Archive of SID.ir

Journal of Water and sustainable development . December 2026
Volume 12 . Issue 2 [Serial No. 36] . pages 35 to 60

نشریه آب و توسعه پایدار . شهریور ماه ۱۴۰۴
سال دوازدهم . شماره دوم (پیاپی۳۶) . صفحات ۳۵ تا ۶۰

Article Type: Review. Conceptual

نوع مقاله: مروری. مفهومی

The Role of Water Accounting and Auditing in Water Governance

S.M.Taheri[1]*, M.Abdollahpour[2], K.Davary[3]

1–Ph.D. Student in Water Science and Engineering & Ph.D. Student in Civil–Environmental Engineering, Water and Environment Research Institute, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 3– Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

*Corresponding Author Email: taheri.sm@mail.um.ac.ir

Received ➤ 27–10–2024
Revised ➤ 14–01–2025
Accepted ➤ 17–02–2025
Available Online ➤ 20–09–2025

Abstract

In this Conceptual-analytical article, the concept of water accounting and the necessity of the role of water accounting in water governance have been explained, as well as the correction of common previous beliefs and assumptions, and the step-by-step description of the water accounting cycle. For this purpose, the basic concepts related to these issues, such as food security, water security, water accounting and water auditing have been proposed at the beginning. Then, the key features of the water accounting approach, as well as the importance of water accounting and auditing as a tool for evaluating good governance, have been considered in detail. At the end, the topics of water accounting and auditing in water management and governance have been stated and the final conclusion has been made. Water accounting provides information about the trend of water supply and demand in space and time and examines the underlying causes of the imbalance in water supply and demand by different water users, the stability of the current level of water consumption, and the efficiency or effectiveness of water use by different stakeholders. Therefore, water accounting is increasingly considered critical for evidence-based policymaking related to water resources. In practice, basic information, including biophysical and technical data, does not necessarily translate into relevant political choices and their successful implementation on the ground. Many theories have attributed the growing challenges in water resources to a “crisis of governance”. Understanding the physical and technical limitations in water resource management approaches, as well as the importance of institutional and political factors in shaping water-related policies and determining the methods of implementing these policies, seems essential.

Keywords: Water Accounting, Water Auditing, Water Governance, Water Allocation, Sustainable Development.

نقش حسابداری و حسابرسی آب در حکمرانی آب

سیده محدثه طاهری[1*]، مسعود عبداله‌پور[2]، کامران داوری[3]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکترای مهندسی آب و دانشجوی دکتری عمران - مهندسی محیط زیست، پژوهشکده آب و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

*رایانامه نویسنده مسئول: taheri.sm@mail.um.ac.ir

تاریخ دریافت ◄ ۱۴۰۳/۰۸/۰۶
تاریخ بازنگری ◄ ۱۴۰۳/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش ◄ ۱۴۰۳/۱۱/۲۹
تاریخ انتشار ◄ ۱۴۰۴/۰۶/۲۹

چکیده

در این مقاله مفهومی-تحلیلی، مفهوم حسابداری آب و ضرورت نقش حسابداری آب در حکمرانی آب تبیین گردیده و همچنین به اصلاح باورها و فرضیات پیشین رایج و تشریح گام به گام چرخه‌ی حسابداری آب، پرداخته شده است. برای این امر در آغاز، مفاهیم پایه مرتبط با این مباحث مانند امنیت غذایی، امنیت آبی، حسابداری آب و حسابرسی آب مطرح شده است. سپس ویژگی‌های کلیدی رویکرد حسابداری آب و همچنین اهمیت حسابداری و حسابرسی آب به عنوان ابزاری برای ارزیابی حکمرانی خوب به صورت مشروح مورد توجه قرار گرفته است. در انتها مباحث کاربرد حسابداری و حسابرسی آب در مدیریت و حکمرانی آب بیان گردیده و نتیجه‌گیری نهایی صورت گرفته است. حسابداری آب اطلاعاتی را در مورد روند عرضه و تقاضای آب در مکان و زمان ارائه می‌دهد و علل زمینه‌ای عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب توسط کاربران مختلف آب، پایداری سطح فعلی آب مصرفی و کارایی یا بهره‌وری کاربرد آب توسط ذی‌نفعان مختلف را بررسی می‌نماید. بنابراین حسابداری آب به‌طور فزاینده‌ای برای سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد مرتبط با منابع آب، حیاتی محسوب می‌شود. در عمل، اطلاعات اولیه شامل داده‌های بیوفیزیکی و فنی لزوماً به انتخاب‌های سیاسی مرتبط و اجرای موفقیت‌آمیز آن‌ها در محل، تبدیل نمی‌شود. بسیاری از نظریه‌ها، چالش‌های فزاینده در منابع آب را به «بحران حکومت‌داری» نسبت داده‌اند. درک محدودیت‌های فیزیکی و فنی در رویکردهای مدیریت منابع آب و همچنین اهمیت عوامل نهادی و سیاسی در شکل‌دهی سیاست‌های مرتبط با آب و تعیین شیوه‌های اجرای این سیاست‌ها، ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: حسابداری آب، حسابرسی آب، حکمرانی آب، تخصیص آب، توسعه پایدار.

How to cite this article:
Taheri, S. M., Abdollahpour, M., & Davary, K. (2025). The Role of Water Accounting and Auditing in Water Governance. Journal of Water and Sustainable Development, 12(2), 35-60. http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v12i2.2410-1376

Archive of SID.ir

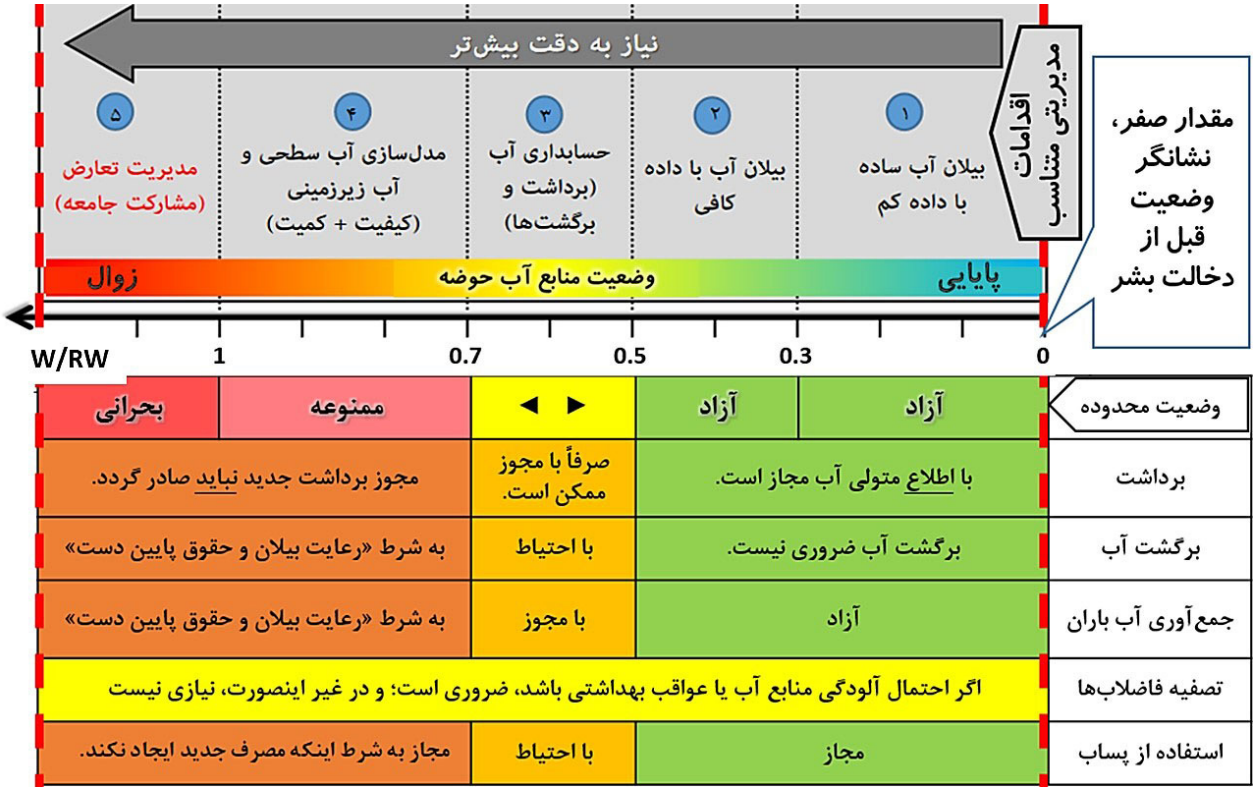
Archive of SID.ir

مقدمه

امروزه در اکثر نواحی دنیابا ارتقای استاندارد زندگی و عطش توسعه، نیاز به استفاده از آب در حال افزایش است. به گونه‌ای که میزان برداشت آب[1] به حدود میزان آب تجدیدپذیر[2] رسیده است. حتی در بسیاری از حوضه‌ها، افزایش میزان تقاضا نسبت به فراهمی آب، موجب گذار از وضعیت کمبود[3] به کمیابی[4] شده است. اقدام مدیریتی مناسب در نسبت‌های «برداشت آب به آب تجدیدپذیر» (W/RW) کمتر از ۰/۵ از طریق محاسبات و بررسی بیلان آب حوضه امکان‌پذیر است، ولی با توجه به افزایش روند تقاضا و استحصال فزاینده آب، این نرخ روند صعودی داشته و نیاز به کاربرد حسابداری آب[5] و مدل‌سازی و مدیریت تعارضات، ضرورت می‌یابد (شکل ۱).

شکل (۱) در برگیرنده دو بخش بالا و پایینی است که بیانگر دو مفهوم مجزا، ولی مرتبط با یکدیگر می‌باشد. در قسمت بالای شکل، فرآیند برداشت آب[6] را نشان می‌دهد که با گذر زمان به دلیل توسعه و پیشرفت و ظهور تکنولوژی پمپاژ، ایجاد سدها و... میزان برداشت‌ها به تدریج افزایش یافته است. قسمت بالای شکل بیانگر این موضوع است که برای شناخت و فهم درست از مسائل و مشکلات آب نیاز به گام‌های ۱ تا ۵ است که شامل بیلان آب ساده با داده کم، بیلان آب با داده کافی، حسابداری آب (برداشت و برگشت‌ها)، مدل‌سازی آب سطحی و آب زیرزمینی (کیفیت + کمیت) و مدیریت تعارض (مشارکت جامعه) می‌باشد. در قسمت پایین شکل، سطر اول نشان‌دهنده وضعیت منابع آب حوضه است که بر اساس میزان برداشت آب از آب تجدیدپذیر مشخص می‌کند که شرایط و قوانین برداشت و برگشت آب به حوضه باید چگونه باشد.

برخی استدلال‌ها بر جلوگیری و یا کاهش چالش‌های قابل پیش‌بینی یا بحران‌های بالقوه آب، از طریق تنظیم شیوه‌های مدیریتی اشاره دارند. منطق آن‌ها این است که با حکمرانی[8] خوب آب و اتخاذ راهبردهای مقابله‌ای مناسب، دلیلی وجود ندارد که آب کافی برای پاسخگویی به نیازهای اساسی انسانی و زیست‌محیطی بر مبنای عادلانه، پایدار و کارآمد وجود نداشته کافی، حسابداری آب، مدلسازی و در نهایت مدیریت تعارض می‌باشند. مقدار صفر نشانگر وضعیت و دوره قبل از دخالت بشر در منابع آب است. یعنی زمانی که هنوز بشر آبی از منابع آب زیرزمینی برداشت نکرده است و جریان طبیعی برقرار بوده است. در دوره‌ای که میزان برداشت‌ها کم باشد، شرایط پایایی برقرار است. در شرایط پایایی، اقدامات مدیریتی مورد نیاز با یک بیلان ساده و نظارت بر آبخوان[7] (سفره آب زیرزمینی) برقرار می‌شود. هر چه میزان برداشت آب افزایش یابد در نتیجه نیاز به اقدامات مدیریتی و کنترلی دقیق‌تر و گسترده‌تر (گام‌های ۱ تا ۵) می‌باشد.



شکل ۱- اقدامات مدیریتی متناسب با نرخ برداشت آب به آب تجدیدپذیر (W/RW)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

باشد، حتی در مناطقی که با روند افزایشی کمبود آب مواجه هستند. اما برای دستیابی به این هدف، در بسیاری از موارد، لازم است آب اختصاص یافته به بخش کشاورزی (بزرگ‌ترین برداشت‌کننده آب) به خصوص در مناطقی که با بحران کمبود آب تشدیدشونده مواجه است، کاهش یابد. نکته کلیدی حل این چالش‌ها، استفاده بهتر از اطلاعات مربوط به آب هنگام مطابقت استراتژی‌های مقابله با شرایط مختلف بیوفیزیکی[۹] و اجتماعی است. به همین دلیل است که حسابداری و حسابرسی آب[۱۰] باید عنصر اصلی هر برنامه‌ای باشد که هدف آن بهبود امنیت آب[۱۱] در شرایط روند فزایندهٔ کمیابی است. دستیابی به امنیت آب نیازمند همکاری بین بخش‌ها، جوامع، رشته‌ها و مرزهای سیاسی است تا خطر درگیری‌های احتمالی بر سر منابع آب، بین بخش‌ها و بین کاربران مختلف آب یا دولت‌ها کاهش یابد (Aboelnga و همکاران، ۲۰۱۹).

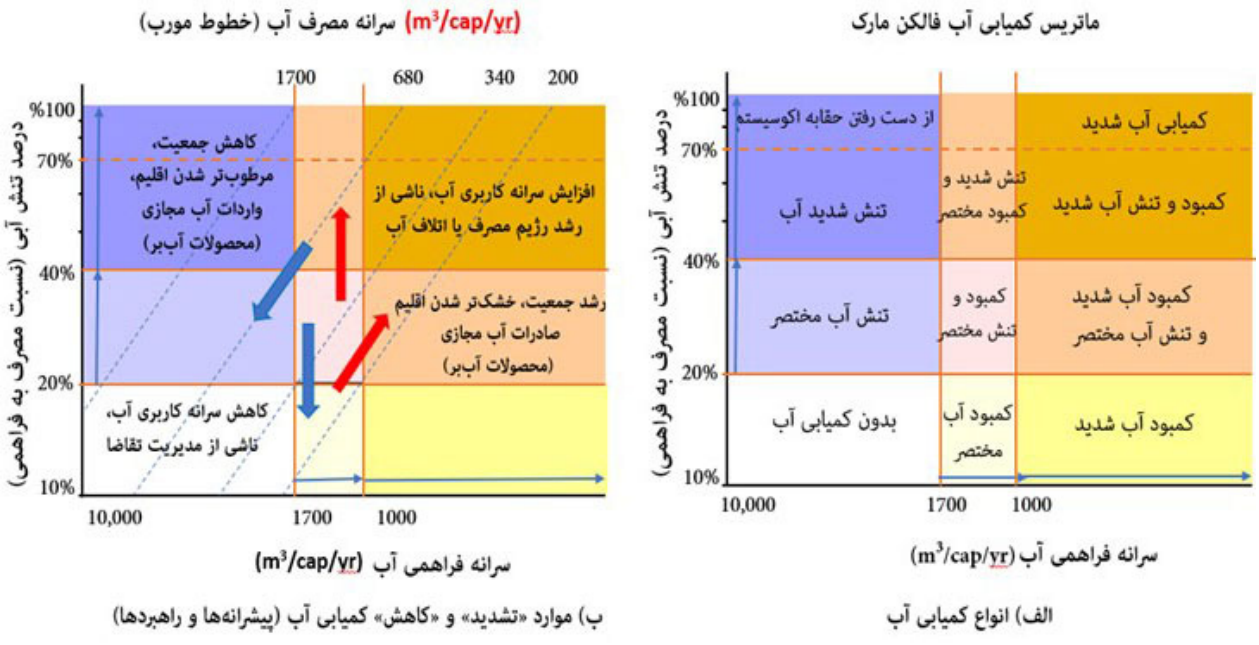
تنش آبی[۱۲] به تأثیر مصرف زیاد آب (متأثر از برداشت و یا در نتیجه مصرف) نسبت به در دسترس بودن آب اشاره دارد، منظور از مصرف[۱۳]، حجمی از آب که مورد استفاده قرار گرفته به گونه‌ای که برای سایر کاربران غیر قابل دسترس باشد، تلقی می‌گردد. آستانه‌های تنش آبی مورد استفاده برای شاخص تنش آبی مبتنی بر برداشت[۱۴] است که توسط فالکن مارک ارائه شده است و رقوم کمتر از ۰/۲ فقدان تنش آبی، حدفاصل بین ۰/۲ تا ۰/۴ حاکی از تنش آبی مختصر و بیشتر از ۰/۴ تنش آبی بالا را بیان می‌دارد (شکل ۲).

۱. مفاهیم پایه

حسابداری آب

حسابداری آب اطلاعاتی را در مورد روند عرضه و تقاضای آب، علل زمینه‌ای عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب توسط کاربران مختلف آب؛ پایداری سطح فعلی مصارف آب کاربردی و راندمان یا بهره‌وری کاربری‌های مختلف آب در مکان و زمان ارائه می‌دهد و اطلاعاتی را تولید می‌کند که علم، مدیریت و حکمرانی آب را برای حمایت از توسعه پایدار برای جامعه و محیط‌زیست آگاه می‌کند، بنابراین حسابداری آب به‌طور فزاینده برای سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد مرتبط با منابع آب، حیاتی در نظر گرفته می‌شود. چندین چارچوب برای حسابداری آب توسط سازمان‌های ملی و بین‌المللی مانند بخش آمار سازمان ملل (UNSD)[۱۵]، بخش آب سازمان ملل (UN-Water)[۱۶] ، فائو (FAO)[۱۷] ، سازمان بین المللی مدیریت آب (IWMI)[۱۸] ، کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID)[۱۹] و هیئت استانداردهای حسابداری آب (WASB)[۲۰] ارائه شده است (Godfrey و Chalmers، ۲۰۱۲).

چارچوب‌های حسابداری آب براساس چگونگی مطالعه منابع آب و روش‌های برآورد مصارف آب به دو دسته تقسیم می‌شوند: گروه اول روش‌های مبتنی بر جریان‌های فیزیکی آب هستند. روش‌های حسابداری مبتنی بر جریان‌های فیزیکی آب براساس داده‌های اندازه‌گیری شده دبی رودخانه، آب‌بندها، تخصیص‌ها و برداشت‌ها می‌باشد. این سامانه‌ها بیشتر مفهوم آب آبی را



شکل ۲- شاخص کمیابی آب فالکن مارک برمبنای شاخص «تنش آبی » و «فراهمی آب» (Kummu و همکاران، ۲۰۱۶)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در نظر می‌گیرند. این گروه چندین سامانه حسابداری مانند سامانه حسابداری اقتصادی محیط‌زیستی سازمان ملل (SEEA-Water)[۲۱] و سامانه حسابداری استرالیا و فائو را در برمی‌گیرد. گروه دوم روش‌های مبتنی بر میزان آب مصرف شده می‌باشند، این روش‌های حسابداری در فرآیندهای محاسباتی خود، مقدار مصارف آب را به جای میزان برداشت آب از منابع در نظر می‌گیرند. آب مصرفی به‌گونه‌ای است که کاربرد آن برای پایین‌دست امکان‌پذیر نباشد.

براساس این تعریف، آب به صورت تبخیرتعرق، جریان‌های سینکی[۲۲]، شرکت در فرآیند تولید محصول، از دسترس پایین‌دست خارج می‌شود. همچنین به دلیل کمبود داده‌های مربوط به مقدار برداشت و جریان‌های برگشتی در حوضه‌های آبریز، کاربرد میزان مصارف به جای مقادیر برداشت می‌تواند از خطاهای برآورد آب برگشتی جلوگیری کند. چارچوب‌های حسابداری IWMI و ICID در این دسته قرار دارند (خزاعی و همکاران، ۱۳۹۷).

حسابداری آب می‌تواند به ایجاد یک زبان مشترک برای تفسیر و انتقال داده‌های منابع آب به کنشگران[۲۳] مختلف درگیر در مدیریت آب که از پیشینه‌ها، فرهنگ‌ها، علایق و سطوح مختلف علمی برخوردار هستند، کمک کند. حسابداری آب بر این فرض استوار است که «آنچه را که نمی‌توان اندازه‌گیری نمود، قابل برنامه‌ریزی و مدیریت نخواهد بود». با این حال، با توجه به تمرکز فعلی بر روی آب به‌عنوان یک منبع گران‌بها و محدود، خطرات ناشی از سیل و خشکسالی شدید، درک اینکه چرا توجه مناسبی به حسابداری آب و اطمینان از داشتن آب کافی نمی‌شود، دشوار است.

حسابداری آب پایه و اساس حکمرانی خوب آب را فراهم می‌کند که به نوبه خود زیربنای توسعه پایدار است. در حال حاضر این باور به‌طور گسترده وجود دارد که «بحران جهانی آب عمدتاً یک بحران حکمرانی است» و حاکمیت آب و سیاست نقش قدرتمندی در مسیر توسعه یک کشور و در شکل‌دهی سیاست‌ها ایفا می‌کند (Rogers و Hall، ۲۰۰۳).

فناوری برای مهار، نظارت و مدیریت آب ضروری است، اما کافی نیست. حکمرانی خوب آب در مدیریت عرضه و تقاضای آب نقش اساسی دارد و این بستگی به این دارد که مردم و مؤسسات آب چقدر این عملکرد مدیریتی را به‌طور مؤثر انجام دهند. حسابداری آب به تنهایی نمی‌تواند مشکلات حاکمیتی را حل کند، اما می‌تواند با ارائه اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری صحیح، راه درازی را برای تقویت و بهبود حکمرانی آب انجام دهد.

رویکردهای کلیدی در پیاده‌سازی سیستم حسابداری آب؛ مروری بر دستورالعمل‌های Batchelor و همکاران (۲۰۱۶)

- شناسایی واحد هیدرولوژیکی
- تعریف شرایط مرزی واحد هیدرولوژیکی
- شناسایی ذی‌نفعانی که درگیر خواهند شد
- تعیین اهداف عمده برای استفاده از حسابداری آب
- فعال‌سازی یک فرآیند حسابداری سریع آب به منظور:
  - » ارزیابی اینکه چه داده‌هایی مورد نیاز است و چه داده‌هایی در دسترس هستند (تحلیل شکاف داده‌ها)
  - » برآورد «عدم قطعیت» ورودی‌ها و خروجی‌ها و تعیین درجه عدم دقت قابل‌قبول با توجه به اهداف (تحلیل لزوم دقت)
  - » ارزیابی نیازهای ظرفیت‌سازی (تحلیل شکاف ظرفیت)
  - » ارزیابی نیازهای تجهیزات و نرم‌افزار (تجزیه و تحلیل شکاف سخت‌افزاری/ نرم‌افزاری)
  - » تعیین ارزش افزوده استفاده از حسابداری آب
  - » توضیح بیشتر در مورد جنبه‌های کیفی آب در سیستم حسابداری آب
  - » ارائه یک پایه محکم برای برنامه‌ریزی اجرای یک سیستم حسابداری آب پیشرفته و قوی
  - » آغاز گفتگو بین ذی‌نفعان برای نهادینه‌سازی بلندمدت حسابداری آب در سراسر کشور

فرآیند حسابداری آب گام به گام

تمرکز اولیه هر چرخه تکراری حسابداری آب بر دو جنبه اصلی است:

۱. هیدرولوژی و وضعیت فعلی و روند عرضه و تقاضای آب در حوزه(های) مشخص شده
۲. علل زیربنایی مسائل و نگرانی‌های زیست‌فیزیکی که توسط ذی‌نفعان کلیدی مشخص و اولویت‌بندی شده‌اند.

به طور معمول، هر چرخه تکراری فرآیند حسابداری شامل چهار مرحله اصلی است که با برنامه‌ریزی دقیق برای حسابداری آب آغاز می‌شود (شکل ۳). توصیه عمومی آن است که گرودارن[۲۴] در تمام این مراحل به طور فعال مشارکت داده شوند و اطمینان حاصل شود که حسابداری و حسابرسی آب به صورت متقابل از یکدیگر حمایت می‌کنند. این امر تا حدی با انجام فعالیت‌های متقاطع مانند هماهنگی در دستیابی و مدیریت اطلاعات محقق می‌شود.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱ برنامه ریزی حسابداری دقیق آب

- برای اولین چرخه تکراری، فعالیت‌های برنامه‌ریزی که در مرحله آغازین شروع شده‌اند را نهایی کنید. برای چرخه‌های تکراری بعدی، درس‌هایی از چرخه (های) قبلی حسابداری و حسابرسی آب را در نظر بگیرید. تغییر / انطباق دامنه‌ها، استراتژی‌ها، روش شناسی‌ها و غیره.
- گفت و گو با ذینفعان و اقدام هماهنگ که منجر به اولویت‌بندی چرخه بعدی فعالیت‌ها، ارزیابی‌ها و تحلیل‌ها می‌شود.
- توافق در مورد خروجی‌های مورد انتظار چرخه بعدی فعالیت‌ها.

۲ کسب و مدیریت اطلاعات بیوفیزیکی

- ارزیابی ترکیبی نیازهای اطلاعات بیوفیزیکی و اجتماعی.
- شناسایی منابع اطلاعات ثانویه برای چرخه جاری. در صورت لزوم برنامه‌ریزی و اجرای برنامه جمع‌آوری اطلاعات اولیه.
- اکتساب اطلاعات، پردازش و کنترل کیفیت.
- ذخیره‌سازی و اشتراک‌گذاری (مانند داده‌ها، ابرداده‌ها، نقشه‌ها، گزارش‌ها، عکس‌ها و غیره).

۳ ارزیابی‌های بیوفیزیکی هدفمند

- برنامه ریزی و اجرای ارزیابی‌های هدفمند از وضعیت روند فعلی، مانند کاهش منابع آب، سیستم‌های مدیریت زمین، زیرساخت‌های تامین آب، ذخیره سازی و تصفیه و غیره.
- یافته‌ها / خروجی‌ها را با اطلاعات منابع مستقل مقایسه / مثلث بندی کنید.
- خروجی‌ها / یافته‌های هر ارزیابی را با ذینفعان به اشتراک بگذارید و بحث کنید. اختلاف نظرها را حل و بازخوردها را در نظر بگیرید.

۴ تحلیل و مدل سازی چند مقیاسی جریان‌ها، شارها و ذخایر آب

- استفاده از خروجی‌های ارزیابی‌های هدفمند جهت مبنایی برای انتخاب، تنظیم، کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌های هیدرولوژیکی.
- استفاده از داده‌های تجربی جمع‌آوری شده و مدل‌ها برای پشتیبانی، مانند تجزیه و تحلیل کسری و تعادل آب چند مقیاسی.
- برآوردهای چند مقیاسی جریان و ذخایر آب در شرایط مختلف را تولید، جدول بندی و نقشه برداری کنید.
- یافته‌ها و خروجی‌ها را با ذینفعان ادغام کنید، به اشتراک بگذارید و بحث کنید.

شکل ۳- چهار مرحله فرآیند حسابداری آب (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶)

منطق پشت این رویکرد آن است که بهتر است در ابتدا تمرکز بر دستیابی به درک اولیه‌ای از فرآیندهای اصلی هیدرولوژیکی، ظرفیت و وضعیت زیرساخت‌های مرتبط با آب، سیستم‌های استفاده از زمین کشاورزی و سایر موارد، و تقاضای آب از سوی کاربران و مصارف مختلف آب در حوزه(های) مشخص‌شده باشد (شکل۴). این کار باید پیش از ورود به تحلیل چند مقیاسی و مدل‌سازی انجام شود. تجربه نشان داده که این رویکرد گام‌به‌گام و سیستماتیک معمولاً از نظر هزینه و زمان کارآمدتر است و خروجی‌های بهتری تولید می‌کند. توصیه می‌شود که کنشگران با گروداران در تمام این مراحل مشارکت داده شوند و اطمینان حاصل شود که حسابداری و حسابرسی آب را هر دو طرف (کنشگران و گروداران) حمایت می‌کنند.

مورد دوم را می‌توان تا حدی با فعالیت‌های مقطعی مانند هماهنگی صورت گرفته، اطلاعات اکتسابی و مدیریت‌های نظارتی بر طرح در حین فرآیند اجرا مربوط دانست.

در ابتدای اولین چرخه تکراری حسابداری آب (و حسابرسی)، معمولاً نیاز به مطرح نمودن برنامه‌هایی است، که به تناسب شرایط و روندکار و پس از بررسی‌های صورت گرفته، به عنوان بخشی از عملیات ابتدایی دستخوش تغییر و بروزرسانی خواهند شد. دلایل بروز این تغییرات عبارتند از:

- ممکن است ذی‌نفعان جدید به پلتفرم چند ذینفعی که در مرحله آغازین طرح‌ریزی شده بودند، اضافه گردند.
- مشارکت تیم اجرایی حسابداری و حسابرسی آب و ارائه مشارکت‌های راهبردی در تحقق اهداف

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

- ترتیبات سازمانی و ابعاد اجرای طرح با آنچه که در ابتدا در مرحله آغازین پیش‌بینی شده بود، متفاوت باشد.
- جلسات ذی‌نفعان در آغاز برنامه حسابداری و حسابرسی آب، آگاهی از برنامه‌های آغازین را افزایش می‌دهد. به خصوص اگر این دیدارها در رسانه‌ها و شبکه‌های اجتماعی گزارش شود.

در آغاز چرخه‌های تکراری بعدی حسابداری و حسابرسی آب، توصیه می‌شود که روند کار بازنگری شود و برنامه‌های چرخه بعدی تجدید نظر یا تطبیق شود و مدت یک چرخه می‌تواند از چند هفته تا چندین ماه باشد. نکته کلیدی این است که برنامه‌ها باید برای در نظر گرفتن تجارب کسب شده یا مسائل مطرح شده توسط حسابداری آب و فعالیت‌های موازی حسابرسی آب، تجدید نظر یا تطبیق داده شوند. یکی دیگر از مزایای این رویکرد افزایشی این است که به خوبی با یادگیری اجتماعی و نهادی مرتبط است.

تحلیل کسر مصرفی آب

زمانی که آب برای مصارفی مانند کشاورزی، صنعت یا مصارف خانگی برداشت و استفاده می‌شود، بخشی از آب مصرف‌شده دیگر برای استفاده مجدد، چه در سطح محلی یا پایین‌دست، در دسترس نیست. این بخش مصرف‌شده به‌عنوان «**کسری مصرفی**» شناخته می‌شود. این کسری مصرفی می‌تواند به دو زیرگروه تقسیم شود (Karimi و همکاران، ۲۰۱۲):

۱. **مصرف سودمند:** مانند تبخیر- تعرق از محصولات زراعی آبیاری شده یا دیم (اما نه خاک).
۲. **مصرف غیرسودمند:** مانند تبخیر از خاک‌های بایر، علف‌های هرز، جاده‌ها و مخازن.

بخشی از آبی که هنگام استفاده یا جریان در مسیر کاربرد آب، مصرف نمی‌شود به‌عنوان «**کسری غیرمصرفی یا جریان‌های برگشتی**»[۲۶] شناخته می‌شود. طبق تعریف، این کسر به پایین دست برمی‌گردد. این بخش غیرمصرفی را نیز می‌توان به بخش‌های قابل بازیافت و غیرقابل بازیافت تقسیم کرد.

۱. **کسری قابل بازیابی:** مانند نفوذ عمقی آب ناشی از آبیاری یا بارش بیش از حد به یک سفره آب زیرزمینی که کیفیت آن تحت تأثیر قرار نگرفته است یا فاضلاب شهری تصفیه‌شده.
۲. **کسری غیرقابل بازیابی:** برای مثال، آبی که به سفره‌های



شکل ۴- مراحل چرخه تکرار حسابداری آب (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

زیرزمینی نفوذ می‌کند، در صورتی که آبخوان بیش از حد طبیعی شور یا آلوده باشد، برای بیشتر کاربردها غیرقابل بازیافت خواهد بود.

به دلیل درک صحیح از مفهوم «بهره‌وری استفاده از آب» سراغ تحلیل کسری بخش‌های استفاده از آب می‌رویم. بطور مثال اگرچه تصور می‌شود که تلفات آبیاری به ظاهر زیاد است (به‌طور متوسط حدود ۴۰ درصد از آبی که به کشاورزی اختصاص داده می‌شود به ریشه گیاه می‌رسد)، اما بخش زیادی از این «تلفات» به‌صورت جریان‌های برگشتی یا تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی (محلی یا در پایین‌دست) بازمی‌گردد. کاهش تلفات در بالادست ممکن است بهره‌وری تولیدی را افزایش دهد، اما می‌تواند باعث محرومیت کاربران پایین‌دست شود که به این جریان‌های بازگشتی وابسته هستند.

از اهداف و مزایای تحلیل کسر مصرفی آب این است که: ۱) اهمیت جریان‌های بازگشتی در نظر می‌گیرد، ۲) تفاوت‌های اساسی بین مسیرهای استفاده از آب که مصرفی و غیرمصرفی هستند (از نظر مکانی و زمانی) را تشخیص می‌دهد، ۳) ارتباط بین سیستم‌های هیدرولوژیکی و تأثیرات تغییر در استفاده از آب در یک بخش از حوضه بر کاربران دیگر را نشان می‌دهد.

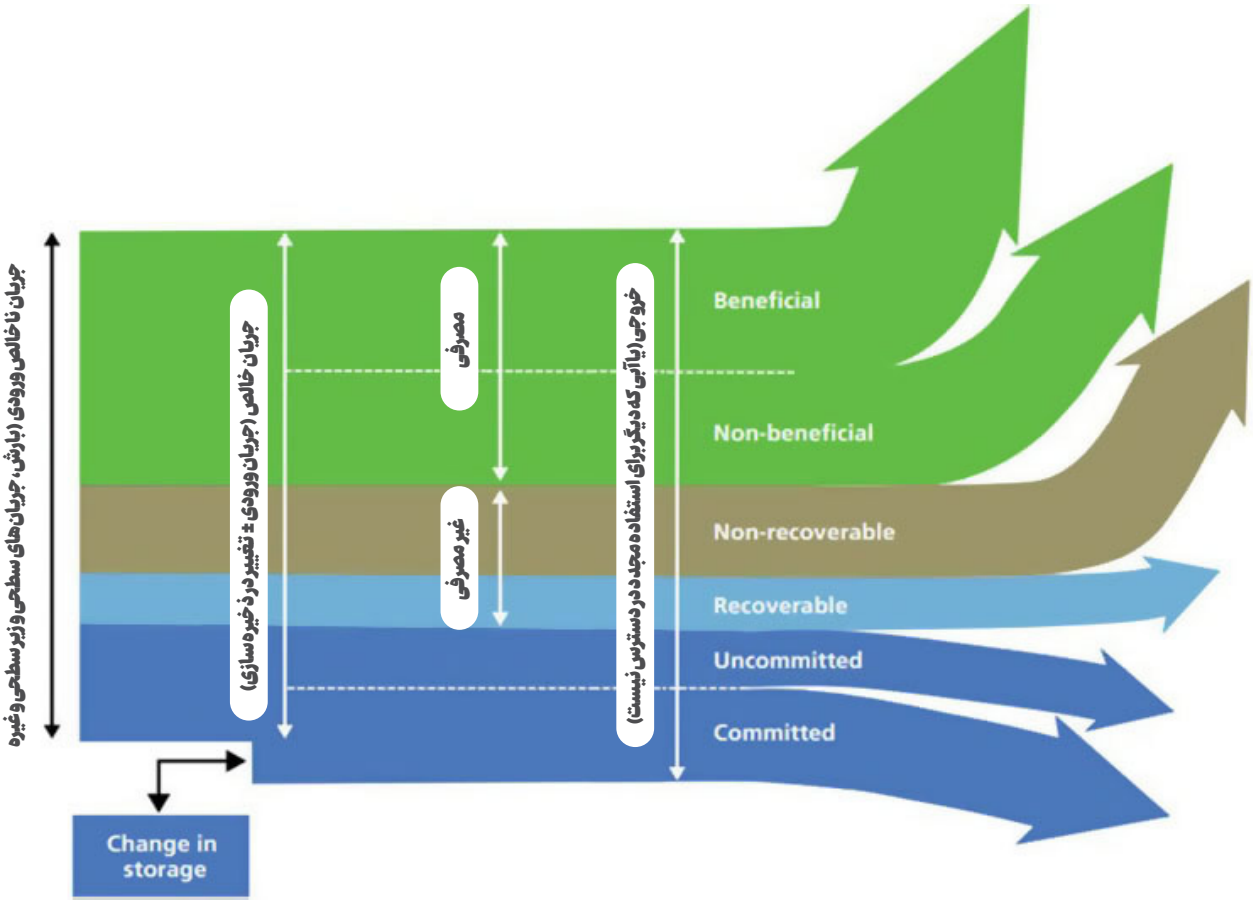
تحلیل کسری در مواردی که خارج از جریان اصلی و فقط یک نوع استفاده از آب وجود دارد، ساده‌تر است. در مناطقی که جریان‌های اصلی آب وجود دارد و دارای منابع و مصارف متنوع آب می‌باشند، تحلیل پیچیده‌تر است و ممکن است سوءبرداشت عمومی، بهره‌برداری سیاسی و تفکرات علمی نادرست را افزایش دهد.

نمونه‌ای از نمودار حسابداری آب به سبک IWMI[۲۷] که براساس کسرهای کاربرد آب توصیه شده، در شکل (۵) ارائه شده است. کاربران در دامنه‌های مشخص شده ممکن است حق منحرف کردن این جریان‌ها را برای استفاده‌های مصرفی نداشته باشند. با این حال، آن‌ها ممکن است حق استفاده از این جریان‌ها را برای فعالیت‌هایی مانند ماهیگیری یا کشتیرانی (یعنی استفاده از آب غیرمصرف) داشته باشند.

ویژگی‌های مهم تحلیل کسری و به‌طور کلی کاربرد تحلیل کسر مصرفی آب در حسابداری آب عبارتند از (شکل ۶):

۱. می‌توان از آن برای تجزیه و تحلیل استفاده از آب در سیستم‌های کشاورزی دیم و آبی استفاده کرد.

۲. همچنین علاوه بر بخش کشاورزی برای تحلیل هر بخش



شکل ۵- نمونه‌ای از تحلیل کسری مصرفی آب در حسابداری آب (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

آب‌بر دیگری قابل استفاده است.

برخی از اهداف و مزایای تحلیل کسر مصرفی آب عبارتند از: ۱) اهمیت جریان‌های بازگشتی را در نظر می‌گیرد، ۲) تفاوت‌های اساسی بین مسیرهای استفاده از آب که مصرفی و غیرمصرفی هستند (از نظر مکانی و زمانی) را تشخیص می‌دهد، ۳) ارتباط بین سیستم‌های هیدرولوژیکی و تأثیرات تغییر در استفاده از آب در یک بخش از حوضه بر کاربران دیگر را نشان می‌دهد.

تحلیل کسری در مواردی که خارج از جریان اصلی و فقط یک نوع استفاده از آب وجود دارد، ساده‌تر است. در مناطقی که جریان‌های اصلی آب وجود دارد و دارای منابع و مصارف متنوع آب می‌باشند، تحلیل پیچیده‌تر است و ممکن است سوءبرداشت عمومی، بهره‌برداری سیاسی و تفکرات علمی نادرست را افزایش دهد. شکل (۶) نمونه‌ای از نمودار مراحل گام به گام تحلیل کسر مصرفی آب در حسابداری آب را نشان می‌دهد.

حسابرسی آب

حسابرسی (ممیزی) آب مبتنی برحسابداری آب درجهت رایزنی برای حکمرانی آب می‌باشد. حسابرسی آب، مرحله‌ای بین حسابداری آب و ارزیابی حکمرانی آب است. حسابرسی آب با بررسی روند عرضه، تقاضا و بهره‌وری آب، ویژگی‌های حکمرانی آب مانند اصول حقوقی و نهادی[۲۸]، مخارج خصوصی و عمومی[۲۹]، قوانین و سیاست‌های اقتصادی گسترده‌تر آب را در حوزه‌های مشخص بررسی می‌کند (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶).

حسابداری آب جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و ارتباط سیستماتیک اطلاعات مربوط به ذخایر، جریان‌ها (از منابع تا مصارف و روندهای موجود در عرضه، تقاضا، دسترسی و کاربرد آب) تعریف شده است. حسابرسی آب به‌عنوان فرآیندی تعریف می‌شود که یافته‌ها، خروجی‌ها و توصیه‌های حسابداری آب (روندهای عرضه، تقاضا، دسترسی و استفاده از آب) را در چارچوبی گسترده‌تر شامل حاکمیت، نهادها، مخارج عمومی و خصوصی، قانون‌گذاری و ارائه خدمات مشخص و گسترده‌تر حوزه‌های سیاسی اقتصادی، قرار می‌دهد و یک گام فراتر از حسابداری آب می‌رود.

مشابه حسابداری آب، حسابرسی آب می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد، از یک فعالیت نسبتاً سریع یکباره طراحی شده برای دستیابی به یک هدف خاص، تا یک برنامه نظارت و ارزیابی بلندمدت که هدف آن دستیابی به خدمات آب عادلانه و کارآمد است. تحویل برای طیف وسیعی از مصارف مانند آبیاری، آب خانگی، بهداشت، تولید برق، شیلات، ناوبری و غیره است. اطلاعات جمع‌آوری شده در حسابرسی آب معمولاً متنوع است و به طیف متنوعی از مسائل اجتماعی



شکل ۶- نمودار مراحل گام به گام تحلیل کسر مصرفی آب در حسابداری آب (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

می‌پردازد. خروجی‌ها از نظر شکل، قالب، مخاطبان هدف و کاربردها به همان اندازه متفاوت هستند.

برنامه حسابرسی آب، جهت مؤثر بودن در تولید خروجی‌های با کیفیت بالا که متعلق به ذی‌نفعان کلیدی است باید موارد زیر را لحاظ نماید (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶):

۱. مبتنی بر مشارکت فعال ذی‌نفعان باشد.
۲. توجه ویژه به مدیریت اطلاعات نماید.
۳. به یک استراتژی ارتباطی مرتبط باشد که چالش‌های درونی تأثیرگذاری بر افکار عمومی و سیاسی را تشخیص دهد.

حسابرسی آب یک فرآیند تکرار شونده، سیستماتیک و مستند برای بدست آوردن تعادل بین ورودی آب و خروجی آب از یک عملیات است. کیفیت آب در صورت نیاز اندازه‌گیری می‌شود. به دنبال فرصت‌هایی برای کاهش مصرف آب، استفاده مجدد از آب، بازیافت و جایگزینی منابع آب است. ارزیابی‌های مالی[۳۰] از تمام فرصت‌های شناسایی شده انجام می‌شود. یک استراتژی مدیریت آب درست طراحی شده، با الزامات قانونی، سیاست‌های زیست‌محیطی و حرکت آن به سمت توسعه پایدار سازگار است. نتایج این فرآیند به ارباب‌رجوع و حسابرسی شونده در مواردی که متفاوت است، اطلاع رسانی می‌شود (Sturman و همکاران، ۲۰۰۴).

بیلان متعارف آب، ساختاری است که در حسابرسی آب برای طبقه‌بندی و کمّی‌سازی تمام مصارف آب تعریف می‌شود، مزایای حسابرسی آب عبارتند از (Choudhary و همکاران، ۲۰۲۱):

- روش‌های قضاوت را برای مدیران، کارپردازان و اپراتورهای شرکت فراهم می‌کند.
- به مدیران کمک می‌کند تا تلفات سیستم آب را به‌طور موثر کاهش دهند.
- ضایعات مواد شیمیایی و مصرف برق را کاهش می‌دهد.
- هزینه نگهداری را کاهش می‌دهد.
- آگاهی کاربران آب در مورد استفاده از آب.

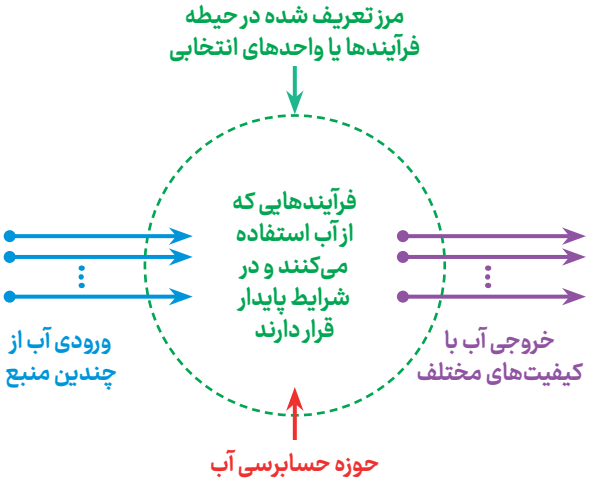
حسابرسی آب، یکی از مؤثرترین روش‌ها برای پیگیری میزان مصرف و صرفه‌جویی آب است و نشان می‌دهد که چه مقدار آب به داخل و خارج از سیستم توزیع، جریان دارد و همچنین چه مقدار آب به سمت مصرف‌کنندگان جریان می‌یابد (Chimote و Bhabhulkar، ۲۰۱۲). به عبارت دیگر کسری، آب تفاوت بین خروجی کل و مصرف کل است (Rogers، ۲۰۱۴). ممیزی آب، مطالعه جامع و علمی سوابق آب، در طرحی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این شامل حسابرسی بخش خانگی، بخش صنعتی، بخش کشاورزی و سایر بخش‌هایی است که آب در آن‌ها استفاده می‌شود (Choudhary و همکاران، ۲۰۲۱). هدف کلی حسابرسی آب، ارزیابی این است که آیا کنترل‌های داخلی در جهت حفاظت از منابع آبی و کاهش خطرات زیست‌محیطی، کافی و مؤثر هستند یا خیر. ممیزی آب یک ابزار مدیریتی مؤثر برای کاهش تلفات است که حداکثر سود را از کاربری‌های مختلف به دست می‌آورد و در نتیجه صرفه‌جویی آب را تا حد زیادی امکان‌پذیر می‌سازد. ممیزی آب شامل تمهیدات خروجی منابع آب، شبکه توزیع و نقاط خدمات/ تحویل به مصرف‌کنندگان آب و جریان برگشتی پسماند یا آب اضافی است. گزارش حسابرسی آب ممکن است شامل موارد زیر باشد (Hamdan، ۲۰۱۸):

- مقدار آب اختصاص داده شده[۳۱]/در دسترس بخش‌های مختلف (شرب، کشاورزی، صنعت و...).
- مقدار آب به کار گرفته شده[۳۲]، چه از طریق منابع اندازه‌گیری شده و چه از طریق منابع اندازه‌گیری نشده.
- اتلاف آب و کارآیی سیستم به همراه دلایل وقوع چنین تلفاتی.
- گزارش ممیزی آب مؤثر ممکن است در تشخیص نشتی در سیستم توزیع، اقدام به موقع برای کاهش تلفات انتقال آب و بهبود کارایی سیستم هدفمند باشد.
- ممیزی آب سیستم باید در بازه زمانی منظم، حداقل به صورت سالانه انجام شود.

حسابرسی آب همچنین یک تکنیک تحلیلی است که میزان استفاده و کیفیت آب را تعیین می‌کند و در عین حال امکان بررسی جنبه‌های رفتاری مدیریت آب را فراهم می‌کند. با کمّی‌کردن جریان‌ها، حسابرسی آب می‌تواند تعیین کند که آیا تلفات قابل توجهی در یک مرز سیستم از پیش تعریف شده[۳۳] رخ می‌دهد یا خیر. اگرچه برخی از تلفات اجتناب‌ناپذیر است، یک تیم مدیریت آب می‌تواند تعیین کند که چه نسبتی از هدررفت آب (یا آب محاسبه نشده)[۳۴] را قبل از اینکه نیاز به بررسی بیشتر جریان‌ها و تنظیم تکنیک‌های مدیریت آب داشته باشد، بپذیرد (Barrington و همکاران، ۲۰۱۳). حسابرسی آب یک ابزار تحلیلی است که جریان و کیفیت آب را در یک مرز از پیش تعریف شده، کمّی می‌کند (شکل۷). این تکنیک می‌تواند تعیین کند که تلفات غیرمنتظره آب در کجا رخ می‌دهد. این امر به حسابرسان و مدیران آب در شناسایی مکان‌هایی که می‌توان مدیریت آب را در یک سیستم بهبود بخشید، کمک می‌کند (Agana و همکاران، ۲۰۱۳). گام اولیه هر ممیزی آب، به‌طور کلی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۷- فرم کمّی حسابرسی آب (Sturman و همکاران، ۲۰۰۴)

بررسی ورودی‌ها و خروجی‌های آب شناخته شدهٔ سیستم تحت بررسی است. معمولاً یک حسابرس، قبل از حسابرسی تعیین می‌کند که چه سطحی از اختلاف بین ورودی‌ها و خروجی‌ها قابل پذیرش است که به عنوان «گیرش»[۳۵] مطرح می‌گردد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Sturman و همکاران، ۲۰۰۴).

گیرش: ((مجموع آب ورودی - مجموع آب خروجی) / (مجموع آب ورودی)) < تغییرات از پیش تعیین‌شده (۲)

اغلب نمی‌توان میزان گیرش را بدست آورد، از آنجا که تلفات آب قابل توجهی در سراسر سیستم رخ می‌دهد، روش ممیزی آب امکان بررسی محل وقوع این تلفات در سراسر سیستم را از طریق تجزیه و تحلیل حجم آب مورد استفاده توسط واحدهای فرآیند جداگانه، فراهم می‌کند. با این حال، توجه به این نکته مهم است که حتی در مواردی که گیرش بدست می‌آید، این فقط نشان دهنده رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های کل سیستم است (Barrington و Ho، ۲۰۱۴).

فرآیند حسابداری آب، پاسخگویی به شرکت آب و توانایی ردیابی و نظارت قابل اعتماد بر وضعیت هدررفت آب آن را فراهم می‌کند. برای بهبود کارایی عملیات شرکت آب و فاضلاب، مجموعه‌ای کاملاً متفاوت از فعالیت‌ها مورد نیاز است. فرآیند حسابداری آب به تنهایی نشان‌دهنده فعالیت‌های بهره‌وری که می‌توانند هدررفت را کاهش دهند، نیست. این فعالیت‌ها معمولاً شامل تشخیص و تعمیر نشتی، مدیریت فشار و نوسازی لوله برای رسیدگی به هدررفت‌های واقعی و همچنین آزمایش دقت کنتور، تعویض کنتور و اصلاحات سیستم صدور صورت‌حساب مشتری برای کنترل هدررفت‌های ظاهری است (Sayers و همکاران، ۲۰۱۶).

اهمیت حسابرسی آب

اظهاراتی مانند «بحران جهانی آب عمدتاً یک بحران حاکمیتی است» بارها توسط سیاستمداران، دانشگاهیان، فعالان و بسیاری دیگر تکرار شده است. این اظهارات مبتنی بر این باور عمومی است که عوامل حاکمیتی و اقتصاد سیاسی نه تنها در مسیر توسعه یک کشور، بلکه در شکل‌دهی سیاست‌ها و تعیین نحوه اجرای این سیاست‌ها نیز نقش قدرتمندی دارند. بنابراین، اجماع گسترده‌ای وجود دارد که ارزیابی حاکمیت و تحلیل اقتصاد سیاسی، گام‌های اساسی در برنامه‌هایی هستند که هدفشان دستیابی و حفظ سطوح قابل قبول خدمات آب است. حسابرسی آب در صورتی اهمیت دارد که ذی‌نفعان کلیدی بخواهند بهتر عمل کنند، به عنوان مثال:

- یادگیری از گذشته و به‌طور خاص‌تر، تثبیت و استفاده مناسب از شواهد بیوفیزیکی و اجتماعی که نشان می‌دهد سیاست‌ها و شیوه‌های خاص، کارآمد هستند یا نیستند.
- انتخاب‌هایی که به جای شهود یا حدس و گمان، با شواهد و مدارک مشخص می‌شوند.
- توسعه سیاست‌ها و شیوه‌های جدید یا تطبیق سیاست‌ها و رویکردهای موجود به گونه‌ای که عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب را بهتر در نظر بگیرند.
- انتقال اطلاعات به روش‌هایی که احتمال مالکیت، پذیرش، ارزش‌گذاری و استفاده از آن را افزایش می‌دهد.

یکی از ویژگی‌های حسابرسی آب، پیوند با سیاست و روش‌های اعمال قدرت و اختیار است از قبیل اعمال نظر در موارد زیر:

- تصمیم‌گیری؛ و سیاست‌هایی را وضع کند که بر زندگی عمومی و توسعه اقتصادی و اجتماعی تأثیر بگذارد. راه‌هایی که افراد از طریق آن‌ها اختلافات خود را میانجی‌گری کنند.
- روابط بین شهروندان و دولت و به‌طور خاص، نحوه تأثیرگذاری این روابط توسط نهادها و روشی که در آن قوانین رسمی (یعنی قوانین و مقررات قانونی) و قوانین غیررسمی (شکل یافته توسط سنت و فرهنگ) بر نحوه ارتباط مردم با هر یک از آن‌ها تأثیر می‌گذارد.
- روش‌های نگهداری، استفاده و طرح‌ریزی قدرت در زمینه‌های مختلف.
- چگونه می‌توان کسانی را که اعمال قدرت می‌کنند، در صورت سوءاستفاده از قدرت مورد بازخواست قرار داد.
- حسابرسی آب در حکمرانی به قدرت‌های تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند که در تخصیص منابع مشترک بین مردم، انصاف را رعایت کنند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۲- ترکیب حسابداری آب و حسابرسی

اگرچه حسابداری آب می‌تواند جدا از حسابرسی آب انجام شود و اغلب انجام می‌شود، ولی دیدگاه مطلوب بر طراحی و اجرای بهینه حسابداری و حسابرسی به‌عنوان فرآیندهای پشتیبان متقابل، تأکید دارد. دلایل عملی برای ترکیبی از حسابداری و حسابرسی آب وجود دارد. برای مثال، احتمال بیشتری برای شناسایی علل زمینه‌ای مشکلات مرتبط با آب و فرصت‌های مناسب برای رسیدگی به مشکلات وجود دارد. با این حال، دلیل اساسی‌تر این است که اگر حسابداری آب همراه با حسابرسی آب انجام شود، احتمال بیشتری برای تغییر ایجاد می‌کند (شکل ۸).

دلیل اینکه در برنامه‌های اصلاحی آب، تغییرات اغلب شکست می‌خورند یا دهه‌ها طول می‌کشد تا به اهداف خود دست یابند، این است که اصلاحات نهادی، برای مشروع بودن و برخورداری از حمایت سیاسی گسترده، باید از طریق یک فرآیند سیاسی پایدار، انجام شود. فرصت‌ها برای غلبه بر مقاومت در برابر تغییر و همچنین ایجاد پیشرفت‌های گام به گام در حکومت‌داری در سطوح مختلف نهادی، اغلب گذرا هستند. یکی از ویژگی‌های مهم حسابرسی آب این است که می‌تواند در شناسایی یا پیش‌بینی فرصت‌ها یا زمینه‌سازی مناسب برای ارتقای تغییر (مانند توسعه تئوری‌های تغییر) نقش داشته باشد.

در نهایت، حسابرسی آب بدون حسابداری آب، حتی از حسابداری آب بدون حسابرسی آب خطرناک‌تر است، زیرا می‌تواند منجر به ایجاد تغییراتی شود که به دلایل بیوفیزیکی، شانس اندکی برای ارائه مزایا دارد و در برخی شرایط، حتی ممکن است شرایط را برای برخی از کاربران آب بدتر کند. توصیه می‌شود که حسابداری و حسابرسی آب در تعدادی از چرخه‌های تکراری اجرا شود. به‌طور معمول، در طول هر چرخه تکراری، تمرکز اولیه حسابداری و حسابرسی آب به موازات ارزیابی‌های حمایتی، بیوفیزیکی و اجتماعی، تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی با فعالیت‌های مقطعی مانند تجزیه و تحلیل ذی‌نفعان و هماهنگی جمع‌آوری داده‌ها (در صورت

	حسابداری آب	حسابرسی آب
حسابداری آب از حسابرسی آب با ارائه بینش، درک و اطلاعات پشتیبانی می‌کند:	• در دسترس بودن فیزیکی ذخایر و جریان آب در زمان و مکان. • تعادل بین عرضه، تقاضا و دسترسی. • ظرفیت فیزیکی و وضعیت زیرساخت‌های مرتبط با آب. • سطوح امنیت آب کاربران و مصارف مختلف. • فراوانی خشکسالی، سیل و وقفه در ارائه خدمات آب. • انواع مصرف آب در زمان و مکان (به عنوان مثال مصرفی و غیر مصرفی). • کارایی، بهره وری و سوددهی کاربران و مصرف کنندگان مختلف آب در زمان و مکان. • کارکرد سیاست‌ها و برنامه‌ها با هدف تنظیم تقاضا و بهبود عرضه. • معاوضه یا عوامل خارجی بالقوه ناشی از تشدید مصرف آب. • فرصت‌هایی برای استفاده بهتر از آب و در طول زنجیره ارزش.	
حسابرسی آب از حسابداری آب با ارائه بینش، درک و اطلاعات پشتیبانی می‌کند:		• نقش‌ها، مسئولیت‌ها و روابط متقابل ذینفعان در سطوح مختلف. • سیستم‌های حکمرانی، یعنی نحوه تصمیم گیری، جایی که قدرت در آن قرار دارد و قدرت چگونه واسطه می‌شود. • دلایلی که ممکن است آمار رسمی واقعیت‌ها را منعکس نکند. • نگرانی‌های سیاسی، اجتماعی و زیست محیطی موضوعات اولویت دار. • سطوح مخارج عمومی وخصوصی به عنوان مثال، در مورد عملیات و نگهداری. • کارکرد قوانین رسمی و عرفی • دلایل اساسی برای «عدم اراده سیاسی» برای ترویج و اجرای تغییرات. • سطوح پاسخگویی و شفافیت.

شکل ۸- حمایت دوسویهٔ حسابرسی و حسابداری (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

لزوم) است. متعاقباً، در هر چرخه تکراری، تأکید بر حسابداری آب و حسابرسی به تحلیل و مدل‌سازی یکپارچه می‌انجامد.
فعالیت‌های معمولی حسابداری آب و فرآیندهای گام به گام می‌تواند به موازات حسابرسی آب مورد استفاده قرار گیرد، اهداف کلیدی این مراحل شامل موارد زیر است:

۱. برنامه‌ریزی دقیق حسابداری آب که در ابتدای هر چرخه حسابداری آب (و حسابرسی) صورت می‌گیرد.
۲. فعالیت‌هایی که در مرحله اکتساب و مدیریت اطلاعات بیوفیزیکی انجام می‌شود.
۳. ارزیابی‌های بیوفیزیکی هدفمند که با هدف درک هیدرولوژی و وضعیت فعلی و روند عرضه و تقاضای آب در حوزه مشخص شده انجام می‌شود.
۴. تجزیه وتحلیل ومدل‌سازی چند مقیاسی که جریان‌ها، شارها و ذخایر آب را در حوزه‌های مشخص کمّی تعیین می‌کند.

حسابداری آب، همراه با حسابرسی آب، می‌تواند درک هزینه‌های آبی از منظر توسعه پایدار، سطح مورد نیاز حکمرانی آب برای ارائه خدمات آب پایدار و دستیابی به تمامی اهداف هفده‌گانه توسعه پایدار[۳۶] را بهبود بخشد. تأثیرگذاری حسابداری آب فراگیر بوده و کاربران مختلف آب را با پیشینه‌ها، فرهنگ‌ها و سطوح علمی مختلف، گرد هم می‌آورد و می‌تواند زبان و درک مشترکی را در میان مدیران و ذی‌نفعان آب ایجاد نموده و به شناسایی مشکلات بین‌بخشی آب کمک کند تا به‌طور جمعی به مشکلات رسیدگی کنند، به اجماع برسند و منابع و اطلاعات مورد نیاز را مورد بررسی قرار دهند. حسابداری آب می‌تواند شفافیت را در مورد تخصیص آب بهبود بخشد و ذی‌نفعان را قادر می‌سازد تا سیاست‌گذاران را برای اتخاذ راه‌حل‌های پایداری که ممکن است در تضاد با منافع کوتاه‌مدت حقوقی و مالی باشد، به چالش بکشند.
حسابرسی آب، حسابداری آب را قادر می‌سازد تا بر نقش‌های نظارتی، مالکیت و مدیریتی سازمان‌های دولتی و خصوصی، سازمان‌های مردم‌نهاد و کاربران آب واقف گردد. نحوه عملکرد مدیریت آب، سودمندی حسابداری آب را تعیین می‌کند و همچنین حسابداری آب می‌تواند حکمرانی آب را بهبود بخشد، اما عکس آن نیز صادق است. حسابداری آب به تنهایی نمی‌تواند مشکلات حاکمیت آب و مدیریت منابع آب را حل کند، اما می‌تواند با ارائه اطلاعات مورد نیاز برای حمایت از تصمیم‌گیری صحیح، روش بنیادی را برای بهبود و اصلاح حکمرانی، ارائه دهد.

چگونه پشتیبانی حسابداری و حسابرسی آب می‌تواند مدیریت آب را بهبود بخشد؟

حسابداری و حسابرسی آب را می‌توان برای تعدادی از اهدافی که به شدت به مسائل حاکمیتی و مدیریت آب مرتبط است استفاده کرد:

۱. ایجاد پایگاه اطلاعاتی مشترک، ترویج گفتگو و حل مناقشات. گفت‌وگو با ذی‌نفعان، کلید برنامه‌ریزی موثر است. یک خروجی کلیدی حسابداری و حسابرسی آب، ارائه یک پایگاه اطلاعاتی مشترک است که به موقع و قابل‌قبول برای همه ذی‌نفعان کلیدی باشد. این نیز برای حل تعارضات و ایجاد توافق‌نامه‌ها یا چارچوب‌های تنظیم آب درازمدت، ضروری است.
۲. شناسایی، تطبیق یا توسعه راه حل برای مشکلات مربوط به آب. حسابداری آب می‌تواند علل بیوفیزیکی اساسی عدم تعادل بین عرضه و تقاضا را شناسایی کند، در حالی که حسابرسی کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که راه‌حل‌ها از نظر سیاسی، اجتماعی و فرهنگی قابل قبول هستند. در جمهوری اسلامی ایران، حسابداری و حسابرسی مسائل مربوط به بهره‌وری مصرف آب کشاورزی، کاهش آب زیرزمینی، و اختلاف بین توصیه‌های دولت در مورد استفاده از آب و در دسترس بودن واقعی را برجسته می‌کند. به‌طور مشابه، در اردن، حسابداری آب مسائل مربوط به کیفیت آب را برجسته کرد و به مزایای برداشت آب برای استفاده کشاورزی اشاره کرد.
۳. اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها برای بهبود بهره‌وری به‌طور پایدار و عادلانه. کشاورزی آبی، در حالی که برای افزایش تولید غذا ضروری است، عامل اصلی افزایش مصرف آب و کاهش جریان به سایر مصارف است. به‌طور مشابه، برداشت آب و آبیاری تکمیلی برای افزایش عملکرد دیم مهم است، اما می‌تواند بر اکوسیستم‌های مرتبط با آب و افرادی که به آن‌ها وابسته هستند، تأثیر بگذارد. در حالی که سرمایه‌گذاری در فن‌آوری‌های کشاورزی و آبیاری مدرن می‌تواند به تولید خروجی بیشتر با آب کمتر کمک کند، حسابداری و حسابرسی آب قوی برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها و عادلانه و پایدار ساختن آن‌ها، کلیدی است.
۴. مدیریت رابطه آب ـ انرژی ـ غذا. یک بعد خاص از رقابت آب، پیوند آب ـ انرژی ـ غذا است. پیوند بین آبیاری و تقاضای سوخت‌زیستی یا عملکردهای نیروگاه آبی نمونه‌ای از این پیوند است که در آن استفاده از آب توسط یک بخش می‌تواند عواقب ناخواسته‌ای برای بخش دیگر داشته باشد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

حسابداری و حسابرسی آب می‌تواند در مورد این اتصالات و مبادلات، اطلاعاتی ایجاد کند. در مراکش، حسابداری و حسابرسی آب، عدم توازن فزاینده بین عرضه و تقاضای آب ناشی از رشد سریع تولید آبی را آشکار کرد و نیاز به مدیریت مشارکتی آبخوان را شناسایی کرد.

حسابداری و حسابرسی آب، پایه‌ای برای حکمرانی خوب آب

حکمرانی خوب رویکردی است که ضمن توجه به رویکرد اقتصادی، بر «ارائه خدمات کارآمد»، «نظام قضایی قابل اعتماد» و «نظام اداری پاسخگو» نیز تأکید دارد. حکمرانی مؤثر آب را می‌توان حداقل به چهار مشخصه، مقیّد نمود: ۱) رهبری اخلاقمند با تمرکز بر اقشار تهیدست و آسیب‌پذیر، ۲) دسترسی به اطلاعات به‌هنگام، موثق و کافی به‌عنوان مقدمه هر تصمیم‌گیری و لازمه پاسخگویی، ۳) ایجاد سازوکارهایی برای بحث، گفتگو و حل‌وفصل مناقشات با حضور جامعه مدنی و ۴) تمرکززدایی و در عین‌حال حفظ بهم پیوستگی مدیریت آب (مشارکت گرورداران و به‌ویژه آب‌بران در فرآیند تصمیم‌سازی. پایداری تصمیمات تابع مقبولیت آن‌ها در نزد عموم گروداران و آبخیزنشینان خواهد بود و این مقبولیت تابع رعایت عدالت و انصاف در حکمرانی می‌باشد (دفتر تحقیقات و بهره‌وری شرکت آب و فاضلاب مشهد، ۱۳۹۴). نقش اصلی حسابداری آب، ارائه داده‌های معتبر و قابل اعتماد به‌عنوان پایه‌ای برای حکمرانی خوب آب است. حاکمیت آب به‌طور گسترده‌ای به عنوان ضعف عمده در مدیریت منابع آب در اکثر کشورهای در حال توسعه، پذیرفته شده است. بر اساس گزارش بانک جهانی، چیزی که حکمرانی آب را بسیار چالش برانگیز می‌کند، «عدم اطمینان در مورد مقدار و کیفیت آب در دسترس از یک سال تا سال بعد، هم از نظر ذخایر و هم از نظر جریان» است. اینجاست که حسابداری آب در حکمرانی و مدیریت آب قرار می‌گیرد. اما چگونه حسابداری آب با حاکمیت آب ارتباط دارد؟ پاسخ در ممیزی آب نهفته است. مانند حسابرسی‌های مالی، این امر قضاوت‌های کیفی را برای رقومی‌سازی مقادیر آبی فراهم می‌کند. ابزاری برای قرار دادن یافته‌ها، خروجی‌ها و توصیه‌های حسابداری آب در بافت اجتماعی گسترده‌تر مدیریت آب، تأمین آب و ارائه خدمات آب است. حسابداری آب و حسابرسی آب با هم از حکمرانی خوب آب حمایت می‌کنند (Bucknall و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از ویژگی‌های مشترک بیشتر مفاهیم و اصطلاحات مربوط به حسابرسی آب، پیوند آن‌ها با سیاست و شیوه‌های اعمال قدرت است، مفاهیم حسابرسی آب همچنین به موضوعات زیر اشاره دارند (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶):

- شیوه‌هایی که مردم از طریق آن‌ها اختلافات خود را حل‌وفصل می‌کنند، تصمیم می‌گیرند و سیاست‌هایی را اجرا می‌کنند که بر زندگی عمومی و توسعه اقتصادی و اجتماعی اثرگذار است.
- روابط میان شهروندان و دولت و به‌طور خاص‌تر، چگونگی تأثیرگذاری نهادها و نحوه کارکرد قواعد رسمی (مانند قوانین و مقررات مصوب) و قواعد غیررسمی (شکل‌گرفته بر پایه سنت و فرهنگ) بر تعاملات اجتماعی.
- شیوه‌های مالکیت، استفاده و اعمال قدرت در بسترهای مختلف، و همچنین اهمیت پاسخگو کردن صاحبان قدرت در صورت سوءاستفاده یا استفاده نادرست از آن.
- چگونگی تصمیم‌گیری یک جامعه یا نظام سیاسی درباره شیوه‌های همزیستی، از جمله هنجارهای اجتماعی، نحوه میانجی‌گری میان منافع متعارض و شیوه تخصیص منابع موجود (شکل ۹).



شکل ۹- سطوح ارزیابی حاکمیت و تحلیل اقتصاد سیاسی (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱- چگونگی حمایت حسابداری آب از اصلاح حاکمیت آب (Hoogeveen، ۲۰۱۸)

ناحیه مورد مطالعه	مشکل حاکمیت آب چه بود؟	حسابداری آب چه اطلاعاتی ارائه کرد؟	چه توصیه‌های حاکمیتی ایجاد شد یا سیاست آب چگونه تغییر کرد؟
ایالات متحده آمریکا، آبخوان نبراسکا	استفاده بیش از حد و ناپایدار آب از سفره‌های زیرزمینی برای حمایت از آبیاری	تحلیل صحیح عملکرد پایدار آبخوان و مصرف سالانه از طریق آبیاری.	کنتورهای آب معرفی شده، برداشت‌های تنظیم شده، ایجاد گروه‌های مصرف‌کننده آب و نظارت بر نحوه عملکرد.
چین، دشت چین شمالی	استفاده بیش از حد و ناپایدار از آب سفره	تجزیه و تحلیل عملکرد آبخوان و مصرف سالانه با آبیاری.	تنظیم کاربری اراضی تحت آبیاری، تغییر در تکنولوژی آبیاری، کاهش طول فصل آبیاری.
ایالات متحده آمریکا، آبخوان آریزونا	استفاده بیش از حد و ناپایدار از آب سفره	تحلیل صحیح عملکرد پایدار آبخوان و مصرف سالانه از طریق آبیاری.	بانکداری آب از طریق تغذیه مدیریت شده آبخوان. سرمایه‌گذاری در این رویکرد توسط یک نهاد عمومی - اداره بانکداری آب آریزونا - از ۳۵۰ میلیون دلار فراتر رفته است.
تایلند	عدم قطعیت در مصرف آب برای بخش‌های مختلف و در حوضه‌های مختلف	مصرف آب در سناریوهای مختلف اقتصادی آینده را برای کمک به برنامه‌ریزی وزارتخانه را اعلام نمود.	هنوز هیچ تغییری در سیاست وجود ندارد.
غنا، رودخانه ولتا	عدم اطمینان در مورد مصرف آب برای بخش‌های مختلف در رودخانه ولتا	کمّی‌سازی آب سبز و آبی مرتبط با کاربری زمین برای شناسایی منابع بالقوه صرفه‌جویی در آب.	هنوز هیچ تغییری در سیاست وجود ندارد.
ایتالیا	مصرف بیش از حد و نابرابر توسط آبیاری	ارزیابی حجمی آب برداشت و مصرف شده توسط کشاورزان.	استفاده از اصول پرداخت کاربر برای آب حجمی برای کاهش برداشت‌های بی دلیل برای آب کشاورزی.
استرالیا	تخصیص آب در حوضه موری-دارلینگ	تصویر دقیق‌تری از برداشت و مصرف توسط بخش‌های مختلف برای حمایت از تخصیص مبتنی بر بازار نشان داد.	شرکت آب از اطلاعات حساب‌ها برای کمک به توضیح تخصیص و استفاده از آب در بخش‌های مختلف در امتداد رودخانه موروومبیج و اطلاع‌رسانی به بحث‌های جاری استفاده می‌کند.
اندونزی	تنظیم و مدیریت حوضه رودخانه Brantas	حجم برداشت و تخصیص آب.	اعمال مشوق‌های قیمت‌گذاری در بازارهای آب برای تنظیم تقاضای آب.
روسیه (همه حوضه‌های اصلی)	عدم آگاهی در مورد حجم آب برای استفاده	شناسایی حوضه‌هایی که: الف) برای تغییرپذیری ناشی از اقلیم آماده شده بودند. و ب) آب ذخیره برای توسعه بیشتر داشت.	مشاوره در مورد اصلاحات سمت تقاضا و عرضه، از جمله ابزارهایی مانند انتقال بین حوضه‌ای.
ترکیه	عملکرد سیستم‌های آبیاری واگذار شده به کشاورزان از دولت	شاخص‌های عملکرد سیستم‌های آبیاری؛ بازیابی هزینه برای بهره‌برداری و نگهداری؛ منطقه آبیاری شده	هیچ افزایش قابل توجهی در عملکرد مشاهده نشد. نویسندگان به این نتیجه رسیدند که حمایت مداوم از کشاورزان مورد نیاز است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اصلاح حاکمیت آب می‌تواند از طریق حسابرسی مستقیم حاکمیت صورت گیرد.حسابداری آب با تجزیه و تحلیل اینکه آیا یک حوزه معین بطور پایدار از آب در محدوده سیستم هیدرولوژیکی استفاده می‌کند یا خیر، به حاکمیت آب، آگاهی می‌بخشد. Wyrwoll یک مطالعه موردی را مطرح نمود که این ارتباطات را با توجه به عدم انجام حسابداری آب، مدیریت ناپایدار آب و آلودگی هوا نشان می‌داد و دیدگاه عدم توجه به حسابداری و اثرات سوء آن در برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی و ارتباط آن با مدیریت انرژی، زمین، آب و شیوه‌های کشاورزی و اثرات زیست‌محیطی را مطرح می‌نمود (Wyrwoll، ۲۰۱۲).

جدول (۱) مواردی را نشان می‌دهد که در آن‌ها سیاست‌های حاکمیت آب با کاربرد پایای آب در نتیجهٔ حسابداری آب تلفیق گردیده است. اکثر این موارد مشکلات طولانی‌مدت و پیچیده را توصیف می‌کنند و از آنجا که سیاست‌ها به سرعت تغییر نمی‌کنند، بسیاری از این پیامدها همچنان ادامه دارد. حسابداری آب، شیوه‌ها و روندهای ناپایدار یا ناعادلانه را کمّی‌سازی می‌کند و مشخص می‌سازد که چگونه برداشت و مصرف آب فعلی از طریق تغییرات در ورودی‌های طبیعی یا تغذیه سفره ناپایدار خواهد بود، همچنین می‌تواند تعیین کند که آیا تأمین آب برای بخش‌ها، کشورها یا استفاده‌کنندگان به‌طور عادلانه صورت گرفته است یا خیر؟ حسابداری آب سطوح استحصال پایا و مصرف آب را تعریف می‌کند، البته حسابداری آب اغلب سطوح پایین‌تری از استفاده آب را توصیه می‌کند که با تغذیه طبیعی یا منابع تجدیدپذیر موجود، از جمله حاشیه ایمنی، مطابقت دارد.

حسابداری آب برای مدیریت آب

حسابداری آب شامل روش‌های کمّی است که مدیریت روزانه آب را برای دستیابی به نتایج و سطوح عملکرد مطلوب تخمین می‌زند. حسابداری آب شامل مجموعه‌ای از روش‌ها برای نظارت بر عرضه و مصرف آب به‌طور منظم برای ایجاد معیارهای عملکرد مانند بهره‌وری، کارایی و ارزش ویژه است (جدول ۲). در روش‌های حسابداری آب، انواع داده‌ها و شاخص‌ها، اغلب مختص سیستمی که برای آن طراحی شده‌اند، به شیوه‌های مختلف به مدیریت آب کمک می‌کنند:

جدول ۲- شاخص‌های حسابداری آب برای مدیریت زیرساخت‌ها (Hoogeveen، ۲۰۱۸)

چه داده‌های سیستمی جمع‌آوری شده است؟	حسابداری آب چه شاخص‌های مدیریتی را می‌تواند فراهم کند؟	چگونه این اطلاعات در مدیریت آب استفاده می‌شود؟
داده‌های زراعی (بارندگی، تبخیر)	بهره‌وری (کیلوگرم در هکتار یا کیلوگرم در/مکعب آب یا دلار/هکتار، دلار/مترمکعب)	تولید را با معیارها مقایسه می‌کند و مشخص می‌کند که کدام ورودی‌ها تولید را محدود می‌کنند.
داده‌های هیدرومتریک (جریان انهار، جریان کانال‌ها، جریان زهکش‌ها، کیفیت)	کارآیی (هدف درصد آب حجمی) یا راندمان زمان‌بندی (به عنوان مثال ساعت تأخیر)	نشان می‌دهدکه چگونه تلفات ممکن است بر دسترسی به موقع تأثیر بگذارد یا علت یکنواختی ضعیف ازتأمین‌آب راتوضیح دهد.
داده‌های ورودی (منطقه، انرژی، خاک، نیروی‌کار، زراعت شیمیایی، مواد)	توزیع یکسان و یکنواختی (بسیاری از اقدامات یکنواختی را بررسی می‌کنند - به‌عنوان مثال ضریب تغییر)	چگونگی گسترش تنوع عرضه و تقاضا بین کاربران یا مناطق جغرافیایی را تعیین می‌کند. یکنواختی بیشتر بر بهره‌وری و راندمان تأثیرگذار است.
داده‌های تولید (نوع و میزان محصول، برنامه کاشت، قیمت)	کفایت (درصدجریان یا درصد مساحت یا درصد خانوارهای بالاتر از حد معین)	ازمعیارها می‌توان برای مقایسه با سال‌های گذشته یا بین همسالان استفاده کرد.
داده‌های اقتصادی (قیمت، هزینه)	نرخ ورودی‌های مرتبط (به عنوان مثال انرژی در هکتار یا در هر مزرعه)	به تعیین هزینه‌های ورودی‌های مختلف در رابطه با یکدیگر کمک می‌کند.
«برداشت آب باران منبعی افزوده از آب ایجاد می‌کند و به سرسبزی و بهبود وضعیت حوضه‌های آبخیز نیمه‌خشک کمک می‌کند».	کیفیت (به عنوان مثال شوری، مواد شیمیایی کشاورزی، پاتوژن‌ها، نیاز بیولوژیکی به اکسیژن)	تیمارها و/یا نسبت‌های رقت مورد نیاز برای رسیدن به کیفیت آب را به سطح رضایت‌بخش تعیین می‌کند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

- حسابدای آب، اطلاعات لحظه‌ای یا بروزرسانی شده در مورد وضعیت عرضه و تقاضای آب ارائه می‌دهد (Hong و همکاران، ۲۰۱۶).
- حسابداری آب، شفافیت عملکرد و مشاهدات را به کاربران ارائه می‌دهد. اطلاعات را می‌توان برای محک‌زدن عملکرد در طول زمان یا مقایسه عملکرد مورد استفاده قرار داد (Yakubov، ۲۰۱۲).
- حسابداری آب، خلاصه‌های فصلی را ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که محدودیت‌ها و شکاف‌ها در بهره‌برداری، نگهداری و طراحی وجود دارد (Alcon و همکاران، ۲۰۱۷).

حسابداری و حسابرسی آب در خدمت حکمرانی خوب

بسیاری از نگرانی‌ها در حوزه‌ها و شرایط مختلف در راستای توسعه پایدار، نیاز به پاسخ‌های انطباقی و متناسب حکمرانی آب دارد که ایفای نقش حسابداری آب را می‌طلبد.

حمایت جهانی رو به افزایش از حسابداری آب

نمونه‌های ذکر شده در زیر، مثال‌هایی از حمایت جهانی رو به رشد از حسابداری آب محسوب می‌شود:

- هند در حال توسعه طرحی برای حسابداری ملی آب است (Schmidt و همکاران، ۲۰۱۷).
- بانک توسعه آسیایی از زمان انتشار مقاله خط مشی خود در سال ۲۰۱۳ با عنوان «تفکر متفاوت در مورد آب»، حسابداری آب را برای ارزیابی سیاست‌های مدیریت عرضه و تقاضا ترویج کرده است (Plocki، ۲۰۱۳).
- با سابقه طولانی حسابداری آب در حوضه موری-دارلینگ، استاندارد حسابداری آب استرالیا توسط اداره هواشناسی استرالیا میزبانی می‌شود (BOM، ۲۰۱۷).
- موسسه سیاست همگانی کالیفرنیا توصیه می‌کند که حسابداری آب برای مدیریت آب قبل و بعد از خشکسالی فعلی اتخاذ شود (Center, P. W. P، ۲۰۱۶).

در حالی که این روندها در حسابداری آب مثبت و قابل استقبال است، اما برای حمایت سیستماتیک از حسابداری آب می‌توان کارهای بیشتری انجام داد. سه مورد از نقش حسابداری آب در حکمرانی آب به صورت مفصل در زیر توضیح داده شده و سایر موارد در جدول (۴) آمده است.

نقش حسابداری آب در درک صحیح از واقعیت

درک علل متعدد تغییرات محیطی آسان نیست، به‌عنوان مثال یک رودخانه در حال خشک شدن را می‌توان به دلایل مختلفی نسبت داد: تغییرات آب و هوایی، جنگل‌زدایی، جنگل‌کاری، آبیاری بیش از حد و/یا ناکارآمد، کوچک شدن تالاب‌ها، و تغییرات خاک و پوشش گیاهی ناشی از گاوهای زیاد. فقط شواهد خوب تحقیق شده می‌تواند وزنِ داده شده به هر یک از این عوامل را تعیین کند. بدون شواهد، توضیحات ما در مورد تغییرات محیطی چیزی بیش از فرضیات یا افسانه نیست.

اگر حسابداری آب به‌درستی اجرا و راستی‌آزمایی شود، می‌تواند ابزاری مهم برای آشکار کردن پیش‌فرض‌های زیست‌محیطی و مهندسی باشد که در نگاه نخست منطقی به نظر می‌رسند (برای نمونه، این تصور که آبیاری موجب هدررفت آب می‌شود)، اما در واقع نیازمند بررسی دقیق‌تر هستند. به‌عنوان مثال، حسابداری آب در مقیاس حوضه، سیاست‌های آبیاری را که به‌منظور افزایش بهره‌وری با استفاده از آبیاری قطره‌ای طراحی شده‌اند، دوباره مورد ارزیابی قرار می‌دهد؛ زیرا چنین سیاست‌هایی معمولاً پیامد افزایش مصرف آب را در نظر نمی‌گیرند. این وضعیت زمانی رخ می‌دهد که آب به‌ظاهر از دست‌رفته مزارع آبیاری‌شده، که پیش‌تر بازیافت می‌شد، در اثر ارتقای کارایی به مصرف واقعی تبدیل شود.(Molden و Sakthivadivel، ۱۹۹۹).

نمونه‌ای از باورهای رایج مهندسی و محیط زیستی که توسط حسابداری آب اصلاح گردیدند، در جدول (۳) آورده شده است. تقریباً در همه موارد، حسابداری آب نشان می‌دهد که محاسبات و مشاهدات دقیق، باورهای رایج موجود که اغلب دیدگاهی جزئی از یک پدیده را دارند، بهبود می‌بخشد. به‌عنوان مثال، جنگل‌کاری ممکن است به‌طور مفیدی نرخ نفوذ آب در خاک را بهبود بخشد، اما تأثیر منفی و کاهش (از طریق افزایش تعرق آب ریشه عمیق چند ساله) بر مقدار آب در حال حرکت از خاک به آب‌های زیرزمینی داشته باشد، در نتیجه برخی از جنگل‌ها تولیدکننده آب نیستند، اما به مصرف‌کنندگان خالص آب تبدیل می‌شوند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۳- باورهای رایج مهندسی و زیست‌محیطی که توسط حسابداری آب اصلاح گردیدند (Hoogeveen، ۲۰۱۸)

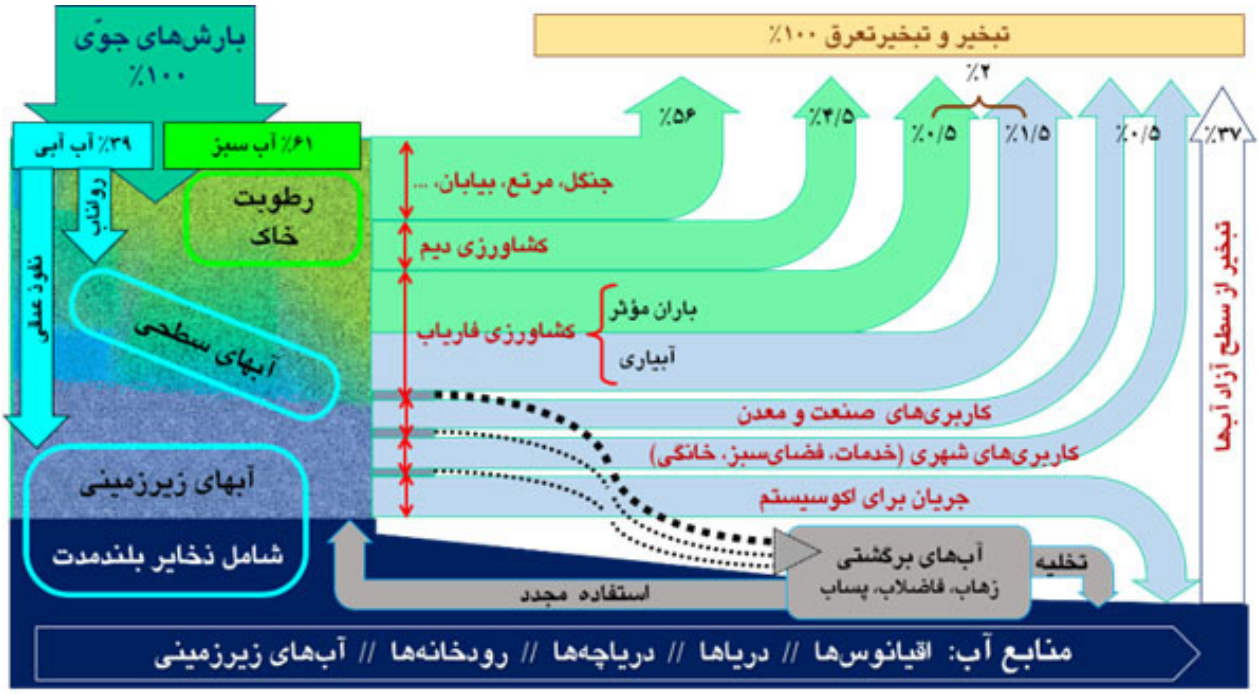
فرضیات و باورهای رایج	چگونه حسابداری آب می‌تواند توضیحات دقیق‌تری را مطرح نماید
آبیاری قطره‌ای باعث صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش مصرف می‌شود.	کشاورزان، در نتیجه ذخیره‌سازی ایجاد شده با آبیاری قطره‌ای، می‌توانند محصول خود را تغییر، گسترش و افزایش دهند. این کشت جدید منجر به مصرف آب بیشتر در سطح سیستم آبیاری می‌شود. آبیاری قطره‌ای با در اختیار قرار دادن تدریجی و پیوسته آب در سطح ریشه، امکان افزایش تعرق و خارج از دسترس قرار گرفتن آب موجود در چرخه را فراهم می‌سازد.
تالاب‌های سالم مانند یک اسفنج عمل می‌کنند و آب را افزایش می‌دهند.	تالاب‌ها جریان رودخانه‌ها را کاهش می‌دهند و می‌توانند جریان‌های پایه را در دوره‌های خشک‌تر پشتیبانی کنند و به تغذیه آبخوان‌ها کمک کنند. با این حال، تالاب‌ها به صورت سالانه و حجمی آب را تبخیر می‌کنند و می‌توانند به‌عنوان مصرف‌کننده خالص آب عمل کنند. هیدرولوژی تالاب‌ها مختص شرایط، رویدادهای بارندگی و ماهیت تغییر تالاب است.
جنگل‌ها به عنوان برج‌های مخزن آب عمل می‌کنند و آب را برای جریان رودخانه‌ها افزایش می‌دهند.	جنگل‌ها بسته به نوع پوشش گیاهی، تعرق خالص و تأثیر ریشه‌زایی به روش‌های مختلفی بر میزان نفوذ خاک، هیدرولوژی حوضه آبریز تأثیرگذار خواهد بود. برای مثال، در آفریقای جنوبی، برخی از جنگل‌ها، که به‌ویژه از گونه‌های مهاجم خارجی تشکیل شده‌اند، مصرف‌کننده خالص آب هستند.
آبیاری بالادست باعث کمبود آب در پایین‌دست می‌شود که تولید برق آبی را کاهش می‌دهد.	پر کردن و تخلیه سدها به عوامل بسیاری بستگی دارد و نه تنها باعث تغییر رواناب ناشی از آبیاری بالادست می‌شود. حجم آب ذخیره شده در سدها، اغلب از حجم آب تولید شده در جریان رویدادهای موسمی توسط حوضه‌های آبریز بزرگ فراتر می‌رود.
سدها باعث افزایش منابع آب می‌شوند.	سدها باید براساس تعدادی از معیارها موقعیت، اندازه و بهره‌برداری شوند. در اقلیم‌های نیمه‌خشک با تبخیر بالا، همین معیارهای طراحی می‌توانند سودمندی سدها را در تأمین آب پایین‌دست محدود کنند. سدهایی که در رابطه با نیازهای پایین‌دستی یا تغییرات آب و هوایی کم وسعت هستند، یا مدیریت ضعیفی دارند (مثلاً آب ذخیره شده بیش‌ازحد تخلیه می‌شود)، در توانایی خود برای تأمین نیازهای آب در دوره‌های خشک «محدود» هستند.
«برداشت آب باران موجب ایجاد منابع آبی اضافی شده و به سرسبزی و بهبود پوشش گیاهی در حوضه‌های آبخیز نیمه‌خشک کمک می‌کند».	برداشت آب باران با طراحی دقیق، قرارگیری و حفظ آن می‌تواند نشت بارندگی را در خاک و آب‌های زیرزمینی در محل بهبود بخشد. اما آب جذب شده توسط برداشت آب باران در بخش‌های بالادست حوضه می‌تواند مصرف‌های آب پایین‌دست را کاهش داده و برای تأمین آب آشامیدنی مشکلاتی ایجاد کند. برداشت آب باران به‌طور بالقوه مصرف آب را به بالادست تغییر می‌دهد، پدیده‌ای که باید توسط همه ذی‌نفعان حوضه، مورد بحث قرار گیرد.

به منظور مقابله با باورهای رایج نهادینه شده و ایجاد درک جدید، حسابداری آب باید قابل انتقال و با فهم آسان باشد. حسابداری آب فرآیند انتقال اطلاعات مربوط به منابع آب است.

شکل (۱۰) «نمودار دیدگاه اجمالی» برای حسابداری آب حوضه است که به وضوح نحوه مصرف آب توسط بخش‌ها و مصارف مختلف را نشان می‌دهد. گزارش‌دهی به نحوه ارائه اطلاعات تراز آبی در قالب‌هایی اشاره دارد که متناسب با نیازهای گوناگون کاربران و مقاصد گزارش‌دهی طراحی شده‌اند (Minerals Council of Australia، ۲۰۱۲).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱۰- چرخه آب روی خشکی‌ها با تفکیک مصارف از آب سبز و آب آبی (درصدهای تقریبی برای متوسط دنیا) (داوری و همکاران، ۱۴۰۳)

حسابداری آب برای اهداف توسعه پایدار

اهداف توسعه پایدار برای آب و بخش‌های مربوطه مانند غذا، نیازمند توسعه شاخص‌هایی برای نظارت بر پیشرفت است. شاخص‌های معنادار برای ارزیابی استفاده پایدار از آب برای انسان و سیستم‌های طبیعی با در نظر گرفتن هر دو جنبه کمّی و کیفی، بیشتر مورد نیاز است (Hák و همکاران، ۲۰۱۶). حسابداری آب از تدوین و استفاده از شاخص‌ها برای اهداف توسعه پایدار (به ویژه بند ۶ اهداف توسعه پایدار) به چند روش پشتیبانی می‌کند (Bhaduri و همکاران، ۲۰۱۶):

- حسابداری آب بحثی را در مورد مرتبط بودن شاخص‌هایی که در مورد اهداف توسعه پایدار گزارش می‌دهند، شامل داده‌های عددی مانند تعداد خانوارهایی که منابع آب بهبود یافته دارند و داده‌های نسبتی مربوط به کارایی سیستم‌ها را بیان می‌کند.
- حسابداری آب به بحث درمورد طراحی شاخص‌هایی می‌پردازد که اکثر مفسران موافق هستند که باید هوشمند باشند.
- حسابداری آب اطلاعات پایه را در مورد حوضه‌ها ارائه می‌دهد که می‌تواند برای شناسایی تغییرات ناشی از سیاست‌های جدید استفاده شود.
- حسابداری آب نشان می‌دهد که کجا اطلاعات گم شده، غیرقابل اعتماد است یا می‌تواند از معیارهای دیگر استخراج شود (مثلاً آمار زمین).
- حسابداری آب به دلیل سخت‌گیری در بررسی آب از منظر کمّی، از یک رویکرد یکسان برای نظارت بر اهداف توسعه پایدار پشتیبانی می‌کند.
- حسابداری آب به برجسته کردن و پرداختن به مبادلات احتمالی در اهداف توسعه پایدار با استفاده از دیدگاه بلندمدت ارتباط آب-انرژی-غذا کمک می‌کند. به‌عنوان مثال، نیاز به دستیابی به امنیت غذایی (بند ۲ اهداف توسعه پایدار) می‌تواند به‌طور بالقوه منجر به مصرف بیش از حد آب، انحراف حوضه‌ها و سفره‌های زیرزمینی به سمت کمبود آب و عدم انعطاف بیشتر شود. اگر بند ۷ اهداف توسعه پایدار، در مورد انرژی، از طریق دسترسی به انرژی‌های تجدیدپذیرِ خورشیدی محقق شود، همین خطر وجود دارد، زیرا برق در دسترسِ آزاد می‌تواند منجر به برداشت بیشتر آب شود و دستیابی پایدار به هدف بند ۶ توسعه پایدار را تضعیف کند.

به‌طور خلاصه، حسابداری آب واقع‌گرایی و دقت را به بحث پیرامون نظارت بر آب و هدف توسعه پایدار مرتبط با آب می‌آورد. در حالی که اهداف توسعه پایدار جامع‌ترین چارچوب بین‌المللی را برای ارائه توسعه پایدار به اقتصادها و جوامع جهان نشان می‌دهد، اما از نظر نظارت بر پیشرفت، مملو از خطرات است. برون‌یابی شاخص‌ها از سنجش از راه دور یا

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

آمارهای غیرقابل اعتماد بسیار آسان است یا به‌طور کامل از نظر تئوری درک نمی‌شوند. بدون دقت ارائه شده توسط حسابداری آب، پیامد آن این خواهد بود که سیاست‌گذاران، آب و اهداف توسعه پایدار مربوط به آب را مدیریت نخواهند کرد، بلکه شاخص‌ها را مدیریت خواهند کرد.

شاخص‌ها و حکمرانی آب

شاخص‌ها به عنوان ابزار قدرتمند تصمیم‌گیری و عناصر کلیدی در جهت توسعه پایدار در حیطهٔ مسائل مرتبط با آب مطرح می‌گردند. استفاده از شاخص‌ها می‌تواند به جمع‌بندی حجم قابل توجهی از داده‌ها و اطلاعات متنوع در مورد جامعه، اقتصاد و محیط زیست در چندین معیار کمک کند و با ترکیب گروهی از نشانگرها، شاخص یا شاخص‌هایی برای اهداف مختلف و کاربران نهایی ایجاد شود. چارچوب‌های ارزیابی مبتنی بر شاخص‌ها می‌توانند نقش مهمی برای برقراری ارتباط اطلاعات علمی و فنی بین گروه‌های مختلف ذی‌نفعان و تبدیل اطلاعات به خرد (یا دانش عملی) به عنوان ابزار پشتیبانی سیاست/تصمیم ایفا کنند (Shafiei و همکاران، ۲۰۲۲). رحمانی و همکاران (۱۴۰۰)، با بررسی شاخص‌های رایج مدیریت آب در جهان، ۲۰۰ شاخص را برای مدیریت پایدار آب شناسایی نموده و چهار مؤلفه پایداری (اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و نهادی) را در جهت توسعه پایدار در حیطهٔ مسائل مرتبط با آب مورد نظر قرار دادند.

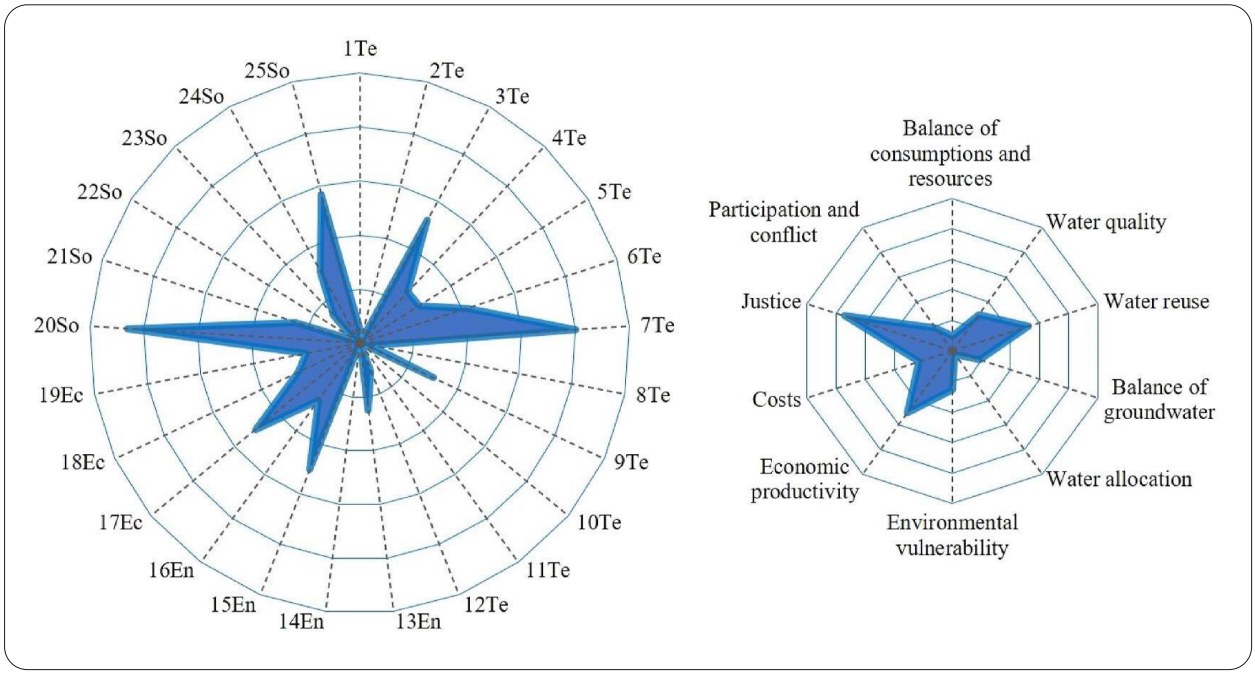
معمولاً برای شناسایی و توصیف شاخص‌ها و تعریف شاخص‌های جدید براساس طبقه‌بندی آن‌ها، ماتریس ارزیابی طراحی می‌گردد و برای ارزیابی شاخص‌ها بر اساس مولفه‌های پایداری، از دیدگاه‌های گروه‌های مختلف تصمیم‌گیرنده در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، علوم محیطی و نهادی بهره گرفته می‌شود. در مرحله اول، انتخاب و ارزیابی شاخص‌ها با هدف حذف شاخص‌هایی با مفهوم یکسان و انتخاب شاخص‌هایی متناسب با معیار SMART[۳۷] برگرفته از کلمات خاص (قابل اندازه‌گیری، قابل دسترسی، مرتبط و متناسب و داشتن محدوده زمانی) انجام می‌شود. در مرحله دوم، ارزیابی شاخص‌ها بر اساس تناسب هر شاخص برای استفاده در مقیاس حوضه و در مرحله سوم شاخص‌های نهایی از بین شاخص‌های اولیه انتخاب می‌شوند تا با در نظر گرفتن مولفه‌های پایداری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. برای نمونه در کار انجام شده توسط خانم رحمانی و همکاران (۱۴۰۰) از نتایج تجزیه و تحلیل‌ها مشخص گردید که ۳۰ شاخص با اکثر مولفه‌های پایداری همخوانی دارند. طبق نظر UNESCO World Water Assessment Programme (۲۰۰۹) این شاخص‌ها طیف وسیعی از مسائل مربوط به منابع آب را توصیف نمودند. ۳۰ شاخص دو بعدی بوده و با دو مؤلفه پایداری سازگار هستند. این شاخص‌ها با در نظر گرفتن بیش از یک جنبه از پایداری، مانند «تعداد دستورالعمل‌های مشارکتی موجود و عملیاتی‌شده» که یکی از بالاترین امتیازها برای مؤلفه نهادی است (امتیاز ۸/۶۶ از ۹) متمایز می‌شوند. ۶ شاخص تک‌بعدی هستند که یک جزء پایداری را برآورده می‌کنند. شاخص‌های تک‌بعدی مانند، شاخص نیترات و نیتریت در آب‌های زیرزمینی به عنوان یک شاخص بسیار مرتبط از کیفیت زیست‌محیطی آب است و امتیاز بسیار بالایی را برای مؤلفه‌های زیست محیطی (۸/۸۸) کسب کرده است. شاخص با بالاترین میانگین امتیاز (۷/۸) شاخص «تنش آبی نسبی» بود که میزان برداشت آب در بخش‌های شرب، صنعت و کشاورزی را نسبت به ذخایر آبی اندازه‌گیری می‌کند. «تنش آبی نسبی» به همراه «نسبت وابستگی به حوضه‌های مجاور» و «شاخص مصرف ناپایدار آب» تنها شاخص‌هایی بودند که با هر چهار بعد پایداری همخوانی داشتند (رحمانی و همکاران، ۱۴۰۰).

در پژوهشی دیگر Shafiei و همکاران (۲۰۲۲)، در زمینه مدیریت آب به ارزیابی پایایی مبتنی بر شاخص‌ها در سطح محدوده مطالعاتی مشهد پرداختند (شکل ۱۱). این روش مبتنی بر یک رویکرد مشارکتی بوده که شامل تشکیل یک پانل تخصصی از ذی‌نفعان حوضه، ایجاد اهداف و مقاصد، شناسایی و غربالگری شاخص‌ها و شکل‌دهی چارچوب نهایی ارزیابی پایایی بود. ۳۲۲ شاخص مورد بررسی قرار داده شد و با استفاده از معیارهای انتخاب و دو دور روش دلفی فازی، ۲۵ شاخص مناسب برای هدف مرتبط با مدیریت پایای آب در حوضه مورد مطالعه، بررسی گردید. یک چارچوب ارزیابی پایایی با دسته‌بندی شاخص‌های نهایی به چهار مؤلفه اصلی (فنی Te، زیست‌محیطی En، اقتصادی Ec و اجتماعی So) و ده جزء فرعی برای ارائه پیوندها و بینش‌های بهتر از شیوه‌های مدیریت آب حوضه بین گروه‌های مختلف ذی‌نفعان تشکیل شد و با استفاده از یک طرح وزن‌دهی از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یک شاخص پایداری با تجمیع شاخص‌ها ایجاد گردید. شاخص‌های مولفه‌ها یعنی فنی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۲۵، ۰/۴۳، ۰/۵۶ محاسبه شد. نتایج نشان داد که شاخص فنی و زیست‌محیطی از پایین‌ترین امتیازها در شاخص‌های اجزای حوضه مشهد است و حوضه آبریز مشهد در شرایط بحرانی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ناپایدار با شاخص پایداری ۰/۳۴ از ۱ قرار دارد. تجزیه و تحلیل اهمیت نسبی شاخص‌های تطبیقی نشان می‌دهد که چهار شاخص رتبه‌بندی برتر (شامل بهره‌وری آب، دسترسی به آب آشامیدنی سالم، وابستگی به آب‌های زیرزمینی تجدیدپذیر و آلودگی آب) تقریباً ۴۰ درصد در شاخص پایداری حوضه نقش دارند (Shafiei و همکاران، ۲۰۲۲).



شکل ۱۱- نتایج ارزیابی پایداری حوضه مشهد بر اساس ۲۵ امتیاز شاخص (چپ، الف) و ۱۰ امتیاز زیرمؤلفه (راست، ب).
دامنه امتیازات از ۰ (مرکز دایره) تا ۱ (حومه دایره) متغیر است (Shafiei و همکاران، ۲۰۲۲)

جدول ۴- مواردی از نقش حسابداری آب در حکمرانی آب

عنوان	توضیح
رشد اقتصادی پایدار	رشد اقتصادهای تجربه شده در روستاها، شهرها، مناطق و شهرها مزایای اجتماعی قابل توجهی از جمله ایجاد شغل، رفاه انسانی، و تولید ثروت و مالیات برای هزینه‌های بیشتر در مدارس، امکانات پزشکی، فضاهای تفریحی و حمل‌ونقل را فراهم می‌کند. با این حال، رشد اقتصادی می‌تواند تقاضای آب اضافی بالاتر و فراتر از سطوح فعلی ایجاد کند. حسابداری آب می‌تواند به برنامه‌ریزان عمومی و شرکت‌ها کمک کند تا از نظر هیدرولوژیکی برای برنامه‌های خود هزینه کنند تا اطمینان حاصل کنند که در آینده بدون آب سرگردان نمی‌شوند و آب را از مصرف‌کنندگان محلی موجود می‌گیرند (FAO، ۲۰۱۸).
تحقق اهداف	حسابداری آب به نظارت و دستیابی به تمامی اهداف هفده‌گانه توسعه پایدار در زمینه رشد اقتصادی، کاهش فقر و حفاظت از محیط زیست کمک می‌کند. نه‌تنها از آب برای همه فعالیت‌های انسانی، اجتماعی، اقتصادی و طبیعی استفاده می‌شود، آب به صراحت با برآوردن دومین هدف توسعه پایدار در مورد غذا، ششمین هدف در مورد آب، هفتمین هدف در انرژی، سیزدهمین هدف در سازگاری با آب و هوا و پانزدهمین هدف در اکوسیستم‌های زمینی مرتبط است (Carlsen و Bruggemann، ۲۰۲۲). برنامه‌ریزان اقتصادی و سازمان‌های محیط‌زیست به حسابداری آب نیاز دارند تا بررسی کنند که آیا طرح‌هایشان مفهوم هیدرولوژیکی دارد (یعنی آیا برای همهٔ موارد مصرف و کاربران کافی است؟) و برای پاسخ به این سئوال: «آب از کجا خواهد آمد؟»

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

محدودیت منابع آب	حسابداری آب، یادآور می‌سازد که در مقیاس جهانی مقدار کل آب شیرین موجود برای انسان و محیط‌زیست کم و بیش ثابت است و بسیاری از حوضه‌ها قادر به یافتن منابع جدید آب شیرین نیستند (Mekonnen و Hoekstra، ۲۰۱۶). با این وجود، جامعه به درستی می‌پرسد که چگونه منابع آب را می‌توان افزایش داد، با توجه به اینکه این منابع در طول زمان و مکان به طور قابل توجهی متفاوت هستند. برخی از راه‌حل‌ها، که به‌عنوان راه‌حل‌های افزایش عرضه شناخته می‌شوند، شامل انتقال بین حوضه‌ای بین حوضه‌های آبریز، نمک‌زدایی آب شور، ذخیره‌سازی ساختمان برای جذب آب سیل، بازیافت فاضلاب و مدیریت سفره‌های زیرزمینی برای برداشت می‌شوند. حسابداری آب محاسبه می‌کند که آیا این راه‌حل‌ها واقعاً منابع را افزایش می‌دهند و به رفع کمبودها کمک می‌کنند یا اینکه آیا آن‌ها صرفاً یک اهمال کاری را ایجاد می‌کنند.
افزایش تقاضا	افزایش جمعیت جهان و شهرنشینی، همراه با تقاضای فزاینده برای غذا و نیاز به تأمین جریان‌های زیست محیطی، منجر به افزایش تقاضا برای آب شده است.(Greenو همکاران، ۲۰۱۵). کمیابی آب، منجر به رقابت بیشتر در بین مصرف‌کنندگان مختلف آب شیرین می‌شود. مدیریت این رقابت با وجود توزیع آب موجود بین استفاده‌کنندگان یک چالش بزرگ حاکمیت آب است. حسابداری آب به سیاست‌گذاران اطلاع می‌دهد که آیا فعالیت‌های صورت گرفته (مانند سدهای جدید، طرح‌های آبیاری یا اصلاح قانون آب) به مدیریت کم‌آبی و رقابت کمک می‌کند یا خیر.
تغییرات اقلیم و مواجهه با کمبود آب	تغییرات آب و هوا کمبود آب را تشدید می‌کند، به‌طوری که انتظار می‌رود تغییرات ناشی از تغییرات آب و هوایی افزایش یابد (Schewe و همکاران، ۲۰۱۴). خشکسالی‌ها نمونه‌هایی از تنوع آب هستند و موارد اخیر تأثیر آن را بر مناطق شهری احاطه شده با کشاورزی آبی نشان می‌دهد (مانند کیپ تاون، لس آنجلس، روستاهای روستایی در ساحل). در بسیاری از موارد، خشکسالی در مناطق کشاورزی و شهری منجر به پمپاژ بیش از حد سفره‌های زیرزمینی شده است که منجر به فرونشست شدید زمین شده و بر زیرساخت‌ها و ظرفیت سفره‌های زیرزمینی برای نگهداری آب تأثیر می‌گذارد (Galindo-Castillo و همکاران، ۲۰۱۷). در اقتصادهای در حال توسعه و در حال گذار، خشکسالی می‌تواند منجر به قحطی، مرگ، مهاجرت و حتی بی‌نظمی سیاسی و اجتماعی شود (Obokata و همکاران، ۲۰۱۴). حسابداری آب در طول خشکسالی محاسبه می‌کند که چه مقدار آب در ذخایر و جریان باقی می‌ماند و چه اقدامات جدید طرف عرضه و تقاضا باعث افزایش بیشتر منابع می‌شود. همراه با مطالعات آینده‌نگری، حسابداری آب می‌تواند به آماده شدن برای تغییرات ناگهانی آب و هوایی کمک کند (Briggs، ۲۰۱۷).
مقابله با سیل	سیل یک عامل استرس‌زا برای جوامع شهری و روستایی و زیرساخت‌های آبی طراحی شده برای رژیم‌های هیدرولوژیکی قدیمی است. نکته مهم این است که اگر بتوان زیرساخت کنترل و ذخیره آب اضافی را طراحی، ساخت و راه‌اندازی کرد، رویدادهای سیل همچنین می‌توانند فرصتی برای تقویت منابع آب فراهم کنند (Ehsani و همکاران، ۲۰۱۷). رویکردهای جدید برای سازگاری با سیل، مزایای سیل، و مبادلات بالقوه مرتبط با زیرساخت‌های جدید، به حسابداری دقیق آب بستگی دارد.
بهبود بهره‌وری آب	با افزایش تقاضای جمعیت، غذا، فیبر، سوخت و خوراک، دستیابی به سطوح بهینه بهره‌وری آب، تولید و بهره‌وری مصرف آب در سیستم‌های شهری، کشاورزی و صنعتی ضروری است. در کشاورزی، هدف مدیریت آب و سایر نهاده‌ها به‌گونه‌ای است که بازده محصول برای یک زمینه معین و مجموعه‌ای از محدودیت‌ها بهینه شود (Giordano و همکاران، ۲۰۱۷). حسابداری آب به این بحث‌ها در مورد روابط بین بهره‌وری، بهره‌وری و آب برداشت و مصرف کمک می‌کند.
مدیریت تخصیص	مقادیر زیاد آب استحصال و مصرف شده در آبیاری در بسیاری از حوضه‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری همراه با سایر نیازها مانند آب برای شهرها، یک چالش کلیدی تخصیص آب و حسابداری آب ایجاد می‌کند. از دیگر سو این نگرانی وجود دارد که صرفه‌جویی در بهره‌وری در سطح مزرعه به‌طور متناقضی منجر به مصرف بالاتر شود (Berbel و همکاران، ۲۰۱۵). یکی دیگر از سؤالات مهم حسابداری آب مربوط به توصیه برای افزایش عرضه و مصرف آب به کشاورزی دیم از طریق آبیاری تکمیلی است، سؤالی که می‌توان اینگونه بیان کرد: «این موضوع چه تأثیراتی بر مصرف‌کنندگان پایین‌دستی خواهد داشت؟» تخصیص آب در حوضه‌های آبی و دیم (به خصوص اگر راه‌حل‌های جدید جانبی (مانند سدها) محدود باشد)، یک چالش بزرگ باقی می‌ماند (Rockström و همکاران، ۲۰۱۰).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

افزایش وابستگی برداشت‌ها	شکاف بین عرضه و تقاضا که در بسیاری از حوضه‌های رودخانه‌ها و سیستم‌های آبخوان یافت می‌شود، به‌طور فزاینده‌ای کاربری‌های مختلف آب را به یکدیگر وابسته می‌کند. عدم درک این وابستگی موجب می‌گردد تا هر گونه تخصیص و مصرف آب توسط یک کاربر به‌طور خودکار آب را از کاربر دیگر می‌گیرد (حتی در فواصل دور). در چنین شرایطی حسابداری آب ضرورت می‌یابد. افزایش برداشت‌ها و وابستگی‌ها، نیاز به حسابداری دقیق به ویژه برای حفظ یا افزایش رشد اقتصادی، حفاظت از نیازهای اساسی و افزایش شفافیت برای از بین بردن این حس نامتناسب مبنی بر «دزدیده شدن» آب را دو چندان می‌نماید. آب‌بران مجاز، روز به روز متقاضی شفافیت و نظارت بیشتر به کمک حسابداری دقیق آب برای احقاق حق می‌باشند (Whelan و Fink، ۲۰۱۶).
توزیع عادلانه آب	بهره‌وری سیستم‌های آبیاری و رفاه در مراکز شهری نیاز به توزیع به موقع و عادلانه آب دارد. تقریباً تمام فرآیندهای انسانی، طبیعی و ناشی از انسان از آب پاک و شیرین بهره می‌برند که به موقع تحویل داده می‌شود. حسابداری آب در این حوزه‌ها به فرآیند توزیع اطلاع می‌دهد و می‌تواند در مجموع منجر به افزایش کارآمدی و تولید گردد (Hoogeveen، ۲۰۱۸).
مدیریت ارتباط آب-انرژی-غذا	آب یکی از بخش‌های حیاتی پیوند انرژی، زمین، محیط زیست و غذا است. ارتباط بین این‌ها به این معنی است که تغییرات در دسترس بودن آب می‌تواند عواقب ناخواسته‌ای برای سایر قسمت‌ها داشته باشد. برای مثال، برخلاف آبیاری ثقلی، آبیاری مکانیزه از انرژی، برای پمپاژ و فیلتر کردن آب استفاده می‌کند. حسابداری آب در این ارتباطات نقشی ثمربخش ایفا می‌کند (Hoogeveen، ۲۰۱۸).
کاهش مخاطرات زیست محیطی	یک خطر زیست‌محیطی کلیدی کمبود آب و تقاضای بیش از حد، فقدان جریان‌های زیست‌محیطی است که به‌عنوان جریان‌های زیست‌محیطی برای تالاب‌ها و دلتاهای رودخانه‌ها نیز شناخته می‌شود. حسابداری آب اندازه این جریان‌ها و ویژگی‌های مرتبط مانند عمق جریان‌ها، زمان‌بندی و دما را تعیین می‌کند تا راهنمایی کند که چگونه این اجزای داخلی و مصرفی در تخصیص آب ادغام می‌شوند. دومین خطر زیست‌محیطی، آلودگی آب است. آلودگی آب نه‌تنها آب شیرین را غیرقابل استفاده می‌کند و به هزینه‌های پاکسازی می‌افزاید، بلکه تخصیص آب را نیز مشکل‌ساز می‌کند، زیرا آب برای رقیق کردن آلودگی تا سطوح قابل قبول مورد نیاز است. در حالی که تعیین کمیت این تقاضای رقیق‌سازی و محاسبه آن دشوار است و فضای بین عرضه و تقاضای آب را بیشتر کاهش می‌دهد. سومین جنبه خارجی محیطی، جو است که شامل گازهای گلخانه‌ای می‌شود، مانند: الف) دی‌اکسیدکربن تولید شده در هنگام تغییر فناوری‌های آب به منابع انرژی کربن فشرده، ب) متان تولید شده توسط آبیاری برنج و دام. در حالی که کاهش برخی از گازهای گلخانه‌ای دشوار است، برخی دیگر با انتخاب‌های تکنولوژیکی مرتبط هستند که سعی در کاهش تقاضای آب دارند. حسابداری آب به ایجاد این ارتباطات کمک می‌کند (Hoogeveen، ۲۰۱۸).
انطباق با تأثیرات سیاست‌های غیرآبی	در مناطقی با منابع آبی محدود، سایر سیاست‌های غیرآبی اقتصاد می‌تواند تعادل تقاضای آب را تغییر دهد. به‌عنوان مثال، سیاست افزایش امنیت غذایی در یک منطقه نیمه‌خشک با آبیاری در فصل خشک، فشار بیشتری را بر منابع آب سطحی محدود وارد می‌کند. از طرف دیگر، گزینه‌های زیادی برای کاهش مصرف آب با تغییر اقتصادها از کشاورزی آبی به سمت صنایع سبک یا بخش‌های خدماتی وجود دارد (Allan، ۲۰۰۱). حسابداری آب می‌تواند به مدل‌سازی این سناریوها کمک کند و نشان دهد که چگونه بر تعادل بین عرضه و تقاضای آب تأثیر می‌گذارد.
سرعت در تغییر نقش آب	حسابداری آب به نقش‌های در حال تغییر در مدیریت و حکمرانی آب پاسخ می‌دهد و منعکس‌کنندهٔ آن است. شرکت‌ها، سازمان‌های غیردولتی و مردم‌نهاد، شرکت‌های آب و برق و گروه‌های مصرف‌کننده آب بیش از هر زمان دیگری درگیر مسائل آب هستند، در حالی که در همان زمان دولت‌ها به دنبال راه‌هایی برای کنار گذاشتن مسئولیت و تغییر نقش‌های تسهیل‌کننده و نظارتی هستند. با این حال، مشکلات عمده، از این تغییر نقش‌ها ناشی می‌شود. برخی از سوالاتی که باید پرسیده شود این است: «اقدامات فعلی زیرساخت‌ها و نهادها چگونه از این نقش‌های جدید حمایت می‌کنند؟» (Soliev و همکاران، ۲۰۱۷) و «این نقش‌ها چگونه بهم پیوسته‌اند تا بجای شکاف‌ها، نظارت کافی ایجاد شود؟» به عبارت دیگر، زیرساخت‌های دولتی و اداره‌شده چگونه ممکن است داده‌های عملیاتی و تصمیم‌گیری را با بخش خصوصی و گروه‌های کاربری به اشتراک بگذارند و بالعکس؟ (National Research Council، ۲۰۱۲) و چگونه سازمان‌های دولتی می‌توانند به داده‌های آب از بخش خصوصی و گروه‌های کاربری دسترسی داشته باشند؟

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مشارکت برای حسابداری آب

حسابداری موفقیت‌آمیز آب در آینده به همکاری سالم بین بسیاری از ذی‌نفعان وابسته به مزایای اشتراک‌گذاری ریسک‌ها و رویکردها بستگی دارد (Baleta و Winter، ۲۰۱۷). اصلاحات و حسابداری موفق حاکمیت آب وابسته به شمول کامل همه بازیگران آب است که در یک انجمن باز بی‌طرفانه کار می‌کنند تا به مشکل، روش، تجزیه و تحلیل و شناسایی راه‌حل، کمک کنند. جدول (۵)، نمونه‌های موردی از کاربرد حسابداری آب برای رشد اقتصادی و جمعیت پایدار را ارائه می‌دهد. پیشرفت آینده مستلزم آن است که قهرمانان سیستم‌های مختلف حسابداری آب در مورد روش‌ها، اندازه‌گیری‌ها، معیارها و اصطلاحات توافق کنند (Chalmers و همکاران، ۲۰۱۲؛ Konar و همکاران، ۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری

با توجه به تشدید محدودیت‌های آب، تقاضای فزاینده و تشدید نابرابری‌های قابلیت دسترسی آب و همچنین با تأکید بر ضرورت نقش آب به‌عنوان زیربنای اهداف توسعه پایدار، رویکرد حسابداری و حسابرسی آب از عوامل مؤثر برای بهبود حکمرانی آب محسوب می‌گردند. برای تغییر نحوه استفاده از آب توسط بخش‌ها و ذی‌نفعان و اعمال مدیریتی پایدار، کارآمدی پایا و عادلانه، اقدام فوری لازم است. حسابداری و حسابرسی آب باید مقدم بر هر استراتژی مدیریت و حاکمیت آب باشد. سنگ بنای دستیابی به اجماع کنشگران در مورد اطلاعات ضروری در مورد منابع آب، حسابداری آب، مطالعه سیستماتیک چرخه هیدرولوژیکی و وضعیت و روند در عرضه، تقاضا، دسترسی و

جدول ۵- نمونه‌های موردی از کاربرد حسابداری آب برای رشد اقتصادی و جمعیت پایدار (Hoogeveen، ۲۰۱۸)

نمونه موردی	مشکل چیست؟	نقش حسابداری آب
چنای، هند	همانند بسیاری از شهرهای بزرگ دیگر هند، جمعیت و تقاضای آب جمعیتِ چنای به‌طور قابل توجهی در حال افزایش است.	نشان دادن محدودیت‌های فعلی عرضه برای تأمین تنها ۷۵ ٪ تقاضا.
فالز آیداهو، ایالات متحده	آب شیرین و آشامیدنی کلید توسعه و رشد شهر است. شهرهای آیداهو برای بدست آوردن آب کافی برای رشد و در عین حال عدم تسخیر آب کشاورزی با چالش مواجه هستند.	«ضرورت تعریف منابع تأمین آب اضافی - از جمله انتقال آب بین‌حوضه‌ای و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی - در سیاست‌گذاری‌ها برجسته است. حذف رویکرد تخصیص میان‌بخشی باعث محدود شدن گزینه‌های مدیریتی پیش‌روی شهرهای ایالت آیداهو خواهد شد.»
مکزیک سیتی	رشد فزاینده جمعیت مکزیکوسیتی که منجر به مشکلات امنیتی آب برای ساکنان شهر گردیده است. شیوع بالای آلودگی آب و کاهش آب‌های زیرزمینی.	مقرون به‌صرفه بودن آب به‌عنوان درصدی از کل درآمد ماهانه؛ با توجه به روند سطح آب‌های زیرزمینی و آلودگی.
شهر پکن، چین	مانند مکزیکوسیتی، رشد بسیار سریع شهر پکن، فشار فزاینده بر منابع آب وارد می‌کند، اما برخلاف مکزیکوسیتی، آب‌های زیرزمینی دوباره شارژ می‌شود.	تعیین میزان شارژ آب زیرزمینی در منطقه شهری
شرق آنگلیا، انگلیس	شرق آنگلیا یکی از بالاترین رشد جمعیت بریتانیا را تجربه می‌کند. یک شرکت معتبر باید آب مورد نیاز را برای جمعیت رو به رشد، تأمین نماید.	نشان می‌دهد که راه‌حل‌های مدیریت عرضه و تقاضا در کجا مورد نیاز است و محدودیت‌های انتقال آب خارج از حوضه‌ای به لندن را بیان می‌دارد.
آسیای غربی	عوامل محرک درگیری‌های آب در اردن، سوریه، مصر، یمن، عراق و ایران؛ تغییرات آب و هوایی، از جمله کاهش مداوم بارندگی. افزایش جمعیت؛ عطش توسعه صنعتی‌شدن؛ ارتقاء سطح زندگی... و الگوهای نگران‌کننده مصرف آب	تفکیک عوامل افزایش مصرف آب، معیارهایی را ارائه می‌دهد که به دیپلماسی و بحث منطقه‌ای می‌پردازد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

استفاده آب است. حسابرسی آب این اطلاعات را در چارچوب گسترده‌تر حکومت، نهادها، مخارج عمومی و خصوصی، قوانین و اقتصاد سیاسی گسترده‌تر قرار می‌دهد. زیرساخت‌های جامعه به آگاهی از کیفیت، توزیع و جریان آب بستگی دارد. دانش و درک حسابداری آب، اصل زیربنایی خواهد بود که با بهترین حسابداری مالی، آمار، هیدرولوژی و مهندسی پیوند می‌خورد. هم‌افزایی و تشریک‌مساعی حسابداری و حسابرسی آب از حکمرانی بهتر، حمایت می‌کنند و می‌توانند با مشارکت فعال سهامداران با هزینه معقول انجام شوند.

پی‌نوشت‌ها

1. Water withdrawal
2. Renewable water
3. Water shortage
4. Water scarcity
5. Water accounting
6. Withdrawal
7. Aquifer
8. Governance
9. Biophysical
10. Water auditing
11. Water security
12. Water stress
13. Use consumption
14. Withdrawal-based water Stress Index (WSI)
15. United Nations Statistics Division
16. United Nations Water
17. Food and Agriculture Organization
18. International Water Management Institute
19. International Commission on Irrigation and Drainage
20. Water Accounting Standards Board
21. System of Environmental and Economic Accounting for Water
22. Flows to sinks
23. Actors
24. Stakeholder
25. Consumed Fraction
26. Non-Consumed Fraction
27. International Water Management Institute
28. Institutions
29. Public and private expenditure
30. Financial evaluation
31. Water earmarked
32. Water utilized
33. Predefined system boundary
34. Water loss (or unaccounted for water)
35. Closure
36. Sustainable Development Goals (SDGs)
37. SMART criteria: Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound

منابع

- خزاعی، سحر، رائینی سرجاز، محمود، داوری، کامران، و شفیعی، مجتبی. (۱۳۹۷). معرفی چارچوب حسابداری آب WA+. آب و توسعه پایدار، ۵(۲)، ۱۱۷-۱۲۸. doi: 10.22067/jwsd.v5i1.67068
- داوری، کامران، اسلامی، امیر، عمرانیان خراسانی، حمید، درخشان،هاشم، سالاریان، محمد. (۱۴۰۳). مدیریت آب؛ منابع و کاربردها. مشهد، جهاد دانشگاهی، شابک، ۹۷۸۹۶۴۳۲۴۵۳۲۰.
- رحمانی، مهسا، داوری، کامران، ابوالحسنی، لیلی، ثابت تیموری، مژگان، و شفیعی، مجتبی. (۱۴۰۰). بررسی و انتخاب شاخص‌های ارزیابی مدیریت پایدار آب در حوضه‌های آبریز. علوم و مهندسی آبیاری، ۴۴(۱)، ۱۴۱-۱۵۴. doi: 10.22055/jise.2019.29535.1852
- دفتر تحقیقات و بهره‌وری شرکت آب و فاضلاب مشهد. (۱۳۹۴). رونمایی از سند تدبیر آب مشهد. آب و توسعه پایدار، ۲(۱)، ۱۱۰. doi: 10.22067/jwsd.v2i1.51166

- Aboelnga, H. T., Ribbe, L., Frechen, F. B., & Saghir, J. (2019). Urban water security: Definition and assessment framework. Resources, 8(4), 178. https://doi.org/10.3390/resources8040178
- Agana, B. A., Reeve, D., & Orbell, J. D. (2013). An approach to industrial water conservation–a case study involving two large manufacturing companies based in Australia. Journal of environmental management, 114, 445-460. http://dx.doi.org/10.1016/ j.jenvman.2012.10.047
- Alcon, F., Garcıa-Bastida, P. A., Soto-Garcıa, M., Martınez-Alvarez, V., Martin-Gorriz, B., & Baille, A. (2017). Explaining the performance of irrigation communities in a water-scarce region. Irrigation science, 35, 193-203. https://doi.org/10.1007/s00271-016-0531-7
- Allan, J. A. (2001). The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy. London, UK: I. B. Tauris
- Baleta, H., and Winter, K. (2017). Towards a shared understanding of water security risks in the public and private sectors. International Journal of Water Resources Development, 33(2), 233-245. https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1159948
- Barrington, D. J., & Ho, G. (2014). Towards zero liquid discharge: the use of water auditing to identify water conservation measures. Journal of cleaner production, 66, 571-576. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.065
- Barrington, D. J., Prior, A., & Ho, G. (2013). The role of water auditing in achieving water conservation in the process industry. Journal of cleaner production, 52, 356-361. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.032
- Batchelor, C., Hoogeveen, J., Faurès, J. M., & Peiser, L. (2016). Water accounting & auditing guidelines: A sourcebook (Vol. 43). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

- Berbel, J., Gutiérrez-Martín, C., Rodríguez-Díaz, J. A., Camacho, E., & Montesinos, P. (2015). Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study. Water Resources Management, 29, 663-678. https://doi.org/10.1007/s11269-014-0839-0
- Bhaduri, A., Bogardi, J., Siddiqi, A., Voigt, H., Vörösmarty, C., Pahl-Wostl, C.,... & Osuna, V. R. (2016). Achieving sustainable development goals from a water perspective. Frontiers in Environmental Science, 4(64), 1-13. https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00064
- BOM (Bureau of Meteorology). (2017). The improving water information programme progress report. The Bureau of Meteorology, Government of Australia.
- Briggs, C. M. (2017). Foresight Tools & Early Warning Systems: Vulnerability Assessments for Abrupt and Non-Linear Climate Risks. Epicenters of Climate and Security: The New Geostrategic Landscape of the Anthropocene, 115-121. https://climateandsecurity.org/wp-content/uploads/2017/06/14_foresight-tools.pdf
- Bucknall, J., Damania, R., & Rao, H. (2006). Good governance for good water management. Washington, DC: The World Bank Group.
- Carlsen, L., & Bruggemann, R. (2022). The 17 United Nations' sustainable development goals: A status by 2020. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 29(3), 219-229. https://doi.org/10.1080/13504509.2021.1948456
- Center, P. W. P. (2016). California's Water. PPIC Water Policy Center: San Francisco, CA, USA.
- Chalmers, K., Godfrey, J., & Potter, B. (2012). Discipline-informed approaches to water accounting. Australian accounting review, 22(3), 275-285. https://doi.org/10.1111/j.1835-2561.2012.00175.x
- Chimote, K., & Bhabhulkar, A. (2012). 2nd National Conference on Innovative Paradigms in Engineering and Technology (NCIPET 2013). NCIPET, 9 (March 2012), 17-20. https://research.ijcaonline.org/ncipet/number9/ncipet1069.pdf
- Choudhary, S., Dohare, D., & Bajpai, S. (2021). Review on conservation of water by water audit. Current World Environment, 16(3), 694. doi: http://dx.doi.org/10.12944/CWE.16.3.4
- Ehsani, N., Vörösmarty, C. J., Fekete, B. M., & Stakhiv, E. Z. (2017). Reservoir operations under climate change: Storage capacity options to mitigate risk. Journal of Hydrology, 555, 435-446. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.008
- Falkenmark, M. (1997). Meeting water requirements of an expanding world population. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 352(1356), 929-936. https://doi.org/10.1098/rstb.1997.0072
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). Water accounting for water governance and sustainable development (ISBN: 978-92-5-130427-3). Rome, Italy: FAO. https://www.fao.org/3/I8885EN/i8885en.pdf
- Galindo-Castillo, E., Marín-Celestino, A. E., Otazo-Sánchez, E. M., Gordillo-Martínez, A. J., González-Ramírez, C. A., & Cabrera-Cruz, R. B. (2017). Modeling the groundwater response to megacity expansion demand and climate change. Case study: the Cuautitlán–Pachuca aquifer, in the Northeast of Mexico City. Environmental Earth Sciences, 76, 1-16. https://doi.org/10.1007/s12665-017-6808-1
- Giordano, M., Turral, H., Scheierling, S. M., Tréguer, D. O., & McCornick, P. G. (2017). 9789290908487: Beyond "More Crop per Drop": evolving thinking on agricultural water productivity (Vol. 169). Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI) Washington, DC, USA: The World Bank.
- Godfrey, J. M., & Chalmers, K. (Eds.). (2012). Water accounting: International approaches to policy and decision-making (1st ed., pp. 1–336). Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781849807500
- Green, P. A., Vörösmarty, C. J., Harrison, I., Farrell, T., Sáenz, L., & Fekete, B. M. (2015). Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. Global Environmental Change, 34, 108-118. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.007
- Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. (2016). Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. Ecological indicators, 60, 565-573. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.003
- Hamdan, K. H. (2018). Auditing water management to achieve sustainable development in supply chain. Int. J. Supply Chain Manag, 7, 697-710. https://doi.org/10.1108/IJSCM-12-2018-0271
- Hong, E. M., Choi, J. Y., Nam, W. H., & Kim, J. T. (2016). Decision Support System for the Real-Time Operation and Management of an Agricultural Water Supply. Irrigation and Drainage, 65(2), 197-209. https://doi.org/10.1002/ird.1935
- Hoogeveen, J. (2018). Policy brief: Water accounting for water governance and sustainable development (1st ed., pp. 1–8). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://doi.org/10.4060/i8890en
- Karimi, P., Bastiaanssen, W. G. M., Molden, D., & Cheema, M. J. M. (2012). Basin-wide water accounting using remote sensing data: the case of transboundary Indus

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Basin. Hydrology & Earth System Sciences Discussions, 9, 12921–12958. doi: 10.5194/hessd-9-12921-2012

- Konar, M., Evans, T. P., Levy, M., Scott, C. A., Troy, T. J., Vörösmarty, C. J., & Sivapalan, M. (2016). Water resources sustainability in a globalizing world: who uses the water?. Hydrological Processes, 30, 3330–3336. https://doi: 10.1002/hyp.10843
- Kummu M., Guillaume J.H., de Moel H., Eisner S., Flörke M., Porkka M., Siebert S., Veldkamp T.I. and Ward P.J. 2016. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. Scientific reports, 6(1): 38495. https://doi.org/10.1038/srep38495
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. Science advances, 2(2), e1500323. doi: 10.1126/sciadv.1500323
- Minerals Council of Australia. (2012). Water accounting framework for the minerals industry. Retrieved October 11, 2015, from http://www.minerals.org.au/focus/sustainable_development/water_accounting.
- Molden, D., & Sakthivadivel, R. J. I. J. (1999). Water accounting to assess use and productivity of water. International Journal of Water Resources Development, 15(1-2), 55-71. https://doi.org/10.1080/07900629948934
- National Research Council. (2012). Dam and Levee Safety and Community Resilience: A Vision for Future Practice. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13393
- Obokata, R., Veronis, L., & McLeman, R. (2014). Empirical research on international environmental migration: a systematic review. Population and environment, 36, 111-135. https://doi.org/10.1007/s11111-014-0210-7
- Plocki, M. (2013). Thinking about Energy Differently in ADB Projects. Asian Development Bank. Retrieved from https://www.adb.org/news/ideas/thinking-about-energy-differently-adb-projects
- Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S. P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T.,... & Qiang, Z. (2010). Managing water in rainfed agriculture–The need for a paradigm shift. Agricultural Water Management, 97(4), 543-550. https://www.weforum.org/
- Rogers, D. (2014). Leaking water networks: an economic and environmental disaster. Procedia Engineering, 70, 1421-1429. doi: 10.1016/j.proeng.2014.02.157
- Rogers, P., & Hall, A. W. (2003). Effective water governance (Vol. 7). Stockholm: Global water partnership. Technical Committee (TEC). ISBN: 91-974012-9-3.
- Sayers, D., Jernigan, W., Kunkel, G., & Chastain-Howley, A. (2016). The water audit data initiative: Five years and accounting. Journal-American Water Works Association, 108(11), E598-E605. https://doi.org/10.5942/jawwa.2016.108.0169
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B.,... & Kabat, P. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(9), 3245-3250. https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110
- Schmidt, G., Bassi, N., & Sanz, C. B. (2017). Blueprint for national water accounting Framework in India. https://www.researchgate.net/publication/318674128_Blueprint_for_National_Water_Accounting_Framework_in_India_Background_Report
- Shafiei, M., Rahmani, M., Gharari, S., Davary, K., Abolhassani, L., Teimouri, M. S., & Gharesifard, M. (2022). Sustainability assessment of water management at river basin level: Concept, methodology and application. Journal of Environmental Management, 316, 115201. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115201
- Soliev, I., Theesfeld, I., Wegerich, K., & Platonov, A. (2017). Dealing with "baggage" in riparian relationship on water allocation: a longitudinal comparative study from the Ferghana Valley. Ecological Economics, 142, 148-162. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.05.002
- Sturman, J., Ho, G., & Mathew, K. (2004). Water auditing and water conservation. IWA Publishing. ISBN: 9781780402710 (eBook). https://doi.org/10.2166/9781780402710
- UNESCO World Water Assessment Programme.(2009). Water in a changing world: the United Nations world water development report 3. Paris: UNESCO, and London: Earthscan. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000181993
- Whelan, T., & Fink, C. (2016). The comprehensive business case for sustainability. Harvard Business Review, 21(2016).
- Wyrwoll, P. (2012). India's Groundwater Crisis. Global Water Forum, Canberra, Australia, (accessed on December 8, 2018). http://www.globalwaterforum.org/2012/07/30/indias groundwater-crisis
- Yakubov, M. (2012). ASSESSING IRRIGATION PERFORMANCE FROM THE FARMERS'PERSPECTIVE: A QUALITATIVE STUDY. Irrigation and Drainage, 61(3), 316-329. https://doi.org/10.1002/ird.649

Archive of SID.ir