

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

Donya Solouki 

Department of Accounting Ar,c, Islamic Azad University, Arak, Iran

Ali Lal Bar 

Department of Accounting Ar,c, Islamic Azad University, Arak, Iran

Abstract

Introduction

Human societies are facing increasingly severe water-related challenges, including droughts, sudden floods, groundwater depletion, land subsidence, and environmental degradation. These challenges are exacerbated by climate change, rapid population growth, and unsustainable water consumption patterns. Traditional water management approaches often rely on sectoral interventions and overlook the systemic feedback loops that perpetuate water-related problems, thereby contributing to policy failures. Achieving sustainable water resources management therefore requires integrated, interdisciplinary frameworks that account for 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 strengthening sustainable water resources governance. Specifically, it examines how

* Corresponding Author: for_lalbar@yahoo.com

How to Cite: Solouki, D., Lal Bar, A. (2025). A Systematic Review of the Role of Integrating Water Accounting and Systems Thinking in Strengthening Sustainable Water Resources Governance. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, 5(13), pp. 70-93. DOI: 10.22054/eenr.2026.89759.221

Original Research

Accept: 21 January 2026

Revise: 20 January 2026

Receive: 07 December 2025

ISSN: 2538-4791

eISSN: 2538-483X

this integration enhances transparency, institutional accountability, intersectoral coordination, and policy effectiveness in water allocation and management.

Research Method

This research employed a systematic review methodology to analyze studies published over the past two decades in reputable scientific databases. The content analysis focused on water accounting applications, systems thinking frameworks, dynamic system modeling, and integrated governance approaches.

Results and Discussion

The findings indicate that water accounting provides structured quantitative data on water flows, stocks, consumption, and economic value across sectors, thereby forming the informational foundation for system modeling. Systems thinking complements this approach by analyzing causal relationships, feedback loops, and time delays, thus facilitating adaptive and long-term decision-making. Integrated approaches improve transparency, stakeholder participation, institutional accountability, and the efficiency of water policies. International case studies from Australia, Spain, and the Netherlands demonstrate that such integration enables scenario-based evaluation of social and environmental impacts, identifies leverage points, and supports evidence-based adaptive governance. However, challenges remain, including limited high-quality data, the absence 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 supports evidence-based, long-term, and adaptive policymaking, 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 multilevel 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 :Q25, Q28, M41, H83



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

دنیاسلوکی  گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

علی لعل‌بار * گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

چکیده

مدیریت پایدار منابع آب مستلزم به‌کارگیری رویکردهایی جامع و میان‌رشته‌ای است که بتواند 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 منتشر شده 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. باوجود این، چالش‌هایی نظیر کمبود داده‌های دقیق، فقدان استانداردسازی 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: Q25, Q28, M41, H83

* نویسنده مسئول: for_lalbar@yahoo.com

۱. مقدمه

جوامع انسانی با چالش‌های روزافزون مرتبط با آب روبه‌رو هستند؛ از جمله خشک‌سالی‌های شدید، سیلاب‌های ناگهانی، افت سطح آب‌های زیرزمینی، فرونشست زمین و تخریب محیط‌زیست (مشیر پناهی و همکاران^۱، ۲۰۲۰). این مشکلات تحت تأثیر 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^۲، 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 رفتار نظام‌ها، به‌ویژه در شرایطی که بازخوردهای پویا و عوامل اجتماعی - اقتصادی به‌طور کامل لحاظ نشده‌اند، محدود هستند (لوی و همکاران^۳، ۲۰۱۶).

بسیاری از الگوهای مبتنی بر فرایند، تمرکز اصلی خود را بر فرایندهای فیزیکی 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 بر این، فرضیات ایستا در الگوهای مدیریت آب مانع از بازتاب پویایی‌های غیرخطی این نظام‌ها می‌شود و درنهایت ممکن است پیامدهای ناخواسته‌ای همچون افت آب

¹ Moshir Panahi et al

² Gohari et al

³ Levy et al

زیرزمینی و تخریب اکوسیستم‌ها را به همراه داشته باشد. برای غلبه بر این 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^۱، ۲۰۲۴).

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^۲، 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^۳، 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. 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^۴، ۲۰۱۶).

¹Bhuyan& Deka

²Zomorodian et al

³Wang et al

⁴Tello et al

ادغام نظام‌مند داده‌های هیدرولوژیکی و اقتصادی در این چارچوب‌ها دقت الگوسازی پویایی نظام‌ها را افزایش داده و عدم قطعیت‌ها 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 یعنی نقاطی در ساختار نظام که مداخله کوچک می‌تواند بهبودهای بزرگی ایجاد کند نیستند. مدیریت پایدار منابع آب در قرن بیست و یکم، 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 هیدرولوژیکی (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، نه تنها دقت شبیه‌سازی فرآیندهای علی-معلولی را افزایش می‌دهد، بلکه با ارائه نمای holistic از نظام، قادر است دامنه عدم قطعیت‌ها در پیش‌بینی سناریوهای آتی را به‌طور معناداری کاهش دهد (میرچی و همکاران ۲۰۱۲^۱ و وینز و همکاران ۲۰۰۹^۲).

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 مورد استفاده. در محور رویکرد پژوهش، مطالعات به سه دسته 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

¹ Mirchi et al

² Winz et al

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، مشاهده 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 به دلیل 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 موردنظرشان آگاه‌تر عمل نمایند. (نیم و همکاران ۲۰۲۳).

ب) شناسایی روندها و شکاف‌های پژوهشی

با مروری نظام‌مند بر ادبیات موضوع، چند روند قابل مشاهده است. نخست آنکه در سال‌های اخیر، تمرکز فزاینده‌ای بر به کارگیری الگوهای دینامیک نظام یا چارچوب‌های تحلیل ساختار نظام برای مدیریت منابع آب مشاهده می‌شود؛ به عنوان مثال، پژوهشی با عنوان مروری بر الگوسازی دینامیک نظام برای مدیریت پایدار عرضه و تقاضای آب نشان داده است که بیش از نیمی از پژوهش‌ها فقط به داده‌های کمی پرداخته‌اند و کمتر از ۶۰ درصد آن‌ها از نمودارهای حلقه علت - معلولی بهره برده‌اند.

همچنین، پژوهش دیگری با عنوان مروری انتقادی بر کاربردهای الگوسازی دینامیک نظام در برنامه‌ریزی منابع آب نشان داده است که تنها حدود ۴۰ درصد از مطالعات، نمودار

حلقه علت _ معلولی را به کار برده‌اند 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 به طور کامل صورت نگرفته است؛ بسیاری از کارها صرفاً بر جنبه فنی یا کمی تمرکز دارند و جنبه‌های نهادی، مشارکتی و سیاست‌گذاری کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، پژوهش‌های طولانی مدت 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 قابل توجه مطالعه در این حوزه، هنوز شکاف‌های بنیادین وجود دارد که می‌تواند مسیر تحقیقاتی آینده را نشان دهد. (فان و همکاران ۲۰۲۴).

۳. روش

این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل نقش تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند در تقویت حکمرانی پایدار منابع آب، با به کارگیری رویکرد مرور نظام‌مند انجام شده است. مرور نظام‌مند به عنوان 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. 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

¹ Fan et al

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 استانداردهای شاخص‌ها، نبود شفافیت در فرآیند الگوسازی و عدم اعتبارسنجی مناسب الگوها هستند. به‌عنوان مثال، پژوهش نشان داده 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 سناریو محور هستند (نه بهینه‌سازی محور) و بنابراین ممکن است گزینه بهینه را نشان‌ند 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، به دلیل نقص در یکی از این اجزا، کارایی کمتری دارند؛ از این رو، توصیه می‌شود که پژوهشگران آینده با توجه به این تجارب، الگوهای یکپارچه‌تر، داده‌محورتر و دارای بازخورد نهادی طراحی نمایند (واردون و همکاران، ۲۰۲۳).

۴. یافته‌ها

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، به دلیل 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

¹ Vardon et al

آبی به آن‌ها نیاز دارند (معصومی و حجازی، ۱۳۹۸).

هیئت استانداردهای حسابداری آب (AWSSB) در سال ۲۰۰۷ در استرالیا تأسیس شد و کار استاندارد گذاری در این حوزه را آغاز کرد. تا سال ۲۰۱۹، این هیئت یک چارچوب مفهومی، هشت بیانیه و دو استاندارد اصلی منتشر کرده است. بر اساس آن حسابداری آب را یک فرآیند نظام مند برای شناسایی، اندازه گیری، گزارش گیری و تأیید اعتبار اطلاعات مربوط به آب و حقوق مرتبط با آن تعریف می کند. استاندارد شماره ۱: روش های شناسایی، اندازه گیری، ارائه و افشای اطلاعات آب در گزارش ها را مشخص می کند تا گزارش ها قابل مقایسه و قابل اعتماد باشند. استاندارد شماره ۲: بر اطمینان بخشی و راستی آزمایی گزارش های آب برای تضمین پاسخگویی تمرکز دارد.

در کل، این استانداردها نشان می دهند که حوزه حسابداری آب بسیار وسیع و ساختاریافته است (نمازی و مصلی نژاد، ۱۴۰۰).

در آینده، نیاز ما به منبع های آب با افزایش جمعیت، بیشتر خواهد شد. حسابداری آب، می تواند 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 گران بها است. حسابداری آب می تواند 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 شاخص های کارآمد برای ارزیابی نظام های منابع آب تعریف و جمع آوری گردد (نمازی و مصلی نژاد، ۱۴۰۰).

ب) حسابداری آب در سطح جهانی

حسابداری آب در سطح جهانی به فرآیند جمع آوری، تحلیل و گزارش دهی داده های مربوط به منابع آب در سطح کشورها و مناطق مختلف می پردازد. این فرآیند شامل نظارت بر مصرف، تأمین و مدیریت آب، به ویژه در ارتباط با بخش های 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 تحت تأثیر 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 هیدرولوژیک و سنجش از راه دور	تجزیه و تحلیل مدیریت منابع آب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و الگوسازی هیدرولوژیک برای پیش‌بینی نیازهای آبی و چالش‌های مربوط به تغییرات اقلیمی.
برزیل	حسابداری آب برای نظارت بر منابع آب و سیاست‌های زیست محیطی	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، به کل نظام و ارتباطات میان اجزا می‌نگرد. در این رویکرد، اجزا فقط به‌صورت منفرد مورد توجه نیستند، بلکه روابط، بازخوردها، تأخیرها و تعاملات بین اجزا که موجب پدید آمدن 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 ۲۰۲۴).

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 مخرب 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. در مجموع، تفکر نظام‌مند ابزار مهمی برای مواجهه با پیچیدگی‌ها و پویایی‌های بلندمدت نظام‌ها است (پولین و همکاران^۲، 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

1 Wan Rosely & Voulvoulis

2 Polaine et al

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 به دنبال داشته باشد. در کنار این اصول، چارچوب‌های راهنمایی نیز پیشنهاد شده‌اند تا برای انتخاب ابزار مناسب، تحلیل ساختار درست و طراحی مداخله‌ای مؤثر مورد استفاده قرار گیرند. این اصول و چارچوب‌ها به محققان و مدیران کمک می‌کند تا از دیدگاه جزیره‌ای به دیدگاه نظام‌مند منتقل شوند و طراحی پایدارتری برای نظام‌ها داشته باشند (سیمونوویچ^۱ ۲۰۲۰).

ج) الگوسازی نظام‌ها و تحلیل دینامیک‌های آب

الگوسازی نظام‌ها در حوزه منابع آب با هدف فهم رفتار بلندمدت و پویایی‌های داخلی نظام آب از جمله 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 علی (رابطه علت-معلولی) و نمودار جریان 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 نشان داده‌اند که بسیاری از الگوهای موجود فاقد بخش‌هایی مانند تحلیل ساختار، استفاده از نمودارهای حلقه علی و اعتبارسنجی مناسب هستند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای درباره بستر حوضه آبریز آجی-چای ایران، الگوی دینامیکی نظام بر پایه شبیه‌سازی سناریوهای متعدد نشان داد که هیچ کدام از سناریوها به تنهایی 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 به کل نظام و تعامل میان اجزا انجام دهند. در این رویکرد، آب نه تنها به عنوان کالای فیزیکی، بلکه به عنوان 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 بر مبنای 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، 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 — 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، از جمله 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، پذیرفتنی و بادوام شوند. چهارم، انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری؛ یعنی با تغییرات اقلیمی، فشار جمعیتی و اقتصادی و فناورانه، 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، OECD در چارچوب اصول حکمرانی آب خود بر وجود نهادهای مؤثر، سیاست‌های هماهنگ، شفافیت، پاسخگویی، مشارکت ذی‌نفعان و عملکرد کارا تأکید دارد. همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند 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، فناورانه و مشارکتی است و نه صرفاً به کارکرد فنی نظام‌ها بسنده می‌کند (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۱، ۲۰۱۸).

1 Organisation for Economic Cooperation and Development

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^۱، ۲۰۲۴).

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 نشان داده‌اند 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 قرار می‌گیرد 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^۱، 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 به صورت منظم و قابل رصد فراهم آورد. این داده‌ها به مدیران و نهادها کمک می‌کند 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 به صورت ایستا تحلیل نشوند و ساختارها، تعاملات و بازخوردهای نظام نیز مورد توجه قرار گیرند. این امر موجب می‌شود که تصمیمات بلندمدت و کل‌نگر اتخاذ شود و اثرات ناخواسته کوتاه‌مدت کاهش یابد. علاوه بر این، 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^۲، 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 به عنوان ابزاری کمی، اطلاعات دقیق و ساختارمندی از جریان‌های ورودی و خروجی، مصرف، موجودی و ارزش اقتصادی آب در بخش‌های

1 Vardon et al

2 Wan Rosely& Voulvoulis

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. هنگامی که این دو رویکرد به صورت تلفیقی مورد استفاده 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 به ویژه در کشورهای نظیر استرالیا، اسپانیا و هلند نشان داده‌اند 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. از این رو، رویکرد تلفیقی یادشده نه تنها ابزاری برای پایش و گزارشگری منابع آب است، بلکه به عنوان سازوکاری تحلیلی برای پشتیبانی از تصمیم‌سازی راهبردی در حوزه حکمرانی پایدار عمل می‌کند.

ز) پیامدها برای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب

کاربست تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند پیامدهای قابل توجهی برای سیاست‌گذاری و مدیریت منابع آب دارد. نخست، این تلفیق زمینه‌ساز تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد می‌شود، به گونه‌ای 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 بر این، ادغام حسابداری آب در الگوهای نظام‌مند می‌تواند ابزار مؤثری برای پایش مداوم اجرای سیاست‌ها و اصلاح تدریجی آن‌ها در فرآیند یادگیری نهادی باشد. در نتیجه، 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.

ژ) محدودیت‌های پژوهش‌های موجود

مرور ادبیات نشان می‌دهد که علی‌رغم ظرفیت‌های بالا، پژوهش‌های موجود در زمینه 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، در حالی که 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. در نهایت، بیشتر مطالعات موجود در سطح نظری باقی‌مانده و پژوهش‌های کاربردی و مبتنی بر داده‌های واقعی در این زمینه هنوز محدودند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مرور نظام‌مند حاکی از آن است که تلفیق حسابداری آب و تفکر نظام‌مند می‌تواند به عنوان رویکردی مؤثر برای دستیابی به حکمرانی پایدار منابع آب مورد استفاده 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 به صورت هم‌زمان ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری را دربرگیرند. در این چارچوب، حسابداری آب به مثابه زیربنای اطلاعاتی و تفکر نظام‌مند به عنوان 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 دستور کار قرار دهند. به علاوه، استفاده از فناوری‌های 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 کمی و تحلیلی در قالب یک چارچوب تلفیقی نه تنها به بهبود مدیریت منابع آب کمک می‌کند، بلکه موجب افزایش تاب‌آوری و پایداری نظام‌های اجتماعی-زیست‌محیطی در برابر چالش‌های آینده خواهد شد.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Donya Solouki



<http://orcid.org/0009-0000-5261-9954>

Ali Lal Bar



<http://orcid.org/0000-0002-8997-3575>

منابع

- معصومی بیلندی، زهرا؛ حجازی رضوان. (۱۳۹۸). حسابداری مدیریت آب. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱۱۳-۱۲۴، (۱)۶.
- نمازی، محمد، مصلی‌نژاد، آرزو. (۱۴۰۰). طراحی الگوی حسابداری مدیریت یکپارچه آب با استفاده از الگوی ارزیابی متوازن. مطالعات تجربی حسابداری مالی، ۱۸(۷۲)، ۲۷-۵۶.

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
- 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., Wadumestriga 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*, 6(1), 113- 124 [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*, 18(72), 27-56 [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.
- Sheikhababaei, 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.
- United Nations. (2012). *System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-Water)*. New York: United Nations Statistics Division)
- 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.

- 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

استناد به این مقاله: سلوکی، دنیا، لعل بار، علی. (۱۴۰۴). مروری بر نقش تلفیق حسابداری آب با رویکرد تفکر نظام‌مند در تقویت حکمرانی پایدار منابع آب، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۵(۱۳)، صفحات ۷۰-۹۳.

DOI: 10.22054/eenr.2026.89759.221



Journal of Environmental and Natural Resource Economics licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.