Journal of Water and Sustainable Development. September 2026
Volume 13. Issue 2 (Serial No. 40). Pages 61 to 74

نشریه آب و توسعه پایدار. شهریور ماه ۱۴۰۵
سال سیزدهم. شماره دوم (پیاپی ۴۰). صفحات ۶۱ تا ۷۴

Document Type: Methodologies Article

نوع مقاله: روش شناسی

From Volume to Value: Designing an Integrated Corporate Water Accounting Framework for Iran's Mining Industries Inspired by the MCA-WAF and SEEA-W Frameworks

S. M. Rahdar[1*], A. Bagheri[2], M. Samare Hashemi[3]

1, 2- M.Sc. Graduate and Associate Professor, Department of Water Engineering and Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3 – Assistant Professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

*** Corresponding, Author Email:** ali.bagheri@modares.ac.ir

Received ▶ 01-02-2026
Revised ▶ 04-05-2026
Accepted ▶ 22-05-2026
Available online ▶ 16-09-2026

Abstract

Increasing pressure on water resources, particularly in arid and semi-arid regions, has turned water management and reporting into a strategic challenge for industrial firms. Despite the development of various water accounting frameworks, much of the existing literature remains focused on the measurement of physical water data and fails to provide decision-relevant information at the corporate level. This study aims to conceptualize a coherent pathway from water withdrawal data to corporate water accounting and to propose an integrated framework that links physical and economic water information at the firm level. The research adopts a conceptual-analytical review approach, comparing water accounting frameworks across macro, value chain, and corporate levels. The findings indicate that the main gap in the literature is not the lack of data or theoretical frameworks, but the absence of a systematic linkage between physical water flows, economic variables, and corporate accounting structures. Accordingly, the integration of the Mineral's Council of Australia Water Accounting Framework (MCA-WAF) and the System of Environmental-Economic Accounting for Water (SEEA-W) is proposed as a conceptual pathway for developing corporate water accounting in Iran. The proposed framework incorporates context-specific adjustments and enables the development of a water-economic information statement to support managerial decision-making, sustainability reporting, and stakeholder accountability.

Keywords: Water Accounting, Decision Support, Economic Evaluation, Water Reporting.

از حجم به ارزش: طراحی چارچوب تلفیقی حسابداری آب بنگاهی برای صنایع معدنی ایران با الهام از چارچوب‌های MCA-WAF و SEEA-W

سید محمد راهدار[۱]، علی باقری[۲*]، مرضیه ثمره هاشمی[۳]

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

***رایانامه نویسنده مسئول:** ali.bagheri@modares.ac.ir

تاریخ دریافت ◀ ۱۴۰۴/۱۱/۱۲
تاریخ بازنگری ◀ ۱۴۰۵/۰۲/۱۴
تاریخ پذیرش ◀ ۱۴۰۵/۰۳/۰۱
تاریخ انتشار ◀ ۱۴۰۵/۰۶/۲۵

چکیده

افزایش فشار بر منابع آب، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مدیریت و گزارشگری آب را به یکی از چالش‌های راهبردی شرکت‌های صنعتی تبدیل کرده است. با وجود توسعه چارچوب‌ها و رویکردهای مختلف حسابداری آب، بخش عمده‌ای از مطالعات موجود در سطح ثبت داده‌های فیزیکی باقی‌مانده و به تولید اطلاعات معنادار برای تصمیم‌گیری مدیریتی در سطح بنگاه منجر نشده است. هدف این پژوهش، تبیین مسیر مفهومی گذار از داده‌های برداشت آب به حسابداری آب بنگاه و ارائه چارچوبی منسجم برای تلفیق داده‌های فیزیکی و اقتصادی آب در سطح بنگاه است. این پژوهش با رویکرد مرور مفهومی-تحلیلی انجام شده و چارچوب‌های حسابداری آب در سطوح کلان، زنجیره ارزش و بنگاه مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که خلأ اصلی ادبیات، نه کمبود داده یا چارچوب نظری، بلکه نبود مسیری روشن برای پیوند نظام‌مند جریان‌های فیزیکی آب با متغیرهای اقتصادی و ساختارهای حسابداری بنگاه است. بر این اساس، تلفیق چارچوب حسابداری آب شورای معدنی استرالیا (MCA-WAF) و سیستم حسابداری اقتصادی-محیط‌زیستی برای آب (SEEA-W) به‌عنوان یک مسیر مفهومی برای توسعه حسابداری آب بنگاه در ایران ارائه می‌شود. این چارچوب با در نظر گرفتن شرایط بومی، امکان تولید بیانیه اطلاعات آبی-اقتصادی را فراهم می‌سازد که می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیریتی، گزارشگری پایداری و ارتقای پاسخگویی به ذی‌نفعان باشد.

واژه‌های کلیدی: حسابداری آب، پشتیبانی تصمیم‌گیری، ارزیابی اقتصادی، گزارشگری آب.

How to cite this article:

Rahdar, S. M., Bagheri, A. and Samare Hashemi, M. (2026). From Volume to Value: Designing an Integrated Corporate Water Accounting Framework for Iran's Mining Industries Inspired by the MCA-WAF and SEEA-W Frameworks. Journal of Water and Sustainable Development, 13(2), 61-74. https://doi.org/10.22067/jwsd.v13i2.2602-1495

مقدمه

توسعه صنعتی به‌عنوان یکی از محرک‌های اصلی رشد اقتصادی، نقش مهمی در افزایش تولید، اشتغال و ارزش افزوده ایفا می‌کند و به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، سهم قابل توجهی در ساختار اقتصاد ملی دارد (Chenery و همکاران، ۱۹۸۶). بااین‌حال گسترش فعالیت‌های صنعتی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران، فشار فزاینده‌ای بر منابع طبیعی و به‌طور خاص منابع آب وارد کرده است. آب به‌عنوان یک نهاده اساسی در بسیاری از فرایندهای صنعتی، نه‌تنها برای تداوم تولید لازم است، بلکه به‌طور مستقیم بر هزینه‌های تولید، بهره‌وری و پایداری فعالیت‌های اقتصادی نیز تأثیر می‌گذارد (Bartelmus، ۲۰۱۳). در سال‌های اخیر، کاهش کم و کیف منابع آب، افزایش رقابت میان بخش‌های مختلف مصرف کننده و تشدید محدودیت‌های نهادی و محیط‌زیستی، موجب شده است که مدیریت آب برای بنگاه‌های تجاری صرفاً یک مسئله فنی تلقی نشود. در این شرایط، ریسک‌های مرتبط با آب فراتر از اختلال در تأمین فیزیکی بوده و پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و اعتباری را نیز در بر می‌گیرند که می‌توانند عملکرد بلندمدت بنگاه‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Brooke Barton، ۲۰۱۰؛ World Economic Forum، ۲۰۲۱).

هم‌زمان با افزایش توجه به این ریسک‌ها، نهادهای بین‌المللی و ابتکارات داوطلبانه متعددی بر ضرورت شفافیت و پاسخگویی بنگاه‌ها در قبال مصرف و مدیریت آب تأکید کرده‌اند. چارچوب‌هایی مانند ابتکار جهانی گزارش‌دهی[۱] (GRI، ۲۰۱۳)، راهنماهای شورای بین‌المللی معادن و فلزات[۲] (Hamilton و Thomas، ۲۰۱۷) و گزارش‌های نهادهایی مانند شورای جهانی کسب و کار برای توسعه پایدار[۳] (WBCSD، ۲۰۱۲)، بنگاه‌ها را به انتشار اطلاعات مرتبط با مصرف آب، ریسک‌های آبی و اقدامات مدیریتی در این حوزه ترغیب می‌کنند. این رویکردها، آب را به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی پایداری مطرح کرده و جایگاه آن را در مسئولیت‌پذیری اجتماعی و محیط‌زیستی ارتقا داده‌اند (Fonseca و همکاران، ۲۰۱۴). در همین راستا، پژوهشی انجام شده در بورس ایران نیز نشان داده است که گزارش‌دهی استفاده از منابع طبیعی توسط بنگاه‌ها با افزایش جذابیت آنها برای سرمایه‌گذاری ارتباط مستقیم دارد (Asnad و Fakhari، ۲۰۲۵).

با وجود این توجه فزاینده، چالش اساسی در سطح بنگاه‌ها، فقدان چارچوبی منسجم برای تبدیل داده‌های فیزیکی آب به اطلاعات معنادار و قابل استفاده در تصمیم‌گیری مدیریتی است. در بسیاری از فعالیت‌های صنعتی، داده‌های مربوط به برداشت، مصرف و تخلیه آب عمدتاً با اهداف عملیاتی یا در پاسخ به الزامات نظارتی جمع‌آوری می‌شوند و از انسجام مفهومی لازم برای تحلیل اقتصادی برخوردار نیستند (Schornagel و همکاران، ۲۰۱۲؛ Garstone و همکاران، ۲۰۱۷). در نتیجه، این داده‌ها اغلب به‌صورت اطلاعات خام باقی می‌مانند و نقش محدودی در تصمیم‌سازی برای مدیران بنگاه‌های تجاری ایفا می‌کنند.

در پاسخ به این نیاز، طی دو دهه اخیر رویکردها و چارچوب‌های متعددی تحت عنوان چارچوب‌های حسابداری آب توسعه یافته‌اند. حسابداری آب به کاربرد یک رویکرد منسجم و ساختاریافته برای شناسایی، اندازه‌گیری، ثبت و گزارش اطلاعات مرتبط با آب اطلاق می‌شود که هدف آن ترکیب و سازماندهی داده‌ها و تولید و ارائه اطلاعات قابل تحلیل برای پایش و فهم وضعیت و روند عرضه و مصرف آب است (Molden و Sakthivadivel، ۱۹۹۹؛ Grafton و Hussey، ۲۰۱۱). به منظور اثربخشی بیشتر، نظام حسابداری آب باید دارای ویژگی‌هایی از قبیل تولید خروجی‌های سالانه، به‌روزرسانی به‌موقع، پوشش جامع منابع و مصارف آب و یکپارچه‌سازی با داده‌های اقتصادی و اکوسیستمی باشد (Vardon و همکاران، ۲۰۲۵).

نظام‌هایی مانند حسابداری آب نهاد بین‌المللی مدیریت آب[۴] (IWMI) (Molden، ۱۹۹۷)، چارچوب حسابداری آب با هدف عمومی[۵] (GPWA) (Chalmers و همکاران، ۲۰۱۲)، چارچوب WA+[۶] به عنوان نسخه ارتقاء یافته IWMI (Batchelor و همکاران، ۲۰۱۶) و سیستم حسابداری محیط‌زیستی-اقتصادی[۷] برای آب (SEEA-W) (United Nations، ۲۰۱۲) با هدف سازمان‌دهی جریان‌ها و ذخایر آب و بهبود مدیریت منابع طراحی شده‌اند. بااین‌حال، تمرکز اصلی این چارچوب‌ها بر مقیاس‌های کلان مانند حوضه‌های آبریز یا اقتصاد ملی بوده و کاربرد آن‌ها در سطح بنگاه‌های اقتصادی به‌صورت محدود مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر، رویکردهایی مانند ردپای آب[۸] (WFA) (Hoekstra و Chapagain، ۲۰۰۷) و ارزیابی چرخه حیات[۹] (LCA) (Owens، ۲۰۰۲)، با تمرکز بر مصرف آب در طول زنجیره ارزش، دیدگاه‌های ارزشمندی درباره پیامدهای محیط‌زیستی فعالیت‌های تولیدی ارائه می‌دهند. بااین‌حال، این روش‌ها غالباً به شاخص‌های تجمیعی منتهی می‌شوند که برای مقایسه محصولات یا مناطق مفید هستند، اما برای تصمیم‌گیری مدیریتی در سطح یک بنگاه، شفافیت و قابلیت عملیاتی محدودی دارند. افزون بر این، در بسیاری از این مطالعات، تمایز روشنی میان برداشت، مصرف و تخلیه آب لحاظ نمی‌شود و پیوند مستقیمی میان داده‌های فیزیکی آب و متغیرهای اقتصادی برقرار نمی‌شود (Schornagel و همکاران، ۲۰۱۲).

کمیت و کیفیت تولید و مصرف آب توسط واحدهای مختلف، نقش آب در تولید محصول و اقتصاد بنگاه‌ها، میزان موفقیت بنگاه‌ها در استفاده مجدد و بازیافت آب و مقایسه آن با استانداردهای بین‌المللی و در نهایت بهبود تصویر بنگاه‌ها در اذهان سهامداران، حامیان محیط‌زیست و افکار عمومی همگی شاخص‌هایی هستند که اهمیت پیاده‌سازی چارچوب‌های حسابداری آب مختص این بخش را بیش از

پیش نمایان می‌کند. از سوی دیگر، در ایران نیز مطالعات مرتبط اغلب به مدیریت منابع آب در سطح حوضه‌های آبریز یا بخش کشاورزی پرداخته‌اند و کاربرد حسابداری آب در صنایع بزرگ و پرمصرفی همچون معادن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. درحالی‌که شرایط اقلیمی ایران، بحران کم‌آبی و فشارهای روزافزون اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و همچنین سیاست‌های کلان تخصیص آب و انرژی نیاز به چارچوب‌های بومی و متناسب با شرایط اقتصادی و صنعتی کشور را دوچندان کرده است. بنابراین، نیاز به وجود یک چارچوب بومی حسابداری آب در مقیاس بنگاه که بتواند با شرایط اقلیمی، اقتصادی و صنعتی ایران هم‌خوانی داشته باشد مبرم است.

در ادبیات حسابداری محیط‌زیستی و گزارشگری پایداری، مفهوم حسابداری آب بنگاه به‌عنوان رویکردی نوظهور برای پاسخ به این خلأ مطرح شده است. این رویکرد بر شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل جریان‌های آب در سطح یک بنگاه تمرکز دارد و می‌کوشد داده‌های فیزیکی آب را به اطلاعاتی قابل استفاده برای مدیریت، ارزیابی اقتصادی و گزارشگری بنگاه تبدیل کند (Burritt و Christ، ۲۰۱۷). بااین‌حال، مرور مطالعات نشان می‌دهد که هنوز اجماع روشنی درباره دامنه، محتوا و سازوکارهای اجرایی حسابداری آب بنگاه وجود ندارد و بسیاری از تلاش‌ها به نشر اطلاعات توصیفی محدود شده‌اند (Brooke Barton، ۲۰۱۰). دفتر هواشناسی استرالیا با پیشرفت در این مسیر، استاندارد حسابداری آب استرالیا[10] (AWAS) را با دقت بیشتر برای فضاهای کوچکتر ارائه کرد که در آن به تفکیک منابع، مقاصد و ثبت شیوه استفاده از آب توصیه شده است. به منظور پیاده‌سازی این استاندارد در صنعت این کشور، شیوه‌نامه‌ای تحت عنوان چارچوب حسابداری آب شورای معدنی استرالیا[11] (MCA-WAF) تهیه شد (Danoucaras و Woodley، ۲۰۱۳). چارچوب MCA-WAF این امکان را فراهم می‌آورد تا مدیران عملیات و متخصصان آب برداشت، مصرف و تخلیه آب را در سطح فرایندهای صنعتی-معدنی مستندسازی کرده و تصمیمات مدیریتی را مبتنی بر داده‌ها اتخاذ کنند. بااین‌حال، تمرکز اصلی این چارچوب بر جنبه‌های فنی است و از ارائه تحلیل اقتصادی و اجتماعی ناتوان است. بنابر جدول (۱) می‌توان نتیجه گرفت که در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، شکاف پژوهشی مهمی در حوزه حسابداری آب بنگاه وجود دارد. هیچ‌یک از چارچوب‌های مرسوم به تنهایی قادر نیستند نیازهای اطلاعاتی صنایع معدنی را در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی پاسخ دهند. همین امر ضرورت طراحی یک روش ترکیبی و بومی شده را برجسته می‌کند که ضمن استفاده از نقاط قوت چارچوب‌های موجود (مانند دقت صنعتی MCA-WAF و پیوند اقتصادی-فیزیکی در SEEA-W)، بتواند اطلاعات آب را در سطح بنگاه سازمان‌دهی کرده و نقش خود را به‌عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری مدیریتی، پاسخگویی اجتماعی و گزارشگری شفاف ایفا کند.

جدول ۱- مقایسه رویکردهای اصلی حسابداری آب

رویکرد	مقیاس تحلیل	نوع داده	هدف اصلی	محدودیت در سطح بنگاه
محصول محور	محصول یا منطقه	فیزیکی	تعیین فشار بر منابع آب	نامتناسب با چالش تأمین آب
مبتنی بر بیلان فیزیکی	حوضه آبریز	فیزیکی	مدیریت منابع آب	فاصله از ساختار مالی بنگاه
شاخص‌گذاری اقتصادی	حوضه / کشور	فیزیکی-اقتصادی	سیاست‌گذاری کلان	عدم توجه به جزئیات و فرایندها
سطح بنگاه	بنگاه	فیزیکی-اقتصادی	پشتیبانی تصمیم	نیازمند داده دقیق داخلی

پیاده‌سازی MCA-WAF در موردکاوی‌هایی مانند معادن استرالیا، معدن طلا در شیلی و زغال‌سنگ در پرو حکایت از کاربردی بودن قابلیت‌های آن دارد (Mineral's Council of Australia، ۲۰۲۲). نتایج اعمال این نوع از نظام حسابداری آب، به قدری موفقیت آمیز بوده است که در کشور استرالیا بخش‌های مختلف از جمله صنعت متعهد به استفاده از سیستم حسابداری آب شده‌اند (Cote و همکاران، ۲۰۰۹). کشورهای شیلی و پرو نیز به‌عنوان نمونه‌هایی از کشورهای در حال توسعه، از نظر اقلیم خشک و نیمه‌خشک، وابستگی قابل توجه به بخش معدن در اقتصاد ملی و محدودیت منابع آب، شباهت‌های قابل توجهی با ایران دارند. همچنین از سویی دیگر، از مزیت‌های SEEA-W نیز می‌توان به اتصال آمارها و شاخص‌های اقتصادی و استخراج بهره‌وری در مصرف آب و حتی ارزیابی اشتغال وابسته به منابع آب نام برد (Bartelmus، ۲۰۱۳).

در نهایت می‌توان ادعا کرد که خلأ اصلی در ادبیات موجود، نه کمبود داده‌های برداشت آب و نه فقدان چارچوب‌های مفهومی، بلکه نبود یک مسیر مشخص برای گذار از داده‌های فیزیکی آب به حسابداری آب در سطح بنگاه است؛ مسیری که بتواند داده‌های پراکنده را به اطلاعات آبی-اقتصادی قابل اتکا برای تصمیم‌گیری مدیریتی و گزارش‌دهی تبدیل کند. براین‌اساس، هدف پژوهش حاضر تحلیل انتقادی چارچوب‌های موجود و تبیین یک مسیر مفهومی برای حسابداری آب بنگاه‌های تجاری با تمرکز بر تلفیق ثبت دقیق جریان‌های فیزیکی آب و تحلیل اقتصادی آنها است. تمرکز این پژوهش به‌طور مشخص بر صنایع معدنی فلزی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین و پرمصرف‌ترین بخش‌های صنعتی کشور است که با چالش‌های جدی در مدیریت منابع آب مواجه هستند. بااین‌حال، چارچوب پیشنهادی از نظر مفهومی قابلیت تعمیم به سایر صنایع معدنی و حتی غیرمعدنی را نیز

دارد. نوآوری پژوهش در ارائه چارچوبی بومی شده برای صنایع ایران متبلور می‌شود که با بهره‌گیری از نقاط قوت MCA-WAF و SEEA-W، زمینه گذار از داده‌برداری به حسابداری آب بنگاه و تولید اطلاعات آبی-اقتصادی معنادار را فراهم می‌سازد.

اجرای نسخه بومی شده این چارچوب با ترسیم شبکه فیزیکی آب و دسته‌بندی کمی، کیفی، اقتصادی و مبتنی بر دقت در داده‌برداری در سطح بنگاه، امکان تشخیص نقاط اتلاف و بهبود بهره‌وری را فراهم ساخته، هزینه واقعی آب و صرفه‌جویی‌های اقتصادی را آشکار و مدیریت ریسک‌های ناشی از کمبود آب را تسهیل می‌کند. از سوی دیگر، گزارش‌دهی قابل اتکاء و ارزیابی اثرات مصرف آب بر منابع محلی، مشروعیت اجتماعی و پاسخ‌گویی صنایع را افزایش داده و تعامل با ذی‌نفعان را بهبود می‌دهد. در مجموع، بومی‌سازی و اجرای این روش یک زیرساخت اطلاعاتی راهبردی برای فهم بیلان، کاهش هزینه‌ها و ارتقاء حکمرانی آب در صنایع ایران فراهم می‌کند.

روش شناسی

این پژوهش با رویکرد مرور مفهومی-تحلیلی و توسعه چارچوب انجام شده است. این نوع رویکرد برای حوزه‌های نوظهور و کم‌تر تثبیت شده، که هنوز فاقد اجماع روش‌شناختی و داده‌های تجربی گسترده هستند، مناسب تلقی می‌شود و هدف آن نه آزمون فرضیه‌های آماری، بلکه شناسایی خلأهای مفهومی، ارزیابی انتقادی چارچوب‌های موجود و تولید یک سازه تحلیلی جدید است.

به‌منظور نظام‌مند کردن فرایند مرور ادبیات، منابع علمی مرتبط از پایگاه‌های معتبر بین‌المللی با استفاده از کلیدواژه‌هایی مانند "Water Accounting"، " Corporate Water Management " و "Water Accounting Framework" شناسایی شدند. معیارهای انتخاب منابع شامل ارتباط مستقیم با موضوع حسابداری آب، تمرکز بر چارچوب‌های تحلیلی یا کاربردی، و قابلیت استفاده در سطح بنگاه بوده است. در ادامه، چارچوب‌های حسابداری آب شناسایی شده در ادبیات بر اساس مقیاس تحلیل و نوع خروجی در سه دسته اصلی دسته‌بندی شدند:

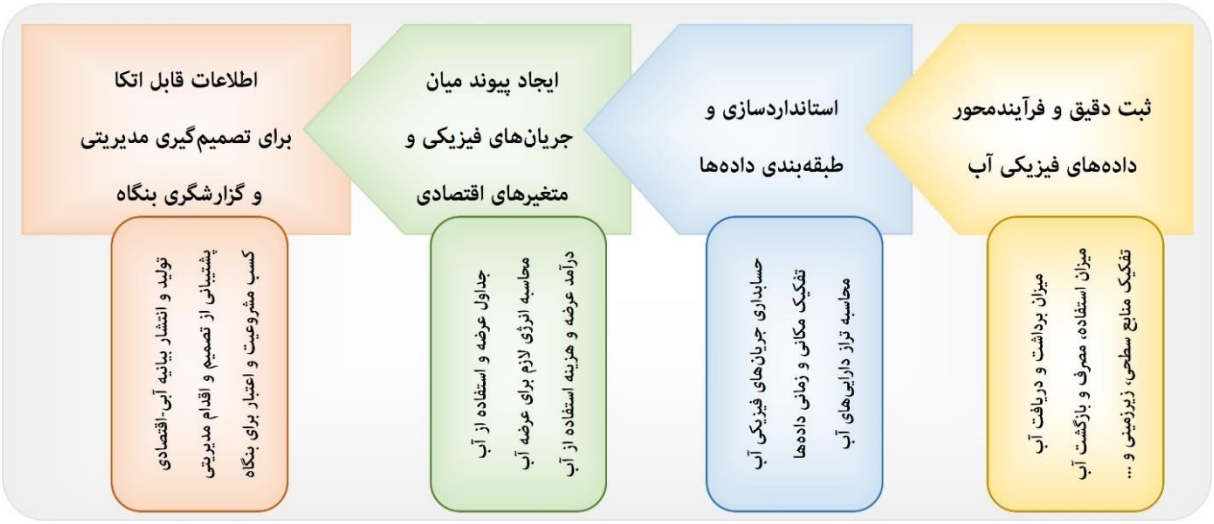
- مقیاس کلان مانند GPWA، WA+ و SEEA-W برای سیاست‌گذاری ملی و حوضه‌ای؛
- زنجیره ارزش مانند WFA و LCA برای ارزیابی محیط‌زیستی، و
- سطح بنگاه مانند MCA-WAF برای ثبت فرایندمحور جریان‌های آب.

این دسته‌بندی با تمرکز بر چالش‌های کلیدی صنایع ایران چون کمبود آب، هزینه‌های بالای تأمین و انتقال، تنش‌های اجتماعی با جوامع محلی و فشارهای نهادی برای کاهش مصرف انجام شد تا قابلیت هر چارچوب در پاسخگویی به این مسائل ارزیابی شود. علاوه‌براین، انتخاب حوزه تمرکز پژوهش (صنایع معدنی) می‌تواند بر اساس مجموعه‌ای از معیارهای تحلیلی انجام شود که شامل شدت مصرف آب، اهمیت اقتصادی در ساختار صنعتی کشور، تنوع الگوهای مصرف آب در فرآیندهای تولید و میزان مواجهه با چالش‌های محیط‌زیستی و اجتماعی مرتبط با آب است. همچنین انتخاب شاخص‌های آبی-اقتصادی در این پژوهش مبتنی بر معیارهایی نظیر قابلیت ثبت دقیق جریان‌های فیزیکی آب، امکان برقراری پیوند با متغیرهای اقتصادی (هزینه و ارزش)، و توانایی پشتیبانی از تصمیم‌گیری مدیریتی و گزارشگری در سطح بنگاه انجام شده است. این رویکرد تضمین می‌کند که چارچوب پیشنهادی صرفاً توصیفی نبوده و از پشتوانه تحلیلی و کاربردی برخوردار است.

نتایج این ارزیابی نشان داد که چارچوب حسابداری آب شورای معدنی استرالیا (MCA-WAF) از بالاترین قابلیت در ثبت دقیق جریان‌های فیزیکی آب در سطح فرایندهای عملیاتی برخوردار است و امکان ترسیم شبکه آب، تطبیق بیلان و استخراج شاخص‌های عملیاتی چون میزان آب مصرفی هر واحد به ازای تولید محصول و سهم منابع آب مختلف آب در واحدها را فراهم می‌کند. در مقابل، سیستم حسابداری محیط‌زیستی-اقتصادی برای آب (SEEA-W) با ارائه جداول عرضه و استفاده فیزیکی و پولی، بستر مناسبی برای تحلیل اقتصادی استفاده از آب، محاسبه هزینه تمام شده و استخراج شاخص‌هایی مانند بهره‌وری آب فراهم می‌سازد. بااین‌حال، هر یک از این دو چارچوب به‌تنهایی قادر به پاسخ‌گویی کامل به نیازهای اطلاعاتی بنگاه‌های صنعتی ایران نیستند.

در گام سوم، با اتکا به نتایج مراحل پیشین، یک مسیر مفهومی برای گذار از داده‌برداری فیزیکی آب به حسابداری آب بنگاه توسعه داده شد. نوآوری پژوهش حاضر، تلفیق هدفمند نقاط قوت MCA-WAF و SEEA-W و توسعه بیانیه اطلاعات آبی-اقتصادی بنگاه به عنوان خروجی تحلیلی پژوهش است (شکل ۱). این بیانیه به عنوان یک سازه مفهومی، فراتر از ثبت داده‌های فیزیکی، امکان تفسیر اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی جریان‌های آب در سطح بنگاه را فراهم می‌آورد.

بیانیه پیشنهادی علاوه بر اجزای پایه MCA-WAF (مانند مرز سیستم، محدوده عملیاتی و شرایط اثرگذار بر مدیریت آب)، شامل شاخص‌های اقتصادی استخراج شده از منطق SEEA-W (هزینه تمام شده تأمین آب از منابع مختلف، هزینه آب مصرفی در واحدها و شاخص‌های کارایی) است. همچنین، به‌منظور بومی‌سازی چارچوب برای شرایط ایران، مؤلفه‌هایی مانند اثرگذاری بنگاه بر منابع آب منطقه، تعهدات اجتماعی مرتبط با آب و نقاط بالقوه مداخله برای کاهش مصرف و هزینه تأمین آب به آن افزوده شده است.



شکل ۱- مسیر گذار از داده‌برداری به سمت حسابداری آب بنگاه

به منظور درک بهتر از نحوه پیاده‌سازی و یافتن ظرفیت‌های مداخله در اجزاء روش پیشنهادی، ابتدا لازم است محوریت و تمایزهای MCA-WAF با سایر نظام‌های حسابداری آب تشریح شود. این چارچوب توصیه می‌کند در گام اول دیاگرام مفهومی شبکه آب با تجمیع واحدهایی با نوع فعالیت و کارکرد مشابه، ترسیم شود. سپس با در نظر گرفتن موقعیت واحدهای عملیاتی روی دیاگرام، محدوده عملیاتی روی این دیاگرام تعیین می‌شود. منظور از محدوده عملیاتی محدوده‌ای است که وسعت فعالیت واحدهای عملیاتی دخیل در فرایند استخراج، پردازش و تولید محصول در کل مجموعه تحت مدیریت بنگاه را نشان می‌دهد. تهیه دیاگرام کمی (دارای مقادیر حجم آب انتقالی) شبکه آب محدوده عملیاتی، گام دوم اجرای این چارچوب به شمار می‌رود. اکنون جدول اصلی جمع‌آوری داده‌ها در چارچوب حسابداری آب شورای معدنی استرالیا، نمایانگر میزان آب ورودی و خروجی به/از این محدوده است که در قالب جدول (۲) نمایش داده شده است. منظور از نوع داده در این جدول، اندازه‌گیری، شبیه‌سازی و تخمین داده‌ها و نیز سطح اطمینان، دسته‌بندی کیفی داده‌بردار یا مدل‌ساز از میزان صحت داده‌ها است که با بالا، متوسط یا پایین نمایش داده می‌شود. سایر جداول این چارچوب مانند صورت وضعیت‌های ورودی-خروجی، دقت داده‌برداری و کارایی آب در محدوده عملیاتی، باتوجه‌به این داده‌ها محاسبه و تدوین می‌شوند. چارچوب حسابداری مورد بحث در این مطالعه، علاوه بر مد نظر قرار دادن مقیاس فعالیت واحدهای عملیاتی با هدف تولید شاخص‌های آبی-تولیدی دقیق‌تر، به جای عرضه و استفاده، ورود و خروج آب را ملاک قرار می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر، با فرض برابری مفاهیم استفاده و ورود آب برای یک مجموعه، این چارچوب با دسته‌بندی‌های جدول (۲) آب خروجی را به همراه تغییرات ذخیره مخازن در طرف دیگر تساوی در رابطه بیلان آب قرار می‌دهد. بنابراین، اختلاف دو طرف تساوی، میزان آبی را نشان می‌دهد که به این محدوده وارد شده اما از آن خارج نشده است که منتج به فهم ایراد در داده‌برداری و/یا تغییر در حجم مخازن در این محدوده می‌شود. پس از انجام هشت مرحله از این چارچوب و محاسبه و تدوین نتایج عددی در قالب جداول مختلف، تدوین بیانیه متنی اطلاعات مدیریت آب مجموعه آخرین مرحله‌ای است که به منظور تشریح وضعیت عملیاتی مجموعه، نحوه بهره‌برداری از منابع آب منطقه، چگونگی محاسبه و تدوین نتایج به‌کارگیری نظام حسابداری آب نگارش می‌شود. در بخش نتایج و بحث، با هدف دستیابی به چارچوب مناسبی که تولید کننده شاخص‌های مورد نیاز بیانیه اطلاعات آبی-اقتصادی است، به تعیین نقاط مداخله و اعمال تغییر در فرایند یا اصول این نظام حسابداری آب پرداخته می‌شود.

در ادامه با هدف ارزیابی اقتصادی نقش آب در زنجیره تولید محصولات، جداول عرضه و استفاده فیزیکی و اقتصادی، دارایی‌ها و ترازنامه‌های آبی محدوده مورد مطالعه، بااهمیت‌ترین جداولی هستند که SEEA-W به تدوین آنها توصیه می‌کند. در این پژوهش، باتوجه‌به استفاده از چارچوب MCA-WAF، جداولی مشابه با موارد نام‌برده تدوین و بررسی می‌شود. ازاین‌رو، فقط بعد اقتصادی این چارچوب، با جداول عرضه و استفاده فیزیکی به تفکیک کل منطقه، شرکت و محدوده عملیاتی نشان داده می‌شود. همچنین جداولی تحت عنوان جداول عرضه و استفاده هیبریدی، نسبت هزینه تمام شده آب از هر منبع تأمین، و نیز درآمد حاصل از عرضه آب از منابع مختلف با هدف ارزیابی ریسک اقتصادی و تأمین آب، تدوین می‌شوند.

دامنه این پژوهش مبتنی بر توضیح مفهومی نوین در حسابداری آب است و هدف آن ارائه و آزمون تجربی یک چارچوب کاربردی نیست، بلکه تبیین مسیر گذار و طراحی یک سازه تحلیلی برای استفاده در مطالعات و پیاده‌سازی‌های آینده است.

تمرکز مطالعه بر صنایع بزرگ و پرمصرف به‌ویژه صنایع معدنی بوده و تعمیم مستقیم نتایج به سایر بخش‌ها نیازمند تطبیق چارچوب با ویژگی‌های آن‌ها است.

همچنین اجرای عملی چارچوب پیشنهادی مستلزم دسترسی به داده‌های داخلی بنگاه‌ها با سطح دقت مناسب است که در شرایط واقعی می‌تواند با محدودیت‌هایی همراه باشد.

جدول ۲- نسخه خام جدول خلاصه داده‌های آب در چارچوب حسابداری آب شورای معدنی استرالیا (Mineral's Council of Australia، ۲۰۲۲)

جریان	منبع/ مقصد	دسته‌بندی	شرح	حجم	کیفیت آب	نوع داده	سطح اطمینان
ورودی عملیاتی	سطحی	بارش و رواناب رودخانه‌ها و نهرها منابع آب سطحی خارجی					
	زیرزمینی	برداشت از چاه زهکشی آب محبوس در ماده					
	دریا	مصب رودخانه دریا و اقیانوس					
	منبع ثالث	قرارداد با نهادهای دولتی پساب					
		مجموع					
خروجی عملیاتی	سطحی	تخلیه جریان‌های محیطی					
	زیرزمینی	نشت/ نفوذ تغذیه مصنوعی					
	دریا	مصب رودخانه دریا و اقیانوس					
	منبع ثالث	منبع ثالث					
	سایر	تبخیر آب محبوس در ماده اتلاف در عملیات					
		مجموع					
مخازن سایر آب‌های مدیریت شده انتقال‌های داخلی		تغییرات ذخیره آب موجود در مخازن					

نتایج و بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد خلأ اصلی در ادبیات حسابداری آب که پاسخگوی نیازهای جدید بنگاه‌های تجاری نیز باشد، نه کمبود داده‌های فیزیکی و نه فقدان چارچوب‌های مفهومی، بلکه نبود یک مسیر منسجم برای گذار از برداشت داده‌های آب به حسابداری آب بنگاه است. بر اساس تحلیل انجام شده، این گذار مستلزم چهار مؤلفه کلیدی است: ۱) ثبت دقیق، فرآیندمحور و مبتنی بر مرز عملیاتی داده‌های فیزیکی آب، ۲) استانداردسازی و طبقه‌بندی جریان‌های ورودی، خروجی و تغییرات ذخیره، ۳) اتصال نظام‌مند این جریان‌ها به متغیرهای اقتصادی نظیر هزینه استفاده و درآمد حاصل از عرضه آب، و ۴) ارائه نتایج در قالب شاخص‌ها و گزارش‌هایی که مستقیم در تصمیم‌گیری مدیریتی و گزارشگری قابل استفاده باشد.

نتایج بررسی چارچوب‌های مرسوم نشان می‌دهد که MCA-WAF بیشترین توانمندی را در پاسخ به مؤلفه نخست و دوم این گذار دارد. این چارچوب با تمرکز بر ترسیم شبکه مفهومی و کمی آب، تعیین محدوده عملیاتی و انطباق بیلان آب در سطح فرآیندها، امکان شناسایی دقیق نقاط برداشت، مصرف، بازچرخانی و اتلاف آب را فراهم می‌کند. با این‌حال، تحلیل نتایج نشان می‌دهد به‌تنهایی قادر به پاسخگویی به نیازهای اقتصادی و مدیریتی بنگاه‌ها نیست؛ زیرا پیوند روشنی میان جریان‌های فیزیکی آب و هزینه‌های عرضه، استفاده و ریسک‌های اقتصادی مرتبط برقرار نمی‌کند. در مقابل، SEEA-W ظرفیت بالایی در تحلیل اقتصادی آب، محاسبه بهره‌وری، هزینه تمام شده و استخراج شاخص‌های اقتصادی

مرتبط با مصرف آب دارد. با این‌حال، نتایج نشان می‌دهد این سیستم در سطح بنگاه، به دلیل اتکای محدود به داده‌های فرآیندمحور و جزییات عملیاتی، به‌تنهایی قادر به انعکاس واقعیت پیچیده شبکه آب در واحدهای صنعتی نیست. این محدودیت به‌ویژه در صنایع بزرگ و پرمصرف مانند صنایع معدنی که تنوع منابع تأمین و مسیرهای استفاده از آب بالاست، تشدید می‌شود.

تحلیل تطبیقی این دو چارچوب نشان داد که تلفیق قابلیت‌های MCA-WAF در ثبت دقیق جریان‌های فیزیکی با ظرفیت‌های تحلیلی SEEA-W در حوزه اقتصادی، می‌تواند مسیر گذار از داده‌برداری به حسابداری آب بنگاه را هموار کند. بااین‌وجود، این مطالعه تغییرات مفهومی و ساختاری زیر را با هدف انطباق با شرایط صنایع ایران و پر کردن جای خالی تولید شاخص‌های بومی ضروری می‌داند:

۱) در شرایطی که درآمد و هزینه در تدوین صورتحساب مالی برای یک بنگاه با هم برابر نمی‌شوند، ردیفی تحت عنوان درآمد گمشده یا هزینه بدون بازگشت ثبت می‌شود تا ترازنامه مالی صفر باشد که چنین عنوانی در جدول (۲) وجود ندارد. این مورد که به دلیل تغییر در حجم مخازن، داده‌برداری ضعیف یا کمبود داده به وجود می‌آید، اولین نقطه مداخله در این چارچوب به شمار می‌رود. به‌عنوان‌مثال افزودن ردیفی تحت عنوان آب تعیین تکلیف نشده، علاوه بر برقراری تساوی بین ورودی و خروجی، مقدار دقیق آبی که وضعیت مصرف آن مشخص نیست را نمایش می‌دهد.

۲) یکی از مهمترین تفاوت‌های واحدهای معدنی کشور ایران و استرالیا، نحوه فعالیت و پردازش سنگ استخراج شده در همان موقعیت معدن است. به‌این‌معنی که در استرالیا، واحدهای معدنی اغلب فقط وظیفه استخراج، دانه‌بندی و پردازش اولیه را بر عهده دارند؛ درحالی‌که مجتمع‌های صنعتی-معدنی فعال در ایران، علاوه بر امور نام برده، تولید کنسانتره و حتی محصول نهایی را نیز انجام می‌دهند. به‌عبارت‌دیگر، گستره فعالیت و تنوع واحدهای فعال در نزدیکی معادن ایران، بسیار بیشتر از استرالیا است. بنابراین بهتر است علاوه بر تنظیم بیلان محدوده عملیاتی، بیلان کل مجموعه نیز تهیه شود. در این صورت، شاخص‌هایی چون نسبت آب تأمین شده/مصرف شده برای/در محدوده عملیاتی به کل تأمین/مصرف آب قابل استخراج است. همچنین این مقایسه وضعیت مدیریت آب در کل سطح شرکت و تخصیص به واحدها و نقاط مختلف مصرف را بهتر نمایان می‌کند.

۳) محاسبه هزینه تمام شده آب از منابع مختلف (هم در کل سطح شرکت و هم در محدوده عملیاتی) و تولید محصولات توسط بنگاه، منجر به تولید مهمترین نتایج عددی از این نوع نظام حسابداری آب برای بنگاه‌های صنعتی-معدنی در ایران می‌شود. در زیر فهرستی از شاخص‌های آبی-اقتصادی که می‌تواند برای یک شرکت صنعتی-معدنی قابل استفاده باشد ارائه شده است:

- حجم تولید محصول
- حجم آب مصرف شده (مترمکعب)
- هزینه تمام‌شده آب (ریال)
- آب مصرفی به ازای تولید واحد محصول (مترمکعب بر تن)
- هزینه تمام شده آب به ازای تولید واحد محصول (ریال بر تن)

به‌منظور نمایش کاربرد چارچوب پیشنهادی در شرایط واقعی صنایع ایران، یک بنگاه صنعتی-معدنی فرضی در نظر گرفته می‌شود که سالانه ۱۲ میلیون تن کنسانتره تولید می‌کند. مصرف کل آب این مجموعه برابر با ۱۸ میلیون مترمکعب در سال و هزینه تأمین آب آن معادل ۵۴۰۰ میلیارد ریال فرض می‌شود. در جدول هیبریدی، به‌منظور تقویت تحلیل اقتصادی، درآمد بنگاه علاوه بر درآمدهای مرتبط با آب، درآمد حاصل از تولید محصولات را نیز در بر می‌گیرد تا امکان ارزیابی سهم هزینه‌ها و نقش آب در ساختار اقتصادی شرکت فراهم شود. در این سناریو، به دلیل محدودیت منابع محلی، بخش قابل توجهی از آب مصرفی از طریق انتقال از منابع خارج از سایت یا خرید از سایر واحدها تأمین می‌شود، به‌گونه‌ای که سهم آب دریافتی معادل ۱۲ میلیون مترمکعب و سهم برداشت مستقیم از منابع طبیعی محلی حدود ۶ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود.

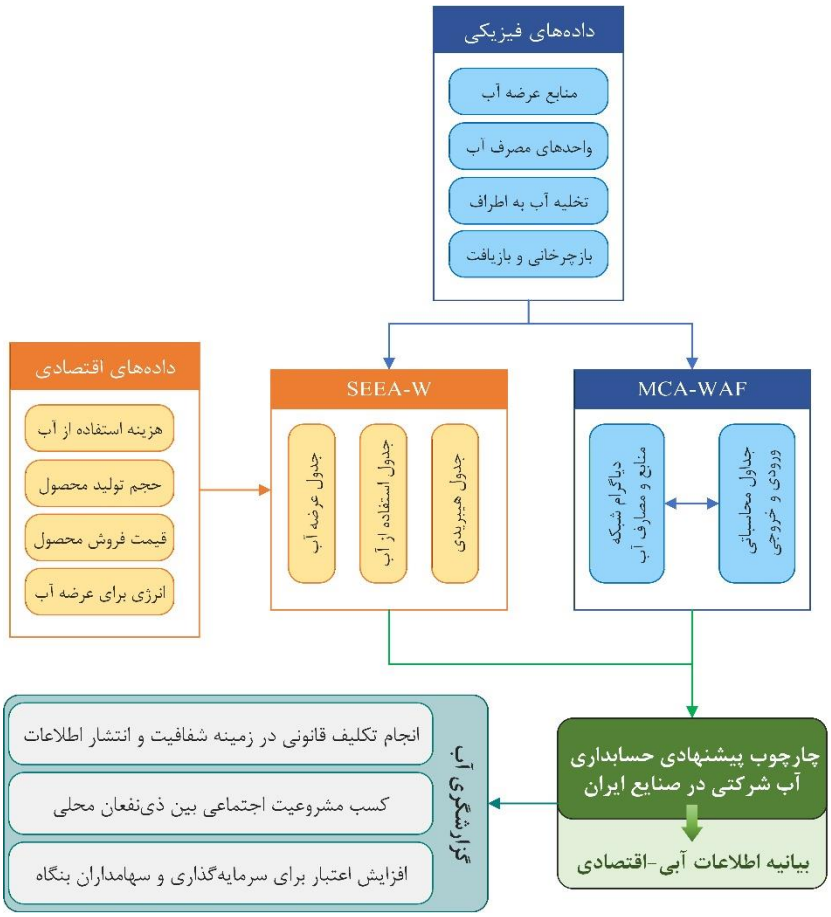
نتایج این سناریو نشان می‌دهد که وابستگی بالا به آب انتقالی، اگرچه از نظر تأمین فیزیکی آب راهکاری برای استمرار تولید در شرایط کم‌آبی محسوب می‌شود، اما ساختار هزینه بنگاه را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌گونه‌ای که سهم هزینه آب انتقالی به‌مراتب بیشتر از سهم منابع طبیعی محلی بوده و به یکی از عوامل اصلی شکل دهنده هزینه تمام شده محصول تبدیل می‌شود. این موضوع اهمیت تحلیل هم‌زمان جریان‌های فیزیکی و اقتصادی آب را برجسته می‌کند.

جدول ۳- عرضه هیبریدی آبی-اقتصادی در یک شرکت صنعتی-معدنی (United Nations، ۲۰۱۲)

	داخل سایت									خارج سایت						جمع
	واحدهای عملیاتی			واحدهای غیرعملیاتی			واحدهای عملیاتی			واحدهای غیرعملیاتی						
	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی				
۱- درآمد حاصل از تولید (میلیارد ریال)	۷۵۰۰۰	-	-	۵۰۰۰			۳۵۰۰۰	-	-	۵۰۰۰						۱۲۰۰۰۰
۲- درآمد مرتبط با آب (میلیارد ریال)	-	۴۰۰	۸۰۰		۲۰۰		-	۱۰۰	۵۰		۵۰					۱۶۰۰
۲-الف- آب طبیعی	-	۴۰۰	۰		۲۰۰			۱۰۰	-	۰						۷۰۰
۲-ب- خدمات پساب/انتقال			۸۰۰	-				-	۵۰		۵۰					۹۰۰
۳- کل آب عرضه شده (میلیون مترمکعب)	-	۲	۵	۱			-	۰/۵	۱	۰/۵						۱۰
۳-الف- عرضه آب به سایر واحدهای اقتصادی	-	۰/۸	۲	۰/۷			-	۰/۳	۱/۲	۰/۵						۵/۵
۳-الف-۱- پساب	-	۰/۲	۰/۶	۰/۳			-	۰/۱	۰/۳	۰/۳						۱/۸
۳-ب- کل آب بازچرخانی شده	-	۱/۲	۳	۰/۳			-	۰/۲	۰/۸	-						۵/۵

جدول ۴- استفاده هیبریدی آبی-اقتصادی در یک شرکت صنعتی-معدنی (United Nations، ۲۰۱۲)

	داخل سایت						خارج سایت						جمع
	واحدهای عملیاتی			واحدهای غیرعملیاتی			واحدهای عملیاتی			واحدهای غیرعملیاتی			
	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی	تولید محصول	آب طبیعی	آب انتقالی	
۱- هزینه تولید (میلیارد ریال)	۵۸۰۰۰	-	-	۱۲۰۰۰			۱۲۰۰۰	-	-	۸۰۰۰			۹۰۰۰۰
۲- هزینه مرتبط با آب (میلیارد ریال)	-	۱۱۰۰	۲۵۰۰		۷۰۰		-	۲۰۰	۳۰۰		۶۰۰		۵۴۰۰
۲-الف- آب طبیعی	-	۱۱۰۰	-		۷۰۰		-	۲۰۰	-	-			۲۰۰۰
۲-ب- خدمات پساب/انتقال	-	-	۲۵۰۰	-			-	-	۳۰۰		۶۰۰		۳۴۰۰
۳- کل آب استفاده شده (میلیون مترمکعب)	-	۳/۵	۹/۵		۲/۵		-	۰/۵	۱/۵	۰/۵			۱۸
۳-الف- برداشت (زیرزمینی)	-	۳/۵	-		۲		-	۰/۳	-	۰/۲			۶
۳-ب- آب دریافتی (انتقالی)	-	-	۹/۵		۰/۵		-	۰/۲	۱/۵	۰/۳			۱۲



شکل ۲- مسیر مفهومی تلفیق MCA-WAF و SEEA-W برای حسابداری آب شرکتی در صنایع ایران

در این چارچوب، ابزار پیشنهادی می‌تواند با شناسایی نقاط پرهزینه، ارزیابی گزینه‌های جایگزین تأمین آب و کاهش وابستگی به منابع انتقالی، نقش مؤثری در بهبود تصمیم‌گیری مدیریتی و مدیریت ریسک ایفا کند. این الگو با شرایط بسیاری از صنایع معدنی ایران که به منابع آب انتقالی وابسته‌اند، هم‌خوانی دارد.۴) اکنون با استفاده از خروجی‌های بیلان فیزیکی و هزینه تمام‌شده آب در مقیاس کل بنگاه و محدوده عملیاتی، جداول SEEA-W را می‌توان تحت تأثیر از این تغییرات ترسیم کرد. در این صورت ضمن صرف نظر کردن از تدوین جداول عرضه و استفاده فیزیکی از آب با توجه به تکرار آن مفاهیم در MCA-WAF، جدول‌های (۳) و (۴) تحت عنوان جداول هیبریدی عرضه و استفاده با قرار دادن درآمد و هزینه آب متناظر با هر منبع بهترین معیارهای تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت آب را برای مدیران فراهم می‌کنند. به منظور نمایش نحوه کاربرد جداول، یک نمونه عددی مبتنی بر داده‌های فرضی اما واقع‌بینانه برای یک بنگاه صنعتی-معدنی ایرانی در سال‌های اخیر در جداول مزبور ارائه شده است.

۵) نوآوری پژوهش یعنی توسعه بیانیه اطلاعات آبی-اقتصادی شرکت نیز شامل محتوای پایه MCA-WAF (مرز سیستم، تأسیسات عملیاتی، شرایط تأثیرگذار)، شاخص‌های فیزیکی MCA-WAF (مصرف آب به ازای تولید محصول، سهم منابع در تخصیص به واحدها) و شاخص‌های اقتصادی SEEA-W (هزینه تمام‌شده تأمین از منابع مختلف، هزینه آب مصرفی در واحدها) است (شکل ۲).

در نهایت به منظور بومی‌سازی این نظام حسابداری آب و پاسخ به چالش‌های گریبانگیر صنایع ایران، بیانیه اطلاعات آبی-اقتصادی تولید شده علاوه بر محتوای بیانیه پایه MCA-WAF، باید موارد زیر را نیز دربرگیرد:

۱) اثر بهره‌برداری بنگاه بر منابع آب منطقه (برای پاسخ به اعتراضات محلی)؛
۲) مسئولیت‌های اجتماعی مرتبط با آب (مانند تعهد به جوامع محلی و کاهش مصرف)؛
۳) هزینه تمام شده آب و صرفه‌جویی فیزیکی-اقتصادی (برای مدیریت ریسک)؛
۴) شاخص‌های کارایی استخراج شده از بیلان عملیاتی و نقشه‌های شبکه آب.

علاوه بر تغییرات لازم در پیاده‌سازی این رویکرد حسابداری آب، برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود که چارچوب ارائه شده در این پژوهش در قالب مطالعات موردی در صنایع مختلف مورد آزمون تجربی قرار گیرد و با استفاده از داده‌های واقعی، کارایی و قابلیت اجرایی آن ارزیابی شود. همچنین توسعه شاخص‌های تکمیلی متناسب با ویژگی‌های صنایع

مختلف، بررسی ارتباط حسابداری آب با عملکرد مالی بنگاه‌ها، تطبیق چارچوب با شرایط کشور و شناخت محدودیت‌های پیاده‌سازی در ایران بیش از آنچه در ادامه آورده می‌شود، می‌تواند از محورهای مهم پژوهش‌های آینده باشد.

تطبیق چارچوب با شرایط ایران

پیاده‌سازی چارچوب‌های حسابداری آب در صنایع ایران، علاوه بر ابعاد فنی، به‌طور جدی تحت تأثیر شرایط اقتصادی، نهادی و اجتماعی قرار دارد. محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها و نوسانات اقتصادی، هزینه تأمین آب از منابع جایگزین مانند انتقال بین‌حوضه‌ای یا شیرین‌سازی را افزایش داده و ضرورت شفاف‌سازی هزینه واقعی آب را پررنگ‌تر می‌سازد. در سطح نهادی نیز، اگرچه حرکت‌هایی به سمت افزایش شفافیت صورت گرفته، اما هنوز نظام یکپارچه و استانداردی برای گزارشگری آب در سطح بنگاه وجود ندارد و داده‌های موجود بیشتر کارکرد عملیاتی دارند. در این چارچوب، مدل پیشنهادی با ارائه «بیانیه اطلاعات آبی-اقتصادی» می‌تواند پیوند میان داده‌های فیزیکی و تحلیل اقتصادی را تقویت کرده و خلأ تصمیم‌سازی مدیریتی را کاهش دهد. همچنین در بسیاری از مناطق معدنی ایران، ریسک‌های اجتماعی مرتبط با آب به یک چالش جدی تبدیل شده است. در این شرایط، شفاف‌سازی میزان برداشت، استفاده و اثرگذاری بنگاه بر منابع آب منطقه می‌تواند به کاهش تنش‌های محلی و بهبود تعامل با ذی‌نفعان کمک کند.

چالش‌های پیاده‌سازی در ایران

با وجود مزایای چارچوب پیشنهادی، پیاده‌سازی آن در صنایع ایران با محدودیت‌هایی همراه است. نخست، هزینه‌های استقرار زیرساخت‌های دقیق داده‌برداری و پایش جریان‌های آب می‌تواند برای برخی بنگاه‌ها، به‌ویژه در کوتاه‌مدت، قابل توجه باشد. دوم، در برخی سازمان‌ها، داده‌های مرتبط با مصرف آب به‌عنوان اطلاعات محرمانه تلقی شده و تمایل کمتری به اشتراک‌گذاری یا تحلیل آن در سطوح مدیریتی وجود دارد. استقرار موفق چارچوب پیشنهادی نیازمند تغییر نگرش نسبت به آب از یک نهاده صرفاً عملیاتی به یک متغیر راهبردی است. سوم، محدودیت در دسترسی به داده‌های دقیق و قابل اتکا همچنان یکی از چالش‌های اصلی محسوب می‌شود؛ زیرا در بسیاری از واحدهای صنعتی ثبت داده‌های آب یا کامل نیست یا از سطح دقت کافی برخوردار نیست. در نهایت، نبود استانداردهای بومی و دستورالعمل‌های اجرایی مشخص می‌تواند موجب ناهمگونی در پیاده‌سازی شود و ضرورت تدوین چارچوب‌های راهنما را برجسته می‌سازد.

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش فشار بر منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مدیریت آب را برای بنگاه‌های صنعتی از یک موضوع صرفاً فنی به یک مسئله راهبردی تبدیل کرده است. در صنایع معدنی ایران که هم پرمصرف‌اند و هم با تنش‌های اجتماعی و فشارهای نهادی روبه‌رو هستند، این مسئله ملموس‌تر است. با این حال، داده‌های برداشت، مصرف و تخلیه آب در بیشتر بنگاه‌ها برای اهداف عملیاتی یا در پاسخ به الزامات نظارتی گردآوری می‌شوند و به اطلاعاتی که بتوان بر پایه آن تصمیم مدیریتی گرفت، تبدیل نمی‌شوند. پرسش این پژوهش نیز همین بود: مسیر گذار از داده‌برداری فیزیکی به حسابداری آب بنگاه چیست؟

مرور مفهومی-تحلیلی چارچوب‌ها در سه سطح کلان، زنجیره ارزش و بنگاه نشان داد که خلأ اصلی ادبیات نه کمبود داده است و نه نبود چارچوب نظری. آنچه کم است، پیوند نظام‌مند جریان‌های فیزیکی آب با متغیرهای اقتصادی و ساختار حسابداری بنگاه است. چارچوب‌های کلان مانند GPWA، WA+ و SEEA-W به حوضه و اقتصاد ملی نگاه می‌کنند. رویکردهای WFA و LCA نیز به شاخص‌های تجمیعی می‌رسند که برای مقایسه محصولات مفید هستند، اما برای تصمیم‌گیری در سطح یک بنگاه شفافیت کافی ندارند. از همین‌جا ضرورت تلفیق MCA-WAF و SEEA-W روشن می‌شود. MCA-WAF با ترسیم شبکه آب، تعیین محدوده عملیاتی و انطباق بیلان بر مبنای ورود و خروج، دقیق‌ترین ثبت فرایندمحور جریان‌های فیزیکی را فراهم می‌کند، اما پیوندی میان این جریان‌ها و هزینه یا ریسک اقتصادی برقرار نمی‌سازد. در مقابل، SEEA-W با جداول عرضه و استفاده فیزیکی و پولی، بستر مناسبی برای محاسبه هزینه تمام شده و بهره‌وری آب دارد، ولی در سطح بنگاه و به‌ویژه در صنایع بزرگ با تنوع بالای منابع تأمین، از انعکاس پیچیدگی شبکه آب ناتوان می‌ماند. هیچ‌یک از این دو به‌تنهایی نیازهای اطلاعاتی بنگاه‌های معدنی ایران را پوشش نمی‌دهد، اما ضعف هرکدام را دیگری جبران می‌کند.

خروجی جدید چارچوب پیشنهادی، «بیانیه اطلاعات آبی-اقتصادی» بنگاه است. این بیانیه علاوه بر محتوای پایه MCA-WAF، یعنی مرز سیستم، تأسیسات عملیاتی و شرایط اثرگذار، شاخص‌های اقتصادی SEEA-W را نیز در بر می‌گیرد: هزینه تمام شده تأمین از منابع مختلف، هزینه آب مصرفی در واحدها و شاخص‌های کارایی. برای بومی‌سازی، چهار مؤلفه به آن افزوده شده است: اثر بهره‌برداری بنگاه بر منابع آب منطقه، مسئولیت‌های اجتماعی مرتبط با آب، هزینه تمام شده آب و صرفه‌جویی فیزیکی-اقتصادی، و شاخص‌های کارایی برآمده از بیلان عملیاتی و نقشه‌های شبکه آب. همچنین افزودن ردیف «آب تعیین تکلیف نشده» و تهیه بیلان کل مجموعه در کنار بیلان محدوده عملیاتی، باتوجه‌به گستره فعالیت مجتمع‌های صنعتی-معدنی ایران که تا تولید کنسانتره و محصول نهایی ادامه دارد، از دیگر تغییرات ساختاری این چارچوب است.

کاربرد این چارچوب برای صنایع معدنی ایران در چند سطح قابل بحث است. مثال عددی فرضی پژوهش، بنگاهی با تولید

سالانه ۱۲ میلیون تن کنسانتره، مصرف ۱۸ میلیون مترمکعب آب و ۱۲ میلیون مترمکعب آب دریافتی از خارج از سایت را در نظر گرفت. نتیجه نشـــان داد که وابســـتگی به آب انتقالی، اگرچه اســـتمرار تولید را در شـــرایط کم‌آبی ممکن می‌کند، ساختار هزینه را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و به یکی از عوامل اصلی هزینه تمام شده محصول بدل می‌شود. چنین تحلیلی تنها با بررسی هم‌زمان جریان‌های فیزیکی و اقتصادی ممکن است و به مدیر کمک می‌کند نقاط پرهزینه را بشناسد، گزینه‌های جایگزین تأمین را بسنجد و ریسک را مدیریت کند. از سوی دیگر، شفاف‌سازی میزان برداشت و اثرگذاری بنگاه بر منابع آب منطقه می‌تواند تنش با جوامع محلی را کاهش دهد و مشروعیت اجتماعی و پاسخ‌گویی را ارتقا بخشد.

محدودیت اصلی پژوهش، ماهیت مفهومی آن است. چارچوب پیشـنهادی بر مرور تحلیلی و یک نمونه عددی فرضـی اسـتوار اسـت و هنوز با داده‌های واقعی آزمون نشـده اسـت. اجرای آن نیز به داده‌های داخلی بنگاه با دقت کافی نیاز دارد، در حالی که در بسـیاری از واحدهای صـنعتی ثبت داده‌های آب ناقص اسـت یا دقت لازم را ندارد. هزینه اسـتقرار زیرسـاخت پایش، نگاه محرمانه به داده‌های آب و نبود اســـتانداردهای بومی گزارشـــگری نیز بر این محـدودیـت می‌افزاینـد. گـام بعـدی پژوهش، آزمون تجربی چارچوب در قالب مطالعات موردی در صـــنایع مختلف با داده‌های واقعی اســـت تا کارایی و قابلیت اجرایی آن ســـنجیده شـــود. توســـعه شـــاخص‌های تکمیلی متناسب با ویژگی هر صنعت، بررسی ارتباط حسابداری آب با عملکرد مالی بنگاه‌ها و تدوین راهنماهای اجرایی بومی نیز از محورهای مهم پژوهش‌های آینده است.

از ســوی دیگر، در ایران نیز مطالعات مرتبط اغلب به مدیریت منابع آب در ســـطح حوضـــه‌های آبریز یا بخش کشـــاورزی پرداخته‌اند و کاربرد حســـابداری آب در صـــنایع بزرگ و پرمصـــرفی همچون معادن کمتر مورد توجه قرار گرفته اســـت. برای نمونـه، در دشـــت رفســـنجـان چـارچوب SEEA-W بومی‌سازی شده و داده‌ها در جداول عرضه و استفاده فیزیکی، عرضـه و اسـتفاده هیبریدی و حساب‌های دارایی سازمان‌دهی شـده‌اند تا شـاخص‌هایی برای سـنجش آسـیب‌پذیری نظام آب در ابعاد منابع آب، اقتصـــادی و اجتماعی به دســـت آید، اما مقیاس تحلیل در این کار دشت بوده و بنگاه نیست (Bagheri و Babaeian، ۲۰۲۰). این محـدودیـت در مطـالعـات تجربی افشـــای ریســـک آب نیز دیده می‌شـــود؛ بررســـی گزارش‌های شش‌ساله ۵۸ شرکت بین‌المللی بخش کالاهای مصرفی نشان داده است که اهداف بهبود اعلام شده معمولاً از دستاوردهای گذشـــته جاه‌طلبانه‌تر نیســـتند، ریســـک آب بیش از آنکه مسئله‌ای عملیاتی باشد سیاسی تلقی می‌شود و برداشت رایج از بهترین رویـه، وضـــع موجود را تثبیـت می‌کنـد (Money، ۲۰۱۴).

منابع

Bagheri, A., & Babaeian, F. (2020). Assessing water security of Rafsanjan Plain, Iran – Adopting the SEEA framework of water accounting. Ecological Indicators, 111, 105959. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105959

Bartelmus, P. (2013). Environmental–Economic Accounting: Progress and Digression in the SEEA Revisions. Review of Income and Wealth, 60(4), 887–904. https://doi.org/10.1111/roiw.12056

Batchelor, C., Hoogeveen, J., Faurès, J.-M., & Peiser, L. (2016). Water Accounting and Auditing: A Sourcebook FAO Water Reports, no. 43. Rome, Italy.

Brooke Barton, C. (2010). Murky Waters? Corporate Reporting on Water Risk. Ceres. Boston, United States.

Burritt, R. L., & Christ, K. L. (2017). The need for monetary information within corporate water accounting. Journal of Environmental Management, 201, 72–81. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.035

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.

Chenery, H. B., Robinson, S., & Syrquin, M. (1986). Industrialization and growth: a comparative study. The World bank. Washington. DC, United States.

Cote, C. M., Moran, C. J., Cummings, J., & Ringwood, K. (2009). Developing a water accounting framework for the Australian minerals industry. Mining Technology, 118(3-4), 162–176. https://doi.org/10.1179/174328610X12682159814948

Danoucaras, A., & Woodley, A. (2013). Alignment and differences between the Australian Water Accounting Standard and the Water Accounting Framework for the Minerals Industry. Proceedings of the 2013 Water in Mining Conference, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, AusIMM, Australia.

Industrial Ecology, 5, 37–54. https://doi.org/10.1162/10881980152830123

Hamilton, R. and Thomas, R. (2017). Practical Guide to Consistent Water Reporting. International Council on Mining & Metals (ICMM). United States.

Schornagel, J., Niele, F., Worrell, E., & Böggemann, M. (2012). Water accounting for (agro)industrial operations and its application to energy pathways. Resources, Conservation and Recycling, 61, 1–15. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.12.011

United Nations. (2012). SEEA-Water: System of Environmental-Economic Accounting for Water. UN. United Nations. New York, United States.

Global Reporting Initiative (2013). Sustainability Reporting Guidelines: Reporting Principles and Standards Disclosures. Global Reporting Initiative. Amsterdam, The Netherlands.

The World Economic Forum. The Global Risks Report 2021. (2021). Geneva, Switzerland. https://www.weforum.org/publications/the-global-risks-report-2021/

Vardon, M. J., Le, T. H. L., Martinez-Lagunes, R., Pule, O. B., Schenau, S., May, S., & Grafton, R. Q. (2025). Accounting for water: A global review and indicators of best practice for improved water governance. Ecological Economics. 227, 108396. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108396

World Business Council for Sustainable Development (2012). Water for Business: Initiatives Guiding Sustainable Water Management in the Private Sector. World Business Council for Sustainable Development Washington DC, Unites States.

پی‌نوشت‌ها

1- Global Reporting Initiative

2- International Council on Mining and Metals

3- World Business Council for Sustainable Development

4- International Water Management Institute

5- General Purpose Water Accounting

Fakhari, H., & Asnad, F. (2025). Examining the Simultaneous Relationship Between Corporate Water Reporting and Corporate Reputation: Evidence from Tehran Stock Exchange Listed Companies. Corporate Reputation Review. https://doi.org/10.1057/s41299-025-00226-5

Fonseca, A., McAllister, M. L., & Fitzpatrick, P. (2014). Sustainability reporting among mining corporations: a constructive critique of the GRI approach. Journal of Cleaner Production, 84, 70–83. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.050

Garstone, R., Gill, C., Moliere, D., Yang, D., Bende-Michl, U., & Fiddes, P. (2017). Accounting for water in the minerals industry: Capitalising on regulatory reporting. Water Resources and Industry, 18. 51-59. https://doi.org/10.1016/j.wri.2017.07.002

Grafton, R. Q. H., K. (2011). Water Resources Planning and Management. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

Hoekstra, A., & Chapagain, A. (2007). Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern. Water Resources Management, 21, 35–48. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5591-1_3

Minerals Council of Australia (MCA). (2022). Minerals Industry Water Accounting Framework: User Guide Version. Minerals Council of Australia (MCA). Sydney, Australia

Molden, D. (1997). Accounting for Water Use and Productivity. International Irrigation Management Institute (IIWMI). Colombo, Sri Lanka.

Molden, D., & Sakthivadivel, R. (1999). Water accounting to assess use and productivity of water. International Journal of Water Resources Development, 15, 55–71. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/07900629948934

Money, A. (2014). Corporate Water Risk: A Critique of Prevailing Best Practice. Journal of Management and Sustainability, 4, 42–42. https://doi.org/10.5539/jms.v4n1p42

Owens, J. (2008). Water Resources in Life-Cycle Impact Assessment: Considerations in Choosing Category Indicators. Journal of

9- Life Cycle Assessment
10- Australian Water Accounting Standard
11- Mineral's Council of Australia Water Accounting Framework

6- Water Accounting +
7- System of Environmental-Economic Accounting for Water
8- Water Footprint Accounting