––Name of Journal–––––––––
Vol(issue), PP.
.atu.ac.ir
DOI:

ATU PRESS

Original Research / Review / ...
Received:
Accepted:
ISSN:
eISSN:

A Systematic Review of the Role of Integrating Water Accounting and Systems Thinking in Strengthening Sustainable Water Resources Governance

Donya Solouki M.A. Student in Accounting, Islamic Azad University, Arak, Iran

Ali Lal Bar * Associate Professor, Department of Accounting Ar,c, Islamic Azad University, Arak, Iran

.

Introduction

Human societies face increasing water-related challenges, including severe droughts, sudden floods, groundwater depletion, land subsidence, and environmental degradation (Mashir Panahi et al., 2020). These issues are exacerbated by climate change, rapid population growth, and unsustainable water consumption patterns. Traditional water management approaches often focus on sectoral interventions and overlook systemic feedback loops that reinforce water problems, leading to policy failures (Gohari et al., 2022). Achieving sustainable water resources management requires integrated, interdisciplinary frameworks that consider the complex interactions between human and hydrological systems and ensure stakeholder participation in decision-making.

Objective

This study aims to systematically review and analyze the role of integrating water accounting and systems thinking in enhancing sustainable water resources governance. Specifically, it investigates how this integration improves transparency, institutional accountability, intersectoral coordination, and policy effectiveness in water allocation and management.

Research Method

(Corresponding Author: alilalbar@iau.ac.ir
How to Cite: xxxxxxx

The research employs a systematic review methodology, analyzing studies published over the past two decades in reputable scientific databases. Content analysis of these studies focused on water accounting applications, systems thinking frameworks, dynamic system modeling, and integrated governance approaches.

Results and Discussion

Findings indicate that water accounting provides structured quantitative data on water flows, stocks, consumption, and economic value across sectors, forming the informational basis for system modeling (Tellow et al., 2016). Systems thinking complements this by analyzing causal relationships, feedback loops, and time delays, facilitating adaptive and long-term decision-making (Zamroodian et al., 2018). Integrated approaches enhance transparency, stakeholder participation, institutional accountability, and the efficiency of water policies. International case studies from Australia, Spain, and the Netherlands demonstrate that such integration allows for scenario-based evaluation of social and environmental impacts, identifies leverage points, and supports evidence-based, adaptive governance (Wang et al., 2023; Zhang et al., 2025). However, challenges remain, including limited high-quality data, lack of standardized indicators, differences in temporal and spatial scales, and weak interdisciplinary collaboration.

Conclusion

Integrating water accounting and systems thinking provides a comprehensive framework for understanding and managing human–water systems. This approach enables evidence-based, long-term, and adaptive policy-making, improves transparency and accountability, and enhances institutional coordination. For future research and practice, developing localized models, standardizing key indicators, leveraging emerging technologies such as remote sensing and AI, and strengthening multi-level governance frameworks are recommended to achieve resilient and sustainable water resources management in Iran and similar contexts.

Keywords: Water Accounting, Systems Thinking, Water Resources Sustainability, Water Governance.

JEL :C23, E01, Q56

فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی
دوره ؟، شماره ؟، نام فصل، سال، ص ص
.atu.ac.ir
DOI:

مقاله پژوهشی/مروری/سخن سردبیر
تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰
ISSN:
eISSN:

مروری بر نقش تلفیق حسابداری آب با رویکرد تفکر نظام‌مند در تقویت حکمرانی پایدار منابع آب

دنیا سلوکی دانشجوی کارشناسی ارشد، حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

علی لعل بار * دانشیار گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

چکیده

مدیریت پایدار منابع آب مستلزم به‌کارگیری رویکردهایی جامع و میان‌رشته‌ای است که بتوانند ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را به‌صورت یکپارچه تحلیل کنند. در این راستا، تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند به‌عنوان یک رویکرد نوین، امکان درک پویایی‌های پیچیده نظام‌های انسان–آب را فراهم می‌سازد. هدف این پژوهش، شناسایی و تحلیل نقش این تلفیق در تقویت حکمرانی پایدار منابع آب است. روش تحقیق بر پایه مرور نظام‌مند مطالعات منتشرشده طی دو دهه اخیر در پایگاه‌های معتبر علمی و تحلیل محتوای یافته‌های آن‌ها انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که حسابداری آب با ارائه داده‌های دقیق درباره جریان‌ها و مصارف منابع آبی، زیرساخت اطلاعاتی لازم برای الگوسازی‌های نظام‌مند را فراهم می‌کند و تفکر نظام‌مند با تحلیل روابط علی، بازخوردها و تأخیرهای زمانی، به تصمیم‌گیری تطبیقی و بلندمدت کمک می‌نماید. تلفیق این دو رویکرد موجب ارتقای شفافیت، پاسخگویی نهادی، هماهنگی میان‌بخشی و کارایی سیاست‌های تخصیص آب می‌شود. همچنین، این رویکرد از طریق طراحی سناریوهای پویا، امکان ارزیابی پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی تصمیمات را فراهم می‌سازد. باوجوداین، چالش‌هایی نظیر کمبود داده‌های دقیق، فقدان استانداردسازی

*)نویسنده مسئول: alilalbar@iau.ac.ir

شاخص‌ها و ضعف همکاری میان‌رشته‌ای از موانع اصلی اجرای عملی این تلفیق هستند. درنهایت، نتایج پژوهش تأکید می‌کند که توسعه چارچوب‌های بومی مبتنی بر حسابداری آب و تفکر نظام‌مند می‌تواند مسیر دستیابی به حکمرانی پایدار و تاب‌آور منابع آب در ایران را هموار سازد.

کلیدواژه‌ها: حسابداری آب، تفکر نظام‌مند، پایدار منابع آب، حکمرانی منابع آب
طبقه‌بندی JEL: C23, E01, Q56

۱. مقدمه

جوامع انسانی با چالش‌های روزافزون مرتبط با آب روبه‌رو هستند؛ ازجمله خشک‌سالی‌های شدید، سیلاب‌های ناگهانی، افت سطح آب‌های زیرزمینی، فرونشست زمین و تخریب محیط‌زیست (مشیر پناهی و همکاران[1]، ۲۰۲۰). این مشکلات تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی، رشد سریع جمعیت و الگوهای ناپایدار مصرف آب تشدید شده‌اند. در پاسخ به این وضعیت، سیاست‌های مختلف مدیریت آب به اجرا درآمده است؛ با این حال شواهد فزاینده نشان می‌دهد که فقدان درک کافی از تعاملات میان انسان و نظام‌های آبی منجر به شکست سیاست‌ها شده و بحران آب را تشدید کرده است (گوهری و همکاران[2]، ۲۰۲۲).

رویکردهای سنتی مدیریت آب اغلب بر مداخلات بخشی تمرکز دارند و به حلقه‌های بازخورد نظام‌مند که مشکلات آب را تقویت و بازتولید می‌کنند توجه کافی ندارند؛ بنابراین دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب نیازمند چارچوب‌های یکپارچه و میان‌رشته‌ای است که پیچیدگی تعاملات میان نظام‌های انسانی و هیدرولوژیکی را در نظر گرفته و مشارکت ذینفعان را در تصمیم‌گیری تضمین کنند. الگوهای متعارف هیدرولوژیکی و منابع آب نقش مهمی در پیش‌بینی وضعیت آینده آب بر اساس مشاهدات گذشته و حال دارند؛ اما این الگوها اغلب در بازنمایی

[1] Moshir Panahi et al
[2] Gohari et al

رفتار نظام‌ها، به‌ویژه در شرایطی که بازخوردهای پویا و عوامل اجتماعی–اقتصادی به‌طور کامل لحاظ نشده‌اند، محدود هستند (لوی و همکاران[1]، ۲۰۱۶).

بسیاری از الگوهای مبتنی بر فرایند، تمرکز اصلی خود را بر فرایندهای فیزیک و شیمیایی و زیستی می‌گذارند و کمتر قادر به نمایش ماهیت پویا و تطبیقی نظام‌های انسان–آب هستند؛ جایی که تصمیمات انسانی الگوهای هیدرولوژیکی را تغییر می‌دهد و برعکس. علاوه براین، فرضیات ایستا در الگوهای مدیریت آب مانع از بازتاب پویایی‌های غیرخطی این نظام‌ها می‌شود و درنهایت ممکن است پیامدهای ناخواسته‌ای همچون افت آب زیرزمینی و تخریب اکوسیستم‌ها را به همراه داشته باشد. برای غلبه براین محدودیت‌ها، پژوهشگران به‌طور فزاینده‌ای به‌سمت رویکردهای نظام‌مند و مبتنی بر بازخورد حرکت کرده‌اند که تعاملات پویا میان چرخه‌های هیدرولوژیکی و فرایندهای اجتماعی را منعکس می‌کند (بویان و دکا[2]، ۲۰۲٤).

رویکرد نظام‌مند امکان تحلیل جامع نظام‌های انسان–آب را فراهم می‌آورد و بر تعاملات میان چرخه‌های هیدرولوژیکی و فرآیندهای اجتماعی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف تأکید دارد. این روش به شناسایی محرک‌های کلیدی، حلقه‌های بازخورد و نقاط اهرمی کمک می‌کند که رفتار بلندمدت نظام را شکل می‌دهند و تصمیم‌گیری مؤثر و سازگار را تسهیل می‌کنند (زمرودیان و همکاران[3]، ۲۰۱۸).

در میان رویکردهای نظام‌مند، الگوسازی پویایی نظام‌ها به‌عنوان ابزار قدرتمندی برای نمایش فرایندهای پویا در نظام‌های منابع آب شناخته شده است (وانگ و همکاران[4]، ۲۰۲۳). الگوسازی پویایی نظام‌ها به پژوهشگران کمک می‌کند تا حلقه‌های بازخورد پنهان را کشف کنند، پیامدهای ناخواسته را پیش‌بینی کنند و اثرات سیاست‌ها را در افق بلندمدت و در قالب سناریوهای مختلف ارزیابی نمایند.

---

[1] Levy et al
[2] Bhuyan& Deka
[3] Zomorodian et al
[4] Wang et al

با این حال یکی از چالش‌های اصلی در الگوسازی پویایی نظام‌ها اتکا به قضاوت‌های ذهنی و داده‌های نامطمئن است که ممکن است منجر به بازنمایی نادرست نظام‌ها و ارائه پیشنهادهای سیاستی غیرواقع‌بینانه شود.

یکی از خلأهای مهم در الگوسازی پویایی نظام‌ها برای نظام‌های انسان–آب، نبود روش‌های ساختارمند حسابداری آب است که از توان الگو برای رصد وضعیت منابع آب از نظر کمیت، کیفیت و تغییرات زمانی می‌کاهد. چارچوب‌های حسابداری آب مانند چارچوب سازمان ملل (۲۰۱۲) رویکردی ساختاریافته برای اندازه‌گیری جریان‌ها، ذخایر و مصارف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی ارائه می‌دهند و داده‌های کلیدی برای بهبود تصمیم‌گیری و ارزیابی سیاست‌ها فراهم می‌کنند (تلو و همکاران[1]، ۲۰۱۶).

ادغام نظام‌مند داده‌های هیدرولوژیکی و اقتصادی در این چارچوب‌ها دقت الگوسازی پویایی نظام‌ها را افزایش داده و عدم‌قطعیت‌ها را کاهش می‌دهد. یکی دیگر از کاستی‌های اساسی، ضعف در مفهوم‌سازی کیفی نظام‌ها در الگوهای مدیریت آب است. بسیاری از الگوها قادر به شناسایی نقاط اهرمی ـ یعنی نقاطی در ساختار نظام که مداخله کوچک می‌تواند بهبودهای بزرگی ایجاد کند ـ نیستند. مدیریت پایدار منابع آب در قرن بیست‌ویکم، نیازمند رویکردی نظام‌مند و بین‌رشته‌ای است که بتواند پیچیدگی ذاتی تعاملات بین نظام‌های هیدرولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را درک کند.

بسیاری از الگوهای موجود از فقدان ادغام نظام‌مند داده‌های هیدرولوژیکی و اقتصادی رنج می‌برند. داده‌های هیدرولوژیک (مانند بارش، روان‌آب، آب‌های زیرزمینی) اغلب در مقیاس‌ها و با عدم قطعیت‌های فیزیکی متفاوتی نسبت به داده‌های اقتصادی–اجتماعی (مانند تقاضای بخش‌های مختلف، ارزش افزوده، ترجیحات ذینفعان) تولید می‌شوند. ادغام نظام‌مند این داده‌ها در چارچوب پویایی نظام‌ها، نه‌تنها دقت شبیه‌سازی فرآیندهای علی–معلولی را افزایش می‌دهد، بلکه با ارائه نمای holistic از نظام، قادر است دامنه عدم قطعیت‌ها در پیش‌بینی

[1] Tello et al

سناریوهای آتی را به‌طور معناداری کاهش دهد. Mirchi (Winz et al., ۲۰۰۹ et al., ۲۰۱۲).

۲. پیشینه تحقیق

الف) دسته‌بندی مطالعات بر اساس رویکرد، منطقه و نوع الگو

مطالعات مرتبط با تلفیق «حسابداری آب» و «تفکر نظام‌مند» را می‌توان از سه محور اصلی بررسی کرد: محور نخست، رویکرد پژوهش، محور دوم، منطقه جغرافیایی مطالعه و محور سوم، نوع الگوی مورداستفاده. در محور رویکرد پژوهش، مطالعات به سه دستهٔ اصلی تفکیک می‌شوند: گروه نخست مطالعات ایستا که صرفاً به گردآوری و تحلیل داده‌های کمی یا کیفی جریان‌ها، موجودی‌ها و شاخص‌های آب می‌پردازند؛ گروه دوم مطالعات تحلیلی که با بهره‌گیری از الگوهای دینامیک نظام یا الگوسازی ساختاری به بررسی رفتار بلندمدت نظام آب می‌پردازند؛ و گروه سوم مطالعات ترکیبی که هر دو مرحله داده‌محور و الگومحور را در یک چارچوب تلفیقی دنبال می‌کنند. در محور منطقه جغرافیایی، مشاهدهٔ مطالعات نشان می‌دهد که عمدتاً کشورها یا مناطق با فشار منابع آب (نواحی خشک یا نیمه‌خشک) مانند خاورمیانه، جنوب شرق آسیا، شمال آفریقا و بخش‌هایی از اروپا، به این موضوع پرداخته‌اند. این موضوع به‌دلیل ضرورت مدیریت منابع آب در مناطق حساس است. در محور نوع الگو، مطالعات را می‌توان در سه دسته جای داد: الگوهای مبتنی بر حسابداری آب که تأکید بر جریان و موجودی آب دارند؛ الگوهای مبتنی بر تفکر نظام‌مند که تأکید بر بازخوردها، تأخیرها، حلقه‌های تعامل و ساختار نظام دارند؛ و الگوهای ترکیبی که هر دو عنصر را مدنظر قرار می‌دهند و تلاش دارند داده‌های حسابداری آب را در چارچوب تحلیل ساختاری نظام وارد کنند. این دسته‌بندی کمک می‌کند تا پژوهشگران دید روشمندتری به مبنای مطالعات داشته باشند، نقاط مشترک و

تفاوت‌ها را شناسایی کنند و در انتخاب الگوی مناسب برای منطقه موردنظرتان آگاه‌تر عمل نمایند. (نیم و همکاران ۲۰۲۳).

ب) شناسایی روندها و شکاف‌های پژوهشی

با مروری نظام‌مند بر ادبیات موضوع، چند روند قابل‌مشاهده است. نخست آنکه در سال‌های اخیر، تمرکز فزاینده‌ای بر به‌کارگیری الگوهای دینامیک نظام یا چارچوب‌های تحلیل ساختار نظام برای مدیریت منابع آب مشاهده می‌شود: به‌عنوان‌مثال، پژوهشی با عنوان «مروری بر الگوسازی دینامیک نظام برای مدیریت پایدار عرضه و تقاضای آب» نشان‌داده است که بیش از نیمی از پژوهش‌ها فقط به داده‌های کمی پرداخته‌اند و کمتر از ٦٠ درصد آن‌ها از نمودارهای حلقه علت ـ معلولی بهره برده‌اند.

همچنین، پژوهش دیگری با عنوان «مروری انتقادی بر کاربردهای الگوسازی دینامیک نظام در برنامه‌ریزی منابع آب» نشان‌داده است که تنها حدود ٤٠ درصد از مطالعات، نمودار حلقه علت ـ معلولی را به‌کاربرده‌اند و بخش زیادی از مطالعات بهینه‌سازی مدیریت را وارد نکرده‌اند.

روند دوم آن است که بسیاری از مطالعات تمرکز بر مقیاس منطقه‌ای دارند و هنوز پژوهش‌های کافی در سطح محلی، شهری یا خردتر انجام نشده است. شکاف اصلی پژوهشی نیز در این است که ادغام داده‌های نهادی، اقتصادی، اجتماعی و زیستی با تحلیل نظام به‌طور کامل صورت نگرفته است؛ بسیاری از کارها صرفاً بر جنبه فنی یا کمی تمرکز دارند و جنبه‌های نهادی، مشارکتی و سیاست‌گذاری کمتر موردتوجه قرارگرفته‌اند. علاوه براین، پژوهش‌های طولانی‌مدت با بازه زمانی بالا، تحلیل سناریوهای گسترده و اعتبارسنجی الگوها، هنوز کم هستند. برای مثال، مطالعه‌ای اشاره کرده است که تنها حدود ۵۱ درصد از مطالعات، تغییرات اقلیمی را در تحلیل خود لحاظ کرده‌اند. این‌ها نشان می‌دهد که با وجود رشد قابل‌توجه مطالعه در این حوزه، هنوز شکاف‌های بنیادین وجود دارد که می‌تواند مسیر تحقیقاتی آینده را نشان دهد. (فان و همکاران ٢٠٢٤).

۳. روش تحقیق

این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل نقش تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند در تقویت حکمرانی پایدار منابع آب، با به‌کارگیری رویکرد مرور نظام‌مند انجام شده است. مرور نظام‌مند به‌عنوان یک روش تحقیق ساختاریافته، امکان شناسایی، ارزیابی و ترکیب جامع تمامی مطالعات مرتبط موجود در یک حوزه خاص را فراهم می‌سازد و از سوگیری‌ها می‌کاهد (Page et al., ۲۰۲۱). فرآیند اجرای این پژوهش در چهار مرحله اصلی طراحی و پیاده‌سازی شده است:

۱. طرح سؤالات تحقیق و تعیین معیارهای ورود و خروج
۲. جستجوی نظام‌مند منابع
۳. انتخاب و غربالگری مطالعات
۴. استخراج و تحلیل داده‌ها

در میان پژوهش‌های انجام‌شده، برخی رویکردها موفق‌تر بوده‌اند و برخی با محدودیت‌هایی مواجه‌اند. مطالعات موفق تقریباً مشترکاتی دارند: آن‌ها داده‌های حسابداری آب را با چارچوب تحلیل ساختاری یا پویایی نظام درآمیخته‌اند؛ مشارکت ذی‌نفعان را در فرآیندها لحاظ کرده‌اند؛ مقیاس زمان و مکان را به‌دقت تعریف کرده‌اند و درباره بازخوردها و تأخیرها در نظام آب توجه داشته‌اند. از سوی دیگر، محدودیت‌های رایج شامل کمبود داده‌های دقیق و به‌روز، فقدان استانداردسازی شاخص‌ها، نبود شفافیت در فرآیند الگوسازی و عدم اعتبارسنجی مناسب الگوها هستند. به‌عنوان‌مثال، پژوهش نشان‌داده است که بخش زیادی از مطالعات، الگو را بدون آزمون الگو رفتار یا تطبیق ساختار با داده‌های واقعی ارائه داده‌اند.

همچنین، بسیاری از الگوها صرفاً سناریومحور هستند (نه بهینه‌سازی محور) و بنابراین ممکن است گزینه بهینه را نشناسند یا پیشنهاد ندهند. با مقایسه، روشن می‌شود که ترکیب الگوهای حسابداری محور با الگوهای ساختاری و پویایی بهترین عملکرد را دارد؛ زیرا این ترکیب هم بتواند جریان و موجودی را ثبت کند و هم بازخوردهای نظام را نشان دهد. در مقابل، رویکردهای صرفاً حسابداری یا صرفاً الگوسازی نظام، به‌دلیل نقص در یکی از این اجزا، کارایی کمتری دارند؛ ازاین‌رو، توصیه می‌شود که پژوهشگران آینده با توجه به این تجارب، الگوهای یکپارچه‌تر، داده‌محورتر و دارای بازخورد نهادی طراحی نمایند (واردون و همکاران،۲۰۲۳).

٤. بحث و تحلیل

الف) حسابداری آب، چالش‌ها و نیازهای آینده آن

حسابداری آب یک رشته جدید است که هدف آن، سازمان‌دهی و ارائه اطلاعات فیزیکی (مقدار آب) و اقتصادی (هزینه و ارزش آب) برای کمک به تصمیم‌گیری‌هاست. در دهه ۲۰۱۰، به‌دلیل نگرانی از کمبود آب و رقابت بر سر آن، توجه کسب‌وکارها به این حوزه افزایش یافته است؛ اما بزرگ‌ترین چالش برای پیشرفت این حوزه، نداشتن داده‌های دقیق و جزئی است که شرکت‌ها برای تصمیم‌گیری درباره مدیریت کمبود، مازاد و فرصت‌های آبی به آن‌ها نیاز دارند (معصومی و حجازی، ۱۳۹۸).

هیئت استانداردهای حسابداری آب (AWSSB) در سال ۲۰۰۷ در استرالیا تأسیس شد و کار استانداردگذاری در این حوزه را آغاز کرد. تا سال ۲۰۱۹، این هیئت یک چارچوب مفهومی، هشت بیانیه و دو استاندارد اصلی منتشر کرده است.

چارچوب مفهومی (۲۰۱٤): حسابداری آب را یک فرآیند نظام‌مند برای شناسایی، اندازه‌گیری، گزارش‌گیری و تأیید اعتبار اطلاعات مربوط به آب و حقوق مرتبط با آن تعریف می‌کند.
استاندارد شماره ۱: روش‌های شناسایی، اندازه‌گیری، ارائه و افشای اطلاعات آب در گزارش‌ها را مشخص می‌کند تا گزارش‌ها قابل‌مقایسه و قابل‌اعتماد باشند.
استاندارد شماره ۲: بر اطمینان‌بخشی و راستی‌آزمایی گزارش‌های آب برای تضمین پاسخگویی تمرکز دارد.
در کل، این استانداردها نشان می‌دهند که حوزه حسابداری آب بسیار وسیع و ساختاریافته است. (نمازی و مصلی‌نژاد، ۱٤۰۰).
در آینده، نیاز ما به منبع‌های آب با افزایش جمعیت، بیشتر خواهد شد. حسابداری آب، می‌تواند نقش کلیدی در حسابداری و مدیریت آینده آب در جامعه ایفا کند.

نیاز به مدیریت بحران آب در ایران یک چالش جدی و فراگیر است. نکته جدید و مهم، توانایی حسابداری در مدیریت مؤثر این منبع گران‌بها است. حسابداری آب می‌تواند نقشی کلیدی در آینده مدیریت آب ایران ایفا کند.
برای تحقق این اهداف در ایران، ضروری است که یک چارچوب یکپارچه ملی طراحی شود تا شاخص‌های کارآمد برای ارزیابی نظام‌های منابع آب تعریف و جمع‌آوری گردد. (نمازی و مصلی‌نژاد، ۱٤۰۰).

ب) حسابداری آب در سطح جهانی

حسابداری آب در سطح جهانی به فرآیند جمع‌آوری، تحلیل و گزارش‌دهی داده‌های مربوط به منابع آب در سطح کشورها و مناطق مختلف می‌پردازد. این فرآیند شامل نظارت بر مصرف، تأمین و مدیریت آب، به‌ویژه در ارتباط با بخش‌های مختلف اقتصادی و محیط‌زیستی است. هدف اصلی از حسابداری آب

در سطح جهانی، ارتقاء بهره‌وری منابع آب، کاهش مصرف بی‌رویه آن و پیشبرد اهداف توسعه پایدار است.

جدول ۱ .حسابداری آب در برخی کشورها و کاربردهای آن‌ها در مدیریت منابع آب و توسعه پایدار

کشور	روش‌های استفاده‌شده	کاربردها و نتایج
هلند	حسابداری آب فیزیکی و اقتصادی	اطلاعات جامع در مورد تأمین و مصرف آب، پردازش فاضلاب، داده‌های اقتصادی مانند تولید، ارزش افزوده و اشتغال. استفاده برای گزارش‌دهی دستورالعمل چارچوب آب هر سه سال.

فیلیپین	حسابداری آب با استفاده از نظام حسابداری محیط‌زیستی-اقتصادی	محاسبه کارایی مصرف آب و سطح تنش آبی برای ارزیابی و پیش‌بینی تقاضای آب و هزینه‌های تأمین آب به خانوارها.
اسپانیا	استفاده از روش نظام حسابداری محیط‌زیستی-اقتصادی برای گزارش‌دهی دستورالعمل چارچوب آب	استفاده از اطلاعات حسابداری آب برای تخمین هزینه‌های بازپرداخت تأمین آب . ارتقاء مقایسه‌پذیری و بهبود اشتراک‌گذاری اطلاعات بین مناطق و کشورهای مختلف.
یونان	حسابداری اکوسیستم آب و ارزیابی اثرات سیاست‌های آب	ارزیابی خدمات اکوسیستم و تغییرات وضعیت منابع آب تحت‌تأثیر سیاست‌های مدیریتی.
انگلستان	حسابداری اکوسیستم و استفاده از داده‌های آب برای گزارش‌دهی دستورالعمل چارچوب آب	تحلیل خدمات اکوسیستم و تأثیر سیاست‌ها بر وضعیت منابع آبی .پیشنهاد استفاده از حسابداری اکوسیستم برای مدیریت پایدار منابع آب.
آلمان	حسابداری آب برای پایش و برنامه‌ریزی منابع آب در حوضه‌ها	استفاده از حسابداری آب برای ایجاد برنامه‌های مدیریت حوضه‌های آبریز و بهبود نظارت بر مصرف منابع آب.
استرالیا	حسابداری آب و استفاده از الگوهای	تجزیه‌وتحلیل مدیریت منابع آب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و الگوسازی

	هیدرولوژیک و سنجش از راه دور	هیدرولوژیک برای پیش‌بینی نیازهای آبی و چالش‌های مربوط به تغییرات اقلیمی.
برزیل	حسابداری آب برای نظارت بر منابع آب و سیاست‌های زیست‌محیطی	استفاده از داده‌های حسابداری آب برای ارزیابی پایداری منابع آب و ارائه اطلاعات اقتصادی در مورد مصرف آب در بخش‌های مختلف.

مأخذ: بگستاد و همکاران،۲۰۲۳.

ج) اصول و چارچوب‌های تفکر نظام‌مند

تفکر نظام‌مند عبارت است از نگرشی که به‌جای نگاه تفکیکی به اجزای یک مسئله، به‌کل نظام و ارتباطات میان اجزا می‌نگرد. در این رویکرد، اجزا فقط به‌صورت منفرد موردتوجه نیستند، بلکه روابط، بازخوردها، تأخیرها و تعاملات بین اجزا که موجب پدیدآمدن رفتار نظام می‌شود، مدنظر قرار می‌گیرند . یکی از ویژگی‌های کلیدی تفکر نظام‌مند، توجه به ساختار نظام به‌عنوان عامل تولید رفتار نظام است؛ یعنی آنچه در نگاه معمول «علت مستقیم» می‌پنداریم، غالباً نشانه‌ای از ساختار پنهان نظام است .(وان روزلی و همکاران[1] ۲۰۲٤).

به‌طور مثال، در یک نظام منابع آب، اگر صرفاً بر افزایش عرضه تمرکز شود بدون اینکه بازخوردهای کاهش کیفیت آب، افزایش تقاضا یا تخریب زیست‌محیطی دیده شود، ممکن است راهکارها در بلندمدت بی‌اثر یا حتی مخرّب باشند. در اینجا تفکر نظام‌مند کمک می‌کند تا دیدگاه گسترده‌تر و بین‌بخشی در نظر گرفته شود. همچنین، تفکر نظام‌مند تأکید دارد که تحلیل نظام‌ها نیازمند درک تعامل میان سطوح مختلف (زیستی، اجتماعی، اقتصادی، نهادی) است و نه نگاه صرفاً مهندسی یا فنی .

این نوع نگاه موجب می‌شود که سیاست‌ها و مداخلات با حفظ کلیت نظام طراحی شوند و از ایجاد پیامدهای ناخواسته جلوگیری شود. درمجموع، تفکر نظام‌مند ابزار

[1] Wan Rosely& Voulvoulis

مهمی برای مواجهه با پیچیدگی‌ها و پویایی‌های بلندمدت نظام‌ها است. (پولین و همکاران[1]،۲۰۲۲، ۳).

در چارچوب تفکر نظام‌مند، مجموعه‌ای از اصول بنیادین وجود دارد که شناخت و تحلیل نظام‌ها را هدایت می‌کند. نخست: اصل کلیت (کل بیش از مجموع اجزاست) براین نکته تأکید دارد که نمی‌توان رفتار نظام را صرفاً از عملکرد تک‌تک اجزا فهمید، بلکه روابط و تعاملات میان آن اجزا هستند که اهمیت دارند. دوم: اصل بازخورد و تأخیر که نشان می‌دهد مداخله در یک نقطه از نظام ممکن است با تأخیر ظاهر شود یا از طریق حلقه‌های بازخور به مسیرهایی نامعلوم هدایت شود. سوم: ساختارگرایی نظام یعنی اینکه ساختار نظام شامل: اجزا، پیوندها، حلقه‌های بازخورد تقویتی یا بازدارنده، تعیین‌کننده رفتار بلندمدت است. چهارم: نگرش چندبخشی و بین‌رشته‌ای؛ یعنی در مدیریت منابع و نظام‌های پیچیده، توجه به تعامل میان سطح زیستی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی ضروری است؛ و پنجم: تعیین مرزهای نظام (چه چیزی داخل نظام محسوب می‌شود و چه چیزی بیرون) یکی از چالش‌های اصلی است چون انتخاب مرز می‌تواند نتایج متفاوتی به‌دنبال داشته باشد. در کنار این اصول، چارچوب‌های راهنمایی نیز پیشنهاد شده‌اند تا برای انتخاب ابزار مناسب، تحلیل ساختار درست و طراحی مداخله‌ای مؤثر مورداستفاده قرار گیرند. این اصول و چارچوب‌ها به محققان و مدیران کمک می‌کنند تا از دیدگاه جزیره‌ای به دیدگاه نظام‌مند منتقل شوند و طراحی پایدارتری برای نظام‌ها داشته باشند(سیمونوویچ[2] ۲۰۲۰).

چ) الگوسازی نظام‌ها و تحلیل دینامیک‌های آب

الگوسازی نظام‌ها در حوزه منابع آب با هدف فهم رفتار بلندمدت و پویایی‌های داخلی نظام آب ازجمله موجودی‌ها، جریان‌ها، بازخوردها و تأخیرها انجام می‌شود؛ این رویکرد در چارچوب تفکر نظام‌مند قرار دارد. در این روند، ابتدا ساختار نظام معنی‌دار با استفاده از نمودارهای حلقه علّی (رابطه علت–معلولی) و نمودار جریان

[1] Polaine et al
[2] Simonovic

موجودی‌ها ترسیم می‌شود، سپس الگوی کمی برای شبیه‌سازی رفتار نظام در بازه زمانی معین توسعه می‌یابد. الگوسازی نظام‌های آب امکان تحلیل سناریوهای مختلف، بررسی تأثیر سیاست‌ها و پیش‌بینی رفتار نظام تحت شرایط متفاوت مانند خشک‌سالی، افزایش تقاضا یا تغییرات اقلیمی را فراهم می‌کند. مزیت این الگوها این است که می‌توانند رفتار بلندمدت را مشاهده کنند، نقاط اهرمی را شناسایی کنند و تصمیم‌گیری راهبردی را ارتقا دهند. با این حال، بررسی‌ها نشان‌داده‌اند که بسیاری از الگوهای موجود فاقد بخش‌هایی مانند تحلیل ساختار، استفاده از نمودارهای حلقه علّی و اعتبارسنجی مناسب هستند. به‌عنوان‌مثال، در مطالعه‌ای درباره بستر حوضه آبریز «آجی-چای» ایران، الگوی دینامیکی نظام بر پایه شبیه‌سازی سناریوهای متعدد نشان‌داد که هیچ‌کدام از سناریوها به‌تنهایی برای برقراری تعادل آب کافی نیستند؛ بلکه اجرای هم‌زمان سناریوها ضرورت دارد؛ بنابراین، الگوسازی دینامیکی نظام و ابزارهای صورت‌بندی نظام‌مند مسیر مناسبی برای تبدیل نگرش تفکر نظام‌مند به فرم کاربردی در حوزه منابع آب فراهم می‌آورند، به‌ویژه وقتی با داده‌های معتبر، سناریوهای متعدد و تحلیل حساسیت همراه شوند. (شیخ‌بابایی و همکاران، ۲۰۲۲).

ح) کاربرد تفکر نظام‌مند در مدیریت منابع آب

تفکر نظام‌مند در مدیریت منابع آب به مدیران و سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری‌ها را بر اساس نگاه جامع به‌کل نظام و تعامل میان اجزا انجام دهند. در این رویکرد، آب نه‌تنها به‌عنوان کالای فیزیکی، بلکه به‌عنوان عاملی اجتماعی، اقتصادی، زیستی و نهادی در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، تحلیل بازخوردها باعث می‌شود که سیاست‌ها انعطاف‌پذیر و پاسخگو باشند. کاربرد دیگر، شناسایی نقاط اهرمی یا بخش‌هایی از نظام است که تغییر در آن‌ها بیش‌ترین اثر را بر کل نظام دارد. به کمک این نقاط، مداخلات با کمترین هزینه و بیش‌ترین اثرگذاری انجام می‌شود.

تفکر نظام‌مند همچنین به هماهنگی میان سازمان‌ها و نهادهای مختلف کمک می‌کند، زیرا مدیریت منابع آب نیازمند همکاری میان‌بخشی و بین‌سازمانی است. در این چارچوب، الگوسازی پویایی نظام و تحلیل سناریوها ابزارهایی هستند که رفتار نظام را در شرایط مختلف پیش‌بینی می‌کنند و امکان اتخاذ تصمیم‌های استراتژیک و پایدار را فراهم می‌آورند. استفاده از این رویکرد در مدیریت منابع آب، علاوه بر بهبود تخصیص و بهره‌وری، موجب افزایش پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی نیز می‌شود.

در کل، کاربرد تفکر نظام‌مند باعث می‌شود تصمیم‌گیری‌ها برمبنای شواهد و تحلیل جامع باشد و از تصمیم‌های جزیره‌ای و کوتاه‌مدت جلوگیری شود. همچنین، این رویکرد امکان طراحی سیاست‌های پویا و انطباقی را فراهم می‌کند تا نظام آب بتواند در برابر تغییرات محیطی، جمعیتی و اقتصادی مقاوم و پایدار باقی بماند. (یو و همکاران[1]، ۲۰۲۰).

خ) حکمرانی پایدار منابع آب

حکمرانی پایدار منابع آب به معنای طراحی و اجرای نظامی از تصمیم‌گیری‌ها، سیاست‌ها، مقررات و نهادهاست که بتواند استفاده از آب را طوری سامان دهد که هم نیازهای اجتماعی ـ اقتصادی را برآورده کند و هم امنیت زیست‌محیطی و آینده‌پذیری آن را تأمین نماید. در این چارچوب، چند مفهوم کلیدی دیده می‌شود: نخست، عدالت در دسترسی به آب و بهبود بهره‌وری، به این معنا که همگی گروه‌های جمعیتی، ازجمله گروه‌های آسیب‌پذیر، بتوانند به آب دسترسی داشته باشند و منابع آب به شکلی کارا مصرف شود. دوم، پاسخگویی و شفافیت نهادها؛ یعنی تصمیم‌گیری و اجرای سیاست‌های آب باید شفاف، قابل رصد و پاسخگو به ذی‌نفعان باشد. سوم، مشارکت و مشارکت‌پذیری ذی‌نفعان، به این معنا که بازیگران مختلف (شهروندان، بخش خصوصی، دولت، جوامع محلی) در فرآیندها مشارکت داشته باشند تا تصمیمات باثبات، بپذیرفتنی و بادوام شوند. چهارم، انعطاف‌پذیری

[1] Yu et al

و تطبیق‌پذیری؛ یعنی با تغییرات اقلیمی، فشار جمعیتی و اقتصادی و فنّاورانه، سازوکار حکمرانی آب باید بتواند پاسخگو باشد. پنجم، هماهنگی بین‌بخشی و بین‌بخشی؛ زیرا تصمیمات در عرصه آب به‌شدت با بخش‌هایی چون کشاورزی، صنعت، انرژی، زمین و محیط‌زیست در ارتباطند. برای ارزیابی حکمرانی پایدار منابع آب، معیارهایی به کار می‌روند که وضعیت نهادها، سیاست‌ها، ابزارها، اطلاعات و مشارکت را می‌سنجند. به‌عنوان نمونه، OECDدر چارچوب «اصول حکمرانی آب» خود بر وجود نهادهای مؤثر، سیاست‌های هماهنگ، شفافیت، پاسخگویی، مشارکت ذی‌نفعان و عملکرد کارا تأکید دارد .همچنین پژوهش‌ها نشان‌داده‌اند که حکمرانی منابع آب زمانی مؤثرتر است که با سازوکار مدیریت یکپارچه منابع آب و شاخص‌های مناسب دنبال شود؛ بنابراین، ارزیابی حکمرانی پایدار منابع آب مستلزم بررسی ابعاد نهادی، سیاستی، فنّاورانه و مشارکتی است و نه صرفاً به کارکرد فنی نظام‌ها بسنده می‌کند. (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[1]،۲۰۱۸).

د) شاخص‌های پایداری و مدیریت یکپارچه منابع آب

مدیریت یکپارچه منابع آب به معنای هماهنگ‌سازی تمام اجزای مرتبط با آب شامل منابع، تقاضا، کیفیت، محیط‌زیست و نهادهای متولی است تا اهداف اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی به‌صورت هم‌زمان تحقق یابد. شاخص‌های پایداری منابع آب ابزاری برای سنجش تحقق این اهداف هستند و وضعیت نظام آب را از جنبه‌های کمی و کیفی ارزیابی می‌کنند. از شاخص‌های مهم می‌توان به میزان بهره‌وری و کارایی مصرف آب، عدالت در دسترسی، امنیت منابع آب، کیفیت اکوسیستم‌ها و پایداری اقتصادی مرتبط با آب اشاره کرد. این شاخص‌ها کمک می‌کنند تا سیاست‌ها و تصمیمات مدیریتی بر اساس داده‌ها و شواهد اتخاذ شوند و از تصمیمات کوتاه‌مدت و جزیره‌ای جلوگیری شود. (جارزبسکی و همکاران[2]،۲۰۲٤).

[1] Organisation for Economic Cooperation and Development
[2] Jarzebski et al

ذ) الگوهای تلفیق موجود در مطالعات بین‌المللی

در سطح بین‌المللی، چندین چارچوب تلفیقی میان حسابداری آب و تفکر نظام‌مند معرفی شده است که برای مدیریت منابع آب به کار گرفته می‌شوند. یکی از این چارچوب‌ها، گزارش کمیسیون جهانی اقتصاد آب است که جریان‌ها و موجودی‌های آب را در قالب حسابداری آب تحلیل می‌کند و چالش‌های ساختاری، نهادی و اطلاعاتی را بررسی می‌نماید. همچنین پژوهش‌های متعددی نشان‌داده‌اند که چارچوب‌هایی وجود دارد که با ترکیب داده‌های منابع طبیعی، اقتصادی و نهادی و تحلیل تعاملات میان آن‌ها، امکان شبیه‌سازی اثرات بلندمدت سیاست‌ها و مصرف منابع آب فراهم می‌آید. در این الگوها، تحلیل جریان‌ها، موجودی‌ها، مصرف، بازگشت و اثرات اقتصادی و محیطی منابع آب در یک ساختار منسجم قرارمی‌گیرد و امکان ارزیابی بهره‌وری، شناسایی نقاط حساس و اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی ایجاد می‌شود. مطالعات نمونه نشان می‌دهند که الگوهای تلفیقی به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند: الگوهای حسابداری محور، الگوهای تحلیل نظام محور و الگوهای ترکیبی که هر دو رویکرد را در یک چارچوب واحد تلفیق می‌کنند. با این وجود، چالش‌هایی نظیر تفاوت مقیاس زمانی و مکانی داده‌ها، نیاز به استانداردسازی شاخص‌ها و هماهنگی میان بخش‌های فنی، اقتصادی و نهادی وجود دارد. موفقیت این الگوها مستلزم همکاری میان‌بخشی، دسترسی به داده‌های دقیق و فرآیند بازخورد مستمر است.(واردون و همکاران[1]، ۲۰۲۳).

ر) نقش تلفیق در شفافیت و تصمیم‌گیری پایدار

تلفیق میان حسابداری آب و تفکر نظام‌مند نقش حیاتی در ارتقای شفافیت و تصمیم‌گیری پایدار دارد. نخست، حسابداری آب قادر است داده‌های کمی درباره جریان‌ها، موجودی‌ها، مصرف، بازگشت و استفاده اقتصادی منابع آب را به‌صورت

[1] Vardon et al

منظم و قابل رصد فراهم آورد. این داده‌ها به مدیران و نهادها کمک می‌کنند تا تصمیمات خود را بر پایه شواهد و اطلاعات معتبر اتخاذ کنند و از تصمیم‌گیری‌های جزیره‌ای و سطحی جلوگیری شود. از سوی دیگر، تفکر نظام‌مند امکان می‌دهد داده‌ها به‌صورت ایستا تحلیل نشوند و ساختارها، تعاملات و بازخوردهای نظام نیز موردتوجه قرار گیرند. این امر موجب می‌شود که تصمیمات بلندمدت و کل‌نگر اتخاذ شود و اثرات ناخواسته کوتاه‌مدت کاهش یابد. علاوه براین، تلفیق داده‌های حسابداری و چارچوب‌های نظام موجب می‌شود اطلاعات میان نهادها و سطوح مختلف مدیریتی به اشتراک گذاشته شود و مشارکت ذی‌نفعان، شفافیت و پاسخگویی نهادها تقویت شود. با استفاده از این روش، امکان شناسایی نقاط حساس و تعیین مداخلات کلیدی فراهم می‌شود و سیاست‌گذاری بهینه، پایدار و مبتنی بر تحلیل دقیق تحقق می‌یابد.(وان روزلی و وولولیس[1]، ۲۰۲۳).

لذا مرور نظام‌مند مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که تلفیق حسابداری آب با رویکرد تفکر نظام‌مند، چارچوبی جامع برای درک و مدیریت پیچیدگی‌های نظام‌های انسان–آب فراهم می‌سازد. حسابداری آب به‌عنوان ابزاری کمّی، اطلاعات دقیق و ساختارمندی از جریان‌های ورودی و خروجی، مصرف، موجودی و ارزش اقتصادی آب در بخش‌های مختلف اقتصادی فراهم می‌کند. در مقابل، تفکر نظام‌مند با ماهیت کل‌نگر و پویای خود، امکان شناسایی روابط علی، بازخوردها، تأخیرهای زمانی و الگوهای رفتاری در نظام‌های اجتماعی-زیست‌محیطی را ایجاد می‌نماید. هنگامی‌که این دو رویکرد به‌صورت تلفیقی مورداستفاده قرار گیرند، شکاف میان داده‌محوری و درک نظام‌مند از پویایی‌های منابع آب برطرف می‌شود و تصمیم‌گیری‌ها از سطح توصیفی و مقطعی به سطح تحلیلی، تعاملی و بلندمدت ارتقا می‌یابد. مطالعات بین‌المللی به‌ویژه در کشورهایی نظیر استرالیا، اسپانیا و هلند نشان‌داده‌اند که استفاده از الگوهای تلفیقی مبتنی بر حسابداری آب و پویایی نظام‌ها، منجر به افزایش شفافیت در تخصیص منابع، بهبود تاب‌آوری زیست‌محیطی و ارتقای اثربخشی سیاست‌های مدیریت آب شده است. ازاین‌رو، رویکرد تلفیقی

[1] Wan Rosely& Voulvoulis

یادشده نه‌تنها ابزاری برای پایش و گزارشگری منابع آب است، بلکه به‌عنوان سازوکاری تحلیلی برای پشتیبانی از تصمیم‌سازی راهبردی در حوزه حکمرانی پایدار عمل می‌کند.

الف) پیامدها برای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب

کاربست تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند پیامدهای قابل‌توجهی برای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب دارد. نخست، این تلفیق زمینه‌ساز تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد می‌شود، به‌گونه‌ای که مدیران قادر خواهند بود سیاست‌های مختلف را بر اساس داده‌های واقعی حسابداری آب و نتایج شبیه‌سازی‌های نظام‌مند ارزیابی نمایند. دوم، با شفاف‌شدن جریان‌های مصرف و تخصیص، عدالت آبی و بهره‌وری منابع افزایش می‌یابد و امکان ارزیابی توزیع منافع و هزینه‌ها در بین ذی‌نفعان فراهم می‌شود. سوم، این تلفیق به شناسایی نقاط آسیب‌پذیر و طراحی سیاست‌هایی منجر می‌شود که تاب‌آوری نظام را در برابر تغییرات اقلیمی و نوسانات اقتصادی افزایش می‌دهند. افزون براین، ادغام حسابداری آب در الگوهای نظام‌مند می‌تواند ابزار مؤثری برای پایش مداوم اجرای سیاست‌ها و اصلاح تدریجی آن‌ها در فرآیند یادگیری نهادی باشد. درنتیجه، تلفیق این دو رویکرد موجب گذار از مدیریت واکنشی به مدیریت پیش‌نگر و تطبیقی می‌شود و مبنایی برای حکمرانی چندسطحی و هماهنگ در بخش آب فراهم می‌آورد.

ب) محدودیت‌های پژوهش‌های موجود

مرور ادبیات نشان می‌دهد که علی‌رغم ظرفیت‌های بالا، پژوهش‌های موجود درزمینهٔ تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند با چالش‌ها و محدودیت‌هایی مواجه‌اند. نخستین محدودیت، کمبود داده‌های جامع، دقیق و به‌روز در خصوص منابع و مصارف آب است که مانع از اعتبار الگوهای تلفیقی می‌شود. دومین محدودیت، تفاوت در مقیاس‌های زمانی و مکانی بین داده‌های حسابداری و الگوهای نظام‌مند است؛ زیرا داده‌های حسابداری عمدتاً سالانه ثبت می‌شوند، درحالی‌که پویایی نظام‌ها نیازمند داده‌های با تفکیک زمانی کوتاه‌تر است. سوم،

فقدان استانداردسازی شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مرتبط با حسابداری آب، مقایسه بین مطالعات و انتقال نتایج را دشوار می‌سازد. چهارم، چالش‌های نهادی و میان‌رشته‌ای از دیگر موانع جدی به شمار می‌روند؛ زیرا اجرای الگوهای تلفیقی مستلزم همکاری میان حسابداران، مهندسان منابع آب، اقتصاددانان محیط‌زیست و سیاست‌گذاران است. درنهایت، بیشتر مطالعات موجود در سطح نظری باقی‌مانده و پژوهش‌های کاربردی و مبتنی بر داده‌های واقعی در این زمینه هنوز محدودند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این مرور نظام‌مند حاکی از آن است که تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند می‌تواند به‌عنوان رویکردی مؤثر برای دستیابی به حکمرانی پایدار منابع آب مورداستفاده قرار گیرد. این تلفیق با ترکیب توانمندی‌های داده‌محور حسابداری آب و نگرش پویا و کل‌نگر تفکر نظام‌مند، زمینه را برای فهم بهتر روابط متقابل انسان و محیط فراهم می‌کند و امکان طراحی سیاست‌هایی را می‌دهد که به‌صورت هم‌زمان ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری را دربرگیرند. در این چارچوب، حسابداری آب به‌مثابه زیربنای اطلاعاتی و تفکر نظام‌مند به‌عنوان ابزار تحلیلی و سیاستی عمل می‌کند و تعامل میان آن‌ها باعث ارتقای شفافیت، پاسخگویی، هماهنگی نهادی و یادگیری سازمانی در مدیریت منابع آب می‌شود.

پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده بر توسعه الگوهای بومی متناسب با شرایط اقلیمی و نهادی ایران تمرکز کنند و استانداردسازی شاخص‌ها و متغیرهای کلیدی را در دستورکار قرار دهند. به‌علاوه، استفاده از فنّاوری‌های نوین نظیر داده‌های سنجش از دور، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و هوش مصنوعی می‌تواند دقت و کارآمدی حسابداری آب را در چارچوب تحلیل‌های نظام‌مند افزایش دهد. همچنین لازم است الگوهای دینامیکی برای ارزیابی سیاست‌های کلان نظیر

قیمت‌گذاری آب، مدیریت تقاضا و بازتخصیص منابع میان بخش‌ها توسعه یابد تا اثرات بلندمدت آن‌ها در قالب سناریوهای مختلف شبیه‌سازی گردد.

در بعد اجرایی نیز، تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند می‌تواند ابزار کلیدی در ارتقای حکمرانی چندسطحی منابع آب باشد. این تلفیق، امکان هماهنگی میان سطوح ملی، منطقه‌ای و محلی را فراهم ساخته، از تداخل سیاست‌ها جلوگیری می‌کند و بستر یادگیری مستمر و اصلاح تدریجی راهبردها را مهیا می‌سازد. درنهایت، می‌توان نتیجه گرفت که ادغام رویکردهای کمّی و تحلیلی در قالب یک چارچوب تلفیقی نه‌تنها به بهبود مدیریت منابع آب کمک می‌کند، بلکه موجب افزایش تاب‌آوری و پایداری نظام‌های اجتماعی-زیست‌محیطی در برابر چالش‌های آینده خواهد شد.

منابع

معصومی بیلندی، زهرا؛ حجازی رضوان. (۱۳۹۸). حسابداری مدیریت آب. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱٤(۷).

نمازی، محمد، مصلی‌نژاد، آرزو. (۱٤۰۰). طراحی الگوی حسابداری مدیریت یکپارچه آب با استفاده از الگوی ارزیابی متوازن. مطالعات تجربی حسابداری مالی، ۱٤(۷)

References

Bagstad, K.J., Ingram, J.C., Shapiro, C.D., La Notte, A., Maes, J., Vallecillo, S., Casey, C. F., Glynn, P.D., Heris, M.P., Johnson, J.A., Lauer, C. (2021). Lessons learned from development of natural capital accounts in the United States and European Union. Ecosystem Services, 52(C). DOI: 10.1016/j.ecoser.2021.101429

Bertule, M., Glennie, P., Koefoed Bjørnsen, P., James Lloyd, G., Kjellen, M., Dalton, J., ... & Harlin, J. (2018). Monitoring water resources governance progress globally: Experiences from monitoring SDG indicator 6.5. 1 on integrated water resources management implementation. Water, 10(12), 1744.

Bhuyan, M. J., & Deka, N. (2024). Understanding human-water nexus in a floodplain district of the Brahmaputra Valley, India: An integration of

socio-hydrological and rural hydrological approaches. Science of The Total Environment, 906, 167525.

Gohari, A., Savari, P., Eslamian, S., Etemadi, N., & Keilmann-Gondhalekar, D. (2022). Developing a system dynamic plus framework for water-land-society nexus modeling within urban socio-hydrologic systems. Technological Forecasting and Social Change, 185, 122092.

Jarzebski, M. P., Karthe, D., Chapagain, S. K., Setiawati, M. D., Wadumestrige Dona, C. G., Pu, J., & Fukushi, K. (2024). Comparative analysis of water sustainability indices: A systematic review. Water, 16(7), 961.

Levy, M. C., Garcia, M., Blair, P., Chen, X., Gomes, S. L., Gower, D. B., Grames, J., Kuil, L., Liu, Y., Marston, L., & McCord, P. F. (2016). Wicked but worth it: Student perspectives on socio-hydrology. Hydrological Processes, 30(9), 1467–1472.

Masoumi Bilandi, Z., & Hejazi, R. (2019). Water Management Accounting. Water and Sustainable Development Journal, 14(7). [In Persian]

Moshir Panahi, D., Kalantari, Z., Ghajarnia, N., Seifollahi-Aghmiuni, S., & Destouni, G. (2020). Variability and change in the hydro-climate and water resources of Iran over a recent 30-year period. Scientific Reports, 10(1), 7450.

Naeem, K., Zghibi, A., Elomri, A., Mazzoni, A., & Triki, C. (2023). A literature review on system dynamics modeling for sustainable management of water supply and demand. Sustainability, 15(8), 6826.

Namazi, M., & Mosallinejad, A. (2021). Designing an Integrated Water Management Accounting Model Using the Balanced Scorecard Approach. Empirical Studies in Financial Accounting, 14(7) [In Persian]

Organisation for Economic Cooperation and Development, O. F. E. C. A. D. (2018). Implementing the OECD principles on water governance: indicator framework and evolving practices (pp. 148-pp).

Phan, T. D., Bertone, E., & Stewart, R. A. (2021). Critical review of system dynamics modelling applications for water resources planning and management. Cleaner Environmental Systems, 2, 100031.

Polaine, X. K., Dawson, R., Walsh, C. L., Amezaga, J., Peña-Varón, M., Lee, C., & Rao, S. (2022). Systems thinking for water security. Civil Engineering and Environmental Systems, 39(3), 205-223.

Sheikhbabaei, A., Hosseini Baghanam, A., Zarghami, M., Pouri, S., & Hassanzadeh, E. (2022). System thinking approach toward reclamation of regional water management under changing climate conditions. Sustainability, 14(15), 9411.

Simonovic, S. P. (2020). Systems approach to management of water resources—Toward performance based water resources engineering. Water, 12(4), 1208.

Tello, E., Hazelton, J., & Cummings, L. (2016). Potential users' perceptions of general purpose water accounting reports. Accounting, Auditing & Accountability Journal, 29(1), 80–110.

Vardon, M. J., Le, T. H. L., Martinez-Lagunes, R., Pule, O. B., Schenau, S., May, S., & Grafton, R. Q. (2023). Water accounts and water accounting. Global Commission on the Economics of Water: Paris, France.

Wan Rosely, W. I. H., & Voulvoulis, N. (2024). System thinking for sustainable water management: The use of system tools in sustainability transitions. Water Resources Management, 38(4), 1315-1337.

Wan Rosely, W. I. H., & Voulvoulis, N. (2024). System thinking for sustainable water management: The use of system tools in sustainability transitions. Water Resources Management, 38(4), 1315-1337.

Wang, X., Dong, Z., & Sušnik, J. (2023). System dynamics modelling to simulate regional water-energy-food nexus combined with the society-economy-environment system in Hunan Province, China. Science of The Total Environment, 863, 160993.

Yu, Y., Song, X., Zhang, Y., & Zheng, F. (2020). Assessment of water quality using chemometrics and multivariate statistics: a case study in chaobai river replenished by reclaimed water, North China. Water, 12(9), 2551.

Zhang, D., Liu, B., Liu, P., & Wang, Z. (2025). Accounting and system dynamics simulation of water resource liabilities in the Yangtze River Economic Zone, China. Evaluation and Program Planning, 111, 102586.

Zomorodian, M., Lai, S. H., Homayounfar, M., Ibrahim, S., Fatemi, S. E., & El-Shafie, A. (2018). The state-of-the-art system dynamics application in integrated water resources modeling. Journal of Environmental Management, 227, 294–303

(United Nations. (2012). System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-Water). New York: United Nations Statistics Division)