

Document Type

Applied Article

پژوهش کاربردی

نوع مقاله

Alignment Framework for Urban Water Management Strategies with Circular Economy Approach: A Qualitative Research

چارچوب همسویی استراتژی‌های مدیریت آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی (یک پژوهش کیفی)

Z. Mousavi¹, M. Hosseini Shakib^{2*}, S. J. Iranbanfard³

زهرا موسوی^۱، مهرداد حسینی شکیب^{۲*}، سید جواد ایرانبان فرد^۳

1- Ph.D. Student, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economics, SR.C, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد

2- Associate Professor, Department of Industrial Management, Ka.C.,

علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Islamic Azad University, Karaj, Iran.

۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

3- Associate Professor, Department of Management, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

۳- دانشیار گروه مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

* Corresponding, Author Email: mehrdad.shakib@kiaui.ac.ir

* راینامه نویسنده مسئول: mehrdad.shakib@kiaui.ac.ir

Received 17-08-2025

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۵/۲۶

Revised 25-10-2025

تاریخ بازنگری ۱۴۰۴/۰۸/۰۳

Accepted 31-10-2025

تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۸/۰۹

Available online 16-03-2026

تاریخ انتشار ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

Abstract

چکیده

The increasing water stress at both global and national levels, particularly in countries such as Iran, has shown that linear and single-dimensional approaches to urban water management are no longer capable of addressing the existing complex challenges. In this context, adopting a circular economy approach and aligning water supply and demand management strategies in an integrated manner has emerged as a strategic necessity. This research aims to design a strategic framework for aligning urban water supply and demand management with the circular economy approach. In today's world, the growing challenges of water scarcity and limited water resources necessitate a review of traditional management models and a shift toward innovative and sustainable approaches. The circular economy, as a new paradigm, provides the opportunity to create alignment between supply strategies and demand management. In this research, using the thematic analysis method, 91 scientific articles published between 2015 and 2024 were examined. The research results led to the identification of five main dimensions (resource and infrastructure management strategies, circular economy strategies, demand and consumption management strategies, planning and policy-making strategies, and stakeholder participation and collaboration strategies), 26 components, and 62 indicators. This framework can serve as a guide for policymakers and urban water specialists in designing and implementing strategies aligned with circular economy principles and provide the foundation for achieving sustainable water resource management.

افزایش تنش آبی در مقیاس جهانی و ملی، به‌ویژه در کشورهایی همچون ایران، نشان داده است که رویکردهای خطی و تک‌بعدی در مدیریت آب شهری دیگر پاسخگوی چالش‌های پیچیده موجود نیست. در این شرایط، بهره‌گیری از رویکرد اقتصاد چرخشی و همسویی یکپارچه استراتژی‌های مدیریت عرضه و تقاضای آب، به‌عنوان یک ضرورت استراتژیک مطرح می‌شود. این پژوهش با هدف طراحی چارچوبی استراتژیک برای همسویی مدیریت تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی انجام شده است. در دنیای امروز، چالش‌های روزافزون کمبود آب و محدودیت منابع آبی، ضرورت بازنگری در مدل‌های مدیریتی سنتی و حرکت به سمت رویکردهای نوآورانه و پایدار را ایجاد می‌کند. اقتصاد چرخشی به عنوان پارادایمی نوین، امکان ایجاد همسویی بین استراتژی‌های تأمین و مدیریت تقاضا را فراهم می‌آورد. در این پژوهش، با استفاده از روش تحلیل مضمون، ۹۱ مقاله علمی منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ بررسی شد. نتایج پژوهش منجر به شناسایی پنج بُعد اصلی (استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها، استراتژی‌های اقتصاد چرخشی، استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف، استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، و استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذی‌نفعان)، ۲۶ مؤلفه و ۶۲ شاخص شد. این چارچوب می‌تواند به عنوان راهنمایی برای سیاست‌گذاران و متخصصان حوزه آب شهری در طراحی و پیاده‌سازی استراتژی‌های همسو با اصول اقتصاد چرخشی عمل کند و زمینه دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب را فراهم آورد.

Keywords: Circular Economy, Water Resource Management, Water Supply Strategies, Water Demand Management, Water Resource Sustainability.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد چرخشی، مدیریت منابع آب، استراتژی‌های تأمین آب، مدیریت تقاضای آب، پایداری منابع آب.

How to cite this article:

Mousavi, Z., Hosseini Shakib, M. & Iranbanfard, S. J. (2026). Alignment Framework for Urban Water Management Strategies with Circular Economy Approach: A Qualitative Research. Journal of Water and Sustainable Development, 12(4), 103-122. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v12i4.2508-1451>

تنش آبی شدید بود. در زمینه مطالعات داخلی نیز، [Karimi](#) و [Alavijeh](#) (۲۰۲۱) چالش‌های امنیت آب شهری در ایران را شناسایی کردند و [Ardalan](#) و [همکاران](#) (۲۰۱۸) مسائل آب شهری تهران را بررسی کردند، اما هیچ‌یک چارچوب جامعی برای یکپارچه‌سازی استراتژی‌های تأمین و تقاضا با رویکرد اقتصاد چرخشی ارائه نکردند. بنابراین، شکاف اصلی، فقدان یک چارچوب یکپارچه و عملیاتی است که هم‌زمان پنج بُعد کلیدی (مدیریت منابع و زیرساخت‌ها، اقتصاد چرخشی، مدیریت تقاضا و مصرف، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، و مشارکت ذی‌نفعان) را پوشش دهد و شاخص‌های قابل اندازه‌گیری برای سنجش همسویی در شرایط خاص کشورهای با کمبود آب مانند ایران ارائه کند.

کارایی و اثربخشی استراتژی‌های مدیریت آب شهری، زمانی به حداکثر می‌رسد که بین رویکردهای تأمین و تقاضا هماهنگی و همسویی وجود داشته باشد. عدم همسویی بین این استراتژی‌ها منجر به هدررفت منابع، افزایش هزینه‌ها، کاهش بهره‌وری و در نهایت ناپایداری سیستم آب شهری خواهد شد ([Smol](#) و [همکاران](#)، ۲۰۲۰). به‌عنوان مثال سرمایه‌گذاری در توسعه منابع آب جدید بدون توجه به مدیریت تقاضا و کاهش مصرف، یا تمرکز صرف بر کاهش مصرف بدون توجه به ظرفیت‌سازی منابع تأمین آب، هر دو می‌توانند منجر به عدم تعادل و ناکارآمدی سیستم آب شهری شوند ([Shahangian](#) و [همکاران](#)، ۲۰۲۲).

رویکرد اقتصاد چرخشی در مدیریت آب شهری، با تأکید بر چرخه بسته آب، بازیافت و استفاده مجدد از پساب، بازیابی منابع و انرژی، و کاهش اتلاف منابع، چارچوبی مناسب برای ایجاد همسویی بین استراتژی‌های تأمین و تقاضا فراهم می‌آورد. این رویکرد، از یک طرف با افزایش بهره‌وری منابع آبی موجود و ایجاد منابع آبی جدید از طریق بازچرخانی، امکان تأمین نیازهای آبی را فراهم می‌کند و از طرف دیگر، با ترویج الگوهای مصرف پایدار و بهینه‌سازی مصرف، فشار بر منابع آبی را کاهش می‌دهد ([Cunha Marques](#) و [Fernandes](#)، ۲۰۲۳).

کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، با چالش‌های جدی در زمینه مدیریت منابع آب مواجه است. افت سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش کیفیت منابع آب و افزایش تقاضا برای آب در بخش‌های مختلف، ضرورت بازنگری در استراتژی‌های مدیریت آب و حرکت به سمت رویکردهای پایدارتر را دوجندان کرده است ([Karimi Alavijeh](#) و [همکاران](#)، ۲۰۲۱). در این راستا، اقتصاد چرخشی می‌تواند به عنوان رویکردی نوین، زمینه بهبود مدیریت منابع آب و افزایش تاب‌آوری سیستم‌های آبی را فراهم آورد ([Ardalan](#) و [همکاران](#)، ۲۰۱۸).

باوجود اهمیت موضوع، مطالعات محدودی در زمینه طراحی چارچوب‌های استراتژیک برای همسویی مدیریت تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی صورت گرفته

افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع آبی، چالش‌های جدی را برای مدیریت آب شهری در سراسر جهان ایجاد کرده است ([Al](#) و [Abou Taleb](#)، ۲۰۲۱). بر اساس گزارش‌های بین‌المللی، بیش از ۴۰ درصد از جمعیت جهان با تنش آبی مواجه هستند و پیش‌بینی می‌شود این آمار تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۵۵ درصد افزایش یابد. در چنین شرایطی، رویکردهای سنتی مدیریت آب که عمدتاً مبتنی بر استفاده یکبار مصرف از منابع آبی هستند، دیگر پاسخگوی نیازهای جوامع نیستند و ضرورت حرکت به سمت مدل‌های پایدارتر را ایجاد می‌کنند ([Feizizadeh](#) و [همکاران](#)، ۲۰۲۱).

اقتصاد چرخشی به عنوان پارادایمی نوین در توسعه پایدار، با تغییر دیدگاه از الگوی خطی "استخراج-تولید-مصرف-دفع" به الگوی چرخه‌ای "کاهش-استفاده مجدد-بازیافت"، امکان بهره‌برداری مؤثرتر و پایدارتر از منابع محدود را فراهم می‌آورد ([Borrión](#) و [Domenech](#)، ۲۰۲۲). مفهوم اقتصاد چرخشی در حوزه آب، به دنبال بازآفرینی و بازسازی سیستم‌های آبی از طریق طراحی هوشمندانه، نوآوری در فرآیندها، و به حداقل رساندن اتلاف منابع است ([Koseoglu-Imer](#) و [همکاران](#)، ۲۰۲۳).

همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری در چارچوب اقتصاد چرخشی، به معنای ایجاد هماهنگی و تعادل بین رویکردهای تأمین (منبع‌محور) و رویکردهای تقاضا (مصرف‌محور) با هدف دستیابی به کارایی بیشتر، اثربخشی بالاتر و پایداری بلندمدت منابع آبی است ([Xiang](#) و [همکاران](#)، ۲۰۲۱). باوجود اهمیت این همسویی، بررسی ادبیات موضوعی نشان می‌دهد که اغلب مطالعات صورت گرفته یا بر جنبه تأمین آب تمرکز داشته‌اند یا به مدیریت تقاضا پرداخته‌اند و کمتر پژوهشی به ارائه چارچوبی جامع برای همسویی این دو جنبه در بستر اقتصاد چرخشی پرداخته است ([Kakwani](#) و [Kalbar](#)، ۲۰۲۴).

به طور مشخص، مرور پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد که مطالعات پیشین بیشتر بر یک یا دو بُعد محدود از مدیریت آب شهری تمرکز داشته‌اند. به‌عنوان مثال [Smol](#) و [همکاران](#) (۲۰۲۰) چارچوبی برای اقتصاد چرخشی در بخش آب و فاضلاب اروپا ارائه کردند، اما این چارچوب بر جنبه‌های فنی و زیرساختی متمرکز بود و ابعاد مدیریت تقاضا، سیاست‌گذاری و مشارکت ذی‌نفعان را به صورت یکپارچه در نظر نگرفت. همچنین، [Cunha Marques](#) و [Fernandes](#) (۲۰۲۳) بر بازاستفاده از آب تمرکز کردند، اما چارچوب عملیاتی برای همسویی استراتژیک بین تأمین و تقاضا ارائه ندادند. از سوی دیگر، [Kakwani](#) و [Kalbar](#) (۲۰۲۴) به اولویت‌بندی استراتژی‌های چرخشی آب پرداختند، اما مدل آن‌ها فاقد شاخص‌های عملیاتی مشخص برای بستر ایران و کشورهای با

است. براین اساس، هدف اصلی این پژوهش، طراحی چارچوبی جامع برای همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی است. سؤال اصلی پژوهش این است که چه ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌هایی باید در چارچوب استراتژیک همسویی مدیریت تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی در نظر گرفته شوند؟ یافته‌های این پژوهش می‌تواند به عنوان راهنمایی برای سیاست‌گذاران، مدیران و متخصصان حوزه آب شهری در طراحی و پیاده‌سازی استراتژی‌های همسو با اصول اقتصاد چرخشی عمل کند و زمینه دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب را فراهم آورد. همچنین، نتایج این پژوهش می‌تواند پایه و اساسی برای پژوهش‌های آینده در زمینه ارزیابی و بهبود عملکرد سیستم‌های آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی باشد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مدیریت منابع آب شهری

مدیریت منابع آب شهری به مجموعه فعالیت‌های برنامه‌ریزی، توسعه، توزیع و مدیریت بهینه منابع آبی در محیط‌های شهری گفته می‌شود. این رویکرد مدیریتی با هدف تأمین پایدار آب با کیفیت مناسب برای مصارف مختلف شهری، کاهش آسیب‌پذیری در برابر خشکسالی و سیل، و حفظ اکوسیستم‌های آبی صورت می‌گیرد (Xiong و همکاران، ۲۰۲۵). در دهه‌های اخیر، با افزایش چالش‌های محیط‌زیستی، محدودیت منابع آبی و رشد شتابان جمعیت شهری، دیدگاه‌های نوینی در زمینه مدیریت آب شهری مطرح شده‌اند که بر یکپارچگی، پایداری و انعطاف‌پذیری تأکید دارند (Vinagre و همکاران، ۲۰۲۳).

یکی از مهمترین تحولات در این زمینه، ظهور مفهوم "مدیریت یکپارچه منابع آب" است که به دنبال ایجاد هماهنگی بین جنبه‌های مختلف چرخه آب شهری، از منابع تأمین گرفته تا مصرف و در نهایت تصفیه و بازچرخانی پساب است (Mukhopadhyay، ۲۰۲۵). رویکرد مدیریت یکپارچه منابع آب، با در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و فنی، چارچوبی جامع برای تصمیم‌گیری در حوزه آب شهری فراهم می‌آورد و امکان همسویی بهتر بین استراتژی‌های تأمین و تقاضا را ایجاد می‌کند (Nazemi و همکاران، ۲۰۲۰).

از دیگر تحولات مهم در حوزه مدیریت آب شهری، می‌توان به "مدیریت هوشمند آب" اشاره کرد که با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین همچون اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، داده‌های بزرگ (Zamany و همکاران، ۲۰۲۴) و فناوری‌های سنجش از راه دور، امکان نظارت دقیق، تصمیم‌گیری بهنگام و بهینه‌سازی مستمر سیستم‌های آبی را فراهم می‌آورد (Xiang و همکاران، ۲۰۲۱).

در ایران، مدیریت منابع آب شهری با چالش‌های جدی از جمله محدودیت منابع، فرسودگی زیرساخت‌ها (آب بدون درآمد بیش از ۳۰ درصد) و الگوی مصرف بالاتر از استانداردهای جهانی مواجه است (Ardalan و همکاران، ۲۰۱۸؛ Nazari و همکاران، ۲۰۱۸). باتوجه به این چالش‌ها، لزوم بازنگری در رویکردهای مدیریت آب شهری و حرکت به سمت مدل‌های پایدارتر بیش از پیش احساس می‌شود. در این راستا، اقتصاد چرخشی به عنوان رویکردی نوین می‌تواند چارچوب مناسبی برای تحول در سیستم‌های آب شهری و ایجاد تعادل بین منابع و مصارف فراهم آورد (Raoufi و Gorji، ۲۰۲۱).

اقتصاد چرخشی و کاربرد آن در بخش آب

اقتصاد چرخشی پارادایمی نوین در توسعه اقتصادی است که در تقابل با مدل سنتی اقتصاد خطی (تولید، مصرف و دفع) قرار می‌گیرد. این مفهوم بر بازسازی و بازآفرینی سیستم‌های تولید و مصرف با هدف حفظ ارزش محصولات، مواد و منابع در طولانی‌ترین زمان ممکن و به حداقل رساندن تولید ضایعات و پسماندها تأکید دارد. در اقتصاد چرخشی، چرخه‌های تولید و مصرف به گونه‌ای طراحی می‌شوند که منابع در یک چرخه بسته حرکت کرده و پسماندها به عنوان منابع جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند (Han و همکاران، ۲۰۲۰).

اصول بنیادین اقتصاد چرخشی عبارتند از: کاهش^۲، استفاده مجدد^۳، بازیافت^۴، بازیابی^۵ و بازطراحی^۶. این اصول در کنار یکدیگر، چارچوبی جامع برای تحول در سیستم‌های تولید و مصرف و حرکت به سمت توسعه پایدار فراهم می‌آورند (Ranjbari و همکاران، ۲۰۲۱). اقتصاد چرخشی با ایجاد ارزش افزوده از پسماندها، کاهش وابستگی به منابع اولیه و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی، به دنبال ایجاد هم‌افزایی بین اهداف اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی است (Schröder و همکاران، ۲۰۲۰).

در حوزه آب، اقتصاد چرخشی به دنبال بازطراحی سیستم‌های آبی از خطی به چرخه‌ای است تا بتوان از منابع آبی به صورت بهینه‌تر و پایدارتر استفاده کرد (Smol و همکاران، ۲۰۲۰). در این رویکرد، آب به عنوان یک منبع ارزشمند در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند در چرخه‌های متعدد استفاده شود و در هر چرخه، ارزش آفرینی جدیدی ایجاد کند. کاربرد اصول اقتصاد چرخشی در بخش آب شامل بازچرخانی و استفاده مجدد از آب، بازیابی منابع و انرژی از فاضلاب، جمع‌آوری آب باران، کاهش هدررفت از طریق فناوری‌های هوشمند، و مدیریت تقاضا از طریق بهینه‌سازی مصرف است (Smol و همکاران، ۲۰۲۰؛ Cunha Marques و Fernandes، ۲۰۲۳). تجربیات جهانی مانند پروژه NEWater در سنگاپور (تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی) و تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها در پرت استرالیا، اثربخشی اقتصاد چرخشی در کاهش تنش آبی را نشان می‌دهند (Koseoglu-Imer و همکاران، ۲۰۲۳؛ Silva، ۲۰۲۳).

در ایران، اقدامات محدودی در زمینه بازچرخانی آب و تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها انجام شده است، اما چالش‌های فنی، مالی، قانونی و فرهنگی مسیر گذار به اقتصاد چرخشی را دشوار کرده‌اند (Raoufi و Gorji، ۲۰۲۱؛ Karimi Alavijeh و همکاران، ۲۰۲۱).

استراتژی‌های اقتصادی در مدیریت چرخشی آب

گذار به اقتصاد چرخشی آب، علاوه بر نیاز به تحولات فنی و زیرساختی، مستلزم بازطراحی ابزارها و استراتژی‌های اقتصادی است که انگیزه‌های لازم برای تغییر رفتار مصرف‌کنندگان، جذب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و اجرای پروژه‌های نوآورانه را فراهم آورند. استراتژی‌های اقتصادی در این حوزه به سه دسته اصلی قابل تقسیم‌اند: مکانیزم‌های قیمت‌گذاری، ابزارهای مالی و مشوق‌ها و مدل‌های کسب‌وکار نوین (Al-Saidi و Dehnavi، ۲۰۱۹).

مکانیزم‌های قیمت‌گذاری به عنوان یکی از مؤثرترین ابزارهای مدیریت تقاضا، نقش کلیدی در ترغیب مصرف بهینه و حمایت از بازچرخانی آب دارند. قیمت‌گذاری پلکانی، تعرفه‌های متمایز بر اساس نوع مصرف، و اعمال قیمت واقعی آب (که هزینه‌های محیط‌زیستی را نیز در بر گیرد) از جمله رویکردهای مورد استفاده هستند (Al-Saidi و Dehnavi، ۲۰۱۹). بااین‌حال، طراحی نظام قیمت‌گذاری باید با رعایت عدالت اجتماعی و حمایت از اقشار آسیب‌پذیر همراه باشد تا پذیرش عمومی را به همراه داشته باشد (Shahangian و همکاران، ۲۰۲۲).

ابزارهای مالی و مشوق‌های اقتصادی شامل یارانه‌های هدفمند برای نصب تجهیزات کم‌مصرف، معافیت‌های مالیاتی برای پروژه‌های بازچرخانی آب و پرداخت پاداش به مصرف‌کنندگانی است که در صرفه‌جویی آب موفق عمل می‌کنند. تجربیات بین‌المللی نشان می‌دهد که ترکیب مشوق‌های مثبت (یارانه و پاداش) با جریمه‌های اقتصادی (برای مصرف بیش از حد)، اثربخشی بیشتری نسبت به رویکردهای تک‌بعدی دارد (Savari و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، مشارکت عمومی - خصوصی و تأمین مالی از طریق اوراق سبز، ابزارهای نوینی هستند که می‌توانند منابع مالی لازم برای توسعه زیرساخت‌های اقتصاد چرخشی آب را فراهم آورند (Smol و همکاران، ۲۰۲۰).

مدل‌های کسب‌وکار نوین در اقتصاد چرخشی آب، بر ارزش‌آفرینی از منابعی تمرکز دارند که پیش‌تر به عنوان پسماند تلقی می‌شدند. به‌عنوان مثال فروش آب بازچرخانی شده با قیمت رقابتی برای مصارف صنعتی و کشاورزی، بازیابی و فروش مواد مغذی از فاضلاب (مانند فسفر و نیتروژن)، تولید بیوگاز و انرژی از لجن، و ارائه خدمات مشاوره‌ای برای بهینه‌سازی مصرف آب در صنایع، نمونه‌هایی از این مدل‌ها هستند (Han و همکاران، ۲۰۲۰؛ Guerra-Rodríguez و همکاران، ۲۰۲۰). این مدل‌ها علاوه بر کاهش فشار بر منابع

آبی، فرصت‌های شغلی و درآمدزایی جدیدی نیز ایجاد می‌کنند (Fernandes و Cunha Marques، ۲۰۲۳).

در ایران، باوجودپتانسیل بالا، استفاده از استراتژی‌های اقتصادی در حوزه اقتصاد چرخشی آب هنوز محدود است. نظام قیمت‌گذاری فعلی آب اغلب پایین‌تر از هزینه واقعی تأمین و توزیع است که انگیزه کافی برای صرفه‌جویی ایجاد نمی‌کند (Nazari و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، ابزارهای مالی و مشوق‌های اقتصادی برای حمایت از پروژه‌های بازچرخانی آب به‌طور سیستماتیک طراحی و اجرا نشده‌اند (Karimi Alavijeh و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین، توسعه و پیاده‌سازی استراتژی‌های اقتصادی مناسب، یکی از پیش‌نیازهای اساسی گذار به اقتصاد چرخشی آب در کشور است.

همسویی استراتژیک در مدیریت تأمین و تقاضای آب

همسویی استراتژیک به معنای ایجاد هماهنگی و تعادل بین استراتژی‌های مختلف در راستای دستیابی به اهداف سازمانی است. در حوزه مدیریت آب، همسویی استراتژیک بین مدیریت تأمین و تقاضا، به معنای ایجاد تعادل و هماهنگی بین استراتژی‌های افزایش عرضه آب (مانند توسعه منابع جدید، کاهش هدررفت) و استراتژی‌های مدیریت تقاضا (مانند کاهش مصرف، بهینه‌سازی الگوهای مصرف) است (Rodrigues و همکاران، ۲۰۲۴).

رویکردهای سنتی مدیریت آب یا بر افزایش منابع تأمین (سدسازی، انتقال آب) یا بر کاهش مصرف (اصلاح الگوها، تجهیزات کم‌مصرف) متمرکز بوده‌اند. هر دو رویکرد به تنهایی با محدودیت‌هایی مواجه‌اند: رویکرد تأمین‌محور به دلیل محدودیت منابع و هزینه‌های بالا پاسخگو نیست و رویکرد تقاضا‌محور نیز در شرایط رشد جمعیت و توسعه اقتصادی کافی نیست (Al-Saidi و Dehnavi، ۲۰۱۹؛ Shahangian و همکاران، ۲۰۲۲).

رویکرد نوین در مدیریت آب، بر یکپارچه‌سازی هم‌زمان استراتژی‌های تأمین و تقاضا تأکید دارد که منجر به کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و تاب‌آوری بیشتر در برابر بحران‌های آبی می‌شود (Santos و همکاران، ۲۰۲۳؛ Tsatsou و همکاران، ۲۰۲۳).

اقتصاد چرخشی با ایجاد چرخه‌های بسته آب، پل ارتباطی بین استراتژی‌های تأمین و تقاضا ایجاد می‌کند؛ برای مثال، بازچرخانی پساب هم منابع تأمین را افزایش می‌دهد و هم مصرف را بهینه می‌کند (Kyriakopoulos، ۲۰۲۳؛ Soto-Rios و همکاران، ۲۰۲۳). در ایران، باتوجه‌به چالش‌های روزافزون کمبود آب، آلودگی منابع و رشد تقاضا، لزوم حرکت به سمت همسویی استراتژیک بین مدیریت تأمین و تقاضای آب بیش از پیش احساس می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد رویکرد فعلی مدیریت آب در ایران، هنوز تا حد زیادی بر افزایش منابع تأمین متمرکز است و توجه کافی به مدیریت تقاضا نمی‌شود (Mahdavinia و Mokhtar، ۲۰۱۹).

برخی پژوهش‌ها در ایران به بررسی راهکارهای ایجاد تعادل بین تأمین و تقاضای آب پرداخته‌اند. به عنوان مثال [داوودی و قضاوی \(۱۳۹۹\)](#) با استفاده از ماتریس SWOT به تعیین استراتژی‌های مدیریتی مناسب منابع آب در حوضه آبریز شهری نطنز پرداخته‌اند و بر لزوم توجه هم‌زمان به جنبه‌های تأمین و تقاضا تأکید کرده‌اند. همچنین [نظامی و همکاران \(۱۴۰۲\)](#) با توسعه یک مدل پویایی‌های سیستم برای مدیریت پایدار آب شهری در اصفهان، نشان داده‌اند که سناریوهای ترکیبی که هم بر بهبود منابع تأمین و هم بر کاهش تقاضا تمرکز دارند، نتایج بهتری نسبت به سناریوهای تک‌بعدی دارند.

با این حال همچنان خلأهای پژوهشی متعددی در زمینه طراحی چارچوب‌های جامع برای همسویی استراتژیک بین مدیریت تأمین و تقاضای آب با رویکرد اقتصاد چرخشی در ایران وجود دارد. این پژوهش با هدف پر کردن بخشی از این خلأ و ارائه چارچوبی جامع برای همسویی استراتژیک در مدیریت آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی انجام شده است.

مروری بر پژوهش‌های پیشین

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی در زمینه اقتصاد چرخشی آب و مدیریت پایدار منابع آبی انجام شده است. در این بخش، به مرور برخی از مهمترین پژوهش‌های مرتبط پرداخته می‌شود.

[Smol و همکاران \(۲۰۲۰\)](#) در پژوهشی با عنوان "مدل اقتصاد چرخشی در بخش آب و فاضلاب اروپا"، چارچوبی برای پیاده‌سازی اصول اقتصاد چرخشی در بخش آب و فاضلاب ارائه کردند. این چارچوب شامل پنج حوزه کلیدی است: مدیریت منابع آب، تصفیه آب، توزیع آب، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و بازیافت آب و مواد. پژوهشگران تأکید کردند که گذار به اقتصاد چرخشی آب نیازمند نوآوری‌های فناورانه، تغییرات قانونی و نهادی، و مشارکت ذی‌نفعان مختلف است.

[Fernandes و Cunha Marques \(۲۰۲۳\)](#) در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی بازاستفاده از آب از منظر اقتصاد چرخشی" به تحلیل راهکارهای بازچرخانی و استفاده مجدد از آب پرداختند. آنها با بررسی تجارب موفق در کشورهای مختلف، چارچوبی برای ارزیابی پتانسیل بازاستفاده از آب در مناطق مختلف ارائه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که بازاستفاده از آب می‌تواند تا ۳۰ درصد از مصرف آب تازه را کاهش دهد و منافع اقتصادی و محیط‌زیستی قابل توجهی به همراه داشته باشد.

[Kakwani و Kalbar \(۲۰۲۴\)](#) در پژوهشی با عنوان "اولویت‌بندی استراتژی‌های اقتصاد چرخشی آب شهری با استفاده از شاخص چرخشی آب" به توسعه یک چارچوب برای ارزیابی و اولویت‌بندی استراتژی‌های چرخشی در بخش آب شهری پرداختند. آنها با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و شاخص چرخشی آب (WCI)، استراتژی‌های

مختلف را در سه شهر هند ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بازچرخانی آب خاکستری و استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران، بالاترین اولویت را در همه شهرها داشتند.

[Koseoglu-Imer و همکاران \(۲۰۲۳\)](#) در مطالعه‌ای با عنوان "چالش‌های فعلی و چشم‌اندازهای آینده برای اقتصاد چرخشی کامل آب در کشورهای اروپایی" موانع و محرک‌های گذار به اقتصاد چرخشی آب را بررسی کردند. آنها پنج دسته اصلی از چالش‌ها را شناسایی کردند: فنی، اقتصادی، قانونی و نهادی، اجتماعی و فرهنگی، و محیط‌زیستی. همچنین، راهکارهایی برای غلبه بر این چالش‌ها از جمله توسعه فناوری‌های نوین، بهبود چارچوب‌های قانونی، افزایش آگاهی عمومی، و تقویت همکاری بین ذی‌نفعان ارائه کردند.

[Santos و همکاران \(۲۰۲۳\)](#) در پژوهشی با عنوان "مدیریت پایدار آب: درک ابعاد اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی"، به بررسی نقش عوامل اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی در مدیریت پایدار آب پرداختند. آنها با استفاده از مطالعات موردی در کشورهای مختلف، چارچوبی برای ارزیابی تأثیر این عوامل بر موفقیت برنامه‌های مدیریت آب ارائه کردند. نتایج نشان داد موفقیت برنامه‌های مدیریت آب، به میزان قابل توجهی به پذیرش اجتماعی، مشارکت ذی‌نفعان و زمینه‌های فرهنگی وابسته است.

[Al-Saidi و همکاران \(۲۰۲۱\)](#) در مطالعه‌ای با عنوان "اقتصاد چرخشی در تأمین اساسی: چارچوب‌سازی رویکرد برای بخش‌های آب و غذای کشورهای شورای همکاری خلیج فارس" پتانسیل اقتصاد چرخشی در مدیریت آب و غذا در منطقه خاورمیانه را بررسی کردند. آنها چارچوبی برای ارزیابی و پیاده‌سازی راهکارهای چرخشی در این منطقه ارائه کردند و بر اهمیت همکاری منطقه‌ای، توسعه فناوری‌های بومی، و مشارکت بخش خصوصی تأکید کردند.

در ایران نیز برخی پژوهش‌ها در زمینه مدیریت پایدار آب و اقتصاد چرخشی انجام شده است. [Mahdavinia و Mokhtar \(۲۰۱۹\)](#) در پژوهشی با عنوان "مواجهه با پایداری در مدیریت آب‌های زیرزمینی با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم: یک مطالعه موردی در ایران" به توسعه یک مدل پویایی‌های سیستم برای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی پرداختند.

[Karimi Alavijeh و همکاران \(۲۰۲۱\)](#) در مطالعه‌ای با عنوان "چشم‌اندازهای امنیت آب شهری کنونی و آینده در ایران" چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی مدیریت آب شهری در ایران را بررسی کردند. آنها با تحلیل روندهای موجود و استفاده از روش سناریونویسی، چالش‌های آینده مدیریت آب شهری را شناسایی و راهکارهایی برای مقابله با این چالش‌ها ارائه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد تلفیق راهکارهای فنی (مانند بازچرخانی آب) و غیرفنی (مانند اصلاح قوانین و مشارکت ذی‌نفعان) می‌تواند به بهبود امنیت آب شهری در ایران کمک کند.

[Ardalan و همکاران \(۲۰۱۸\)](#) در پژوهشی با عنوان "مسائل آب شهری در کلان‌شهر تهران" چالش‌های مدیریت آب در تهران را بررسی کردند. آنها با استفاده از مطالعات میدانی و تحلیل داده‌های موجود، مشکلات اصلی مدیریت آب در تهران را شناسایی کردند، از جمله: افت سطح آب‌های زیرزمینی، نشست زمین، آلودگی منابع آب، فرسودگی شبکه توزیع، و الگوی نامناسب مصرف. پژوهشگران بر لزوم اتخاذ رویکردی یکپارچه و پایدار در مدیریت آب شهری تأکید کردند و راهکارهایی برای بهبود وضعیت ارائه دادند.

[Gorji و Raoufi \(۲۰۲۱\)](#) در مطالعه‌ای با عنوان "مدیریت آب و انرژی در یک سایت پایدار: مطالعه موردی یک محیط زندگی برای کودکان خیابانی در تهران، ایران" راهکارهای پایدار در مدیریت آب و انرژی را بررسی کردند. آنها با طراحی یک سیستم یکپارچه که شامل جمع‌آوری آب باران، بازچرخانی آب خاکستری و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بود، توانستند مصرف آب را تا ۴۵ درصد کاهش دهند. این مطالعه نشان داد اجرای اصول اقتصاد چرخشی در مقیاس کوچک و محلی نیز می‌تواند نتایج قابل توجهی داشته باشد.

مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد باوجود مطالعات متعدد در زمینه اقتصاد چرخشی آب و مدیریت پایدار منابع آبی، خلأهایی در زمینه طراحی چارچوب‌های جامع برای همسویی استراتژیک بین مدیریت تأمین و تقاضای آب با رویکرد اقتصاد چرخشی وجود دارد. اغلب پژوهش‌ها بر جنبه‌های فنی و مهندسی اقتصاد چرخشی آب متمرکز بوده‌اند یا موانع و محرک‌های گذار به اقتصاد چرخشی را بررسی کرده‌اند، اما کمتر به ارائه چارچوبی جامع و یکپارچه برای همسویی استراتژیک در مدیریت آب شهری توجه کرده‌اند.

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ، به طراحی چارچوبی جامع برای همسویی استراتژیک بین مدیریت تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی می‌پردازد. این چارچوب می‌تواند به عنوان راهنمایی برای سیاست‌گذاران، مدیران و متخصصان حوزه آب شهری در طراحی و پیاده‌سازی استراتژی‌های همسو با اصول اقتصاد چرخشی عمل کند و زمینه دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب را فراهم آورد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، کیفی است. روش اصلی مورد استفاده برای استخراج و تحلیل داده‌ها، تحلیل مضمون بوده که یکی از روش‌های متداول در تحلیل داده‌های کیفی است. تحلیل مضمون، فرآیندی برای شناخت الگوها یا مضامین درون داده‌ها است که به پژوهشگر امکان

می‌دهد تا مفاهیم و مضامین کلیدی را از میان حجم وسیعی از داده‌های کیفی استخراج کند ([Braun و همکاران، ۲۰۲۱](#)).

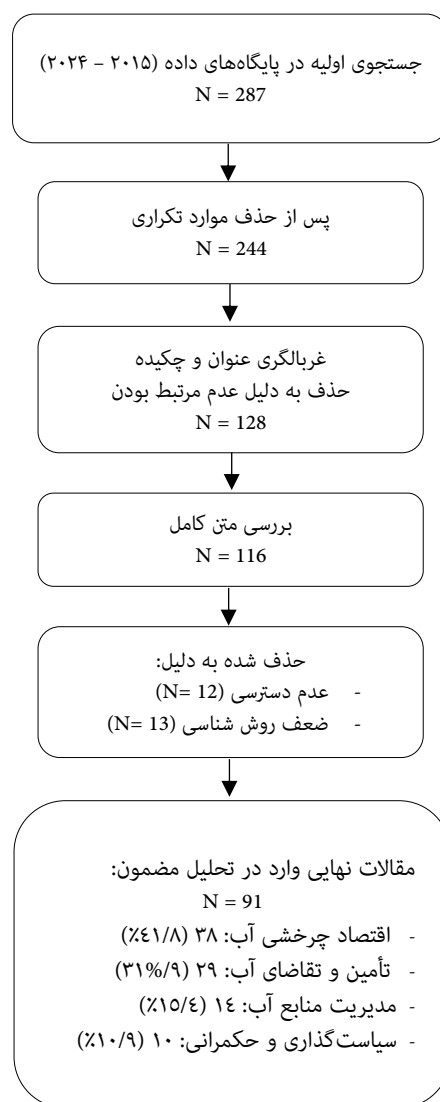
جامعه پژوهش شامل ۹۱ مقاله علمی منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ در زمینه مدیریت منابع آب، اقتصاد چرخشی و استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری است. این مقاله‌ها از پایگاه‌های داده معتبر بین‌المللی از جمله Scopus، Web of Science، IEEE Xplore، ScienceDirect و همچنین پایگاه‌های داخلی مانند SID، Magiran، Civilica و Noormags استخراج شده‌اند. از مجموع مقاله‌های بررسی شده، ۸۵ مقاله به زبان انگلیسی و ۶ مقاله به زبان فارسی بودند که دربرگیرنده مطالعات مختلف در زمینه مدیریت منابع آب، اقتصاد چرخشی و استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری در ایران و دیگر کشورها هستند.

برای انتخاب مقاله‌ها از مجموعه‌ای از کلیدواژه‌های تخصصی استفاده شد که شامل: اقتصاد چرخشی، مدیریت منابع آب، تأمین آب شهری، تقاضای آب، همسویی استراتژیک، بهینه‌سازی مصرف آب، بازیافت آب، مدیریت یکپارچه منابع آب، پایداری منابع آب، بازچرخانی آب، مدل‌سازی تقاضای آب، برنامه‌ریزی منابع آب، بهره‌وری آب، اقتصاد آب، استراتژی‌های تأمین آب و استراتژی‌های تقاضای آب بودند. همچنین، معادل انگلیسی این کلیدواژه‌ها نیز در جستجوها استفاده شدند.

جستجوی اولیه در پایگاه‌های داده بیان شده، ۲۸۷ مقاله را شناسایی کرد. پس از حذف ۴۳ مقاله تکراری، ۲۴۴ مقاله برای غربالگری عنوان و چکیده باقی ماندند. در این مرحله، ۱۲۸ مقاله به دلیل عدم مرتبط بودن با موضوع پژوهش (مانند مقالات مربوط به آب کشاورزی یا صنعتی خالص بدون ارتباط با مدیریت شهری) حذف شدند. سپس، ۱۱۶ مقاله به صورت کامل بررسی شدند که از این میان، ۲۵ مقاله به دلیل عدم دسترسی به متن کامل یا نبود کیفیت روش‌شناسی مناسب کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۹۱ مقاله وارد فرآیند تحلیل مضمون شدند (۱).

شکل ۱).

از ۹۱ مقاله نهایی، ۳۸ مقاله (۴۱/۸٪) به طور مستقیم به اقتصاد چرخشی آب پرداخته بودند، ۲۹ مقاله (۳۱/۹٪) به مدیریت تأمین و تقاضای آب شهری، ۱۴ مقاله (۱۵/۴٪) به استراتژی‌های مدیریت منابع آب، و ۱۰ مقاله (۱۰/۹٪) به جنبه‌های سیاست‌گذاری و حکمرانی آب شهری متمرکز بودند. فرآیند غربالگری مقاله‌ها با استفاده از معیارهای ورود و خروج مشخص انجام شد که در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- نمودار جریان PRISMA فرآیند انتخاب مقاله‌ها

جدول ۱- معیارهای ورود و خروج مقاله‌ها

معیارهای خروج	معیارهای ورود
مقاله‌ها به زبان‌های دیگر	مقاله‌ها به زبان انگلیسی یا فارسی
مقاله‌های منتشر شده قبل از ۲۰۱۵	منتشر شده بین ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴
مقاله‌های کنفرانسی، فصل کتاب، یا گزارش‌های خاکستری	مقاله‌های پژوهشی، مروری، یا موردکاوی در نشریات معتبر علمی
تمرکز صرف بر آب کشاورزی یا صنعتی بدون ارتباط با مدیریت شهری	تمرکز بر مدیریت آب شهری، اقتصاد چرخشی آب، یا همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضا
مقاله‌ها صرفاً نظری بدون ارائه چارچوب یا داده	ارائه داده‌های تجربی، چارچوب مفهومی، یا مدل استراتژیک
عدم دسترسی به متن کامل	دسترسی به متن کامل
ضعف شدید روش‌شناسی یا یافته‌های مبهم	کیفیت روش‌شناسی مناسب (روش تحقیق مشخص، یافته‌های قابل اتکا)

امکان دستیابی به جدیدترین یافته‌های پژوهشی و روندهای نوین در حوزه همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری را فراهم می‌آورد. جستجوی مقاله‌ها تا پایان سال ۲۰۲۴ انجام شد و مقاله‌های منتشرشده تا این تاریخ در تحلیل لحاظ شدند.

انتخاب بازه زمانی ده ساله (۲۰۱۵-۲۰۲۴) بر اساس دو دلیل اصلی صورت گرفت: ۱- مفهوم اقتصاد چرخشی به طور جدی از سال ۲۰۱۵ و پس از انتشار بسته اقتصاد چرخشی توسط کمیسیون اروپا^۷ در ادبیات علمی مورد توجه قرار گرفت و کاربرد آن در بخش آب و فاضلاب شهری نیز از همین دوره به سرعت رشد یافت (Smol و همکاران، ۲۰۲۰). ۲- این بازه

فرآیند تحلیل مضمون در این پژوهش بر اساس رویکرد [Braun و همکاران \(۲۰۲۱\)](#) انجام شد. این رویکرد شامل شش گام اصلی است که برای شناسایی، تحلیل و گزارش الگوها (مضامین) در داده‌ها استفاده می‌شود:

۱. آشنایی با داده‌ها: در این گام، پژوهشگران با مطالعه دقیق متون منتخب، به آشنایی عمیق با محتوای آنها پرداختند. این مرحله شامل خواندن مکرر داده‌ها، جستجوی معانی و الگوهای اولیه، و ثبت ایده‌های اولیه بود.
۲. کدگذاری اولیه: در این مرحله، پژوهشگران به شناسایی و کدگذاری ویژگی‌های مهم داده‌ها پرداختند. کدگذاری به صورت دستی و با استفاده از رویکرد کدگذاری باز انجام شد.
۳. جستجوی مضامین: در این گام، کدهای شناسایی شده بر اساس شباهت‌های مفهومی دسته‌بندی شدند تا

مضامین پایه (شاخص‌ها) شکل گیرند. سپس با تحلیل روابط بین مضامین پایه، مضامین سازمان‌دهنده (مؤلفه‌ها) شناسایی شدند.

۴. بازنگری مضامین: در این مرحله، مضامین شناسایی شده مورد بازبینی و پالایش قرار گرفتند تا از انسجام درونی و تمایز بیرونی آنها اطمینان حاصل شود.
 ۵. تعریف و نام‌گذاری مضامین: در این گام، تعاریف دقیق و نام‌های مناسب برای هر یک از مضامین شناسایی شده ارائه شد.
 ۶. تدوین گزارش: در گام نهایی، یافته‌های به‌دست آمده از تحلیل مضمون در قالب یک چارچوب منسجم ارائه شد.
- برای شفافیت فرآیند کدگذاری و تحلیل مضمون، نمونه‌ای از استخراج کدها از متن مقاله‌ها و تبدیل آن‌ها به مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- نمونه فرآیند کدگذاری و استخراج مضامین

نمونه متن از مقاله	کد باز استخراج شده	مضمون پایه (شاخص)	مضمون سازمان‌دهنده (مؤلفه)	مضمون فراگیر (بعد)
"Rainwater harvesting systems can reduce urban water demand by 20-30%" (Silva, 2023)	کاهش تقاضا از طریق آب باران	سیستم‌های جمع‌آوری آب باران	توسعه زیرساخت‌های سبز	استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها
"Treated wastewater can be reused for irrigation and industrial purposes" (Fernandes & Cunha Marques, 2023)	استفاده مجدد از پساب تصفیه‌شده	تصفیه و استفاده مجدد از پساب	بازيافت و استفاده مجدد	استراتژی‌های اقتصاد چرخشی
"Smart meters enable real-time monitoring of water consumption" (Xiang et al., 2021)	نظارت آنی بر مصرف	هوشمندسازی مصرف	بهینه‌سازی مصرف	استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف
"Progressive tariff structures incentivize water conservation" (Al-Saidi & Dehnavi, 2019)	تعرفه پلکانی برای ترغیب صرفه‌جویی	قیمت‌گذاری پلکانی	سیاست‌های قیمت‌گذاری	استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف
"Public-private partnerships accelerate circular water projects" (Al-Saidi et al., 2021)	مشارکت بخش خصوصی در پروژه‌های چرخشی	مشارکت عمومی-خصوصی	همکاری‌های بین‌بخشی	استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذینفعان
"Legal frameworks must support water reuse practices" (Koseoglu-Imer et al., 2023)	چارچوب قانونی حمایت از بازچرخانی	مقررات حمایتی	چارچوب‌های قانونی و نظارتی	استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری

فرآیند کدگذاری و تحلیل مضمون به صورت دستی و با استفاده از Microsoft Excel (نسخه ۲۰۲۱) برای سازماندهی و دسته‌بندی کدها انجام شد. انتخاب این رویکرد باتوجه‌به ماهیت کیفی پژوهش، حجم قابل مدیریت داده‌ها (۹۱ مقاله) و نیاز به تعامل عمیق و انعطاف‌پذیر پژوهشگران با متن صورت گرفت. در نرم‌افزار Excel، برای هر مقاله یک ردیف اختصاص یافت که شامل اطلاعات کلیدی (نویسنده، سال، عنوان، هدف پژوهش)، کدهای استخراج شده، مضامین مرتبط بود. این روش امکان جستجو، فیلتر، و دسته‌بندی مکرر کدها را برای شناسایی الگوها فراهم کرد. مطالعات پیشین نیز نشان دادند که در پژوهش‌های کیفی با حجم داده متوسط، استفاده از ابزارهای ساده مانند نرم‌افزار Excel

می‌تواند به اندازه نرم‌افزارهای تخصصی (مانند NVivo یا MAXQDA) مؤثر باشد، به شرطی که فرآیند به صورت منظم و شفاف مستند شود ([Braun و همکاران، ۲۰۲۱](#)). به منظور به‌دست آمدن اطمینان از اعتبار و پایایی نتایج به‌دست آمده از تحلیل مضمون، اقدامات متعددی انجام شد:

- کنترل اعتبار درونی: از روش مثلث‌سازی منابع داده استفاده شد. مضامین استخراج شده با منابع مختلف شامل مقالات علمی-پژوهشی، گزارش‌های تخصصی سازمان‌های معتبر بین‌المللی و اسناد بالادستی ملی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند.
- بازبینی توسط همکاران پژوهش: فرآیند کدگذاری و استخراج مضامین توسط دو پژوهشگر دیگر متخصص در

- کنترل روایی ترجمه: برای اطمینان از صحت ترجمه مفاهیم و اصطلاحات تخصصی، از روش ترجمه مضاعف استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

در این بخش، یافته‌های حاصل از تحلیل مضمون ارائه می‌شوند. ابتدا ابعاد پنج‌گانه مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی معرفی می‌شوند و سپس مؤلفه‌ها و شاخص‌های هر بُعد تشریح می‌شوند.

ابعاد مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی

بر اساس نتایج تحلیل مضمون، مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی دارای پنج بُعد اصلی است که در جدول (۳) ارائه شده‌اند.

حوزه مدیریت منابع آب و اقتصاد چرخشی مورد بازبینی قرار گرفت. پس از اعمال اصلاحات، ضریب توافقی کدگذاری بین پژوهشگران (کاپای کوهن) به ۰/۸۵ رسید که نشان‌دهنده توافقی بالای کدگذاران است.

- بررسی اعتبار توسط خبرگان: مدل استخراج شده در اختیار ۸ نفر از خبرگان حوزه آب و فاضلاب شهری و اقتصاد چرخشی قرار گرفت. نتایج این ارزیابی نشان داد میانگین امتیاز تمام ابعاد مدل بالاتر از ۴ (از مقیاس ۵) بوده و ضریب CVR برای تمامی مؤلفه‌ها و شاخص‌ها بالاتر از ۰/۷۵ است.
- آزمون بازآزمون کدگذاری: ۱۵ مقاله به صورت تصادفی انتخاب و مجدداً با فاصله زمانی یک ماه کدگذاری شدند. مقایسه کدهای استخراج شده در دو مرحله نشان داد که ۸۳ درصد از کدها مشابه بوده‌اند.
- اشباع نظری: پس از تحلیل حدود ۸۰ مقاله، مضامین جدیدی استخراج نشد و در ۱۱ مقاله باقیمانده، صرفاً شواهد بیشتری برای تأیید مضامین قبلی به دست آمد.

جدول ۳- ابعاد مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی

تعریف	بُعد
مجموعه راهبردهایی که بر مدیریت بهینه منابع آبی، توسعه، نگهداری و بهبود زیرساخت‌های تأمین، انتقال و توزیع آب تمرکز دارند، با هدف افزایش پایداری، کارایی و تاب‌آوری سیستم آب شهری.	استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها
راهبردهایی که با تمرکز بر بازچرخانی، بازیافت و استفاده مجدد از آب و همچنین بازیابی منابع و انرژی از فاضلاب، به دنبال ایجاد چرخه‌های بسته در سیستم آب شهری و حداکثرسازی ارزش‌آفرینی از منابع آبی هستند.	استراتژی‌های اقتصاد چرخشی
مجموعه راهکارهایی که بر مدیریت و بهینه‌سازی الگوهای مصرف آب، کاهش تقاضا و افزایش کارایی مصرف در بخش‌های مختلف شهری تمرکز دارند.	استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف
راهبردهایی که بر ایجاد چارچوب‌های قانونی، نهادی و سیاستی مناسب برای تسهیل گذار به مدیریت پایدار و چرخشی آب شهری تمرکز دارند.	استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری
راهکارهایی که بر جلب مشارکت و همکاری تمامی ذی‌نفعان شامل شهروندان، بخش خصوصی، سازمان‌های دولتی و نهادهای مدنی در فرآیند مدیریت آب شهری تأکید دارند.	استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذی‌نفعان

تأمین و توزیع آب را بهبود می‌بخشند. مدیریت یکپارچه زیرساخت‌ها به دنبال ایجاد هماهنگی بین تمام اجزای سیستم آب شهری است (Fu و همکاران، ۲۰۲۳). بهینه‌سازی شبکه توزیع با هدف کاهش هدررفت آب که در برخی شهرهای ایران به بیش از ۳۰ درصد می‌رسد، اهمیت ویژه‌ای دارد (Ardalan و همکاران، ۲۰۱۸). توسعه زیرساخت‌های سبز، رویکردی نوآورانه است که با الهام از طبیعت به دنبال ایجاد راه‌حل‌های پایدار برای مدیریت آب شهری است (Stefanakis، ۲۰۱۹).

مؤلفه‌ها و شاخص‌های مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری

در ادامه، مؤلفه‌ها و شاخص‌های هر یک از ابعاد پنج‌گانه مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی تشریح می‌شوند.

بُعد "استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها" شامل ۵ مؤلفه و ۱۱ شاخص است که در جدول (۴) ارائه شده‌اند. این بُعد بر استراتژی‌هایی تمرکز دارد که زیرساخت‌های فیزیکی

جدول ۴- مؤلفه‌ها و شاخص‌های بُعد استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها

مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	معیار سنجش/عملیاتی‌سازی
مدیریت یکپارچه زیرساخت‌ها	نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	درصد زیرساخت‌های تحت برنامه نگهداری دوره‌ای (%)
	هوشمندسازی شبکه‌های توزیع	تعداد کنتورهای هوشمند نصب شده به ازای هزار مشترک
	رصد و پایش منابع آبی	تعداد ایستگاه‌های پایش کیفیت و کمیت آب فعال
بهینه‌سازی شبکه توزیع	مدیریت نشت و هدررفت	درصد آب بدون درآمد (NRW) - هدف کاهش به زیر ۲۰٪
	نوسازی شبکه‌های فرسوده	درصد خطوط لوله بازسازی شده سالانه (%)
مدیریت کیفیت منابع	پایش کیفیت منابع آب	تعداد نمونه‌برداری و آزمایش کیفی در ماه
	ارتقای استانداردهای کیفی	درصد انطباق با استانداردهای WHO (%)
توسعه زیرساخت‌های سبز	سیستم‌های جمع‌آوری آب باران	حجم آب باران جمع‌آوری شده (مترمکعب در سال)
	توسعه زیرساخت‌های طبیعی	مساحت باغ‌های باران و زیرساخت‌های سبز (متر مربع)
بهره‌برداری پایدار	بهینه‌سازی مصرف انرژی	کیلووات ساعت مصرف انرژی به ازای مترمکعب آب توزیعی
	کاهش کربن در عملیات	تن معادل CO ₂ کاهش یافته در سال

بخش خصوصی و کاهش بار مالی دولت را فراهم می‌آورند (Han و همکاران، ۲۰۲۰). ابزارهای مالی پایدار مانند اوراق سبز^۸ و صندوق‌های اختصاصی اقتصاد چرخشی، مکانیزم‌های نوین تأمین مالی هستند که در کشورهای پیشرو با موفقیت اجرا شده‌اند (Al-Saidi و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، سازوکارهای قیمت‌گذاری انگیزشی مانند تعرفه پلکانی، قیمت‌گذاری حاشیه‌ای، و تخفیف برای استفاده از آب بازیافتی، ابزارهای مؤثری برای مدیریت تقاضا و ترویج رفتار پایدار هستند (Dehnavi و Al-Saidi، ۲۰۱۹). در نهایت، ایجاد بازارهای آب و تجارت حقایق به می‌تواند به تخصیص کارآمدتر منابع آبی بین بخش‌های مختلف منجر شود (Smol و همکاران، ۲۰۲۰).

بُعد "استراتژی‌های اقتصاد چرخشی" شامل ۸ مؤلفه و ۱۶ شاخص است که در جدول (۵) ارائه شده‌اند. استراتژی‌های اقتصاد چرخشی، قلب مدل همسویی را تشکیل می‌دهند و به دنبال بازطراحی سیستم آب شهری از خطی به چرخه‌ای هستند (Smol و همکاران، ۲۰۲۰). بازیافت و استفاده مجدد از آب می‌تواند تا ۳۰ درصد از مصرف آب تازه را کاهش دهد (Cunha Marques و Fernandes، ۲۰۲۳)، و بازیابی منابع انرژی از فاضلاب علاوه بر کاهش هزینه‌های تصفیه، منافع اقتصادی قابل توجهی ایجاد می‌کند (Guerra-Rodríguez و همکاران، ۲۰۲۰). مدل‌های کسب‌وکار چرخشی مانند مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) و قراردادهای BOT/BOO، چارچوب‌های اقتصادی نوینی هستند که امکان جذب سرمایه

جدول ۵- مؤلفه‌ها و شاخص‌های بُعد استراتژی‌های اقتصاد چرخشی

مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	معیار سنجش/عملیاتی‌سازی
بازیافت و استفاده مجدد	تصفیه و استفاده مجدد از پساب	حجم پساب بازیافتی به کل فاضلاب تولیدی (%)
	شبکه‌های ثانویه توزیع	طول شبکه توزیع آب بازیافتی (کیلومتر)
بازیابی منابع و انرژی	استحصال انرژی از پساب	مگاوات ساعت انرژی تولیدی از بیوگاز در سال
	بازیابی مواد مغذی	تن فسفر و نیتروژن استخراج شده سالانه
فناوری‌های سبز	فناوری‌های نوین تصفیه	تعداد واحدهای تصفیه با فناوری‌های پیشرفته (UV، MBR)
	مشارکت عمومی-خصوصی (PPP)	تعداد قراردادهای PPP فعال در پروژه‌های بازچرخانی
مدل‌های کسب‌وکار چرخشی	قراردادهای BOT/BOO	تعداد پروژه‌های ساخت-بهره‌برداری-واگذاری آب
	مدل خدمات انرژی (ESCO)	حجم سرمایه‌گذاری ESCO در بهینه‌سازی مصرف (میلیارد ریال)
ابزارهای مالی پایدار	اوراق سبز	حجم تأمین مالی از طریق اوراق سبز (میلیارد ریال)
	صندوق‌های اقتصاد چرخشی	سرمایه صندوق‌های اختصاصی برای پروژه‌های چرخشی آب
سازوکارهای قیمت‌گذاری	تعرفه پلکانی انگیزشی	تفاوت قیمت بین بلوک اول و آخر مصرف (%)
	قیمت‌گذاری حاشیه‌ای	قیمت هر مترمکعب اضافی بر اساس هزینه واقعی (ریال)
ابزارهای بازار آب	تخفیف برای استفاده از آب بازیافتی	درصد تخفیف تعرفه برای مصرف‌کنندگان آب بازیافتی (%)
	بازار تجارت حقایق	حجم معاملات حقایق (مترمکعب در سال)
کاهش ردپای محیط‌زیستی	بازارهای ثانویه آب	تعداد معاملات آب بازیافتی بین بخش‌ها
	کاهش آلودگی منابع آبی	درصد کاهش BOD و COD در پساب خروجی (%)

(Shahangian و همکاران، ۲۰۲۲). تحلیل الگوهای مصرف، پایه و اساس برنامه‌ریزی برای مدیریت تقاضاست و به درک بهتر رفتار مصرف‌کنندگان کمک می‌کند (Santos و همکاران، ۲۰۲۳).

بُعد "استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف" شامل ۴ مؤلفه و ۶ شاخص است که در جدول (۶) ارائه شده‌اند. مدیریت تقاضا و مصرف، رویکردی است که به جای تمرکز بر افزایش منابع تأمین، بر کاهش و بهینه‌سازی مصرف متمرکز است

سیاست‌های قیمت‌گذاری، ابزاری قدرتمند برای تأثیرگذاری بر رفتار مصرفی هستند، اما باید با ملاحظات اجتماعی و عدالت

در دسترسی به آب همراه باشند (Al-Saidi و Dehnavi، ۲۰۱۹).

جدول ۶- مؤلفه‌ها و شاخص‌های بُعد استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف

مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	معیار سنجش/عملیاتی‌سازی
تحلیل الگوهای مصرف	الگوهای مصرف بخشی	سرانه مصرف به تفکیک بخش خانگی، تجاری، عمومی (لیتر/نفر/روز)
بهینه‌سازی مصرف	صرفه‌جویی در مصرف	درصد کاهش مصرف نسبت به سال پایه (%)
	تجهیزات کم‌مصرف	درصد واحدهای مسکونی با تجهیزات کم‌مصرف (%)
مدیریت پیک تقاضا	متعادل‌سازی تقاضا	نسبت حداکثر به متوسط مصرف روزانه ^۹
	مشوق‌های اقتصادی	میزان پاداش پرداختی به مشترکین صرفه‌جو (میلیون ریال/سال)
سیاست‌های قیمت‌گذاری	نظام یارانه‌ای هدفمند	درصد یارانه آب برای دهک‌های پایین درآمدی (%)

بُعد "استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری" شامل ۷ مؤلفه و ۲۴ شاخص است که در جدول (۷) ارائه شده‌اند. چارچوب‌های قانونی و نظارتی مناسب، نقشی کلیدی در تسهیل گذار به اقتصاد چرخشی آب دارند (Koseoglu-Imer و همکاران، ۲۰۲۳). مدیریت یکپارچه منابع آب، رویکردی

است که به دنبال ایجاد هماهنگی بین تمام جنبه‌های چرخه آب شهری است. حکمرانی مشارکتی آب، زمینه مشارکت تمامی ذی‌نفعان در فرآیند تصمیم‌گیری را فراهم می‌آورد و منجر به تصمیمات بهتر و پذیرش اجتماعی بیشتر می‌شود (Tsatsou و همکاران، ۲۰۲۳).

جدول ۷- مؤلفه‌ها و شاخص‌های بُعد استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری

مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	معیار سنجش/عملیاتی‌سازی
برنامه‌ریزی استراتژیک	برنامه‌های توسعه پایدار	وجود سند راهبردی ۲۰۱۰-۲۰ ساله آب شهری (بله/خیر)
	تصمیم‌گیری استراتژیک	تعداد جلسات کمیته راهبردی آب در سال
	آینده‌نگری در منابع آب	وجود مطالعات سناریونویسی برای افق ۲۰۴۰ (بله/خیر)
مدیریت ریسک و بحران	ارزیابی ریسک	تعداد ارزیابی‌های ریسک آبی انجام شده در سال
	مدیریت بحران کم‌آبی	وجود طرح مدیریت بحران خشکسالی (بله/خیر)
	تاب‌آوری سیستم‌های آبی	شاخص تاب‌آوری آب شهری (۱۰۰-۰)
چارچوب‌های قانونی و نظارتی	برنامه‌های اضطراری	تعداد تمرین‌های شبیه‌سازی بحران آبی در سال
	استانداردسازی	درصد انطباق با استانداردهای ملی و بین‌المللی (%)
	سیاست‌های آب شهری	تعداد سیاست‌نامه‌های مصوب اقتصاد چرخشی آب
مدیریت یکپارچه	مقررات حمایتی	تعداد آیین‌نامه‌های حمایتی برای بازچرخانی آب
	ضمانت‌های اجرایی	وجود مکانیزم نظارت و پایش اجرای قوانین (بله/خیر)
	همگرایی سیاست‌ها	تعداد جلسات هماهنگی بین‌بخشی در سال
سیاست‌های تشویقی	مدیریت جامع منابع آب	وجود کمیته یکپارچه‌سازی مدیریت آب (بله/خیر)
	یکپارچه‌سازی سیستم‌ها	درصد یکپارچگی سیستم‌های اطلاعاتی آب (%)
	مشوق‌های مالیاتی	میزان معافیت مالیاتی برای پروژه‌های چرخشی (میلیارد ریال)
همسویی با اهداف توسعه پایدار	جوایز صرفه‌جویی	تعداد برندگان جوایز ملی صرفه‌جویی آب در سال
	یارانه‌های سبز	حجم بودجه یارانه پروژه‌های سبز آب (میلیارد ریال)
	پاداش‌های محلی	تعداد شهرداری‌های دریافت‌کننده پاداش مدیریت پایدار آب
حکمرانی مشارکتی آب	انطباق با شاخص‌های SDG	درصد تحقق هدف SDG (آب پاک و بهداشت) (%)
	برنامه‌های ملی آب	درصد اجرای برنامه ملی مدیریت جامع آب (%)
	همسویی با تعهدات بین‌المللی	تعداد گزارش‌های ملی ارسالی به مجامع بین‌المللی در سال
شفافیت در مدیریت منابع	نظام تصمیم‌گیری مشارکتی	درصد تصمیمات اتخاذ شده با مشارکت ذی‌نفعان (%)
	پاسخگویی نهادی	تعداد گزارش‌های عملکرد شفاف منتشر شده در سال
		وجود پرتال اطلاعات آب برای دسترسی عموم (بله/خیر)

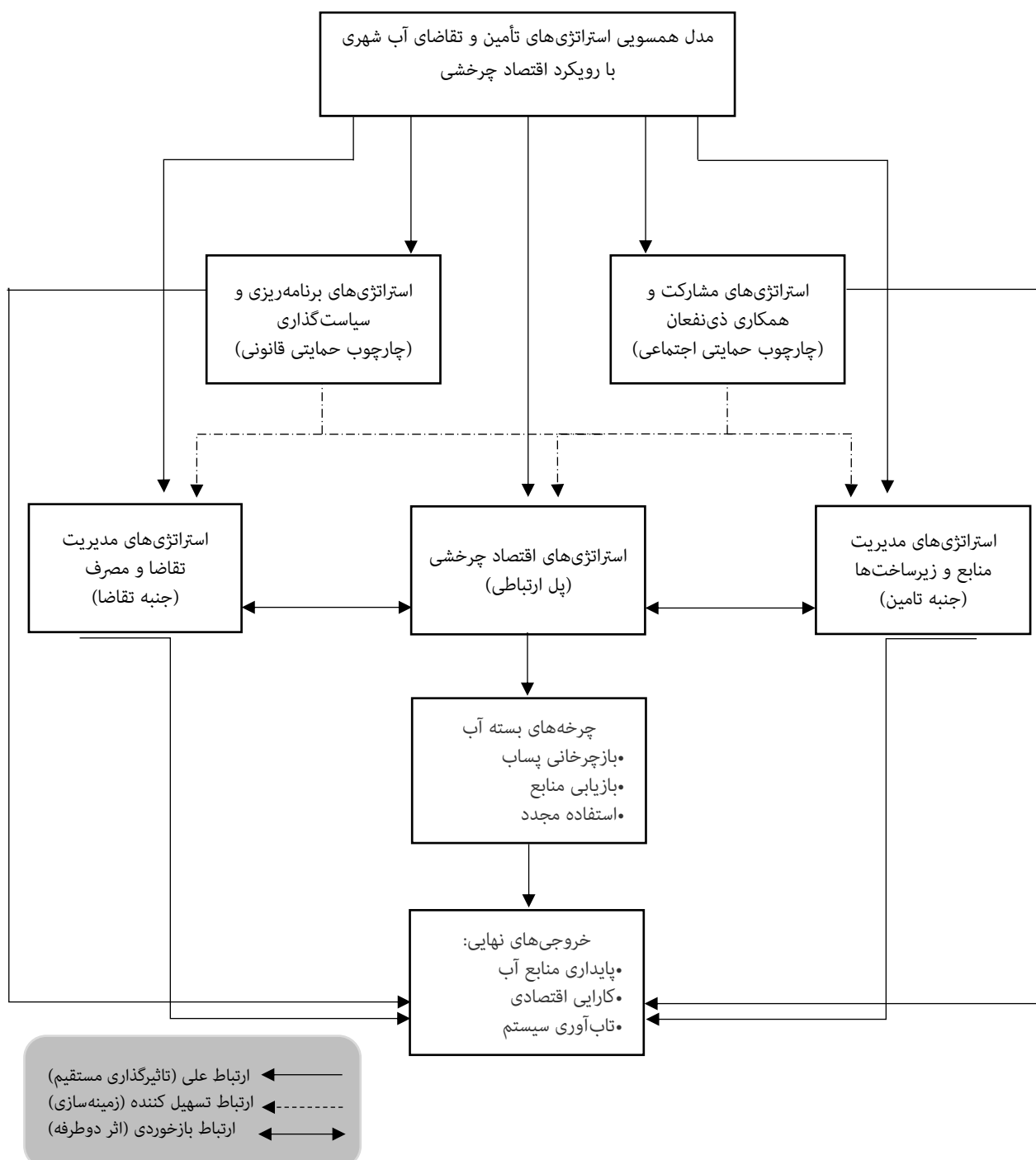
بُعد "استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذی‌نفعان" شامل ۲ مؤلفه و ۵ شاخص است که در جدول (۸) ارائه شده‌اند. آموزش و آگاه‌سازی، زمینه‌ساز تغییر در رفتار مصرفی و پذیرش اجتماعی راهکارهای نوین مانند بازچرخانی آب است (Savari و همکاران، ۲۰۲۱). همکاری‌های بین‌بخشی، امکان استفاده از ظرفیت‌های تمامی بخش‌ها از جمله دولت، بخش خصوصی،

دانشگاه‌ها و سازمان‌های مردم‌نهاد را فراهم می‌آورد (Al-Saidi و همکاران، ۲۰۲۱).

بر اساس یافته‌های پژوهش، مدل مفهومی همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی در شکل (۲) ارائه شده است.

جدول ۸- مؤلفه‌ها و شاخص‌های بُعد استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذی‌نفعان

مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	معیار سنجش/عملیاتی‌سازی
آموزش و آگاه‌سازی	برنامه‌های آموزشی	تعداد ساعات آموزش عمومی در سال
	کمپین‌های رسانه‌ای	درصد کاهش سرانه مصرف پس از کمپین (%)
همکاری‌های بین‌بخشی	آموزش مدارس	تعداد دانش‌آموزان شرکت‌کننده در برنامه‌های آموزش آب
	مشارکت عمومی-خصوصی	تعداد قراردادهای PPP منعقد شده در حوزه آب
	تعامل بین سازمانی	تعداد جلسات هماهنگی بین‌سازمانی در سال



شکل ۲- مدل مفهومی همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی

این مدل نشان دهنده تعاملات پیچیده و چندجانبه بین پنج بُعد اصلی است. ماهیت روابط بین ابعاد به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱) روابط علی (تأثیرگذاری مستقیم): استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها (جنبه تأمین) و استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف (جنبه تقاضا) به طور مستقیم بر استراتژی‌های اقتصاد چرخشی تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال بهبود زیرساخت‌های توزیع (کاهش نشت) منجر به افزایش کارایی سیستم می‌شود که زمینه بازچرخانی آب را تسهیل می‌کند. همچنین، کاهش مصرف از طریق مدیریت تقاضا، فشار بر منابع را کاهش داده و امکان تخصیص آب بازیافتی را افزایش می‌دهد (Rodrigues و همکاران، ۲۰۲۴).

۲) روابط تسهیل‌کننده (زمینه‌سازی): استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری و استراتژی‌های مشارکت ذی‌نفعان نقش تسهیل‌کننده و زمینه‌ساز دارند. این ابعاد به طور مستقیم منابع آب را تولید یا مصرف نمی‌کنند، اما چارچوب‌های قانونی، مالی، و اجتماعی لازم برای اجرای موفق سه بُعد دیگر را فراهم می‌آورند. به عنوان مثال وجود قوانین حمایتی برای بازچرخانی آب و مشارکت عمومی-خصوصی، پیاده‌سازی استراتژی‌های اقتصاد چرخشی را تسهیل می‌کند (Koseoglu-Imer و همکاران، ۲۰۲۳).

۳) روابط بازخوردی (اثر دوطرفه): بین استراتژی‌های اقتصاد چرخشی و دو بُعد تأمین و تقاضا، ارتباط بازخوردی وجود دارد. بازچرخانی و استفاده مجدد از پساب، هم منابع تأمین را افزایش می‌دهد (بازخورد به جنبه تأمین) و هم با جایگزینی آب تازه با آب بازیافتی، مصرف آب با کیفیت بالا را کاهش می‌دهد (بازخورد به جنبه تقاضا). این حلقه بازخورد مثبت، چرخه بسته آب را تقویت کرده و به همسویی دینامیک بین تأمین و تقاضا منجر می‌شود (Smol و همکاران، ۲۰۲۰).

بحث و تحلیل یافته‌ها

بررسی ابعاد پنج‌گانه مدل همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی نشان می‌دهد که این مدل، جنبه‌های مختلف مدیریت آب شهری را پوشش می‌دهد و چارچوبی جامع برای ایجاد همسویی بین استراتژی‌های تأمین و تقاضا فراهم می‌آورد.

بُعد استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها، بر جنبه تأمین آب تمرکز دارد و با بهینه‌سازی منابع و زیرساخت‌های موجود و توسعه زیرساخت‌های سبز، به دنبال افزایش پایداری و کارایی سیستم آب شهری است. این یافته با مطالعات پیشین (Fu و همکاران، ۲۰۲۳؛ Stefanakis، ۲۰۱۹) همسو است که بر اهمیت مدیریت یکپارچه زیرساخت‌ها و توسعه زیرساخت‌های سبز در مدیریت پایدار آب شهری تأکید کرده‌اند.

بُعد استراتژی‌های اقتصاد چرخشی، قلب مدل همسویی را تشکیل می‌دهد و با تمرکز بر بازچرخانی، بازیافت و استفاده مجدد از آب، و همچنین بازیابی منابع و انرژی از فاضلاب، پل

ارتباطی بین استراتژی‌های تأمین و تقاضا ایجاد می‌کند. این یافته با نتایج مطالعات Smol و همکاران (۲۰۲۰) و Fernandes و Cunha Marques (۲۰۲۳) همخوانی دارد که بر نقش کلیدی اقتصاد چرخشی در ایجاد تعادل بین منابع و مصارف آب تأکید کرده‌اند.

بُعد استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف، بر جنبه تقاضای آب تمرکز دارد و با تحلیل الگوهای مصرف، بهینه‌سازی مصرف، مدیریت پیک تقاضا و سیاست‌های قیمت‌گذاری، به دنبال کاهش و بهینه‌سازی مصرف آب است. این یافته با مطالعات پیشین (Shahangian و همکاران، ۲۰۲۲؛ Santos و همکاران، ۲۰۲۳) همسو است که بر اهمیت مدیریت تقاضا در کنار مدیریت منابع تأکید کرده‌اند.

بُعد استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، چارچوب قانونی و نهادی لازم برای حمایت از استراتژی‌های سه‌گانه فوق را فراهم می‌آورد. اهمیت این بُعد در مطالعات پیشین (Kyriakopoulos، ۲۰۲۳؛ Koseoglu-Imer و همکاران، ۲۰۲۳) نیز مورد تأکید قرار گرفته است که نشان می‌دهد بدون چارچوب‌های قانونی و نهادی مناسب، گذار به اقتصاد چرخشی آب با موانع جدی مواجه خواهد شد.

بُعد استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذی‌نفعان، زمینه مشارکت و همکاری تمامی بازیگران را در فرآیند مدیریت آب شهری فراهم می‌کند. اهمیت این بُعد در مطالعات پیشین (Savari و همکاران، ۲۰۲۱؛ Velenturf و همکاران، ۲۰۱۸) نیز مورد تأکید قرار گرفته است که نشان می‌دهد مشارکت ذی‌نفعان، کلید موفقیت در گذار به اقتصاد چرخشی آب است.

مدل ارائه شده در این پژوهش، چارچوبی جامع برای ایجاد همسویی بین استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی فراهم می‌آورد. این همسویی از طریق سه مکانیزم اصلی ایجاد می‌شود:

- ایجاد چرخه‌های بسته: استراتژی‌های اقتصاد چرخشی با تمرکز بر بازچرخانی و استفاده مجدد از آب، چرخه‌های بسته‌ای ایجاد می‌کنند که در آن، آب پس از مصرف دوباره وارد چرخه تأمین می‌شود. این چرخه‌های بسته، پل ارتباطی بین جنبه‌های تأمین و تقاضا ایجاد می‌کنند و منجر به کاهش فشار بر منابع آبی می‌شوند (Smol و همکاران، ۲۰۲۰).

- بهینه‌سازی هم‌زمان منابع و مصارف: مدل ارائه شده، بر بهینه‌سازی هم‌زمان منابع (از طریق استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها) و مصارف (از طریق استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف) تأکید دارد. این رویکرد یکپارچه، منجر به افزایش کارایی کل سیستم آب شهری می‌شود و از اتلاف منابع جلوگیری می‌کند (Rodrigues و همکاران، ۲۰۲۴).

- ایجاد چارچوب‌های حمایتی: استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری و استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذی‌نفعان، چارچوب‌های حمایتی لازم برای تسهیل

همسویی بین استراتژی‌های تأمین و تقاضا را فراهم می‌آورند. این چارچوب‌ها شامل ابزارهای قانونی، نهادی، مالی و اجتماعی هستند که بستر لازم برای گذار به اقتصاد چرخشی آب را ایجاد می‌کنند (Koseoglu-Imer و همکاران، ۲۰۲۳).

برای تبیین دقیق‌تر نوآوری‌ها و مزایای مدل پیشنهادی، مقایسه‌ای جامع با مدل‌های پیشین در جدول ۹ ارائه شده است.

مدل پیشنهادی در این پژوهش دارای چهار مزیت اصلی نسبت به مطالعات پیشین است: ۱) درحالی‌که مطالعات پیشین بیشتر بر یک یا دو بُعد (مانند فنی-زیرساختی یا اقتصادی) تمرکز داشتند، مدل حاضر پنج بُعد کلیدی را به صورت یکپارچه پوشش می‌دهد و همسویی بین آنها را محور قرار داده است؛ ۲) شاخص‌های این مدل برخلاف شاخص‌های کیفی و کلی مطالعات پیشین، دارای معیارهای کمی و قابل اندازه‌گیری هستند که امکان سنجش عملکرد و مقایسه بین شهرها را فراهم می‌آورند؛ ۳) این پژوهش با ارائه تحلیل هزینه-فایده، معرفی مدل‌های کسب‌وکار مشخص، و تبیین ابزارهای مالی نوین، خلأ جدی مطالعات پیشین در زمینه جنبه‌های اقتصادی اقتصاد چرخشی آب را پر کرده است و ۴) باتوجه به چالش‌های خاص ایران (کمبود شدید آب، فرسودگی زیرساخت‌ها، محدودیت منابع مالی)، مدل به گونه‌ای طراحی

شده که با شرایط محلی سازگار باشد و درعین حال قابلیت تعمیم به سایر کشورهای منطقه را داشته باشد. یکی از جنبه‌های حیاتی در پیاده‌سازی مدل همسویی، ارزیابی اقتصادی استراتژی‌ها از منظر هزینه-فایده و بازگشت سرمایه است. بر اساس مرور پژوهش‌های انجام شده، استراتژی‌های مختلف مدل دارای ساختارهای اقتصادی متفاوتی هستند که در جدول ۱۰ خلاصه شده‌اند.

با اولویت‌بندی اقتصادی استراتژی‌ها بر اساس تحلیل هزینه-فایده، استراتژی‌ها به سه دسته قابل تقسیم‌اند:

الف) استراتژی‌های با اولویت بالا: شامل قیمت‌گذاری پلکانی، کمپین‌های آموزشی، و مدیریت نشت که با هزینه پایین و بازگشت سرمایه سریع، می‌توانند در کوتاه‌مدت نتایج قابل توجهی ایجاد کنند (Dehnavi و Al-Saidi، ۲۰۱۹).

ب) استراتژی‌های با اولویت متوسط: شامل هوشمندسازی شبکه، جمع‌آوری آب باران، و بازچرخانی آب خاکستری که با هزینه متوسط و دوره بازگشت سرمایه ۳-۷ سال، منافع اقتصادی و محیط‌زیستی قابل توجهی دارند (Silva، ۲۰۲۳؛ Fu و همکاران، ۲۰۲۳).

ج) استراتژی‌های با اولویت بلندمدت: شامل تصفیه متمرکز پساب، بازیابی مواد مغذی، و تولید بیوگاز که نیازمند سرمایه‌گذاری بالا و دوره بازگشت سرمایه طولانی‌تر هستند، اما در بلندمدت پایداری اقتصادی و محیط‌زیستی بالایی ایجاد می‌کنند (Guerra-Rodríguez و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۹- مقایسه تطبیقی مدل پیشنهادی با مطالعات پیشین

معیار مقایسه	Smol و همکاران (۲۰۲۰)	Kakwani و Kalbar (۲۰۲۴)	Cunha و Fernandes Marques (۲۰۲۳)	Santos و همکاران (۲۰۲۳)	مدل پیشنهادی (پژوهش حاضر)
تعداد ابعاد	۵ حوزه فنی	۳ حوزه	۱ حوزه (بازاستفاده)	۲ حوزه	۵ بُعد یکپارچه
پوشش جنبه اقتصادی	محدود	محدود	متوسط	ضعیف	جامع و تفصیلی
پوشش جنبه تأمین	قوی	متوسط	ضعیف	ضعیف	قوی
پوشش جنبه تقاضا	ضعیف	متوسط	ضعیف	متوسط	قوی
همسویی تأمین-تقاضا	X	جزئی	X	X	✓محوری
سیاست‌گذاری و حکمرانی	محدود	X	X	جزئی	جامع (۷ مؤلفه)
مشارکت ذینفعان	جزئی	X	X	قوی	جامع (۴ مؤلفه)
عملیاتی‌سازی شاخص‌ها	کیفی	نیمه کمی	کیفی	کیفی	کمی و قابل سنجش
ابزارهای اقتصادی	محدود	X	محدود	X	تفصیلی (Green، PPP، Bonds، تعرفه)
مدل‌های کسب‌وکار	کلی	X	X	X	مشخص (BOT، ESCO، بازار آب)
تحلیل هزینه-فایده	X	جزئی	محدود	X	✓جامع
مدل مفهومی روابط	X	خطی	X	X	✓با تبیین روابط علی
تطبیق با شرایط ایران	X	X	X	X	✓باتوجه به چالش‌های محلی
قلمرو جغرافیایی	اروپا	هند	عمومی	عمومی	ایران (قابل تعمیم)
نوع پژوهش	مروری	کمی (AHP)	مروری	میدانی	کیفی (تحلیل مضمون)

جدول ۱۰- تحلیل اقتصادی استراتژی‌های کلیدی مدل

منبع	منافع اقتصادی	دوره بازگشت سرمایه (ROI)	هزینه سرمایه‌گذاری اولیه	استراتژی
Cunha و Fernandes Marques (۲۰۲۳)	کاهش ۲۰-۳۰٪ هزینه تامین آب تازه	۵-۱۰ سال	متوسط تا بالا	بازچرخانی و استفاده مجدد از پساب
Fu و همکاران (۲۰۲۳)	کاهش ۱۵-۲۵٪ هدررفت آب	۳-۷ سال	متوسط	هوشمندسازی شبکه توزیع
Silva (۲۰۲۳)	کاهش ۱۰-۲۰٪ تقاضای آب شهری	۲-۵ سال	پایین تا متوسط	جمع‌آوری آب باران
Guerra-Rodríguez و همکاران (۲۰۲۰)	درآمدزایی از فروش انرژی + کاهش هزینه تصفیه	۷-۱۲ سال	بالا	بازیابی انرژی از پساب
Dehnavi و Al-Saidi (۲۰۱۹)	افزایش ۱۰-۱۵٪ درآمد + کاهش مصرف	فوری	بدون هزینه اضافی	قیمت‌گذاری پلکانی
Al-Saidi و همکاران (۲۰۲۱)	جذب سرمایه بخش خصوصی + انتقال فناوری	متغیر	بدون بار مالی دولت	مشارکت عمومی- خصوصی (PPP)

چالش‌های اقتصادی در ایران شامل پایین بودن تعرفه آب (که انگیزه کافی برای صرفه‌جویی ایجاد نمی‌کند)، محدودیت منابع مالی دولتی برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، و ضعف در جذب سرمایه‌گذاری بخش خصوصی به دلیل موانع قانونی و نهادی است ([Karimi Alavijeh و همکاران، ۲۰۲۱](#)). بنابراین، اصلاح نظام قیمت‌گذاری، ایجاد مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاری خصوصی، و توسعه ابزارهای مالی نوین، پیش‌نیازهای اساسی برای گذار به اقتصاد چرخشی آب در ایران هستند.

یکی از تحولات بنیادین در مدیریت آب شهری، تغییر از رویکردهای سنتی منبع‌محور به رویکردهای چرخشی است. جدول (۱۱) مقایسه‌ای جامع بین این دو رویکرد از منظر اقتصادی ارائه می‌دهد.

مدل‌های تامین مالی برای اجرای استراتژی‌های اقتصاد چرخشی آب، ابزارهای مالی نوینی مورد نیاز است. مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) با مدل‌های BOT (ساخت-بهره‌برداری-واگذاری) و BOO (ساخت-مالکیت-بهره‌برداری) می‌تواند بار مالی را از دولت برداشته و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را جذب کند ([Al-Saidi و همکاران، ۲۰۲۱](#)). همچنین، اوراق سبز به عنوان ابزاری نوین برای تامین مالی پروژه‌های پایدار، در کشورهای پیشرو مورد استفاده قرار گرفته و می‌تواند الگویی برای ایران باشد ([Han و همکاران، ۲۰۲۰](#)). مدل ESCO (شرکت‌های خدمات انرژی) نیز برای پروژه‌های بهینه‌سازی مصرف آب و انرژی، مدل مالی مناسبی است که در آن بخش خصوصی سرمایه‌گذاری می‌کند و از صرفه‌جویی ایجاد شده سود می‌برد ([Smol و همکاران، ۲۰۲۰](#)).

جدول ۱۱- مقایسه هزینه-فایده رویکردهای سنتی و چرخشی در تأمین آب

معیار	رویکردهای سنتی	رویکردهای چرخشی	منبع
نمک‌زدایی آب دریا			
هزینه سرمایه‌گذاری	۳۰۰۰ - ۵۰۰۰ دلار/مترمکعب در روز	-	Koseoglu-Imer و همکاران (۲۰۲۳)
هزینه بهره‌برداری	۰/۵ - ۱/۵ دلار/مترمکعب	-	
مصرف انرژی	۳ - ۴ کیلووات ساعت/مترمکعب	-	
انتقال بین حوضه‌ای			
هزینه سرمایه‌گذاری	۲۰۰۰ - ۴۰۰۰ دلار/مترمکعب در روز	-	Nazemi و همکاران (۲۰۲۰)
هزینه بهره‌برداری	۰/۳ - ۰/۸ دلار/مترمکعب	-	
آسیب‌های محیط‌زیستی	بسیار بالا (تخریب اکوسیستم)	-	
بازچرخانی پساب			
هزینه سرمایه‌گذاری	-	۸۰۰ - ۱۵۰۰ دلار/مترمکعب در روز	Cunha Marques و Fernandes (۲۰۲۳)
هزینه بهره‌برداری	-	۰/۲ - ۰/۵ دلار/مترمکعب	
مصرف انرژی	-	۰/۵ - ۱/۵ کیلووات ساعت/مترمکعب	
جمع‌آوری آب باران			
هزینه سرمایه‌گذاری	-	۳۰۰ - ۷۰۰ دلار/مترمکعب در روز	Silva (۲۰۲۳)
هزینه بهره‌برداری	-	۰/۵ - ۱/۵ دلار/مترمکعب	
مصرف انرژی	-	تقریباً صفر (جاذبه‌ای)	
منافع جانبی			
زیست‌محیطی	منفی (انتشار کربن، تخریب محیط)	مثبت (کاهش آلودگی، حفظ منابع)	Smol و همکاران (۲۰۲۰)
اجتماعی	محدود	بالا (اشتغال‌زایی، مشارکت محلی)	
انعطاف‌پذیری	پایین (وابستگی به منابع خاص)	بالا (تنوع منابع)	

آب و فاضلاب و سازمان‌های متولی مدیریت منابع آبی استفاده شود. ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مدل، راهنمای مناسبی برای تدوین استراتژی‌های جامع و یکپارچه در مدیریت آب شهری هستند. همچنین، می‌تواند به عنوان چارچوبی برای ارزیابی وضعیت موجود سیستم‌های آب شهری از منظر اقتصاد چرخشی و شناسایی نقاط قوت و ضعف استفاده شود. این ارزیابی می‌تواند به شناسایی شکاف‌های موجود و اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی کمک کند. شاخص‌های ارائه شده در مدل می‌توانند به عنوان مبنایی برای تعریف شاخص‌های عملکردی کلیدی (KPIs) در سیستم‌های مدیریت عملکرد استفاده شوند. این شاخص‌ها امکان سنجش پیشرفت در مسیر گذار به اقتصاد چرخشی آب را فراهم می‌آورند.

علاوه‌براین، مدل ارائه شده می‌تواند به عنوان چارچوبی برای آموزش و توانمندسازی متخصصان حوزه آب شهری استفاده شود. این آموزش‌ها می‌توانند به افزایش آگاهی و دانش متخصصان در زمینه اقتصاد چرخشی آب و راهکارهای ایجاد همسویی بین استراتژی‌های تأمین و تقاضا کمک کنند. همچنین، می‌تواند به عنوان زبان مشترکی برای گفتگو و همکاری بین ذی‌نفعان مختلف شامل شرکت‌های آب و فاضلاب، شهرداری‌ها، سازمان‌های محیط‌زیستی، بخش خصوصی و جامعه مدنی استفاده شود. این زبان مشترک، امکان هماهنگی و همکاری بهتر بین ذی‌نفعان را فراهم می‌آورد.

باتوجه‌به چالش‌های روزافزون کمبود آب در ایران، مدل ارائه شده می‌تواند چارچوب مناسبی برای بازنگری در رویکردهای

بر اساس جدول ۱۱) رویکردهای چرخشی از مزایای اقتصادی قابل توجهی نسبت به رویکردهای سنتی برخوردارند. بازچرخانی پساب با هزینه سرمایه‌گذاری ۵۰-۷۰٪ کمتر از نمک‌زدایی و هزینه بهره‌برداری ۶۰-۷۰٪ پایین‌تر، گزینه‌ای اقتصادی‌تر است ([Cunha Marques و Fernandes](#), ۲۰۲۳). همچنین جمع‌آوری آب باران با هزینه سرمایه‌گذاری بسیار پایین و تقریباً بدون هزینه انرژی، کم‌هزینه‌ترین گزینه محسوب می‌شود ([Silva](#), ۲۰۲۳). از منظر محیط‌زیستی، رویکردهای سنتی معمولاً دارای ردپای کربنی بالا و آسیب‌های اکولوژیکی قابل توجهی هستند، درحالی‌که رویکردهای چرخشی علاوه بر کاهش فشار بر منابع طبیعی، به کاهش آلودگی و حفظ اکوسیستم‌ها نیز کمک می‌کنند ([Smol](#) و همکاران، ۲۰۲۰). در زمینه انعطاف‌پذیری نیز، تنوع منابع در رویکردهای چرخشی (آب باران، پساب بازیافتی، آب خاکستری) تاب‌آوری سیستم را در برابر خشکسالی و بحران‌های آبی افزایش می‌دهد. در ایران، باتوجه‌به هزینه بالای انرژی و محدودیت منابع مالی، تغییر رویکرد از استراتژی‌های سنتی پرهزینه به رویکردهای چرخشی می‌تواند منافع اقتصادی قابل توجهی به همراه داشته باشد. به‌عنوان مثال جایگزینی یک طرح انتقال بین حوضه‌ای با ترکیبی از بازچرخانی پساب (۵۰٪)، جمع‌آوری آب باران (۳۰٪)، و کاهش تقاضا (۲۰٪) می‌تواند هزینه‌های سرمایه‌گذاری را تا ۶۰٪ کاهش دهد و در عین حال پایداری بیشتری ایجاد کند.

مدل ارائه شده در این پژوهش می‌تواند کاربردهای متعددی در مدیریت آب شهری ایران داشته باشد. این مدل می‌تواند به عنوان چارچوبی برای برنامه‌ریزی استراتژیک در شرکت‌های

مدیریت آب شهری و حرکت به سمت مدل‌های پایدارتر فراهم آورد. مطالعات پیشین (Karimi Alavijeh و همکاران، ۲۰۲۱؛ Ardalan و همکاران، ۲۰۱۸) نشان داده‌اند که رویکرد فعلی مدیریت آب در ایران، هنوز تا حد زیادی بر افزایش منابع تأمین متمرکز است و توجه کافی به مدیریت تقاضا و اقتصاد چرخشی نمی‌شود. بنابراین، مدل این پژوهش می‌تواند به عنوان راهنمایی برای تغییر این رویکرد و حرکت به سمت مدیریت یکپارچه و پایدار آب شهری عمل کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف طراحی چارچوبی برای همسویی استراتژی‌های تأمین و تقاضای آب شهری با رویکرد اقتصاد چرخشی انجام شد. با استفاده از روش تحلیل مضمون، ۹۱ مقاله علمی منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ بررسی شد و یک مدل پنج‌بعدی شامل ۲۶ مؤلفه و ۶۲ شاخص عملیاتی استخراج شد.

یافته‌های پژوهش نشان داد همسویی استراتژیک بین تأمین و تقاضای آب شهری در بستر اقتصاد چرخشی، نیازمند توجه هم‌زمان به پنج بُعد اصلی است: استراتژی‌های مدیریت منابع و زیرساخت‌ها (جنبه تأمین)، استراتژی‌های اقتصاد چرخشی (پل ارتباطی)، استراتژی‌های مدیریت تقاضا و مصرف (جنبه تقاضا)، استراتژی‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری (چارچوب حمایتی قانونی) و استراتژی‌های مشارکت و همکاری ذی‌نفعان (چارچوب حمایتی اجتماعی). در این مدل، استراتژی‌های اقتصاد چرخشی نقش محوری در ایجاد همسویی ایفا می‌کنند؛ به گونه‌ای که با تمرکز بر بازچرخانی، بازیافت و استفاده مجدد از آب و همچنین بازیابی منابع و انرژی از فاضلاب، چرخه‌های بسته‌ای ایجاد می‌کنند که در آنها، آب پس از مصرف دوباره وارد چرخه تأمین می‌شود و از اتلاف منابع جلوگیری می‌کند.

مقایسه مدل پیشنهادی با مطالعات پیشین نشان داد که این مدل از چهار مزیت اصلی برخوردار است: جامعیت و یکپارچگی (پوشش هم‌زمان پنج بُعد کلیدی)، عملیاتی‌سازی کامل شاخص‌ها (ارائه معیارهای قابل اندازه‌گیری)، تمرکز ویژه بر ابعاد اقتصادی (ارائه تحلیل هزینه-فایده، مدل‌های کسب‌وکار، و ابزارهای مالی)، و تطبیق با شرایط خاص ایران (توجه به چالش‌های کمبود آب، فرسودگی زیرساخت‌ها، و محدودیت منابع مالی). تحلیل اقتصادی نشان داد رویکردهای چرخشی مانند بازچرخانی پساب و جمع‌آوری آب باران با هزینه سرمایه‌گذاری ۵۰-۸۰٪ کمتر و هزینه بهره‌برداری ۹۰-۶۰٪ پایین‌تر نسبت به رویکردهای سنتی مانند نمک‌زدایی و انتقال بین‌حوضه‌ای، گزینه‌های اقتصادی‌تری محسوب می‌شوند و در عین حال منافع محیط‌زیستی و اجتماعی بیشتری دارند.

بر اساس یافته‌های پژوهش، پیاده‌سازی موفق مدل نیازمند اقدامات هماهنگ در سه افق زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت است. در افق کوتاه‌مدت (۱-۲ سال)، اولویت اصلی

باید بر اقداماتی باشد که با هزینه پایین و بازگشت سرمایه سریع، نتایج ملموسی ایجاد کنند. اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب از طریق اجرای تعرفه پلکانی با شیب تند، راه‌اندازی برنامه‌های پاداش صرفه‌جویی برای مشترکین کم‌مصرف و اجرای پروژه‌های پایلوت بازچرخانی آب در محله‌های نمونه از جمله این اقدامات هستند. هم‌زمان، تدوین و اصلاح قوانین و مقررات حمایتی برای تسهیل مشارکت بخش خصوصی و جذب سرمایه‌گذاری در پروژه‌های اقتصاد چرخشی ضروری است.

در افق میان‌مدت (۳-۵ سال)، تمرکز باید بر توسعه زیرساخت‌ها و ابزارهای مالی نوین باشد. توسعه مدل‌های مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) با قراردادهای بلندمدت BOT یا BOO برای پروژه‌های هوشمندسازی شبکه، بازچرخانی پساب، و بازیابی انرژی می‌تواند بار مالی را از دولت برداشته و منابع مالی بخش خصوصی را جذب کند. انتشار اوراق قرضه سبز به عنوان ابزار نوین تأمین مالی برای پروژه‌های پایدار آب، تجربه موفق است که در کشورهای پیشرو اجرا شده و می‌تواند الگویی برای ایران باشد. همچنین، سرمایه‌گذاری در بازسازی و هوشمندسازی شبکه‌های توزیع با هدف کاهش هدررفت به زیر ۲۰ درصد، یکی از اولویت‌های اصلی این دوره است.

در افق بلندمدت (۵-۱۰ سال)، هدف باید تحول بنیادین در نظام مدیریت آب شهری و نهادینه‌سازی اقتصاد چرخشی باشد. ایجاد بازار تجارت حقایق برای خرید و فروش آب بین بخش‌های مختلف، توسعه سیستم‌های متمرکز بازچرخانی با قابلیت بازیافت آب، انرژی، و مواد مغذی، و نهادینه‌سازی مدل شرکت‌های خدمات انرژی و آب (ESCO) از جمله اقدامات کلیدی این دوره هستند. برای تحقق این اهداف، ایجاد ساختاری یکپارچه برای هماهنگی بین سازمان‌های مختلف درگیر در مدیریت آب شهری، تدوین استراتژی‌های ملی و منطقه‌ای برای گذار به اقتصاد چرخشی آب، و تقویت ظرفیت نهادی و فنی شرکت‌های آب و فاضلاب ضروری است.

علاوه بر اقدامات فوق، جلب مشارکت فعال ذی‌نفعان در تمامی مراحل برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی، و ارزیابی از عوامل کلیدی موفقیت است. اجرای برنامه‌های آموزشی و آگاه‌سازی عمومی برای افزایش آگاهی درباره اهمیت مدیریت پایدار آب و مزایای اقتصاد چرخشی، توانمندسازی جوامع محلی برای مشارکت در پروژه‌های کوچک‌مقیاس بازچرخانی، و ایجاد کانال‌های ارتباطی مؤثر بین شهروندان و شرکت‌های آب برای دریافت بازخورد و افزایش شفافیت از جمله اقدامات مورد نیاز در این زمینه است. همچنین، توسعه همکاری‌های بین‌بخشی بین دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، بخش خصوصی، و سازمان‌های دولتی می‌تواند به انتقال دانش، توسعه فناوری‌های بومی، و افزایش ظرفیت نوآوری کمک کند.

این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بوده است که باید در تفسیر یافته‌ها مدنظر قرار گیرند. ۱- این پژوهش تنها بر مبنای مرور ادبیات و تحلیل مضمون انجام شده و فاقد اعتبارسنجی

ارائه راهکارهای انطباقی برای افزایش تاب‌آوری سیستم‌های آب شهری در برابر این چالش جهانی اهمیت ویژه‌ای دارد.

منابع

داوودی، سید میثم، و قضاوی، رضا. (۱۳۹۹). تعیین استراتژی‌های مدیریتی مناسب منابع آب حوضه آبریز شهری نطنز با استفاده از ماتریس SWOT. هیدروژئومورفولوژی، ۲۲(۶)، ۲۲۶-۱۰۵.

<https://doi.org/10.22034/hyd.2020.10811>

نظامی، نیما، تیز قدم غازانی، مصطفی، ضرغامی، مهدی و عباسی، مریم. (۱۴۰۲). توسعه یک مدل پویایی‌های سیستم به منظور ارتقای مدیریت پایدار آب شهری در شهر اصفهان، مجله آب و فاضلاب، ۳۴(۱)، ۲۴-۱.

<https://doi.org/10.22093/wvwj.2022.338545.3252>

Abou Taleb, M., & Al Farooque, O. (2021). Towards a circular economy for sustainable development: An application of full cost accounting to municipal waste recyclables. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124047.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124047>

Al-Saidi, M., & Dehnavi, S. (2019). Comparative scorecard assessment of urban water pricing policies—The case of Jordan and Iran. *Water*, 11(4), 704. <https://doi.org/10.3390/w11040704>

Al-Saidi, M., Das, P., & Saadaoui, I. (2021). Circular economy in basic supply: Framing the approach for the water and food sectors of the Gulf Cooperation Council countries. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1273-1285.

<https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.004>

Ardalan, A., Khaleghy Rad, M., & Hadi, M. (2018). Urban water issues in the megacity of Tehran. *Urban Drought*, Springer, 263-288.

http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-8947-3_16

Braun, V., Clarke, V., & Terry, G. (2021). *Thematic Analysis: A Practical Guide*. SAGE Publications Limited.

<https://doi.org/10.1177/1035719X211058251>

Domenech, T., & Borrión, A. (2022). Embedding circular economy principles into urban regeneration and waste management: Framework and metrics. *Sustainability*, 14(3), 1293. <https://doi.org/10.3390/su14031293>

Feizizadeh, B., Ronagh, Z., Pourmoradian, S., Abedi Gheshlaghi, H., Lakes, T., & Blaschke, T. (2021). An efficient GIS-based approach for sustainability assessment of urban drinking water consumption patterns: A study in Tabriz city, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 64,

تجربی یا میدانی است؛ بنابراین، کارایی و اثربخشی مدل در شرایط واقعی هنوز آزمون نشده است. ۲- نبود داده‌های کمی دقیق درباره عملکرد فعلی شرکت‌های آب و فاضلاب ایران، امکان مقایسه وضع موجود با مدل پیشنهادی را محدود کرده است. ۳- محدودیت در پوشش زبان‌های مورد بررسی (فقط فارسی و انگلیسی) سبب شده است تا نتایج و یافته‌های پژوهش‌های منتشر شده به زبان‌های دیگر در این مرور لحاظ نگردند. ۴- تفاوت‌های قابل توجه بین شهرهای مختلف ایران از نظر اقلیم، جمعیت، توسعه‌یافتگی و منابع مالی ممکن است کاربردی‌پذیری برخی شاخص‌ها را در برخی زمینه‌ها محدود کند.

بر اساس یافته‌ها و محدودیت‌های این پژوهش، مسیرهای متعددی برای پژوهش‌های آینده وجود دارد. مهمترین اولویت، انجام مطالعات موردی میدانی در شهرهای نمونه با شرایط متفاوت برای اعتبارسنجی تجربی مدل و ارزیابی کارایی و اثربخشی آن در شرایط واقعی است. این مطالعات می‌توانند شامل مصاحبه با مدیران و متخصصان، پیمایش از شهروندان و تحلیل داده‌های عملکردی شرکت‌های آب باشند. توسعه سیستم وزن‌دهی و اولویت‌بندی شاخص‌ها با استفاده از روش‌های کمی مانند فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یا فرآیند تحلیل شبکه‌ای می‌تواند به تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها در شرایط مختلف کمک کند. همچنین، طراحی یک شاخص ترکیبی چرخشی آب شهری که امکان سنجش سطح چرخشی بودن سیستم آب هر شهر و مقایسه بین شهرها را فراهم آورد، می‌تواند ابزار مفیدی برای ارزیابی پیشرفت و اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها باشد. از منظر روش‌شناختی، توسعه مدل‌های پویایی‌های سیستم برای شبیه‌سازی تعاملات پیچیده بین ابعاد پنج‌گانه مدل و پیش‌بینی تأثیرات بلندمدت اجرای استراتژی‌های مختلف می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر کمک کند. انجام مطالعات جامع هزینه-فایده، تحلیل حساسیت و ارزیابی ریسک مالی برای هر یک از استراتژی‌های مدل در شرایط مختلف اقتصادی نیز برای ارائه راهنمای عملیاتی به سرمایه‌گذاران و تصمیم‌گیران ضروری است. بررسی پذیرش اجتماعی و موانع فرهنگی پیش روی راهکارهای اقتصاد چرخشی، به ویژه بازچرخانی پساب، و طراحی استراتژی‌های ارتباطی و آموزشی مؤثر برای افزایش پذیرش عمومی از دیگر مسیرهای مهم پژوهشی است. مطالعات تطبیقی بین‌المللی برای مقایسه تجربیات کشورهای موفق در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی آب با شرایط ایران و استخراج درس‌های کاربردی قابل انتقال نیز می‌تواند بسیار مفید باشد. همچنین، طراحی و پیاده‌سازی یک پلتفرم نرم‌افزاری تحت وب برای پایش مستمر شاخص‌های مدل، ارزیابی عملکرد شهرها، و تسهیم تجربیات موفق بین شرکت‌های آب و فاضلاب می‌تواند به نهادینه‌سازی مدل و تسهیل یادگیری سازمانی کمک کند. در نهایت، ارزیابی تأثیرات سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی بر عملکرد و پایداری استراتژی‌های مدل و

- <https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-018-0219-7>
- Mukhopadhyay, R. (2025). Integrated Urban Water Management Plans. In *Urban Development with Treated Recycled and Reuse of Wastewater: Sustainable Management* (77-91). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-0857-7_6
- Nazari, B., Liaghat, A., Akbari, M. R., & Keshavarz, M. (2018). Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. *Agricultural Water Management*, 208, 7-18. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.003>
- Nazemi, N., Foley, R. W., Louis, G., & Keeler, L. W. (2020). Divergent agricultural water governance scenarios: The case of Zayanderud basin, Iran. *Agricultural Water Management*, 229, 105921. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105921>
- Ranjbari, M., Saidani, M., Esfandabadi, Z. S., Peng, W., Lam, S. S., Aghbashlo, M., & Tabatabaei, M. (2021). Two decades of research on waste management in the circular economy: Insights from bibliometric, text mining, and content analyses. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128009. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128009>
- Raoufi, A., & Gorji, M. (2021). Water and energy management in a sustainable site: A case study of a living environment for street children in Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102797. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102797>
- Rodrigues, P. M., Pinto, F. S., & Marques, R. C. (2024). A framework for enabling conditions for wastewater reuse. *Sustainable Production and Consumption*, 46, 355-366. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.022>
- Santos, E., Carvalho, M., & Martins, S. (2023). Sustainable water management: Understanding the socioeconomic and cultural dimensions. *Sustainability*, 15(17), 13074. <https://doi.org/10.3390/su151713074>
- Savari, M., Abdeslahi, A., Gharechaei, H., & Nasrollahian, O. (2021). Explaining farmers' response to water crisis through theory of the norm activation model: Evidence from Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60, 102284. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102284>
- Schröder, P., Lemille, A., & Desmond, P. (2020). Making the circular economy work for human 102584. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2020.102584>
- Fernandes, E., & Cunha Marques, R. (2023). Review of water reuse from a circular economy perspective. *Water*, 15(5), 848. <https://doi.org/10.3390/w15050848>
- Fu, G., Sun, S., Hoang, L., Yuan, Z., & Butler, D. (2023). Artificial intelligence underpins urban water infrastructure of the future: A holistic perspective. *Cambridge Prisms: Water*, 1, e14. <http://dx.doi.org/10.1017/wat.2023.15>
- Guerra-Rodríguez, S., Oulego, P., Rodríguez, E., Singh, D. N., & Rodríguez-Chueca, J. (2020). Towards the implementation of circular economy in the wastewater sector: Challenges and opportunities. *Sustainability*, 12(3), 12345. <https://doi.org/10.3390/w12051431>
- Han, J., Heshmati, A., & Rashidghalam, M. (2020). Circular economy business models with a focus on servitization. *Sustainability*, 12(21), 8799. <https://doi.org/10.3390/su12218799>
- Kakwani, N., & Kalbar, P. (2024). Prioritization of strategies for urban water circular economy using water circularity indicator. *Journal of Cleaner Production*, 26(5), 480-505. <http://dx.doi.org/10.2166/wp.2024.233>
- Karimi Alavijeh, N., Fallahi, M., Ahmadi, M., Salehinia, N., & Dahl Larsen, N. (2021). Perspectives of current and future urban water security in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 321, 129004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129004>
- Koseoglu-Imer, D. Y., Oral, H. V., Calheiros, C. S. C., Krzeminski, P., Güçlü, S., Pereira, S. A., & Devolli, A. (2023). Current challenges and future perspectives for the full circular economy of water in European countries. *Journal of Environmental Management*, 345, 118627. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118627>
- Kyriakopoulos, G. L. (2023). Circular economy and sustainable strategies: Theoretical framework, policies and regulation challenges, barriers, and enablers for water management. In *Water Management and Circular Economy*, Elsevier, 197-230. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95280-4.00014-X>
- Mahdavinia, R., & Mokhtar, A. (2019). Dealing with sustainability in groundwater management using system dynamics approach: A case study in Iran. *Sustainable Water Resources Management*, 5(4), 1405-1417.

- economy: Perspectives from government partners. *Sustainability*, 10(5), 1401. <https://doi.org/10.3390/su10051401>
- Vinagre, V., Fidélis, T., & Luís, A. (2023). How can we adapt together? Bridging water management and city planning approaches to climate change. *Water*, 15(4), 715. <https://doi.org/10.3390/w15040715>
- Xiang, X., Li, Q., Khan, S., & Khalaf, O. I. (2021). Urban water resource management for sustainable environment planning using artificial intelligence techniques. *Environmental Impact Assessment Review*, 86, 106515. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106515>
- Xiong, Q., Wang, D., Shao, B., Yu, H., Wu, X., Lu, Y., & Xu, H. (2025). Unlocking Zero Liquid Discharge: A Parallel Water Supply Strategy to Realize Selective Salt Crystallization for Long-Term Interfacial Solar Evaporation. *Advanced Functional Materials*, 2409257. <https://doi.org/10.1002/adfm.202409257>
- Zamany, A., Khamseh, A., & Iranbanfard, S. (2024). Unveiling the landscape of High-Tech transfer in Industry 5.0: A text mining exploration. *Journal of AI and Data Mining*, 12(3), 369-392. <https://doi.org/10.22044/jadm.2024.14580.2558>
- development. *Resources, Conservation and Recycling*, 156, 104686. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104686>
- Shahangian, A., Tabesh, M., Yazdanpanah, M., Zobeidi, T., & Raoof, M. (2022). Promoting the adoption of residential water conservation behaviors as a preventive policy to sustainable urban water management. *Journal of Environmental Management*, 313, 115005. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115005>
- Silva, J. A. (2023). Water supply and wastewater treatment and reuse in future cities: A systematic literature review. *Water*, 15(17), 3064. <https://doi.org/10.3390/w15173064>
- Smol, M., Adam, C., & Preisner, M. (2020). Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(3), 682-697. <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-019-00960-z>
- Soto-Rios, P. C., Nagabhatla, N., & Acevedo-Juárez, B. (2023). Circulatory pathways in the water and wastewater sector in the Latin American Region. *Water*, 15(6), 1092. <https://doi.org/10.3390/w15061092>
- Stefanakis, A. I. (2019). The role of constructed wetlands as green infrastructure for sustainable urban water management. *Sustainability*, 11(24), 6981. <https://doi.org/10.3390/su11246981>
- Tsatsou, A., Pergar, P., Frantzeskaki, N., Malamis, S., & Atanasova, N. (2023). Planning nature-based solutions for water management and circularity in Ljubljana, Slovenia: Examining how urban practitioners navigate barriers and perceive institutional readiness. *Urban Forestry & Urban Greening*, 89, 128090. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128090>
- Velenturf, A. P., Purnell, P., Tregent, M., Ferguson, J., & Holmes, A. (2018). Co-producing a vision and approach for the transition towards a circular

پی‌نوشت‌ها

- 1- Smart Water Management
- 2- Reduce
- 3- Reuse
- 4- Recycle
- 5- Recover
- 6- Redesign
- 7- European Commission Circular Economy Package
- 8- Green Bonds
- 9- Peak Factor