultural Water Management*, *181*, 85-93.

Kløve, B., Allan, A., Bertrand, G., Druzynska, E., Ertürk, A., Goldscheider, N., ... & Schipper, P. (2011). Groundwater dependent ecosystems. Part II. Ecosystem services and management in Europe under risk of climate change and land use intensification. *Environmental Science & Policy*, *14*(7), 782-793.

Kolbe, S. (2020). Join the urban water industry commitment to the UN SDGs [Online]. Water Services Association of Australia. Available: https://www.wsaa.asn.au/news/join-urban-water-industry-commitment-un-sdgs. Accessed 1 Feb 2022.

Kumar, D. M. (2013). Raising agricultural productivity, reducing groundwater use and mitigating carbon emissions: Role of energy pricing in farm sector. *Indian Journal of Agricultural Economics*, *68*(902-2016-66838), 275-291.

Mohapatra, S. P., & Mitchell, A. (2009). Groundwater demand management in the Great Lakes Basin—directions for new policies. *Water Resources Management*, *23*(3), 457-475.

Rutherfurd, I. A. N., & Finlayson, B. (2011). Whither Australia: will availability of water constrain the growth of Australia's population?. *Geographical Research*, *49*(3), 301-316.

Scott, C. A., & Shah, T. (2004). Groundwater overdraft reduction through agricultural energy policy: insights from India and Mexico. *International Journal of Water Resources Development*, *20*(2), 149-164.

van Steenbergen, F., Kumsa, A., & Al-Awlaki, N. (2015). Understanding political will in groundwater management: Comparing Yemen and Ethiopia. *Water Alternatives*, *8*(1), 774-799.

Strand, J. (2010). The full economic cost of groundwater extraction, Policy Research Working Paper 5494, The World Bank, Development Research Goup, Enviroment and Energyu Team, http://papers.ssrn.com/sol3/papers. cfm?abstract id=1721332.

UN Department of Economic and Social Affairs, 2020. The 17 Goals [online]. United Nations. Available: https://sdgs.un.org/goals. Accessed 20 Feb 2022.

Ursitti, A., Giannoccaro, G., Prosperi, M., De Meo, E., & De Gennaro, B. C. (2018). The magnitude and cost of groundwater metering and control in agriculture. *Water*, *10*(3), 344.

Usman, M., Liedl, R., & Awan, U. K. (2015). Spatio-temporal estimation of consumptive water use for assessment of irrigation system performance and management of water resources in irrigated Indus Basin, Pakistan. *Journal of hydrology*, *525*, 26-41.

Wada, Y., van Beek, L. P., & Bierkens, M. F. (2012). Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. *Water Resources Research*, *48*(6).

Wang, L., Kinzelbach, W., Yao, H., Steiner, J., & Wang, H. (2020). How to Meter Agricultural Pumping at Numerous Small-Scale Wells?—An Indirect Monitoring Method Using Electric Energy as Proxy. *Water*, *12*(9), 2477.

Wang, X., Shao, J., Steenbergen, F. V., & Zhang, Q. (2017). Implementing the prepaid smart meter system for irrigated groundwater production in northern China: Status and problems. *Water*, *9*(6), 379.

World Water Assessment Programme (United Nations), & UN-Water. (2009). The United Nations World Water Development Report 3: *Water in a Changing World*. Paris: UNESCO, and London: Earthscan.

Zekri, S. (2009). Controlling groundwater pumping online. *Journal of Environmental Management*, *90*(11), 3581-3588.

Zekri, S., Madani, K., Bazargan-Lari, M. R., Kotagama, H., & Kalbus, E. (2017). Feasibility of adopting smart water meters in aquifer management: An integrated hydro-economic analysis. *Agricultural Water Management*, *181*, 85-93.